

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta
katedra biologie

Popularizace výzkumu druhové diverzity
sladkovodních lichenizovaných hub ve výuce biologie
středních škol

Bakalářská práce

Autor: Bára Koudelková
Studijní program: B1501 - Biologie
Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání – Tělesná výchova
a sport se zaměřením na vzdělávání
Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.



Zadání bakalářské práce

Autor: Bára Koudelková

Studium: S19BI135BP

Studijní program: B1501 Biologie

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání, Tělesná výchova a sport se zaměřením na vzdělávání

Název bakalářské práce: **Popularizace výzkumu druhové diverzity sladkovodních lichenizovaných hub ve výuce biologie středních škol.**

Název bakalářské práce AJ: Popularization of lichenized freshwater fungi in lectures of Biology at secondary schools

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem BP je popularizovat málo známé druhy sladkovodních lišejníků z horských poloh východních Čech a využít jejich bioindikačního potenciálu v ekologickém kontextu k didaktickým účelům. Získané poznatky jako morfoloická rozmanitost stavby plodnic a spor bude možné využít při popularizaci této neznámé skupiny organismů v učebních plánech z biologie středních škol.

Krzewicka B., Smykla J., Galas J. & Śliwa L. (2017): Freshwater lichens and habitat zonation of mountain streams. - *Limnologica*, 63: 1–10

Nascimbene J., Nimis P.L. & Thüs H. (2013): Lichens as bioindicators in freshwater ecosystems - challenges and perspectives. - *Annali di Botanica*, 3: 45-50.

Nascimbene J., Thüs H., Marini L. & Nimis P.L. (2007): Freshwater lichens in springs of the eastern Italian Alps: floristics, ecology and potential for bioindication. - *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 43(4): 285-292.

Nascimbene J., Thüs H., Marini L. & Nimis P.L. (2009): Early colonization of stone by freshwater lichens of restored habitats: A case study in northern Italy. - *Science of the Total Environment*, 407: 5001-5006.

Thüs H. & Schultz M. (2009): Fungi: Lichens Pt. 1 (Süßwasserflora Von Mitteleuropa / Freshwater Flora of Central Europe). - Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Germany, 223 pp.

Thüs, H., Aptroot, A. & Seaward, M. R. D. (2014): Freshwater lichens. - In: Jones, E. B. G., Hyde, K. D. & Pang, K.-L. (eds), *Freshwater fungi and fungal-like organism*, p. 333–358. – Berlin, Boston: W. de Gruyter GmbH.

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, z kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 14. 7. 2022

Bára Koudelková

Poděkování:

Mé upřímné poděkování bych ráda vyjádřila své rodině a příteli za nikdy nekončící trpělivost, pochopení a podporu při studiu i zpracování bakalářské práce. Největší dík však patří mému školiteli, RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D., za poskytnutí herbářových položek, terénní výpravu, cenné rady, odborné připomínky a přátelský přístup.

Anotace

KOUDELKOVÁ, B. *Popularizace výzkumu druhové diverzity sladkovodních lichenizovaných hub ve výuce biologie středních škol*. Hradec Králové, 2022. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 74 s.

Krkonoše jsou díky strategické poloze v centru Evropy, obsáhlé geohistorii a unikátním přírodním poměrům velmi příhodným územím pro výskyt vzácných taxonů. Mezi takové patří i sladkovodní lišejníky, kterých je v Krkonoších značné množství. Největší koncentrace sladkovodních lišejníků je zaznamenána v ledovcových karech krkonošských Kotelních jam. Tato člověkem velmi málo dotčená lokalita ukrývá množství zranitelných i silně ohrožených druhů, a některé druhy kriticky ohrožené, zaznamenaných pouze na pár lokalitách z celého světa. Z výskytu některých druhů lze odvodit stanovištní, přírodní a někdy i klimatické podmínky bez nákladného vybavení. Sladkovodní lišejníky mají tedy velký potenciál pro to, být využívány jako bioindikátory. Omezení v jejich využití v tomto směru je však nedostatek dobře proškolených odborníků, jež by dané druhy v terénu správně identifikovali. Pro zvýšení zájmu o problematiku je výstupem této práce Atlas sladkovodních lišejníků krkonošských Kotelních jam, který má sloužit jako motivační prvek pro studenty středních škol. Tato bakalářská práce poslouží jako podklad a materiál pro budoucí didakticky zaměřenou diplomovou práci, v níž se zaměřím především na praktické užití atlasu v hodinách biologie středních škol.

Klíčová slova

Sladkovodní lišejník, Krkonoše, Kotelní jámy, atlas

Annotation

KOUDELKOVÁ, B. *Popularisation of lichenized freshwater fungi in lectures of Biology at secondary schools*. Hradec Králové, 2022. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Theses Supervisor Josef Halda. 74 pp.

The Giant Mountains are a very favourable area for the occurrence of rare taxa due to its strategic location in the centre of Europe, extensive geohistory and unique natural conditions. These taxa's include freshwater lichens, which are abundant a lot in the Giant Mountains. The greatest concentration of freshwater lichens is recorded in the glacial corrie of the Kotelní jámy. This place is very little affected by humans so there can occur a number of vulnerable, highly endangered and critically endangered species which are recorded in only a few locations worldwide. Only through the occurrence of some species and observing their habitat can we find out natural and sometimes climatic conditions without expensive equipment. It means freshwater lichens are bioindicators of water and environmental quality. A limitation in their use in this specialization is the lack of well-trained experts to correctly identify the species in the field. In order to increase interest in the issue, the aim of this work is an Atlas of Freshwater Lichens of the Kotelní jámy (Atlas sladkovodních lišejníků Krkonošských Kotelních jam), which is intended to serve as a motivational element for high school students. This bachelor thesis will be used as a material for a future didactically oriented master thesis, in which I will focus mainly on the practical use of the atlas in high school biology lessons.

Keywords

Freshwater lichen, the Giant Mountains, Kotelní jámy, atlas

Obsah

Úvod	12
Proč právě atlas?	12
Cíle práce	13
1 Literární rešerše	14
1.1 Historie novodobé krkonošské lichenologie.....	14
1.2 Obecná charakteristika lišejníků	14
1.2.1 Anatomie stélky	15
1.2.2 Morfologie stélek.....	15
1.2.3 Lišejníky a taxonomie	16
1.3 Využití lišejníků a potenciál využití sladkovodních lišejníků	17
1.4 Rozšíření lišejníků	17
1.4.1 Sladkovodní stanoviště	18
1.5 Charakteristika vybraného modelového území	19
1.5.1 Ledovcové kary Kotelní jámy	19
2 Metodika	22
2.1 Vymezení stanovišť v modelovém území.....	22
2.1.1 Výběr přírodních objektů určených ke tvorbě atlasu	23
2.1.2 Fotografování herbářových položek.....	23
2.1.3 Výběr obsahu informací ve fotoatlasu	23
3 Výsledky.....	25
3.1 Struktura atlasu a uspořádání jednotlivých druhů.....	25
3.2 Sladkovodní lišejníky v bakalářské práci	25
3.2.1 Bradavkovička (<i>Thelidium methorium</i>).....	26
3.2.2 Bradavnice Funckova (<i>Verrucaria funckii</i>).....	27
3.2.3 Bradavnice krvavá (<i>Sporodictyon cruentum</i>).....	28
3.2.4 Bradavnice přehlédnutá (<i>Verrucaria praetermissa</i>)	30
3.2.5 Bradavnice rozpukaná (<i>Straurothele fissa</i>).....	31
3.2.6 Bradavnice slínovitá (<i>Verrucaria margacea</i>)	32
3.2.7 Hrbolovka puklatá (<i>Porina lectissima</i>)	34
3.2.8 Hůlkovka zaplavená (<i>Bacidina inundata</i>)	35

3.2.9	Misničkovka jezerní (<i>Ionaspis lacustris</i>).....	36
3.2.10	Kryptovka Fritzeova (<i>Gyalidea fritzei</i>).....	38
3.2.11	Lišejka pýřitá (<i>Ephebe lanata</i>).....	40
3.2.12	Mapovník hnědočerný (<i>Rhizocarpon badioatrum</i>).....	42
3.2.13	Mapovník stolový (<i>Rhizocarpon lavatum</i>).....	44
3.2.14	Nitroplodka vodní (<i>Dermatocarpon luridum</i>).....	46
3.2.15	Placyntium lopatkovité (<i>Placynthium flabellousum</i>).....	48
3.2.16	Přibitkovka vykousaná (<i>Protothelenella corrosa</i>).....	49
3.2.17	Šálečka rezavá (<i>Lecidea silacea</i>).....	51
3.2.18	Šálečka Wimmerova (<i>Koerberiella wimmeriana</i>).....	53
3.3	Kresby fotobiontů zařazených v atlase.....	55
4	Diskuse.....	57
	Závěr.....	60
	Literatura.....	I
	Zdroje obrázků.....	XVII

Úvod

O existenci sladkovodních lišejníků jsem do příchodu na vysokou školu neměla tušení, a proto mi přišlo jako dobrý nápad se této téměř neznámé skupině věnovat ve své bakalářské práci. Jelikož věřím, že o existenci těchto málo známých organismů ví spousta lidí pouze hrstku informací, rozhodla jsem se, že bych jako budoucí pedagog o tomto tématu ráda uvědomila také svou cílovou skupinu, žáky středních škol.

Většina zástupců lišejníků obývajících sladkovodní biotopy patří mezi okem neviditelné mikrolišejníky, k jejichž pozorování by bylo třeba silné zvětšovací lupy. Velmi vzácné pak bývají okem viditelné makrolišejníky. U nás v České republice lze nalézt přibližně 12 druhů celoročně zaplavených sladkovodních lišejníků a daleko větší množství lišejníků (20-30) na sezónně zaplavených lokalitách (Nordin 2002, Thüs & Schultz 2008). Celosvětově je z podobných stanovišť známo přibližně 200 druhů (Nascimbene et al. 2011). I přesto ale představují ve srovnání s ostatními vodními autotrofními organismy poměrně malou skupinu.

Výskyt sladkovodních lichenizovaných hub není podmíněn přítomností jiných skupin organismů. Obvykle bývají na stanovištích jako první (pionýrské druhy) a mnohdy tam jako jediní zůstávají. Také proto mohou velmi dobře sloužit jako bioindikátory kvality stanovišť. Pro bioindikaci vodních biotopů jsou nicméně využívány jen velmi zřídka, protože jejich determinace vyžaduje přítomnost zaškoleného odborníka.

Převážná část lišejníků je velmi citlivá ke znečištění stanovišť, proto roste většina evropských vodních lišejníků v horských polohách, kde zůstávají vody méně znečištěné. Má práce se zaměřuje především na druhy nacházející se na území našeho největšího pohoří, Krkonoš. Výzkum lišejníků v Krkonoších má dlouholetou tradici, jež sahá až do poloviny 19. století. Sladkovodním lišejníkům v této oblasti však nebyla věnována zvýšená pozornost. Díky tomu je pro mě toto téma příležitostí ukázat mým budoucím žákům a možná i akademickému světu něco nového a opravdu zajímavého.

Má práce je zaměřena na druhovou diverzitu horních toků menších vodních toků ve vyšší nadmořské výšce, kde by měla být druhová diverzita sladkovodních lišejníků nejvyšší a také na ekologii potenciálně indikačních druhů v horních úsecích toků a prameništích. Horské potoky patří mezi stanoviště citlivě reagující na disturbanci a vyžadují přísnou ochranu.

Proč právě atlas?

Protože nejvyšší část Krkonoš je chráněna zákonem a vstup mimo značené cesty zakázán, je možnost vycházek a praktických ukázek lišejníků v přírodě velmi omezena. Proto se nabízí možnost studentům zajímavé sladkovodní lišejníky prezentovat formou fotoatlasu, kde bude většina nejzajímavějších morfologických detailů vyobrazena kvalitními fotografiemi z mikroskopu a doplněna vlastními

kresbami. Běžnější, lépe dostupné druhy nepodléhající ochraně, bude možné ve třídě prezentovat na materiálu doneseného z přírody.

Prezentace sladkovodních lišejníků žákům má sloužit zejména jako téma doplňkové, sloužící k upoutání pozornosti a zvýšení zájmu o studium biologie a potenciálně také lichenologie. Atlas sladkovodních lišejníků je proto sestaven z mnoha obrázků jednotlivých druhů a menšího množství textu.

Cíle práce

Hlavními cíli práce bylo:

- (1) Vypracovat stručný přehled dosavadních znalostí o studované problematice formou literární rešerše.
- (2) Vytvořit populárně-naučný materiál (atlas), a připravit si tak podklad pro navázání na téma diplomovou prací, kde se zaměřím především na metody výuky lichenologie a možnosti využití atlasu sladkovodních lišejníků ve výuce.

1 Literární rešerše

1.1 Historie novodobé krkonošské lichenologie

Studium lišejníků obecně má v Krkonoších dlouhou tradici. Už počátkem 19. století se studiu krkonošské flóry věnovali botanici na univerzitě ve Wroclavi (Flotow 1828, 1836, 1839, 1850a,b, Körber 1855, 1865). Počátkem 20. století publikovali údaje z Krkonoš Miroslav Servít a Václav Kuťák (Servít 1910, Kuťák 1914, 1926, 1952), shodou okolností oba profesí pedagogové a zároveň vynikající odborníci v oboru lichenologie. V jejich době byla úroveň vzdělávání na vysoké úrovni a mnoho absolventů vysokých škol s pedagogickým zaměřením byli často kvalitními specialisty v určitém oboru. V druhé polovině 20. stol. se výzkum krkonošských lišejníků z důvodu nedostatku lichenologů téměř zastavil a byl obnoven teprve nedávno (Guttová 2000, Halda et al. 2010, 2011b). Sladkovodní lišejníky v Krkonoších však dosud nikdo systematicky neprozkoumal, proto je výčet publikovaných údajů v tomto směru stručný.

1.2 Obecná charakteristika lišejníků

Lišejník (*Lichen*) je souhrnný název pro jednoduchý až velmi komplikovaně uspořádaný útvar složený z více organismů. Stáří nejstaršího nalezeného lišejníku můžeme datovat až do časného devonu, 400 milionů let zpět (Taylor et al. 1995). Tyto organismy můžeme najít ve všech přírodních prostředích od suchozemských, mořských či sladkovodních stanovišť, pouští a tropů, až po nejvyšší vrcholy hor.

Stélka (*thallus*) lišejníku je složená ze dvou jednotek, fotobionta a mykobionta. Fotobiont je autotrofní část, kterou obvykle tvoří sinice nebo řasa. Mykobiont je heterotrofní celek tvořený houbovými vlákny a v některých případech také kvasinkami, které byly nedávno objeveny pomocí genetické analýzy (Spribille et al. 2016).

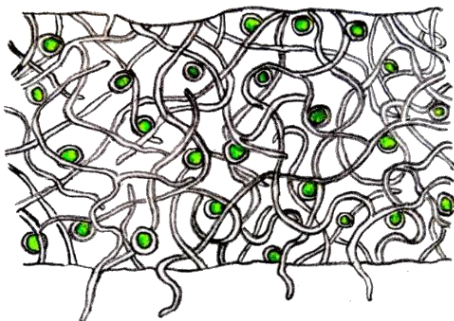
Stélka lišejníku je pro všechny zúčastněné členy velmi prospěšným útvarem. Mykobiont zajišťuje ochranu proti vysychání a nadměrným osluněním, fotobiont usnadňuje výměnu plynů (Ahmadjian 1995). Podobné příklady vzájemně prospěšného vztahu je možné v přírodě najít například u mořských korálů, mykorrhizních hub nebo symbiózy bobovitých rostlin a hlízkovitých bakterií (Vaiglová 2017).

Před přelomem tisíciletí bylo častým předmětem debat, zda lišejníky představují parazitickou, mutualistickou či jinou symbiózu (Ahmadjian & Jacobs 1981, Pound 1893, Schwendener 1869). Z molekulárních analýz v současnosti vyplývá že tento vztah může mít alespoň pět nezávislých původů vzniku, což může mít souvislost s vyhraněním druhu vztahu. Původci vzniku těchto uskupení jsou houby parazitické, mykorrhizní i volně žijící saprofytické (Gargas et al. 1995). Nejčastěji uváděným vztahem je však v případě lišejníků lichenismus či mutualistická symbióza, jež jsou také z didaktického hlediska naprosto dostačujícími pojmy.

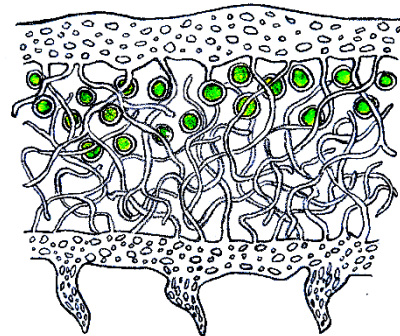
1.2.1 Anatomie stélky

U lišejníků můžeme najít dva základní typy organizace stélek, které by na průřezu byly jasně odlišitelné. Prvním typem je homeomerická stélka (Obrázek 1) (anglicky „*homoimerous*“), jež má po celé své délce průřezu stejnou anatomickou strukturu. V takovém typu stélky jsou autotrofní organismy volně a náhodně rozptýleny mezi mykobiotická vlákna.

Druhým typem je heteromerická (anglicky „*heteromerous*“) stélka (Obrázek 2), jež má na průřezu jasně rozeznatelné vrstvy. Heteromerická stélka je tvořena svrchní korovou vrstvou, řasovou a pod ní dřevnou vrstvou a spodní korovou vrstvou. K podkladu je přichycena rhizoidy, svazky hyf (Kincl et al. 2008). Lze ale najít množství anatomických typů, které by základnímu schématu zcela neodpovídaly. Například u rodů *Placynthium* (*Placynthium*) a mapovník (*Rhizocarpon*) bychom mohli najít pod svrchní korovou vrstvou ještě bílou, hnědou, modravou nebo černou vrstvu, tvořenou pouze hyfami houby, která je označována jako prvostélka - prothallus (Nash 1996).



Obrázek 1: Schéma průřezu homeomerické stélky lišejníku s viditelnou strukturou. [Autorkou kresby: Koudelková B.]



Obrázek 2: Schéma průřezu heteromerické stélky lišejníku s odlišitelnými vrstvami. [Autorkou kresby: Koudelková B.]

1.2.2 Morfologie stélek

Vnější vzhled stélky určuje majoritně mykobiont, jež poskytuje fotobiontovi ochranu před vnějšími vlivy, vodu a látky z okolního prostředí (Bednaříková 2021). Existují ale také druhy, jejichž vzhled stélky je ovlivněn fotobiontem, a tvoří různé formy téhož druhu (Dal-Forno et al. 2013). Z morfologického pohledu jsou u lišejníků patrné tři typy stélek: keříčkovitá, lupenitá a korovitá. Dále pak existuje celá řada přechodů mezi jednotlivými typy. Nejhojnějším typem stélky je v případě sladkovodních lišejníků korovitá stélka (Nascimbene & Nimis 2006).

Korovitý typ stélky je k podkladu pevně přirostlý, nelze jej oddělit bez poškození. Tento morfologický typ může být hluboko vrostlý do skály, v případě pískovce nebo vápence až 2 mm. Lišejník je tedy vrostlý ve skále až po fotobiotickou vrstvu a může ji svým působením zvětrávat (Wessels & Schoeman 1988). Korovitý typ

stélky můžeme najít u mapovníku zeměpisného (*Rhizocarpon geographicum*) a převážné většiny sladkovodních lišejníků (Holien 1996, Nascimbene & Nimis 2006).

Lupenitá stélka je k podkladu přirostlá větší plochou a její okraje se laločnatě větví do prostoru. Příkladem takové stélky může být ze suchozemských zástupců terčovka bublinatá (*Hypogymnia physoides*) a ze sladkovodních lišejníků nitroplodka vodní (*Dermatocarpon luridum*).

Keříčkovitá stélka lišejníků přirůstá k podkladu v jednom místě a vyznačuje se mnohonásobným větvením. Takovou stélku můžeme najít například u suchozemské dutohlávky sobí (*Cladonia rangiferina*). U sladkovodních lišejníků se tento typ stélky příliš často nevyskytuje. V některých zdrojích je možné narazit také na vláknitý typ stélky, který bychom mohli považovat za podtyp stélky keříčkovité. Ze suchozemských lišejníků bychom mohli za vláknitou označit provazovku (*Usnea*) a ze sladkovodních lišejku pýřitou (*Ephebe lanata*).

Existují i typy stélek, které by se základním schématům vymykaly. Možné je narazit na kombinace základních typů stélky, ale i další typy stélek jako je šupinatá anebo leprózní stélka. Šupinatá stélka je podtypem korovité stélky a leprózní stélka je tvořena drobnými buňkami fotobionta obalenými vlákny mykobionta (Bednaříková 2021). V případě sladkovodních lišejníků také mnozí autoři uvádí rosolovitý (gelovitý) typ stélky vyskytující se nejčastěji u bradavnic (*Verrucaria*) (Brodo & Santesson 1997, Nascimbene et al. 2009, Orange 2004, Shivarov et al. 2013).

Morfologický vzhled je pro didaktické účely nejpříhodnějším faktorem k demonstraci. Charakter stélky, tvar a stavba plodnic jsou u lišejníků velmi rozmanité, a mají tak velký didaktický potenciál.

1.2.3 Lišejníky a taxonomie

V devatenáctém a dvacátém století byly lišejníky řazeny do vlastní třídy na základě jejich symbiotického vztahu (Nash 1996). Toto zařazení se již roku 1867 ve vědeckých kruzích jevílo jako neadekvátní. Panovalo tedy přesvědčení, že je třeba lišejníky vyčlenit z tehdejšího přímého zařazení pod houbové organismy (*Fungi*), a to převážně proto, že jsou složené z houbových vláken a zelené hmoty, která se v houbách nenachází (Nave 1867).

Lišejník nemůžeme označit za samostatný organismus, protože se jedná o malý ekosystém. Společenství o více jedincích, jež nemá jednotnou fylogenetickou historii. Právě z tohoto důvodu není možné lišejníky klasifikovat do vlastních systémů, a tak jsou řazeny pod houbové organismy (Nash 1996). Lišejníky jsou tedy spíše než taxonomickou skupinou, skupinou ekologickou a jejich taxonomie se odvíjí od stabilnějšího mykobionta (Liška 2000). Zařazení vyšších taxonomických jednotek se však i dnes u lišejníků poměrně často mění, zejména díky využití molekulárních dat a analýz DNA (Printzen 2010, Wijayawardene 2018).

Převážná většina lišejníků (99,1 %) patří do oddělení vřeckovýtrusých hub (*Ascomycota*), jež čítá okolo 19 380 druhů v 955 rodech. Zbylé 0,1 % patří mezi oddělení stopkovýtrusých hub (*Basidiomycota*), které pokrývá pouze 172 druhů v 15 rodech (Lücking et al. 2017). Dle Wijayawardene et al. (2018) můžeme vřeckovýtrusé houby dále klasifikovat do tří velkých pododdělení. Peziziomycotina vyčleňující 13 tříd, Saccharomycotina zahrnující jednu třídu a Taphrinomycotina rozdělenou do pěti tříd.

