

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2024**

**Kamila Křištoforiová**

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**katedra biologie**

Vliv substrátu na druhové složení lišejníků vybraných ploch v NPP Panská  
skála a v Kyjovském údolí v NP České Švýcarsko

Bakalářská práce

Autor: Kamila Křištoforiová

Studijní program: B0114A030004/Biologie se zaměřením na vzdělávání

Studijní obor: BVBI-BVCH

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

Hradec Králové

květen 2024

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: **Kamila Křištoforiová**  
Osobní číslo: **S20BIO41BP**  
Adresa: Zahradní 300, Cvikov – Cvikov II, 47154 Cvikov, Česká republika  
Téma práce: Vliv substrátu na druhové složení lišejníků vybraných ploch v NPR Panská skála a v Kyjovském údolí v NP České Švýcarsko  
Téma práce anglicky: Substrate influence on species diversity of lichens in selected plots in the Panská skála Nature reserve and in the Kyjovské údolí valley in the České Švýcarsko National Park  
Jazyk práce: Čeština  
Vedoucí práce: RNDr. Josef Halda, Ph.D.  
Katedra biologie

### Zásady pro vypracování:

Cílem BP je zjistit druhovou diverzitu lišejníků a porovnat vliv odlišného geologického složení vybraných ploch v NPR Panská skála a Kyjovském údolí v NP České Švýcarsko. Z pozoruhodných druhů budou vytvořeny pracovní listy využitelné ve vzdělávacích programech biologie.

### Seznam doporučené literatury:

Halda J., Kučera J. & Koval Š. (2016): Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1 – mechorosty a lišejníky. – Vrchlabí: Správa KRNAP, 440 p..  
Kossowska M. & Szczepańska K. (2020): Lichenized and lichenicolous fungi of basaltoid rocks in Lower Silesia (SW Poland). – *Herzogia*, 33: 9–24.  
Smith C.W., Aptroot A., Coppins B. J., Fletcher A., Gilbert O. L., James P.W. & Wolseley P. A. (2009): *The Lichens of Great Britain and Ireland*. – The British Lichen Society, London, 1046 pp.  
Wirth V., Hauck M. & Schultz, M. (2013): *Die Flechten Deutschlands*. – Stuttgart: Ulmer, 2 volumes. 1244 s. ISBN: 978-3-8001-5903-1.  
Wagner B. (2015): Lišejníky čedičového pahorku u Litoměřic (Lichens of the basalt mound near town Litoměřice). – *Severočeskou přírodou*, 47: 73-79.

Podpis studenta:

Datum:

Podpis vedoucího práce:

Datum:

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala pod vedením vedoucího bakalářské práce samostatně, a že jsem v seznamu použité literatury uvedla veškeré prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

Kamila Křištoforiová

## **Poděkování:**

Na prvním místě bych ráda poděkovala RNDr. Josefu Haldovi, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné rady, ochotu a trpělivost.

Děkuji také své rodině, přátelům, mým báječným kolegyním a kolegům a všem, kteří mě podporují a věří ve mě.

## **Anotace**

KRIŠTOFORIOVÁ, K. *Vliv substrátu na druhové složení lišejníků vybraných ploch v NPP Panská skála a v Kyjovském údolí v NP České Švýcarsko*. Hradec Králové 2024. Bakalářská Práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Josef Halda, Ph.D.

Cílem této bakalářské práce je zjistit druhovou diverzitu lišejníků a porovnat vliv odlišného geologického složení vybraných ploch v NPP Panská skála a Kyjovském údolí v NP České Švýcarsko. Z pozoruhodných druhů budou vytvořeny pracovní listy využitelné ve vzdělávacích programech biologie.

### **Klíčová slova**

Lišejníky, geologický substrát, druhová diverzita, pracovní list, didaktická hra

## **Annotation**

KRIŠTOFORIOVÁ, K. *Substrate influence on species diversity of lichens in selected plots in the Panská skála Nature reserve and in the Kyjovské údolí valley in the České Švýcarsko National Park*. Hradec Králové 2024. Thesis supervisor RNDr. Josef Halda, Ph.D.

The goal of this bachelor thesis is to determine the species diversity of lichens and compare the different geological composition of selected areas in the Panská skála NPP and the Kyjovské údolí in the České Švýcarsko National Park. Worksheets will be created from the remarkable species that can be used in biology education programs.

## **Keywords**

Lichens, geological substrate, species diversity, worksheet, didactic game

# Obsah

1	Úvod a seznámení s cíli práce.....	8
2	Literární rešerše.....	9
2.1	Charakteristika lišejníků.....	9
2.2	Stavba lišejníků.....	9
2.3	Anatomická stavba lišejníků.....	10
2.4	Morfologické typy stélek.....	10
2.5	Rozmnožování lišejníků.....	11
2.6	Ekologie lišejníků.....	12
2.7	Význam a využití lišejníků.....	12
2.8	Charakteristika vybraných lokalit.....	13
2.8.1	NPP Panská skála.....	13
2.8.2	NP České Švýcarsko.....	14
2.9	Lišejníky ve vzdělávacím systému.....	16
2.9.1	Téma lišejníků v RVP pro základní vzdělávání (RVP ZV).....	16
2.9.2	Téma lišejníků v RVP pro gymnázia (RVP G*).....	17
3	Metodika práce.....	17
3.1	Terénní průzkum vybraných lokalit.....	17
3.2	Determinace a nomenklatura lišejníků.....	18
3.3	Lichenologické průzkumy daných lokalit v minulosti.....	18
4	Výsledky.....	19
4.1	Komentář k vybraným nalezeným taxonům lišejníků.....	21
4.1.1	Lišejníky oblasti NPP Panská skála.....	21
4.1.2	Lišejníky oblasti Kyjovské údolí.....	23
4.2	Didaktické materiály.....	25
5	Diskuze.....	28
6	Závěr.....	29
7	Přílohy.....	30
8	Seznam použité literatury.....	36



# 1 Úvod a seznámení s cíli práce

Lišejníky (latinsky Lichenes) zaujímají v rostlinné říši zvláštní místo, protože na rozdíl od ostatních nižších i vyšších rostlin nejsou jednotným organismem, ale dílčím organismem složeným z houbové a řasové (popřípadě sinicové) části. Jedná se tedy o dvě jednotky – mykobionta (houbu) a fotobionta (řasu/sinici). Tyto dvě samostatné jednotky sestávající v jeden celek poprvé prokázal botanik Schwendener v roce 1869. Lišejníky jsou proto řazeny do samostatné skupiny nižších rostlin a nejsou již považovány za houby (Poruba et al. 1987).

Díky své unikátní verzi vzájemné „spolupráce“ na rostlinné úrovni jsou lišejníky rozšířeny kosmopolitně na rozličných stanovištích – od tropů po Arktidu, od slaných či sladkých vod po suchem sužovaná skaliska (Kremer et Muhle, 1998).

Současně je klasifikováno až 17000 druhů a jejich počet neustále narůstá (Lhotský, 2014).

Cílem teoretické části bakalářské práce (rešerše) je vyhledat publikované zdroje a databáze dvou vybraných lokalit s odlišným geologickým podložím. Dalším cílem rešerše je průzkum tématu „Lišejníky“ RVP napříč etapami vzdělávání.

Cílem praktické části bakalářské práce (metodiky) je determinace nalezených druhů lišejníků, zjištění vlivu substrátu a ostatních faktorů lokalit na druhovou diverzitu a morfologickou stavbu stélek lišejníků. Další podstatnou částí metodiky práce je tvorba didaktických materiálů (pracovních listů a didaktický her) pro popularizaci lišejníků ve školách a přírodovědných mimoškolních organizacích.

## 2 Literární rešerše

### 2.1 Charakteristika lišejníků

Lišejníky byly dříve samostatnou oddělenou taxonomickou skupinou. V druhé polovině 19. století bylo však zjištěno švýcarským botanikem Simonem Schwendenerem, že se jedná o tzv. podvojný organismus, který se skládá z houbové složky (mykobionta) a řasové/sinicové složky (fotobionta). Vztah houby a řasy/sinice je vzájemně spřažen symbiózou, která však není rovnocenná – mykobiont není schopen samostatného života na rozdíl od fotobionta. Vzájemným propojením obou účastníků symbiózy vzniká nový „organismus“ – lišejník (Poruba et Rabšteinek et Skuhrovec, 1987).

De facto se jedná o houby, které si svou neschopnost fotosyntézy vykompenzovaly soužitím s fotosyntetizujícím partnerem (fotobiontem). Počáteční vztah mykobionta s fotobiontem byl parazitický a postupně se vyvinul v symbiózu, vlivem dlouhodobého soužití (koevoluce) obou partnerů. Lichenizaci můžeme označit jako evoluční proces. Lišejníky nemají společný původ, a proto jsou pouze biologickou skupinou, nikoliv fylogenetickou. Dnes jsou lišejníky často (a správně) označovány jako lichenizované houby (Liška, 2012).

### 2.2 Stavba lišejníků

#### Mykobiont

Houbová složka lišejníku (mykobiont) je v 98 % případů houba vřeckovýtrusná (oddělení Ascomycota). Přibližně polovina známých Ascomycota se vyskytuje v lichenizované formě, což lze považovat za ekologickou strategii (Lutzoni et Pagel et Reeb, 2001).

Životaschopnost mykobionta je plně závislá na fotobiontovi. Houba má v symbiotickém vztahu dominantní postavení, které může přecházet až v parazitismus. Mykobiont zásobuje řasu/sinici vodou a minerálními látkami rozpuštěnými v ní, ochraňuje před vyschnutím a nepříznivými vlivy (teplo, světlo) (Poruba et al. 1987).

#### Fotobiont

Fotosyntetizující složka lišejníku (fotobiont) může být zástupcem zelených řas (fykobiont) nebo sinic (cyanobiont). V symbióze se může vyskytovat více složek fotobionta i mykobionta, dochází tak k tzv. parasymbióze (Sedlářová et Vašutová, 2007).

Nejběžnějšími zástupci zelených řas tvořící fotobionta lichenizované houby jsou rody *Trebouxia* a *Trentepohlia*, kde *Trebouxia* vytváří přibližně 20 % všech lišejníků.

Běžnou sinici v roli fotobionta zastupuje rod *Nostoc*. Sinice však vystupují jako fotobiont v menším počtu případů lichenizace (Nash, 1996).

Fotobiont poskytuje houbě glycidy, polyoly, glukosu a jiné sacharidy, které jsou získávány prostřednictvím chlorofylu. Jak již bylo výše zmíněno, fotosyntetizující složka lišejníku – řasa/sinice je schopna samostatného života (Nash, 1996).

Jsou známy případy, kdy jako fotobiont vystupují žlutozelené řasy z třídy *Xanthophyceae* (různobrvky) (Phycol, 2011).

Unikátním fotobiontem je hnědá řasa, která se vyskytuje pouze v jednom případě lichenizace. Výsledkem tohoto jedinečného případu symbiózy je *Caloplaca coralloides* (lišejník z rodu *Caloplaca* – krásnice) (Kelso, 2005).

## 2.3 Anatomická stavba lišejníků

Tělo lišejníku tvoří **stélka** (thallus). Z anatomického pohledu existují dva typy stélek. Rozlišujeme je podle rozptýlení houbové a fotosyntetizující složky po těle lišejníku.

