

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA  
V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

KATEDRA EKOLOGIE



**Diplomová práce**

**Epifytické lišejníky starých ovocných sadů na  
Sokolovsku**

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

Diplomant: Bc. Josef Bauer

2017

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Josef Bauer

Regionální environmentální správa

Název práce

**Epifytické lišejníky starých ovocných sadů na Sokolovsku**

Název anglicky

**Epiphytic lichens of old orchards in area of Sokolov**

---

### Cíle práce

1. Provést literární rešerši k danému tématu.
2. Vybrat vhodné sady pro výzkum.
3. Prozkoumat biodiverzitu ovocných sadů.
4. Identifikovat nalezené lišejníky.
5. Porovnat biodiverzitu jednotlivých sadů jabloní a třešní.
6. Porovnat biodiverzitu lišejníků jabloňových a třešňových sadů navzájem.
7. Na vybraných stromech v sadech provést monitoring pomocí metody LDV.
8. Statisticky zpracovat získaná data.
9. Vyhodnotit stav životního prostředí zkoumaného území.

### Metodika

Literární rešerše dle pravidel citace. Plošný výzkum biodiverzity v sadech a následně výběr pěti vhodných stromů pro použití metody LDV. Identifikace lišejníků za pomoci lupy (16 x) přímo v terénu. V laboratoři fakulty za pomoci mikroskopů, mikrochemických reakcí a metody LTC určení obtížněji identifikovatelných druhů lišejníků. Statistické zpracování pomocí standardních programů.

**Doporučený rozsah práce**

60-80 stran

**Klíčová slova**

Epifytické lišejníky, biodiverzita, biomonitoring, kvalita ovzduší, metoda LDV, ovocné sady, Sokolovsko

---

**Doporučené zdroje informací**

- ASTA J. et al. (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality: Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. Dordrecht, Springer, 285 pp.
- GUTTOVÁ A. et al. (2009): Epiphytic lichens of apple orchards in Poland, Slovakia, and Italy. Acta Mycologica 44 (2), 151-163.
- LIŠKA J. et al. (2008): Seznam a Červený seznam lišejníků České Republiky. Botanický ústav AV ČR Průhonice, Praha. Preslia 80: 151-182.
- LIŠKA J. et PALICE Z. (2010): Červený seznam lišejníků České Republiky (verze 1.1). Botanický ústav AV ČR Průhonice, Praha, 68 s.
- LIŠKA J. (2005): Katalog lišejníků ČR – korekce a doplňky. Bryonora 35: 1-5.
- SMITH C. W. et al. (2009): The Lichens of Great Britain and Ireland. Cambridge University Press, London, 1046 pp.
- VĚZDA A. et LIŠKA J. (1999): A – Z katalog lišejníků České Republiky. Botanický ústav AV ČR Průhonice, Praha, 288 s.
- WIRTH V. et al. (2013): Die Flechten Deutschlands: Band 1. + 2. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1244 pp.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 9. 9. 2016

**Ing. Jiří Vojar, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2017

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně, pod vedením paní doc. RNDr. Jany Kocourkové, CSc. Dále prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Sokolově dne 15. 4. 2017

.....

**Poděkování:**

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, paní doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc., za odborné vedení, cenné rady a pomoc při určování druhů lišejníků. Dále bych chtěl poděkovat za poskytnuté rady ing. Petrovi Uhlíkovi z muzea v Sokolově a mé rodině za psychickou podporu.

V Sokolově dne 15. 4. 2017

## **Abstrakt**

Tato práce obsahuje výsledky průzkumu biodiverzity epifytických druhů lišejníků, který byl proveden ve starých ovocných sadech na Sokolovsku. Za pomoci získaných dat a moderní bioindikační metody LDV (Lichen Diversity Value) je vyhodnocena kvalita prostředí v oblasti, jež je zasažena těžbou hnědého uhlí a obecně je považována za jednu z nejvíce znečištěných v České republice. Bylo determinováno 46 druhů epifytických lišejníků. 1 druh je uveden v kategorii CR jako kriticky ohrožený, 1 v kategorii EN jako ohrožený, 4 druhy jsou uvedeny v kategorii VU jako zranitelné. Nejrozšířenějšími druhy jsou *Candelariella efflorescens*, *Hypogymnia physodes*, *Melanelixia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* a *Xanthoria candelaria*, které byly nalezeny ve všech zkoumaných ovocných sadech. Tuto skupinu nejfrekventovanějších lišejníků tvoří převážně druhy nitrofilní, které jsou tolerantní ke znečištění ovzduší oxidem siřičitým. Sokolovsko bylo vlivu imisí vystaveno desítky let a kvalita životního prostředí byla v minulosti velmi narušena. Průzkumem biodiverzity lišejníků a použitím metody LDV bylo prokázáno, že v současné době se situace v regionu zlepšuje. Metoda LDV pracuje podle vypočtených hodnot s 5 kategoriemi kvality prostředí: 1 špatná, 2 narušená, 3 střední, 4 relativně dobrá a 5 velmi dobrá. Čím vyšší hodnota, tím vyšší kategorie a tím také kvalitnější prostředí. Nejnižší hodnota LDV sadu byla 40 a nejvyšší hodnota sadu byla 80. Z výzkumu vyplynulo, že Sokolovsko náleží do kategorií 3 a 4 a že v dané oblasti je střední až relativně dobrá kvalita prostředí.

## **Klíčová slova**

Epifytické lišejníky, biodiverzita, metoda LDV, biomonitoring, ovocné sady, kvalita ovzduší, Sokolovsko

## **Abstract**

This work summarizes the results of a survey of the biodiversity of epiphytic lichen species carried out in the old orchards in the Sokolov area. With the help of the data obtained and modern methods bioindicative LDV (Lichen Diversity Value) was evaluated the quality of the environment in the area, which is affected by brown coal mining and is generally considered one of the most polluted in the Czech Republic. It was determined 46 species of epiphytic lichens. One species is listed in the category CR as critically endangered, one species in the category EN as endangered, 4 species in the category VU as vulnerable. The most widespread species are *Candelariella efflorescens*, *Hypogymnia physodes*, *Melanelixia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* and *Xanthoria candelaria*, which were found in all examined orchards. This group consists mostly of nitrophilous species of lichens that are tolerant to sulfur dioxide pollution. Sokolov area was exposed to air pollution for decades and the quality of the environment in the past was very low. Exploration of biodiversity and lichens using methods LDV has been shown that currently the situation in the region improves. LDV method works according to the calculated values with environmental quality 5 categories: 1 poor, disturbed 2, 3 moderate, 4 and 5 of relatively good very good. The higher the value, the higher categories and consequently a better environment. LDV set the lowest value was 40 and the highest value set was 80. The survey showed that Sokolov area belong to categories 3 and 4 and in the area is medium to relatively good quality environment.

## **Keywords**

Epiphytic lichens, biodiversity, LDV method, biomonitoring, orchards, air quality, Sokolovsko

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce.....	9
3. Rešeršní část .....	10
3.1 Lišejníky - symbióza organismů.....	10
3.2 Stanoviště lišejníků .....	11
3.3 Lišejníky jako bioindikátory.....	12
3.4 Znečištění ovzduší .....	13
3.4.1 Oxid siřičitý.....	13
3.4.2 Oxidy dusíku .....	14
3.4.3 Kvalita ovzduší v zájmové oblasti.....	14
3.5 Zájmové stromy .....	19
3.5.1 <i>Malus domestica</i> , jabloň domácí .....	19
3.5.2 <i>Prunus avium</i> , třešeň ptačí .....	19
4. Charakteristika zájmového území.....	20
4.1 Popis zájmového území .....	20
4.2 Geologie a geomorfologie území .....	22
4.3 Klimatické poměry .....	22
4.4 Fytogeografie .....	24
4.5 Biotopy .....	24
5. Metodika.....	25
5.1 Terénní práce a identifikace lišejníků .....	25
5.2 Laboratorní práce.....	28
5.3 Metoda LDV .....	32
5.4 Úprava dat.....	35
5.5 Analýza proměnných ovlivňujících složení druhů .....	38
6. Výsledky .....	38
6.1 Ekologické charakteristiky nalezených druhů .....	44
6.2 Vliv faktorů prostředí na druhovou skladbu .....	51
6.3 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGIS.....	55
7. Diskuze .....	58
8. Závěr.....	61
9. Použitá literatura .....	62
10. Přílohy .....	67



10.1	Ovocné sady.....	67
10.2	Sady a v nich nalezené druhy epifytických lišejníků s jejich ekologickými charakteristikami. ....	81

## 1. Úvod

V dnešní přetechnizované době se stále více lidí uchyluje zpět k přírodě. Vybíráme si místa pro život stále častěji s ohledem na čistotu prostředí a ovzduší. Hledáme místa, která ještě nejsou znečištěna člověkem, místa, která tudíž nabízí výborné podmínky k životu nejen nám, ale i ostatním druhům živočichů a rostlin. Právě výskyt určitých druhů rostlin a živočichů jejich početnost a pestrost na určitém území nám umožňuje zhodnotit ekologickou kvalitu daného prostředí.

Vhodným bioindikátorem se tak stávají např. epifytické lišejníky, rostoucí na borce stromů, a to díky své citlivosti a schopnosti akumulovat ve svých tkáních toxické látky jako jsou oxid siřičitý, oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>) a plynné koncentrace těžkých kovů, (Blett et al., 2003). Protože některé druhy lišejníků jsou schopny přežívat ve velice špatných podmínkách, při silném znečištění ovzduší zejména oxidy síry a oxidy dusíku a dalšími polutanty, jiné druhy jsou naopak velice citlivé a brzy hynou. Díky těmto vlastnostem, kdy se pak dosti dramaticky mění početní stavy druhů lišejníků a jejich pokryvnost, můžeme provádět dlouhodobé systematické pozorování stavu a vývoje nebo prostorového rozložení tohoto ukazatele stavu životního prostředí, čili biomonitoring (Anděl, 2011). Nespornými výhodami jejich využití jako bioindikátorů je možnost je nalézt v kterémkoli ročním období na většině pozemních stanovišť, dále pak poměrně snadný odběr vzorků, nízkou cenu a možnost sledování široké oblasti.

## 2. Cíle práce

Základním cílem je prozkoumat biodiverzitu epifytických lišejníků ve starých ovocných sadech na Sokolovsku, v 7 třešňových a v 7 jabloňových sadech.

K danému tématu provést literární rešerši.

Porovnat biodiverzitu určených ovocných sadů mezi sebou a identifikovat nalezené vzorky.

Provést monitoring pomocí metody LDV.

Analyzovat a statisticky zpracovat data získaná z výzkumu v zájmovém území.

Vyhodnotit stav životního prostředí zkoumaného území.

## 3. Rešeršní část

### 3.1 Lišejníky - symbióza organismů

Lišejníky jsou excelentním příkladem soužití více organismů. V tomto případě se jedná o vztah mykobionta, což jsou v drtivé většině vřeckovýtrusné houby, fotobionta, kterými jsou hlavně zelené řasy a sinice a bakterie. Tyto organismy spolu žijí již miliony let v těsné symbióze = lichenismu, který byl ovšem objeven relativně teprve nedávno, a to ve druhé polovině 19. století švýcarem Simonem Schwendenerem (Kremer et Muhle, 1991 ex. Schwendener, 1865). Ještě téměř sto let však trvalo, než uznala jeho práci vědecká veřejnost. Spojení houby s řasou je tak těsné, že dochází ke vzniku organismu s jinými vlastnostmi, jinými nároky na prostředí a novým způsobem rozmnožování. Lišejník je potom schopen existovat na takových extrémních stanovištích, jako je například holá vyprahlá skála nebo chudá sterilní písčité půda, kde by ani jeden z komponentů nedokázal přežít sám (Balabán, 1960).

Lichenismus je dle Ahmadjiana (1993) v tomto případě vlastně kontrolovaný parazitismus, jelikož houba jako parazit sice ze vztahu s řasou profituje více, na druhou stranu ale nedovolí, aby řasa uhynula. Zvyšuje příjem vody a svou stavbou ji chrání před jinými organismy a okolními nepříznivými vlivy (Nash, 2008).

Z této symbiosy profitoval a stále ještě profituje mimo jiné také člověk. Lišejníky jsou v zimním období hlavním zdrojem potravy sobů (zejména *Cladonia rangiferina*) a například v dobách hladomoru se v Evropě používala mouka z pukléřky islandské (*Cetraria Islandica*). A na Islandu se dokonce tato mouka používá ještě dnes. Některé druhy lišejníků slouží jako potrava přímo, jiné se přidávají do kořenících směsí (například v Indii používané lišejníky rodu *Parmelia*, *Ramalina* a *Usnea* (Skalka, 2003). Dříve se také využívaly k přípravě otrávených nástrah na vlky, lišky a hlodavce, k čemuž se nejvíce hodil větvičník žlutý (*Letharia vupina*), jelikož obsahuje jedovatou kyselinu vulpinovou (Dětinský et Bayerová, 2000). Lišejníky měly svou úlohu také v lidové tvorbě, mají své využití v lékařství a léčitelství, užití našly v kosmetice a barvily se jimi látky. Nejznámější lišejníkové barvivo je lakmus a právě díky němu můžeme rychle stanovit orientačně pH roztoků. Lišejník je také dobrý dekorační materiál (modeláři by mohli vyprávět), sloužil jako palivo, repelent

proti hmyzu, byl platný jako surovina k výrobě alkoholu, nebo konzervační prostředek a v neposlední řadě byl využíván jako narkotikum a halucinogen (Čeněk, 2009).

### 3.2 Stanoviště lišejníků

Závislost obou výše uvedených biologických jednotek na sobě a též stabilita jejich vzájemného vztahu úzce souvisí s výskytem určitého druhu lišejníku v dané lokalitě. Charakter symbiózy a tudíž vlastnosti jednotlivých druhů lišejníků určují podmínky a extrémní stanoviště, kde se dané lišejníky vyskytují. A protože je symbióza mykobionta a fotobionta velice úspěšná, nacházejí se lišejníky téměř ve všech suchozemských biotopech od tropů po polární oblasti. Kupříkladu v Antarktidě již bylo nalezeno 380 druhů (Gloser, 2008). A ačkoli většina lišejníků jsou terestrické, některé druhy (jako *Peltigera hydrothyria*) se vyskytují v sladkovodních tocích (Nash, 2008). Například existenci lišejníků v Nepálu popsal Baniya et al. (2009) takto: pestrost druhů zde je velice rozmanitá, ale závislá na nadmořské výšce. Některé jedince je možno najít již ve výšce 200 metrů nad mořem, jiné až v 7400 m. n. m., přičemž největší druhové bohatství je možno pozorovat ve dvou výškových pásmech, a to mezi 3100–3400 m a 4000–4100 m nad hladinou moře. Svoji roli podle Mayrhofera et al. (2013) v druhové rozmanitosti epifytických lišejníků sehrává také věková struktura porostů. Mladý a zdravý porost většinou nenabídne takové druhové bohatství lišejníků jako ten starý. Paoli et al. (2006) zase poukazuje na to, že kromě srážek, již zmíněné nadmořské výšky a kvality stanoviště se jako důležitá jeví též expozice stromu, na němž epifytický lišejník sídlí. Jinak bude vypadat biodiverzita lišejníků na stromu, který roste na závětrném místě s menším počtem slunečných dnů v roce a jinak na stromu rostoucím na kopci poblíž hnojeného pole. Bartók (1999), která prováděla výzkum v rumunských ovocných sadech, které podléhají určité péči a preventivním opatřením většinou pomocí aplikace pesticidů, zjistila, že různé druhy epifytických lišejníků vykazují na použití pesticidů velice rozdílnou citlivost. Největší škody v populaci lišejníků byly sledovány v sadech, kde docházelo opakovaně k nástřiku vysokých dávek pesticidů aplikovaných v rámci odstranění škůdců a zvýšení produkce moderního zemědělství. Většina lišejníků, které tyto procedury byly schopny přežít, se ukázala jako acidofilní, tedy snášející kyselé prostředí. Naopak v neléčených starých zahradách pak dominují lišejníky

nitrofilní. Substrát totiž hraje ve výskytu lišejníků velice důležitou roli. Pro epifytické druhy je substrátem borka dřevin, u které je její pH obecně považováno za její nejvýznamnější vlastnost (Spier et al., 2010). Na pH borky (a zároveň na výskyt epifytických lišejníků) mají značný vliv škodlivé látky obsažené v ovzduší. Jedná se zejména o oxidy síry a oxidy dusíku, nebo také těžké kovy (Barkmann, 1958). Výskyt škodlivin v prostředí ovlivňuje kromě biodiverzity také délku života jedinců, kdy některé druhy mohou být staré až několik tisíc let (například v Antarktidě), jiné stovky let (saxikolní druhy), epifytické druhy dosahují stáří několika desítek let a existují též lišejníky (efemerní), jež nedosáhnou ani stáří jednoho roku. Ty se nalézají především na místech stížených vlivem člověka, jako například těžkými kovy kontaminovaných půdách (Palice et Halda, 2005).

### **3.3 Lišejníky jako bioindikátory**

Prameny se v závislosti na svém stáří v údajích o počtu druhů lišejníků značně liší. Vlivem neustále probíhajícího výzkumu tento údaj kolísá, avšak v nejnovější odborné literatuře je uvedeno přibližně 25 tisíc druhů lišejníků, vyskytujících se ve třech růstových formách na různých substrátech. Podle tvaru stélky se lišejníky dělí do tří skupin: jsou to korovité (crustose), lupenité (foliose) a keříčkové (fruticose) (Wirth et al. 2013). A právě organismy vykazující keříčkovitý růst se podle Jerana et al. (2007) jeví jako nejvíce citlivé na znečištění životního prostředí. Fuga et al. (2008) zase označil jako citlivé a vhodné pro monitorování znečištění ovzduší zejména v městských a průmyslových oblastech epifytické lišejníky s lupenitou stélkou. Stélky lišejníků schopny akumulovat až desetkrát více znečišťujících látek nežli cévnaté rostliny (Kubát et al., 2003). Podle Kremera et Mühleho (1991) jsou lišejníky schopné snášet poměrně vysoké koncentrace těžkých kovů, které proniknou do prostředí, ale jsou nesmírně citlivé na znečištěné ovzduší, zejména oxidem siřičitým (SO<sub>2</sub>). Například Le Blanc et al. (1972) uvádí, že kritická koncentrace SO<sub>2</sub>, při které může dojít k nenávratnému poškození lišejníku, nebo dokonce k jeho smrti je 13 µg.m<sup>-3</sup>. A přitom ještě v roce 1997 byly přímo v Sokolově naměřeny průměrné hodnoty oxidu siřičitého na úrovni 27 µg.m<sup>-3</sup> (Obrázek č. 1), tedy dvojnásobné! Některé druhy lišejníků absorbují těžké kovy do svých tkání velice snadno a jejich koncentrace ve stélkách pak přímo koreluje s úrovní znečištění životního prostředí těmito látkami (Bari et al., 2001).

### 3.4 Znečištění ovzduší

Na celém světě vzniká každý den mnoho chemických látek, které představují potenciální riziko, že se mohou vlivem nesprávného zacházení dostat mimo kontrolu a poté do životního prostředí, kde působí jako jedy a napáchají větší či menší škody. Co jed je a co jed není, pomůže určit jeho definice. Takových definic existuje mnoho a takovou jednu obecnou zformuloval prof. Švagr, který považuje za jed vlastně každou látku, jež je organismu kvantitativně nebo kvalitativně cizí a která jej fyzikálně anebo chemicky poškozuje (Paleček et al., 1996). Z tohoto hlediska jsou velice nebezpečné látky nacházející se v plynném skupenství, zejména pak oxidy síry a oxidy dusíku, které se v zájmovém území ještě před několika lety vyskytovaly v příliš vysokých škodlivých koncentracích.

#### 3.4.1 Oxid siřičitý

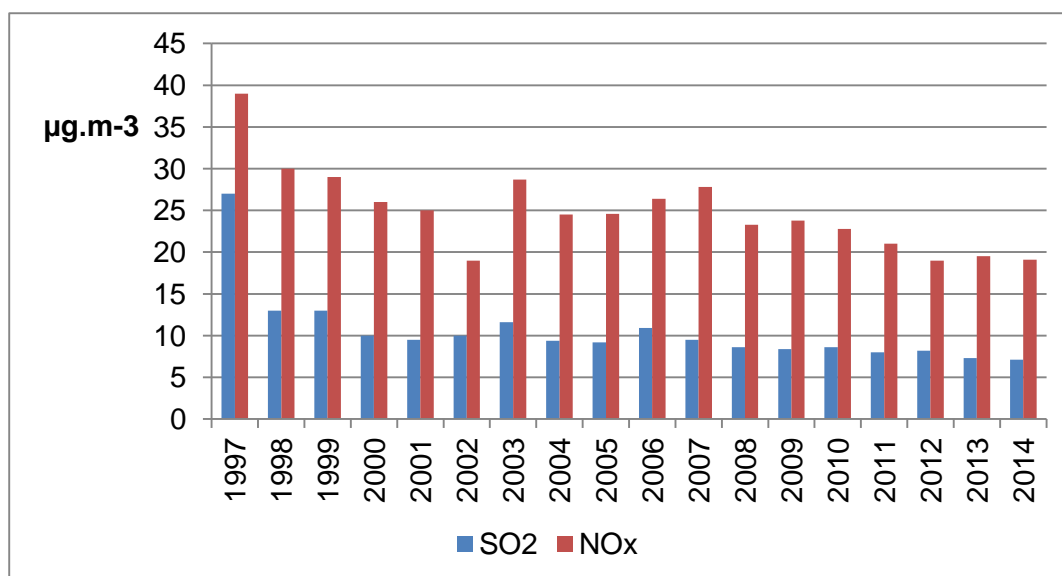
Oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ) je plyn, který se do atmosféry dostává zejména spalováním fosilních paliv a je představitelem jedné ze základních znečišťujících látek, které se dostanou do ovzduší. O jeho vysokou produkci se staraly v tomto, uhlí zaslíbeném regionu, hlavně tepelné elektrárny (největším znečišťovatelem je zde elektrárna Tisová) a další průmyslové podniky. Nutno říci, že během roku není koncentrace  $\text{SO}_2$  v ovzduší stále stejná, ale že kolísá v závislosti na topné sezoně. V zimních měsících se totiž přidávají navíc lokální topeniště v podobě topení uhlím v domácnostech a zpravidla jsou naměřeny koncentrace nejvyšší (Skácel, Tekáč, 2011). Doba, po kterou  $\text{SO}_2$  zůstává v ovzduší, je přibližně určena na 12 hodin, během kterých potom díky své vysoké rozpustnosti ve vodě dochází k jeho zachycení ve vodní páře či aerosolu a následně k velice rychlé přeměně na kyselinu sírovou a tvorbě kyselých dešťů (Nash, 2008). Bylo zjištěno, že jakmile přichází lišejník do styku s takto kontaminovanou vodou, tyto látky absorbuje, přestože není metabolicky aktivní (Gries et al., 1997). To znamená, že nejtolerantnější druhy k oxidu siřičitému jsou ty, jejichž stélka vodu odpuzuje a brání tak šíření roztoků obsahujících tento plyn (Hauck et al., 2008). Spiro et al. (2002) uvádí, že nejvíce síry, kterou je lišejník schopen absorbovat, pochází s největší pravděpodobností z atmosférických zdrojů. Podle Murphyho et al. (1999) pak dochází u některých druhů ke ztrátě chlorofylu v buňkách fotobionta a tím k podstatnému snížení jeho přízpůsobovací schopnosti.

