

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Katedra biologie**

Popularizace významných zástupců druhové diverzity  
lichenizovaných hub Faerských ostrovů a krkonošské  
tundry ve výukovém programu SŠ s důrazem na význam  
odlišností klimatu a geologické stavby

Bakalářská práce

Autor: Klára Těthalová

Studijní program: Biologie se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: Biologie se zam. na vzd. – maior,  
Chemie se zam. na vzd. – minor

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

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ  
Přírodovědecká fakulta  
Akademický rok: 2021/2022

Studijní program: Biologie se zaměřením na vzdělávání  
Forma studia: Prezenční  
Specializace/kombinace: Biologie se zam. na vzd. – maior,  
Chemie se zam. na vzd. – minor (BVBI-BVCH)

Specializace v rámci které má být VŠKP vypracována: Biologie se zaměřením na vzdělávání

## Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

Jméno a příjmení: Klára Těthalová  
Osobní číslo: S20BI047BP  
Adresa: Háječek 182, Ostrožská Lhota, 68723 Ostrožská Lhota, Česká republika  
Téma práce: Popularizace významných zástupců druhové diversity lichenizovaných hub Faerských ostrovů a krkonošské tundry ve výukovém programu SŠ s důrazem na význam odlišností klimatu a geologické stavby  
Téma práce anglicky: Popularization of remarkable lichens of the lichen flora of the Faroe Islands and the Giant Mts tundra in the grammar school education program with emphasis on the importance of differences in climate and geological structures  
Jazyk práce: Čeština  
Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.  
Katedra biologie

### Zásady pro vypracování:

Cílem práce je určit vzorky lišejníků z Faerských ostrovů a přiblížit studentům SŠ formou zábavného učebního materiálu pozoruhodné druhy lišejníků v jejich přirozených biotopech v podmínkách subarktidy a krkonošského bezlesí a vysvětlit přítomnost vybraných druhů v subarktidě a středoevropské alpinské tundře.

### Seznam doporučené literatury:

Krnep 2018: Tundra v srdci Evropy... (online) – <https://www.krnep.cz/krkonose-tundra-v-srdci-evropy-0/>  
Krkonošská tundra: [https://www.krnep.cz/data/File/letaky\\_brozury/krkonoska\\_tundra\\_web.pdf](https://www.krnep.cz/data/File/letaky_brozury/krkonoska_tundra_web.pdf)  
Atlas krkonošských lišejníků: [http://websevr.krnep.cz/data/atlas\\_krkonos\\_1.pdf](http://websevr.krnep.cz/data/atlas_krkonos_1.pdf)  
Alstrup V., Christensen S.N., Hansen E.S. & Svane S. (1994): The lichens of the Faroes. – Fróðskaparrit, 40: 61–121.  
Fosaa A.M. (1987): The ecology of some marine and maritime lichens on rocky shores of the Faroe Islands. – Fróðskaparrit, 34–35: 91–106.  
Fosaa A.M. (2004): Altitudinal distribution of plant communities in the Faroe Islands. – Fróðskaparrit, 51: 217–236.  
Alstrup V. & Alstrup K. (1989): Epiphytic lichens. Skónir á trøum og runnum. – In: Højgaard A., Jóhansen J. & Ødum S. (eds), A Century of Tree-Planting in the Faroe Islands, p. 157–164, Føroya Fróðskaparfeлаг, Tórshavn  
Alstrup V., Christensen S.N., Hansen E.S. & Svane S. (1994): The lichens of the Faroes. – Fróðskaparrit, 40: 61–121  
Fosaa A.M., Olsen E., Simonsen W., Gaard M. & Hansen H. (2010): Vegetation transition following drainage in a high-latitude hyper-oceanic ecosystem. – Applied Vegetation Science, 13: 249–256.

Podpis studenta: 

Datum: 14. 7. 2023

Podpis vedoucího práce: 

Datum: 14. 7. 2023

## **Prohlášení**

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

V Hradci Králové dne

Klára Těthalová

## **Poděkování**

Z celého srdce děkuji vedoucímu bakalářské práce RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D. za nezměrnou ochotu, pomoc s určováním herbářových položek, vstřícnost a bezproblémovou komunikaci. Dále chci poděkovat svému příteli MUDr. Václavu Stejskalovi, Ph.D., který mi poskytl cenné rady ohledně psaní odborných prací a fungoval jako takový reviewer 2., ovšem bořící stereotypy vztahující se k této pozici. Nakonec děkuji svým rodičům a prarodičům za to, že mě všemi možnými způsoby a prostředky podporují ve studiu.

## **Anotace**

TĚTHALOVÁ, K. *Popularizace významných zástupců druhové diverzity lichenizovaných hub Faerských ostrovů a krkonošské tundry ve výukovém programu SŠ s důrazem na význam odlišností klimatu a geologické stavby*. Hradec Králové, 2023. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce Josef Halda. 69 s.

Cílem práce je určit vzorky lišejníků z Faerských ostrovů a přiblížit studentům SŠ formou zábavného učebního materiálu pozoruhodné druhy lišejníků v jejich přirozených biotopech v podmínkách subarktidy a krkonošského bezlesí a vysvětlit přítomnost vybraných druhů v subarktidě a středoevropské alpinské tundře.

## **Klíčová slova**

lišejníky, Faerské ostrovy, určování lišejníků, Krkonoše, arктоalpínská tundra, výuka biologie na SŠ, výuka biologie na gymnáziu, klima, geologie

## **Annotation**

TĚTHALOVÁ, K. *Popularization of remarkable lichens of the lichen flora of the Faroe Islands and the Giant Mts tundra in the grammar school education program with emphasis on the importance of differences in climate and geological structures*. Hradec Králové, 2023. Bachelor Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Josef Halda. 69 p.

The aim of the work is to identify samples of lichens from the Faroe Islands and to introduce high school students in the form of entertaining teaching material remarkable species of lichens in their natural habitats in subarctica and Giant Mountains and to explain the presence of selected species in subarctica and Central European alpine tundra.

## **Keywords**

lichens, Faroe Islands, lichen determination, Krkonoše Mts., Giant Mts, arctic-alpine tundra, high school biology, grammar school biology, climate, geology

# Obsah

Úvod .....	2
1 Teoretická část .....	3
1.1 Lišejníky .....	3
1.2 Metody determinace lišejníků .....	12
1.2.1 Bodový test .....	14
1.2.2 Tenkovrstvá chromatografie .....	16
1.3 Faerské ostrovy .....	18
1.4 Krkonoše .....	21
1.5 Zakotvení problematiky lišejníků v RVP pro střední školy .....	29
2 Praktická část .....	32
2.1 Materiál a metodika .....	32
2.1.1 Materiál .....	32
2.1.2 Metodika .....	32
2.2 Výsledky .....	36
3 Diskuze .....	42
Závěr .....	48
Seznam použité literatury a dalších zdrojů .....	50
Literatura .....	50
Další zdroje .....	57
Přílohy .....	60
Příloha č. 1 .....	60
Příloha č. 2 .....	63
Příloha č. 3 .....	64
Příloha č. 4 .....	65
Příloha č. 5 .....	65

# Úvod

Existuje poměrně mnoho prací, které se zabývají lišejníky Faerských ostrovů nebo Krkonoš. Dosud však nebyla napsána práce, která by se zabývala exkluzivním srovnáním těchto dvou oblastí. Téma si autorka vybrala jednak kvůli jeho originalitě, ale především kvůli rozšíření vlastních obzorů v oblasti lichenologie, neboť ji tento obor v průběhu bakalářského studia dosti zaujal.

Lišejníky jsou ve výuce biologie relativně opomíjenou skupinou organismů, které je ve většině středoškolských učebnic věnováno sotva pár stránek. Co se zástupců lišejníků týče, tak se učebnice obvykle omezují na několik málo druhů či rodů, které se navíc učebnici od učebnice opakují. Vzhledem k převládajícímu frontálnímu způsobu výuky na českých školách není divu, že pro mnohé žáky je toto téma nezajímavé.

Hlavním cílem práce je vytvoření takového didaktického materiálu, který žákům zábavnou formou a v přijatelném rozsahu přiblíží nejen lišejníky Faerských ostrovů a Krkonoš, ale i Faerské ostrovy a Krkonoše samotné. K naplnění tohoto cíle je nezbytné určit vzorky lišejníků z Faerských ostrovů, což je druhým a neméně důležitým cílem této práce. Třetím a posledním cílem je objasnění příčiny výskytu shodných druhů lišejníků na Faerských ostrovech a v Krkonoších prostřednictvím porovnání jejich geologické stavby a klimatu. K naplnění vytyčených cílů byly zvoleny následující metody.

Určování vzorků lišejníků se řídilo doporučenými postupy uvedenými v odborné literatuře a zahrnovalo metody makroskopické, mikroskopické i chemické. Porovnání klimatu a geologické stavby Faerských ostrovů a Krkonoš bylo realizováno formou rešerše. Tvorbě didaktického materiálu předcházela analýza rámcových vzdělávacích programů středního vzdělávání, v nichž jsou lišejníky uvedeny. Samotný didaktický výstup – pracovní list byl vytvořen na základě výsledků této práce.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Lišejníky

Lišejníky bývají v jak učebnicích, tak i v odborné nebo populárně naučné literatuře uváděny jako samostatná skupina, která zpravidla uzavírá říši Houby (Kincl et al. 2008). Z tohoto důvodu by se mohly lišejníky jevit jako taxonomická skupina, ačkoliv, jak se v následujících řádcích ukáže, tomu tak není. Lišejníky jsou ekologickou skupinou a je správnější o nich mluvit jako o lichenizovaných houbách (Liška 2000). Lichenizace je starobylou a velmi úspěšnou strategií heterotrofní výživy, kterou využívá přibližně 17 % druhů hub (Honegger 2022).

Lišejníky jsou asociace, nikoliv organismy, tvořené dvěma složkami: (1) mykobiont (heterotrofní houbová složka) a (2) fotobiont (autotrofní složka) (Kalina et Váňa 2005). Vědecká jména lišejníků neoznačují celou asociaci, tj. lišejník, vztahují se pouze k lichenizované houbě (Liška 2000). Fotobionti mají svá vlastní vědecká jména i fylogenezi (Honegger 1998). Mykobiontem je u 96 % z 20 000 známých druhů lišejníků zástupce z oddělení Ascomycota, konkrétně z pododdělení Pezizomycotina (dříve třída Ascomycetes, tzv. „pravé“ vřeckovýtrusné houby) (Halda et Kučera 2016). Nicméně existují i lišejníky, jejichž mykobiont pochází z oddělení Basidiomycota (např. rody *Cora* a *Dictyonema*) (Oberwinkler 2001).

Fotobiontem může být řasa a/nebo sinice (Honegger 2022). Pokud je fotobiontem řasa, používá se termín fykobiont (Wirtz et al. 2003). Sinicový partner vyskytující se asi u 8 % druhů lišejníků se označuje termínem cyanobiont (Liška 2000) (Smith et al. 1998). Nejčastějším cyanobiontem je r. *Nostoc* patřící do skupiny vláknitých sinic s heterocyty. Z jednobuněčných sinic se v lišejnících nejčastěji vyskytují rody *Gloeocapsa* a *Chroococcidiopsis* (Friedl et Büdel 2012)



Fykobiontem cca 85 % lišejníků je zelená řasa, zástupci jiných vývojových linií se v asociaci s mykobiontem objevují výjimečně (Henskens et al. 2012). Asi u 2 % lišejníků je fykobiont ze skupiny hnědých řas nebo zlativek (Faluaburu et al. 2019). U většiny arkoalpínských, temperátních i antarktických druhů je fotobiontem zelená řasa z rodu *Trebouxia* (Honegger 1998). O tomto rodu Kalina et Váňa (2005) tvrdí, že se volně v přírodě pravděpodobně nevyskytuje. Honneger (2012) uvádí, že všichni zástupci rodu *Trebouxia* mohou být z lišejníků izolováni a růst ve sterilních kulturách obsahujících pouze minerální látky a jeden druh (*T. arboricola*) se běžně vyskytuje i v přírodě.

Ačkoliv se zpravidla hovoří o asociaci mezi dvěma partnery, je známo, že některé houby vytvářejí asociace s více fotobionty zároveň (Magain et al. 2012). Podle počtu fotobiontů vstupujících do asociace s určitým mykobiontem se lišejníky dělí na bi- a tripartitní (Magain et Sérusiaux 2014).

Přibližně 95 % lišejníků je bipartitních, asociace je tvořena mykobiontem a jedním fotobiontem. Mykobiont 3–4 % druhů tvoří asociaci se dvěma fotobionty, proto se takové lišejníky označují jako tripartitní (Henskens et al. 2012). Jedním fotobiontem je zpravidla zelená řasa a druhým sinice, ale může se jednat i o dva různé druhy řas (Magain et al. 2012).

Existuje několik způsobů organizace fotobiontů ve stélce. Bud' mohou být oba součástí řasové vrstvy, nebo je tato vrstva tvořená pouze fykobiontem a cyanobiont se jako sekundární fotobiont vyskytuje jen v určitých morfologicky odlišných oblastech stélky označovaných jako cefalodie (Honegger 2022). Někteří mykobionti tvoří v rámci jedné asociace s každým z fotobiontů odlišnou stélku, tzv. fotomorfu. U některých lišejníků rostou odděleně a nezávisle na sobě, u jiných tvoří těsné asociace (Magain et Sérusiaux 2014). Jednotlivé fotomorfy se liší z hlediska fyziologie a z toho vyplývajících nároků na stanoviště. Mohou se odlišovat také morfologií a chemismem (Magain et al. 2012).

Co se funkce jednotlivých složek lišejníku týče, tak obecně lze říci, že fotobiont dodává organické látky, tj. produkty fotosyntetické asimilace a mykobiont zajišťuje přísun vody a minerálních látek, zejména fosforu (Halda et Kučera 2016) (Rozsypal et al. 2003).

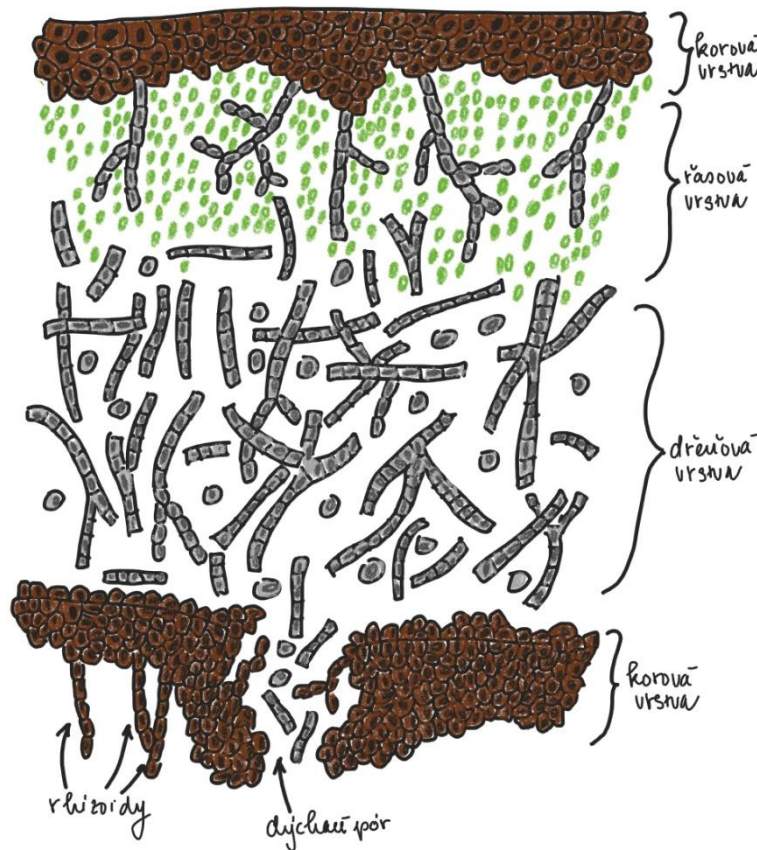
Samotný vztah mezi mykobiontem a fotobiontem je však poměrně komplikovaný, nemá jednotný charakter a pohybuje se ve spektru od mutualismu až po parazitismus, kdy je fotobiont mykobiontem „zotročen“. Někdy bývá proto označován jako kontrolovaný parazitismus (Kalina et Váňa 2005).

Komplexnost a složitost vztahu vystihuje Honegger (2022) ve své definici lišejníku: *„A lichen is a self-sustaining ecosystem formed by the interaction of an exhabitant fungus and an extracellular arrangement of one or more photosynthetic partners and an indeterminate number of other microscopic organisms. The participants may grow separately under certain conditions in nature or in axenic cultures, and the resulting ‚lichen‘ phenotype can be considered as the symbiotic phenotype of the lichen-forming fungus.“*

Mykobiont a fotobiont dohromady dávají vznik jedinečnému tělu, které se nazývá stélka (Halda et Kučera 2016). Kromě mykobionta a fotobionta či fotobiontů se ve stélce nacházejí i další organismy, jejichž role není vždy zcela jasná. Jsou to kupříkladu parazitující lichenizované i nelichenizované houby, houbovní endobionti nebo bakteriální epibionti tvořící film na povrchu stélky. Proto se o lišejníkové stélce mluví jako o konsorciu s neurčitým počtem členů (Honegger 2012).

Na základě anatomické stavby lze rozlišit dva základní typy stélky, homeomerickou a heteromerickou (Rozsypal et al. 2003). V případě, že jsou buňky fotobionta různě rozptýleny mezi hyfami mykobionta, jedná se o stélku homeomerickou (Jahns 1973). Pro heteromerickou stélku je typické vrstevnaté uspořádání obou složek, na příčném řezu lze tedy rozlišit několik morfologicky odlišných vrstev (Obr. 1) (Büdel et Scheidegger 2008).

Na svrchní a někdy i na spodní straně se nachází korová vrstva, která je většinou tvořena izodiametrickými buňkami mykobionta. U některých druhů (např. *Cladonia rangiferina*) korová vrstva zcela chybí. Pod korovou vrstvou se nalézá vrstva řasová obsahující buňky fotobionta, mezi něž zasahují hyfy mykobionta. Nejmhutnější je vrstva dřevěná tvořená vzájemně propletenými hyfami (Kalina et Váňa 2005).



Obr. 1 Schéma příčného řezu heteromerickou stélkou (převzato a překresleno od Rozsypal et al. 2003)

Klasifikace stélek z hlediska morfologie je poměrně komplikovaná a různí autoři rozlišují různý počet kategorií. Hawksworth et Hill (1984) rozlišují sedm typů stélky: leprózní, korovitou, vláknitou, plakodiodní, šupinovitou, lupenitou a keříčkovitou. Honegger (2012) shodně používá kategorie leprózní, korovitá, plakodiodní, šupinovitá, lupenitá a keříčkovitá; navíc rozlišuje stélku rosolovitou, mikrofilamentózní a mikroglobózní.

Ve středoškolských učebnicích biologie bývají uváděny tři až čtyři typy stélky. Kincl et al. (2008) rozlišuje stélku korovitou, lupenitou a keříčkovitou. Rozsypal et al. (2003) uvádí navíc dimorfickou stélku. Tyto typy zde budou dále popsány.

Korovitá neboli krustózní stélka (Obr. 2) vrůstá do substrátu celou svou plochou a obvykle se od něj nedá oddělit (Halda et Kučera 2016). Někdy je stélka zcela vnořená do substrátu. Pokud je substrátem kámen, jedná se o endolitickou stélku. Jako endofloedická je stélka označována v případě, že je zanořená do svrchní vrstvy borky stromů (Honegger 2012).



Obr. 2 Korovitá stélka druhu *Rhizocarpon lavatum* (foto z archivu autorky)

Lupenitá neboli foliózní stélka (Obr. 3) je tvořena plochými laloky (Jahns 1973). K podkladu přirůstá prostřednictvím hojných přichytných vláken, rhizinů, a lze ji od něj oddělit (Kalina et Váňa, 2005). Rhiziny vyrůstají ze spodní korové vrstvy nebo, v případě, že tato vrstva chybí, vyrůstají přímo ze dřene (typické pro r. *Peltigera*) (Halda et Kučera 2016).





Obr. 3 Lupenitá stélka s rhiziny druhu *Peltigera canina* (foto z archivu autorky)

Keříčkovitá neboli frutikózní stélka (Obr. 4) je větvená a k podkladu přirůstá obvykle v jednom místě (Kincl et al. 2008). Někteří zástupci r. *Usnea* však tvoří dlouhá vlákna visící na větvích stromů bez jednoznačného místa připojení k borce (Jahns 1973).



Obr. 4 Keříčkovitá stélka druhu *Cetraria aculeata* (foto z archivu autorky)

U některých lišejníků (např. rody *Cladonia*, *Baeomyces* nebo *Stereocaulon*) je stélka rozlišena na přízemní šupinovitou část a vystoupavou část nesoucí plodnice, tzv. podecium, které může být keříčkovitého nebo nálevkovitého tvaru. Tato stélka je označována jako dvojtvará neboli dimorfická (Obr. 5) (Halda et Kučera 2016) (Kalina et Váňa 2005). V některých případech je přízemní stélka přítomna jen v raných stádiích vývoje, postupně mizí a zralá stélka je tvořená pouze vertikální částí (Jahns 1973).