**Homeomerická stélka** se vyznačuje jednoduchou stavbou, kdy je fotobiont nahodile rozptýlen po stélce.

**Heteromerická stélka** je složitější, vrstevnatě složená, typická pro většinu lišejníků. Fotobiont je soustředěn v samostatné vrstvě (řasová/sinicová vrstva), která je kryta svrchní kůrou – pletivem mykobionta. Svrchní kůra má ochrannou funkci, proto mají buňky houby ztlustlé buněčné stěny a jednotlivá vlákna k sobě přiléhají. Další částí heteromerické stélky je dřeň – řídké pletivo, tvořena pouze mykobiontem, nacházející se pod vrstvou fotobionta. V této vrstvě se jsou četné mezibuněčné prostory, které slouží hlavně jako zásobárna vody. Pod dření je umístěna spodní kůra, kterou se lišejníky přichycují k podkladu. Spodní vrstva nemusí být vždy přítomna – korovité lišejníky jsou přirostlé k podkladu dření. Na spodní vrstvě mohou být přítomny i „kořínky“ – rhiziny sloužící k lepšímu uchycení k podkladu (Liška, 2000).

U některých druhů lišejníků (např. hávnatky – *Peltigera*) se nad svrchní kůrou nachází kulovitý útvar zvaný cefalodium, který se vyskytuje v případech, pokud je symbiotickým párem houba-řasa přijata sinice. Cefalodium je tedy místo výskytu sinice, která obohacuje celý lišejník dusíkem (Čepička et Kolář et Synek, 2007).

## 2.4 Morfologické typy stélek

Homeomerická i heteromerická stélka se vyskytuje v různých růstových formách neboli morfologiích. Pro homeomerickou stélku existují 2 základní morfologie – rosolovité a leprariové.

**Rosolovitá stélka** je podobná morfologiím heteromerické stélky (viz níže), ale liší se v konzistenci podobné želatině/rosolu. Růstovou formu často určuje sinice. Příkladem je rod huspeník – *Collema* (Kremer et Muhle, 1998).

**Leprariová stélka** má vzhled jemného prášku, jedná se o soustavu náhodných shluků buněk fotobionta a houbových hyf. Růstová forma je opět dána fotobiontem. Rodem s leprariovou stélkou je např. *Chrysothrix* (Lepp, 2011).

Heteromerická stélka vykazuje o poznání složitější morfologie stélek. V základu jsou rozlišovány 3 typy stélek – korovité, lupenité a keříčkovité. (Kremer et Muhle, 1998). Často se vyskytujícím typem heteromerické stélky je i dimorfická stélka (Sedlář, 2007).

**Korovitá stélka** je po celé své ploše pevně srostlá se substrátem. Od tohoto podkladu ji nelze téměř vůbec oddělit. Zástupcem s korovitou stélkou je mapovník zeměpisný – *Rhizocarpon geographicum* (Halda et al. 2022).

**Lupenitá stélka** se skládá z listovitých/lupenitých laloků, k podkladu přirůstá pomocí rhizinů (Halda et al. 2022). Laloky stélky mají dobře rozlišitelnou svrchní a spodní stranu (rub a líc) (Kremer et Muhle, 1998).

**Keříčkovitá stélka** je rozrostlá všemi směry, tvoří bohatě rozvětvené keříčky, k podkladu je přirostlá pouze malou částí. Někdy jsou na svrchní straně přítomny nálevkovité útvary (Halda et al. 2022). Příkladem keříčkovitého lišejníku je provazovka – rod *Usnea* (Kremer et Muhle, 1998).

**Dimorfická stélka** je z části stélkou lupenitou (primární), ze které vyrůstá stélka sekundární. Příkladem jsou některé druhy dutohlávek např. *Cladonia fimbriata*, jejíž stélku tvoří lupenité přízemní šupiny a duté kmínky (podecia) (Sedlář, 2007).

## 2.5 Rozmnožování lišejníků

### Nepohlavní rozmnožování

Vegetativní (nepohlavní) rozmnožování je majoritním způsobem rozmnožování lišejníků. Může být omezeno pouze na mykobionta prostřednictvím nepohlavních spor – **konidií**, vznikajících v dutých plodnicích – **pyknidách**. Častěji jsou však zapojeny obě složky lišejníku, dochází k rozmnožování přes tzv. **vegetativní útvary**. Tyto útvary jsou velmi drobné a vznikají fragmentací stélky – nejčastěji se jedná o soredie, izidie a schizidie (Klán, 1989)

**Soredie** jsou mikroskopická klubíčka houbových hyf s fotobiontem. Jsou soustředěny v práškové formě na povrchu stélky v útvarech zvaných sorály, ze kterých se i uvolňují.

**Izidie** představují jednoduché či větvené válcovité výrůstky, které se oddělují od původní (mateřské) stélky za vzniku nového jednice.

**Schizidie** fungují na podobném principu jako izidie, jsou to šupinky odlupující se ze svrchní části stélky původního lišejníku (Halda et al. 2022).

## Pohlavní rozmnožování

Pohlavní rozmnožování je omezeno pouze na mykobionta. Dochází k tvorbě plodnice se sporami (askosporami/bazidiosporami). Díky většinové převaze *Ascomycota* (cca 98 %) je častější vznik plodnic vřekovýtrusných hub (*Ascomycota*). Plodnice je tvořena hymeniem (výtrusorodou vrstvou), které obsahuje vřečka (asci) s 8 pohlavně vzniklými askosporami. Rozlišujeme plodnice dvojího druhu – **apothecium a perithecium** (Ramel, 2020).

**Apothecia** jsou na povrchu obnažené diskovité/miskovité útvary vyčnívající ze stélky nebo rostoucí v rovině s ní. Bývají různě zbarvené, čehož je hojně využíváno při determinaci jednotlivých druhů.

**Perithecia** mají kulovitý tvar, jsou uzavřená až na malý otvor, kterým se spory dostávají na povrch. Co se polohy týče, jsou úplně vnořeny do stélky nebo se nacházejí pod její rovinou.

Vzniklé výtrusy jsou závislé na opětovném setkáním s fotobiontem (Ramel, 2020).

## 2.6 Ekologie lišejníků

Lišejníky rostou téměř všude s výjimkou otevřených moří a oceánů. Není pro ně problémem osídlit i ty nejnepríznivější oblasti přes suchá údolí Antarktidy po horké pouštní oblasti. Jsou schopny kolonizovat rozličné substráty – půda, rostliny, živočichové, odpadky i antropogenně zatížené podklady (určité druhy lišejníků se vyskytují i na stanovištích kontaminovaných olovem nebo jinými toxickými kovy).

Díky svému kosmopolitnímu rozšíření a schopnosti života na rozmanitých stanovištích jsou označováni za primární kolonizátory (Černohorský, 2000).

## 2.7 Význam a využití lišejníků

### Význam lišejníků pro přírodu

Pro ekologii rostlin hrají lišejníky důležitou roli v koloběhu biogenních prvků – hlavně dusíku, uhlíku a fosforu. Jsou také velmi významnými kolonizátory nových stanovišť – tzv. pionýrské „organismy“ (Černohorský, 2000).

Bezobratlí živočichové ocení stélku lišejníků jako úkryt (např. roztoči) i jako potravu (např. housenky motýlů, chvostoskoci, hmyzenky). Významnou část potravy tvoří lišejníky i u některých obratlovců – kabara pižmový, sob polární (karibu) (Halda et al. 2022).

## Lišejníky jako bioindikátory

Lišejníky, i přes svou velkou odolnost vůči extrémním podmínkám, jsou citlivé na znečištěné prostředí. Proto je v oblastech se silným znečištěním (např. kyselá dešť – kontaminace oxidem siřičitým, vysoká koncentrace smogu – kontaminace oxidy dusíku) nenajdeme. Díky těmto vlastnostem jsou lišejníky dobrými **bioindikátory** znečištění ovzduší. Pro biomonitoring ovzduší se využívají zpravidla epifytické druhy lišejníků rostoucí na jednom druhu stromu nebo na borkách se stejným chemismem (bazická, neutrální nebo kyselá borka) (Skalka, 2004).

## 2.8 Charakteristika vybraných lokalit

### 2.8.1 NPP Panská skála

Chráněná lokalita Panská skála (též zvaná Varhany) se nachází v Libereckém kraji v okrese Česká Lípa mezi městy Kamenický Šenov a Prácheň. Lokalita o rozloze 1,26 ha a nadmořské výšce v rozmezí 560 až 597 m n. m. byla vyhlášena Národní přírodní památkou v roce 1953. Předmětem jejího chránění je doklad sopečné činnosti jakožto typická ukázka sloupcovitého rozpadu čediče (AOPK ČR, 2024).

Z geologického hlediska se jedná o čedič (konkrétně nefelinický bazanit). Hornina vulkanického původu vznikla prorážením křídových sedimentů březenského souvrství, které je součástí České křídové pánve. Samotný skalní útvar je pozůstatkem proudu lávy, který dal vzniku podlouhlým sloupcovitým celkům připomínající píšťaly varhan – proto je Panská skála označována také jako „Kamenné varhany“. Morfologický vzhled skály je dán lomovou těžbou, která v minulosti probíhala do roku 1913 (Kühn, 2006).

### Geologická charakteristika čediče

Čedič je vulkanická hornina charakteristická svou tmavou, téměř černou barvou a velmi jemnozrnnou až sklovitou texturou. Vzniká rychlým ochlazením magmatu na povrchu Země nebo blízko povrchu během vulkanických erupcí. Jeho chemické složení je typicky bazické, což znamená, že obsahuje vysoké procento železa a hořčíku, ale málo křemíku ve srovnání s kyselými horninami, jako je žula. Zbarvení čediče bývá zpravidla černé, tmavošedé nebo tmavozelené, vlivem zvětrávání se však barva může změnit až na světlejší odstíny šedé. Důležitými nerostnými složkami čediče je živec, nefelin (aluminosilikát draselno-sodný), amfibol a olivín. Jako minoritní součásti můžeme v čediči nalézt magnetit, ilmenit, apatit a biotit. Díky odolnosti vůči korozi se čedič používá jako lomový, štěrkový nebo štětový kámen. Lze jej využít i jako stavební kámen do betonu, protože se v tlaku vyznačuje vysokou pevností – obecně čedič označujeme jako materiál pevný, tvrdý a houževnatý. Hornina působí jemnozrnně až celistvě – nelze okem rozeznat její součásti (Kouřimský, 1999).

## Flóra čedičového podkladu

Vzhledem k nízkému průsaku vody, způsobeným vysokou celistvostí struktury horniny, není čedič dobrým substrátem pro organismy vyžadující trvalý přísun vody (Chow et Maidment et Mays, 1988).

Tento bazický podklad bohatý hlavně na hořčík a vápník poskytuje prostředí pro množství zajímavých druhů (Petránek, 2007).

Hlavními představiteli porostů na čediči jsou kalcifytní kapradiny – hlavně sleziňky (*Asplenium spp.*). Dominantní jsou zde také pokryvy petrofytních mechorostů a lišejníků – těhovce bezžebrý (*Hedwigia ciliata*), pupkovka srstnatá (*Umbilicaria hirsuta*).

Z bylinného patra, které je druhově bohaté, jsou součástí vegetace hydrostabilní, dvouděložné, suchomilné rostliny – hvězdnice alpská (*Aster alpinus*), hvozdík sivý (*Dianthus gratianopolitanus*), lomikámen trsnatý (*Saxifraga rosacea*). Pro květnaté bučiny stromového patra je typický hlavně buk (*Fagus*), lípa (*Tilia*) a javor (*Acer*). Krom čedičových lokalit se takto druhově zastoupené celky vyskytují i v případě žulových, hadcových nebo rulových podkladů (Chytrý et Kučera et Kočí, 2001).

