

**Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí  
Katedra ekologie**



**Biodiverzita a struktura epifytických  
společenstev lišejníků v horských smrkových  
lesích České republiky**

**Diplomová práce**

**Diplomant: Bc. Pavlína Koubková**

**Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.**

**Konzultant: Ing. Lucie Zemanová**

**2014**

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Jany Kocourkové, CSc. a Ing. Lucie Zemanové. A že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

Souhlasím se zveřejněním diplomové práce.

V Praze, dne 22. 4. 2014

### **Poděkování**

Moje poděkování patří vedoucí této diplomové práce doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc. za její zaštitění. Velké díky patří Ing. Lucii Zemanové, která mi po celou dobu velmi pomáhala. Pomáhala mi od počátku s metodikou, se sběrem dat a ve výsledku i s jejich vyhodnocením. V neposlední řadě mi byla psychickou oporou. Děkuji doc. Ing. Miroslavovi Svobodovi, Ph.D. a jeho týmu za zapůjčení dat ze zkoumaných lokalit. Ing. Vojtěchovi Čadovi a Mgr. Václavovi Pouskovi, Ph.D. též děkuji za zapůjčení dat a pomoc při práci v terénu. Velké díky patří i RNDr. Zdeňkovi Palicemu PhD., který mi velmi pomohl s určováním lišejníků a bez jehož pomoci by nebyl můj seznam nalezených druhů kompletní.

## **Abstrakt:**

V přirozených horských smrčínách byla studována biodiverzita epifytických lišejníků ve třech lokalitách na 21 vybraných plochách. Sběr dat probíhal v letech 2012 a 2013. Celkem bylo studováno 10 ploch v Jeseníkách v NPR Praděd v údolí Bílé Opavy a 11 ploch na Šumavě, z toho 8 ploch v PP Trojmezna hora a 3 plochy v karu Čertova jezera (NPR Černé a Čertovo jezero). Ve všech plochách byla provedena inventarizace epifytických lišejníků na živých i mrtvých stromech. Celkem bylo snímkováno 393 stromů (*Picea abies*), nalezeno bylo 85 druhů lišejníků, další lišejníky neurčené do druhu z devíti rodů a 9 druhů lichenikolních hub a lišejníkům podobných hub. V zachovalých lesích Bílé Opavy a Čertova jezera bylo zjištěno celkem 69 druhů lišejníků (52 druhů na živých a 54 druhů na mrtvých stromech). Nejvyšší počet 73 druhů byl zjištěn na zcela disturbovaných plochách Trojmezna hora na mrtvých stromech a naopak nejnižší počet, pouze 27 druhů byl zjištěn a polomech v Bílé Opavě v Jeseníkách. Statisticky bylo zjištěno, že polomy s nejnižším počtem druhů na Bílé Opavě se významně liší od všech ostatních lokalit. Rovněž statisticky byla prokázána nejvyšší biodiverzita epifytických lišejníků na mrtvých stromech kromě polomů z Bílé Opavy. Rozdíl v biodiverzitě mezi disturbovanými plochami z Trojmezna a plochami z polomů z Bílé Opavy bude nutno vysvětlit dalším výzkumem. Získané znalosti o biodiverzitě lišejníků a preferenci substrátu, na kterém lišejníky prosperují v přirozených smrčkových lesích, představují potřebný zdroj informací pro správné a efektivní rozhodování v oblasti managementu těchto biotopů. Přirozené horské smrčkové lesy jsou ohroženým biotopem. Největší hrozbou je pro ně nevhodně volený management. Pokud by byly disturbované plochy asanovány, dojde k vážným, nevratným a nenapravitelným škodám v centrech přirozených zdrojů biodiverzity. Zachování přirozených horských smrččin je z výše uvedených důvodů důležité v jakékoliv fázi jejich vývoje. Proto je doporučen naprostý bezzásahový management v prvních zónách NP a CHKO.

## **Abstract:**

The main objective of this work was to contribute to the knowledge of biodiversity of epiphytic lichens in natural spruce forests of the Czech Republic in the Jeseníky Mts and the Šumava Mts and to understand the relations of these lichens

to the special conditions in these forest habitats characterized by highly variable dynamics. During 2012 and 2013, a total of 21 plots were studied, 10 of them in the Bílá Opava valley in the National Nature Reserve Praděd in the Jeseníky Mts, 11 plots in the Šumava Mts, 8 of them in Natural Monument Trojmezna hora, and 3 plots in Čertovo Lake (NNR Černé and Čertovo Lake). A total, 393 living and dead trees of *Picea abies* were studied for biodiversity of epiphytic lichens. Eighty five species of lichens, 9 allied fungi and other lichens identified to genus level were found. 69 species (52 on living and 54 species on dead trees) were found in the preserved forests in the Bílá Opava valley and the Čertovo Lake. The highest biodiversity, a total of 73 species, was found on dead trees in plots disturbed by invading beetle in Trojmezna Mt. The lowest biodiversity, a total of 27 species, was found in the wind calamity plots in the Bílá Opava valley. Statistical analysis proved that the wind calamity plots in the Bílá Opava valley are significantly different of all other studied localities. We also proved that the richest biodiversity of epiphytic lichens occurs on dead trees in all studied plots except in the Bílá Opava wind calamity plots. Additional research is necessary to explain differences in biodiversity of disturbed plots of Trojmezna Mt. and wind calamity plots in Bílá Opava. Knowledge about the biodiversity of epiphytic lichens and their substrate preferences, in this case epiphytic lichens in natural spruce forests, are an important source of information for effective decision-making in the management of these habitats. Natural mountain spruce forests are an endangered habitat. The most serious threat to them is mismanagement. If implemented, the proposed clearance of trees, or only removal of invaded bark from trees would cause significant, irreversible and unmitigable environmental impact to natural resources. Based on results of our research, preservation of natural spruce forest is important in any stage of their ontogeny, it is highly recommended that a non-intervention management policy be implemented in the first protected zones of the National Parks and Landscape Protected Areas.

**Klíčová slova:**

Epifytické lišejníky, horské smrčkové lesy, mrtvé dřevo, vývoj lesa, biodiverzita

**Key words:**

Epiphytic lichens, mountain spruce forests, dead wood, forest development, biodiversity

## Obsah

1. Úvod .....	7
2. Cíl práce .....	8
3. Literární přehled .....	8
3.1 Les a vývoj .....	8
3.2 Lišejníky jako bioindikátory .....	9
3.3 Stanovištní faktory .....	10
3.4 Světlo .....	10
3.5 Vliv mikroklíma .....	10
3.6 pH borky .....	11
3.7 Znečištění ovzduší .....	12
3.8 Struktura a kontinuita lesního porostu .....	12
3.9 Vliv věku a vlastností borky stromů .....	15
3.10 Calicioidní lišejníky a mrtvé dřevo .....	16
3.11 Lišejníky přirozených smrčín v Jeseníkách a na Šumavě .....	17
4. Charakteristika studovaného území .....	18
4.1 Bílá Opava .....	18
4.2 Čertovo jezero .....	21
4.3 Trojmezna hora .....	23
5. Metody a materiály .....	25
5.1 Terénní metodika .....	25
5.1.1 Studijní lokality .....	25
5.1.2 Design ploch .....	25
5.1.3 Sběr druhových dat .....	26
5.1.4 Sběr environmentálních dat .....	26
5.2 Laboratorní metodika .....	27
5.2.1 TLC .....	27
5.3 Statistické zpracování dat .....	28
6. Výsledky .....	30
6.1 Seznamy druhů .....	30
6.2 Výsledky statistických analýz .....	34
7. Diskuse .....	42
8. Závěr .....	48
9. Seznam literatury .....	50
9.1 Internetové zdroje .....	59
10. Přílohy .....	60
11. Datový nosič	

# 1. Úvod

„Člověk, který ví, že je hlupák, není velký hlupák,“ Lao-c'.

Znalosti o biodiverzitě lišejníků (podobně jako mechorostů a hub) a preferenci k substrátu, na kterém prosperují v přirozených smrkových lesích, představují potřebný zdroj informací pro správné a efektivní rozhodování v oblasti managementu těchto biotopů. Přirozené horské smrkové lesy jsou ohroženým biotopem. V našich podmínkách jsou často ovlivňovány rozsáhlými disturbancemi (větrné a kůrovcové kalamity) a dále nevhodně voleným managementem po těchto disturbancích. V odborné i neodborné veřejnosti se vedou velké spory o tom, zda jsou disturbance v takovém rozsahu přirozené nebo ne. Poznání ekosystémů v co největších podrobnostech je předpokladem ke správnému pochopení vývojových trendů a aplikaci těchto poznatků v ochranné praxi (Ložek 2007).

Lišejníky jsou velmi významnou součástí přirozených smrkových lesů. Tyto lesy nabízejí celou řadu mikrostanovišť s odlišným mikroklimatem a substrátem (např. živé stromy, souše, pahýly, ležící mrtvé dřevo). Díky tomu se zde vyskytuje celá řada makro- a mikrolišejníků různých ekologických i taxonomických skupin, včetně lišejníků, které jsou vázány přímo na přirozené horské smrčiny. Tyto lišejníky jsou proto dobrými indikátory kontinuity vývoje tohoto biotopu.

Horské přirozené smrčiny v České republice jsou převládajícím typem lesa na svazích a plošinách horských hřbetů s podzolovými a kamenitými půdami, tvoří supramontánní vegetační stupeň řady středoevropských hor. Na rozdíl od smrkových kultur se přirozené smrčiny vyskytují ve vrcholových polohách hor v nadmořských výškách od 1000 m n. m. (Chytrý et al. 2010). Tvoří strukturně homogenní i výškově strukturované porosty. Pokryvnost stromového patra kolísá od 30 do 90 % (Kučera 2010). Tedy na rozdíl od kulturního lesa je přirozený porost mnohem více rozvolněný, často jsou stromy zavětvené velmi nízko, je zde přítomné stojící i ležící mrtvé dřevo, bylinný podrost roste bujně (především v papratkových smrčinách) a je zde i vyšší vlhkost.

Tato diplomová práce přináší informaci o stavu lichenoflóry tohoto habitatu v dosud velmi zachovalých, vitálních smrčinách v Hrubém Jeseníku (Bílá Opava) a

na Šumavě (kar Čertova jezera) i ve smrčinách stížených masivním odumíráním v důsledku napadení lýkožroutem smrkovým na Šumavě (Trojmezná hora). Zároveň je tato práce příspěvkem ke komplexnímu výzkumu dynamiky a struktury tohoto význačného a ohroženého biotopu – spolupráce s odborníky a studenty Katedry ekologie lesa (Fakulta lesnická a dřevařská, ČZU v Praze).

## 2. Cíl práce

Hlavním cílem této práce bylo přispět k poznání epifytické lichenoflóry v přirozených horských smrčinách v pohořích Jeseníky a Šumava a porozumět vztahům lišejníků k podmínkám těchto lesních biotopů vyznačujících se velmi proměnlivou dynamikou. Statistické hodnocení dat mělo za úkol odpovědět na některé otázky týkající se vztahu druhové skladby a biodiverzity lišejníků vzhledem k prudce se měnící dynamice horských smrčin.

Diplomová práce se zaměřuje na řešení několika základních otázek:

1. Roste biodiverzita epifytických lišejníků se stářím stromu a plochy?
2. Lze přibližně stanovit věkovou hranici stáří stromu a plochy pro výskyt ohrožených a citlivých druhů lišejníků?
3. Je výskyt ohrožených a citlivých druhů epifytických lišejníků ovlivněn přítomností disturbancí během historického vývoje lesa?
4. Zvyšuje se biodiverzita epifytických lišejníků po odumření stromu (např. po napadení kůrovcem)?
5. Změní se po opadu kůry složení společenstev lišejníků ve prospěch korovitých lišejníků a zástupců čeledi *Caliciaceae*?
6. Jaká doporučení vyplývají ze získaných výsledků?

## 3. Literární přehled

### 3.1 Les a vývoj

Plošně převažujícím přirozeným klimaxovým stádiem v České republice je les, jsou zde příznivé podmínky pro jeho rozvoj, proto je hlavním přirozeným vegetačním typem na tomto území. Přirozeně bezlesá místa představují pouze exponované plochy na nejvyšších vrcholech a v karech Krkonoš, Králického Sněžníku a Hrubého Jeseníku, skalnaté terény v nižších polohách, maloplošná



slaniska, živá rašeliniště a slatiniště, přirozené vodní plochy, stepní xerothermní enklávy a bezlesí v nížinných polohách přirozeně udržované velkými kopytníky. Již od neolitu bylo naše území stále intenzivněji ovlivňováno lidskou činností; hlavně postupné odlesňování bylo příčinou podstatných změn ve skladbě vegetačního krytu. Původní druhové složení jednotlivých vegetačních formací bylo více či méně pozměněno, a to jednak redukcí určitých druhových skupin, tak dosycením druhů na území ČR původně se nevyskytujících (Slavík 1988).

Změny ve floristickém složení neustávají, naopak, vzhledem k současnému stále zesilujícímu exploatačnímu tlaku na přírodu dochází k zániku lokalit mnoha druhů a populace mnoha taxonů jsou oslabovány. V případě některých druhů patří jejich výskyt už minulosti. Zánik určitých druhů v určitých územích či v celém jejich areálu vlivem změn jejich životního prostředí patřil v historii vývoje flóry k přirozeným jevům, ale časově byl rozložen do nesrovnatelně delších období, než je tomu dnes v důsledku antropogenních vlivů (Slavík 1988). Změny struktury krajiny ovlivňují organismy různě, neboť každý druh má jiné ekologické nároky. Přítomnost vhodných biotopů ale sama o sobě nestačí, zvláště je-li jejich rozloha malá a vzdálenost mezi nimi velká. Následně nemůže docházet k (re)kolonizacím při disturbancích, a to způsobuje pokles početnosti druhů (Atauri & de Lucio 2001). Problém nastává i ve chvíli, kdy existuje zdrojová populace, z které by se druhy mohly šířit, ale nové vhodné biotopy jsou příliš vzdálené a druhy se na ně nedostanou. Proto je důležitá konektivita (propojení) stanovišť a to zejména pro špatně se šířící druhy. V krajině s velmi roztráštěným biotopem se vlivy zmenšení rozlohy a rostoucí izolace umocňují a snižování počtu druhů a velikosti populací je větší, než by vyplývalo jen ze ztráty biotopu (Andrén 1994). Pokud je lokalita a tím i populace příliš malá (ostrovní efekt) (Begon et al. 1997), může populace trpět tzv. problémy malých populací (např. ztráta genetické diverzity).

### **3.2 Lišejníky jako bioindikátory**

Lišejníky jsou zajímavé díky své rozmanitosti druhů, životnímu cyklu a jejich funkci jako bioindikátorů nejen znečištění ovzduší, ale i vývoje celých ekosystémů. Ačkoli jsou odolné vůči rozličným přírodním extrémům, většina z nich je velmi citlivá ke změnám v prostředí, protože je adaptována na extrémní, leč stabilní podmínky (Nash 2008). Stélka většinou není krytá žádnými ochrannými strukturami

a obě její složky, mykobiont a fotobiont, jsou v křehké rovnováze, která je snadno porušitelná. Pomalý růst a dlouhověkost jsou významnými vlastnostmi z hlediska využití lišejníků jako bioindikátorů (Hauck 2011).

### **3.3 Stanovištní faktory**

Hauck (2011) uvádí jako důležité stanovištní faktory pro výskyt lišejníků světlo, vlhkost, pH, živiny, teplotu, znečištění ovzduší, diverzitu prostředí, kontinuitu stanoviště a v některých oblastech oheň.

### **3.4 Světlo**

Dostupnost světla je důležitým faktorem působícím na rozmanitost epifytických lišejníků. Na nižší kmeny stromů hustých lesů dopadá mnohem méně světla než na kmeny v rozvolněných lesích nebo stojící souše (Rikkinen 1995, Palmqvist 2000). Rozmanitost a biomasa lišejníků je obvykle vyšší v korunách stromů vystavených slunečnímu záření než na stinných kmenových bázích (Kermit & Gauslaa 2001, Palmqvist 2000). Dostupné světlo, měřeno jako přímý a nepřímý stanovištní faktor, vysvětluje podstatnou část zisku biomasy epifytických lišejníků ve studiích podél širokého světelného přechodu z otevřených holin do hustých a mladých stálezelených lesů (Gauslaa et al. 2006). Množství světla dopadajícího na stélky lišejníků během doby hydratace určuje rychlost růstu lišejníků (Palmqvist 2000).

### **3.5 Vliv mikroklíma**

Halonen et al. (1991) nashromáždili značné množství důkazů, že mikroklíma má zásadní význam pro biodiverzitu lišejníků. Gottardini et al. (2004) uvádí jako dvě nejdůležitější proměnné životního prostředí mající vliv na množství epifytických lišejníků v smrkových lesích severní Itálie dostupnost slunečního záření a vlhkost. Lišejníky jsou velmi tolerantní k častému smáčení a usychání, ale fotosynteticky aktivní jsou jen ve fázi navlhčení. Rychlost jejich růstu je vnitřně vázána na množství srážek (Armstrong 1993, Renhorn & Esseen 1995). Mikroklíma stromových lišejníků je dáno kombinací regionální struktury klimatu a struktury stromových korun (Halonen et al. 1991). Množství srážek se mění od přímořských oblastí až po horský stupeň. Jejich rozložení ovlivňuje mikroklíma konkrétních stanovišť. V severských

jehličnatých lesích se roční srážky mění v široké škále (Schultz 2000). Většinou boreální a oreoboreální lesy mají tendenci vykazovat zvyšující se množství epifytických lišejníků se zvyšující se vlhkostí (Halonen et al. 1991). Biomasa epifytických lišejníků roste obzvláště v oblastech s vysokými srážkami a častými mlhami. Časté mlhy jsou charakteristické pro oceánické boreální a oreoboreální lesy (Campbell & Coxson 2001). Z hlediska výskytu vzácných druhů epifytických lišejníků jsou horská stanoviště s vysokými srážkami a častými mlhami nejdůležitější z různých typů stanovišť (Liška 2003). Některé epifytické druhy se specializují na použití zlomku srážek z mlhy pro své zásobování vodou. Např. krustózní sorediózní lišejníky rodu *Lepraria* mají silně hydrofóbní povrch stélky, který inhibuje vychytávání dešťové vody (Hauck et al. 2008). Dále se zdá, že změny mikroklimatu v minulosti ovlivňují společenstva epifytů ještě dlouho po proběhnuté změně vlivem setrvačnosti (Hauck et al. 2006).

