

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Inventarizace epifytických lišejníků
v zámeckém parku Světlá nad Sázavou**

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

Zpracovatel: Bc. Zdeněk Fikar, DiS.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zdeněk Fikar, DiS.

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Inventarizační průzkum epifytických lišejníků zámeckého parku Světlá nad Sázavou

Název anglicky

Inventory research of epiphytic lichens in the castle park of Světlá nad Sázavou town

Cíle práce

1. Inventarizace epifytických lišejníků v zámeckém parku Světlá nad Sázavou
2. Vyhodnocení kvality ovzduší v dané lokalitě na základě zjištěné biodiverzity lišejníků
3. Vyhodnocení zjištěných druhů podle kategorií Červeného seznamu lišejníků České republiky
4. Analýza zjištěných dat

Metodika

Terénní sběr vzorků lišejníků na sledovaném území společně se základními environmentálními daty. Preparace a zpracování vzorků. Determinace položek pomocí určování klíčů. Problematické vzorky budou dále určovány pomocí mikroskopie, bodových chemických testů, barvicích metod a metodou TLC. Posouzení kvality ovzduší podle indikačních druhů lišejníků vyskytujících se v zájmovém území. Zanesení indikačních druhů lišejníků do mapy parku a posouzení, zda se kvalita ovzduší v jednotlivých částech parku liší. Vyhodnocení biodiverzity lišejníků v souvislosti s druhy stromů, na kterých se nachází. Získaná data budou vyhodnocena pomocí standardních programů. Všechny zjištěné druhy budou zpracovány do herbářových položek jako doklady provedeného výzkumu a budou uloženy do lichenologického herbáře katedry ekologie.

Doporužený rozsah práce

60-80 stran

Klíčová slova

Epifytické lišejníky, biodiverzita, biomonitoring kvality ovzduší, oxid siřičitý, NO_x, vazba druhů na substrát

Doporučené zdroje informací

- CHYTRÝ M., KUČERA T. et KOČÍ M. (2001): Katalog biotopů České Republiky. AOPK, Praha.
- LIŠKA J. et al. (2008): Seznam a Červený seznam lišejníků České Republiky. – Preslia 80: 151-182.
- LIŠKA J. et PALICE Z. (2010): Červený seznam lišejníků České Republiky (verze 1.1).- Příroda 29, AOPK ČR, Praha, p. 3-66.
- LIŠKA J. (2005): Katalog lišejníků – korekce a doplňky. – Bryonora 35: 1-5.
- NASH III T.H. (2008): Lichen Biology (Second Edition). Cambridge University, Cambridge, 486 pp.
- VĚZDA A. et LIŠKA J. (1999): Katalog lišejníků České Republiky. Botanický ústav AV ČR Průhonice, Praha, 288s.
- WIRTH V. et al. (2013): Die Flechten Deutschlands: Band 1. + 2. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1244 pp.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 ZS – FŽP

Vedoucí práce

doc. RNDr. Jana Kocourková, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 22. 11. 2019

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 01. 2021

Prohlašuji,

že jsem diplomovou práci na téma: Inventarizace epifytických lišejníků v zámeckém parku Světlá nad Sázavou vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil, a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Radostíně 10. 3. 2021

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce, paní doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc., za odborné vedení a cenné rady při určování druhů lišejníků. Dále bych chtěl poděkovat panu RNDr. Jiřímu Těšínskému a jeho kolegovi, který si nepřeje být jmenován. Tito lidé mi byli nápomocni při terénním sběru a při určování druhů epifytických lišejníků.

Abstrakt

Tato práce se věnuje inventarizaci epifytických lišejníků v zámeckém parku Světlá nad Sázavou. V práci je poukázáno na propojení životního prostředí s růstem a výskytem epifytických lišejníků. V dané lokalitě byl nalezen vyhynulý druh *Phaeophyscia pusilloides* a ohrožené druhy *Acrocordia gemmata* a *Phaeophyscia endophoenicea*.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část popisuje zájmové území a věnuje se obecné charakteristice lišejníků, životním podmínkám lišejníků a např. i využití lišejníků. Praktická část shrnuje výsledky terénního průzkumu a identifikaci druhů. Na základě zjištěných druhů byl analyzován stav prostředí. Druhy lišejníků byly zařazeny do kategorií ohrožení podle Červeného seznamu lišejníků (Liška et Palice, 2010). Dále byly vyhodnoceny ekologické nároky druhů např. (světlo, teplota, vlhkost, atd) (Wirth, 2010).

Pomocí Kruskal-Wallisova testu byly porovnávány vybrané lokality mezi sebou. Na základě výsledků z explorační datové analýzy se zdá, že nejvhodnější lokalitou pro výskyt lišejníků je územní celku B. Celek B se nachází v údolí, kterým protéká Závitkovický potok. Zde byly nalezeny druhy ohrožené, kriticky ohrožené atd. V ostatních částech parku se vyskytují pouze běžné odolné druhy lišejníků. Tento výskyt je zřejmě způsoben vysokými imisemi SO_2 a NO_x , které významně ovlivňují druhovou skladbu lišejníků.

Z toho lze usuzovat, že by bylo zapotřebí nastavit přísnější limity na vypouštění veškerých škodlivin do ovzduší, nejen kvůli lišejníkům, ale také kvůli zdraví obyvatelstva.

Klíčová slova:

Epifytické lišejníky, biodiverzita, biomonitoring kvality ovzduší, oxid siřičitý, NO_x , vazba druhů na substrát

Abstract

This work deals with the inventory of epiphytic lichens in the castle park Světlá nad Sázavou. The connection between the environment, growth and occurrence of epiphytic lichens is pointed out. The extinct *Phaeophyscia pusilloides* and the endangered *Phaeophyscia endophoenicea* and *Acrocordia gemmata* were found in the locality.

The thesis has a theoretical and practical part. The theoretical part, is describing the area of study, general characteristics of lichens and environmental conditions of lichens. Practical part is summarizing results from the field research, identification of lichens, sort them according to the categories of threat of the Red List of Lichens (Liška, et Palice, 2010), and ecological factors, e.g. (light, temperature, humidity, etc.). (Wirth, 2010)

For the comparison of chosen sites Kruskal-Wallis test was applied. Based on the results of the exploration data analysis it seems that the most suitable locality for the occurrence of lichens is location B. This site is situated in the valley of Závitkovický brook. Several endangered species have been found there. This area is situated in longer distance from an industrial zone and it is partly protected by some constructions and high vegetation. In the other parts of the given location only common and resistant species have been found. This situation is probably caused by a high level of emission SO₂ in the past and current pollution by NO_x which significantly influenced species composition of lichens.

Based on the mentioned facts it is possible to state that the determination of stricter limits for the emission of all harmful substances into atmosphere is necessary and not only because of lichens but also because of human health.

Keywords:

Epiphytic lichens, Biodiversity, air quality biomonitoring, Sulphur dioxide, NO_x, Binding of species to substrate

Obsah

Obsah	8
1 Úvod	10
2 Cíle práce	11
3 Charakteristika zájmového území.....	12
3.1 Popis zájmového území.....	12
3.2 Geomorfologie území.....	13
3.3 Fytogeografie	14
3.4 Geologie	14
3.5 Pedologické půdní poměry.....	14
3.6 Klimatické podmínky	14
4 Rešerše.....	16
4.1 Lišejníky.....	16
4.2 Morfologie lišejníků.....	17
4.2.1 Korovité lišejníky.....	17
4.2.2 Lupenité lišejníky.....	17
4.2.3 Keříčkovité lišejníky	17
4.2.4 Dimorfická stélka.....	18
4.3 Výskyt a význam lišejníků	18
4.4 Bioindikace pomocí lišejníků.....	18
4.5 Toxicita	20
4.6 Lišejníky a toxicita.....	21
4.7 Působení oxidu siřičitého	25
5 Metodika	27
5.1 Rozdělení zámecké zahrady na dílčí územní celky.....	27
5.2 Statistické vyhodnocení výskytu lišejníků na stromech v územních celcích.....	28
5.3 Sběr vzorků v terénu	30
5.4 Determinace lišejníků.....	34
6 Výsledky	35

6.1	Seznam druhů lišejníků podle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et al., 2010)	35
6.2	Rozdělení druhů podle typu stélky.....	37
6.2.1	Výskyt lišejníků s korovitou stélkou.....	37
6.2.2	Výskyt lišejníků s lupenitou stélkou	38
6.2.3	Výskyt lišejníků s dimorfickou stélkou	38
6.3	Rozdělení podle druhu borky	39
6.3.1	Zastoupení neutrofilních druhů.....	39
6.3.2	Zastoupení acidofilních druhů	41
6.3.3	Zastoupení nitrofilních druhů.....	41
6.3.4	Podmínky pro výskyt lišejníků	42
6.3.5	Komentáře k vybraným druhům lišejníků.	44
6.3.6	Odhad míry znečištění ovzduší pomocí epifytických lišejníků	45
6.3.7	Ekologické indikátory lišejníků	46
7	Analýza dat	50
7.1	Výsledky Kruskal-Wallisova testu.....	50
7.1.1	Explorační datová analýza	50
7.1.2	Testování statistických hypotéz	53
7.1.3	Diskuse ke statistickému testu	53
7.1.4	Výsledky výzkumu lišejníků na stromech	54
8	Shrnutí praktické části	59
9	Diskuse	61
10	Závěr.....	66
11	Použité zdroje:	68
12	Přílohy	75

1 Úvod

Práce má zmonitorovat výskyt epifytických lišejníků v lokalitě zámeckého parku ve městě Světlé nad Sázavou. Zámecký park ve Světlé nad Sázavou je ojedinělý celek s pestrou přírodou na okraji města, který lidé vyhledávají jako místo k odpočinku a procházkám. Již několik let pracuji jako odpadový hospodář a vidím, kde se park nachází a jaké průmyslové vlivy na něj mohou působit. Myslím si, že průmyslová zóna, která přímo sousedí s parkem, může mít vliv na životní prostředí v zámeckém parku. K mému zájmu o stav tohoto území přispělo i to, že jsem sám viděl, jak nová a zdravá výsadba dřevin rychle hynula brzy poté, co byla vysazena.

Z tohoto důvodu jsem si vybral inventarizaci epifytických lišejníků, jako dobrých indikátorů stavu životního prostředí, a také proto, že v současné době probíhá revitalizace zámeckého parku.

V teoretické části jsem se zajímal o to, co jsou to lišejníky, jakou mají morfologii, kde rostou, jaký mají význam pro člověka a přírodu celkově, a o jejich bioindikaci.

Praktická část se týká zmapování jednotlivých druhů lišejníků, v rámci jednotlivých částí parku. Pokusil jsem se nalézt co nejvíce druhů a zjistit, na kterých druzích stromů se vyskytují nejčastěji.

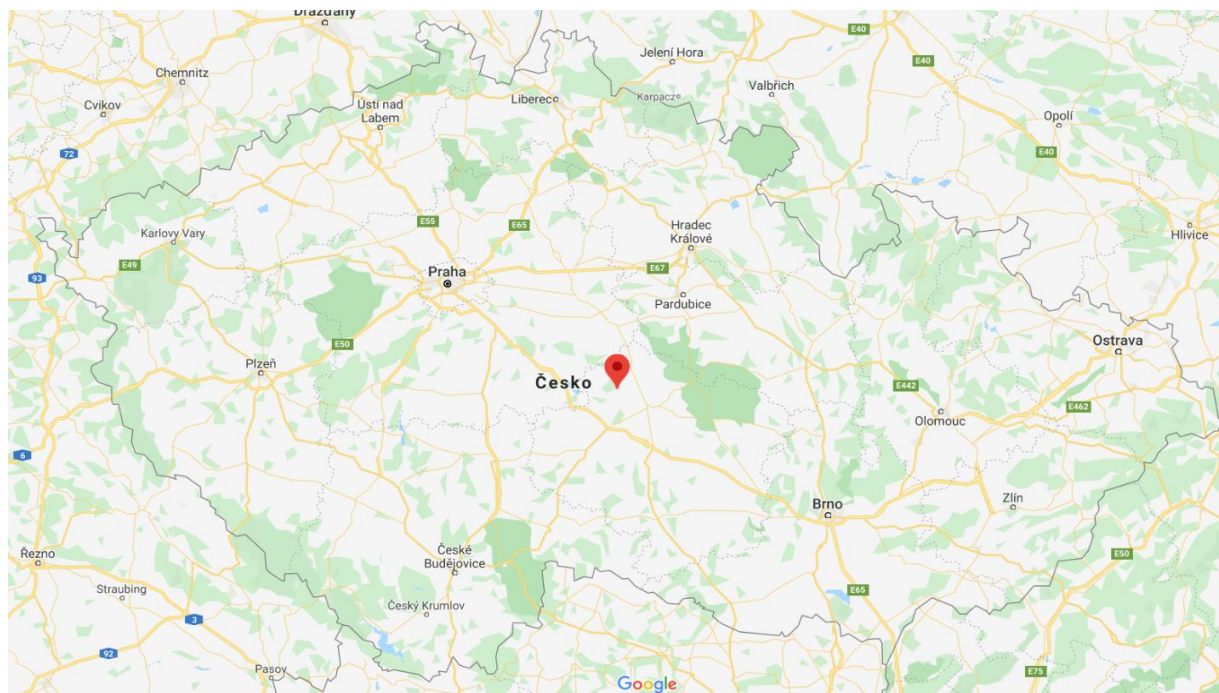
2 Cíle práce

- a) Inventarizace epifytických lišejníků v zámeckém parku Světlá nad Sázavou
- b) Vyhodnocení kvality ovzduší v dané lokalitě na základě zjištěné biodiverzity lišejníků
- c) Vyhodnocení zjištěných druhů podle kategorií Červeného seznamu lišejníků České republiky
- d) Analýza zjištěných dat

3 Charakteristika zájmového území

3.1 Popis zájmového území

Město Světlá nad Sázavou se nachází v kraji Vysočina v okrese Havlíčkův Brod, přibližně 14 kilometrů severozápadně od Havlíčkova Brodu, a to na soutoku řeky Sázavy a Sázavky (obr. 1). Ve městě žije 6500 obyvatel (město Světlá nad Sázavou, 8.3.2020, Anonymus).



Obrázek. 1 – Zájmová lokalita v rámci ČR (www.google.cz/maps)

Mnohaletým symbolem města Světlá nad Sázavou je průmyslová výroba skla. V roce 1992 byl na počest sklářského odvětví postaven na náměstí pomník. Sklářský průmysl byl započat již v 17. století, který měl pro svůj základ velké plochy lesních porostů. Sklářské hutě pro svůj provoz využívaly především dřevěné uhlí, které poskytovaly právě přilehlé lesní porosty. Jak, se postupně výroba skla rozrůstala, tak postupem času se rozrůstalo i jeho broušení a leštění. Na tomto území bylo mnoho drobných skláren, ale nejvíce se rozrůstající byla od roku 1861 – josefodolská. Tato sklárna byla přestavěna z papírny. Nová sklárna byla budována od roku 1967, která slouží nepřetržitě. V této sklárně převládá především automatická strojní výroba, výroba hladkého skla a také broušení. V areálu skláren byla též vystavěna chemická leštírna skla, kde se používá kyselina fluorovodíková s následným oplachem kyseliny sírové.

Další významnou sklárnou je Sklárna Bohemia Machine, která se zabývá jak strojní, tak ruční výrobou skla. Tento podnik má několik provozů v příměstských částech Světlé nad Sázavou. Společnost Bohemia Machine je vybavena též vlastní chemickou leštírnou skla.

Právě průmyslová výroba skla ve zdejších sklárnách by mohla mít významný vliv na stav životního prostředí ve městě, včetně zámeckého parku, respektive v případě našeho zájmu i v celé lokalitě zámeckého parku (obr. 2). Jak moc ovlivňuje tento sklářský průmysl výskyt lišejníků zámeckého parku, bude předmětem podrobného zkoumání (město Světlá nad Sázavou, 8.3.2020).

Zámecký park (obr. 2) má rozlohu cca 16 ha, z toho cca 2 ha činí vodní plocha. Park byl založen v roce 1871. V té době byl obohacen různým množstvím romantických staveb. Za doby totality nebyl park udržován, postupně zarůstal a pustl. Z místa, odpočinku se stalo místo zarostlé džunglí. V roce 1989 park získalo město a o rok později byla zahájena revitalizace. Na cca 8 ha byly postupně odstraňovány náletové dřeviny, po odborném posouzení bylo pokáceno cca 125 ks starých a nemocných stromů. Postupně byly hrabáním či frézováním odstraňovány pařezy (město Světlá nad Sázavou, 8.3.2020).



Obrázek. 2 – Vymezení zájmové lokality (mapy.cz, 25. 05. 2020)

3.2 Geomorfologie území

Provincie: Česká vysočina

Subprovincie:	Česko – moravská
Oblast:	IIC – Českomoravská vrchovina
Celek:	IIC – 2 Hornosázavská pahorkatina
Podcelek:	IIC – 2C Světelská pahorkatina
Podcelek:	IIC – 2C Havlíčkobrodská pahorkatina
Okresek:	IIC – 2C Chotěbořská pahorkatina

(Balatka B. et Kalvoda J., 2006)

3.3 Fytogeografie

Fytogeografické členění:

Českomoravské mezofytikum,

66 - Hornosázavská pahorkatina (Skalický, 1988)

3.4 Geologie

Z regionálně – geologického hlediska náleží zájmový prostor české větvi moldanubika, ležící na severním okraji moldanubického plutonu, který je zastoupen světelským masivem. Světelský masiv se rozprostírá východně a jihovýchodně od Světlé nad Sázavou a je tvořen dvojslídovým granitem. Horniny jsou směrem k povrchu rozpukané a rozložené na jílovotopísčité eluvia přecházející do deluvií, jež jsou kryta hlinitými horizonty. Kvartérní překryvy hlíny, písku a štěrku (Půdní mapa 1:50 000. Česká Geologická Služba, Anonymus).

3.5 Pedologické půdní poměry

Dané území se nachází v bonitní půdní jednotce pět až osm vegetačního stupně, kde převládají hnědé půdy a hnědé půdy kambizemě kyselé až kambizemě s rankery a litozeměmi (Půdní mapa 1:50 000. Česká Geologická Služba, Anonymus).

3.6 Klimatické podmínky

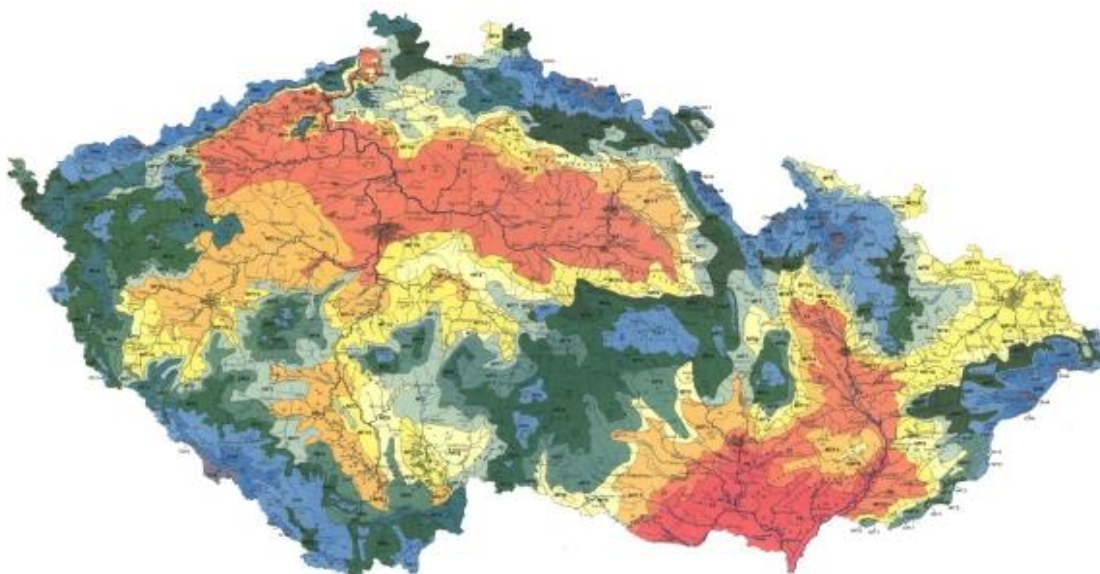
Podle Quittovy klasifikace klimatických oblastí (tab - 1) lokalita zámeckého parku ve Světlé nad Sázavou leží v mírně teplé oblasti označené MT7, blízko přechodu k chladnějším oblastem MT3 a MT5 s normálně dlouhým mírným a mírně suchým létem. Přechodná období jsou krátká, s mírným jarem a mírně teplým

podzimem. Zima je normálně dlouhá, mírně teplá, suchá až mírně suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Srážkový úhrn za celý rok činí v dlouhodobém průměru v oblasti MT7 cca 650 mm až 750 mm (obr. 3). Ve sledovaném území je častý výskyt lokálních inverzí, které se vyskytují z důvodu údolí vodních toků.

V dlouhodobém průměru jsou nejvyšší měsíční úhrny srážek pozorovány v letních měsících červen–červenec–srpen, nejnižší naopak na začátku jara (březen) a na konci kalendářního roku v listopadu a prosinci.

Zájmové území se nachází v nadmořské výšce 400 m n.m. (ČÚZK, DMR-4G) v oblasti, kde průměrná roční teplota dosahuje 6 – 7 °C, průměrná červencová teplota 16 – 17 °C, průměrná lednová teplota 2 – 3 °C, průměrné množství srážek za rok dosahuje 600 – 700 mm (Atlas krajiny ČR, Ministerstvo životního prostředí České republiky, 2009).