### 2.8.2 NP České Švýcarsko

Nejmladší národní park České republiky – České Švýcarsko byl vyhlášen chráněným územím v roce 2000. Svou rozlohou 79,23 km<sup>2</sup> je druhým nejmenším národním parkem naší země. České Švýcarsko je lokalizováno v Ústeckém kraji v okrese Děčín mezi dvěma obcemi – Chřibská a Hřensko a jednou vesnicí – Brtníky. Národní park České Švýcarsko je na severozápadě oddělen státní hranicí s Německem od národního parku Saské Švýcarsko. Oblast obou národních parků je označována společným názvem Českosaské Švýcarsko nebo Labské pískovce (Bauer et Kopecký et Šmucar, 2008).

Celá oblast Labských pískovců (na české i německé straně) je reprezentativní ukázkou pískovcového fenoménu topografického celku České křídové pánve. Z geomorfologického hlediska je tato pískovcová oblast tvořena reliéfem kvádrových pískovců (Národní park České Švýcarsko, 2024).

#### Kyjovské údolí

V srdci národního parku České Švýcarsko v obci Kyjov u Krásné Lípy se nachází šestikilometrová rokle, lemovaná obrovskými pískovcovými skalisky, nesoucí název Kyjovské údolí. Tato kaňonovitá soutěska je vytvořena protékající řekou Křinicí, která pramení v nadmořské výšce přibližně 500 m n. m. na západě od obce Studánka. Křinice se táhne až k německým hranicím, kde se vlévá do Labe (Kyjovské údolí, 2016). Břehy této řeky dávají prostředí pro růst violce dvoukvěté (*Viola biflora*) (Jiráková et Marková, 2006), jež je typickým obyvatelem Skandinávie, vyšších pohoří České republiky a vysoce specifickým zástupcem inverzních údolí Labských pískovců. Tato dvouděložná rostlina je ukázkovým případem vlivu zvratu vegetačních stupňů (viz níže) (Marcussen et al. 2010).

Napříč Kyjovským údolím, přes vrcholky vysokých pískovcových skal, vede část Köglerovy naučné stezky, která je celkově dlouhá přes 20 kilometrů. Táhne se skrz

významná přírodní území Severních Čech – CHKO Lužické hory a NP České Švýcarsko. Jedná se o jednu z nejvíc navštěvovaných stezek této oblasti, kde lze pozorovat flóru i faunu typickou pro národní park České Švýcarsko (Köglerova naučná stezka, 2024).

### **Geologická charakteristika pískovce**

Pro vznik pískovců současné podoby byla nejdůležitější existence moře v geologickém období křídý. Docházelo k postupnému hromadění usazenin na mořském dně a vytvoření z nahromaděných sedimentů až tisíc metrů velké převážně pískovcové desky. Koncem třetihor a v průběhu čtvrtohor došlo k rozsáhlé, dramatické přeměně krajiny. Hlubková říční eroze vyvolaná tektonickým zdvihem a střídáním dob ledových a meziledových zformovala skalní pískovcový reliéf do dnešní podoby (Knorr, 2022).

Pískovec jako sedimentární (usazená) hornina má poměrně velká, pouhým okem pozorovatelná zrna o rozměrech 0,06 až 2 mm. Hornina je složená nejčastěji z křemene, živce a silicitu. Tyto složky ve formě jednotlivých zrn jsou spojeny tzv. mezerní hmotou (často jílovitého charakteru), které se říká matrix. Stmelení zrn a matrixu dává vzniku kompaktní hornině – pískovci, který je náchylný k zvětrávání a snadno se drolí. Zbarvení pískovce je dáno různými poměry složek – od šedé, žluté až po červenou (Petránek, 2007).

Chemické složení pískovců je závislé od jejich místa výskytu. Všechny typy pískovců jsou bohaté na křemík. Minoritními složkami či příměsemi mohou být např. železo (způsobuje zbarvení do červena), hořčík, vápník, sodík, nebo uhličitany. Díky větším velikostem zrn a nižší soudržnosti materiálu jako celku se pískovec vyznačuje vysokým průsakem vody (Nelson et Kimbler, 2000).

### **Flóra pískovcového podkladu**

Vlivem velkého nadmořského převýšení dávají mohutná pískovcová skaliska prostor pro vznik specifických ekologických podmínek, které významně ovlivňují biodiverzitu. Dochází k tzv. zvratu vegetačních stupňů, což znamená, že rostliny rostoucí ve vyšších nadmořských výškách se vyskytují ve výrazně nižších polohách a na druhou stranu rostliny rostoucí v nižších nadmořských výškách lze nalézt na vrcholcích vysoko sahajících skal. Díky těmto skokovým změnám se v této oblasti vyskytují jak teplomilné, tak i montánní nebo subalpínské druhy. V dané lokalitě lze nalézt i glaciální relikt. Obecně platí, že na pískovcových podkladech prosperují spíše nižší rostliny než vyšší. Na povrchích skal jsou dominantní hlavně mechorosty – k roku 2007 bylo zaznamenáno 334 druhů, z toho 42 kriticky ohrožených druhů – např. klanoustka velkobuněčná (*Schistochilopsis grandiretis*) a mokřanka oddálená (*Hygrobrella laxifolia*) z oddělení játrovky (*Marchantiophyta*) nebo dvouhrotcovka drsná (*Dicranodontium asperulum*) z oddělení mechy (*Bryophyta*) (Härtel et Sádlo et Świerkosz et Marková, 2007).

Další majoritní skupinou obývajících pískovce Českého Švýcarska jsou lišejníky. Během lichenologického výzkumu této oblasti v roce 2001 bylo zjištěno 249 taxonů lišejníků, z toho 7 z nich bylo nalezeno poprvé na území České republiky. Pro zařazení do Červeného seznamu lišejníků ČR z oblasti Labské pískovce bylo navrženo 51 taxonů



z nichž za zmínku stojí především subatlantský druh dutohlávky *Cladonia subcervicornis*. Po dalším výzkumu v roce 2006 byl pro národní park České Švýcarsko nalezen nový kriticky ohrožený druh, a to dutohlávka rašelinná (*Cladonia incrassata*) (NP České Švýcarsko, 2016).

Vzhledem k nedostatku živin a vyšší aciditě pískovce je v území nejčastěji zastoupen lesní biotop kyselé bučiny s převahou dřevin bukem lesním (*Fagus sylvatica*) a jedlí bělokorou (*Abies alba*). Bylinné patro vegetace není druhově bohaté. Daří se zde zejména silikofilním (acidofytním) druhům – např. brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), metlička křivolaká (*Avenella flexuosa*) nebo bika bělavá (*Luzula luzuloides*) (Jirátová et Marková, 2006).

## 2.9 Lišejníky ve vzdělávacím systému

Rámcové vzdělávací programy (dále jen RVP) utváří obecné rámce, které jsou závazně dodržovány jednotlivými etapami vzdělávání – předškolní, základní a střední vzdělávání. Vzdělávání na jednotlivých školách je uskutečněno podle kurikulární dokumentu ŠVP (školní vzdělávací programy) – tvoří školní úroveň RVP. Tvorbu ŠVP provádí pedagogové každé školy v České republice, závazným dokumentem pro ŠVP je RVP. Oba typy dokumentů – rámcové vzdělávací programy a školní vzdělávací programy jsou volně přístupné pro pedagogy i nepedagogickou veřejnost (MŠMT, 2024).

### 2.9.1 Téma lišejníků v RVP pro základní vzdělávání (RVP ZV)

Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání je dostupný na webových stránkách MŠMT. Informace byly získány z upravené verze platné od 1.9. 2023. RVP ZV je platné pro výuku na základních školách, a pokud není uvedeno jinak, i pro odpovídající ročníky šestiletých a osmiletých gymnázií.

Učivo obsahující lišejníky jako téma nalezneme ve vzdělávacím obsahu oboru (pro 2. stupeň základních škol) PŘÍRODOPIS v oblasti vzdělávání BIOLOGIE HUB, které je obsažené v RVP jako: houby bez plodnic, houby s plodnicemi a lišejníky. Konkrétním probíraným učivem v rámci lišejníků je jejich výskyt a význam.

Očekávaný výstup tematického celku BIOLOGIE HUB dle RVP je: žák je rozpozná naše nejznámější jedlé a jedovaté houby s plodnicemi a porovná je podle charakteristických znaků (P-9-2-01). Minimální doporučená úroveň je rozpoznání našich nejznámější jedlých a jedovatých hub podle charakteristických znaků (P-9-2-01p).

Výstupy v oblasti lichenologie nejsou pro základní vzdělávání v rámci RVP uvedeny. Pojem „lišejník“ je v RVP pro základní vzdělávání je uveden pouze jednou (viz výše), proto můžeme předpokládat, že učivo lišejníků není vymezeno na 1. stupni základních škol (MŠMT, 2023).

## 2.9.2 Téma lišejníků v RVP pro gymnázia (RVP G\*)

Rámcový vzdělávací program pro gymnázia je aktualizován s účinností od 1.9. 2022. RVP G\* je určen pro tvorbu ŠVP na vyšším stupni víceletých gymnázií a na čtyřletých gymnáziích. Informace byly čerpány z dokumentu RVP G\* volně dostupného na webových stránkách MŠMT.

Lišejníky jsou zařazeny ve vzdělávací oblasti BIOLOGIE pod vzdělávacím obsahem BIOLOGIE HUB. Učivem tohoto obsahu je stavba a funkce hub a stavba a funkce lišejníků. Očekávaný výstup pro tematický celek BIOLOGIE HUB je: žák pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné zástupce hub a lišejníků posoudí ekologický, zdravotnický a hospodářský význam hub a lišejníků.

Slovo „lišejník“ je v RVP pro gymnázia obsaženo třikrát. Oproti učivu na základních školách došlo k rozšíření požadavků na znalost zástupců lišejníků, jejich anatomie a morfologie a rozšíření jejich významu pro člověka a přírodu. Lze tedy usoudit, že žák gymnázia získá ucelenější pohled na lišejníky (MŠMT, 2022).

## 3 Metodika práce

### 3.1 Terénní průzkum vybraných lokalit

Terénní průzkum obou lokalit proběhl v rámci čtyř dnů. NPP Panská skála byla navštívena 12. listopadu 2022 a 15. března 2024. Kyjovské údolí v NP České Švýcarsko bylo prozkoumáno 13. listopadu 2022 a 16. března 2024. Díky dobré přístupnosti skalního útvaru Panská skála a eliminaci rušivých substrátů pro růst lišejníků (úplná absence stromového porostu) byla ihned zřetelná značná diverzita saxikolních druhů. Krom bohatých, celistvých lišejníkových pokryvů na jednotlivých kamenných varhanách bylo očividné i silné zastoupení mechorostů. Vzhledem ke specifickému umístění Panské skály jako lokality o malém území jsem zvolila jedinou GPS pozici.