### 3.4.2 Oxidy dusíku

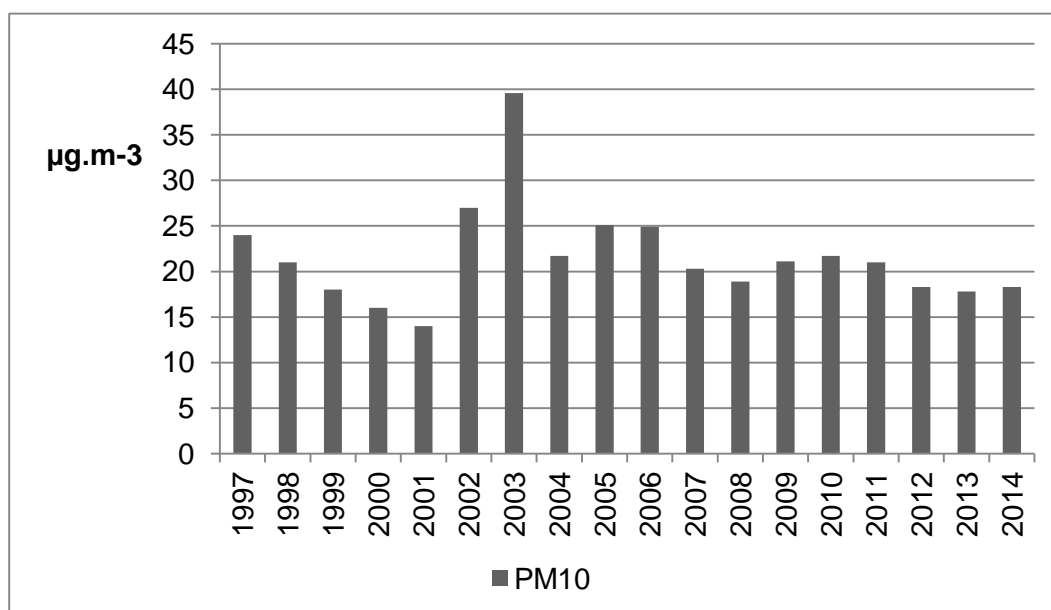
Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) jsou představiteli dalších základních znečišťujících látek, jež unikají do ovzduší a také mají svůj podíl na vzniku kyselých dešťů. Ovšem zatímco se podíl SO<sub>2</sub> na znečištění ovzduší díky odsíření podniků snižuje, tak u oxidů dusíku to úplně neplatí a jejich podíl na znečištění se spíše zvyšuje. Nejvíce se o to zaslouhuje provoz motorových vozidel a pak spalování plynu a spalování biomasy. V závislosti na ročním období se potom také mohou přidat lokální producenti oxidů dusíku. NO<sub>x</sub> se uvolňují například při hnojení zemědělských plodin, pro jejichž růst je dnes dusík takřka nepostradatelný. Avšak pro lišejník, vystavený vysokým koncentracím oxidů dusíku, byť po krátkou dobu, má účinek toxický, který se projeví poškozením membrán a ztrátou chlorofylu (Johansson et al., 2012).

### 3.4.3 Kvalita ovzduší v zájmové oblasti

Sokolovsko je regionem postiženým desítky let trvající povrchovou těžbou uhlí a také k životnímu prostředí velice nešetrným provozem ostatních zdejších podniků. Chemické závody, průmyslové areály, elektrárna, spalovny a jiné se postaraly o to, že tento region platil dlouho za místo, kde prší kyselá deště a kde namísto čerstvého vzduchu nachází mnoho lidí respirační potíže. Avšak doba, kdy i sníh byl bílý jenom chvíli, je už naštěstí pryč a výhledy do budoucnosti jsou díky odsíření, útlumu těžby a rekultivacím, jejichž součástí byl vznik hned několika vodních ploch, velice optimistické. Je to patrné i z následujících grafů, jež znázorňují naměřené roční průměrné hodnoty oxidu siřičitého, oxidů dusíku (Obrázek č. 1) a prachového aerosolu PM<sub>10</sub> (Obrázek č. 2). Jako zdroj informací zde sloužila meteorologická stanice Sokolov, která je umístěna ve svahu na jihovýchodním okraji města v částečně otevřeném prostoru a z části je obklopena panelovými domy.



**Obrázek 1:** Roční aritmetické průměry SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> na stanici Sokolov, zdroj ČHMÚ 2015



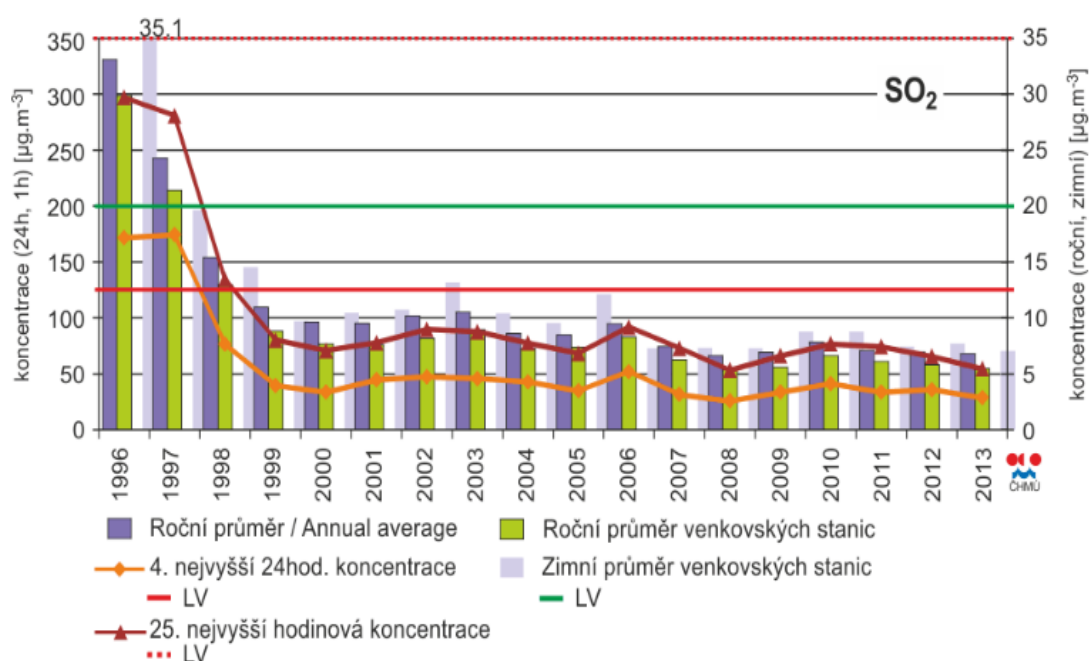
**Obrázek 2:** Roční aritmetické průměry prašného aerosolu PM<sub>10</sub> na stanici Sokolov, zdroj ČHMÚ 2015



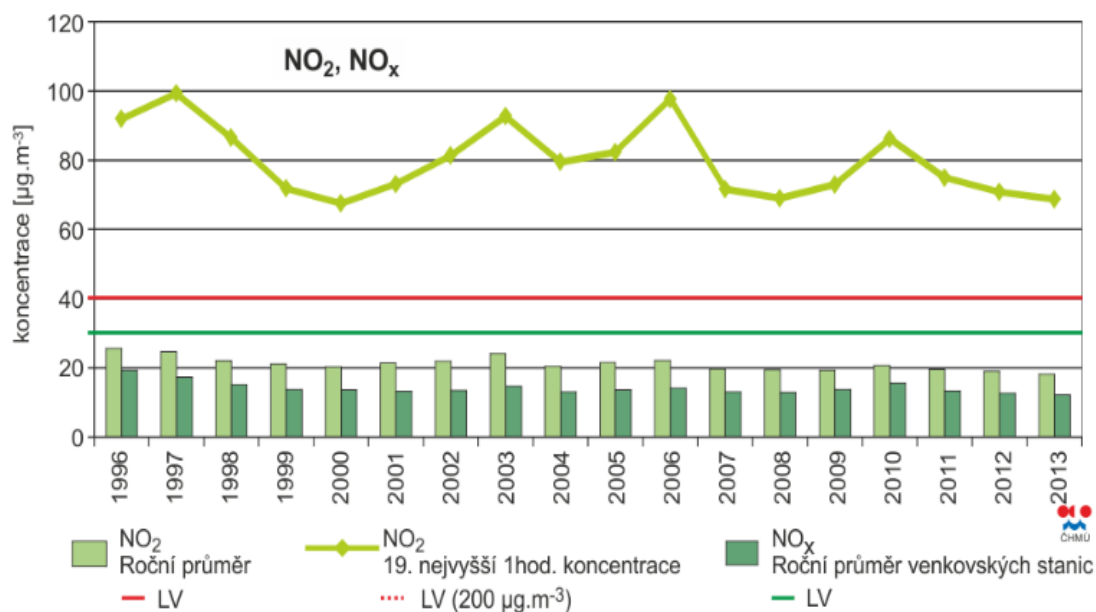
Při pohledu na tyto grafy je nejvíce potěšitelný ukazatel stavu oxidu siřičitého, u něhož je nepřehlédnutelný dlouhodobý a až na několik výjimek trvalý pokles koncentrace v ovzduší, když bylo dosaženo snížení z 27  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  v roce 1997 na dnes již přijatelných 7  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  v roce 2014. V případě oxidů dusíku a prашného aerosolu tomu tak bohužel není. Jejich pomyslné křivky vyznačující koncentrace mají velice podobný průběh. Mezi sledovanými roky 1997–2014 opakovaně několik let stoupají a následně pak několik let klesají.

Další informace z Českého hydrometeorologického ústavu posloužily k zobrazení vývoje kvality ovzduší v celé České republice. Nabízené porovnání pak ukazuje, jak si region Sokolovsko stojí ve vývoji kvality ovzduší a s ní spojeném ozdravování životního prostředí. Následující grafy znázorňují vývoj charakteristik  $\text{SO}_2$  (Obrázek č. 3),  $\text{NO}_x$  (Obrázek č. 4) a prachového aerosolu  $\text{PM}_{10}$  (Obrázek č. 5) v České republice za období let 1996–2013. Křivky grafů oxidu siřičitého a prachového aerosolu jsou si v celém průběhu velice podobné, ovšem u oxidů dusíku je tento trend patrný až v posledních několika letech. Zajímavější jsou však samotná čísla. Ve všech zobrazovaných ukazatelích se jeví situace ve zdejším regionu jako velice dobrá. V rámci celé ČR se pohybuje koncentrace  $\text{SO}_2$  již deset let pod hranicí 10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  a místní meteorologická stanice v Sokolově ukazuje hodnoty stejné, nebo dokonce nižší, blížící se 5  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Koncentrace oxidů dusíku je v rámci ČR na hranici 20  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , Sokolovsko vykazuje v několika posledních letech dokonce hodnoty pod touto hranicí. A zatímco státní koncentrace prachového aerosolu  $\text{PM}_{10}$  se pohybuje okolo 25  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , tak zdejší hodnoty jsou na úrovni 18  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Z těchto údajů a srovnání lze usoudit, že v tomto regionu je až nečekaně dobrá kvalita ovzduší a že před lety nastartovaný proces ozdravování životního prostředí probíhá úspěšně. Přes velkou snahu se nepodařilo vyhledat data, která by posloužila k porovnání měření obsahu všech sledovaných znečišťujících látek v ovzduší zájmového území dnes s obsahem těchto látek v letech před zahájením odsiřování hnědouhelných elektráren. Zájem byl zejména o data z konce 70. let minulého století, jež by vypovídala o stavu ovzduší dané lokality v době, kdy zde zčásti prováděl průzkum biodiverzity lišejníků Kriesl (1978). V té době již měření kvality ovzduší na Sokolovsku probíhalo, ovšem tehdy používané měřicí stanice (přímo ve městě jich bylo několik) jsou více jak dvacet let zrušeny a jimi získaná data vinou různého stěhování a transformací institucí ztracena. Podařilo se však získat

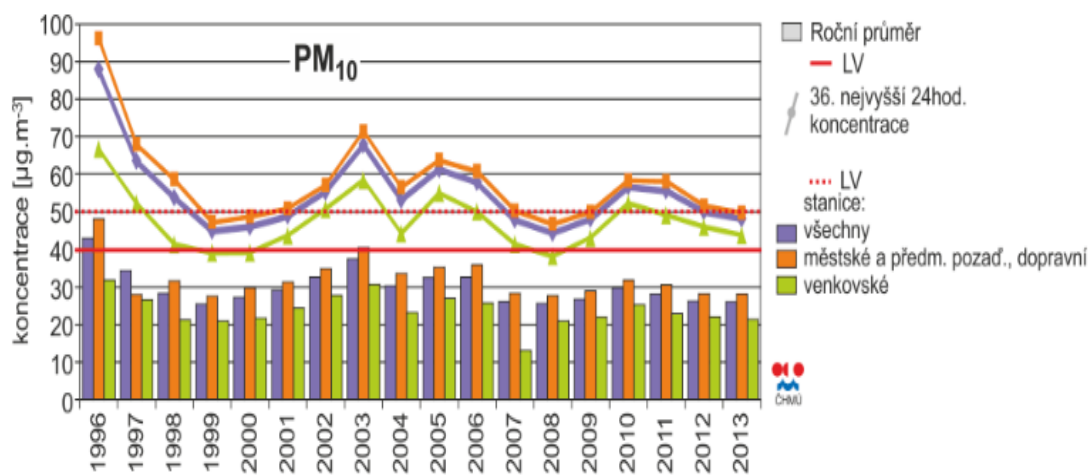
historické údaje o emisích popílků a oxidu siřičitého z elektrárny Tisová za rok 1980. Pro porovnání dat lze použít pouze oxid siřičitý, jelikož u popílků není známa velikost pevných částic. V emisní bilanci pro ČR za rok 2014, která pracuje s emisemi bodově sledovaných stacionárních zdrojů (malé, střední i velké) a kde jsou také zahrnuty emise z lokálního vytápění domácností, je uvedeno, že v celém okrese Sokolov (podstatná část zájmového území) bylo vyprodukováno 8 724 tun SO<sub>2</sub>. (ČHMÚ, 2017). Naproti tomu v uvedeném roce 1980 vyprodukovala jen samotná hnědouhelná elektrárna Tisová 53 626 tun SO<sub>2</sub>, čili šestkrát více!!! (ČEZ, 1981)



**Obrázek 3:** Trendy ročních charakteristik SO<sub>2</sub> v České republice, 1996 - 2013, zdroj ČHMÚ 2015



**Obrázek 4:** Trendy ročních charakteristik NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> v České republice, 1996 – 2013, zdroj ČHMÚ 2015



**Obrázek 5:** Trendy ročních charakteristik PM<sub>10</sub> v České republice, 1996-2013, zdroj ČHMÚ 2015

## 3.5 Zájmové stromy

Tato diplomová práce se zabývá epifytickými lišejníky, které rostou na stromech starých ovocných sadů. Pro svou početnost a následné možnosti vzájemného porovnávání se vlastní výzkum odehrával v sadech třešňových a jabloňových, proto je zde uvedeno také několik poznámek o těchto dřevinách.

### 3.5.1 *Malus domestica*, jabloň domácí

Jabloň domácí vznikla kombinací několika evropských a asijských druhů jabloní, lišících se barvou květů, velikostí a tvarem listů a samozřejmě i plody, které na nich dozrávají. Patří k hojně rozšířené čeledi růžovité (*Rosaceae*) a pro své chutné plody se úspěšně pěstuje mnoho let. Borka jabloně obecné má šedohnědou až purpurovohnědou barvu a odlupuje se v tenkých malých plátcích. Listy, které mohou být dlouhé až 12 cm a 7,5 cm široké, mají vejčitý až široce eliptický tvar, jsou zubaté, žlutavě zelené, později mají tmavozelený líc a většinou jsou alespoň na rubu pýřité. Jsou střídavé a opadavé. Květy s pěti korunními lístky dosahují šíře 5 cm, rodí se na konci jara a jsou bílé s růžovým zbarvením. Plody jabloní jsou jedlé, kulovité, sladké až kyselé, dosahují šíře i více jak 10 cm a mají širokou škálu barev. Mohou mít odstíny zelené, přes žlutou až k červené. Tento strom dorůstá do výšky 10 m, má široce rozvětvený tvar a je hojně rozšířen v mírných oblastech prakticky celého světa (Coombes, 1992).

### 3.5.2 *Prunus avium*, třešeň ptačí

Třešeň ptačí je původní evropský ovocný strom, známý také jako divoká třešeň, náležící také k čeledi růžovité (*Rosaceae*). Borka stromu je červenohnědá, je lesklá a časem se odlupuje v horizontálních pruzích. Listy mohou být až 15 cm dlouhé a 6 cm široké, eliptické až protáhlé, ke konci jsou zúžené. Okraje listů jsou ostře zubaté, jako mladé mají bronzovou barvu, ve stáří jsou na líci sytě zelené a matné. Květy se rodí uprostřed jara ve stejné době, ve které také začínají rašit listy. Jsou bílé barvy, bývají široké 3 cm a také mají pět korunních lístků. Plodem třešně je kulovitá, jedlá peckovice o šíři 1 cm, červené barvy, která může mít chuť hořkou nebo sladkou. Tato dřevina dorůstá do výšky 25 m, má široce sloupovitý tvar a je známa zejména jako strom lesních porostů (Coombes, 1992).

## 4. Charakteristika zájmového území

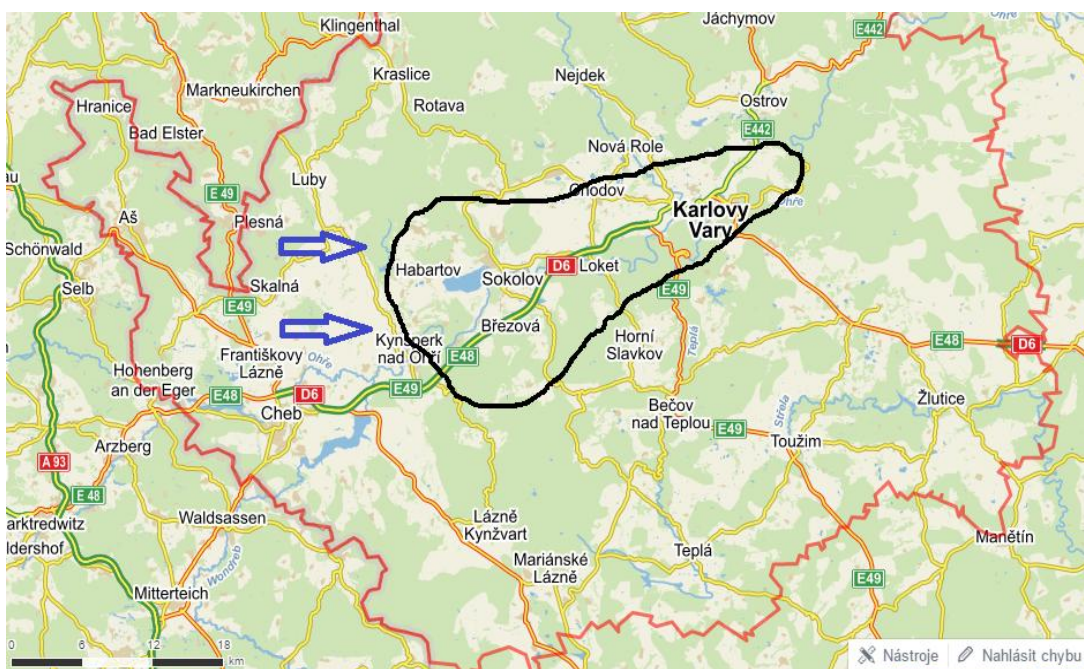
### 4.1 Popis zájmového území

Dotčené území se nachází v Karlovarském kraji (Obrázek č. 6), je protáhlého tvaru s délkou asi 40 km a šířkou přibližně 20 km a směřuje od jihozápadu na severovýchod (Obrázek č. 7). Zdejší krajina je velmi pestrá, a přestože prochází neustálým vývojem, tak se stále jedná o krajinu kopcovitou, s nejvyššími partiemi na severu (Krušné hory) a jihu (vrchy Slavkovského lesa). Kopce postupně klesají do údolí, kde směrem na severovýchod protéká řeka Ohře. Její tok kopíruje Sokolovská pánev, která se ještě dnes, po desítkách let těžby, vyznačuje mocnými vrstvami hnědého uhlí. Zájmové území, tedy okolí města Sokolova se může docela dobře označit jako krajina mnoha tváří. Docházelo zde totiž a stále ještě dochází k výrazným změnám. Ještě do druhé poloviny 19. století se zde lidé zabývali hlavně zemědělstvím, zejména pěstováním chmele. Na území bývalého okresu Sokolov bylo kdysi v provozu dokonce 30 pivovarů, jež spravovala právovárečná středověká společenství právovárečných měšťanů (John, 2008). Díky prudkému rozvoji průmyslu a rostoucí energetické náročnosti života se zejména ve druhé polovině 20. století tato krajina drasticky měnila k nepoznání. Strojírenský ale hlavně těžařský průmysl si ji tvrdě utvářel k obrazu svému. Tam, kde byly zdravé lesy, louky, chmelnice, ovocné sady a malebné obce, se začalo těžit hnědé uhlí. Rozvoj hornictví ovlivnil samozřejmě rozvoj dalšího průmyslu v regionu, kde vyrostla textilka, slévárna kovů nebo v době první světové války v roce 1917 chemická továrna (John et Kotěšovec, 2003). Stavěly se další továrny, stavěly se elektrárny a do regionu přicházeli lidé jak za prací, tak za bydlením. Všechny tyto faktory vedly k velikému znečištění ovzduší a celého životního prostředí, jež mělo za následek vymizení mnoha druhů lišejníků. Z příjemného místa k životu se tak časem stala krajina ne nepodobná krajině na Měsíci. Ovšem 90. léta 20. století přinesla odsiřování tepelných elektráren a jiných podniků a to znamenalo pozvolné snižování imisního zatížení. Na přelomu tisíciletí potom přišel dlouho očekávaný útlum těžby a s tím spojené další snížení imisí. Také se konečně začaly ukazovat výsledky již dříve započatých a průběžně prováděných rekultivací a dá se říci, že se začalo (také díky legislativě) měnit i chování a environmentální myšlení zdejších

obyvatel. To vše vlastně umožnilo zvýšení biodiverzity a návrat méně tolerantních druhů epifytických lišejníků do regionu, který má ambice stát se opět krásným místem na pohled a místem, kde nikdo nemusí mít obavu se zhluboka nadechnout.