Obr. 5 Dimorfická stélka druhu *Cladonia digitata* (foto z archivu autorky)

Lišejníky nemají vytvořené mechanismy k regulaci příjmu a výdeje vody, jsou poikilohydrické (Honegger 1998). Obsah vody ve stélce se mění v závislosti na okolní vlhkosti vzduchu (Matos et al. 2015). Příjem i výdej probíhá celým povrchem stélky. Stélka vodu nasaje během několika minut, ale není schopná ji zadržovat, proto během desítek minut vysychá. Lišejníky většinou vyhledávají stanoviště s vysokou vzdušnou vlhkostí, která určuje rychlost fotosyntézy. Za optimální je považována vzdušná vlhkost okolo 60 %, při níž fotobionti nejlépe prospívají (Halda et Kučera 2016).

Většina lišejníků, obzvláště druhy rostoucí na stanovištích, kde se střídají extrémní suchá a vlhká období, přežívá sucho ve stavu metabolického spánku, kdy je metabolická aktivita stélky snížena na minimum (Halda et Kučera 2016) (Honegger 1998) (Kalina et Váňa 2005). Jakmile se vlhkostní poměry stanoviště začnou zvyšovat, je metabolismus poměrně rychle aktivován (Honegger 1998) (Matos et al. 2015). Některé lišejníky (např. *Pseudocyphellaria dissimilis* z deštných lesů Nového Zélandu) tuto schopnost adaptace na nepříznivé podmínky nemají a na vysušení jsou proto velmi citlivé (Green et al. 1991).

Lišejníky se jako celky rozmnožují téměř výhradně vegetativně (Kincl et al. 2008). Pohlavní rozmnožování se až na výjimky, jejichž plodnice obsahují i buňky fotobionta (např. r. *Staurothele*), omezuje pouze na mykobionta (Halda 2015). U lišejníků se vyskytují dva typy plodnic, apotecia a peritecia (Letroit-Galinou 1973).

Apotecia jsou otevřené miskovité plodnice obsahující hymenium, tj. výtrusorodou vrstvu, které se skládá z vřecek, mezi nimiž jsou podpůrné sterilní hyfy (Halda et Kučera 2016) (Kalina et Váňa 2005). Uvnitř každého vřecky meioticky vzniká zpravidla osm výtrusů, tzv. askospor (Kincl et al. 2008) (Rozsypal et al. 2003). Počet, velikost a tvar výtrusů jsou důležitými znaky při determinaci lišejníků (Halda et Kučera 2016).

Peritecia mají lahvovitý tvar, směrem nahoru se zužují a na vrcholu se otevírají malým pórem zvaným ostiolum. Uvnitř se nachází hymenium s vřecíky a sterilními hyfami (Orange 2013). Podobný tvar jako peritecia mají pyknidy, které jsou menší a produkují mitoticky vzniklé spory mykobionta, konidie (Halda et Kučera 2016) (Rozsypal et al. 2003).

Nejjednodušším typem vegetativního rozmnožování je fragmentace stélky (Kalina et Váňa 2005). Každý úlomek obsahuje mykobionta i fotobionta; za příznivých podmínek může postupně dorůst a vytvořit novou stélku. Nejčastěji je vegetativní rozmnožování realizováno prostřednictvím zvláštních rozmnožovacích útvarů – soredií, izidií nebo schizidií (Kincl et al. 2008) (Halda et Kučera 2016).

Nejběžnějším typem vegetativního rozmnožování je šíření pomocí soredií (Kalina et Váňa 2005). Jedná se o mikroskopická zrnka buněk fotobionta, která jsou obalena hyfami mykobionta (Bowler et Rundel 1975). Soredie se zpravidla uvolňují ze specializovaných útvarů v určitých místech stélky zvaných sorály (Halda et Kučera 2016).

Dalším typem diaspor jsou izidie. Jedná se o bradivičnaté útvary různého tvaru nalézající se na povrchu stélky. Anatomická stavba izidií odpovídá stavbě heteromerické stélky (Liška 2000). U některých lupenitých a rosolovitých lišejníků se izidie vůbec neuvolňují a jejich funkce spočívá pouze ve zvětšení povrchu stélky (Kalina et Váňa 2005). Izidiím podobné jsou schizidie, šupinovité částičky oddělující se z povrchové vrstvy stélky. Jejich stavba, na rozdíl od izidií, neodpovídá stavbě stélky (Halda et Kučera 2016) (Kalina et Váňa 2005).

Lišejníky produkují specifické chemické sloučeniny, nepřesně označované jako lišejníkové kyseliny, neboť se jedná o velmi rozmanité organické látky (Liška 2000). Tyto sloučeniny mají charakter sekundárních metabolitů a často lišejníky chrání před působením negativních abiotických i biotických vlivů (Goga et al. 2020). Unikátnost těchto látek spočívá v tom, že většina ostatních organismů (včetně izolovaného mykobionta nebo fotobionta) není jejich produkce schopna (Kalina et Váňa 2005). Sekundární metabolity mohou být i barevné, např. kyselina rhizokarpová zbarvuje stélku některých zástupců r. *Rhizocarpon* žlutou barvou a pod UV zářením svítí oranžově (Orange et al. 2010). Mezi nejznámější sekundární metabolity patří kyseliny lekanorová, gyroforová a fumarprotocetrarová, dále pak atranorin nebo kyseliny norstiktová, stiktová a usnová (Goga et al. 2020).



## 1.2 Metody determinace lišejníků

Obecně lze rozlišit tři způsoby, resp. úrovně, determinace, a to makroskopickou, mikroskopickou a chemickou (Smith et al. 2009).

Při určování lišejníků v terénu se využívá první metody obvykle doplněné tzv. bodovým testem, který je řazen mezi metody chemické a bude popsán níže (Smith et al., 2009). Pomocí kapesní botanické lupy s desetinásobným zvětšením, několika běžně dostupných chemikálií a jisté praxe lze určit většinu lišejníků s makroskopickou stélkou a část těch, jejichž stélka je pouhým okem neviditelná, nicméně většinu těchto tzv. mikrolišejníků je nezbytné studovat pod binokulárním mikroskopem se zvětšením 30× až 60× (Halda et Kučera 2016) (Wirth et al. 2013). Pod lupou lze dobře pozorovat detaily plodnic, útvary sloužící k nepohlavnímu rozmnožování, rhiziny a povrchové struktury sloužící k výměně plynů (cyfely nebo pseudocyfely) (Wirth et al. 2013). Pro důkladnější examinaci výše zmíněných struktur se stejně jako pro studium většiny mikrolišejníků používá binokulární mikroskop (Halda et Kučera 2016).

Významné určovací znaky jsou mikroskopického a chemického charakteru (Smith et al. 2009); z mikroskopických je to hlavně velikost a tvar výtrusů, dále struktura plodnic a věceček. Existuje několik typů věceček, které jsou charakteristické pro jednotlivé rody lichenizovaných hub (Wirth et al. 2013). Jednotlivé typy se odlišují především velikostí a tvarem askoapikálního aparátu, válcovité ztlustliny na vrcholu věcka, skrz kterou jsou askospory uvolňovány ven (Koukol 2015). Chemické znaky se týkají sekundárních metabolitů, jejich detekce a identifikace (Orange et al. 2010).

Aby bylo možné výše zmíněné mikroskopické struktury vůbec pozorovat, je nutné připravit pomocí ostré žiletky nebo skalpelu tenké příčné řezy plodnicí o tloušťce 15–25  $\mu\text{m}$  (Halda et Kučera 2016), které se pomocí jemné pinzety nebo preparační jehly přenesou na podložní sklo do kapky vody a opatrně překryjí krycím sklem tak, aby v preparátu nevznikly vzduchové bubliny (Smith et al. 2009).

Pokud nejsou řezy dostatečně tenké, lze je opatrně zmáčknout tak, že se přes krycí sklo jemně poklepou oblým koncem tužky nebo preparační jehly. Díky tomu se zároveň z vrcecek uvolní dostatečné množství askospor. Uvolnění je důležité, protože rozměry askospor nejsou ovlivněny tlakem ostatních výtrusů a lze je tedy přesně změřit. Řezy jsou pak pozorovány pod mikroskopem s objektivy umožňujícími zvětšení alespoň 10×, 40× a 100× (Smith et al. 2009) (Wirth et al. 2013).

Ke zvýraznění detailů vrcecek je třeba použít chemických metod. Nejdřív se na řezy plodnicí nanese 10% roztok hydroxidu draselného a nechá se několik minut působit. Poté se řezy obarví Lugolovým roztokem<sup>1</sup>, s nímž reagují polysacharidy obsažené ve vrcholech vrcecek za vzniku modrého zbarvení a pozorují se pod mikroskopem (Halda et Kučera 2016). Pro podrobné studium nejen obarvených vrcholů vrcecek, ale i výtrusů nebo struktury sterilních hyf mezi vrčky, je ideální imerzní objektiv se stonásobným zvětšením (Smith et al. 2009)

Chemická úroveň determinace lišejníků spočívá v identifikaci jednotlivých sekundárních metabolitů, jejichž kombinace bývá pro určité druhy charakteristická. Existuje celá řada metod od jednoduchých bodových testů, které lze provádět přímo v terénu, přes poměrně nenáročnou tenkovrstvou chromatografii, již je třeba provádět v laboratoři, až po sofistikované instrumentální metody jako je hmotnostní spektrometrie, NMR spektroskopie a vysokoúčinná kapalinová chromatografie (Orange et al. 2010).

Pro všechny tyto metody lze použít jak herbářové položky, tak i čerstvý materiál. Je třeba mít na paměti, že se jedná o metody destruktivní, takže by jim měla být podrobena pouze malá část, která se předtím oddělí od zbytku stélky (Orange et al. 2010) (Smith et al. 2009). Vzhledem k zaměření této bakalářské práce bude dále popsán bodový test a poté bude popsána tenkovrstvá chromatografie.

---

<sup>1</sup> 0,5 g jodu + 1,5 jodidu draselného + 100 ml destilované vody (Wirth et al. 2013)

### 1.2.1 Bodový test

Principem bodového testu je pozorování barevné reakce stélky po aplikaci určitého chemického činidla, jehož velmi malé množství se nanáší buď přímo na stélku, nebo na její příčné řezy (Wirth et al. 2013). Dle Bungartz (2002) je ideálním nástrojem k nanesení činidla technické pero s vyměnitelnou náplní, neboť umožňuje aplikaci skutečně malého množství. Halda et Kučera (2016) uvádí, že aplikaci činidla lze provést párátkem. Reakci je obvykle pozorovatelná pouhým okem, ovšem vhodnější je pozorování pod binokulárním nebo světelným mikroskopem (Bungartz 2002).

Mezi nejčastěji používaná činidla patří výše zmíněný 10% roztok hydroxidu draselného (v odborných textech označován jako K) (Wirth et al. 2013). Při pozitivní reakci barví stélku do žluta, případně se může žluté zbarvení postupně změnit v červené. Pokud je přítomna kyselina norstiktová, projeví se to vznikem červených jehlicovitých krystalů pozorovatelných pod mikroskopem (Orange et al. 2010).

Druhým hojně používaným činidlem je roztok chlornanu sodného (označuje se písmenem C), např. v podobě dezinfekčního prostředku SAVO (Halda et Kučera 2016). Pozitivní reakce se projeví červeným, růžovým, oranžovým nebo vzácně zeleným zbarvením (Orange et al. 2010) (Smith et al. 2009).

Činidla K a C se často používají dohromady (v textu značeno KC nebo CK). Nejdřív se aplikuje jedno činidlo a hned na to druhé. Pořadí jejich aplikace je velmi důležité, neboť s KC reagují pozitivně jiné látky než s CK (Wirth et al. 2013). Pozitivní reakce s KC dává růžové, červené, vzácně fialové zbarvení (Orange et al. 2010). Tato kombinace se používá mnohem častěji než kombinace CK, jejímž pozitivním výsledkem je žlutooranžová barva (Smith et al. 2009).

Dalším činidlem je lihový roztok *para*-fenylendiaminu (značí se Pd nebo P) (Bungartz 2002) (Smith et al. 2009). Většinou se připravuje těsně před provedením bodového testu. Na podložní nebo hodinové sklo se kápne několik kapek ethanolu, v němž se rozpustí dva až tři krystaly *para*-

fenylendiaminu (Orange et al. 2010). Po nanesení roztoku na vzorek se pozitivní reakce projeví jeho žlutým, oranžovým až červeným zbarvením. *Para*-fenylendiamin je látka dráždivá a karcinogenní (Bungartz 2002). Do těla se může dostat vstřebáním skrz kůži nebo inhalací (Smith et al. 2009). Je třeba s ním tedy pracovat s nejvyšší opatrností.

Již zmíněným činidlem je Lugolův roztok (označován jako I), který se v kombinaci s K používá především pro obarvení askoapikálního aparátu k jeho podrobnějšímu studiu (Halda et Kučera 2016).

Posledním častěji používaným činidlem je 50% roztok kyseliny dusičné (značí se N) (Wirth et al. 2013). Při pozitivní reakci vzniká červenofialové zbarvení, některé druhy z r. *Aspicilia* reagují s N za vzniku zeleného zbarvení (Smith et al. 2009). Kyselina dusičná je silná oxidující kyselina s korozivními účinky, proto je s ní třeba zacházet opatrně (Housecroft et Sharp 2014).

Velká výhoda bodového testu spočívá v jeho nenáročnosti jak na čas, tak i na vybavení a chemikálie a je možné jej provádět i v terénu. Nevýhodou této metody je zkreslení výsledků, obvykle vlivem falešné negativy (Orange et al. 2010) Někdy je navíc obtížné rozhodnout, je-li reakce pozitivní či negativní (Wirth et al., 2013).

Komplikací při interpretaci výsledků bodového testu může být tmavá barva lišejníkové stélky. V tomto případě se ke zjištění barevné změny použije kousek filtračního papíru nebo papírového kapesníku, kterým se nasaje kapka činidla ze stélky (Smith et al, 2009).

V neposlední řadě může být příčinou falešně negativního výsledku reakční čas. Reakce s K a C začínají v momentě aplikace činidla na stélku. U C barevná změna rychle mizí, takže ji lze snadno přehlédnout, obzvláště pokud je vzorek pozorován pouhým okem (Orange et al. 2010). Z tohoto důvodu by měla být stélka během aplikace pozorována binokulárním mikroskopem (Bungartz 2002). Naopak u reakce s Pd někdy trvá půl minuty i déle, než se objeví výsledek, jehož barva se navíc může v průběhu další minuty rychle změnit, např. ztmavne (British Lichen Society 2023).

Bodový test je důležitou součástí determinace lišejníků. Pro identifikaci konkrétních sekundárních metabolitů je ovšem nedostačující a musí být doplněn citlivější metodou, např. tenkovrstvou chromatografií (Orange et al. 2010).

### 1.2.2 Tenkovrstvá chromatografie

Tenkovrstvá chromatografie (TLC, angl. *thin-layer chromatography*) patří mezi planární chromatografické metody. Tyto metody jsou charakteristické tím, že stacionární fází je plochá, relativně tenká vrstva porézního materiálu, který je buď sám nosičem, nebo je nanesen na skleněném, plastovém či kovovém povrchu. Složky směsi jsou tokem mobilní fáze unášeny skrz stacionární fází a na základě rozdílné rychlosti pohybu jednotlivých složek, resp. jejich rozdílné afinity ke stacionární fází, dochází k separaci (Skoog et al. 2019). Výhodou TLC je její relativní rychlost, nízká nákladnost a jednoduchost provedení; lze ji realizovat v každé základně vybavené laboratoři (Orange et al. 2010).

Prvním krokem je příprava tenkovrstvé desky. Nejčastěji se používají komerčně vyráběné hliníkové pláty pokryté silikagelem, které jsou dostupné v různých rozměrech (Bennett et al. 2021). Ve spodní části desky se v určité vzdálenosti (většinou 1 až 2 cm) od okraje tužkou narýsuje startovací linie, na které se vyznačí pozice, kam budou v dalším kroku nanášeny jednotlivé vzorky (Skoog et al. 2019).

Většina sekundárních metabolitů je rozpustná v acetonu, který se přidává ke vzorkům, aby došlo k uvolnění analyzovaných metabolitů (Huneck et al. 1996). Acetonové extrakty vzorků jsou následně pomocí kapiláry nanášeny na předem vyznačené pozice na startovací čáře (Orange et al. 2010). Poté se deska umístí do uzavřené nádoby nasycené parami mobilní fáze, tzv. vyvíjecí soustavy. Jeden konec desky se ponoří do mobilní fáze tak, aby nedošlo k přímému kontaktu skvrn vzorků s kapalinou (Skoog et al. 2019).

Standardně se používá sedm systémů mobilní fáze: A, B, B', C, E, F a G (Elix 2014).

Systém A je směsí toluenu, dioxanu a kyseliny octové v poměru 180:45:5. Široce používaný je systém C, který se složením podobá systému A. Jedná se o směs toluenu a kyseliny octové v poměru 170:30. Oproti systému A není tak nebezpečný (Orange et al. 2010), neboť neobsahuje dioxan, který Světová zdravotnická organizace klasifikuje jako možný karcinogen (Dioxane 2023).

Systém B je směsí hexanu, diethyletheru a kyseliny mravenčí v poměru 130:80:20. B' se obsahuje místo diethyletheru *terc*-butyl(methyl)ether v poměru 140:72:18. Použití *terc*-butyl(methyl)etheru významně zvyšuje stabilitu směsi. Systém B' vydrží čtyři až pět dní, kdežto systém B se po cca 6 hodinách rozkládá (Elix 2014).

Systémy E a F se shodují v chemickém složení, ale liší se poměrným zastoupením jednotlivých látek. V obou případech se jedná o směs cyklohexanu a ethylacetátu. Jejich poměr v systému E je 75:25, v systému F 50:50 (Elix 2014), resp. 1:1 (Orange et al. 2010).

Poslední běžně používanou mobilní fází je systém G, směs toluenu, ethylacetátu a kyseliny mravenčí v poměru 139:83:8 (Elix 2014). Tento systém je velmi užitečný pro separaci látek s nízkým retenčním faktorem, např. mastných kyselin (Orange et al. 2010).

Vyvíjení je ukončeno v momentě, kdy mobilní fáze doputuje pár centimetrů pod horní okraj, nesmí jej přesáhnout. Deska se z nádoby vyjme, tužkou se označí čelo mobilní fáze, tj. linie, které mobilní fáze dosáhla při ukončení vyvíjení, a deska se nechá oschnout v digestoři (Skoog et al. 2019).

Posledním krokem je vyhodnocení vyvinuté desky. Nejprve se deska prohlédne pod denním světlem a zaznamená se pozice a barva viditelných skvrn. Poté se prohlédne nejdřív pod krátkovlnným UV zářením, kde se všechny sekundární metabolity s aromatickým jádrem jeví jako tmavé skvrny na fluoreskujícím pozadí, pak pod dlouhovlnným UV zářením. Pomocí měkké tužky se zaznamená poloha nově viditelných skvrn (Orange et al 2010).

Pro zviditelnění mastných kyselin se deska potře vodou a pozoruje se pod světlem proti tmavému pozadí. Po oschnutí se deska potře 10% kyselinou sírovou a na 10 minut se vloží do trouby vyhřáté na 110 °C. Ihned po vytažení z trouby se deska prohlédne pod dlouhovlnným UV zářením a zaznamená se barva, kterou nově vyvinuté skvrny fluoreskují (Elix 2014).

Pro identifikaci jednotlivých sekundárních metabolitů se nejčastěji používá postup, kdy se na desku kromě analyzovaných vzorků nanese i kontrolní vzorky o známém chemickém složení (Orange et al. 2010) (Skoog et al. 2019). Po vyvinutí se porovnávají pozice jednotlivých skvrn s kontrolami (Skoog et al. 2019).

Použití kontroly je velmi užitečným způsobem omezení počtu možných „neznámých“ skvrn, přesto se na desce často objeví. Jejich identifikace se provádí srovnávací TLC v nejméně třech systémech mobilní fáze nebo použitím některé z instrumentálních metod, např. hmotnostní spektrometrie či vysokoúčinné kapalinové chromatografie (Elix 2014).

Další součástí identifikace sekundárních metabolitů je výpočet hodnoty retenčního faktoru separovaných látek podle vztahu  $R_F = \frac{a}{b}$ , kde  $a$  je vzdálenost středu skvrny separované látky od linie startu a  $b$  je vzdálenost čela mobilní fáze od linie startu. Výsledné retenční faktory jednotlivých separovaných látek se následně porovnají s tabelovanými hodnotami pro příslušné sekundární metabolity (Orange et al. 2010) (Skoog et al. 2019).

### 1.3 Faerské ostrovy

Faerské ostrovy leží v severním Atlantském oceánu mezi Islandem na severozápadě, Norskem na východě a Skotskem na jihu (Obr. 6) (Tesaříková et al. 2018). Na tomto souostroví čítajícím 18 ostrovů (Obr. 7) o celkové rozloze necelých 1400 km<sup>2</sup> žije přibližně 50 000 obyvatel a asi 70 000 ovcí (Raška et al. 2019) (Visit Faroe Islands 2023). Na početnou ovčí populaci odkazuje i samotný název ostrovů, faersky *Føroyar*, který je odvozen ze staré norštiny a znamená Ovčí ostrovy. Takto byly ostrovy pojmenovány vikingskými osadníky z Norska, kteří se zde v 9. století usídlili (Faroe Islands in Brief 2019).



Obr. 6 Poloha Faerských ostrovů na mapě (Mapy.cz 2023, upraveno)



Obr. 7 Mapa Faerských ostrovů (List 2010)

Celé souostroví vzniklo v paleogénu přibližně před 55 až 60 miliony let (Schofield et al. 2017). V tu dobu se od sebe začala oddělovat Evropa a Grónsko, což bylo doprovázeno silnou vulkanickou aktivitou. Faerské ostrovy jsou sopečného původu, převládající horninou je čedič tvořící charakteristické vrstvy (Geology 2019). Tyto vrstvy jsou často prokládány vrstvami sopečného popela a dalšího pyroklastického materiálu, které se zde usadily mezi jednotlivými výbuchy sopek (Pokorný et al. 2018).