Pro průzkum oblasti Kyjovského údolí jsem zvolila část trasy po Köglerově naučné stezce. Stezka se táhne v různých nadmořských výškách a lze pozorovat rozličná druhová zastoupení lišejníků napříč stoupající výškou pískovcového kvádru – od země po vrcholky pískovcových skal. Celkově bylo prozkoumáno území o rozloze 80 830 m<sup>2</sup>. Během pozorování jsem nalezené druhy vyfotila a zaznamenala GPS souřadnici místa nálezu. Oblast Kyjovského údolí je na vegetaci o poznání bohatší než Panská skála, proto si nešlo nevšimnout hojných porostů epifytických taxonů lišejníků na borkách stromů. Skaliska jsou pokryta značným množstvím mechorostů, vyskytují se zde ve větší míře i kapradorosty a husté lesy tvořené zejména buky, javory a borovicemi.

Na obou vybraných lokalitách jsem některé druhy odebrala a vložila do papírového sáčku pro budoucí prozkoumání. U odebrání vzorků bylo postupováno tak, aby nedošlo k poškození lišejníkové populace – většinou se jednalo o již odpadlé kousky stélek.

Pro zaznamenání GPS souřadnic byl použit systém WGS-84. Tyto souřadnice byly poté vyneseny do mapy Kyjovského údolí. Na mapě jsou zobrazeny body (GPS souřadnice) s výskytem nalezených druhů. Mapovým zdrojem je portál mapy.cz (viz Obrázek 11 v přílohách).

Veškeré fotografie v této práci jsem zachytila mobilním telefonem iPhone XS. K zachycení detailů některých stélek a plodnic byl použit objektiv Sandmarc Macrolens 25 mm se zvětšením 10x.

## 3.2 Determinace a nomenklatura lišejníků

K určování jednotlivých taxonů lišejníků jsem používala literaturu Wirth et al. 2013 a Halda et al. 2022. Druhy obtížné k určení determinoval vedoucí této bakalářské práce. Metody pro určení lišejníků zahrnovaly pozorování, pozorování při větším zvětšení (lupa nebo mikroskop), detekce sekundárních metabolitů byla provedena činnidly (50% HNO<sub>3</sub>, 10% NaOH, prostředek s aktivním chlórem SAVO a p-fenylendiamin C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>). Některé sekundární metabolity byly určovány pomocí TLC dle Orange et al. (2010) – několik vzorků prášenek (*Lepraria*).

Nomenklatura taxonů a určení kategorií ohrožení lišejníků byly převzaty z publikace Liška et Palice (2010) a databáze lišejníků ČR dalib.cz.

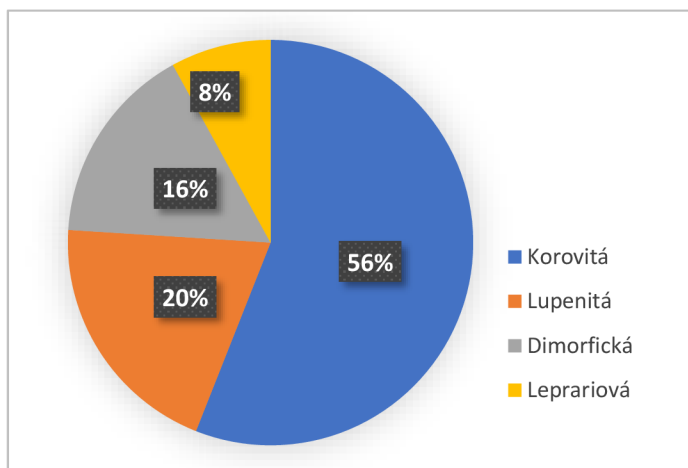
## 3.3 Lichenologické průzkumy daných lokalit v minulosti

Na lokalitě NPP Panská skála dosud proběhly 2 lichenologické průzkumy v roce 2011 a 2012. Celkem bylo zjištěno 68 taxonů lišejníků (Wagner, 2013).

Lichenoflóra NP České Švýcarsko byla prozkoumána hned několikrát. Lichenologický výzkum proběhl v letech 2001-2002, 2004 a 2006. Bylo nalezeno celkem 249 taxonů z nichž byla více než pětina navržena na umístění na Červený seznam lišejníků ČR (viz výše) (Liška et al, 2008). V roce 2010 proběhlo podzimní bryologicko-lichenologické setkání v Labských pískovcích, kde bylo na české straně dané oblasti determinováno 118 taxonů lišejníků. Seznam zjištěných taxonů je uveden v práci Malíček et al. (2012). Pro oblast Kyjovského údolí bylo během tohoto setkání zaznamenáno 26 druhů lišejníků (Malíček et al. 2012).

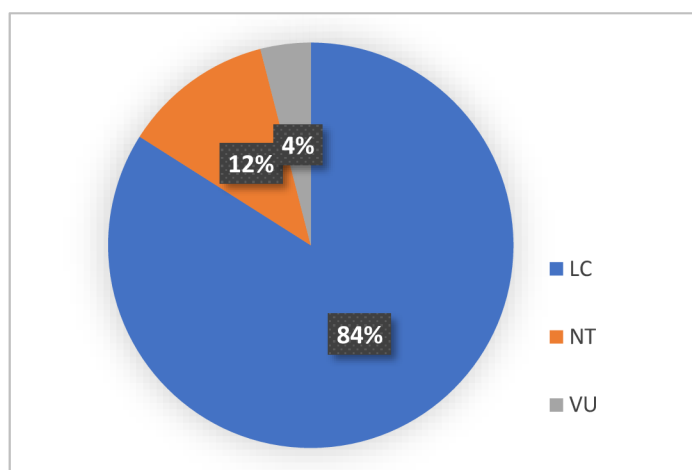
## 4 Výsledky

Na čedičovém podkladu národní přírodní památky Panská skála se mi podařilo nalézt a determinovat 25 druhů lišejníků (viz Tabulka 1 v příloze). Dle morfologie stélek, 14 taxonů mělo korovitou stélku, 5 taxonů lupenitou stélku, 4 taxony (veškeré z rodu *Cladonia*) stélku dimorfickou a 2 druhy stélku leprariovou (viz Graf 1).



Graf 1 Morfologie stélek nalezených druhů lišejníků na NPP Panská skála

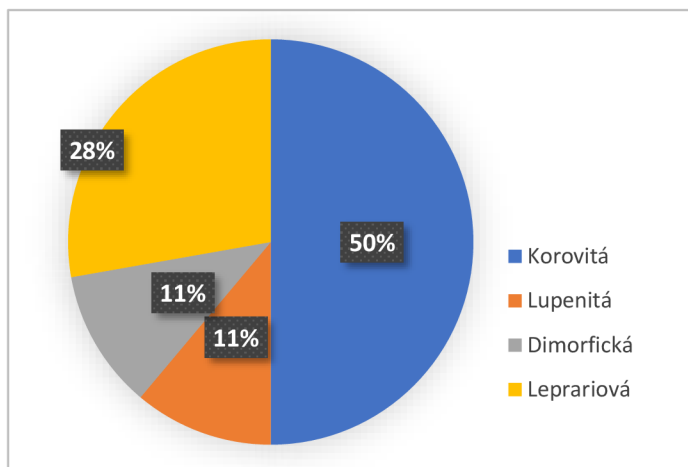
Z celkového počtu nalezených lišejníků je dle publikace Červený seznam lišejníků České republiky (Liška et Palice, 2010) 21 druhů zařazeno do kategorie LC – neohrožený, 3 taxony (konkrétně *Lecanora cenisia*, *Lecidea lapicida* a *Lecidea lithophila*) jsou zařazeny do kategorie NT – druh blízky ohrožený, 1 taxon (*Lecanora subaurea*) je kategorizován jako druh VU – zranitelný (viz Graf 2).



Graf 2 Stupně ohrožení lišejníků nalezených v oblasti NPP Panská skála

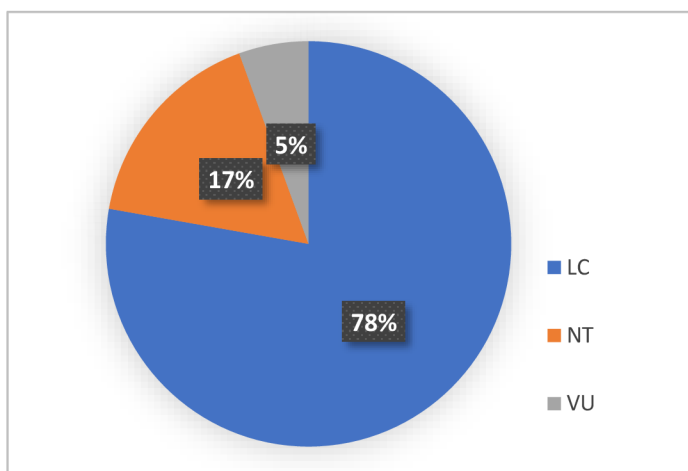
16 nalezených druhů lišejníků se shoduje s druhy determinovanými během minulých lichenologických průzkumů.

Na pískovcovém podkladu Kyjovského údolí jsem našla a úspěšně determinovala 18 taxonů lišejníků (viz Tabulka 2 v příloze). Podle morfologického dělení stélek, 9 druhů mělo korovitou stélku, 5 taxonů leprariovou stélku, 2 druhy stélku lupenitou a 2 taxony (oba z rodu *Cladonia*) stélku dimorfickou (viz Graf 3).



Graf 3 Morfologie stélek nalezených druhů lišejníků v Kyjovském údolí

Z celkového počtu nalezených lišejníků je dle publikace Červený seznam lišejníků České republiky (Liška et Palice, 2010) 14 druhů zařazeno do kategorie LC – neohrožený, 3 taxony (konkrétně *Lecanora lithophila*, *Lepraria jackii* a *Lepraria umbricola*) jsou zařazeny do kategorie NT – druh blízky ohrožený, 1 taxon (*Chrysothrix candelaris*) je kategorizován jako druh VU – zranitelný (viz Graf 4).



Graf 4 Stupně ohrožení lišejníků nalezených v oblasti Kyjovského údolí

Data minulých lichenologických průzkumů lokality Kyjovské údolí a mého průzkumu se shodují pouze v 1 taxonu (*Cladonia fimbriata*), což může být způsobeno mým průzkumem soustředěným pouze na saxikolní druhy.

Lokality obou zkoumaných území prokázaly vliv geologického substrátu na druhové složení lišejníků. Pro obě lokality jsem našla 8 shodných druhů, které se vyznačují širší ekologickou amplitudou.

Čedičová hornina bazického charakteru, tvořící svislé stěny (varhany) není kryta žádnou vegetací stromů, tím pádem nedává prostor pro růst druhů netolerantních vůči přímým vlivům počasí.

Kyselé pískovce Kyjovského údolí jsou kryty hustými lesy a pro skaliska jsou typické různé pukliny, štěrbiny nebo skalní převisy. Výjimkou nejsou ani bohaté porosty mechorostů a kapradorostů. Je tedy více prostoru pro růst lišejníků citlivějších na vlivy působení počasí. Příkladem jsou lišejníky s leprariovou stélkou (rod *Lepraria* a *Chrysothrix*), které preferují zastíněná stanoviště, kde nedochází ke střetu s přímými srážkami. Tyto taxony se zde vyskytují hojněji než na Panské skále.

Lze tedy usoudit, že na druhovou diverzitu lišejníků nemá vliv pouze chemické složení a vlastnosti horniny, ale i geomorfologické vlastnosti a zasazení skal do biotopu.

## 4.1 Komentář k vybraným nalezeným taxonům lišejníků

### 4.1.1 Lišejníky oblasti NPP Panská skála

*Candelariella coralliza* (Nyl.) H. Magn.

