

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



Diplomová práce

Biodiverzita a sukcese lišejníků na Velké loketské výsypce na Sokolovsku

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

Diplomant: Bc. Pavel Kvasňovský

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekologie
Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kvasňovský Pavel

Regionální environmentální správa - kombinované Karlovy Vary

Název práce

Biodiverzita a sukcese lišejníků na Velké Loketské výsypce na Sokolovsku

Anglický název

Biodiversity and succession of lichens in the Loket big dump

Cíle práce

výzkum biodiverzity lišejníků na zrekultivované výsypce po těžbě hnědého uhlí
popis a druhové zařazení nalezených vzorků
vyhodnotit stadia sukcese společenstev lišejníků a faktory působící na biodiverzitu lišejníků
hypoteticky nastínit další vývoj společenstev lišejníků v zájmovém území
vyhodnotit kvalitu prostředí pomocí lišejníků
statistické zpracování dat

Metodika

- Literární rešerše podle citačních pravidel
- Získání dokumentů a dat souvisejících s výsypkou, jejich zpracování
- Vlastní terénní výzkum, sběr lišejníků (pomocí lupy), popis místa nálezu
- Laboratorní výzkum, identifikační a laboratorní metody :
 - mikroskop, bodové testy pomocí chemikálií (10% roztok KOH, PD, Chlorové vápno), chemická analýza pomocí TLC
- Zpracování a vyhodnocení výzkumu
- sepsání diplomové práce

Harmonogram zpracování

léto 2013 - zpracování literární rešerše + terénní výzkum, seznámení se s územím a zmapování zájmových stanovišť, sběr vzorků a jejich identifikace
podzim 2013 - účast na konferencích, prezentace již dosažených výsledků práce, další identifikace druhů
zima 2013/14 - účast na konferencích, prezentace práce a jejich výsledků, analýzy, zhodnocení
jaro 2014 - opravy, dodělávky, úpravy
březen 2014 - odevzdání napsané práce

Rozsah textové části

60-80 stran

Klíčová slova

lišejníky, biodiverzita, sukcese, rekultivace, výsypka, antropogenní krajina

Doporučené zdroje informací

Ahmadjian V. (1993): The lichen symbiosis – Wiley, New York. 250 pp.

Kirschbaum U. & Wirth V. (1997): Les lichens bio-indicateurs. – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 128 S.

Kocourková J. (2007): Bioindikace prostředí lišejníky. – Sborník odborného semináře. Monitoring stavu životního prostředí v lomových prostorech, p. 51–55, Brno.

Liška J. & Palice Z. (2010): Checklist and Red List of lichens of the Czech Republic. – Příroda, Praha 29: 3–66.

Nash T. H. (2008): Lichen Biology – Cambridge University Press, Cambridge. 486 pp.

Orange A., James P.W. & White F. J. (2001): Microchemical Methods for the Identification of Lichens. – British Lichen Society, London. 101 pp.

Smith C.W., Aptroop A., Coppins B.J., Flechter A., Gilbert O.L., James P.W. & Wolseley P.A., (2009): The Lichens of Great Britain and Ireland. – British Lichen Society, London. 1046 pp.

Wirth V. (1991): Zeigerwerte von Flechten. – In: Ellenberg et al. (eds.) Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 215–237 p., Scripta Geobotanica, E. Goltze KG, Göttingen.

Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013): Die Flechten Deutschlands: Band 1. – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 672 S.

Wirth V., Hauck M. & Schultz M. (2013): Die Flechten Deutschlands: Band 2. – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 572 S.

Vedoucí práce

Kocourková Jana, doc. RNDr., CSc.

Elektronicky schváleno dne 13.12.2013

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18.12.2013

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení:

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

Poděkování:

Velmi děkuji vedoucí práce paní doc. RNDr. Janě Kocourkové, CSc. za cenné rady, ochotu a psychickou podporu při psaní diplomové práce. Zároveň mi velmi pomohl Ing. František Kastl místopředseda představenstva Sokolovské uhelné a.s. při získávání údajů o zájmové lokalitě.

Abstrakt:

Diplomová práce je zaměřená na výzkum biodiverzity lišejníků na antropogenních stanovištích v raných stádiích sukcese. Zájmovou lokalitou je Velká loketská výsypka na Sokolovsku, která vznikla navážením nadložního substrátu z povrchového hnědouhelného lomu. Výsypka byla po dosypání v průběhu několika let rekultivována, čímž se sukcesní vývoj na mladých stanovištích výrazně urychlil. Bylo zde vysázeno několik lesních porostů pozdně sukcesními dřevinami, převážně jehličnany. Výskyt lišejníků na výsypce je vázán zejména na mladé lesní porosty. Odlišná druhová skladba vysázených dřevin a různé časové období výsadby jednotlivých lesních porostů vytváří odlišné podmínky a ovlivňuje diverzitu a abundanci přítomných lišejníků. Celkově bylo nalezeno 65 druhů lišejníků, z toho 37 epifytických, 17 terikolních a 11 saxikolních. Nejvyšší abundance epifytických lišejníků byla zjištěna v porostech *Larix decidua*, jejich nejvyšší diverzita na *Salix caprea*. Nejlepší podmínky pro výskyt terikolních lišejníků jsou v současnosti vytvořeny v nízkých smrčínách, kde je vysoká abundance převážně pionýrských druhů *Cladonia* a *Peltigera*. Saxikolní lišejníky lze nalézt zejména na antropogenních substrátech a výsypkových terciérních jílech s lístkovitou odlučností.