V důsledku pohybu litosférických desek došlo k pozvolnému posunu Faerských ostrovů mimo oblast aktivní sopečné činnosti (Geology 2019). Současný reliéf ostrovů je z velké části výsledkem kvartérního zalednění a s ním souvisejících erozních procesů. Častým fenoménem jsou kary a čelní a boční morény (Raška et al. 2019). Nejvyšším bodem Faerských ostrovů je vrchol Slætaratindur s výškou 882 m n. m. (Geography 2019).

Dle Köppenovy klasifikace je klima Faerských ostrovů klasifikováno jako subarktické oceánické klima (Cfc) (Arnfield 2020) (The Faroese Weather 2019). Vzhledem k poloze ostrovů je klima výrazně ovlivněno teplým Golským proudem obtékajícím ostrovy a častými cyklonami přicházejícími z jihu nebo západu. Proto je klima, navzdory poměrně vysoké zeměpisné šířce (62° s. š.), relativně mírné a humidní (Cappelen 2019). Velmi časté jsou mlhy a silné větry (Trevelyan 1837). Ve vyšších nadmořských výškách je klima chladnější, proto jsou tyto polohy řazeny k arktické klimatické zóně (Fosaa 2004a).

Rozdíl mezi létem a zimou je poměrně malý. Léta jsou chladná s průměrnou teplotou 10,5 °C, zimy jsou mírné a průměrná teplota se pohybuje okolo 3,2 °C (Hannon et Bradshaw 2000). Mrazy se vyskytují zřídka a jen výjimečně trvají delší dobu (Trevelyan 1837). Nejteplejšími měsíci jsou červenec a srpen s průměrnou teplotou 11 °C. Nejchladněji je v únoru, kdy se teplota v průměru pohybuje okolo 4 °C. Průměrný roční úhrn srážek činí 1500 mm (Fosaa 2004b). Při pobřeží je úhrn srážek nejnižší, pohybuje se okolo 1000 mm. Směrem do vnitrozemí úhrn srážek roste, v centrálních částech se pohybuje mezi 3000 až 4000 mm (Cappelen 2019). Nejvíce srážek připadá na období od září do března, kdy měsíční úhrn srážek překračuje 100 mm. Nejméně deštivými měsíci jsou květen a červen, kdy měsíčně spadne 55 až 65 mm srážek (Climate – Faroe Islands 2023). Převládá jihozápadní směr proudění větrů, které se nejsilněji projevují na západních ostrovech (Hannon et Bradshaw 2000).

V průběhu roku je víceméně stále větrno, zamračeno, relativně chladno a prší. Počasí samotné je však velmi proměnlivé a téměř nepředvídatelné. Na stejném místě lze v jeden den zažít déšť následovaný sněhovou přeháňkou, po které se obloha takřka vyjasní a vysvitne slunce (The Faroese Weather 2019).

Vegetaci Faerských ostrovů je velkou měrou ovlivněna pastvou ovcí (na 1 km<sup>2</sup> připadá 34 až 49 ovcí), která zde má dlouholetou tradici (Fosaa 2004b). Z toho důvodu vegetaci dominují trávy, byliny a zakrslé dřeviny, které rostou od pobřeží až po vrcholy hor. S rostoucí nadmořskou výškou však klesá pokryvnost vegetace (Alstrup et al. 1992) (Fosaa 2004a). V nižších nadmořských výškách je vegetace tvořena především vřesem obecným a smilkou tuhou. V mechovém patře dominuje rokytník skvělý. V alpínské zóně převládá vegetace tvořená mechem zoubkočepkou, běžně zde roste vrba bylinná a rdesno živorodé (Fosaa 2004b).

Lišejníky (společně s mechorosty) hojně porůstají kameny. Kromě nich rostou také na humusu, mechorostech nebo betonu. Přítomnost ovcí moc nesevědí lišejníkům s keříčkovitou nebo listovitou stélkou (např. rody *Lobaria*, *Sticta* nebo *Parmelia*), které jsou jejich oblíbenou potravou. Útočištěm pro tyto lišejníky se stávají kolmé stěny útesů a jiné obtížně dostupné lokality, kam se ovce a zpravidla ani lichenologové nedostanou. Kromě pastvy lišejníky dále limituje sešlap ovcemi a konkurence cévnatých rostlin, především trav. Nejlépe se zde daří epilitickým a endolitickým lišejníkům s mikroskopickými stélkami (Alstrup et al. 1992).

#### **1.4 Krkonoše**

Krkonoše se rozkládají podél polské hranice na severovýchodě České republiky (Tesaříková et al. 2018). Podélná osa Krkonoš probíhá v severozápadně-jihovýchodním směru v celkové délce 36 km. Na západě sousedí s Jizerskými horami, od nichž Krkonoše odděluje Novosvětské sedlo. Od Sudetského mezihoří na východě jsou odděleny Královeckým (nebo též Libavským) sedlem (Demek 1965).

Díky jejich výjimečné poloze uprostřed středoevropských nížin a pahorkatin zde v průběhu času vznikla neobyčejně pestrá mozaika vysokohorského a severského reliéfu, která podmínila vznik pozoruhodné flóry a fauny. Krkonošská arkoalpínská tundra činí z Krkonoš výjimečný ostrov severské a vysokohorské přírody uprostřed Evropy; jsou jedním z našich nejvýznamnějších center geobiodiverzity (Správa KRNAP 2023).

Mezi evropskými pohořími patří Krkonoše k těm starým. Jejich základy vznikly při kadomském vrásnění ve starohorách a na začátku prvohor (Vaněk 2022). Nejdůležitějším obdobím ve vývoji Krkonoš byly prvohorní mladokaledonské orogenetické pohyby, při nichž došlo k vyvrásnění převážně v severozápadně-jihovýchodním směru (Demek 1965). Zásadní význam měly saxonské pohyby probíhající, kterými byl povrch podél zlomů vyzdvižen do dnešní výšky (Vaněk 2022). V průběhu pleistocenních dob ledových se nejméně v 10 údolích centrální části Krkonoš vytvořily horské ledovce dosahující délky až 5 km (Engel et al. 2010) (Pilous 2016a). Přípomínkou těchto dob jsou kary, údolí rozšířená do tvaru U a čelní i boční morény (Pilous 2016a).

Nejstaršími horninami Krkonoš jsou proterozoické krystalické břidlice, především svory<sup>2</sup>, fylity<sup>3</sup>, ortoruly<sup>4</sup>. Chlupáč et al. (2002) nicméně uvádí, že krkonošské ortoruly jsou dle interpretací radiometrických měření nejspíše až raně paleozoického stáří. Druhou základní stavební jednotkou je žulový pluton<sup>5</sup> z paleozoika, kterým na několika místech prorážejí třetihorní čediče (Pilous 1974) (Pilous 2013). Tento žulový masiv tvoří většinu polských Krkonoš a přibližně pětinu Krkonoš českých (Správa KRNAP 2023).

---

<sup>2</sup> metamorfované horniny z velké části tvořené křemenem a slídou, mikroskopicky může být přítomen i živec (On-line geologická encyklopedie 2007)

<sup>3</sup> horniny vzniklé metamorfózou jílovitých sedimentů; obsahují křemen, slídu, chlorit a biotit, často s příměsí grafitu a uhličitánů (On-line geologická encyklopedie 2007)

<sup>4</sup> metamorfované horniny tvořené především slídou, křemenem a hojným živcem vzniklé přeměnou kyselých magmatických, tzv. granitoidních hornin (On-line geologická encyklopedie 2007) (Multimediální atlas hornin 2013)

<sup>5</sup> velké hlubinné těleso magmatického původu (On-line geologická encyklopedie 2007)

V místě styku krystalických břidlic a žulového plutonu se vytvořil kontaktní dvůr, kde byly starší horniny působením vysokých teplot a tlaků přeměněny. Jedním z nejdůležitějších výsledků metamorfózy bylo zpevnění hornin kontaktního dvora částečně díky přítomným ložiskům kvarcitu<sup>6</sup> (Pilous 2016b). Existence kontaktního dvora mj. podmínila i vznik krkonošské arkoalpínské tundry (Pilous 2013).

Vyzdvižení pohoří v třetihorách oživilo erozní činnost vodních toků, které se se zařezávaly hlouběji do podloží za vzniku údolí s příkrými svahy (Demek 1965). Tvrdé horniny kontaktního dvora tuto oživenou zpětnou erozi zpomalily. Zpomalení mělo zásadní vliv na další vývoj reliéfu i celé přírody Krkonoš (Pilous 2016b). Díky němu se eroze nedostala až k pramenům řek, takže v nejvyšších částech pohoří zůstal zachovaný starý třetihorní reliéf v podobě vyzdvižených zarovnaných povrchů, tzv. etchplénů<sup>7</sup>. Z tohoto důvodu zůstaly v těchto úsecích propojené oba hlavní hřbety Krkonoš, vnější Slezský z tvrdších drobnozrnných žul a vnitřní Český z tvrdých hornin kontaktního dvora. Na etchplénech se výrazně uplatnily kryogenní procesy, obzvláště mrazové zvětrávání hornin a následné třídění zvětralin. V holocénu hrály tyto plošiny podstatnou roli při vývoji krkonošské tundry do dnešní podoby. V současnosti se zde nacházejí stanoviště významných glaciálních reliktnů (Pilous 2013).

Výše zmíněný kontaktní dvůr obou hlavních geologických jednotek předurčil směr třetihorního vyzdvižení Krkonoš, který koresponduje s převládajícím jihozápadním až západním větrným prouděním přinášejícím srážky od oceánu (Kociánová et al. 2015) (Pilous 2013). Výsledkem je specifické rozložení sněhu, lavinová činnost, drsné klima a tomu odpovídající rozmanitost rostlinných a živočišných společenstev. Celý propojený komplex reliéfu, větrného proudění a s tím související biodiverzity se nazývá anemo-orografický systém (Kociánová et al. 2015).

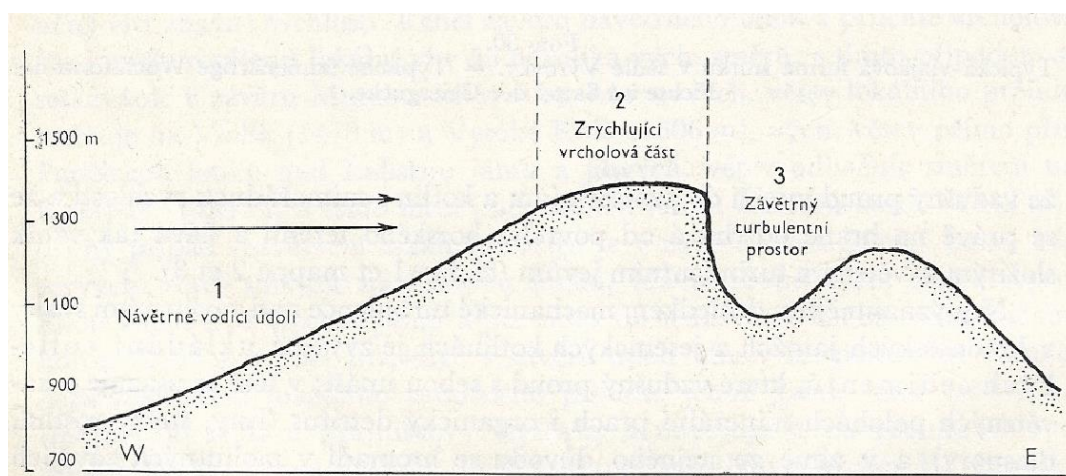
---

<sup>6</sup> též křemenec, metamorfovaná hornina s vysokou tvrdostí, neboť je bohatá na křemen (On-line geologická encyklopedie 2007) (Pilous 2016b)

<sup>7</sup> plochy s vyrovnaným povrchem, též holoroviny (Pilous 2013)

Větrné proudy stoupají návětrnými údolními Mumlavy, Bílého Labe a Úpy; díky zužujícím se profilům údolí se zvyšuje jejich rychlost, a to i při proudění nad náhorními plošinami Labské, Pančavské, Bílé a Čertovy louky. Silné větrné proudy pak přepadají za vzniku mohutných turbulencí do závětrí ledovcových karů Kotelních, Labských, Sněžných a Studničných jam, do Úpské jámy nebo jam Stawů (Jeník 1961) (Správa KRNAP 2023). Jednotlivé části anemo-orografického systému znázorňuje schéma na Obr. 8.

Na hřebenech a náhorních plošinách dochází v důsledku silného větrného proudění k intenzivní deflaci a větrné erozi. Vznikají zde celoročně vyfoukávaná stanoviště, jež jsou kvůli absenci sněhové pokrývky vlivem větru vystavena největším extrémům, mimo jiné holomrazům, které zvyšují intenzitu eroze. Jakmile větrné proudy přepadnou za hřeben, jejich rychlost klesá a na závětrné straně probíhá zvýšené ukládání eolických sedimentů, které s sebou větry unášely. V létě se v závětrných polohách usazuje minerální prach a organický detrit (různé části rostlin a jejich diaspory, drobní živočichové), vznikají zde oblasti s velmi vysokou biodiverzitou, laicky známé jako zahrádky. V zimě se zde hromadí sníh, jehož mohutné závěje dávají vzniknout lavinám a vytrvalým sněhovým polím v létě (Jeník 1961). Krkonošská tundra je vázána na hřebeny a závětrí anemo-orografických systémů (Soukupová et al. 1995).



Obr. 8 Schéma podélného profilu anemo-orografického systému ve Vysokých Sudetech s vyznačením hlavních částí (Jeník 1961)

Vzhledem k převládajícímu severnímu a severozápadnímu proudění, které přináší vlhké a studené větry, patří Krkonoše mezi nejchladnější, největrnější a srážkově nejbohatší oblasti ve střední Evropě (Krkonoše 2020).

Dle Köppenovy klasifikace je klima převážné části Krkonoš subarktické (Dfc) (Tolasz et al. 2007); průměrná teplota nejchladnějšího měsíce klesá pod  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , průměrná teplota v období jednoho až tří měsíců je  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  nebo vyšší, ale v nejteplejším měsíci nepřesahuje  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozložení srážek v průběhu roku je spíše rovnoměrné (Arnfield, 2020). V nejvyšších polohách je klima klasifikováno jako tundrové (ET) (Tolasz et al. 2007); průměrná teplota nejteplejšího měsíce je vyšší než  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale zároveň nižší než  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Arnfield 2020).

Dle Quittovy klasifikace, která je pro naše území vhodnější, neboť byla vytvořena speciálně pro ně, spadají Krkonoše do chladné klimatické oblasti. Ta se dále dělí do tří klimatických jednotek: CH4, CH6 a CH7. V Krkonoších se nalézají všechny tři, přičemž k CH4 náleží pouze nejvyšší vrcholky hor (Quitt 1971). Klimatickou charakteristiku všech tří jednotek chladné oblasti shrnuje Tab. 1.

Tab. 1 Vybrané klimatické charakteristiky chladné oblasti (Quitt 1971)

<b>klimatická jednotka</b>	<b>CH4</b>	<b>CH6</b>	<b>CH7</b>
<b>prům. lednová teplota [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>	-6 až -7	-4 až -5	-3 až -4
<b>prům. dubnová teplota [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>	2 až 4	2 až 4	4 až 6
<b>prům. červencová teplota [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>	12 až 14	14 až 15	15 až 16
<b>prům. říjnová teplota [<math>^{\circ}\text{C}</math>]</b>	4 až 5	5 až 6	6 až 7
<b>roční úhrn srážek [mm]</b>	1000 až 1200	1000 až 1200	850 až 1000

Tundrové prostředí Krkonoš poprvé popsal roku 1894 německý geograf Joseph Partch (Štursa 2013). Od té doby vědci hledali vysvětlení podobnosti krajiny Krkonoš a severní Evropy a postupně si uvědomovali, jak jsou celé Vysoké Sudety, a především Krkonoše, unikátním prostředím uprostřed Evropy (Kociánová et al. 2015). Na základě dokladů o pleistocenním zalednění, přítomnosti severských organismů na hřebenech Krkonoš a stále častějších cest na sever Eurasie dospěli vědci k závěru, že dávný vývoj Krkonoš mnohem více souvisí s vývojem severské krajiny než s vývojem „bližších“ Karpat nebo Alp (Vaněk 2022). Desetiletí podrobného výzkumu všech fenoménů krkonošské přírody vedly koncem 20. století k popisu, rozřídění a definici arктоalpínské tundry Krkonoš. Tento termín nejlépe vystihuje biogeografické vztahy a procesy, které se ve střední Evropě odehrávaly v periglaciálních podmínkách během chladných období pleistocénu a počátku holocénu a jsou až do současnosti udržovány chladným a vlhkým klimatem panujícím na vrcholech Krkonoš (Štursa 2013).

Tundra je suchozemský biot pokrývající cca 2,3 % rozlohy pevniny. Jedná se o trvale bezlesou krajinu, neboť klimatické podmínky vylučují výskyt souvislého lesa. Rozlišuje se tundra polární a alpínská (Wielgolaski 1997).

Polární tundra je zonálním biotem; tedy biotem, který je vázán na konkrétní zeměpisné šířky a jehož výsledný charakter odpovídá makroklimatu určité zeměpisné zóny (Jeník 1995). Rozkládá se nejvíce na severní polokouli, kde v různé šířce lemuje severní okraj Eurasie, Severní Ameriky a pobřeží Grónska a Islandu. Na jižní polokouli se tundra vyskytuje pouze v nejnižnějším cípu Jižní Ameriky, Ohňové zemi (Hendrych 1984) (Štursa 2013).

Alpínská tundra je orobiomem, což je azonální biom<sup>8</sup> nacházející se v horských oblastech nad horní hranicí lesa napříč všemi zeměpisnými šířkami (Jeník 1995).

Soukupová et al. (1995) vymezuje arктоalpínskou tundru v Krkonoších takto: *Krajina/systém/oblast přirozeného bezlesí formovaná do značné míry kryogenními, nivačními a eolickými pochody. Mnohé z jejích vlastností vznikaly v podmínkách výrazného periglaciálu během chladných období pleistocénu a na začátku holocénu a jsou nadále udržovány současným kvaziperiglaciálním podnebím... Arkтоalpínská tundra je podtypem alpínské tundry, který v nevelké nadmořské výšce a střední zeměpisné šířce má v živé i neživé přírodě výrazné zastoupení severských a vysokohorských prvků.*

Přestože krkonošská arктоalpínská tundra zaujímá pouhých 47 km<sup>2</sup>, tj. 7,4 % rozlohy Krkonoš, jedná se o unikátní prostředí, kde se na relativně malé ploše rozkládá mozaika vysokohorských a severských ekosystémů s bohatým souborem kryogenních tvarů (Štursa 2013). Krkonošská tundra se dělí do tří zón: (1) kryo-eolická, (2) kryo-vegetační a (3) niveo-glacigenní (Soukupová et al. 1995).

Na nejvyšších vrcholech a hřbetech Krkonoš se v rozmezí 1603 až 1000 m n. m. rozprostírá kryo-eolická zóna arктоalpínské tundry, jejíž vzhled je utvářen působením mrazu a větru (Vaněk 2022). Klima je zde i v současnosti velmi drsné, průměrná roční teplota se pohybuje okolo 1 °C (Kociánová et al. 2015). V těchto podmínkách se nejvíce daří lišejníkům, kterým zde nekonkurují cévnaté rostliny (Halda et Kučera 2018). Proto je tato zóna taktéž označována jako zóna lišejníkové tundry (Štursa 2013). Sněhová pokrývka je v důsledku silných větrů nízká a přetrvává pouze několik měsíců v roce (Kociánová et al. 2015). Výjimkou jsou sněžná pole, tj. terénní deprese zaváté sněhem odtávajícím až do konce léta. (Soukupová et al. 1995) (Halda et Kučera 2018). Mrazem a větrem narušovanou vegetaci tvoří především skalní neboli

---

<sup>8</sup> na výsledný charakter biomu mají vliv regionální nebo lokální zvláštnosti, např. chemismus půdy, reliéf, nadmořská výška nebo zvodnění biotopu (Jeník 1995)



saxikolní a terikolní, tj. na zemi rostoucí, lišejníky převážně s korovitou stélkou, např. *Rhizocarpon geographicum*, *Micarea turfosa* nebo *Lecidoma demissum* (Halda et Kučera 2018).

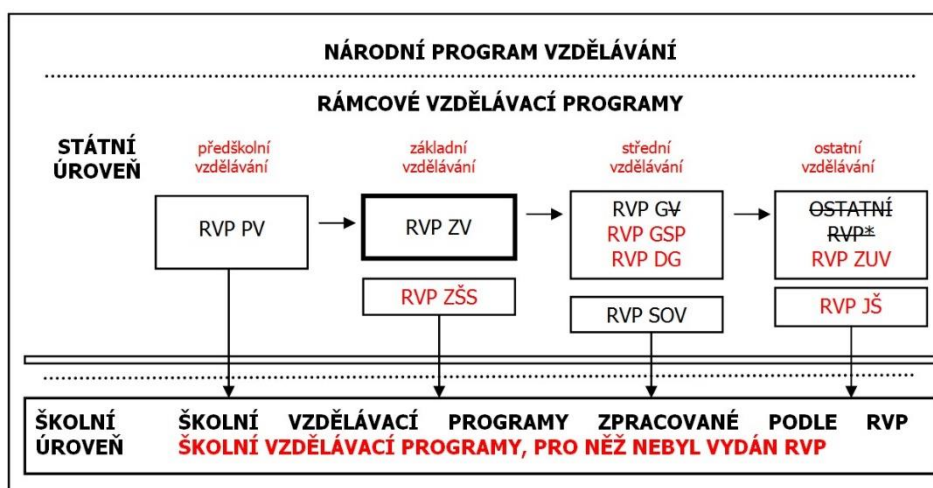
V okolí Luční a Labské boudy se na třetihorních etchplénech rozkládá kryovegetační zóna neboli travnatá tundra charakteristická mozaikou alpínských trávníků s převahou smilky tuhé, borovice kleče a severských strukturovaných rašelinišť (Štursa 2013) (Vaněk 2022). Jedná se o místa méně větrná, mírně svažité s vysokým množstvím sněhových a dešťových srážek (cca 1200 mm/rok) (Kociánová et al. 2015). Sněhová pokrývka dosahuje v zimní sezóně mocnosti 1 až 3 m a přetrvává až po 7 měsíců (Soukupová et al. 1995).