**Obrázek 6:** Vymezení zájmové oblasti – Karlovarský kraj, [www. ČR kraje, Obrázky. cz](http://www.ČRkraje.cz)



**Obrázek 7:** Vymezení zájmové oblasti, [mapy. cz](http://mapy.cz)

## 4.2 Geologie a geomorfologie území

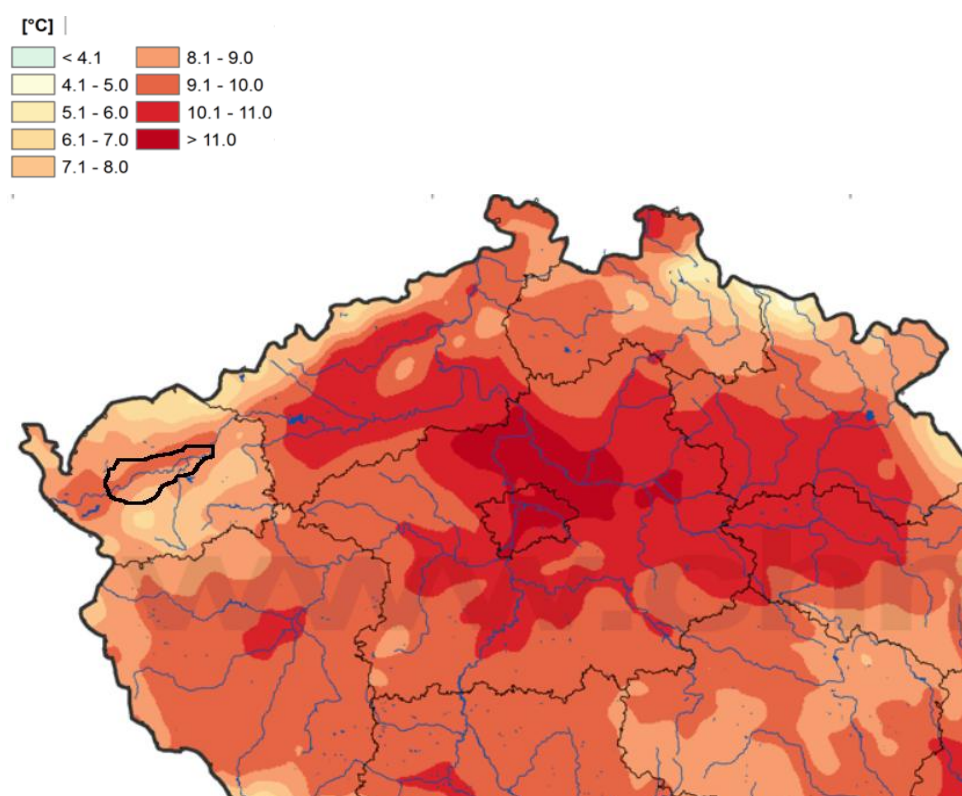
Tato oblast budoucí masívní těžby hnědého uhlí začala vznikat ve starších třetihorách saxonskými tektonickými pohyby, díky kterým došlo k vytvoření několika geologických zlomů. Zlomy narušený krajinný reliéf pak umožnil vznik poměrně rozsáhlých vodních ploch, do kterých se začaly ukládat třetihorní sedimenty. K usazování sedimentů docházelo ve třech fázích, když se nejprve ukládaly zejména hrubozrnné sedimenty starosedelského souvrství, kde jsou nejvíce zastoupeny křemité písky a pískovce, následně docházelo k usazování sedimentů jílovitých až jílovitopísčitých a uhelných jílovců. Následnou vrstvu tvoří vulkanogenní materiál, který je zastoupen hlavně jíly, jílovci, uhelnými jílovci a jílovci s vulkanogenní příměsí. Vulkanodetritická sedimentace se poté plynule mění na sedimentaci uhelnou. Terciární sedimentace je pak zakončena tzv. cypřišovým souvrstvím, které přímo nasedá na uhelnou sloj a které tvoří jíly a jílovce. Mocnost této vrstvy může být až 200m. Vrstva kvartérních sedimentů má pak mocnost v desítkách centimetrů a je tvořena těžkými hnědými půdami, zejména jílovitými a kyselými (Dimitrovský, 2001).

Část zájmového území tvoří lesní pokryv, ve kterém má největší zastoupení smrk ztepilý (*Picea abies*). Část půdy je využívána k zemědělským účelům a vlastně největší část zájmové oblasti je ovlivněna těžbou hnědého uhlí, kdy po těžbě vznikají v rámci rekultivací na místech jam jezera a na výsypkách s vytěženou zeminou lesy a lesoparky.

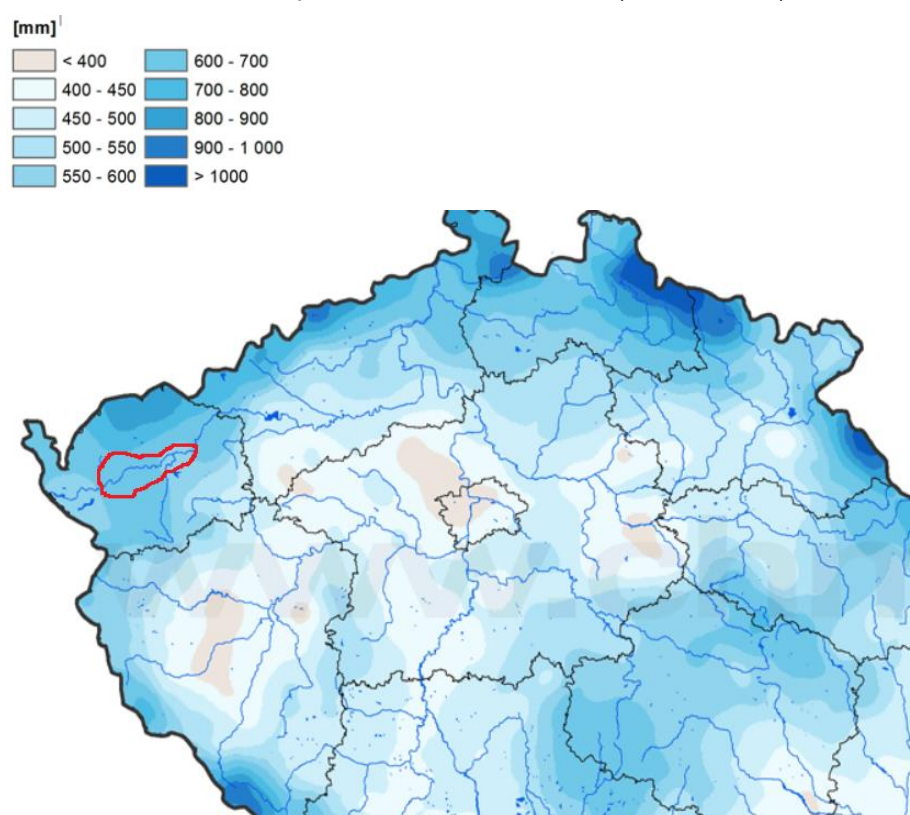
## 4.3 Klimatické poměry

Z klimatického hlediska se jedná se o oblast mírně teplou, kde průměrná roční teplota dosahuje 6–7°C (Obrázek č. 8, s vyznačením zájmové oblasti) a kde za rok spadne 500–700 mm srážek, jak je patrné z Obrázku č. 9, s vyznačením zájmové oblasti (ČHMÚ, 2017). Čísla při horní hranici srážkových úhrnů se vztahují zejména k úpatí Krušných hor a Slavkovského lesa. Zbylá část zkoumané lokality leží spíše ve srážkovém stínu Krušných hor. Ovšem pro výskyt lišejníků není množství srážek rozhodující. Místo vody v kapalném skupenství preferuje většina druhů lišejníků coby zdroj vlhkosti vodu ve skupenství plynném, tedy mlhu (Büdel et Lange 1991, Nash 2008). Vláhú sem přinášejí především převládající západní větry.





**Obrázek 8:** Průměrná teplota vzduchu v roce 2015 (ČHMÚ, 2017)



**Obrázek 9:** Úhrn srážek za rok 2015 (ČHMÚ, 2017)

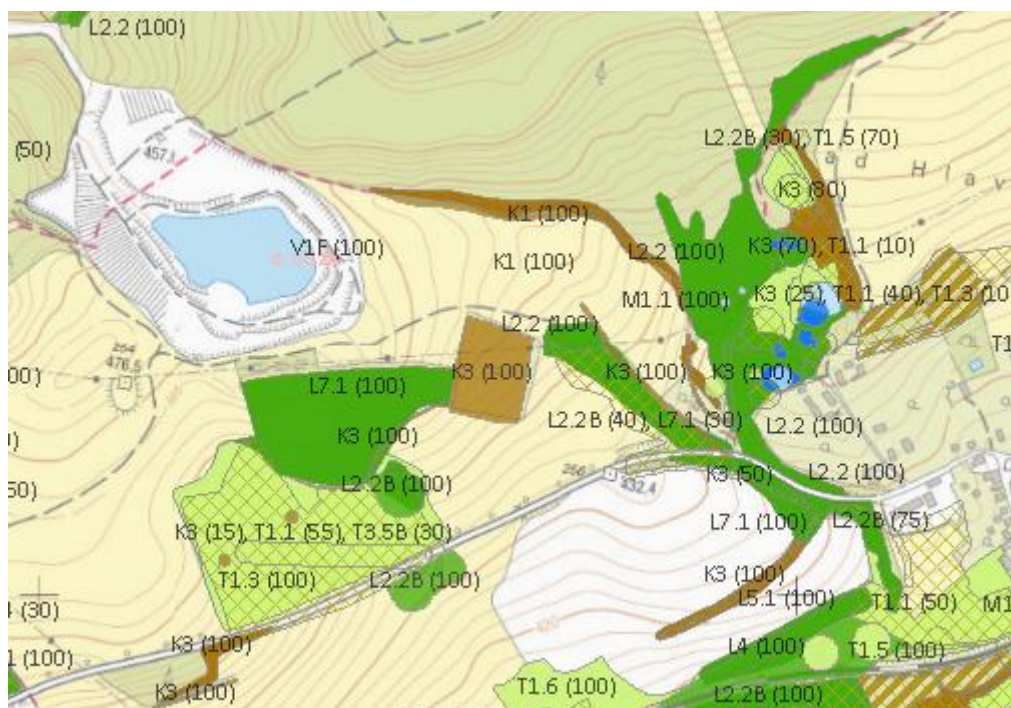


## 4.4 Fytogeografie

Sledovaná oblast se z hlediska fytogeografie řadí do oblasti mezofytika, které tvoří největší část území České republiky. Jedná se o přechod mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou. Se svou nadmořskou výškou 350–550 m náleží zájmové území do suprakolinního výškového stupně, přičemž jsou zde zastoupeny 3 stupně vegetační, a to 2. bukodubový, 3. dubobukový a 4. bukový. Během minulého století došlo ale k výraznému odlesnění a ztrátě půdního pokryvu v důsledku povrchové těžby hnědého uhlí.

## 4.5 Biotopy

Ve sledovaných sadech a jejich blízkém okolí se střídá poměrně velké množství biotopů. Louky a pastviny zastupují biotopy T1.1 Mezofilní ovsíkové louky, T1.3 Poháňkové pastviny a T1.5 Vlhké pcháčové louky. Křovinné biotopy jsou zastoupeny zejména biotopy K3 Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny. Největší zastoupení mají biotopy lesní, z nichž se nejčastěji vyskytují L2.2 Údolní jasanovo-olšové luhy, L5.4 Acidofilní bučiny, L7.1 Suché acidofilní doubravy a své místo mají také biotopy L4 Suťové lesy, L8.1 Boreokontinentální bory, L9.2 Rašelinné a podmáčené smrčiny či L3.1 Hercynské dubohabřiny. Vodní toky a nádrže reprezentuje V1 Makrofytní vegetace přirozeně eutrofních a mezotrofních stojatých vod, mokřady a pobřežní vegetaci M1.3 Eutrofní vegetace bahnitých substrátů a skály, sutě a jeskyně zastupuje biotop S1.2 Štěrbínová vegetace silikátových skal a drovin. Chytrý et al. (2010). Biotopy v třešňovém sadu v Hlavně a jeho blízkém okolí ukazuje Obrázek č. 10.



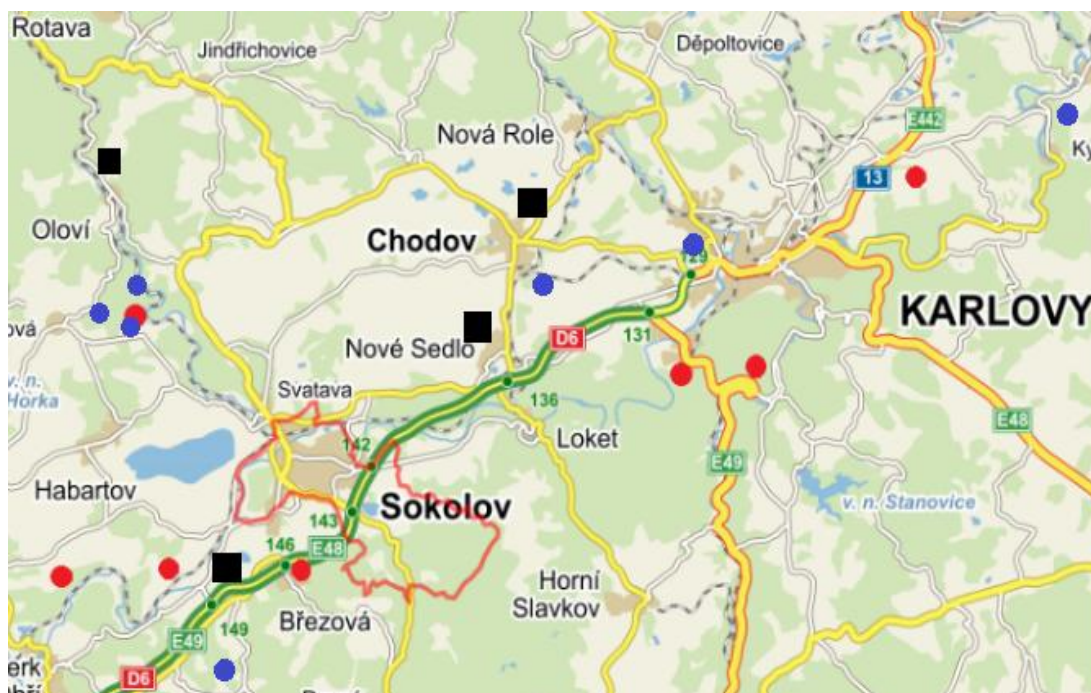
**Obrázek 10:** Biotopy v třešňovém sadu v Hlavně a jeho okolí.

## 5. Metodika

### 5.1 Terénní práce a identifikace lišejníků

Jako první krok k naplnění cílů této práce bylo nutné provést průzkum zájmového území, kde bylo nalezeno několik desítek starých ovocných sadů, ve kterých se většinou v dobách minulých pěstovaly švestky, třešně, hrušky a jablka. Z nich bylo pro vlastní výzkum určeno 7 třešňových sadů a stejný počet sadů jabloňových. Původním záměrem bylo najít sady na všech čtyřech světových stranách ve směru od Sokolova. To se nakonec úplně nepodařilo, jelikož nebyl nalezen ani jeden ovocný sad, který by byl od města severním směrem. Tam se projevuje vliv povrchového dobývání hnědého uhlí nejvíce. Buď zde nadále pokračuje těžba, nebo jsou v těchto místech výsypky. Jinak byly objeveny třešňové i jabloňové sady ve směru jihozápadním, severozápadním a severovýchodním od Sokolova (Obrázek č. 11). Na obrázku jsou ještě vyznačeni mimo Sokolovské

uhelné a.s. větší znečišťovatelé ovzduší (sklárný v Oloví a Novém Sedle, Chodos Chodov a zejména jihozápadně od Sokolova se nacházející tepelná elektrárna Tisová).



**Obrázek 11:** Rozmístění třešňových (červená) a jabloňových sadů (modrá) a největších znečišťovatelů (černá) v zájmovém území

Následně byl v terénu proveden za pomoci kapesní lupy (16x) plošný výzkum biodiverzity epifytických lišejníků každého jednotlivého sadu a v každém z nich bylo vybráno 5 ovocných stromů pro další zkoumání za pomoci metody LDV. Některé sady jsou dnes využívány také jako pastvina (Obrázek č. 12). Terénní práce probíhaly v období léto/zima 2015. Druhy lišejníků se většinou podařilo identifikovat již v sadech, jako například *Physcia aipolia* (Obrázek č. 13). Ty druhy, u kterých se identifikace nedařila, byly sebrány jako vzorky v potřebném množství a velikosti pro následné určování v laboratoři. Vzorky byly uloženy do papírových pytlíků každý zvlášť, aby nemohlo dojít k jejich vzájemné kontaminaci (Kocourková, 2014).





**Obrázek 12:** Jabloňový sad v Chodově.



**Obrázek 13:** *Physcia aipolia*

## 5.2 Laboratorní práce

V laboratoři probíhala identifikace obtížně zjištělných druhů lišejníků zejména za pomoci stereomikroskopu, mikroskopu a nejnovější odborné literatury. Jako velice dobrá pomůcka při určování zde byla také možnost porovnávat neurčené druhy s těmi již dobře určenými, které byly uloženy v herbáři. Kromě pozorování morfologických znaků bylo také využito barevných reakcí stélek lišejníků, kdy se prokazuje přítomnost takzvaných sekundárních metabolitů, jejichž produkcí jsou jednotlivé druhy lišejníků unikátní. Dnes je známo téměř 800 druhů těchto látek (Elix et Stocker-Wörgötter 2008). Jedná se například o různé kyseliny jako je kyselina usnová nebo kyselina norstiktová. Ke správnému určení některých druhů (jako je např. *Lepraria incana*) byla použita UV lampa, nebo byl použit Spot test, při němž tkáň lišejníků (obsahující sekundární metabolity) reagují změnou barvy při styku zejména s těmito reakčními činidly (Orange et al., 2001):

**K:** 10% roztok hydroxidu draselného ve vodě (KOH)

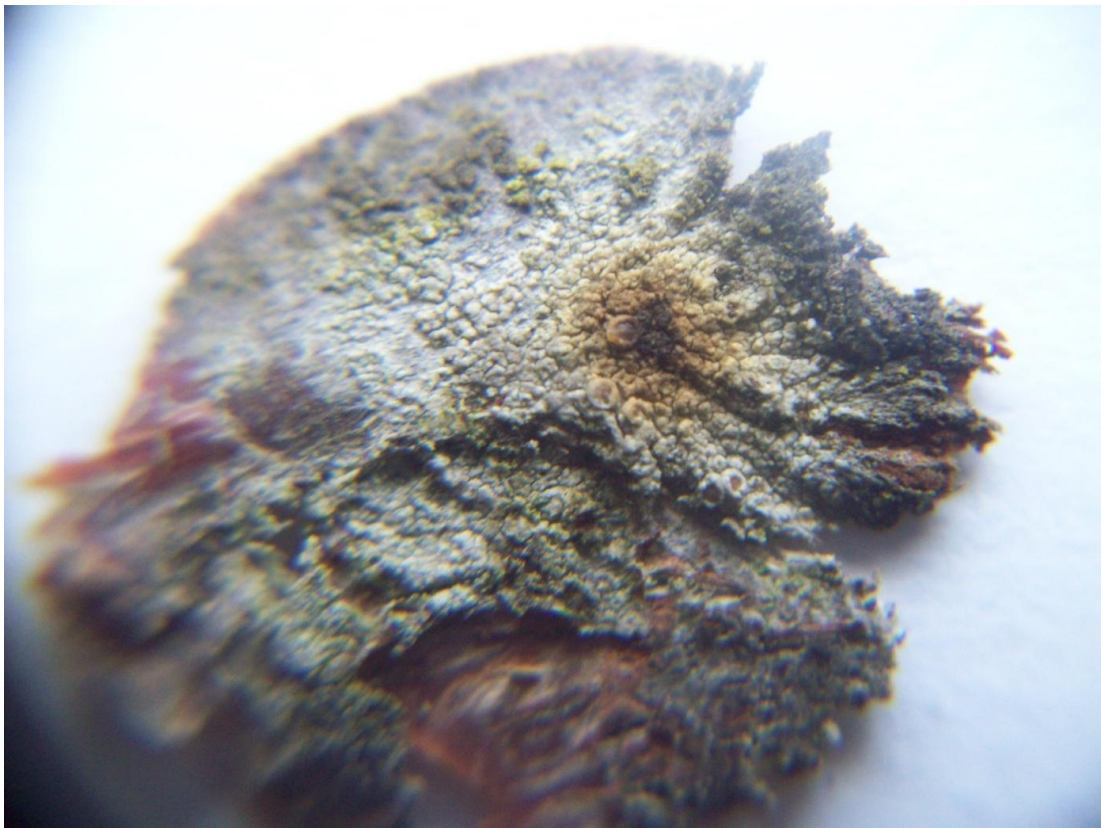
**C:** vodní roztok chlorového vápna ( $\text{CaCl}_2\text{O}_2$ ), používá se SAVO pro domácnost

**KC:** po chvilce působení K se aplikuje na stejné místo C

**PD:** roztok para-fenylendiaminu v 60–90% etanolu

**I:** jodjodkalium (roztok jodu a jodidu draselného)

Příklad barevné reakce při Spot testu je na Obrázku č. 14, kde je drobný korovitý lišejník *Lecanora pulicaris*, který má pozitivní reakci při aplikaci roztoku para-fenylendiaminu v 90 % etanolu (P+), při níž se stélka zbarví do oranžova až červena.