V českém názvosloví svícníček korálovitý je tvořen silnou zrnitě bradavičnatou rozpraskanou stélkou nápadně žluté barvy. Lišejník porůstá eutrofizovaná skaliska a balvany, často v místech hnízdišť či odpočinku ptáků (Halda et al. 2022). Typicky to jsou skály kyselé vulkanické nebo silikátové. Jedná se o velmi rozšířený a častý evropský druh, který se hojně vyskytuje po celé ČR (Malíček et al. 2024).



Obrázek 1 *Candelariella coralliza*  
(foto: Křištoforiová, K., 12.11.2022)

### *Rhizocarpon lecanorinum* Anders

Mapovník misničkovitý má žlutou až žlutozelenou políčkovitou stélku, kterou po obvodu lemuje černý okraj prvostélky (prothallus). Jednotlivá políčka mapovníku pak vytváří srpku podobné útvary. Pokrývá především ultrabazika a silikátové horniny, je rozšířený napříč Evropou, Asií, Severní Amerikou a Afrikou. Jedná se o taxon lišejníku hojný po celém území České republiky (Halda et al. 2022).



Obrázek 2 *Rhizocarpon lecanorinum*  
(foto: Křištoforiová, K., 12.11.2022)

### *Umbilicaria hirsuta* (Sw. ex Westr.) Hoffm.

Šedohnědý lišejník s českým názvem pupkovka srstnatá vytváří stélku s miskovitými laloky, které bývají na vrchní straně jemně rozpraskané. Spodní strana laloků bývá černě zbarvená. Jedná se o kosmopolitně rozšířený druh, obývá i značné území ČR, kde nejvíce prosperuje na svislých silikátových skalách (Halda et al. 2022).



Obrázek 3 *Umbilicaria hirsuta*  
(foto: Křištoforiová, K., 15.03.2024)

### *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.

V českém překladu terčovka bublinatá vytváří šedou stélkou, která těsně přirůstá k podkladu. Stélka je tvořena úzkými, po okrajích zdviženými laloky s rtovitými sorály. Jednotlivé laloky srůstají v růžici s hnědočernou spodní stranou (Halda et al. 2022). Terčovka bublinatá je euryekním druhem vyskytujícím se na rozličných stanovištích. Porůstá převážně kyselou borku listnáčů a jehličnanů, nalezneme ji i na dřevě, mechu či silikátových skalách. Vyjma Austrálie a Antarktidy je tento taxon rozšířen všude po světě. Pro Českou republiku je terčovka bublinatá pravděpodobně nejhojnějším makrolišejníkem. Lze ji nalézt v nížinách i horských oblastech (Malíček et al. 2024).



Obrázek 4 *Hypogymnia physodes*  
(foto: Křištoforiová, K., 15.03.2024)

*Cladonia fimbriata* (L.) Fr.

Dutohlávka třásnitá je tvořena stélkou dimorfickou s drobnými, vroubkovanými šupinami šedozelené až olivově zelené barvy. Stélka je na vrchní straně bíle zbarvená a směrem k bázi přechází do hnědé až černé. Pohárky jsou 1-3 cm vysoké, na koncích se výrazně rozšiřují. Po okrajích pohárků vyrůstají hnědé plodničky a pyknidy (Halda et al. 2022). *Cladonia fimbriata* je lišejník s širokou ekologickou amplitudou, porůstá báze stromů s kyselejší borkou, tlející dřevo, mechy a skaliska. Vyskytuje se v nížinách, horách i antropogenních stanovištích. V ČR je tento lišejník běžně se vyskytujícím taxonem (Malíček et al. 2024).

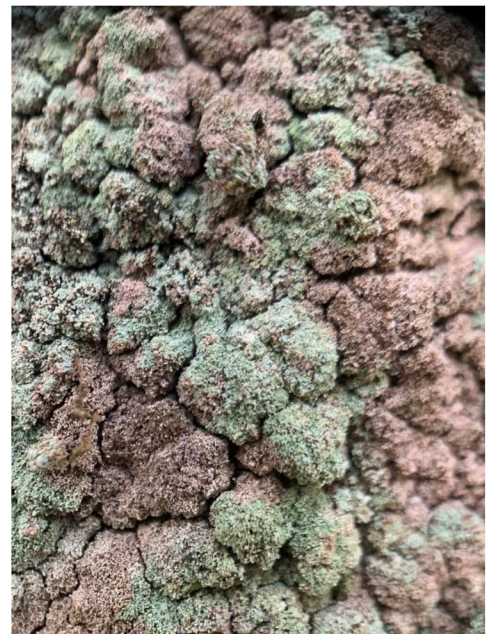


Obrázek 5 *Cladonia fimbriata*  
(foto: Křištoforiová, K., 15.03.2024)

#### 4.1.2 Lišejníky oblasti Kyjovské údolí

*Lepraria umbricola* Tønsberg

Stélka tohoto druhu prášenky, jak už název vypovídá, je leprariová (prášková), tvoří rozsáhlé povlaky na stinných místech nezasazených přímými srážkami. Typickým místem výskytu tohoto lišejníku jsou stále vlhká stanoviště – horská údolí a rokle. Obvyklým stanovištěm pro růst jsou báze stromů s kyselejší borkou, tlející dřevo a zastíněné kyselé skály (často roste i na mechorostech pokrývajících skály). Pro území ČR je *Lepraria umbricola* vzácným druhem, vyskytuje se v zalesněných oblastech. Bohatší populaci nalezneme v pískovcových skalních komplexech a určitých vyšších pohořích (Malíček et al. 2024). Dle publikace Červený seznam lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010) se jedná o druh blízky ohrožený. Tento druh byl determinován na základě TLC chromatografické metody – byl chemotyp s kyselinou thamnolovou (projevilo se žlutooranžovým zbarvením) (Orange, 2010).



Obrázek 6 *Lepraria umbricola*  
(foto: Křištoforiová, K., 13.11.2022)



*Parmelia saxatilis* (L.) Ach.

Stélka terčovky skalní je složená z navzájem překrývajících se laloků tvořící šedomodrou růžici, která těsně přisedá k podkladu. Vrchní strana lišejníku je tvořena jemnou mramorovanou sítí bílých „žiliek“. Okraje jednotlivých laloků jsou lehce nahnědlé. Přirozeným místem výskytu jsou zejména silikátové i kyselé horniny, porůstá mechorosty a borku listnatých stromů. Tento kosmopolitně rozšířený lišejník je běžným druhem České republiky, vyskytuje se v nížinách i horách (Halda et al. 2022).



Obrázek 7 *Parmelia saxatilis*  
(foto: Křištoforiová, K., 13.11.2022)

*Chrysothrix chlorina* (Ach.) J.R. Laundon

Prášenka žlutá je lišejník s nápadně žlutou leprariovou (práškovou) stélkou. Výrazné žluté zbarvení je způsobeno přítomností toxické kyseliny vulpinové, která je obsažena ve stélce. Tato prášenka je majoritně saxikolním druhem, porůstá obrovské plochy kolmých stěn pískovcových měst a údolí, preferuje kyselejší substrát, který není přímo zasažen spadem deště. Jedná se o běžný evropský druh, hojně rozšířený napříč ČR (Halda et al. 2022).



Obrázek 8 *Chrysothrix chlorina*  
(foto: Křištoforiová, K., 13.11.2022)

*Trapelia placodioides* Coppins & P. James

Lišejník s českým názvem změnověnka lemovaná má korovitou stélku tvořící bílé, šedavé až narůžovělé ostrůvky. Jednotlivá políčka celistvé stélky působí dojmem rozpraskaných, zvlněných lupenů, jejichž okraje jsou žlutě až zeleně zbarvené. Lišejník pokrývá zastíněné a vlhké povrchy balvanů a skal převážně kyselých hornin. Tento taxon je rozšířen v Evropě, Asii a Severní Americe, je běžným druhem i pro lichenofloru České republiky (Halda et al. 2022).



Obrázek 9 *Trapelia placodioides*  
(foto: Křištoforiová, K., 13.11.2022)

*Lecidea lithophila* (Ach.) Ach.

Lišejník s českým názvem šálečka kamenomilná tvoří světle šedou, korovitou, hladkou, rozpraskanou stélku, která může být místy rezavě zabarvená. Hnědé až černé plodnice nepravidelně porůstají celý povrch stélky a přisedají k ní. Tento běžný horský taxon se vyskytuje hlavně na balvanech i menších kamenech poblíž vod, kde lišejníku nehrozí vyschnutí. V horských oblastech ČR je *Lecidea lithophila* běžným druhem (Halda et al. 2022).



Obrázek 10 *Lecidea lithophila*  
(foto: Křištoforiová, K., 16.03.2024)

## 4.2 Didaktické materiály

Díky současnému pojetí didaktiky i samotného vzdělávání má učitel možnost si vybrat, jakým způsobem žákům předá danou problematiku.

Učitel volí aktivity, které mu pomohou splnit cíl vyučovací hodiny. Jakou aktivitu vyučující zvolí, závisí na jeho pedagogických zkušenostech, času pedagoga na samostatnou přípravu dané aktivity, věku žáků, se kterými chce aktivitu realizovat, a také časové dotaci vyučování. Pro zahájení didaktické hry (aktivity) je důležité žákům řádně vysvětlit pravidla, aby nedocházelo k různým rozepřím během průběhu hry, což může cíl hodiny výrazně ovlivnit. Před zahájením jakékoliv aktivity je dobré žáky seznámit i se systémem hodnocení.

Je vhodné mít připraveno v záloze i jinou aktivitu pro případ, že daná aktivita bude pro aktuální rozpoložení třídy buď příliš náročná, nebo naopak příliš tlumící. Například pokud učitel po příchodu do třídy, která je po velké přestávce rozptýlená, žáci jsou plni energie, zadá práci s textem, moc velký úspěch se zpravidla nedostaví (z pohledu rozvíjení klíčových kompetencí i ze strany zájmu žáků).

Mnou vytvořené aktivity jsou inspirovány obyčejnými dětskými hrami. Velké množství klasických známých her (pexeso, město-jméno-zvíře-věc, bingo) lze přetransformovat do aktivit s přírodovědným tématem. Hry, ke kterým není potřeba prostor a pohyb žáků, je možné zařadit jako jednotlivé úlohy do celistvých pracovních listů.

Jako ukázkou uvedu příklady aktivit a didaktických her, které lze použít jak pro vyučování tématu Lišejníky, tak pro výuku různých témat hodin přírodopisu či biologie. Vytvořila jsem také pracovní listy – jeden pro žáky 2. stupně základních škol a jeden pro gymnázia (viz Přílohy).

## **Příklady vhodných aktivit pro výuku přírodopisu/biologie:**

### **1) Reverzní pexeso**

Cíl aktivity: rozpoznání zástupců dané skupiny a znalost jejich nomenklatury

Časová náročnost: 10-20 minut (záleží na počtu jednotlivých kartiček)

Jsou připraveny 2 typy kartiček – jeden obsahuje názvy zástupců skupiny, na druhým jsou obrázky jednotlivých zástupců. Kartičky s názvy jsou všechny po celou dobu hry vidět, kartičky se zástupci jsou obrázkem otočeny dolů (žáci je nevidí). Během hry hrají žáci proti sobě, otáčejí kartičky se zástupci, přiřazují k nim názvy a po přiřazení si berou dvojici název-zástupce k sobě. Kdo bude mít více správně přiřazených kartiček k sobě, vyhrává.