1.3 Využití lišejníků a potenciál využití sladkovodních lišejníků

V dávné minulosti byly lišejníky využívány v širokém spektru oblastí. Byly součástí balzamovacích směsí při ukládání mumií, v parfémecích či krémech s ochranou proti UV záření anebo pro léčebné účely různého spektra potíží. Mimo léčebné účely byly lišejníky také využívány k hubení psovitých šelem a v době hladomoru lidé z pekli z puklěrky islandské (*Cetraria islandica*) chléb, který měl nevalnou nutriční hodnotu (Kalina 1843).

I v současnosti jsou lišejníky využívány v kosmetickém, potravinářském, zdravotnickém, barvířském nebo toxikologickém průmyslu (Joulan & Tabacchi 2009, Upreti a kol. 2005). V hodinách biologie jsou také využívány jako modelový organismus. Některé druhy mohou najít využití také při zjišťování stáří povrchu hornin pomocí metody zvané lichenometrie, jako například mapovník zeměpisný (*Rhizocarpon geographicum*) (Armstrong 2011).

Hlavní potenciál využití sladkovodních lišejníků spočívá ve schopnosti bioindikace. Lišejníky tak svým výskytem mohou vypovídat o stavu vodního toku. Tato společenství organismů jsou často citlivá k určitým faktorům, které omezují jejich výskyt a další vývoj. Výskyt a identifikace sladkovodních lišejníků při monitoringu by poskytla komplexnější informace i v rámci ojedinělých návštěv lokalit (Nascimbene et al. 2013, Halda 2018). I přes zmíněný potenciál však sladkovodní lišejníky k bioindikaci stanoviště zatím využívány nejsou. K identifikaci druhů je nezbytná přítomnost člověka znalého oboru, který by dokázal druhy správně identifikovat. Odborníků v této specializaci však není dostatek.

1.4 Rozšíření lišejníků

Suchozemské lišejníky pokrývají okolo 8 % povrchu naší planety (Černohorský 2000). Vzájemná prospěšnost, kdy autotrofní část lišejníku poskytuje heterotrofní části produkty fotosyntézy a dostává od ní na oplátku živiny s obsahem dusíku, fosforu a uhlíku, zajišťuje lišejníkům schopnost růst na živinami chudých (oligotrofních) stanovištích (Saffo 2001) a mnohdy také v extrémních klimatických podmínkách. Ať už se tedy jedná o rezistenci k velmi nízkým teplotám, zaplavení či suchu, lišejníky jsou prvními kolonizátory lokalit (pionýrskými organismy) a připravují substrát pro další život.

Lišejníky představují skupinu velmi tolerantní vůči stresu. Ten může mít u lichenizovaných hub různou podobu. Organismy prodávající stres velmi pomalu

rostou, mají dlouhou životnost, nízkou spotřebu živin a různé typy specifických adaptací pro přežití (Armstrong 2017). Díky těmto adaptacím rostou i pouhých 300 km od jižního pólu či vystupují v horách do nejvyšších trvale nezaledněných partií velehor (Alstrup et al. 2018, Sahu et al. 2019). Některé druhy jsou přizpůsobeny také životu v přímořských přílivových zónách (Sonia & Androsova 2020), jiné zase tolerují pouštní či chemicky znečištěná stanoviště (Armstrong 2017).

1.4.1 Sladkovodní stanoviště

Jednotlivé druhy lišejníků mívají obvykle jisté preference na typ stanoviště. Tyto preference bývají obvykle z řad mykobionta, jež určuje tvar stélky, a tedy i struktury, pomocí nichž se může uchytit na daném stanovišti. Dle Peksy a Škalouda (2011) dopomáhá určení stanoviště také fotobiont, a to především v oblasti oslunění a vystavování se vlhkosti.

Sladkovodní lišejníky jsou typickými zástupci vegetace pramenišť, řek a jezer (Nascimbene et al. 2007, Thüs & Schultz 2008). Objevují se ve vodních prostředích s nízkou teplotou, kompaktním či stabilním povrchem, dostatečným osvětlením a všude tam, kde není příliš silná konkurence autotrofních organismů (Thüs 2002, Thüs et al. 2014). Typickým stanovištěm by mohla být mokřadná skála, menší kámen smáčený deštěm či podzemní vodou (Thüs 2014) anebo rychle proudící chladná voda s kamenitým dnem. Netypickým stanovištěm sladkovodních lišejníků by pak mohla být dočasně zaplavená kůra (Aptroot & Thüs 2011).

I sladkovodní lišejníky mají různě omezenou schopnost tolerovat zaplavení. Většina z nich zůstává zaplavená pouze část roku, takže bychom spíše než termín „sladkovodní“ mohli použít termín obojživelné nebo periodicky zaplavované (semiaquatické) (Aptroot & Seawart 2003). Pro zjednodušení však budu v této práci používat termín „sladkovodní lišejník“. Hranici mezi lišejníkem s velmi nízkou tolerancí k zaplavení a lišejníkem sladkovodním Thüs et al. (2014) nazývá jako „trimeline“. V chladných oblastech mírného podnebí ji lze rozlišit díky ostrému přechodu mezi keříčkovitými a korovitými typy stélek (Thüs et al. 2014).

Stanoviště sladkovodního typu lze vymezit do tří hydrologických zón dle množství dostupné vody. Ponořená stanoviště, oplachovaná a pobřežní. Ponořená stanoviště jsou až na malé výjimky celoročně zaplavená. Oplachovaná stanoviště lze označit za místa, kde v určitých intervalech podléhá stanoviště častějšímu zaplavení. Pobřežní stanoviště jsou z těchto tří typů stanovišť nejméně často zaplavována (Krzewicka et al. 2017).

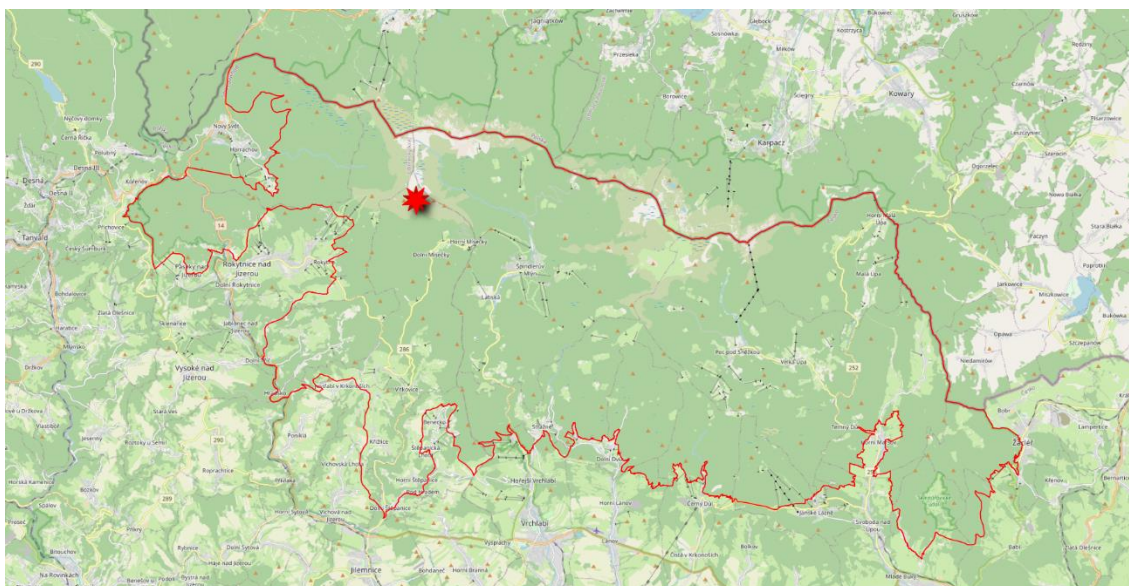
Sladkovodní lišejníky jsou také obvykle zkoumány dle výskytu v různých výškových metrech toků, tedy na horní, střední a dolní tok řeky (Krzewicka et al. 2017), případně na montánní, subalpínské a alpínské pásmo (Nascimbene 2006).

1.5 Charakteristika vybraného modelového území

Vzhledem k tomu, že bydlím v Podkrkonoší a do Krkonoš samotných to nemám příliš daleko, jevílo se jako nejpříhodnější vybrat jako modelové území právě Krkonoše (Obrázek 3). Krkonoše jsou největší pohoří České republiky a zároveň střední Evropy severně od Alp. Tento horský masiv vznikl v důsledku druhohorního zvětrávání a třetihorního alpínského vrásnění. Opakovanými vodními erozemi a zaledňováním v průběhu čtvrtohor nabyly dnešní podoby (Správa KRNAP 2022a).

Krkonoše zasahují svou výškou až do alpínské hranice lesa, což je z hlediska středoevropského horstva unikát. Díky tomu, že tvoří hradbu přímo uprostřed Evropy, byly ve vzdálené i blízké minulosti svědky velkého množství událostí, které napomohly formovat jejich dnešní podobu.

Ač mají Krkonoše oproti jiným horám značně malou rozlohu (na délku přibližně 35 km, na šířku okolo 25 km) a poměrně nízkou nadmořskou výšku, pestrost zdejší přírody je ve srovnání s okolními středoevropskými horami nebývalá (Správa KRNAP 2022b).



Obrázek 3: Mapa s vyznačením východočeského pohoří Krkonoš červenou linií, červená hvězdička označuje místo výskytu zkoumané lokality Kotelních jam. [Podkladový zdroj: *mapy.cz*, vrstva s linií hranice KRNAP: [Zpracováno v aplikaci QGIS 2022]]

1.5.1 Ledovcové kary Kotelní jámy

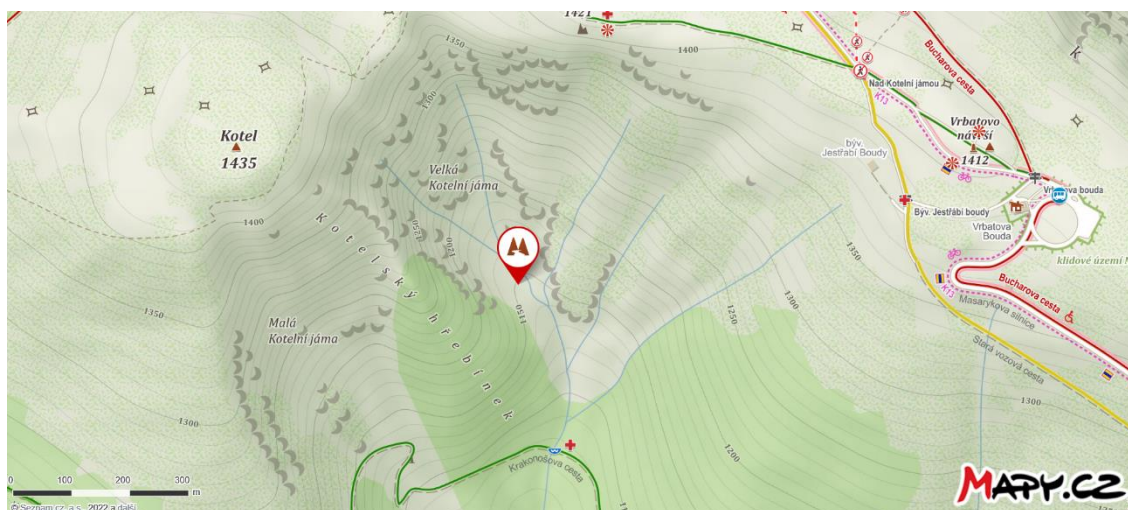
Ledovcové kary jsou prostorná horská údolí s polokruhovitým tvarem a strmými skalními stěnami, jež vznikla rozrušením skalního podkladu vlivem pohybujícího se ledovce. Rozrušený skalní podklad a tvar údolí mnohdy neudrží sněhovou příkrývku na daném místě a vznikají lavinové pády. Ledovcových karů lze najít v celých Krkonoších celkem 14, a to na polské i české straně. Osm karů z uvedeného počtu se nachází na české straně pohoří (Lokvenc 2003). Moje práce se však zabývá pouze Kotelními jamami (Obrázek 4, 5 a 6).

Kotelní jámy jsou pozůstatkem činnosti pleistocenního ledovce (Krause 2021), vodních erozí, anemoorografických systémů a antropogenní činnosti (sběr bylin, důlní a těžební činnost) (Lokvenc 2003). Nachází se v západní části Krkonoš 5,5 km severozápadně od Špindlerova Mlýna a ve stejné vzdálenosti severovýchodně od Rokytnice nad Jizerou. Kotelní jámy jsou tvořeny dvěma prostornými horskými údolími, Velkou a Malou kotelní jámou (Obrázek 4 a 6). Tyto přírodní unikáty leží na jihovýchodních svazích hory Kotel, dříve Kokrháč (1435 m. n. m.). Obě rokle jsou odděleny strmým Kotelským hřebínkem (Obrázek 6) a leží ve výšce 1050 až 1400 metrů nad mořem (Obrázek 4).

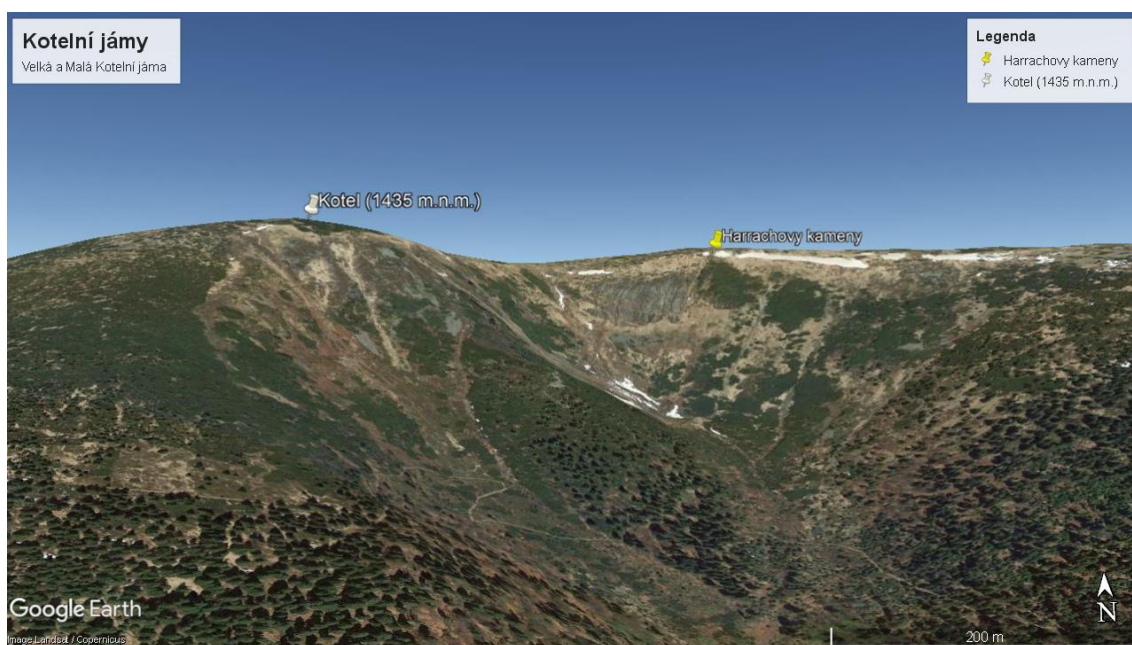
V současnosti můžeme v Kotelních jamách nalézt 6 lavinových drah (Kohoutek 2013), kvůli kterým bývá oblast Kotelních jam z důvodu možnosti sesuvu laviny přes zimu uzavřena. K poslednímu pádu laviny došlo v kotelních jamách 22. 3. 2019 (Zeman 2019), naštěstí se obešlo bez zranění. Sesuvy lavin a půd zajišťují v této oblasti trvalou absenci stromového patra, díky čemuž je tato málo zastíněná lokalita pro sladkovodní lišejníky a jiné méně konkurenceschopné druhy velmi příhodná.

Pro botaniky a lichenology je tato lokalita zajímavá nejen pro barvitý život navzdory lavinovým sesuvům, ale také proto, že leží v závětří nad alpínskou hranicí lesa, a i v takové výšce hostí velké množství vzácných druhů.

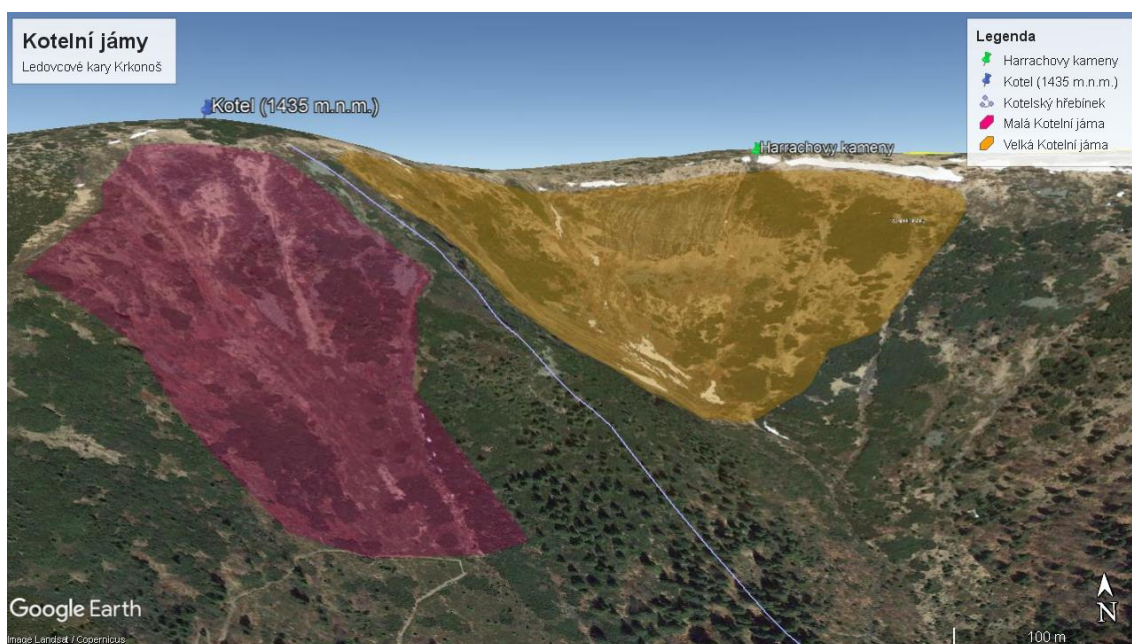
Kotelní jámy jsou od roku 1952 vyhlášeny jako státní přírodní rezervace pro ochranu vzácných druhů rostlin (Bašta 2013) a v současnosti podléhají nejpřísnější ochraně Krkonošského národního parku, v nichž není možné se pohybovat mimo vyznačené a předem určené cesty.



Obrázek 4: Červeně vyznačený bod uprostřed snímku turistické mapy označující oblast Kotelních jam, vybrané modelové lokality. [Převzato z: Mapy.cz 2022]



Obrázek 5: 3D zobrazení Krkonošských Kotelních jam se dvěma orientačními body. Bílý špendlík označuje nejvyšší bod hory Kotel (1435 m. n. m.), žlutý špendlík označuje orientační bod Harrachovy kameny. Též vysvětleno v připojené legendě. [Převzato a upraveno v: Google Earth PRO 2022]



Obrázek 6: 3D zobrazení Krkonošských Kotelních jam. Na obrázku připojena samovysvětlující legenda. [Převzato a upraveno v: Google Earth PRO 2022]

2 Metodika

Během terénní části bakalářské práce jsem se v doprovodu vedoucího bakalářské práce seznámila s biotopy ve Velké Kotelní jámě v Krkonoších, odkud je známo velké množství sladkovodních druhů lišejníků. Vzorky určené k fotografování pro účely tvorby atlasu jsem během zimního semestru 2021/2022 studovala v laboratoři.

2.1 Vymezení stanovišť v modelovém území

Lokalit, kde je možné sladkovodní lišejníky najít, je v Krkonoších více. Nejvíce druhů, včetně těch nejvzácnějších, roste v Krkonošských karech, ale vzácně je najdeme i na skalách a balvanech břehů v horních částech větších potoků a řek. V Kotelních jamách pramení pravý přítok Jizerky, Kotelský potok (Obrázek 4, modrá linie), jehož horní část toku byla cílem naší terénní výpravy. V tomto potoce jsme objevili převážnou většinu druhů, jež jsem zařadila do fotoatlasu.

Kotelský potok pramení ve Velké Kotelní jámě a jeho prameny mají 5 menších rozeznatelných ramen. Ve střední části toku se do této říčky vlévá Boudelecký potok ze Zlatého návrší. V horní části toku Kotelský potok putuje především po skalnatém terénu z fylitu až svoru (Engel et al. 2003), jehož stabilní a pevný povrch sladkovodním lišejníkům poskytuje žádoucí pevný podklad. V době exkurze (červen 2021) byl potok již zastíněn množstvím vyšší vlhkomilné vegetace



Obrázek 7: Pohled z horní části Velké Kotelní jámy do společného údolí. V pravém dolním rohu množství rostlin překrývající jeden z pramenů Kotelského potoka, druhý skalní masiv vpravo – Kotelský hřebínek. [Autorkou všech fotografií: B. Koudelková]

(Obrázek 7). Pro určení druhů lišejníků jsme proto museli obvykle vstoupit přímo do koryta v blízkosti pramene.

Sladkovodní lišejníky jsme také zkoumali na skalách smáčených vodou z podzemních či půdních zdrojů, které byly obvykle velmi obtížně přístupné.

2.1.1 Výběr přírodních objektů určených ke tvorbě atlasu

Druhy pro atlas jsem vybírala po domluvě se školitelem bakalářské práce. Hlavní podmínkou výběru byla jejich dostupnost. Při výběru jsem zohledňovala také tvar a barvu stélky či morfologické zvláštnosti jednotlivých druhů, které by měly studenty zaujmout.

2.1.2 Fotografování herbářových položek

Herbářové položky pro fotografie do atlasu mi poskytl školitel bakalářské práce z Herbaria J. Haldy. Fotografování vzorků v mikro měřítku probíhalo za pomoci mikroskopu KEYENCE WHX-S750S (Obrázek 8) s vestavěnou kamerou s velmi vysokým rozlišením. Fotografie bez zvětšení byly pořízeny fotomobilem Huawei Nova 3 s 24 Mpx rozlišením fotoaparátu.



Obrázek 8: Přístroj KEYENCE WHX-S750S v mikroskopické laboratoři PŘF UHK. Vpravo na fotografii studované herbářové položky.

2.1.3 Výběr obsahu informací ve fotoatlasu

Množství a charakter informací, které bylo vhodné do fotoatlasu zařadit bylo určeno s přihlédnutím k obdobným publikacím, z méj soukromé knihovny. Pro úvod do tématu jsem na začátek fotoatlasu zařadila stručný výčet obecných informací o zkoumaných organismech a vysvětlivky nezbytných pojmů pro zkoumání daného

tématu. Pro lepší didaktické účely mi přišlo vhodné zařadit také kresby pro zobrazení základních pojmů, které jsou oproti zdlouhavému textu samovysvětlující a poutavé.

Stěžejní pro didaktické účely jsou informace o morfologii, ekologii a typech plodnic daného druhu, které je mnohdy možné identifikovat přímo z fotografie alespoň na rodové úrovni. Pro úplnost jsem zařadila ještě informace o aktuálním systému a u každého druhu též doplnila druh (typ) fotobionta příslušného sladkovodního lišejníku.