Klíčová slova: epifytické lišejníky, zalesnění, abundance, diverzita, rekultivace

Abstract:

The diploma thesis is focused on the research of lichen biodiversity on anthropogenic habitats in the early stages of succession. Interest location is Loket big dump in the Sokolov region, which was created by strewing of overlying substrate from a brown coal mine. The dump was after strew over several years recultivated, thereby succession development in young habitats significantly accelerated. There were planted several late succession trees, mainly conifers. The occurrence of lichens on the dump is bound primarily to young forest habitats. Different species composition of planted trees and different time each planting of forests creates different conditions and affects the diversity and abundance of present lichens. In total 65 species of lichens are 37 epiphytic, 17 terricolous and 11 saxicolous. The highest abundance of epiphytic lichens was found in forest cover of *Larix decidua*, their highest diversity on *Salix caprea*. The best conditions for the occurrence of terricolous lichens are currently produced at low spruce forests, where is a high abundance mostly pioneer species of *Cladonia* and *Peltigera*. Saxicolous lichens can be found in particular anthropogenic substrates and dump tertiary clays with foliate separation.

Key words: epiphytic lichens, forestation, abundance, diversity, recultivation

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce.....	2
3. Metodika.....	3
3.1. Informace o zájmovém území	3
3.2. Terénní výzkum.....	3
3.3. Laboratorní výzkum	4
3.4. Vyhodnocení výzkumu	4
4. Obecný úvod do problematiky lišejníků	5
4.1. Lišejníky jako bioindikátory životního prostředí	6
4.1.1. Vliv SO ₂ na lišejníky.....	7
4.1.2. Vliv dusíku na lišejníky	10
4.1.3. Vliv ozónu O ₃ na lišejníky.....	11
4.1.4. Lišejníky a těžké kovy.....	11
4.2. Sekundární metabolity lišejníků	12
5. Lokalizace a charakteristika Sokolovské hnědouhelné pánve	13
5.1. Geologie a geomorfologie oblasti	13
5.2. Klima	14
5.3. Fytogeografie.....	15
6. Lokalizace a charakteristika Velké loketské výsypky.....	15
6.1. Charakteristika půdotvorných substrátů na výsypce	16
6.2. Rekultivace na výsypce.....	17
6.2.1. Zemědělské rekultivace.....	18
6.2.2. Lesnické rekultivace.....	19
6.2.3. Hydrická rekultivace.....	20
7. Imisní hodnoty znečišťujících látek v ovzduší.....	20
7.1. Imise SO ₂	21
7.2. Imise NO _x a jiných polutantů	24
8. Biotopy v blízkém okolí výsypky.....	26
9. Přehled sukcesních stádií jednotlivých lesních stanovišť na výsypce	27
9.1. Modřínové porosty	27
9.2. Smrkové porosty	28
9.3. Borovicové porosty	28

9.4. Olšové porosty	29
9.5. Rozvolněné plochy a okraje porostů	30
10. Výskyt a seznam nalezených druhů lišejníků na výsypce	30
11. Charakteristika porostů <i>Larix decidua</i> a jejich lokalizace na výsypce	34
11.1. Diverzita epifytických lišejníků v porostech <i>Larix decidua</i>	35
11.2. Abundance epifytických lišejníků v jednotlivých porostech <i>Larix decidua</i>	39
11.3. Rozdíly v kvalitě epifytických lišejníků v porostech <i>Larix decidua</i>	44
12. Variabilita porostů <i>Alnus glutinosa</i>	47
13. Výskyt lišejníků v borovicových porostech	48
14. Obohacení diverzity epifytických lišejníků na výsypce nevysázenými dřevinami	49
14.1. pH borky přítomných dřevin a možný vliv na diverzitu epifytických lišejníků	51
15. Terikolní lišejníky ve smrčinách	55
16. Saxikolní lišejníky na výsypce	62
17. Specifické stanoviště a nález <i>Dibaeis Baeomyces</i>	64
18. Diskuse	64
19. Závěr	70
20. Použité zdroje	72
21. Obrazová příloha vybraných nálezů	77