Rolí učitele v této hře je závěrečná kontrola obou protihráčů. Protihráči mohou být jednotlivci i skupiny.

Aktivitu je možné realizovat napříč celou systematikou biologie – houby, lišejníky, rostliny, bezobratlé, obratlovce, lze takto probrat i skupiny svalů, kostí, typy listů.... Náročnost této hry je vždy možno upravit tak, aby ji bylo možné využít pro různé stupně vzdělávání.

### **2) Pravda, nebo lež**

Cíl aktivity: procvičení získaných vědomostí daného tématu

Časová náročnost: 20 minut

Třída se rozdělí do skupin o 4-6 žácích, vznikne tak několik týmů, jehož členové dají týmu jméno. Každý tým obdrží dvě karty „ANO“ a „NE“. Vyučující předčítá připravená tvrzení o tématu k zopakování a začne odpočítávat od 10 do 0. Žáci mají čas se v rámci týmu poradit o odpovědi ano/ne. Po skončení odpočtu musí tým zvednout nad hlavu kartu s odpovědí. Učitel určí správnost svého tvrzení (případně opraví nesprávnost tvrzení nebo požádá žáky o opravu) a zapíše body jednotlivým týmům. Tým s nejvyšším počtem bodů vyhrává.

### **3) Řady**

Cíl aktivity: procvičení získaných vědomostí daného tématu

Časová náročnost: 10-20 minut (záleží na počtu kol)

Třída, stávající ze 3 řad lavic, bude tvořit 3 skupiny (u okna, uprostřed, u dveří). Z každé řady se vybere jeden dobrovolník, který bude reprezentovat svou řadu. Vybraní se postaví vedle poslední lavice. Vyučující pokládá otázky o tématu, které chce s žáky procvičit. Vybraní žáci mají deset vteřin na to, aby nadiktovali svou odpověď žákovi, který sedí v lavici vedle nich (sedící žák zapíše odpověď na papír). Po uplynutí doby na odpověď přečtou žáci, kteří si zaznamenali odpovědi od vybraných žáků. Za každou správnou odpověď se „stojící“ žák posune o lavici dopředu. Hra tímto způsobem postupuje dál, dokud jeden z hráčů nepostoupí na úroveň katedry vyučujícího, vítězné řadě se udělí bod a lze hru opakovat vícekrát s jinými vybranými žáky každé řady.

#### 4) Patříme k sobě

Cíl aktivity: vzájemné propojení pojmů daného tématu

Časová náročnost: 15 minut

Vyučující připraví kartonové cedule (ideálně formátu A4) v počtu žáků ve třídě. Cedule obsahují jednoslovné, nebo kratší pojmy. Důležité je, aby každý napsaný pojem bylo možné spojit s jiným. Každý z dvojice pojmů je na ceduli napsán jinou barvou, nebo samotná cedule má jinou barvu (např. fotobiont – modrá barva, mykobiont – červená barva). Vyučující rozdá třídě cedule, žáci se rozřadí a přesunou na protější strany třídy a postaví se do řady s viditelně držícími cedulemi (př. modré cedule – u okna, červené cedule – u dveří). Po pokynu daném vyučujícím začnou žáci hledat svoji dvojici na protější straně třídy, aby se jejich pojmy na cedulích daly smysluplně propojit (vždy vzniká dvojice o různých barvách). Po vytvoření dvojic každá dvojice představí své pojmy a důvod, proč se rozhodly se spojit. Vyučující kontroluje správnost jednotlivých mikro výstupů a případně dodá informace navíc.

#### 5) Poznej lháře

Cíl aktivity: procvičení a ověření nabytých znalostí

Časová náročnost: 5-15 minut (záleží na počtu kol a počtu připravených papírků s fakty)

Vyučující připraví papírky s fakty o tématu, které chce s žáky procvičit – dva papírky jsou orámovány zelenou barvou (označují pravdivý fakt), jeden papírek je orámován červenou barvou (označuje nepravdivý fakt). Třída se rozdělí do 3 skupin, z každé skupiny se vybere jeden žák. Vybraní žáci si vylosují papírek s faktem (správnost tvrzení vědí jen vybraní žáci a vyučující) a každý postupně přečtou napsaný fakt. Utvořené skupiny mají 20 sekund na odhalení lháře a na opravení nesprávného faktu. Jednotlivé skupiny napíší jméno domnělého lháře a opraveného tvrzení na papír a po uplynutí času všechny skupiny otočí papír směrem k vyučujícímu – pokud skupina odhalí lháře, přičítá se jí bod, pokud opraví správně opraví tvrzení, přičítá se jí další bod. Po jednom kole hry se vybírají další hráči ze skupin, kteří losují jiné papírky. Hra takto pokračuje dle libosti vyučujícího, vítězí skupina s nejvíce získanými body.

#### 6) Přesmyčky

Cíl aktivity: zopakování pojmů z daného tématu

Časová náročnost: 10 minut

Žáci vytvářejí z písmen z nesmyslných pojmů slova, která souvisejí se zadaným tématem. Toto cvičení může být využito v rámci pracovního listu.

Příklady pro téma Lišejníky:

- Šjenilík – Lišejník
- Chineluzisum – Lichenizmus
- Bnymotik – Mykobiont
- Hukolvádat – Dutohlávka

## 7) Ano nebo ne

Cíl aktivity: procvičení a ověření nabytých znalostí

Časová náročnost: 5 minut

Žáci označují správná a nesprávná tvrzení – jedná se o klidnější formu hry „Poznej lháře“. Tato aktivita je vhodná do pracovních listů.

Příklad pro téma Lišejníky:

Lišejník může porůstat beton.	ANO
Lišejník může růst v lidském těle.	NE
Lišejník může růst na střešní tašce.	ANO

## 8) Hádej, kdo jsem

Cíl aktivity: procvičení nabytých znalostí, rozvíjení komunikační zdatnosti žáků

Časová náročnost: 10-20 minut (záleží na počtu opakování)

Ze třídy se vybere dobrovolník, který si vylosuje papírek s pojmem. Vybraný žák má 20 vteřin na rozmyšlenou, po uplynutí času se ostatním žákům ze třídy snaží daný pojem popsat tak, aby nepověděl kořen slova či jeho příbuzná slova. Ostatní žáci se pokoušejí pojem uhádnout. Lze takto vystřídat několik dobrovolníků. Žáci si zopakují význam pojmů daného tématu a zároveň si procvičí svou schopnost komunikovat s ostatními.

## 5 Diskuze

Dva odlišné geologické substráty poskytly značné množství pozoruhodných druhů lišejníků. Na první zkoumané lokalitě – NPP Panská skála jsem našla 25 taxonů a 16 z nich se shodovalo s předchozím lichenologickým průzkumem dané lokality. Na druhé lokalitě – Kyjovské údolí v NP České Švýcarsko se mi podařilo najít 18 taxonů a pouze 1 druh se shodoval s nálezem s předchozím průzkumem lišejníků konkrétně v Kyjovském údolí. Lichenologický průzkum územního celku Labské pískovce z roku 2010 ukázal 10 totožných nalezených druhů s mým průzkumem. Geologicky rozličné substráty s výrazně odlišným chemismem, průsakem vody i zasazením horniny v prostoru (holá oblast oproti zalesněné) prokázaly velkou druhovou rozmanitost lišejníků. Nechráněná čedičová hornina vystavovaná neustálým změnám počasí porůstala zejména odolnými druhy lišejníků nebo taxony se širší ekologickou amplitudou. Pískovcová oblast krytá hustým lesním porostem dává možnost růstu lišejníkům s křehčí a náchylnější stélkou. Kyjovské údolí, oproti Panské skále tvořené svislými varhany, je geomorfologicky rozmanitější – př. skalní převisy nebo štěrby ve skalách. Vyskytují se zde např. druhy netolerující přímé účinky deště (rod *Lepraria*).

Díky sběru vzorků byla determinace obtížně rozlišitelných druhů (např. rod *Lepraria*) výrazně snazší. Využívání různých činidel a metod pro rozlišení sekundárních metabolitů lišejníků je vhodné i do praxe ve škole pro mezipředmětové propojení přírodovědných oborů.

Při tvorbě didaktických her jsem postupovala tak, aby uvedené aktivity byly snadno proveditelné a pochopitelné. Všechny hry jsou konstruovány pro jejich možné adaptace napříč různými přírodovědnými předměty. K některým didaktickým hrám je potřeba větší pozornosti a pohybové aktivitě žáků, jiné jsou klidnějšího rázu a je k nim potřeba hlavně koncentrace a soustředění žáků. V dnešní moderní době žák nevydrží celou vyučovací hodinu sedět na svém místě a poslouchat výklad vyučujícího. Množství informací předávaných prostřednictvím výkladové hodiny vede ke snížení pozornosti žáků – žáci se při vyučování nudí, nevnímají, zívají, vyrušují nebo hledají jiný zdroj zábavy. Pro udržení pozornosti a efektivnímu zapamatování si poznatků z učiva se žák musí aktivně podílet na získávání těchto informací. Výuka jej musí bavit, motivovat k udržení pozornosti a co nejlépe zapojit vjemy.

Pracovní listy jsou uzpůsobené požadavkům RVP a jsou dobrým procvičením tématu Lišejníky.

Během zpracovávání této práce jsem si uvědomila důležitost sběru vzorků – ne všechny nalezené druhy se podařilo determinovat pouze z fotografie. Poučení z tohoto nedostatku lze využít pro případnou diplomovou práci, která se může věnovat jiným oblastem lichenologie – např. sekundárním metabolitům lišejníků a jejich využití pro člověka, metodám pro detekci sekundárních metabolitů a aplikace pro laboratorní výuku pro školy. Získané zkušenosti se sběrem vzorků by bylo možné využít pro určení druhové diverzity jiných oblastí nebo jiných taxonomických jednotek – např. mechorostů nebo kapradňorostů.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zmapovat druhové složení lišejníků na dvou geologicky odlišných substrátech a využít pozoruhodné druhy pro sestavení pracovních listů či didaktických her. Vyhledala jsem v RVP požadovaný výstup tématu lišejníků a dle úrovně vzdělávání jsem sestavila příslušné pracovní listy, které slouží hlavně pro zopakování tématu nebo pro přípravu na test. Jednotlivé didaktické hry jsem vytvořila tak, aby žáky motivovaly k větší aktivitě a celkově k popularizaci tématu lišejníků.

V teoretické části práce jsem pomocí odborné literatury a odborných článků shrnula základní poznatky o lišejnících jakožto jedinečné taxonomické jednotce. Dle uvedených pramenů jsem vyhledala informace o zkoumaných územních a geologických oblastech – geografické definice území, vlastnosti hornin a flóry typické pro tyto horniny. Dále jsem v kurikulárním dokumentu RVP zjistila rozsah požadovaných znalostí žáků na 2. stupni základních škol a na gymnáziích o lišejnících a zasazení této tematiky do dané vzdělávací oblasti.

V metodické části jsem shrnula průběh mého lichenologického průzkumu, determinovala jsem nalezené taxony a srovnala tato data s daty minulých lichenologických průzkumů daných oblastí.

Svou prací bych ráda přispěla k ucelenějšímu pohledu na lišejníky jakožto unikátnost, kterou nám příroda nabízí, jak pro žáky, tak i pro kohokoliv, koho tato práce zaujme.

Má představa o efektivním vzdělávání je výuka, která žáky baví, předá jim informace, které dokážou aplikovat a propojit je s ostatními tématy přírodopisu/biologie.