### 3.6 pH borky

Jehličnaté lesy většinou epifytům nabízejí substráty s kyselým pH. Hodnota pH vlhké kůry jehličnatého stromu (*Picea*, *Pinus*, *Abies*, *Larix*) se obvykle pohybuje od 3,0 do 4,5. *Picea abies* má nejkyselější borku z uvedených jehličnanů, s pH kolem 3,0 (Hauck 2011). Povrch kmene mrtvého stromu (bez jehličí) je obvykle méně kyselý než u živých stromů, protože listy (jehličí) na živých stromech zachytávají prvky z atmosféry, které obohacují povrch kůry (Schmull et al. 2002, Hauck 2003). Hodnota pH borky není ovlivňována pouze srážkami, ale působí zde i pH půdy (Gauslaa & Holien 1998). Vysoká kyselost borky jehličnatého stromu vylučuje přítomnost mnoha lišejníků v severských jehličnatých lesích, ale stejně tak je mnoho lišejníků vázáno právě na specifické pH hodnoty kyselé borky (Wirth 1995). Kermit & Gauslaa (2001) zkoumali, jak ovlivňuje pH borky *Picea abies* její lichenofloru od kmene až po větvičky v koruně stromů. Uvádějí, že rostoucí množství některých druhů lišejníků s rostoucí vzdáleností od úrovně terénu až do určité výšky stromu je způsobeno spíše enviromentálními faktory (např. mikroklima) daného stanoviště než pH borky.

### 3.7 Znečištění ovzduší

Další faktor ovlivňující distribuci a rozmanitost epifytických lišejníků je množství a typ polutantů v ovzduší. Při znečištění ovzduší (polutanty SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> a NO<sub>x</sub>) většina lišejníků sice skutečně ustupuje, je však několik druhů, které určitá hladina znečištění (pokud nedosahuje kritických hodnot) stimuluje v růstu a následně v šíření. Klasickým příkladem je *Lecanora conizaeoides*, existují ale i další zástupci (např. *Hypocenomyce scalaris*, *Scoliciosporum chlorococcum*). Základem jejich chování je pochopitelně značný stupeň tolerance vůči znečištění ovzduší a většinou jde o druhy acidofilní, které by v bohatě vyvinutých společenstvech v čistých oblastech byly vyloučeny konkurenceschopnějšími druhy. Z toho vyplývá, že ne všechny druhy lišejníků reagují na znečištění ovzduší jako na nejvýznamnější faktor určující jejich výskyt, ale je málo těch, které ho opravdu snášejí (Liška 1997). Hauck et al. (2006) uvádí, že vlhkost a světlo jsou druhotné faktory ovlivňující lichenofloru a to za předpokladu, že na danou lokalitu působí extrémní množství polutantů z ovzduší, které inhibují více méně všechny lišejníky.

### 3.8 Struktura a kontinuita lesního porostu

Struktura stanoviště má značný vliv na strukturu epifytické lichenoflóry (Gottardini et al. 2004, Lohmus 2004, Dittrich et al. 2013). Množství substrátu, lesní kontinuita a věk stromů jsou nejdůležitějšími proměnnými určujícími přítomnost a počet stélek epifytických indikátorových druhů lišejníků a jejich společenstev. Přičemž se všechny tři studie shodují na tom, že věk stromů má z těchto tří faktorů nejmenší význam. Indikátorové druhy se používají pro vytipování lokalit s klíčovým významem pro zachování biologické rozmanitosti (Andersson et al. 2003). Jsou to více méně specializované druhy, které mají poměrně vysoké nároky na své životní podmínky, jsou citlivé na stejné faktory, které řídí biodiverzitu na daném stanovišti a podávají informaci o ekologii zkoumaného habitatu (Andersson et al. 2003, Ellis 2012). Mezi indikátorové druhy jsou kromě lišejníků zařazeny vybrané druhy cévnatých rostlin, mechorostů, hub, hmyzu a měkkýšů (Gjerde et al. 2007). Lišejníky jsou velmi těsně spojeny s lesní kontinuitou. Pojem kontinuita lesa se rozumí kontinuální přítomnost lesa, obvykle po dvě nebo více generací stromů na určitém místě (Fritz et al. 2008a). Stanovištní podmínky jsou často zkoumány v souvislosti s vývojem lesa, zahrnující rostoucí strukturální složitost z hlediska dřevinné skladby

a věkové struktury, hustotu stromů a korunový zápoj, a dále objem a kvalitu mrtvého dřeva (McMullin et al. 2010, Ellis 2012). Komplexní strukturální vlastnosti, které identifikují porosty s dlouhodobou kontinuitou, jsou zůstatky starších stromů, složitý korunový zápoj s mezerami (Lesica et al. 1991) a vytváření různorodého životního prostředí spojeného s vysokou druhovou bohatostí epifytů (Neitlich & McCune 1996). Ditttrich et al. (2013) uvádí kontinuitu lesa jako významný faktor ovlivňující strukturu a rozmanitost terestrické i epifytické lesní vegetace. Ve své studii uvádí, že období 200 let vývoje sekundárního lesa po narušení znečištěným ovzduším (polutanty SO<sub>2</sub>) bylo dostačující k tomu, aby se zde obnovily všechny regionální druhy vyšších a nižších rostlin. Otázkou zůstává, jaká je hranice kontinuity lesa v nenarušených porostech pro rozvoj a šíření citlivých a indikačních druhů?! Fritz et al. (2008a) potvrdil v porostech s dlouhou ekologickou kontinuitou ( $\geq 350 - 400$  let) nárůst charakteristických vlastností kontinuity oproti porostům s krátkou kontinuitou ( $< 160$  let). Dále uvádí, že větší strukturální složitost měla pozitivní vliv na množství cílových druhů epifytů. Existují i druhy lišejníků, které jsou omezeny na lesy s kontinuitou stanoviště nejméně několik staletí (Rose 1976).

Neobhospodařovaná lesní společenstva mají cyklický, dlouhodobý a dynamický vývoj, který se spouští stárnutím stromů a disturbancemi. Tím se v porostu utváří drobná mozaika nerovnoměrného věku, vzniká rozmanitý substrát a místa s větší světelností (Stöcker 1997). Ve věku 115 – 130 let smrkového lesa začíná rozpadová fáze porostu a relativní míra růstu porostu smrku klesne pod 4%. Doba trvání jednotlivých vývojových fází se mění podle životnosti dominantních druhů stromů a režimu disturbancí. Vývojové stupně porostu jsou charakterizovány rozdíly ve věku stromů, jejich vitalitou a s tím souvisejícími rozdíly v lesní struktuře (Stöcker 2002). Během vývoje lesa se mění velikost stromů, kmenová hustota, obnova stromů, množství mrtvého dřeva a jeho kvalita, jakož i velikost a četnost disturbovaných ploch (McCarthy & Weetman 2006). Velikost stromu často souvisí s jeho věkem a silně ovlivňuje rozmanitost epifytů nabídkou rozmanitějších mikrostanovišť lišících se v expozici ke srážkám a slunečnímu záření a dále místní dostupnosti živin (Hauck 2011).

Hustota výsadby nových porostů, jejich rozloha a korunový zápoj jsou důležité faktory ovlivňující složení epifytického společenstva (Kenkel & Bradfield 1986). Prostupnost mladých hustých porostů může být pro některé lišejníky velmi

obtížná. Sillett et al. (2000) prováděli test v holínách, mladých i ve starých lesích s dlouhou kontinuitou. Instalovali zde větvičky, z nichž polovina byla sterilní a polovina naočkována epifytickým lišejníkem *Lobaria oregana*. Tento cyanofilní lišejník roste v široké škále stanovišť včetně holin a mladých lesů. V této studii byla pozorována rychlost šíření tohoto a dalších lišejníků v závislosti na charakteru porostu. Rychlost osidlování větví různými druhy lišejníků byla podobně rychlá na holínách a ve starých lesích, zatímco mnohem pomalejší v mladých hustých lesích. Během výzkumu se počet stélek *L. oregana* snížil na holínách a v mladých lesích, zatímco ve starých lesích byl počet stélek stabilní. Otázkou bylo, zda i jiné lišejníky mají omezení svého rozptylu. Vousatce a provazovky (*Alectoria*, *Bryoria*, *Nodobryoria* a *Usnea*) byly mnohem méně častými kolonisty v mladých porostech, než na holosečích nebo ve starých lesích. *Cladonia*, *Sphaerophorus globosus* a další lišejníky se zelenou řasou byly častější kolonisté na holínách než v mladých porostech a starých lesích. Ukázalo se, že nejrychleji kolonizovaná stanoviště různými druhy lišejníků jsou otevřené prostory holin. Uzavřený korunový zápoj může tvořit bariéru dynamického šíření a zároveň růstu epifytických lišejníků z důvodu nedostatku světla, stejně jako ovlivňuje růst cévnatých rostlin a způsobuje jejich nedostatek v hustých porostech. Následné rozbití a otevření korunového zápoje při vývoji lesa opět umožňuje úspěšné znovuosídlení epifytickými lišejníky.

Ellis (2012) vyzdvihl ve své souhrnné práci vliv snížení izolace stanoviště a zvýšení kontinuity porostu na epifytické lišejníky a schopnost šíření jednotlivých druhů. Kromě životních podmínek závisí lišejníková rozmanitost na jejich schopnosti šíření v prostoru: I. rozptylová vzdálenost při vegetativním množení je omezena v prostoru; II. pravděpodobnost rozptýlení (a usazování) do vhodného přírodního stanoviště se může zvyšovat s časovou kontinuitou daného stanoviště, to znamená, že čas k dispozici pro kolonizaci může oslabit účinek izolace (Ellis 2012). Lišejníky mají vytvořená omezení pro kolonizaci, i protože jsou to symbiotické organismy a úspěšné šíření diaspor vyžaduje zároveň přítomnost řasového nebo sinicového partnera. Dále, lišejníky rostou relativně pomalu a čas k dosažení zralosti je obecně dlouhý (Fritz et al. 2008a).

Faktory na prostorové a časové stupnici působí na kontinuitu, která může ovlivnit populační dynamiku druhů nebo skupin druhů (Sverdrup-Thygeson & Lindenmayer 2003, Paltto et al. 2007, Marmor et al. 2011, Dittrich et al. 2013).

Paltto et al. (2007) studovali ve starých listnatých lesích jižního Švédska reakci druhů z Červených seznamů a indikačních druhů (cévnatých rostlin, lišejníků, mechorostů a dřevních hub) na kontinuitu lesa. Rozmanitost druhů z Červených seznamů byla pozitivně korelována s podílem vhodného stanoviště v okolní krajině ve velkém podílu, zatímco u indikačních druhů tato pozitivní korelace chyběla. To znamená, že druhy z Červených seznamů většinou nepřežijí nebo nemohou kolonizovat malé a / nebo izolované lesy. Taxony trpí ztrátou vhodných stanovišť v okolní krajině. Potřebují určitý podíl vhodných stanovišť v určitém prostoru. Dvě možná vysvětlení pro odlišné odpovědi „červených“ a indikačních druhů jsou, že „červené“ druhy mají (I.) užší preference na stanoviště a proto jednotnější reakci a / nebo mají (II.) nižší rozptylovou kapacitu ve srovnání s druhy indikačními.

Epifytické lišejníky závisí na substrátu živých a mrtvých stromů a jsou velmi citlivé na mikroklimatické podmínky, díky tomu více konzistentně ukazují ztrátu alfa rozmanitosti v reakci na změnu v lesním porostu (např. lesní těžbu) (Fenton & Bergeron 2008). Ačkoliv lišejníky nejsou dominantní organismy, tam, kde se vyskytují, často hrají důležitou roli jako ukazatelé dynamiky společenstva (Boucher & Stone 1992). Je dobře známo, že epifytické lišejníky jsou velmi citlivé na lesnictví (Esseen & Renhorn 1998). Účinky lesních praktik představují důležitá témata v ekologii lišejníků (Will-Wolf et al. 2006). Způsob lesního hospodaření zásadně ovlivňuje složení lichenoflóry. Krátká doba obmýtí, holoseče a odstraňování veškeré dřevní hmoty, těžba ve starých porostech, zakládání monokultur, výstavba lesních cest jsou zásadní faktory působící na podmínky stanoviště. Při ponechání např. pařezů se sice některé lišejníky objeví, ale Caruso & Rudolphi (2009) ve své studii uvádějí, že se zde nevyskytovaly žádné druhy z Červeného seznamu. Vliv lesního managementu potvrzuje např. Gauslaa et al. (2008) který v severním Švédsku odhadl celkovou biomasu epifytických lišejníků na 40,3 g v přepočtu na jednu větev v nedotčeném starém smrkovém lese, zatímco ve výběrovém prořezávaném lese v severním Švédsku činil odhad pouze 2,3 g.

### **3.9 Vliv věku a vlastností borky stromů**

S kontinuitou lesa souvisí přítomnost silných a starých stromů. Je věk stromů jedním z určujících faktorů, který určuje přítomnost citlivých druhů? Některé studie (např. Lie et al. 2009, Nascimbene et al. 2009, Marmor et al. 2011) uvádí tento faktor

jako druhý nejdůležitější po kontinuitě lesa. Výsledek 20letého výzkumu vlivu věku stromu a velikosti na druhové bohatství epifytických lišejníků byl: velké a staré stromy jsou nositeli biodiverzity v boreálních lesích (Lie et al. 2009). Věk stromů může mít vliv na biodiverzitu z několika důvodů. Vyšší věk poskytuje delší čas pro kolonizaci. S věkem se mění chemické a fyzikální vlastnosti stromu, a tak nabízejí staré stromy odlišné podmínky substrátu než mladé stromy, to ale platí asi poněkud více pro listnaté stromy než pro jehličnany (Nascimbene et al. 2009).

Mnohé epifytické lišejníky jsou vázány na strukturní a chemické vlastnosti charakteristické pro staré stromy nebo pro stojící či ležící mrtvé dřevo (Hauck 2005, Moning et al. 2009). Typické vlastnosti starých stromů jsou hluboká brázditá kůra, kde jsou místa chráněná před deštěm, poraněná kůra, odumřelé větve, rozdílná tloušťka a drsnost kůry (Gauslaa 1995, McGune et al. 2000). S věkem stromu stoupá obsah vody v jeho borce (Hauck et al. 2000). Velké, staré stromy mají větší povrchovou plochu a rozmanitost substrátu než menší, mladší stromy, proto staré lesy lépe podporují větší množství a rozmanitost epifytů než mladé lesy. Mladé porosty postrádají mnoho druhů typických pro obmýtně zralé nebo přezralé porosty (Esseen et al. 1996). Nicméně, některé druhy citlivé na vysušení mohou být spojeny spíše než se starými lesy s vlhkými stanovišti, jako jsou příbřežní zóny a mokřadní lesy (McGune et al. 2002). Jiné druhy mohou být naopak spojeny se starými lesy, protože nabízejí typická mikrostanoviště (např. popraskaná kůra, obnažený kmen, mrtvé dřevo), které mladé lesy nenabízejí (Tibell 1992). Nabídka substrátů (např. živé stromy, stojící mrtvé stromy, zlomy, ležící mrtvé stromy, mrtvé rozkládající se dřevo) se zvyšuje se stářím porostu (Fritz et al. 2008b).

### **3.10 Calicioidní lišejníky a mrtvé dřevo**

Způsob managementu v lesích má významný vliv na biodiverzitu calicioidních lišejníků. To ukazují studie, kdy byla prokázána větší diverzita epifytických lišejníků na mrtvých a umírajících stromech než na živých a vitálních. Proto je důležitým cílem zachovaná přítomnost starých odumírajících stromů, zlomů a pahýlů v lesních ekosystémech (Humphrey et al. 2002, Hauck 2005, Spribille et al. 2008, Ellis 2012, Dittrich et al. 2013). Některé druhy, jako právě calicioidní lišejníky (např. *Calicium glaucellum*, *Chaenotheca chrysocephala*) jsou závislé na substrátu starých odumírajících a mrtvých stromů (Holien 1996). Calicioidní lišejníky jsou



považovány za významné indikátory ekologické kontinuity boreálních lesů (Tibell 1992, Nascimbene et al. 2010). Tyto druhy jsou charakteristickými obyvateli suché a drsné, většinou kyselé kůry starých stromů a holého dřeva stojících pahýlů (Middelborg & Mattsson 1987). Některé druhy rostou na mikrostanovištích, kde nemají dostupné skoro žádné přímé srážky. V důsledku toho jsou závislé na vysoké vzdušné vlhkosti (Holien 1996). Studie prováděná ve smrko-jedlovém lese ve východní části severní Ameriky dokládá, že vysoký počet kaliciodních druhů (např. *Calicium viride*, *Chaenotheca chrysocephala*, *C. ferruginea*, *C. furfuracea*, *C. subroscida*, *C. trichialis*) je ukazatelem kontinuity lesa (Selva 1994).

Dostupnost mrtvého dřeva je klíčovým faktorem pro rozmanitost lišejníků, mechorostů, hub a bezobratlých živočichů v lesních ekosystémech (Jonsson et al. 2005). Důležitými faktory složení společenstev na mrtvém dřevě je druh dřeviny, velikost dřeva a stupeň rozkladu, během něhož se mění fyzikální a chemické vlastnosti dřeva, jako je textura, hustota, měkkost, pH a schopnost retence vody (Ódor & Standovár 2001, Caruso & Rudolphi 2009). Caruso & Rudolphi (2009) studovali vliv kvality a stáří smrkových pařezů na diverzitu lišejníků a mechorostů v jiho-centrálním Švédsku. Ukázalo se, že diverzita lišejníků stoupá s rostoucí výškou pahýlu a s povrchovou různorodostí substrátu. Studie potvrdila obecně známý poznatek, že diverzita lišejníků je nejvyšší ve střední a pozdní fázi rozpadu mrtvého dřeva. Problémem obhospodařovaných lesů je nepřítomnost mrtvého dřeva, pahýlů a starých stromů (Hauck 2011, Stöcker 2002).