1. Úvod

Současná krajina na Sokolovsku dosáhla významných změn. Dříve silně zdevastovaná především povrchovou těžbou hnědého uhlí se nyní navrácí a zapojuje do okolní přírody. Průmyslová revoluce a s ní spojené nároky na zdroje energií kdysi tuto ekologicky nepoškozenou oblast s průměrným osídlením změnil v průběhu desetiletí na tzv. „měsíční krajinu“. Stal se z ní region s těžařským a strojírenským průmyslem. Menší města, v minulosti jinak významná, se proměnila v města hornická s odpovídající sídlištní zástavbou. Některé obce zanikly, musely ustoupit pokračující těžbě. Vyrostly továrny, budoucí zdroje znečišťování ovzduší a s povrchovou těžbou došlo k vytvoření zcela jiného reliéfu Sokolovské pánve. Zásah do krajiny takového měřítka ovlivnil z environmentálního hlediska téměř vše. Na jedné straně se vytvářely lomy, kde se těžilo a z části ještě těží, na straně druhé vznikaly haldy neboli výsypky z vytěženého nepotřebného materiálu. Tímto někde po vyuhlení zůstala zbytková jáma o hloubce několika desítek metrů, jinde zase výrazně vystoupal reliéf díky navezenému výsypkovému materiálu nad původní terén. Výsypkový substrát zcela změnil půdní poměry v místě a celý prostor výsypky ztratil vegetační pokryv. Kdysi přírodní biotopy zanikly. Díky rekultivacím se vytvořily a vytvářejí náhradní biotopy. Jednou takovou rekultivovanou výsypkou je tzv. „Velká loketská“. Ještě před 20 lety nehostinná výsypka se stala díky lesnickým a zemědělským rekultivacím opět zeleným místem na mapách. Návratu vegetace se z velké části cíleně pomohlo a vytvořil se jakýsi sukcesní základ, který urychlil vegetační vývoj na výsypce. Vytvořila se však i místa spontánně zarůstající náletovými druhy, osidlující nové, narušené plochy. Také zvěř si opět našla cestu do rekultivovaných míst.

Z ekologického hlediska je významná přítomnost různých druhů a společenstev lišejníků, jakožto určitých bioindikátorů životního prostředí v oblasti kdysi silně zatíženou velmi špatným ovzduším. V současnosti je sice většina místních zdrojů znečišťování ovzduší odsířená, stále je ale tento region v důsledku přítomnosti těžkého průmyslu, především těžby a spalování hnědého uhlí řazen mezi regiony více zatížené látkami, které jsou škodlivé životnímu prostředí. Kromě imisí polutantů způsobených spalováním je to také uhelný prach ze stále provozovaného velkolomu „Jiří“, které ovlivňují živou

přírodu v místě a okolí. Jistě se ještě nedá hovořit o krajině zcela zapojené do okolních relativně nenarušených ekosystémů. Dochází zde k neustálému vývoji. Díky rozsáhlým disturbancím a kompletnímu narušení místní přírody a následným rekultivacím můžeme být nyní svědky počátečních sukcesních stádií. Výzkum lišejníků na těchto plochách je významný zejména z hlediska jejich biodiverzity, která reflektuje současné podmínky pro šíření druhů na výsypce, sukcesní stadia jednotlivých stanovišť a celé výsypky jako celku, a v neposlední řadě stav ovzduší. Na mladých zrekultivovaných stanovištích se vytvářejí specifické podmínky, kde v současnosti nacházejí svou ekologickou niku často druhy pionýrské, které zde expandují. Přítomnost druhů méně tolerantních ke znečištění ovzduší ukazuje na pozitivní environmentální trend, na obnovu zdevastovaných lokalit a na celkovou přeměnu velmi průmyslového regionu v oblast bližší přírodě.

2. Cíle práce

Cílem diplomové práce je studium biodiverzity lišejníků na Velké loketské výsypce na Sokolovsku. Grafickými výstupy zmapovat a porovnat jednotlivá stanoviště na výsypce z hlediska specifických podmínek a množství nalezených druhů. Zjistit zatížení regionu škodlivými imisemi a v porovnání s biodiverzitou lišejníků na výsypce vyhodnotit případnou korelaci výskytu bioindikačních druhů lišejníků s kvalitou ovzduší, vliv těchto imisí na kvantitu a kvalitu jednotlivých druhů lišejníků a jejich celkovou biodiverzitu. Vliv dalších faktorů ovlivňujících biodiverzitu a abundanci jednotlivých druhů lišejníků. Dále se práce zaměřuje na zhodnocení sukcesního vývoje nalezených druhů lišejníků na odlišných stanovištích. Ta vznikla v důsledku rekultivací realizovaných v časových odstupech a v případě lesnických rekultivací výsadbou odlišných dřevin. Na závěr hypoteticky nastítnit další vývoj biodiverzity lišejníků na výsypce v závislosti na sukcesním vývoji jednotlivých stanovišť.

3. Metodika

Výzkum lze rozdělit do čtyř hlavních částí, a to na získávání a zpracování informací o zájmovém území, terénní výzkum, laboratorní výzkum, a vyhodnocení výzkumu.

3.1. Informace o zájmovém území

Byly zjištěny a zpracovány informace a data o historii a způsobu založení výsypky, o rekultivacích na výsypce realizovaných, s údaji o jejich rozloze a časových rozmezích začátku a ukončení terénních uprav, zatravnění a výsadby dřevin. Dále byla vybrána měřící stanice stojící nejbliže k zájmové lokalitě, ze které byly získány imisní hodnoty polutantů (SO_2 , NO_x , O_3 , PM_{10} a těžkých kovů) v ovzduší od roku 2001 do současnosti. Všechny tyto informace a údaje byly získány z archívu a laboratoří Sokolovské uhelné a.s.. Informace o geomorfologických podmínkách území, pedologické analýze výsypkových substrátů a informace o okolních biotopech byly čerpány z odborné literatury. Klimatické podmínky oblasti byly zjištěny z portálu ČHMÚ.