Obrázek 3 – Klimatické regiony ČR (www.ovocnarska-unie.cz)

	TEPLÁ		MÍRNĚ TEPLÁ								CHLADNÁ				
	T2 oranžová	T4 červená	MT2 khaki	MT3 tmavě zelená	MT4 olivová	MT5 zelená	MT7 světle zelená	MT9 světle žlutá	MT10 žlutá	MT11 okrová	CH4 šedá	CH6 modrá	CH7 světle modrá		
LetD	50-60	60-70	20-30		30-40			40-50		0-20		10-30			
HVO	160-170	170-180	140-160	120-140	140-160								80-120	120-140	
MD	100-110		110-130	130-160	110-130	130-140	110-130			160-180	140-160				
LD	30-40		40-50			30-40			60-70		50-60				
°C I	-2 - -3		-3 - -4		-2 - -3	-4 - -5	-2 - -3	-3 - -4	-2 - -3		-6 - -7		-4 - -5	-3 - -4	
°C IV	8-9	9-10	6-7					7-8			2-4		4-6		
°C VII	18-19	19-20	16-17					17-18			12-14	14-15	15-16		
°C X	7-9	9-10	6-7				7-8			4-5		5-6	6-7		
s≥1mm	90-100	80-90	120-130	110-120		100-120			90-100	120-140	140-160	120-130			
s VO	350-400	300-350	450-500	350-450			400-450		350-400	600-700		500-600			
s VZ	200-300		250-300					200-250		400-500		350-400			
sp	40-50		80-100	60-100	60-80	60-100	60-80		50-60	140-160	120-140	100-120			
o>0,8	120-140	110-120	150-160	120-150	150-160		120-150			130-150		150-160			
o<0,2	40-50		50-60		40-50		50-60		40-50		30-40		40-50		

Tabulka 1 – Klimatické regiony ČR (www.ovocnarska-unie.cz)

4 Rešerše

4.1 Lišejníky

Lišejníky jsou složené organismy, jejichž stélka se skládá z houby – mykobionta a autotrofní řasy – fykobionta. Oba organismy jsou ve velmi těsném vztahu, symbióze, a poté se morfologicky jeví jako jednotný organismus. Soužití mezi řasou a houbou je stále má charakter podvojných organismů, které tvoří lišejníky v morfologicky a fyziologicky jednotný celek (SVRČEK, 1976). Systematicky jsou řazeny do hub, řasa má vlastní jméno (Nash, 2008).

Při těsném spojení houby s řasou dochází ke vzniku organismů s jinými vlastnostmi, které mají i jiné nároky jak na rozmnožování, tak i na prostředí. Proto se mohou lišejníky vyskytovat i na extrémních stanovištích, jako jsou písčité půdy, skály, kde nedokáže přežít houba ani řasa samostatně (Balabán, 1960). Díky soužití houby řasy/sinice mohou lišejníky růst i na stanovištích nevhodných pro růst samostatných partnerů jako např. na suchých, živinami chudých i chladných místech (Nash, 2008).

Epifytické lišejníky jsou odkázány, kromě živin vylouhovaných z kůry, především na zdroje vody a živin z atmosféry. Pro výskyt lišejníků není tak důležité množství srážek spadlých v dané oblasti, ale je pro ně velmi důležitá vzdušná vlhkost, např. mlha (Büdel et Lange, 1991). Lišejníky nemají žádné orgány k absorpci nebo transpiraci vody, proto jsou odkázány na příjem dešťových srážek a vodních par s imisemi celým povrchem stélky. Epifytické lišejníky, které se nacházejí na kmenech, jsou vystavovány dávkám kontaminantů zachycených na mnohem větší ploše (např. koruna stromu), než je plocha, na které rostou (Anděl, 1985). Příčinou jejich vysoké citlivosti ke kvalitě ovzduší je tedy jejich intenzivní kontakt se vzduchem a látkami v něm obsaženými. Přijímané látky z ovzduší mohou být i toxické a ukládají se v různých částech lišejníků (Nash, 2008).

Lišejníky absorbují ve svém těle minerální látky, které získávají především z rosy, mlh a z větví stromu. Takto přijímaná vlhkost slouží jako zdroj živin pro lišejníky a je též nositelem toxických látek, které se v nich zachytily. Citlivost různých druhů lišejníků vůči toxickým látkám je značně rozdílná. Odolné druhy lišejníků mohou ve znečištěném prostředí přetrvávat řadu let, citlivější postupem času mizí. (Nash, 2008).

4.2 Morfologie lišejníků

Stélky lišejníků jsou velmi variabilní, ale u jednoho a téhož druhu je stélka poměrně konstantní. Území, ve kterém se lišejník nachází, může působit pouze na vznik více modifikací. Dříve byl přikládán velký význam morfologii stélky, dnes však – vzhledem k dalším, fylogeneticky podloženým znakům – ustupuje význam tohoto znaku pro systematické členění druhů do pozadí (Kalina et Váňa, 2005). K rozvoji stélky dochází až po symbióze. Stélka lišejníků je převážně určována mykobiontem, i když narazíme na několik výjimek jako je rod *Cystocoleus* nebo *Ephebe*. U těchto druhů je tvar stélky určován fotobiontem (Büdel et Scheidegger, 2008).

Podle růstové formy stélky je možno rozdělit lišejníky do tří základních skupin (Kalina et Váňa, 2005).

4.2.1 Korovité lišejníky

U korovitých lišejníků je stélka spodní stranou pevně přirostlá k podkladu, a těžko se odděluje bez poškození. U typických korovitých lišejníků není spodní kůra, ta se vyskytuje pouze u plakodiovitých typů jako je *Lecanora* sect. *Placodium*. Typ, kde část stélky odstává od substrátu (*Squamarina*), a typ, jehož stélka laterálně srůstá (*Peltula*), mají přechod k lupenité stélce. Typ stélky, která je naduřelá, ukazuje přechod ke keříčkovitým typům (*Toninia*) (Kalina et Váňa, 2005).

4.2.2 Lupenité lišejníky

Lupenité lišejníky – mají stélku rozloženou do plochy, laločnatou a přichycenou k podkladu rhizinami na spodní straně stélky, jen volně leží. Jejich stélku je možno oddělit od podkladu téměř bez poškození. U některých lišejníků, jako je např. rod *Umbilicaria* je stélka přirostlá k podkladu v jediném místě, tzv. pupku (Kalina et Váňa, 2005).

4.2.3 Keříčkovité lišejníky

U keříčkovitých lišejníků je stélka složena z vláknitých, stužkovitých nebo větvičkovitých částí. Jsou přichyceny k substrátu pouze v jednom bodě a bývají buď – vzpřímené nebo převislé. Tyto, lišejníky rostou jako odstávající od podkladu, nebo rostou (visí) směrem dolů a také jsou radiálně stavěné jako např. *Bryoria* (Kalina et Váňa, 2005).

4.2.4 Dimorfická stélka

U některých lišejníků se vytváří tzv. dimorfická stélka. Je rozlišena v primární lupenitou nebo korovitou přizemní část a sekundární keříčkovitou vystoupavou část. Například se jedná o rody *Cladonia*, *Stereocaulon* (Kalina et Váňa, 2005).

4.3 Výskyt a význam lišejníků

Lišejníky se vyskytují na Zemi od pólů k rovníku. Dominantní jsou především na extrémních stanovištích, kde se nedaří jiným skupinám organismů. Lišejníky se vyskytují na borce dřevin, dřevě, skalách, kamenech i zemi. Především v tropických oblastech se vyskytují i na listech stromů. Lišejníky je možno najít i na zcela specifických substrátech, jako je kov, sklo, krunýře želv a krovky brouků. Existují také parazitické lišejníky rostoucí na jiných lišejnících. Důležitý význam poskytují lišejníky žijící v přírodě na extrémních stanovištích, poněvadž zde působí jako půdotvorní činitelé. Jsou známy a studovány antibiotické účinky lišejníků, Na výrobu plicních čajů se dodnes používá *Cetraria islandica*. Některé lišejníky jsou jedovaté. Jedná se např. o lišejníky, které obsahují deriváty kyseliny vulpinové (*Letharia vulpina*, *Vulpcida pinastris*). Tato kyselina (vulpinová) působí na centrální nervový systém, způsobuje zrychlené dýchání, které vede až k vyčerpání organismu. Dříve se používal lišejník druhu *Letharia vulpina* k hubení vlků. Je zajímavé, že kyselina vulpinová působí na savce, s výjimkou králíků a myší. Dále se lišejníky používaly jako zdroj pro výrobu barviv - lakmus (*Roccella*), a parfém (*Evernia prunastri* a *Pseudevernia furfuracea*). Pro dekorační účely a výrobu věnců se používá *Cladonia stellaris* atd. Také se v dobách nouze používaly jako přídavek do mouky v severních oblastech např. druhy *Cetraria islandica* a *Cladonia stellaris*. Lišejníky se také používají jako krmivo pro zvířata, zejména pro soby (rod *Cladonia*). Lišejníky slouží jako potrava a úkryt pro bezobratlé (Kalina et Váňa, 2005).

4.4 Bioindikace pomocí lišejníků

I přesto že dnešní svět a současný život je značně uspěchaný, někteří lidé projevují zájem o ekologii a životní prostředí, v jakém žijeme. Proto mnozí lidé sledují působení biologických systémů a životního prostředí, které je obklopuje. O kvalitě životního prostředí svědčí přítomnost nebo absence určitých rostlinných nebo

živočišných druhů. Je také možné, že mnohé druhy vyhynuly, ale naopak některým druhům se podařilo aklimatizovat a v tomto území jsou hojně rozšířené. Takto podle rostlinných druhů, a toho, v jaké jsou vegetativní fázi, poznáme, zda je dané území čisté, či zamořené. Bioindikátory jsou organismy nebo jejich části, na jejichž morfologických změnách nebo reakcích lze sledovat výskyt toxických látek působících na životní prostředí (Markert et al., 1997).

Jak uvádí M. Skalka ve svém článku účinky oxidu siřičitého (SO₂) na lišejníky sledovali jako první v roce 1965 L. Pearsen a E. Skye. Přesnou hranici, kdy dochází k poškození lišejníků působením SO₂ ovlivňují i další faktory např. nízká vzdušná vlhkost ta např. zvyšuje odolnost vůči SO₂. Záleží také na druhu lišejníků. *Lobaria pulmonaria* odumírá již za nízkých koncentrací, jiné druhy snášejí i koncentrace vysoké. Pro destrukci stélky je nebezpečný i fluor. V okolí sledovaných hliníkáren v alpském údolí u Maurienne nebo na Slovensku u Žiaru nad Hronom se vytvořila téměř tzv. lišejníková poušť (Skalka, 2004).

Zajímavostí je, že některé druhy lišejníků dobře snášejí vysoké koncentrace těžkých kovů. Kolem vesnice Budel (Holandsko) v provincii Noord – Brabant se v půdě projevuje vysoká koncentrace zinku a kadmia. A právě zde rostou lišejníky, které nalezneme v Červené knize např. *Acarospora fulvoviridula* a *Micarea confusa*.

Ohledně lišejníků vhodných pro bioindikaci, je (Skalka, 2004) přesvědčen, že nejdůležitější je standardizace výchozích podmínek. Dále vždy musíme vyloučit vnější vlivy, které by zkreslily výsledky. Záleží na tom, kde lišejníky rostou. Nejednodušší sledování je u epifytických lišejníků. I u epifytických lišejníků hraje roli sluneční svit, tedy kde strom roste, zda je osamocený, v aleji ve skupinách či v řídkých lesních porostech. V tomto článku je též povšimnuto, že vztah lišejníků a znečištěného ovzduší si povšimli již v 19. století. Finský lichenolog W. Nylander v roce 1866 lišejníky nazval citlivými hygrometry. První bioindikační měření uskutečnil roku 1926 R. Sernander. V roce 1958 navrhl seznam různě citlivých lišejníků jako indikační druhy E. Skye. E. Rose a D. L. Hawksworth v roce 1970 navrhli dodnes používanou metodu, která využívá vícero druhů. Pomáhá získat zajímavé informace o vývoje stavu v dané lokalitě (Skalka, 2004).

S rozvojem průmyslu v 19. a 20. století souvisí znečištění některých míst Čech a Moravy a tím i změny ve výskytu lišejníků. Stupeň zasažení se liší. Nelze říct, že by některá lokalita nebyla zasažená vůbec. Kromě SO₂ jde i o produkci dusíkatých

látek. Díky tomu došlo k silné eutrofizaci, a tím k rozvoji nitrofilních lišejníků (Skalka, 2004).

„Lišejníky jsou citlivé k antropogenním přeměnám životního prostředí a klimatu, jsou vynikajícími bioindikátory. Využíváme je pro bioindikaci stavu a změn v prostředí.“ (Kocourková, 2019).

Lišejníky jsou nejznámější organismy, které citlivě reagují na přítomnost kontaminantů, které se vyskytují v ovzduší. Tuto vlastnost je možno využít k bioindikačním účelům. Z taxonomického hlediska se lišejníky považují za houby se specifickou biologií. Faktory, které ovlivňují metabolickou aktivitu lišejníků a růst stélky jsou např. světlo, množství toxinů v ovzduší a obsah vody. Pro bioindikaci prostředí se nejčastěji používají epifytické lišejníky.

„U nižších rostlin a hub jsou tyto problémy ještě frekventovanější díky celkové nižší znalosti (taxonomie, chorologie) i nízkému počtu specialistů, kteří se jednotlivým skupinám věnují.“ (Liška et Palice, 2010).

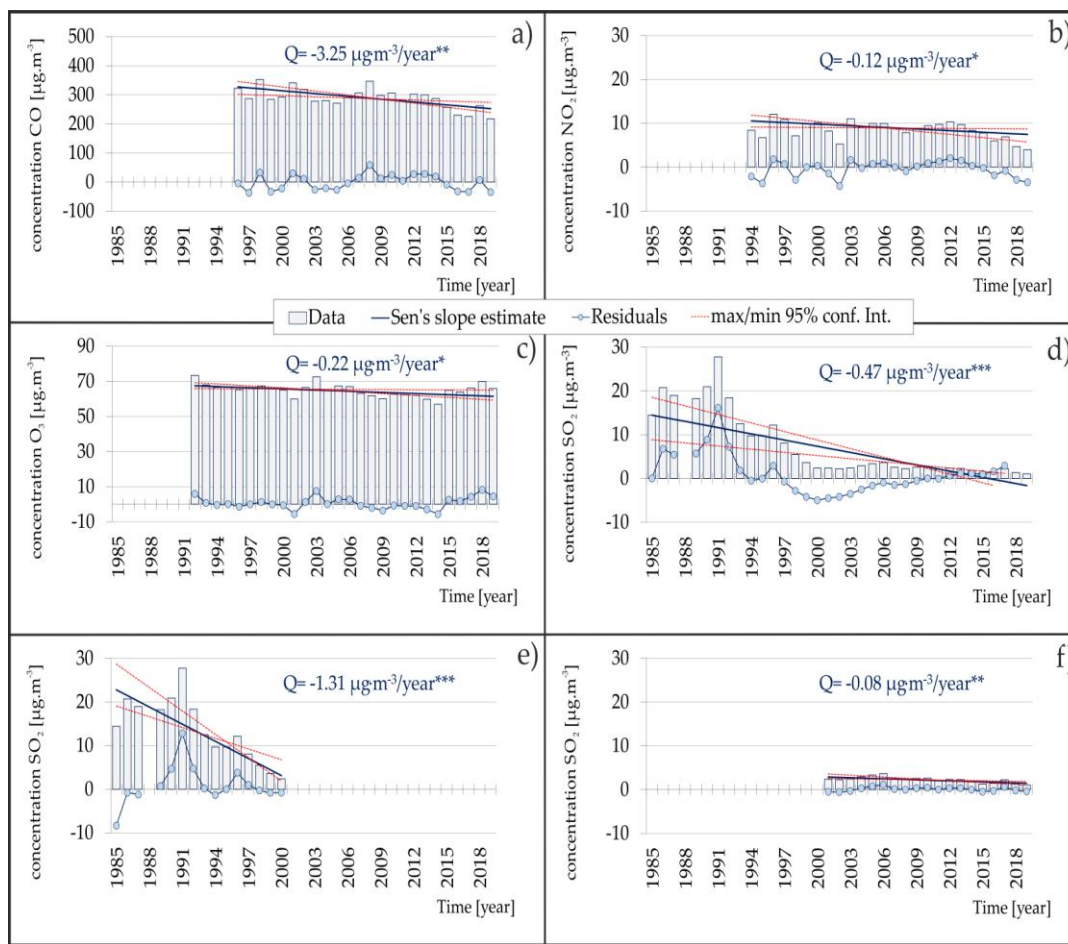
Kontaminace prostředí narušuje metabolické pochody lišejníků především dýchání a fotosyntézu, a tím dochází ke zpomalení až úplnému zastavení růstu a v konečné fázi odumírání celé stélky. Takovéto postupy kontaminace jsou i u ostatních rostlin, ale epifytické lišejníky jsou mnohem citlivější (Anděl, 1985).

4.5 Toxicita

Toxicita je vztah jedovatosti chemických látek k jednotlivým živým organismům, na které působí různé prvky negativně ve vyšší míře, než je daný organismus schopen přijmout. Každý den na celém světě je vyrobeno a použito mnoho chemických látek, které se mohou i přes nejpřísnější postup při používání, dostat do životního prostředí. Tyto chemické látky, které uniknou mimo místo jejich používání, působí na okolní životní prostředí jako jedy. Jed je látka, která po proniknutí do těla v malém množství (mikrogramy až gramy), vyvolává chorobné změny, jež mohou vést i k zániku organismu (Riedl, et Vondráček, 1980). Vlivem průmyslové výroby, dopravy a také zemědělství se dostávají do přírody různé toxické látky. Nejvíce nebezpečné jsou látky, které se nachází ve skupenstvím plynném, jako jsou oxidy dusíku a síry, lokálně také látky s obsahem těžkých kovů. (Lackovičová et al., 1977).

4.6 Lišejníky a toxicita

Stélky lišejníků, které se nachází v přírodním prostředí, mají možnost přijmout až desetkrát více škodlivých látek než ostatní cévnaté rostliny (Kubát et al., 2003). Lišejníky jsou velice citlivé na znečištěné ovzduší. Uvádí se, že při koncentraci $13 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ SO}_2$ vzniká lišejníková poušť (Le Blanc et al., 1972). Toto se děje z důvodu spadu kyselých dešťů, které vznikají rozpouštěním SO_2 ve vzdušné vlhkosti a poté při spadu jsou absorbovány jako kontaminanty do stélky lišejníků (Gries et al., 1997). Nárůst kyselých dešťů byl zaznamenán v České republice od 40. let dvacátého století, kdy došlo k masivnímu rozvoji těžkého průmyslu (Hruška et Kopáček, 2009). Bývalé Československo od roku 1960 až do roku 1989 produkovalo průměrně 1,5 miliónu tun SO_2 za rok. Největším emisním zdrojem SO_2 v těchto letech bylo spalování hnědého uhlí (Hruška et al., 2005). Hraničním rokem s maximálním výskytem SO_2 byl rok 1987. Během dalších deseti let došlo ke snížení téměř na polovinu. Postupné snížení bylo způsobeno restrukturalizací podniků, změnou režimu a v neposlední řadě odsířením elektráren (Novák et al., 2005). Vysokým zdrojem antropogenních NO_x je spalování pevných fosilních paliv pro výrobu elektřiny (hnědé uhlí) a rozvíjející se autodoprava. V případě, kdy jsou nízké venkovní teploty se množství NO_x při spalování zdvojnásobuje. Postupně se rozšiřující plynofikace pomohla při snižování emisí NO_x (Pacyna et al., 1991). Ke zlepšování životního prostředí také přispěl zákon č 114/1992 o ochraně přírody a krajiny.



Obrázek . 4 – Znečišťujících látky, (a) CO, (b) NO₂, (c) O₃, (d) SO₂ 1985–2018, (e) SO₂ 1985–2000, (f) SO₂ 2001–2018 (NAO Košetice, Holubová, Smejkalová, 2021)

Jak uvádí M. Skalka, spád kyselých dešťů působí negativně nejenom na opad listů a jehličí ze stromů, ale také se projevuje i jedovatým působením na lišejníky. Při zkouškách působení SO₂ ve zkušebních komorách, které byly prováděny v roce 1965 E. Skye a L. Pearsenem, bylo zjištěno, že již malé koncentrace SO₂ během 24 hodin způsobuje hnědé skvrny a blednutí na chloroplastech. Též byla zaznamenána trvalá plazmolýza buněk. Při rozpadu molekul chlorofylu byla zjištěna přítomnost hořčičku. Při pokusu bylo zjištěno, že porušení symbiózy mezi sinicí či řasou a houbou může způsobit i drobná destrukce chlorofylu. Nenahraditelné fotosyntetické produkty, zejména cukry, jsou pro houbového partnera nezbytné (Skye, Pearsen citování Skalkou, 2004).

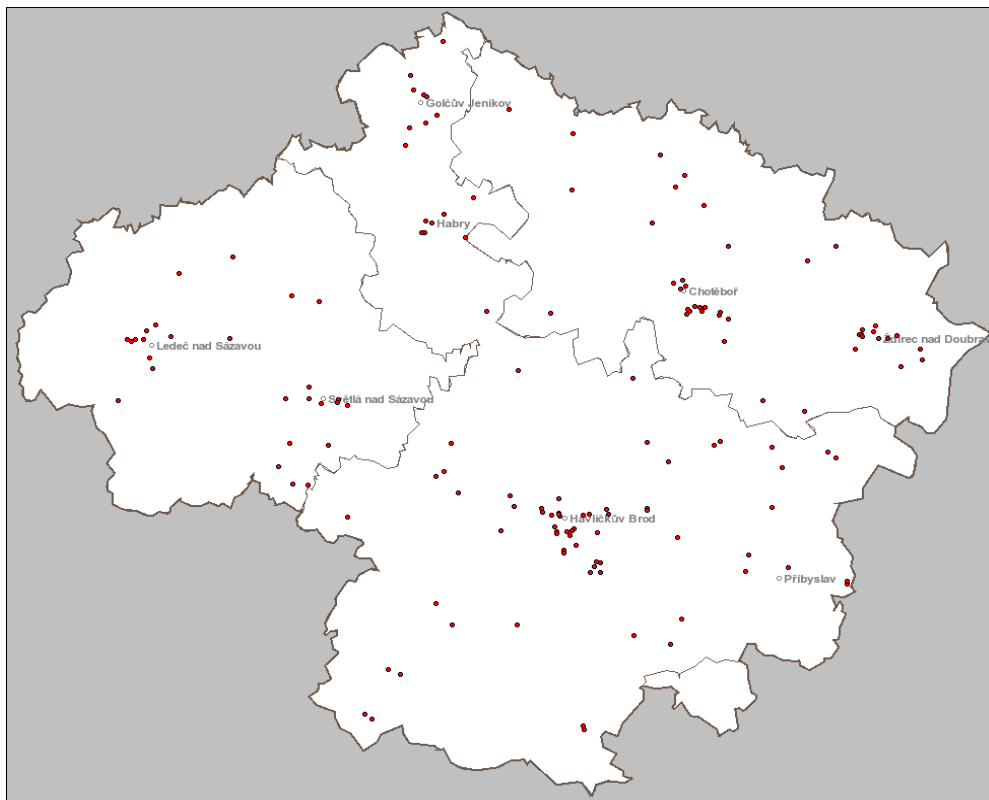
Data o emisích znečišťujících látek byla získána z observatoře Košetice, která se nachází nejbližší Světlé nad Sázavou. Tato měřící stanice byla uvedena do provozu

v roce 1988. Výsledky dlouhodobého sledování na této stanici ukazují postupný pokles sledovaných polutantů.