**Obrázek 14:** Spot test (P+ oranžová až červená) na *Lecanora pulicaris*

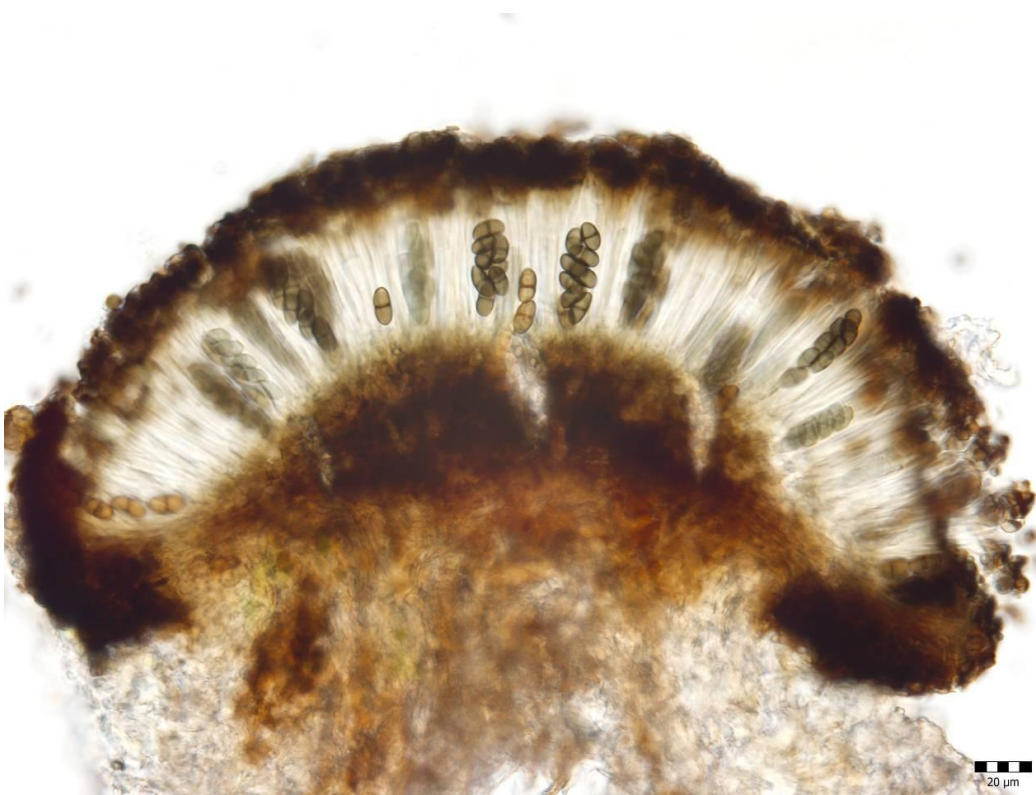
V laboratoři jsem pracoval zejména s mikroskopem, stereomikroskopem a klíčem pro určování lišejníků Wirth et al. (2013). Na Obrázku č. 15 je mikroskopování drobného korovitého lišejníku *Amandinea punctata*. V tomto případě došlo k tomu, že se nedařilo určit lišejník podle jeho morfologických znaků v sadu za pomoci lupy (16x) ani zde pod mikroskopem a proto bylo nutné provést řez jeho plodničkou (apotheciem) a opět mikroskopovat. Tento řez o tloušťce asi 20 mikrometrů byl proveden pod stereomikroskopem čistou a ostrou žiletkou poté co byl lišejník navlhčen. To se provádí z toho důvodu, že již vysychající lišejník může být dosti křehký a mohl by se rozpadat (Kocourková, 2014).

Řez ukazuje Obrázek č. 16, kde je právě plodnička druhu *Amandinea punctata* a kde jsou zřetelně vidět vřetka s jednotlivými spórami, jejich počet, velikost, tvar, počet přepažení a barva. Všechny tyto znaky by měly pomoci ke konečnému určení druhu lišejníku.





Obrázek 15: *Amandinea punctata*



Obrázek 16: *Amandinea punctata* a její apothecium v řezu.

Stává se však, že ani tyto způsoby nestačí k definitivnímu určení druhu lišejníku a je třeba použít další techniku zaměřenou na přítomnost sekundárních metabolitů. Jedná se o techniku moderní analytické chemie s názvem TLC (Thin-layer chromatography) - tenkovrstvá chromatografie.

TLC je separační metoda, která se skládá ze dvou fází. Jedna fáze je nepohyblivá (stacionární) – tvoří ji skleněná deska o rozměrech 20x20 cm potažená tenkou vrstvou silikagelu a druhá fáze je pohyblivá (mobilní) – ta je tvořena organickým rozpouštědlem – solventním systémem. Podle Orange et al. (2001) se používají následující solventy:

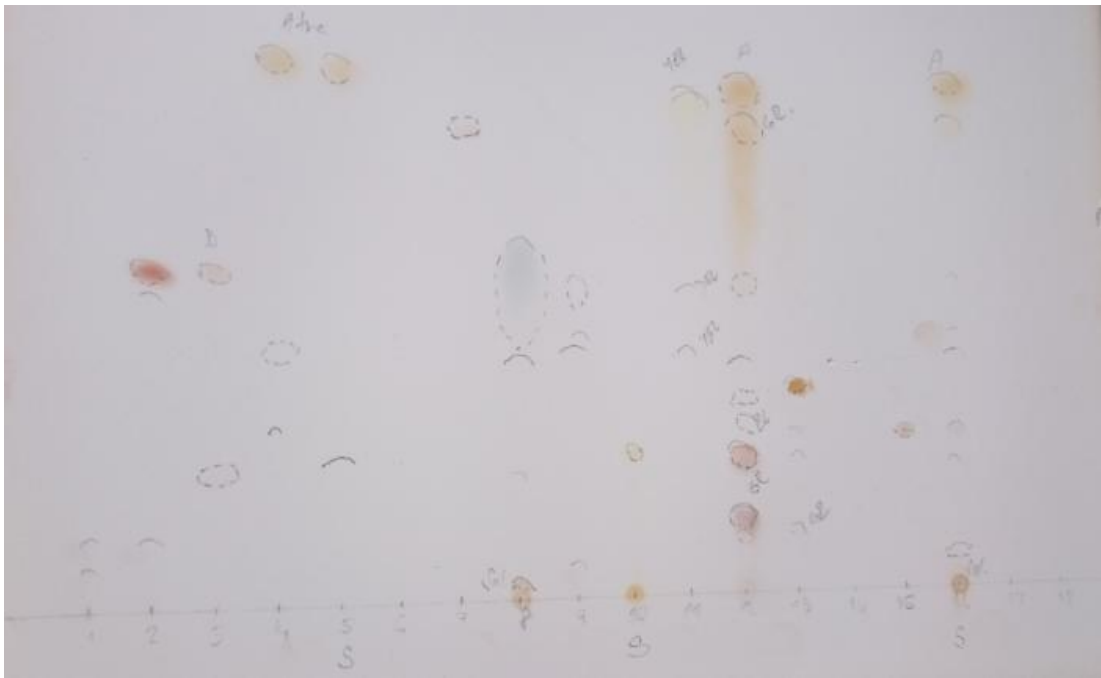
Solvent A: toluen / dioxan / kyselina octová (180 : 45 : 5)

Solvent B: hexane/methyl terta-butyl ether (MTBE)/kyselina mravenčí (140:72:18)

Solvent C: toluen/kyselina octová (170:30)

Při této metodě se nejdříve do malých zkumavek s víčkem (eppendorfek) odebere čistý vzorek lišejníku, přidají se dvě, až tři kapky acetonu a nechá se extrahovat. Acetonový extrakt se poté tenkou kapilárou aplikuje na skleněnou desku potaženou vrstvou silikagelu na vyznačenou startovní linii a deska se téměř kolmo vloží do připravených skleněných komor se solventním systémem (organickým rozpouštědlem). Po zakrytí komor víkem dojde ke vztlínání solventu s látkami obsaženými v daném lišejníku, které se přibližně za 30 minut objeví na desce ve formě barevných skvrn. Podle barvy skvrn a vzdálenosti od startovní linie se dá vyhodnotit, jaké sekundární metabolity lišejník produkuje (Orange et al. 2001). Na Obrázku č. 17 je deska, která byla v komoře se solventním systémem B.





**Obrázek 17:** Barevné skvrny sekundárních metabolitů

### 5.3 Metoda LDV

Metoda LDV (Lichen diversity value) je vhodná především k použití v oblastech se silnými zdroji znečištění ovzduší, kde pak dokáže vyjádřit vztah mezi místní lichenoflorou a polutanty, které se vyskytují v ovzduší (Asta et al., 2002). Tato metoda umožňuje pozorovat kvalitu životního prostředí v dané lokalitě a v případě zájmu nebo potřeby lze použít i opakovaně. V tom spočívá její nesporná výhoda. Opakované využití metody s odstupem několika let pak přímo nabízí srovnání a monitoring vývoje kvality životního prostředí v zájmovém území.

Nejdříve je potřeba vytipovat vhodné stromy. Ty nesmí být mechanicky ani chemicky poškozeny. Průměr kmene byl zvolen minimálně 20 cm a sklon od svislice maximálně 10°. Díky většímu sklonu by totiž došlo k ovlivnění objektivitu výsledků, jelikož by byla jedna strana kmene kolonizována lišejníky daleko více, nežli druhá. Zde bylo určeno pět stromů v každém ze čtrnácti sadů.

Podstatou metody je vyhodnocení biodiverzity na kmeni stromu na čtyřech fixních pozicích, které představují čtyři světové strany za pomoci vyrobené mřížky, která má pět čtverečků nad sebou o straně 10 cm. Spodní hrana mřížky je pak umístěna 1 m nad zemí a horní hrana tak zasahuje do výše více jak 1,5 m (Obrázek č. 18).



**Obrázek 18:** Snímkování druhové rozmanitosti na borce *Prunus avium* v ovocném sadu na Březové

Ve zmiňovaných pěti čtvercích mřížky je poté na severní, východní, jižní a západní straně stromu zjišťováno druhové zastoupení epifytických lišejníků, jejich snímkování. Každý druh má zaznamenán počet čtverců mřížky, ve kterých se vyskytuje. K tomu velmi dobře posloužila 16 x zvětšující botanická lupa. Poté byl v programu Microsoft Excel zapsán celý seznam nalezených druhů na vytipovaných stromech každého ovocného sadu do snímkovacího listu podle Svobody (2003) - Obrázek č. 19.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z															
1	50°12'33.91"S					50°12'35.86"S					50°12'34.36"S					50°12'35.68"S					50°12'.613"S																			
2	12°49'58.23"V					12°49'59.23"V					12°49'54.57"V					12°49'54.03"V					12°49'.924"V																			
3	Sad					T 6					T 6					T 6					T 6																			
4	Číslo dřeviny					26					27					28					29					30														
5	Stáří borky					3					3					3					3					3														
6	Zástin kmene					0					2					0					1					0														
7	Četnost druhů lišejníků na jednotlivých světových stranách																																							
8	Seznam druhů																																							
9	S		V		J		Z		pr		S		V		J		Z		pr		S		V		J		Z		pr		S		V		J		Z		pr	
9					1						1										1																			
10					2				1												1														5		4			
11																																								
12																					1		4																	
13																											2		2		2									
14																																								
15	1				2						1										1								2											
16																																								
17					1								1		3																									
18																																								
19																																								
20													5																											
21	5		4		5		5		5		2		2		3		5		5		5		5		5		5		5		1		5		5		4			
22																			2		2																			
23	3		1		2				1		2										2								5		5		3							
24																																								
25	5		5		4		1		3		5		5		5		1		5		5		5		3		5		5		5		5		5		5		5	

Obrázek 19: Příklad zápisu sběru lišejníků.

Samotná hodnota LDV – indexu lišejníkové diverzity pro strom (i) je počítána podle vztahu:

$$\text{Strom } i: \sum_{n} F_i N; \sum_{n} F_i E; \sum_{n} F_i S; \sum_{n} F_i W$$

kde je:  $\sum_{n} F_i$  - součet frekvencí lišejníkových druhů na mřížce

N - směr sever

E - směr východ

S - směr jih

W - směr západ

Pro výpočet celkové hodnoty LDV pro sad (j) jsou používány souhrny frekvencí (SF) pro každou světovou stranu a tyto jsou následně zprůměrovány vydělením počtem sledovaných stromů (= MSF). Nakonec se výsledné MSF sečtou:

$$\text{LDV}_j = \text{MSFN}_j + \text{MSFE}_j + \text{MSFS}_j + \text{MSFW}_j$$

kde je: MSFN<sub>j</sub> průměr součtu frekvencí druhů na 5 stromech v sadu j na sever N

MSFE<sub>j</sub> průměr součtu frekvencí na východ E

MSFS<sub>j</sub> průměr součtu frekvencí na jih S

MSFW<sub>j</sub> průměr součtu frekvencí na západ W

Například  $MSFN_j = (SF1N_j + SF2N_j + SF3N_j + SF4N_j + SF5N_j) / 5$

Výsledné hodnoty LDV pak mohou určit v daném území zóny s patřičným ohodnocením kvality prostředí. Tabulka č. 1 ukazuje stupnici upravenou podle Svobody (2003), která uvádí v závislosti na hodnotě LDV 5 zón kvality prostředí. Z tabulky jasně vyplývá, že čím vyšší je hodnota LDV, tím bude ve zkoumané lokalitě přírodnější, přirozenější a tedy kvalitnější prostředí. I když metoda představuje statistický odhad environmentálních podmínek na příslušném stanovišti, protože je ovlivněna zejména přírodními podmínkami dané lokality (nadmořská výška, teploty, srážky atd.), má solidní výpovědní hodnotu.

Zóna	Hodnota LDV	Kvalita prostředí
1	< 20	Špatná
2	20 – 40	Narušená
3	40 – 60	Střední
4	60 - 80	Relativně dobrá
5	> 80	Velmi dobrá

**Tabulka 1:** Škála hodnot LDV pro stanovení kvality prostředí v podmínkách České republiky (Svoboda, 2003).

## 5.4 Úprava dat

Data získaná v terénu je nutné nejprve upravit. GPS souřadnice všech zkoumaných dřevin se pro další zpracování nehodí, jelikož pro analýzu v programu ArcGIS je používán souřadnicový systém S-JTSK (Křovákovo zobrazení). Takže za pomoci převodníku je třeba transformovat souřadnice systému WGS 84 do vyhovujícího souřadnicového systému S-JTSK. Takto získané souřadnice X a Y byly uloženy do tabulky v programu Microsoft Excel. Výsledek, jak ukazuje Obrázek č. 20, kde X

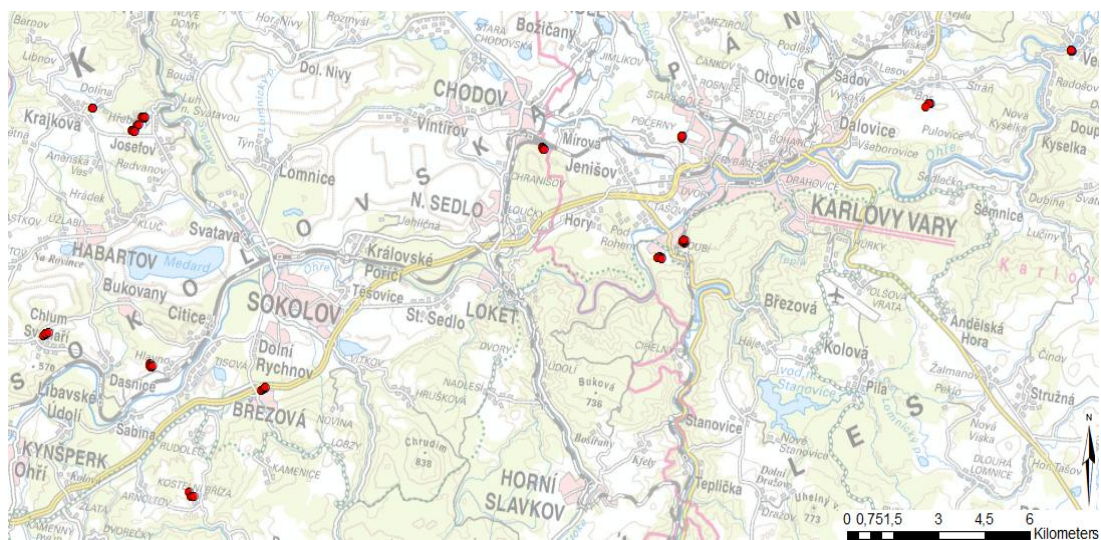
představuje souřadnice S-JTSK pro východ a Y pro sever, je ještě třeba získat ve formátu Křovák NorthEast. Jednoduše se zamění souřadnice X za Y a naopak a nakonec se vynásobí (-1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>ID</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>						
2	<b>1</b>	-867620477.07	-1017474495.83						
3	<b>2</b>	-867571117.11	-1017426781.24						
4	<b>3</b>	-867540076.65	-1017410213.76						
5	<b>4</b>	-867494090.14	-1017393250.26						
6	<b>5</b>	-867481275.12	-1017373730.35						
7	<b>6</b>	-872038263.75	-1018417120.35						
8	<b>7</b>	-871438836.92	-1016727723.29						
9	<b>8</b>	-871417674.18	-1016754643.94						
10	<b>9</b>	-871383101.44	-1016765904.75						
11	<b>10</b>	-871344814.11	-1016709844.79						
12	<b>11</b>	-875087105.2	-1015778280.35						
13	<b>12</b>	-875036636.8	-1015725484.66						
14	<b>13</b>	-875035563.17	-1015744756.57						
15	<b>14</b>	-875013899.17	-1015706974.57						
16	<b>15</b>	-874942505.06	-1015705809.29						
17	<b>16</b>	-871956451.32	-1009452192.15						
18	<b>17</b>	-871953451.46	-1009427638.36						
19	<b>18</b>	-871911210.02	-1009329972.44						
20	<b>19</b>	-871856602.15	-1009294426.09						
21	<b>20</b>	-871843907.8	-1009286791.95						
22	<b>21</b>	-854060206.54	-1013389279.34						
23	<b>22</b>	-854043411.55	-1013396025.98						
24	<b>23</b>	-853976688.75	-1013350355.47						
25	<b>24</b>	-853918216.39	-1013382834.6						

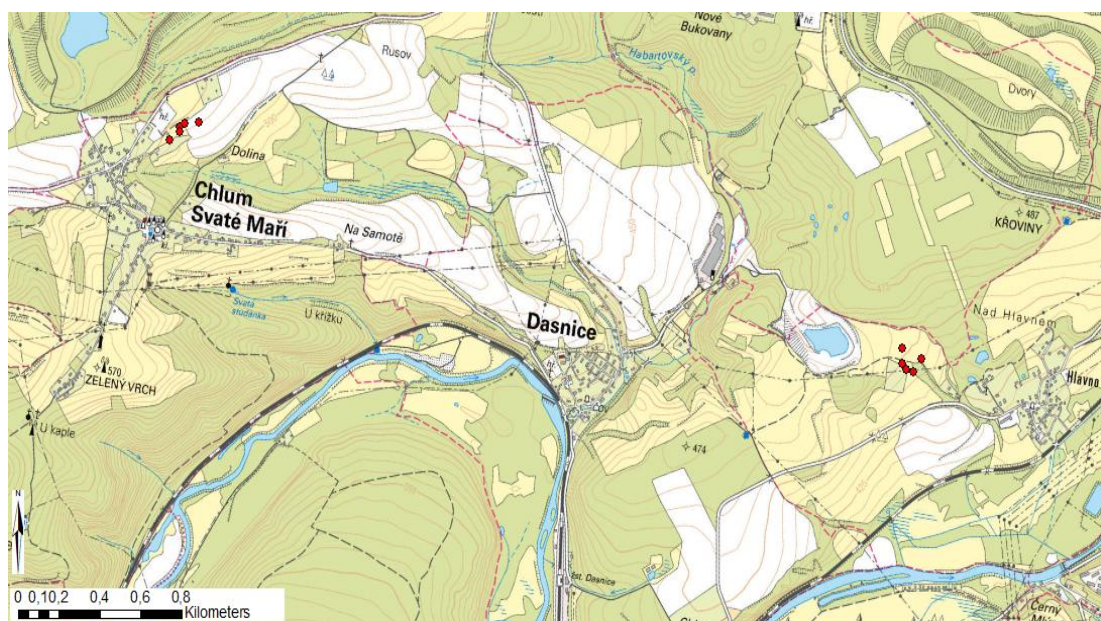
**Obrázek 20:** Transformované GPS souřadnice.

Po vytvoření atributové tabulky v programu ArcGIS 10.4.1, byla vytvořena nová bodová vrstva se všemi 70 dřevinami (Obrázek č. 21). Pro lepší přehlednost byl snížen kontrast vrstvy podkladová mapa. Vzhledem ke tvaru a velikosti daného území a krátké vzdálenosti stromů v sadech od sebe není možné rozpoznat všechny jednotlivé stromy a proto byl přidán Obrázek č. 22 s jiným měřítkem mapy a menším počtem stromů.





Obrázek 21: Rozmístění 70 stromů ve 14 sadech.



Obrázek 22: Rozmístění stromů v třešňových sadech Chlum Sv. Máří a Hlavno.

## 5.5 Analýza proměnných ovlivňujících složení druhů

Složení druhů v ovocných sadech a na sledovaných kmenech stromů bylo testováno za pomoci ordinačních analýz v programu Canoco for Windows 5.0 (Braak et Šmilauer, 2012). K analýze druhového složení lišejníků na jednotlivých kmenech byla použita unimodální ordinační metoda, konkrétně kanonická korespondenční analýza (CCA). Cílem analýzy bylo odlišit druhové složení lišejníků na kmenech stromů na základě typu dřeviny (jabloň × třešeň) a v závislosti na dalších environmentálních proměnných (expozice kmene, stáří borky, přítomnosti lesa, pole, zástavby, silnice, vodního toku a pastvy). Před samotnou CCA analýzou byla provedena forward selekce environmentálních proměnných, aby do samotné analýzy vstupovaly pouze průkazné proměnné. Dále tyto proměnné vstupovali společně s proměnnou druh dřeviny (jabloň / třešeň) do CCA analýzy jako vysvětlující proměnné.