Niveo-glacigenní zóna se rozkládá v hlubokých amfiteátrech ledovcových karů po obou stranách pohoří (Vaněk 2022). Na utváření reliéfu mají vliv hlavně sníh a led, odtud název niveo-glacigenní zóna. Propojením příznivého mikroklimatu, dostatečné vlhkosti, minerálního bohatství obnažených skalních stěn a lavinové činnosti zde vznikly neobyčejně pestré mozaiky ekosystémů. Jedná se o tzv. krkonošské botanické zahrádky, místa vysoké biodiverzity a výskytu velmi vzácných druhů rostlin (Kociánová et al. 2015). Proto je tato zóna označována jako květnatá tundra (Štursa 2013).

Největší koncentrace význačných druhů lišejníků a celkově nejvyšší druhová diverzita se nachází v krkonošských karech. Jak v Kotelních jámách, tak i v karech Labského dolu (Harrachova, Pančavská a Navorská jáma) bylo dokumentováno okolo 350 druhů lišejníků, což je přibližně čtvrtina z celkového počtu lišejníků známých v ČR. Hlavním důvodem extrémní diverzity je pestrost mikrostanovišť, ať už jde o poměry vlhkostní, světelné, teplotní nebo množství bazických iontů v substrátu či konkurenční poměry. Kary jsou nesmírně dynamickým prostředím, které je výrazně ovlivňováno lavinovou činností, a představují zhuštěný průřez vším, co lze jinde v Krkonoších potkat na podstatně větší ploše (Halda et Kučera, 2018).

## 1.5 Zakotvení problematiky lišejníků v RVP pro střední školy

Zákon č. 561/244 Sb., o předškolním, základním, středním, vyšším odborném a jiném vzdělávání (tzv. školský zákon) v souladu s Národním programem rozvoje vzdělávání v ČR (tzv. Bílá kniha) rozlišuje dvě úrovně kurikulárních dokumentů, státní a školní. Státní úrovni náleží rámcové vzdělávací programy (RVP), jež vymezují závazné rámce pro předškolní, základní a střední vzdělávání. Každá škola, pokud byl pro daný vzdělávací program vydán RVP, si v souladu s tímto RVP vytváří kurikulární dokument školní úrovně, tzv. školní vzdělávací program (ŠVP) (Systém kurikulárních dokumentů 2023). Systém kurikulárních dokumentů v ČR je schematicky znázorněn na Obr. 9. Od roku 2021 probíhá revize téměř všech RVP. Změny jsou ve schématu vyznačeny červeně, co již neplatí, je přeškrtnuto.



Obr. 9 Schematické znázornění systému kurikulárních dokumentů v ČR; **RVP PV** – Rámcový vzdělávací program pro předškolní vzdělávání, **RVP ZV** – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání, **RVP ZŠS** – Rámcový vzdělávací program pro obor základní škola speciální, **RVP GV** – Rámcový vzdělávací program pro gymnaziální vzdělávání gymnázia, **RVP GSP** – Rámcový vzdělávací program pro gymnázia se sportovní přípravou, **RVP DG** – Rámcový vzdělávací program pro dvojjazyčná gymnázia, **RVP SOV** – Rámcové vzdělávací programy pro střední odborné vzdělávání, **RVP ZUV** – Rámcový vzdělávací program pro základní umělecké vzdělávání, **RVP JŠ** – Rámcový vzdělávací program pro jazykové školy s právem státní jazykové zkoušky (převzato z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=12123>)

Tato kapitola bude dále zaměřena pouze na RVP G\* (zahrnuje RVP G, RVP GSP a RVP DG) a tři RVP SOV, které jako jediné z mnoha rámcových vzdělávacích programů pro střední odborné vzdělávání zmiňují lišejníky. Jedná se o RVP pro tyto obory: Ekologie a životní prostředí, Průmyslová ekologie a Přírodovědné lyceum (RVP pro gymnázia 2021) (RVP pro obor vzdělávání 16-01-M/01 2020) (RVP pro obor vzdělávání 16-02-M/01 2020) (RVP pro obor vzdělávání 78-42-M05 2020).

Všechny RVP zmíněné v předchozím odstavci řadí učivo o lišejnících do souvislosti s učivem o houbách, existují zde pouze jemné nuance týkající se konkrétního názvu učiva. V očekávaných výstupech žáka se jednotlivé RVP odlišují poněkud více. Rozdíly jsou i v názvu samotné kapitoly, v níž se o lišejnících a houbách pojednává. V RVP G\* se jedná o Biologii hub (RVP pro gymnázia 2021), zatímco RVP pro Přírodovědné lyceum pracuje s názvem Biologie hub a lišejníků (RVP pro obor vzdělávání 78-42-M05 2020). V RVP pro obor Průmyslová ekologie se setkáváme s kapitolou Biologické vzdělávání, kde jednou z odrážek je i biologie houbových organismů (RVP pro obor vzdělávání 16-02-M/01 2020). RVP oboru Ekologie a životní prostředí se podobá předchozímu RVP, pouze s tím rozdílem, že místo biologie houbových organismů má v odrážce uvedeno jen houby a lišejníky (RVP pro obor vzdělávání 16-01-M/01 2020).

V RVP G\* je veškeré učivo týkající se lišejníků shrnuto pod jeden bod – stavba a funkce lišejníků. Od žáka se očekává, že pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné zástupce hub a lišejníků a že posoudí jejich ekologický, zdravotnický a hospodářský význam (RVP program pro gymnázia 2021).

Učivo o lišejnících a houbách v RVP pro Přírodovědné lyceum zahrnuje obecnou charakteristiku houbových organismů, dále odrážku s názvem lišejníky jako komplexní organismy a v neposlední řadě i význam hub a lišejníků. Očekávané výstupy jsou poněkud obsáhlejší než v RVP G\*, jedná se o tyto čtyři body: (1) žák popíše stavbu hub a lišejníků, způsoby jejich výživy a principy rozmnožování; (2) vysvětlí princip soužití houbové a řasové nebo sinicové složky u stélky lišejníků; (3) objasní ekologický význam hub a lišejníků v přírodě a uvede příklady jejich využití (mykorrhiza, bioindikátory); (4) uvede příklady hub jako původců onemocnění (rostlin, živočichů, člověka) (RVP pro obor vzdělávání 78-42-M05 2020).

Poslední dva RVP (pro obory Ekologie a životní prostředí a Průmyslová ekologie) si jsou nejpodobnější a shodují se v tom, že nemají učivo definováno takovým způsobem, jako RVP G\* a RVP pro Přírodovědné lyceum. Očekávané výstupy jsou si velmi podobné, nicméně stejné nejsou. V RVP pro obor Ekologie a životní prostředí se od žáka očekává, že charakterizuje stavbu těla hub a lišejníků a objasní jejich význam a že určí jejich významné zástupce (RVP pro obor vzdělávání 16-01-M/01 2020). Očekávané výstupy v RVP pro obor Průmyslová ekologie se mírně liší; žák kromě charakteristiky stavby a objasnění významu hub a lišejníků musí navíc charakterizovat i jejich rozmnožování. Dále nestačí, když významné zástupce pouze určí, ale musí je i poznat (RVP pro obor vzdělávání 16-02-M/01 2020).

## 2 Praktická část

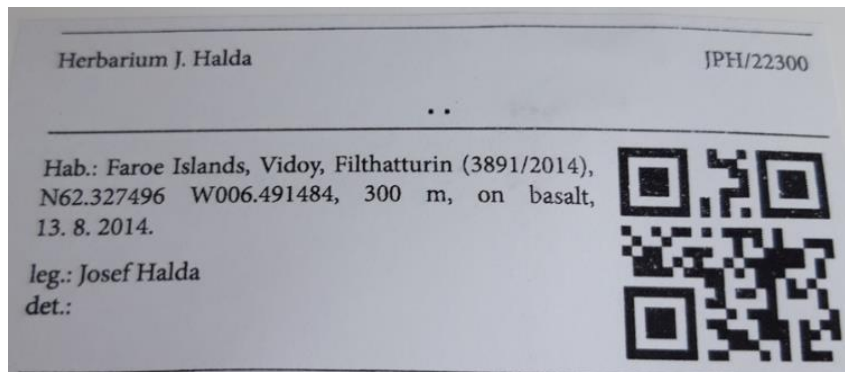
### 2.1 Materiál a metodika

#### 2.1.1 Materiál

K determinaci bylo vybráno celkem 242 herbářových položek, které byly nasbírány vedoucím práce v průběhu srpna 2013 a srpna 2014 na Faerských ostrovech.

#### 2.1.2 Metodika

Všechny herbářové položky byly označeny štítky. Každý štítek obsahoval následující informace: přesnou lokalitu sběru včetně GPS souřadnic a nadmořské výšky; datum sběru; podklad, na němž daná položka roste; jméno toho, kdo položku sebral a určil; identifikační číslo položky v databázi; QR kód (Obr. 10). Položky, které byly určeny dříve, měly na štítku i název. Pro přehlednost a zjednodušení práce s daty byla vytvořena databáze v MS Excel. Sběr herbářových položek, značení štítky a vytvoření databáze provedl vedoucí bakalářské práce.



Obr. 10 Štítek herbářové položky s identifikačním číslem 22300 (foto z archivu autorky)

Nejprve byly všechny položky makroskopicky prohlédnuty pod binokulárním mikroskopem značky Olympus model SZX7. Současně byly mobilním telefonem pořízeny digitální fotografie všech položek určených k determinaci. Později byly některé položky pro účely této práce vyfotografovány digitálním mikroskopem Keyence VXH-7000 (Obr. 11). Na základě fotografií byly položky předběžně roztríděny podle makroskopické podobnosti, především podle typu a barvy stélky a plodnic. Po tomto přibližném roztrídění následovalo určování jednotlivých položek.

K mikroskopické determinaci byl využíván mikroskop Olympus BX53 s diferenciálním interferenčním kontrastem (DIC)<sup>9</sup> (Obr. 12) vybavený objektivy zvětšujícími 4×, 10×, 40×, 60× a 100×, z nichž poslední dva jsou imerzní.



Obr. 11 Digitální mikroskop Keyence VHX-7000 (foto z archivu autorky)



Obr. 12 Mikroskop Olympus BX53 a binokulární mikroskop Olympus SZX7 (foto z archivu autorky)

Plodnice byly nejprve navlhčeny ethanolem pro snazší řezání. Z jedné plodnice bylo pomocí ostré žiletky zhotoveno v průměru šest až sedm řezů, které byly pomocí preparační jehly a tenké pinzety přeneseny do kapky vody na podložním skle. Po překrytí krycím sklem byly řezy nejdříve pozorovány nativně při celkovém zvětšení 400×, 600× a 1000×. Poté byly na tři až čtyři vybrané řezy přeneseny na jiné podložní sklo do kapky činidla K, k němuž bylo záhy přidáno činidlo I. Došlo tím k obarvení hymenia a zvýraznění detailů vrcholů vřecek, které byly pozorovány imerzním objektivem se stonásobným zvětšením. Rozměry výtrusů byly zpočátku odečítány manuálně pomocí měřicí mřížky v okuláru. Po připojení počítače a digitální kamery byly výtrusy měřeny v počítačovém programu QuickPHOTO MICRO.

---

<sup>9</sup> Světlo vyzařované z mikroskopu je lineárně polarizováno a následně je pomocí specializovaného hranolu rozděleno na dva vzájemně kolmo polarizované paprsky. Při průchodu paprsků preparátem mezi nimi vzniká fázový rozdíl způsobený strukturou preparátu. Po průchodu preparátem projdou paprsky do druhého hranolu, kde dochází k jejich spojení a interferenci. Struktury v nízkém indexem lomu se jeví jako prohlubně, struktury s vyšším indexem lomu jako vyvýšeniny. DIC tak umožňuje kontrastní až plastické zobrazení nebarvených objektů (Metody zvyšující kontrast zobrazení ve světelném mikroskopu 2012)

Mikroskopické pozorování bylo doplněno bodovými testy, jejichž průběh byl pozorován pod binokulárním mikroskopem. Kromě výše zmíněného činidla K byla dále využita činidla C a Pd. C v podobě dezinfekčního přípravku SAVO, Pd v krystalické podobě, kdy byl jeho ethanolový roztok připravován *in situ*. K nanášení všech činidel včetně ethanolu a vody byly použity inzulinové injekční stříkačky s integrovanou tenkou jehlou.

Z dalších chemických metody byla použita TLC. Jako mobilní fáze byl použit systém C, postup provedení byl následující:

1. Na skleněnou desku se silikagelem byla zakreslena startovací čára se startovními pozicemi, které byly očíslovány – okraj dole 20 mm, vpravo a vlevo 15 mm, mezery mezi vzorky 10 mm.
2. Na třetí pozici od obou krajů byl nanesen kontrolní vzorkem obsahující kyselinu norstiktovou a atranorin.
3. Do očíslovaných zkumavek se vzorky bylo mikropipetou pipetováno 150  $\mu$ l acetonu. Vzorek musí být dostatečně velký, nesmí plavat.
4. Tenkými kapilárami byly jednotlivé vzorky nanášeny na příslušné startovní pozice. Každý vzorek byl nanášen vlastní kapilárou, aby nedošlo ke kontaminaci, a po jedné kapce (celkem 17 kapek), neboť víc kapek najednou by vytvořilo velký kruh, čímž by se kontaminoval nejen samotný vzorek, ale i sousední pozice.
5. Deska s nanesenými vzorky byla na 30 minut vložena do vyvíjecí komory. Po uplynutí této doby byla zkontrolována vzdálenost čela od horní hrany desky, které se však nacházelo ještě asi 5 cm od hrany, vyvíjení ještě pokračovalo.
6. Jakmile čelo dosáhlo vzdálenosti 2 cm od horní hrany, bylo vyvíjení ukončeno. Deska byla vytažena z komory, ihned bylo obyčejnou tužkou označeno čelo mobilní fáze a cca 10 minut se deska v digestoři sušila, dokud nepřestala být cítit po kyselině octové.
7. Po vysušení byla deska vyfocena mobilním telefonem při normálním světle, tužkou byla označena pozice viditelných skvrn.

8. Následně byla deska prohlédnuta a vyfocena nejprve pod krátkovlnným UV (254 nm), pozice viditelných skvrn byla zakreslena vlnovkou; poté poddlouhovlnným UV (366 nm) a skvrny byly obkresleny přerušovanou čarou.

9. Deska byla pomocí širokého štětce potřena 10% kyselinou sírovou a na 10 minut vložena do trouby předehřáté na 110 °C, dokud se zřetelně neobjevily vyvolané skvrny.

10. Po vytažení z trouby byla deska znovu vyfocena při denním světle a byly zakresleny nově vzniklé skvrny načervenalých terpenoidů. Nakonec byla deska ještě jednou prohlédnuta a vyfocena pod dlouhovlnným UV a pozice nových skvrn byly zakresleny přerušovanou čarou.

K determinaci byly využívány následující klíče a články: Smith et al. (2009), Ahti et al. (2002), Ahti et al. (2007), Wirth et al. (2013), Orange (2013), Czarnota (2007). Výsledky TLC byly vyhodnoceny na základě publikace Orange et al. (2010). Byla použita nomenklatura, kterou uvádí Smith et al. (2009).

Určené položky byly zaznamenány do databáze a porovnány s checklistem lišejníků Faerských ostrovů (Alstrup et al. 1992). Vedoucí práce poskytl osobní databázi lišejníků rostoucích v Krkonoších, z níž byly vybrány druhy shodující se s určenými položkami z Faerských ostrovů. Tyto druhy byly mezi sebou porovnány z hlediska nadmořské výšky, v níž rostly.

Pro porovnání klimatu byla zvolena metoda tvorby klimadiagramů. Z historických dat meteorologické stanice na Labské boudě, která jsou volně dostupná na stránkách Českého hydrometeorologického úřadu (2023), byl vytvořen klimadiagram pro Krkonoše. Labská bouda byla vybrána proto, že velká část lišejníků byla sbírána právě zde. Klimadiagram pro Faerské ostrovy byl sestaven z dat, která naměřila *Climatic Research Unit z University of East Anglia* a jsou dostupná na webové stránce Climate Change Knowledge Portal (2021). Oba klimadiagramy byly vytvořeny na základě zprůměrování měsíčních teplot a úhrnů srážek v letech 2010–2020.

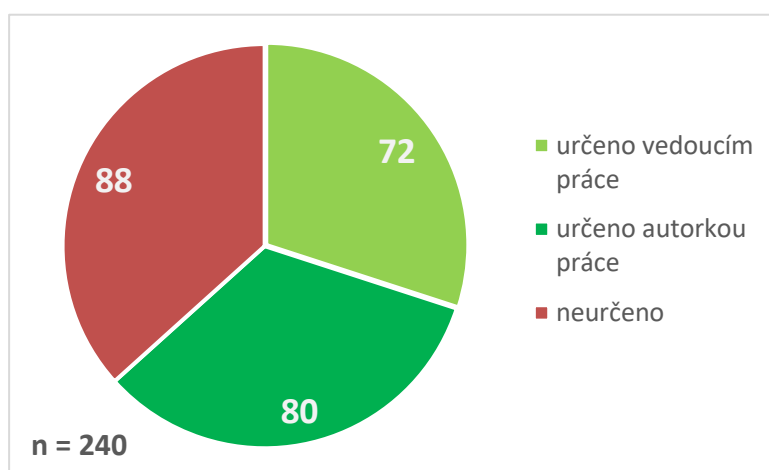
Srovnání geologické stavby bylo realizováno formou rešerše, která je součástí teoretické části této bakalářské práce, a je dále rozvíjeno v diskuzi.



V neposlední řadě byla provedena analýza jednotlivých RVP pro střední školy, jejímž cílem bylo zjistit, jak jsou ve výukovém programu pro SŠ lišejníky zakotveny. Tato analýza je součástí teoretické části a slouží jako prostředek k realizaci didaktického výstupu této práce.

## 2.2 Výsledky

Z celkového počtu 242 herbářových položek lišejníků z Faerských ostrovů byly dvě položky vyřazeny. Jedna z důvodu chemické degradace stélky a druhá kvůli pokročilému stáří plodnic. K určení zbývalo 240 položek, z nichž bylo určeno 152 (63 %). Z toho 72 (47 %) bylo předběžně určeno vedoucím práce a autorkou pouze ověřeno bez diskrepance. 80 (53 %) položek bylo určeno autorkou a zkontrolováno případně opraveno vedoucím práce. Z 240 položek zůstalo z časových důvodů 88 (37 %) neurčeno. Počty určených a neurčených položek znázorňuje Graf 1.



Graf 1 Výsledný stav determinace položek z Faerských ostrovů

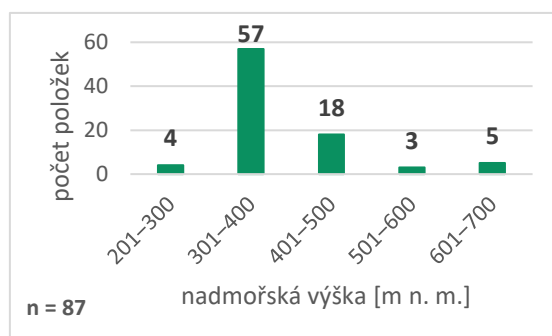
Přibližně dvě třetiny všech položek (n = 242) byly nasbírány na ostrovech Kunoy (33,8 %) a Streymoy (33,1 %). Asi pětina pochází z ostrova Vidoy (22,7 %) a nejméně položek bylo nasbíráno na ostrově Bordoy (10,3 %).

Na sedmi určených položkách byl přítomen více než jeden druh lišejníku. Z toho šest obsahovalo dva druhy (položky č. 22652, 22696, 22705, 22715, 22720 a 22725), položka č. 22714 obsahovala dokonce druhy čtyři. Celkem bylo určeno 67 druhů lišejníků.

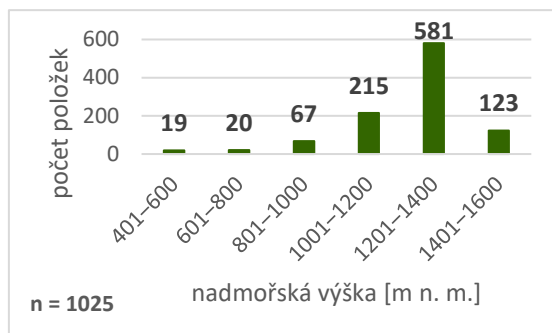
Nejpočetnějším druhem byl lišejník *Pannaria hookeri*, který čítal 14 položek. Druhým nejčastějším lišejníkem byl druh *Cladonia subcervicornis*, který byl zastížen v 10 položkách; a třetím nejčastějším druhem byl *Stereocaulon vesuvianum* přítomen v 9 položkách. Ostatní druhy se většinou vyskytovaly v jednom či dvou exemplářích. Celkový přehled určených druhů včetně čísel položek, v nichž se jednotlivé druhy vyskytovaly, je uveden v Příloze č. 1.