### **3.11 Lišejníky přirozených smrčín v Jeseníkách a na Šumavě**

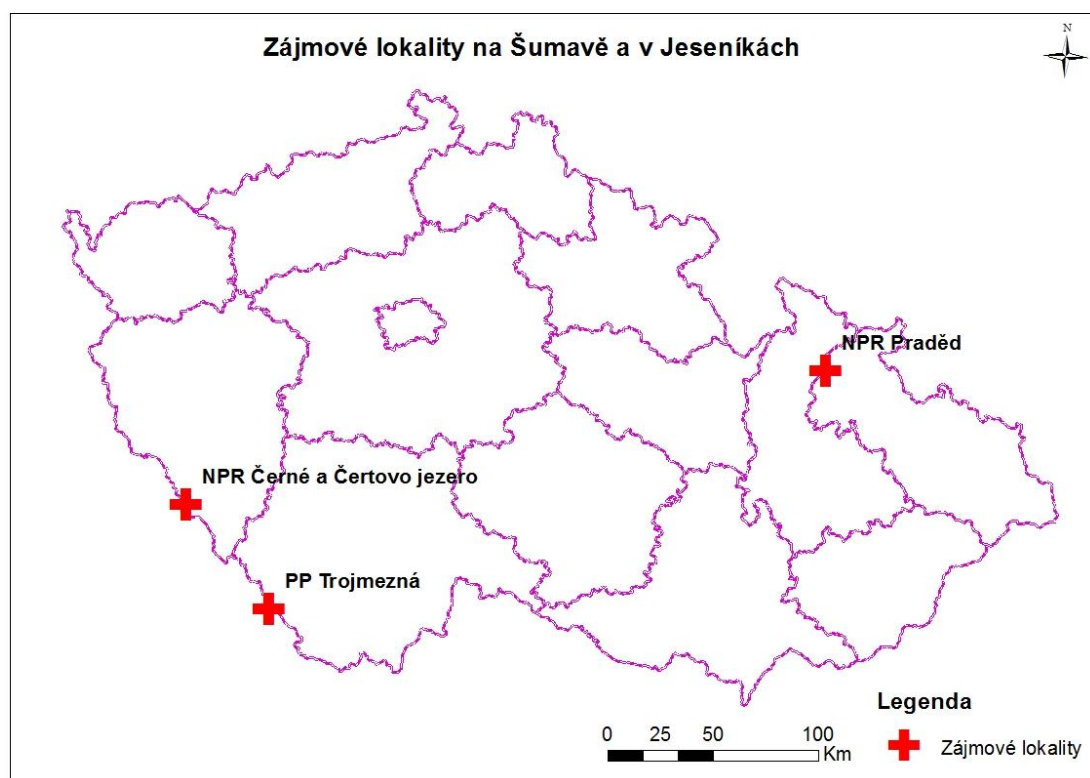
Obecně lichenoflóra Jeseníků není příliš prozkoumaná. V minulém století zde bádala především Vězda (1956). V posledních letech zkoumá místní lichenofloru Halda (2006, 2008, 2009). Uvádí zde výskyt indikační kriticky ohrožené *Lobaria pulmonaria*, která je známá z ČR jen z několika málo lokalit (Šumava, Novohradské hora a Králický Sněžník (Liška et al. 1996, Halda 2008). A další citlivé epifytické lišejníky jako *Bryoria fuscescens*, *Calicium salicinum*, *Hypogymnia farinacea*, *Mycoblastus sanguinarius*, *Ochrolechia androgyna*. Přimo z údolí Bílé Opavy nejsou téměř žádné lichenologické zprávy.

Oproti tomu je lépe známá lichenoflóra Šumavy, kde bádalo mnoho lichenologů. I přesto doposud neexistuje ze šumavských přirozených smrčín

publikovaný ucelený seznam epifytických lišejníků. V současné době se jimi zabývá především Zdeněk Palice a Jan Vondrák (průzkum lichenoflóry trojmezenského pralesa v letech 2012 a 2013, nepublikováno).

#### 4. Charakteristika studovaného území

Bylo zkoumáno celkem 21 zájmových ploch v přirozených horských smrččinách na třech lokalitách (Obr. 1) ve dvou pohořích v České republice. Z toho se nachází 10 ploch v Jeseníkách v NPR Praděd v údolí Bílé Opavy a 11 ploch na Šumavě – 3 plochy v karu Čertovo jezero (NPR Černé a Čertovo jezero) a 8 ploch v PP Trojmezí hora.

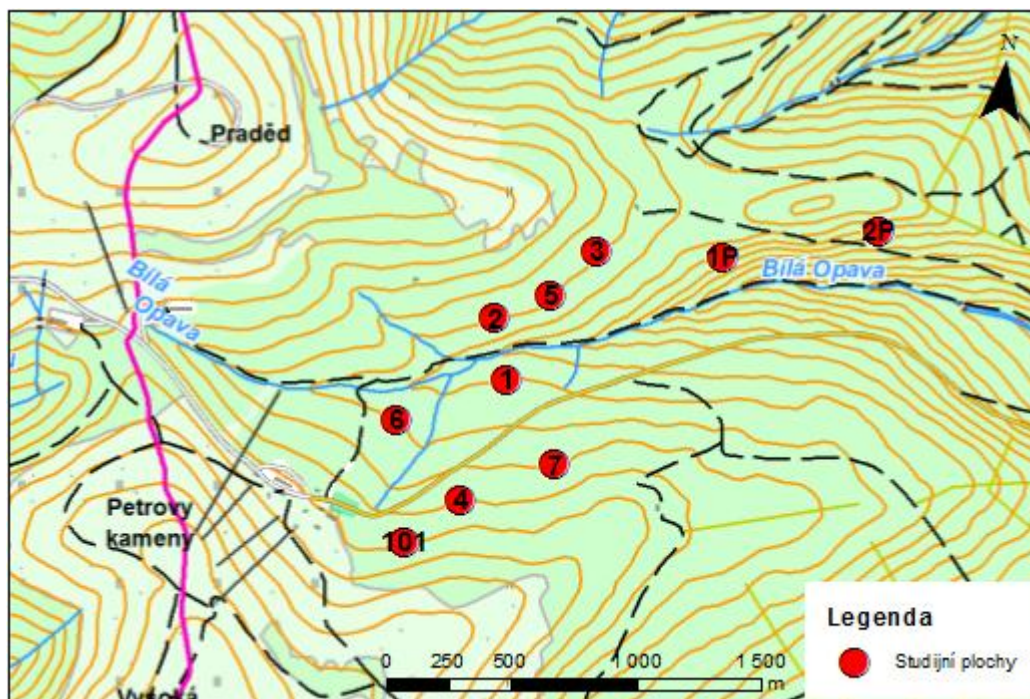


Obr. 1: Mapa třech zkoumaných lokalit přirozených horských lesů v ČR.

##### 4.1 Bílá Opava

Zájmová lokalita se rozkládá na jihovýchodní straně hory Praděd (1491 m n. m.) a severní a severovýchodní části hory Petrovy kameny (1446 m n. m.) v oblasti CHKO Jeseníky na území I. zóny č. 83 Jeseníky a je součástí NPR Praděd. Studijní plochy (Obr. 2) vybrané v této lokalitě mají nadmořskou výšku 1100 až 1300 m a

nacházejí se z části kolem silnice Hvězda – Ovčárna a z části nad a pod turistickou cestou Ovčárna – Karlova Studánka.



Obr. 2: Mapa zkoumaných ploch v NPR Praděd, údolí Bílé Opavy, Jeseníky

Pohoří Hrubého Jeseníku, které je jádrem CHKO Jeseníky, leží na rozhraní dvou klimatických oblastí. Západní hranice kontinentálního klimatu se zde setkává s doznívajícími vlivy klimatu atlantického. Vyznačuje se vysokou relativní vlhkostí a převládajícím západním větrným prouděním, které přináší značné množství srážek (Lednický 1985).

Podle členění Quitta (1971) leží zájmové území v chladné oblasti CH 4, která se vyznačuje mimo jiné velmi krátkým, chladným létem a velmi dlouhou a velmi chladnou, vlhkou zimou s velmi dlouhým trváním sněhové pokrývky. Na Pradědu je v 54% dnů v roce naměřena teplota pod bodem mrazu, přičemž dny s mrazem (i se sněžením) se zde mohou vyskytnout i v nejteplejších měsících červenci a srpnu (Demek & Kříž 1994). Roční průměrné srážky jsou 1200 mm a průměrná roční teplota 0,9°C (Lednický 1985).

Geologické podloží tvoří silikátové horniny (migmatity, ruly, svory, kvarcity, fylity) s vzácně se vyskytujícími polohami hornin bazických (Správa CHKO Jeseníky 2006). Zájmové území je součástí desenské klenby, resp. centrální kry Pradědu. Jádro pradědské části klenby tvoří desenské biotické ruly s přechody do rul svorových, místy slabě chloritizované s čočkami křemene (Fišera et al. 1987)



Půdní podklad je chudý. Nejrozšířenějším půdním typem je podzol modální, který je rozšířen téměř na 70 % území (Správa CHKO Jeseníky 2006).

Vegetačně se jedná převážně o horskou třtinovou smrčinu s dominantní dřevinou smrkem ztepilým s příměsí jeřábu, níže buku a klenu, místy pralesovitého charakteru (Neuhäuslová et al. 2001).

Reliéf krajiny Hrubého Jeseníku je svažité, krajina je lesnatá s četnými oblastmi suchých stromů napadených kůrovcem a nad horní hranicí lesa s klečovým porostem a přirozeným bezlesím.

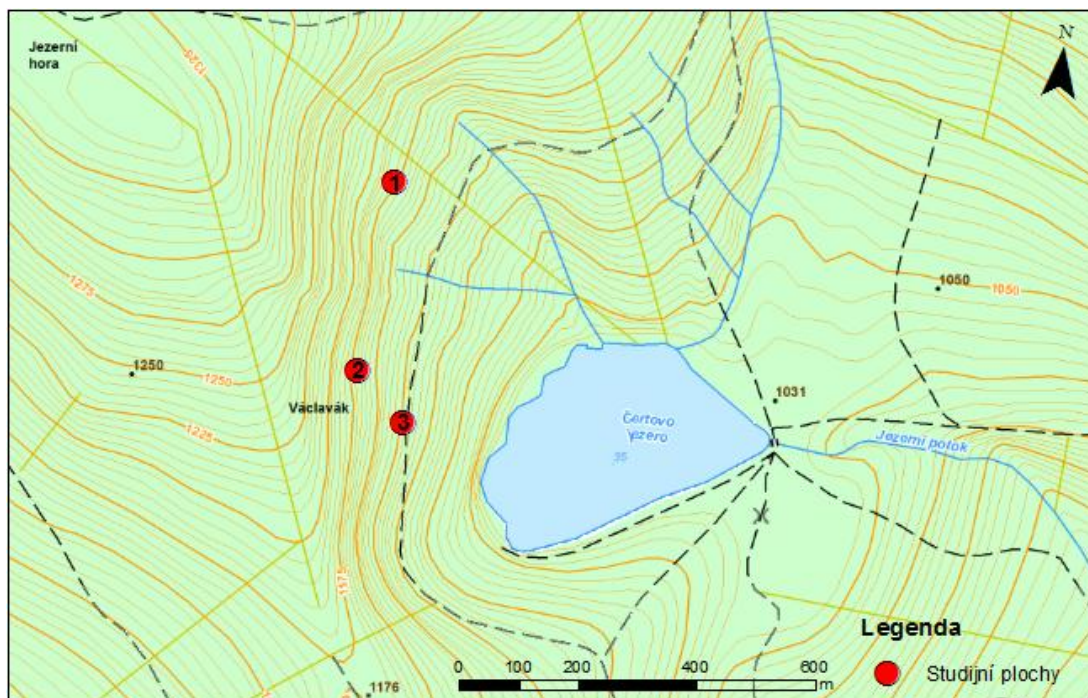
Zájmové plochy byly vybrány v jedněch z nejstarších a nejzachovalejších porostech horských smrčín v CHKO Jeseníky. Plochy č. 1 a 6 v blízkosti potoka byly podmáčené, s velkým množstvím papratky, plochy č. 2, 3, 5, 1P, 2P nad turistickou cestou Ovčárna – Karlova Studánka byly charakteristické třtinové smrčiny s dominantní třtinou chloupkatou (*Calamagrostis villosa*), kdy na plochách 1P a 2P (dále ve statistických analýzách je použito označení ploch č. 11 pro 1P a č. 12 pro 2P) byly všechny dospělé stromy mrtvé (pravděpodobně po předchozí větrné disturbanci plus zbylé stojící stromy byly napadeny kůrovcem). Zbylé plochy č. 4, 7 a 101 nebyly zásadně narušené kůrovcem a mikroklima bylo o něco vlhčí než na lokalitách nad turistickou cestou.



Obr. 3: Plocha č. 3, údolí Bílé Opavy.

## 4.2 Kar Čertovo jezero

Zájmová lokalita leží na jihovýchodní straně Jezerní hory (1343 m n. m.) v oblasti CHKO Šumava na území I. zóny, kód 2451, NPR Černé a Čertovo jezero nedaleko hranice s Německem. Studijní plochy (Obr. 4) v této lokalitě mají nadmořskou výšku 1100 – 1250 m.



Obr. 4: Mapa studijních ploch, Čertovo jezero, Šumava.

Podnebí je zde vlhké, mírně chladné, průměrné roční srážky jsou 1200 až 1800 mm a průměrné roční teploty 4°C (Matějka 2012). Podle členění Quitta (1971) leží toto zájmové území v chladné oblasti CH 4.

Převládá zde jednotvárná série hornin – svorové ruly, pararuly až migmatity. Skalní podloží celé rezervace tvoří biotiticko-muskovitické svory s morfologicky významnými, až několik metrů mocnými vložkami kvarcitů a kvarcitických svorů (Správa CHKO Šumava 2013).

Půdy jsou převážně chudé, převažují podzoly. Půdní kryt tvoří v rezervaci hnědé a šedé lesní půdy, převážně nevyvinuté, šedé, hnědé a podzolové rankery, svahové gleje, glejové horské hnědozemě, glejové mezotrofní horské hnědozemě, podzolové oligotrofní horské hnědozemě (Správa CHKO Šumava 2013).

Pro lesní společenstva ve studované oblasti jsou charakteristické karové smrčiny (*Calamagrostio villosae-Piceetum*) s dominantní třtinou chloupkatou (*Calamagrostis villosa*). V obtížně dostupných svahových partiích mají až pralesovitý charakter. Ve vlhčích depresích dochází k přechodu na podmáčené smrčiny (Správa CHKO Šumava 2013).

Severovýchodní a východní svahy Jezerní hory strmě spadají do ledovcových karů a vytváří tak skalnaté jezerní stěny nad oběma jezery, porostlé pralesovitými porosty smrku. Pravidelný pohyb plazivého sněhu a menších lavin po strmých svazích společně s dlouho vytrvávajícími sněhovými poli (sněžníky) pod skalními stupni výrazně snižují přirozenou hranici zapojeného lesa v karech. Zcela převažující smrkové porosty jsou různorodého původu. Staré porosty na náhorní planině Jezerní hory jsou pravděpodobně přirozenou klimaxovou smrčinou. Tyto vrcholové partie Jezerní stěny byly zasaženy kůrovcovou kalamitou (v letech 1996 až 1998), dřevo bylo asanováno (odkorněno a pořezáno na krátké cca 2 až 3 m dlouhé části) a ponecháno na místě, jinak je vývoj těchto lesů ponechán samovolnému vývoji. Svahy pokrývají mladší smrčiny, vyvinuté na místech, kde bylo pravděpodobně holosečně káceno na počátku 19. století. Do nadmořské výšky 1200 až 1250 m pronikají buky. Rozsáhlé změny však způsobil v roce 2007 orkán Kyrill a následné šíření kůrovce (Správa CHKO Šumava 2013, AOPK ČR – int. zd.).

Zájemové plochy byly vybrány tři na západní straně nad Čertovo jezerem. Všechny tři plochy měly mikroklima sušší povahy. Bylo zde vždy jen několik mrtvých stromů. Bylinné patro bylo chudé, s dominantní třtinou chloupkatou.

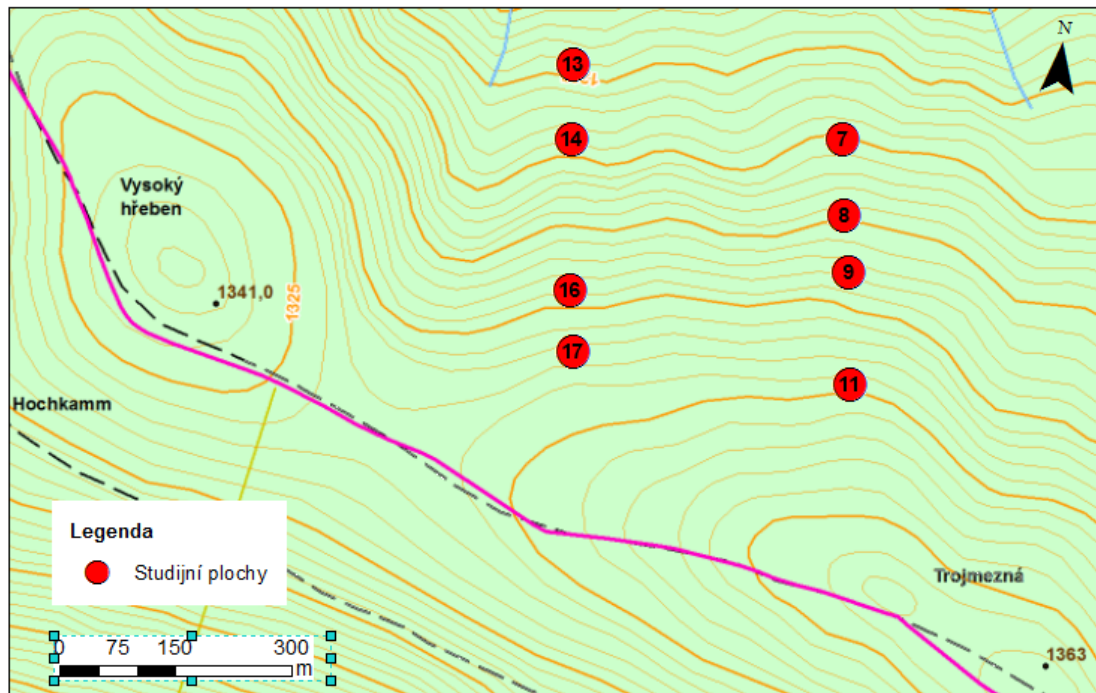




Obr. 5: Plocha č. 1, Čertovo jezero.

### 4.3 PP Trojmezná hora

Zájmová lokalita leží na severní straně Trojmezné hory (1364 m n. m.) v oblasti NP Šumava na území I. zóny č. 124 Trojmezná podél hranice s Německem. Studijní plochy (Obr. 6) vybrané v této lokalitě mají nadmořskou výšku 1250 až 1350 m.



Obr. 6: Mapa studijních lokalit, Trojmezná hora, Šumava.

Podnebí je vlhké, oceánického charakteru s chladnějším jarem a teplejšími podzimy. Roční úhrn srážek se pohybuje okolo 1300 mm a průměrná roční teplota je 3,5 až 4°C (Quitt 1971).

Geologicky patří studovaná lokalita k monotónním sériím moldanubika a podloží je tvořeno přeměněnými (svorové ruly, pararuly až migmatity) a hlubinnými vyvřelými horninami (Fišera 1987).

Půdní podklad je chudý. Podloží je tvořeno biotickým granitem. Z půdních typů jsou nejvíce zastoupeny podzol kambizemní a typický; na skalnatých místech je vyvinut ranker typický a kambizemní (Albrecht et al. 2003). Převažující humusová forma je hemimor, dále humimor a resimor (Svoboda 2003a).

Lesní společenstva ve studované oblasti patří mezi klimaxové a podmáčené smrčiny (*Calamagrostio villosae-Piceetum fagetosum*) a kapradinové (paprátkové) smrčiny montánních poloh (*Athyrio alpestris-Piceetum*) (Neuhäuslová et al. 2001).