3 Výsledky

Výstupem této práce je Atlas sladkovodních lišejníků krkonošských Kotelních jam, který je vytvořen z fotografií herbářových položek, několika fotografií z terénu a informací přebraných z věrohodných zdrojů.

3.1 Struktura atlasu a uspořádání jednotlivých druhů

Obrazové tabule jsou vyhotoveny ve formátu A5, který je pro prohlížení nejpraktičtější. Celý atlas je členěn na: úvodní dvoustranu seznamující čtenáře s přírodními poměry krkonošských Kotelních jam a základní informace o sladkovodních lišejnících.

Jednotlivé druhy sladkovodních lišejníků jsou řazeny v atlase abecedně dle jejich českého jména, aby se studenti středních škol v atlasu lépe orientovali. Lišejníky lze vyhledávat také podle latinských jmen uvedených v rejstříku na konci atlasu.

3.2 Sladkovodní lišejníky v bakalářské práci

Jednotlivé druhy jsou i v mé bakalářské práci řazeny dle jejich českého názvu, aby bylo docíleno shody s pořadím uvedeném v atlase. Ke každému druhu byl zpracován stručný přehled informací doplněný o fotografie jednotlivých druhů. Vzorčky byly fotografovány v suchém stavu (herbářové položky zapůjčené od RNDr. Josefa Haldy, Ph.D.), které je nemožné skladovat v mokřém stavu z důvodu rychlého rozkladu. Mikrolišejníky nelze bez speciálního vybavení fotografovat v terénu, proto je počet fotografií z terénu omezený.

3.2.1 Bradavkovička (*Thelidium methorium*)

Stélka tohoto lišejníku může být černohnědá až šedá, souvislá nebo jemně popraskaná (Thüs & Schultz 2008). Peritecia a spory jsou velké a tvoří tak rozlišovací znak mezi *Thelidium methorium* a jemu velmi podobnému druhu *T. submethorium* (Breus 1990, Thüs & Schultz 2009, Pykälä 2010a,b, Urbanavichus & Urbanavichene 2021). Fotobiontem tohoto druhu je řasa rodu *Stichococcus* (Thüs & Schultz 2009).

Thelidium methorium, dle Kuťáka (1926) či Vězdy a Lišky (1999) také *Thelidium aeneovinosum*, je lišejník vyskytující se v poměrně variabilních prostředích, stejně jako celý rod *Thelidium*. Roste na suchých i občasně zaplavených vápencích, ale i na dočasně smáčených křemičitých skalách. Vyhledává dobře osvětlená i polostinná místa horských oblastí subalpínských až alpínských poloh (Thüs & Schultz 2009). Pykälä (2010a, b) uvádí výskyt tohoto druhu ve Finsku, další údaje o výskytu tohoto druhu v chybí (Malíček 2014). Kuťák (1926) tento druh objevil na balvanu u cesty v Obřím dole (Kuťák 1926). Dnes roste ve Velké kotlině CHKO Jeseníků (NDOP 2022). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR se jedná o zranitelný druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 9: *Thelidium methorium* (bradavkovička) v 6 násobném zvětšení, stélka s plodnicemi (periteciemi). [Autorkou všech fotografií: B. Koudelková]

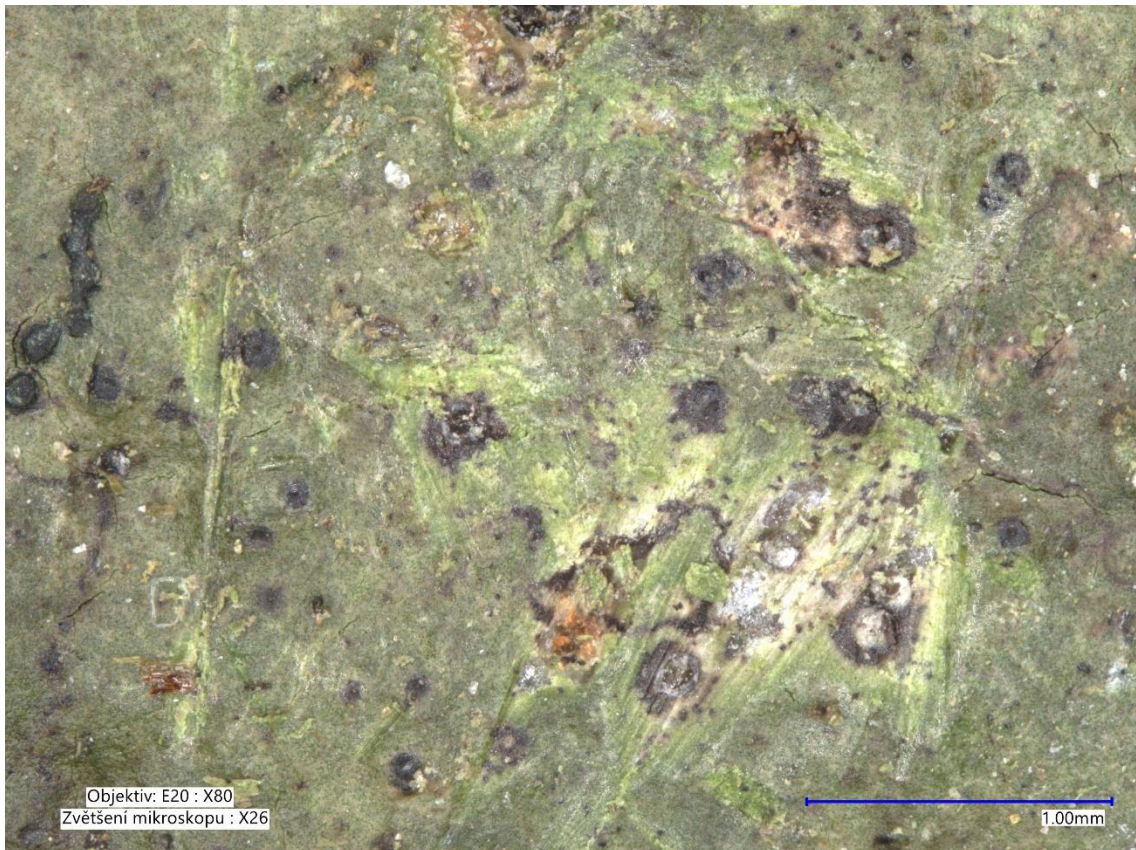


Obrázek 10: *Thelidium methorium* (bradavkovička), skutečná velikost stélky s podkladovou horninou.

3.2.2 Bradavnice Funckova (*Verrucaria funckii*)

Verrucaria funckii je mikrolišejník obývající vodou omývané balvany v horských potocích. Její výskyt je možný také na zaplavených křemičitých balvanech čistých horských potoků (Hofmann & Türk 1991, Krzewicka et al. 2007, Krzewicka & Kiszka 2007). Má lesklou zelenohnědou stélku se zanořenými periteciemi (Harada & Wang 2008, Halda 2012). Fotobiontem tohoto druhu je buď *Elliptochloris bilobata* nebo *Dilabifilum* (Thüs & Schultz 2009). Askospory jsou bezbarvé, jednobuněčné a elipsoidní (Krzewicka et al. 2007). Roste v chladných a čistých (živinami chudých) vodách bez výskytu konkurenčních druhů a rychle reaguje na změny prostředí (Halda 2018).

Nejpočetněji je tento druh zaznamenáván v severní části Evropy, především ve Skandinávii (ve Finsku např. jezero Lohjanjärvi) (Pykälä 2006), Irsku, Velké Británii a na Islandu, dále pak v Alpách (Hofmann et al. 1998), mimo Evropu se nachází také v Severní Americe a Asii (Krzewicka et al. 2007). V Čechách jej lze najít v NPR Bukačka a Trčkov a v údolí Zdobnice Orlických hor (Halda 2012, 2016), v PR Krkanka v Železných horách (Halda 2019) nebo v Rudném potoce Obřího dolu. V Krkonoších roste v Kotelském potoce (Halda 2018), Obřím dole či Navorské jámě (NDOP 2022). Dále roste ve Velké Kotlině CHKO Jeseníky (Halda 2017). Dle Červeného seznamu lišejníků České republiky patří mezi zranitelné druhy (Liška a Palice 2010).



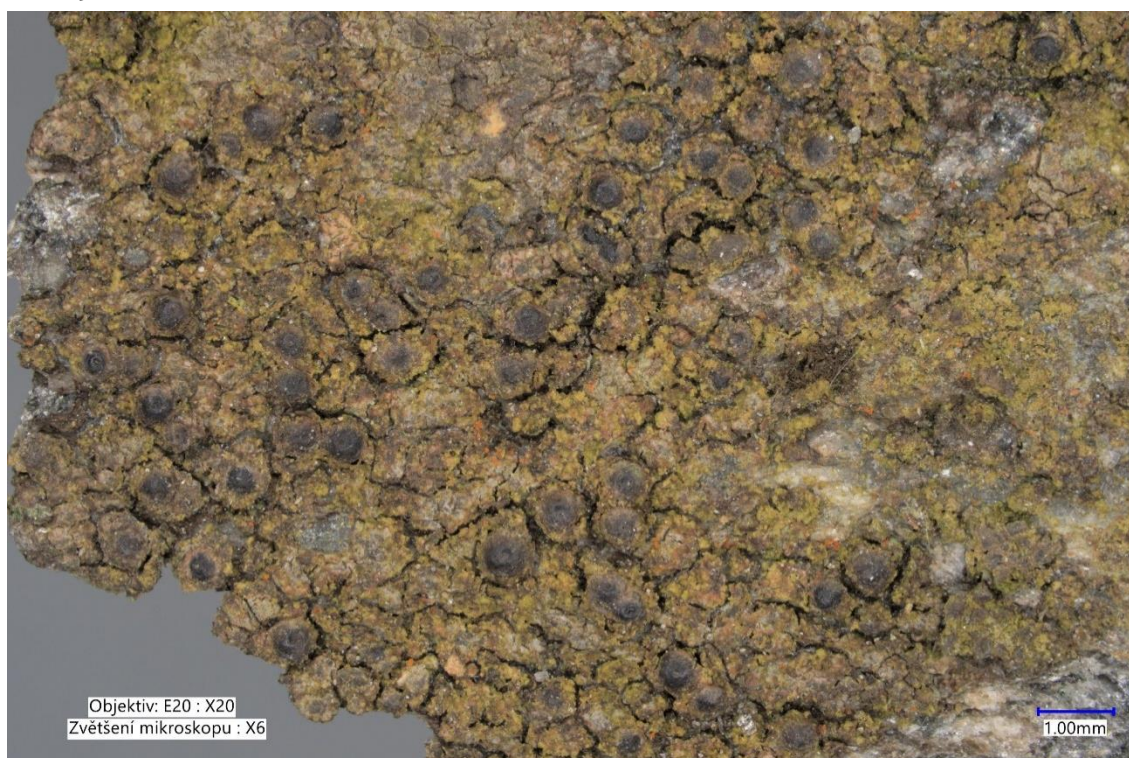
Obrázek 11: *Verrucaria funckii* (bradavnice Funckova) v 26 násobném zvětšení, stélka se zanořenými plodnicemi (periteciemi).

3.2.3 Bradavnice krvavá (*Sporodictyon cruentum*)

Sporodictyon cruentum byl popsán jako nový druh pro vědu roku 1839 Camillem Montagnem ve Francouzské Guayaně jako *Trypethelium cruentum* (Montagne 1837). V minulosti byl označován také pod jménem *Segestrella cruenta* (Körber 1853). Tento lišejník má nazelenalou, šedou, tmavě hnědou až černou barvu stélky (Montagne 1837, Thüs & Schultz 2009) se souvislým či popraskaným povrchem (Thüs & Schultz 2009, Berger 2016). Peritecia jsou kulovitá či vejčitá (Montagne 1837) v hnědých odstínech (Hafellner 2010). Fotobiontem je zelená řasa *Nostoc* (Orange 2013). Mnohobuněčné zdřovité askospory v odstínech jsou hnědé, vyrůstají ve vřecích obvykle v počtu 8 (Hafellner 2010).

Ekologické nároky jsou variabilní. *S. cruentum* se může vyskytovat ve formě obojživelné i ponořené ve sladkých chladných proudech vody se stabilním křemičitým povrchem (Thüs & Schultz 2009, Hafellner 2010).

Rozšířen je v Norsku, Švédsku, Finsku, na Islandu, Faerských ostrovech severozápadní Evropy, ve střední Evropě ve Švýcarsku, Rakousku (provincie Vorarlberg), Slovinsku, Polsku, Německu a České republice (Hafellner 2010). Tento krvavě hnědý až černý sladkovodní lišejník pozoroval již v polovině 19. století Gustav Wilhelm Körber v Úpské jámě u Pece pod Sněžkou (Körber 1853). V současnosti roste v Orlických horách, Jeseníkách a Krkonoších (NDOP 2022), kde obývá lokality v Labském dole, Úpské jámě a Malé Kotelní jámě (Halda et al. 2011b). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR se jedná o zranitelný druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 12: *Sporodictyon cruentum* (bradavnice krvavá) v 6 násobném zvětšení, stélka se zanořenými s plodnicemi (periteciemi).



Obrázek 13: *Sporodictyon cruentum* (bradavnice krvavá) skutečná velikost stélky s podkladovou horninou.



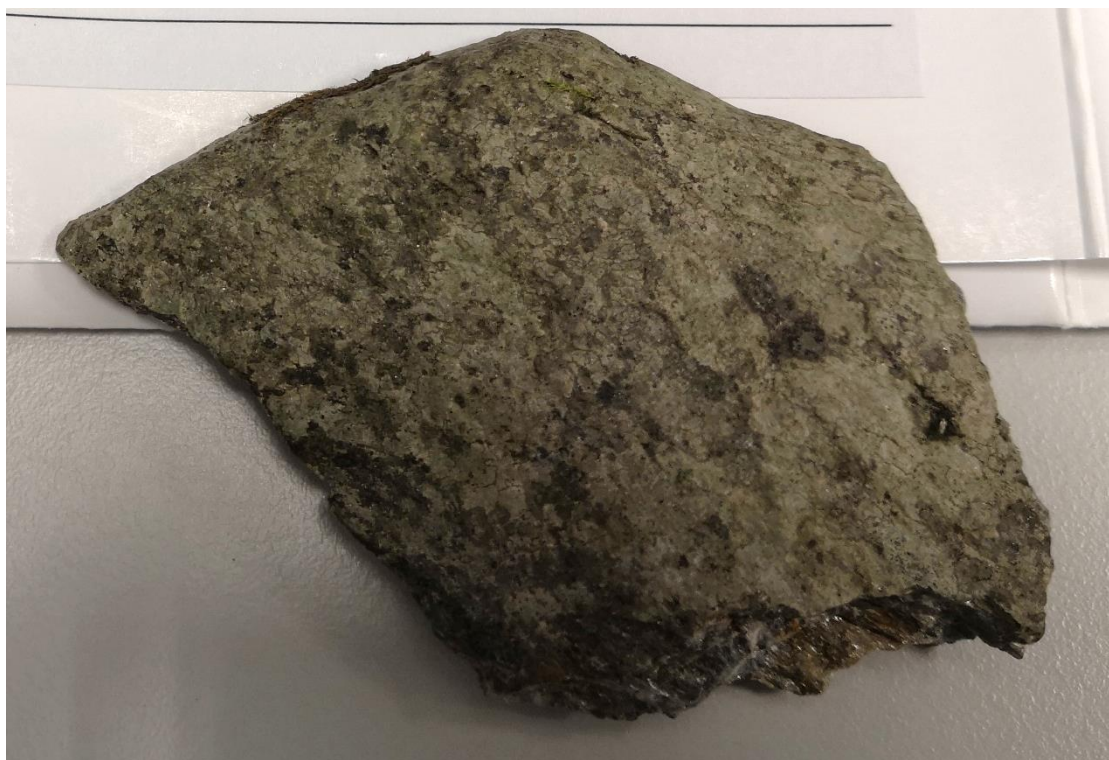
Obrázek 14: *Verrucaria praetermissa* (bradavnice přehlédnutá) v 6 násobném zvětšení, políčkovitá stélka se zanořenými plodnicemi.

3.2.4 Bradavnice přehlédnutá (*Verrucaria praetermissa*)

Stélka u druhu *Verrucaria praetermissa* je bělavá, nazelenalá, našedlá či narůžovělá, za mokra zelená (Thüs & Schultz 2009). Povrch je rozrušen hnědými až bělavými mělkými brázdami po obvodu políček (Halda 2019). Peritecia jsou zanořená do stélky. Askospory jsou jednobuněčné, bezbarvé a oválné (Krzewicka 2012, Halda 2019), přičemž populace v Asii mohou mít větší velikost askospor (Harada 2011a). Fotobiontem této bradavnice je zelená řasa *Diplosphaera chodatii* (Thüs & Schultz 2009, Thüs et al. 2011).

Druh se vyskytuje na křemičitém (Krzewicka 2012) i vápenatém substrátu v zaplavovaných substrátech v nížinách i horských oblastech a je relativně odolný vůči eutrofizaci vody (Halda 2019). Rychle reaguje na znečištění vody i vzduchu (Thüs & Schultz 2009).

V. praetermissa je ve střední Evropě hojně rozšířena (Halda 2019, Orange 2014). Na severu Evropy je výskyt hlášen v Estonské vesnici Kiidjärve na křemitých balvanech podél řeky Ahja jõgi (Halonen et al. 2000). Známá je také ze Severní a Střední Ameriky, Asie, Austrálie, Nového Zélandu (Aptroot & Seaward 1999) či Afriky (Tanzánie v NP Udzungwa) (Alstrup & Aptroot 2005). V ČR je zařazen mezi zranitelné taxony (Liška a Palice 2010). Nachází se v Orlických horách v Údolí Zdobnice (Halda 2016), v Krkonoších, Železných horách či na balvanech a skalnatých březích Chrudimky (Halda 2019) nebo v údolí řeky Ploučnice (Wagner 2017). V Krkonoších roste například v Kotelském potoce (Halda 2018).



Obrázek 15: *Verrucaria praetermissa* (bradavnice přehlédnutá) ve skutečné velikosti na podkladové hornině.

3.2.5 Bradavnice rozpukaná (*Staurothele fissa*)

Tento nenápadný mikrolišejník má hnědou, hnědočernou nebo nazelenalou barvu se souvislým a hladkým, jemně popraskaným povrchem (Halda a Palice 2009, Thüs & Schultz 2009). Peritecia jsou částečně zanořená do stélky (McCarthy 1993), askospory jsou hnědé, mnohobuněčné. Fotobiontem tohoto druhu je řasa rodu *Stichococcus* (Halda a Palice 2009).

Vyskytuje se na zaplavených nebo občasně zaplavovaných křemičitých površích chladných vod alpského stupně (McCarthy 1993, Thüs & Schultz 2009).

Tento druh se vyskytuje převážně na severní polokouli včetně jihovýchodu Grónska (Hansen 2014) či Pensylvánského Ralph Stover State Parku (Lendemmer 2008). Na jižní polokouli roste v Austrálii poblíž Westerway (McCarthy 1993) či Novém Zélandu (De Lange et al. 2012).

Staurothele fissa byla v Čechách prvně zaznamenána na Šumavě roku 1910 (Servít 1910). V Krkonoších ve Velké Kotelní jámě a v Obřím dole pod Čertovou zahrádkou ji jako první sbíral Václav Kuťák (Kuťák 1926, 1952). Dnes jsou známé nálezy z Novohradských hor, údolí Vltavy u Českých Budějovic (Halda a Palice 2009) či na Zábrdské skále v Předšumaví (Vondrák a Palice 2004). Dále také v Divoké Orlici poblíž Pašerácké lávky (Halda a Palice 2009), či krkonošského Obřího a Labského dolu (Halda et al. 2016). V ČR patří mezi silně ohrožené druhy (Liška a Palice 2010).



Obrázek 16: *Staurothele fissa* (bradavnice rozpukaná) v 6 násobném zvětšení, stélka se zanořenými vydutými plodnicemi (periteciemi).

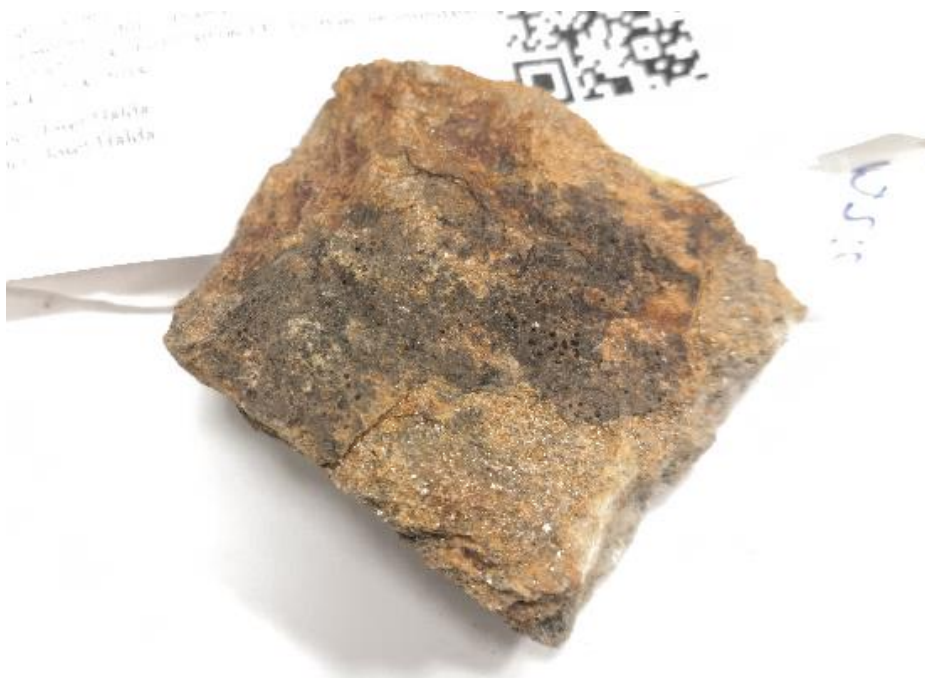
3.2.6 Bradavnice slínovitá (*Verrucaria margacea*)

Stélka tohoto mikrolišejníku je hnědá, hnědošedá až olivově hnědá (Körber 1865). Thüs & Schultz (2009) uvádí, že barva stélky závisí na charakteru lokality a ontogenetickém stáří lišejníku. Pokud *V. margacea* roste ve stinných lokalitách, tvoří nazelenalou či naředlou stélku. Pokud roste na slunných místech, má hnědou až hnědočernou barvu (Thüs & Schultz 2009). Peritecia jsou kuželovitá a nepravidelně roztroušena po stélce, spory jsou nápadně velké, jednobuněčné (Halda 2018). Fotobiontem je buď kulovitá řasa *Elliptochloris biolobata* nebo řasa rodu *Dilabifilum* (Thüs & Schultz 2009).