Hodnocení zobrazuje vývoj koncentrací jednotlivých polutantů společně s výsledky Mann-Kendallova testu. Tento test byl mezinárodním programem EMEP určen jako vhodný nástroj pro statistické hodnocení trendů při zpracování Hodnoticí zprávy ze stanic EMEP mezi lety 1990 a 2012. Jelikož je Observatoř Košetice stanicí EMEP level 2, pro hodnocení vývoje koncentrací byl tento test použit i v tomto hodnocení. Výsledky Mann-Kendallova testu ukazují, že všechny koncentrace hodnocených znečišťujících látek- CO, NO₂, O₃, SO₂ měřených na Observatoři Košetice, ČHMÚ, mají ve sledovaném období klesající trend a to minimálně na hladině významnosti 0,05.

Koncentrace CO (obr. 4a) mají v letech 1998–2018 klesající trend na hladině významnosti 0,01, s poklesem koncentrací 3,25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za rok (odhad sklonu trendu Senovou metodou). Koncentrace NO₂(obr. 4b) mají v letech 1994–2018 klesající trend na hladině významnosti 0,05, pokles koncentrací 0,12 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za rok. Koncentrace O₃ (obr. 4c) mají v letech 1993–2018 klesající trend na hladině významnosti 0,05, pokles koncentrací 0,22 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za rok. Koncentrace SO₂ (obr. 4d) mají v letech 1985–2018 klesající trend na hladině významnosti 0,001, pokles koncentrací 0,47 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za rok. Konkrétně u SO₂ bylo hodnocené období rozděleno na dvě části 1985–2000 (obr. 4e) a 2001–2018 (obr. 4f) pro demonstraci razantního poklesu měřených koncentrací SO₂ jež odrážejí významné snížení emisí způsobené zejména restrukturalizací průmyslu (Osobní sdělení, Holubová, Smejkalová 2021).

Zdroje znečištění v okrese Havlíčkův Brod jsou uvedeny na obrázku. 5.



Obrázek . 5 – Zdroje znečištění okres Havlíčkův Brod (portal.chmi.cz)

Mezi nejvýznamnějšími zdroji znečištění ve sledované oblasti jsou právě firmy (tab 2) v průmyslové části města a jeho okolí, které stále výrobu rozšiřují. Dalšími znečišťovateli ovzduší jsou domácnosti, které z velké části používají k vytápění svých obydlí uhlí. Tento zdroj energie má negativní dopad na lidské zdraví i přírodu. Jedná se především o znečištění ovzduší prašnými částicemi PM10 a PM2,5 a polycyklickými aromatickými uhlovodíky, kterými je nejvíce zatěžováno území s častým výskytem inverzí, tzn. údolí, v němž město leží (město Světlá nad Sázavou, 8.3.2020, Anonymus).

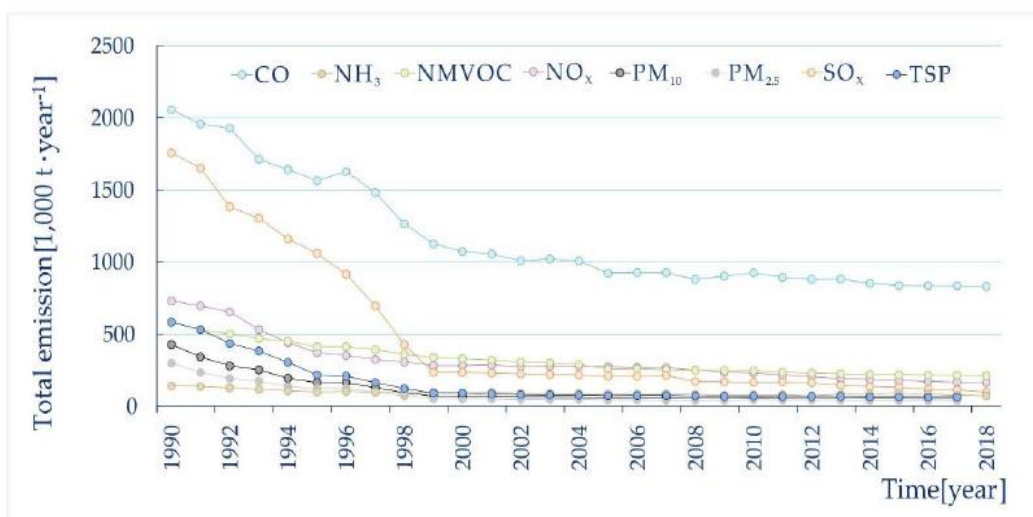
Název	Obec – Část obce
AGRO Posázaví, a.s. – Okrouhlice	Okrouhlice
Akademie – VOŠ, Gymn. a SOŠUP Světlá nad Sázavou – školní výroba skla	Světlá nad Sázavou
AMG – Karel Pícha s.r.o.	Světlá nad Sázavou
BOHEMIA MACHINE s.r.o. – provozovna Františkovodol	Kochánov u Lipničky
BOHEMIA MACHINE s.r.o. – provozovna Světlá nad Sázavou	Světlá nad Sázavou
CRYSTAL GLAMOUR, a.s. – HUŤ	Okrouhlice
CRYSTALITE BOHEMIA s.r.o. – Světlá nad Sázavou	Světlá nad Sázavou
ČEZ Energo, s.r.o. – plynová kotelná Bradlo	Světlá nad Sázavou
Energy produkt plus s.r.o. – Bioplynová stanice Závidkovice	Závidkovice
F A D O M s.r.o.	Dolní Město
Granit Lipnice, s.r.o. – Světlá nad Sázavou-Dolní Březinka	Dolní Březinka
Leštírna Habry s.r.o. – provozovna Světlá nad Sázavou	Světlá nad Sázavou
PODHRADÍ, s.r.o. – Bioplynová stanice Lipnice	Lipnice nad Sázavou
Sativa Keřkov, a.s. – bioplynová stanice Valečov	Olešnice u Okrouhlice
TBS Světlá nad Sázavou – provozovna Rozinov	Světlá nad Sázavou

Tabulka č. 2 – Seznam vybraných provozoven ORP Světlá nad Sázavou (vlastní zdroj)

4.7 Působení oxidu siřičitého

Zdrojem oxidu siřičitého je především spalování fosilních paliv, která se používala do roku 1990 téměř u všech kotelen elektráren a tam, kde bylo třeba vytvořit energii nebo zajistit potřeby domácností. Jednalo se především o teplárny, chemické provozy a uhelné elektrárny. Po roce 1990 se postupně u větších firem přecházelo na plynové kotle, a tím postupně docházelo i ke snižování produkce oxidu siřičitého. Lze říci, že v posledních letech je koncentrace SO₂ (obr. 6) stejná a kolísá

pouze v období topné sezóny, což je závislé na lokálních topeništích, která používají jako zdroj tepla uhlí (Skácel et Tekač, 2011). Oxid siřičitý je schopen po dobu 12 hodin působit v ovzduší, kde díky jeho velice dobré rozpustnosti ve vodě dochází k přeměně pomocí vodní páry a mlhy na kyselinu sírovou, která způsobuje tvorbu kyselých dešťů (Nash, 2008). Lišejníky, které přijímají kontaminovanou vodu, absorbují a vstřebávají škodlivé látky v ní obsažené, i když nejsou metabolicky aktivní (Gries et al., 1994). U lišejníků pravděpodobně dochází k největšímu příjmu vázané síry z atmosférických zdrojů (Spiro et al., 2002). V osmdesátých a devadesátých letech dochází k pomalému postupnému snižování emisí při zvýšení používání atomové energie ve výrobě a používání vozidel, které mají pohon dieselvými motory spalujícími nízko sirnatá paliva (Svoboda, 2003). Dále docházelo k postupné instalaci odsiřovacích zařízení ve výrobních provozech, které podléhaly k zákonu o ochraně ovzduší č. 86/2002 Sb., kterému podléhal každý kdo „vnáší jednu nebo více znečišťujících látek do ovzduší v důsledku lidské činnosti“. Znečišťující látkou je myšlena každá látka, která unikne do ovzduší, nebo svým unikem způsobí druhotně vznikající látku. Tyto látky mohou po různých přeměnách jak chemických, tak fyzických můžou spolupůsobit s jinými škodlivými látkami na životní prostředí a další klimatickými systémy Země (zákon 76/2000).



Obrázek .6 – Vývoj koncentrace polutantů 1985 – 2018 (NAO Košetice, Holubová, Smejkalová, 2021).

5 Metodika

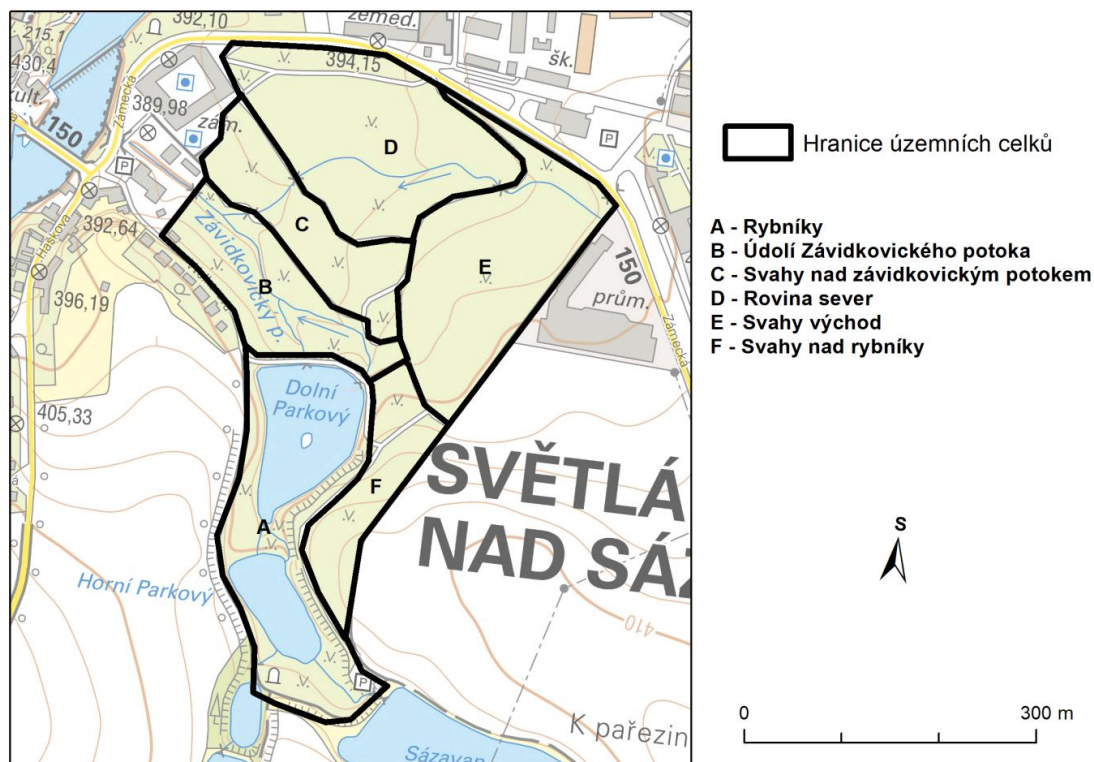
Při inventarizaci druhů lišejníků zámeckého parku Světlá nad Sázavou se zdálo, že se jednotlivé části parku od sebe liší druhovým složením lišejníků i četností lišejníků. Tato hypotéza měla být ověřena pomocí rozdělení zájmového území (zámecký park Světlá nad Sázavou) na menší části podle očekávaných mikroklimatických podmínek a jejich následným porovnáním z hlediska výskytu lišejníků. Vliv na složení lišejníků může mít nejen orientace ke zdroji znečištění a větší vlhkost u vodoteče, ale také stáří, druhové složení a rozvolněnost (vliv světla) dřevin. Odběry byly uskutečňovány tak, aby nebyl narušen běžný chod zámeckého parku, který je veřejně přístupný.

Pro odhad míry znečištění ovzduší na studované lokalitě pomocí epifytických lišejníků byla použita stupnice zón 0–7 podle Svobody (Svoboda, 2007).

5.1 Rozdělení zámecké zahrady na dílčí územní celky

Studované území jsem rozčlenil do 6 celků, (obr.7) které jsem nadále postupně prozkoumával. K vymezení hranic mezi jednotlivými celky byla užitá síť cest v zámecké zahradě. V těchto územních celcích byly hledány lišejníky a rozlišení územních celků podle cestní sítě umožnilo jednoznačné a snadné zařazení nálezů do konkrétních celků. Na obrázku 7 je vidět vymezení jednotlivých celků na podkladu ZM 10 od ČÚZK. Největším celkem je územní celek A zabírající 4,02 hektaru. Na druhou stranu tento celek je z větší části pokryt vodní plochou dvou zámeckých rybníků. Druhým největším celkem je celek D (3,71 ha), tedy rovina sever (obr. 9). Toto území je značně plošší než ostatní a podle obrázku níže ho protíná pouze jedna vrstevnice, a to 394 m n. m. Územní celek E představuje svahy ve východním cípu území. Svahy jsou zde orientovány na severozápad, což by mělo lišejníkům vyhovovat. Lokalita B se zdá z hlediska přírodních podmínek nejvíce ideální pro růst lišejníků. Jedná se o údolí Závidkovického potoka pod Dolním parkovým rybníkem. Z tohoto důvodu se zde dá očekávat celoročně vyšší vzdušná vlhkost. Díky tomu, že se jedná o lokalitu s hustým stromovým porostem v nižších nadmořských výškách než zbytek území, je možné, že tento územní celek bude méně vystaven nepříznivým atmosférickým podmínkám a depozicím z chemického průmyslu z okolí než ostatní

celky. Celky C a F představují územní celky, kde jsou očekávány přechodné podmínky.



Obrázek .7 – Rozdělení zámecké zahrady do územních celků (vlastní zdroj)

5.2 Statistické vyhodnocení výskytu lišejníků na stromech v územních celcích

Pro každý nález lišejníku bylo zaznamenáno, v jakém územním celku byl nalezen a na jakém druhu stromu. Pro každý strom, na kterém byl nalezen nějaký lišejník, byl vytvořen jednoznačný identifikátor (ID). Díky tomu bylo následně ze záznamů možné vyhodnotit, kolik a na jakém stromě roste druhů lišejníků.

Územní celky mají různou rozlohu. Lokalita se špatnými podmínkami, ale rozlehlá může mít více nálezů (roztroušených), než lokalita vhodnější pro výskyt, ale menší. Z tohoto důvodu bylo vhodné provést statistické testování hypotéz, které by rozhodlo, zda se jednotlivé územní celky mezi sebou liší a pokud ano, tak na základě explorační datové analýzy rozhodnout, které mají lepší podmínky (především střední hodnoty).

Pro účely statistického testování byly pro každý územní celek vytvořeny výběry představující počty druhů lišejníků na jednotlivých stromech. Metoda tedy

nezohledňuje alfa-diverzitu lišejníků. Může tedy nastat, že některé územní celky budou mít vyšší průměrný počet lišejníků na stromech než ostatní, ale druhově mohou být chudší než ostatní lokality, pokud tamní druhy rostou více pospolu na stejných stromech. Tedy, že celek s vyšším počtem druhů může být vyhodnocen jako celek horší pro výskyt lišejníků než celek s nižším počtem druhů. Jak, ale popisuje Radim Hédl, alfa diverzita může být při vyhodnocování výsledků značně zavádějící (HÉDL, 2020).

Stromy bez výskytu lišejníků zaznamenány nebyly a nevstupovaly tedy do analýzy. Takové záznamy by mohly totiž negativně ovlivnit výsledky. Mohlo by se například jednat o stromy příliš mladé na to, aby se na nich lišejníky stihly uchytit. Při přirozeném zmlazení mohou mít takové mladé stromky na lokalitě velkou abundanci a tím ještě více ovlivnit výsledek. Řadě druhů stromů opadává stará borka. Na takovýchto stromech tedy lišejníky nemají šanci se plně rozrůst, přestože se nachází v oblasti s vhodnými podmínkami. Také toto byl důvod proč stromy bez lišejníků nezaznamenávat. Dalším důvodem je to, že pro některé části územních celků mohou panovat lokálně horší podmínky pro růst lišejníků, než panují ve zbytku územního celku a porosty z těchto částí by negativně ovlivňovaly výsledky celého územního celku.

Všechny výběry, tedy počty druhů na jednotlivých stromech v daných lokalitách vstupovaly do Kruskal-Wallisova (portal.matematickabiologie.cz) testu, aby se vyhodnotilo, zda se lokality z hlediska počtu druhů lišejníků na jednotlivých stromech od sebe liší, nebo ne. Hladina statistické významnosti byla stanovena na 0,05. Následně byl proveden dvouvýběrový Wilcoxonův test (též Mann-Whitneyho test portal.matematickabiologie.cz), pomocí kterého byl vždy testován pár výběrů takovým způsobem, aby byl nakonec porovnán každý s každým. To umožní odlišit, které lokality jsou si podobné a které ne. Vyhodnocení proběhlo v Softwaru R studio.

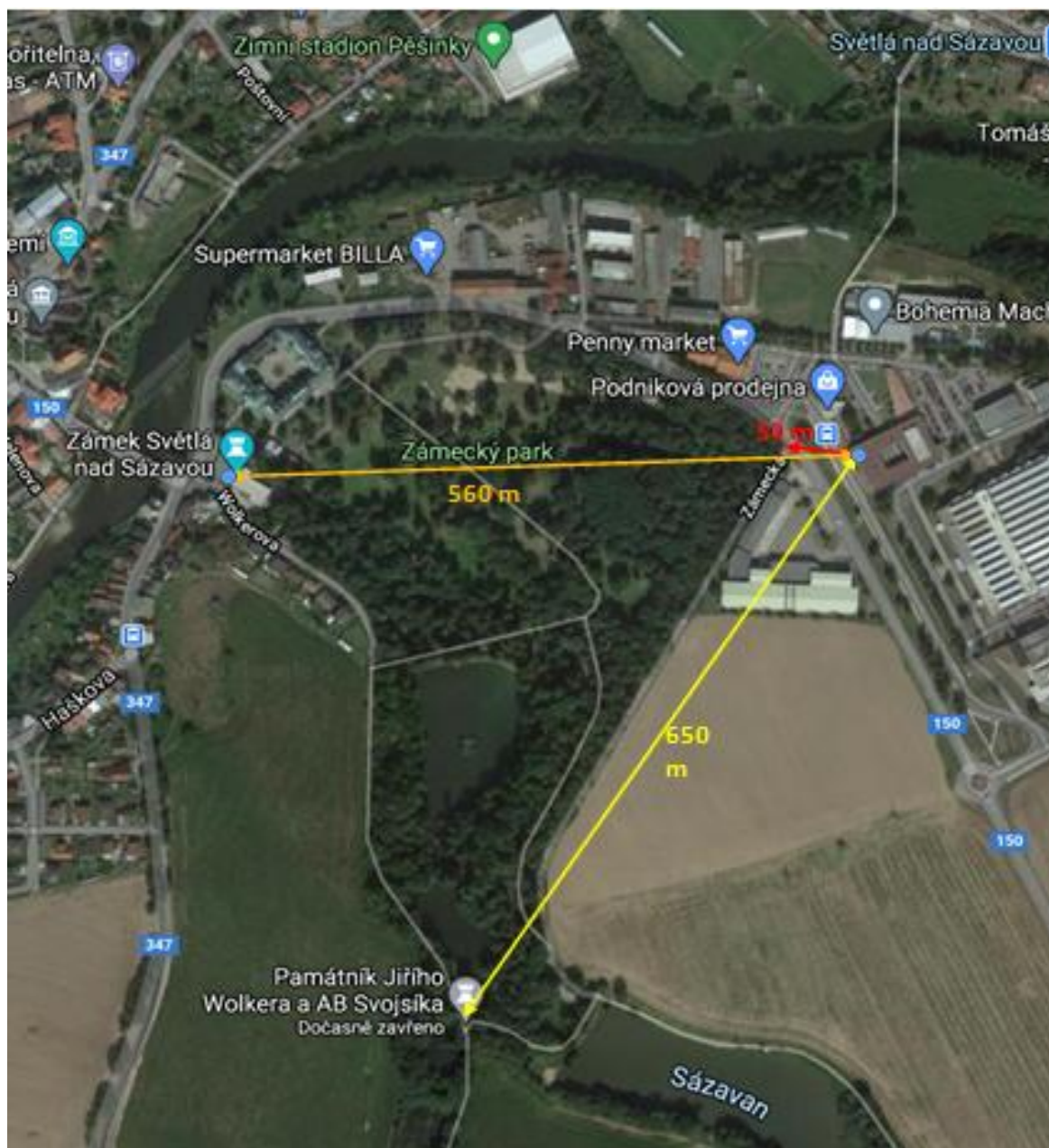
Výhodou hodnocení vhodnosti územního celku pro růst lišejníků na základě střední hodnoty počtu druhů na stromech je to, že nehodnotí počet stromů s výskytem lišejníků, nebo hustotu výskytu počtu stromů s lišejníky (počet stromů vydělený rozlohou územního celku). Druhy lišejníků snášející horší podmínky pro růst než jiné druhy, totiž mohou růst na velkém počtu stromů v rámci jednoho územního celku. Použitá metoda by měla ideálně vyhodnotit jako nejlepší lokalitu tu, kde se v průměru vykytuje nejvíce druhů lišejníků na jednom stromě.

5.3 Sběr vzorků v terénu

Při sběru vzorků v zájmové lokalitě jsem byl vybaven mapou a potřebnými nástroji, které slouží pro odběr vzorků. Jednalo se především o kapesní lupu s 16x zvětšením, nůž, dláto, malé kladívko, sešitek, papírové sáčky a fotoaparát (Kocourková, 2019).