Z 67 určených druhů Alstrup et al. (1992) neuvádí 10 (viz Příloha č. 1). Zbylých 57 druhů Alstrup et al. (1992) uvádí, v některých případech pod starším názvem. Porovnáním s databází krkonošských lišejníků (osobní databáze vedoucího práce) bylo zjištěno 42 shodných druhů (87 položek z Faerských ostrovů), které byly srovnány z hlediska nadmořské výšky, v níž rostly. Četnost herbářových položek shodných druhů v různých nadmořských výškách znázorňuje Graf 2 (Faerské ostrovy) a Graf 3 (Krkonoše).

Z Grafu 2 vyplývá, že většina lišejníků byla sbírána v nadmořské výšce 301 až 500 m n. m. Stejný trend lze pozorovat i v případě, kdy byla nadmořská výška zjišťována u všech položek souboru (n = 242). Tytéž druhy vyskytující se v Krkonoších jsou převážně vázány na polohy vyšší než 1000 m n. m. a nižší než 1401 m n. m., jak ilustruje Graf 3. I v tomto případě se stejný trend vyskytl, když byla nadmořská výška zjišťována u všech položek v databázi (n = 3835). Grafy závislosti všech položek souboru z Faerských ostrovů a souboru z Krkonoš na nadmořské výšce jsou uvedeny v Příloze č. 2. Seznam určených druhů vyskytujících se zároveň na Faerských ostrovech a v Krkonoších včetně porovnání nadmořských výšek je uveden v Příloze č. 3.



Graf 2 Četnosti herbářových položek z Faerských ostrovů vztahované k nadmořské výšce

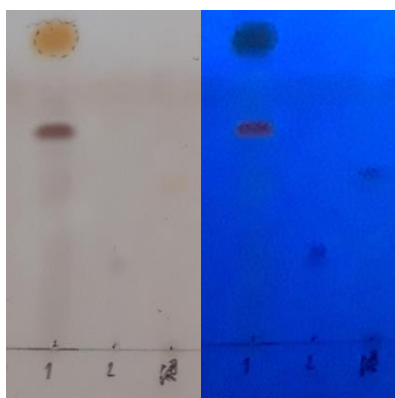


Graf 3 Četnosti herbářových položek z Krkonoš vztahované k nadmořské výšce

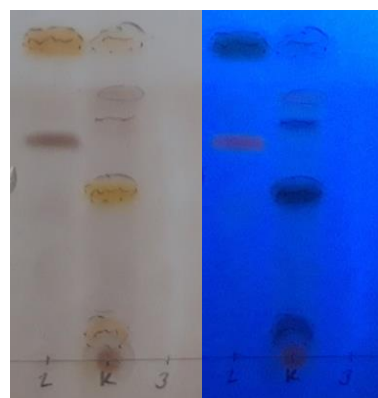
Metoda TLC byla provedena celkem dvakrát, pokaždé se dvěma vzorky (položky č. 22242 a č. 22593), vždy jeden vzorek z položky č. 22242 a jeden z položky č. 22593. U položky č. 22242 vyšla TLC poprvé velmi špatně (málo patrná šedá skvrna), podruhé se skvrna vůbec nevyvinula. U položky č. 22593 sice o v obou pokusech vznikly dvě skvrny v cca shodných pozicích, avšak následná analýza sekundárních metabolitů přinesla sporné výsledky.

Při prvním pokusu (22. 3. 2023) byla položka č. 22593 označena na startovní čáře číslem 1, položka č. 22242 byla označena číslem 2. Jako kontrola byla použita směs atranorinu ( $R_F = 79$ ) a kyseliny norstiktové ( $R_F = 30$ ) (Orange et al. 2010), která se ovšem vůbec nevyvinula.  $R_F$  vzorku č. 1 vyšly 47,5 a 66,25.  $R_F$  vzorku č. 2 byl 18,75. Na Obr. 13 vlevo je deska po vytažení z trouby, vpravo pod dlouhovlnným UV zářením.

Druhý pokus byl proveden 23. 3. 2023, kdy byla položka č. 22593 označena číslem 2 a položka č. 22242 číslem 3. Kontrolou byla opět směs atranorinu a kyseliny norstiktové. Při tomto opakování došlo k jejímu vyvinutí.  $R_F$  vzorku č. 2 vyšly 46,25 a 67,5. Na Obr. 14 je vlevo deska po vyndání z trouby a vpravo pod dlouhovlnným UV zářením.



Obr. 13 Část vyvolané desky první TLC. Vzorek 1 je položka č. 22593, vzorek 2 je položka č. 22242, K je kontrola (foto z archivu autorky)

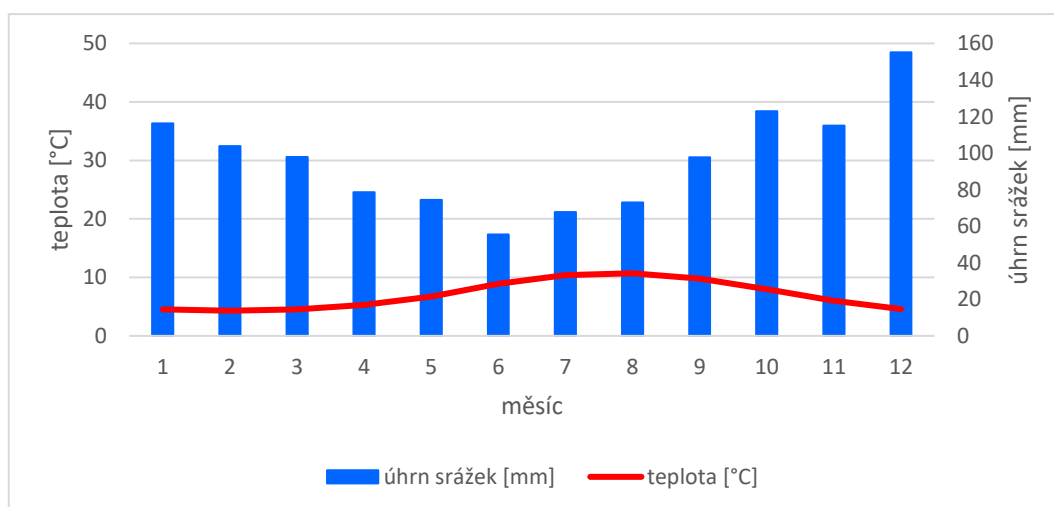


Obr. 14 Část vyvolané desky druhé TLC. Vzorek 2 je položka č. 22593, vzorek 3 je položka č. 22242, K je kontrola (foto z archivu autorky)

V Tab. 2 jsou uvedeny výchozí hodnoty pro konstrukci klimadiagramu Faerských ostrovů, který je na Grafu 4. Výsledné měsíční teploty a úhrny srážek vznikly zprůměrováním příslušných dat naměřených v průběhu let 2010 až 2020. Všechna tato data jsou součástí Přílohy č. 4. Z dat v Tab. 2 byla vypočítána průměrná roční teplota na Faerských ostrovech, která je 7 °C. Dále byl vypočítán roční úhrn srážek, který činí 1157,8 mm.

Tab. 2 Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek za roky 2010 až 2020 pro Faerské ostrovy

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
teplota [°C]	4,5	4,3	4,5	5,3	6,7	8,9	10,4	10,7	9,8	8	6	4,6
úhrn srážek [mm]	116,3	103,8	97,8	78,6	74,4	55,5	67,7	72,9	97,7	122,9	115,1	155,1

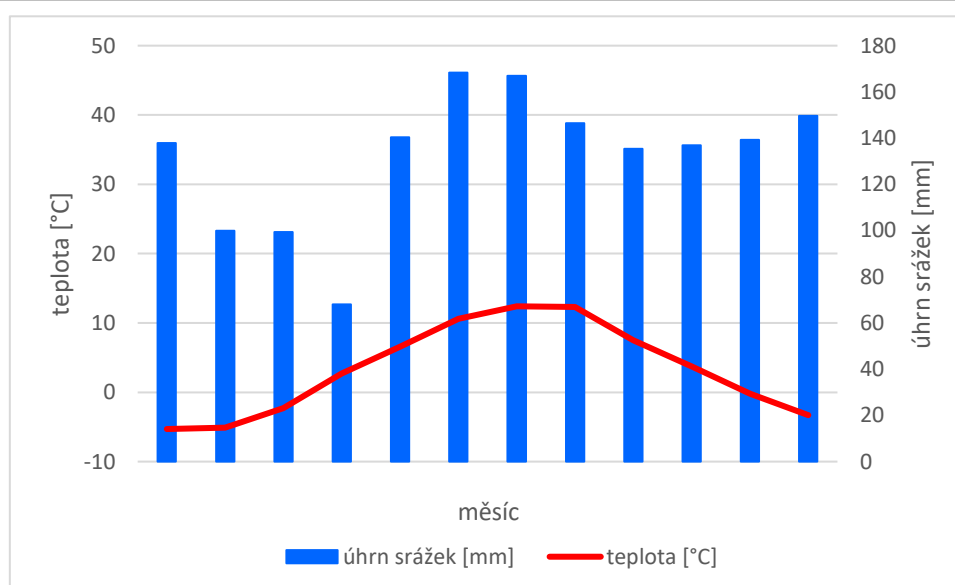


Graf 4 Klimadiagram pro Faerské ostrovy

Stejným způsobem byl sestaven i klimadiagram pro Krkonoše nacházející se na Grafu 5. Výchozí hodnoty průměrných měsíčních teplot a úhrnů srážek obsahuje Tab. 3. Všechna data, která byla použita k získání průměrných hodnot, jsou uvedena v Příloze č. 4. Z dat v Tab. 3 byla vypočítána průměrná roční teplota, která je 3,3 °C. Roční úhrn srážek činí 1588,1 mm.

Tab. 3 Průměrné měsíční teploty a úhrny srážek za roky 2010 až 2020 pro Krkonoše

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
teplota [°C]	-5,3	-5,1	-2,3	2,7	6,6	10,6	12,4	12,3	7,5	3,7	-0,2	-3,3
úhrn srážek [mm]	137,9	99,9	99,3	68	140,3	168,4	166,9	146,4	135,3	136,9	139,2	149,6



Graf 5 Klimadiagram pro Krkonoše

Z klimadiagramů je patrné, že v obou sledovaných oblastech je humidní klima, srážky vždy převažují nad výparem a jsou v průběhu roku víceméně rovnoměrně rozloženy.

Na Faerských ostrovech teploty neklesají pod bod mrazu. Nejchladněji je zde v průběhu prosince až března, kdy se průměrná teplota pohybuje v rozmezí 4 až 5 °C. Z Tab. 4 Přílohy č. 4 lze vyčíst, že nejchladněji bylo v únoru 2010, kdy se teplota pohybovala v průměru okolo 2 °C. Nejteplejšími měsíci jsou červenec a srpen, kdy se průměrná teplota pohybuje okolo 10,5 °C. V červenci 2014 byla průměrná teplota dokonce 11,5 °C. Jedná se o nejvyšší průměrnou měsíční teplotu zaznamenanou v letech 2010 až 2020.

Oproti Faerským ostrovům je v Krkonoších teplotní rozdíl mezi zimou a létem výraznější. Mrznout začíná v listopadu a průměrná teplota se pod nulou drží až do dubna, kdy nastává oteplení v průměru o 4,4 °C. Stejně jako v případě Faerských ostrovů, i zde jsou nejteplejšími měsíci červenec a srpen s průměrnou teplotou přibližně 12 °C. V září je patrný výrazný pokles průměrné teploty o 4,8 °C, který pokračuje až do listopadu, kdy přicházejí první mrazy. Data v Tab. 5 Přílohy č. 4 ukazují, že nejchladnějším měsícem byl leden 2010 s průměrnou teplotou -9,4 °C. Naopak nejtepleji bylo v průběhu srpna 2014, kdy průměrná teplota překonala 14 °C.

Na Faerských ostrovech je měsícem s nejvyšším úhrnem srážek prosinec, kdy v průměru spadne téměř 160 mm srážek. Z Tab. 4 v Příloze č. 4 lze vyčíst, že v letech 2010 až 2020 klesl průměrný prosincový úhrn srážek pod hodnotu 100 mm pouze dvakrát. Poprvé v roce 2010 (77,6 mm) a podruhé o dva roky později, v roce 2012 (96,2 mm). Vůbec nejvyšší úhrn srážek za sledované období byl ten prosincový z roku 2013, kdy spadlo 201,4 mm srážek. Relativně nejméně deštivým měsícem je červen s průměrným úhrnem srážek 55,5 mm. V červnu roku 2016 činil měsíční úhrn srážek pouhých 27,4 mm.

S necelými 170 mm náleží červen a červenec k měsícům s nejvyšším úhrnem srážek v Krkonoších. Jak lze vyčíst z Tab. 5 v Příloze č. 4, tak na počátku minulé dekády oscilovaly hodnoty červnových a zejména červencových úhrnů srážek okolo 200 mm. Vůbec nejvyšším měsíčním úhrnem uplynulého desetiletí byl však byl ten listopadový z roku 2015, který činil 330,4 mm. Z klimadiagramu je patrné, že měsícem s průměrně nejnižšími srážkami je duben. V dubnu 2020 spadlo pouhých 18,3 mm srážek. Měsícem s nejnižším úhrnem srážek za období posledních deseti let ovšem není duben, nýbrž říjen 2011, jehož úhrn srážek byl pouhých 2,7 mm.

Hlavní didaktický výsledek práce (pracovní list) je součástí Přílohy č. 5.

### 3 Diskuze

Z výsledků práce vyplývá několik klíčových bodů:

- 1) Z počtu 240 herbářových položek bylo určeno 152. Celkem bylo určeno 67 druhů lišejníků, z nichž 10 Alstrup et al. (1992) neuvádí v checklistu lišejníků Faerských ostrovů.
- 2) Většina položek byla určena kombinací mikroskopické metody a bodových testů. Determinace dvou položek byla doplněna o metodu TLC.
- 3) Na Faerských ostrovech a v Krkonoších se i přes odlišnou nadmořskou výšku, geologickou stavbu a klima vyskytuje vysoké procento shodných druhů.

Ad 1)

Determinace herbářových položek byla prvním cílem práce. Probíhala průběžně od listopadu 2021 do března 2023. Většina položek byla určena v průběhu července, srpna, října a prosince 2022, poslední dvě položky byly určeny v březnu 2023.

Neurčeno zůstalo 88 položek. Hlavní příčinou byly časové důvody. Poněvadž se autorka práce determinací lišejníků zabývala poprvé, zabralo určení jedné položky v některých případech i několik hodin. Jindy problém spočíval v přípravě mikroskopického preparátu, kdy se nedařilo zhotovit diagnostický řez plodnicí. Některé vzorky náležely k obtížně determinovatelným druhům, které je nutné k přesné identifikaci posílat zahraničním odborníkům.

Druhy, které neuvádí Alstrup et al. (1992) jsou v Příloze č. 1 vyznačeny tučně. Druh *Buellia badia* je dle Kristinssona et al. (2010) pro Arktidu vzácný, ale mimo ni se jedná o poměrně běžný druh. Vyskytuje se ve většině částí Evropy včetně severských zemí (Ahti et al. 2002). Přestože Alstrup et al. (1992) tento druh neuvádí, lze na základě výše zmíněných zdrojů předpokládat, že se zde může vyskytovat.

Alstrup et al. (1992) dále neuvádí druh *Halecania spodomela*. Není zde uveden ani pod jedním z možných synonymních jmen<sup>10</sup>. Kristinsson et al. (2010) uvádí dva druhy *H. alpivaga* a *H. lecanorina*. Dle autorů se druh *H. alpivaga* vyskytuje mimo Arktidu vzácně. Nicméně do stejné kategorie výskytu je zde řazen i lišejník *Aspicilia elevata*, který se dle Alstrupa et al. (1992) na Faerských ostrovech vyskytuje, a dokonce byl v jedné položce určen. Druh *H. lecanorina* se v Arktidě vyskytuje vzácně, mimo ni je relativně hojnější (Kristinsson 2010). *H. spodomela* roste na mírně bazickém podkladu a vyžaduje vysokou vlhkost (Smith et al. 2009). Obě podmínky Faerské ostrovy splňují, je tedy pravděpodobné, že by se rod mohl teoreticky vyskytovat i zde.

Druh *Herteliana gagei* neuvádí ani Kristinsson et al. (2010) a to ani pod některým ze synonym<sup>11</sup>. Podobá se však druhu *Lecidea phaeops* dle Alstrupa et al. (1992) na Faerských ostrovech vyskytuje. Tyto druhy navíc osidlují stejný podklad, vlhké zastíněné balvany obsahující křemen (Smith et al. 2009). Je možné, že položka byla chybně určena a ve skutečnosti se jedná o druh *Lecidea phaeops*.

O druhu *Lecidoma demissum* se autoři checklistu přímo vyjadřují, že tento běžný a široce rozšířený severský lišejník na Faerských ostrovech nenašli (Alstrup et al. 1992). Podle Kristinssona et al. (2010) je tento druh velmi hojný nejen v Arktidě, ale i mimo ni. Makroskopický i mikroskopický popis druhu dle Smith et al. (2009) odpovídá položce, jež byla jako *L. demissum* určena. Existuje tedy vysoká pravděpodobnost, že se tento druh na Faerských ostrovech vyskytuje.

---

<sup>10</sup> *Candelariella spodomela* (Nyl.) Zahlbr., *Lecania spodomela* (Nyl.) A. L. Sm., *Lecanora spodomela* Nyl. (Global Biodiversity Informational Facility 2023)

<sup>11</sup> *Lichen gagei* Sm., *Biatora gagei* (Sm.) Walt. Watson, *Lecidea gagei* (Sm.) A. L. Sm., *Urceolaria gagei* (Sm.) Eaton, *Verrucaria gagei* (Sm.) Borrer (Global Biodiversity Informational Facility 2023)



Dle Kristinnosna et al. (2010) je druh *Pannaria rubiginosa* v některých oblastech mimo Arktidu poměrně hojný. Od podobného druhu *Pannaria hookeri* se odlišuje především barvou plodnic. *P. rubiginosa* má plodnice rezavě hnědé, zatímco *P. hookeri* černé, výjimečně tmavě hnědé. *P. rubiginosa* roste především na mechem porostlé kůře stromů. Na chráněných stanovištích s vysokou vzdušnou vlhkostí však roste i na kamenech; *P. hookeri* vlhké kameny preferuje (Ahti et al. 2007) (Smith et al. 2009). Jako *P. rubiginosa* byly nejprve určeny položky č. 22237, 22586 a 22655. Po důkladnějším makroskopickém porovnání těchto položek byla položka č. 22237 vyhodnocena jako *P. hookeri* s hnědými plodnicemi. Rozdíl je patrný už ve tvaru stélky, kdy *P. rubiginosa* tvoří zřetelnější růžice než *P. hookeri*.

Ačkoliv druh *Peltigera hymenina* Alstrup et al. (1992), podle mapy rozšíření tohoto druhu, kterou uvádí Vitikainen (1994) se zde evidentně vyskytuje. *P. hymenina* je široce rozšířena v oblastech s oceánickým klimatem. Evropský areál tohoto druhu se rozprostírá od severozápadu Pyrenejského poloostrova až za polární kruh (Vitikainen 1994).

Z rodu *Placynthium* se dle Alstrupa et al. (1992) na Faerských ostrovech vyskytují dva druhy, *P. asperellum* a *P. pannariellum*, který se podobá druhu *P. flabellosum* (dříve označován jako *P. pannariellum* f. *sparsum*). Při důkladnějším pozorování je lze od sebe rozeznat podle morfologie stélky. Oba druhy mají korovitou stélku vybíhající v laloky, které jsou u druhu *P. flabellosum* vějířovitě rozšířeny, kdežto i *P. pannariellum* má laloky úzké. *P. pannariellum* je nejvariabilnějším a nejrozšířenějším druhem tohoto rodu (Ahti et al. 2007). Proto je možné, že některé položky byly určeny jako *P. flabellosum*, i když se ve skutečnosti může jednat o *P. pannariellum*.

Druh *Rhizocarpon infernum* f. *sylvaticum* byl dříve stejně jako podobný *R. infernum* f. *infernum* řazen do druhu *R. hochstetteri* (Fryday 2002), který už Alstrup et al. (1992) uvádí. Pro tyto druhy jsou charakteristické askospory s jednou přepážkou, které se víceméně podobají i velikostně. Relativně největší spory má *R. hochstetteri* (21–25 × 8–12 μm), rozměry výtrusů *R. infernum* f. *infernum* se pohybují v rozmezí 15–18 × 7–8,5 μm a *R. infernum* f. *sylvaticum* 17,5–20 × 8,5–11 μm (Smith et al. 2009). Je možné, že při určování došlo k chybnému odečtení rozměrů nebo nebylo změřeno dostatečné množství výtrusů, aby byly výsledné rozměry spolehlivé. Existuje tedy jistá pravděpodobnost, že se ve skutečnosti jedná o druh *R. hochstetteri* a položku bude nutné konzultovat se specialistou na r. *Rhizocarpon*.