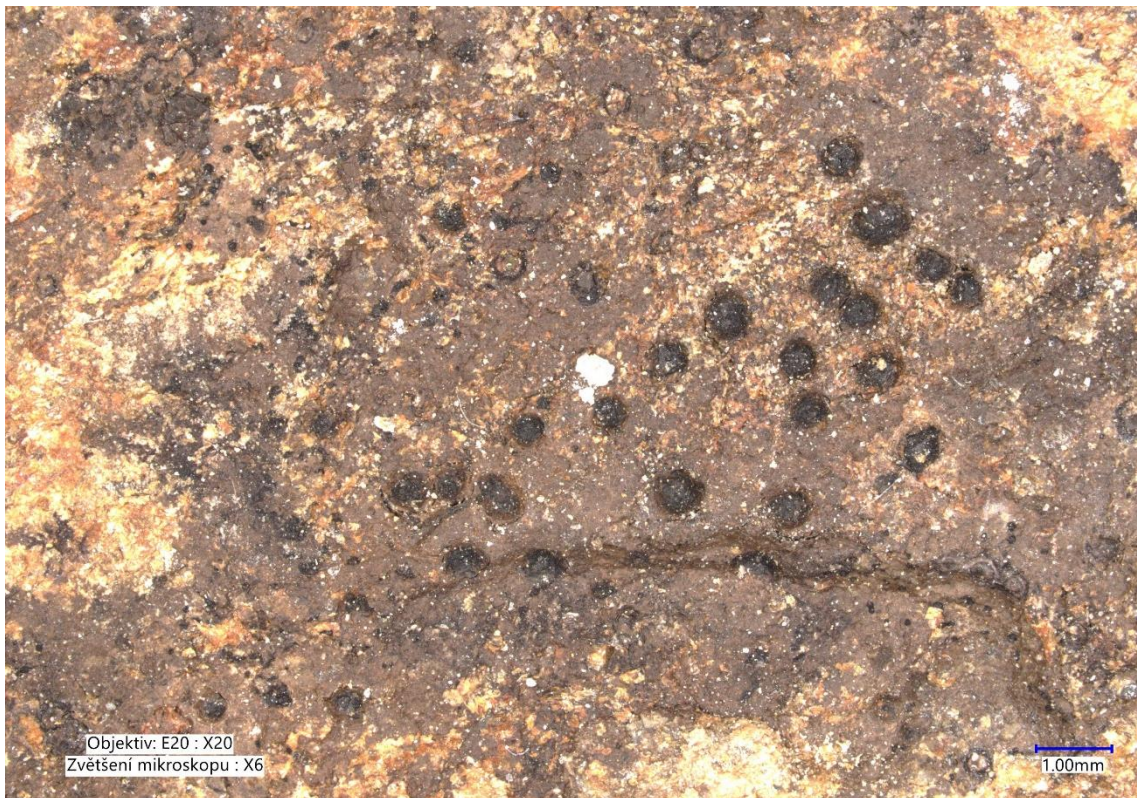
V. margacea se vyskytuje ve vlhkých stinných místech v zóně dostřiku a indikuje horské potoky s čistou vodou (Halda 2018).

Rozšířena je v Evropě, Asii, Severní Americe (Nimis 1993), Grónsku a Austrálii (Halda 2018). Další údaje pochází z jihu Sibíře a Číny (Aptroot & Seaward 1999), Islandu (Orange 2009), biomu savan a lesů Cerrado v Brazílii (Aptroot et al. 2017), řeky Eroo v Novém Mongolsku (Hauck & Javkhalan 2006), Jižní Koreji (Kondratyuk et al. 2019) a nám nejbliže středních rakouských Alp (Berger 1998).

První záznam o výskytu této bradavnice v Posázaví u Pikovic pochází od Miroslava Servíta (Servít 1910). Její výskyt byl dále potvrzen ze Žďárských vrchů, Krušných hor (Halda et al. 2016) a Jeseníků (NDOP 2022). V Krkonoších roste na mnoha místech, např. v údolí Bílého Labe, Obřím a Labském dole (Halda et al. 2016) nebo v Kotelském potoce v Dolním Dvoře (Halda 2018). Dle Červeného seznamu lišejníků České republiky je řazen mezi zranitelné druhy (Liška a Palice 2010).



Obrázek 17: *Verrucaria margacea* (bradavnice slínovitá) na podkladové hornině ve skutečné velikosti.



Obrázek 18: *Verrucaria margacea* (bradavnice slínovitá) v 6 násobném zvětšení se zanořenými vydutými plodnicemi (periteciemi).



Obrázek 19: *Verrucaria margacea* (bradavnice slínovitá) v 16 násobném zvětšení s detailem plodnic (peritecií).

3.2.7 Hrbolovka puklatá (*Porina lectissima*)

Hrbolovka patří mezi nenápadné mikrolišejníky stinných a vlhkých ostříkovaných balvanů a skal. Vytváří hnědočervenou až olivově nazelenalou stélku, ze které vyrůstají uzavřené plodnice (Thüs & Schultz 2009, Halda 2012). Peritecia jsou částečně zanořená do stélky (Thüs & Schultz 2009). Askospory jsou čtyřbuněčné, šídlovité a bezbarvé (Kinaloğlu 2010). Fotobiontem tohoto druhu je řasa *Trentepohlia* (Thüs & Schultz 2009).

Roste v Evropě a Severní Americe (Halda et al. 2016, Kinaloğlu 2010). Druh je známý také z mořského pobřeží Tureckého města Arakli (Kinaloğlu 2010). Dále například z údolí Bystřické doliny Velké Fatry na Slovensku (Lisicka 1998).

Na českém území byla tato hrbolovka jako první sbírána Kuťákem (1926) na oplachovaných balvanech nad vodopádem Pančavy (dříve Pančice) (Kuťák 1926). Lišejník je známý z PR Krkanka v Železných horách (Halda 2019). V Orlických horách byl potvrzen v NPR Bukačka na oplachovaných balvanech horního toku Divoké Orlice (Halda 2012) či v řece Zdobnici (Halda 2016). Další výskyt byl potvrzen také z Jeseníků, Šumavy, Třeboňska, Českého Švýcarska a Železných hor. V Krkonoších roste v Hančově žlabu, Navorské jámě, úžlabí Jestřábích skal a v Kotelském potoce (Halda 2018). *P. lectissima* oplývá dobrou schopností přizpůsobit se rozdílnému spektru stanovišť, takže ač je řazena podle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška a Palice 2010) jako zranitelný druh, dle Haldy a Palice by mohlo jít o méně ohrožený taxon (Halda a Palice 2009).



Obrázek 20: *Porina lectissima* (hrbolovka puklatá) v 6 násobném zvětšení, stélka s plodnicemi (periteciemi).

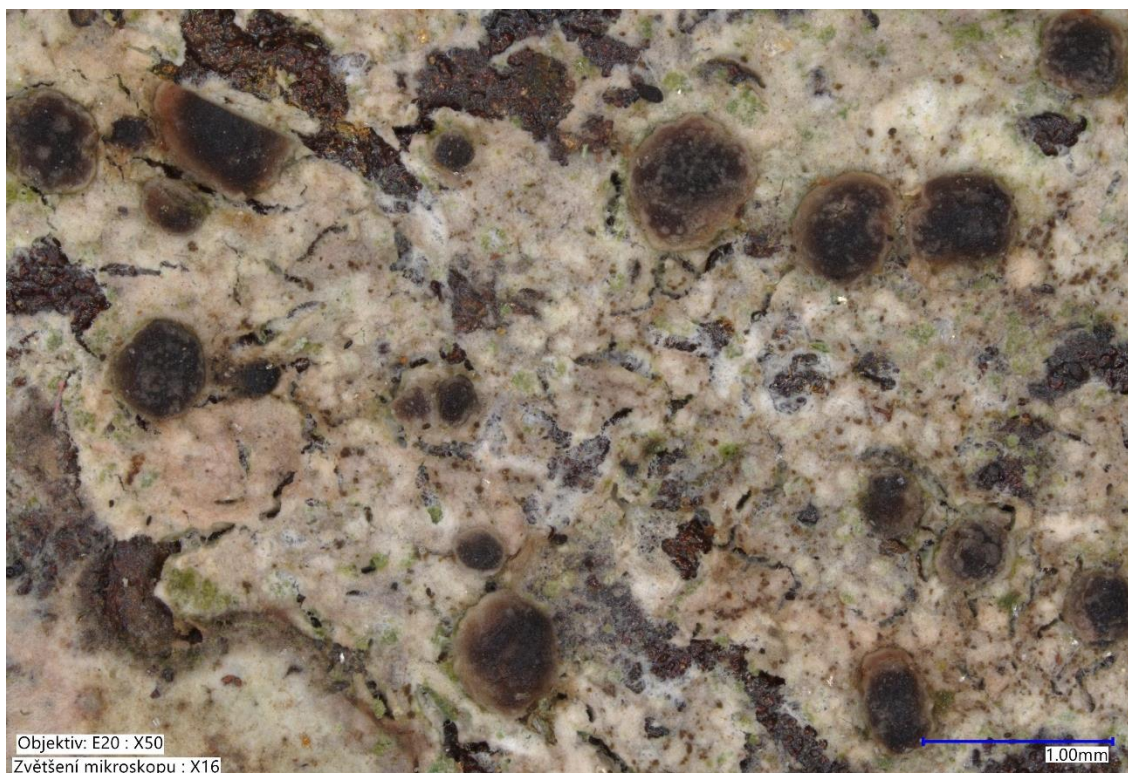
3.2.8 Hůlkovka zaplavená (*Bacidina inundata*)

Jedná se o mikrolišejník s korovitou stélkou olivově nazelenalé, nahnědlé či naoranžovělé barvy (Halda 2012), barva stélky však závisí na substrátu, na kterém roste. Apotecia jsou světle hnědá, načernalá či bělavá (Thüs & Schultz 2009).

Jak je již z názvu patrné, hůlkovka zaplavená odolává ponoru i v řádu několika měsíců (Halda 2018). Snáší dobře zastínění a roste okolo potoků a řek s křemičitým povrchem. Pro jiné organismy je poměrně silným konkurentem, odolává totiž ve středně eutrofizovaných vodách (Halda 2018, Thüs & Schultz 2009) a může příležitostně růst na povrchu jiných lišejníků (Thüs & Schultz 2009).

Bacidina inundata je lišejník známý ze severní polokoule (Halda 2012). Nález tohoto druhu je hlášen například od Černého moře Turecka (Volker & Breuss 2004) či z potoka bukového lesa v německém Pomořansku (Schiefelbein et al. 2010).

Jako první zaznamenal tento druh v českých zemích Körber (1853). Hůlkovku našel v alpských a subalpínských polohách v říčkách u Lomnice a v Sudetech, nazýval ji tehdy *Biatora inundata*. Kuťák (1926) ji našel na mělčině v potoce za Labskou boudou, dříve Labským hotelem (Kuťák 1926). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je druh zranitelný (Liška a Palice 2010). Lze jej nalézt v Orlických horách, na Náchodsku, v Bílých Karpatech, Českém lese, na Králickém Sněžníku, v Beskydech, Žďárských vrších, Železných horách, Novohradských horách a na Šumavě (Halda et al. 2016). V Orlických horách je k nalezení mimo jiné v NPR Trčkov a častý je také v Chrudimce (Halda 2019). V Krkonoších roste po celé délce Kotelského potoka (Halda 2018).



Obrázek 21: *Bacidina inundata* (hůlkovka zaplavená) v 16 násobném zvětšení, stélka s vystouplými nahnědlými plodnicemi (apoteciemi).

3.2.9 Misničkovka jezerní (*Ionaspis lacustris*)

Původ názvu tohoto sladkovodního lišejníku pochází z řeckého „ion“ – fialka, květ a „aspis“ – štít (Sussey & Baubet 2005). Stélku může mít misničkovka barevně variabilní – od bělavé, červenooranžové, žlutě okrové až po nazelenalou. Apotecia jsou ponořená do stélky, konkávní a snadno odlišitelná od stélky. Fotobiontem řasa *Trebouxia* (Thüs & Schultz 2009, Halda 2018).

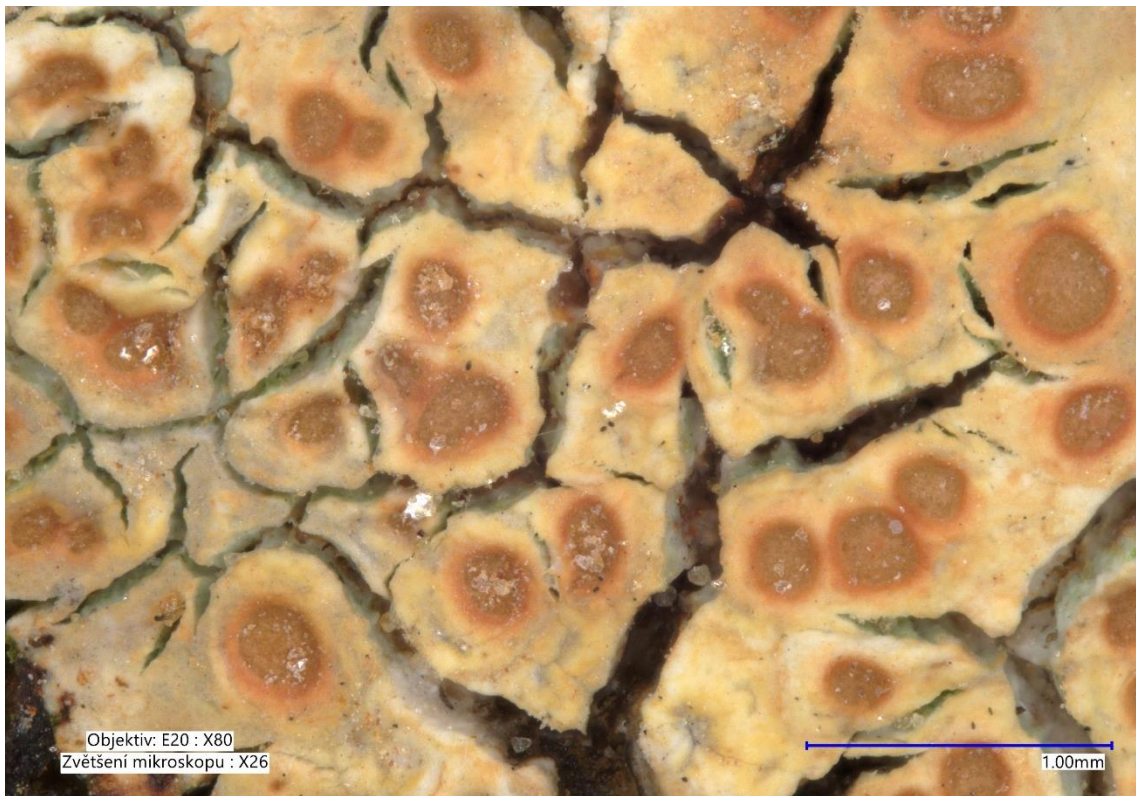
Tento sladkovodní lišejník je charakteristickým druhem vyskytujícím se ve stinných sladkovodních biotopech v dostřikové zóně, který indikuje horské potoky s čistou vodou (Halda 2018). Rozšířen je od nížin po vysokohorský stupeň, častěji v chladných oblastech (Halda et al. 2016).

První záznam pro vědu o tomto lišejníku pochází od Julia von Flotowa jako nový druh Německa a Pomořanska (Flotow 1850a,b). Díky Kuťákovi byl později zaznamenán také na našem území pod jménem *Lecanora lacustris* ve Velké Kotelní jámě či v Labi ve Špindlerově mlýně (Kuťák 1926, 1952). V současnosti je zaznamenán v Evropě (Kondratyuk et al. 2013, Berger & Zimmermann 2016, Guttová et al. 2018, Halda 2018), Asii (Harada 2011b, Kondratyuk et al. 2013, 2015), Americkém Yosemiteckém NP (Lendermer et al. 2010) a jihovýchodním Grónsku (Hansen 2015). Dle Haldy et al. (2016) roste též v Africe, Austrálii a na Novém Zélandu (Halda et al. 2016).

V ČR se vyskytuje po celém území. V Krkonoších lze najít největší koncentraci růstu v Labském dole (Halda et al. 2016, Halda 2018). V Jizerských horách porůstá koryto Jizerky na žulových balvanech v Rašeliništi Jizery a Rašeliništi Jizerky (Malíček a Vondrák 2014). Dále roste v údolí Boubínského potoka, v Orlických horách, Jeseníkách a na Šumavě (Halda 2011, NDOP 2022). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je považován za zranitelný druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 22: *Ionaspis lacustris* (misničkovka jezerní) ve skutečné velikosti na podkladové hornině.



Obrázek 23: *Ionaspis lacustris* (misničkovka jezerní) ve žlutooranžové formě ve 26 násobném zvětšení s viditelnými plodnicemi (apoteciemi).



Obrázek 24: *Ionaspis lacustris* (misničkovka jezerní) v šedočerné formě v 6 násobném zvětšení s tmavě šedými plodnicemi (apoteciemi) zanořenými do stélky.

3.2.10 Kryptovka Fritzeova (*Gyalidea fritzei*)

Nenápadná, neznatelně rezavě hnědá až krémově bílá korovitá stélka s miskovitými apoteciiemi (Halda 2018), které jsou vydutější, čím jsou starší (Thüs & Schultz 2009), tvoří plodnice (apotecia) vyskytující se ve skupinách po dvou až třech. V nich jsou bezbarvé výtrusy s přehrádkami (Halda 2018). Fotobiontem řasa *Trentepohlia* (Thüs & Schultz 2009).

Gyalidea fritzei roste na periodicky zaplavovaných balvanech obvykle z čediče, břidlice nebo žuly v horských oblastech (Halda 2018).

Záznamy o jejím výskytu z Evropy pochází z Italského údolí Aviole, kde roste na oblázcích koryta sekundárního toku udržovaného sněhem spolu s *Verrucaria margacea* (Nascimbene 2006), Estonských vápencových skal z přírodní rezervace Porkuni (Oja et al. 2016), z Ukrajinských Karpat z horského pásma Svidovec (Vondrák et al. 2010), severských potoků (Svensson & Palice 2009, Pykälä 2013) a puklin v čedičových skalách sopky či lávových polí Islandského ostrova Surtsey (Kristinsson & Heidmarsson 2009). V Severní Americe roste v Yosemitekém NP na zastíněném balvanu Holubí rokle (Hutten et al. 2013) a je hlášen také z potoků v Grónsku (Orange 1990). V Asii byl nalezen v Turecku v lese na křemičité skále 10 km od vesnice Akdağ (Candan 2017), roste také v Africké Keni (Suija et al. 2018).

Na českém území sbíral tento druh již v roce 1926 učitel a lichenolog Václav Kuťák v horských potocích Modrého dolu, Kotelní jámě a Kotelském potoce, kde rostla společně s druhem *Bacidina inundata* (Kuťák 1926). Dnes se vyskytuje v Jeseníkách a v Krkonoších (Halda et al. 2016, NDOP 2022). V Krkonoších roste v Úpské jámě a řečišti Velké Mumlavy. Jedná se o vzácný druh a bioindikátor kvality vody a prostředí (Halda 2018). Jeho využití je však z důvodu omezeného množství známých lokalit nepraktické. Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je klasifikován jako ohrožený (Liška a Palice 2010).



Obrázek 25: *Gyalidea fritzei* (kryptovka Fritzeova) na podkladové hornině, skutečná velikost.



Obrázek 26: *Gyalidea fritzei* (kryptovka Fritzeova) v 6 násobném zvětšení s viditelnými plodnicemi (apoteciemi).



Obrázek 27: *Gyalidea fritzei* (kryptovka Fritzeova) s detailem vydutých plodnic (apotecií) v 64 násobném zvětšení.

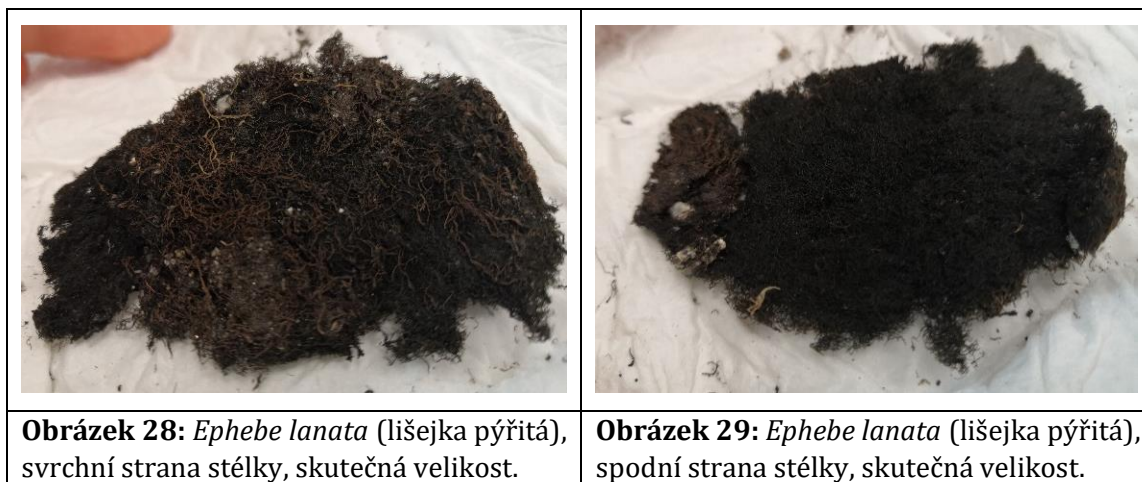
3.2.11 Lišejka pýřitá (*Ephebe lanata*)

Tento sladkovodní lišejník je v historických pramenech k nalezení pod jmény *Lichen lanatus* L. (Minks 1902) či *Usnea intricata* Hoffm. (Choisy 1956). Jeho vlákna tvoří bochánky až keříčky, které kobercovitě porůstají skalní povrch. Za mokra jsou stélky tmavě zelené, po vyschnutí hnědé až černé. Plodnice v našich podmínkách tvoří vzácně, bezbarvé spory jsou jedno až dvojbuněčné (Halda et al. 2016). Fotobiontem je sinice *Stigonema* (Thüs & Schultz 2009, Halda et al. 2016).

Obvykle vyhledává skalní stěny zvlhčené prosakující vodou, slunná či příležitostně zastíněná místa či balvany horských toků zaplavované či ošťikované tekoucí vodou (Thüs & Schultz 2009, Halda 2018).

Roste ve střední Evropě v horském až alpínském pásmu, převážně na severní polokouli (Thüs & Schultz 2009, Halda 2018). V Severní Americe je známý například z Yosemitekého NP, kde roste poměrně běžně na vlhkých nevápencových skalách (Hutten et al. 2013). Na Taiwanu byl zaznamenán na horského břidlicového hřebenu ve výšce 3 000 m (Aptroot et al. 2002).

Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je klasifikován jako ohrožený (Liška a Palice 2010). Lze jej také považovat za sladkovodní bioindikátor indikující zachovalé horské potoky s čistou vodou, jež velmi rychle reaguje na změnu prostředí a eutrofizaci (Halda 2018). Na území ČR se vyskytuje na Šumavě, v Českém Švýcarsku a v Krkonoších (Halda et al. 2016, NDOP 2022). V Krkonoších byl nalezen na skalách zásobovaných vodou v Hančově žlabu, Navorské jámě a před Labským dolem na smáčené skále, která se v zimě stává ledopádem (Halda et al. 2011a). V Kotelském potoce zatím nebyla nalezena (Halda 2018). Z nižších poloh je druh známý ze slepencových kamenů z hráze Pilského rybníku u Březových hor v Brdech, kde roste v nadmořské výšce 680 m n. m. (Pilous 1935, Malíček et al. 2015, 2021).