3.2. Terénní výzkum

Terénní výzkum začal zmapováním celé lokality a určením stanovišť pro podrobný průzkum. Tímto způsobem byly jako nevhodné pro tento výzkum vyloučeny všechny plochy zemědělských rekultivací, jelikož se na nich lišejníky nevyskytují. Zjišťování přítomnosti lišejníků na stanovištích a následný sběr vzorků pro laboratorní identifikaci a položky herbáře probíhal pomocí lupy (15x) a pomůcek potřebných pro sběr. Vzorky byly samostatně uloženy do plastových krabiček, které byly očíslovány. Podrobně byla zapsána charakteristika stanoviště s přesnou polohou a nadmořskou výškou, zjištěnou pomocí GPS. Pro laboratorní detekci pH borky vybraných dřevin nacházejících se na výsypce bylo odebráno několik vzorků kůry.

3.3. Laboratorní výzkum

Nalezené vzorky byly identifikovány pomocí klíče k určování lišejníků (Wirth et al., 2013; Randlane et al., 2009; Wirth, 1995). K tomuto určení bylo nezbytné použití stereomikroskopu (Olympus SZ 51) pro zkoumání vnějších morfologických znaků lišejníků, použití chemikálií (KOH, para-fenylendiaminu a chloranu sodného) pro tzv. „spot tests“, čili bodové testy aplikováním jednotlivých výše zmíněných chemických roztoků na stélky lišejníků, případně na jejich jiné morfologické části s cílem zjistit přítomnost sekundárních metabolitů v lišejnících. Pro zkoumání zejména vnitřní struktury fotobiontické vrstvy a generativních orgánů byl používán mikroskop (Olympus CX 31) s maximální zvětšením 100x. Pro přesnější detekci sekundárních metabolitů byla provedena tenkovrstvá chromatografie (TLC) podle metodiky Orange et al., 1995. Pro zjištění pH borky vybraných dřevin byla sebraná borka vysušena a rozemleta. 2g borky každého vzorku byly namočeny na 48 hodin do 8 ml deionizované vody. Poté byla pomocí pH sondy provedena měření pH.

3.4. Vyhodnocení výzkumu

Výsledky terénního a laboratorního výzkumu byly zpracovány a vyjádřeny grafickými výstupy. Vyhodnocení bylo zaměřeno zejména na biodiverzitu druhů lišejníků na stanovištích s rozdílným substrátem (epifytické, terikolní, saxikolní druhy), porovnání jednotlivých stanovišť lesních porostů z hlediska diverzity a abundance lišejníků, směrů a možnosti šíření lišejníkových druhů z okolních biotopů, zhodnocení současných sukcesních stádií jednotlivých stanovišť a nastínění pravděpodobného sukcesního vývoje lišejníků na výsypce. Grafické zpracování diverzity a abundance lišejníků bylo provedeno v aplikaci GoogleEarth. Porovnání diverzity epifytických lišejníků přítomných na různých dřevinách a pH vybraných dřevin bylo vyjádřeno v programu PAST pomocí krabicového diagramu (Boxplot). Hodnocení sukcesních stádií zkoumaných stanovišť je popisováno průběžně v jednotlivých kapitolách, celkové zhodnocení a hypotetický nástin jejich dalšího sukcesního vývoje v diskuzi.

4. Obecný úvod do problematiky lišejníků

Lišejník je symbiotický vztah mezi houbou (mykobiont) a jedním nebo více partnery schopnými asimilace (fotobiont - řasa, sinice). Fotobiont sídlí v těle houby, většinou vřeckovýtrusé. Tělem houby je stélka (thallus), která se skládá z kůry a dřene, obojí tvoří houbovou tkáň, a fotobiontickou vrstvou, ve které jsou buňky řasy či sinice obklopeny houbovými vlákny (hyfy). Kůra (cortex) chrání buňky fotobionta před vysušením a nadměrným množstvím světla zatímco volně tkaná dřeň (medula) usnadňuje výměnu plynů (Ahmadjian, 1993). Buňky fotobionta tvořící zhruba 7% obsahu stélky jsou uspořádány takovým způsobem, aby bylo dosaženo optimálního využití slunečního světla pro fotosyntézu (Collins & Farrar, 1978). Různé vrstvy a jejich pozice ve stélce jsou výsledkem adaptačních schopností biontů k sobě a podmínkám životního prostředí (Jahns, 1988).

Lišejníky jsou dominantní vegetací na zhruba 8% zemského povrchu (Larson, 1987). Vyskytují se na celém světě a počet druhů se odhaduje na 25.000 (Wirth et al., 2013). Podle substrátu, na kterém lišejníky rostou, se dělí lišejníky na epifytické, rostoucí na dřevinách, kde se rozlišují dále lišejníky foliikolní vyskytující se na listech a lišejníky kortikolní rostoucí na borce, poté na půdním povrchu žijící lišejníky terikolní a lišejníky saxikolní, vyskytující se na horninách.