Rezervace Trojmezna je největším zbytkem přirozeného horského smrkového lesa pralesovitého charakteru v ČR (Svoboda 2003b). Rozpad smrkových porostů v důsledku žíru lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), ke kterému docházelo v NP Šumava od roku 1996, se nevyhnul ani této oblasti. A po vichřici Kyrill v roce 2007, která zasáhla horní část studované lokality a zesílila šíření kůrovce, zde do roku 2010 odumřely skoro všechny živé stromy (Svoboda 2003b). V roce 2013 zde již skoro žádný dospělý živý strom (na studijních plochách byl 1). Dnes jsou zde jen mrtvé stojící či ležící stromy a v podrostu bujně paprátky z pomalu se rozkládajícího dřeva vyrůstají nové smrkové semenáčky a již větší stromky.

Lesy v rezervaci Trojmezna jsou označovány jako lesy přírodní, případně některé její části jako les původní (Vrška & Hort 2003). V rezervaci se nacházejí smrkové porosty pralesovitého charakteru ve všech stádiích vývoje pralesa (dorůstání, optimum, rozpad); porosty byly tloušťkově i výškově různorodé (Svoboda 2003b).

Spodní část studované oblasti má téměř heterogenní strukturu, zatímco horní část u hřebene je více homogenní (Svoboda & Pouska 2008). Ve spodní části se drží více vlhkosti, která podporuje rozmanitější vývoj rostlinných společenstev.

Zájmové plochy č. 7, 8, 9, 13, 14 mají vlhčí mikroklima vlivem potoka ve spodní části svahu, tyto plochy jsou porostlé bujnou paprátkou. Plochy č. 16 a 17 by se daly označit jako „přechodné“ mezi spodními plochami s vlhčím klimatem a



plochou č. 11, kde nerostla téměř žádná papratka. Tato plocha byla již dosti suchá a dominovala zde třtina chloupkatá.



Obr. 7: Plocha č. 13; Trojmezna hora.

## **5. Metody a materiály**

### **5.1 Metodika terénní**

#### **5.1.1 Studijní lokality**

Studijní lokality byly situovány, tak aby reprezentovaly nejzachovalejší horské smrčiny na území České republiky. Studijní plochy byly umístěny vždy v jednom vegetačním pásmu subalpínských smrčín zasahujících 100 až 300 m pod horní hranici lesa. V České republice plochy reprezentují zachovalé fragmenty smrkových porostů na Šumavě (smrkové porosty v karu horského ledovcového jezera v NPR Černé a Čertovo jezero) a v Jeseníkách (lokalita Bílá Opava v NPR Praděd) a porosty zasažené rozsáhlými disturbancemi na Šumavě (původní porosty Trojmezenské hornatiny).

#### **5.1.2 Design ploch**

Na každé z lokalit byly umístěny kruhové plochy o průměru 17,83 m a 1000 m<sup>2</sup> plochy. Výškové rozpětí mezi plochami nepřesáhlo hranici vegetačního pásma subalpínských smrčín, která je v podmínkách České republiky cca 1000 – 1400 m n. m. (Kučera 2010). Pro vlastní průzkum byly využity vybrané trvalé studijní plochy založené pro potřeby výzkumu dynamiky horských smrčín vedeného doc. Miroslavem Svoboudou, Katedra ekologie lesa (FLD, ČZU v Praze). Na každé

ploče byly geodeticky zaměřeny (technologie FieldMap®, Monitoring and Mapping Solutions, Ltd.; www.fieldmap.cz všechny živé stromy, stojící souše a ležící mrtvé dřevo s průměrem nad 10 cm na silnějším konci a délkou nad 1,5 m. Byly zaměřeny GPS souřadnice středů ploch, které byly v terénu vyznačeny zakopanou železnou trubkou. Rozmístění ploch na jednotlivých lokalitách je vyznačeno v mapkách v kapitole Charakteristika studovaného území (Obr. 1, 2, 3).

### 5.1.3 Sběr druhových dat

Na každé kruhové ploše o poloměru 17,83 m v Bílé Opavě a na Trojmezné hoře byly snímkovány všechny stojící živé stromy a souše s průměrem nad 10 cm v prsní výšce patřící druhu *Picea abies*. V karu Čertova jezera bylo snímkováno alespoň 10 živých a 10 odumřelých stromů. Zaznamenáván byl výskyt všech druhů lišejníků způsobem presence/absence na každém stromě i souši a to do 2 m výšky (viz Moning et al. 2009). Druhy byly určovány přímo v terénu, obtížněji určitelné druhy v laboratoři za pomoci mikroskopu, stereomikroskopu, reakčních a barvicích činidel, případně pomocí TLC (chromatografie na tenké vrstvy – viz níže) a moderní určovací literatury.

### 5.1.4 Sběr environmentálních dat

Na každé kruhové ploše byly zaznamenány tyto proměnné prostředí: souřadnice GPS, nadmořská výška, počet a kruhová základna ( $1000 \text{ m}^2$ ) živých stromů a stojících souší podle jednotlivých stádií rozkladu. V příloze 2 je tabulka souřadnic studijních ploch.

Na úrovni kmene byla zaznamenána tloušťka kmene ve výšce 1,3 m (DBH = diameter in breast high), typ kmene (živý strom, stojící souš), u souší dále měkkost vyjádřená průměrnou hloubkou penetrace nožem v mm, pokrytí kůrou (%) a stádium rozkladu podle vlastní stupnice (1 = stojící mrtvý strom, kůra přiléhá, pokrytí 100%; 2 = stojící mrtvý strom, kůra přiléhá, pokrytí nad 50%; 3 = zlomená souš, kůra pod 50%, dřevo převážně tvrdé; 4 = zlomená souš, kůra ještě přítomna, dřevo změkklé; 5 = zlomená souš, kůra chybí, dřevo měkké).

Na každé kruhové ploše byly přírůstovým nebozezem odebrány vývrty ze všech živých (případně čerstvě odumřelých) stromů za účelem zjištění stáří stromů a

historie vývoje lesa. Tato data mi byla zprostředkována Ing. Vojtěchem Čadou a Mgr. Václavem Pouskou, Ph.D. (Katedra ekologie lesa, FLD, ČZU v Praze).

## 5.2 Laboratorní metodika

V laboratoři jsem používala binokulární lupu Opympus SZ51 (zvětšení 40x) a mikroskop Olympus CX31 (zvětšení 40x, 100x, 400x, 1000x). K určení lišejníků jsem používala standardní chemická činidla.

Standardní činidla (Ahti et al. 1999):

K = 10 % vodný roztok KOH

C = bělicí činidlo, chlornan sodný nebo vápenatý ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ), popřípadě přípravek SAVO

KC = K, bezprostředně následuje C

PD = parafenylendiamin ( $(\text{H}_2\text{N})_2\text{C}_6\text{H}_4$ ) - čerstvě připravený roztok několika krystalů rozpuštěných v 96 % etanolu.

Lišejníky jsem určovala za pomoci odborné literatury, klíčů Smith et al. (2009), Wirth et al. (2013a, 2013b) a Ahti et al. (1999, 2007, 2009). Nomenklaturu uvádím podle nejnovějšího určovacího klíče Wirth et al. (2013a, 2013b) a stupně ohrožení dle českého Červeného seznamu (Liška & Palice 2010). Dokladové položky k této práci jsou uloženy v herbáři katedry ekologie (FŽP).

### 5.2.1 TLC

Pomocí metody tenkovrstevné chromatografie (thin-layer chromatography, TLC) jsem určovala taxonomicky problematické druhy, pro jejichž správné určení je potřebná znalost kombinace sekundárních metabolitů (Orange et al. 2001). TLC se využívá k rozlišení druhů s nepříliš jasnými morfologickými znaky, např. druhy rodů *Lepraria*, *Bryoria*, *Ochrolechia*, *Usnea* či *Cladonia*.

Tato metoda obsahuje několik na sebe navazujících částí. Nejprve se vylouhují části stélky v acetonu v plastových uzavíratelných zkumavkách, dále se pomocí kapilár nanese extrakt na skleněnou TLC desku pokrytou silikagelem. Poté se deska ponoří (pouze její spodní část cca do 1,5 cm výšky) do specifických systémů rozpouštědel v chromatografických vanách. Jakmile dosáhne rozpouštědlo na desce dostatečné vzdálenosti od startovní čáry, je třeba desku vyjmout a

rozpouštědlo nechat odpařit. Následně se pozorují a identifikují jednotlivé skvrny lišejníkových látek rozmístěné na silikagelu. Pozorování se provádí za denního světla, pod UV světlem – krátké a dlouhé vlny, po postříkání vodou a po aplikaci 10% roztoku kyseliny sírové a následném zahřátí.

### 5. 3 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování bylo použito 17 ploch a celkem 393 stromů. Plochy z Bílé Opavy č. 1, 4 a 101 nebyly použity pro statistické zpracování, protože na nich byl proveden zatím jen předběžný průzkum, kdy zde byly nalezeny vzácné lišejníky. Např. na ploše 101 byly nalezeny kriticky ohrožené *Alectoria sarmentosa* a *Cyphelium inquinans*.

Nasbíraná data o přítomnosti/nepřítomnosti lišejníků spolu s naměřenými hodnotami prostředí byla vyhodnocena pomocí softwaru R 2.15.3 (R Core Team 2012). Abecední seznam zkratk druhů použitých v analýzách je uveden v příloze č. 1.

Otázky o vlivu stáří a historickém vývoji ploch na diverzitu a druhové složení lišejníků byly původně koncipovány zejména pro nasbíraná data ze Slovenska (Nízké Tatry, Velká Fatra), s jejichž zpracováním je počítáno do budoucna. Tyto zásadní otázky budou řešeny mimo tuto studii (v rámci navazujícího studia).

Nejprve byl hodnocen vliv věku a tloušťky stromu na druhovou diverzitu a druhovou skladbu. Vzájemná korelace mezi těmito proměnnými byla testována Pearsonovým korelačním koeficientem. Analýza byla provedena na datech z ploch 2, 3, 5, 6, 7 z Bílé Opavy. Informace o stáří ploch byla odvozena z věku nejstaršího stromu zjištěného na ploše a mediánu věku stromů na ploše. Vzhledem k malému rozpětí těchto hodnot a zároveň příliš malému počtu ploch, pro zachycení jemnějších rozdílů, bylo ustoupeno od testování těchto proměnných, neboť za těchto podmínek nebyly očekávány relevantní výsledky.

Vzhledem k příliš malému počtu studijních ploch bylo ustoupeno od testování proměnných na úrovni plochy. Navíc data o stáří ploch např. věk nejstaršího stromu nebo mediánový věk stromu na ploše měla příliš úzké rozpětí (Tab. 4) nato, aby dávala relevantní výsledky.

Shoda rozdělení dat o počtu druhů s normalním rozdělením byla testována Shapiro-Wilkovým testem. Homogenita rozptylu počtu druhů na plochách byla kontrolována Bartlettovým testem. Vzhledem k tomu, že rozdělení dat splňovalo předpoklady pro použití parametrických metod, byl použit obecný lineární model s hierarchickou strukturou, kdy proměnné věk a DBH byly vnořeny do faktoru ID plochy.

K zjištění vztahu druhového složení, věku a DBH individuálních stromů byly použity ordinanční analýzy nabízené knihovnou ‚vegan‘. Nejprve byla spočítána detrendovaná korespondenční analýza (Detrended Correspondency Analysis, DCA, funkce ‚decorana‘). Délka gradientů  $<3$  ukazovala spíše na lineární odpověď druhů na proměnné prostředí (Lepš & Šmilauer 2000) a proto byla jako přímá technika použita redundanční analýza (Redundancy Analysis, RDA, funkce ‚rda‘). Výsledek byl vynesena do ordinačního diagramu. Podobnost jednotlivých ploch byla rovněž zkoumána v ordinačním diagramu po započítání proměnných věk a DBH jako kovariát.

Dále byl hodnocen vliv sukcese na počet druhů na všech studovaných plochách. Matice druhů na všech kmenech (živých i mrtvých) obsahovala velké množství nulových hodnot. V tomto případě tradiční RDA s euklidovskou vzdáleností nedává tak dobré výsledky jako redundanční analýza založená na jiných, nemetrických vzdálenostech, a proto byla použita redundanční analýza založená na Bray-Curtisově indexu nepodobnosti (distance-based Redundancy Analysis, db-RDA, Legendre & Gallagher, 2001). K tomu bylo použito funkce ‚capscale‘ z knihovny ‚vegan‘. Bylo třeba zjistit, zda se druhové složení mění s rozkladem kmene, které plochy jsou si podobné a zda dobře reprezentují typ stanoviště k následnému nastínění sukcesních řad. Jako vysvětlující proměnná bylo použito stádium rozkladu, jako kovariáta ID plochy. Vliv proměnné Rozklad byl testován anovou s permutačním testem pro 999 permutací.

Vzájemná podobnost ploch na základě rozmístění snímků v ordinačním prostoru byla zobrazena v ordinačním diagramu.

Ve výstupech analýz je uváděna zkratka ‚*Myc.fuc*‘ pro druh *Violella fucata*, dříve uváděný jako *Mycoblastus fucatus*.

Na závěr poznámka k otázce z cílů č. 5: V otázce je uvedeno, že se týká zástupců čeledi Caliciaceae. Revize fylogenetických vztahů zahrnující i zástupce této

čeledi (nově např. Prieto et Wedin 2013) prokázala, že různé rody této čeledi jsou si příbuzensky velmi vzdálené a náleží dokonce k jiným třídám (Lecanoromycetes - *Calicium*, *Cyphelium*; Eurotimycetes - *Mycocalicium*, *Chaenothecopsis*, *Sphinctrina*; Coniocybomecetes - *Chaenotheca*, *Sclerophora*). Zástupci čeledi Caliciaceae jsou v této práci obecně chápány jako calicioidní lišejníky se stopkatými plodničkami.

## 6. Výsledky

Celkem bylo snímkováno 393 stromů na třech lokalitách přirozených horských smrčín v ČR. Bylo nalezeno a určeno 85 druhů epifytických a epixylických lišejníků. Některé vzorky bylo možné určit pouze do rodů (např. *Bryoria* spp., *Lepraria* spp., *Micarea* spp.). Dále bylo zaznamenáno 9 druhů lichenikolních hub a jiných lišejníků podobných hub.

Na disturbanci neovlivněných lokalitách (Bílá Opava, kar Čertova jezera) bylo celkově nalazeno 69 druhů, z toho na živých stromech 52 druhů a na souších 54 druhů. Na Trojmezné bylo celkově zaznamenáno 73 druhů a na polomech v Bílé Opavě 27 druhů.

K nejzajímavějším nálezům na Bílé Opavě patří kriticky ohrožená *Alectoria sarmentosa* a *Cyphelium inquinans* a ohrožená *Trapelia corticola*. Mezi zástupci vzácnějších nebo významnějších druhů z Čertova jezera byly zaznamenány lišejníky jako *Arthonia mediella*, *Arthonia vinosa*, *Bryoria fuscescens*, *Calicium viride*, *Japewia subaurifera*, *Lecanora filamentosa*, *Lecanora phaeostigma*, *Lecidea nylanderii*, *Ochrolechia androgyna*, *Xylographa parallela*. A zajímavými zástupci Trojmezné hory jsou *Bryoria fuscescens*, *Lecanactis abietina*, *Mycoblastus affinis* a *Myochroidea porphyrospoda*.

### 6.1 Seznamy druhů

V seznamech (Tab. 1, 2, 3) jsou uváděny kromě nalezených lišejníků i zjištěné druhy lichenikolních a nelichenikolních hub. Např. druhy nelichenizované houby rodu *Chaenothecopsis* jsou běžně sledovány lichenology. U lišejníků, které jsou zařazeny v nejnovějším Červeném seznamu lišejníků České republiky (Liška & Palice 2010), je uveden stupeň ohrožení (LC – neohrožené druhy; NT – druhy blízké ohrožení; VU – zranitelné; EN – ohrožené; CR – kriticky ohrožené druhy).

V údolí Bílé Opavy bylo zaznamenáno celkem na lesních a polomových plochách 66 druhů lišejníků (Tab. 1).

<b>Bílá Opava – seznam druhů</b>			
Druh	Stupeň ohrožení	Druh	Stupeň ohrožení
<i>Alectoria sarmentosa</i>	CR	<i>Lecidea leprarioides</i>	EN
<i>Baeomyces rufus</i>	LC	<i>Lecidea pullata</i>	NT
<i>Bryoria fuscescens</i>	VU	<i>Lecidea turgidula</i>	VU
<i>Bryoria implexa</i>	EN	<i>Lepraria finkii</i>	LC
<i>Bryoria nadvornikiana</i>	EN	<i>Lepraria incana</i>	LC
<i>Calicium glaucellum</i>	NT	<i>Lepraria jackii</i>	NT
<i>Calicium viride</i>	VU	<i>Lepraria sp.</i>	
<i>Calicium sp.</i>		<i>Lichenocodium erodens</i>	
<i>Chaenotheca brunneola</i>	NT	<i>Micarea denigrata</i>	LC
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	NT	<i>Micarea micrococca</i>	LC
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	LC	<i>Micarea misella</i>	LC
<i>Chaenotheca trichialis</i>	NT	<i>Micarea sp.</i>	
<i>Chaenotheca sp.</i>		<i>Microcalicium arenarium</i>	
<i>Chaenothecopsis nigra</i>		<i>Mycoblastus affinis</i>	CR
<i>Chaenothecopsis viridireagens</i>		<i>Mycoblastus alpinus</i>	EN
<i>Cladonia cenotea</i>	LC	<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	EN
<i>Cladonia chlorophaea</i>	LC	<i>Mycocalicium subtile</i>	
<i>Cladonia coniocraea</i>	LC	<i>Ochrolechia androgyna</i>	VU
<i>Cladonia digitata</i>	LC	<i>Ochrolechia microstictoides</i>	VU
<i>Cladonia fimbriata</i>	LC	<i>Ochrolechia sp.</i>	
<i>Cladonia macilenta</i>	LC	<i>Parmelia saxatilis</i>	LC
<i>Cladonia ochrochlora</i>	LC	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	LC
<i>Cladonia polydactyla</i>	NT	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	NT
<i>Cladonia pyxidata</i>	LC	<i>Placynthiella dasaea</i>	LC
<i>Cladonia squamosa</i>	LC	<i>Placynthiella icmalea</i>	LC
<i>Cladonia sulphurina</i>	VU	<i>Platismatia glauca</i>	NT
<i>Cladonia sp.</i>		<i>Pseudevernia furfuracea</i>	NT
<i>Cyphelium inquinans</i>	CR	<i>Pycnora praestabilis</i>	VU
<i>Hypocenomyce caradocensis</i>	LC	<i>Pycnora sorophora</i>	NT
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	LC	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	LC
<i>Hypogymnia farinacea</i>	VU	<i>Strangospora moriformis</i>	NT
<i>Hypogymnia physodes</i>	LC	<i>Trapelia corticola</i>	EN
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	NT	<i>Trapeliopsis granulosa</i>	LC
<i>Japewia subaurifera</i>	NT	<i>Violella fucata</i>	LC
<i>Lecanactis abietina</i>	EN	<i>Xylographa parallela</i>	VU
<i>Lecanora conizaeoides</i>	LC	<i>Xylographa vitiligo</i>	VU
<i>Lecanora phaeostigma</i>	DD	<i>Xylopezia inclusa</i>	
<i>Lecanora pulicaris</i>	LC	<i>Usnea dasypoga</i>	VU

<i>Lecanora subintricata</i>	NT		
------------------------------	----	--	--

Tab. 1: Seznam nalezených lišejníků a hub v údolí Bílé Opavy.