Dle Kristinssona et al. (2010) je druh *Rhizocarpon lecanorium* široce rozšířený či běžný mimo Arktidu, kde je ovšem poměrně vzácný. Podobný, ale méně častý *R. ferax* (Smith et al. 2009) už Alstrup et al. (1992) uvádí. Oba druhy rostou na silikátových horninách; *R. lecanorium* preferuje oproti *R. ferax* méně kyselá až mírně zásaditá pH podkladu (Wirth et al. 2013). Nelze proto vyloučit, že by se druh *R. lecanorium* mohl na Faerských ostrovech vyskytovat.

Druh *Solorina spongiosa* se makroskopicky i mikroskopicky velmi podobá druhu *S. saccata*, který se dle checklistu na Faerských ostrovech vyskytuje. Martínez et Rosa (1998) dospěli k závěru, že tyto dva druhy lze spolehlivě rozlišit pouze na základě ornamentace stěny výtrusů, již však pozorovali pod skenovacím elektronovým mikroskopem. Smith et al. (2009) uvádí, že *S. saccata* má tmavší cefalodia a výtrusy ve světelném mikroskopu jako hladké. Dle autorů této publikace však byly zaznamenány i přechodné formy mezi *S. saccata* a *S. spongiosa* (Smith et al. 2009).

Ad 2)

TLC byla použita u položek č. 22242 a 22593. Položka č. 22242 byla předběžně určena jako *Cladonia subcervicornis*. TLC měla tuto volbu buď potvrdit, nebo vyvrátit. Ve druhém případě (položka č. 22593) se jednalo o sterilní vzorek, mikroskopická examinace plodnic byla tedy nemožná a determinace měla být provedena na základě výsledků TLC a makroskopického pozorování. TLC bohužel nepřinesla očekávané výsledky.

Položka č. 22242 byla podrobena důkladnější makroskopické analýze a následně určena jako *Cladonia subcervicornis*. U r. *Cladonia* je vždy přítomna kyselina fumarprotocetrarové, což částečně podpořil i výsledek první TLC, kdy šedá skvrna sice odpovídá kyselině fumarprotocetrarové barvou, ale nikoliv retenčním faktorem. Vypočítaný  $R_F$  (18,75) se neshoduje s tabelovaným  $R_F$  fumarprotocetrarové kyseliny (7) (Orange et al. 2010). Absence atranorinu u tohoto vzorku napovídá, že šupiny patří jinému druhu dutohlávky.

U položky č. 22593 je dle výsledků TLC přítomen atranorin, jemuž odpovídá žlutooranžová barva skvrny a vysoká hodnota vypočítaného  $R_F$  (66,25), která se však neshoduje s hodnotou tabelovanou (79). Druhá skvrna (pod UV zářící oranžově) determinaci značně zkomplikovala. Nepodařilo se vůbec jednoznačně určit, o který sekundární metabolit se jedná. Podle jasné oranžové barvy skvrny pod dlouhovlnným UV zářením a její polohy ( $R_F = 47,5$ ) se může jednat o kyselinu baeomycesovou, ačkoliv se opět neshoduje naměřený  $R_F$  s tabelovanou hodnotou ( $R_F = 42$ ). Kyselině baeomycesové odporuje také hnědočervená barva skvrny, která by v tomto případě měla být oranžová (Orange et al. 2010). Po podrobnější makroskopické analýze a konzultaci s vedoucím práce byl druh nakonec určen jako *Dibaeis baeomyces*.

TLC se nezdařila z několika možných příčin. Nejpravděpodobněji došlo k chybě při přípravě vzorku, jelikož autorka prováděla TLC v minulosti pouze dvakrát, a u lišejníků vůbec poprvé. Z tohoto důvodu mohlo být v návodu něco přehlédnuto. V případě, kdy se u položky č. 22242 neobjevily žádné skvrny, bylo zřejmě použito příliš malé množství vzorku. Dále byla TLC z časových důvodů opakována pouze jedenkrát. Při vícenásobném opakování mohlo být dosaženo směrodatnějších výsledků.

Ad 3)

Z celkového počtu 67 určených druhů se necelých 63 % vyskytuje jak na Faerských ostrovech, tak v Krkonoších. Co je hlavní příčinou toho, že se arктоalpínské druhy lišejníků vyskytují na ostrovech, jejichž nejvyšší vrchol nedosahuje ani 900 m n. m.? Srovnání nadmořských výšek (Grafy 2 a 3) ukázalo, že nadmořská má v tomto ohledu minimální význam.

Z hlediska geologické stavby se Faerské ostrovy a Krkonoše dosti liší. Ostrovy jsou tvořeny čedičem, který svým složením patří mezi bazické horniny (Geology 2019) (Geologická encyklopedie 2007). Skály mají typickou vrstevnatou strukturu, tvořenou střídáním ztuhlé lávy a usazeného pyroklastického materiálu, především sopečného popela (Raška et al 2019).

Hlavní hřeben Krkonoš je oproti tomu tvořen kyselou biotitickou žulou (Klomínský 2018). Bazické horniny, např. vápence, erlany a čediče se zde vyskytují sporadicky, nejvíce v ledovcových karech (Halda et Kučera 2018).

Z klimadiagramů je patrné, že pro výskyt arктоalpínských lišejníků není rozhodující ani nízká teplota, resp. mráz. Oblasti se shodují vysokým úhrnem srážek. Z toho vyplývá, že hlavním faktorem ovlivňujícím výskyt arктоalpínských druhů je pravděpodobně dostupnost vody.

## Závěr

Z výsledků práce vyplývá, že se na Faerských ostrovech a v Krkonoších i přes odlišnou nadmořskou výšku, geologickou stavbu a klima vyskytuje vysoké procento shodných druhů. Hlavní příčinou výskytu arктоalpínských druhů na Faerských ostrovech, jejichž klima je spíše mírné, je s největší pravděpodobností vysoký úhrn srážek. Tyto lišejníky citlivě reagují na vysušení, a proto se druhům, které se v Evropě vyskytují výhradně ve vysokých horských polohách, výborně daří v oblastech, kde téměř neustále prší, jako právě na Faerských ostrovech.

Výsledky praktické části zaměřené na determinaci herbářových položek lze považovat za uspokojivé, neboť se podařilo určit více než polovinu vzorků.

Hlavním výstupem a praktickým přínosem této práce je vytvořený pracovní list, který žáky velmi originálním a nápaditým způsobem seznamuje s Faerskými ostrovy, Krkonošemi a lišejníky, které zde rostou. Při jeho tvorbě byl kladen důraz na komplexnost, integraci více předmětů (např. práce se školním atlasem) a rozvoj čtenářské gramotnosti (obzvláště schopnosti práce s textem, grafy a tabulkami). Celá problematika lišejníků, Faerských ostrovů a Krkonoš byla zasazena do jednotného rámce, který lze nazvat „rodina Dutohlávkových“.

Cílem využití postav včetně jejich grafického znázornění je vtažení žáků do děje, díky čemuž by měli pracovat s chutí. Tomuto účelu má sloužit i ladění textu jednotlivých úloh. Pracovní list byl komponován tak, aby v něm byla patrná jistá gradace, jejímž prostřednictvím žáci neztratí zájem o práci. Proto jsou samotné lišejníky uvedeny až na konci, jak se říká, „to nejlepší na konec“.

Bylo vybráno celkem pět druhů, které se shodně vyskytují na Faerských ostrovech a v Krkonoších. Výběr byl uzpůsoben tak, aby byly zastoupeny všechny morfologické typy stélek. Důležitým faktorem výběru byla i pravděpodobnost, s níž budou žáci znát alespoň rody těchto druhů.

Proto byly vybrány tyto druhy: *Cladonia gracilis* (rod *Cladonia* uvádí většina učebnic, nejčastěji v podobě druhu *C. rangiferina*), *Peltigera canina* (tento druh učebnice často uvádějí jako příklad lišejníku se sinicovým fotobiontem), *Cetraria aculeata* (předpokládá se znalost rodu prostřednictvím druhu *C. islandica*) a *Rhizocarpon lavatum* (spousta učebnic uvádí *R. geographicum* jako typický příklad korovité stélky). Posledním vybraným druhem byla *Verrucaria margacea* kvůli plodnicím typu peritecium.

Velmi důležitou součástí pracovního listu je hodnocení, které žáci provedou na konci. Byla zvolena poněkud netradiční forma zaměřená na hodnocení toho, jak se žáci při práci cítili. Na základě žákovského hodnocení učitel získá zpětnou vazbu o tom, jestli byl výběr úloh vhodný a posiloval zájem žáků o danou problematiku.

Pracovní list sice obsahuje pouze čtyři úlohy, ty jsou však poměrně obsáhlé. Vypracování zabere více času, pravděpodobně celých 45 minut. Časová náročnost může omezit využití ve výuce, ale záleží pouze na učiteli, jak se k tomu postaví. Ideální je zařadit jej ihned po probrání tématu lišejníky. Autorka by jej optimálně využila v maturitním semináři biologie k rozšíření učiva o lišejnících.

Možným pokračováním práce je v první řadě určení zbytku herbářových položek, případně doplněné o využití sofistikovanějších metod (např. DNA barcoding). Dále by mohl být nejen pro potřeby výuky vytvořen z určených položek fotografický atlas, který by obsahoval jak makroskopické fotografie stélek, tak i mikroskopické fotografie řezů plodnicemi a výtrusů.

# Seznam použité literatury a dalších zdrojů

## Literatura

1. AHTI, T. et al. [ed]. 2002. *Nordic Lichen Flora Vol. 2*. Udevalla: TH-tryck AB, 116 s. ISBN 978-91-972863-5-4.
2. AHTI, T. et al. [ed]. 2007. *Nordic Lichen Flora Vol. 3*. Udevalla: TH-tryck AB, 224 s. ISBN 978-91-85221-14-1
3. ALSTRUP, V., et al. 1992. The Lichens of the Faroes [online]. *Fróðskaparrit – Faroese Scientific Journal*, **40**: 61-121. ISSN 2445-6144. [cit. 2023-07-04]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.18602/fsj.v40i.622>
4. BENNETT, K. L., S. L. SKILES-JONES a S. STRAWN. 2021. Efficacy of Commercial-Grade Materials fro Thin-Layer Chromatography (TLC) [online]. *Evansia*, **38**(2): 73-83. ISSN 0747-9859. [cit. 2023-07-15]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1639/0747-9859-38.2.73>
5. BOWLER, P.A. a P. W. RUNDEL. 1975. Reproductive strategies in lichens [online]. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **70**(4): 325-340. ISSN 1095-8339. [cit. 2023-07-15]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1975.tb01653.x>
6. BUNGARTZ, F. 2002. A safe and accurate method to apply spor test chemicals to lichen thalli in the laboratory and the field [online]. *Evansia*, **19**(3): 123-124. ISSN 0747-9859. [cit. 2023-07-16]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.5962/p.346550>
7. BÜDEL, B. a C. SCHEIDEGGER. 2008. 4 Thallus morphology and anatomy. In: NASH, T. H. III [eds] *Lichen Biology* [online]. 2. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, s. 40-68. ISBN 9780511790478. [cit. 2023-07-02]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511790478.005>
8. CAPPELEN, J. [ed]. 2019. *The Faroe Islands: DMI Historical Climate Data Collection 1873–2018* [online]. Copenhagen: Danish Meteorological Institute. ISSN 2445-9127. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z: [https://www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Rapporter/TR/2019/DMIREP19-05.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Rapporter/TR/2019/DMIREP19-05.pdf)
9. CZARNOTA, P. 2007. The lichen genus *Micarea* (Lecanorales, Ascomycota) in Poland [online]. *Polish Botanical Studies*, **23**: 1-199. ISSN 0867-0730. [cit. 2023-07-10]. Dostupné z: [https://botany.pl/images/Books/KR171\\_269112\\_PBS23\\_Czarnota-Micarea.pdf](https://botany.pl/images/Books/KR171_269112_PBS23_Czarnota-Micarea.pdf)

10. DEMEK, J. 1965. *Geomorfologie českých zemí*. Praha: Nakladatelství ČSAV, 336 s.
11. ELIX, J. A. 2014. *A Catalogue of Standardized Chromatographic Data and Biosynthetic Relationships for Lichen Substances* [online]. 3. vyd. Canberra: J. A. Elix. [cit. 2023-07-16]. Dostupné z: <https://www.anbg.gov.au/abrs/lichenlist/Chem%20Cat%203.pdf>
12. ENGEL, Z. et al. 2010. Sedimentary evidence of landscape and climate history since the end of MIS 3 in the Krkonoše Mountains, Czech Republic [online]. *Quaternary Science Reviews*, **29**(7-8): 913-927. ISSN 1873-457X. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2009.12.008>
13. FALUABURU, M. S. et al. 2019. Phylotypic Characterization of Mycobionts and Photobionts of Rock Tripe Lichen in East Antarctica [online]. *Microorganisms*, **7**(7): 203. ISSN 2076-2607. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.3390/microorganisms7070203>
14. FOSAA, A. M. 2004a. Altitudinal distribution of plant communities in the Faroe Islands [online]. *Fróðskaparrit – Faroese Scientific Journal*, **51**: 217-236. ISSN 2445-6144. [cit. 2023-07-03]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.18602/fsj.v51i.659>
15. FOSAA, A. M. 2004b. Biodiversity of vascular plant species in mountain vegetation in the Faroe Islands [online]. *Diversity and Distributions*, **10**(3): 217-223. ISSN 1472-4642. [cit. 2023-07-03]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00080.x>
16. FRIEDL, T. a B. BÜDEL. 2008. 2 Photobionts [online]. In: NASH, T. H. III [eds] *Lichen Biology*. 2. vyd. Cambridge: Cambridge University Press, s. 9-26. ISBN 9780511790478. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1017/CB09780511790478>
17. FRYDAY, A. M. 2002. A revision of the species of the Rhizocarpon hochstetteri group occurring in the British Isles [online]. *The Lichenologist*, **34**(6): 451-477. ISSN 1096-1135. [cit. 2023-07-13]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1006/lich.2002.0416>
18. GOGA, M. et al. 2020. Lichen Metabolites: An Overview of Some Secondary Metabolites and Their Biological Potential [online]. In: Mérillon, J.-M., Ramawat, K. [eds] *Co-Evolution of Secondary Metabolites*, Reference Series in Phytochemistry, Cham: Springer. ISBN 978-3-319-96397-6. [cit. 2023-07-10]. Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96397-6_57)
19. GREEN, T. G. A, E. KILIAN a O. L. LANGE. 1991. Pseudocyphellaria dissimilis: a desiccation-sensitive, highly shade-adapted lichen from New Zealand [online]. *Oecologia*, **85**(4): 498-503. ISSN 1432-1939. [cit. 2023-07-05]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1007/BF00323761>



20. HALDA, J. 2015. *Thelidium fumidum* a *Staurothele ambrosiana*, dva vzácné lišejníky z PP Peliny u Chocně [online]. *Orlické hory a Podorlicko*, **22**(1-2): 231-234. ISSN 0475-0640
21. HALDA, J., J. KUČERA a Š. Koval. 2016. *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1 – Mechorosty a lišejníky* [online]. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 440 s. ISBN 978-80-7535-027-5. [cit. 2023-06-29]. Dostupné z: [http://webserv.krnep.cz/data/atlas\\_krkonos\\_1.pdf](http://webserv.krnep.cz/data/atlas_krkonos_1.pdf)
22. HALDA, J. a J. KUČERA. 2018. Nejprobádanější nebo neznámé? Krkonoše z pohledu mechorostů a lišejníků [online]. *Živa*, **2**: 66-70. ISSN 0044-4812. [cit. 2023-07-08]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/nejprobadanejsi-nebo-nezname-krkonose-z-pohledu-me.pdf>
23. HANNON, G. E. a R. H. W. BRADSHAW. 2000. Impacts and Timing of the First Human Settlement on Vegetation of the Faroe Islands [online]. *Quaternary Research*, **54**(3): 404-413. ISSN 1096-0287. [cit. 2023-07-08]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1006/qres.2000.2171>
24. HAWKSWORTH, D. L. a D. J. HILL. 1984. *The Lichen-Forming Fungi*. New York: Springer, 158 s. ISBN 978-0-216-91634-0
25. HENDRYCH, R. 1984. *Fytogeografie*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 224 s. ISBN 14-416-84
26. HENSKENS, F. L. 2012. Cyanolichens can have both cyanobacteria and green algae in a common layer as major contributors to photosynthesis [online]. *Annals of Botany*, **110**(3): 555-563. ISSN 1095-8290. [cit. 2023-07-03]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcs108>
27. HONEGGER, R. 1998. The Lichen Symbiosis – What is so Spectacular about it? [online]. *The Lichenologist*, **30**(3): 193-212. ISSN 1096-1135. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1006/lich.1998.0140>
28. HONEGGER, R. 2012. 15 The Symbiotic Phenotype of Lichen-Forming Ascomycetes and Their Endo-and Epibionts [online]. In: Hock, B. [ed] *Fungal associations*. The Mycota, vol. 9. 2. vyd. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 287-339. ISBN 978-3-642-30826-0. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-30826-0\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-642-30826-0_15)
29. HONEGGER, R. 2022. 6 Lichens and Their Allies Past and Present [online]. In: Scott, B., Mesarich, C. [eds] *Plant Relationships: Fungal-Plant Interactions*. The mycota, vol. 5. 3. vyd. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 133-183. ISBN: 978-3-031-16503-0. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16503-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16503-0_6)

30. HOUSECROFT, C. E., A. G. SHARPE, Ondřej BENEŠ, et al. 2014. *Anorganická chemie*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1152 s. ISBN 978-80-7080-872-6.
31. HUNECK, S. a I. YOSHIMURA. 1996. Identification of Lichen Substances [online]. In: *Identification of Lichen Substances*. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 11-123. ISBN 978-3-642-85243-5. [cit. 2023-07-09]. Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-85243-5\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-85243-5_2)
32. JAHNS, H. M. 1973. Chapter 1 – Anatomy, Morphology, and Development [online]. In: Ahmadhian, V., Hale, M. E. [eds] *The Lichens*. New York: Academic Press, s. 3-58. ISBN 978-0-12-044950-7. [cit. 2023-07-03]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-044950-7.X5001-6>
33. JENÍK, J. 1961 *Alpínská vegetace Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku: Teorie anemo-orografických systémů*. Praha: Nakladatelství ČSAV, 412 s.
34. JENÍK, J. 1995. *Ekosystémy: Úvod do organizace zonálních a azonálních biotů*. Praha: Karolinum, 135 s. ISBN 80-7184-040-8.
35. KALINA, T. a J. VÁŇA. 2005. *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Praha: Karolinum, 608 s. ISBN 978-80-246-1036-8.
36. KINCL, L., M. KINCL a J. JAKRLOVÁ. 2008 *Biologie rostlin: pro 1. ročník gymnázií*. 4. přeprac. vyd. Praha: Fortuna, 304 s. ISBN 80-716-8947-5.
37. KLOMÍNSKÝ, J. 2018. *The Krkonoše-Jizera Composite Massif: Never Ending Granite Stories* [online]. Prague: Czech Geological Survey, 145 s. ISBN 978-80-7075-929-5. [cit. 2023-07-09]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet-eng/publications/online/download/krkonose-jizera-composite-massif.pdf>
38. KOCIÁNOVÁ, M., J. ŠTURSA aj. VANĚK. 2015. *Krkonošská tundra* [online]. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 48 s. ISBN 978-80-87706-95-4. [cit. 2023-07-09]. Dostupné z: [https://www.krnep.cz/media/klcdvh15/krkonosska\\_tundra\\_web.pdf](https://www.krnep.cz/media/klcdvh15/krkonosska_tundra_web.pdf)
39. KOUKOL, O. 2015. Když se řekne vřecko [online]. *Živa*, 1: 8-11. ISSN 0044-4812. [cit. 2023-07-15] Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/kdyz-se-rekne-vrecko.pdf>
40. KRISTINSSON, H., M. ZHURBENKO a E. S. HANSEN. 2010. *Panartic checklist of lichens and lichenicolous fungi* [online]. CAFF Technical Report No 20, CAPP International Secretariat, Akureyri, Iceland, July 2010. 123 s. cit. 2023-07-04]. Dostupné z: <http://library.arcticportal.org/1305/>

41. LETROUIT-GALINOÛ, M.-A. 1973. Chapter 2 – Sexual Reproduction [online]. In: Ahmadian, V., Hale, M. E. [eds] *The Lichens*. New York: Academic Press, s.59-90. ISBN 978-0-12-044950-7. [cit. 2023-07-15]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-044950-7.50007-6>
42. LIŠKA, J. 2000. Vázaný a nevázaný život lišejníků [online]. *Vesmír*, **79**(11): 623. ISSN: 1214-4029. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-11/vazany-nevazany-zivot-lisejniku.html>
43. MAGAIN, N., B. GOFFINET a E. SÉRUSIAUX. 2012. Further photomorphs in the lichen family Lobariaceae from Reunion (Mascarene archipelago) with notes on the phylogeny of Dendroscocaulon cyanomorphs [online]. *The Bryologist*, **115**(2): 243-254. ISSN 1938-4378. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/23321026>
44. MAGAIN, N. a E. SÉRUSIAUX. 2014. Do Photobiont Switch and Cephalodia Emancipation Act as Evolutionary Drivers in the Lichen Symbiosis? A Case Study in the Pannariaceae (Peltigerales) [online]. *PLoS ONE*, **9**(2): e89876. ISSN 1932-6203. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089876>
45. MARTÍNEZ, I. a A. R. BURGAZ. 1998. Revision of the genus Solorina (Lichenes) in Europe based on spore size variation [online]. *Annales Botanici Fennici*, **35**(2): 137-142. ISSN 0003-3847. [cit. 2023-07-12]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/23726541>
46. MATOS, P. et al. 2015. Lichen traits responding to aridity [online]. *Journal of Ecology*, **103**(2): 451-458. ISSN 1365-2745. [cit. 2023-07-16]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12364>
47. OBERWINKLER, F. (2001). 12 Basidiolichens [online]. In: Hock, B. [eds] *Fungal Associations*. The Mycota, vol. 9. Berlin, Heidelberg: Springer, s. 211–225. ISBN: 978-3-662-07334-6. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-07334-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-662-07334-6_12)
48. ORANGE, A. 2013. *British and Other Pyrenocarpous Lichens: Version 2* [online]. Cardiff: Department of Biodiversity and Systematic Biology, National Museum of Wales. [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://museum.wales/media/13849/Orange-A-2013-British-and-other-pyrenocarpous-lichens.pdf>
49. ORANGE, A., P. W. JAMES a F. J. WHITE. 2010. *Microchemical Methods for the Identification of Lichens* [online]. 2. dopl. a oprav. vyd. London: British Lichen Society, 101 s. ISBN 978-0-9540418-9-2. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z: <https://britishlichensociety.org.uk/sites/default/files/document-downloads/Orange%20Microchemical%20Methods.pdf>