Rozlišují se tři formy stélky lišejníků. Jedná se o korovitou, lupenitou a keříčkovitou stélku. Korovitá stélka postrádá spodní kůru a přirůstá celou plochou k substrátu, nebo jako stélka endolitická prorůstá do substrátu. Lupenitá stélka je listnatá, má svrchní i spodní kůru a k substrátu je připojena volněji. Keříčkovitou stélku mohou tvořit visící „vlasy“ nebo duté či plné, vzpřímené stélky (Ahmadjian, 1993). Zhruba 75% z popsaných lišejníků jsou druhy s korovitou stélkou. Jejich nejodolnější formy byly nalezeny na nejvyšších vrcholcích Himalájí (7400 m n. m.) či v nejnižnějších místech Antarktidy 86°06' JŠ (Hertel, 1988).

Zdali je symbiotický vztah houby s fotobiontem vždy mutualistický nebo parazitický je sporné. Mnozí biologové považují lišejníky za jeden z nejlepších příkladů mutualismu, kvůli rozšířenému výskytu a zdravému vzhledu fotobionta ve stélce. Ahmadjian & Jacobs (1981) si ovšem myslí, že vztah v lišejníku je

spíše kontrolovaný parazitismus. Tito autoři považují mykobionty spíše za parazity, než partnery fotobionta. Mutualistický mýtus o lišejnících brání lepšímu porozumění této symbiózy. I přes respektování existence zdravých buněk fotobionta mezi hyfami houby, parazitický vztah se často vyvíjí za stavu dlouhé rovnováhy mezi organismy a nemusí být pozorovatelné některé znaky poškození nebo nadměrného narušení běžných aktivit hostitele (Ahmadjian, 1993). Svým způsobem lze lišejníky považovat za miniaturní ekosystémy, neboť se jedná o relativně stabilní, vyváženou symbiózu s autotrofními a heterotrofními komponenty (Nash, 2008).

Lišejníky rostou na rozdíl od jiné vegetace zpravidla pomaleji. Důvodem je jedna z charakteristických vlastností lišejníků, a to neschopnost zůstat stále aktivní ve výměně látek v organismu, jak je tomu běžné u kvetoucích rostlin během vegetačního cyklu. Lišejníky jsou poikilohydrickými organismy a nejsou schopny kontrolovat příjem a výdej vody, nemají kořeny a žádnou ochranu proti vysoušení (Wirth et al., 2013). Absorbují vodu celým svým tělem, jelikož postrádají kutikulu a jsou zcela závislé na srážkách. Některé druhy jsou navíc nebo pouze schopny přijímat vzdušnou vlhkost. V období sucha se výměna látek zastaví a organismus je v klidovém stavu, ve kterém vydrží bez poškození dlouhou dobu (Wirth et al., 2013). Tato vlastnost může být jejich předností, ale i nevýhodou. Lišejníky mohou na rozdíl od rostlin osidlovat extrémní stanoviště. Na stanovištích příznivých pro husté zatravnění již ovšem např. terikolní nejsou schopny vegetaci konkurovat a ve vyšších sukcesních stádiích na ploše chybí. Některé epifytické lišejníky jsou zase prakticky omezeny na výskyt určitých druhů dřevin. Zásadní roli ve výskytu lišejníků hraje substrát. Z hlediska chemie, hlavním faktorem, který ovlivňuje rozmanitost lišejníků, je koncentrace vodíkových iontů nebo pH. Většina minerálů a organických hmot vykazuje různé hodnoty pH za různých chemických podmínek, přičemž některé z nich jsou toxické v kyselém prostředí, ale nejsou škodlivé v neutrálních podmínkách (Mohd et al., 2012).

4.1. Lišejníky jako bioindikátory životního prostředí

. Lišejníky jsou cenné bioindikátory atmosférického znečištění. Na rozdíl od vyšších rostlin nejsou pokryty voskovitou kutikulou a průduchy. Snadno tak

absorbují plyny a rozpuštěné látky celým svým povrchem (Hale, 1983). Obecně lze říci, že bioindikátory jsou organismy, které se využívají pro identifikaci a stanovení kvality životního prostředí (Conti & Cecchetti, 2001). Rostoucí stélky mají schopnost ukládat nečistoty ve svých tkáních a jsou používány pro integrované měření koncentrací různých kontaminantů v životním prostředí (Conti & Cecchetti, 2001). Schopnost lišejníků absorbovat toxické látky jako je oxid siřičitý (SO_2), oxid dusičitý (NO_2) a plynné koncentrace těžkých kovů do stélky, činí tyto organismy cennými indikátory kvality ovzduší (Blett et al. 2003). Mapování lišejníků je užitečné zejména v městských oblastech, kde je vzhledem k velké hustotě emisí z různých zdrojů monitorování znečištění ovzduší detektory velmi obtížné kvůli značnému množství škodlivin (Showman, 1988). Jednou z důležitých aplikací lišejníků jako bioindikátorů znečištění ovzduší je jejich monitoring v souvislosti s malými zdroji znečišťování ovzduší. V průmyslových oblastech se v důsledku spalování fosilních paliv průběžně uvolňují do atmosféry kromě oxidu uhličitého zejména oxidy síry a dusíku, které jsou hlavní příčinou vzniku kyselých dešťů (Arya, 1999; Godinho et al, 2008). Lišejníky mohou být také použity k testování pro místní ekologické dopady emisí z uhlí spalující elektrárny ve venkovských oblastech, kde kvalita ovzduší je obecně relativně dobrá (Murphy et al., 1999). Lišejníky rostou pomalou a při poškození tkáně se pomalu hojí (Asta et al., 2002). Nedokážou škodliviny metabolicky odbourat a ty se ve stélkách kumulují do vysokých koncentrací. Jestliže tyto koncentrace přesáhnou únosnou míru, lišejníky odumírají (Kocourková, 2007).

