

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 8: Ochrana a tvorba životního prostředí

Využití diatomologie v paleoekologii s příkladem na studii prameniště *du Loup Bourrou* na archeologické lokalitě Bibracte, Francie

Cécile Čechová
Jihomoravský kraj

Ladná 2021

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 8: Ochrana a tvorba životního prostředí

Využití diatomologie v paleoekologii s příkladem na studii prameniště *du Loup Bourrou* na archeologické lokalitě Bibracte, Francie

Use of Diatoms as palaeoecological indicators illustrated with a case study of the *Loup Bourrou* spring fen in Bibracte, France

Autor: Cécile Čechová

Škola: Gymnázium Křenová Brno

Kraj: Jihomoravský

Konzultant: Ph. D. Markéta Fránková

Ladná 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V dne..... Podpis.....

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala především Mgr. Markétě Fránkové Ph.D. z Botanického ústavu Akademie věd České republiky, která mě zasvětila do diatomologie, umožnila mi podílet se na mé první vědecké práci a vždy byla ochotná mi odpovědět na dotazy. Dále patří velký dík i Mgr. Petře Goláňové Ph.D. z Ústavu Archeologie a Muzeologie Masarykovy univerzity za zpětnou vazbu a za obohacující prohlídku jejího archeologického naleziště v Bibracte. Také si cením snaze Akademie věd České republiky umožnit studentům jako jsem já účastnit se stáží v rámci Otevřené vědy. Také děkuji všem diatomologům, kteří byli ochotni mi poskytnout materiály. A v neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině, která při mně vždy stojí a podporuje mě v aktivitách, kterým se věnuji.



OTEVŘENÁ VĚDA

AKADEMIE VĚD ČR

Anotace

Rozsivky, jednobuněčné mikroskopické řasy s křemičitou schránkou, mají široké uplatnění v mnoha různých oborech. V předložené práci je využívám jako bioindikátory, jejichž prostřednictvím lze analyzovat vývoj životního prostředí různých lokalit v minulosti. Zaměřuji se tedy na jejich využití v paleoekologii a archeoekologii ve snaze navést archeology k jejich častějšímu začlenění do výzkumu sídel v mladších historických obdobích.

Diatomologii jsem využila při výzkumu prameniště *du Loup Bourrou* na lokalitě Bibracte ve francouzském Burgundsku, známého pro svou bohatou historii v době osídlení Kelty. Aktivně se tak podílím na multidisciplinární studii vedené českým archeologickým týmem, jež zahrnuje více dílčích oborů. Prameniště *du Loup Bourrou* bylo ve středověku upraveno, nejspíše vydlážděno, a cílem víceoborového výzkumu je získat znalosti o osudu prameniště od doby této změny po dnešek.

Paleoekologický profil, který je předmětem této práce, byl radiokarbonovou metodou datován na období od roku 1747 do roku 1999 a následně rozdělen do 12 vzorků, z nichž byly zhotoveny trvalé preparáty. Pro účely zrealizované práce bylo využito optického mikroskopu Olympus BX53 při maximálním zvětšení 1000x. Pomocí odborné literatury byly rozsivky obvykle určeny do úrovně druhu a jejich zastoupení stanoveno semikvantitativní stupnicí. Výstupem mé analýzy bylo zhotovení paleoekologického rozsivkového diagramu a šesti tabulí zahrnujících fotodokumentaci 43 ze všech pozorovaných druhů.

Při analýze vzorků jsem celkem našla 66 druhů z 28 rodů. Počet druhů na vzorek od roku 1747 až 1999 postupně klesal, ze 36 na 23, tedy 38% pokles druhové pestrosti, který poukazuje na změnu, ke které muselo na lokalitě dojít. Míra zastoupení druhů citlivých na antropogenní zásahy kolísala. Charakter substrátu se nicméně významně neměnil. Vyznačuje se oligotrofií až dystrofií; voda byla cirkumneutrální až slabě kyselá; obsah elektrolytů byl vždy nízký a voda byla vysoce okysličená. Pozorované druhy rozsivek také indikují křemíkovou povahu půdy, která odpovídá skalnímu podloží okolí sestávající se ze žuly bohaté na křemen.

Klíčová slova

Diatomologie; rozsivky; paleoekologie; prameniště *du Loup Bourrou*; Bibracte; charakter substrátu

Annotation

Diatoms, microscopic single-celled algae with a cell wall made of silica, are widely used in a variety of different fields. In the present work I focus on them as on bioindicators whose analysis can lead to a better understanding of past environments and their evolution. I especially emphasize their possible application in palaeoecology in an effort to incite archaeologists to include them more often in their studies of areas populated in the later historical eras such as Middle age or beginning of Modern history.

Diatomology was used to study the evolution of the *Loup Bourrou* spring fen located in Bibracte (Burgundy, France) renowned for its remarkable history during the Celtic settlement. In this way I take part in a multidisciplinary study led by a Czech archaeological research team and which is comprised of several scientific methods. The *Loup Bourrou* fountain was modified during the Middle age, probably paved, and the aim of the multiproxy research is to determine the evolution of this spring fen since this change in its structure.

The palaeoecological profile I analysed was dated by radiocarbon dating to the period between years 1747 and 1999 before being divided into 12 samples which were turned into permanent samples. To analyse them the optical microscope Olympus BX53 was used. With the help of scientific literature, the diatoms were classified on a species level and the rate of their abundance was assessed using a semiquantitative scale. As a result of my work a palaeoecological diatom diagram was created and I made six panels containing 43 of all the observed species.

A total of 66 species belonging to 28 genera was found. The number of species per sample nevertheless decreased from year 1747 to year 1999, from 36 to 23, thus a 38% reduction of the species richness, indicating a change in the environment of the spring. The number of species sensitive to anthropogenic activities fluctuated. However, we did not observe any important modification in the biotope character. The ecosystem is oligotrophic to dystrophic, circumneutral to weakly acidic. The electrolyte content was always low, but the water was highly oxygenated. Observed diatoms also indicated a siliceous environment which corresponds to the granite nature of the surroundings which is rich in quartz containing silica.

Keywords

Diatomology; diatoms; paleoecology; the *Loup Bourrou* spring fens; Bibracte; substrate character

Obsah

1. Úvod	9
2. Teoretický úvod do diatomologie	10
2.1. Taxonomie	10
2.2. Rozšíření a výskyt	10
2.3. Morfologie	11
2.4. Životní cyklus a rozmnožování	14
2.5. Stavba rozsivek	14
2.6. Využití v praxi	15
3. Využití v paleoekologii	17
4. Teoretický úvod k lokalitě	19
4.1. Bibracte	19
4.2. Přírodní podmínky na Mont Beuvray	20
4.3. Ekologie pramenišť	21
5. Cíle práce	22
6. Metodika	23
6.1. Terénní metodika	23
6.2. Zpracování odebraných půdních vzorků a vytvoření trvalých preparátů	23
6.3. Určování rozsivek podle schránek	23
6.4. Zpracování výsledků	24
6.5. Pořizování fotodokumentace a její zpracování	25
7. Výsledky	26
7.1. Datace	26
7.2. Druhové a rodové složení	26
7.3. Trofie	27
7.4. Obsah elektrolytů	29
7.5. Charakter substrátu	29
7.6. Znečištění	31
7.7. pH	32
7.8. Saprobie	33
7.9. Paleoekologický diagram	33
7.10. Fotodokumentace	36

8.	Diskuze	37
8.1.	Efektivita zvolených metod	37
8.2.	Interpretace výsledků rekonstrukce	37
8.3.	Možné vysvětlení poklesu druhové pestrosti.....	38
8.4.	Porovnání výsledků s jinými studii.....	39
8.5.	Výhody a nevýhody využití rozsivkových analýz v paleoekologii.....	40
9.	Závěr	41
10.	Seznam použité literatury	42
11.	Bibliografie využitá při určování druhů	49
12.	Seznam obrázků, grafů a tabulek	50
13.	Přílohy	51

1. ÚVOD

Porozumění existujícím interakcím mezi živými organismy a prostředím, které je obklopuje, nevede pouze k většímu pochopení živé přírody kolem nás, ale rozšiřuje také možnosti výzkumu v jiných vědeckých oborech. Měnící se životní prostředí a antropogenní zásahy, které mnohdy tento vývoj ovlivňovaly, jsou důležitými faktory při zkoumání dějin a pro odhalení těchto vztahů vznikly mezioborové disciplíny paleoekologie a archeoekologie.

Jejich cílem je získat povědomí o interakcích, ke kterým ve zkoumané době docházelo, a rekonstruovat biotopy minulosti prostřednictvím fosilních pozůstatků, mezi které také řadíme uchované schránky rozsivek vypovídající o určitém charakteru ekosystému. Vědní obor, který se jimi zabývá, diatomologie, proto spadá mimo jiné i pod paleobotaniku a je využíván na Oddělení paleoekologie na Botanickém ústavu Akademie věd České republiky veden Mgr. Markétou Fránkovou Ph.D.

Diatomologie není velmi rozšířenou disciplínou a mimo akademický svět není příliš známá. Je to však rychle se rozvíjející obor, kterému se věnuje mnoho vědců napříč celým světem. Roku 1970 dokonce vznikl spolek International Society for Diatom research, který dodnes působí, organizuje každým druhým rokem setkání a vydává každoročně několik časopisů zabývajících se jejich současným výzkumem. Poznatky o rozsivkách a jejich taxonomii se rychle vyvíjí a při jejich studiu je potřeba užívat aktuální odborné literatury.

V České republice se rozsivky jako bioindikátory využívají pouze od konce 20. století. Mnoho studií, které s nimi pracují, se zaměřuje na studium geologických období a jejich přechodů. Málokdy jsou však využity při výzkumu mladších historických období a obydlí sídel.

Bibracte, bývalé galské oppidum, je dnes významným evropským centrem výzkumu, kam se sjíždí archeologové z celé Evropy. Jedinou českou archeoložkou, která má povolení na Bibracte provádět výzkum, je Mgr. Petra Goláňová Ph. D. z Ústavu archeologie a muzeologie Masarykovy univerzity. V posledních letech se zaměřila na nezastavěná místa uvnitř hradeb, do nichž spadá i v současnosti studované prameniště *du Loup Bourrou* nacházející se v blízkosti bývalých velkých aristokratických budov.

Pro analýzu těchto objektů jsou využívány studie multidisciplinárního charakteru, které spočívají ve spojení několika různých oborů jako je geofyzika, palynologie, antrakologie, parazitologie a také diatomologie.

2. TEORETICKÝ ÚVOD DO DIATOMOLOGIE

2.1. Taxonomie

Rozsivky patří do podříše SAR, infraříše Stramenopila (syn. Heterokonta) a nadtřídy Bacillariophyta (syn. Diatomea). Centrické rozsivky byly klasifikovány do pododdělení Coscinodiscophytina a penátní rozsivky do pododdělení Bacillariophytina (Adl et al., 2012).

2.2. Rozšíření a výskyt

Rozsivky jsou nejrozšířenější skupinou řas a jednou z nejpočetnějších skupin živých organismů na Zemi. Obecně je od roku 1996 celkový počet druhů odhadován na 200 000 (Mann & Droop, 1996). Současné studie nicméně naznačují, že se jejich počet pohybuje spíše kolem 100 000 (Mann & Vanormelingen, 2013). Doposud jich však bylo popsáno pouze necelých 12 000 druhů (Guiry, 2012).

Rozsivky obývají především vodní biotopy. Jsou nedílnou součástí fytoplanktonu (společenstva sinic a řas ve volné vodě), fyto-bentosu (nárostového společenstva sinic a řas na dně stojatých a tekoucích vod); lze je najít ve sladkých, mořských i brakických vodách (Kalina & Váňa, 2005). Osídlují však také terestrické ekosystémy a jsou také schopny přežívat aerofyticky jako součást aeroplanktonu (Tormo, Recio, Silva & Muñoz, 2001). V roce 2015 se dokonce české a belgické výzkumné týmy zabývala druhy rozsivek žijícími v kryokonitových dírách v ledovcích (Vinšová et al. 2015).

O původu a evoluci rozsivek vědci dodnes vedou spory (Sims, Mann & Medlin, 2006), s jistotou obývaly však moře už na počátku druhohor (Sorhannus, 2007; Medlin, 2011; Nakov et al., 2018). V průběhu doby se diferencovaly a dnešní druhy mají každý vlastní specifické nároky na vlastnosti životního prostředí, ve kterém mohou přežívat a rozmnožovat se.

Například druh jako *Pinnularia sinistra* Krammer se bude tedy vyskytovat ve vodách více či méně kyselých a spíše chudých na živiny a elektrolyty, zatímco jiný druh, například *Brachysira brebissonii* Ross, bude preferovat substráty s vyšším obsahem huminových látek a nízkým obsahem minerálů (Hoffman et al., 2011).

Kromě pH, salinity, obsahu živin mohou být těmito vlastnostmi i konduktivita, typ substrátu, stojatost či proudění vody aj. (Reid, Tibby, Penny & Gell, 1995).

2.3. Morfologie

Rozměry rozsivek se pohybují mezi 4,2 až 653 μm (Snoeijs et al., 2002), pro lidské oko tedy téměř nepozorovatelné. Jejich charakteristickým znakem je vytváření křemičité schránky, frustuly. Tato anorganická část se skládá z mírně větší epitéky a menší hypotéky, které zapadají jedna do druhé jako krabice s víkem a tvoří tak pevný obal rozsivky. Každá téka je složena z misky a bočního pásu. Miska, latinsky valva, je z větší části tvořena plochou částí (frons valve / valve face), která se po stranách ohýbá a tvoří prstencovitý plášť misky (limbus/valve mantel) (Kalina & Váňa, 2005). Účelem bočních pásů je pak spojit svým překrytím obě valvy. Boční pásy sestávají z pásků (copulae / intercalary bands), jejichž počet se během růstu buňky mění a jedinec tak může regulovat svůj objem. Nejkrajnější páska je označována termínem pleura. Při pozorování rozsivek tedy rozlišujeme pleurální (boční) pohled a valvární (čelní) pohled (Kalina & Váňa, 2005).

Rozsivky jsou nejen velmi početnou skupinou řas, ale jejich významnou stránkou je i jejich rozmanitost. Také proto je ve světě výzkumu rozsivek uplatňováno rozdělení druhů na dvě rozsáhlé podskupiny (Medlin, 2009). Centrické rozsivky jsou radiálně souměrné, zatímco penátní rozsivky podlouhlého tvaru.

Jejich pestrost se vyznačuje nejen tvarem frustuly, ale také její velikostí, různými povrchovými strukturami, počtem a umístěním chloroplastů nebo dokonce způsoby přisedání k substrátu a tvoření kolonií. Pro výzkum a identifikaci jednotlivých druhů je tedy potřeba znát a umět rozlišit některé útvary na misce:

Areoly a strie

Areoly jsou komůrky uvnitř schránky, které umožňují kontakt buňky s okolním prostředím pro příjem živin a vylučování odpadních látek (Round et al. 1990). Jedná se o duté prostory ohraničené z jedné strany destičkou s kruhovým otvorem, foramen (častěji na vnější straně misky) a destičkou s mnoha mikroskopickými póry, cribrum (obvykle v kontaktu s živou buňkou) (Hale & Mitchell, 2001). Nicméně struktura těchto útvarů se značně liší nejen mezi druhy, ale dokonce i v rámci jednoho druhu (Babanazarova et al. 1996). Areoly jsou sestaveny do řad, latinsky strií, které se při menším mikroskopickém zvětšení mohou zdát celistvé a tvořící pouhou linku na povrchu valvy (Kalina & Váňa, 2005). Hustota a směr strií jsou specifické pro druh a jsou využívány v taxonomii.

Štěrbínové raphe

Raphe je štěrbinovitý útvar umožňující pohyb některým penátním rozsivkám. Existují druhy s miskou s jedním či dvěma větvemi raphe, jejichž počátek se nachází v centrálním nodulu, kde je tloušťka frustuly největší. Ze středu rozsivky se větve šíří k okrajům čili polárním nodulům. Při zkoumání schránky rozsivky v příčném řezu mívá tento útvar obvykle tvar písmene V (Kalina & Váňa, 2005).

Kanálkové raphe

Základem kanálkového raphe je též štěrbina, která má však navíc fibuly a portuly. Fibuly jsou křemičité můstky, kterými je štěrbina překlenutá, a portuly jsou otvory, jimiž je trubice spojena s živou buňkou uvnitř frustuly (Kalina & Váňa, 2005).

Stigma

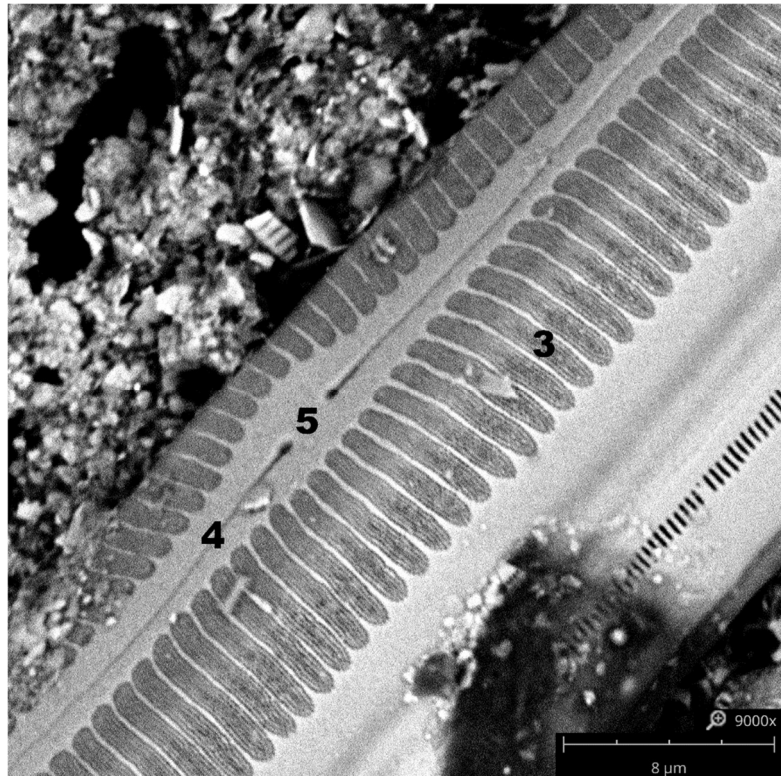
Stigma je izolovaný pór nacházející se v centrální oblasti, typický pro rody Gomphonema nebo Luticola (Kalina & Váňa, 2005).