Obrázek 30: *Ephebe lanata* (lišejka pýřitá) v 6 násobném zvětšení, svrchní strana stélky.



Obrázek 31: *Ephebe lanata* (lišejka pýřitá) v 6 násobném zvětšení, spodní strana stélky.

3.2.12 Mapovník hnědočerný (*Rhizocarpon badioatrum*)

Druh popsals jako nový pro vědu německý přírodovědec a učitel Kurt Polycarp Joachim Sprengel z lokality u Kröllwitzu na porfyrových útesech jako *Lecidea badioatra* (Sprengel & Fleischer 1821). Později byl druh zaznamenán ve Finsku (Brenner 1886).

Mapovník hnědočerný vytváří hnědočernou stélku. Černá apotecia jsou z poloviny či úplně ponořená do stélky. Spory jsou dvoubuněčné a po krátkém čase hnědnou. Fotobiontem je kokální zelená řasa *Trebouxia* (Thüs & Schultz 2009).

Tento druh lze považovat za obojživelný. Roste na osluněných suchých i mokřých balvanech v dostřikové zóně v horských tocích (Thüs & Schultz 2009, Halda 2018).

Populace tohoto druhu dosahují na severní polokouli optima rozšíření v horách, kde často dosahují do subalpínských až alpínských poloh (Thüs & Schultz 2009). V Kalifornii druh roste na silikátové skále v Sequia NP a Kings NP (Hutten et al. 2013). Na Altaji v Rusku roste v horním toku řeky Irkut v dostřikové zóně na křemičitých horninách (Davydov et al. 2007).

V Čechách druh jako první zaznamenal Kuťák. Mapovník objevil na kamenech v Labi v Labském dolu v Krkonoších (Kuťák 1952). V současnosti je zjištěn z mnoha dalších lokalit, např. v Kotelském potoce a dalších vodotečích Krkonoš (Halda 2018). Je známý také z Železných hor, kde roste na balvanech v rezervaci Krkanka podél Chrudimky (Halda et al. 2011b), či z vyvýšených míst žulových kamenů a skal v Rašeliništi Jizery CHKO Jizerských hor (Malíček a Vondrák 2014). Roste také na Kralickém Sněžníku, v Orlických horách, v Jeseníkách, Slavkovském lese, Boubínské pralese a na Mohelenské hadcové stepi (NDOP 2022). Dle Červeného seznamu se jedná o druh blízky ohrožení (Liška a Palice 2010).



Obrázek 32: *Rhizocarpon badioatrum* (mapovník hnědočerný), hnědočerná stélka ve skutečné velikosti na podkladové hornině.



Obrázek 33: *Rhizocarpon badioatrum* (mapovník hnědočerný) v 6 násobném zvětšení se zanořenými plodnicemi (apoteciemi).



Obrázek 34: *Rhizocarpon badioatrum* (mapovník hnědočerný) v 26 násobném zvětšení s detailem plodnice (apotecia) a prasklinou ve stélce.

3.2.13 Mapovník stolový (*Rhizocarpon lavatum*)

Tento druh má hnědou, červenohnědou, okrovou až šedou barvu s jemně rýhovaným až popraskaným povrchem. Apotecia jsou vydutá, mají zřetelný okraj (Thüs & Schultz 2009, Wang et al. 2015, Habib et al. 2021). Fotobiontem řasa *Trebouxia* (Thüs & Schultz 2009). Často se vyskytuje ve společnosti druhů, které se adaptovaly na zaplavení vodou. Mezi takové druhy patří *Ephebe lanata*, *Ionaspis lacustris*, *Porina lectissima*, *Rhizocarpon badioatrum*, *Sporodictyon cruentum* a *Staurothele fissa* (Halda 2018).

Rhizocarpon lavatum roste ve vodou stále ostříkované zóně čistých toků na neerodujícím křemičitém substrátu ve stínu i na slunci (Thüs & Schultz 2009). Je rozšířen po celé severní polokouli.

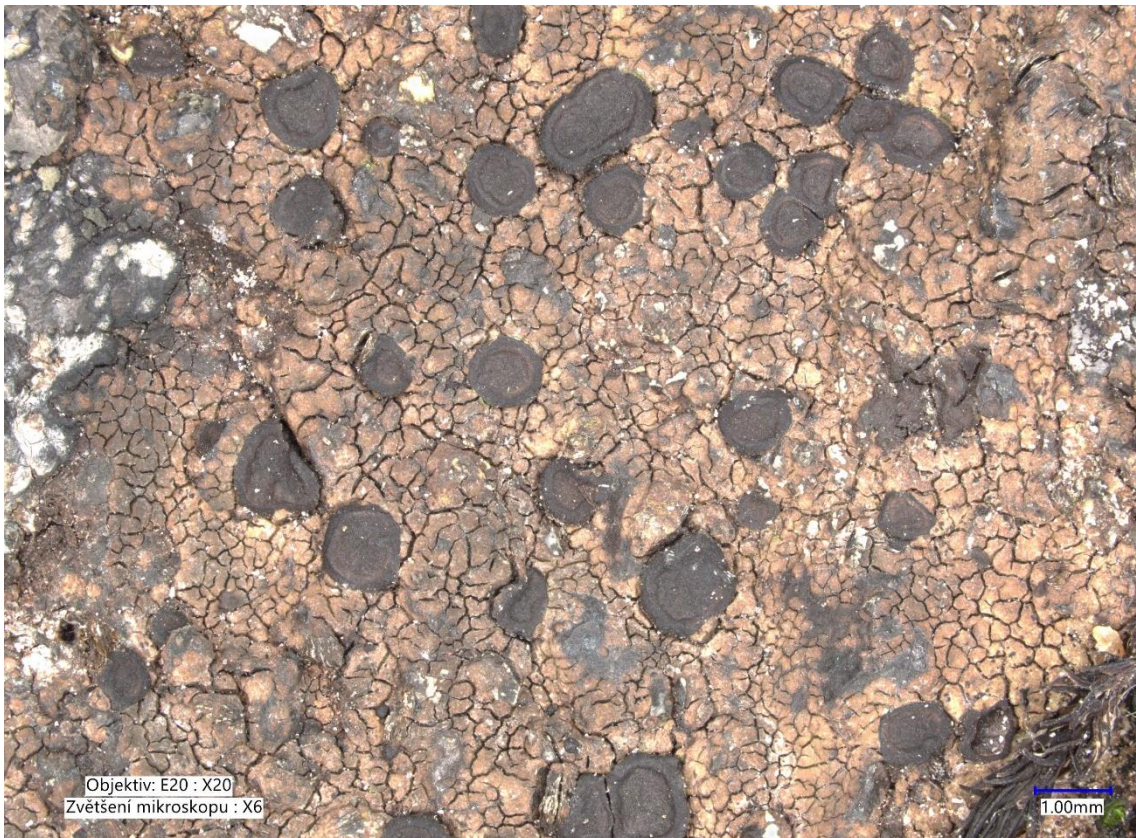
Roste v horských pralesích v Pákistánu v nadmořské výšce 2097 m (Habib et al. 2021). Z Norska je druh doložen z balvanů u potoka poblíž fjordu Lisefjorden v územně správní jednotce Rogaland (Magnusson 1949). V jižním Grónsku roste na železité rule (Hansen 2006), v Pensylvánii byl nalezen na periodicky zaplavované skále spolu s *I. lacustris* (Lendemmer & Macklin 2006). V Evropě roste spolu s *I. lacustris* v Polských Tatrách na žulových kamenech v Černém potoce u jezera Černý Staw a na vlhké žulové skále pod Žabím hřebenem. V Polsku je zařazen mezi velmi vzácné druhy (Flakus 2004), dle Červeného seznamu polských lišejníků je klasifikován jako kriticky ohrožený (Matwiejuk & Chojnowska 2016). Další známé lokality pochází ze Severního Uralu v ruské rezervaci Vishera z oblasti kamenité horské tundry (Kotkova et al. 2022). V Číně roste na vlhkých zastíněných skalách v lesích či u řeky v blízkosti vrcholů hory Changbai, Laojun a Taibai (Wang et al. 2015). Vyskytuje se tedy v Severní i Jižní Americe, Evropě, Austrálii, Asii, na Novém Zélandu a na Antarktidě (Habib et al. 2021).

V ČR roste v jižních Brdech, CHKO Slavkovském lese, na Kralickém Sněžníku, v Krušných horách, na Šumavě, ve Žďárských vrších, Jeseníkách a Novohradských horách. Jeho výskyt je hlášen také ze Znojemska, Prachaticka, Domažlicka, Rokycanska, Chrudimska a NP Podyjí (NDOP 2022), Železných hor, Novoměstska, Povydrí, Třeboňska a Krkonoš (Halda 2011a, Halda et al. 2016, Halda 2018). Na území Krkonoš je hojný v Labském dole, vyskytuje se také v Kotelském potoce Velké Kotelní jámy (Halda et al. 2011a, Halda 2018, NDOP 2022). Nedávno byl také objeven na mokré žulové skále v PR Jizera v Jizerských horách (Bouda 2021), nejedná se však o jedinou lokalitu výskytu *R. lavatum* v Jizerských horách (NDOP 2022).

Tento druh lze považovat za indikátor sladkovodních horských potoků s čistou vodou, rychle reagující na změny prostředí a eutrofizaci (Halda 2018). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je považován za zranitelný druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 35: *Rhizocarpon lavatum* (mapovník stolový) na podkladové hornině ve skutečné velikosti.



Obrázek 36: *Rhizocarpon lavatum* (mapovník stolový) v 6 násobném zvětšení s miskovitými plodnicemi (apoteciemi).

3.2.14 Nitroplodka vodní (*Dermatocarpon luridum*)

Tento druh byl jako nový pro vědu objeven ve velké Británii a popsán pod jménem *Lichen luridus* (Withering 1812). Je známý také jako *D. aquaticum* či *D. fluviatile* (Riedl 1990). Lišejník vytváří stélku, která je na vrchní ploše laloků nahnědlá až našedlá, za mokra světle šedá až jasně zelená, na spodní ploše hnědá. Lupeny stélky často porůstají větší plochy do 30 cm (Thüs & Schultz 2009). Povrch stélky je zřetelně tečkovaný uzavřenými černými plodnicemi (Halda 2018). Fotobiontem tohoto druhu je řasa *Diplosphaera chodatii* (Fontaine et al. 2012, 2013, Sanders & Masumoto 2021).

Obojíživelná nitroplodka vodní (*Dermatocarpon luridum*) je rozšířená v mírném klimatickém pásmu a vyskytuje se na stabilních křemičitých horninách na okrajích sladkovodních jezer, potoků a řek (Fontaine et al. 2014) od nížin po subalpínské oblasti (Halda et al. 2016). Lišejník toleruje dlouhodobé zaplavení (Halda 2018). Například v Grónsku roste na kameni v řece (Alstrup et al. 2000), v Litvě na balvanech v korytě řeky Juodupė v lesní části Mikoliškis (Motiejūnaitė et al. 2007).

Dle Červeného seznamu patří druh mezi zranitelné taxony (Liška a Palice 2010) a lze jej označit jako bioindikátor životního prostředí (Halda 2018). Je citlivý ke kyselému pH vody a pravděpodobně také ke kyselým emisím přenášeným vzduchem (Thüs & Schultz 2009). Využitelný by tento druh mohl být také jako indikátor znečištění mědí (Monnet et al. 2005).

V ČR byl druh potvrzen z toku Divoké Orlice v Orlických horách, Jeseníků, Jizerských a Železných hor, Kralického Sněžníku, Českého středohoří, Šumavy, NPR Ranska u Žďárských vrchů a rozptýleně na dalších lokalitách (NDOP 2022). V Krkonoších roste v Labském a Obřím dole, v Malé Kotelní jámě (Halda et al. 2016), v Kotelském potoce u Dolního Dvora (Halda 2018), Velké Kotelní jámě, Navorské jámě a u Krakonošovy hlavy (NDOP 2022).



Obrázek 37: *Dermatocarpon luridum* (nitroplodka vodní) v 6 násobném zvětšení, detail lupenů stélky.



Obrázek 38: Foto druhu *Dermatocarpon luridum* z Velké Kotelní jámy pořízené během terénní exkurze v červenci 2021, suchá stélka, skutečná velikost.



Obrázek 39: Foto druhu *Dermatocarpon luridum* z Velké Kotelní jámy zachycené při terénní exkurzi v červenci 2021, vlhká stélka, skutečná velikost.

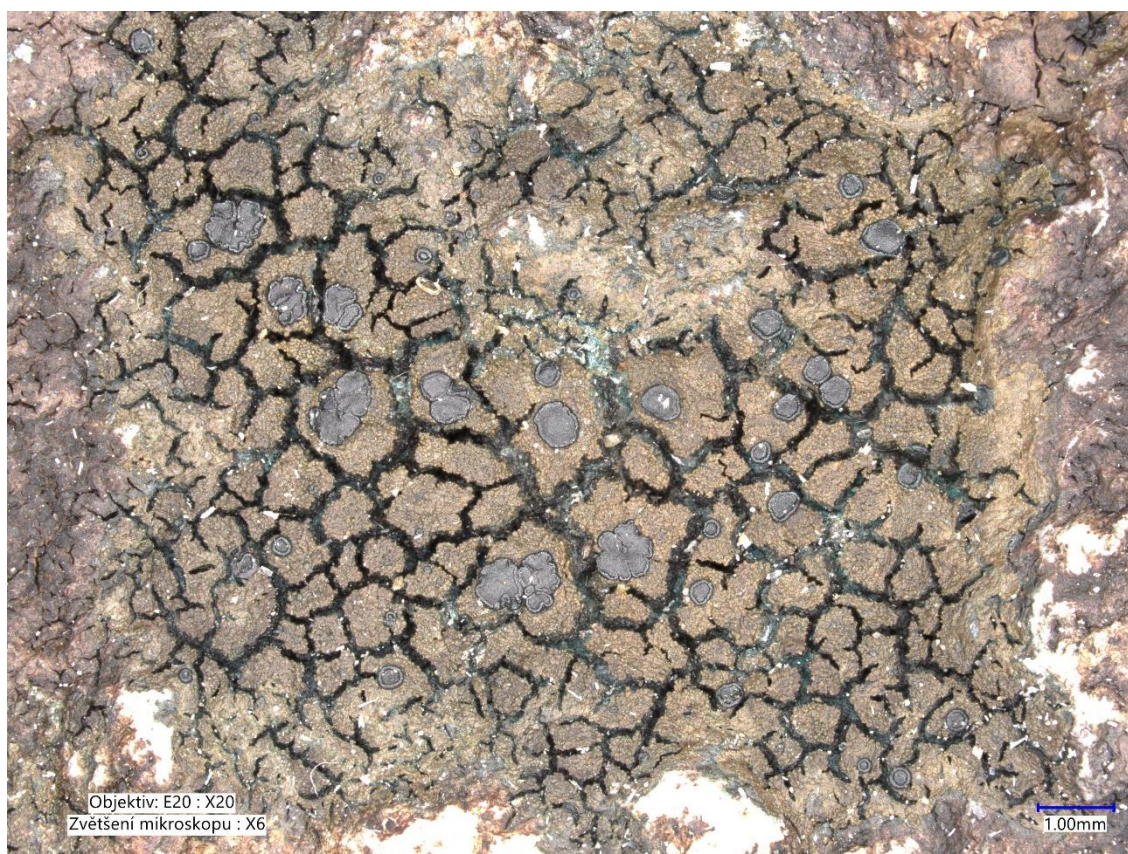
3.2.15 Placynthium lopatkovité (*Placynthium flabellum*)

Šedohnědá až olivové stélka tohoto mikrolišejníku tvoří růžice s výraznými lalokovitými okraji těsně přiléhajícími k podkladu. Celistvá černá apotecia, která mají vystouplý okraj, lze rozeznat pouhým okem. Fotobiontem druhu je řasa *Scytonema* (Thüs & Schultz 2009). Vyduté, okrouhlé plodnice (apotecia) však tvoří velmi vzácně (Halda et al. 2016).

Jedná se o lišejník stinných, vlhkých či mokrých míst, zaplavovaných oblastí horských potoků a jezer (Halda et al. 2016, Groner & Schultz 2019). Osidluje různorodé typy substrátů (Halda et al. 2016).

Výskyt je potvrzen ze Severní Ameriky, Evropy a Velké Británie (Thüs & Schultz 2009, Groner & Schultz 2019). V Severní Americe roste v Yosemitešském NP v Dana Forks meadow v dostřikové zóně silikátových skal (Hutten et al. 2013) či v Quebecu v Gatineau Country na skalních stěnách podél potoků nad ledopády Luskville Falls (Roy 2000).

Dle Červeného seznamu lišejníků ČR se jedná o kriticky ohrožený druh (Liška a Palice 2010). Na našem území se vyskytuje pouze v Krkonošské Úpské jámě, Labském dole a Velké Kotelní jámě (Halda et al. 2016).



Obrázek 40: *Placynthium flabellum* (placynthium lopatkovité) v 6 násobném zvětšení, stélka s vydutými zanořenými plodnicemi (apoteciemi).

3.2.16 Přibitkovka vykousaná (*Protothelenella corrosa*)

Přibitkovka vykousaná má špinavě žlutozelenou barvu s hladkým, mírně rozpraskaným povrchem. Černé kulovité plodnice jsou zanořené do stélky (Orange 1990, Halda 2018). Spory jsou bezbarvé, vejčité a mnohobuněčné (Halda 2018). Fotobiontem tohoto druhu je řasa *Elliptochloris* (Sanders & Masumoto 2021).

V Evropě je přibitkovka častá na vlhkých skalách a balvanech v dostřikové zóně blízko vodních toků nebo na zastíněných silikátových skalách v horských oblastech (Halda 2018).

V Evropě roste například na silikátech v Dolních Rakousích (Turk et al. 1998), také v horách Německa (Stordeur et al. 2018) a Braniborska (Otte et al. 2000). Ve Francii je druh známý ze silikátů pohoří Rocher du Coucou (Serusiaux et al. 1999). Porůstá také pobřežní skály v západní části Islandu (Orange 1990).

V Severní Americe roste v Kanadě (Lewis 2010) v provincii Ontario na dřevě v suťovém svahu u řeky Matabichuan (Lewis & Brinker 2017) a ve státě New York blízko vrcholu hory Crane Mountain (Lendemmer et al. 2019).

V Arktidě byl tento druh zaznamenán na Špicberkách u ledovce Rieperbreenu (Wietrzyk-Pełka et al. 2018).

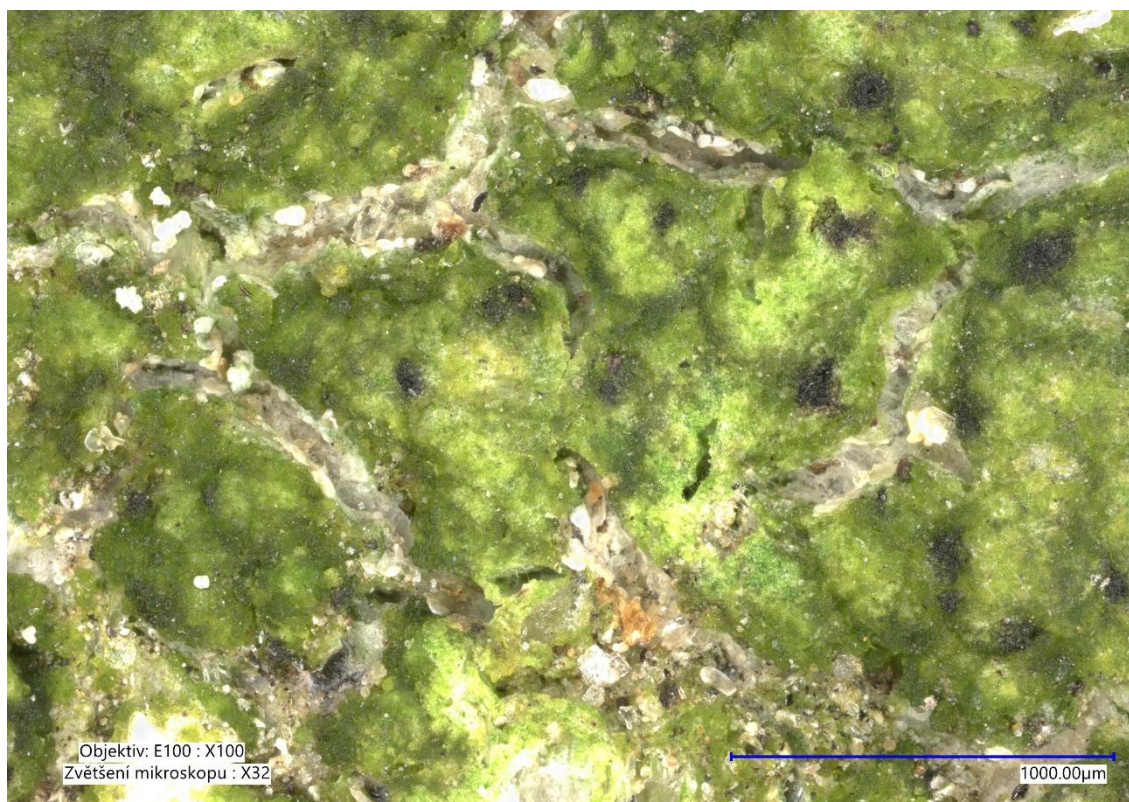
V ČR roste hojně v horských oblastech Krkonoš, Orlických hor, Králického Sněžníku, Jeseníků, Šumavy, Novohradských hor a Českého lesa (Halda et al. 2016, NDOP 2022), nálezy jsou hlášeny také z Brd či Jizerských hor (NDOP 2022). V Krkonoších je k nalezení v mnoha potocích, například v Kotelském potoce a podél břehů přítoků Labe, Jizery a Úpy (Halda et al. 2016). Mimo potoky roste na Sněžce či Vysokém Kole na polské straně Krkonoš (NDOP 2022). Dle Červeného seznamu se jedná o neohrožený druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 41: *Protothelenella corrosa* (přibitkovka vykousaná) ve skutečné velikosti na podkladové hornině.



Obrázek 42: *Protot Helenella corrosa* (přibitkovka vykousaná), stélka v 6 násobném zvětšení.



Obrázek 43: *Protot Helenella corrosa* (přibitkovka vykousaná) 32 násobně zvětšená s detailem zanořených tmavých plodnic (peritecií).

3.2.17 Šálečka rezavá (*Lecidea silacea*)

Druhové jméno tohoto lišejníku je odvozeno od barvy stélky, která má oranžovožlutou barvu s bradavčítým povrchem (Schwab 1986). Zbarvení způsobuje silikátová hornina obsahující oxidy železa. Apotecia jsou černá a diskovitá (Halda et al. 2016), fotobiontem je řasa *Trebouxia* (Sanders & Masumoto 2021).

Šálečka je dlouho známá z výsypek v okolí rudných dolů v Německu (Huneck 1965). Další záznamy z okolí dolů pocházejí ze severní části Špicberků, kde je ale výskyt tohoto druhu vzácnější (Konoreva et al. 2019). Velmi vzácně se vyskytuje také v Jižním Grónsku na rulových balvanech s příměsí limonitu (Hansen 2002, 2006). V Asii je uváděn z Kavkazu, kde se vyskytuje v rezervaci Tlyaratinskiy v Dagestánské republice (Ismailov 2017).