Na lokalitě Čertovo jezero bylo nalezeno 47 druhů epifytických lišejníků (Tab. 2).

<b>Čertovo jezero – seznam druhů</b>			
Druh	Stupeň ohrožení	Druh	Stupeň Ohrožení
<i>Arthonia mediella</i>	VU	<i>Lecanora conizaeoides</i>	LC
<i>Arthonia vinosa</i>	VU	<i>Lecanora filamentosa</i>	VU
<i>Baeomyces rufus</i>	LC	<i>Lecanora phaeostigma</i>	DD
<i>Bryoria fuscescens</i>	VU	<i>Lecanora sp.</i>	
<i>Bryoria sp.</i>		<i>Lecidea leprarioides</i>	EN
<i>Calicium glaucellum</i>	NT	<i>Lecidea nylanderii</i>	VU
<i>Calicium viride</i>	VU	<i>Lecidea pullata</i>	NT
<i>Chaenotheca brunneola</i>	NT	<i>Lepraria finkii</i>	LC
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	NT	<i>Lepraria incana</i>	LC
<i>Chaenotheca ferruginea</i>	LC	<i>Lepraria jackii</i>	NT
<i>Chaenotheca trichialis</i>	NT	<i>Lepraria sp.</i>	
<i>Cladonia cenotea</i>	LC	<i>Micarea micrococca</i>	LC
<i>Cladonia coniocraea</i>	LC	<i>Microcalicium disseminatum</i>	
<i>Cladonia digitata</i>	LC	<i>Mycoblastus affinis</i>	CR
<i>Cladonia fimbriata</i>	LC	<i>Mycoblastus alpinus</i>	EN
<i>Cladonia macilenta</i>	LC	<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	EN
<i>Cladonia polydactyla</i>	NT	<i>Ochrolechia androgyna</i>	VU
<i>Cladonia pyxidata</i>	LC	<i>Ochrolechia microstictoides</i>	VU
<i>Cladonia squamosa</i>	LC	<i>Parmelia saxatilis</i>	LC
<i>Cladonia sp.</i>		<i>Parmeliopsis ambigua</i>	LC
<i>Hypocenomyce caradocensis</i>	LC	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	NT
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	LC	<i>Platismatia glauca</i>	NT
<i>Hypogymnia farinacea</i>	VU	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	NT
<i>Hypogymnia physodes</i>	LC	<i>Ropalospora viridis</i>	LC
<i>Japewia subaurifera</i>	NT	<i>Violella fucata</i>	LC
<i>Lecanactis abietina</i>	EN	<i>Xylographa parallela</i>	VU

Tab. 2: Seznam nalezených lišejníků a hub v karu Čertovo jezero

Na Trojmezí bylo nalezeno 73 druhů epifytických lišejníků (Tab. 3).

<b>Trojmezná hora – seznam druhů</b>			
Druh	Stupeň ohrožení	Druh	Stupeň Ohrožení
<i>Actidium hysterioides</i>		<i>Lecidea leprarioides</i>	EN



Bryoria fuscescens	VU	<i>Lecidea nylanderii</i>	VU
Bryoria nadvornikiana	EN	<i>Lecidea pullata</i>	NT
Bryoria sp.		<i>Lecidea turgidula</i>	VU
Calicium glaucellum	NT	<i>Lepraria finkii</i>	LC
Calicium salicinum	VU	<i>Lepraria incana</i>	LC
Calicium viride	VU	<i>Lepraria jackii</i>	NT
Calicium sp.		<i>Lepraria rigidula</i>	LC
Chaenotheca brunneola	NT	<i>Lepraria sp.</i>	
Chaenotheca chrysocephala	NT	<i>Micarea anterior</i>	DD
Chaenotheca ferruginea	LC	<i>Micarea denigrata</i>	LC
Chaenotheca trichialis	NT	<i>Micarea globulosella</i>	
Chaenothecopsis epithallina		<i>Micarea lignaria</i>	LC
Cladonia cenotea	LC	<i>Micarea prasina</i>	LC
Cladonia chlorophaea	LC	<i>Micarea micrococca</i>	LC
Cladonia coniocraea	LC	<i>Micarea misella</i>	LC
Cladonia digitata	LC	<i>Micarea sp.</i>	
Cladonia fimbriata	LC	<i>Mycoblastus affinis</i>	CR
Cladonia grayi	NT	<i>Mycoblastus alpinus</i>	EN
Cladonia macilenta	LC	<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	EN
Cladonia merochlorophaea	DD	<i>Mycocalicium subtile</i>	
Cladonia ochrochlora	LC	<i>Myochroidea porphyrospoda</i>	CR
Cladonia polydactyla	NT	<i>Ochrolechia androgyna</i>	VU
Cladonia pyxidata	LC	<i>Ochrolechia microstictoides</i>	VU
Cladonia squamosa	LC	<i>Ochrolechia sp.</i>	
Cladonia subsquamosa		<i>Parmelia saxatilis</i>	LC
Cladonia sulphurina	VU	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	LC
Cladonia sp.		<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	NT
Evernia prunastri	NT	<i>Placynthiella dasaea</i>	LC
Hypocenomyce caradocensis	LC	<i>Placynthiella icmalea</i>	LC
Hypocenomyce scalaris	LC	<i>Platismatia glauca</i>	NT
Hypogymnia farinacea	VU	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	NT
Hypogymnia physodes	LC	<i>Pycnora praestabilis</i>	VU
Hypogymnia tubulosa	NT	<i>Pycnora sorophora</i>	NT
Japewia subaurifera	NT	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	LC
Lecanactis abietina	EN	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	LC
Lecanora conizaeoides	LC	<i>Strangospora moriformis</i>	NT
Lecanora filamentosa	VU	<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	LC
Lecanora hypoptoides		<i>Trapeliopsis granulosa</i>	LC
Lecanora phaeostigma	DD	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	NT
Lecanora pulicaris	LC	<i>Violella fucata</i>	LC
Lecanora saligna	LC	<i>Xylographa parallela</i>	VU
Lecanora subintricata	NT	<i>Xylographa vitiligo</i>	VU
Lecanora sp.		<i>Usnea sp.</i>	

Tab. 3: Seznam nalezených lišejníků a hub na Trojmezské hoře.

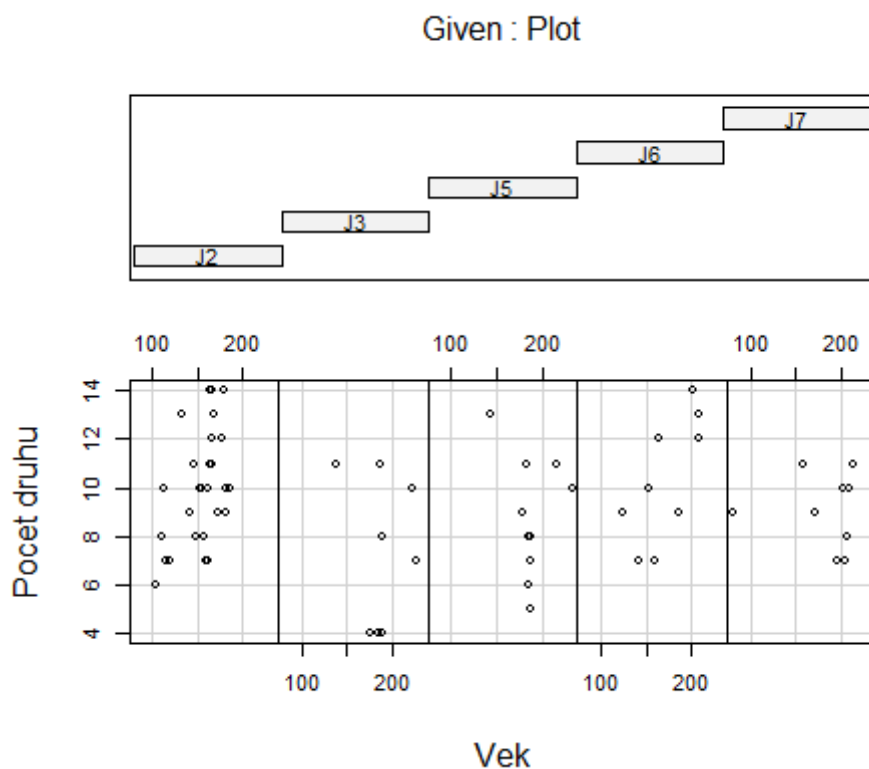
## 6.2 Výsledky statistických analýz

V analýze vlivu věku a tloušťky stromu na počet a druhové složení bylo testováno celkově 63 navrtaných živých stromů. Hodnoty proměnných pro jednotlivé plochy jsou uvedeny v Tabulce 4. Věk a tloušťka stromu vykazovaly pouze slabou korelaci (Pearsonův korelační koeficient = 0,196). Rozdělení dat s počtem druhů odpovídalo normálnímu rozdělení ( $W=0.9685$ ,  $p=0.1061$ ). Byl testován vliv věku a DBH jako proměnných vnořených do faktoru ID plochy (grafické znázornění viz Obr. 9). Analýzy variance s Fisherovým testem prokázala signifikantní rozdíl v počtu druhů mezi plochami ( $F=2,7476$ ,  $p=0,039$ ) a rovněž v interakci věku s plochou ( $F=2,4881$ ,  $p=0,044$ ). Věk stromu však neměl jednoznačně pozitivní vliv na biodiverzitu na jednotlivých plochách (viz obr. 9)

Plocha	Počet	Věk stromu	DBH stromu	Maximální	Mediánový
J2	27	153,7±23,5	44,2±19,0	185	163
J3	8	188,8±27,4	43,4±16,1	228	165
J5	10	188,5±23,5	49,7±19,7	233	179
J6	9	172,7±30,5	49,3±13,3	216	170
J7	9	182,7±42,5	45,1±16,7	221	163
<b>Celkem</b>	63	170,5±31,5	45,9±17,4	207,3±20,2	166,7±5,7

Tab. 4: Hodnoty popisné statistiky, plochy Bílá Opava.

Výsledky regresního modelu ukázaly viditelné rozdíly v reakci druhů na věk stromů mezi plochami ovlivněnými kůrovcovou disturbancí (plochy 3 a 5) a plochami neovlivněnými (plochy 2 a 6). Na plochách 2 ( $t=2,776$ ,  $p<0,01$ ) a 6 ( $t=0,03629$ ,  $p<0,05$ ), je na rozdíl od ostatních ploch patrný nárůst druhů s přibývajícím věkem stromů (Obr. 8). Plocha 7 nebyla zřetelně ovlivněna kůrovcovou disturbancí ale zde rozptýl hodnot s přibývajícím věkem značně roste a počet druhů nevykazuje zřetelný nárůst.

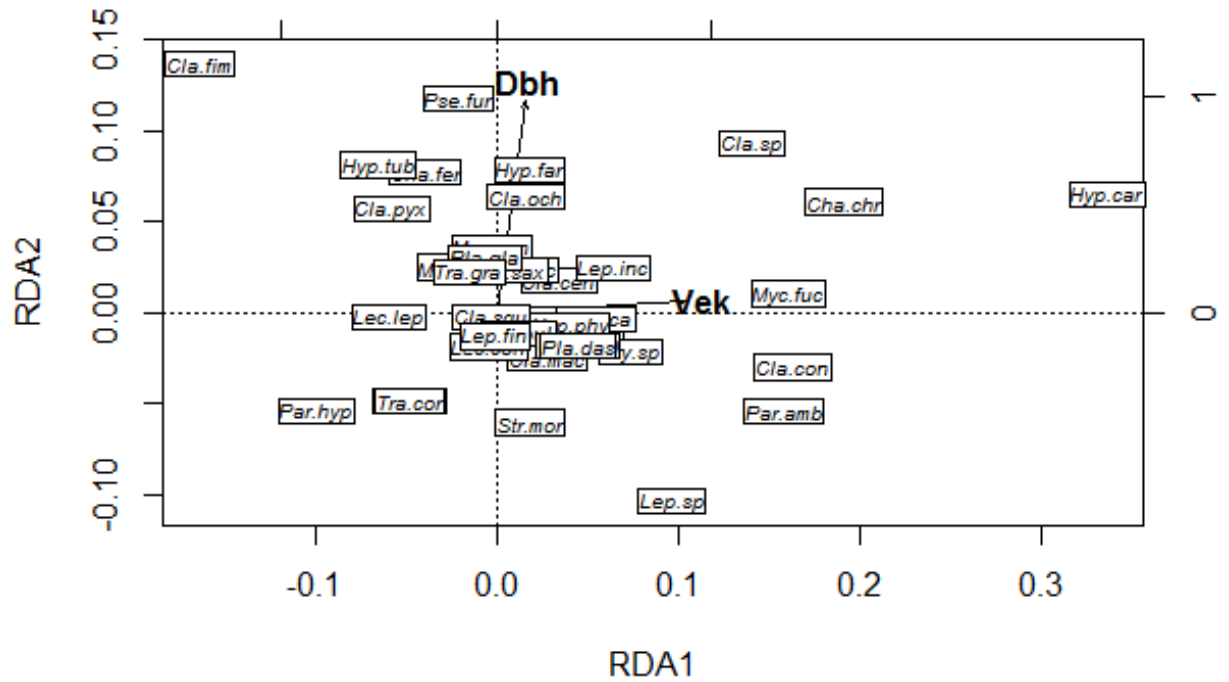


Obr. 8: Graf zobrazuje vztah počtu druhů lišejníků k narůstajícímu věku stromů; Bílá Opava.

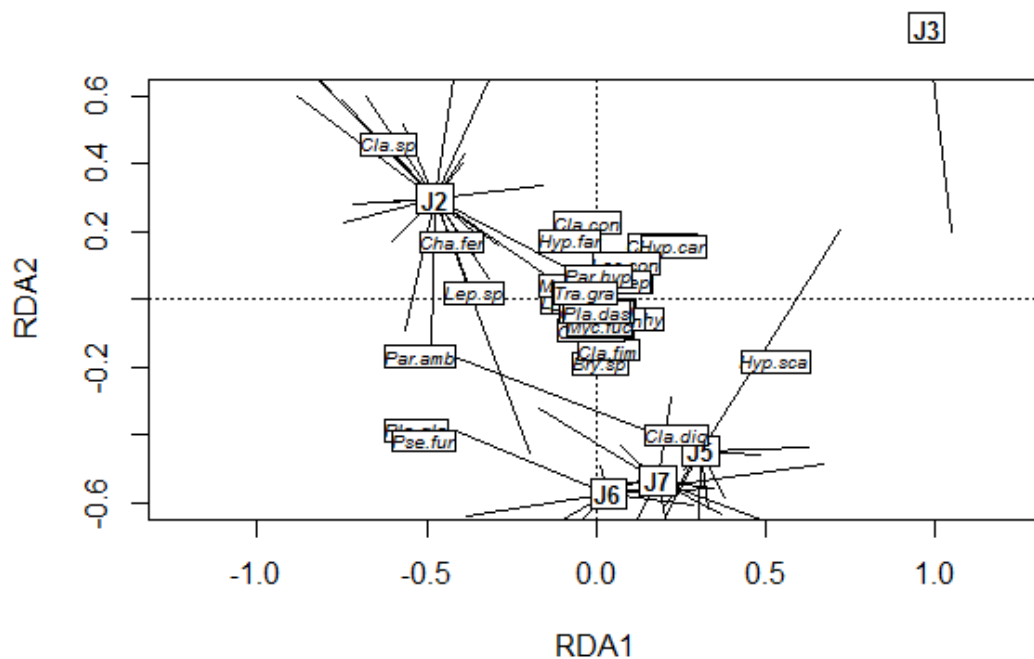
*Ordinační analýzy, vliv věku a plochy na druhové složení u živých stromů*

V první ordinační analýze RDA (Obr. 9) s proměnnými Věk a DBH a kovariátou ID plochy vysvětlily proměnné celkem 3% celkové variability. Signifikantní proměnnou byl pouze Věk (vysvětlená variabilita = 2,9%,  $p < 0,01$ ). Variabilita mezi druhovým složením na jednotlivých plochách činila 23,7% celkové variance ( $p < 0,001$ ). Vztah ke stáří stromu byl nejvíce patrný u druhu *Hypocenomyce caradocensis*, v menší míře např. u druhů *Chaenotheca chrysocephala* a *Mycoblastus fucatus*. Na živých navrtaných stromech byly nalezeny pouze 4 ohrožené druhy (kategorie EN a CR): *Bryoria implexa*, *Lecidea leprarioides*, *Mycoblastus sanguinarius* a *Trapelia corticola*. Kromě druhu *B. implexa* (na jediném stromě 202 let starém, plocha 6) se všechny ostatní ohrožené druhy vyskytovaly na stromech mladších než 200 let: *Lecidea leprarioides* (jediný výskyt, 139 let), *Mycoblastus sanguinarius* (2 výskyty, 160 a 163 let), *Trapelia corticola* (jediný výskyt, 111 let).

Další graf (Obr. 10) rozmístění snímků v ordinačním prostoru podle jednotlivých ploch s proměnnými věk a DBH jako kovariátami. Plochy 5, 6 a 7 vykazují největší vzájemnou podobnost, nejvíce se odlišuje plocha 3.



Obr. 9: Ordinační diagram (RDA) vztahující druhového složení k věku a tloušťce (DBH) živých stromů.



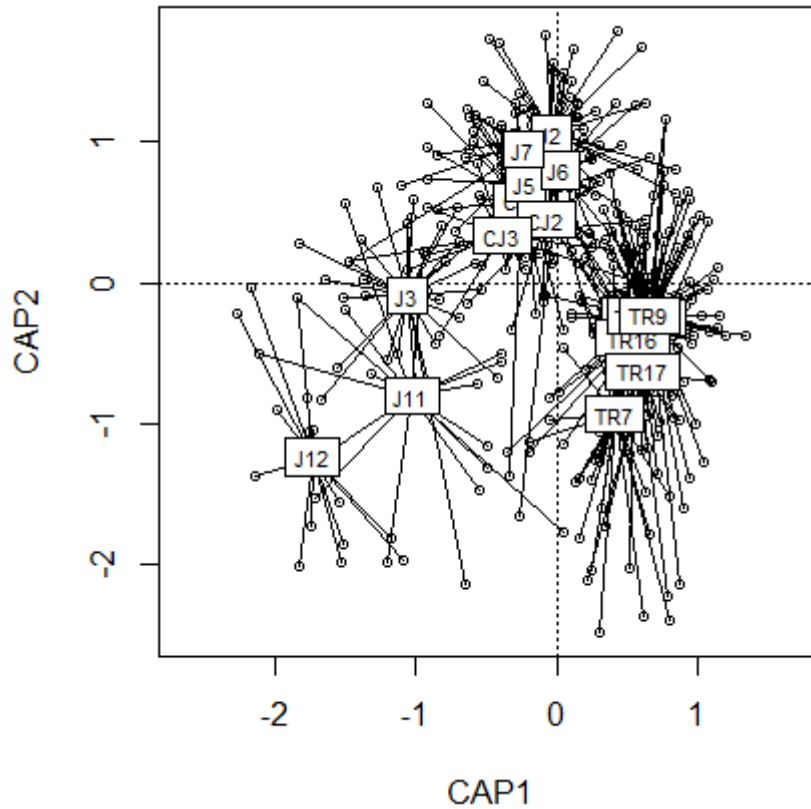
Obr. 10: Ordinační diagram (RDA) pro (ne)podobnost ploch, Bílá Opava.