Septa

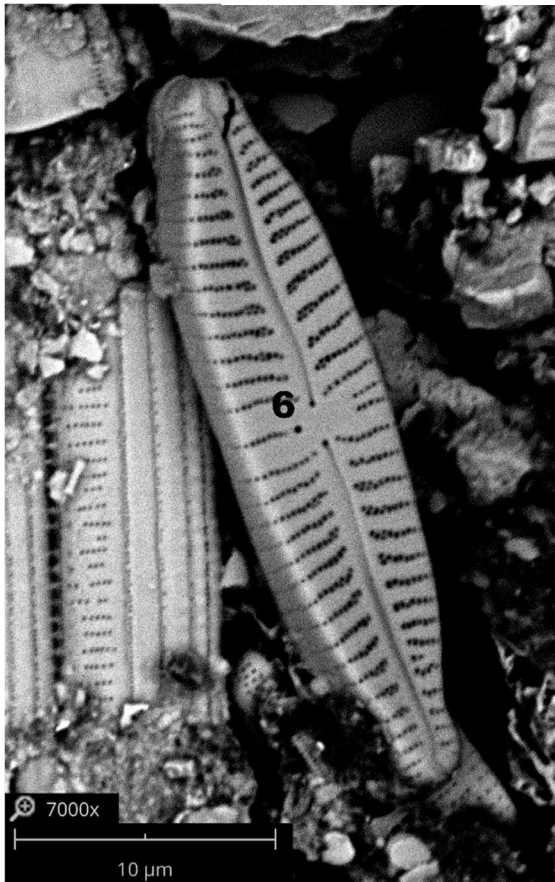
U některých druhů jsou boční pásy opatřeny křemičitými útvary – septy, které pronikají směrem k rozsivkové buňce. Pozorovat je lze u druhů rodu *Tabellaria* (Kalina & Váňa, 2005).



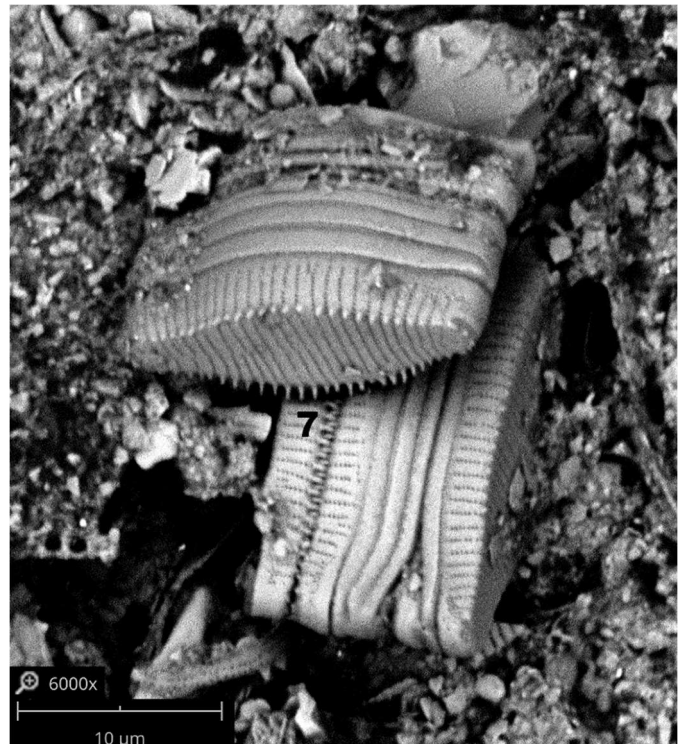
Obrázek 1: *Pinnularia* sp. 1 – Miska (Valva), 2 – Boční pás (Foto autor)



Obrázek 2: *Pinnularia* sp. 3 – Strie tvořené areolami, 4 – Raphe, 5 – Centrální nodulus (Foto autor)



Obrázek 3: *Gomphonema productum*. 6 – Stigma (Foto autor)



Obrázek 4: Kolonie jedinců druhu *Fragilariforma virescens*. 7 – Zuby sloužící ke spojení (Foto autor)

2.4. Životní cyklus a rozmnožování

Rozsivky jsou po většinu životního cyklu diploidními organismy, haploidní jsou pouze ve formě gamet. Rozmnožují se pohlavně či nepohlavně, nepohlavní rozmnožování však značně převažuje (Kalina & Váňa, 2005). Jde o vegetativní dělení, při němž dochází k jedinečnému jevu, se kterým se setkáme pouze u rozsivek. Po vzniku dvou dceřiných buněk uvnitř původní schránky, si každá z nově vzniklých buněk ponechá jednu miskou. První tedy získá epithéku a vytvoří si menší hypotéku (Round et al., 1990). Naopak u druhé dceřině buňky se původní menší hypotéka působením proteinů pleuralinů přemění na novou epithéku a též si sama vytvoří hypotéku (Kröger & Wetherbee, 2000). Tento poněkud neobvyklý způsob dělení vede k postupnému zmenšování jedinců a je znám jako Pfitzer-MacDonaldovo pravidlo (Pouličková, 2018).

Když tímto způsobem dosáhne rozsivka kritických rozměrů, stává se jedinec tzv. pregametangiální buňkou (Kalina & Váňa, 2005). Musí tedy dojít k pohlavnímu dělení, při němž je však potřeba přítomnost dvou pregametangiálních jedinců stejného druhu na stejném místě. Menší pravděpodobnost, že k této situaci dojde, je překážkou pro pohlavní rozmnožování rozsivek a stěžuje tak i jeho pozorování a výzkum (Kalina & Váňa, 2005). Bylo však prokázáno, že některé rozsivky produkují feromony pro komunikaci a usnadnění vyhledávání sexuálního partnera (Gillard et al., 2013).

U centrických rozsivek převažuje oogamie a samčí gamety jsou vybaveny péřitým bičíkem. U penátních rozsivek lze však pozorovat jak proces anizogamický, tak i izogamický. Spermatozoidy mají omezenou pohyblivost a ve většině případů jsou měňavkovitého charakteru. Po oplození vaječné buňky uvnitř mateřské frustuly odpadá schránka a vzniká auxospora, ve které se začne vyvíjet nová buňka. Dceřiná buňka rozměry značně překoná velikost rodičovských buněk a postupně si vytvoří novou křemičitou frustulu, po čemž auxospora praskne (Kalina & Váňa, 2005).

Zjednodušený popis obecného schématu pohlavního rozmnožování má však dále spoustu výjimek, které se projevují např. strukturou povrchu auxospor, polohou rodičovských buněk při kopulaci aj. (Pouličková, 2018).

2.5. Stavba rozsivek

Protoplast

Kompozice organel rozsivek se řídí obecným složením organel typické eukaryotní buňky. Pevný křemičitý obal však způsobuje modifikaci jejich rozložení (Schmid, 1987).

Mitochondrie se převážně nacházejí na okraji buňky (Duke & Reimann, 1977) a dictosomy, stavební jednotky Golgiho komplexu, jsou seskupeny ve středu buňky kolem jádra nebo jsou případně rozptýleny v cytoplazmě (Schmid, 1987).

Pro možnost aktivně transportovat oxid uhličitý k fotosyntéze (Kutík, 2016) se mezi rozsivkovými organely také nachází pyrenoidy (Drum & Pankratz, 1964).

Hnědé chloroplasty obsahují chlorofyly a, c1, c2, c3 a z karotenoidů jsou zde zastoupeny betakaroten a xantofyly, z nichž jsou nejdůležitějšími fukoxantin, diadinoxantin a diatoxantin (Kalina & Váňa, 2005). Chloroplasty jsou důležitým taxonomickým znakem při určování rozsivek zaživa, jejich rozložení v buňce je totiž specifické pro rod a někdy také druh.

Umístění a chemické složení organel se mezi druhy značně liší (Bedoshvili, Popkova & Likhoshway, 2009), nenalzáme u nich však organely specifické pro jednotlivé druhy a zastoupení organel se příliš neliší od ostatních fotosyntetizujících vodních řas. Strukturou, jíž se rozsivky odlišují od ostatních skupin organismů, je křemičitá frustula (Round et al., 1990).

Miska – Frustula

Frustule rozsivek jsou až neuvěřitelně precizními strukturami. Buňka je schopna velmi přesně ukládat molekuly křemíku do složitých uspořádání. Prvek se do buňky dostává kotransportem s Na⁺ ionty. Uvnitř buňky dále přebývá ve formě kyseliny orthokřemičité a akumuluje se ve speciálních silikon-depozitních váčcích, SDV (Drum & Pankratz, 1964). Z důvodu vysoké koncentrace a nízkého pH se kyselina přeměňuje na pevný oxid křemičitý. Tvar, ve kterém k mineralizaci pak dochází, je pravděpodobně regulován organickými makromolekulami (Kröger et. al., 2000). Misky jsou z 87 až 99 % tvořeny oxidem křemičitým, další její složkami mohou být oxid železnatý a hlinitý (Desikachary & Dweltz, 1961).

Rosivky se mohou pomocí stmelujícího materiálu produkovaného dictosomy spojit do kolonií, přichycovat k podkladu buď přímo anebo stonky či jinými specializovanými strukturami.

2.6. Využití v praxi

Specifita struktury, různé nároky na životní prostředí a vlastnosti rozsivkové schránky jsou důvodem jejich širokého využití v mnoha rozličných oborech.

Schránky rozsivek vznikají intracelulární biologicky řízenou biomineralizací, při které jsou umístění a morfologie molekul anorganické látky řízené buněčnými pochody uplatněním organických látek (Mann, 1983). Specifičnost organizace a hierarchie stavby frustul je natolik dokonalá, že současné technologie doposud nejsou schopné dosáhnout podobného výsledku (Znachor, 2008). Odhalení přesných pochodů a reakcí, ke kterým v buňce rozsivek dochází, je předmětem aktuálního výzkumu v dnes se velmi rychle rozvíjejícím oboru nanotechnologie.

Rosivky jsou také důležitým indikátorem ve forenzní vědě (Lunetta & Modell 2005), kde jsou používány tzv. rozsivkové testy. Je-li prokázána přítomnost rozsivek v kostní dřeni, lze usuzovat, že šlo o utonutí (Zlatko et al., 2017). Při hlubší analýze druhů a jejich srovnání s druhy nalezenými na možných místech smrti je dále také možné dohledat alespoň charakter vody, ve které došlo k případnému kriminálnímu činu (Kalina & Váňa, 2005).

V mnoha odvětvích je také užívána usazenina rozsivkových schránek nazývaná křemelina (syn. diatomit), kterou lze nalézt na místech jejich dlouhodobého výskytu (Kalina & Váňa, 2005). V České republice se těží u Borovan u Českých Budějovicích (Znachor, 2008), největší ložisko v Evropě se však nachází v Makedonii, kde tvoří 12 m mocné vrstvy (Kalina & Váňa, 2005). Fosilní sedimenty rozsivek jsou využívány ve stavebnictví, pivovarnictví a vinařství jako filtrační materiál. Protože je diatomit inertní a schopen absorbovat triapůlkrát větší objem, než sám váží, je také hojně využíván jako absorpční materiál ve farmaceutickém průmyslu (Znachor, 2008). Výroba skla, leštících prášků, potravinových plnidel a kontrola kvality mikroskopů jsou dalšími poli působnosti rozsivek a křemeliny. Rozsivky jsou dokonce jednou ze dvou základních složek dynamitu, který Alfred Nobel vynalezl přidáním rozsivkové zeminy k nitroglycerinu (Znachor, 2008).

Stejným způsobem jako v paleoekologii jsou rozmanitost rozsivkových druhů a jejich rychlá reakce na změny v životním prostředí využívány v biomonitoringu a zjišťování případného znečištění zkoumaných lokalit (Sládeček, 1986).

3. VYUŽITÍ V PALEOEKOLOGII

Jedním ze záměrů moderní archeologie je porozumění vzájemnému působení společností a jejich okolního životního prostředí jak na úrovni prostorové, tak ekonomické, sociální a kulturní (Butzer, 1982). Za tímto účelem vznikla úzká spolupráce mezi archeologií a mnoha biologickými odvětvími včetně botaniky, která se v tomto kontextu označuje termíny paleobotanika a archeobotanika. Mezi jejich podobory můžeme například jmenovat palynologii, fytolitovou analýzu, analýzu semen (Day, 2013) a také diatomologii zkoumající rozsivky (Mannion, 1987).

Rozsivky byly v enviromentální archeologii poprvé využity ve čtyřicátých letech 20. století (Miller & Florin, 1948) a zapojení diatomologie do archeologických studií iniciovaly především Skandinávské výzkumné týmy (Battarbee, 1988). Rozsivky jsou již několik desetiletí hojněji využívány, jejich uplatnění je však mnohdy spojeno s jinými metodami a diatomologie se pak mezi těmito metodami ztrácí (Cameron, 2013).

Diatomární analýza sedimentů spočívá v pročištění vzorků od ostatních usazenin převážně organického původu a určení přítomných rozsivek (Battarbee, 1988). Přesným spočítáním jedinců každého druhu z předem stanoveného množství rozsivek (např. 200) nebo použitím semikvantitativní stupnice, lze určit míru zastoupení různých druhů. Za pomoci odborných klíčů uvádějícími pro každý druh jeho ekologii jsou nakonec determinovány charaktery substrátu a životního prostředí v jednotlivých vrstvách profilu. Vzorky jsou pro přesnější orientaci v čase a stáří sedimentů datovány radiokarbonovým datováním, který umožní vytvoření diatomového diagramu vypovídajícímu o četnosti určených druhů v průběhu času.

Rozsivková analýza je časově náročná, ovšem jednoduchá, přinášející nediskutabilní výsledky. Rozsivky navíc rychle reagují na změny přírodních podmínek, především na organické znečištění vody a eutrofizaci (Lobo et al., 2016). Analýzy zastoupení druhů rozsivek jsou výzkumným nástrojem pro mnoho oblastí ekologie zabývajících se časovými proměnami ekosystémů, měnícím se klimatem, ale také antropogenním vlivem (Bešta, 2007).

Zajisté je diatomologie využívána nejvíce v paleolimnologii, multi-vědním oboru zaměřeném na paleoenvironmentální rekonstrukce, které jsou vytvářeny za pomoci analýzy sedimentů uložených na dně vnitrozemských vodních ploch a nádrží (Douglas, 2013). Rozsivky nepřinášejí pouze poznatky o charakteru vody a substrátu na jejím dně, lze je také využít při zkoumání okolní teploty a jejích výkyvech. Švédská studie (Bigler & Hall, 2002) prokazuje její přesnost srovnáním výsledků z rozsivkové analýzy se záznamy teplot po dobu 100 let. Na území České republiky se velké teplotní výkyvy při přechodu mezi Pleistocénem a Holocénem odrazily v četnosti a druhovém složení společenství rozsivek v profilu zaniklého jezera Velanská cesta (Bešta, Šafránková et al., 2009).

Využití diatomologie se neomezuje na limnologii, ale je také užívanou metodikou v oceánografii. Paleoekologické rekonstrukce vývoje klimatu nám navíc nepřináší pouze údaje o minulosti, lze je též pojmout jako prostředek naznačující možný vývin dnešní situace globálního oteplování (Miettinen, 2018). Stoupající teploty afektují habitaty polárních oblastí (Kaufman et al., 2009), a proto je nutné získat představu o možném dlouhodobém vývoji teplot. I v této problematice mohou rozsivky přinést odpovědi a posunout vědu vpřed. Vyvíjející se metody a indexy jsou schopny určit dřívější kolísání vodních hladin a variability mořských proudů (Miettinen, 2018).

Rozsivkové analýzy jsou obvykle aplikovány u mořských, sladkovodních a brakických vodních ploch, málo studií se však v minulosti zabývalo jejich potenciálním využitím při výzkumu terestrických lokalit. Bylo tedy příliš málo poznatků o reakci a citlivosti suchozemských rozsivek (Antonelli & Wetzel, 2017). Současné studie se ovšem tématu více věnují (např. Pfister & Wetzel, 2017; Antonelli & Wetzel, 2017).

Přestože jsou rozsivky málo využívány v průzkumu suchozemských lokalit, spolupracují archeologové s diatomology při výzkumu osídlených oblastí, kde lze rozsivek využít při zkoumání míst, které byly v minulosti zásobovány vodou. Těmito objekty mohou být studny, kanalizace, příkopy, strouhy, drenáž aj. Jako příklad lze zmínit studii (Demiddele & Ervynck, 1993) zabývající se mezerami v osídlení belgického mořského pobřeží v době římské a středověké. Na základě analýzy rozsivek a jejich určení na druhy mořské a sladkovodní bylo možné předložit tvrzení, že za římské říše byla oblast zaplavená vodou z moře, ve Středověku tomu ovšem tak nebylo. Na lokalitě Bibracte ve Francii byla rozsivková analýza použita ve studii zaměřené na příkop a jeho možné využití v době osídlení oppida (Goláňová et al. 2020).

4. TEORETICKÝ ÚVOD K LOKALITĚ

4.1. Bibracte

Bibracte bylo oppidum a hlavní město keltského kmene Haeduů, které se nacházelo na Mont-Beuvray v dnešním Burgundsku ve Francii. Jeho vznik je datován do 2. stol. př.n.l. a jeho význam pro tehdejší společnost byl klíčový (Romero, 2006).

Už před rokem 150 př.n.l. totiž Haeduové podepisují smlouvu o spojení s Římem, nejspíše z ekonomických a hospodářských důvodů. Římský Senát dokonce později o keltském kmenu mluví jako o „*Fratres consanguineique populi Romani*“ tedy bratrů stejné krve jako kmen římský. Prohlášení je o to významnější, že pokud už Řím udržuje s ostatními keltskými kmeny nějaké vztahy, tak spíše nepřátelské (Romero, 2006).

Fakt, že Haeduové udržují dobré vztahy s Římem, však neznamená, že se zcela odtrhli od Keltů. Když dochází k prvnímu střetu mezi Caesarem a keltskými kmeny, jsou to právě Haeduové, kteří donutili římskou armádu se stáhnout. Bibracte se pak stává místem shromáždění různých kmenů a mezi zástupce lze také započítat Vercingetorixe, vůdce a válečníka, kterému se dodnes přisuzuje sloučení rozdrobených keltských kmenů na území dnešní Francie. Přes tento neloajální čin ze strany Haeduů jim však Julius Caesar zůstává věrný a po výhře v Alesii zimuje v Bibracte a píše zde své Zápisky o válce galské (Romero, 2006).

Bibracte tedy bylo místem pobytu dvou nejvýznamnějších osobností galské války: Julia Caesara a Vercingetorixe. Přesto se rok 52 př.n.l. stává počátkem úpadku tohoto významného města, ze kterého se aristokracie postupně stěhuje do modernějšího, nově vybudovaného římského města Augustodunum, dnes Autun (Romero, 2006). Bibracte tak zaniká a mizí z historických pramenů. Do konce 19. století se dokonce věří, že se oppidum, o kterém se Julius Caesar zmiňuje ve svých spisech, nacházelo na místě dnešního Autun, a že Bibracte a Augustodunum jsou jen dva názvy pro jedno sídlo (Lemarchand, 2017).

Písemné prameny z roku 1220 se však zmiňují o jarmarku du Beuvray, jenž se koná každoročně první květnovou středou (Romero, 2006) v místech bývalého oppida na Chaume. Informaci potvrzuje zpráva od Guy Coquille ze 16. stol., kde popisuje jarmark a tradice, které značně připomínají rituály z galské doby (Bulliot, 1876). Konání jarmarku du Beuvray se udržuje až do začátku počátku 20. stol (Romero, 2006).

Kolem roku 1400 vznikl na Mont-Beuvray také františkánský klášter (Bibracte.fr.), snad na místě staršího benediktýnského statku. Klášter byl do 18. stol. obýván malou komunitou františkánů, která pravděpodobně zakládala zahrady a políčka, čímž změnila způsob hospodaření na kopci. S touto aktivitou také souvisela úprava pramenů kolem kláštera a patrně také úprava pramenu *du Loup Bourrou*.