Sběr vzorků byl prováděn v letních i v zimních měsících v letech 2019–2020. Oblast pro sběr byla rozdělena na několik částí. Na každém odebraném vzorku byl zaznamenán název stromu a další náležitosti. Sběr vzorků byl prováděn od země do výšky cca 1,8 m, a to i u větví, které jsou svěšené u některých stromů až z výšky několika metrů.

Při odebírání vzorků jsem zaznamenal, že se lišejníky vyskytují pouze na jedné straně stromu. A i přes to, že jsou stromy již vzrostlé, tak se na některých z nich nacházela velmi nízký počet lišejníků, s expozicí na severozápad. Během sběru vzorků jsem si povšiml některých ovadlých stromů i přes to, že dešťové srážky byly dostatečné. Po dalších prováděných sběrech v zájmové lokalitě jsem nacházel pouze běžné druhy lišejníků. Proto jsem zjišťoval, proč a čím je to způsobeno. Kontaktoval jsem VÚLHM v Pelhřimově a po rozhovoru s panem Ing. Radkem Novotným, Ph.D. mi bylo sděleno, že v blízkosti provozů např. výroby skla, a především jeho leštění kyselinou fluorovodíkovou dochází k popálení vegetace (tab. 3). Vzhledem k tomu, že se v blízkosti parku nachází leštírna skla (obr. 8), je možnost úniku nejen během provozu, ale především při výměnách filtrů a jejich manipulaci. Při úniku do ovzduší může být kyselina fluorovodíková unášena až do vzdálenosti 5 km. Tento únik může způsobit popálení listů a vegetace na návětrné straně, a opačná strana nemusí být poškozena. Působení fluorovodíku také bývá odkloněno např. budovami, předměty, které stojí v proudění vzduchu.



Obrázek 8 – Mapa zájmové oblasti a průmyslové zóny (www.google.cz/maps)



Obrázek. 9 – Rovinná část parku (vlastní zdroj)

Při dalších sběrech na rovinné části parku a v lesoparku se jednalo o stále podobné druhy lišejníků odolných vůči znečištění. To nasvědčovalo tomu, že v ovzduší mohou být i jiné látky, které se podílí na znečištění ovzduší. Při návštěvě skláren mi zaměstnanec, který nechce být jmenován, sdělil, že kyselina sírová se používá k oplachu při leštění skla a olovo při výrobě skla. Olovo způsobuje rozklad organické hmoty a okyselování půdy, kde pH půdy dosahuje velmi kyselé úrovně. I když není obsah olova stanoven, tak se koncentrace běžně pohybuje v řádu několika desetin mg.kg^{-1} . V zájmové lokalitě bylo naměřeno v řádu několika jednotek mg.kg^{-1} . Tato koncentrace je o řád vyšší, než je běžné. U vybrané lokality může z důvodu většího množství škodlivých látek v ovzduší docházet k synergickému efektu (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2020).

Označení	Sírany SO ₄ ⁽²⁻⁾ (mg/kg)	Fluoridy F ⁻ (mg/kg)	Vzdálenost od skláren (m)
jehličí z douglasek – lokalita u skláren	590	33,5	30
větvička smrku – zámecký park	297	10,3	72
letničky – záhon u kina	6015	258	740

Tabulka 3 – Hodnoty měření (osobní sdělení firmy zabývající se měřením hodnot)

Dle sdělení VÚLHM by neměly hodnoty překročit: (Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 2020)

- síra – 2 g.kg⁻¹
- fluoridy – 0,6 – 2 mg.kg⁻¹

Při sběru vzorků v další části parku (obr. 10) „bohatší“ část B, vyznačující se vzácnějšími lišejníky, jsem zjistil, že je tento úsek částečně chráněn jak stavbami, tak již vzrostlou vegetací. Důležitým ukazatelem také je, že celá oblast je celkově níže položena než předchozí zkoumaná lokalita. Napříč tímto územím protéká potok, vegetace je značně hustěji zastoupena, proto je zde i proudění vzduchu včetně šířících se škodlivých imisemi obtížnější. Další skutečností je, že zde vegetace i pařezy ze stromů, které jsou dnes již téměř ztrouchnivělé, nejsou úplně suché a stále obrůstají. I zde na těchto pařezech byly velmi zajímavé nálezy.



Obrázek. 10 – Bohatší část parku údolí Závitkovického potoka (vlastní zdroj)

5.4 Determinace lišejníků

Část druhů, byla určena přímo v terénu s pomocí kapesní lupy. Druhy, které nebyly určeny na místě sběru, byly sebrány a určeny později v laboratoři pod binokulární lupou a mikroskopem. Určováno bylo podle morfologických znaků a stélkových reakcí lišejníků. Metoda TLC nebyla potřeba, Použity byly následující druhy činidel (Orange et al. 2001):

K: 10% roztok hydroxidu draselného (KOH)

C: vodní roztok chlorového vápna, přípravek (přípravek SAVO)

PD: parafenylendiamin (Steinerův roztok)

Lišejníky byly určeny podle: Wirth et al., 2013, I a II díl, Wirth (1995), Alstrup (2001).

Nomenklatura byla sjednocena podle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška & Palice, 2010).

6 Výsledky

Ve zkoumané oblasti byly nalezeny druhy lišejníků, které se řadí od neohrožených, zranitelných, blízkých ohrožení, není dostatek dat pro klasifikaci, tak v malém počtu lišejníky, které jsou kryticky ohrožené, ohrožené a také vyhynulé (obr. 11).

6.1 Seznam druhů lišejníků podle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et al., 2010)

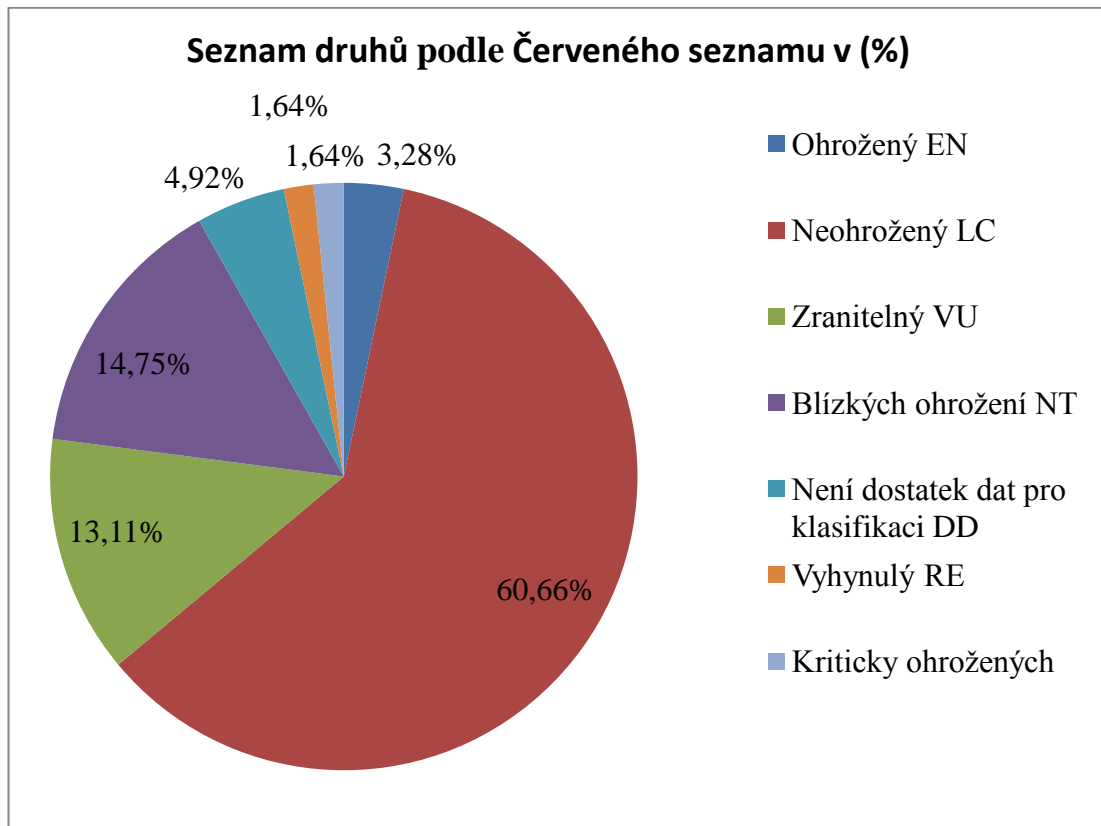
- Acrocordia gemmata* (Ach.) A. Massal. **EN**
Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins et Scheid. **LC**
Anisomeridium polypori (Ellis et Everh.) M. E. Barr **LC**
Arthonia helvola (Nyl.) Nyl. **VU**
Arthonia radiata (Pers.) Ach. **VU**
Bacidia rubella (Hoffm.) A. Massal. **VU**
Bacidia subincompta (Nyl.) Arnold **VU**
Bacidina sulphurella (Samp.) M. Hauck et V. Wirth **LC**
Bilimbia sabuletorum (Schreb.) Arnold s.str. **LC**
Buellia griseovirens (Turner et Borrer ex Sm.) Almb. **LC**
Candelariella efflorescens R.C. Harris & W.R. Buck **LC**
Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg. **LC**
Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau **LC**
Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler **VU**
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng. **LC**
Cladonia fimbriata (L.) Fr. **LC**
Fellhanera bouteillei (Desm.) Vězda **CR**
Fellhanera subtilis (Vězda) Diederich et Sérus. **NT**
Graphis scripta (L.) Ach. **VU**
Hypocnomyce scalaris (Ach.) M. Choisy **LC**
Hypogymnia physodes (L.) Nyl. **LC**
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav. **NT**
Chaenotheca brachypoda (Ach.) Tibell **VU**
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th. Fr. **NT**
Lecania croatica (Zahlbr.) Kotlov **DD**

Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr. **LC**
Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb. **LC**
Lecanora expallens Ach. **LC**
Lecanora pulicaris (Pers.) Ach. **LC**
Lecanora saligna (Schrad.) Zahlbr. **LC**
Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy **NT**
Lepraria finkii (B. de Lesd.) R.C. Harris **LC**
Lepraria incana (L.) Ach. **LC**
Leptorhaphis maggiana (A. Massal.) Körb. **DD**
Melanelixia glabrata (Lamy) Sandler & Arup **LC**
Melanohalea elegantula (Zahlbr.) O. Blanco et al. **VU**
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O. Blanco et al. **LC**
Micarea misella (Nyl.) Hedl. **LC**
Opegrapha varia Pers. **NT**
Parmelia ernstiae Feuerer et A. Thell **DD**
Parmelia sulcata Taylor **LC**
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale **NT**
Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy et Werner **NT**
Phaeophyscia pusilloides (Zahlbr.) Essl. **RE**
Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg **EN**
Phaeophyscia nigricans (Harm.) Moberg **LC**
Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg **LC**
Phlyctis argena (Spreng.) Flot. **LC**
Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier **LC**
Physcia tenella (Scop.) DC. **LC**
Physconia grisea (Lam.) Poelt **LC**
Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins et P. James **LC**
Porina aenea (Wallr.) Zahlbr. nom. illeg. **LC**
Sarcosagium campestre (Fr.) Poetsch et Schied. **LC**
Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda **LC**
Scoliciosporum sarothamni (Vain.) Vězda **LC**
Strangospora pinicola (A. Massal.) Körb. **NT**
Violella fucata (Stirt.) T. Sprib. **LC**

Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr. **LC**

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. **LC**

Xanthoria polycarpa (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber **NT**



Obrázek. 11– Seznam druhů podle Červeného seznamu lišejníků ČR (Liška et al., 2010) (vlastní zdroj)

6.2 Rozdělení druhů podle typu stélky

Lišejníky se rozdělují podle typu stélky (obr. 12) do tří hlavních morfologických skupin: lupenité, korovité a keříčkovité (Nash, 2008).

6.2.1 Výskyt lišejníků s korovitou stélkou

Nejpočetnější skupinou nalezených druhů lišejníků jsou s korovitou stélkou – 86 jedinců což tvoří 62,3 % z celkově určených vzorků. Jedná se o druhy *Acrocordia gemmata*, *Amandinea punctata*, *Anisomeridium polypovi*, *Arthonia helvola*, *A. radiata*, *Bacidia rubella*, *B. subincompta*, *Bacidina sulphurella*, *Bilimbia sabuletorum*, *Buellia griseovirens*, *Candelariella efflorescens*, *C. vitellina*, *C. xanthostigma*, *Catillaria nigroclavata*, *Cladonia fimbriata*, *Fellhanera bouteillei*, *F. subtilis*, *Graphis scripta*, *Chaenotheca brachypoda*, *Ch. trichialis*, *Lecania croatica*,

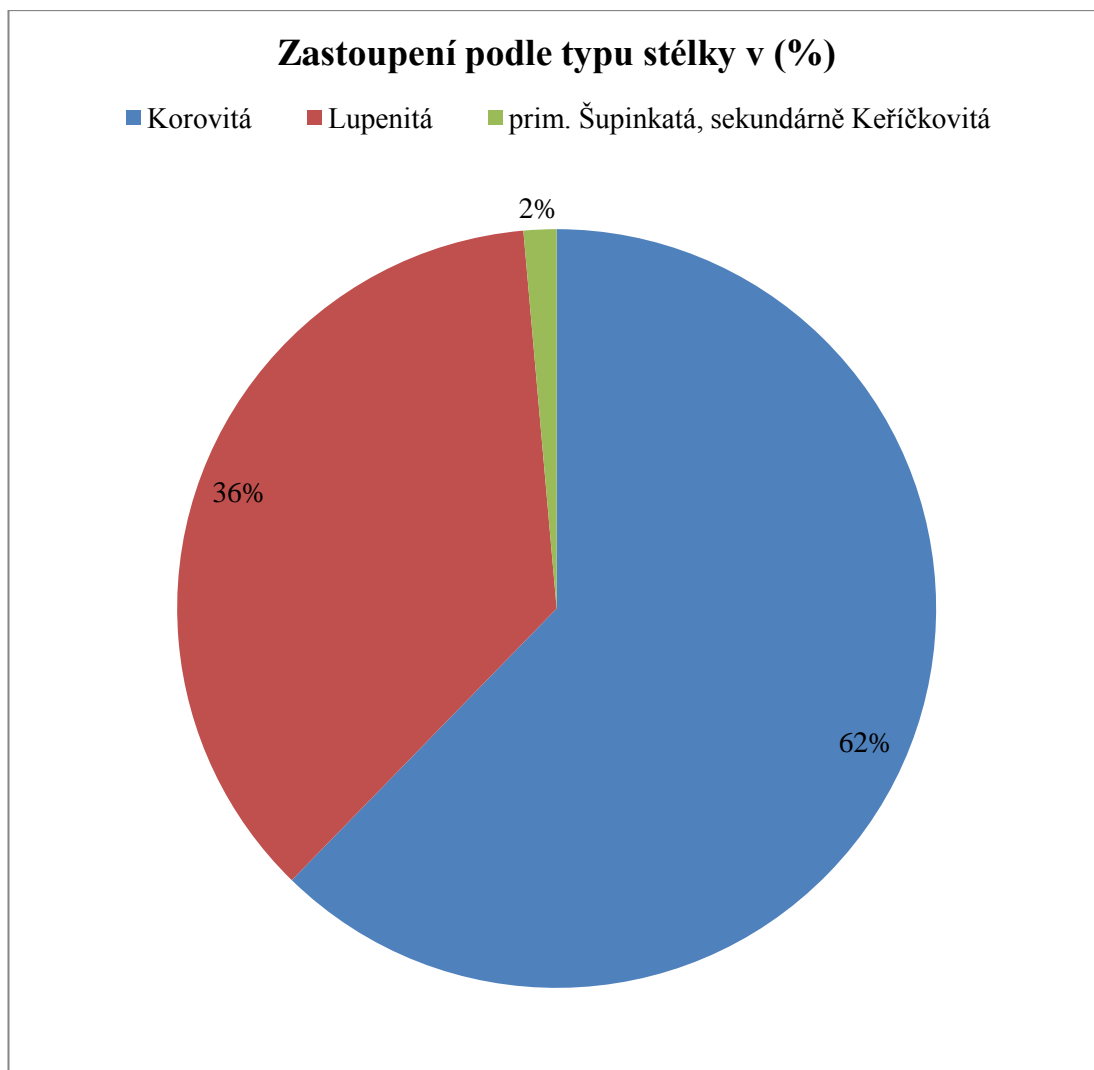
L. cyrtella, *Lecanora conizaeoides*, *L. expallens*, *L. pulicaris*, *L. saligna*, *Lecidella elaeochroma*, *Lepraria finkii*, *L. incana*, *Leptorhaphis maggiana*, *Micarea misella*, *Opegrapha varia*, *Pertusaria albescens*, *Phlyctis argena*, *Placynthiella icmalea*, *Porina aenea*, *Sarcosagium campestre*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *S. sarothamni*, *Strangospora piniola*, *Violella fucata*

6.2.2 Výskyt lišejníků s lupenitou stélkou

Druhou skupinou lišejníků jsou s lupenitou stélkou – 50 jedinců, které tvoří 36,3 % z určených vzorků. Jedná se o druhy *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Melanelixia glabratula*, *Melanohalea elegantula*, *Melanohalea exasperatula*, *Parmelia ernstiae*, *P. sulcata*, *P. tiliacea*, *Phaeophyscia pusilloides*, *P. endophoenicea*, *P. nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. tenella*, *Physconia grisea*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *X. polycarpa*.

6.2.3 Výskyt lišejníků s dimorfickou stélkou

Třetí skupinou lišejníků je skupina s primárně šupinatou a sekundárně keříčkovitou stélkou - 2 druhy, které tvoří 1,4 % z určených vzorků. Jedná se o druhy *Cladonia coniocraea*, *C. fimbriata*.



Obrázek. 12 – Dělení druhů podle typu stélky (vlastní zdroj)

6.3 Rozdělení podle druhu borky

Dělení epifytických lišejníků (obr. 13) je stanoveno do tří základních skupin, a to na druhy acidofilní, neutrofilní, nitrofilní (Wirth, 1991; Kirschbaum et Wirth, 1997).

U nalezených druhů lišejníků byla borka nejčastěji zastoupena nitrofilní, neutrální i acidická.

6.3.1 Zastoupení neutrofilních druhů

Neutrofilní druhy byly zastoupeny v počtu 71 vzorků – 51,45 %

Acrocordia gemmata (Ach.) A. Massal. **EN**

Anisomeridium polypori (Ellis et Everh.) M. E. Barr **LC**

Arthonia helvola (Nyl.) Nyl. **VU**

Arthonia radiata (Pers.) Ach. **VU**
Bacidia rubella (Hoffm.) A. Massal. **VU**
Bacidia subincompta (Nyl.) Arnold **VU**
Bacidina sulphurella (Samp.) M. Hauck et V. Wirth **LC**
Bilimbia sabuletorum (Schreb.) Arnold s.str. **LC**
Buellia griseovirens (Turner et Borrer ex Sm.) Almb. **LC**
Cladonia coniocraea (Flörke) Spreng. **LC**
Cladonia fimbriata (L.) Fr. **LC**
Fellhanera bouteillei (Desm.) Vězda **CR**
Fellhanera subtilis (Vězda) Diederich et Sérus. **NT**
Graphis skriptata (L.) Ach. **VU**
Hypogymnia tubulosa (Schaer.) Hav. **NT**
Chaenotheca brachypoda (Ach.) Tibell **VU**
Chaenotheca trichialis (Ach.) Th. Fr. **NT**
Lecania croatica (Zahlbr.) Kotlov **DD**
Lecanora expallens Ach. **LC**
Lecidella elaeochroma (Ach.) M. Choisy **NT**
Lepraria finkii (B. de Lesd.) R.C. Harris **LC**
Lepraria Ivana (L.) Ach. **LC**
Leptorhaphis maggiana (A. Massal.) Körb. **DD**
Melanelixia glabratula (Lamy) Sandler a Arup **LC**
Melanohalea elegantula (Zahlbr.) O. Blanco et al. **VU**
Melanohalea exasperatula (Nyl.) O. Blanco et al. **LC**
Micarea misella (Nyl.) Hedl. **LC**
Opegrapha varia Pers. **NT**
Parmelia ernstiae Feuerer et A. Thell **DD**
Parmelia sulcata Taylor **LC**
Parmelina tiliacea (Hoffm.) Hale **NT**
Pertusaria albescens (Huds.) M. Choisy et Werner **NT**
Phlyctis argena (Spreng.) Flot. **LC**
Placynthiella icmalea (Ach.) Coppins et P. James **LC**
Porina aenea (Wallr.) Zahlbr. nom. illeg. **LC**
Sarcosagium campestre (Fr.) Poetsch et Schied. **LC**
Violella fucata (Stirt.) T. Sprib. **LC**