Do další analýzy byly zahrnuty všechny snímky ze všech lokalit. Rozdělní počtu stromů podle stádií rozkladu na jednotlivých plochách je uvedeno v Tabulce 5. Byla použita RDA s Bray-Curtisovým indexem nepodobnosti. Čistý efekt proměnné Rozklad vysvětlil 1,6% celkové variability v datech ( $p < 0,001$ ). Téměř 24% celkové variability lze přičíst rozdílu mezi jednotlivými plochami. Pro znázornění vzájemné podobnosti ploch byla spočítána db-RDA, kde byl naopak vysvětlující proměnnou faktor ID plochy a proměnná Rozklad byla kovariátou. Podle výsledku db-RDA na všech snímcích byly na základě podobnosti ploch nastíněny 3 různé sukcesní řady: 1. řada zapojená, kam byly zařazeny všechny plochy z karu Čertova jezera a plochy z Bílé Opavy J2, J5, J6, J7 a rovněž plocha J3, která tvoří jakýsi přechod k plochám z polomů (J11 a J12); 2. řada otevřená po velkoplošné kůrovcové disturbanci bez managementu, kam byly zařazeny všechny plochy z Trojmezné; 3. řada po velkoplošném, několikahektarovém polomu v údolí Bílé Opavy – plocha J11 a J12. Z ordinačního diagramu (Obr. 11) je patrná značná vzájemná podobnost mezi všemi plochami z Trojmezné a rovněž značná podobnost mezi plochami z nedisturbovaných ploch z Bílé Opavy a karu Čertova jezera. Největší odlišnost od

ostatních ploch vykazují plochy z polomů na Bílé Opavě a působením kůrovce značně narušené plocha 3 na Bílé Opavě, jež tvoří jakýsi přechod k plochám méně narušeným, nebo nenarušeným.

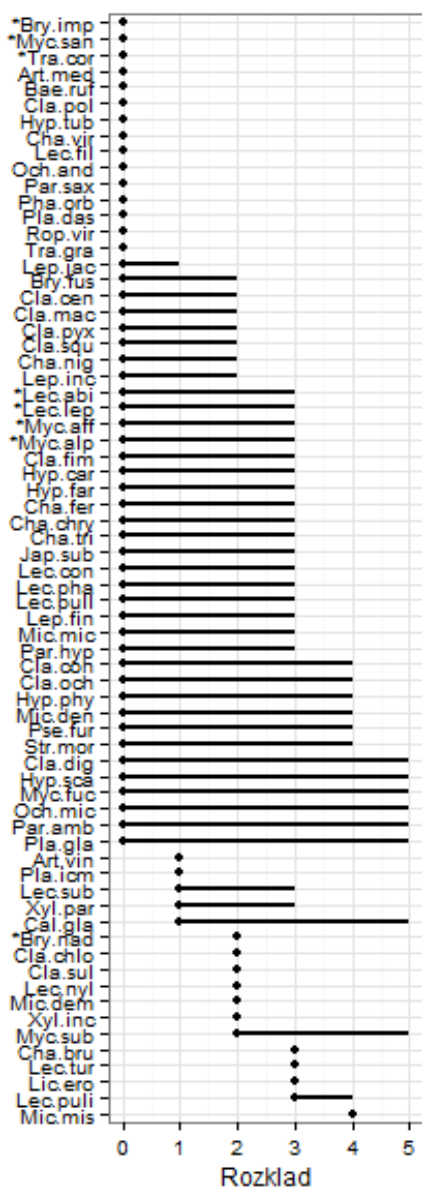
ID plochy	0	1	2	3	4	5
<b>CJ1</b>	20	3	0	2	0	0
<b>CJ2</b>	10	0	3	2	0	0
<b>CJ3</b>	10	3	5	1	0	0
<b>J2</b>	34	2	5	3	0	0
<b>J3</b>	19	0	12	0	1	0
<b>J5</b>	9	0	1	4	2	1
<b>J6</b>	13	0	2	1	0	0
<b>J7</b>	13	0	1	0	0	0
<b>J11</b>	0	0	14	0	2	1
<b>J12</b>	0	0	6	9	1	1
<b>TR7</b>	0	6	17	6	0	0
<b>TR8</b>	0	6	4	2	0	1
<b>TR9</b>	0	5	17	3	0	0
<b>TR11</b>	0	15	19	6	0	2
<b>TR12</b>	1	6	8	0	0	0
<b>TR14</b>	0	1	12	0	0	0
<b>TR16</b>	0	8	6	1	1	1
<b>TR17</b>	0	8	10	4	1	0
<b>Celkem</b>	129	63	142	44	8	7

Tab. 5: Stádia rozkladu: hodnoty 0 až 5; 0 = živé stromy; 1 = stojící mrtvý strom, kůra přiléhá, pokrytí 100%; 2 = stojící mrtvý strom, kůra přiléhá, pokrytí nad 50%; 3 = zlomená souš, kůra pod 50%, dřevo převážně tvrdé; 4 = zlomená souš, kůra ještě přítomna, dřevo změkklé; 5 = zlomená souš, kůra chybí, dřevo měkké; CJ – Čertovo jezero, J – Bílá Opava, TR – Trojmezna hora.

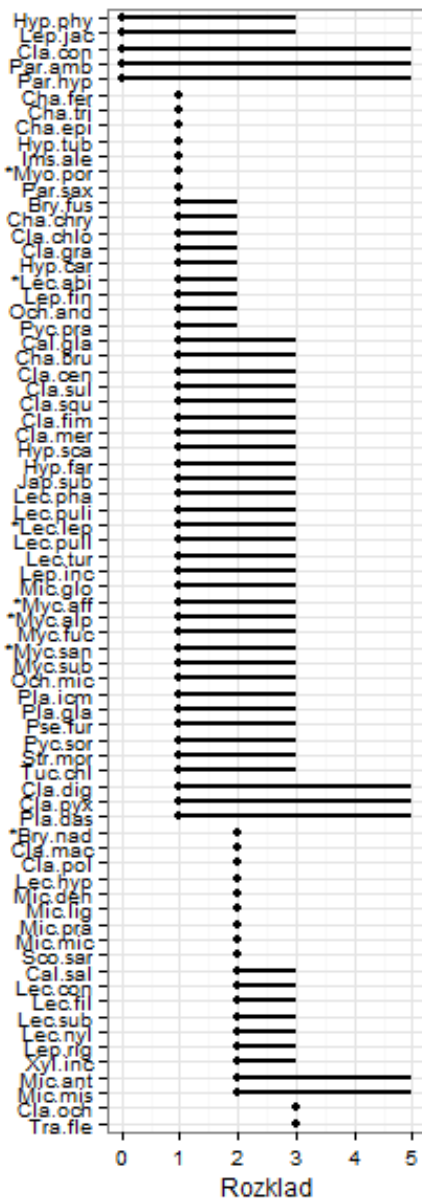


Obr. 11: Ordinační diagram spider zobrazuje plocha a jejich podobnost; (J) Bílá Opava, (CR) Čertovo jezero, (T) Trojmezna.

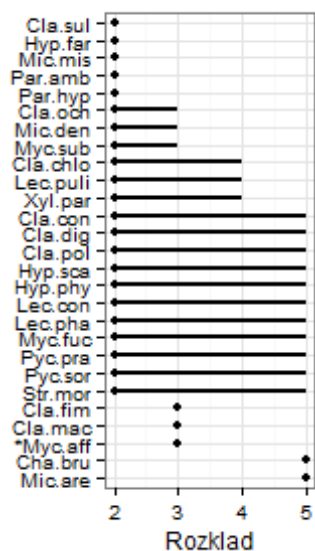
Jednotlivé sukcesní řady byly graficky nastíněny pomocí pruhových grafů. Vzhledem k velmi vzácnému výskytu řady druhů nebyla zobrazena distribuce frekvence jednotlivých druhů podél gradientu rozkladu, ale pouze rozsah stádií rozkladu, ve kterých byl konkrétní druh zaznamenán.



Obr. 12: Graf ukazuje výskyt lišejníků v lesích (Bílá Opava, Čertovo jezero) na substrátu s různým stupněm rozkladu. \* označuje citlivé kriticky ohrožené a ohrožené druhy



Obr. 13: Graf ukazuje výskyt lišejníků na rozsáhlé disturbované ploše bez managementu (Trojmezská hora) na substrátu s různým stupněm rozkladu. \* označuje citlivé kriticky ohrožené a ohrožené druhy



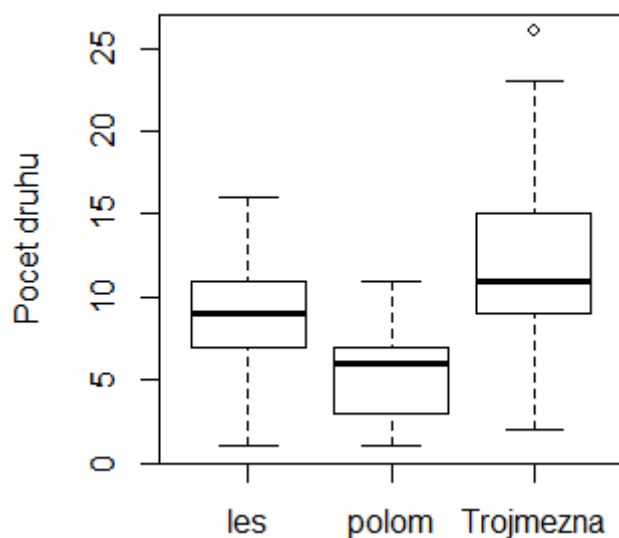
Obr. 14: Graf ukazuje výskyt lišejníků na polomových plochách bez managementu (Bílá Opava) na substrátu s různým stupněm rozkladu. \* označuje citlivé kriticky ohrožené a ohrožené druhy



Nakonec byl testován vliv rozkladu a stanoviště (Trojmezna, polom na Bílé Opavě, lesní plochy v karu Čertova jezera a na Bílé Opavě) (Tab. 6) na počet druhů. Zobecněný model vztahu počtu druhů k typu stanoviště (Les - nenarušené, nebo málo narušené plochy na Bílé Opavě a v karu Čertova jezera, Polom - větrný polom na Bílé Opavě - plochy J11 a J1 a Trojmezna - odumřelé lesy na Trojmezne ) (Obr. 15) prokázal signifikantní vliv stanoviště na druhovou diverzitu ( $p < 0.001$ ) se zřetelným rozdílem mezi Trojmeznu a polomem na Bílé Opavě. Vliv proměnné Rozklad byl marginální signifikantní ( $p = 0,0578$ ) pouze se zřetelným poklesem počtu druhů s postupujícím rozkladem souší v zapojených lesích.

<u>Estimate</u>	<u>Std. Error</u>	<u>z value</u>	<u>Pr(&gt; z )</u>
(Intercept)	2.21589	0.03470	63.861 < 2e-16 ***
Stanpolom	-0.83094	0.22562	-3.683 0.000231 ***
StanTrojmezna	0.22502	0.04907	4.586 4.51e-06 ***
Stanles:Rozklad	-0.05432	0.02692	-2.017 0.043653 *
Stanpolom:Rozklad	0.12388	0.07749	1.599 0.109908
StanTrojmezna:Rozklad	0.01674	0.01822	0.919 0.358297

Tab. 6: Testování rozkladu pomocí zobecněného lineárního modelu.



Obr. 15: Krabicový graf – počet druhů v závislosti na typu stanoviště.

## 7. Diskuse

K nejzajímavějším nálezům na Bílé Opavě patří kriticky ohrožená *Alectoria sarmentosa* a *Cyphelium inquinans* a ohrožená *Trapelia corticola*. *Alectoria sarmentosa* je velmi vzácný a citlivý druh vázaný na stálé mikroklima horských smrčín (Esseen 2006), u nás dříve pozorovaná na Trojmezí (Liška et al. 1998), kde po kůrovcové kalamitě vymizela. Dále byla udávaná v minulém století z Králického Sněžníku (Suza 1929) 30 km vzdušnou čarou vzdáleného od údolí Bílé Opavy, ale v současné době nebyla zde znovu potvrzena (Halda 2008). Vzácný horský epifyt vázaný obvykle na starší lesní porosty *Cyphelium inquinans* je recentně udáván pouze z několika lokalit na Šumavě (Liška et al. 1996, Peksa 2004) a z Králického Sněžníku (jediný strom) (Halda 2006, 2008).

Indikační druhy přirozených horských lesů z nalezených druhů lišejníků jsou *Bryoria fuscescens*, *Bryoria implexa*, *Cladonia sulphurina*, *Hypogymnia farinacea*, *Japewia subaurifera*, *Lecanactis abietina*, *Lecanora subintricata*, *Lecidea leprarioides*, *Lecidea turgidula*, *Mycoblastus sanguinarius*, *Ochrolechia microstictoides*, *Pycnora prestabilis*, *Trapelia corticola* a *Xylographa parallela*.

Další hezké druhy zachovalých horských lesů s vyšším stupněm ohrožení jsou *Bryoria nadvornikiana*, *Calicium viride*, *Icmadophila ericetorum*, *Mycoblastus affinis* a *M. alpinus*, *Usnea dasypoga*.

Nelichenizovaná houba *Chaenothecopsis nigra* nalezená v údolí Bílé Opavy je od nás publikována pouze z jediného sběru od Černého jezera na Šumavě (Palice 1999), kde byla asociována s druhem *Chaenotheca xyloxena*. V roce 2013 sbírána také v klimaxové smrčíně na Trojmezí (Zdeněk Palice, IV. 2014, in verb.). Je to hodně vzácný druh s nedostatečně známou ekologií, nicméně je pravděpodobná vazba na pralesovité porosty.

Na lokalitě Čertovo jezero byly nalezeny tyto vzácnějšími druhy *Hypogymnia farinacea*, *Lecanactis abietina*, *Lecidea leprarioides*, *Mycoblastus sanguinarius*, *Ochrolechia microstictoides*. *Lecanactis abietina* a *Lecidea leprarioides* jsou u nás spolehliví průvodci – bioindikátoři horských buk-smrkových a smrkových lesů. Podobné je to i u zástupců rodu *Mycoblastus*. *M. alpinus* a *M. sanguinarius* lze však vzácně nalézt i v nízkých polohách – v inverzních roklích v severních Čechách

(Zdeněk Palice, IV. 2014, in verb.). Dále zde byl nalezen kriticky ohrožený *Mycoblastus affinis*.

Nejzajímavější nález na Trojmezne hoře byla *Lecanora hypoptoides* – vzácný, převážně epixylický druh, z ČR zatím nepublikovaný, známý od nás pouze z historických nálezů z Králického Sněžníku (Zdeněk Palice, IV. 2014, in verb.). *Myochroidea porphyrospoda* bude zřejmě také vzácným druhem provázející původní smrčiny. Druh byl na Trojmezne objevený relativně nedávno v roce 1998 (Printzen et al. 2008) a je potěšitelné, že zde stále přežívá. Jedná se patrně o jediný známý recentní výskyt druhu ve střední Evropě kromě Alp a Karpat (Printzen et al. 2008).

Dobrymi indikatory původních smrkových lesů jsou také drobné druhy rodu *Micarea* – *Micarea anterior* a *M. globulosella*. *M. anterior* je z ČR známá pouze ze Šumavy, a to převážně z horských smrčin (Palice 1999); nedávno byla také z klimatické smrčiny objevena na Slovensku (Guttová et al. 2012). *M. globulosella* od nás zatím nebyla publikována. Vyskytuje se vzácně na více místech na Šumavě v horských bučinách a smrčinách (Zdeněk Palice, IV. 2014, in verb.). Oba jmenované druhy byly nalezeny na Trojmezne.

Další zaznamenané druhy na Trojmezne indikující přirozené horské smrčiny, kdy některé se opakují jako u předchozích lokalit, jsou např. *Hypogymnia farinacea*, *Japewia subaurifera*, *Lecanactis abietina*, *Lecanora subintricata*, *Lecidea leprarioides*, *Lecidea turgidula*, *Mycoblastus sanguinarius*, *Ochrolechia microstictoides*, *Pycnora praestabilis* a *Xylographa vitiligo*.

Jiné ohrožené druhy horských lesů jsou *Bryoria nadvornikiana*, *Mycoblastus alpinus* a kriticky ohrožený *Mycoblastus affinis*.

### ***Roste biodiverzita epifytických lišejníků se stářím stromu a plochy?***

Reakce druhů na věk stromů se liší mezi jednotlivými plochami a je nejspíš ovlivněna kůrovcovou disturbancí na některých studovaných plochách. Na disturbancemi nenarušených plochách stabilního lesa se množství druhů zřetelně zvyšovalo se stářím stromů (Obr. 8). Pozitivní vliv stáří stromu na vyšší biodiverzitu potvrzují i práce jiných autorů (např. Lie et al. 2009, Nascimbene et al. 2009, Marmor et al. 2011). V RDA vykazovaly nejzřetelnější pozitivní vztah k věku

stromu druhy *Chaenotheca chrysocephala*, *Hypocenomyce caradocensis*, *Violella fucata*, ale spíše pozitivní vztah ke stáří byl nalezen i u většiny dalších druhů (Obr. 9). Na disturbovaných plochách se zdá věk stromu jako nepodstatný faktor. Nebo je tento faktor zastřen jinými podstatnými faktory, zejména změnou mikroklimatu stanoviště v důsledku odumření části stromového patra. Navíc zde druhové bohatství klesá. Právě změnu mikroklimatu uvádí mnoho autorů jako podstatný faktor prostředí pro biodiverzitu epifytických lišejníků (Halonen et al. 1991, Armstrong 1993, Renhorn & Esseen 1995, Campbell & Coxson 2001, Gottardini et al. 2004, atd.) V případě studovaných ploch pravděpodobně dochází v důsledku změny mikroklimatu k mizení citlivějších druhů. To je patrné i z ordinačního diagramu (Obr. 10), kde většina druhů je asociována s plochami nenarušenými disturbancí, zatímco s nejvíce narušenou plochou 3 není asociován žádný s druhů. Vliv narušení kůrovcovou disturbancí na výskyt druhů nebyl v této práci podchycen a bude testován po doplnění počtu ploch a zkompletování dat o zápoji.