4.2. Přírodní podmínky na Mont Beuvray

Mont-Beuvray se nachází v masivu Morvan vzniklé hercynským vrásněním (Dendievel et al., 2020). Půda je v této oblasti spíše kyselého charakteru (Lejon et al., 2005)

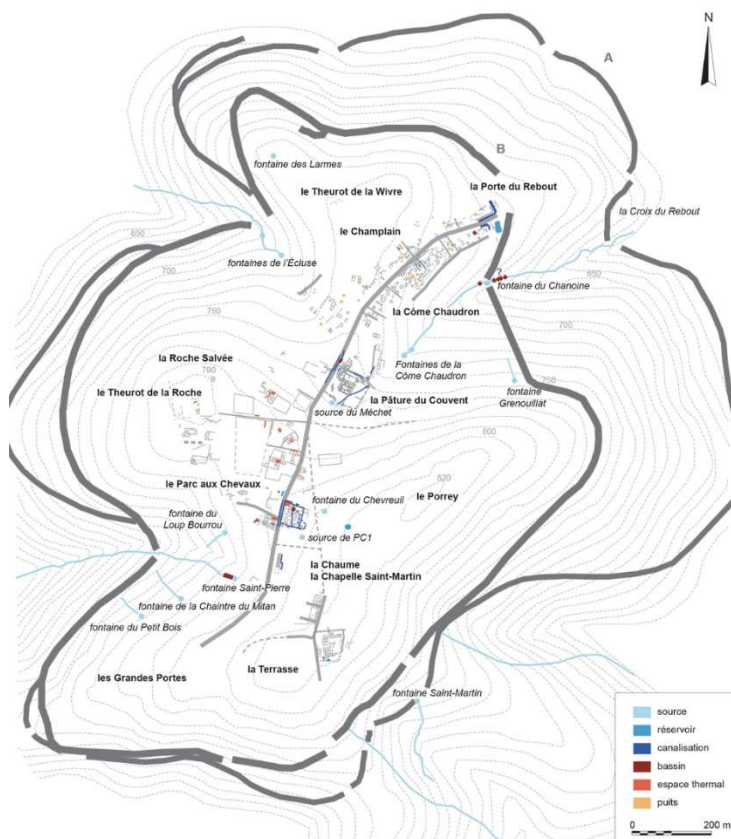
Vrch se nachází v nadmořské výšce 821 m v oblasti s atlantským polohorským klimatem (Romero, 2006). Teploty se pohybují kolem 9 ± 8 °C (Dendievel et al., 2020). Velké množství teplého a vlhkého vzduchu přicházejícího z Atlantického oceánu v místech Mont-Beuvray rychle stoupá a zchladí se, čímž dochází k četným srážkám (Lemarchand, 2017). Množství srážek se ročně pohybuje kolem 1800 mm. Vegetaci na Mont-Beuvray tvoří bukový les s cesmínovým podrostem, 55 % horského masivu bylo však nahrazeno výsadbou jehličnanů (Romero, 2006).

Uvnitř hradeb bylo napočítáno 17 nevysychajících pramenišť, které byly za doby působení oppida Bibracte značně využívány (Lemarchand, 2017). Prameniště zásobovaly nádrže v rámci staveb a pro tento účel vybudovaná kanalizace mohla zasahovat až 4 m do hloubky. Nejvýznamnějším prameništěm je „*Fontaine de Saint-Pierre*“ (Pramen sv. Petra), které bylo roku 2001 přestavěno podle plánů z doby galské.

Ve vzdálenosti 150 m od této rekonstrukce leží prameniště *du Loup Bourrou*, kterým se zabývá moje práce. Nacházelo se v blízkosti velkých reprezentativních soukromých staveb (typu *domus*) v rezidenčním areálu oppida. Místo odběru v nadmořské výšce 780 m (Laetitia Borau, 2020) je obklopeno původní vegetací a odpovídá běžnému charakteru pramenišť s typickým porostem ostřice (*Carex*).



Obrázek 3: Plán oppida Bibracte se zmapovanými vodohospodářskými zařízeními (Zdroj: Open Edition Journals, Laetitia Borau)



4.3. Ekologie pramenišť

Prameny patří k nejhroženějším ekosystémům v Evropě. Mizení typického biotopu z naší přírody se za posledních 50 až 60 let zrychlil antropogenními zásahy, tedy odvodňováním oblastí, změnami praktik v zemědělství a půdní eutrofizací (Pouličková, Hájek & Rybníček, 2005). Prameniště hrají důležitou roli v interakci podzemní vody s povrchovou vodou a jejím zásobováním suchozemských stanovišť (Barquín & Scarsbrook, 2008). Lidské zákroky tedy neohrožují pouze jeden ekosystém, ale celou vzájemně komunikující soustavu ekosystémů. Prameny navíc představují habitat pro vysoce diferencovanou biotu fauny i flóry a některé případy vypovídají o velkém procentuálním zastoupení endemických společenstev (Witt et al., 2006; Barquín & Scarsbrook, 2008).

Prameniště lze dělit podle několika kritérií. Fykologické studie se však zaměřují na některé jejich specifické druhy, jako například termální, slané, minerální nebo kyselé prameny (Pouličková, Hájek & Kitner, 2005). Široká rozmanitost ekologických podmínek, které tyto ekosystémy nabízejí, vedou ke vzniku typických společenstev, které nelze krátce popsat. V následujících odstavcích jsou proto vztahy a závislosti mezi jednotlivými skupinami flóry a funga pouze naznačeny.

Důležitou roli v ekologii pramenišť hrají mechorosty, které se značně podílejí na tvorbě její struktury (Andrus, 1986). Jsou citlivé na pH prostředí, a proto bude více alkalické prameniště vykazovat jiné druhové zastoupení než prameniště acidní. Cévnaté rostliny jsou naopak více ovlivňovány přísunem živin a jejich zastoupení je více všudypřítomné a nezávislé na typu prameniště (Hájková, 2005).

Nenahraditelnými organismy jsou houby, hrající důležitou roli rozkladačů, parazitů i symbiontů. Důkazem významu hub je také jejich významná druhová rozmanitost na prameništích. Studie pojednávající o mikroskopických houbách na 46 prameništích vykazuje přítomnost 171 druhů (Vašutová, 2005).

Znázornění zastoupení řas na dvou prameništích uvedené ve studii (Pouličková, Hašler & Kitner, 2005) prokazuje velké procentuální zastoupení penátních rozsivek (až cca 75 %), které jsou následovány zelenými řasami (až 55 %). V menší míře jsou také přítomné cyanobakterie, zlativky a bičíkovci. Zastoupení různých skupin řas je výrazně závislé na hloubce, se kterou úzce souvisí přístup ke světlu. Ve spodních částech profilu převážně nalézáme žijící i uhynulé penátní rozsivky. Se zmenšující se hloubkou se více prosazují zelené řasy, cyanobakterie a zlativky. Důležitým faktorem je pak také míra vlhkosti. Sušší místa pramenišť jsou bohatší na bičíkovce, zelené řasy, cyanobakterie aj., zatímco společenstva vlhčích míst jsou z cca 90 % tvořena penátními rozsivkami (Pouličková, Hašler & Kitner, 2005).

5. CÍLE PRÁCE

Diatomologie je od roku 2017 začleňována do archeologických multidisciplinárních studií, které se zabývají různými nebudovanými prostory uvnitř oppida Bibracte ve Francii a snaží se přiblížit jejich možné využití v minulosti. Současný výzkum je zaměřen na prameniště *du Loup Bourrou*, který doposud nebyl předmětem žádné studie.

Profil daného prameniště je rozdělen na dvě části, neboť v průběhu středověku (pravděpodobně ve 14. stol) bylo upraveno, nejspíše vydlážděno. Pro výzkum hlubších vrstev je však potřeba tuto vydlážděnou vrstvu prokopat. Náplní mé práce byla tedy horní část profilu, kterou je nutné analyzovat před tím, než bude možné postoupit k rozebrání uměle vytvořené vrstvy a umožněn přístup ke starším sedimentům z doby obsazení Mont-Beuvray keltským kmenem Haeduů.

Jednotlivými dílčími cíli mé práce bylo tedy:

- Zaznamenat celkovou rozsivkovou flóru odebraného prameništního profilu *du Loup Bourrou*
- Pořídit a zpracovat fotodokumentaci determinovaných taxonů
- Stanovit pestrost a relativní zastoupení rozsivkových druhů pro jednotlivé vzorky/období
- Zjistit, zda rozsivková flóra vykazuje nějakou tendenci ke znečištění životního prostředí
- Využít rozsivky jako bioindikátorů a zjistit charakter životního prostředí a jeho vývoj v průběhu doby usazení analyzovaných sedimentů

6. METODIKA

6.1. Terénní metodika

Karotáž na prameništi *du Loup Bourrou* byla provedena 17. srpna 2020 výzkumným týmem Petry Goláňové Ph.D. (viz Příloha 7). Odebrány byly dva profily. Profil P1a zasahoval do hloubky 36 cm. Profil P2a, který je předmětem mé práce, zasahoval do hloubky 29 cm.

Odebraný půdní profil P2a byl poté rozdělen do 12 vzorků podle následujících hloubek: 0-3; 3-5; 5-7; 7-9; 9-11; 11-13; 13-15; 15-17; 17-19; 19-21; 21-23; 23-29. Na spodní a horní hranici byly odebrány organické zbytky pro radiokarbonovou dataci. Vzorky byly označeny a poté zaslány na Botanický ústav AVČR v Brně, kde byly dále zpracovány.

6.2. Zpracování odebraných půdních vzorků a vytvoření trvalých preparátů

Preparáty byly zpracovány v červnu 2021. Ze zasláných vzorků jsem do předem popsáných zkumavek vložila malé množství sedimentů a přidala do jedné třetiny 30% roztok peroxidu vodíku (Van der Werff, 1955), který zbavil vzorky organických složek pro jednodušší a přehlednější pozorování v optickém mikroskopu. Dále jsem zkumavky doplnila destilovanou vodou a odložila vzorky po dobu několika dní tak, aby oxidační činidlo mohlo správně působit.

Každé zkumavce byla přiřazena pipeta, pomocí které jsem přepravila malé množství usazenin ze zkumavky na podložní sklo předem označené názvem vzorku. Z podložních skel jsem nechala odpařit vodu, po čemž bylo možné přistoupit k vytvoření trvalých preparátů.

Pro tvorbu trvalých preparátů je v diatomologii používána syntetická pryskyřice zvaná Pleurax. Jde o hnědý viskózní materiál, který vzniká reakcí fenolu a síry za přítomnosti bezvodého uhličitanu sodného (Vojtíš, 2017). Je využíván pro svůj vysoký index lomu světla, který je nezbytný pro zajištění dostatečného kontrastu schránek rozsivek. (Bešta, 2007).

Na každé podložní sklo jsem přidala kapku Pleuraxu a ohřívala ho nad kahanem. Když začal Pleurax vřít, počkala jsem po dobu několika sekund a pak umístila na sklo krycí sklíčko, na které jsem poklepala, abych vzorek zbavila bublin.

6.3. Určování rozsivek podle schránek

Ke zpracování preparátů sloužil optický mikroskop Olympus BX53 s imerzním objektivem při celkovém zvětšení x1000. Pro přesnější změření délky a šířky rozsivek a pořízení fotodokumentace byla k mikroskopu přidána digitální kamera.

Pro určení druhů bylo využito 9 determinačních monografií: Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991 a, 1991 b), Krammer (2000, 2002, 2003), Lange-Bertalot (2001) a Lange-Bertalot et al. (2017). Při determinaci druhů jsou pozorně sledovány tvary rozsivek, směr a délky strií, přítomnost raphe, délka a šířka jedince, specifické útvary na jejich misce (např. stigma u Gomphonemy, septy u Odontidium) aj.

Pro míru zastoupení jednotlivých druhů ve vzorcích bylo užito semikvantitativní stupnice:

Označení	Hojnost zastoupení taxonu ve vzorku	Procentuální zastoupení taxonu (%)
1	druh ojediněle zastoupený	do 0,1 %
2	druh velmi vzácný	0,1–1 %
3	druh vzácný	1–5 %
4	druh dost hojný	5–20 %
5	druh hojný	20–50 %
6	druh velmi hojný	50–90 %
7	druh masově zastoupený	90–100 %

Tabulka 1: Semikvantitativní stupnice

Každému druhu v preparátu bylo přiřazeno číslo podle jeho míry přítomnosti ve vzorku. Data byla zapsána do tabulky, ze které byl vytvořen rozsivkový diagram vypovídající o míře zastoupení jednotlivých druhů a jeho vývoji v čase.

6.4. Zpracování výsledků

Grafy pro zpracování výsledků byly vytvořeny v programu EXCEL, rozsivkový diagram byl zhotoven pro Botanický ústav v programu PolPal.

Pro výpočet indexů trofie, obsahu elektrolytů a pH nebylo možné využít běžně užívaných rovnic, protože pro každý druh nebyl stanoven přesný počet valve v jednotlivých vzorcích. Modifikovala jsem tedy tyto rovnice tak, aby je bylo možné aplikovat.

Výpočet spočívá ve vydělení sumy přiřazených čísel semikvantitativní stupnice všech indikátorů určité vlastnosti (např. oligotrofie) sumou čísel semikvantitativní stupnice všech druhů indikující vlastnosti trofie (tedy oligotrofie, dystrofie, eutrofie...). Ze získaných hodnot byly vytvořeny grafy.

V grafu věnující se počtu druhů citlivých na znečištění je vyjádřeno procento těchto čistobytných druhů z celkového počtu všech přítomných rozsivek v preparátu.

6.5. Pořizování fotodokumentace a její zpracování

Pro tvorbu tabulí s přehledem vybraných determinovaných druhů (Příloha 1 až 6) byl využit mikroskop Olympus BX53 a software QUICK PHOTO MICRO 2.3.

Fotodokumentaci pro doplnění teoretického úvodu (Obrázky 1 až 4) jsem pořizovala v elektronovém mikroskopu Phenom ProX, pro který jsem předem vytvořila suché, nepokovené, tedy enviromentální vzorky. Všechny pořízené snímky jsem dále zpracovávala v programu GIMP 2.10.22.

7. VÝSLEDKY

7.1. Datace

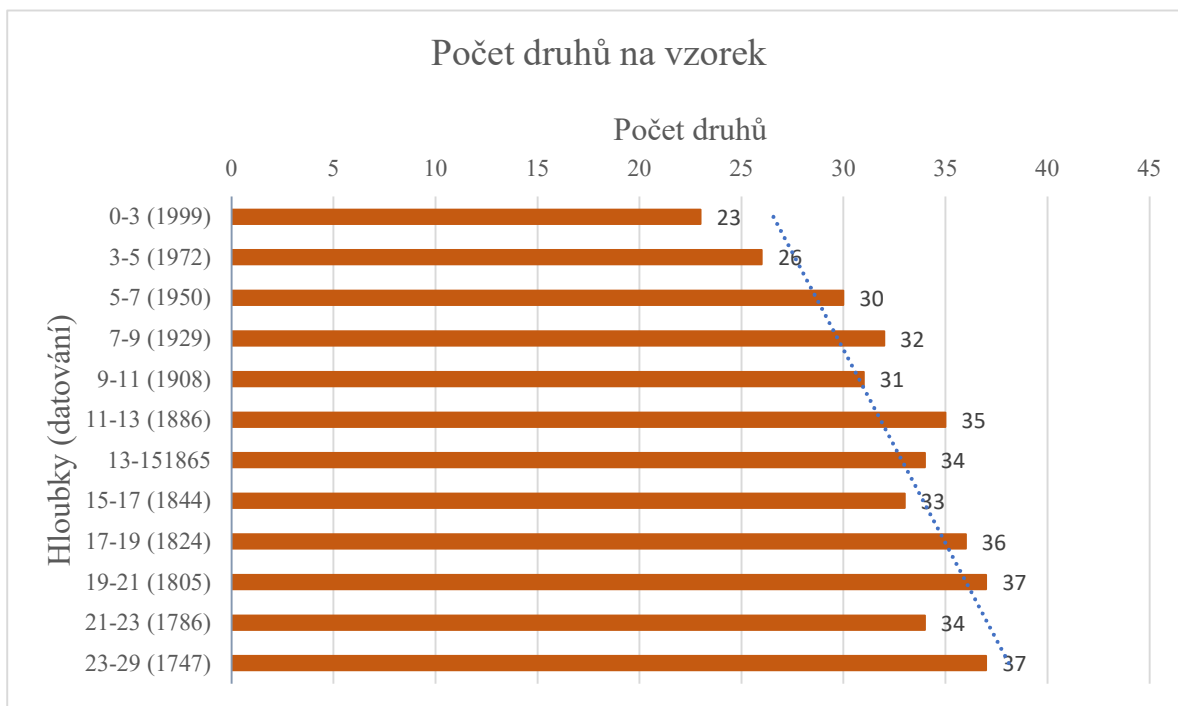
Spodní hranice profilu byla datována do roku 1747, horní vzorek do roku 1999. Datace mezilehlých vzorků pak byla pořízena depth age modelem a vyznačena v paleodiagramu.

7.2. Druhové a rodové složení

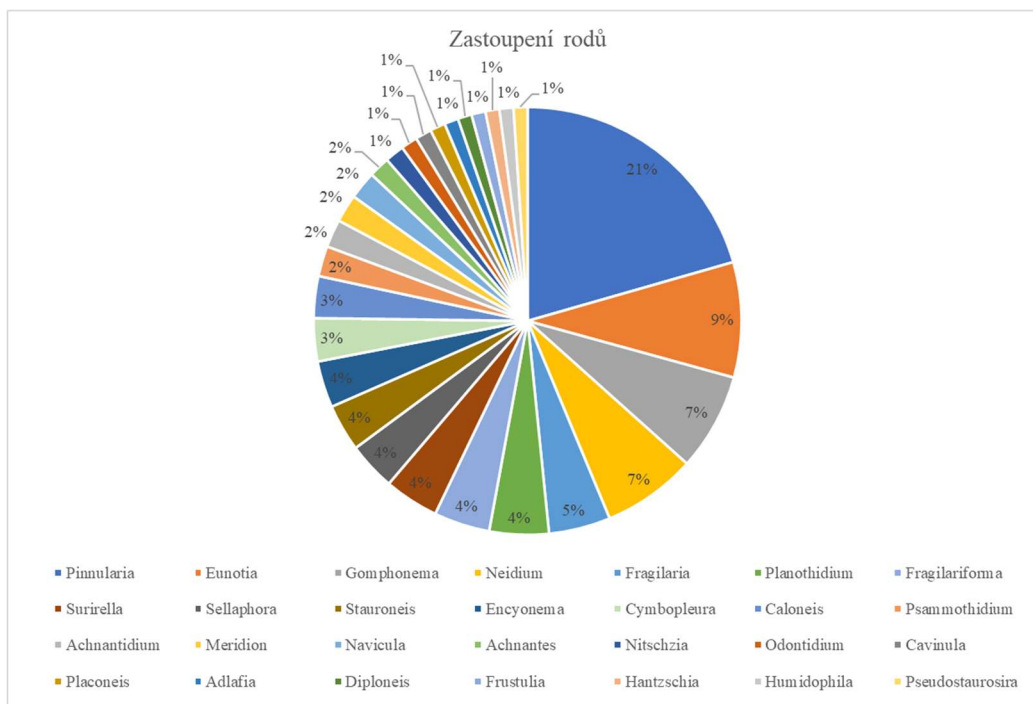
Ve 12 analyzovaných vzorcích profilu prameniště *du Loup Bourrou* bylo identifikováno 66 druhů rozsivek z 28 rodů. Seznam všech pozorovaných druhů je uveden v paleoekologickém diagramu (str.34, 35). Schránky byly poměrně dobře zachovalé a jejich stav nebyl překážkou při určování příslušnosti ke druhům.