6.3.2 Zastoupení acidofilních druhů

Acidofilní druhy byly zastoupeny v počtu 34 vzorků – 24,62 %

Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg. **LC**

Hypocenomyce scalaris (Ach.) M. Choisy **LC**

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

Lecanora conizaeoides Nyl. ex Cromb. **LC**

Lecanora pulicaris (Pers.) Ach. **LC**

Lecanora saligna (Schrad.) Zahlbr. **LC**

Scoliciosporum chlorococcum (Graewe ex Stenh.) Vězda **LC**

Strangospora pinicola (A. Massal.) Körb. **NT**

6.3.3 Zastoupení nitrofilních druhů

Nitrofilní druhy byly zastoupeny v počtu 33 vzorků – 23,92 %

Amandinea punctata (Hoffm.) Coppins et Scheid. **LC**

Candelariella efflorescens R.C. Harris & W.R. Buck **LC**

Candelariella xanthostigma (Ach.) Lettau **LC**

Catillaria nigroclavata (Nyl.) Schuler **VU**

Lecania cyrtella (Ach.) Th. Fr. **LC**

Phaeophyscia pusilloides (Zahlbr.) Essl. **RE**

Phaeophyscia endophoenicea (Harm.) Moberg **EN**

Phaeophyscia nigricans (Harm.) Moberg **LC**

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg **LC**

Physcia adscendens (Fr.) H. Olivier **LC**

Physcia tenella (Scop.) DC. **LC**

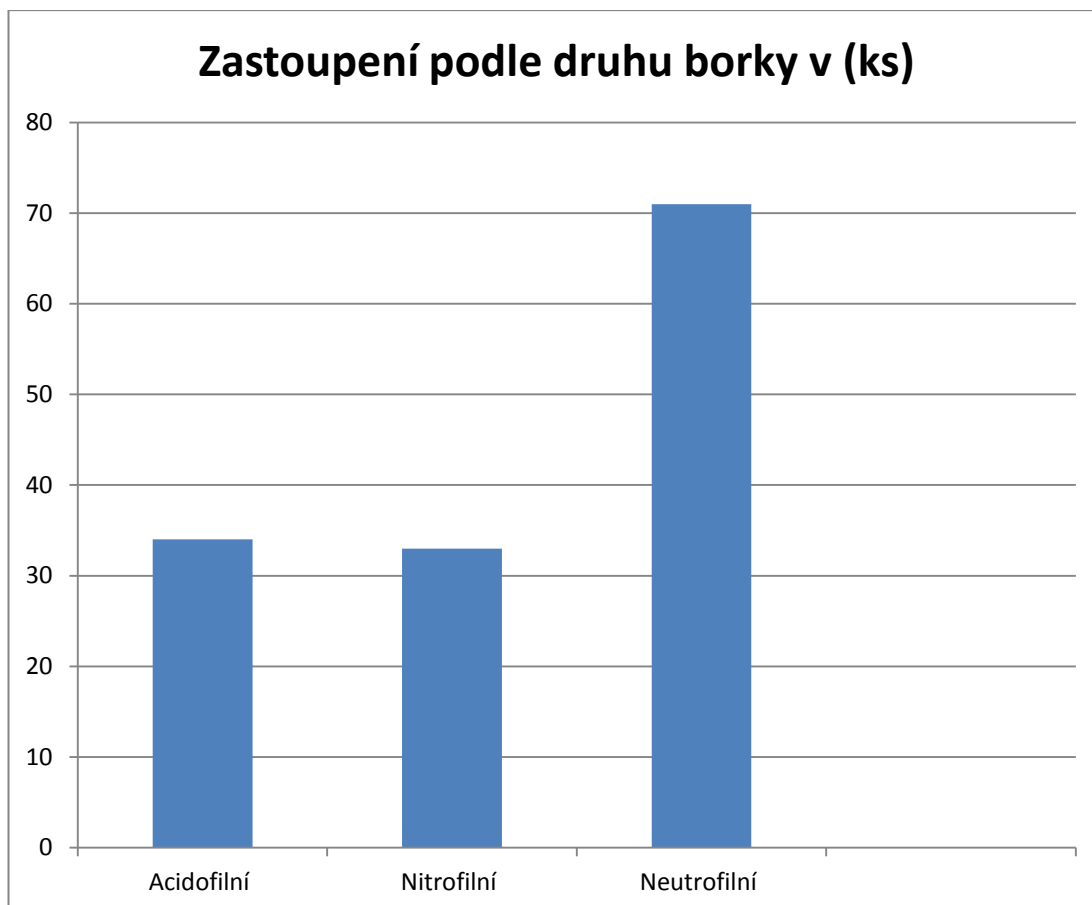
Physconia grisea (Lam.) Poelt **LC**

Scoliciosporum sarothamni (Vain.) Vězda **LC**

Xanthoria candelaria (L.) Th. Fr. **LC**

Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. **LC**

Xanthoria polycarpa (Hoffm) Th. Fr. ex Rieber **NT**



Obrázek .13 – Zastoupení druhů podle pH borky (vlastní zdroj)

6.3.4 Podmínky pro výskyt lišejníků

Dalšími faktory, které zde ovlivnily výskyt vzácnějších druhů lišejníků, byly specifické makroklimatické podmínky. Ty jsou vyžadovány pro růst a vývin lišejníků. Tyto podmínky soustřeďují shluk vlastností určitého prostředí v menších oblastech, kde se dané organismy vyskytují. Ve zkoumané lokalitě „bohatší“ je možno nalézt více druhů, z důvodu příznivých mikroklimatických podmínek. Nad touto lokalitou jsou koruny stromů a jejich větve více zapojeny než samotné kmeny stromů. Koruna s větvemi je sice více osvětlena, ale nemusí lišejníkům na kmeni poskytovat ochranu. Tím, že je kmen stromu kryt větvemi a korunou, má lišejník lepší úkryt před přímými vnějšími vlivy (Lücking, 1997; Coxson et Stevenson, 2007). Nejdůležitějšími mikroklimatickými faktory, na které lišejníky reagují, jsou zejména vlhkost, světelná intenzita a v neposlední řadě vlhkost (Matlack, 1993). V části u potoka (obr. 14) se na výskyt lišejníků zřejmě podílely i mikroklimatické podmínky, které byly narušeny zásahem ve smyslu probírky dorůstajících dřevin.

Zde došlo k tomu, že výběrovou těžbou byly zřejmě vytvořeny „světliny“ a tím byla zřejmě rozmanitost druhů podpořena (Tanona et Czarnota, 2019).



Obrázek 14 – Údolí Závítkovického potoka (vlastní zdroj)

V „chudší“ části, co se týče druhové skladby, je to zřejmě způsobeno tím, že zde docházelo při větším pohybu větru k častým vývrátům stromů. I přes to, že po odklizení těchto stromů docházelo k nové výsadbě, přes to, než nová výsadba se rozroste do velikosti původních stromů, vzniká zde po určitou dobu „holoseč“. Tato „holoseč“ je pro určité druhy lišejníků naprosto devastující (Boch et al., 2013, Aude et Poulsen, 2000).



Obrázek . 15 – Rovina sever (vlastní zdroj)

6.3.5 Komentáře k vybraným druhům lišejníků.

Parmelina tiliacea je ohrožený druh, který ustupuje z České republiky. Tento druh byl nalezen, v kryté části parku. Lišejník se řadí ke druhům velice citlivým na zvýšenou úroveň znečištění ovzduší. Byl nalezen v části, která je chráněna mírným údolím, vzrostlými stromy a částečně i budovami. Nyní je jeho výskyt především v oblastech, kde je nízké znečištění ovzduší a nebývají zde změny v lesním hospodářství (Liška et al., 2006). Lišejník *Parmelina tiliacea*, který byl dříve se svým výskytem uváděn jako běžný druh, tolerující střední až mírnou eutrofizaci prostředí celkově poklesl (Liška et al., 2006).

Rozšíření některých druhů lišejníků v naší republice se přisuzuje vlivu změn v životním prostředí. Největší a zásadní roli v těchto změnách způsobily kyselé deště, které napomohly rozšíření např. některých nitrofilních druhů. Jak uvádí (Lisická et al., 2008; Liška, 2012) dalšími šířícími se druhy, které byly evidovány již od konce 20. století jsou např. *Amandinea punctata*, *Candelariella efflorescens* agg., *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizaeoides*, *Parmelia sulcata*, *Physcia*

adsendens, *P. tenella*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Xanthoria polycarpa*.

Dalšími druhy vysoce tolerantními ke znečištění ovzduší jsou některé acidofilní druhy. Tyto druhy byly rozšířeny koncem 20. století. Jedná se o druhy *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum*. Toto acidofilní prostředí bylo způsobeno vlivem kyselých dešťů (Liška et Herben, 2008, Liška 1994).

Mezi nalezenými lišejníky byla i *Lecanora conizaeoides*. Tento lišejník byl nalezen v hojně téměř po celém území parku. Jedná se o acidofilní druh a na našem území se začal vyskytovat v polovině 20. století. Patří mezi lišejníky, které se vyskytují na kyselém substrátu za vysokých hodnot SO₂. Od konce 20. století mizí z celého území ČR ve značné míře. Jak uvádí Mgr. Jiří Malíček, Ph.D. *Lecanora conizaeoides*, bude pravděpodobně na ústupu z důvodu ubývajícího acidofilního substrátu, na kterém je schopna vegetovat (Malíček et al., 2020).

Dalším velice tolerantním druhem pro indikaci znečištěného ovzduší je *Hypocenomyce scalaris*, které bylo rovněž nacházeno v zájmové oblasti (Liška, 2012). Tento druh lze také považovat za indikátor vysokého množství NH₃.

Mezi další velmi toxitolerantní druhy, které byly nalezeny, patří *Xanthoria parietina* a *Xanthoria polycarpa*. Oba tyto druhy lišejníků se vyskytují převážně tam, kde se nachází vyšší pH borky (Limblom, 1997).

Dalším nalezeným druhem je *Lecanora pulicaris*, který vyhledává acidofilní a kyselou borku stromů (Malíček, 2014).

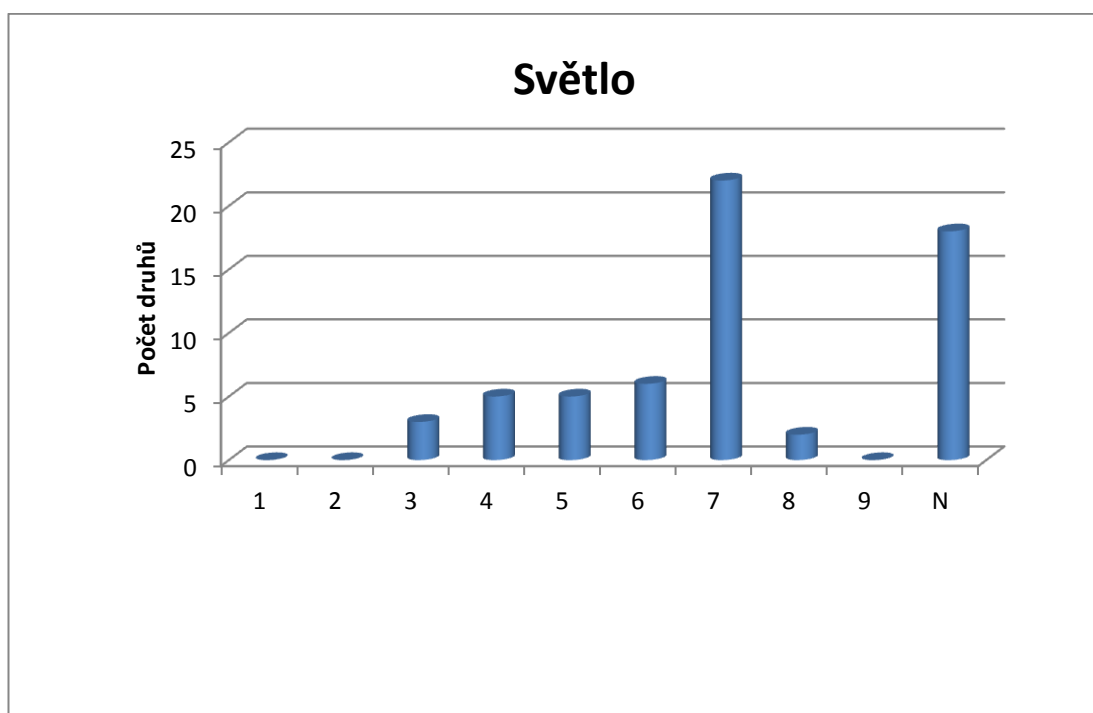
6.3.6 Odhad míry znečištění ovzduší pomocí epifytických lišejníků

Na základě zjištěných indikačních epifytických lišejníků dle Svobody (Svoboda, 2007) lze studovanou lokalitu zařadit víceméně do zóny 6, tedy málo znečištěné. Nebyly však nalezeny všechny indikační druhy, pouze *Pertusaria albescens* v územních celcích B a F. Z indikačních druhů nižších zón byla ze zóny 5 zjištěna *Melanelixia glabratula* (= *Melanelia fuliginosa* ve Svoboda, 2007) a všechny druhy pro zónu 4, a to jak pro neeutrofizovanou (*Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Parmelia sulcata*), tak eutrofizovanou (*Candelariella efflorescens* agg., *C.*

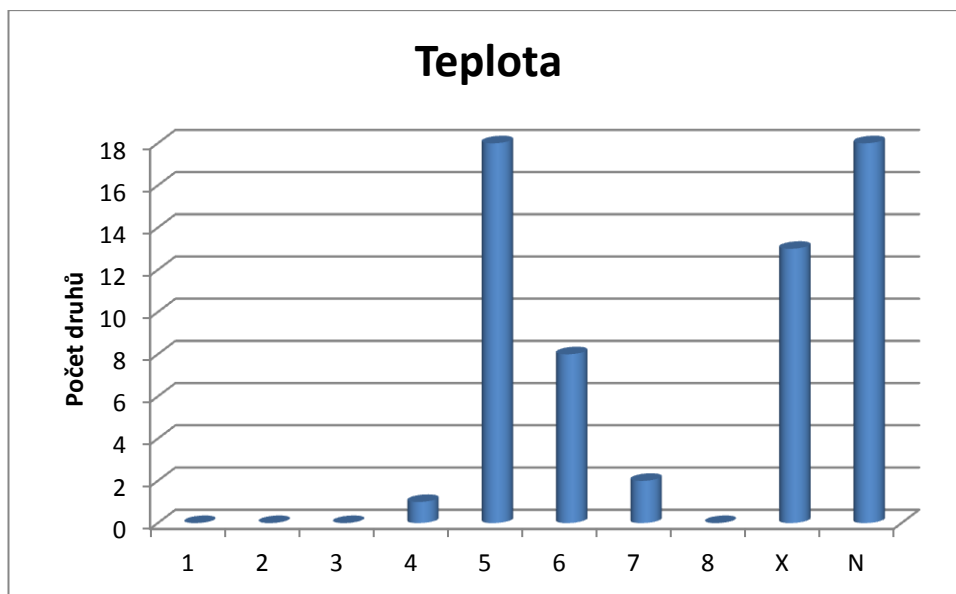
xanthostigma, *Phaeophyscia nigricans*, *Physcia adscendens*, *P. tenella*) borku dřevin.

6.3.7 Ekologické indikátory lišejníků

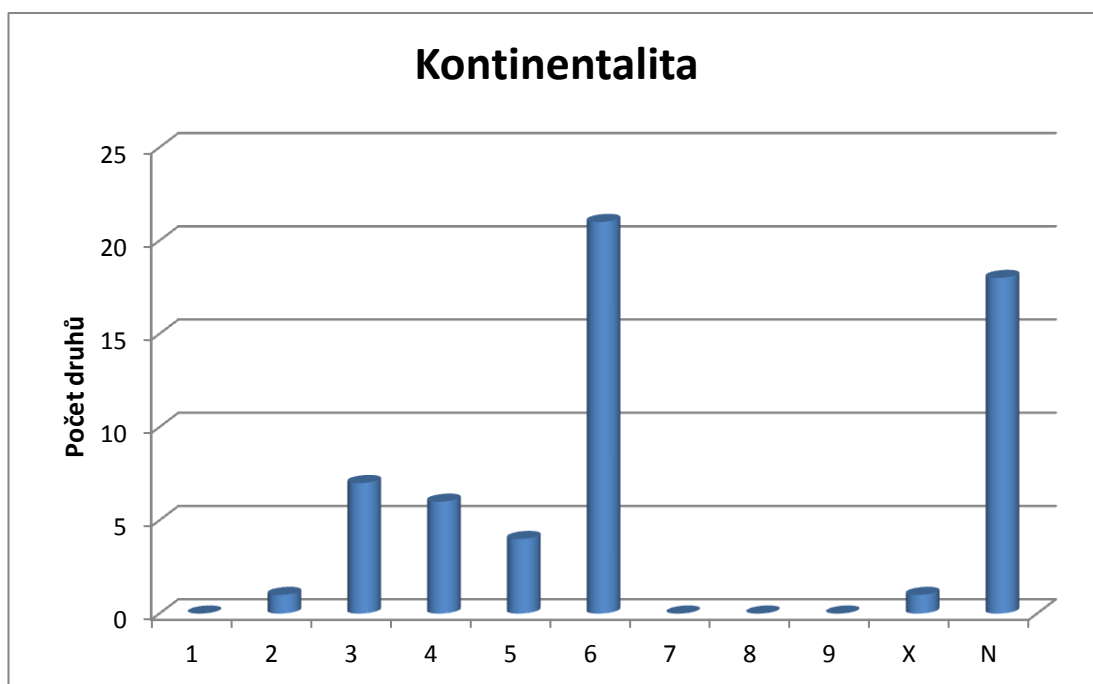
Nalezené lišejníky byly zhodnoceny podle ekologických indikátorů (Příloha č. 1) pro lišejníky, stanovených pro vybrané evropské druhy Wirthem (Wirth, 2010). Z hlediska ekologického indikátoru pro světlo (obr. 16) bylo nejvíce druhů polosvětломilných (22 druhů). Indikátor pro teplotu (obr. 17) nabýval nejčastěji hodnot 7 u (18 druhů), tj. pro druhy rostoucí hlavně v mírně chladných až mírně teplých polohách. Nejvíce druhů (21) z hlediska kontinentality (obr. 18) se nacházelo v kategorii 6, tzn. široce rozšířené druhy. Nejvíce druhů (23) u indikátoru pro vlhkost (Obr. 19) spadalo do kategorie 3 – tj. druhy tolerující stanoviště s nízkým množstvím srážek. Z hlediska reakce (pH) (obr. 20) nejvíce druhů (12) spadalo do hodnot mírně kyselých, pH 4,9–5,6. Čísla pro eutrofizaci (obr. 21) neukazovala výrazně vysoké hodnoty. Nejvíce druhů (11) spadalo mezi druhy rostoucí v místech se slabou eutrofizací.



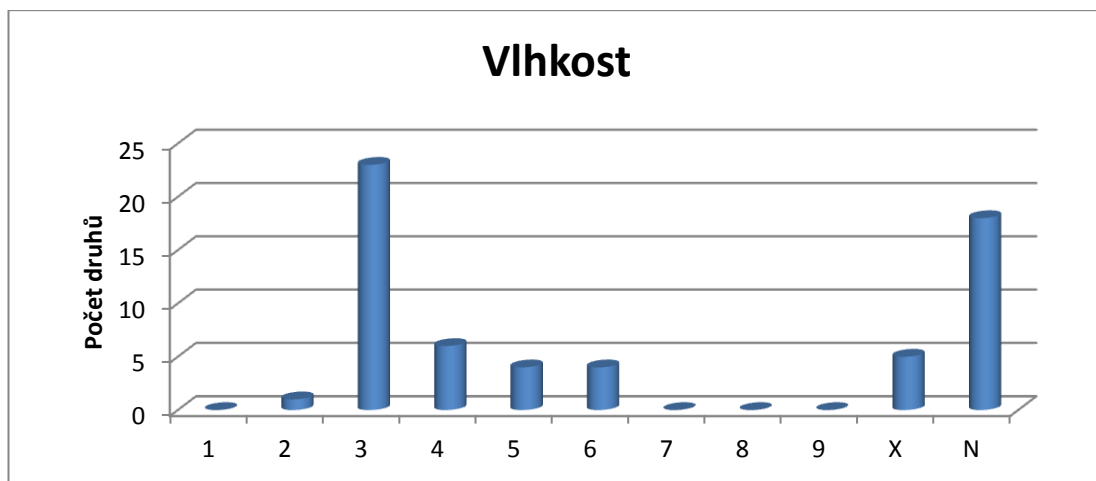
Obrázek. 16 - Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro světlo.



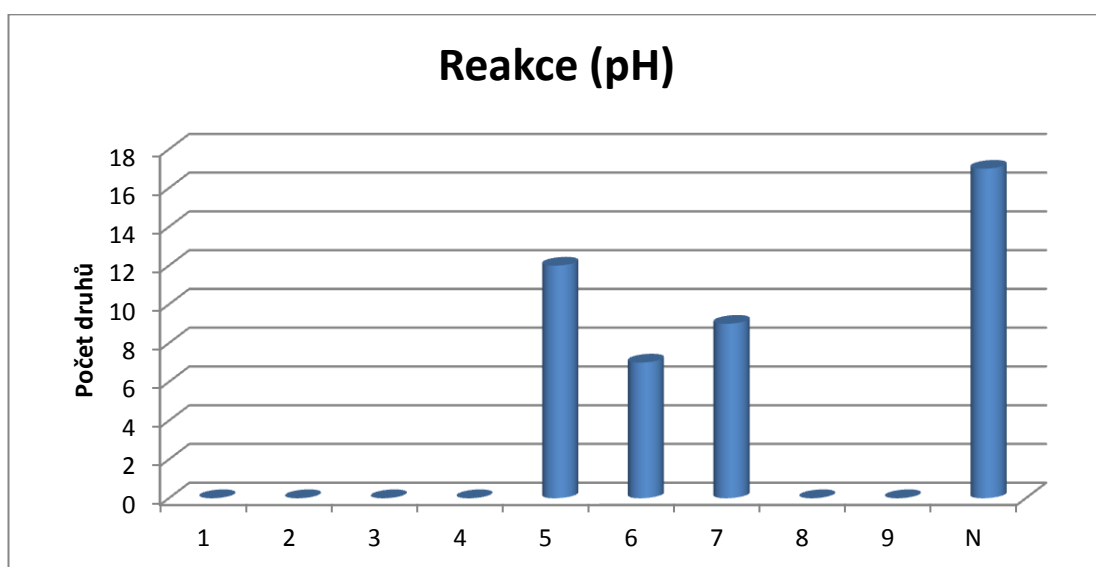
Obrázek. 17 - Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro teplotu.