K analýze druhového složení lišejníků v sadech byla opět použita unimodální ordinační metoda - CCA. Cílem analýzy bylo odlišit druhové složení lišejníků v ovocných sadech na základě druhu dřeviny (jabloň × třešeň) a v závislosti na dalších environmentálních proměnných (přítomnosti lesa, pole, zástavby, silnice, vodního toku a pastvy). Před samotnou CCA analýzou byla opět provedena forward selekce environmentálních proměnných, aby do samotné analýzy vstupovaly pouze průkazné proměnné. Byl zjištěn pouze průkazný efekt proměnných zástavba a pastva, zbylé environmentální proměnné neměly efekt na druhové složení lišejníků v sadech. Dále tyto proměnné vstupovaly společně s proměnnou typ dřeviny (jabloň / třešeň) do CCA analýzy jako vysvětlující proměnné.

## 6. Výsledky

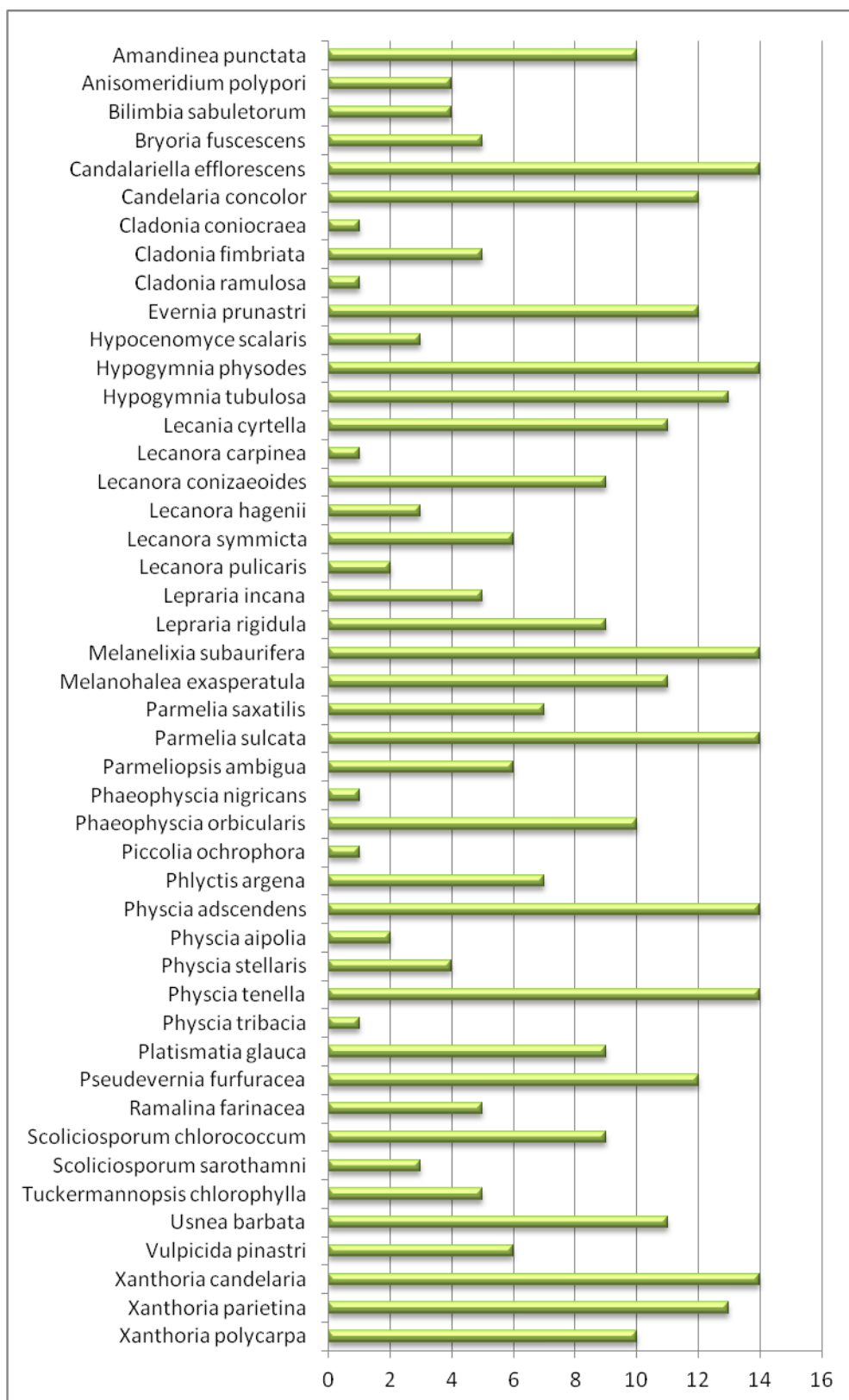
Kompletní seznam všech druhů epifytických lišejníků, jež byly nalezeny ve čtrnácti starých ovocných sadech v zájmovém území, je uveden v příloze č. 1. Celkem bylo v terénu a poté v laboratoři určeno 46 druhů epifytických lišejníků a 1 lichenizující houba *Licheniconium usnae*. Společně s druhovým seznamem jsou v příloze poznamenány české názvy druhů lišejníků, typy jejich stélek, typy upřednostňovaného substrátu a stupeň ohrožení podle Liška et Palice (2010).

Srovnání historických údajů se současností: v roce 1978 prováděl Kriesl průzkum epifytické lichenoflóry ve Slavkovské a Krušnohorské části Sokolovska a našel celkem 23 druhů, tedy o polovinu méně než uvádí tato práce. Z celkového počtu 32 zkoumaných míst se k porovnání s dnešní druhovou rozmanitostí nejvíce hodí stanoviště Kamenice, které je vzdálené od několika zkoumaných sadů a zároveň elektrárny Tisová (největší místní znečišťovatel ovzduší) jen několik málo kilometrů. Zde bylo v roce 1978 determinováno na 10 stromech pouhých 6 druhů epifytických lišejníků, zatímco nyní v třešňovém sadu v Hlavně 22, na Březové 26 a v jabloňovém sadu v Kostelní bříze dokonce 28 druhů epifytů. Všechny tyto lokality se nacházejí v zájmovém území. V 70. letech se v těchto místech vyskytovaly následující epifyty: *Hypogymnia physodes*, *Lecanora conizaeoides*, *Lepraria* sp., *Parmelia acetabulum*, *Parmelia sulcata* a *Physcia* sp. Jednalo se o neohrožené (LC), toxitolerantní druhy, pro které není problémem vyšší koncentrace oxidu siřičitého. Ta je naopak ohrožující například pro výskyt druhů rodu *Usnea*, který se v dané lokalitě nachází dnes. Pro zajímavost v roce 2002 kvůli velice hojnému výskytu tehdy silně ohroženého druhu *Usnea dasypoga* (jako *U. filipendula*) na kmenu *Javoru klen*, byl tento strom, nacházející se v k. ú. Stříbrná, vyhlášen pod názvem Klen Na Konci světa památným stromem (Michálek et al., 2014).

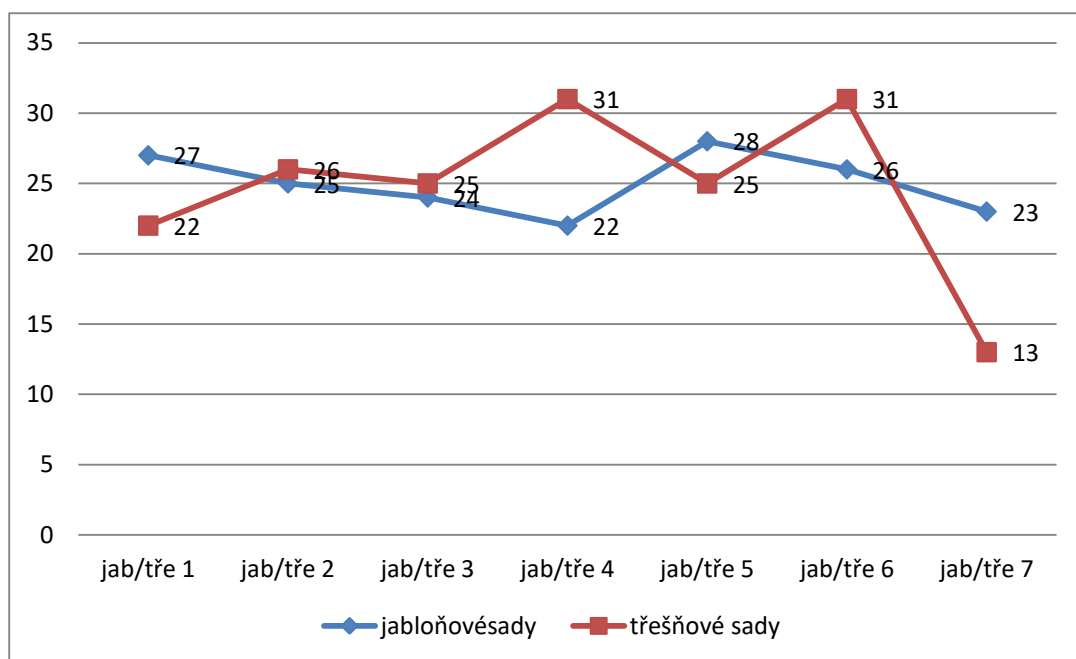
Jaké druhy epifytických lišejníků se vyskytují v zájmové oblasti v současnosti a v kolika ovocných sadech ze zkoumaných čtrnácti je možné je najít, lze vysledovat z Obrázku č. 23. Následující Obrázek č. 24 zaznamenává počty nalezených lišejníků v jednotlivých jabloňových a třešňových sadech. Až na několik výjimek lze konstatovat, že se téměř neliší. Největší rozdíly jsou patrné v sadech s čísly 4 (Hřebeny a Krajková, oba SZ od Sokolova) a 7 (Sadov a Velichov, oba SV od Sokolova, respektive od K. Varů). Třešňový sad v Hřebenech a jabloňový sad v Krajkové jsou od sebe sice vzdáleny jen 1,5 kilometru, ale místní podmínky jako morfologie území, převládající směry větrů a lokální znečišťovatelé ovzduší způsobily, že zatímco v třešňovém sadu bylo nalezeno 31 druhů epifytů (nejvíce), tak v sadu jabloňovém „pouhých“ 22. Sad v Hřebenech je vysázen na rovině, neovlivněn vzdálenou zástavbou, obklopen polem a smíšeným lesem. Ovšem nedaleký sad v Krajkové je vysázen ve svahu orientovaném na severozápad, obklopují jej další neudržované ovocné sady a smíšený les a zejména blízká zástavba rodinných domů. Právě místní znečišťovatelé ovzduší a převládající



západní větry vanoucí směrem do svahu s jabloňovým sadem zásadním způsobem ovlivňují diverzitu epifytických lišejníků. Třešňový sad v Sadově a jabloňový sad ve Velichově jsou odděleny vzdušnou čarou asi 4 kilometry. Avšak také zde se nejvíce projevuje morfologie území, převládající směry větrů, lokální znečišťovatelé a intenzivnější využití půdy. To vše má za následek nejslabší výsledek v třešňových sadech a zároveň nejslabší výsledek vůbec (13 druhů epifytických lišejníků), oproti 23 druhům epifytů, které byly nalezeny v sadu jabloňovém. Třešňový sad v Sadově je dnes využíván jako pastvina, je vysázen ve svahu orientovaném na severozápad, ze dvou stran obklopen polem, bez účelné ochrany před převládajícími západními větry. Právě západním směrem od sadu se nachází obec Vysoká se zástavbou rodinných domů, části Karlových Varů Otovice a Dalovice a pod svahem SZ směrem obec Bor. Proto považuji místní znečišťovatele ovzduší ve spojení s převládajícími větry za hlavní činitele ovlivňující diverzitu epifytických lišejníků i v tomto třešňovém sadu. Jabloňový sad ve Velichově je nejvíce vzdáleným sadem, je vysázen ve svahu, orientován k severu, nebo spíše k severozápadu a příležitostně je využíván jako pastvina. Hranici sadu tvoří ze severu okresní silnice, za kterou teče řeka Ohře, z jihu, západu a severu je chráněn smíšenými lesy porostlými kopci, východně se již nachází zástavba. Vzhledem ke své poloze a převládajícím větrům je však její vliv na početní stav lišejníků v sadu zanedbatelný.



**Obrázek 23:** Zastoupení jednotlivých druhů lišejníků v sadech.



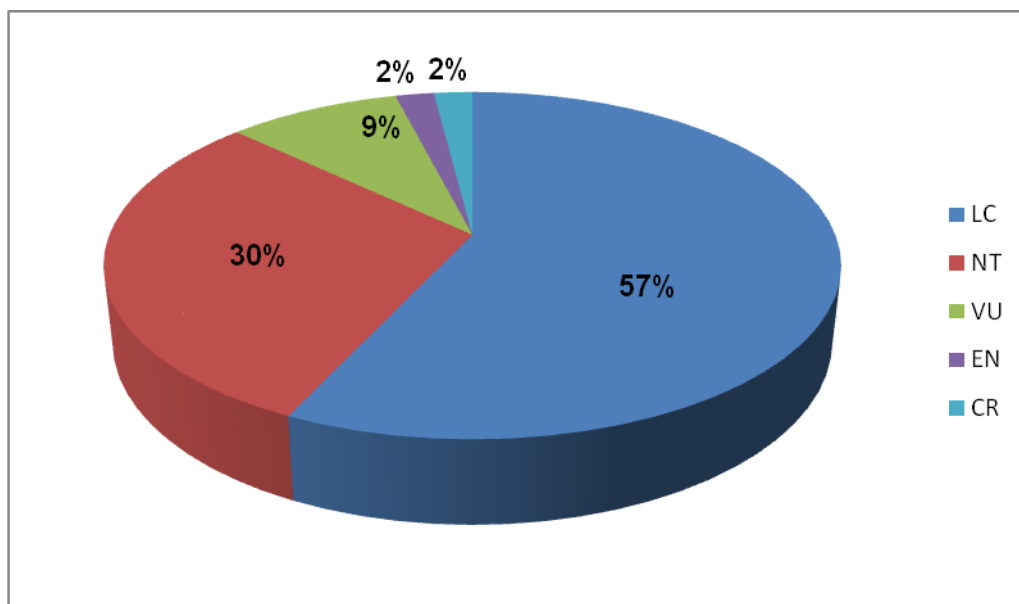
**Obrázek 24:** Početní stavy lišejníků v jednotlivých jabloňových a třešňových sadech.

Nalezené epifytické lišejníky byly rozděleny sestupně podle četnosti výskytu ve zmiňovaných 14 ovocných sadech do pěti skupin, jak se uvádí v Tabulce č. 2.

Rozšíření lišejníků	Počet ovocných sadů
velmi hojně rozšířené	12 a více
hojně rozšířené	9 - 11
se středně velkým rozšířením	6 – 8
málo četné	3 – 5
vyskytující se řídce	2 a méně

**Tabulka 2:** Četnost epifytických lišejníků v ovocných sadech.

Ve všech čtrnácti zkoumaných ovocných sadech se vyskytovalo 7 druhů lišejníků, a to *Candelariella efflorescens*, *Hypogymnia physodes*, *Melanelixia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* a *Xanthoria candelaria*. Ty patří spolu s dalšími 5 druhy, které se vyskytovaly ve 12 a více sadech (*Candelaria concolor*, *Evernia prunastri*, *Hypogymnia tubulosa*, *Pseudevernia furfuracea* a *Xanthoria parietina*) mezi velmi hojně rozšířené. 10 druhů lišejníků se vyskytovalo v 9 až 11 sadech a patří mezi hojně rozšířené: *Amandinea punctata*, *Lecanora conizaeoides*, *Lecania cyrtella*, *Lepraria rigidula*, *Melanohalea exasperatula*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Platismatia glauca*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Usnea barbata* a *Xanthoria polycarpa*. Do skupiny druhů se středně velkým rozšířením (výskyt v 6 až 8 sadech) náleží 5 druhů epifytů: *Lecanora symmicta*, *Parmelia saxatilis*, *Parmeliopsis ambigua*, *Phlyctis argena* a *Vulpicida pinastri*, z nichž právě posledně jmenovaný patřil v České republice mezi vzácné druhy a v Červeném seznamu figuruje jako druh blízky ohrožení (NT). Málo četné druhy (výskyt ve 3 až 5 sadech) zastupuje skupina 11 převážně běžných epifytických lišejníků: *Anisomeridium polypori*, *Bilimbia sabuletorum*, *Bryoria fuscescens*, *Cladonia fimbriata*, *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora hagenii*, *Lepraria incana*, *Physcia stellaris*, *Ramalina farinacea*, *Tuckermannopsis chlorophylla* a *Scoliciosporum sarothamni*. Výčet uzavírá skupina 8 druhů epifytů, jež se vyskytují pouze zřídka, a jsou zastoupeny v jediném, maximálně ve dvou sadech: *Cladonia coniocraea*, *Cladonia ramulosa*, *Lecania cyrtellina*, *Lecanora pulicaris*, *Phaeophyscia nigricans*, *Piccolia ochrophora*, znovu se navracející *Physcia tribacia*, nebo jediný nalezený ohrožený druh (EN) *Physcia aipolia*, který je ale v ČR v současnosti poměrně hojný (Kocourková, ústní sdělení). Všechny druhy epifytických lišejníků, které byly v zájmovém území nalezeny, lze dále rozdělovat a porovnávat podle dalších kritérií. Podle stupně ohrožení, Červený seznam lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010). Zadruhé podle typu substrátu, který lišejníky upřednostňují a zatřetí podle typu stélnkové formy (keříčkovitá, lupenitá, nebo korovitá). Podle úrovně ohrožení je zde zastoupeno pět stupňů ohroženosti. Neohrožených druhů (LC) bylo nalezeno podle očekávání nejvíce – 26, což představuje 57% z celkového počtu 46 epifytů. 14 druhů (30%) zastupují druhy blízky ohrožení (NT), následují druhy zranitelné (VU) – 4 druhů (9%) a po jednom (2%) ohrožený druh (EN) *Physcia aipolia* a kriticky ohrožený druh (CR) *Usnea barbata*. (Obrázek č. 25).



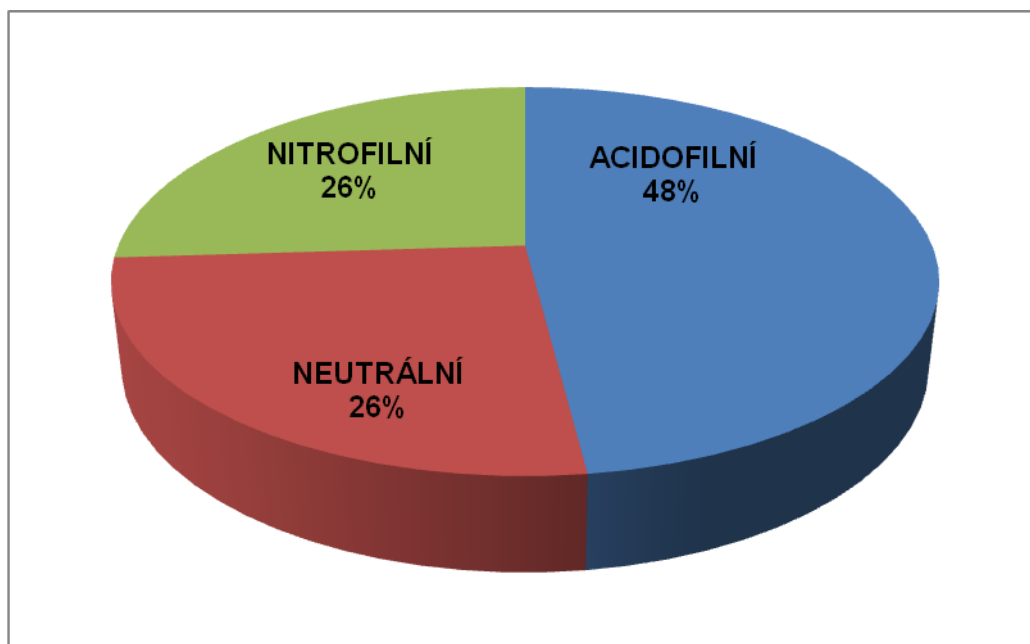
**Obrázek 25:** Ohrožení druhů dle Červeného seznamu (J. Liška et Z. Palice, 2010)

## 6.1 Ekologické charakteristiky nalezených druhů

Další rozdělení (Tabulka č. 3) bylo provedeno podle preferovaného typu substrátu za pomoci Wirth et al. (2013) na druhy acidofilní (aci), neutrofilní (neu) a nitrofilní (nit). Téměř celou polovinu druhů – 22 (48%), které se nacházely ve všech čtrnácti zájmových ovocných sadech, tvořily lišejníky acidofilní. Za ně lze jmenovat jako zástupce například *Hypogymnia physodes*, *Lecanora conizaeoides*, nebo *Scoliciosporum chlorococcum*. Více než čtvrtina – 12 (26%) patřila druhům neutrofilním (např. *Amandinea punctata*, *Melanelixia subaurifera*, či *Parmelia sulcata*) a stejný počet druhům nitrofilním, v jejichž řadách jsou například ve všech sadech se vyskytující *Candelariella efflorescens*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* či *Xanthoria candelaria* (Obrázek č. 26).