50. PILOUS, V. 1974. Nové naleziště čediče v západních Krkonoších [online]. *Opera Corcontica*, **11**: 203-205. ISSN 1803-1412. [cit. 2023-07-17].  
Dostupné z: [http://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:8:::NO:8:P8\\_ROCNIK\\_ID,P8\\_CLANEK\\_ID,P8\\_CP:11,8,11](http://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:8:::NO:8:P8_ROCNIK_ID,P8_CLANEK_ID,P8_CP:11,8,11)
51. PILOUS, V. 2013. Neživá příroda Krkonoš [online]. *Živa*, **4**: 160-163. ISSN 0044-4812. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z: [https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/neziva-prioda-krkonos.pdf](https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/neziva-priroda-krkonos.pdf)
52. PILOUS, V. 2016a. 15 Krkonoše Mountains: A Case Study of Polygenetic Relief [online]. In: Pánek, T., Hradecký, J. [eds] *Landscapes and Landforms of the Czech Republic*. World Geomorphological Landscapes. Cham: Springer, s. 177-193. ISBN 978-3-319-27537-6. [cit. 2023-07-17].  
Dostupné z doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27537-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27537-6_15)
53. PILOUS, V. 2016b. *Peaks of the Krkonoše Tundra* [online]. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 50 s. ISBN 978-80-7535-040-4. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: [https://www.krnep.cz/media/yk0bc2rd/krnep\\_vrcholy\\_krkonoske\\_tundry\\_aj\\_web.pdf](https://www.krnep.cz/media/yk0bc2rd/krnep_vrcholy_krkonoske_tundry_aj_web.pdf)
54. POKORNÝ, R. et al. 2018. Driftwood in the Eemian interglacial lacustrine unit from the Faroe Islands and its possible source areas: paleobotanical and ichnological analysis [online]. *Boreas*, **47**(4): 1230-1243. ISSN 1502-3885. [cit. 2023-07-14]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1111/bor.12332>
55. RAŠKA, P. et al. 2019. Basaltic Dyke with Specific Volcanogenic Structures and its geomorphic evolution: Unique Geoheritage of the Faroe Islands (North Atlantic Ocean) [online]. *Geoheritage*, **11**(2): 417-426. ISSN 1867-2477. [cit. 2023-07-15]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0296-x>
56. ROZSYPAL, S. [ed] et al. 2003. *Nový přehled biologie*. Praha: Scientia, 797 s. ISBN 978-80-86960-23-4.
57. SCHOFIELD, N. et al. 2017. Regional magma plumbing and emplacement mechanisms of the Faroe-Shetland Sill Complex: implications for magma transport and petroleum systems within sedimentary basins [online]. *Basin Research*, **29**(1): 41-63. ISSN 1365-2117. [cit. 2023-07-14].  
Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1111/bre.12164>
58. SKOOG, D. A., et al. 2019. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 984 s. ISBN 978-80-7592-043-0.
59. SMITH, E. C. et al. 1998. Intra-specific variation in the photosynthetic responses of cyanobiont lichens from contrasting habitats [online]. *The New Phytologist*. **138**(2): 213-224. ISSN 1469-8137. [cit. 2023-07-14].  
Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1998.00106.x>

60. SMITH, C. W. et al. 2009. *The Lichens of Great Britain and Ireland*. 2. dopl. vyd. London: British Lichen Society, 1046 s. ISBN 978-0954041885
61. SOUKUPOVÁ, L. et al. 1995. Arkto-alpínská tundra v Krkonoších (Vysoké Sudety) [online]. *Opera Corcontica* **32**: 5-88. ISSN 1803-1412. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: [http://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:8:::NO:8:P8\\_ROCNIK\\_ID,P8\\_CLANEK\\_ID,P8\\_CP:32,1,12](http://opera.krnep.cz/apex/f?p=103:8:::NO:8:P8_ROCNIK_ID,P8_CLANEK_ID,P8_CP:32,1,12)
62. ŠTURSA, J. 2013. Arktoalpínská tundra Krkonoš [online]. *Živa*, **4**: 171-174. ISSN 0044-4812. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/arktoalpínska-tundra-krkonos.pdf>
63. TESAŘÍKOVÁ, P. [ed] et al. 2018. *Školní atlas: Česká republika a Evropa*. Zádveřice: SHOCart, 64 s. ISBN 978-80-7224-247-4
64. TOLASZ, R. et al. 2007. *Atlas podnebí Česka*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
65. TREVELYAN, W. C. 1837. *On the vegetation and temperature of the Faroe Islands* [online]. Florence: F. Bencini, 20 s. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: [https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=YcUZAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=faroe+islands+vegetation&ots=j7RqQEvBYw&sig=Vx-XIZRUjWP1g3U8ah0zr9Y51pk&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](https://books.google.cz/books?hl=cs&lr=&id=YcUZAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=faroe+islands+vegetation&ots=j7RqQEvBYw&sig=Vx-XIZRUjWP1g3U8ah0zr9Y51pk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)
66. QUITT, E. 1971. *Klimatické oblasti Československa*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 82 s. *Studia geographica*.
67. VANĚK, J. 2022. *Krkonoše cestou necestou* [online]. Vrchlabí: Správa Krkonošského národního parku, 256 s. ISBN 978-80-7535-135-7. [cit. 2023-07-17]. Dostupné z: [https://www.krnep.cz/media/nr3akli1/krnep-krkonose-cestou-necestou\\_w.pdf](https://www.krnep.cz/media/nr3akli1/krnep-krkonose-cestou-necestou_w.pdf)
68. VITIKAINEN, O. 1994. Taxonomic revision of Peltigera (lichenized Ascomycotina) in Europe. *Acta Botanica Fennica*. **152**(1): 1-96. ISSN 0001-5369.
69. WIELGOLASKI, F. E. [ed]. 1997. *Polar and alpine tundra*. Ecosystems of the World 3. Amsterdam: Elsevier, 920 s. ISBN 0-444-88265-0
70. WIRTH, V., M. HAUCK a M. SCHULTZ. 2013. *Die Flechten Deutschlands 1, 2*. Stuttgart: Ulmer, 1246 s. ISBN 978-3-8001-5903-1.
71. WIRTZ, N. et al. 2003. Lichen fungi have low cyanobiont selectivity in maritime Antarctica [online]. *New Phytologist*. **160**(1): 177-183. ISSN 1469-8137. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z doi: <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00859.x>



## Další zdroje

1. ARNFIELD, A. J. 2020. Köppen climate classification. In: Encyklopaedia Britannica [online]. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/Koppen-climate-classification>
2. *British Lichen Society* [online]. 2023. [cit. 2023-07-16]. Dostupné z: <https://britishlichensociety.org.uk/learning/chemical-tests>
3. Climate – Faroe Islands. 2023. In: *Climates to travel World Climate Guide* [online]. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z <https://www.climatestotravel.com/climate/faroe-islands>
4. *Climate Change Knowledge Portal* [online]. 2021. [cit. 2023-06-24]. Dostupné z: <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/faroe-islands/climate-data-historical>
5. *Český hydrometeorologický úřad* [online]. 2023. [cit. 2023-06-24]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb>
6. Dioxane. 2023. In: *National Center for Biotechnology Information* [online]. [cit. 2023-07-13]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Dioxane>.
7. Faroe Islands in Brief. 2019. In: *Faroeislands.fo The Official Gateway to the Faroe Islands* [online]. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z <https://www.faroeislands.fo/the-big-picture/in-brief/>
8. Geography. 2019. In: *Faroeislands.fo The Official Gateway to the Faroe Islands* [online]. [cit. 2023-07-10]. Dostupné z: <https://www.faroeislands.fo/nature-environment/geography/>
9. Geology. 2019. In: *Faroeislands.fo The Official Gateway to the Faroe Islands* [online]. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z <https://www.faroeislands.fo/nature-environment/geology/>
10. *Global Biodiversity International Facility* [online]. 2023 [cit. 2023-07-18]. Dostupné z: <https://www.gbif.org/>
11. *Krkonoše* [online]. 2020 [cit. 2023-07-10]. Dostupné z: <https://www.krkonose.eu/krkonose-hory-mnoha-nej>
12. LIST, A. 2010. Faroe Islands map with island names. In: *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2023-06-29]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faroe\\_islands\\_map\\_with\\_island\\_names-2.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faroe_islands_map_with_island_names-2.JPG)

13. *Mapy.cz* [online]. 2023. [cit. 2023-06-29]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?l=0&x=-3.0405385&y=61.1018991&z=5>
14. Metody zvyšující kontrast zobrazení ve světelném mikroskopu. 2012. In: *Virtuální knihovna Katedry biologických a biochemických věd Univerzity Pardubice* [online]. [cit. 2023-07-08]. Dostupné z: <https://dokumenty.upce.cz/FCHT/kbbv-vk/opt.mikr.met.ve-zdra./metody-zvysujici-kontrast-zobrazeni-ve-svetelnem-mikroskopu.pdf>
15. *Multimediální atlas hornin* [online]. 2013 [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: <https://atlas.horniny.sci.muni.cz/metamorfovane/ortorula.html>
16. *On-line Geologická encyklopedie* [online]. 2007 [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
17. *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia* [online]. 2021. Praha: MŠMT [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/#2-aktualizace-rvp-pro-gymn%C3%A1zia-s-%C3%BA%C4%8Dinnost%C3%AD-od-1-z%C3%A1%C5%99%C3%AD-2022>
18. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělávání 16-01-M/01 Ekologie a životní prostředí* [online]. 2020. Praha: MŠMT [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-stredniho-odborneho-vzdelavani-rvp-sov/obory-l-a-m/16-ekologie-a-ochrana-zivotniho-prostredi/>
19. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělávání 16-02-M/01 Průmyslová ekologie* [online]. 2020. Praha: MŠMT [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-stredniho-odborneho-vzdelavani-rvp-sov/obory-l-a-m/16-ekologie-a-ochrana-zivotniho-prostredi/>
20. *Rámcový vzdělávací program pro obor vzdělávání 78-42-M05 Přírodovědné lyceum* [online]. 2020. Praha: MŠMT [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-stredniho-odborneho-vzdelavani-rvp-sov/obory-l-a-m/78-lycea/>
21. *Správa KRNAP* [online]. 2023 [cit. 2023-07-03]. Dostupné z <https://www.krnep.cz/priroda/prirodni-pomery/>
22. Systém kurikulárních dokumentů. 2023. In: *Metodický portál RVP.cz* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://digifolio.rvp.cz/view/view.php?id=12123>

23. The Faroese Weather. 2019. In: *Faroeislands.fo The Official Gateway to the Faroe Islands* [online]. [cit. 2023-07-01]. Dostupné z <https://www.faroeislands.fo/nature-environment/climate-weather/>
24. *Visit Faroe Islands* [online]. [cit. 2023-06-30]. Dostupné z <https://visitfaroeislands.com/en/about1/about0/did-you-know>



# Přílohy

## Příloha č. 1

Abecední seznam všech určených druhů. Tučný řez identifikačního čísla označuje položku, na níž byl přítomen více než jeden druh. Tučný řez názvu druhu označuje druh, který neuvádí Alstrup et al. (1992).

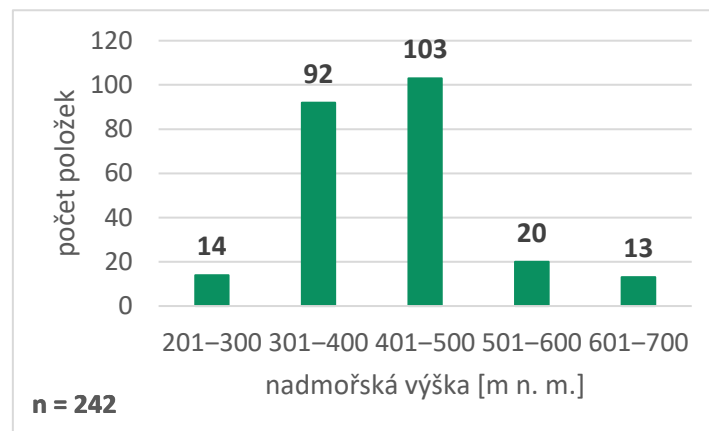
druh	identifikační číslo herbářové položky
<i>Aspicilia elevata</i> (Lynge) J. W. Thompson	22239
<i>Baeomyces placophyllus</i> Ach.	22254
<i>Bellemerea alpina</i> (Sommerf.) Clauzade & Cl. Roux	22676, <b>22652</b> , 22695
<i>Bilimbia sabuletorum</i> (Schreb.) Arnold	22278, 22279
<b><i>Buellia badia</i> (Fr.) A. Massal.</b>	22683
<i>Buellia ocellata</i> (Flot.) Körb.	<b>22715</b>
<i>Catillaria chalybeia</i> (Borrer) A. Massal.	22710
<i>Cetraria aculeata</i> (Schreb.) Fr.	22241, 22739
<i>Cetraria muricata</i> (Ach.) Eckfeldt	22233
<i>Circinaria leproscens</i> (Sandst.) A. Nordin, Savić & Tibell	22694
<i>Cladonia arbuscula</i> agg.	22258, 22259, 22308, 22312
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	22738
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	22735
<i>Cladonia subcervicornis</i> (Vain.) Kernst.	22242, 22249, 22268, 22304, 22581, 22590, 22661, 22693, 22697, 22734
<i>Collema glebulentum</i> (Nyl. ex Crombie) Degel.	22628
<i>Dermatocarpon minutum</i> (L.) W. Mann	22703
<i>Dibaeis baeomyces</i> (L. f.) Rambold & Hertel	22593
<i>Epilichen scabrosus</i> (Ach.) Clem. ex Hafellner.	22733
<i>Farnoldia jurana</i> (Schaer.) Hertel	22712, <b>22714</b>
<i>Gilbertaria contristans</i> (Nyl.) M. Svensson & Fryday	22723
<i>Gyalecta jenensis</i> (Batsch) Zahlbr.	22641
<i>Haematomma ochroleucum</i> (Necker) J. R. Laundon	22645, 22622
<b><i>Halecania spodomela</i> (Nyl.) M. Mayrhofer</b>	22287, 22293
<i>Henrica melaspora</i> (Taylor) Savić & Tibell	<b>22652</b> , 22706, <b>22720</b> , 22729
<b><i>Herteliana gagei</i> (Sm.) J. R. Laundon</b>	22719

<i>Ionaspis lacustris</i> (With.) Lutzoni	22275
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.	22582
<i>Lecanora frustulosa</i> (Dicks.) Ach.	22671
<i>Lecanora intricata</i> (Ach.) Ach.	22263
<i>Lecanora polytropia</i> (Ehrh. ex. Hoffm.) Rabenh.	22707
<i>Lecidea lapicida</i> (Ach.) Ach.	22704
<i>Lecidea lithophila</i> (Ach.) Ach.	22299, 22732
<i>Lecidea plana</i> (J. Lahm) Nyl.	22261, 22264, 22678
<i>Lecidella carpathica</i> Körb.	<b>22715</b>
<i>Lecidella stigmatea</i> (Ach.) Hertel & Leuckert	22251, 22727
<b><i>Lecidoma demissum</i> (Rutstr.) Gotth. Schneid. &amp; Hertel</b>	22702
<i>Micarea lignaria</i> (Ach.) Hedl.	22245, 22698
<i>Ochrolechia parella</i> (L.) A. Massal.	22256, 22295, 22592, 22594, 22663, 22672, <b>22696</b>
<i>Pannaria hookeri</i> (Sm.) Nyl.	22237, 22246, 22270, 22271, 22272, 22273, 22274, 22599, 22614, 22631, 22668, 22680, 22700, 22701
<b><i>Pannaria rubiginosa</i> (Ach.) Bory</b>	22586, 22655
<i>Parmelia omphalodes</i> (L.) Ach.	22691, 22699
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	22277, 22717
<i>Peltigera elisabethae</i> Gyeln.	22266, 22294
<b><i>Peltigera hymenina</i> (Ach.) Delise</b>	22713
<i>Peltigera praetextata</i> (Sommerf.) Zopf	22728
<i>Peltigera rufescens</i> (Weiss) Humb.	22252
<i>Pertusaria pseudocorallina</i> (Lilj.) Arnold	22292, 22685
<i>Placopsis gelida</i> (L.) Linds.	22679, 22686, 22687, 22692
<b><i>Placynthium flabellum</i> (Tuck.) Zahlbr.</b>	22231, 22604, 22609, 22627, 22629, 22721
<i>Porpidia crustulata</i> (Ach.) Hertel & Knoph	22718, <b>22720</b>
<i>Porpidia macrocarpa</i> (DC.) Hertel et A. J. Schwab	22309, <b>22714</b>
<i>Porpidia soledizodes</i> (Lamy ex Nyl.) J. R. Laundon	22291, 22602, 22682, 22689
<i>Pseudophebe pubescens</i> (L.) M. Choisy	22235
<i>Psoroma hypnorum</i> (Vahl) Gray	22247, 22269
<i>Rhizocarpon ferax</i> H. Magn.	22265
<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	22288
<b><i>Rhizocarpon infernum</i> f. <i>sylvaticum</i> Fryday</b>	<b>22705</b>

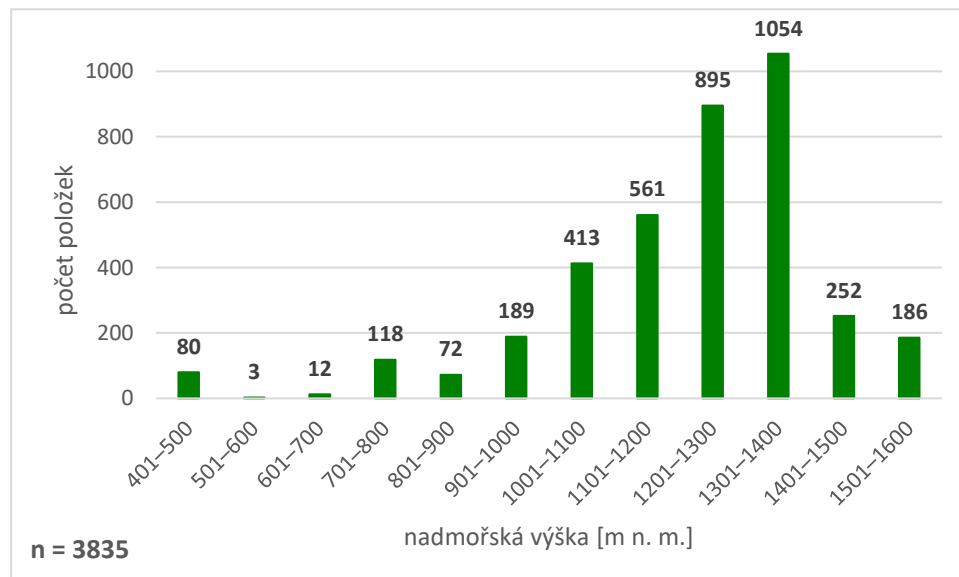
<i>Rhizocarpon lavatum</i> (Fr.) Hazsl.	<b>22705</b> , 22709, <b>22714</b> , <b>22725</b> , 22730
<b><i>Rhizocarpon lecanorinum</i></b> Anders	22674
<b><i>Solorina spongiosa</i> (Sm.) Anzi</b>	22267, 22286, 22625, 22665
<i>Sporastatia polyspora</i> (Nyl.) Grumann	22675, 22681
<i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	22677, 22708, 22736
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	22243, 22260, 22302, 22630, 22643, 22688, 22690, <b>22696</b> , 22716
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner	22608, 22613, 22673, 22684
<i>Thamnotia vermicularis</i> (Sw.) Schaer.	22737
<i>Tremolecia atrata</i> (Ach.) Hertel	22250
<i>Verrucaria margacea</i> (Wahlenb.) Wahlenb.	22711, <b>22714</b> , 22722

## Příloha č. 2

Grafy četností všech položek z Faerských ostrovů a Krkonoš v různých nadmořských výškách.