Na území ČR patří mezi běžné druhy. Nedávno potvrzené lokality se nacházejí v Krušných horách, Jeseníkách a Krkonoších (Halda et al. 2016, NDOP 2022), ale protože jde o přehlížený lišejník, lze jeho výskyt předpokládat na mnoha dalších lokalitách (Halda et al. 2016). Nedávno byl druh potvrzen v Solenicích u meandru vodní nádrže Orlík v Povltaví (Malíček a Vondrák 2016). V Krkonoších je hojný v kamenných mořích v Malé Kotelní jámě, v Obřím dole (Halda et al. 2016) a v Kotelském potoce (Halda 2018). V Obřím dole druh jako první zaznamenal Kuťák, který ho později potvrdil i v Braniborsku (Kuťák 1914, 1926). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je taxon označen jako zranitelný druh (Liška a Palice 2010).



Obrázek 44: *Lecidea silacea* (šálečka rezavá) na podkladové hornině ve skutečné velikosti.



Obrázek 45: *Lecidea silacea* (šálečka rezavá) puchýřovitá stélka v 6 násobném zvětšení s detailem vystouplých tmavých plodnic (apotecií).



Obrázek 46: *Koerberiella wimmeriana* (šálečka Wimmerova), granulovitá stélka v 6 násobném zvětšení.

3.2.18 Šálečka Wimmerova (*Koerberiella wimmeriana*)

Šálečka má našedlou, světle krémovou, nahnědlou až růžovo hnědou barvu. Stélku tvoří rozptýlená granulovitá políčka. Pohlavně se rozmnožuje pomocí apotecíí (Thüs & Schultz 2009, Kossowska 2011, Halda et al. 2016), které však v našich podmínkách nevytváří (Halda et al. 2016). Nepohlavně se rozmnožuje trubičkovitými výrůstky stélky (isidiemi) (Thüs & Schultz 2009, Halda 2018). Fotobionta tvoří zelená řasa *Trebouxia* (Thüs & Schultz 2009, Halda et al. 2016).

Lišejník se vzácně objevuje v horských oblastech na mokvavých skalách a periodicky zaplavovaných balvanech křemičitých hornin s příměsí vápníku (Halda et al. 2016).

Nově pro vědu byl tento druh popsán Körberem v roce 1853 z Malé sněžné jámy (Mały Śnieżny Kocioł) (– území dnešního Polska) pod názvem *Zoera wimmeriana* (Körber 1853, Stein 1879). Během následující stovky let však výskyt nebyl potvrzen. Šálečka byla znovu pro Krkonoše objevena až intenzivním průzkumem v roce 2011 (Kossowska 2011).

Na území Ameriky byla *Koerberiella wimmeriana* nalezena ve Venezuelských Andách v pohoří Sierra Nevada de Santo Domingo na křemičité skále ve výšce 3500 m nad mořem (Aptroot 2015) a v Yosemitekém NP na žulovém podloží se sezónně stojatou vodou pod vodopádem Bridalveil Falls (Hutten et al. 2013).

Záznamy z Evropy jsou velmi ojedinělé. Jeden pochází z minulého století z Francouzské Auvergne, kde byl nalezen u hory Puy Mary (Hafellner 1984). Nedávno byla zjištěna další lokalita ve Švédsku z řeky Ottsjöströmmen u jezera Anjan (Svensson et al. 2009). Nejbohatší evropskou lokalitou jsou polská a česká strana Krkonoš (Kossowska 2011, Halda et al. 2016).

V ČR roste šálečka Kromě Krkonoš (Kotelní a Úpská jáma) ještě v Jeseníkách (Halda et al. 2016). Dle Červeného seznamu lišejníků ČR je taxon řazen mezi ohrožené druhy (Liška a Palice 2010).



Obrázek 47: *Koerberiella wimmeriana* (šálečka Wimmerova) ve skutečné velikosti na podkladové hornině.



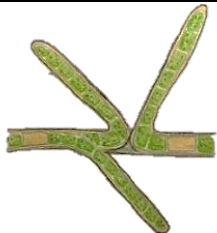
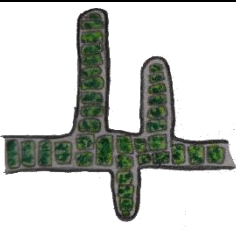


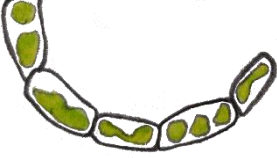

Obrázek 48: Foto druhu *Koerberiella wimmeriana* z Velké Kotelní jámy pořízené během terénní exkurze v červenci 2021, skutečná velikost.

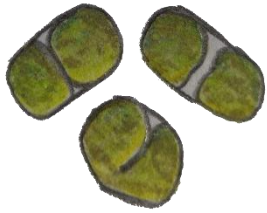
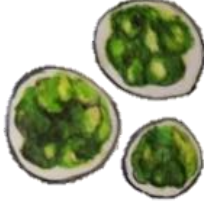


Obrázek 49: Foto druhu *Koerberiella wimmeriana* z Velké Kotelní jámy pořízené během terénní exkurze v červenci 2021, skutečná velikost s ukázkou prostředí.

3.3 Kresby fotobiontů zařazených v atlase

U každého druhu lišejníku je v atlase uvedena také kresba fotobionta příslušícího k danému druhu. Následující přehled dokládá, u jakých druhů se daný fotobiont vyskytuje. Kresby jsou součástí fotoatlasu.

	
<p>Obrázek 50: Řasa <i>Scytonema</i> vyskytující se u druhu <i>Placynthium flabellosum</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>	<p>Obrázek 51: Řasa <i>Stigonema</i> vyskytující se u druhu <i>Ephebe lanata</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>
	
<p>Obrázek 52: Řasa <i>Dilabifillum</i> vyskytující se u druhů <i>Verrucaria funckii</i> a <i>Verrucaria margacea</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>	<p>Obrázek 53: Řasa <i>Trentepohlia</i> vyskytující se u druhů <i>Porina lectissima</i> a <i>Gyalidea fritzei</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>
	
<p>Obrázek 54: Řasa <i>Stichococcus</i> vyskytující se u druhů <i>Thelidium metborium</i> a <i>Staurothele fissa</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>	<p>Obrázek 55: Řasa <i>Eliptochloris bilobata</i> vyskytující se u druhů: <i>Verrucaria funckii</i>, <i>Verrucaria margacea</i>, <i>Protothelenella corrosa</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>

	
<p>Obrázek 56: Řasa <i>Diplosphaera chodatii</i> vyskytující se u druhů: <i>Verrucaria praetermissa</i>, <i>Dermatocarpon luridum</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>	<p>Obrázek 57: Řasa <i>Trebouxia</i> vyskytující se u druhů <i>Ionaspis lacustris</i>, <i>Rhizocarpon badioatrum</i>, <i>Rhizocarpon lavatum</i>, <i>Lecidea silacea</i> a <i>Koerberiella wimmeriana</i>. [Autorkou kresby: Koudelková B.]</p>

4 Diskuse

Skupina sladkovodních lišejníků není veřejnosti příliš známá, přestože je celosvětově rozšířena. Obecně je málo studována, protože tvoří jen velmi malou skupinu v rámci sladkovodní bioty houbové říše (Motiejunaite 2003). Druhá diverzita nelichenizovaných hub je totiž ve sladkovodních biotopech mnohem vyšší. Fosilní doklady potvrzují přítomnost hub ve stoncích suchozemských Rhinií, které se staly dominující formou vegetace během devonu před 420 mil. lety (Brundrett 2002). Houby se ale na Zemi pravděpodobně objevily mnohem dříve společně s prvními suchozemskými rostlinami produkujícími kryptosporu (tzv. kryptofyty, velmi malé rostliny dorůstající výšky několika mm, předchůdci recentních mechorostů a cévnatých rostlin), které jsou doložené z kambria před 470 mil let. (Edwards et al. 2014).

Vývojově nejpokročilejší a největší skupiny hub (Ascomycetes a Basidiomycetes) se vyvinuly na souši před 480 mil. lety. Postupně se adaptovaly na odlišná stanoviště a vznikaly nové strategie k získávání potravy jako saprotrofismus, parazitismus, humifikace (Heckman et al. 2001). Houby a rostliny společně koexistovaly formou mykorrhizních vztahů od počátku, což dokládají fosilní záznamy staré 462 mil. let. Byly to mykorhizy nejrůznějších typů od jednodušších po složité arbuskulární (Simon et al. 1993). Nedávno publikovaná kompilační studie (Calabon et al. 2022) uvádí celkem 3870 druhů sladkovodních hub v rámci 1361 rodů, 386 čeledí a 145 řádů. Stále se objevují popisy nových taxonů hub a počet je průběžně aktualizován (Freshwater Fungi 2022). Druhově nejpočetnější skupinu tvoří vřekovýtrusné houby (2968 druhů), stopkovýtrusné houby naproti tomu jen 218 druhů. Z 20 recentní známých kmenů hub (Wijayawardene et al. 2020) se ve sladkovodním prostředí vyskytuje 8 kmenů (Voigt et al. 2021). Pro obrovské množství druhů hub je sladkovodní biotop jediným prostředím, kde lze přežít. Ze známějších skupin sem patří např. lichenizovaní sladkovodní zástupci r. *Verrucaria* (50 druhů), některé druhy kvasinek (42 druhů) a také někteří zástupci r. *Penicilium* (47 druhů).

Adaptace hub na sladkovodní prostředí probíhala nezávisle v několika liniích (Shearer 1993). Nejobsáhlejší skupina sladkovodních hub, Ascomycota zahrnuje třináct tříd (Arthoniomycetes, Candelariomycetes, Coniocybomycetes, Dothideomycetes, Eurotiomycetes, Laboulbeniomycetes, Lecanoromycetes, Leotiomycetes, Lichinomycetes, Orbiliomycetes, Pezizomycetes, Saccharomycetes a Sordariomycetes. Do skupiny Ascomycota navíc řadíme mezi rody nejistého zařazení (*incertae sedis*) 252 druhů ve 141 rodech. Sladkovodní lišejníky (lichenizované askomycety) se vyskytují jen ve třídách Candelariomycetes, Coniocybomycetes, Lecanoromycetes a Lichinomycetes.

Lišejníky vytvořily v rámci hub úspěšný a unikátní životní styl (Honegger 2009) definovaný jako „samostatný ekosystém tvořený interakcí žijící houby a extracelulárního uspořádání jednoho nebo více fotosyntetických partnerů

a neurčitého počtu dalších mikroskopických organismů“ (Hawksworth & Grube 2020). Kolonizují téměř všechna stanoviště včetně vodního prostředí. Nejčastěji zmiňované sladkovodní druhy z řádů Verrucariales a Lichinales obvykle kolonizují mělkou submerzní zónu, protože fotobiont potřebuje přímé sluneční světlo a vertikální distribuci lišejníku silně ovlivňuje průhlednost vody (Thüs et al. 2014). V hlubších jezerech a řekách, které mají vysokou průzračnost vody mohou růst lišejníky ve větší hloubce (např. *Hydropunctaria rheithrophila*) (Thüs et al. 2014). Druhovú diverzita sladkovodních lišejníků je na určitém stanovišti ovlivněna délkou ponoru, dynamikou proudění, typem a stabilitou substrátu, světelnou prostupností, chemickými a fyzikálními parametry vody (Matura a Krzewicka 2015). Mnoho druhů sladkovodních lišejníků je v některých regionech Evropy ohroženo z důvodu vysokých nároků na průzračnost vody a citlivosti vůči znečištění (Krzewicka et al. 2017).

Historie studia sladkovodních lišejníků je poměrně dlouhá, začala v rané fázi lichenologického bádání (Körber 1855, Rehman 1879, Boberski 1886). Recentně je celosvětově známo přibližně 300 druhů sladkovodních lišejníků (Thüs et al. 2014, Sonina et Androsova 2020). Nejvíce sladkovodních lišejníků je známo z Evropy (Thüs et al. 2014). Ze Severní Ameriky je známo menší množství druhů. Vzhledem k nedostatečné prozkoumanosti však není jisté, že se na tomto kontinentu skutečně vyskytuje sladkovodních lišejníků méně než v Evropě. Většina prací z jiných kontinentů (Asie, Austrálie) se soustředila na zástupce čeledí *Verrucariaceae* a *Porinaceae* (McCarthy 1995, 2002, 2003, Harada 2011a,b). Údaje o dalších sladkovodních druzích se v literatuře objevují vzácně. Nejméně záznamů pochází z lokalit v Africe.

Za druhově nejpočetnější, zahrnující sladkovodní lišejníky je považována čeleď *Verrucariaceae* (Hawksworth 2000). Především rody *Verrucaria*, *Thelidium*, *Staurothele*, *Hydropunctaria*, *Placopyrenium* a další. Určení přesného počtu taxonů komplikuje vysoká fenoplasticita a výskyt kryptických druhů v komplexech druhů. Proto se stále objevují nové rody a druhy popisované pomocí metod molekulární genetiky (Gueidan et al. 2007).

Sladkovodní lišejníky jsou jako dlouhověké organismy trvale zastoupeny na různých stanovištích a vytvářejí společenstva druhů podobně jako vyšší rostliny. Pokus o popis vodního společenstva ve střední Evropě učinil Klement (1955) a Wirth (1972).

Sladkovodní lišejníky tvoří bentická společenstva zachovalých vodních toků a jezer. Reagují velmi rychle na změny způsobené lidskou činností, a proto jsou považovány za potenciální bioindikátory kvality vody (Nascimbene et al. 2013). Na rozdíl od jiných vodních organismů používaných jako bioindikátory sladkovodních biotopů (např. sinice, rozsivky, zelené řasy nebo mechorosty) reagují jiným způsobem na určité faktory životního prostředí, které nejsou detekovatelné běžnými postupy a mají význam pro posuzování vlivů na životní prostředí.

Jako kompetičně slabé organismy jsou sladkovodní lišejníky v prostředí bohatém na živiny (až na několik výjimek v prudce tekoucích řekách – např. *Verrucaria aquatilis* a *V. praetermissa*) nahrazeny silnějšími konkurenty efektivněji využívajícími zvýšené koncentrace živin (Thüs 2002).

Sladkovodní lišejníky jsou schopné rychlé dekolonizace (2–3 let) pokud dojde k zlepšení podmínek prostředí (Nascimbene et al. 2009).

Detailní seznam druhů, které je možné použít jako bioindikátory, bohužel zatím nikdo nesestavil, a proto jsem nemohla ve svém atlasu vytvořit stupnici, který z druhů je z tohoto úhlu pohledu nejvýznamnější. Všechny považuji za ohrožené, stejně jako biotop, ve kterém žijí. Jistě stojí za to je chránit a studovat.

Závěr

Bakalářská práce se věnuje sladkovodní lichenoflóře Krkonošských Kotelních jam a zpracování tématu do populárně-naučného materiálu, atlasu. Vypracováním literární rešerše jsem získala ucelený přehled o jejich systému, morfologii, ekologii a rozšíření, a získala tak potřebné informace ke tvorbě atlasu. Tím jsem splnila první cíl formulovaný v úvodu práce.

Vytvořením Atlasu sladkovodních lišejníků Krkonošských Kotelních jam jsem splnila druhý stanovený cíl této práce. Do atlasu bylo zahrnuto celkem 18 druhů sladkovodních lišejníků, které se vyskytují na území Krkonošského NP. Výčet druhů však není kompletní. Z uvedených druhů v této bakalářské práci je dle Červeného seznamu lišejníků ČR 1 druh neohrožený (LC), 1 druh blízky ohrožený (NT), 11 druhů zranitelných (VU), 4 druhy silně ohrožené (EN) a 1 druh kriticky ohrožený (CR). Téměř všechny druhy je možné považovat za bioindikátory.

Cíle formulované v zadání práce se mi podařilo naplnit pouze z části. Bakalářská práce popularizuje málo známé druhy sladkovodních lišejníků na fotografiích morfologické stavby stélky a plodnic ve fotoatlastu. Atlas však nezahrnuje morfologickou rozmanitost stavby spor z důvodu nedostatku času na mikroskopování v době pandemie COVID-19. Problematika morfologické rozmanitosti spor je zahrnuta v mé bakalářské práci v části Výsledky ve stručném přehledu informací o jednotlivých druzích. Atlas sladkovodních lišejníků jsem také neměla možnost prezentovat ve školách z důvodu omezení pohybu a distanční výuce na školách. Pro lepší názornost bych ráda žákům středních škol téma prezentovala na herbářových položkách, které by v online prostředí neměly své opodstatnění. Veškeré nenaplněné cíle mám však v plánu napravit ve své budoucí diplomové práci.

Bakalářská práce je tedy základem pro budoucí, především didakticky zaměřenou, diplomovou práci, ve které ověřím, zda žáky středních škol atlas zaujal. Pokuším se je také motivovat k zájmu o problematiku sladkovodních lišejníků a k ochraně přírody a krajiny.

Literatura

- AHMADJIAN V. & JACOBS J. B. (1981): Relationship between fungus and alga in the lichen *Cladonia cristatella* Tuck. *Nature* 289: 169-172. doi: 10.1038/289169a0
- AHMADJIAN V. (1993): The lichen symbiosis. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1993. 245 pp. ISBN: 0-471-57885-1
- ALSTRUP V. & APTROOT A. (2005): Pyrenocarpous lichens from Tanzania and Kenya. *Cryptogamie, Mycologie* 26(3): 265-271.
- ALSTRUP V., HANSEN E. S. & DANIELS F. J. A. (2000): Lichenized, lichenicolous and other fungi from North and North-East Greenland. *Folia Cryptogamica Estonica* 37: 20 pp.
- ALSTRUP V., OLECH M., WIETRZYK-PEŁKA P. & WĘGRZYN M.H. (2018): The lichenicolous fungi of the South Shetland Islands, Antarctica: species diversity and identification guide. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 87(4): 32 pp. doi: 10.5586/asbp.3607
- APTROOT A. & SEAWARD M. R. D. (1999): Annotated checklist of Hongkong Lichens. *Tropical Bryology* 17: 57-102.
- APTROOT A. & SEAWARD M. R. D. (2003): Freshwater lichens. *Fungal Diversity Research Series* 10: 101-110.
- APTROOT A. & THÜS H. (2011): *Verrucaria rhizicola*. In: LUMBSCH H. T. et al. (eds). One Hundred New Species of Lichenized Fungi. A Signature of Undiscovered Global Diversity. *Phytotaxa* 18: 112-114. ISSN: 1179-3155.
- APTROOT A. (2015): Holarctic and Caribbean crustose lichens collected by López Figueras in Venezuela. *GLALIA: Revista Electrónica del Grupo Latinoamericano de Linquenólogos*. 7(1): 1-18. ISSN: 1856-9072.
- APTROOT A., FEUERSTEIN C., CUNHA-DIAS I. P., NUNES A. R. L., HONORATO M. E. & CÁCERES A. R. (2017): New lichen species and lichen reports from Amazon forest remnants and Cerrado vegetation in the Tocantina Region, northern Brazil. *The Bryologist* 120 (3): 320-328. doi: 10.1639/0007-2745-120.3.320
- APTROOT A., SPARRIUS L. B. & LAI M. J. (2002): New Taiwan macrolichens. *Mycotaxon* 84: 281-292.
- ARMSTRONG R. A. (2011): The biology of the crustose lichen *Rhizocarpon geographicum*. *Symbiosis* 55: 53-67. doi: 10.1007/s13199-011-0147-x
- ARMSTRONG R. A. (2017): Adaptation of Lichens to Extreme Conditions. In: SHUKLA V., KUMAR S. & KUMAR N. (eds). Plant Adaptation Strategies in Changing Environment. *Springer* 27 pp. doi: 10.1007/978-981-10-6744-0_1
- BAŠTA J. (2013): K historii Krkonošského národního parku. *ŽIVA: Rozhledy v oboru veškeré přírody* 64(4): 65-69. Dostupné z: WWW: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/obsah-kuleru-str-lxv-lxxvi-pdf-nahled.pdf>

- BEDNAŘÍKOVÁ, M. (2021): *Využití kinetik fluorescence chlorofylu k detekci nízkoteplotního stresu ve fotosyntetickém aparátu lišejníků*. Brno, 78 pp. Disertační práce. Masarykova Univerzita. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Miloš Barták.
- BERGER F. & ZIMMERMANN E. (2016): Ergänzungen zur Flechtenflora von Madeira mit besonderer Berücksichtigung lichenicoler Pilze. *Herzogia* 29(2): 235-276. doi: 10.13158/heia.29.2.2016.235
- BERGER F., PRIEMETZHORER F. & TÜRK R. (1998): Neue und seltene Flechten und lichenicole Pilze aus Oberösterreich, Österreich IV. *Beiträge zur Naturkunde Oberösterreichs* 6: 397-416.
- BOBERSKI W. (1886): Systematische Übersicht der Flechten Galiziens. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanische Gesellschaft* 36: 243–286.
- BOUDA F. (2021): Lišejníky PR Prales Jizera. *Bryonora* 68: 23–34.
- BRENNER M. (1886): *Meddelanden af societats pro Fauna et Flora Fennica*. IV. 144 pp.
- BREUSS O. (1990): Bemerkenswerte Funde pyrenocaper Flechten aus Österreich. *Linzer biologische Beiträge* 22(2): 717-723.
- BRODO I. M. & SANTESSON R. (1997): Lichens of the Queen Charlotte Islands, British Columbia, Canada. 3. Marine species of *Verrucaria* (*Verrucariaceae*, *Ascomycotina*). *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory* 82: 27-37.
- BRUNDRETT M. C. (2002): Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *The New Phytologist* 154(2): 275–304. doi: 10.1046/j.1469- 8137.2002.00397.x
- CALABON M. S., HYDE K. D., JONES E. B. G., LUO Z.-L., DONG W., HURDEAL V. G., GENTEKAKI E., ROSSI W., LEONARDI M., THIYAGARAJA V., LESTARI A. S., SHEN H.-W., BAO D.-F., BOONYUEN N. & ZENG M. (2022): Freshwater fungal numbers. - *Fungal Diversity* 114: 3–235. doi: 0.1007/s13225-022-00503-2
- CANDAN M. (2017): *Eight new records of lichenized and lichenicolous fungi from Turkey*. *Mycotaxon* 132(3): 575-583. ISSN: 00934666. doi: 10.5248/132.575
- ČERNOHORSKÝ Z. (2000): Lišejníky rostou všude: Jejich odolnost vůči nečistotám v prostředí je značně rozmanitá [online]. *Vesmír: věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871*. Praha: Vesmír s. r. o. 79(629). Dostupné z: WWW: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-11/lisejniky-rostou-vsude.html>
- CHOISY M. (1956): Nouvelles précisions sur les Usneaceae, les limites naturelles de cette famille et ses relations avec le genre Evernia. *Publications de la Société Linnéenne de Lyon* 25(8), 207–217.
- DAL-FORNO M., LAWREY J. D., SIKAROODI M., BHATTARAI S., GILLEVET P. M., SULZBACHER M. & LÜVKING R (2013): Starting from scratch: evolution of the lichen thallus in the basidiolichen *Dictyonema* (Agaricales: *Hygrophoraceae*). *Fungal Biology* 117(9): 584-598. doi: 10.1016/j.funbio.2013.05.006