<i>Amandinea punctata</i>	neu	<i>Parmelia saxatilis</i>	aci
<i>Anisomeridium polypori</i>	nit	<i>Parmelia sulcata</i>	neu
<i>Bilimbia sabuletorum</i>	nit	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	aci
<i>Bryoria fuscescens</i>	aci	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	neu
<i>Candalariella efflorescens</i>	nit	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	neu
<i>Candelaria concolor</i>	neu	<i>Piccolia ochrophora</i>	nit
<i>Cladonia coniocraea</i>	aci	<i>Phlyctis argena</i>	aci
<i>Cladonia fimbriata</i>	aci	<i>Physcia adscendens</i>	nit
<i>Cladonia ramulosa</i>	aci	<i>Physcia aipolia</i>	nit
<i>Evernia prunastri</i>	aci	<i>Physcia stellaris</i>	nit
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	aci	<i>Physcia tenella</i>	nit
<i>Hypogymnia physodes</i>	aci	<i>Physcia tribacia</i>	neu
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	nit	<i>Platismatia glauca</i>	aci
<i>Lecania cyrtella</i>	neu	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	aci
<i>Lecania cyrtellina</i>	neu	<i>Ramalina farinacea</i>	neu
<i>Lecanora conizaeoides</i>	aci	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	aci
<i>Lecanora hagenii</i>	neu	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	aci
<i>Lecanora symmicta</i>	aci	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	neu
<i>Lecanora pulicaris</i>	aci	<i>Usnea barbata</i>	aci
<i>Lepraria incana</i>	aci	<i>Vulpicida pinastri</i>	aci
<i>Lepraria rigidula</i>	aci	<i>Xanthoria candelaria</i>	nit
<i>Melanelixia subaurifera</i>	neu	<i>Xanthoria parietina</i>	nit
<i>Melanohalea exasperatula</i>	aci	<i>Xanthoria polycarpa</i>	nit

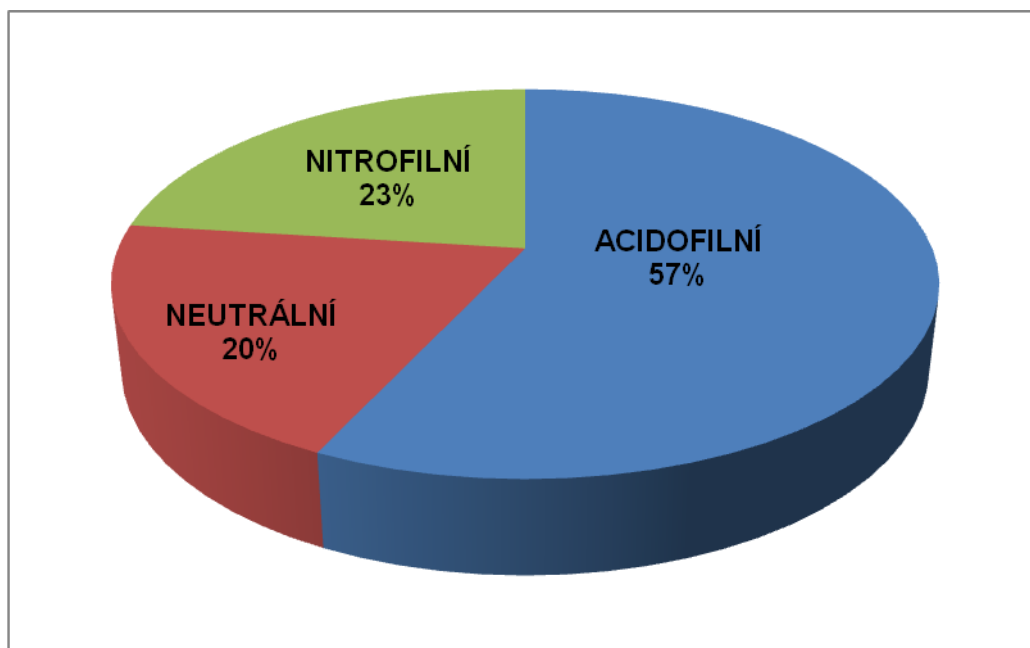
**Tabulka 3:** Rozdělení lišejníků podle preferovaného typu substrátu.



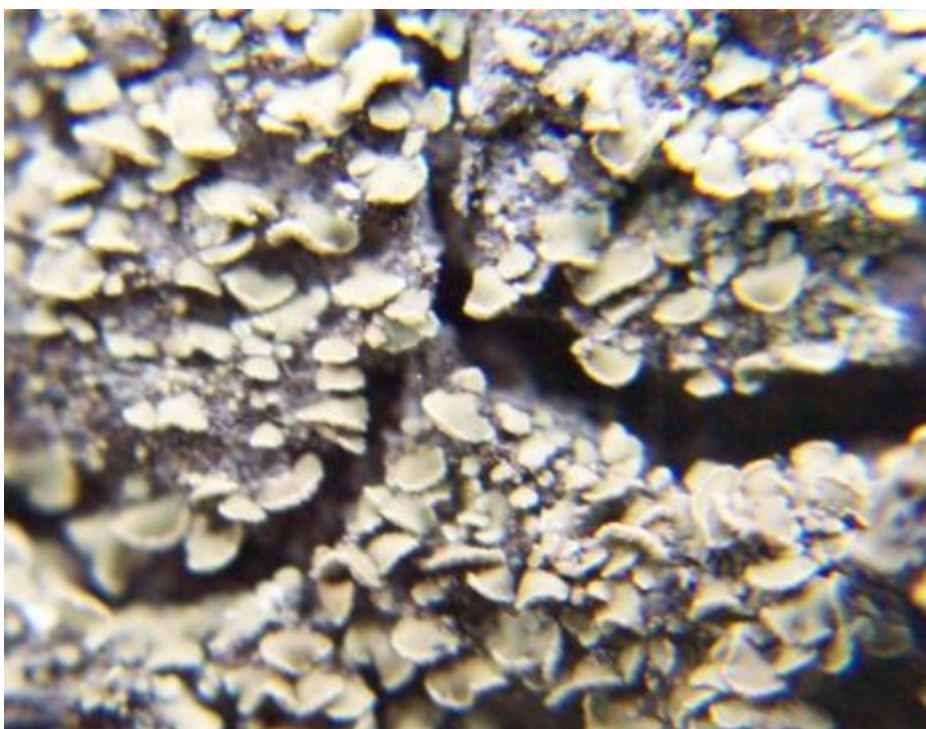
**Obrázek 26:** Zastoupení druhů dle úživnosti borky.

Ovšem je nutné zohlednit rozdílné pH borky jabloní a třešní. Třešeň má borku kyselejší, v průměru dosahuje hodnot 4,1 oproti 5,2 u borky jabloně (hodnoty jsou převzaty ze souhrnné výukové tabulky z lichenologického pracoviště v Grazu, ovšem citace práce Müller, 1981 se již nepodařila dohledat). Nutně vznikly ještě dva grafy, které umožní porovnání zastoupení epifytických druhů lišejníků v třešňových sadech (Obrázek č. 27) a v sadech jabloňových (Obrázek č. 28). Celkový počet je téměř stejný, na jabloních se nacházelo 40 druhů a na třešních 39. Avšak rozdílné hodnoty vykazují zejména stavy acidofilních druhů, které na kyselé borce třešní tvořily 57%, zatímco na jabloních 42% a druhy jako *Cladonia fimbriata*, *Coenogonium pineti*, nebo *Hypocenomyce scalaris* (Obrázek č. 29) se vyskytovaly výhradně v třešňových sadech. Bazické borce jabloní dalo naopak přednost více druhů neutrofilních (28% oproti 20% na třešních) jako je *Bilimbia sabuletorum*, *Candelariella xanthostigma* či *Physcia tribacia* a nitrofilních (30% oproti 23%) jako například *Phaeophyscia nigricans* a *Physcia stellaris* (Obrázek č. 30), jež se vyskytovaly pouze v jabloňových sadech.

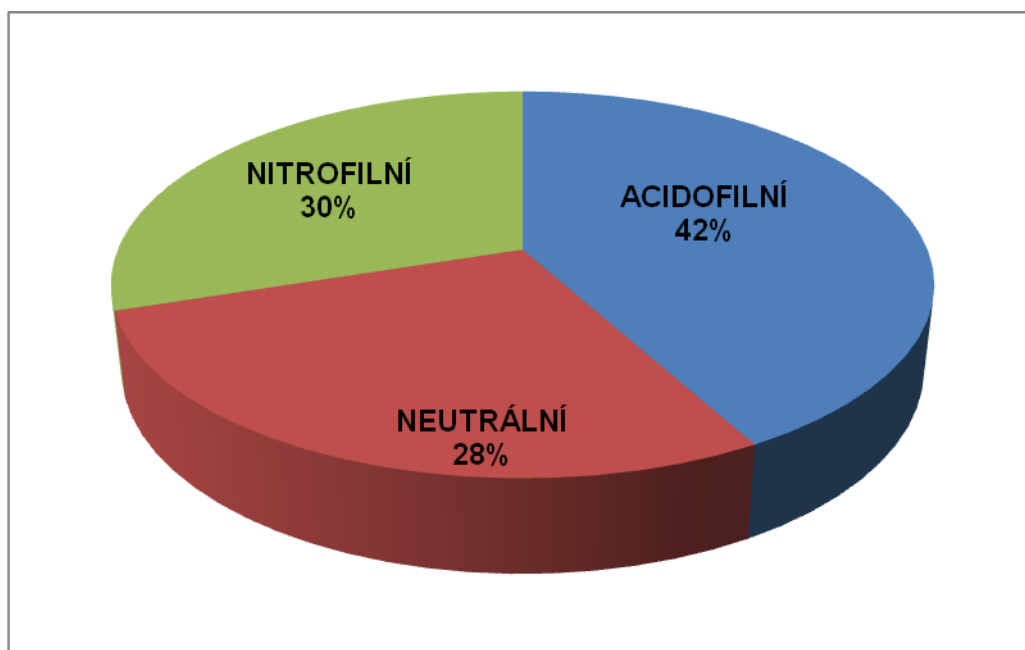




Obrázek 27: Zastoupení druhů na třešních.



Obrázek 28: : *Hypocenomyce scalaris*

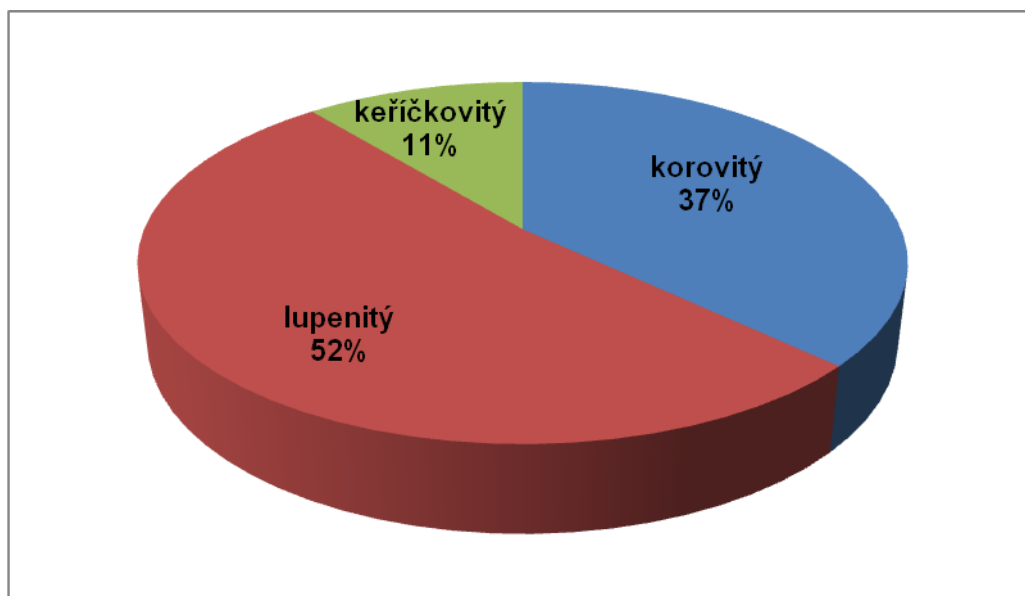


Obrázek 29: Zastoupení druhů na jabloních.



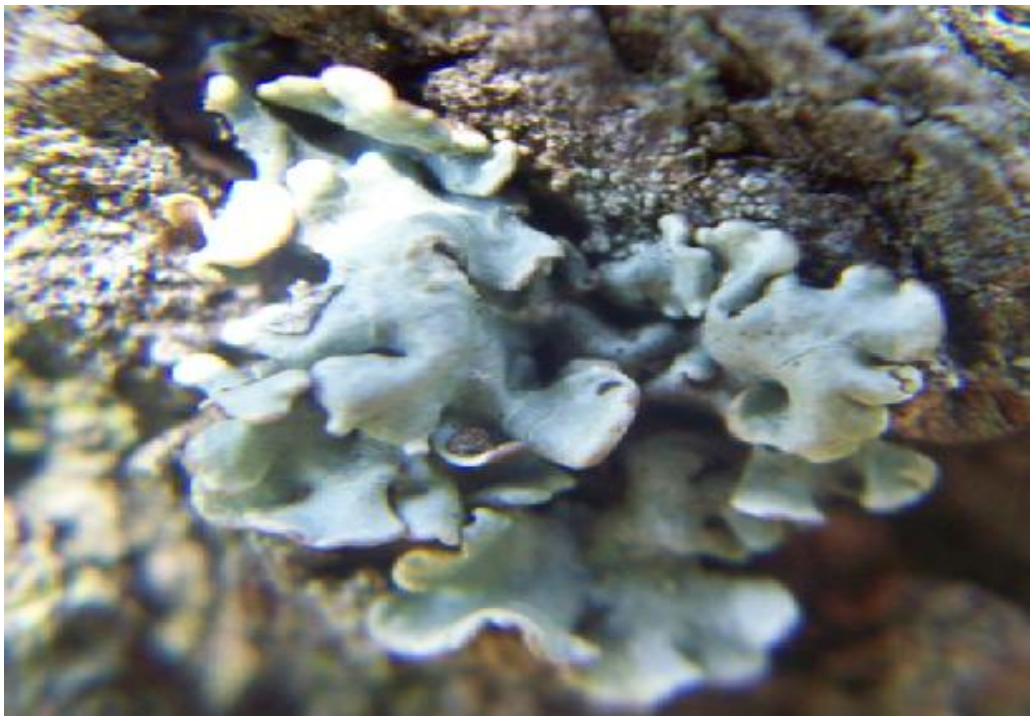
Obrázek 30: *Physcia stellaris*

Obrázek č. 31 umožňuje porovnat epifytické lišejníky ještě podle toho, jaký druh stélky je zde převládající. Největší zastoupení patří druhům s lupenitou stélkou – 24 (52%), např. *Hypogymnia physodes* (Obrázek č. 32), *Melanelixia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, nebo *Xanthoria parietina*. 17 druhů (37%) lišejníků mělo korovitou stélku. Ze zástupců lze jmenovat například hojně se vyskytující *Amandinea punctata*, ve všech sadech přítomná *Candelariella efflorescens*, nenápadná *Piccolia ochrophora* (Obrázek č. 33) nebo druhy rodu *Lepraria* a *Scoliciosporum*. Nejmenší skupinu – 5 (11%) tvoří druhy nejvíce nápadné, které mají stélku keříčkovitou. Patří sem *Evernia prunastri* (Obrázek č. 34), *Pseudevernia furfuracea*, *Usnea barbata*, *Bryoria fuscescens* a *Ramalina farinacea*.



**Obrázek 31:** Zastoupení druhů podle typu stélky.





**Obrázek 32:** Epifytický lišejník *Hypogymnia physodes* s lupenitou stélkou.



**Obrázek 33:** Epifytický lišejník *Piccolia ochrophora* s korovitou stélkou.



**Obrázek 34:** Epifytický lišejník *Evernia prunastri* s keříčkovitou stélkou.

## 6.2 Vliv faktorů prostředí na druhovou skladbu

Pro zjištění vlivu faktorů prostředí jako proměnných na druhovou skladbu lišejníků byly provedeny analýzy zpracované pro sady při sledování závislosti na druhu dřeviny (jabloň × třešeň) a závislosti na dalších environmentálních proměnných - přítomnost lesa, pole, zástavby, silnice, vodního toku a pastvy. Jako vysvětlující proměnné do CCA analýzy vstoupily pouze průkazné proměnné, čili v tomto případě se jednalo o druh dřeviny, zástavbu a pastvinu. Byl zjištěn průkazný efekt těchto environmentálních proměnných na druhové složení lišejníků, když bylo vysvětleno 16,6 % variability v datech ( $R_{adj} = 16,6 \%$ ;  $p = 0,001$ ). V ordinačním diagramu CCA analýzy (Obrázek č. 35) je pro přehlednost zobrazeno pouze 20 druhů lišejníků vysvětlujících nejvíce variability v datech. V Tabulce č. 4 jsou uvedeny použité zkratky jednotlivých taxonů.

<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amanpunc</i>	<i>Parmelia saxatilis</i>	<i>Parmsaxa</i>
<i>Anisomeridium polypori</i>	<i>Anyspoly</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Parmsulc</i>
<i>Bilimbia sabuletorum</i>	<i>Bilisabu</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	<i>Parmambi</i>
<i>Bryoria fuscescens</i>	<i>Bryofusc</i>	<i>Phaeophyscia nigricans</i>	<i>Phaenigr</i>
<i>Candalariella efflorescens</i>	<i>Candeffl</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Phaeorbi</i>
<i>Candelaria concolor</i>	<i>Candconc</i>	<i>Piccolia ochrophora</i>	<i>Piccochro</i>
<i>Cladonia coniocraea</i>	<i>Cladconi</i>	<i>Phlyctis argena</i>	<i>Phlyarge</i>
<i>Cladonia fimbriata</i>	<i>Cladfimb</i>	<i>Physcia adscendens</i>	<i>Physadsc</i>
<i>Cladonia ramulosa</i>	<i>Cladramu</i>	<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physaipo</i>
<i>Evernia prunastri</i>	<i>Everprun</i>	<i>Physcia stellaris</i>	<i>Physstel</i>
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	<i>Hyposcal</i>	<i>Physcia tenella</i>	<i>Phystene</i>
<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Hypophys</i>	<i>Physcia tribacia</i>	<i>Phystrib</i>
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	<i>Hypotubu</i>	<i>Platismatia glauca</i>	<i>Platglau</i>
<i>Lecania cyrtella</i>	<i>Lecacyrt</i>	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	<i>Pseufurf</i>
<i>Lecania cyrtellina</i>	<i>Lecacyrtt</i>	<i>Ramalina farinacea</i>	<i>Ramafari</i>
<i>Lecanora conizaeoides</i>	<i>Lecaconi</i>	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	<i>Scolchlor</i>
<i>Lecanora hagenii</i>	<i>Lecahage</i>	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>	<i>Scolsaro</i>
<i>Lecanora symmicta</i>	<i>Lecasymm</i>	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	<i>Tuckchlor</i>
<i>Lecanora pulicaris</i>	<i>Lecapuli</i>	<i>Usnea barbata</i>	<i>Usnebarb</i>
<i>Lepraria incana</i>	<i>Leprinca</i>	<i>Vulpicida pinastri</i>	<i>Vulppina</i>
<i>Lepraria rigidula</i>	<i>Leprrigi</i>	<i>Xanthoria candelaria</i>	<i>Xantcand</i>
<i>Melanelixia subaurifera</i>	<i>Melasuba</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Xantpari</i>
<i>Melanohalea exasperatula</i>	<i>Melaexas</i>	<i>Xanthoria polycarpa</i>	<i>Xantpoly</i>

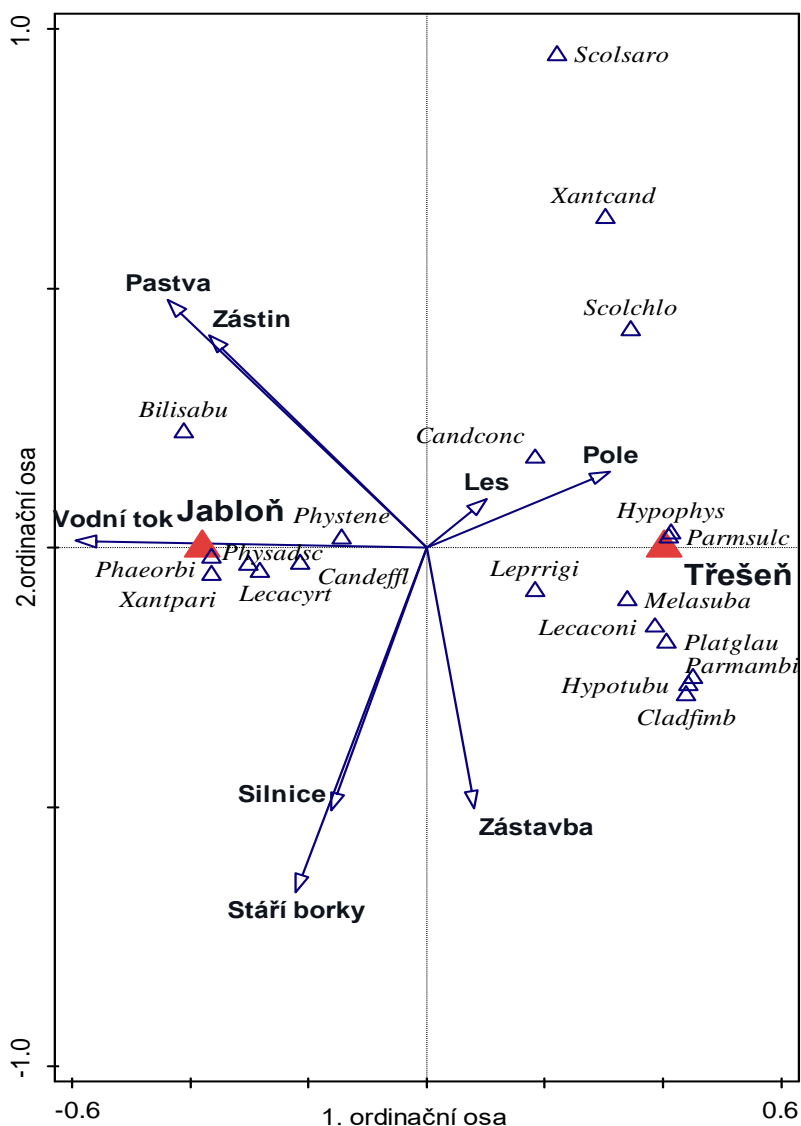
**Tabulka 4:** Taxony a jejich použité zkratky.





u tří posledně jmenovaných druhů to nelze považovat za jednoznačné vzhledem k tomu, že byly nalezeny pouze ve dvou, respektive jednom exempláři ze všech sadů.