Graf 6 Četnosti položek z Faerských ostrovů vztahované k nadmořské výšce



Graf 7 Četnosti položek z Krkonoš vztahované k nadmořské výšce

### Příloha č. 3

Abecední seznam určených druhů z Faerských ostrovů, které se vyskytují i v Krkonoších, a porovnání průměrných nadmořských výšek, v nichž tyto druhy rostou na Faerských ostrovech vs v Krkonoších. Legenda: PNV = průměrná nadmořská výška, MNV = maximální nadmořská výška, FO = Faerské ostrovy, K = Krkonoše.

druh	PNV FO [m n. m.]	PNV K [m n. m.]	MNV FO [m n. m.]	MNV K [m n. m.]
<i>Bellemeria alpina</i> (Sommerf.) Clauzade & Cl. Roux	362	1269	420	1529
<i>Bilimbia sabuletorum</i> (Schreb.) Arnold	560	690	560	1342
<i>Cetraria aculeata</i> (Schreb.) Fr.	490	1471	602	1519
<i>Cetraria muricata</i> (Ach.) Eckfeldt	320	1462	320	1520
<i>Cladonia arbuscula</i> agg.	340	1392	350	1526
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	602	1376	602	1520
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	602	1157	602	1520
<i>Cladonia uncialis</i> (L.) Weber ex F. H. Wigg.	354	1428	378	1505
<i>Dermatocarpon miniatum</i> (L.) W. Mann	334	1302	334	1342
<i>Dibaeis baeomyces</i> (L. f.) Rambold & Hertel	420	1474	420	1507
<i>Gilbertaria contristans</i> (Nyl.) M. Svensson & Fryday	317	1315	317	1315
<i>Gyalecta jenensis</i> (Batsch) Zahlbr.	420	1062	420	1342
<i>Henrica melaspora</i> (Taylor) Savić & Tibell	343	1064	420	1064
<i>Ionaspis lacustris</i> (With.) Lutzoni	411	1118	600	1367
<i>Lecanora dispersa</i> (Pers.) Sommerf.	420	1031	420	1558
<i>Lecanora intricata</i> (Ach.) Ach.	370	1338	370	1507
<i>Lecanora polytropa</i> (Ehrh. ex Hoffm.) Rabenh.	317	1254	317	1499
<i>Lecidea lapicida</i> (Ach.) Ach.	334	1319	334	1558
<i>Lecidea lithophila</i> (Ach.) Ach.	451	1119	602	1512
<i>Lecidea plana</i> (J. Lahm) Nyl.	357	1276	370	1555
<i>Lecidella carpathica</i> Körb.	317	1253	317	1356
<i>Lecidella stigmathea</i> (Ach.) Hertel & Leuckert	397	801	477	1558
<i>Lecidoma demissum</i> (Rutstr.) Gotth. Schneid. & Hertel	334	1375	334	1505
<i>Micarea lignaria</i> (Ach.) Hedl.	356	1268	378	1555
<i>Parmelia omphalodes</i> (L.) Ach.	333	1318	334	1505
<i>Peltigera hymenina</i> (Ach.) Delise	317	1067	317	1379
<i>Peltigera praetextata</i> (Sommerf.) Zopf	317	1025	317	1356
<i>Peltigera rufescens</i> (Weiss) Humb.	477	740	477	1379
<i>Placynthium flabellosum</i> (Tuck.) Zahlbr.	403	1276	420	1360
<i>Porpidia crustulata</i> (Ach.) Hertel & Knoph	317	1249	317	1532
<i>Porpidia macrocarpa</i> (DC.) Hertel et A. J. Schwab	324	1297	330	1297
<i>Porpidia soledizodes</i> (Lamy ex Nyl.) J. R. Laundon	338	1229	420	1474
<i>Pseudephebe pubescens</i> (L.) M. Choisy	378	1362	378	1512
<i>Rhizocarpon geographicum</i> (L.) DC.	270	1340	270	1558
<i>Rhizocarpon lavatum</i> (Fr.) Hazsl.	317	1201	317	1430
<i>Rhizocarpon lecanorinum</i> Anders	331	1289	331	1554
<i>Sporastatia polyspora</i> (Nyl.) Grummann	331	1454	331	1513
<i>Stereocaulon alpinum</i> Laurer	417	1253	602	1387
<i>Stereocaulon vesuvianum</i> Pers.	356	1309	420	1512
<i>Tephromela atra</i> (Huds.) Hafellner	376	1274	420	1529
<i>Tremolecia atrata</i> (Ach.) Hertel	477	1399	477	1548
<i>Verrucaria margacea</i> (Wahlenb.) Wahlenb.	317	1177	317	1364

## Příloha č. 4

Tabulky s daty, která byla využita pro tvorbu klimadiagramů.

Tab. 4 Historická měsíční data pro Faerské ostrovy

měsíc rok		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	teplota [°C]	4,2	2,3	4,9	4,9	6,2	8,9	10,5	10,8	9,6	7,9	4,6	3,0
	srážky [mm]	85,7	60,7	97,0	108,0	55,1	42,5	66,1	85,0	50,1	108,2	95,3	77,6
2011	teplota [°C]	4,3	5,3	4,3	7,5	7,6	8,6	9,9	10,2	10,0	8,1	7,9	2,9
	srážky [mm]	71,3	109,6	107,1	78,0	99,2	70,5	51,9	92,8	88,9	171,2	131,0	195,8
2012	teplota [°C]	4,5	5,7	6,1	3,8	5,4	7,4	9,4	10,7	8,8	6,6	5,2	3,5
	srážky [mm]	105,2	107,5	94,9	68,2	87,9	29,0	65,5	55,8	152,0	106,4	133,7	96,2
2013	teplota [°C]	5,1	4,7	3,1	4,2	6,6	9,4	10,7	10,7	9,1	7,7	5,4	4,8
	srážky [mm]	85,6	77,9	41,1	122,7	103,5	44,9	91,6	84,3	111,4	85,9	119,5	201,4
2014	teplota [°C]	5,5	4,5	5,4	6,4	7,1	10,0	11,5	10,8	10,8	8,1	7,9	4,2
	srážky [mm]	150,3	135,8	108,8	87,8	65,0	38,5	68,8	71,7	95,8	142,4	85,5	166,2
2015	teplota [°C]	3,7	4,0	4,4	5,1	5,8	8,1	9,4	11,0	10,2	9,1	6,0	5,1
	srážky [mm]	189,0	129,4	135,2	78,9	111,0	94,6	66,6	70,1	57,9	145,8	177,4	199,0
2016	teplota [°C]	3,2	2,6	4,4	4,2	6,5	9,4	10,5	10,9	10,5	9,2	5,9	6,6
	srážky [mm]	123,3	111,5	73,2	61,6	64,3	27,4	84,2	71,2	152,2	56,0	122,2	152,4
2017	teplota [°C]	5,6	5,7	5,1	5,2	8,0	9,2	10,8	11,0	10,7	8,7	4,6	4,5
	srážky [mm]	129,9	100,9	95,9	85,9	61,7	62,2	56,9	80,5	64,7	139,2	142,2	183,5
2018	teplota [°C]	3,8	4,0	3,6	4,9	7,8	9,1	10,8	10,4	9,3	7,5	7,3	5,8
	srážky [mm]	85,2	81,2	84,9	70,0	82,4	86,7	58,4	83,5	114,1	147,1	78,4	117,1
2019	teplota [°C]	3,9	5,2	4,4	6,6	5,8	8,5	10,9	10,5	9,7	7,5	4,8	5,2
	srážky [mm]	88,3	122,8	125,4	31,4	51,0	65,7	68,1	70,8	82,5	136,3	46,6	175,1
2020	teplota [°C]	5,4	3,8	3,9	5,4	6,8	9,3	9,6	10,5	9,3	7,6	6,9	5,2
	srážky [mm]	166,0	105,1	112,7	71,6	37,4	48,7	66,2	35,9	105,0	113,4	133,8	141,3
průměr	teplota [°C]	4,5	4,3	4,5	5,3	6,7	8,9	10,4	10,7	9,8	8,0	6,0	4,6
	srážky [mm]	116,3	103,8	97,8	78,6	74,4	55,5	67,7	72,9	97,7	122,9	115,1	155,1

Tab. 5 Historická měsíční data pro Krkonoše

měsíc rok		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2010	teplota [°C]	-9,4	-6,1	-3,5	1,6	4,7	10,2	13,4	11	5,4	1,5	-0,5	-8,9
	srážky [mm]	50,7	30	145,9	63,6	189,7	153,6	235,5	487,2	207,5	32,9	213,3	106,2
2011	teplota [°C]	-5,2	-6	-1,4	7	10,2	10	11,9	9,3	3,5	2,2	-3,5	2,89
	srážky [mm]	125,3	62,4	48,7	71	243,1	299,6	185,4	97,2	160,5	2,7	232,9	195,78
2012	teplota [°C]	-5,5	-9,3	-0,5	1,5	7,8	10,1	12	12,1	7,8	3,4	0,2	-5,7
	srážky [mm]	206	150,3	45,9	65,3	91,1	149,8	242,6	148,3	48,3	74,8	103,5	112,2
2013	teplota [°C]	-5,9	-6,5	-7	1,6	5,9	10	12,8	12,2	5,8	4,7	-0,8	-5,7
	srážky [mm]	158,5	99,6	41,9	86	178,1	303	242,6	107	206,5	70,9	146	112,2
2014	teplota [°C]	-3,2	-3	1,3	3,9	5,7	9	13,4	9,7	9,3	6	2,2	-3,7
	srážky [mm]	56,3	20,7	126,4	65,9	211,7	97,1	251,1	102,1	153	112,6	29,8	238,7
2015	teplota [°C]	-4,7	-4,5	-1,7	1	5,6	9,1	12,8	16,2	7	3,5	1,8	-0,1
	srážky [mm]	192,7	18,1	161,6	72,1	71,9	177,5	110,6	76,4	110,8	70,6	330,4	68,7
2016	teplota [°C]	-5,6	-3,5	-2,9	1,2	7,5	11	12	11,1	10,9	1,7	-2,2	-2,6
	srážky [mm]	118,8	180,1	67	71,6	83,9	173,2	168,5	85,8	90,2	220,2	80,1	136,8
2017	teplota [°C]	-6,6	-2,6	-0,3	-0,5	7,3	11	11,7	12,4	6	4,2	-1,4	-4,7
	srážky [mm]	123,7	137,6	119,9	123,2	56,2	132,9	167,6	114,7	200,8	329,2	160	151,5
2018	teplota [°C]	-3,5	-9,8	-5,3	6,4	10,1	10,8	13,2	14,4	9,6	5	0,5	-3,6
	srážky [mm]	193,9	30,1	79,8	68,8	70,8	143,2	127	70,1	71,9	151,5	23,5	300,1
2019	teplota [°C]	-6,9	-1,9	-1,1	3,1	4	14,9	12,1	13,1	7,5	5,1	0,6	-2,4
	srážky [mm]	185,1	50,5	157,1	41,8	182,6	37,7	46,6	102,9	141	145,4	157	140,6
2020	teplota [°C]	-2	-3,1	-2,8	3	4,1	10,4	11,2	13,4	9,5	3,7	1,3	-2,3
	srážky [mm]	105,4	319,8	97,6	18,3	164,4	184,4	58,5	218,2	97,9	295,6	54,4	82,5
průměr	teplota [°C]	-5,3	-5,1	-2,3	2,7	6,6	10,6	12,4	12,3	7,5	3,7	-0,2	-3,3
	srážky [mm]	137,9	99,9	99,3	68,0	140,3	168,4	166,9	146,4	135,3	136,9	139,2	149,6

## Příloha č. 5

Didaktický výstup v podobě pracovního listu (červeně autorské řešení).



Dobrý den, jmenuji se Arnošt Dutohlávka. Jsem amatérským lichenologem a milovníkem severských zemí. Já a členové mé rodiny vás budeme provázet tímto pracovním listem.

## ÚLOHA 1

Pan Dutohlávka pracuje pro firmu Bakkafrost, která se zabývá farmovým chovem lososů. Když se dozvěděl, že celý příští rok stráví služebně v místě hlavního sídla firmy, na Faerských ostrovech, rozhodl se, že si o této lokalitě něco zjistí. Usedl tedy za počítač jenom proto, aby zjistil, že nefunguje internet. Tak teda pěkně postaru, půjčil si synův školní atlas a jal se hledat Faerské ostrovy.

Ted' si i vy otevřete váš atlas a s jeho pomocí se pokuste vypracovat následující úkoly.

1. Zapište přibližné zeměpisné souřadnice Faerských ostrovů (nejbližší rovnoběžka a poledník).

60° s. š., 5° z. d.

2. Popište geografickou polohu Faerských ostrovů.

Leží v severním Atlantickém oceánu mezi Islandem (SZ), Britskými ostrovy (J) a Skandinávským poloostrovem (V). (více možných správných odpovědí, důležité je, aby žáci při lokalizaci použili světové strany, a ne směry nahore, dole, vpravo, vlevo)

Internet začal opět fungovat, takže se pan Dutohlávka mohl ponořit do podrobnějšího zkoumání. A vy můžete taky! Naskenujte QR kód, který vás přenese na stránky věnované Faerským ostrovům. Během 10 minut si je projděte a pak napište 3 věci, které vás zaujaly/překvapily/šokovaly/líbily se vám apod.



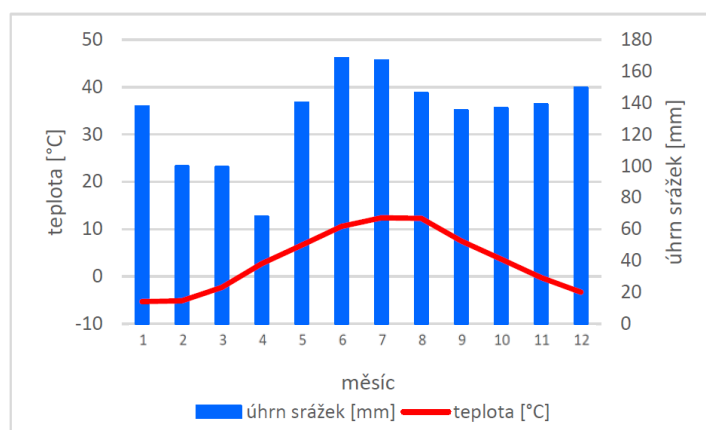
Neexistuje správné/špatné řešení. Záleží na každém žáku, co si vybere. Mě např. zaujalo, že v hlavním městě je veřejná doprava zcela zdarma, na celých Faerských ostrovech je jen pět semaforů a na nejmenším osídleném ostrově žijí jen dvě rodiny.

## ÚLOHA 2

Syn pana Dutohlávky, Čeněk, se připravuje na maturitu a ve volném čase se zajímá o lišejníky. Když to všechno dopadne dobře, v půlce května bude mít hotovo a od října nastoupí na VŠ. Za odměnu plánuje s kamarády pomaturitní výlet do Krkonoš. Shodli se na tom, že se chtějí vyhnout návalu turistů a frontám na Sněžku v prázdninové sezóně. Dále chtějí co nejmíň zmoknout a netahat s sebou zimní bundy, které by oblékli, pokud by průměrná teplota klesla pod 5 °C.

Prostudujte si tabulku a k ní náležitě klimadiagram a porad'te Čeňkovi, kdy bude nejlepší vyrazit do Krkonoš, aby byly splněny všechny tři podmínky.

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
teplota [°C]	-5,3	-5,1	-2,3	2,7	6,6	10,6	12,4	12,3	7,5	3,7	-0,2	-3,3
úhrn srážek [mm]	137,9	99,9	99,3	68	140,3	168,4	166,9	146,4	135,3	136,9	139,2	149,6



Prostor pro vaše doporučení

Červenec a srpen nepřipadají v úvahu kvůli prázdninovému návalu turistů. Nejmenší úhrn srážek sice připadá na duben, ale to se bude čeněk intenzivně připravovat na maturitu, takže nikam jet nemůže. Další podmínkou je teplota, která v průměru nesmí klesnout pod 5 °C. To, kromě vyloučeného července a srpna, splňují květen, červen a září. Z těchto měsíců musí být vyřazen červen kvůli vysokým srážkám. Zbývá květen a září, v květnu je úhrn srážek vyšší o 5 mm. Správná odpověď je, že nejlepší bude do Krkonoš vyrazit v září.

### ÚLOHA 3

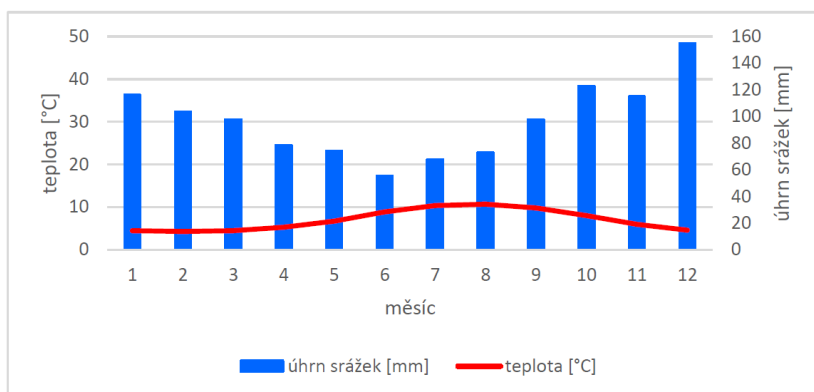
Paní Dutohlávková se rozhodla, že na přelomu srpna a září navštíví svého manžela na Faerských ostrovech. Při balení kufříku si není jistá, jaké oblečení a obuv si s sebou má vzít. Ostrovy jsou přece tak daleko na severu, tam jistě musí být pořádná zima. Jenomže když se její manžel balil, tak zimní věci nechal doma, ale třeba je jenom zapomněl. Ten zpropadený internet zase nefunguje, naštěstí našla na manželově stole vytištěný nějaký zvláštní graf a k němu tabulku s teplotami a srážkami. Moc tomu ale nerozumí, tak zavolá na pomoc syna čeňka, aby jí to vysvětlil.



Nyní si ve dvojici rozdělíte role. Jeden z vás bude paní Dutohlávková, druhý bude její syn, který se jí snaží podle klimadiagramu vysvětlit, jak bude na přelomu srpna a září na Faerských ostrovech. Jako paní Dutohlávková po synovi jednak chcete, aby vám vysvětlil, co znamená ta čára a sloupce v tom divném grafu, a jednak aby vám řekl, jestli bude teplo nebo spíš chladno, jasno nebo spíš zataženo, bude pršet hodně nebo skoro vůbec apod.

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
teplota [°C]	4,5	4,3	4,5	5,3	6,7	8,9	10,4	10,7	9,8	8	6	4,6
úhrn srážek [mm]	116,3	103,8	97,8	78,6	74,4	55,5	67,7	72,9	97,7	122,9	115,1	155,1



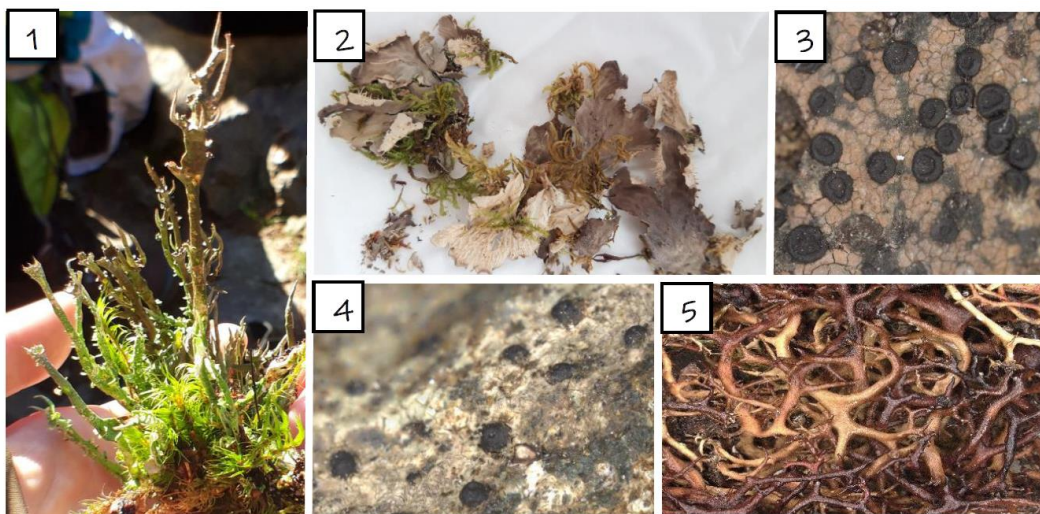


Mezitím, co budou žáci plnit úkol, by měl učitel chodit po třídě a pozorovat, jak žáci pracují. Po skončení práce ve dvojici učitel vybere jednoho „čejka“, který třídě vysvětlí, jaké počasí lze na Faerských ostrovech podle klimadiagramu očekávat.

#### ÚLOHA 4

Rok uplynul jako voda a pan Dutohlávka už je doma. Samozřejmě, že nezapomněl na suvenýry. Manželce i synovi přivezl ručně pletené svetry značky Guðrun & Guðrun a tradiční faerské máslové sušenky. Jelikož je pan Dutohlávka nadšeným amatérským lichenologem, nedalo mu to a na ostrovech nasbíral pár vzorků, které přivezl domů. Bohužel se mu cestou některé vzorky vysypaly ze sáček, na nichž byl napsaný krátký popis daného vzorku.

Vášim úkolem bude pomoci panu Dutohlávkově roztrždit pomíchané vzorky. Ke každému popisu doplňte číslo příslušného lišejníku, o němž soudíte, že mu daný popis odpovídá.



- Lupenitá hnědošedá stélka.
- Chybí spodní korová vrstva.
- Lišejník rostl na mechu.

2

- Hnědá korovitá rozpraskaná stélka.
- Černé plodnice typu apotecium s výrazným okrajem.

3

- Souvislá světle hnědá korovitá stélka porůstající povrch kamene.
- Černé plodnice typu perithecium.

4

- Dvojtvará stélka, přizemní šupiny velmi malé, okem téměř neviditelné.
- Vysoká štíhlá hnědozelená podecia bez šupin zakončená špičkou nebo úzkým pohárkem.

1

- Hnědá keříčkovitá stélka.
- Vypadá trochu jako parohy.

5