- DAVYDOV E., TITOV A. & ZAMORA S. (2007): Additions to the Lichen Biota of Altai Mountains (Siberia). II. *Turczaninowia* 10(1): 60–67.
- DE LANGE P. J., GALLOWAY D. J., BLANCHON D. J., KNIGHT A., ROLFE J. R., CROWCROFT G. M. & HITCHMOUGH R. (2012): Conservation status of New Zealand lichens. *New Zealand Journal of Botany* 50(3): 303-363. doi: 10.1080/0028825X.2012.691426
- EDWARDS D., MORRIS J. L., RICHARDSON J. B., KENRICK P. (2014): Cryptospores and cryptophytes reveal hidden diversity in early land floras. *The New Phytologist* 202(1): 50–78. doi: 10.1111/nph.12645
- ENGEL Z., SOBR. M. & KŘÍŽEK M. (2003): Mechové jezírko v Krkonoších – fyzickogeografická studie. *Opera Corcontica* 40: 201-207.
- FLAKUS A. (2004): New and rare Lichen species of the Polisch Tatra Mountains. *Polish Botanical Journal* 49(1): 79–91.
- FLOTOW J. V. (1828): Lichenologische Bemerkungen. *Flora* 11: 625-640.
- FLOTOW J. V. (1836): Reisebericht über eine Excursion nach einem Theile des südöstlichen Riesengebirges. *Flora* 19(1): 1-60.
- FLOTOW J. V. (1839): Die merkwürdigsten und seltneren Flechten des Hirschberg–Warmbrunner Thals und des Hochgebirgs. *Die Thermen zu Warmbrunn in schlesischen Riesengebirge, Breslau* 92-109.
- FLOTOW J. V. (1850a): Lichenes Florae Silesiae II. *Jahresbericht der Schleischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur. Breslau* 28: 115–144.
- FLOTOW J. V. (1850b): Lichenes Florae Silesiae. *Jahresbericht der Schleischen Gesellschaft für Vaterländische Cultur. Breslau* 98–135.
- FONTAINE K. M., BOOTH T., DEDUKE C. & PIERCEY-NORMORE M. D. (2014): Notes on the species assemblage of the lichen *Dermatocarpon luridum* in northwestern Manitoba, Canada. *Evansia*. 31(2): 69–74. doi: 10.1639/079.031.0201
- FONTAINE K. M., BECK A., STOCKER-WÖRGÖTTER E. & PIERCEY-NORMORE M. D. (2012): Photobiont relationships and phylogenetic history of *Dermatocarpon luridum* var. *Luridum* and related dermatocarpon species. *Plants* 1(2): 39–60. ISSN: 22237747. doi: 10.3390/plants1020039
- FONTAINE K. M., STOCKER-WÖRGÖTTER E., BOOTH T. & PIERCEY-NORMORE M. D. (2013): Genetic diversity of the lichen-forming alga, *Diplosphaera chodatii*, in North America and Europe. *Lichenologist*. 45(6): 799–813. ISSN: 00242829. doi: 10.1017/S0024282913000510
- Freshwater Fungi (2022): Freshwater Fungi [online]. [cit. 2022-07-01]. Dostupné z: WWW: <https://www.freshwaterfungi.org/outline.php>

- GARGAS A., DEPRIEST P. T., GRUBE M. & TEHLER A. (1995): Multiple Origins of Lichen Symbioses in Fungi Suggested by SSU rDNA Phylogeny. *Science* [online] 268(5216): 1492 – 495 [cit. 2022-07-01]. ISSN: 00368075. doi: 10.1126/SCIENCE.7770775
- GRONER U. & SCHULTZ M. (2019): Die kleinen schwarzen Flechten am Roggenstöckli (Muotathal, Kanton Schwyz). *Berichte der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* 18: 55–92.
- GUEIDAN C., ROUX C. & LUTZONI F. (2007): Using a multigene phylogenetic analysis to assess generic delineation and character evolution in *Verrucariaceae* (Verrucariales, Ascomycota). *Mycological research* 111(10): 1145-1168. doi: 10.1016/j.mycres.2007.08.010
- GUTTOVÁ A. (2000): Three *Leptogium* species new to central Europe. – *Lichenologist* 32(3): 291-293. doi: doi.org/10.1006/lich.1999.0266
- GUTTOVÁ A., PALICE Z., LIŠKA J. & LACKOVIČOVÁ A. (2018): Príspevok k poznaniu diverzity lišajníkov východného Slovenska Contribution to the knowledge of lichen diversity of the Eastern Slovakia. *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti*. 40(1): 11-34.
- HABIB K., ZULFIQAR R. & KHALID A. N. (2021): Additions to the lichen genus *rhizocarpon* in pakistan and their comparative analysis. *Webbia* 76(1): 123–134. ISSN: 21694060. doi:10.36253/jopt-9889
- HAFELLNER J. (1984): Studien in Richtung einer natürlicheren Gliederung der Sammelfamilien Lecanoraceae und Lecideaceae. *Beihefte zur Nova Hedwigia* 79: 241-371. ISSN: 0078-2238.
- HAFELLNER J. (2010): Contributions to a revision of lichenized, phaeospored species of *Polyblastia* coll., mainly in the Central European mountains. *Bibliotheca Lichenologica* 104: 117-141.
- HALDA J. (2012): Diverzita lišejníků v oblasti horního toku Divoké Orlice. *Orlické hory a Podorlicko* 19: 235-266. ISBN: 978-80-86076-52-1.
- HALDA J. (2016): Druhová diverzita lišejníků v údolí Zdobnice mezi Souvlastním a Plačtivou skálou. *Orlické hory a Podorlicko* 23(1-2): 125-140. ISBN: 978-80-86076-85-0.
- HALDA J. (2017): Lišejníky ledovcového karu Velká Kotlina v Hrubém Jeseníku. *Acta musei richnoviensis, sect. natur* 24(2-1) 7-52. ISBN: 978-80-86076-94-2.
- HALDA J. (2019): Lišejníky v PR Krkanka v CHKO Železné hory. *Východočeský sborník přírodovědný: Práce a studie* 25: 47-68. ISSN: 1212-1460.
- HALDA J. P. & PALICE Z. (2009): Zajímavé nálezy tří sladkovodních druhů lišejníků ze Zemské brány. *Orlické hory a Podorlicko* 16: 283–289. ISSN: 0475–0640.
- HALDA J. P. (2011): Zajímavé nálezy skalních lišejníků u Plačtivé skály u Pěčina. *Orlické hory a Podorlicko* 18(228): 276–278. ISSN: 475-0640.

- HALDA J. P. (2018): Zajištění bioindikačních druhů sladkovodních lišejníků v horských vodotečích v území KRNAP: závěrečná zpráva 2018. Vrchlabí: Správa KRNAP, 64 s.
- HALDA J. P., BOUDA F., FESSOVÁ A., KOCOURKOVÁ J., MALÍČEK J., MÜLLER A., PEKSA O., SVOBODA D., ŠOUN J. & VONDRÁK J. (2011a): Lichens recorded during the autumnal bryolichenological meeting in Železné hory Mts (Czech Republic), September 2009. *Bryonora* 47(6): 40–51.
- HALDA J., HAUER T., KOCIÁNOVÁ M., MÜHLSTEINOVÁ R., ŘEHÁKOVÁ K. & ŠŤASTNÁ P. (2011b): Biodiverzita cévnatých rostlin, lišejníků, sinic a řas na skalách s ledopády v Labském dole. *Opera Corcontica* 48: 45–68.
- HALDA J., KOCOURKOVÁ J., BŘEZINA S., ŠŤASTNÁ P. & ŠEVČŮ A. (2010): Lišejníky v alpínském pásmu Krkonoš (inventarizační průzkum a vegetační monitoring v rámci mezinárodního projektu GLORIA). *Opera Corcontica* 47: 165–186.
- HALDA J., KUČERA J. & KOVAL Š. (2016): *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub*. ISBN: 9788075350275.
- HALDA J., KUČERA J. & KOVAL Š. (2016): *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1 – mechorosty a lišejníky*. - Vrchlabí: Správa KRNAP, 440 pp. ISBN: 978-80.7535-027-5
- HALONEN P., KUKWA M., MOTIEJUNAITE J., LOHMUS P. & MARTIN L. (2000): Notes on lichens and lichenicolous fungi found during the XIV Symposium of Baltic Mycologists and Lichenologists in Järvselja, Estonia. *Folia Cryptogamica Estonica* 36: 17-21.
- HANSEN E. S. (2002): Lichens from Inglefield Land, NW Greenland. *Willdenowia* 32(1): 105–125. ISSN: 0511-9618. doi: 10.3372/wi.32.32111
- HANSEN E. S. (2006): Lichens from Nanortalik, Aappilattoq, Narsaq Kujalleq/Frederiksdal and Taserssuaq, South Greenland. *Folia Cryptogamica Estonica* 42: 11–23.
- HANSEN E. S. (2014): Contribution to the Lichen Flora of South East Greenland. I. The Kangerlussuaq area. *Botanica Lithuanica* 20(2): 153-158. ISSN: 1392-1665. doi: 10.2478/botlit-2014-0015
- HANSEN E. S. (2015): Contribution To The Lichen Flora Of South East Greenland. II. The Tugtilik Area. *Botanica Lithuanica* 21(1): 68–73. ISSN: 2029-932X. doi:10.1515/botlit-2015-0009
- HARADA H. & WANG L. (2008): Taxonomic Study on the Freshwater Species of *Verrucariaceae* (Lichenized Ascomycota) of Yunnan, China. *Lichenology* 7(1): 24 pp.
- HARADA H. (2011a): Taxonomic Study of the Freshwater Species of *Verrucariaceae* of Japan (1). *Verrucaria praetermissa* and *V. yoshimurae* sp. nov. *Lichenology* 10(1): 33-41. ISSN: 1347-6270.
- HARADA H. (2011b): On freshwater species of lichens in Japan. *Lichenology* 9(2): 59–62.

- HAUCK M. & JAVKHLAN S. (2006): Additions to the lichen flora of Mongolia: records from Khentey and Khangay. *Willdenowia* 36(2): 895-912. ISSN: 0511-9618. doi: 10.3372/wi.36.36221
- HAWKSWORTH D. L. & GRUBE M. (2020): Lichens redefined as complex ecosystems. *The New Phytologist* 227(5): 1281–1283. doi: 10.1111/nph.16630
- HAWKSWORTH D. L. (2000): Freshwater and marine lichen-forming fungi. In: HYDE K. D., HO W., H. & POINTING S. B. (eds). Aquatic Mycology across the Millennium. *Fungal Diversity* 5: 1-7.
- HECKMAN D. S., GEISER D. M., EIDELL B. R., STAUFFER R. L., KARDOS N. L. & HEDGES S. B. (2001): Molecular Evidence for the Early Colonization of Land by Fungi and Plants. *Science* 293: 1129-1133. doi: 10.1126/science.1061457
- HOFMANN P. & TÜRK R. (1991): Beiträg zur Kenntnis der Flechten und flechtenbewohnenden Pilze von Tirol III. *Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg* 78: 41-46.
- HOFMANN P., BERGER F., OBERMAYER W., WITTMANN H., BREUSS O. & SIPMAN H. (1998): Ergänzungen zur Flechtenflora der Ötztaler Alpen (Tirol, Österreich): Ergebnisse der BLAM, Exkursion 1993. *Herzogia* 13: 155 – 164. doi: 10.1127/herzogia/13/1998/155
- HOLIEN H. (1996): Influence of site and stand factors on the distribution of crustose lichens of the Caliciales in a suboceanic spruce forest area in central Norway. *The Lichenologist* 28(4): 315-330. doi: 10.1006/lich.1996.0029
- HONEGGER R. (2009): Lichen-Forming Fungi and Their Photobionts. In: DEISING H.B. (ed). Plant Relationships. The Mycota. *Springer* 5: 307-333. ISBN: 978-3-540-87407-2. doi: 10.1007/978-3-540-87407-2_16
- HUNECK S. (1965): Über die Inhaltsstoffe von *Lecanora hercynica* POELT et ULLRICH, *Lecidea silacea* (ACH.) ACH. und *Acarospora montana* H. MAGN. *Zeitschrift für Naturforschung B* 21(1): 80-81. doi: 10.1515/znb-1966-0122
- HUTTEN M., ARUP U., BREUSS O., ESSLINGER T. L., FRYDAY A. M., KNUDSEN K., LENDEMER J. C., PRINTZEN C., ROOT H. T., SCHULTZ M., SHEARD J., TØNSBERG T. & MCCUNE B. (2013): Lichens and lichenicolous fungi of yosemite national park, California. *North American Fungi* 8(11): 1–47. ISSN 1937786X. doi: 10.2509/naf2013.008.011
- ISMAILOV A. B. (2017): A contribution to the lichen flora of Tlyaratinskiy Protected Area (East Caucasus, Dagestan, Russia). *Новости систематики высших растений* 51: 178–190.
- JOULAIN D. & TABACCHI R. (2009): Lichen extracts as raw materials in perfumery. Part 1: oakmoss. *Flavour and Fragrance Journal* 24: 49-61. doi: 10.1002/ffj.1916
- KALINA M. (1843): Některé laciné a přitom zdravé potravní prostředky, které zasluhují, by při letošní nevydatnosti bramborů v Čechách na ně se ohled bral. Praha, Tisk a papír Synů Bohumila Háze 21-27.

- KINALIOĞLU K. (2010): Five new records for the lichen biota of Turkey. *Mycotaxon*. 112: 371–375. ISSN: 0093-4666.
- KINCL L., KINCL M. & JAKRLOVÁ J. (2008): Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií. Čtvrté, přepracované vydání – dotisk. Praha: Fortuna. 304 pp. ISBN 80-7168-947-5.
- KLEMENT O. (1955): Prodromus der mitteleuropaischen Flechtengesellschaften. *Feddes Repertorium Beihen: Beitrage zur Vegetationskunde* 135: 5-194.
- KOHOUTEK J. (2014): *Laviny jako přírodní rizikový jev se zaměřením na začlenění do výuky v rámci geografického vzdělávání*. Olomouc. Olomouc. 183 pp. Rigorózní práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Irena Smolová.
- KONDRATYUK S. Y., LÖKÖS L., FARKAS E., JANG S.-H., LIU D., HALDA J., PERSSON P.-E., HANSSON M., KÄRNEFELT I., THELL. A. & HUR. J.-S. (2019): Three new genera of the Ramalinaceae (lichen-forming Ascomycota) and the phenomenon of presence of extraneous mycobiont DNA'in lichen associations. *Acta Botanica Hungarica* 61(3-4): 275-323. doi: 10.1556/034.61.2019.3-4.5
- KONDRATYUK S., LOKÖS L., FARKAS E., OH S. O. & HUR J. S. (2015): New and noteworthy lichen-forming and lichenicolous fungi 2. *Acta Botanica Hungarica* [online] 57(1–2): 77–141. ISSN 1588-2578. doi: 10.1556/ABot.57.2015.1-2.10
- KONDRATYUK S., LOKÖS L., TSCHABANENKO S., HAJI MONIRI M., FARKAS E., WANG X., OH S. O. & HUR J. S. (2013): New and noteworthy lichen-forming and lichenicolous fungi. *Acta Botanica Hungarica* [online] 55(3–4): 275–349. ISSN 02366495. doi: 10.1556/ABot.55.2013.3-4.9
- KONOREVA L., KOZHIN M., CHESNOKOV S. & HONG S. G. (2019): Lichens and vascular plants in Duvefjorden area on Nordaustlandet, Svalbard. *Czech Polar Reports* [online]: 9(2): 182–199. ISSN 1805-0697. doi: 10.5817/CPR2019-2-16
- KÖRBER G. G. (1853): Sertum Sudeticum continens novas Lichenum species. *Breslau, Schleisische Gesellschaft für Vaterländische Cultur*. 105(27): 231–240.
- KÖRBER G.W. (1855): Systema Lichenum Germaniae. *Trewendt a Granier, Breslau* 459 pp.
- KÖRBER G.W. (1865): Parerga lichenologica. *Trewendt, Breslau*. 501 p.
- KOSSOWSKA M. (2011): New, rare and noteworthy lichens in the Giant Mountains. *Biologia* [online] 66(5): 755–761. ISSN 0006-3088. doi: 10.2478/s11756-011-0084-4
- KOTKOVA V. M., BELJAKOVA R. N., GORIN K. K., HIMELBRANT D. E., KHANOV Z. M., KOLGANIKHINA G. B., MOROZ E. L., NOTOV A. A., NOVOZHILOV Y. K., POPOVA N. N., STEPANCHIKOVA I. S., ZHDANOV I. S. & ZHOLOBOVA Z. O. (2022): New cryptogamic records. 9. *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii* [online] 56: 203–220. ISSN 0568-5435. doi: 10.31111/nsnr/2022.56.1.203
- KRAUSE D. (2021): Nové poznatky k erozním účinkům a rozsahu pleistocenního ledovce Labského dolu v Krkonoších. *Opera Corcontica* 58: 45-58.

- KRISTINSSON H. & HEIDMARSSON S. (2009): Colonization of lichens on Surtsey 1970-2006. *Surtsey Research* 12: 81–104.
- KRZEWICKA B. & KISZKA J. (2007): *Verrucaria elaeomelaena* and *V. funckii* (Verrucariaceae) in Poland. *Polish Botanical Journal* 52(2): 125-131.
- KRZEWICKA B. (2012): A revision of *Verrucaria* s. l. (Verrucariaceae) in Poland. *Polish Botanical Studies* 27: 3-143. ISBN: 9788362975068.
- KRZEWICKA B., SMYKLA J., GALAS J. & ŚLIWA L. (2017): Freshwater lichens and habitat zonation of mountain streams. *Limnologica* 63: 1–10. doi: 10.1016/j.limno.2016.12.002
- KRZEWICKA B., STOYKOV D. Y. & NOWAK J. (2007): New and noteworthy species of *Verrucaria* from Bulgaria. *Mycologia Balcanica* 4: 135-138.
- KUŤÁK V. (1914): Výsledky výzkumu lišejníkové květeny východních a severovýchodních Čech v letech 1908-1913. - In: PANÝREK D. [red.], *Věstník V. sjezdu českých přírodopvcův a lékařů v Praze od 29.května do 3.června 1914* 334-335.
- KUŤÁK V. (1926): *Příspěvek k lichenologii Krkonoš*. Praha: *Preslia* 4: 20-29.
- KUŤÁK V. (1952): Lišejníky v Krkonoších. Praha: *Časopis Národního Muzea, sect. natur.* 121: 106-116.
- KUŤÁK, V. (1926): Příspěvek k lichenologii Krkonoš *Preslia* 4: 20-29.
- LENDEMER J. C. & MACKLIN J. A. (2006): Contributions to the Lichen Flora of Pennsylvania: A Preliminary Checklist of the Lichens of Worlds End State Park [online]. *Opuscula Philolichenum* 3: 53-64.
- LENDEMER J. C. (2008): New and interesting records of lichens and lichenicolous fungi from New Jersey and Pennsylvania. *Evansia*, 25(4) 102-109. doi: 10.1639/0747-9859-25.4.102
- LENDEMER J. C., HARRIS R. C. & MCMULLIN R. T. (2019): Studies in Lichens and Lichenicolous Fungi –No. 22: The identities of *Lecidea deminutula*, *L. olivaceavar. inspersa*, *L. virginiensis* and *Thelenella humilis*. *Opuscula Philolichenum* 18: 90-101.
- LENDERMER J. C., KNUDSEN K. & FRYDAY M. A. (2010): New and interesting lichens, lichenicolous and allied fungi from Yosemite National Park, California, U.S.A. *Opuscula Philolichenum* 8: 107–120.
- LEWIS C. (2010): *Psilolechia clavulifera*, a Lichen Species New to Canada. *The Canadian field-naturalist* 124(2): 181-182. doi: 10.22621/cfn.v124i2.1058
- LEWIS C. J. & BRINKER S. R. (2017): Notes on new and interesting lichens from Ontario, Canada -III. *Opuscula Philolichenum* 16: 153–187.
- LISICKÁ E. (1998): *Porina lectissima* a *P. leptalea* – nové druhy lichenoflóry Slovenska. *Bryonora* 22(12): 13–15.
- LIŠKA J. & PALICE Z. (2010): Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1). *Příroda* 29: 3–66.

- LIŠKA J. (2000): Vázaný a nevázaný život lišejníků: Lichenizace jako příklad úspěšné strategie [online]. *Vesmír: věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871*. Praha: Vesmír s. r. o. **79**(623). Dostupné z: WWW: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-11/vazany-nevazany-zivot-lisejniku.html>
- LOKVENEC T. (2003): Antropogenní ovlivnění přírody Českých *Opera Corcontica* 40: 287-300.
- LÜCKING R., HODKINSON B. P. & LEAVITT S. D. (2017): The 2016 classification of lichenized fungi in the Ascomycota and Basidiomycota—Approaching one thousand genera. *The Bryologist* 119(4): 361-416. doi: 10.1639/0007-2745-119.4.361
- MAGNUSSON A. H. (1949): En lavexkursion pa Norges sydkust. *Nytt. Mag. natur.* 87: 197-220.
- MALÍČEK J. & VONDRÁK J. (2014): Příspěvek k poznání lichenoflóry Rašeliniště Jizery a Rašeliniště Jizerky. *Bryonora* 53(6): 16–26.
- MALÍČEK J. & VONDRÁK J. (2016): Zajímavé nálezy lišejníků ve středním Povltaví II. – saxikolní druhy. *Bryonora* 58(12): 46–68.
- MALÍČEK J., BOUDA F., HLISNIKOVSÝ D., KONEČNÁ E., PEKSA O. & SYROVÁTKOVÁ L. (2021): Lišejníky zaznamenané během bryologicko-lichenologických dní ve Spáleném Poříčí, září 2020. *Bryonora* 67: 8–23.
- MALÍČEK J., PEKSA O. & STEINOVÁ J. (2015): Lišejníky sutí v jižních Brdech. *Bryonora* 56: 24–44.
- MALÍČEK, J. (2014): Zajímavé nálezy lišejníků z Hrubého Jeseníku a Králického Sněžníku. *Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci* 307: 32-48.
- MATURA N. & KRZEWICKA B. (2015): Verrucaria species and other rare amphibious lichens in the Be skid Sądecki Mts. *Acta Mycologica* 50(1057): 8 pp. doi: 10.5586/am.1057
- MATWIEJUK A. & CHOJNOWSKA P. (2016): Lichens of Łomża town (Podlasie, North-Eastern Poland). *Steciana* 20(2): 53–62. ISSN: 1689653X. doi: 10.12657/steciana.020.007
- MCCARTHY P. M. (1993): New records of pyrenocarpous lichens from Australia. *Mueller* 8(1): 31-36. ISBN: 00771813.
- MCCARTHY P. M. (1995): Aquatic species of Verrucaria in eastern Australia. *The Lichenologist* 27(2): 105-126. doi: 10.1006/lich.1995.0010
- MCCARTHY P. M. (2002): A new aquatic species of Verrucaria from alpine Australia. *The Lichenologist* 34(3): 207-210. doi: 10.1006/lich.2002.0393
- MCCARTHY P. M. (2003): Additional lichen records from Australia 51. Some aquatic pyrenolichens from Kosciuszko National Park, Snowy Mountains, New South Wales. *Australasian Lichenology* 52: 16-18 ISSN: 1328-4401.