Taxonomie 14 rozsivek byla ponechána na úrovni rodu, přesněji 3 jedinci z rodu *Pinnularia*, 2 z rodu *Fragilaria* a po jednom v rodech *Achnantes*, *Achnantidium*, *Caloneis*, *Diploneis*, *Encyonema*, *Eunotia*, *Hantzschia*, *Humidophila* a *Neidium*. Nepřesná identifikace těchto druhů nemá však vliv na výsledky. Jde totiž o nepatrné výskyty v řadě jednotek jedinců nebo o rody jejichž ekologie se z druhu na druh výrazně neliší (např. druhy rodu *Pinnularia*).

Nejméně druhů bylo identifikováno v nejhornějším 0-3 vzorku (23 druhů), nejvíce ve vzorcích 23-29 a 19-21 (37 druhů). Průměrně se v každém vzorku nacházelo 32 druhů. Vývoj počtu zastoupených taxonů je znázorněn v Grafu 1. Spojnice trendu počtu druhů je dobrým ukazatelem jejich klesání z největší po nejmenší hloubku.



Graf 1: Počet druhů na vzorek



Graf 2: Kruhový graf znázorňující zastoupení jednotlivých rodů

Deseti nejpočetnějšími druhy v celém profilu jsou *Fragilariforma virescens*, *Eunotia minor*, *Pinnularia sinistra*, *Planothidium lancoleatum*, *Gomphonema productum*, *Neidium bisulcatum* var. *bisulcatum*, *Fragilaria gracilis*, *Sellaphora pseudopopula*, *Psammothidium* cf. *daonense* a *Cymbopleura naviculiformis*.

Nejvíce zastoupenými rody jsou pak *Pinnularia*, *Eunotia*, *Gomphonema* a *Neidium*. Procentuální zastoupení jednotlivých rodů je uveden v Grafu 2.

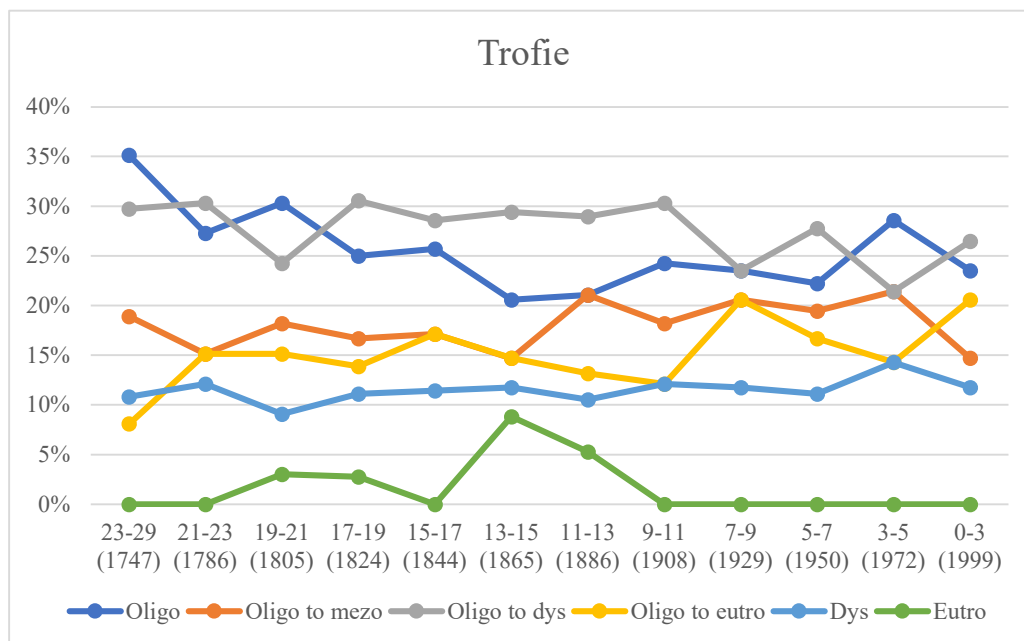
7.3. Trofie

Graf 3 znázorňuje průběh trofického indexu v procentech vypočítaného podle upravené metody uvedené v kapitole Metodika. Osa *x* znázorňuje vrstvy profilu a osa *y* procentuální zastoupení druhů s jednotlivými uvedenými typy trofií (oligotrofie; oligotrofie až mezotrofie, oligotrofie až dystrofie, oligotrofie až eutrofie, dystrofie a eutrofie).

Vzorky obsahovaly indikátory převážně oligotrofních až dystrofních vod. Pouze 3 druhy nebyly ukazateli oligotrofie. Druhy *Surirella angusta* a *Pinnularia grunowii* jsou typické pro eutrofní habitaty. *S. angusta* byla však zaznamenána pouze jednou jako rozlámaná schránka, která mohla být na lokalitu pouze přinesena. Druh *Eunotia minor*, jejíž zastoupení v profilu je významné, je indikátorem dystrofních vod. Její přítomnost tedy potvrzuje, že jde o prameniště oligotrofního až dystrofního charakteru.

Trofie se v průběhu času příliš neměnila. Větší procentuální zastoupení eutrofních rozsivek ve vrstvách 9-11 až 15-17 je dáno zvýšenou přítomností pouze jednoho druhu, *Pinnularia grunowii*.

Tabulka 2 uvádí 27 druhů a pro ně typické trofie.



Graf 3: Vývoj trofie

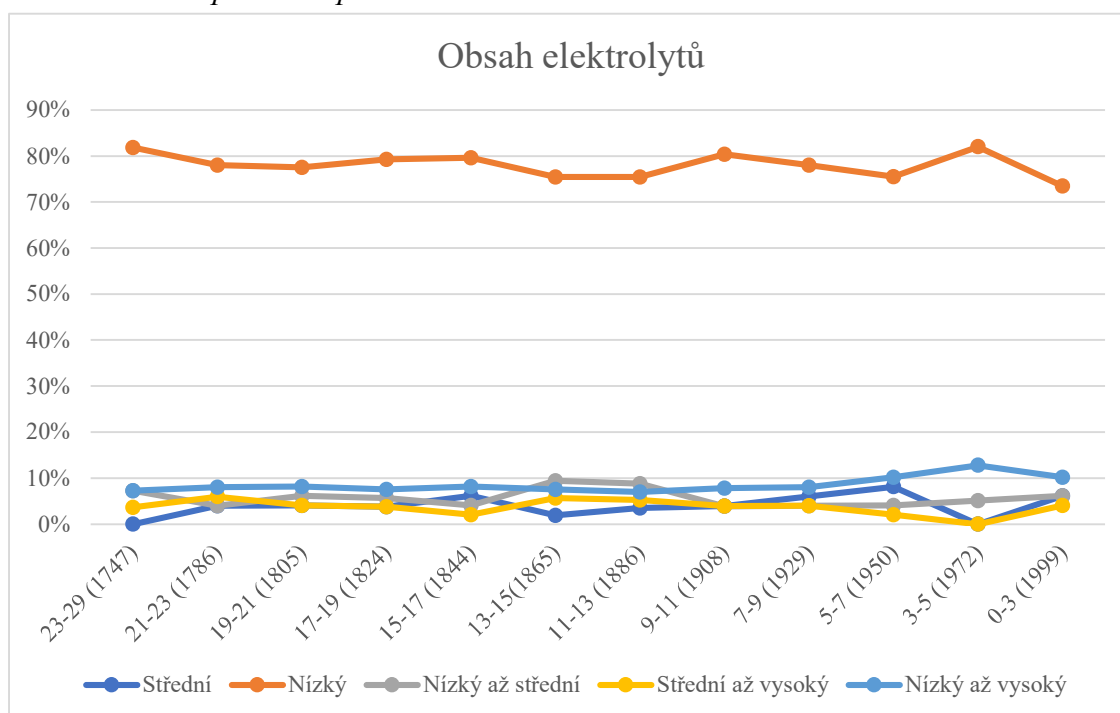
Oligotrofní vody	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve
	<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Gregory) D. G. Mann et Stickle
	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams et Round
	<i>Pinnularia cf. anglica</i> Krammer
	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve
	<i>Planothidium lancoleatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
Oligotrofní až dystrofní vody	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt
	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni
	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfister
	<i>Neidium bisulcatum</i> var. <i>bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve
	<i>Neidium longiceps</i> (Gregory) Ross
	<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer
	<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer
<i>Psammothidium cf. daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	
Oligotrofní až mezotrofní vody	<i>Encyonema cf. minutum</i> (Hilse) D.G. Mann
	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup
	<i>Meridion constrictum</i> Ralfs
	<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer
	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing
Oligotrofní až eutrofní vody	<i>Cymbopleura cf. subaequalis</i> (Grunow) Krammer
	<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer
	<i>Placoneis ignorata</i> (Schimanski) Lange-Bertalot
	<i>Sellaphora laevisissima</i> (Kützing) D. G. Mann
	<i>Surirella linearis</i> W. Smith
Eutrofní vody	<i>Pinnularia grunowii</i> Krammer
	<i>Surirella angusta</i> Kützing
Dystrofní	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow

Tabulka 2: Seznam trofních indikátorů

7.4. Obsah elektrolytů

Z celkového počtu determinovaných rozsivek umožnilo 36 druhů identifikaci množství elektrolytů v životním prostředí prameniště (uvedeny v Tabulce 3). Osa y v Grafu 4 uvádí jednotlivé hloubky odběru, různé spojnice pak vývoj počtu druhů podle množství elektrolytů, pro které jsou typické.

Nejvyšší procento rozsivek indikuje nízké množství elektrolytů a je napříč profilem stálé. Mezi nejčtenějšími druhy indikujícími malé množství elektrolytů byly zastoupeny *Pinnularia sinistra*, *Eunotia minor*, *Fragilaria gracilis*, *Fragilariforma virescens*, *Neidium bisulcatum* var. *bisulcatum* a *Gomphonema productum*.



Graf 4: Obsah elektrolytů

7.5. Charakter substrátu

U 15 z přítomných rozsivek je známá ekologie substrátu, ve kterém se obvykle vyvíjí, a všechny ukazují na substrát křemíkové povahy (uvedeny v Tabulce 4). Druh *Pinnularia gibba* je typický pro habitaty velmi chudé na hydrogenuhlíčan vápenatý, jeho přítomnost je však velmi nízká a nemůže tedy příliš ovlivňovat výsledky.

Nízký obsah elektrolytů	<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Gregory) D. G. Mann et Stickle
	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow
	<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow
	<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams et Round
	<i>Gomphonema cf. acidoclinatum</i> Lange-Bertalot et Reichardt
	<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt
	<i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt
	<i>Meridion constrictum</i> Ralfs
	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing
	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer
	<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer
	<i>Neidium bisulcatum</i> var. <i>bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve
	<i>Neidium longiceps</i> (Gregory) Ross
	<i>Nitschzia acidoclinata</i> Lange-Bertalot
	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing
	<i>Pinnularia cf. anglica</i> Krammer
	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve
	<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer
	<i>Pinnularia perriorata</i> Krammer
	<i>Pinnularia sinistra</i> Krammer
	<i>Pinnularia stomatophora</i> (Grunow) Grunow
	<i>Placoneis ignorata</i> (Schimanski) Lange-Bertalot
	<i>Psammothidium cf. daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
<i>Sellaphora pseudopopula</i> (Krasske) Lange-Bertalot	
<i>Stauroneis acidoclinata</i> Lange-Bertalot et Werum	
<i>Stauroneis silvahassiaca</i> Lange-Bertalot et Werum	
Střední obsah elektrolytů	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve
	<i>Cymbopleura cf. subaequalis</i> (Grunow) Krammer
	<i>Encyonema cf. minutum</i> (Hilse) D.G. Mann
	<i>Sellaphora laevisima</i> (Kützing) D. G. Mann
Nízký až střední obsah elektrolytů	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup
	<i>Pinnularia grunowii</i> Krammer
Střední až vysoký obsah elektrolytů	<i>Pinnularia brebissoni</i> (Kützing) Rabenhorst
	<i>Surirella biseriata</i> Brébisson
Nízký až střední obsah elektrolytů	<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup
	<i>Pinnularia grunowii</i> Krammer
Nízký až vysoký obsah elektrolytů	<i>Planothidium lancoleatum</i> (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
	<i>Surirella linearis</i> W. Smith

Tabulka 3: Seznam indikátorů obsahu elektrolytů

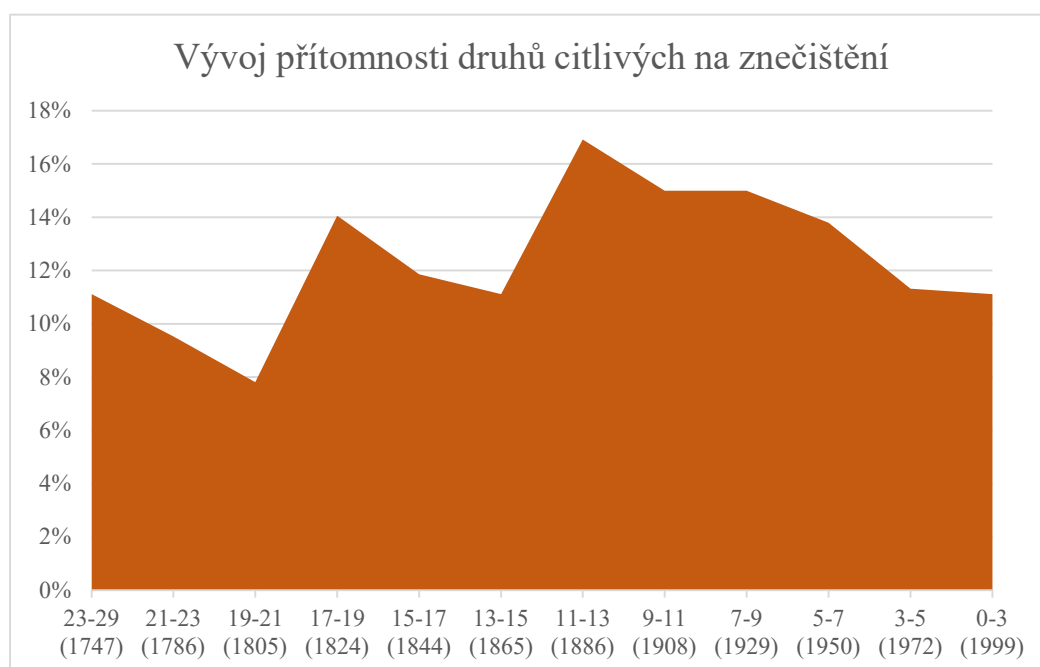
Indikátory křemíkového substrátu
<i>Adlafia suchlandtii</i> (Hustedt) Lange-Bertalot
<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Gregory) D. G. Mann et Stickle
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer
<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow
<i>Eunotia nymanniana</i> Grunow
<i>Fragilaria gracilis</i> Østrup
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D. M. Williams et Round
<i>Gomphonema cf. acidoclinatum</i> Lange-Bertalot et Reichardt
<i>Gomphonema exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt
<i>Gomphonema productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt
<i>Meridion constrictum</i> Ralfs
<i>Nitschzia acidoclinata</i> Lange-Bertalot
<i>Pinnularia perriorata</i> Krammer
<i>Placoneis ignorata</i> (Schimanski) Lange-Bertalot
<i>Sellaphora pseudopopula</i> (Krasske) Lange-Bertalot

Tabulka 4: Seznam indikátorů křemíkového substrátu

7.6. Znečištění

Druhy *Pinnularia sinistra* a *Pinnularia perriorata* jsou tolerantní na antropogenní znečištění. Druhy *Encyonema minutum*, *Eunotia nymanniana*, *Pinnularia schoenfelderi*, *Pinnularia stomatophora* a *Psammothidium daonense* jsou naopak citlivé na lidské zásahy a vyskytují se pouze na lokalitách s minimálním antropogenním znečištěním. *Adlafia suchlandtii* je navíc citlivá na organické znečištění, její výskyt je však nedostatečný k tomu, aby bylo možné z její přítomnosti vyvozovat závěry.

Graf 5 vznikl metodou uvedené v kapitole Metodika a znázorňuje procentuální zastoupení druhů citlivých na znečištění z celkového počtu přítomných rozsivek ve vzorku. Nejvíce čistobytných druhů vykazuje vzorek 11-13 datovaný do roku 1886.

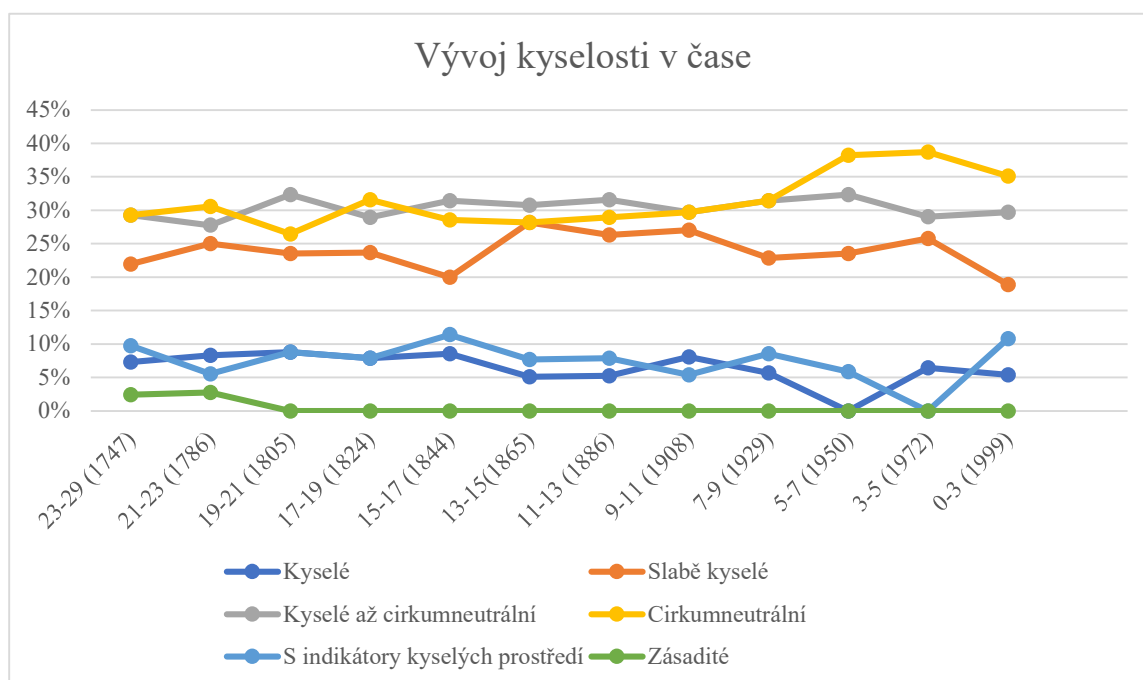


Graf 5: Vývoj přítomnosti druhů citlivých na znečištění

7.7. pH

Substrát je cirkumneutrální (pH cca 7) až slabě kyselé povahy (Graf 6). Nejvíce zastoupenými druhy poukazujícími na cirkumneutrální prostředí jsou *Eunotia minor*, *Psammothidium daonense* a *Planothidium lancoleatum*, slabě kyselé prostředí pak indikují druhy *Sellaphora pseudopopula* a *Gomphonema acidoclinatum*. *Fragilariforma virescens*, *Fragilaria gracilis* a *Neidium bisulcatum* var. *bisulcatum* se vyskytují na lokalitách kyselých až cirkumneutrálních.