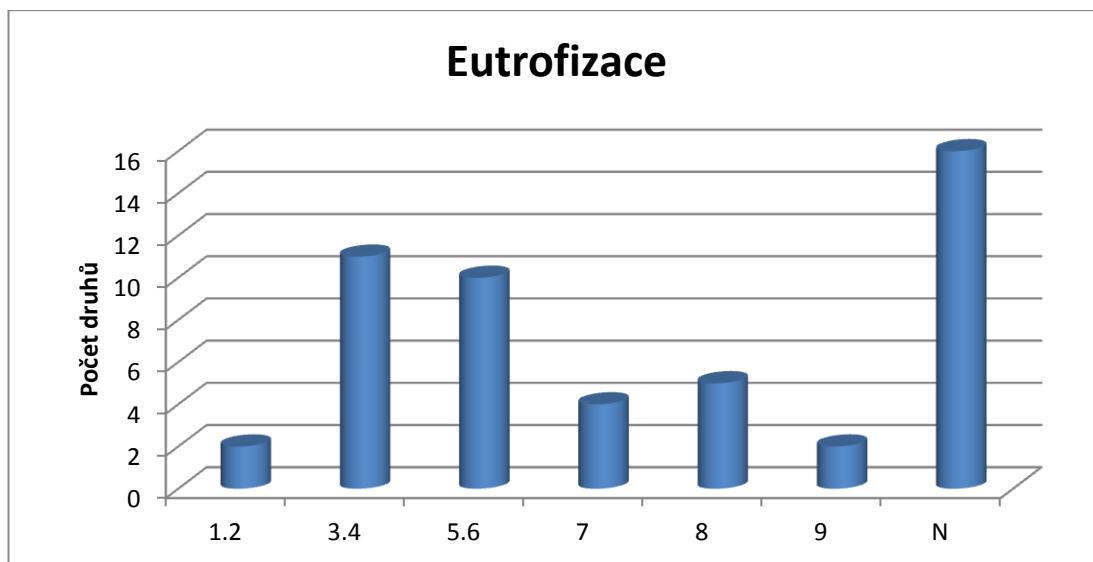
Obrázek. 18 - Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro kontinentalitu.



Obrázek. 19 - Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro vlhkost.



Obrázek. 20 - Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro reakci (pH).



Obrázek. 21- Četnost nalezených druhů lišejníků podle stupnice ekologického indikátoru pro eutrofizaci.

7 Analýza dat

7.1 Výsledky Kruskal-Wallisova testu

7.1.1 Explorační datová analýza

Na celkem 70 stromech bylo zjištěno 140 záznamů lišejníků (výskyt jednoho druhu na jednom stromě představuje jeden záznam) (tab 7). V průměru tedy připadají na jeden strom dva záznamy, tedy dva druhy lišejníků. V tabulce č. 4 jsou uvedeny veškeré záznamy včetně druhů lišejníků, územního celku, ID a druhu stromu. Z tabulky 5 je vidět, že nejméně druhů lišejníků bylo nalozeno v okolí parkových rybníků, tedy v územním celku A. Nejvíce druhů lišejníků roste v územním celku D, který je ze všech územních celků nejrozlehlejší a v těsném závěsu je za ním územní celek B. Na druhou stranu při srovnání počtu druhů lišejníků na jeden hektar i počtu stromů s lišejníky na hektar, je jednoznačně druhově nejbohatší lokalita B, kde je hustota 15,63 druhů na hektar a téměř 7 stromů s lišejníky na hektar a lokalita D je až třetí za lokalitou F z hlediska obou těchto ukazatelů.

Územní celek	Počet stromů s lišejníky	Počet druhů	Rozloha (ha)	Počet stromů s lišejníky/ha	Počet druhů/ha
A	5	5	4,02	1,24	1,24
B	13	30	1,92	6,77	15,63
C	7	10	1,80	3,89	5,56
D	22	32	3,71	5,93	8,63
E	14	16	3,41	4,11	4,69
F	9	15	1,38	6,52	10,87

Tabulka. 4 – Počet druhů lišejníků v územních celcích (vlastní zdroj)

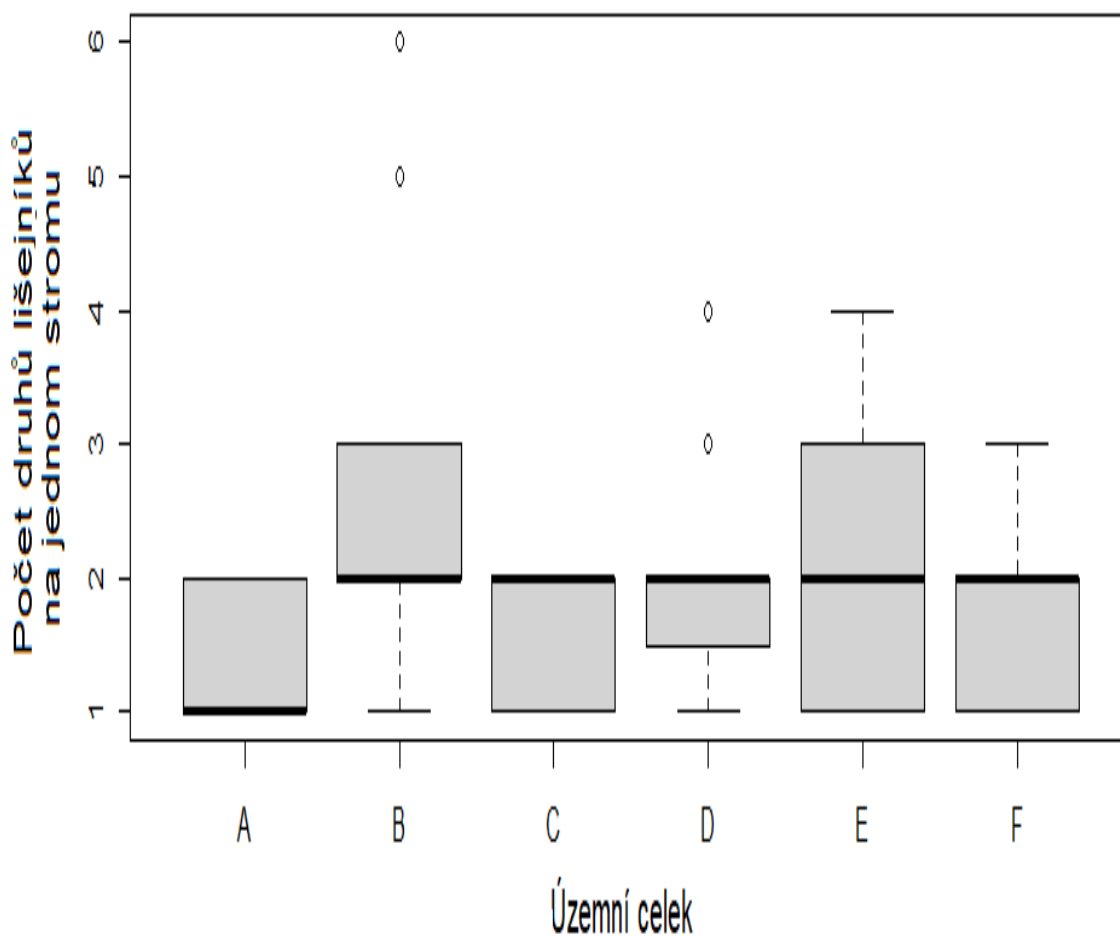
Z tabulky 5 je možné vyčíst, že pouze na lokalitě B rostou stromy, na kterých se vyskytují víc než 4 druhy lišejníků najednou. Konkrétně se jedná o habr obecný (ID 26) s 6 druhy a javor mléč (ID 32) s 5 druhy. Na lokalitách B, C, D byl nejčastější výskyt dvou druhů lišejníků na jednom stromu. Zbytek lokalit měl nejčastěji strom s jedním druhem lišejníku. Kromě lokality A mají všechny územní celky medián roven dvěma druhům lišejníků na jeden strom. Z hlediska mediánu se tedy téměř všechny celky zdají být stejně vhodné pro růst lišejníků. Z hlediska průměru se ukazuje, že nejvyššího počtu lišejníků na jeden strom dosahuje lokalita

B. Nutno podotknout, že za to mohou dvě odlehlé hodnoty s počtem 5 a 6 druhů lišejníků. Nejnižšího průměrného počtu lišejníků dosahuje lokalita A. Při statistickém testování pomocí Wilcoxonova testu se tak tedy dá očekávat, že mezi těmito dvěma územními celky bude zaznamenaný nejvyšší rozdíl (nejnižší hodnota).

	A	B	C	D	E	F
Počet stromů s 1 lišejníkem	3	3	3	6	6	4
Počet stromů se 2 lišejníky	2	5	4	12	3	3
Počet stromů se 3 lišejníky	0	3	0	3	4	2
Počet stromů se 4 lišejníky	0	0	0	1	1	0
Počet stromů se 5 lišejníky	0	1	0	0	0	0
Počet stromů se 6 lišejníky	0	1	0	0	0	0
Průměrný počet lišejníků na jednom stromu	1,40	2,54	1,57	1,96	2,00	1,78
Medián počtu lišejníků na jednom stromu	1	2	2	2	2	2
Modus	1	2	2	2	1	1

Tabulka 5 – Souhrnné statistiky četnosti stromů s lišejníky v územních celcích (vlastní zdroj)

Na obrázku 22 jsou vidět krabicové diagramy počtu druhů lišejníků na jednotlivých stromech podle územních celků. Jak je vidět, pro některé lokality existuje, tak málo záznamů, že se jednotlivé kvartily navzájem překrývají. Software R studio vyhodnotil záznamy s více jak 4 druhy na jednom stromě pro lokalitu B jako odlehlé hodnoty a díky tomu se jeví jako lokalita D jako nejlepší, protože 4. kvartil se nachází ze všech diagramů nejvýše. Nutno podotknout, že kdyby na javoru mléč (ID 32) bylo nalezeno místo 5 druhů pouze 4 druhy, tak by 4. kvartil pravděpodobně také sahal až do hodnoty 4. Jako odlehlé hodnoty byly vyhodnoceny i záznamy se 3 a 4 druhy na stromu pro lokalitu D.



Obrázek 22 – Počet druhů rostoucích na jednotlivých stromech podle lokalit (vlastní zdroj)

Z explorační datové analýzy se zdá, že nejlepší pro výskyt lišejníků je lokalita B a nejméně zajímavá je lokalita A.

7.1.2 Testování statistických hypotéz

Při testování bylo pomocí Kruskal-Wallisova testu hodnoceno, zda se od sebe statisticky významně liší výběry počtu druhů lišejníků na jednotlivých stromech z územních celků. Výsledkem byla platnost nulové hypotézy ($p = 0,4137$, $\chi^2 = 5,02$).

Mezi výběry tedy neexistuje prokazatelný statisticky významný rozdíl a lze je považovat za nerozdílné.

V tabulce 6 jsou uvedeny p hodnoty Wilcoxonových testů ze srovnávání výběrů lokalit mezi sebou. Jak bylo již zřejmé z explorační datové analýzy, tak největší rozdíl byl dosažen mezi lokalitou A a B. Přesto není tato hodnota dostatečně nízká, aby platila nulová hypotéza vzhledem k hladině α . Lokalita B nicméně dosahuje v průměru nejnižší p hodnoty vůči ostatním, není tedy možné za daných podmínek rozhodnout, jestli je nejodlišnější. Má ale největší předpoklady k tomu, být nejodlišnější. Zdá se, že z hlediska četnosti druhů lišejníků na jednotlivých stromech jsou si vzhledem k vysoké p hodnotě nejvíce podobné sousedící lokality E a D.

	A	B	C	D	E
B	0.087				
C	0.64	0.118			
D	0.126	0.302	0.247		
E	0.297	0.418	0.45	1.000	
F	0.465	0.248	0.728	0.608	0.688

Tabulka 6 – P hodnoty výsledků provedených wilcoxonových testů (vlastní zdroj)

7.1.3 Diskuse ke statistickému testu

Testování statistických hypotéz neprokázalo, že by mezi územními celky existoval statisticky významný rozdíl. To ale neznamená, že se územní celky od sebe skutečně neliší. Tento výsledek může být způsobený malým počtem záznamů (pro lokalitu 5 pouze 5 stromů s lišejníky), a proto nelze rozhodnout, zda mezi celky existují rozdíly. Výsledek této práce spíše vypovídá o celé zájmové lokalitě (všechny územní celky) jako o prostředí obecně chudém na výskyt lišejníků s podmínkami nevhodnými pro jejich růst. Za tento stav může pravděpodobně leštitrna skla nedaleko zájmové lokality.

Na základě výsledků z explorační datové analýzy se zdá, že nejvhodnější lokalitou pro výskyt lišejníků je územní celek B. Na této lokalitě sice roste méně druhů než v územním celku D, ale je nutné podotknout, že lokalita D je značně rozlehlejší a je tedy samozřejmé, že se na takové lokalitě (obr. 15) může uchytit více druhů (Chytrý et al., 2019). Z hlediska všech ostatních ukazatelů je lokalita B nejlepší (průměrná hodnota, maximální hodnota), nebo alespoň dosahuje nejvyšší hodnoty (modus, medián), v porovnání s ostatními územními celky.

Nejméně vhodnou lokalitou z hlediska podmínek pro růst lišejníků se zdá být územní celek A. Rybníky v tomto územním celku jsou protažené v severojižním směru a břehy jsou tak vystavené slunečnímu záření z východu a západu. To může způsobovat nevhodné podmínky pro růst lišejníků z hlediska vystavení slunečnímu záření. Zároveň jsou zde potenciální místa pro růst lišejníků nejspíše více vystavena atmosférickým depozicím než lokality umístěné níže.

V rámci práce (Syrovátková, 2009) byl hodnocen obdobně jako v této práci výskyt lišejníků na stromech. Autorka vymezila 4 geografické čtverce v zájmové lokalitě Doupovských hor a v každém čtverci vybrala pět lokalit, kde provedla podrobné mapování výskytu lišejníků. Je otázkou, do jaké míry se dají tyto lokality pro jednotlivé čtverce považovat za reprezentativní. Výsledek může být proto při porovnávání čtverců mezi sebou značně zkreslený. Na druhou stranu v tak rozsáhlém území, v jakém autorka pracovala, se nedá provést tak podrobné mapování jako bylo provedeno pro zámeckou zahradu zámku Světlá nad Sázavou. U vyhodnocování větších územních celků by tak mohlo být užito generování náhodných bodů uvnitř čtverce, například pomocí geografických informačních systémů. Výzkumník by poté, kdy tyto náhodně generované lokality v rámci každé buňky mřížky (čtverce) zmapoval a vyhodnotil například pomocí LDV (Asta et al., 2002), získal takový výsledek, který by mohl mít vyšší vypovídající hodnotu než lokality vybrané uvnitř čtverce samotným výzkumníkem.

7.1.4 Výsledky výzkumu lišejníků na stromech

ID stromu	Druh stromu	Územní celek	Druh lišejníku
1	Dub letní	E	<i>Lecanora expallens</i>
2	Dub letní	E	<i>Lecanora conizaeoides</i>
2	Dub letní	E	<i>Physcia tenella</i>

2	Dub letní	E	<i>Strangospora piniola</i>
3	Lípa srdčitá	E	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>
3	Lípa srdčitá	E	<i>Strangospora piniola</i>
3	Lípa srdčitá	E	<i>Physcia tenella</i>
3	Lípa srdčitá	E	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>
4	Dub červený	E	<i>Physcia adscendens</i>
5	Dub letní	E	<i>Bacidina sulphurella</i>
6	Zerav západní	D	<i>Lepraria incana</i>
6	Zerav západní	D	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>
7	Zerav západní	D	<i>Amandinea punctata</i>
7	Zerav západní	D	<i>Melanohalea exasperatula</i>
8	Modřín opadavý	D	<i>Parmelia sulcata</i>
9	Smrk ztepilý	D	<i>Candelariella efflorescens</i>
9	Smrk ztepilý	D	<i>Lecanora conizaeoides</i>
10	Dub letní	D	<i>Lecanora expallens</i>
10	Dub letní	D	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>
11	Jedle bělokorá	D	<i>Fellhanera subtilis</i>
11	Jedle bělokorá	D	<i>Fellhanera bouteillei</i>
12	Dub letní	D	<i>Parmelia ernstiae</i>
12	Dub letní	D	<i>Hypogymnia physodes</i>
12	Dub letní	D	<i>Lecanora saligna</i>
12	Dub letní	D	<i>Parmelia sulcata</i>
13	Lípa srdčitá	D	<i>Violella fucata</i>
13	Lípa srdčitá	D	<i>Phlyctis argena</i>
14	Vrba	A	<i>Xanthoria parietina</i>
15	Lípa srdčitá	D	<i>Candelariella xanthostigma</i>
15	Lípa srdčitá	D	<i>Candelariella efflorescens</i>
16	Dub letní	D	<i>Cladonia fimbriata</i>
16	Dub letní	D	<i>Melanelixia glabratula</i>
16	Dub letní	D	<i>Chaenotheca trichialis</i>
17	Dub letní	D	<i>Parmelia sulcata</i>
18	Dub letní	D	<i>Xanthoria polycarpa</i>
18	Dub letní	D	<i>Lecania cyrtella</i>
19	Lípa srdčitá	D	<i>Xanthoria candelaria</i>
20	Dub letní	D	<i>Melanelixia glabratula</i>
21	Lípa srdčitá	D	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
21	Lípa srdčitá	D	<i>Candelariella vitellina</i>
21	Lípa srdčitá	D	<i>Placynthiella icmalea</i>
22	Jinan dvoulaločný	D	<i>Lecidella elaeochroma</i>
23	Buk lesní	B	<i>Melanohalea elegantula</i>
23	Buk lesní	B	<i>Hypogymnia tubulosa</i>

24	Javor mléč	B	<i>Pertusaria albescens</i>
24	Javor mléč	B	<i>Buellia griseovirens</i>
24	Javor mléč	B	<i>Parmelina tiliacea</i>
25	Jasan ztepilý	B	<i>Chaenotheca trichialis</i>
25	Jasan ztepilý	B	<i>Anisomeridium polypori</i>
26	Habr obecný	B	<i>Porina aenea</i>
26	Habr obecný	B	<i>Chaenotheca trichialis</i>
26	Habr obecný	B	<i>Lepraria finkii</i>
26	Habr obecný	B	<i>Lecidella elaeochroma</i>
26	Habr obecný	B	<i>Graphis scripta</i>
26	Habr obecný	B	<i>Arthonia radiata</i>
27	Habr obecný	B	<i>Lecania croatica</i>
27	Habr obecný	B	<i>Lecanora pulicaris</i>
28	Jasan ztepilý	B	<i>Chaenotheca brachypoda</i>
29	Cypříšek pařez	B	<i>Cladonia coniocraea</i>
29	Cypříšek pařez	B	<i>Micarea misella</i>
29	Cypříšek pařez	B	<i>Arthonia helvola</i>
30	Cypříšek pařez	B	<i>Sarcosagium campestre</i>
31	Habr obecný	B	<i>Lepraria finkii</i>
31	Habr obecný	B	<i>Lecanora pulicaris</i>
32	Javor mléč	B	<i>Opegrapha varia</i>
32	Javor mléč	B	<i>Bacidia rubella</i>
32	Javor mléč	B	<i>Bilimbia sabuletorum</i>
32	Javor mléč	B	<i>Acrocordia gemmata</i>
32	Javor mléč	B	<i>Bacidia subincompta</i>
33	Líska obecná	A	<i>Leptorhaphis maggiana</i>
34	Javor klen	B	<i>Phaeophyscia endophoenicea</i>
34	Javor klen	B	<i>Phlyctis argena</i>
35	Javor klen	B	<i>Phaeophyscia nigricans</i>
35	Javor klen	B	<i>Physconia grisea</i>
35	Javor klen	B	<i>Phaeophyscia pusilloides</i>
36	Topol	C	<i>Lecania cyrtella</i>
36	Topol	C	<i>Catillaria nigroclavata</i>
37	Lípa srdčitá	C	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>
37	Lípa srdčitá	C	<i>Strangospora piniola</i>
38	Smrk ztepilý	F	<i>Candelariella efflorescens</i>
38	Smrk ztepilý	F	<i>Lecanora conizaeoides</i>
39	Javor klen	F	<i>Phaeophyscia nigricans</i>
39	Javor klen	F	<i>Phlyctis argena</i>
40	Habr obecný	F	<i>Lecanora pulicaris</i>
41	Lípa srdčitá	C	<i>Scoliciosporum sarothamni</i>
42	Javor mléč	C	<i>Opegrapha varia</i>

42	Javor mléč	C	<i>Bacidia subincompta</i>
43	Habr obecný	C	<i>Lecidella elaeochroma</i>
43	Habr obecný	C	<i>Lepraria finkii</i>
44	Jasan ztepilý	C	<i>Anisomeridium polypovi</i>
45	Buk lesní	C	<i>Hypogymnia tubulosa</i>
46	Smrk ztepilý	A	<i>Lecanora conizaeoides</i>
47	Lípa srdčitá	F	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>
47	Lípa srdčitá	F	<i>Physcia tenella</i>
47	Lípa srdčitá	F	<i>Strangospora piniola</i>
48	Javor mléč	F	<i>Buellia griseovirens</i>
48	Javor mléč	F	<i>Pertusaria albescens</i>
49	Lípa srdčitá	F	<i>Xanthoria candelaria</i>
49	Lípa srdčitá	F	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
49	Lípa srdčitá	F	<i>Violella fucata</i>
50	Dub letní	E	<i>Melanelixia glabratula</i>
50	Dub letní	E	<i>Xanthoria polycarpa</i>
50	Dub letní	E	<i>Cladonia fimbriata</i>
51	Dub zimní	E	<i>Lecanora pulicaris</i>
51	Dub zimní	E	<i>Parmelia sulcata</i>
51	Dub zimní	E	<i>Xanthoria polycarpa</i>
52	Javor mléč	E	<i>Lecanora conizaeoides</i>
53	Lípa srdčitá	E	<i>Hypogymnia physodes</i>
53	Lípa srdčitá	E	<i>Phlyctis argena</i>
54	Buk lesní	E	<i>Parmelia sulcata</i>
55	Bříza	E	<i>Parmelia sulcata</i>
55	Bříza	E	<i>Lecanora conizaeoides</i>
56	Cypřišek, ulička u rybníka	B	<i>Hypogymnia physodes</i>
57	Dub letní	D	<i>Hypogymnia physodes</i>
58	Smrk ztepilý	A	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
58	Smrk ztepilý	A	<i>Lecanora conizaeoides</i>
58	Smrk ztepilý	D	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
58	Smrk ztepilý	D	<i>Lecanora conizaeoides</i>
59	Javor mléč	D	<i>Parmelia sulcata</i>
59	Javor mléč	D	<i>Buellia griseovirens</i>
60	Habr obecný	D	<i>Parmelia sulcata</i>
60	Habr obecný	D	<i>Lepraria finkii</i>
60	Habr obecný	D	<i>Lecanora pulicaris</i>
61	Javor klen	D	<i>Lecanora conizaeoides</i>
61	Javor klen	D	<i>Parmelia sulcata</i>
62	Lípa srdčitá	D	<i>Candelariella vitellina</i>
62	Lípa srdčitá	D	<i>Physcia tenella</i>

63	Dub letní	F	<i>Xanthoria polycarpa</i>
64	Javor klen	F	<i>Physconia grisea</i>
65	Smrk ztepilý	F	<i>Lecanora conizaeoides</i>
66	Zerav západní	D	<i>Physcia tenella</i>
66	Zerav západní	D	<i>Amandinea punctata</i>
67	Buk lesní	E	<i>Parmelia sulcata</i>
68	Javor klen	E	<i>Lecanora pulicaris</i>
68	Javor klen	E	<i>Parmelia sulcata</i>
69	Bříza	A	<i>Parmelia sulcata</i>
69	Bříza	A	<i>Lecanora conizaeoides</i>
70	Lípa srdčitá	E	<i>Phlyctis argena</i>
70	Lípa srdčitá	E	<i>Hypocenomyce scalaris</i>
70	Lípa srdčitá	E	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>

Tabulka 7 – Podklady ke K-W testu (vlastní zdroj)

8 Shrnutí praktické části

V praktické části jsem zjistil, že se v zámeckém parku nachází 61 druhů lišejníků. Dále jsem se věnoval jejich rozdělení podle typu stélky, zařazení podle červeného seznamu lišejníků (Liška, 2010), podle zařazení druhu borky, podle výskytu na stromech. Jednotlivé tyto části byly zpracovány do grafu a následně vyhodnocovány. Například největší zastoupení podle druhu borky měly neutrofilní druhy a to 71 jedinců (51,45 %), acidofilní druhy 34 jedinců (24,63 %) a nitrofilní druhy se 33 jedinci (23,92 %). Samozřejmě, že dále byly lišejníky zařazeny i podle typu stélky: na prvním místě korovitá stélka s 86 jedinci (62,3 %), na druhém místě lupenitá s 50 jedinci (36,3 %) a s nejmenším počtem výskytu byla stélka převážně šupinkatá a sekundárně keříčkovitá se 2 kusy (1,4 %).