## 7 Přílohy

**Tabulka 1 Nalezené druhy lišejníků oblasti NPP Panská skála**

Nalezený druh	Datum	GPS souřadnice	Stupeň ohrožení
<i>Candelariella coralliza</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Candelariella sp.</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Cladonia chlorophaea</i> <i>agg.</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Cladonia fimbriata</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Cladonia furcata</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Cladonia ochrochlora</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Diploschistes scruposus</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Hypogymnia physodes</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Lecanora cenisia</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	NT – blízký ohrožení
<i>Lecanora polytropa</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Lecanora saxicola</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Lecanora subaurea</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	VU – zranitelný
<i>Lecidea lapicida</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	NT – blízký ohrožení
<i>Lecidea lithophila</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	NT – blízký ohrožení
<i>Lepraria finkii</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Lepraria membranacea</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Micarea sp.</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Parmelia saxatilis</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Peltigera didactyla</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Physcia tenella</i>	15.03.2024	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený

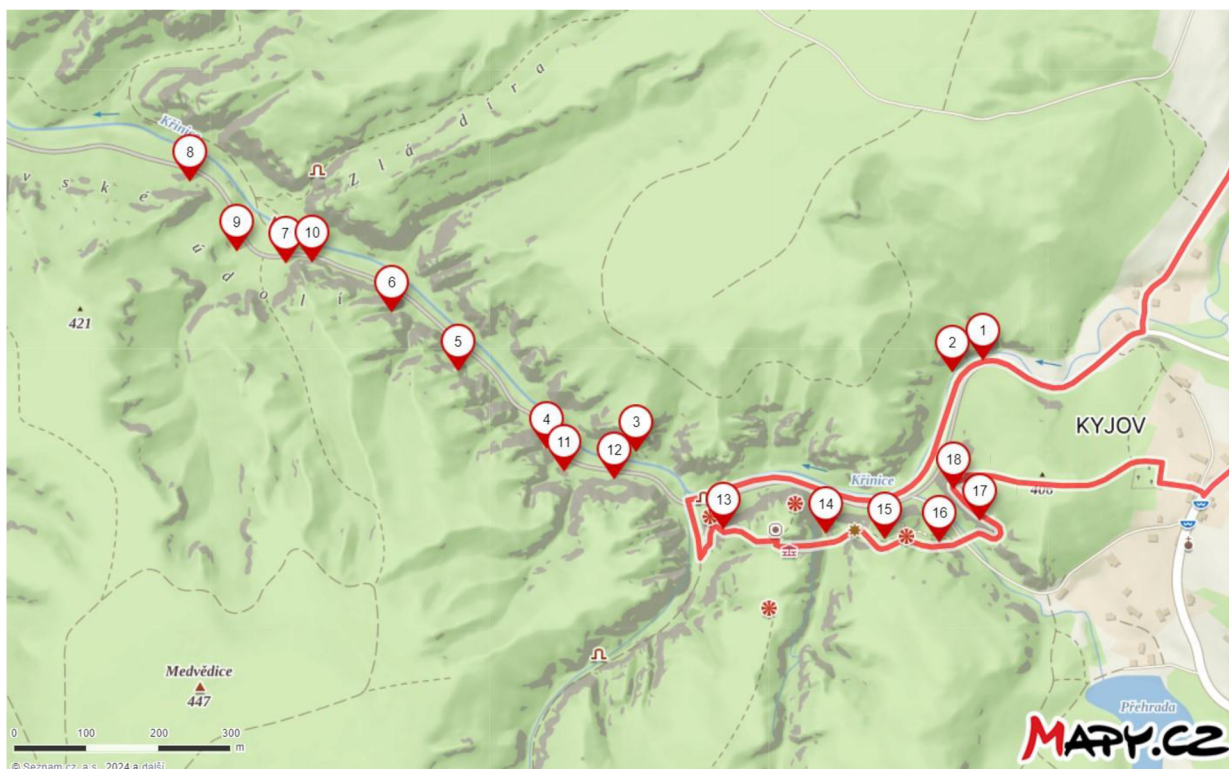
<i>Rhizocarpon lecanorinum</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Rhizocarpon reductum</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Trapelia placodioides</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený
<i>Umbilicaria hirsuta</i>	12.11.2022	50.7695406N, 14.4846572E	LC – neohrožený

**Tabulka 2 Nalezené druhy lišejníků oblasti Kyjovské údolí**

Nalezený druh	Datum	GPS souřadnice	Stupeň ohrožení	Číslo na mapě
<i>Candelariella sp.</i>	16.03.2024	50.9138681N, 14.4450972E	LC – neohrožený	6
<i>Chrysothrix candelaris</i>	13.11.2022	50.9144853N, 14.4429986E	VU – zranitelný	7
<i>Chrysothrix chlorina</i>	13.11.2022	50.9121803N, 14.4481400E	LC – neohrožený	4
<i>Cladonia coccifera</i>	13.11.2022	50.9116739N, 14.4561436E	LC – neohrožený	18
<i>Cladonia fimbriata</i>	16.03.2024	50.9144908N, 14.4435267E	LC – neohrožený	10
<i>Lecanora intricata</i>	16.03.2024	50.9131406N, 14.4463975E	LC – neohrožený	5
<i>Lecanora saxicola</i>	13.11.2022	50.9111769N, 14.4516189E	LC – neohrožený	13
<i>Lecidea fruscoatra</i>	13.11.2022	50.9112814N, 14.4566586E	LC – neohrožený	17
<i>Lecidea lithophila</i>	13.11.2022	50.9132706N, 14.4567231E	NT – blízký ohrožení	1
<i>Lepraria jackii</i>	13.11.2022	50.9111272N, 14.4536331E	NT – blízký ohrožení	14
<i>Lepraria membranacea</i>	16.03.2024	50.9118989N, 14.4484789E	LC – neohrožený	11
<i>Lepraria umbricola</i>	13.11.2022	50.9118011N, 14.4494703E	NT – blízký ohrožení	12
<i>Micarea lignaria</i>	13.11.2022	50.9131217N, 14.4561222E	LC – neohrožený	2
<i>Parmelia saxatilis</i>	13.11.2022	50.9154997N, 14.4411275E	LC – neohrožený	8
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	16.03.2024	50.9110114N, 14.4558689E	LC – neohrožený	16
<i>Psilolechia lucida</i>	16.03.2024	50.9146339N, 14.4420417E	LC – neohrožený	9
<i>Trapelia placodiodes</i>	16.03.2024	50.9110492N, 14.4547789E	LC – neohrožený	15



<i>Trapeliopsis granulosa</i>	16.03.2024	50.9121336N, 14.4499039E	LC – neohrožený	3
-------------------------------	------------	-----------------------------	--------------------	---



Obrázek 11 Mapa stanovišť nalezených lišejníků v Kyjovském údolí, zdroj: <https://mapy.cz>

Pozn. Červená trasa značí část Köglerovy naučné stezky.



Obrázek 12 Panská skála (foto: Křištoforiová, K., 12.11.2022)

## Pracovní list – Lišejníky

1) Doplň, z jakých symbiotických organismů je tvořen lišejník.



2) Zakroužkuj správný tělní typ lišejníků.

- a. Stonek
- b. Telka
- c. Kaulom
- d. Stélka

3) Doplň název barvíva získávaného z lišejníků, které využíváme v chemii pro indikaci kyselin a zásad.

L \_ \_ \_ \_ S

4) Zakroužkuj ANO nebo NE u následujících tvrzení:

- |   |          |
|---|----------|
| Lišejník najdeme běžně ve městě.                      | ANO / NE |
| Dutohlávka sobí porůstá paroží sobů karibu.           | ANO / NE |
| Výzkumem lišejníků se zabývá entomologie.             | ANO / NE |
| Lišejníky lze využít k barvení vlny.                  | ANO / NE |
| Lišejníky mohou růst uvnitř lidského těla.            | ANO / NE |
| Pro indikaci znečištění ovzduší lze využít lišejníky. | ANO / NE |
| Stejný tělní typ, jaký je u lišejníků, mají i mechy.  | ANO / NE |

5) Poznej lišejník podle charakteristiky.

Rodové jméno lišejníku je podobné předmětu, na který se hází šipky. Druhové jméno má podle útvaru, který můžeme vyfouknout ze žvýkačky.

T \_ \_ \_ \_ \_ A    B \_ \_ \_ \_ \_ Á

Lišejník s korovitou stélkou, která na skalách tvoří obrazce podobné světadílům.

M \_ \_ \_ \_ \_ K    Z \_ \_ \_ \_ \_ ý

Lišejník s keříčkovitou stélkou, využíváný k léčitelství na skandinávském ostrovu.

P \_ \_ \_ \_ \_ A    I \_ \_ \_ \_ \_ Á

6) Pro fanoušky Marvelu 🦋: Jaká postava z Marvelu má podobný vztah jako jednotlivé organismy tvořící lišejník?

Obrázek 13 Pracovní list pro 2. stupeň základních škol

# Pracovní list – Lišejníky

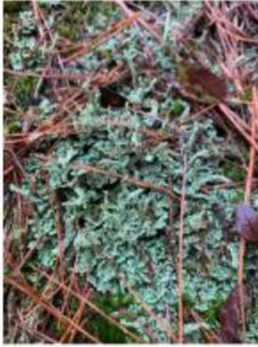
1) Napiš, jak se nazývají jednotlivé symbiotické organismy tvořící lišejník.

Houbová složka = M \_\_\_\_\_ T

Fotosyntetizující složka tvořená řasou = F \_\_\_\_\_ T

Fotosyntetizující složka tvořená sinicí = C \_\_\_\_\_ T

2) Spoj jednotlivé druhy lišejníků s náležitým typem stélky.



Korovitá

Dimorfická

Lupenitá

Práškovitá

3) Lišejníky jsou bioindikátory. Napiš, které faktory dokážou lišejníky zaznamenat.

4) Napiš k využití lišejníků příslušný druh.

Léčivý lišejník účinný proti zápalu plic a zánětu průdušek a zároveň potrava pro sobi karibu.

D \_\_\_\_\_ A S \_\_ Í

Známý rod lišejníků využívaný pro výrobu acidobazického indikátoru lakmusu.

T \_\_\_\_\_ A

Lišejník využívaný pro výrobu léčiv na zmírnění Alzheimerovy choroby.

D \_\_\_\_\_ A V \_\_\_\_\_ Á

Lišejník využívaný v Indii pro regeneraci jaterní tkáně.

H \_\_\_\_\_ A P \_ Í

Jedlý lišejník rostoucí v poušti, označovaný jak „biblická mana“.