4.1.1. Vliv SO_2 na lišejníky

Oxid siřičitý se přirozeně vyskytuje v sopečných plynech. Vlivem člověka se do atmosféry dostává v důsledku spalování fosilních paliv. U různých druhů lišejníků způsobuje absorpce polutantů SO_2 poškození s následnou ztrátou chlorofylu v buňkách fotobionta a snižuje jeho asimilační schopnost (Murphy et al., 1999). Toto poškození se promítá do snížení množství a rozmanitosti druhů. V důsledku absorpce SO_2 dochází k okyselení buněk (Nash, 2008). Jestliže při pH neutrálním disociuje ve vodě rozpuštěný SO_2 zhruba z 50% na HSO_3^- a z 50% na SO_3^- , pak při pH okolo 4.0 již dominuje SO_3^- , který díky své silnější

oxidační schopnosti působí více toxicky (Nieboer et al., 1976). Zřejmě nejvíce síry v lišejnících pochází z atmosférických zdrojů (Spiro et al., 2002). Vysoké znečištění ovzduší opakovaně způsobuje lokální vyčerpání lišejníkové flóry. Naopak tam, kde došlo ke snížení znečištění, byla hojnost výskytu lišejníků obnovena (Murphy et al., 1999). Bylo zjištěno, že SO₂ absorbovaný v 11 druzích lišejníků silně lineárně koreluje s koncentracemi SO₂ v atmosféře (Gries et al., 1997). Průměrný pobyt SO₂ v atmosféře je zhruba 12 hodin, jelikož je vysoce rozpustný ve vodě, následuje jeho zachycení ve vodní páře aerosolů a rychlé přeměně na kyselinu sírovou (Nash, 2008). V poslední době bylo prokázáno, že je SO₂ tolerance lišejníků silně ovlivněna hydrofóbností povrchu stélky. Lišejníky se silně hydrofóbním povrchem jsou tolerantní k SO₂, protože jejich hydrofóbní stélky brání šíření vodných roztoků obsahujících SO₂ a jeho derivátů (Hauck et al., 2008). Bylo zjištěno, že velmi významnou roli v přijímání vody povrchem stélky hraje úhel, pod kterým se voda do stélky infiltruje. U lišejníků velmi odolných vůči imisím SO₂ nepronikají kapky vody přímo, ale pod úhlem vyšším, než 120°. Jedním z nejodolnějších druhů vůči vysokým imisím SO₂ je *Lecanora conizaeoides* a velkou roli v této rezistenci hraje superhydrofóbní stélka tohoto korovitého lišejníku (Shirtcliffe et al., 2006). Díky schopnosti odolávat vysokým koncentracím SO₂ v ovzduší expandoval výskyt v průběhu 20. Století především v průmyslových oblastech Evropy (Wirth, 1985).

Korelace SO₂ tolerance s hydrofóbností stélky u vybraných lišejníků:

Lišejník	SO ₂ tolerance	Stélka	Kontaktní úhel
<i>Physcia tenella</i>	vysoká	lupenitá	141 \pm 2
<i>Lepraria incana</i>	vysoká	korovitá	140 \pm 1
<i>Cladonia glauca</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	136 \pm 1
<i>Lepraria lobificans</i>	vysoká	korovitá	135 \pm 1
<i>Bacidina inundata</i>	neznámá	korovitá	134 \pm 2
<i>Cladonia macilenta</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	134 \pm 2
<i>Scoliosporum chlorococcum</i>	vysoká	korovitá	132 \pm 1
<i>Cladonia coniocraea</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	132 \pm 2
<i>Cladonia pyxidata</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	132 \pm 1
<i>Lecanora conizaeoides</i>	vysoká	korovitá	130 \pm 1
<i>Lepraria jackii</i>	vysoká	korovitá	127 \pm 1
<i>Cladonia polydactyla</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	127 \pm 2
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	vysoká	korovitá	126 \pm 4
<i>Chrysothrix chlorina</i>	neznámá	korovitá	126 \pm 1