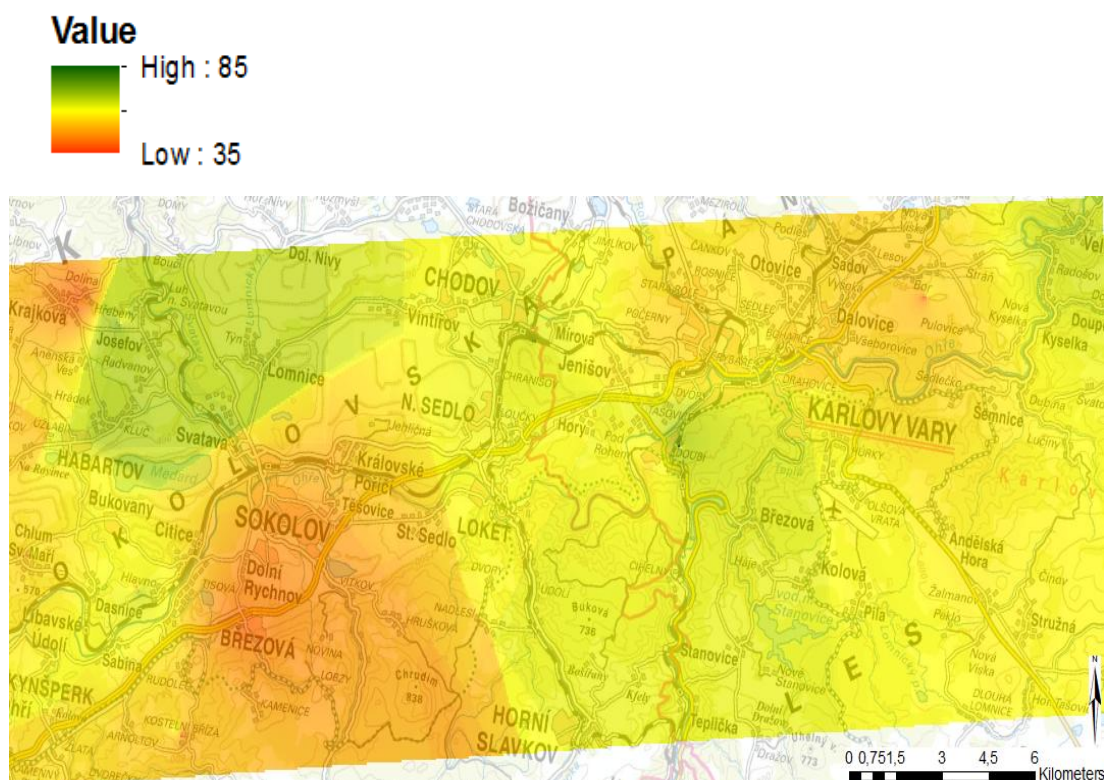
Pro zjištění vlivu faktorů prostředí jako proměnných na druhovou skladbu lišejníků byly také provedeny analýzy zpracované pro 70 stromů, jež byly předmětem výzkumu metodou LDV. Opět se sledovala závislost na druhu dřeviny (jabloň × třešeň) a závislosti na dalších environmentálních proměnných - přítomnost lesa, pole, zástavby, silnice, vodního toku, pastvy a navíc byl přiřazen zástin a stáří borky. Jako vysvětlující proměnné do CCA analýzy vstoupily pouze průkazné proměnné, což byly v tomto případě všechny. Byl zjištěn průkazný efekt těchto environmentálních proměnných na druhové složení lišejníků, když bylo vysvětleno 20,8 % variability v datech ( $R_{adj} = 20,8 \%$ ;  $p = 0,001$ ). V ordinačním diagramu CCA analýzy (Obrázek č. 36) je pro přehlednost zobrazeno pouze 20 druhů lišejníků vysvětlujících nejvíce variability v datech. V uvedeném diagramu je podél 1. osy opět vidět patrný trend odlišného druhového složení lišejníků na kmenech jabloní, kde se objevuje *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, či *Lecania cyrtella*, od druhů preferujících kmeny třešní. Zde je možno jmenovat zejména druhy *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* a *Melanelixia subaurifera*. Lišejník *Bilimbia sabuletorum* projevuje pozitivní závislost na faktorech prostředí zástin, pastva a vodní tok, zatímco *Candelaria concolor* se daří v blízkosti pole a lesa. Naopak *Scoliciosporum sarothamni* a *Xanthoria candelaria* se vyhýbají vyšším dávkám  $\text{NO}_x$ . Pozitivní závislost se také projevuje u druhů *Phaeophyscia orbicularis* a *Xanthoria parietina* v souvislosti na blízkém vodním toku, což je v rozporu s tím, že se uvádí výskyt prvně jmenovaného druhu především na suchých stanovištích.



**Obrázek 36:** CCA – kanonická koresponenční analýza druhového složení na kmenech stromů.

### 6.3 Výsledky metody LDV zpracované v programu ArcGIS

Vypočítané LDV hodnoty byly zpracovány programem ArcGIS 10.4.1 a nad zájmovým územím byl vytvořen rastr (Obrázek č. 37), který podle zjištěné škály lišejníkové rozmanitosti barevně odlišuje oblasti s kvalitnějším prostředím od oblastí s prostředím méně kvalitním.



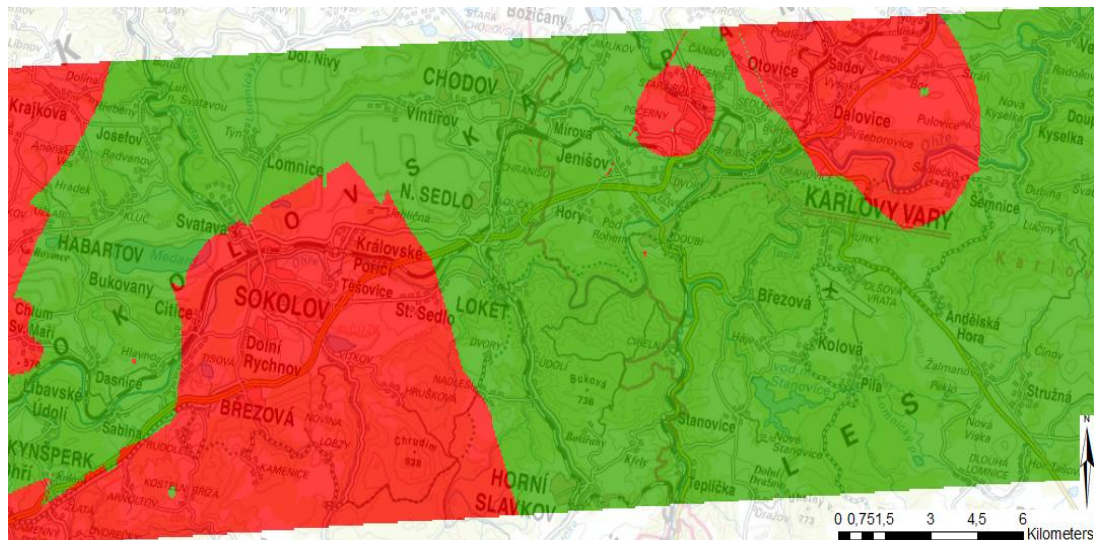
**Obrázek 37:** Rastr znázorňující kvalitu prostředí v zájmové oblasti na základě vypočtených hodnot LDV.

Ve 14 sledovaných sadech se pohybuje hodnota LDV od 40 do 80 při slušném průměru 61,9. Nejvyšší hodnota byla detekována v jabloňovém sadu u obce Hřebeny a nejnižší hodnota v jabloňovém sadu u obce Krajková. Tyto sady jsou od sebe vzdušnou čarou vzdálené pouze asi 2 kilometry a oddělené jsou zalesněným kopcem a polem, ale ve škále hodnot LDV jsou na opačných pólech. Zde se výrazně projevují lokální zdroje znečištění ovzduší, které se v blízkosti sadu v Hřebenech nevyskytují a naopak sad v Krajkové, vzhledem k převládajícím větrům, je jim vlastně přímo vystaven.

Tento původní rastr byl posléze upraven tak, aby vznikl nový, který pracuje se dvěma novými intervaly podle stupnice hodnot LDV (Obrázek č. 38). Nový rastr rozděluje dané území na dvě zóny kvality prostředí a to zónu 3 – střední (LDV 40 – 60), a zónu 4 – relativně dobrá (LDV 60 – 80). Do zóny střední kvality prostředí náleží přibližně 33 % zájmového území a pro tento region neuvěřitelných 67 % území náleží dokonce do zóny relativně dobré kvality prostředí.

### Kvalita prostředí dle LDV

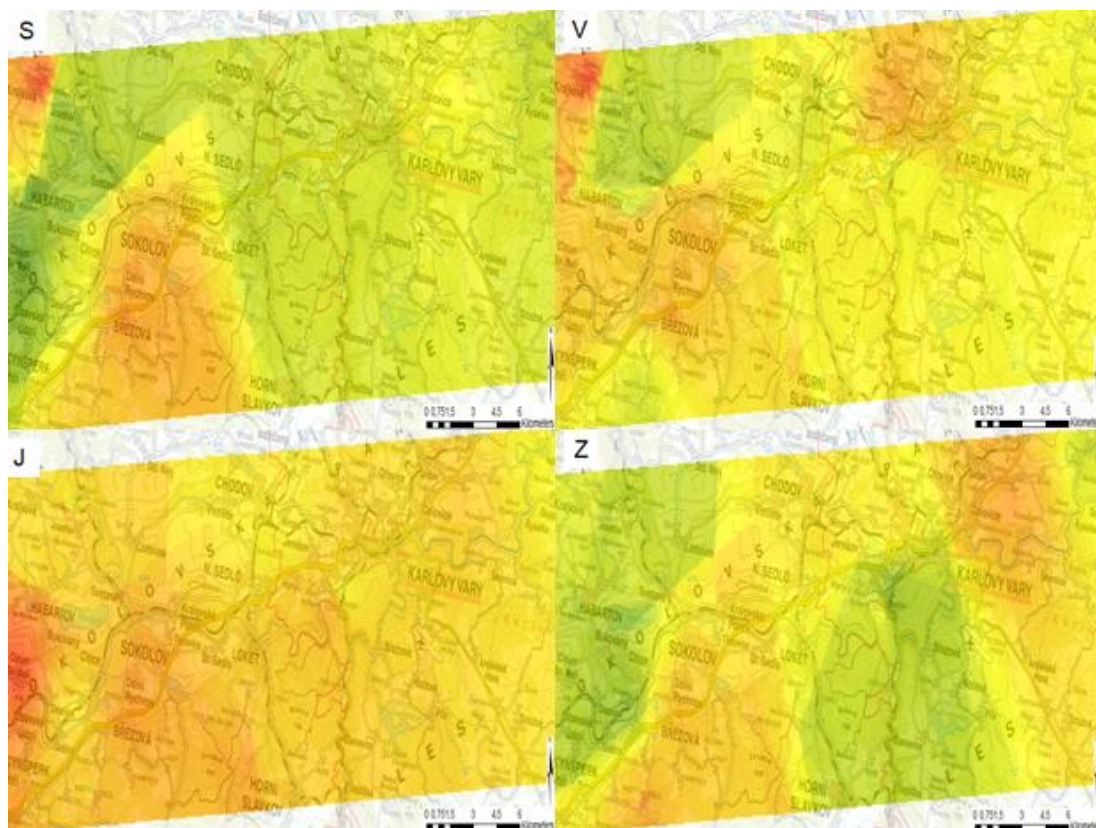
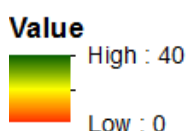
- střední
- relativně dobrá



**Obrázek 38:** Kvalita prostředí podle hodnot LDV na Sokolovsku.

Poslední analýza, která byla prováděna v programu ArcGIS, se věnovala rozdílům ve frekvencích na jednotlivých světových stranách sledovaných 70 stromů. Obrázek č. 39 ukazuje abundanci lišejníků na severních, východních, jižních a západních stranách stromů. Z něho je patrné, že nejlepší situace a tedy nejvyšší diverzitu lišejníků můžeme nalézt na severních a západních stranách stromů a že se lišejníkům nejméně daří na stranách jižních. To souvisí zejména s převládajícími západními větry, které spolu samozřejmě přinášejí potřebnou vodu v podobě dešťů. Celkově je vidět horší situace v Sokolově a jeho nejbližším okolí a to samé je v menší míře vidět u Karlových Varů. Jako nejhorší se však ukazuje četnost lišejníků v Krajkové. Zde se nejvíce projevuje vliv lokálních zdrojů znečištění ovzduší.





**Obrázek 39:** Četnost epifytických lišejníků na jednotlivých světových stranách stromů.

## 7. Diskuze

Sokolovsko bylo, je a ještě nějakou dobu bude regionem s nálepkou „nečistý“. Dlouhé desítky let bylo pod trvalou imisní zátěží. Ovšem výsledky této práce naznačují, že už to tak docela neplatí. Nalezených 46 druhů epifytických lišejníků a dosažené výsledné hodnoty LDV se dají považovat za dobrou známku kvality prostředí. Zejména s ohledem na minulost, kdy se o odsíření komínů zdejších podniků vůbec neuvažovalo. Z tohoto důvodu je škoda, že se nepodařilo najít, nebo že neexistuje žádná relevantní studie, která by byla vhodná k porovnání nalezených

druhů lišejníků s historickými údaji. Jistou představu poskytuje jen již zmiňovaná práce Kriesla (1978), který prováděl průzkum epifytické lichenoflóry ve Slavkovské a Krušnohorské části Sokolovska. Na konci 70. let i dnes se v této oblasti nejčastěji vyskytovaly druhy v ČR běžné, patřící mezi neohrožené, acidofilní s lupenitou stélkou. Zdá se, že to právě odpovídá těm desítkám let pod trvalou imisní zátěží, doprovázenou kyselými dešti. Situace se však po zahájení odsiřování (90. léta minulého století) rapidně změnila k lepšímu. Důkazem je poměrně velký počet mladých, teprve se vyvíjejících stélek epifytických lišejníků, které ukazují na probíhající rozvoj lichenoflóry. 90. léta a s nimi spojené odsiřování a pokles těžby hnědého uhlí měly v tomto regionu za následek razantní snížení obsahu SO<sub>2</sub> a prachových částic ve vzduchu. Tím byla vlastně zahájena rekolonizace epifyty a opětovné pokrývání borky třešní a jabloní (stáří stromů v sadech je okolo 60 let) i citlivějšími a méně odolnými druhy. Je velice pravděpodobné, že se na naše území musely rozšířit z nedalekých oblastí na západ od našich hranic. Rychlost s jakou probíhá šíření citlivých druhů je stejná jako u druhů toxitolerantních, což je způsobeno vlastní schopností jejich šíření a také nedostatkem konkurence na novém stanovišti (Lange et al., 2005). Tento proces probíhá pomalu, jelikož se mnohé druhy uplatňující se při rekolonizaci nedokážou úspěšně šířit na příliš velké vzdálenosti (Dettki, 1998). S letitým odstupem je pak možné najít na jednom stromu přibližně stejně staré a dobře vyvinuté stélky odolných nitrofilních druhů *Physcia adscendens* a *Physcia tenella* ve společnosti méně tolerantních acidofilních druhů *Bryoria fuscescens* a *Evernia prunastri*. V případě druhů rodu *Physcia* (kromě *Physcia tribacia*) se jedná o běžné, neohrožené druhy (LC), které patří v dané oblasti mezi velmi hojně rozšířené. Velmi hojně rozšířeny jsou taktéž *Evernia prunastri*, přestože je v Červeném seznamu lišejníků ČR (Liška et Palice, 2010) označena za druh blízky ohrožený (NT) a *Melanelixia subaurifera*, která je vedena jako druh zranitelný (VU). Téměř celou polovinu nalezených druhů – 22 (48%), které se nacházely v zájmových ovocných sadech, tvořily lišejníky acidofilní, rostoucí na kyselé borce stromů. 12 druhů bylo neutrofilních, nepreferujících ani kyselou ani bazickou borku a stejný počet byl zaznamenán u druhů nitrofilních, které preferují eutrofizovanou, úživnou borku. Při porovnání třešňových a jabloňových sadů bylo zjištěno, že podíl acidofilních lišejníků v třešňových sadech tvoří 57% (vyskytovalo se jich zde všech 22) na úkor druhů neutrofilních a nitrofilních a v jabloňových

sadech naopak jejich podíl klesá na 42% ve prospěch druhů neutrofilních a nitrofilních, kterých zde byla téměř třetina. Jenom v třešňových sadech bylo nalezeno 5 druhů epifytů preferujících kyselou borku: *Cladonia coniocraea*, *Cladonia fimbriata*, *Cladonia ramulosa*, *Lecanora hagenii* a *Lecanora pulicaris*. Jenom v jabloňových sadech bylo nalezeno 6 druhů lišejníků, které preferují borku neutrální nebo spíše eutrofizovanou: *Bilimbia sabuletorum*, *Lecania cyrtellina*, *Phaeophyscia nigricans*, *Piccolia ochrophora*, *Physcia stellaris* a *Physcia tribacia*. Kromě těchto epifytů stojících na pomyslných opačných pólech, je druhové složení v třešňových a jabloňových sadech velice podobné. Výjimku tvoří na Sokolovsku blízké sady v Hřebenech a v Krajkové a vlastně již na Karlovarsku nedaleké sady v Sadově a ve Velichově. Dá se tedy říci, že až na borku stromů nemá žádná jiná proměnná prostředí signifikantní vliv na diverzitu epifytických lišejníků. Samostatnou kapitolu tvoří používaná metoda LDV, jež má sice solidní výpovědní hodnotu co se týká kvality prostředí, avšak je potřeba dodat, že nám nedokáže poskytnout ucelený obraz biodiverzity v zájmovém území. Důvodů je hned několik. Ty hlavní jsou v nárocích na parametry dřeviny, protože se mnohdy stává dosti obtížné vybrat v oblasti, která je předmětem průzkumu potřebný počet stromů. A pak také v samotném měření za pomoci mřížky umístěné na kmenu stromu 1 metr nad zemí. Jsou totiž lišejníky rostoucí jen na větvích v korunách stromů a jsou druhy, které lze najít převážně na bázi kmenů, jako například *Cladonia fimbriata*. Takové se v onom půl metru širokém pruhu kolem kmene objeví jen těžko. LDV metoda je jednoduchá, vhodná k opakovanému použití na stejném místě (nejlépe v oblasti se silnějším znečištěním), aby se ukázal posun k lepšímu anebo k horšímu. Nevypovídá o čistotě ovzduší, ale je schopna určit celkovou kvalitu prostředí. Podle Asta et al. (2002) se kvalita prostředí rozděluje do 5 zón. Zóna 1 = špatná kvalita prostředí, 2 = narušená, 3 = střední, 4 = relativně dobrá a zóna 5 = velmi dobrá kvalita prostředí. Výsledné hodnoty LDV (40 – 80) zařazují zájmové území do dvou zón kvality a to do zón 3 a 4, čili že zdejší kvalita prostředí je střední až relativně dobrá. Kvalitativní rozdíl je způsoben zejména geomorfologií území, místními zdroji znečištění, mezi které patří elektrárna Tisová, sklárny v Oloví a Novém Sedle a Chodos Chodov, lokální topeniště v podobě topení uhlím v domácnostech, znečištění způsobeném automobilovou dopravou a zejména převládajícími západními větry. To se nejvíce projevuje v Krajkové, na Březové, ve Staré Roli, v Karlových Varech a samozřejmě



v Sokolově a jejich okolí. V těchto lokalitách se daří více toxitolerantním druhům epifytických lišejníků. Při pohledu na to, jak je pokryvnost kmene stromu lišejníky ovlivněna jednotlivými světovými stranami (obrázek č. 39), zjistíme, že signifikantní rozdíl je při srovnání severní strany s jižní. Je zde vidět, že na severních a západních stranách kmenů jsou hodnoty LDV poněkud vyšší, nežli na východních a jižních stranách. Tam se jeví situace jako nejhorší. Vlivy místních znečišťovatelů, územní reliéf, mikroklima a hlavně převládající směry větru přinášející také srážky, vytváří velmi dobré podmínky pro kolonizování právě na severních a západních stranách kmenů stromů. Při hodnocení území jako celku s ohledem na dosažené hodnoty LDV a biodiverzitu epifytických lišejníků musím říci, že jde o dobrý výsledek.

## 8. Závěr

Provedeným průzkumem biodiverzity epifytických lišejníků ve starých ovocných sadech na Sokolovsku, kdy se jednalo o 7 sadů třešňových a 7 sadů jabloňových, bylo přímo na místě a poté při identifikaci lišejníků v laboratoři determinováno celkem 46 druhů. Podle růstového typu stélky mělo 24 druhů lišejníků stélku lupenitou, 17 stélku korovitou a keříčkovitou stélku mělo 5 druhů epifytických lišejníků. Podle stupně ohrožení bylo 26 druhů neohrožených (LC), 14 blízkých ohrožení (NT), 4 druhy zranitelné (VU), 1 druh ohrožený (EN) a 1 druh kriticky ohrožený (CR). Další dělení proběhlo na základě preference substrátu, kde většinu zaujímaly druhy acidofilní - 48 %. To se jeví jako následek vysokého obsahu SO<sub>2</sub> v ovzduší v minulosti. 26 % druhů bylo neutrofilních i nitrofilních. Procentuální rozdělení se ovšem mění ve zkoumaných sadech. Při téměř totožném počtu nalezených lišejníků (39 v třešňových a 40 v jabloňových sadech) stoupá díky nižšímu pH borky třešně v třešňových sadech poměr acidofilních druhů epifytických lišejníků na 57 % a naopak v sadech jabloňových klesá na 42 % na úkor rostoucímu zastoupení neutrofilních (30%) a nitrofilních (28%) druhů epifytů. Za pomoci metody LDV byl proveden monitoring kvality prostředí daného území. Na základě výsledků bylo zjištěno, že celkově nejvyšší kvalita ovzduší je SZ směrem od Sokolova v okolí obce Hřebeny, naopak nejnižší kvalita prostředí je v Sokolově a směrem na JV k obci Březová. Dále bylo zjištěno, že největší pokryvnost kmenů stromů lišejníky je na Z a SZ stranách, což souvisí především s převládajícími směry větrů a

přinášenými srážkami. Kvalita stélek lišejníků je proměnlivá a úzce souvisí s podmínkami v místě jejich výskytu. Tam, kde je negativní vliv malý, jako například v Hřebenech, jsou stélky vitální a svou velikostí téměř nepřehlédnutelné a naopak na místech negativně ovlivněných, například imisemi vzniklými z vytápění rodinných domů tuhými palivy, jako jsou sady v Krajkové, jsou stélky malé nebo poškozené. Analýzou a zpracováním získaných dat z průzkumu zájmového území nebyl prokázán, kromě zmiňovaného druhu stromu, signifikantní vliv jiného faktoru prostředí na biodiverzitu epifytických lišejníků. Konečné vyhodnocení stavu životního prostředí zkoumaného území bylo provedeno opět pomocí metody LDV. Tato metoda pracuje podle vypočtených hodnot s 5 kategoriemi kvality prostředí: 1 špatná, 2 narušená, 3 střední, 4 relativně dobrá a 5 velmi dobrá. Čím vyšší hodnota, tím vyšší kategorie a tím také kvalitnější prostředí. Nejnižší hodnota LDV sadu byla 40 (Krajková) a nejvyšší hodnota sadu byla 80 (Hřebeny). Z toho vyplynulo, že Sokolovsko, které ač bylo desítky let minulého století vystaveno imisím vzniklým provozem tepelných elektráren, dalších průmyslových podniků a probíhající těžbou hnědého uhlí, náleží v současnosti do kategorií 3 a 4, což znamená, že v dané oblasti je dnes střední až relativně dobrá kvalita prostředí.