Dále byly lišejníky porovnávány podle stupně ohrožení červeného seznamu lišejníků (Liška, 2010). Ohrožených druhů – EN se 2 druhy (3,28 %), neohrožených druhů – LC se 37 druhy (60,66 %), zranitelných druhů – VU s 8 druhy (13,11 %), blízko ohrožených druhů – NT s 9 druhy (14,75 %), není dostatek dat pro klasifikaci druhu – DD se 3 druhy (4,92 %), vyhynulý druh – RE s 1 druhem (1,64 %), kriticky ohrožený druh – CR s 1 druhem (1,64 %).

Nakonec jsem porovnával jednotlivé sektory zámeckého parku s výskytem nalezených druhů lišejníků a působením ovzduší na vliv jejich výskytu a růstu. Bylo zjištěno, že na jednotlivé druhy lišejníků má vliv prostředí i koncentrace jednotlivých složek ovzduší. Mezi nejvíce vhodné území pro růst lišejníků patří území, které se nachází v údolí, jímž protéká Závitkovický potok (obr 10). Zde byly nalezeny nejvýznamnější druhy lišejníků. Těmi jsou například: *Melanohalea elegantula*, která je zařazena mezi zranitelné lišejníky, *Parmelina tiliacea*, lišejník který se náleží mezi druhy blízko ohrožení, tolerující mírně až středně eutrofizované prostředí (Liška et al., 2006). *Chaenotheca trichialis*, lišejník který se nachází ve štěrbinách sterých stromů a je v kategorii blízko ohrožení, *Arthonia radiata*, která se vyskytovala na habrech a je také v kategorii zranitelných lišejníků, *Lecania croatica* nalezená v tomto malém chráněném údolí a je zařazena mezi druhy pro které není dostatek dat pro klasifikaci, *Chaenotheca brachypoda*, poměrně vzácný lišejník, který se nachází na starých mrtvých stromech ve vlhkém mezoklimatu a je řazen mezi druhy zranitelné. *Arthonia helvola* se objevila na bázi starých stromů a je zranitelná,

Opegrapha varia, lišejník nacházející se v chráněných údolích, což se mi potvrdilo a je zařazen v kategorii blízko ohrožených. *Bacidia rubella* je zařazena do kategorie zranitelných, *Acrocordia gemmata* je ve skupině ohrožených a bývá nacházena v chráněných údolích jako v mém případě. *Bacidia subincompta* se nachází ve skupině zranitelných, *Leptorhaphis maggiana* je druh lišejníků, pro který není dostatek dat pro klasifikaci a je uváděn jako druh nelichenizovaný, patrně jde o „pololišejník“ s potravní vazbou na epifytické řasy, ale nevytvářející viditelnou „lichenizovanou“ stélku. *Phaeophyscia endophoenicea* je lišejník, který je zařazen ve skupině ohrožených, *Phaeophyscia pusillodies* byl v České republice považován za vyhynulý, *Catillaria nigroclavata*, je řazen do skupiny zranitelných.

Dalšími lišejníky, které byly v dané oblasti nacházeny, jsou druhy vysoce tolerantní ke znečištění ovzduší. Mezi ně patří *Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizeaodes*, *Scoliciosporum chlorococcum*. Tyto acidofilní druhy lišejníků se zřejmě rozšiřují vlivem kyselých dešťů, které vytvářejí životní podmínky pro jejich růst (Liška et Herben, 2008; Liška 1994).

9 Diskuse

V zájmové oblasti se z větší části nacházely epifytické lišejníky, které jsou odolné vůči znečištění životního prostředí. Po tomto zjištění jsem se zajímal o to proč a čím je to způsobeno. Lokalita se nachází na okraji města, protéká zde Závitkovický potok a je zde kaskáda rybníků. Na protilehlé straně parku se nachází průmyslová zóna. Navštívil jsem tento provoz a zajímal jsem se o to, co a jak probíhá v provozu. Bylo mi sděleno, jak se vyrábí sklo, a především jak se leští. Leštění skla je zde prováděno nejen pro tento provoz, ale i pro přilehlé sklářské provozy v okolí. Pracovník provozu mi sdělil, že se k leštění používá kyselina fluorovodíková, do které se sklo máčí a na oplach se používá kyselina sírová. Samozřejmě je daný provoz vybaven veškerým potřebným filtračním zařízením. Po těchto informacích jsem se obrátil na Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v Pelhřimově a po rozhovoru s R. Novotným mi bylo sděleno, že i z filtrace mohou unikat znečišťující látky do ovzduší, a to při výměně filtrů. V případě úniku (při výměně) do ovzduší mohou být látky unášeny až do vzdálenosti pěti kilometrů. Z tohoto důvodu je možné, že se právě v této oblasti nacházejí z větší části odolné lišejníky. Dále mi bylo sděleno, že mohou výrazně ovlivnit šíření fluoridů různé překážky jako např. různé stavby, vysoké dřeviny, které brání svými větvemi spadu škodlivin do nižších vrstev.

Chtěl jsem zjistit, kde se většina lišejníků vyskytuje v závislosti na průmyslové zóně. Můj předpoklad se nepotvrdil. Zjistil jsem nové okolnosti, které byly opačné, než jsem předpokládal. Na základě mého pozorování, názorů odborníků i získaných podkladů jsem došel k závěru, že lišejníky se nacházejí různě v různých oblastech v závislosti na druhu průmyslového zpracování, které je v průmyslové zóně nedaleko zámeckého parku. Dále bylo zjištěno, že zřejmě k úniku znečišťujících látek dochází pouze při výměně filtrů v průmyslové zóně. Z toho usuzuji, že při běžném provozu v průmyslové zóně nedochází k žádnému úniku škodlivin do ovzduší.

Předpokladem bylo, že se park nachází na okraji města v těsném sousedství průmyslového areálu a hlavní příjezdové komunikace do města, nebude zde čisté životní prostředí. Zjistil jsem, že firma Envitech se zabývá měřením škodlivých látek v ovzduší ve Světlé nad Sázavou, a to na dvou vybraných místech. Jedním místem je

měření nedaleko skláren, a to v areálu přilehlé skládky komunálních odpadů. Pracovníkem firmy mi bylo sděleno, že při výměně měřících nádob v tomto areálu skládky jsou zde naměřeny hodnoty, které několikanásobně překračují hodnoty v jiných lokalitách, ale pouze jednorázově. Toto sdělení potvrdilo to, že k tomu dochází jenom při opravách a údržbě filtračních zařízení. Po tomto zjištění jsem se informoval také na Krajském úřadě kraje Vysočina na odboru životního prostředí a zemědělství na měřící místa v našem regionu. Bylo mi sděleno, že nejbližší měřící místo pro Světlou nad Sázavou se nachází Observatoř Košetice u Pelhřimova. Po rozhovoru s Mgr. Holubovou mi bylo sděleno, že kvalita ovzduší měřená tímto měřícím místech pro daný region je velmi dobrá, a že lokální zdroje „znečišťování“ neměří.

Ve sběru vzorků, bylo zaznamenáno velké množství lišejníků, které jsou odolné vůči nepříznivému životnímu prostředí, ale také druhy, které jsou uvedeny jako ohrožené či vyhynulé.

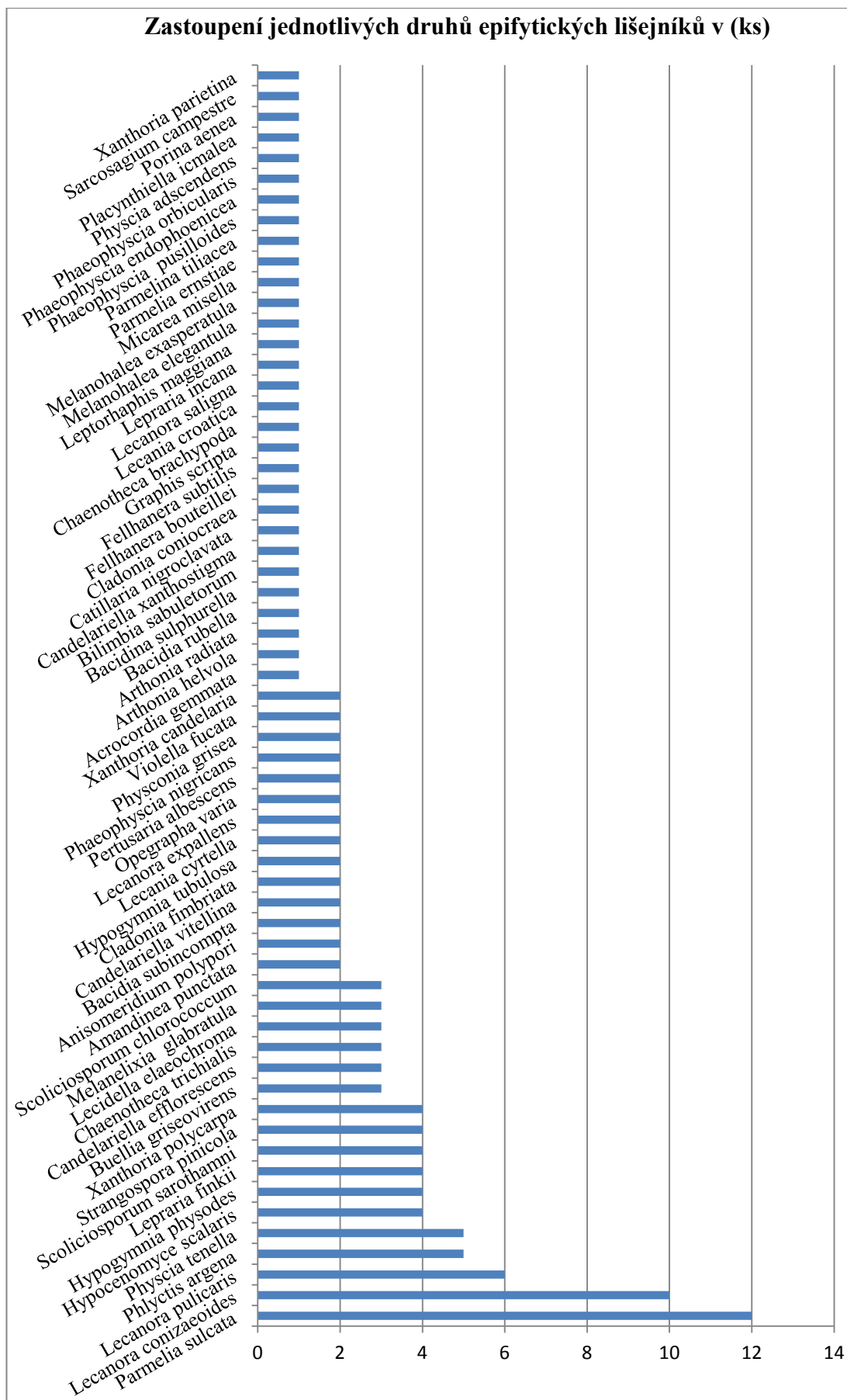
Jak uvádějí Perkins & Millar (1987) ve své práci zkoumající vliv fluoru na lišejníky v okolí hliníkárn, vyšší množství fluoru může být v lišejnících zjištěno až do vzdálenosti 25 km, v závislosti na počasí. Autoři zjistili, že do vzdálenosti 650 m od zdroje znečištění lišejníky téměř vymizely. Našli pouze 6 druhů z dřívějších 45, jako např. odumírající stélky *Leconora conizaeoides* a *L. expallens*. V pásmu od 650 do 900 m od závodu našli např. druhy *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* a *Xanthoria parietina*. Veškeré tyto druhy a řada dalších citlivějších byly nalezeny též ve sledovaném území a to po celé zájmové oblasti. Nenalezl jsem však keříčkovité druhy, které se ukázaly nejcitlivější. Z toho usuzuji, že ve zkoumané oblasti není vliv fluoru příliš velký, protože celková vzdálenost od průmyslové zóny na konec parku je maximálně 650 m. Tímto se také potvrzuje rozhovor s Mgr. Radkem Novotným, Ph.D. (VÚLHM) (osobní sdělení), že fluoridy v průmyslové zóně zřejmě unikají pouze při výměně filtrů a údržbě.

Liška & Vězda (1990) v práci o lišejnících Průhonického parku zjistili, přes tehdejší silný vliv kyselých dešťů a blízkost Prahy, lišejníkovou flóru území, ve srovnání s okolní krajinou, dosud překvapivě bohatou (43 epifytických druhů). V tomto území byly nalezeny podobné druhy lišejníků jako v mnou zkoumané oblasti a jedná se např. o druhy *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Lecanora conizaeoides*, *L. expallens*, *Pertusaria albescens* a *Phaeophyscia orbicularis*.

Sýkorová & Vondráček (1996), kteří publikovali krátký příspěvek o lišejnících zámeckého parku v Horšovském Týně, našli 18 epifytických druhů, z nichž 11 shodných jako v mnou studovaném území. Nenalezl jsem např. jimi uváděné keříčkovité druhy (*Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata*, *Pseudevernia furfuracea*). V článku není uvedeno, že by ve zkoumané lokalitě bylo znečištěné prostředí.

Jak uvádí J. Malíček ve svém článku byl lišejník *Phaeophyscia pusilloides* - podle Červeného seznamu (Liška et Palice 2010) považován za vyhynulý v ČR. Tento vzácný lišejník byl naposledy nalezen Nádvorníkem v roce 1947 v jižních Čechách u Třeboně. V roce 2014 našel J. Vondrák malou stélku na kůře javoru babyka v rezervaci lužního lesa Cahnov – Soutok na jižní Moravě. Bohaté populace byly pozorovány na stinné kůře jasanu ztepilého a slivoni švestky nedaleko turistické cesty pod skalními výběžky v chráněném území Mohelenská hadcová step (Malíček, 2017).

Dalšími druhy pouze s jedním výskytem byly *Acrocordia gemmata* nalezen na javoru mléči, *Arthonia helvola* na pařezu cypřišku, *Arthonia radiata* na habru obecném, *Bacidia rubella* byla odebrána na javoru mléči, *Bacidina sulphurella* na dubu letním, *Bilimbia sabuletorum* na javoru mléči, *Candelariella xantohostigma* na lípě srdčité, *Catillaria nigroclavata* na topolu, *Cladonia coniocraea* na pařezu cypřišku, *Fellhanera bouteillei* a *Fallhanera subtilis* byly oba nalezeny na jedli bělokoré, *Graphis scripta* se vyskytoval na habru obecném, *Chaenotheca brachypoda* nalezena na jasanu ztepilém, *Lecania croatica* na habru obecném, *Lecanora saligna* na dubu letním, *Lepraria incana* na zeravu západním, *Leptorhaphis maggiana* se vyskytoval na lísce obecné, *Melanohalea elegantula* na buku lesním, *Melanohalea exasperatula* na zeravu západním, *Micarea misella* byla odebrána na pařezu cypřišku, *Parmelia ernstiae* na dubu letním, *Parmelina tiliacea* se vyskytovala na javoru mléči.



Obrázek. 23 – Zastoupení jednotlivých druhů (vlastní zdroj)

Následně po sběru dat jsem provedl Kruskal-Wallisův test, ve kterém jsem využil již rozdělený park na sektory a lišejníky v něm nalezené. Na základě provedeného testu, se domnívám, že na výskyt a množství epifytických lišejníků má vliv zlepšující se životní prostředí v blízkosti parku i přímo prostředí v parku. Jako nejzajímavější sektor v zmapované oblasti byl sektor, který se nacházel v údolíčku Závitkovického potoka. Tato oblast se nachází nejdále od průmyslové oblasti, a zároveň je chráněná stavbami průmyslových objektů a také se zde nachází vzrostlá zeleň, která zachycuje spad škodlivin svými větvemi. Z tohoto usuzuji, že se zde projevuje „stínový efekt“ o kterém mě informoval R. Novotný. I Kruskal-Wallisův test prokázal, že pomoc vegetace a ostatních překážek v zájmovém území má pozitivní vliv na zachycování a rozptylování znečišťujících látek. Proto byla tato část parku vyhodnocena i testem za nejzajímavější. Jak bylo zjištěno z nalezených druhů, tak z měřicí stanice Košetice je tato lokalita považována za kvalitu ovzduší dobrou až velmi dobrou. Z nalezených druhů lišejníků (obr. 23) jsem zjistil, že zámecký park je místem, kde do budoucích let je možné nacházet i další druhy lišejníků, pro které je toto území velmi vhodné.

10 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce byla inventarizace epifytických lišejníků v zámeckém parku Světlá nad Sázavou. Diplomová práce byla rozdělena na dvě části. V první části jsem se věnoval teorii daného problému, například morfologii lišejníků. Dále bylo poukázáno i na prostředí, které potřebují ke svému růstu a vegetaci. Nebylo ani opomenuto jejich využití v praktickém životě, neboť jsou nezbytné například pro lékařství, geomorfologii či klimatologii.

Následně jsem se věnoval praktické části, ve které jsem zaměřil do veřejně přístupné části parku. Park byl rozdělen do několika sektorů, které byly následně zmapovány. Jednotlivé nalezené druhy byly postupně určovány. K tomu bylo využito kapesní lupy a k dalšímu specifickému určení byl využit mikroskop a další metody jako jsou bodové chemické testy. Samozřejmě byly určeny i druhy stromů, na kterých se jednotlivé druhy lišejníků nacházejí. Byly brány v úvahu i jednotlivé další faktory, jako je reliéf, ve kterém se jednotlivé druhy lišejníků vyskytují. Mým zájmem bylo zjistit, zda se dané objekty nacházejí v blízkosti rovinné části, na svazích, nebo u zámeckého potoka. Následně po určení jednotlivých druhů bylo zjištěno, že se v dané oblasti nacházejí druhy, které jsou běžné, ale také které jsou vzácné, a dokonce i druh vyhynulý. Toto bylo porovnáno podle červeného seznamu lišejníků. Dále bylo zjištěno, že vliv kvality ovzduší má významný vliv na výskyt jednotlivých druhů lišejníků.

Ve zkoumané oblasti bylo nalezeno 61 druhů lišejníků, které byly porovnány s červeným seznamem. Nejvíce druhů bylo zastoupeno v kategorii neohrožených (LC) a to více než 60 %. Další početnou skupinou s necelými 15 % jsou zastoupeny druhy ze skupiny blízkých ohrožení (NT), které se nacházely ve větší části parku. Více než 13 % je zastoupena kategorie zranitelných (VU). Hranici 5 % nepřekročily druhy spadající do kategorií, v nichž není dostatek dat pro klasifikaci (DD) a současně i kategorie ohrožených (EN). Shodné procento zastoupení, a to překračující 1,5 % zastoupily druhy, které jsou vyhynulé (RE) a kriticky ohrožené druhy (CR).

V této oblasti bylo provedeno zastoupení lišejníků podle druhů borky. Ve skupině neutrofilních bylo 71 jedinců (51,45 %), další početnou skupinou jsou acidofilní druhy 34 jedinců (24,63 %) a v neposlední skupině nitrofilní druhy se 33 jedinci (23,92 %). Dalším zařazením bylo podle typu stélky: a to korovitá stélka s 86

jedinci (62,3 %), ve dtuhé skupině je lupenitá stélka s 50 jedinci (36,3 %) a s nejmenším výskytem byla stélka převážně šupinkatá a sekundárně keříčkovitá se 2 kusy (1,4 %).

Nejzajímavější lokalitou pro sběr druhů lišejníků byla lokalita, která se nachází v údolí u Závidkovického potoka. Tato lokalita je v mírně svažitém terénu, je chráněná vzrostlou vegetací a také částečně průmyslovými stavbami, které tuto část obklopují. V této lokalitě dochází průběžně k ozdravnému průřezu dřevin, což zřejmě způsobuje změnu mikroklimatu a prosvětlování, díky čemuž dochází k lepší ekologické stabilitě pro růst těchto druhů lišejníků. Oblast Závidkovického potoka byla vzhledem ke své velikosti bohatá na výskyt jak počtu druhů v oblasti, obvyklých tak i k počtu výskytů vzácných druhů. Domnívám se, že je to též způsobeno místem lokace, která se nachází téměř 500 m od nejbližší průmyslové zóny.

V ostatních zkoumaných lokalitách se vyskytovaly běžné druhy, které se řadí k odolným druhům vůči znečištění ovzduší.

V praktické části by proveden Kruskal-Wallisův test, kterým jsem prokázal, že nejbohatší zkoumanou lokalitou v zámeckém parku je část, která se nachází v údolí Závitkovického potoka. Zde byly nalezeny druhy lišejníků, které se řadí mezi vyhynulé a blízke ohrožení.