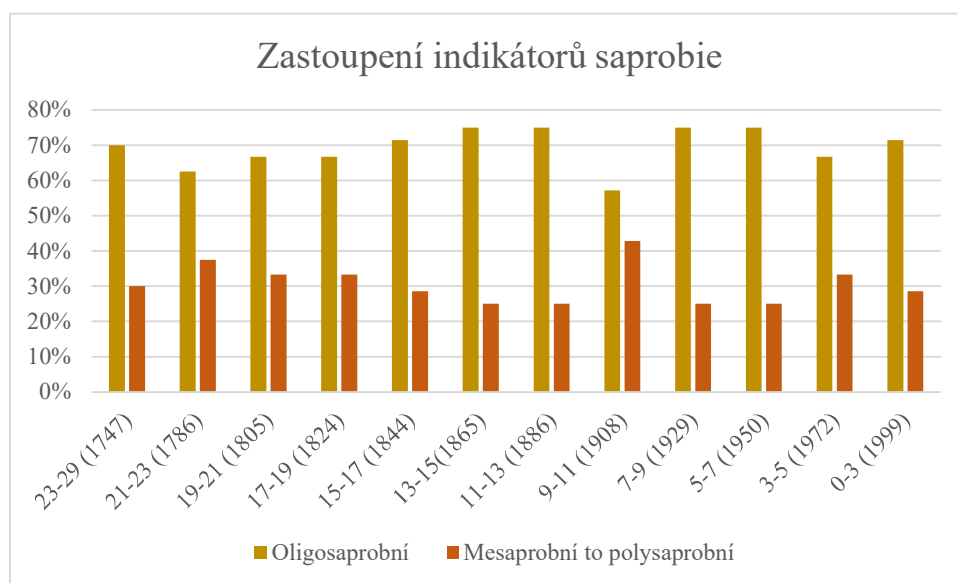
Druhy *Stauroneis acidoclinata* a *Stauroneis silvahassiaca* se vyskytují společně s acidofilními rozsivkami.



Graf 6: Vývoj kyselosti v čase

7.8. Saprobie

Ve vzorcích převažovala přítomnost oligosaprobních druhů. Jde tedy o silně okysličené prostředí s nízkým množstvím organických látek a minimální fermentací. Protože mezi determinovanými druhy nebylo příliš bioindikátorů saprobie, procentuální hodnoty pro jednotlivé vzorky mohou v Grafu 7 rychle kolísat vlivem pouze nevýznamných výskytů. Nárůst zastoupení mesaprobních až polysaprobních druhů ve vzorku 9-11 je dán nálezem pouze jedné schránky rodu *Frustulia*. Nepozorujeme tedy žádné významné výkyvy saprobie, která zůstala v průběhu času stálá

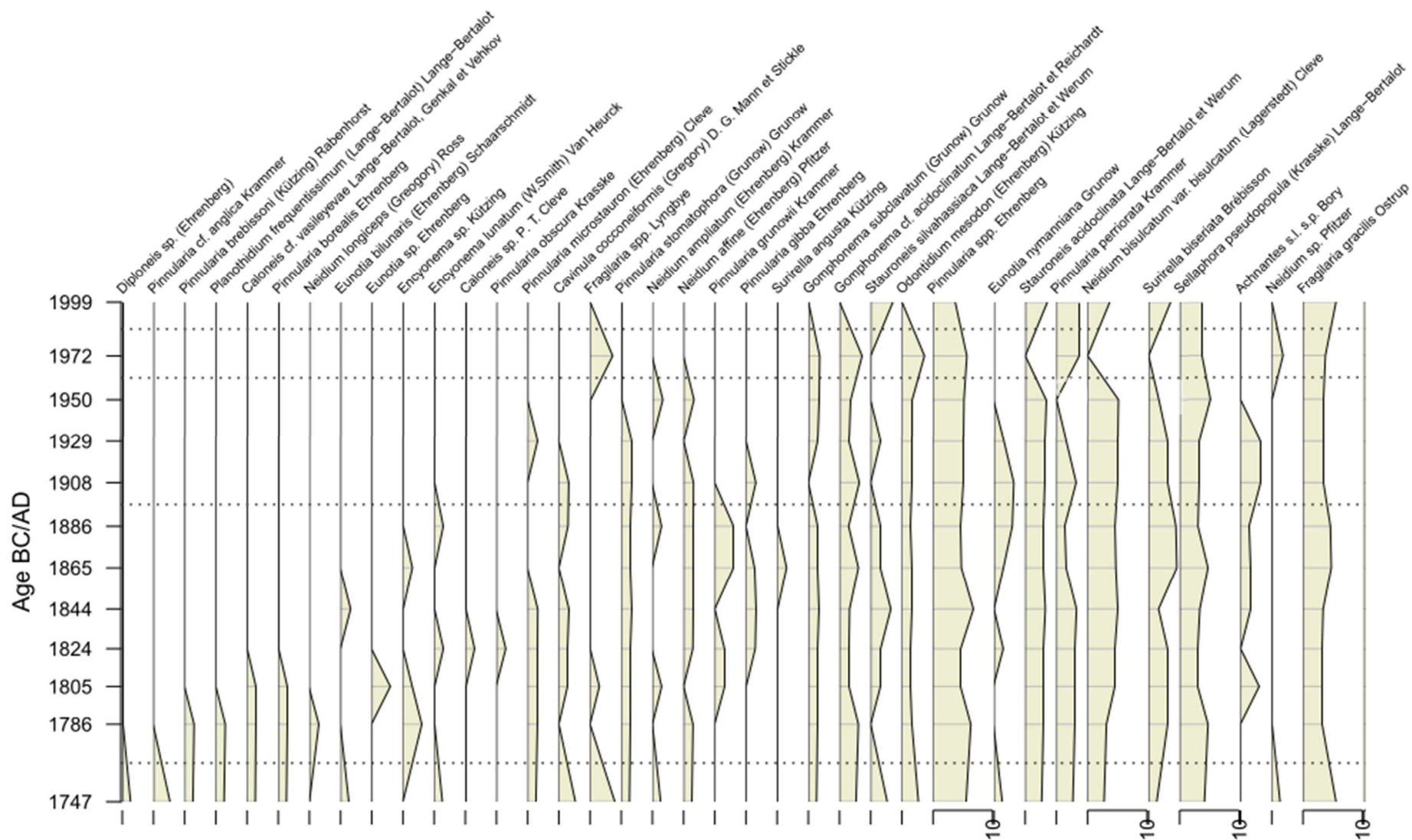


Graf 7: Zastoupení indikátorů saprobie v jednotlivých vzorcích

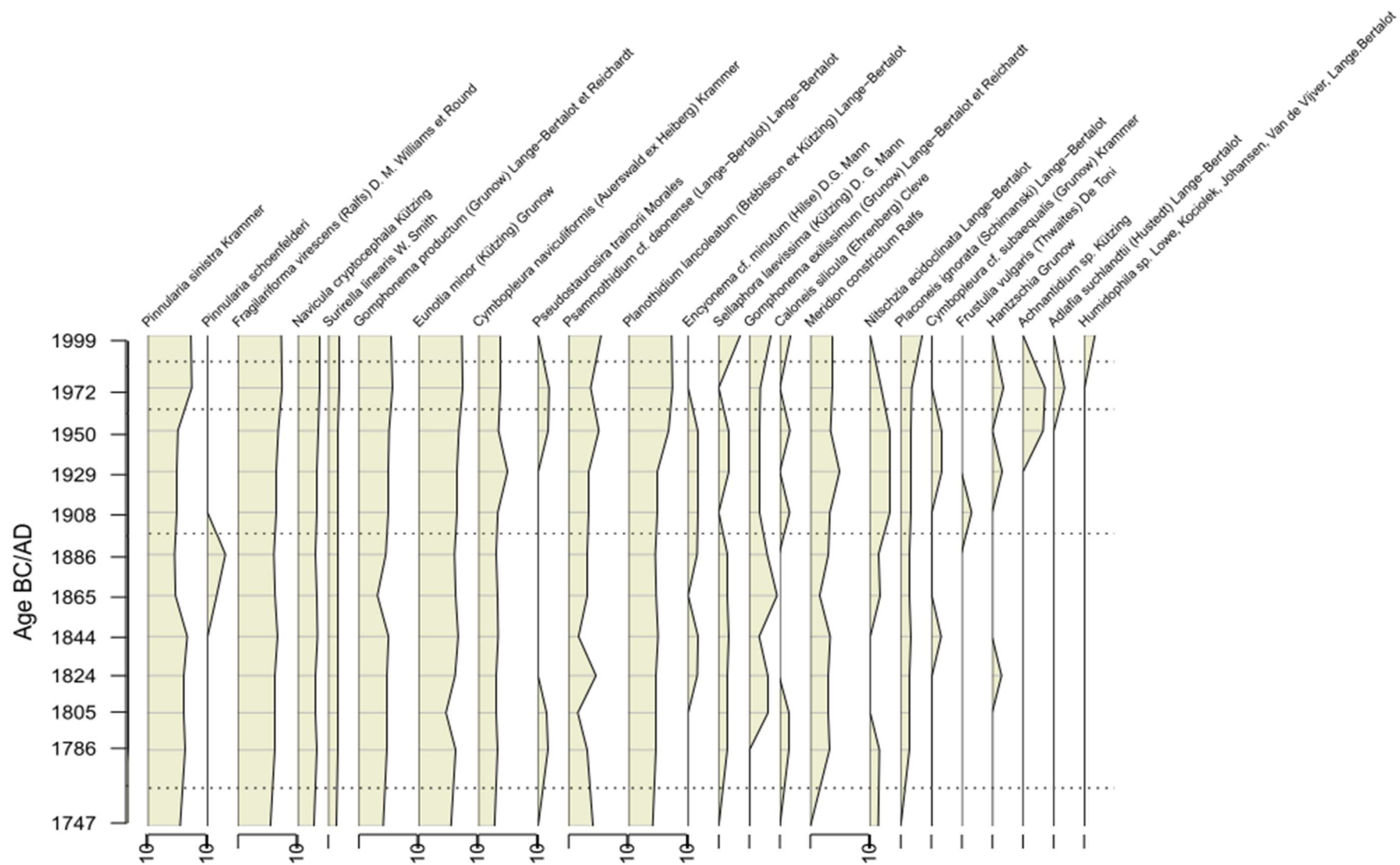
7.9. Paleoekologický diagram

Z analýz prováděných v diatomologii bývá sestaven paleoekologický diagram, který vypovídá o zastoupení jednotlivých druhů v průběhu času. Diagram, který byl pro mé výsledky sestaven v programu PolPal, je uveden na následujících stránkách (str. 34,35). Na ose x jsou názvy druhů a na ose y časová přímka sestavena z radiokarbonového datování a depth age modelu.

Obrázek 4: Paleoekologický diagram rozsivkové analýzy (1. část)



Obrázek 5: Paleoekologický diagram rozsivkové analýzy (2. část)



7.10. Fotodokumentace

Fotodokumentaci jsem pořizovala v průběhu zpracování vzorků celého profilu za pomoci nástrojů, které jsou uvedeny v kapitole Metodika. Celkem jsem tímto způsobem zpracovala 43 ze všech determinovaných 66 druhů a seřadila je podle taxonomického systému. Všechny 6 tabulí je v Příloze číslo 1.

8. DISKUZE

8.1. Efektivita zvolených metod

Zvolená metoda pro preparaci vzorků spočívala v užití 30% peroxidu vodíku H_2O_2 (Battarbee, 1986). Bylo však možné sedimenty vystavit jiným oxidačním činidlům, např. ředěné HNO_3 (Bešta, 2007), nebo koncentrované H_2SO_4 (Kalina, 1994). Námi vybraná technika je považována za nejšetrnější, její účinnost byla však při zpracování sedimentů s velkým obsahem organického materiálu označena za nedostačující (Bešta, 2007). Pro zpracování vzorků z prameniště *du Loup Bourrou* byla nicméně uspokojivá a pro další rozsivkové analýzy na lokalitě Mont-Beuvray může být využita i v budoucnu.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, existují dvě metodiky pro stanovení relativního zastoupení rozsivkových druhů ve vzorcích. Ve zrealizované práci byla zvolena metoda užívající semikvantitativní stupnici a výsledkem byl tedy orientační odhad. Pro rozsah této práce byly výsledky získané touto metodou postačující, protože bioindikátory jednoznačně poukazyvaly na určité vlastnosti substrátu. Pro zařazení analýzy do multidisciplinární studie bude však potřeba přistoupit k druhé metodě, která je preciznější, a stanovit přesný počet valv ve vzorcích. Pak bude možné výsledky obou analýz porovnat a určit, zda je odhad relativního zastoupení jednotlivých taxonů dostatečně přesný pro použití v obdobných výzkumech.

8.2. Interpretace výsledků rekonstrukce

V rámci analýzy jsem determinovala celkem 66 druhů rozsivek. Z toho nejvíce abundantními druhy byly *Eunotia minor*, *Fragilaria gracilis*, *Fragilariforma virescens*, *Gomphonema productum*, *Neidium bisulcatum* var. *bisulcatum*, *Pinnularia sinistra* a *Planothidium lancoleatum*. Nejvíce zastoupenými rody byly pak *Pinnularia*, *Eunotia*, *Gomphonema* a *Neidium*.

V 18. stol. byl počet druhů stálý a pohyboval se kolem 36 druhů na vzorek. V 19. stol. došlo k druhovému poklesu, který však nebyl tak důležitý jako pokles, ke kterému došlo v průběhu 20. století. Druhová bohatost rozsivek v průběhu dvou staletí významně klesla ze 37 druhů v roce 1747 na 23 druhů v roce 1999. Rozdíl činí 14 druhů, tedy 38% pokles rozsivkové diverzity, který silně naznačuje, že v průběhu těchto let došlo ke změně životních podmínek buď v okolí prameniště nebo také přímo v prameništi.

Trofie prameniště se v průběhu času významně neměnila a byla stále ve stupních oligotrofie až dystrofie. Dystrofie vypovídá o vysokém množství huminových kyselin. Oligotrofie (nízká trofie) se vyznačuje nízkým obsahem živin, zejména dusíku a fosforu. Oligotrofní vody jsou druhově bohaté biotopy, ve kterých jsou ale jednotlivé taxony málo abundantní (Werum & Lange-Bertalot, 2004).

Obsah elektrolytů, tedy rozpuštěných iontů/minerálních látek, byl ve všech vzorcích podobný. Bylo zjištěno, že 70 až 80 % všech bioindikátorů obsahu elektrolytů ukazovalo na jejich nízkou koncentraci, což odpovídá 50-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pozorované rozsivky také vypovídají o křemíkové povaze geologického podkladu pramene, což odpovídá charakteru celé oblasti Morvanu, který se skládá z žuly, jehož důležitou složkou je také křemen.

Na základě analýzy rozsivkových indikátorů bylo zjištěno, že je substrát neutrální až slabě kyselý. Ve starších vrstvách je počet cirkumneutrálních a slabě kyselých bioindikátorů obdobný, od roku 1929 však pozorujeme nárůst cirkumneutrálních rozsivek, které převažují nad kyselými druhy.

8.3. Možné vysvětlení poklesu druhové pestrosti

Porovnáme-li výsledky s událostmi a vývojem aktivit na Mont-Beuvray v rozmezí let 1747 až 1999, je možné pozorovat některé možné souvislosti, které jsou však pouze hypotézami. Důvody vývoje podmínek nebo druhové pestrosti na lokalitě mohou být také zcela jiné a jejich odhalení by mělo být předmětem multidisciplinární studie, která by porovnáním výsledků získaných rozsivkovou analýzou a jiných oborů mohla podrobněji popsat důvody změn.

Jedním z důvodů, proč dochází ke klesání počtu druhů bývá mnohdy lidská aktivita na zkoumané lokalitě. Vlivem antropogenních zásahů dochází k eutrofizaci vody, tedy jejího obohacení o živiny. Na takových lokalitách pak z důvodu dostatku přístupné potravy stoupá počet jedinců, ale druhová pestrost se snižuje. V případě prameniště *du Loup Bourrou* bychom tedy mohli uvažovat o antropogenní aktivitě jako o původu poklesu druhové pestrosti. Tuto hypotézu nicméně vyvrací míra zastoupení trofických bioindikátorů, která svědčí o neměnicím se oligotrofním až dystrofním charakteru substrátu, a naopak spíše mírně stoupající počet druhů citlivých na lidské zásahy.

Z historických záznamů víme, že se na vrchu Mont-Beuvray každoročně uskutečňovaly jarmarky, které byly ale tradicí až do počátku 20. stol. a v rozsivkové flóře se nepromítají. Vrch však od 14. stol. obývala františkánská komunita, která značně ovlivňovala přírodní podmínky na lokalitě hospodářskou aktivitou. Pramen *du Loup Bourrou* nejspíše upravili právě františkáni a jejich odchod v 18. stol. by vysvětloval postupné zvyšování abundance rozsivek citlivých na lidskou aktivitu.

S odchodem františkánů z Mont-Beuvray by pak mohlo souviset i snižování počtu druhů rozsivek. Pokud pramen upravili členové náboženského řádu, můžeme předpokládat, že o něj také pečovali. Po jejich odchodu však o upravený pramen nikdo nadále nepečoval a můžeme se domnívat, že na se na lokalitě rozšířila vegetace. Z důvodu hustší vegetace došlo dále k zastínění, což by vysvětlovalo pokles rozsivkové druhové pestrosti, který je pro méně osvětlená místa typický.

Důvodem kolísání počtu taxonů a rozsivek citlivých na antropogenní zásahy mohou nicméně být zcela jiné. Dalšími hypotézami by mohl být příchod archeologů na přelomu 19. a 20. století, tedy v období, ve kterém sedimenty začaly vykazovat největší pokles druhů, který pokračoval do roku 1999. Na celé okolí vrchu Mont-Beuvray mohlo mít také vliv značné odlesňování celé oblasti Morvanu, které ale přímo na zde rozebírané lokalitě neprobíhalo. Zvyšování teplot od počátku 20. stol. (NASA), které ovlivnilo i zemědělství v oblasti jižní Francie včetně Burgundska (Le Roy, Daux & Luterbacher, 2006), by mohlo být dalším vysvětlením pozorovaného jevu.

8.4. Porovnání výsledků s jinými studii

Na území Burgundska bylo diatomologie málokdy využito. V letech 2017 až 2019 byly však vydány tři atlasy rozsivek vodních toků Burgundska (Peeters & Ector, 2017/2018/2019). Knihy se věnují pouze některým rodům a nezabývají se všemi taxony, které byly ve vzorcích této studie nejvíce zastoupeny (*Pinnularia*, *Gomphonema*...). Nezabývají se navíc prameništi, ale pouze ekosystémy tekoucích vod. Porovnáme-li přesto determinované druhy prameniště *du Loup Bourrou* s druhy uvedenými v atlase, nalezneme některé shody.