Některé lišejníky kromě věku stromu ovlivňuje i velikost kmene – výčetní toušťka (DBH) (Marmor et al. 2011). Velikost stromu má silný vliv na diversitu epifytů, protože nabízí mnohem více mikrostanovišť (Hauck 2011). V této studii vliv DBH na druhovou diverzitu ani na složení druhů nebyl potvrzen, což bylo patrné i při terénním sběru, kdy byla řada citlivých druhů zaznamenána i na velmi úzkých kmenech.

Vliv stáří plochy, např. přítomnost starých stromů na ploše, převládající věková kategorie stromů, přítomnost narušení lesa během historického vývoje nebylo možné na tak malém počtu ploch, které se zároveň v těchto parametrech příliš nelišily, nebylo z těchto důvodů možné spolehlivě testovat. Je počítáno se studiem těchto vlivů po doplnění ploch na studovaných i jiných lokalitách.

### ***Lze přibližně stanovit věkovou hranici stáří stromu a plochy pro výskyt ohrožených a citlivých druhů lišejníků?***

Z grafu (Obr. 8) vztahu počtu druhů lišejníků k narůstajícímu věku stromů lze konstatovat, že stáří ploch okolo 200 let stačilo pro výskyt i velmi vzácných druhů. Nap. Dittrich et al. (2013) uvádí rovněž hranici 200 let pro zachování diverzity, avšak sám podotýká, že se jedná o biodiverzitu druhů běžných v dané oblasti. Výše zmíněná studie pochází ze smrkových lesů v německém pohoří Harz, jež byly

v minulosti ovlivněny imisemi, což se projevilo i absencí velmi vzácných druhů v této studii. Naproti tomu Fritz et al. (2008a) pozoroval pokračující nárůst biodiverzity i u stanovišť starších 350 let. Tato stanoviště nesou výrazné znaky kontinuity preferovanými právě těmi nejcitlivějšími druhy (pravděpodobně i špatně se šířící druhy). Studium distribuce těchto druhů v prostoru a čase (daném stářím stromů) by přineslo zajímavé poznání o limitech šíření těchto druhů.

***Je výskyt ohrožených a citlivých druhů epifytických lišejníků ovlivněn přítomností disturbancí během historického vývoje lesa?***

Ano, je. Z grafů (Obr. 12, 13, 14) i tabulky frekvence druhů (příloha č. 3) na jednotlivých plochách je patrný pokles počtu druhů na živých stromech na plochách zasažených kůrovcem (plocha 3 a 5 v Bílé Opavě) oproti plochám nezasazeným. Pokles je způsoben vymizením epifytů vázaných spíše na vnitřní prostředí lesa (Obr. 16). Kůrovcová plocha 3 se od ostatních ploch liší zejména nepřítomností lišejníků *Platismatia glauca* a *Pseudevernia furfuracea*. Druhy, které chybí na zmíněných polomových plochách, mohou být právě epifyty, které jsou vázané na vnitřní prostředí lesa a nejsou nahrazovány jinými druhy, jinak se zde vyskytují převážně běžné druhy jako *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Cladonia coniocreae*, *C. digitata*.

Na lesnatých plochách bylo zaznamenáno 8 velmi citlivých druhů (*Bryoria implexa*, *Bryoria nadvornikiana*, *Lecanactis abietina*, *Lecidea leprarioides*, *Mycoblastus affinis*, *M. alpinus*, *M. sanguinarius*, *Trapelia corticola*), zatímco na disturbovaných pouze 1 (*Mycoblastus affinis*). Naproti tomu stojí disturbované plochy z Trojmezské hory, kde je druhová biodiverzita vysoká se 73 druhy, z toho je 7 velmi citlivých (*Bryoria nadvornikiana*, *Lecanactis abietina*, *Lecidea leprarioides*, *Mycoblastus affinis*, *M. alpinus*, *M. sanguinarius*, *Myochroidea porphyrospoda*, *Tuckermannopsis chlorophylla*). Zde se nabízí otázka, čím je dán nízký počet lišejníků (i indikačních druhů) na disturbovaných plochách v Bílé Opavě (Obr. 17)? Je to mikroklima - prostě je to sušší. Šumava má jednak oceáničtější klima oproti Jeseníkům - podívej se znovu do charakteristiky oblasti a srovnej a dej do vztahu s citlivostí lišejníků vůči disturbancím v závislosti na klimatu (zkrátka citlivé druhy mohou být méně citlivé, pokud celkové klima je oceáničtější - tzn. vlhčí a teplejší).

***Zvyšuje se biodiverzita epifytických lišejníků po odumření stromu (např. po napadení kůrovcem)?***

Odpověď na tuto otázku je nejednoznačná. Při porovnání výsledků dat z Bílé Opavy vychází, že biodiverzita se po odumření stromu snižuje na disturbovaných plochách (27 druhů). Zatímco na mrtvých stromech vyskytujících se na plochách se zapojeným lesem je zaznamenáno 54 druhů lišejníků, z nich je 5 citlivých. Biodiverzita mrtvého trojmezenského pralesa se 73 druhy ještě více podtrhuje vysokou biodiverzitu na mrtvém dřevě. Opět se nabízí otázka, proč jsou polomové plochy v údolí Bílé Opavy chudší?!

Zvýšený počet druhů na Trojmezné může být ovlivněn pravděpodobně i oceáničtějším klima než v Jeseníkách. Na Trojmezné jsou nižší mrazy a vyšší teploty a srážky. I díky tomu pravděpodobně druhy přibývají.

***Změní se po opadu kůry složení společenstev lišejníků ve prospěch korovitých lišejníků a zástupců čeledi Caliciaceae?***

Tato práce zaznamenala po opadu kůry změnu složení společenstev calicioidních lišejníků, změna byla v jejich prospěch. Zatímco na živých stromech v lese se vyskytovaly tři druhy (*Chaenotheca chrysocephala*, *Chaenotheca ferruginea*, *Chaenotheca trichialis*), tak na mrtvých stromech též v lese byly tři již uvedené druhy a dále *Calicium glaucellum*, *C. viride* a *Chaenotheca brunneola* a jeden lišejník z rodu *Calicium* neurčený do druhu.

Na Trojmezné bylo na mrtvých stromech určeno 7 druhů (*Calicium glaucelum*, *C. salicinum*, *C. viride*, *Chaenotheca brunneola*, *C. chrysocephala*, *C. ferruginea*, *C. trichialis*).





Obr. 16: Bílá Opava, zachovalá plocha č. 7.



Obr. 17: Bílá Opava, disturbovaná plocha 1P – polom a následné působení kůrovce.

### ***Jaká doporučení vyplývají ze získaných výsledků?***

Řada autorů (např. Lesica et al. 1991, Neitlich & McCune 1996, Andersson et al. 2003, McMullin et al. 2010, Ellis 2012) zabývajících se epifytickými lišejníky horských lesů doporučuje ve svých pracech několik bodů, jak by měli lesy vypadat, aby bylo pomáháno zachování vysoké biodiverzity epifytických lišejníků. Jako zásadní se jeví kontinuita lesa, ta ovlivňuje strukturu a rozmanitost nejen epifytické ale i terestrické lesní vegetace (Dittrich et al. 2013). S kontinuitou souvisí složitý korunový zápoj, hustota stromů, staré stromy, dožívající a mrtvé stromy. S posledním bodem souvisí opatření typu ponechání mrtvého neodkorněného dřeva v lese (Esseen & Renhorn 1998, Will-Wolf et al. 2006, Nascimbene et al. 2010). To vidím jako jednu ze zásadních podmínek pro přirozený rozvoj lesa. S tím souvisí doporučení neasanování dřeva jakýmkoliv způsobem. Tedy naprostá bezzásahovost v první zóně každého národního parku a chráněné krajinné oblasti.

## **8. Závěr**

Sběr dat probíhal v letech 2012 a 2013. Byl sesbírán poměrně velký set dat na 3 lokalitách přirozených horských smrčín v České republice (Jeseníky – údolí Bílé Opavy, Šumava – Trojmezna hora, kar Čertovo jezero). Při analýzách dat byla hodnocena druhová bohatost, vliv typu stanoviště a substrátu na výskyt epifytických lišejníků. S postupným pronikáním do tématu a sepisováním této práce jsem přicházela a narážela na nové otázky a postupy řešení a možný vhodnější design metodiky. Celé zadání diplomové práce bylo pojato velmi zešíroka a právě proto mnoho témat zůstalo nedořešených. Proto tuto práci beru spíše jako tzv. startovní čárou pro získání přehledu o epifytických lišejnících a jejich ekologii v přirozených horských smrčinách. Po doplnění a vylepšení dat budou výsledky publikovány. :-)

Jedním z hlavních přínosů této práce vidím seznam epifytických lišejníků z horských smrčín Jeseníků, údolí Bílé Opavy, o kterých nebylo známo téměř nic. Seznamy druhů ze všech zájmových lokalit ukazují pěknou diverzitu epifytických lišejníků, která zahrnuje některé velmi vzácné kriticky ohrožené (např. *Alectoria sarmentosa*, *Cyphelium inquinans*, *Mycoblastus affinis*), ohrožené (např. *Lecanactis abietina*, *Lecidea leprarioides*, *Mycoblastus alpinus*) nebo zranitelné druhy (např. *Bryoria fuscescens*, *Calicium salicinum*, *C. viride*, *Hypogymnia farinacea*).



Lidská civilizovaná společnost vytěšňuje ze své mysli fázi zániku (smrti) jako něco ošklivého, nechtěného. Ale disturbovaný Trojmezenský prales je velmi krásný a cenný nejen z pohledu lichenologického. Proto si dovoluji tvrdit, že je to neobyčejná část naší republiky, jakési refugium pro šíření druhů a v neposlední řadě i „školní pomůcka“, na které by si veřejnost mohla uvědomit, že zaryté názory o tzv. bordelu v lese (mrtvém dřevě), jsou minulostí.

Horské smrčiny jsou krásné lesy s vysokou biologickou diverzitou a důležitými funkcemi v krajině a zaslouží si být zachovány ve své přirozené kráse v jakémkoli stádiu.

## 9. Seznam literatury

- Ahti T., Jørgensen P.M., Kristinsson H., Moberg R., Söchting U. & Thor G. (eds) (1999): Nordic Lichen Flora Vol. 1. Calicioid lichens and fungus. Nordic Lichen Society, Uddevalla, 94 pp.
- Ahti T., Jørgensen P.M., Kristinsson H., Moberg R., Söchting U. & Thor G. (eds) (2009): Nordic Lichen Flora Vol. 2. Physciaceae. The Nordic Lichen Society, Uddevalla, 111 pp.
- Ahti T., Jørgensen P.M., Kristinsson H., Moberg R., Söchting U. & Thor G. (eds) (2007): Nordic Lichen Flora Vol. 3. Cyanolichens. The Nordic Lichen Society, Uddevalla, 219 pp.
- Albrecht J. (eds) (2003): Českokobudějovicko. In: Mackovčín P., Sedláček M. (eds) Chráněná území ČR, svazek VIII. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 808 pp.
- Andersson L., Martverk R., Külvik M., Palo A. & Varblane A. (2003): Woodland key habitat inventory in Estonia 1999 – 2002. Regio Publishing, Tartu, Estonia.
- Andrén H. (1994): Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71: 355–366.
- Armstrong R.A. (1993): Seasonal growth of foliose lichens in successive years in south Gwynedd, Wales. *Environmental and Experimental Botany* 33: 225–232.
- Atauri J.A. & de Lucio J.V. (2001): The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology* 16: 147-159.
- Begon M., Harper J. L. & Townsend W.R. (1997): *Ekologie: jedinci, populace a společenstva*. Univerzita Palackého, Olomouc, 949 pp.
- Boucher V.L. & Stone D.F. (1992). Epiphytic lichen biomass. In: Carroll G. C. & Wicklow D.T.: *The fungal community: Its organization and role in the ecosystem*. Dekker, New York, 931 pp.

- Campbell J. & Coxson D.S. (2001): Canopy microclimate and arboreal lichen loading in subalpine spruce-fir forest. *Canadian Journal of Botany* 79: 537–555.
- Caruso A. & Rudolphi J. (2009): Influence of substrate age and quality on species diversity of lichens and bryophytes on stumps. *The Bryologist* 112(3): 520–531.
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P. (eds) (2010): Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 447 pp.
- Demek J. & Kříž V. (1994): Terénní cvičení z fyzické geografie (na příkladu Jeseníků a okolí). Ostrava, Ostravská univerzita, 86 pp.
- Dittrich S., Hauck M., Schweigatz D., Dörfler I., Hühne R., Bade C., Jacob M. & Leuschner C. (2013): Separating forest continuity from tree age effects on plant diversity in the ground and epiphyte vegetation of a Central European mountain spruce forest. *Flora* 208: 238–246.
- Esseen P.A., Renhorn K.E. & Petersson R.B. (1996): Epiphytic lichen biomass in managed and old-growth boreal forests: effect of branch quality. *Ecological Applications* 6: 228–238.
- Esseen P.A. & Renhorn K.E. (1998): Edge effects on an epiphytic lichen in fragmented forests. *Conservation Biology* 12: 1307–1317.
- Esseen P.A. (2006): Edge influence on the old-growth forest indicator lichen *Alectoria sarmentosa* in natural ecotones. *Journal of Vegetation Science* 17:185–194.
- Ellis C. J. (2012): Lichen epiphyte diversity: A species, community and trait-based review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 14:131–152.
- Fenton N.J., Bergeron Y (2008): Does time or habitat make old-growth forests species rich? Bryophyte richness in boreal *Picea mariana* forests. *Biological Conservation* 141: 1389–1399.
- Fišera M. red. (1987): Základní geologická mapa ČSSR, 1:25 000, list 14-244 Karlova Studánka. Ústřední ústav geologický
- Fritz Ö., Gustafsson L. & Larsson K. (2008a): Does forest continuity matter in conservation? A study of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests of southern Sweden. *Biological Conservation* 141: 655–668.

- Fritz Ö., Niklasson M. & Churski M. (2008b): Tree age is a factor for the conservation of epiphytic lichens and bryophytes in beech forests. *Applied Vegetation Science* 12: 93–106.
- Gauslaa Y. (1995): The Lobarion, an epiphytic community of ancient forests threatened by acid rain. *The Lichenologist* 27: 59–76.
- Gauslaa Y. & Holien H. (1998): Acidity of boreal *Picea abies*-canopy lichens and their substratum, modified by local soils and airborne acidic depositions. *Flora* 193: 249–257.
- Gauslaa Y., Lie M., Solhaug K.A. & Ohlson M. (2006): Growth and ecophysiological acclimation of the foliose lichen *Lobaria pulmonaria* in forests with contrasting light climates. *Oecologia* 147: 406–416.
- Gauslaa Y., Lie M. & Ohlson M. (2008): Epiphytic lichen biomass in a boreal Norway spruce forest. *The Lichenologist* 40: 257–266.
- Gjerde I., Sætersdal M. & Blom H. (2007): Complementary hotspot inventory – A method for identification of important areas for biodiversity at the forest stand level. *Biological Conservation* 137: 549–557.
- Gottardini E., Cristofolini F. & Cristofori A. (2004): Monitoring epiphytic lichen biodiversity in a subalpine Norway spruce woodland at Lavazè Pass and in a thermophilous pubescent oak woodland at Pomarolo, Trentino, North Italy. *Acta Biologica* 81: 245–251.
- Guttová A., Palice Z., Czarnota P., Halda J.P., Lukáč M., Malíček J. & Blanár D. (2012): Lišajníky Národného parku Muránska planina IV – Fabova hoľa. *Acta Rerum Naturalium Musei Nationalis Slovaci* 43: 51–76.
- Haeussler S., Macdonald S.E., Gachet S. & Bergeron Y. (2007): Understory and epiphytic vegetation as indicators of the ecological integrity of managed forests: a synthesis of the special issue. *Forest Ecology and Management* 242: 1–4.
- Halda J.P. (2006): Interesting lichen records from Králický Sněžník Mts. (Glatzer Schneeberg, Czech Republic). In: Lackovičová A., Guttová A., Lisická E. & Lizoň P. (eds): *Central European lichens – diversity and threat*. Mycotaxon, Ltd., Ithaca, New York, 364 pp.

- Halda J.P. (2008): Seznam lišejníků české strany Králického Sněžníku – Checklist of Lichens of the Králický Sněžník Mts. (Czech Side). *Acta musei richnoviensis, sect. Natura* 15(2): 43–84.
- Halda J.P. (2009): Lišejníky Přírodní rezervace Břidličná a Přírodní památka Zadní hutisko v Hrubém Jeseníku. – Lichens of the Břidličná Nature Reserve and the Zadní hutisko. Nature Monument in the Hrubý Jeseník Mts. (Czech Republic). *Acta musei richnoviensis, sect. Natura* 16(3): 57–80.
- Halonen P., Hyvarinen M. & Kauppi M. (1991): The epiphytic lichen flora on conifers in relation to climate in the Finnish middle boreal zone. *The Lichenologist* 23: 61–72.
- Hauck M., Jung R. & Runge M. (2000): Does water-holding capacity of bark have an influence on lichen performance in dieback-affected spruce forests? *The Lichenologist* 32: 407–409.
- Hauck M. (2003): Epiphytic lichen diversity and forest dieback: the role of chemical site factors. *The Bryologist* 106(2): 257–269.
- Hauck M. (2005): Epiphytic lichen diversity on dead and dying conifers under different levels of atmospheric pollution. *Environmental Pollution* 135: 111–119.
- Hauck M., Hofmann E. & Schull M. (2006): Site factors determining epiphytic lichen distribution in a dieback-affected spruce-fir forest on Whiteface Mountain, New York: microclimate. *Annales Botanici Fennici* 43: 1–12.
- Hauck M., Jurgens S.R., Brinkmann M. & Herminghaus S. (2008): Surface hydrophobicity causes SO<sub>2</sub> tolerance in lichens. *Annales Botanici Fennici* 101: 531–539.
- Hauck M. (2011): Site factors controlling epiphytic lichen abundance in northern coniferous forests. *Flora* 206: 81–90.
- Holien H. (1996): Influence of site and stand factors on the distribution of crustose lichens of the Caliciales in a suboceanic spruce forest area in central Norway. *The Lichenologist* 28: 315–330.
- Humphrey J.W., Davey S., Peace A.J., Ferris R. & Harding K. (2002): Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the

- influence of site type, stand structure and deadwood. *Biological Conservation* 107: 165–180.
- Jonsson B.G., Kruys N. & Ranius T. (2005): Ecology of species living on dead wood – lessons for dead wood management. *Silva Fennica* 39: 289–309.
- Kenkel N.C. & Bradfield G.E. (1986): Epiphytic vegetation on *Acer macrophyllum*: a multivariate study of species-habitat relationships. *Vegetatio* 68: 43–53.
- Kermit T. & Gauslaa Y. (2001): The vertical gradient of bark pH of twigs and macrolichens in a *Picea abies* canopy not affected by acid rain. *The Lichenologist* 33(4): 353–359.
- Kruys N., Fries C., Jonsson B.G., Lämås T., Ståhl G. (1999): Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. – *Canadian Journal of Forest Research* 29: 178–186.
- Kučera T. (2010): L9 Smrčiny. pp. 340–349. In: Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P. (eds), *Katalog biotopů České republiky. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.*
- Lednický V. (1985): Podnebí Pradědu. Šumperk, Severní Morava, sv. 49: 44–48.
- Legendre P. & Gallagher E.D. (2001): Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. – *Oecologia* 129: 271–280.
- Lepš J. & Šmilauer P. (2000): Mnohorozměrná analýza ekologických dat. *Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, České Budějovice, 102 pp.*
- Lesica P., McCune B., Cooper S.V., & Hong W.S. (1991): Differences in lichen and bryophyte communities between old-growth and managed secondgrowth forests in the Swan Valley, Montana. *Canadian Journal of Botany* 69: 1745–1755.
- Lie M.H., Arup U., Grytnes J.A. & Ohlson M. (2009): The importance of host tree age, size and growth rate as determinants of epiphytic lichen diversity in boreal spruce forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 3579–3596.
- Liška J., Dětinský R. & Palice Z. (1996): Importance of the Šumava Mts. for the biodiversity of lichens in the Czech Republic – Význam Šumavy pro biodiverzitu lišejníků v České republice. *Silva Gabreta* 1: 71–81.
- Liška J. (1997): Počet bioindikačních druhů lišejníků jako měřítko kvality ovzduší. – *Příroda, Praha* 10: 7–14.