- MINKS A. (1902): Zur Erkenntnis des Wesens von *Liehen lanatus* L. *Algemeine botanische Zeitschrift für Systematik, Floristik, Pflangeographie* 7: 180–190.
- MONNET F., BORDAS F., DELUCHAT V., CHATENET P., BOTINEAU M. & BAUDU M. (2005): Use of the aquatic lichen *Dermatocarpon luridum* as bioindicator of copper pollution: Accumulation and cellular distribution tests. *Environmental Pollution* 138(3): 455–461. ISSN: 02697491. doi: 10.1016/j.envpol.2005.04.019
- MONTAGNE, C. D. M. (1837): Centurie de plantes cellulaires exotiques nouvelles. *Annales des Sciences Naturelles* 345-370.
- MOTIEJŪNAITĖ J. (2003): Aquatic lichens in Lithuania. Lichens on submerged alder roots. *Herzogia* 16: 113–121.
- MOTIEJŪNAITĖ J., STONĖIUS D., DOLNIK C., TÖRRA T. & USELIENĖ A. (2007): New and noteworthy for Lithuania lichens and lichenicolous fungi. *Botanica Lithuanica* 13(1): 19–25.
- NASCIMBENE J. & NIMIS P. L. (2006): Freshwater lichens of the Italian Alps: a review. *Annales de Limnologie: International Journal of Limnology* 42(1): 27–32. doi: 10.1051/limn/2006003
- NASCIMBENE J. (2006): Lichenological studies in N-Italy: new records for Lombardy. *Cryptogamie, Mycologie* 27(1): 79-82.
- NASCIMBENE J., NIMIS P.L. & THÜS H. (2013): Lichens as bioindicators in freshwater ecosystems - challenges and perspectives. *Annali di Botanica* 3: 45-50. doi: 10.4462/annbotrm-10206
- NASCIMBENE J., SPITALE D., THÜS H. & CANTONATI M. (2011): Congruencies between photoautotrophic groups in springs of the Italian Alps: implications for conservation strategies. *Journal of Limnology* 70(1): 3-8. doi: 10.3274/JL11-70-S1-01
- NASCIMBENE J., THÜS H., MARINI L. & NIMIS P. L. (2007): Freshwater lichens in springs of the eastern Italian Alps: floristics, ecology and potential for bioindication. *Annales de Limnologie: International Journal of Limnology* 43(4): 285-292. doi: 10.1051/limn:2007006
- NASCIMBENE J., THÜS H., MARINI L. & NIMIS P. L. (2009): Early colonization of stone by freshwater lichens of restored habitats: a case study in northern Italy. *Science of the Total Environment* 407(18): 5001-5006. doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.06.012
- NASH T. H. (1996): Lichen biology. 2. Department of Botany, Arisona State University: Cambridge University Press. ISBN: 0-521-45974-5.
- NAVE J. (1867): A Handy-Book to the Collection and Preparation of Freshwater and Marine Algae, Diatoms, Desmids, Fungi, Lichens, Moses. London: Robert Hardwicke. 211 p.
- NDOP (2022): Nálezová databáze ochrany přírody, on-line databáze. [cit. 1. 1. 2022]. Dostupné z: WWW: <https://portal.nature.cz>

- NIMIS P. (1993): *The lichens of Italy: An annotated catalogue*. Torino: Museo Regionale Scienze Naturali. 897 pp. ISBN-10: 8886041020. ISBN-13: 978-8886041027.
- NORDIN A. (2002): Du Rietz's lichen collections 1956-1965 from riverbanks and shores of lakes in connection with planned water regulations. *Thunbergia* 32: 26 pp.
- OJA E., GERASIMOVA J., SUIJA A., LÕHMUS P. & RANDLANE T. (2016): New Estonian records and amendments: Lichenized fungi. *Folia Cryptogamica Estonica* 53: 123–126. ISSN: 1406-2070. doi: 10.12697/fce.2016.53.14
- ORANGE A. (1990): New or interesting lichens and lichenicolous fungi from Iceland. *Acta Botanica Islandica* 10: 37–44.
- ORANGE A. (2004): A remarkable new freshwater *Verrucaria* from Europe. *The Lichenologist* 36(6): 349-354. doi: 10.1017/S002428290401446X
- ORANGE A. (2009): Two parasitic species of *Placopyrenium* (*Verrucariaceae*) from freshwater habitats in north-west Europe. *The Lichenologist* 42(2): 131-139. doi: 10.1017/S002428290900841X
- ORANGE A. (2013): Four new species of *Verrucaria* (*Verrucariaceae*, lichenized Ascomycota) from freshwater habitats in Europe. *The Lichenologist* 45(3): 305–322. doi: 10.1017/S0024282912000898
- ORANGE A. (2014): Two new of misunderstood species related to *Verrucaria praetermissa* (*Verrucariaceae*, lichenized Ascomycota). *The Lichenologist* 46(5): 605-615. doi: 10.1017/S0024282914000176.
- OTTE V., RÄTZEL S., SIPMAN H. J. M. & KUMMER V. (2000): Bemerkenswerte Flechtenfunde aus Brandenburg V. *Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg* 133: 461-481.
- PEKSA O. & ŠKALOUD P. (2011): Do photobionts influence the ecology of lichens? A case study of environmental preferences in symbiotic green alga *Asterochloris* (*Trebouxiophyceae*). *Molecular Ecology* 20(18): 3936-3948. doi: 10.1111/j.1365-294X.2011.05168.x
- PILOUS Z. (1935): Nové lokality horských lišejníků v Brdech. *Časopis národního muzea* 109: 123-124.
- POUND R. (1893): Symbiosis and mutualism. *The American Naturalist* 27(318): 509-520.
- PRINTZEN C. (2010): Lichen systematics: the role of morphological and molecular data to reconstruct phylogenetic relationships. In: Lüttge, U., Beyschlag, W., Büdel, B., Francis, D. (eds) *Progress in Botany*. Springer 71: 233-275 pp. doi: doi.org/10.1007/978-3-642-02167-1_10
- PYKÄLÄ J. (2006): Additions to the lichen flora of Finland. *Graphis Scripta* 18: 41-48. ISSN: 0901-7593.

- PYKÄLÄ J. (2010a): Additions to the lichen flora of Finland. V. *Graphis Scripta* 22(2): 54-62. ISSN: 0901-7593.
- PYKÄLÄ J. (2010b): Notes on the lichen flora of the mountains Saana and Malla in NW Finland. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 86: 34-42.
- PYKÄLÄ J. (2013): Additions to the lichen flora of Finland. VII. *Graphis Scripta* 25: 21-29. ISSN 0901-7593.
- REHMAN A. (1879): Systematyczny przegląd porostów znalezionych dotąd w Galicji Zachodniej opracowany na podstawie własnych i cudzych spostrzeżeń. *Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej* 13(2): 3-66.
- RIEDL H. (1990): Taxonomische und Nomenklatorische bemerkungen zu Hydrophilen Flechten. *Linzer biologische Beiträge* 22(1): 151-160.
- ROY C. (2000): Lichens nouveaux et nouvelles localités de lichens rares au Québec. *Lichens nouveaux et rares au Québec* 45-53.
- SAFFO M. B. (2014): Mutualistic Symbioses. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. 10 pp. doi: 10.1002/9780470015902.a0003281.pub2
- SAHU N., SINGH S. N., SINGH P., MISHRA S., KARAKOTI N., BAJPAI R., BEHERA S. K., NAYAKA S. & UPRETI D. K. (2019): Microclimatic variations and their effects on photosynthetic efficiencies and lichen species distribution along elevational gradients in Garhwal Himalayas. *Biodiversity and Conservation* 28(8): 1953-1976. doi: 10.1007/s10531-019-01782-z
- SANDERS W. B. & MASUMOTO H. (2021): Lichen algae: The photosynthetic partners in lichen symbioses. *Lichenologist* 53(5): 347-393. ISSN: 1096-1135. doi: 10.1017/S0024282921000335
- SCHIEFELBEIN U., DE BRUYN U., DOLNIK C., STOLLEY G. & NEUMANN P. (2010): New or interesting records of lichen-forming and lichenicolous fungi from northern Germany. *Herzogia* 23(1): 85-91. doi: 10.13158/heia.23.1.2010.85
- SCHWAB A. J. (1986): Rostfarbene arten der Sammelgattung *Laciea* (Lecanorales) revision der Arten Mittel - und Nordeuropas. *Mitteilungen der Botanischen Staatssammlung München*. 22: 221-476. ISSN 0006-8179.
- SERUSIAUX E., DIEDERICH P., BRAND A. M. & BOOM V. D. P. (1999): New or interesting Lichens and Lichenicolous Fungi from Belgium and Luxembourg. VIII. *Lejeunia: revue de botanique* 162: 95 pp.
- SERVÍT M. (1910): Zur Flechtenflora Böhmens und Mährens. *Hedwigia: Dresden* 50: 51-85.
- SHEARER C. A. (1993): The Freshwater Ascomycetes. *Nova Hedwigia* 56(1-2): 1-33.

- SHIVAROV V. V., THÜS H. & DENCHEV M. C. (2013): New records of *Verrucariaceae* (*Ascomycota*) from Bulgaria. *Mycobiota* 3: 11-17. ISSN: 1314-7781. doi: 10.12664/mycobiota.2013.03.02
- SIMON L., BOUSQUET J., LÉVESQUE R. C. & LALONDE M. (1993): Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature* 363: 7–69. doi: 10.1038/363067a0
- SONINA A. V. & ANDROSOVA V. I. (2020): Coastal Lichens: Distribution Patterns and Adaptive Strategies. In: GRIGORE M. N. (ed). *Handbook of Halophytes: From Molecules to Ecosystems towards Biosaline Agriculture*. Springer 22 pp. ISBN: 978-3-030-17854-3. doi: 10.1007/978-3-030-17854-3_34-1
- SPRÁVA KRNAP (2022a): *Příroda a historie: Geohistorický vývoj Krkonoš* [online]. Vrchlabí: Správa KRNAP, 2010 [cit. 2022-5.19]. Dostupné z: WWW: <https://www.krnep.cz/geohistoricky-vyvoj/>
- SPRÁVA KRNAP (2022b): *Příroda a historie* [online]. Vrchlabí: Správa KRNAP, 2010 [cit. 2022-05-18]. Dostupné z: WWW: <https://www.krnep.cz/priroda-a-historie/>
- SPRENGEL K. & FLEISCHER F. (1821): Neue Entdeckungen im ganzen Umfang der Pflanzenkunde, herausgegeben von K. Sprengel. *F. Fleischer* 452 pp.
- SPRIBILLE T., TUOVINEN V., RESL P., VANDERPOOL D., WOLINSKI H., AIME M. C., SCHNEIDER K., STABENTHEINER E., TOOME-HELLER M., THOR G., MAYRHOFER H., JOHANNESSEN H. & MCCUTCHEON J. P. (2016): Basidiomycete yeasts in the cortex of ascomycete macrolichens. *Science* 353(6298): 488-492. doi: 0.1126/science.aaf8287
- STEIN B. (1879): Flechten. In: COHN F. (ed.), *Kryptogamen-Flora von Schlesien* 2(2): 1-400, J. U. Kern's Verlag, Breslau.
- STORDEUR R., BECK A., CHRISTL S., CZARNOTA P., ECKSTEIN, KISON H. U., OTTE V., SEELEMANN A., SIPMAN H. J. M., SCHIEFELBEIN U. & UNGETHÜM K. (2018): *Beiträge zur Flechtenflora Sachsen-Anhalts und angrenzender Regionen (Teil 1)*. *Herzogia* 31(1): 700-715. doi: 10.13158/heia.31.1.2018.700
- SUIJA A., KAASALAINEN U., KIRIKA P. M. & RIKKINEN J. (2018): Taitaia, a novel lichenicolous fungus in tropical montane forests in Kenya (East Africa). *The Lichenologist*. 50(2): 173–184. ISSN: 1096-1135. doi:10.1017/S0024282918000026
- SUSSEY J.M. & BAUBET R. (2005): Les Fiches du débutant (2 eme série). *Bulletin d'informations de l'Association française de lichénologie* 30(1): 1–27.
- SVENSSON M. & PALICE Z. (2009): Additions to the montane lichen flora of Sweden. *Graphis Scripta* 21: 23–32. ISSN 0901-7593.
- SVENSSON M., EKENDAHL T., ARUP U., BERGLUND T., GUSTAVSSON N., JONSSON F., LÖFGREN P., THOR G. & WRSTBERG M. (2009): SLF:s höstexkursion till Skäckerfjällen 15-17 augusti 2008. *Lavbulletinen* 1: 4–24. ISSN: 1651-6435.

- TAYLOR T. N., HAAS H., REMY W. & KERP H. (1995): The oldest fossil lichen. *Nature*. 378(244): 244-244. doi: 10.1038/378244a0
- Thüs H. & Schultz M. (2008): Freshwater Flora for Central Europe, Vol. 21/1: Lichens. *Spectrum Heidelberg*.
- THÜS H. & SCHULTZ M. (2009). Keys to the Species and Species Profiles (in alphabetic order). In: Fungi: Süßwasserflora von Mitteleuropa vol. 21. Spektrum Akademischer Verlag. ISBN: 978-3-8274-1594-3. doi: 10.1007/978-3-8274-2299-6_4
- THÜS H. (2002): Taxonomie, Verbreitung und Ökologie silicicoler Süßwasserflechten im außeralpinen Mitteleuropa. *Bibliotheca Lichenologica* 83: 1-214. ISBN: 978-3-443-58062-9.
- THÜS H., APTROOT A. & SEAWARD M. R. D. (2014): Freshwater lichens. In: JONES E. B. G., HYDE K. D. & PANG K.-L. (eds). *Freshwater fungi and fungal-like organisms*. Walter de Gruyter, Berlin 333-358. ISBN: 978-3-11-033345-9.
- THÜS H., MUGGIA L., PÉREZ-ORTEGA S., FAVERO-LONGO E., JONESON S., O'BRIEN H., NELSON M. P., DUQUE-THÜS R., GRUBE M., FRIEDL T., BRODIE J., ANDREW C. J. LÜCKING R., LUTZONI F. & GUEIDAN C. (2011): Revisiting photobiont diversity in the lichen family Verrucariaceae (Ascomycota). *European Journal of Phycology* 46 (4): 399-415. doi: 10.1080/09670262.2011.629788
- TÜRK R., BREUSS O. & ÜBLAGGER J. (1998): Die Flechten im Bundesland Niederösterreich. *Wissenschaftliche Mitteilungen Niederösterreichisches Landesmuseum*. 11: 7–313.
- UPRETI D. K., DIVAKAR P. K. & NAYAKA S. (2005): Commercial and ethnic use of lichens in India. *Economic Botany* 59(3): 269-273.
- URBANAVICHYUS G. P. & URBANAVICHENE I. N. (2021): Nakhodki novykh i redkikh vidov lishaynikov i likhenofil'nykh gribov v Murmanskoy oblasti. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* 8: 61-69.
- VAIGLOVÁ Z. (2017): *Dynamika lišejníkové symbiózy*. Praha, 66 pp. Diplomová práce. Univerzita Karlova. Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce Pavel Škaloud.
- VĚZDA A. & LIŠKA J. (1999): Katalog lišejníků České republiky. Průhonice: Botanický ústav ČSAV 283 pp.
- VOIGT K., JAMES T. Y., KIRK P. M., DA SANTIAGO A. L. C. M., WALDMAN. B., GRIFFITH G. W., FU M., RADEK R., STRASSER, J. F. H., WURZBACHER C., JERÔNIMO G. H., SIMMONS D. R., SETO K., GENTEKAKI E., HURDEAL V. G., HYDE K. D., NGUYEN T. T. T. & LEE H. B. (2021): Early-diverging fungal phyla: taxonomy, species concept, ecology, distribution, anthropogenic impact, and novel phylogenetic proposals. *Fungal Diversity* 109(1): 59–98. doi: 10.1007/s13225-021-00480-y
- VOLKER J. & BREUSS O. (2004): Flechten der östlichen Schwarzmeer-Region in der Türkei (BLAM-Exkursion 1997). *Herzogia* 17: 137–156.

- VONDRÁK J. & PALICE Z. (2004): Lichenologicky významná lokalita Zábřdská skála v prachatickém Předšumaví. *Bryonora* 33: 22–26.
- VONDRÁK J., PALICE Z., KHODOSOVTSSEV A. & POSTOYALKIN S. (2010): Additions to the diversity of rare or overlooked lichens and lichenicolous fungi in Ukrainian Carpathians. *Chornomors'kyi botanichnyy zhurnal* 6(1), 6–34.
- WAGNER B. (2017): Lišejníky vrchu Březinské tisy (severní Čechy). Ústí nad Labem: *Severočeskou přírodou* 49: 85-89.
- WANG W. C., ZHAO Z. T. & ZHANG L. L. (2015): Four Rhizocarpon species new to China. *Mycotaxon* 130(3): 883–891. ISSN: 0093-4666. doi:10.5248/130.883
- WESSELS D. C. J. & SCHOEMAN P. (1988): Mechanism and rate of weathering of Clarens sandstone by an endolithic lichen. *South African Journal of Science* 84: 274–277.
- WIETRZYK-PEŁKA P., OTTE V., WĘGRZYN M. H. & OLECH M. (2018): From barren substrate to mature tundra - Lichen colonization in the forelands of Svalbard glaciers. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 87(4): 20 pp. ISSN: 2083-9480. doi: 10.5586/asbp.3599
- WIJAYAWARDENE N. N., HYDE K. D., AL-ANI L. K. T., TEDERSOO L., HAELEWATERS D., RAJESHKUMAR K. C., ZHAO R. L., APTROOT A., LEONTYEV D. V., SAXENA R. K., TOKAREV Y. S., DAI D. Q., LETCHER P. M., STEPHENSON S. L., ERTZ D., LUMBSCH H. T., KUKWA M., ISSI I. V., MADRID H., PHILLIPS A. J. L., SELBMANN L., PFLIEGLER W. P., HORVÁTH E., BENSCH K., KIRK P. M., KOLAŘÍKOVÁ K., RAJA H. A., RADEK R., PAPP V., DIMA V., MA J., MALOSSO E., TAKAMATSU S., RAMBOLD G., GANNIBAL P. B., TRIEBEL D., GAUTAM A. K., AVASTHI S., SUETRONG S., TIMDAL E., FRYAR S. C., DELGADO G., RÉBLOVÁ M., DOILOM M., DOLATABADI S., PAWŁOWSKA J., HUMBER R. A., KODSUEB R., SÁNCHEZ-CASTRO I., GOTO B. T., SILVA D. K. A., DE S. F. A., OEHL F., DA S. G. A., SILVA I. R., BŁASZKOWSKI J., JOBIM K., MAIA L. C., BARBOSA F. R., FIUZA P. O., DIVAKAR P. K., SHENOY B. D., CASTAÑEDA-RUIZ R. F., SOMRITHIPOL S., LATEEF A. A., KARUNARATHNA S. C., TIBPROMMA S., MORTIMER P. E., WANASINGHE D. N., PHOOKAMSAK R., XU J., WANG Y., TIAN F., ALVARADO P., LI D. W., KUŠAN I., MATOČEC N., MAHARACHCHIKUMBURA S. S. N., PAPIZADEH M., HEREDIA G., WARTCHOW F., BAKHSHI M., BOEHM E., YOUSSEF N., HUSTAD V. P., LAWREY J. D., SANTIAGO A. L. C. M. A., BEZERRA J. D. P., SOUZA-MOTTA C. M., FIRMINO A. L., TIAN, Q., HOUBRAKEN J., HONGSANAN S., TANAKA K., DISSANAYAKE A. J., MONTEIRO J. S., GROSSART H. P., SUIJA A., WEERAKOON G., ETAYO, J., TSURYKAU S., VÁZQUEZ V., MUNGAI P., DAMM U., LI Q. R., ZHANG H., BOONMEE S., LU. Y. Z., BECERRA A. G., KENDRICK B., BREARLEY F. Q., MOTIEJUNAITÉ J., SHARMA B., HKARE R., GAIKWARD S., WIJESUNDARA D. S. A., TANG L. Z., HE M. Q., FLAKUS A., RODRIGUEZ-FLAKUS P., ZHURBENKO M. P. MCKENZIE E. H. C., STADLER M., BHAT D. J., LIU J. K., RAZA M., JEEWON R., NASSONOVA E. S., PRIETO M., JAYALAL R. G. U., ERDOGDU M., YURKOV A., SCHNITTNER M., SCHEPIN O. N., NOVOZHILOV Y. K., SILVA-FILHO A. G. S., GENTEKAKI E., LIU P., CAVENDER J. C., KANG Y., MOHAMMAD S., ZHANG L. F., XU R. F., LI Y. M., DAYARATHNE M. C., EKANAYAKA A. H., WEN T. C., DENG C. Y., PEREIRA O. L., NAVATHE S., HAWKSWORTH D. L., FAN X. L., DISSANAYAKE L. S., KUHNERT E., GROSSART H. P. & THINES M. (2020):

Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere* 11(1): 1060–1456.
doi: 10.5943/mycosphere/11/1/8

WIJAYAWARDENE N. N., HYDE K. D., LUMBSCH H. T., LIU J. K., MAHARACHCHIKUMBURA S. S. N., EKANAYAKA A. H., TIAN Q. & PHOOKAMSAK R. Outline of Ascomycota: 2017. *Fungal diversity* 88: 167-263 [cit. 2022-6-18]. doi: 10.1007/s13225-018-0394-8.

WIRTH V. (1972): Die Silikatflechten-Gemeinschaften im außeralpinen Zentraleuropa. *Dissertationes Botanicae* 17: 306 pp.

WITHERING W. (1812): *A systematic arrangement of British plants: with an easy Introduction to the Study of Botany*. The fifth edition, Vol. IV. Oxford University: Thomson & Wrightston 440 p.

ZEMAN R. (2013): *Lavina se sesula v Malé Kotelní jámě*. In: *Horská služba* [online]. Špindlerův Mlýn: Horská služba ČR [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: WWW: <https://www.horskaslužba.cz/cz/aktualni-informace/aktualne/tiskove-zpravy/2842-lavina-se-sesula-v-male-kotelni-jame>

Zdroje obrázků

Obrázek 3: QGIS (2022): QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS; <https://www.qgis.org/en/site/about/index.html> (1.12.2022).

Obrázek 4: Mapy.cz, *Kotelní jámy*. [online]. 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/turisticka?x=15.5379954ay=50.7505770az=16al=0asource=baseaid=2177112ads=1>

Obrázek 5: Google Earth (2022). [online]. In: google.cz. [cit. 2022-05-21]. <https://earth.google.com/web/@50.74981956,15.53578765,1194.7504865a,1921.52543935d,30y,0h,0t,0r/data=MikKJwolCiExSWRQUEItMUswRFZQZWVyWTFsVGtvMFlwSDhXM2l6NmcgAQ>

Obrázek 6: Google Earth (2022). [online]. In: google.cz. [cit. 2022-05-21]. <https://earth.google.com/web/@50.74981956,15.53578765,1194.7504865a,1921.52543935d,30y,0h,0t,0r/data=MikKJwolCiExSWRQUEItMUswRFZQZWVyWTFsVGtvMFlwSDhXM2l6NmcgAQ>