Eunotia minor a *Planothidium frequentissimum* jsou nejvíce zastoupenými druhy jejich rodů v Burgundsku. Přítomnost *P. frequentissimum* bylo na prameništi vzácnější, ale *E. minor* byla jednou ze tří nejvíce abundantních druhů. *Planothidium lanceolatum* a *Fragilaria gracilis* jsou rozšířeny po celém území francouzského regionu a taktéž v profilu je jejich abundance výrazná. *Psammothidium daonense*, *Odontidium mesodon*, *Fragilariforma virescens*, *Meridion constrictum* a *Cavinula cocconeiformis* jsou hojně zastoupeny v oblasti Morvanu, což vzorky potvrzují. *Caloneis silicula*, *Neidium affine* a *Sellaphora pseudopopula* jsou podle atlasu vzácnější, ale na prameništi se nacházely.

Doposud byla publikována pouze jedna studie využívající rozsivky při výzkumu lokality Bibracte (Goláňová et al., 2020). Předmětem této studie byl příkop nacházející se ve vzdálenosti cca 700 m od prameniště *du Loup Bourrou*, vzorky byly nicméně datovány do ranějšího období, nejmladší vzorek do 13. stol. Některé druhy se přesto nacházely na obou studovaných místech, i když s určitými rozdíly v míře zastoupení. Velmi přítomnou rozsivkou v příkopu byla *Pinnularia borealis*, jejíž zastoupení v prameništi však bylo minimální. Přítomnost *P. borealis* v prameništi je neočekávaný, protože jde o aerotolerantní druh, jehož přítomnost v příkopu, kde nebylo mnoho vody, je naopak logický. Velmi hojné druhy v profilu prameniště *Pinnularia sinistra*, *Planothidium lanceolatum*, *Fragilaria virescens* a *Gomphonema subclavatum* byly v příkopu zaznamenány jen zřídka. Nízké relativní zastoupení druhů *Surirella angusta* a *Pinnularia grunowii* se u obou studií příliš nelišilo.

Jen málo studií se věnuje paleoekologické analýze prameniště, a proto není možné moje výsledky porovnat s výsledky více výzkumů podobného biotopu. Nicméně je možné je porovnat se studií provedenou v Kanadě a zabývající se paleoekologickou rekonstrukcí odtoku podzemní vody (Reavie, Douglas & Williams 2001). Jde o studii provedenou na jiném kontinentě a lze očekávat, že přírodní podmínky porovnávaných lokalit se výrazně liší. Při kanadské studii zasahoval odebraný profil 76 cm do hloubky a představoval pouze 160 let sedimentace. Profil z prameniště *du Loup Bourrou* zasahoval do hloubky 29 cm, ale jeho datace představovala 252 let. Kanadská studie identifikovala 120 druhů rozsivek, tedy mnohem více taxonů než v rozsivkové analýze pramene. U kanadské studie však druhy patřily pouze do 26 rodů, tedy o 2 méně než u rozsivek z Mont-Beuvray. Porovnání tedy svědčí o velké rodové, ale menší druhové pestrosti rozsivek v profilu prameniště *du Loup Bourrou*.

8.5. Výhody a nevýhody využití rozsivkových analýz v paleoekologii

Po dokončení diatomární analýzy jsem zvážila výhody a nevýhody, které mohou tuto metodu doprovázet.

Vypracovávání podobné analýzy je časově velmi náročné. Identifikace jednotlivých druhů může zabrat mnoho času a je k ní potřeba aktuální odborná literatura, jež zahrnuje současnou taxonomii a poznatky, které se velmi rychle v oboru mění a aktualizují. Překážkou mohou být i rozlámané valvy, jež je možné při nejlepším zařadit pouze do rodu. Při začátcích v diatomologii je také potřeba rad odborníků, kteří mají v taxonomii větší přehled a zkušenost.

Jde však o efektivní metodu, kterou je možné aplikovat na mnoha typech lokalit, protože jsou rozsivky rozšířené po celém světě a prakticky ve všech typech biotopů, zejména ve vodních ekosystémech. Změna v životním prostředí nebo lidský zásah se navíc bezprostředně promítá v rozsivkovém společenstvu a při spojení s jinými vědeckými obory lze pak s mnohem větší jistotou určit k jaké změně došlo. Jde o finančně výhodnou metodu, u níž není potřeba moderních technologií a postačí světelný mikroskop. Z důvodu časové náročnosti a potřebné zkušenosti, je ale potřeba brát v úvahu finanční náročnost co se týče zakrytí výdajů pro provedení této práce. Odebrání profilu může být považován za invazivní metodu, má však v porovnání s jinými metodami menší negativní dopad na biotop místa odběru. Po vytvoření trvalých preparátů je také možné se ke vzorkům vrátit a analyzovat je znovu. Trvalé preparáty navíc společně s pořízenou fotodokumentací poslouží jako doklad identifikace rozsivek.

Diatomologie je tedy účinná metoda, jejíž efektivnost je nejvyšší ve spojení s dalšími obory, které se navzájem doplňují.

9. ZÁVĚR

V předložené práci jsem se zaměřila na zpracování profilu P2a prameniště *du Loup Bourrou* na lokalitě Bibracte ve Francii. Z diatomární analýzy jsem zjistila, že se charakter prostředí prameniště *du Loup Bourrou* od roku 1747 po rok 1999 příliš neměnil. Došlo však k významnému poklesu druhové pestrosti, který svědčí o změně, ke které na lokalitě muselo dojít, a ke kolísání počtu druhů citlivých na lidské zásahy.

Dalším krokem v mé účasti na vědecké práci bude zpracování profilu P2a jinou metodou zapisování míry zastoupení jednotlivých taxonomických skupin, a to napočítáním přesného počtu schránek každého druhu ve vzorcích. Další náplní mé práce bude analýza druhého profilu, tedy profilu P1a, který byl odebrán v blízkosti prvního půdního profilu. Nově vypočítané indexy bude dále možné porovnat se zde prezentovanými výsledky a zjistit, zda je profil P1a potvrzuje.

Zajímavé však také bude porovnat druhy nalezené v obou profilech a zjistit, zda se rozsivková společenstva mohou v tak malé blízkosti výrazně lišit nebo naopak nevykazovat o velké druhové různosti.

Po vypracování obou paleoekologických profilů bude možné mojí práci publikovat v rámci multidisciplinární studie vedené archeoložkou Mgr. Petrou Goláňovou Ph.D. z Ústavu archeologie a muzeologie Masarykovy univerzity jako součást projektu: *Oppidum jako urbánní krajina: multidisciplinární přístup ke zkoumání prostorové struktury "intra muros"*. Ve víceoborové studii bude dále možné porovnat výsledky různých zvolených oborů s výsledky diatomární analýzy a možná zjistit k jaké změně v průběhu posledních dvou staletí na lokalitě došlo.

Po rekonstrukci ekosystému v tomto časovém období bude v budoucnu pak možné přistoupit k rozebrání kamenné vrstvy ze 14. stol. a pokračovat v analýze profilu dále v čase. Bude tedy možné analyzovat vzorky z doby osídlení oppida a získat představu o měnícím se životním prostředí na Mont-Beuvray v průběhu několika staletí.

Tato práce byla pro mě velmi přínosná a zajímavá, protože mi umožnila propojit několik oblastí mého zájmu, mezi které patří biologie, historie, práce v laboratoři..., ale také objevit Bibracte, centrum výzkumu, které vyzívá k mezinárodní spolupráci v akademickém světě.

10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S.S., ... Brown, M.W., Burki, F. (2012). The Revised Classification of Eukaryotes. *The Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59(5), 429-493. doi: 10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x
- Andrus, R.E. (1986). Some aspects of Sphagnum ecology. *Canadian Journal of Botany*, 64(2). 416-426. doi: 10.1139/b86-057
- Antonelli, M., Wetzel, C.E., Ector, L., Teuling, A., Pfister, L. (2017). On the potential for terrestrial diatom communities and diatom indices to identify anthropic disturbance in soils. *Ecological Indicators*, 75. 73-81. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.12.003
- Babanazarova, O.V., Likhoshway, Y.V., Sherbakov, D.Y. (1996). On the morphological variability of *Aulacoseira baicalensis* and *Aulacoseira islandica* (Bacillariophyta) of Lake Baikal, Russia. *Phycologia*, 35(2). 113–123. doi: 10.2216/i0031-8884-35-2-113.1
- Barquín, J., Scarsbrook, M. (2007). Management and conservation strategies for coldwater springs. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(5). 580-591. doi: 10.1002/aqc.884
- Battarbee, R.W. (1988). The use of diatom analysis in archaeology: A review. *Journal of Archaeological Science*, 15. 621-644. doi: 10.1016/0305-4403(88)90057-x
- Bedoshvili, Y.D., Popkova, T., Likhoshway, Y.V. (2009). Chloroplast structure of diatoms of different classes. *Cell and Tissue Biology* 3(3). 297-310. doi: 10.1134/S1990519X09030122
- Bešta, T. (2007). Rozsivková analýza sedimentů zaniklého jezera Velanská cesta. České Budějovice, Katedra Botaniky, Magisterská práce. Dostupná z: https://botanika.prf.jcu.cz/thesis/pdf/BestaT_Mgr07.pdf
- Bešta, T., Šafránková, J., Pouzar, M., Novák, J., Nováková, K. (2009). Late Pleistocene-early Holocene transition recorded in the sediments of a former shallow lake in the Czech Republic. *Hydrobiologia*, 631. 107-120.
- Bibracte.fr. Musée de Bibracte – Mont Beuvray Dostupné z: <https://www.bibracte.fr/la-ville-sous-mes-pieds>
- Bigler, C., Hall, R.I. (2002). Diatoms as quantitative indicators of July temperature: a validation attempt at century-scale with meteorological data from northern Sweden. *Palaeo*, 189. 147-160.
- Borau, L. (2020). La gestion de l'eau à Bibracte (Saône-et-Loire), avant et après la Conquête romaine. *Varia*, 77-2. *Gallia Archéologie des Gaules*. doi: 10.4000/gallia.5192. Dostupné z: <https://journals.openedition.org/gallia/5192#bibliography>

- Bulliot, J.G. (1876). L'oppidum de Bibracte : guide historique et archéologique au Mont Beuvray, d'après les documents archéologiques les plus récents / publ. par un membre de la Société éduenne ; d'après les notes et sous la dir. Dostupné z: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k75310r/texteBrut>
- Butzer, K.W. (1982). Archeology as human ecology: Method and theory for a contextual approach [online]. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 0-521-28877-0. Dostupné z: <http://sites.utexas.edu/butzer/files/2017/07/Butzer-1982-HumanEcology.pdf>
- Cameron, N.G. (2013). Diatom methods: Use in Archaeology. Encyclopedia of Quaternary Science. 516-521. doi: 10.1016/b978-0-444-53643-3.00222-3
- Day, J. (2013). Botany meets archaeology: people and plants in the past. Journal of Experimental Botany, 64(18). 5805-5816. doi: 10.1093/jxb/ert06
- Dendievel, A., Jouffroy-Bapicot, I., Argant, J., Scholtes, A., Tourman, A., de Beaulieu, J., Cubizolle, H. (2020). From natural to cultural mires during the last 15 ka years: An integrated approach comparing 14C ages on basal peat layers with geomorphological, palaeoecological and archaeological data Eastern Massif Central, France). Quaternary Science Reviews, 233. doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106219
- Desikachary, T.V., Dweltz, N.E. (1961). The chemical composition of the diatom frustule. Indian Academy of Sciences, 53 (4). 157-165. doi: 10.1007/BF03051518
- Douglas, M.S.V. (2013) Paleolimnology: Overview of Paleolimnology. Encyclopedia of Quaternary Science, 256-270. doi: 10.1016/B978-0-444-53643-3.00232-6
- Drum, R.W., Pankratz, H.S. (1964). Post mitotic structure of Gomphonema parvulum. Journal of ultrastructure research, 10. 217–223. doi: 10.1016/S0022-5320(64)80006-X
- Drum, R.W., Pankratz, H.S. (1964). Pyrenoids, raphes and other fine structure in diatoms. American Journal of Botany, 51(4). 405-418. doi: 10.1002/J.1537-2197.1964.TB06650.X
- Duke, E.L., Reimann, B.E.F. (1977). The ultrastructure of the diatom cell. Werner, D. The Biology of Diatoms: Oxford: Blackwell. 65-109. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=OUAUAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA65&ots=4zHlXgz4-l&sig=czUMFvdB1rBA13fPT080FL9of-0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Ervynck, A., Baetman, C., Demiddele, H., Hollevoet, Y., Pieters, M., ..., Verhaeghe, F. (1999). Human occupation because of a regression, or the cause of a transgression?: A critical review of the interaction between geological events and human occupation in the Velgian coastal plain during the first millennium AD. Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, 26. 97-121.

- Gillard, J., Frenkel, J., Devos, V., Sabbe, K., ... Vuylsteke, M., Vyverman, W. (2013). Metabolomics enables the structure elucidation of a diatom sex pheromone. *Angewandte Communications*, 52(3). 854–857. doi: 10.1002/anie.201208175
- Goláňová, P., Hajnalová, M., Lisá, L., Peter, M., Petr, L., Fránková, M., Kysela, J., Flammer, P.G., Kočárová, R., Barta, P. (2020). Investigating the complex story of one ditch – A multidisciplinary study of ditch infill provides insight into the spatial organisation within the oppidum of Bibracte (Burgundy, France). *PLoS ONE* 15(4). doi: 10.1371/journal.pone.0231790
- 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
- Hájková, P. (2005). Chapter 8, Bryophytes. Poulíčková, A., Hájek, M., Rybníček, K. *Ecology and palaeoecology of spring fens of the west carpathians*. První vydání. Olomouc, Univerzita Palackého. ISBN: 80-244-1071-0
- Hale, M., Mitchell, J.G. (2001). Functional morphology of diatom frustule microstructures: hydrodynamic control of Brownian particle diffusion and advection. *Aquatic Microbial Ecology*, 24(3). 287–295. doi: 10.3354/ame024287
- Hoffman, G., Werum, M., Lange-Bertalot, H. (2011). *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa: Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. První vydání. Rugell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. ISBN: 978-3-906166-92-6
- Kalina, T., Váňa, J. (2005). *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. První vydání. Praha: Karolinum. ISBN: 80-246-1036-1
- Kalina, T. (1994). Preparace rozsivek. Křísa, B. & Prášil, K. (eds). *Sběr, preparace a konzervace rostlinného materiálu*, Scriptum Univerzita Karlova v Praze, Fakulta Přírodovědecká. pp. 26-31.
- Kauffman, D., McKay, N., Ammann, C.M., Schneider, D., ...Overpeck, J.T. (2009). Recent warming reverses long-term arctic cooling, 325. 1236-1239. doi: 10.1126/science.1173983
- Kröger, N., Wetherbee, R. (2000). Pleuralins are Involved in Theca Differentiation in the Diatom *Cylindrotheca fusiformis*. *Protist*, 151(3). 263–273. doi: 10.1078/1434-4610-00024
- Kutík, J. (2016). Pyrenoid a zvýšení fotosyntetické fixace uhlíku: Jak zlepšit výnosy zemědělských plodin. *Vesmír* 95, 621. Dostupné z <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2016/cislo-11/pyrenoid-zvyseni-fotosynteticke-fixace-uhlíku.html>
- Lejon, D.P.H., Chaussod, R., Ranger, J., Ranjard, L. (2005). Microbial Community Structure and Density Under Different Tree Species in an Acid Forest Soil (Morvan, France). *Microbial Ecology*, 50(4). 614-625. doi: 10.1007/s00248-005-5130-8

- Lemarchand F. (2017). *Bibracte: Une ville entre deux mondes*. Glux-en-Glaine: Bibracte, Centre archéologique européen. ISBN: 978-2-909668-80-2
- Le Roy, E.L., Daux, V., Luterbacher, J. (2006). Le climat de Bourgogne et d'ailleurs (XIVe-XXe siècle). *Histoire Économie et Société*, 25(3). 421-436. doi: 10.3406/hes.2006.2612
- Lobo, E.A., Carla, Heinrich, C., Schuch, M., Wetzel, C.E. (2016). Diatoms as bioindicators in rivers. Necchi, O. *River Algae*. První vydání. Switzerland: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-31984-1
- Lunetta, P., Modell, J.H. (2005). Macroscopical, microscopical, and laboratory findings in drowning victims. *Forensic pathology reviews*, 3. 3–77. doi: 10.1007/978-1-59259-910-3_1
- Mann, D. G., Vanormelingen, P. (2013). An Inordinate Fondness? The Number, Distributions, and Origins of Diatom Species. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 60(4), 414–420. doi:10.1111/jeu.12047
- Mann, D.G., Droop, S.J.M. (1996). 3. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia*, 336, 19–32. doi: 10.1007/BF00010816
- Mann, S. (1983). Mineralization in biological systems. *Structure and Bonding*, 54. 125–74. doi: 10.1007/BFb0111320
- Mannion, A.M. (1987). Fossila diatoms and their significance in archaeological research. *Oxford journal of Archaeology*, 6(2). 131-147. doi: 10.1111/j.1468-0092.1987.tb00149.x
- Medlin, L.K. (2009). The use of the terms centric and pennate. *Diatom Research*, 24(2). 499–501. doi: 10.1080/0269249X.2009.9705818
- Medlin, L.K. (2011). A review of the evolution of the diatoms from the origin of the lineage to their populations. *Phycologia*, 55(1). 79–103. doi: 10.2216/15-105.1
- Miettinen, A. (2018). Diatoms in Arctic regions: Potential tools to decipher environmental changes. *Polar Science*. doi: 10.1016/j.polar.2018.04.001
- Miller, U., Florin, M.B. (1989). *Diatom analysis: Introduction to methods and applications*. Hackens, T., Miller, U. *Geology and Palaeoecology for Archaeologists*. Strasbourg. 133-157. Dostupné z: <http://www.univeur.org/cuebc/downloads/Pubblicazioni%20scaricabili/PACT%2024%20Geology%20and%20Palaeoecology%20for%20Archaeologists%20-%20Pact%2024/19%20Urve%20Miller%20and%20Maj-Britt%20Florin.pdf>
- Nakov, T., Beaulieu, J.M., Alverson. A.J. (2018). Accelerated diversification is related to life history and locomotion in a hyperdiverse lineage of microbial eukaryotes (Diatoms, Bacillariophyta). *New Phytologist*, 219(1). 462–473. doi: 10.1111/nph.15137