## 9. Použitá literatura

- Anděl P.** (2011): Ekotoxikologie, bioindikace a biomonitoring, Evernia s.r.o., Liberec: 265 s.
- Ahmadjian V.** (1993): The Lichen Symbiosis. New York: John Wiley: 264 pp.
- Asta J. et al.** (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. – In: Nimis P. L., Scheidegger C. & Wolseley P. A. (eds.), Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. Kluwer Academic, Dordrecht: 273–279 pp.
- Balabán K.** (1960): Lesnický významné lišejníky, mechorostry a kaprad'orostry. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 230 s.
- Baniya Ch. B., Solhoy T., Gauslaa Y., W. Palmer M.** (2010): The elevation gradient of lichen species richness in Nepal. Lichenologist 42: 83–96.
- Bartók K.** (1999): Pesticide usage and epiphytic lichens diversity in romanian orchards. Lichenologist 31: 21–25.
- Bari A., Rosso A., Minciardi R., Trojani F., Piervittori R.** (2001): Analysis of heavy metals in atmospheric particulates in relation to their bioaccumulation in explanted

*Pseudevernia furfuracea* thalli. Environmental Assessment 69: 205–220.

**Barkmann J. J.** (1958): Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. - Van Gorcum and Company. N. V., Asen. 628 pp.

**Blett T., Geiser L., Porter E.** (2003): Air pollution-related lichen monitoring in national parks, forests and refuges: Guidelines for studies intended for regulatory and management purposes. National Park Service Air Resources Division: 26 pp.

**Büdel B. et Lange O. L.** (1991): Waterstatus of green and bluegreen phycobionts in lichen thalli after hydration of water vapour uptake: Does it become turgid? Botanica Acta, 104: 361-366.

**Coombes A. J.** (1992): Trees. Dorling Kindersley Ltd., London: 320 pp.

**Čeněk M.** (2009): Mechy a lišejníky. Národní zemědělské muzeum Praha: 96 s.

**ČHMU** (2015): Roční aritmetické průměry SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a prašného aerosolu PM<sub>10</sub>. Online: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab\\_roc/tab\\_roc\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html), cit. 28. 9. 2015

**ČHMU** (2015): Trendy ročních charakteristik SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a prašného aerosolu PM<sub>10</sub>. Online: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/Obsah\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/Obsah_CZ.html), cit. 29. 5. 2015

**ČHMU** (2015): Úhrn srážek a průměrné roční teploty. Online: [http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4\\_Historicka\\_data/P4\\_1\\_Pocasi/P4\\_1\\_4\\_Uzemni\\_teploty&nc=1&portal\\_lang=cs#PP\\_Uzemni\\_teploty](http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_4_Uzemni_teploty&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_teploty), cit. 15. 6. 2015

**ČÚZK** (2017): ArcGIS REST Services Directory. Online: <http://ags.cuzk.cz/ArcGIS/rest/services/zm/MapServer>, cit. 13. 1. 2017  
[http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(5p51q0v4umm3xifuccaawl11\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&text=WMS.AGS&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=314](http://geoportal.cuzk.cz/(S(5p51q0v4umm3xifuccaawl11))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&text=WMS.AGS&head_tab=sekce-03-gp&menu=314), cit. 13. 1. 2017

**Dettki H.** (1998): Dispersal of fragments of two pendulous lichen species. Sauteria 9: 123–131.

**Dětinský R. et Bayerová Š.** (2000): Lišejník větvičník žlutý po 100 letech opět v ČR. Živa 48 (6): 249–250.

**Dimitrovský K.** (2001): Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. Sokolovská uhelná a.s. 192 s.

- Elix J. A. et Stocker-Wörögter E.** (2008): Biochemistry and secondary metabolites. In: Nash III T. H. (ed.): Lichen Biology (Second Edition). Cambridge University, Cambridge, pp. 104–133.
- Fuga A., Saiki M., Marcelli MP., Saldiva PH.** (2008): Atmospheric pollutants monitoring by analysis of epiphytic lichens. *Environmental pollution* 151: 334–340.
- Gloser J.** (2008): Arktické vegetační oázy 1. Nezaledněná území a jejich kolonizace. *Živa* 56 (1): 23.
- Gries C., Sanz M., Romagni J., Goldsmith S.** (1997): The uptake of gaseous sulphur-dioxide by non-gelatinous lichens. *New Phytologist*. 135: 595–602.
- Hauck M., Jürgens S., Brinkmann M., Herminghaus S.** (2008): Surface Hydrophobicity Causes SO<sub>2</sub> Tolerance in Lichens. *Annals of Botany* 101: 531–539.
- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V., Lustyk P.** [eds] (2010): Katalog biotopů České republiky. 2. vydání. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. 448 s.
- Jeran Z., Mrak T., Jačimović R., Simončič P.** (2007): Epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric pollution in Slovenian forests. *Environmental pollution* 146: 324–331.
- Johansson O., Palmqvist K., Olofsson J.** (2012): Nitrogen deposition drives lichen community changes through differential species responses. *Global Change Biology* 18: 2626–2635.
- John J.**, (2008): Vaření piva v českých zemích & zaniklé pivovary na Sokolovsku. 232 s.
- John J. et Kotěšovec V.** (2003): Sokolovsko 1890–1950 (přes půl století). Výtvarné a grafické Studio OKO: 242 s.
- Kocourková J.** (2013): Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků. ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra ekologie: 48 s.
- Kremer B. P. et Muhle H.** (1991): Flechten, Moose, Farne. Mosaik Verlag GmbH, München: 288 pp.
- Kriesl A.** (1978): Indikace znečištění ovzduší vybraných oblastí Čech pomocí lišejníků. *Acta Bot. Slov. Acad. Sci. Sovacae, ser. A*, 4: 419–424.
- Kubát K., Kalina T., Kováč J., Kubátová D., Prach K., Urban Z.** (2003): Botanika. Scientia, Praha. 232 s
- Lange O. L., Türk R., Zimmermann D. G.** (2005): Neufunde der boreal-montanen Flechte *Evernia divaricata* im trocken-warmen Main-Tauber-Gebiet und ihre

Begleiter. Herzogia 18: 51–62.

**LeBlanc F., Rao D., Comeau G.** (1972): The epiphytic vegetation of *Populus balsamifera* and its significance as an air pollution indicator in Sudbury, Ontario. Canadian Journal of Botany 50: 519–528.

**Liška J. et Palice Z.** (2010): Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1). Příroda, Praha, 29: 3–66

**Mapy.cz** (2016): Karlovarský kraj. Online:

<https://mapy.cz/zakladni?x=12.7167687&y=50.1774720&z=10&source=regi&id=3&q=kraj%20Karlovarsk%C3%BD>, cit. 22. 3. 2016

**Mayrhofer H., Drescher A., Stešević D., Bilovitz P. O.** (2013): Lichenized fungi of a chestnut grove in Livari (Rumija, Montenegro). Acta Bot. Croatia 72: 337–346.

**Michálek** (2014): Památné stromy Karlovarského kraje, Karlovarský kraj: 96 s.

**Murphy K. J., Alpert P., Cosentino D.** (1999): Local impact of a rural coal burning generating station on lichen abundance in a New England. Environmental pollution 105: 349–354.

**Nash III T. H.** (2008): Lichen Biology. Cambridge: Cambridge University Press: 486 pp.

**Obrázky. cz** (2016): ČR kraje. Online:

[https://www.obrazky.cz/?q=%C4%8Dr%20kraje&fulltext&mm=2#utm\\_source=search.seznam.cz&utm\\_medium=hint&utm\\_term=%C4%8Dr%20kraje&utm\\_content=obrazky](https://www.obrazky.cz/?q=%C4%8Dr%20kraje&fulltext&mm=2#utm_source=search.seznam.cz&utm_medium=hint&utm_term=%C4%8Dr%20kraje&utm_content=obrazky), cit. 19. 3. 2016

**Paleček J., Linhart I., Horák J.** (1996): Toxikologie a bezpečnost práce v chemii. Vydavatelství VŠCHT, Praha. 188 s.

**Palice Z. et Halda J. P.** (2005): Neviditelný svět mikrolišejníků. Živa 53 (2): 57.

**Paoli L., Gutt A., Loppi S.** (2006): Assessment of environmental quality by the diversity of epiphytic lichens in a semi-arid Mediterranean area (Val Basento, South Italy). Biologia, Bratislava 61 (4): 425–431.

**Skalka M.** (2003): Praktické využití lišejníků. Živa 51 (6): 253–255.

**Skácel F. et Tekáč V.** (2011): Trendy vývoje kvality ovzduší severozápadních Čech 1990–2008. Paliva 3: 28–36.

**Spiro B., Morrisson J., Purvis O. W.** (2002): Sulphur isotopes in lichens as indicators of sources. In Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, ed. P. L. Nimis, C. Scheidegger and, P. A. Wolseley, Dordrecht, Kluwer Academic: 311–315

**Svoboda D.** (2003): Lišejníky Českého krasu: Diversita lišejníků v údolí řeky Berounky v CHKO. Bioindikace znečištění v centrální části Krasu. Diplomová práce. PřF UK v Praze, Praha.

**Ter Braak C. J. F., Šmilauer P., (2012):** CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide: Software for Canonical Community Ordination (version 5.0). Biometris – Plant research international. Wageningen. The Netherlands. 500 pp.

**Wirth V., Hauck M., Schultz M.** (2013): Die Flechten Deutschlands, Band 1. Eugen Ulmer KG, Stuttgart: 672 pp.

**Wirth V., Hauck M., Schultz M.** (2013): Die Flechten Deutschlands, Band 2. Eugen Ulmer KG, Stuttgart: 572 pp.

## 10. Přílohy

### 10.1 Ovocné sady

Zde se prostřednictvím pořízených fotografií spolu s krátkým komentářem představí všech čtrnáct zkoumaných starých ovocných sadů na Sokolovsku. Nejdříve sedm třešňových a pak sedm jabloňových.

#### **Třešňový sad č. 1 – Březová**

V příloze č. 2 je označen T 1, 50°08'56.30"N 12°38'35.76"E, 476 m n.m., 3 km jižně od Sokolova. Sad je úzký, vysázený na rovině, nachází se mezi okrajem města za posledními domy a bývalou velice frekventovanou silnicí směrem na Cheb. 120 m severozápadně od něj se nachází dnes využívaná dálnice. Je orientován směrem východ – západ a bylo zde nalezeno 22 druhů epifytických lišejníků.





### **Třešňový sad č. 2 – Hlavno**

V příloze č. 2 je označen T 2, 50°08'58.41"N 12°35'18.76"E, 444 m n.m., 7 km jihozápadně od Sokolova a pouhopouhé 2 km na západ od elektrárny Tisová, jednoho z největších znečišťovatelů ovzduší v tomto regionu. Sad je v mírném svahu orientovaném na jihovýchod, obklopen polem, loukou a smíšeným lesem, 200 m na západ se nachází malá vodní nádrž. Zde bylo nalezeno 26 druhů epifytických lišejníků.



### **Třešňový sad č. 3 – Chlum Svaté Máří**

V příloze č. 2 je označen T 3, 50°09'10.79"N 12°32'09.98"E, 520 m n.m., 12 km jihozápadně od Sokolova. Sad je v mírném svahu orientovaném východním směrem, obklopen polem, lesem, loukou a blízkou zástavbou, 200 m od silnice. Zde bylo nalezeno 25 druhů epifytických lišejníků.



#### **Třešňový sad č. 4 – Hřebeny**

V příloze č. 2 je označen T 4, 50°12'54.71"N 12°33'55.57"E, 532 m n.m., 11 km severozápadně od Sokolova. Poměrně úzký sad je vysázen na rovině a zčásti kopíruje polní cestu vedoucí z jihu na sever. Je obklopen polem a smíšeným lesem, v blízkosti je celkem frekventovaná silnice. Zde bylo nalezeno nejvíce druhů epifytických lišejníků - 31.





**Třešňový sad č. 5 – Doubí u Karlových Var**

V příloze č. 2 je označen T 5, 50°12'35.15"N 12°49'56.99"E, 445 m n.m., 16 km severovýchodně od Sokolova. Sad je vysázen v mírném svahu orientovaném k severovýchodu, obklopen polem a smíšeným lesem, 200 m od zástavby rodinných domů. Zde bylo nalezeno 25 druhů epifytických lišejníků.



### **Třešňový sad č. 6 – Doubí u Karlových Var**

V příloze č. 2 je označen T 6, 50°12'14.13"N 12°49'18.90"E, 440 m n.m., 14 km severovýchodně od Sokolova. Sad je vysázen ve svahu orientovaném na západ, obklopen smíšeným lesem, v těsné blízkosti železniční trati, za kterou začíná zástavba rodinných domů. Zde byl podruhé nalezen nejvyšší počet druhů epifytických lišejníků - 31.



### **Třešňový sad č. 7 – Sadov**

V příloze č. 2 je označen T 7, 50°15'53.46"N 12°56'21.09"E, 488 m n.m., 22 km severovýchodně od Sokolova. Tento sad je dnes využíván jako pastvina, je vysázen ve svahu orientovaném na severozápad, ze dvou stran obklopen polem, bez účelné ochrany před převládajícími západními větry, v těsné blízkosti účelová komunikace. Zde bylo nalezeno zdaleka nejméně druhů epifytických lišejníků - 13.





### **Jabloňový sad č. 1 – Kostelní Bříza**

V příloze č. 2 je označen J 1, 50°07'00.95"N, 12°36'54.36"E, 580 m n.m., 6 km JJZ od Sokolova. Tento poměrně úzký sad, který dnes slouží jako pastvina, je vysázen ve svahu orientovaném na severovýchod, kde téměř tvoří hranici Tisovský potok. Je obklopen polem, smíšeným lesem a dalším ovocným sadem, sloužícím jako pastvina. Zde bylo nalezeno 27 druhů epifytických lišejníků.





### **Jabloňový sad č. 2 – Hřebeny**

V příloze č. 2 je označen J 2, 50°13'02.89"N 12°34'02.90"E, 534 m n.m., 11 km severozápadním směrem od Sokolova. Také tento sad je dnes využíván zejména jako pastvina, je vysázen ve svahu orientovaném na severovýchod, obklopen polem, smíšeným lesem a dalším ovocným sadem. Pod svahem protéká Dolinský potok. Západní hranici tvoří účelová komunikace, končící u 150 m vzdálených rodinných domů. Zde bylo nalezeno 25 druhů epifytických lišejníků.



### **Jabloňový sad č. 3 – Hřebeny**

V příloze č. 2 je označen J 3, 50°12'48.36"N 12°33'46.73"E, 541 m n.m., 11 km severozápadním směrem od Sokolova. Tento sad je vysázen v mírném svahu, pod kterým je jeden z pramínek Dolinského potoka. Je orientován na severovýchod, obklopují jej pole, smíšený les a další neudržovaný ovocný sad. 50 m jižně se nachází poměrně frekventovaná komunikace. Zde bylo nalezeno 24 druhů epifytických lišejníků.





#### **Jabloňový sad č. 4 – Krajková**

V příloze č. 2 je označen J 4, 50°13'02.32"N 12°32'26.75"E, 560 m n.m., 12 km severozápadním směrem od Sokolova. Tento sad je vysázen ve svahu, pod kterým teče Dolinský potok, je orientován na severozápad, obklopují jej zejména další neudržované ovocné sady a smíšený les. Zde bylo nalezeno 22 druhů epifytických lišejníků.



### **Jabloňový sad č. 5 – Dolní Chodov**

V příloze č. 2 je označen J 5, 50°13'42.72"N 12°45'31.90"E, 445 m n.m., 11 km severovýchodním směrem od Sokolova. Tento jabloňový sad je vysázen v mírném svahu, je orientován na severovýchod a nachází se mezi bývalým průmyslovým podnikem a smíšeným lesem. V současné době je využíván jako pastvina. Zde bylo nalezeno 28 druhů epifytických lišejníků.





### **Jabloňový sad č. 6 – Stará Role**

V příloze č. 2 je označen J 6, 50°14'24.29"N 12°49'24.22"E, 425 m n.m., 16 km severovýchodním směrem od Sokolova v těsné blízkosti Karlových Varů. Tento jabloňový sad je vysázen na poměrně větrném kopci, je orientován na východ a je využíván jako pastvina. Východní hranici sadu tvoří frekventovaná silnice, jinak je obklopen dalšími ovocnými sady a začínající zástavbou. Zde bylo nalezeno 26 druhů epifytických lišejníků.



### **Jabloňový sad č. 7 – Velichov**

V příloze č. 2 je označen J 7, 50°16'49.92"N 13°00'11.04"E, 342 m n.m., 16 km severovýchodním směrem od Sokolova v blízkosti Karlových Varů. Tento nejvíce vzdálený jabloňový sad je vysázen ve svahu, je orientován k severu, nebo spíše k severozápadu a je využíván jako pastvina. Hranici sadu tvoří ze severu okresní silnice, za kterou teče řeka Ohře, z jihu a západu smíšený les, východně se již nachází zástavba. Zde bylo nalezeno 23 druhů epifytických lišejníků.



## 10.2 Sady a v nich nalezené druhy epifytických lišejníků s jejich ekologickými charakteristikami.

ID	Druhy lišejníků	Třešně							Jabloně							red list	český název	substrá	stélka	
		Čísla jednotlivých sadů																		
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
1	Amandinea punctata	1	1	1	1	1	1				1			1	1	1	LC	buelie tečkovaná	neu	kor
2	Anisomeridium polypori						1	1	1		1						LC	nenápadka nyssaegská	nit	kor
3	Bilimbia sabuletorum								1		1	1	1				LC	šálečka pískomilná	nit	kor
4	Bryoria fuscescens	1		1		1	1								1		VU	vousatec hnědavý	aci	keř
5	Candelariella efflorescens	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	NT	svičník ohmutý	nit	kor
6	Candelaria concolor	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	NT	svičník jednobarevný	neu	lup
7	Cladonia coniocraea		1														LC	dutohlávka jehlicovitá	aci	lup
8	Cladonia fimbriata		1	1	1	1	1										LC	dutohlávka trásnitá	aci	lup
9	Cladonia ramulosa		1														NT	dutohlávka větvená	aci	lup
10	Evernia prunastri	1		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	NT	větvičnik slivový	aci	keř
11	Hypocenomyce scalaris				1	1	1										LC	strupka lasturnatá	aci	kor
12	Hypogymnia physodes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovka bublinatá	aci	lup
13	Hypogymnia tubulosa	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	NT	terčovka rourkatá	nit	lup
14	Lecania cyrtella		1	1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	LC	hůlkovka korová	neu	kor
15	Lecania cyrtellina								1								NT	misnička habrová	neu	kor
16	Lecanora conizaeoides	1	1	1	1	1	1	1						1	1		LC	misnička práškovitá	aci	kor
17	Lecanora hagenii	1	1		1												NT	misnička Hagenova	neu	kor
18	Lecanora symmicta				1				1		1		1	1	1		LC	misnička zelenavá	aci	kor
19	Lecanora pulicaris		1				1										LC	misnička korová	aci	kor
20	Lepraria incana				1		1		1			1	1				LC	prášenka bělošedá	aci	kor
21	Lepraria rigidula		1	1	1	1	1		1		1	1	1				LC	prášenka ztuhlá	aci	kor
22	Melanelia subaurifera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	VU	terčovka hrbolkatá	neu	lup
23	Melanohalea exasperatula	1		1	1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovka bradavkatá	aci	lup
24	Parmelia saxatilis	1	1			1	1		1					1	1		LC	terčovka skalní	aci	lup
25	Parmelia sulcata	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovka brázditá	neu	lup
26	Parmeliopsis ambigua		1	1	1	1	1				1						LC	terčovka rozestřená	aci	lup
27	Phaeophyscia nigricans									1							LC	terčovnik černající	neu	lup
28	Phaeophyscia orbicularis	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovnik kruhovitý	neu	lup
29	Piccolia ochrophora										1						NT	biatorela rezavá	nit	kor
30	Phlyctis argena		1	1	1	1	1		1	1							LC	měchýřkovka stříbřitá	aci	kor
31	Physcia adscendens	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovnik odstávavý	nit	lup
32	Physcia aipolia				1					1							EN	terčovnik lysý	nit	lup
33	Physcia stellaris								1				1	1	1		VU	terčovnik hvězdovitý	nit	lup
34	Physcia tenella	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčovnik tenounký	nit	lup
35	Physcia tribacia													1			VU		neu	lup
36	Platismatia glauca		1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1		NT	pukléřka sivá	aci	lup
37	Pseudevernia furfuracea	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	NT	terčovka otrubčitá	aci	keř
38	Ramalina farinacea								1	1	1		1	1			NT	stužkovec prašný	neu	keř
39	Scoliosporum chlorococcum	1	1	1	1		1	1		1				1	1		LC	červovýtruska řasová	aci	kor
40	Scoliosporum sarothamni				1		1		1	1							LC	červovýtruska janovcov	aci	kor
41	Tuckermannopsis chlorophylla						1			1		1		1	1		NT	pukléřka zelenavá	neu	lup
42	Usnea barbata	1	1	1	1	1	1		1		1	1	1		1		CR	provazovka vousatá	aci	keř
43	Vulpicida pinastri				1	1			1	1			1	1			NT	pukléřka sosnová	aci	lup
44	Xanthoria candelaria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčník lesklý	nit	lup
45	Xanthoria parietina	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	LC	terčník zední	nit	lup
46	Xanthoria polycarpa	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1	1		NT	terčník mnohoplodý	nit	lup



Počet druhů v sadech	22	26	25	31	25	31	13	27	25	24	22	28	26	23	24,86
LDV	46	66	58	65	61	73	55	54	75	80	40	67	57	70	61,93
druh kriticky ohrožený	CR	1		2%											
druh ohrožený	EN	1		2%											
druh zranitelný	VU	4		9%											
druh blízky ohrožení	NT	14		30%											
druh neohrožený	LC	26		57%											