M \_\_\_\_\_ A J \_\_\_\_\_ Á

**5) Zakroužkuj ANO nebo NE u následujících tvrzení:**

Lišejník najdeme běžně ve městě.	ANO / NE
Dutohlávka sobí porůstá paroží sobů karibu.	ANO / NE
Výzkumem lišejníků se zabývá entomologie.	ANO / NE
Lišejníky lze využít k barvení vlny.	ANO / NE
Lišejníky mohou růst uvnitř lidského těla.	ANO / NE
Pro indikaci znečištění ovzduší lze využít lišejníky.	ANO / NE
Stejný tělní typ, jaký je u lišejníků, mají i mechy.	ANO / NE

**6) Pro fanoušky filmů z dílny Marvel 🤖: Proč byste teoreticky mohli přirovnat anti-hrdinu Venoma k lišejníkům? (+ Viděli jste oba filmy? Máte radši Venoma nebo Carnage?)**

*Obrázek 14 Pracovní list pro gymnázia*

## 8 Seznam použité literatury

- BAUER, P., KOPECKÝ, V., ŠMUCAR, J. *Labské pískovce – historie, příroda a ochrana území*. Děčín: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Správa CHKO Labské pískovce, 2008. s. 45-63. ISBN 978-80-87051-27-6
- ČEPIČKA, I., KOLÁŘ, F., SYNEK, P. *Mutualismus, vzájemně prospěšná symbióza*. Přípravný text – biologická olympiáda 2007–2008 [online]. Praha: NIDM ČR, 2007. s. 39. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: [https://web.archive.org/web/20080920195545/http://www.biologickaolympiada.cz/p\\_rilohy/brozura.pdf](https://web.archive.org/web/20080920195545/http://www.biologickaolympiada.cz/p_rilohy/brozura.pdf)
- ČERNOHORSKÝ, Z. *Lišejníky rostou všude* [online]. Vesmír: Listopad 2000, roč. 79 (130), čís. 11, s. 629–630. ISSN 1214-4029. [cit. 2024-02-19]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-11/lisejniky-rostou-vsude.html>
- HALDA, J., KUČERA, J., KOVAL, Š. *Atlas krkonošských mechorostů, lišejníků a hub 1 – mechorosty a lišejníky* [online]. Vrchlabí: Správa KRMAP, 2022. 440 s. ISBN 978-80-7535-136-4. Dostupné z: [https://www.krnap.cz/media/eapmuvzb/krnap-atlas\\_mechy\\_lisejniky1\\_2022\\_w.pdf](https://www.krnap.cz/media/eapmuvzb/krnap-atlas_mechy_lisejniky1_2022_w.pdf)
- HÄRTEL, H., SÁDLO, J., ŚWIERKOSZ, K., MARKOVÁ, I. *Phytogeography of the sandstone areas in the Bohemian Cretaceous Basin (Czech Republic/Germany/Poland). Sandstone landscapes* [online]. [cit. 2024-03-16]. Academia, 2007. s.177–190. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/233526305\\_Phytogeography\\_of\\_the\\_sandstone\\_areas\\_in\\_the\\_Bohemian\\_Cretaceous\\_Basin\\_Czech\\_RepublicGermanyPoland](https://www.researchgate.net/publication/233526305_Phytogeography_of_the_sandstone_areas_in_the_Bohemian_Cretaceous_Basin_Czech_RepublicGermanyPoland)
- CHOW, V. T., MAIDMENT, D. R., MAYS, L. W. *Applied Hydrology*. New York – Toronto: McGrawHill Book Company, 1988. s. 142. ISBN 978-0071001748
- CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M. a spol. *Katalog biotopů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2001. s. 79-80. ISBN 80-86064-55-7
- JIRÁTOVÁ, J., MARKOVÁ, I. *Národní park České Švýcarsko – rozhovor* [online]. Český rozhlas. 2006. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <https://temata.rozhlas.cz/narodni-park-ceske-svycarsko-8003301>
- KELSO, M. *Caloplaca coralloides lichen symbiosis* [online]. Monterey Bay Aquarium Research Institute, 2005. [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20080415093340/http://www.mbari.org/staff/conn/botany/lichens/symbiosis.htm>
- KLÁN, J. *Co víme o houbách*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. Vydání první. 1989. s. 310. ISBN 80-04-21143-7.
- KNORR, I. *Krajina čtyř fází. Země světa* [online]. 3.5.2022, roč. 21, čís. 5, s. 2–11. ISSN 1213-8193. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: [https://zemesveta.cz/labske\\_piskovce/](https://zemesveta.cz/labske_piskovce/)

KOUŘIMSKÝ, J. *Nerosty a horniny*. Praha: AVENTINUM, 1999. s. 20-21. ISBN 978-80-7151-283-7

*Köglerova naučná stezka* [online]. Obecně prospěšná společnost České Švýcarsko [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <https://www.ceskesvycarsko.cz/cs/zazitky/vylety/koglerova-naucna-stezka>

KREMER, B., MUHLE, H. *Lišejníky, mechorošty, kapradňorošty*. Praha: Ikar. Vydání první. 1998. s. 6. ISBN 80-7202-356-X.

KÜHN, P. *Geologické zajímavosti Libereckého kraje*. Liberec. 2006, s. 69-73. ISBN 80-239-6366-X.

*Kyjovské údolí* [online]. Obecně prospěšná společnost České Švýcarsko. 2016. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <https://www.kyjovskeudoli.cz/>

LEPP, H. *Form and structure – Crustose lichens* [online]. Canberra: Australian National Botanic Gardens and Australian National Herbarium. 2011. [cit. 2024-03-02]. Dostupné z: <https://www.anbg.gov.au/lichen/form-crustose.html>

LHOTSKÝ, J. *Muž, který stvořil lišejníky – Simon Schwendener (1829–1919)* [online]. Vesmír. Říjen 2014, roč. 93, čís. 10. s. 582-583. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2014/cislo-10/muz-ktery-stvoril-lisejniky-simon-schwendener-18291919.html>

LIŠKA, J. *Pohled na lichenofloru České republiky* [online]. Živa roč. 2012, č.4. Praha: Academia, s. 162, [cit. 2024-02-12]. ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/pohled-na-lichenofloru-ceske-republiky.pdf>

LIŠKA, J. *Vázaný a nevázaný život lišejníků*. [online]. Vesmír. Listopad 2000, roč. 79 (130), čís. 11, s. 623–629. [cit. 2024-02-26]. ISSN 1214-4029. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2000/cislo-11/vazany-nevazany-zivot-lisejniku.html>

LIŠKA, J., PALICE, Z. *Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1)* [online]. Příroda, Praha, 2010, 29: 3–66. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/285874876\\_Cervensejniku\\_Cesk\\_verze\\_11\\_Priroda](https://www.researchgate.net/publication/285874876_Cervensejniku_Cesk_verze_11_Priroda)

LIŠKA, J., PALICE, Z., SLAVÍKOVÁ, Š. *Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic* [online]. Preslia. 2008. 151–182. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <http://www.preslia.cz/P082Lis.pdf>.

LUTZONI, F., PAGEL, M., REEB, V. *Major fungal lineages are derived from lichen symbiotic ancestors* [online]. Nature. 2001 Jun 21;411(6840):937-40. doi: 10.1038/35082053. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/35082053>

MALÍČEK, J., HALDA, J. P., KOCOURKOVÁ, J., MÜLLER, A., PALICE, Z., PEKSA O., SVOBODA, D. *Lišejníky zaznamenané během podzimního bryologicko-lichenologického setkání v Labských pískovcích 2010*. - Bryonora, 2012, 49: 17-23.

- MALÍČEK, J., PALICE, Z., BOUDA, F., KNUDSEN, K., ŠOUN, J., VONDRÁK, J., NOVOTNÝ, P. *Atlas českých lišejníků* [online]. 2024 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://dalib.cz/>
- MARCUSSEN, T., WIND, P., JONSELL, B., KARLSSON, T. *Flora Nordica, Volume 6: Thymelaeaceae – Apiaceae*. Stockholm: The Bergius Foundation, Royal Swedish Academy of Sciences, 2010, s.12–52. ISBN 9789186510619
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). *RVP – Rámcové vzdělávací programy* [online]. 2024. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/>
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). *RVP G\* - Rámcové vzdělávací programy pro gymnázia* [online]. 2023. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>
- Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy (MŠMT). *RVP ZV – Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání* [online]. 2023. [cit. 2024-03-14]. Dostupné z: <https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani-rvp-zv/>
- NASH, T., H. *Lichen Biology* [online]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. s. 8. ISBN 0521459745. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=P9y60ac0wbMC&printsec=frontcover&dq=Lichen+Biology&sig=yZqsAulmk8fITvNhWM3VUn3ldVA#v=onepage&q=Lichen%20Biology&f=false>
- Národní park České Švýcarsko: Flóra* [online]. Agentura pro ochranu přírody a krajiny v České republice. 2016. [cit. 2024-03-05]. s.187. Dostupné z: [https://www.npcs.cz/sites/default/files/rozbor\\_kap5.pdf](https://www.npcs.cz/sites/default/files/rozbor_kap5.pdf)
- Národní park České Švýcarsko* [online]. Obecně prospěšná společnost České Švýcarsko [cit. 2024-03-04]. Dostupné z: <https://www.ceskesvycarsko.cz/cs/ceske-svycarsko>
- NELSON, P., Kimbler, J. *Evolution of permeability-porosity trends in sandstones* [online]. AAPG: Search and Discovery, 2000. [cit. 2024-02-18]. Dostupné z: <https://www.searchanddiscovery.com/abstracts/html/2000/annual/abstracts/0482.htm>
- ORANGE, A., JAMES, P. W., WHITE, F. J. *Microchemical Methods for the Identification of Lichens*. 2nd edition. London: British Lichen Society, 2010. ISBN 978 0 9540418 9 2.
- Panská skála* [online]. AOPK ČR. [cit. 2024-02-22]. Dostupné z: [https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW\\_ONE=1&ID=300](https://drusop.nature.cz/ost/chrobjekty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=300)
- PETRÁNEK, J. *Čedič* [online]. Česká geologická služba, 2007. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?bazalt#>
- PETRÁNEK, J. *Pískovec* [online]. Česká geologická služba, 2007. [cit. 2024-03-07]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?piskovec>

- PHYCOL, E., J. *Revisiting photobiont diversity in the lichen family Verrucariaceae (Ascomycota)* [online]. 2011. s. 400. ISSN 1469-4433. Dostupné z: <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/09670262.2011.629788?needAccess=true>
- PORUBA, M., RABŠTEINEK, O., SKUHROVEC, J. *Lišejníky, mechorosty a kaprad'orosty ve fotografii*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. Vydání první. 1987. s. 11. ISBN 07-056-88.
- RAMEL, G. *Lichen Reproduction* [online]. Earth Life. 2020. [cit. 2024-02-21]. Dostupné z: <https://earthlife.net/lichen-reproduction-ascomycetes-basidiomycetes/>
- SEDLÁŘ, J. *Pomocné odd. Lichenes – lišejníky* [online]. 2007. [cit. 2024-04-07]. Dostupné z: <http://old.botany.upol.cz/atlasystem/lichenes.php>
- SEDLÁŘOVÁ, M., VAŠUTOVÁ, M. *Lichenes* [online]. 2004-2007. [cit. 2024-03-22]. Dostupné z: <http://botany.upol.cz/atlasystem/lichenes.php>
- SKALKA, M. *Lišejníky jako bioindikátory* [online]. Živa roč. 2004, č.3. Praha: Academia, s. 107-108. [cit. 2024-02-19]. ISSN 0044-4812. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/lisejniky-jako-bioindikatory.pdf>
- WAGNER, B. *Inventarizační průzkum národní přírodní památky Panská skála v CHKO České Středohoří (2011-2013) z oboru: lichenologie*. Litoměřice. 2013. Manuskript. 8 s., fotografická příloha. Archivuje Ústřední seznam ochrany přírody, AOPK ČR, Praha.
- WIRTH, V., HAUCK, M. & SCHULTZ, M. *Die Flechten Deutschlands: Band 1 und 2*. Stuttgart: Eugen Ulmer, 2013, 1244 s. ISBN 978-3-8001-5903-1.