- NASA. Global climate change, Vital signs of the Planet. (NASA's Scientific Visualization Studio). Dostupné z: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
- Peeters, V., Ector, L. (2017). Atlas des diatomées des d'eau du territoire bourguignon. Volume 1: Centriques, Araphidées. První vydání. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté. 309 ISBN: 978-2-11-152091-2. Dostupné z: http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/atlas_diatomees_cours_d_eau_territoire_bourguignon-vol1_cle2758b3.pdf
- Peeters, V., Ector, L. (2018). Atlas des diatomées des d'eau du territoire bourguignon. Volume 2: Monoraphidées, Brachyraphidées. První vydání. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté. 271 ISBN: 978-2-11-152787-4. Dostupné z: http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/t2_definitif-v3_23-11-2018-vp_cle0c6844.pdf
- Peeters, V., Ector, L. (2019). Atlas des diatomées des d'eau du territoire bourguignon. Volume 3: Naviculacées partie 1. První vydání. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté. 324 ISBN: 978-2-11-162025-4. Dostupné z: http://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/definitif_v5a_1_cle251d17.pdf
- Pfister, L., Wetzel, C.E., Klaus, J., Martínez-Carreras, N., Antonelli, M., Teuling, A.J., McDonnell, J.J. (2017). Terrestrial diatoms as tracers in catchment hydrology: a review. Wiley Periodicals. doi: 10.1002/wat2.1241
- Pouličková, A., Hájek, M., Rybníček, K. (2005). Ecology and Palaeoecology of spring fens of the west carpathians. První vydání. Olomouc, Univerzita Palackého. ISBN: 80-244-1071-0
- Pouličková, A., Hašler, P., Kitner, M. (2005). Chapter 6, Cyanobacteria and algae. Pouličková, A., Hájek, M., Rybníček, K. Ecology and palaeoecology of spring fens of the west carpathians. První vydání. Olomouc, Univerzita Palackého. ISBN: 80-244-1071-0
- Pouličková, Aloisie (2018). Život ve skleníku aneb Rozsivky v akci. Živa 2, 63-65. Přístupné z <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/zivot-ve-skleniku-aneb-rozsivky-v-akci.pdf>
- Reavie, D.E., Douglas, M.S.V., Williams, N.E. (2001). Paleoecology of a groundwater outflow using siliceous microfossils. *Ecoscience*, 8(2). 239-246.
- Reid, M.A., Tibby, J., Pennny, D., Gell, P. (1995). The use of diatoms to assess past and present water quality. *Australian Journal of Ecology*, 20(1). 57-64. doi: 10.1111/j.1442-9993.1995.tb00522.x
- Romero, A.M. (2006) Bibracte: Archéologie d'une ville gauloise. Glux-en-Genève: Bibracte, Centre archéologique européen. ISBN: 2-909668-53-3

- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G. (1990). *The Diatoms: Biology and Morphology of the Genera*. První vydání. Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-71469-3
- Schmid, A.M. (1987). The special Golgi-ER-mitochondrion unit in the diatom genus *Coscinodiscus*. *Plant Systematics and Evolution*, 158. 211 – 223. doi: doi.org/10.1007/BF00936345
- Sims, P.A., Mann, D.G., Medlin, L.K. (2006). 6. Evolution of the diatoms: insights from fossil, biological and molecular data. *Phycologia*, 45. 361–402. doi: 10.2216/05-22.1
- Sládeček, V. (1986). Diatoms as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 14(5). 555–566. doi: 10.1002/aheh.19860140519
- Snoejis, P., Busse, S., Potapova, M. (2002). The importance of diatom cell size in community analysis. *Journal of Phycology*, 38(2). 265–281. doi: 10.1046/j.1529-8817.2002.01105.x
- Sorhannus, U. (2007). A nuclear-encoded small-subunit ribosomal RNA timescale for diatom evolution. *Marine Micropaleontology*, 65(1). 1–12. doi: 10.1016/j.marmicro.2007.05.002
- Tormo, R., Recio, D., Silva, I., Munoz, A.F. (2001). A quantitative investigation of airborne algae and lichen soredia obtained from pollen traps in south-west Spain. *European Journal of Phycology*, 36(4), 385–390. doi: 10.1017/S0967026201003353
- Van der Werff, A. (1955). A new method of concentrating and cleaning diatoms and other organisms. *SIL Proceeding*, 12(1). 1922-2010. doi: 10.1080/03680770.1950.11895297
- Vašutová, M. (2005). Chapter 7, Macrofungi. Poulíčková, A., Hájek, M., Rybniček, K. *Ecology and palaeoecology of spring fens of the west carpathians*. První vydání. Olomouc, Univerzita Palackého. ISBN: 80-244-1071-0
- Vinšová, P., Pinseel, E., Kohler, T.J., Van de Vijver, B., ... Kavan, J., Kopalová, K. (2015). Diatoms in cryoconite holes and adjacent proglacial freshwater sediments, Nordenskiöld glacier (Spitsbergen, High Arctic). *Czech Polar Reports*, 5(2), 112–133.
- Vojíš, K. (2017). Příprava pleuraxu pro tvorbu trvalých rozsivkových preparátů. *Karlova Univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra biologie a environmentálních studií* 26(1), 23-28. doi: 10.14712/25337556.2017.1.2
- Witt, J.D.S., Threlloff, D.L., Hebert, P.D.N. (2006). DNA barcoding reveals extraordinary cryptic diversity in an amphipod genus: implications for desert spring conservation. *Molecular Ecology* 15(10). 3073-3082. doi: 10.1111/j.1365-294X.2006.02999.x
- Zlatko, L., Williams, D., Nikolovska, D., Tofilovska, S., Čakar, Z. (2017). The use of diatoms in forensic science: advantages and limitations of the diatom test in cases of drowning. *The micropalaeontological Society, Special Publications*. Geological Society, London, 261– 277.

Znachor, P. (2008). Rozsivky – podivuhodné řasy v krabičce. Živa 1. 10-11. Dostupné z:
<https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/rozsivky-podivuhodne-rasy-v-krabicce.pdf>

11. BIBLIOGRAFIE VYUŽITÁ PŘI URČOVÁNÍ DRUHŮ

Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae: Naviculaceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H.; Mollenhauer, D., Eds.; Gustav Fischer Verlag: Jena, Deutschland, 1986; 1. Teil, pp. 1–876.

Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae: Epithemiaceae, Surirellaceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H.; Mollenhauer, D., Eds.; Gustav Fischer Verlag: Jena, Deutschland, 1988; 2. Teil, pp. 1–876.

Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Süßwasserflora von Mitteleuropa; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H.; Mollenhauer, D., Eds.; Gustav Fischer Verlag: Jena, Deutschland, 1991a; 3. Teil, pp. 1–576.

Krammer, K.; Lange-Bertalot, H. Bacillariophyceae: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae), Gomphonema. In Süßwasserflora von Mitteleuropa; Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H.; Mollenhauer, D., Eds.; Gustav Fischer Verlag: Jena, Deutschland, 1991b; 4. Teil, pp. 1–437.

Krammer, K. The Genus Pinnularia. In Diatoms of Europe; Lange-Bertalot, H., Ed.; A. R. G. Gantner Verlag K. G.: Rugell, Switzerland, 2000; Volume 1, pp. 1–703.

Krammer, K. Cymbella. In Diatoms of Europe; Lange-Bertalot, H., Ed.; A. R. G. Gantner Verlag K. G.: Rugell, Switzerland, 2002; Volume 3, pp. 1–584.

Krammer, K. Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocybella Supplements to cymbelloid taxa. In Diatoms of Europe; Lange-Bertalot, H., Ed.; A. R. G. Gantner Verlag K. G.: Rugell, Switzerland, 2003; Volume 4, pp. 1–530.

Lange-Bertalot, H. Navicula sensu stricto, 10 Genera Separated from Navicula sensu stricto, Frustulia. In Diatoms of Europe; Lange-Bertalot, H., Ed.; A. R. G. Gantner Verlag K. G.: Rugell, Switzerland, 2001; Volume 2, pp. 1–526.

Lange-Bertalot, H.; Hofmann, G.; Werum, M.; Cantonati, M. 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: Schmittgen-Oberreifenberg, Germany, 2017, pp. 1–942.

12. SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1: <i>Pinnularia</i> sp. 1 – Miska (Valva), 2 – Boční pás (Foto autor)	12
Obrázek 2: <i>Pinnularia</i> sp. 3 – Strie tvořené areolami, 4 – Raphe, 5 – Centrální nodulus (Foto autor)	13
Obrázek 3: Plán oppida Bibracte se zmapovanými vodohospodářskými zařízení (Zdroj: Open Edition Journals, Laetitia Borau)	20
Obrázek 4: Paleoekologický diagram rozsivkové analýzy (1. část)	34
Obrázek 5: Paleoekologický diagram rozsivkové analýzy (2. část)	35
Graf 1: Počet druhů na vzorek	26
Graf 2: Kruhový graf znázorňující zastoupení jednotlivých rodů	27
Graf 3: Vývoj trofie.....	28
Graf 4: Obsah elektrolytů.....	29
Graf 5: Vývoj přítomnosti druhů citlivých na znečištění.....	31
Graf 6: Vývoj kyselosti v čase	32
Graf 7: Zastoupení indikátorů saprobie v jednotlivých vzorcích.....	33
Tabulka 1: Semikvantitativní stupnice	24
Tabulka 2: Seznam trofických indikátorů.....	28
Tabulka 4: Seznam indikátorů křemíkového substrátu	30
Tabulka 3: Seznam indikátorů obsahu elektrolytů	30

13. PŘÍLOHY

Příloha 1: Tabule číslo 1 (4 druhy)	52
Příloha 2: Tabule číslo 2 (9 druhů)	54
Příloha 3: Tabule číslo 3 (7 druhů)	56
Příloha 4: Tabule číslo 4 (9 druhů)	58
Příloha 5: Tabule číslo 5 (12 druhů)	60
Příloha 6: Tabule číslo 6 (2 druhy)	62
Příloha 7: Odběr profilu prameniště <i>du Loup Bourrou</i> karotáží (17.08.20.) Autor: Petra Goláňová	64
Příloha 8: Fontaine <i>du Loup Bourrou</i> (10.08.21) ©Cécile Čechová	65
Příloha 9: Fontaine Saint Pierre (10.08.21) ©Cécile Čechová	66

Příloha 1: Tabule číslo 1 (4 druhy)

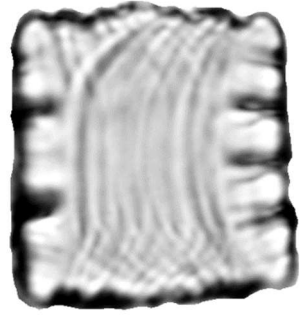
Obrázky 1-4: *Meridion constrictum* Ralfs

Obrázky 5-7: *Odontidium mesodon* (Ehrenberg) Kützing

Obrázky 8-12: *Fragilariforma virescens* (Ralfs) D. M. Williams et Round

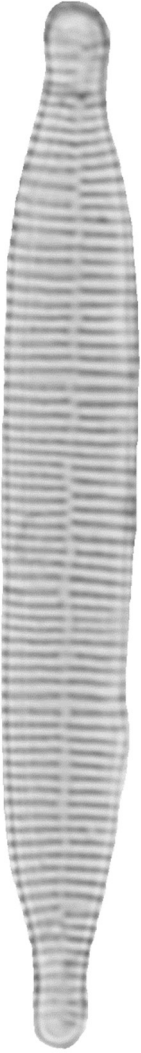
Obrázky 13-14: *Fragilaria gracilis* Østrup

(Foto autor)

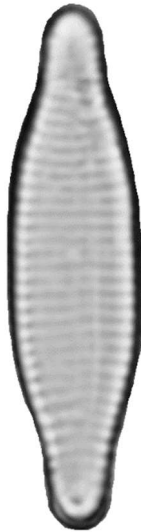


1-4

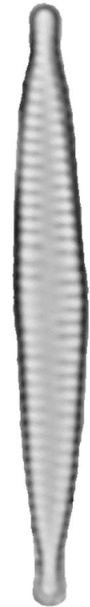
5-7



8-12



13-14

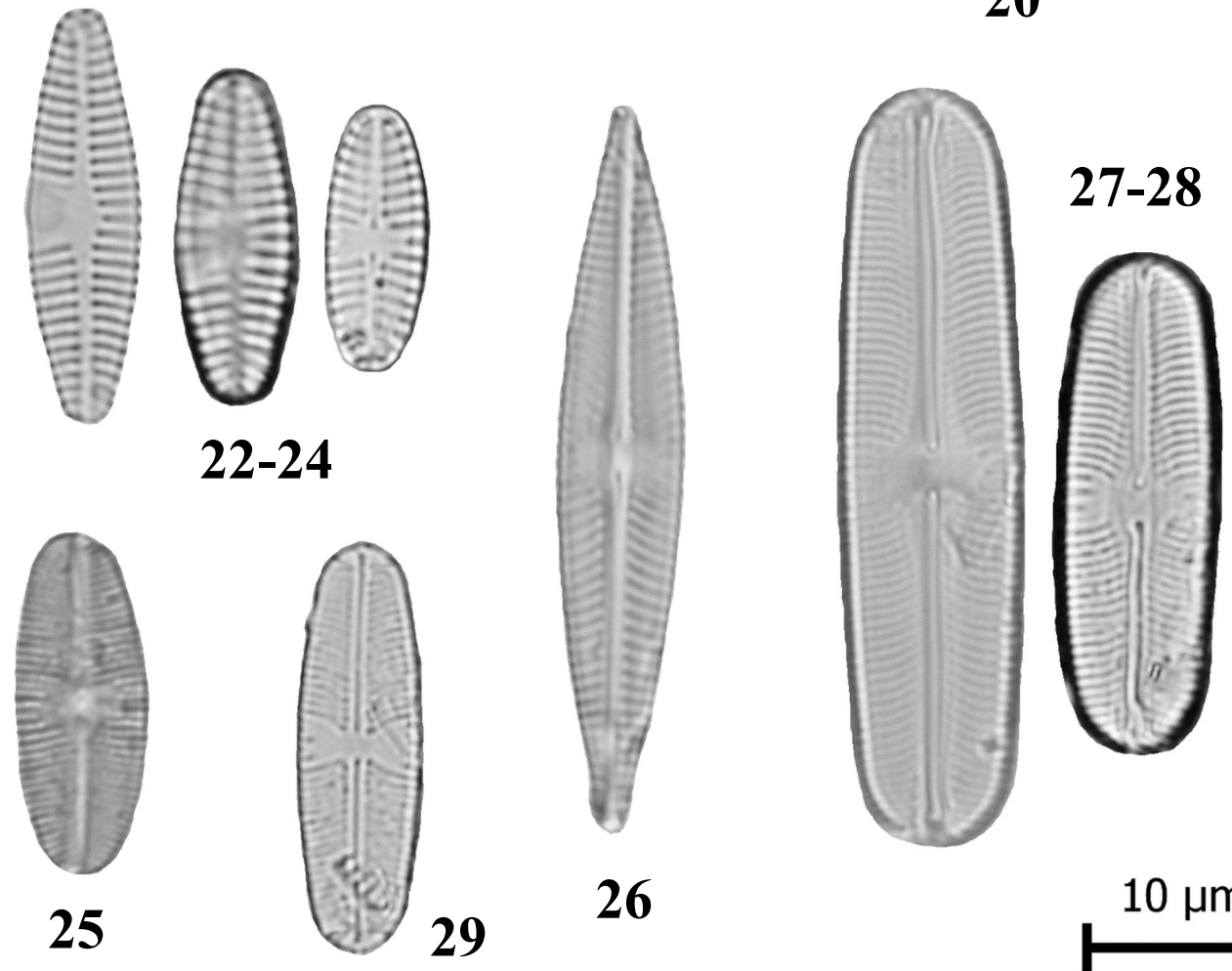
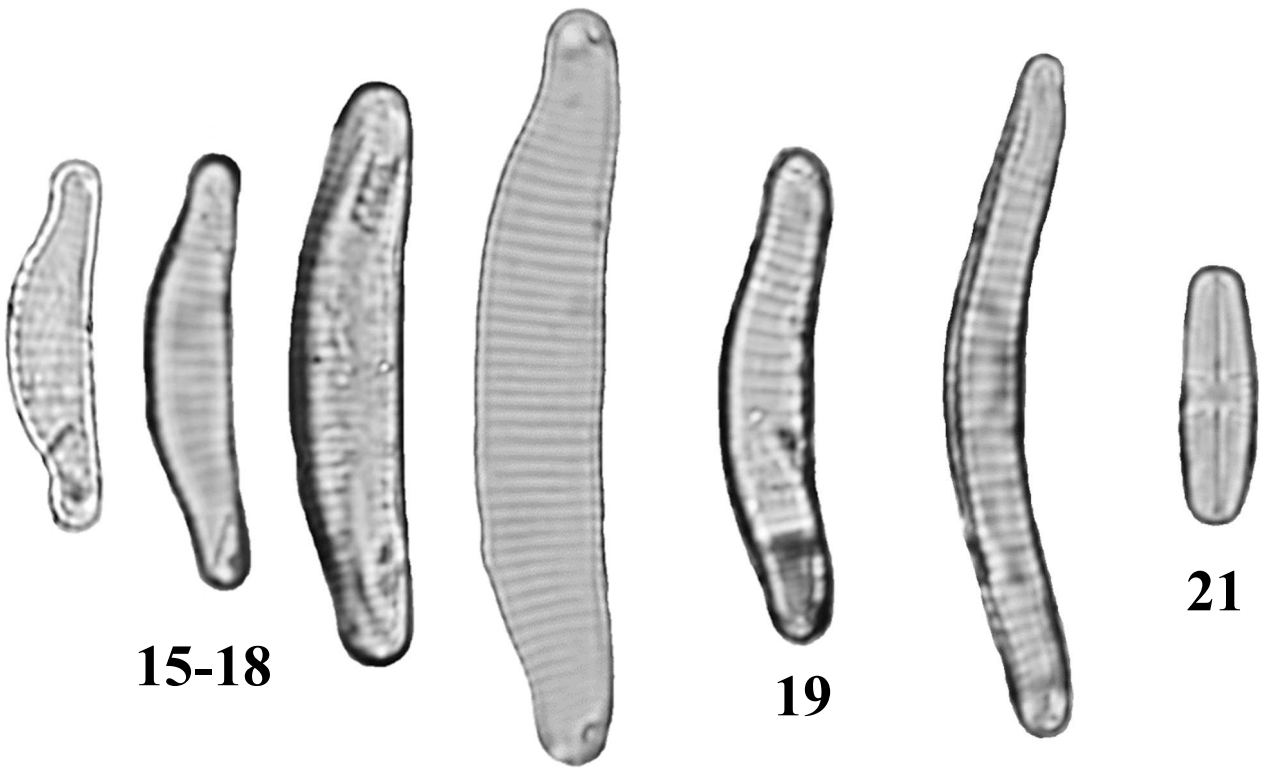


10 μ m

Příloha 2: Tabule číslo 2 (9 druhů)

- Obrázky 15-18: *Eunotia minor* (Kützing) Grunow
Obrázek 19: *Eunotia nymanniana* Grunow
Obrázek 20: *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt
Obrázek 21: *Achnantes* s.l. s.p. Bory
Obrázky 22-24: *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot
Obrázek 25: *Psammothidium* cf. *daonense* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot
Obrázek 26: *Navicula cryptocephala* Kützing
Obrázky 27-28: *Sellaphora laevissima* (Kützing) D. G. Mann
Obrázek 29: *Sellaphora pseudopopula* (Krasske) Lange-Bertalot

(Foto autor)



Příloha 3: Tabule číslo 3 (7 druhů)

Obrázek 30: *Cavinula cocconeiformis* (Gregory) D. G. Mann et Stickle

Obrázek 31: *Placoneis ignorata* (Schimanski) Lange-Bertalot

Obrázek 32: *Neidium longiceps* (Gregory) Ross

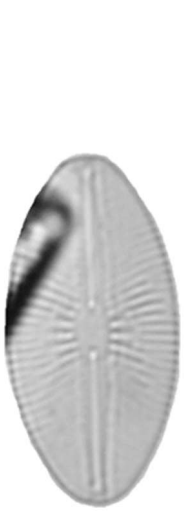
Obrázek 33: *Neidium bisulcatum* var. *bisulcatum* (Lagerstedt) Cleve