Nalezené druhy lišejníků ve zkoumané oblasti souvisí s tvarem reliéfu daného území a přenosu škodlivých látek v ovzduší.

Stanovené cíle mé práce byly naplněny. Podle provedené studie bylo dokázáno, že na výskyt jednotlivých druhů lišejníků má vliv prostředí, ale také kvalita ovzduší. Měli bychom proto na své životní prostředí dbát, neboť je důležité nejen pro život občanů, ale také pro faunu a floru. Toho bychom si měli být všichni vědomi.

11 Použité zdroje:

- ANDĚL P. (1985): Bioindikace čistoty ovzduší v severočeské oblasti působení uranového průmyslu. – Autoreferát kand. disert pr. 20 p., Stráž pod Ralskem.
- ALSTRUP A. (2001): Epifytické mikrolaver. – Gads Forlag, Kobenhavn.
- ASTA J. et al., (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. – In: Nimis P. L., Scheidegger C. and Wolseley P. A. (eds.), *Monitoring with Lichens – Monitoring Lechens*. Kluwer Academic, Dordrecht: 273–279 pp.
- AUDE E., POULSEN R. S. (2000): Influence of management on the species composition of epiphytic cryptogams in Danish Fagus forest. – *Appl. Veg. Sci.* 3:81–88.
- ATLAS KRAJINY ČESKÉ REPUBLIKY: Landscape atlas of the Czech Republic. Praha: Průhonice: Ministerstvo životního prostředí České republiky: Výzkumný ústav silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2009, 331 s., ISBN 978-80-8.
- BALABÁN K. (1960): Lesnický významné lišejníky mechorosty a kaprad'orosty. Státní zemědělské nakladatelství, Praha: 230 s.
- Budel B. et Lange O. L. (1991): Water status of green and bluegreen phycobionts in lichen thalli after hydration of water vapour uptake: does it become turgid? *Botanica Acta*, 104: 396–366.
- BALATKA, B., KALVODA, J. (2006): Geomorfologické členění reliéfu Čech. – Praha, Kartografie Praha, 79 s.
- BOCH, S., PRATI, D., HESSENMOLLER, D., SCHULZE, E.-D., FISCHER, M., (2013): Richness of Lichen Species, Especially of Threatened Ones, Is Promoted by Management Methods Furthering Stand Continuity. *PLOS ONE* 8: 1–9. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0055461>.
- BUDEL B., SCHEDEGGER C. (2008): Thallus morphology and anatomy. – In: NASH T. H. (eds.), *Lichen biology*, p. 40–68, Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo.
- BUDEL B., LANGE O. L. (1991): Water status of green and blue-green phycobionts in lichen thalli after hydration by water vapour uptake: do they become turgid? *Botanica Acta*. 104: 361–366.
- BUDEL B., LANGE O. L. (1991): The role of the cortical and epineural layers in the lichen genus *Peltula*. *Cryptogamic Botany*. 4: 262–269.
- COXSON, D. S., STEVENSON, S.K. (2007): Growth rate response of *Lobaria pulmonaria* to canopy structure in even-aged old-growth cedar-hemlock

- forests of central-interior British Columbia, Canada. – *For. Ecol. Manag.* 242(1): 5e16.
- CULEK M., BUČEK A., GRULICH V., HARTL P., HRABICIA A., KOCIÁN J., KYJOVSKÝ Š., LACINA J. (2005): Biogeografické členění České republiky II. díl – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha. [589 pp.].
- GAGO C., ROMAR A., FERNÁNDEZ-MARCOS, M. L. (2014): Fluoride sorption and desorption on soils located in the surroundings of an aluminium smelter in Galicia (NW Spain). – *Environmental Earth Science* 72: 4105–4114. DOI: 10.1007/s112665-014-3304-8.
- GRIES C., SANZ. M - J, ROMAGNI J. G., et al. (1997): The uptake of gaseous sulphur-dioxide by non-gelatinous lichens. *New Phytologist*, 135, 595–602.
- GRIES C., SANZ M., ROMAGNI J., GOLDSMITH S. (1994): The uptake of gaseous sulphur-dioxide by non-gelatinous lichens. – *New Phytologist* 135: 595–602.
- GOLDSMITH S.J., THOMAS M.A. ET GRIES C. (1997): A new technique for photobiont culturing and manipulation. – *Lichenologist* 29: 559–569.
- HÉDL R. (2020); Historická ekologie: dlouhodobé interakce přírody a člověka VI. Historie se opakuje. *Živa* 3: 23–127.
- SKALICKÝ V. (1988): Regionálně fyto geografické členění. – In: Hejný S. & Slavík B. [eds], *Květena České socialistické republiky* 1: 103–121, Academia, Praha.
- HRUŠKA, J. KOPÁČEK, J. (2005): Česká geologická služba, Hydrobiologický ústav AV ČR, Kyselý déšť stále s námi – zdroje, mechanismy, účinky minulost a budoucnost. – *Planeta* 5: 4–23.
- HRUŠKA, J., KOPÁČEK, J. (2009): Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy I. Emise a depozice osyselujících sloučenin. *Živa* 2: 93–96.
- CHYTRÝ M., DIVÍŠEK J., VEČEŘA M. (2019): Biogeografie druhové diverzity rostlinných společenstev. – *Živa* 5: 243–246.
- JELÍNEK J. (2006): *Biologie pro gymnázia*. Nakladatelství Olomouc, Olomouc. 575 s.
- KALINA, T., VÁŇA, J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha. 606 s.
- KOCOURKOVÁ J. (2013): *Metody sběru, preparace a identifikace lišejníků*. ČZU v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra ekologie: 48 s.
- KIRSCHBAUM, U., WIRTH, V. (1997): *Les lichens bio-indicateurs*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 128 pp.

- KUBÁT K., KALINA T., KOVÁČ J., KUBÁTOVÁ D., PRACH K., URBAN Z. (2003): *Botanika*. – Scientia, Praha. 232 s.
- LACKOVIČOVÁ, A., 1977: Lišajníky Malých Karpát. – *Acta ecologica* 6(15): 1–107.
- LE BLANC 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., 1994 Bioindikace znečištění ovzduší v České republice pomocí lišejníků. *Příroda*, Praha 1: 7–21.
- LIŠKA J., 2012. Lichen flora of the Czech Republic. – *Preslia* 84: 851–862.
- LIŠKA J., PALICE, Z., DĚTINSKÝ, R., VONDRÁK, J. (2006): Changes in distribution of rare and threatened lichens in the Czech Republic II. In: Lackovičová A., Guttová A., Lisická E. and Lizoň p. (eds.), *Central european lichen – diversity and thread*. – Mycotaxon Ltd., Ithaca, pp. 241–258.
- LIŠKA, J., T. HERBEN, (2008): Long-term changes of epiphytic lichen species composition over landscape gradients: an 18 year time series. – *The Lichenologist* 40: 437–448.
- LIŠKA J. and PALICE Z. (2010): Červený seznam lišejníků České republiky. – *Preslia* 80: 151–182.
- LIŠKA, J. & VĚZDA, A. (1990): Lišajníky Průhonického parku u Prahy. - *Preslia* 62: 293-306.
- LISICKÁ, E., LACKOVIČOVÁ, A., LIŠKA, J., LÖKÖS, L., LISICKÝ, M.J. (2008): *Physcia aipolioides* – ein Beispiel einer invasiven Flechte oder einer unterschätzen Verbreitung? – *Sauteria* 15: 303–318.
- LIMBLOM, L. (1997): The genus *Xanthoria* (Fr.) Th.Fr. in North America. *Journal of the Hattori botanical laboratory* 83: 75–172.
- LÜCKING, R. (1997): The use of foliicolous lichens as bioindicators in the tropics, with special reference to the microclimate. – *Abstr. Bot.* 21 (1): 99–116.
- MARKERT, B., OEHLANN, J., ROUTH, M. (1997): General Aspects of Heavy Metal Monitoring by Plants and animals. In: SUBRAMANIA, K. S., AND IYENGER, G. V. (eds). *ACS Symposium Series 654*. – Am. Chem Soc. pp. 19–29.
- MALÍČEK, J. (2014): A revision of the epiphytic species of the *Lecanora subfusca* group (Lecanoraceae, Ascomycota) in the Czech Republic. – *The Lichenologist* 46: 489–513.
- MALÍČEK, J. (2017): Lišajníky zaznamenané během bryologicko-lichenologického setkání v Mohelně na Třebíčsku na jaře 2016. – *Bryonora* 60: 24–46.

- MALÍČEK J., Palice Z., Vondrák J. & Novotný P. (2020): Atlas českých lišejníků. – dalib.cz [25. 7. 2020].
- MATLACK G. R. (1993): Microenvironmental variation within and among deciduous forest edge sites in the eastern United States. – *Biol. Conservation* 66: 185–194.
- NÁDVORNÍK J. (1947): Physciaceae Tchechoslovaques. – *Studia Botanica Českoslovaca* 8:69–124.
- NASH T. H. (2008) – *Lichen Biology*. – Cambridge University Press. Cambridge [486 pp.].
- NOVÁK, M., KIRCHNER, J. W., FOTTOVÁ, D., PRECHOVÁ, E., JACKOVÁ, I., KRÁM, P., HRUŠKA, J. (2005): Isotopic evidence for processes of sulfur retention /relase in 13 forested catchments spanning a strong pollution gradient (Czech Republic, central Europe). – *Global Biogeochemical Cycles* 19, GB4012. <http://dpo--prg/10.1029/2004GB0d023969>.
- ORANGE A, JAMES P. W. et al. (2001): *Microchemical methods for the identification of lichens*. – British Lichen Society. London.
- PACYNA, J.M., LARSEN, S., SEMB, A. (1991): European survey for NOx emissions with emphasis on Eastern Europe. – *Atmospheric Environment. Part A. General Topics* 25: 425–439.
- PERKINS, D. F. & MILLAR, R. O. (1987): Effects of airborne fluoride emissions near an aluminium works in Wales: part 1-corticolous lichens growing on broadleaved trees. - *Environmental Pollution* 47(1): 63-78.
- RIEDL, O., VONDRÁČEK, V. (1980): *Klinická toxikologie*. Avicenum Praha.
- SÝKOROVÁ, K. & VONDRÁČEK, M. (1996): Lišejníky zámeckého parku v Horšovském Týně. - *Calluna*, 1 (1): 2–3.
- QUITTE E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. – Academia, Praha. [73 pp.].
- QUITTE. (1973): *Klimatické oblasti Československa*. – ČSAV, Brno. 197 s.
- SKÁCEL F., TEKÁČ V. (2011): Trendy vývoje kvality ovzduší severozápadních Čech 1990–2008. *Paliva* 3: 28–36.
- SKALICKÝ V. (1988): Regionálně fyto geografické členění (Regional phytogeographical division). In: Hejný S, Slavík B (eds), *Květena České socialistické republiky (Flora of the Czech Republic) 1*. Academia, Praha, pp 103–121.
- SKALKA M. (2004): Lišejníky jako bioindikátory. – *Živa* 3: 107–108.

- SPIRO B., MORRISSON J., PURVIS O. W. (2002): Sulphur isotopes in lichen as indicators of sources. – In: *Monitoring with lichens – Monitoring lichens*. Nato Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, ed. P. L. Nimis, C. Scheidegger, P. A. Wolseley. – Dordrecht, Kluwer Academic: 311–315.
- SVRČEK, M. a kol. (1976) Klíč k určování bezcévných rostlin. Praha, SPN, 579 s
- SVOBODA D. (2003): Lišejníky Českého Krasu. – Ms. [Diplomová práce, depon in: Knihovna katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha]. [147 pp.].
- SVOBODA D. (2007): Evaluation of the European method for mapping lichen diversity (LDV) as an indicator of environmental stress in the Czech Republic. – *Biologia*, 62: 424–431.
- SYROVÁTKOVÁ L. (2009): Návrat epifytických lišejníků na území Doupovských hor po snížení znečištění ovzduší. – Ms. [Diplomová práce, depon in: Knihovna katedry botaniky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha] [75 pp.].
- TANONA, M., CZARNOTA, P. (2019): Natural disturbances of the structure of norway spruce forestis in Europe and their impact on the preservativ of episylic lichen diversity: A review. – *Ecological Questions* 30, 7–17. <https://doi.org/10.12775/EQ.2019.024>.
- VÁŇA, M., HOLUBOVÁ, A., SVOBODOVÁ, J. and MACHÁLEK, P., (2020). Long-term trends of air pollution at national atmospheric observatory Košetice (ACTRIS, EMEP, GAW). *Atmosphere*. 2020. Vol. 11, no. 5. DOI 10.3390/atmos11050537.
- VONDRÁK J., MALÍČEK J., PALICE Z., COPPINS B., KUKWA M., CZARNOTA P., SANDERSON N. & ACTON A. (2016): Methods for obtaining more complete species lists in surveys of lichen biodiversity. – *Nordic Journal of Botany* 34: 619–626.
- WIRTH V (1991): Zeigerwerte von Flechten. – In: ELLENBERG et al., (eds.) *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. – Scripta Geobotanica, E. Golze KG, Gottingen, pp. 215–237.
- WIRTH V. (1995): Fletenflora: Bestimmung und Okolosche Kennzeichnung der Flechten Sudwestdeutschlands und angrenzedner Gebiete. – Ed. E. Ulmer, Stuttgart: [661 pp.].
- WIRTH V. (1995). *Die Flechten Baden-Württembergs, Teil 1,2 (2.Aufl.)* – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. [1066 pp.].
- WIRTH V., BRINCKMANN B. (1997): Staistical analysis of the lichen vegetation of an avenue in Freiburg (south – west Germany), with regard to injurious anthropogenous influences. – *Oekologia* 28: 87–101.

WIRTH V., HAUCK M., SCHULTZ M. (2013): Die Flechten Deutschlands. – Eugen Ulmer GmbH and Co., Stuttgart. [1244 pp.].

WIRTH, V. (2010). Ökologische Zeigerwerte von Flechten – erweiterte und aktualisierte Fassung. – Herzogia 23: 1–20.

WIRTH V., OBERHOLLENZER H. (1995): Epiphytische Flechten. – Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung. –Springer Verlag 7: 179–181.

Zákony:

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, v platném znění.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění.

Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší

Zákon č. 76/2000 Sb o integrované prevenci

Internetové zdroje:

Portál Geo: Vítejte na stránkách Národního geoportálu INSPIRE [online]. 2010 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/home;jsessionid=757AEB44987FDE4C64AD23A7D9730BB2> (Anonymus).

Český hydrometeorologický ústav: Ovzduší [online]. 2020 [cit. 2020-05-25]. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/?tab=2#!Český h](https://www.chmi.cz/?tab=2#!Český%20h) (Anonymus).

NOVOTNÝ, Radek. Výzkumný ústav lesního hospodářství [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <http://www.vulhm.cz>

Český hydrologický meteorologický ústav: ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKA [online]. Praha, 1997 [cit. 2020-05-1]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr96cz/groc96.html> (Anonymus).

Město Světlá nad Sázavou [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://www.svetlans.cz/> (Anonymus).

Google: Maps [online]. 2020 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps>

<https://www.google.cz/maps/place/582+91+Sv%C4%9Btl%C3%A1+nad+S%C3%A1zavou/@49.6787642,15.3040211,12z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x470c560a096c5dc1:0x968a6acdea2e9114!8m2!3d49.6680095!4d15.4039384> (25.03.2020, Anonymus)

Česká geologická služba [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/extranet/mapy> (Anonymus).

Mapy [online]. 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=15.5833000&y=49.6167000&z=11> (Anonymus).

SISPO: Klimatické regiony ČR (dle Quitt, 1971) [online]. Holovousy, 2004 [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://www.ovocnarska-unie.cz/sispo/?str=klima-mapa>.

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/groc/gr96cz/groc96.html> (15.05.2020, Anonymus).

Matematicko biologická učebnice: Příklad 6: Kruskalův- Wallisův test [online]. 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickyh-a-biologickyh-dat--analyza-a-management-dat-pro-zdravotnicke-obory--resene-priklady--priklad-6-kruskaluv-wallisuv-test> (Anonymus).

Matematicko biologická učebnice: Neparametrický test pro dva výběry (Mannův-Whitneyho test) [online]. 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickyh-a-biologickyh-dat--analyza-a-management-dat-pro-zdravotnicke-obory--testovani-hypotez-o-kvantitativnich-promennych--testy-o-parametrech-dvou-rozdeleni--neparametricky-test-pro-dva-vybery-mannuv-whitneyho-test> (Anonymus).

Ostatní zdroje:

KOCOURKOVÁ, Jana. *Prezentace: Lichenologie, aneb věda o lišejnících*. 2019

12 Přílohy

Příloha č. 1 – Ukazatele hodnot (Wirth, 2010).

Světlo

- 1 – hluboce stínomilné lišejníky, vyskytující se ještě při < 1 %, zřídka > 10 % relativního osvětlení (r. o.)
- 2 – mezi 1 a 3
- 3 – stínomilné lišejníky, vyskytující se většinou při < 5% r. o.
- 4 – mezi 3 a 5
- 5 – polostínomilné lišejníky, vyskytující se většinou při > 10 % r. o., ale málokdy na plném světle
- 6 – mezi 5 a 7
- 7 – polosvětломilné lišejníky, většinou při plném světle, ale také ve stínu
- 8 – světломilné lišejníky, jen výjimečně při < 40 % r. o.; 9 – plně světломilné lišejníky, pouze v plném světle, zřídka při < 50 % r. o.

Teplota

- 1 – studenomilný, většinou ve vysokých pohořích, rozšířen většinou alpínsko-niválně/arktisko-boreálně
- 2 – mezi 1 a 3, alpínské druhy, často také sestupují do subalpínského stupně
- 3 – chladnomilný, převážně subalpínský a vysokohorský
- 4 – mezi 3 a 5, převážně na docela chladných místech, rozšířen hlavně montánně
- 5 – hlavně v mírně chladných až mírně teplých polohách, často rozšířen hlavně montánně-submontánně, většinou rozšířen až do střední Fennoskandie
- 6 – hlavně v submontánním/kolinním, ale také v mírném montánním stupni, na severu ještě v oblastech listnatých lesů Fennoskandie, zpravidla sotva proniká přes jižní Švédsko a nejjihnější Finsko (po hranici rozšíření *Quercus robur*)
- 7 – teplomilný, hlavně v kolinním stupni, na severu hranice rozšíření v severním Německu, Dánsku nebo výsadky zasahuje do nejmírnějších jižních oblastí Skandinávie
- 8 – teplomilný, těžiště v submediteránní/mediteránní oblasti, na přes den silně vyhřívaných místech, ale často proniká až do montánního stupně
- 9 – extrémně teplomilný, přesahuje jen do jižní a střední části střední Evropy z mediteránně-submediteránní oblasti.

Kontinentalita

- 1 – euatlantský, jen s málo (východními) výsadky v západních, jihozápadních nebo severozápadních částech střední Evropy
- 2 – atlantský, s těžištěm v západní Evropě včetně západní části střední Evropy, ve východních sousedních zemích omezen na jednotlivá výhodná místa
- 3 – mezi 2 a 4, tj. s roztroušenými až jednotlivými výskyty na poměrně mírných stanovištích ve velké části střední Evropy
- 4 – subatlantský, v celé střední Evropě, na východ řídne
- 5 – intermediární, buď široce rozšířen od západní Evropy po Sibiř, nebo těžiště ve střední Evropě, ale v západní jakož i východní Evropě vzácnější
- 6 – široce rozšířen, od západní Evropy po východní Evropu a široce pronikající do kontinentální oblasti (Asie), např. druhy boreálního pásu jehličnatých lesů

- 7 – subkontinentální, v západní Evropě (Britské ostrovy, západní Francie) vzácně nebo chybí
- 8 – kontinentální, převážně ve východní Evropě, ve střední Evropě jen na zvláštních místech
- 9 – kontinentální, ve vlastní střední Evropě chybí.

Vlhkost

- 1 – omezen na nejsušší oblasti
- 2 – zřetelně upřednostňuje stanoviště s nízkým množstvím srážek (pod 750 mm/rok)
- 3 – toleruje stanoviště s nízkým množstvím srážek, ale často také ve vlhkých polohách
- 4 – také na stanovištích s nízkým množstvím srážek, ale jen při vyšší vzdušné vlhkosti
- 5 – obvykle se vyhýbá oblastem s nízkým množstvím srážek; srážky většinou přes 700 mm
- 6 – srážky obvykle přes 800 mm
- 7 – obvykle omezen na poměrně srážkově bohaté oblasti; srážky většinou přes 1000 mm
- 8 – obvykle ve srážkově bohatých oblastech (přes 1400 mm), ale také snáší vyschnutí
- 9 – obvykle v srážkově bohatých oblastech (přes 1400 mm), na velmi vlhkých stanovištích; lišejníky vysychají jen krátkodobě.

Reakce (pH)

- 1 – extrémně kyselá, pH substrátu pod 3,4
- 2 – velmi kyselá, pH 3,4–4,0
- 3 – docela kyselá, pH 4,1–4,8
- 4 – docela/mírně kyselá, pH 4,5–5,2
- 5 – mírně kyselá, pH 4,9–5,6
- 6 – slabě kyselá, pH 5,3–6,1
- 7 – subneutrální, pH 5,7–6,5
- 8 – neutrální, pH 6,6–7,5
- 9 – bazická, pH přes 7

Eutrofizace

- 1–2 – netoleruje žádnou/téměř žádnou eutrofizaci stanoviště (např. lesní stromy a převislé skalní stěny uvnitř lesa)
- 3–4 – slabá/poměrně slabá eutrofizace (lehké zaprášení kůry nebo horního povrchu skal)
- 5–6 – mírná/zřetelná eutrofizace (volně stojící stromy, otevřené skály na pastvinách, koruny zdí)
- 7 – docela silná eutrofizace (zaprášené zdi a střešní tašky, volně stojící stromy na polích a na ulicích s větším provozem, mírně frekventovaná místa kde sedají ptáci, zdi a střešní krytiny pod korunami stromů)
- 8 – silná eutrofizace (místa kde sedají ptáci, silně zaprášená stanoviště)
- 9 – velmi silná eutrofizace (např. extrémně zaprášené báze stromů, místa pomočená od psů, vrcholky míst kde sedají ptáci, zdi na hnojištích)