<i>Cladonia fimbriata</i> ¹	vysoká	keříčkovitá	125 + 2
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	vysoká	korovitá	125 + 3
<i>Letharia alpina</i>	vysoká	keříčkovitá	125 + 2
<i>Ropalospora viridis</i>	vysoká	korovitá	124 + 5
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	vysoká	lupenitá	124 + 2
<i>Cladonia furcata</i> ¹	neznámá	keříčkovitá	124 + 1
<i>Mycoblastus sanguinarius</i>	střední	korovitá	120 + 9
<i>Hypogymnia farinacea</i>	střední	lupenitá	117 + 1
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	střední	keříčkovitá	115 + 1
<i>Cladonia rangiformis</i> ¹	neznámá	keříčkovitá	114 + 1
<i>Hypogymnia physodes</i>	střední	lupenitá	112 + 2
<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	střední	lupenitá	110 + 4
<i>Parmelia saxatilis</i>	střední	lupenitá	108 + 3
<i>Parmelia sulcata</i>	střední	lupenitá	104 + 1
<i>Melanelixia fuliginosa</i>	střední	lupenitá	98 + 2
<i>Cladonia gracilis</i> ¹	neznámá	keříčkovitá	97 + 1
<i>Flavoparmelia caperata</i>	nízká	lupenitá	96 + 2
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	střední	lupenitá	96 + 2
<i>Xanthoria polycarpa</i>	střední až	lupenitá	95 + 3
<i>Platismatia glauca</i>	střední	lupenitá	95 + 7
<i>Lecanora muralis</i>	vysoká	korovitá	94 + 1
<i>Evernia prunastri</i>	střední až	keříčkovitá	89 + 1
<i>Xanthoria parietina</i>	vysoká*	lupenitá	74 + 2
<i>Peltigera aphthosa</i>	nízká	lupenitá	63 + 7
<i>Peltigera praetextata</i>	nízká	lupenitá	59 + 2
<i>Parmelia ernstiae</i>	střední až	lupenitá	53 + 1
<i>Cetraria Islandica</i>	nízká	keříčkovitá	52 + 4
<i>Lobaria pulmonaria</i>	nízká	lupenitá	< 50
<i>Lobaria scrobiculata</i>	nízká	lupenitá	< 50
<i>Nephroma bellum</i>	nízká	lupenitá	< 50
<i>Nephroma resupinatum</i>	nízká	lupenitá	< 50
<i>Physconia grisea</i>	vysoká*	lupenitá	< 50

Tab. 1
(Hauck et al., 2008)

¹ u rodu *Cladonia* na podéciích

* výskyt na vápenatém substrátu

Obecně jsou vůči imisím SO₂ nejodolnější druhy s korovitou stélkou. Kromě poškozování chloroplastů a jejich následného odumírání, je SO₂ příčinou vzniku solí ve stélce lišejníků, které odejímají vodu z jejich těla, především z fotobionta, což vede k opakovanému zastavení fotosyntézy a následnému odumření organismu. Znaky poškození lišejníků vlivem SO₂ jsou často změny barvy lišejníku, zejména šedé až bílé zakalení povrchu stélky, zmenšení stélky, laloků a úbytek chlorofylu (Mohr, 2001).



Obr. č. 1 (Mohr, 2001).

Stélka druhu *Hypogymnia physodes*, vlevo nepoškozená, vpravo po šesti měsíční expozici vysokým imisím SO₂.

4.1.2. Vliv dusíku na lišejníky

Depozice dusíku (N), je otázkou celosvětového významu pro zachování biologické rozmanitosti a zachování služeb ekosystému. Mnohá stanoviště mechrostů a lišejníků jsou nejcitlivějšími komponenty systému a dopady na biologickou rozmanitost a jejich vitalitu se používají ke stanovení kritického zatížení (Britton & Fisher, 2010). Formy dusíku se v hojném množství nacházejí ve dvou hlavních zdrojích. Ve venkovských oblastech hlavně jako amoniak (NH₃), který vzniká zejména při biologickém rozkladu organické hmoty. Antropogenními zdroji je pak především výroba průmyslových hnojiv a zpracování průmyslových odpadů. Vysoké koncentrace amoniaku způsobují degradaci asimilačních orgánů. Ve městech, průmyslových oblastech a v okolí frekventovaných silničních komunikací se v důsledku spalování fosilních paliv obohacuje atmosféra o imise oxidů dusíku (NO_x). Primární oxid dusnatý (NO) je dále oxidován ozónem na oxid dusičitý (NO₂), který je stejně jako SO₂ zodpovědný za vznik kyselých dešťů. Zvýšená depozice dusíku v ovzduší má vliv na změnu společenství lišejníků. Je to často spojeno s nárůstem pH kůry stromů, což představuje pokles v biologické rozmanitosti (Gombert et al., 2003). Zvyšuje se počet nitrofilních epifytických druhů. Velmi vysoké koncentrace oxidů dusíku pak mají i při krátkodobých expozicích na lišejníky toxické účinky v podobě poškozených membrán a ztrátě chlorofylu (Johansson et al., 2012).

4.1.3. Vliv ozónu O₃ na lišejníky

Troposférický ozón (O₃) vzniká v ovzduší reakcí uhlovodíků a oxidů dusíku při intenzivním slunečním záření. Významný podíl na jeho vzniku má lidská činnost, například nedokonalého spalování fosilních paliv. O₃ má přímé, škodlivé dopady na rostliny a živočichy, na které působí rychlou tvorbou reaktivních forem kyslíku, které jsou obzvláště škodlivé pro buněčné membrány, enzymy a DNA (Pell et al., 1997). Lišejníky byly doposud zkoumány ve vztahu k toxicitě O₃ sporadicky ve srovnání výzkumů vlivu jiných toxických látek na ně a jejich častého použití jako bioindikátorů životního prostředí (Bargagli & Nimis, 2002). Tolerance lišejníků na imise O₃ je zásadně ovlivněna buněčnými mechanismy, které umožňují překonávat oxidativní vzplanutí spojené s cykly dehydratace a rehydratace, což je typické pro poikilohydrické organismy (Bertuzzi et al., 2013). Bylo zjištěno, že dostupnost vody je klíčovým faktorem v toleranci lišejníků vůči O₃, jelikož dehydratované stélky jsou schopny regenerovat škody způsobené ozónem a doplnit zásobu antioxidantů (Tretiach et al., 2012b).