Obrázek 34: *Neidium ampliatus* (Ehrenberg) Krammer

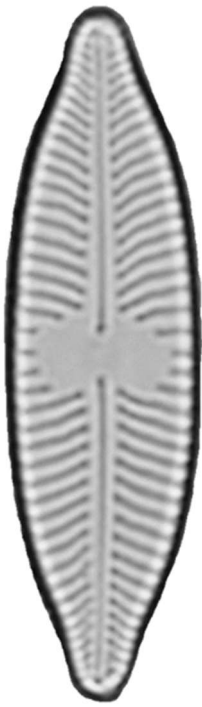
Obrázek 35: *Neidium affine* (Ehrenberg) Pfitzer

Obrázek 36: *Stauroneis silvahassiaca* Lange-Bertalot et Werum

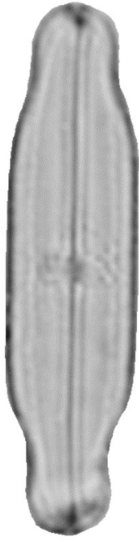
(Foto autor)



30



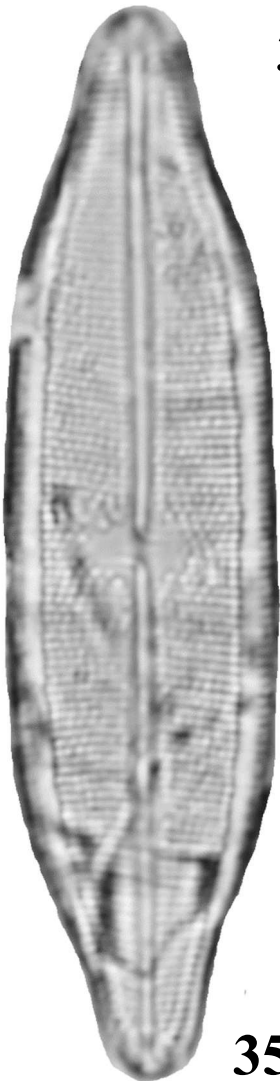
31



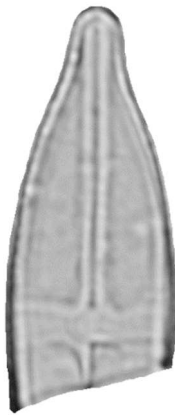
32



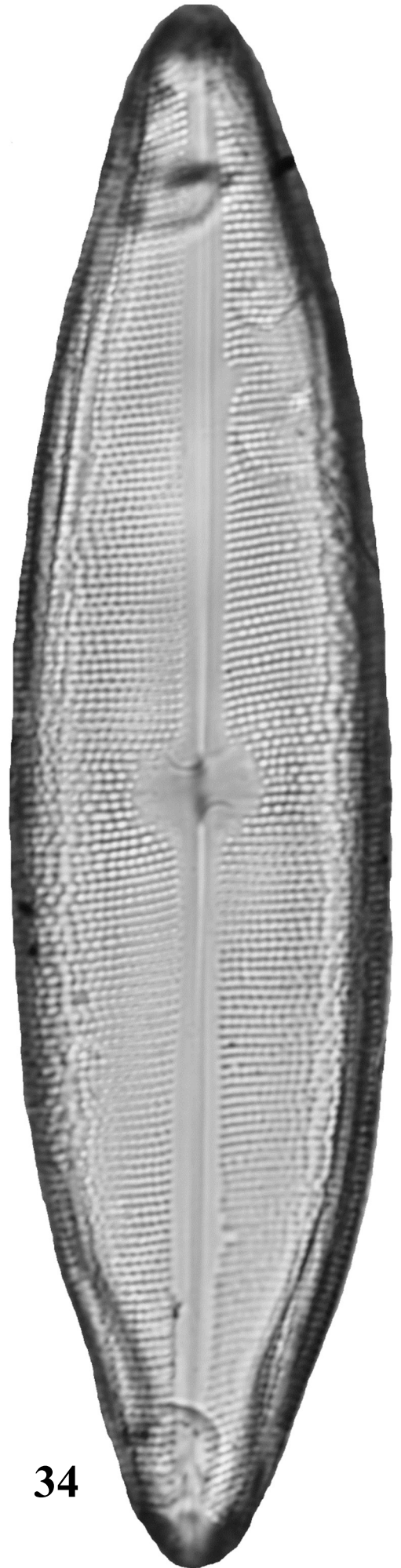
33



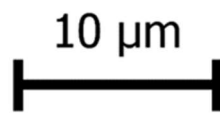
35



36



34



Příloha 4: Tabule číslo 4 (9 druhů)

Obrázek 37: *Stauroneis acidoclinata* Lange-Bertalot et Werum

Obrázek 38: *Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni

Obrázek 39: *Diploneis* sp. (Ehrenberg)

Obrázek 40: *Caloneis* cf. *vasileyevae* Lange-Bertalot, Genkal et Vehkov

Obrázek 41: *Caloneis silicula* (Ehrenberg) Cleve

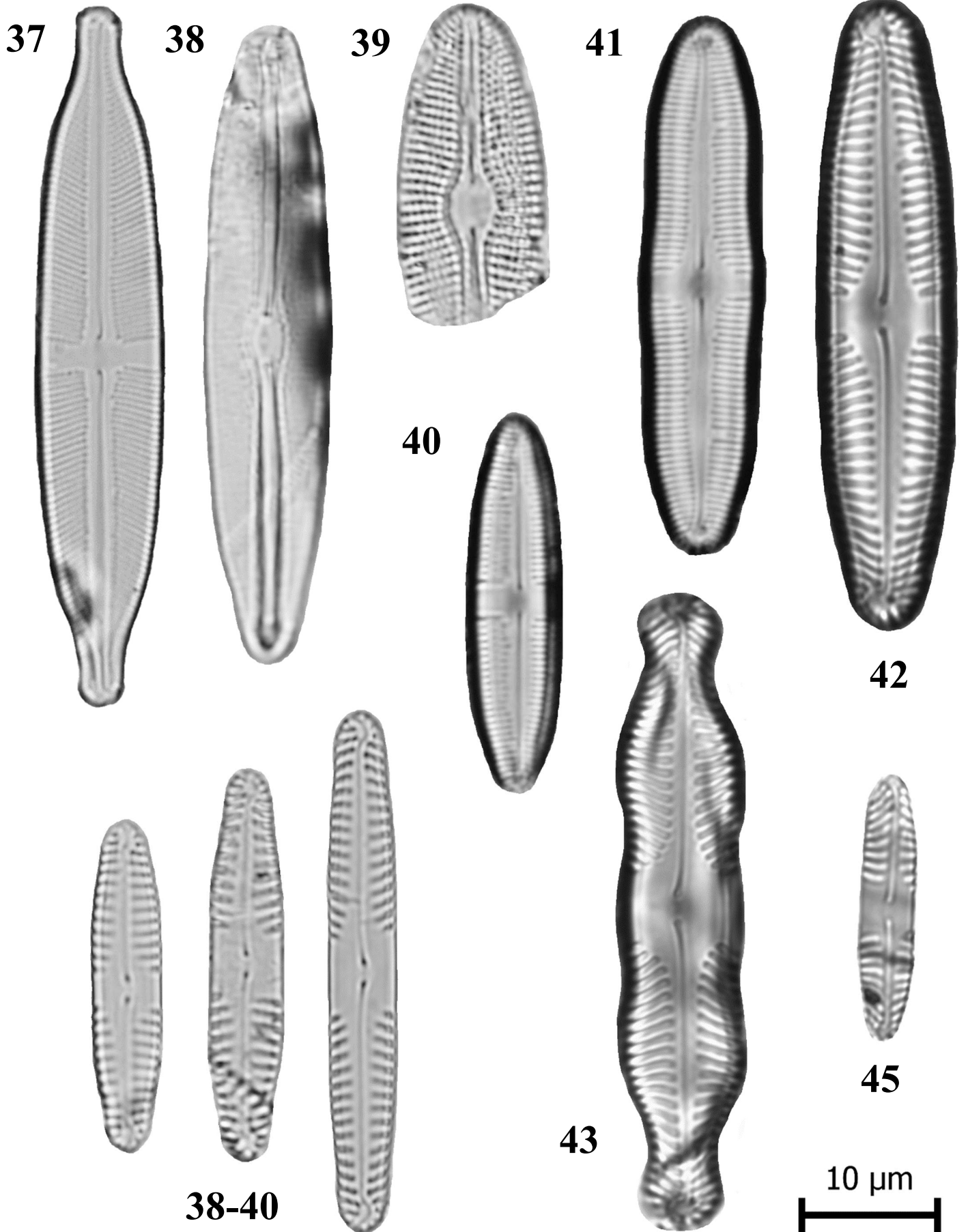
Obrázek 42: *Pinnularia microstauron* (Ehrenberg) Cleve

Obrázek 43: *Pinnularia grunowii* Krammer

Obrázek 44: *Pinnularia sinistra* Krammer

Obrázek 45: *Pinnularia obscura* Krasske

(Foto autor)



Příloha 5: Tabule číslo 5 (12 druhů)

Obrázek 46: *Pinnularia schoenfelderi* Krammer

Obrázek 47: *Pinnularia perriorata* Krammer

Obrázek 48: *Pinnularia borealis* Ehrenberg

Obrázek 49: *Pinnularia stomatophora* (Grunow) Grunow

Obrázek 50: *Cymbopleura* cf. *subaequalis* (Grunow) Krammer

Obrázek 51: *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer

Obrázek 52: *Encyonema* cf. *minutum* (Hilse) D.G. Mann

Obrázek 53: *Encyonema lunatum* (W.Smith) Van Heurck Obrázek 54:

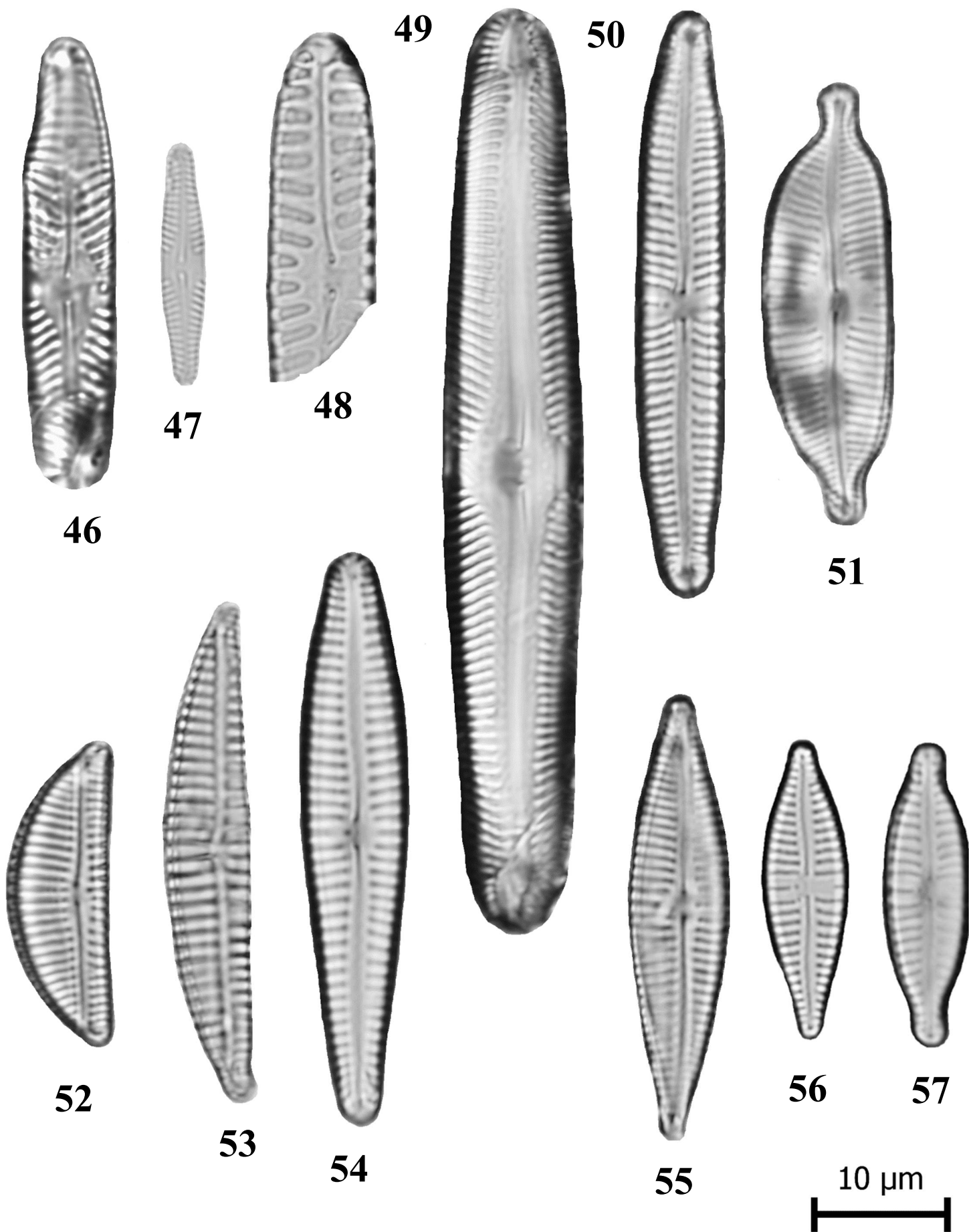
Gomphonema subclavatum (Grunow) Grunow

Obrázek 55: *Gomphonema* cf. *acidoclinatum* Lange-Bertalot et Reichardt

Obrázek 56: *Gomphonema exilissimum* (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt

Obrázek 57: *Gomphonema productum* (Grunow) Lange-Bertalot et Reichardt

(Foto autor)

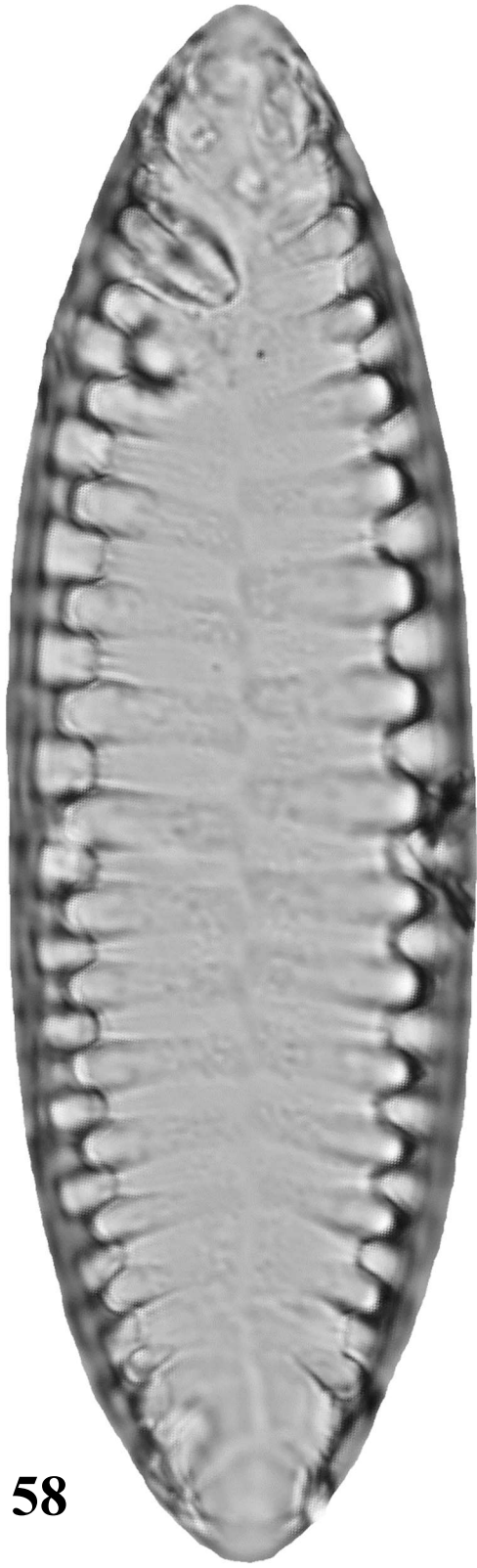


Příloha 6: Tabule číslo 6 (2 druhy)

Obrázek 58: *Surirella linearis* W. Smith

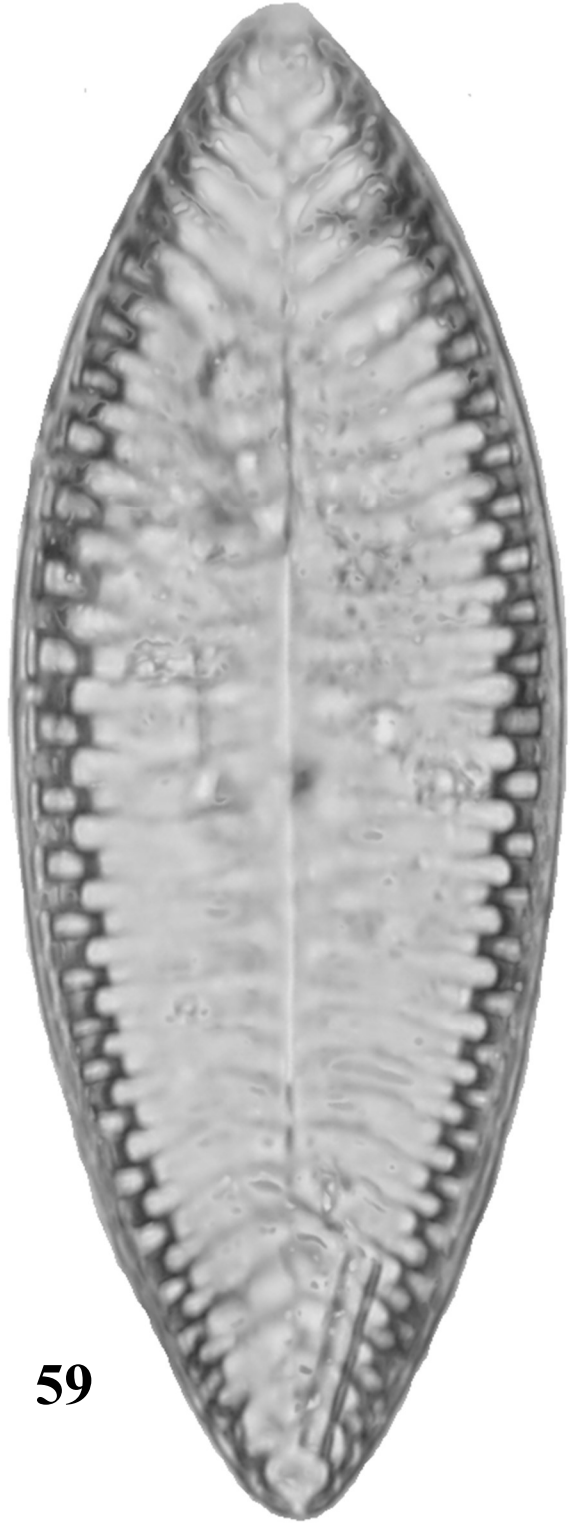
Obrázek 59: *Surirella biseriata* Brébisson

(Foto autor)



58

10 μm



59

50 μm



Příloha 7: Odběr profilu prameniště *du Loup Bourrou* karotáží (17.08.20.) Autor: Petra Golánová



Příloha 8: Fontaine *du Loup Bourrou* (10.08.21) ©Cécile Čechová



Příloha 9: Fontaine Saint Pierre (10.08.21) ©Cécile Čechová