- Liška J. & Palice Z. (2010): Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1). *Příroda*, 29: 3–66.
- Ložek V. (2007): Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru. Dokořán, Praha, 198 pp.
- Matějka K. (2012): Klimatické gradienty a modelování lesních vegetačních stupňů v ČR. Sborník konference Geobiocenologie a její aplikace v lesnictví a krajinářství, Mendelova univerzita, Brno, 20 pp.
- Marmor L., Tõrra T., Saag L. & Randlane T. (2011): Effects of forest continuity and tree age on epiphytic lichen biota in coniferous forests in Estonia. *Ecological Indicators* 11:1270–1276.
- McCarthy J. W. & Weetman G. (2006): Age and size structure of gap-dynamic, old-growth boreal forest stands in New foundland. *Silva Fennica* 40: 209–230.
- McGune B., Hutchinson J. & Berryman S. (2002): Concentration of rare epiphytic lichens along large streams in a mountainous watershed in Oregon, USA. *Bryologist* 105: 439–450.
- McGune B., Rosentreter R., Ponzetti J. M. & Shaw D. G. (2000): Epiphyte habitats in an old conifer forest in western Washington, U.S.A. *The Bryologist* 103: 417–427.
- McMullin R. T., Duinker P. N., Richardson D. H. S., Cameron R. P., Hamilton D. C. & New-master S. G. (2010): Relationships between the structural complexity and lichen community in coniferous forests of southwestern Nova Scotia. *Forest Ecology and Management* 260: 744–749.
- Michalko J., Berta J. & Magic D. (1986): Geobotanická mapa ČSSR: Slovenská socialistická republika. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 168 pp.
- Middelborg J. & Mattsson J. (1987): Crustaceous lichenized species of the Caliciales in Norway. *Sommerfeltia* 5: 1–70.
- Moning Ch., Werth S., Dziock F., Bäessler C., Bradtka J., Hothorn T. & Müller J. (2009): Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate. *Forest Ecology and Management* 258: 745–751.
- Nascimbene J., Marini L., Motta R. & Nimis P.L. (2009): Influence of tree age, tree size and crown structure on lichen communities in mature Alpine spruce forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 1509–1522

- Nascimbene J., Marini L. & Nimis P.L. (2010): Epiphytic lichen diversity in old-growth and managed *Picea abies* stands in Alpine spruce forests. *Forest Ecology and Management* 260:603–609.
- Nash III T.H. (2008): *Lichen Biology* (Second Edition). Cambridge University, Cambridge, 486 pp.
- Neitlich P.N. & McCune B. (1996): Hotspots of epiphytic lichen diversity in two young managed forests. *Conservation Biology* 11: 172–182.
- Neuhäselová Z. (eds) (2001): *Mapa potencialní přirozené vegetace České republiky*. Academia, Praha, 190 pp.
- Ódor P. & Standovár T. (2001): Richness of Bryophyte Vegetation in Near-Natural and Managed Beech Stands: the Effects of Management-Induced Differences in Dead Wood, *Ecological Bulletins* 49: 219–229.
- Orange A., James P.W. & White F.J. (2001): *Microchemical methods for the identification of lichens*. The British lichen society, 101 pp.
- Palice Z. (1999): New and noteworthy records of lichens in the Czech Republic. *Preslia* 71: 289–336.
- Palmqvist K. (2000): Carbon economy in lichens. *New Phytologist* 148: 11–36.
- Paltto H., Nordén B., Götmark F. & Franc N. (2007): At which spatial and temporal scales does landscape context affect local density of red data book and indicator species? *Biological Conservation* 133: 442–454.
- Peksa O. (2003): *Diversita a ekologie lišejníků Povydí. 135 pp., Ms [Dipl. Pr.; depon. In: Knih. Kat. bot. PřF UK Praha]*.
- Peksa O. (2004): *Výsledky lichenologického výzkumu Povydí. In: Dvořák L. & Šustr P. (eds), Sborník konference Aktuality šumavského výzkumu II. Srní, October 4–7, 2004. Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk, 318 pp.*
- Prieto M. et Wedin M. (2013): Dating the diversification of the major lineages of Ascomycota (Fungi). *PlosOne* 8(6): 1–10.
- Printzen C., Spribille T. & Tønsberg T. (2008): *Myochroidea*, a new genus of corticolous, crustose lichens to accommodate the *Lecidea leprosula* group. *Lichenologist* 40(3): 195–207.
- Quitt E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. Academia, *Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV v Brně, 73 pp.



- Renhorn K.E. & Esseen P.A. (1995): Biomass growth in five alectorioid lichen epiphytes. *Mitt. Eidgenoss. Forsch. Anst. Wald Schnee Landsch.* 70: 133–140.
- Rikkinen J. (1995): What's behind the pretty colours? A study on the photobiology of lichens. *Bryobrothera* 4: 1–239.
- Rose F. (1976): Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. In: Brown D.H. & Hawksworth D.L. (eds), *Lichenology: Progress and Problems. Systematics Association Special Vol. 8.* Academic Press, London, 164 pp.
- Schmull M., Hauck M., Vann D.R., Johnson A.H. & Runge M. (2002): Site factors determining epiphytic lichen distribution in a dieback-affected spruce-fir forest on Whiteface Mountain, New York: stemflow chemistry. *Canadian Journal of Botany* 80: 1131–1140.
- Schultz J. (2000): *Handbuch der Ökozonen.* Ulmer, Stuttgart, 577 pp.
- Selva S.B. (1994): Lichen diversity and stand continuity in the northern hardwoods and spruce-fir forests of northern New England and western New Brunswick. *Bryologist* 97: 424–429.
- Sillett S.C., McCune B., Peck J.E. & Rambo T.R. (2000): Four years of epiphyte colonization in Douglas-fir forest canopies. *The Bryologist* 103: 661–669.
- Slavík B. (1988): Fytogeografická charakteristika. pp. 65–102. In: Hejný S., Slavík B. (eds): *Květena České socialistické republiky 1,* Academia, Praha.
- 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.
- Správa CHKO Jeseníky (2006): *Plán péče o Národní přírodní rezervaci Praděd na období 2006–2015.* 58 pp.
- Správa CHKO Šumava (2013): *Plán péče o Národní přírodní rezervaci Černé a Čertovo jezero na období 2013–2023.* 50 pp.
- Spribile T., Thor G., Bunnell F.L., Goward T. & Björk C.R. (2008): Lichens on dead wood: species-substrate relationships in the epiphytic lichen floras of the Pacific Northwest and Fennoscandia. *Ecography* 31: 741–750.
- Stöcker G. (1997): *Struktur und Dynamik der Berg-Fichtenwälder im Hochharz.* *Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover* 139: 31–60.

- Stöcker G. (2002): Growth dynamics of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in natural spruce forest ecosystems of the National Park Hochharz. 2. Climax, ageing and decay phases. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121: 109–127.
- Suza J. (1929): Srovnávací poznámky k zeměpisnému rozšíření lišejníků na Sudetách, zvláště východních. I. [De lichenum distributione geographica in Sudetis, praecipue orientalibus, notulae comparativae. I.]. – *Sborník Klubu Přírodovědeckého Brno* 11:128–155.
- Sverdrup-Thygeson A. & Lindenmayer D.B. (2003): Ecological continuity and assumed indicator fungi in boreal forest: the importance of the landscape matrix. – *Forest Ecology and Management* 174: 353–363.
- Svoboda M. (2003a): Tree layer disintegration and its impact on understory vegetation and humus forms state in the Šumava National Park. *Silva Gagreta* 9, 201–216.
- Svoboda M. (2003b): Struktura lesních porostů, kvantitativní a kvalitativní charakter odumřelé dřevní biomasy v oblasti Trojmezenského pralesa. In: *Vliv hospodářských zásahů a spontánní dynamiky porostů na stav lesních ekosystémů*. Kostelec nad Černými Lesy, Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Svoboda M. & Pouska V. (2008): Structure of a Central-European mountain spruce old-growth forest with respect to historical development. *Forest Ecology and Management* 255 (7): 2177–2188.
- Tibell L. (1992): Crustose lichens as indicators of forest continuity in boreal coniferous forests. *Nordic Journal of Botany* 12: 427–450.
- Vězda A. (1956): Soupis lichenologické literatury, pojednávající o výskytu a rozšíření lišejníků na území ČSR. *Časopis slezského muzea – Acta Musei Silesiae*.
- Vrška T. & Hort L. (2003): Terminologie pro lesy v chráněných územích. *Lesnická práce* 11: 585–587.
- Will-Wolf S., McCune B. & Esseen P.A. (2006): Contributions of lichen ecology to understanding and managing ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 17: 123–124.

- Wirth, V. (1995): Flechtenflora – Bestimmung und ökologische Kennzeichnung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzender Gebiete. Eugen Ulmer, Stuttgart, 661 pp.
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013a): Die Flechten Deutschlands. Band 1. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 672 pp.
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013b): Die Flechten Deutschlands. Band 2. Eugen Ulmer KG, Stuttgart, 572 pp.

## 9.1 Internetové zdroje

- AOPK ČR: NPR Černé a Čertovo jezero. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, online: [http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPR\\_cerne\\_a\\_certovo\\_jezero\\_cz](http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=index&site=NPR_cerne_a_certovo_jezero_cz), cit. 14. 2. 2014.
- Liška J. (2003): Lišejníky. In: Kučera T. (eds): Červená kniha biotopů. Agentura ochrany přírody a krajiny, Praha, online: <http://www.uek.cas.cz/cervenakniha>, cit. 22. 2. 2014.
- R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, online: <http://www.R-project.org/>, cit. 4. 4. 2014.

## 10. Přílohy

Příloha 1 – abecední seznam zkratk použitých druhů ve statistických analýzách

Alectoria sarmentosa (Ach.) Ach.	Ale.sar
Arthonia mediella Nyl.	Art.med
Arthonia vinosa Leight.	Art.vin
Baeomyces rufus (Huds.) Rebent.	Bae.ruf
Bryoria fuscescens (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw.	Bry.fus
Bryoria implexa (Hoffm.) Brodo et D. Hawksw.	Bry.imp
Bryoria nadvornikiana (Gyeln.) Brodo et D. Hawksw	Bry.nad
Bryoria sp.	Bry.sp
Calicium glaucellum Ach.	Cal.gla
Calicium viride Pers.	Cal.vir
Calicium sp.	Cal.sp
Chaenotheca brunneola (Ach.) Müll. Arg.	Cha.bru
Chaenotheca chrysocephala (Turner ex Ach.) Th. Fr.	Cha.chr
Chaenotheca ferruginea (Turner et Borrer) Mig.	Cha.fer
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th. Fr.	Cha.tri
Chaenotheca sp.	Cha.sp
Cladonia cenotea (Ach.) Schaer.	Cla.cen
Cladonia chlorophaea (Flörke ex Sommerf.) Spreng.	Cla.chl
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng.	Cla.con
Cladonia digitata (L.) Hoffm.	Cla.dig
Cladonia fimbriata (L.) Fr.	Cla.fim
Cladonia grayi G. Merr. ex Sandst.	Cla.gra
Cladonia macilentata Hoffm.	Cla.mac
Cladonia merochlorophaea Asahina	Cla.mer
Cladonia ochrochlora Flörke	Cla.och
Cladonia polydactyla (Flörke) Spreng.	Cla.pol
Cladonia pyxidata (L.) Hoffm.	Cla.pyx
Cladonia squamosa Hoffm.	Cla.squ
Cladonia subsquamosa Krempelh.	Cla.sub
Cladonia sulphurina (Michx.) Fr.	Cla.sul
Cladonia sp.	Cla.sp
Cyphelium inquinans (Sm.) Trevis.	Cyp.inq
Evernia prunastri (L.) Ach.	Eve.pru
Hypocenomyce caradocensis (Leight. ex Nyl.) P. James et Gotth. Schneid.	Hyp.car
Hypocenomyce scalaris (Ach.) M. Choisy	Hyp.sca
Hypogymnia farinacea Zopf	Hyp.far
Hypogymnia physodes (L.) Nyl.	Hyp.phy
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav.	Hyp.tub
Japewia subaurifera Muhr et Tønsberg	Jap.sub
Lecanactis abietina (Ach.) Körb.	Lec.abi
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb.	Lec.con

Lecanora filamentosa (Stirt.) Elix et Palice	Lec.fil
Lecanora hypoptoides	Lec.hyp
Lecanora phaeostigma(Körb.) Almb.	Lec.pha
Lecanora pulicaris(Pers.) Ach.	Lec.pul
Lecanora subintricata(Nyl.) Th. Fr.	Lec.sub
Lecanora sp.	Lec.sp
Lecidea leprarioidesTønsberg	Lec.lep
Lecidea nylanderii(Anzi) Th. Fr.	Lec.nyl
Lecidea pullata(Norman) Th. Fr.	Lec.pull
Lecidea turgidula Fr.	Lec.tur
Lepraria finkii (B. de Lesd.) R. C. Harris	Lep.fin
Lepraria incana (L.) Ach.	Lep.inc
Lepraria jackii Tønsberg	Lep.jac
Lepraria rigidula (de Lesd.) Tønsb	Lep.rig
Lepraria sp.	Lep.sp
Micarea anterior (Nyl.) Hedl.	Mic.ant
Micarea denigrata (Fr.) Hedl.	Mic.den
Micarea lignaria (Ach.) Hedl.	Mic.lig
Micarea micrococca (Körb.) Gams ex Coppins	Mic.mic
Micarea misella (Nyl.) Hedl.	Mic.mis
Micarea prasina Fr.	Mic.pra
Micarea sp.	Mic.sp
Mycoblastus affinis (Schaer.) T. Schauer	Myc.aff
Mycoblastus alpinus (Fr.) Th. Fr. ex Hellb.	Myc.alp
Mycoblastus sanguinarius (L.) Norman	Myc.san
Myochroidea porphyrospoda (Anzi) Printzen, T. Sprib. et Tønsberg	Myo.por
Ochrolechia androgyna (Hoffm.) Arnold	Och.and
Ochrolechia microstictoides Räsänen	Och.mic
Ochrolechia sp.	Och.sp
Parmelia saxatilis (L.) Ach.	Par.sax
Parmeliopsis ambigua (Wulfen) Nyl.	Par.amb
Parmeliopsis hyperopta (Ach.) Arnold	Par.hyp
Placynthiella dasaea(Stirt.) Tønsberg	Pla.das
Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins et P. James	Pla.icm
Platismatia glauca(L.) W. L. Culb. et C. F. Culb.	Pla.gla
Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf	Pse.fur
Pycnora praestabilis (Nyl.) Hafellner	Pyc.pra
Pycnora sorophora (Vain.) Hafellner	Pyc.sor
Ropalospora viridis (Tønsberg) Tønsberg	Rop.vir
Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda	Sco.chl
Scoliciosporum sarothamni (Vain.) Vězda	Sco.sar
Strangospora moriformis (Ach.) Stein	Str.mor
Trapelia corticola Coppins et P. James	Tra.cor
Trapeliopsis flexuosa (Fr.) Coppins et P. James	Tra.fle
Trapeliopsis granulosa (Hoffm.) Lumbsch	Tra.gra

Tuckermannopsis chlorophylla (Willd.) Hale	Tuc.chlo
Violella fucata (Stirt.) Zahlbr.	Myc.fuc
Xylographa parallela (Ach.: Fr.) Behlen et Desberger	Xyl.par
Xylographa vitiligo (Ach.) J. R. Laundon	Xyl.vit
Usnea dasypoga (Ach.) Nyl.	Usn.das
Usnea sp.	Usn.sp

## Příloha 2 – tabulka souřadnice studijních ploch

lokalita	č. plochy	nadm. v.	souřadnice N	souřadnice E
Bílá Opava	1	1215	50°04'31,5"	17°15'02,5"
Bílá Opava	2	1227	50°04'38,5"	17°14'58,0"
Bílá Opava	3	1227	50°04'46,8"	17°15'16,8"
Bílá Opava	4	1265	50°04'15,3"	17°14'55,3"
Bílá Opava	5	1237	50°04'43.0"	17°15'07.9"
Bílá Opava	6	1222	50°04'24.2"	17°14'40.7"
Bílá Opava	7	1248	50°04'21.4"	17°15'12.1"
Bílá Opava	101	1309	50°04'09.2"	17°14'42.8"
Bílá Opava	1P	1142	50°04'49.3"	17°15'41.5"
Bílá Opava	2P	1125	50°04'54.3"	17°16'12.8"
Čertovo jezero	1	1204	49°10'06.5"	13°11'24.4"
Čertovo jezero	2	1169	49°09'55.9"	13°11'27.4"
Čertovo jezero	3	1123	49°09'53.6"	13°11'30.8"
Trojmezná hora	7	1253	48°46'38.6"	13°49'33.6"
Trojmezná hora	8	1273	48°46'35.6"	13°49'33.5"
Trojmezná hora	9	1288	48°46'31.6"	13°49'33.5"
Trojmezná hora	11	1325	48°46'25.2"	13°49'33.8"
Trojmezná hora	13	1220	48°46'41.0"	13°49'14.5"
Trojmezná hora	14	1247	48°46'37.5"	13°49'15.0"
Trojmezná hora	16	1280	48°46'30.8"	13°49'14.4"
Trojmezná hora	17	1310	48°46'27.8"	13°49'14.4"