4.1.4. Lišejníky a těžké kovy

Těžké kovy se zařazují mezi nejnebezpečnější skupiny antropogenních polutantů životního prostředí vzhledem k jejich toxicitě a přetrvávání v životním prostředí. Těžba a průmyslové zpracování jsou hlavními zdroji kontaminace těžkých kovů v životním prostředí. Lišejníky mohou snadno absorbovat těžké kovy do svých tkání a ukládat je v sobě. Koncentrace těžkých kovů ve stélkách některých lišejníků pak přímo korelují s úrovní znečištění životního prostředí těmito látkami (Bari et al., 2001). Po uzavření zdrojů těžkých kovů vypouštěných do ovzduší, např. průmyslových areálů, spaloven, dolů, se koncentrace těchto škodlivých látek ve tkáních lišejníků výrazně snížila (Walther et al., 1990). Koncentraci těžkých kovů ve stélkách lišejníků významně ovlivňují lišejníkem produkované látky, tzv. metabolity. Ty reagují s ionty kovů a tvoří komplexy. Díky laboratorním studiím s druhy lišejníků bylo zjištěno, že jednotlivé lišejníkové látky mohou podporovat nebo naopak blokovat

vychytávání iontů kovů (Hauck et al., 2013). Akumulace těžkých kovů v lišejníkových stélkách je dynamický proces. Dochází k němu již při krátkodobé expozici. Studie ukázaly, že většina lišejníků reaguje na změny koncentrací těžkých kovů v atmosféře během několika málo měsíců (Bačkor & Loppi, 2009). Relativně krátké expozice 1-3 měsíce jsou obecně dostačující pro ovlivnění lišejníků. Po delší expozici dochází ke ztrátě biomasy, ke změnám povrchových struktur a fyziologického výkonu (Bargagli & Mikhailova, 2002). Mnohé prvky usazené ve stélkách se v nich zdržují 2-5 let po kontaminaci (Walther et al. 1990).

4.2. Sekundární metabolity lišejníků

Lišejníky se vyznačují velmi specifickými sekundárními produkty metabolismu. Někdy se těmto látkám říká lišejníkové kyseliny, avšak toto označení není přesné, neboť jde o velmi rozmanité organické látky. Tyto sloučeniny vytváří především mykobiont a jsou produktem symbiózy, jelikož odděleně tyto organismy takové látky neprodukují. Zřejmě jsou výsledkem kontrolovaného parazitizmu a jejich tvorbu indukoval pravděpodobně fotobiont jako reakci na agresivní parazitizmus houby (Liška, 2000). Je známo přes 700 různých sekundárních metabolitů a převážná většina je výlučně produkována lišejníky. Jen asi 50-60 z nich byly nalezeny v nelichenizovaných houbách či ve vyšších rostlinách (Nash, 2008). Tyto sekundární produkty metabolismu mají různou funkci. Největší význam mají v obraně vůči jiným organismům, u řady z nich byly prokázány antibiotické či antiherbivorní účinky a některé jsou dokonce toxické. Nejznámější je kyselina vulpinová, která je obecně jedovatá, a to nejen pro savce, ale též pro hmyz a měkkýše, velmi překvapivě však nepůsobí na králíky a myši (Liška, 2000). Další významnou kyselinou produkovanou ve stélce některých lišejníků je kyselina usnová (Dibenzofuran). Hraje klíčovou roli v toleranci lišejníku na kyselé prostředí a je vlastní příčinou SO₂ sensitivity (Hauck & Jürgens, 2008). Současně slouží jako filtr a chrání fotobionta před nadměrným UV zářením. Některé lišejníky, které jsou výrazně tolerantní ke kyselému znečištění vzduchu, sdílí výskyt fumarprotocetrarové kyseliny jako hlavní sekundární sloučeniny (Hauck et al., 2009). Jelikož

lišejníkové látky nejsou rozpustné ve vodě, jejich přítomnost se zjišťuje pomocí roztoků, které se bodově nanášejí na stélku. Látky v organismech přítomné reagují s těmito roztoky zbarvením. Podle těchto barevných znaků lze zjistit přítomnost konkrétních látek a velmi to pomáhá při identifikaci lišejníků. Pokročilejší a složitější je pak tenkovrstvá chromatografie (TLC), která nám může přítomnost látek zpřesnit.

5. Lokalizace a charakteristika Sokolovské hnědouhelné pánve

Sokolovská hnědouhelná pánev se nachází v Západních Čechách v Karlovarském kraji. Jedná se o příkopovou propadlinu orientovanou JZ – SV, ohraničenou ze severu Krušnými horami a z jihu CHKO Slavkovský les. Územím protéká řeka Ohře.



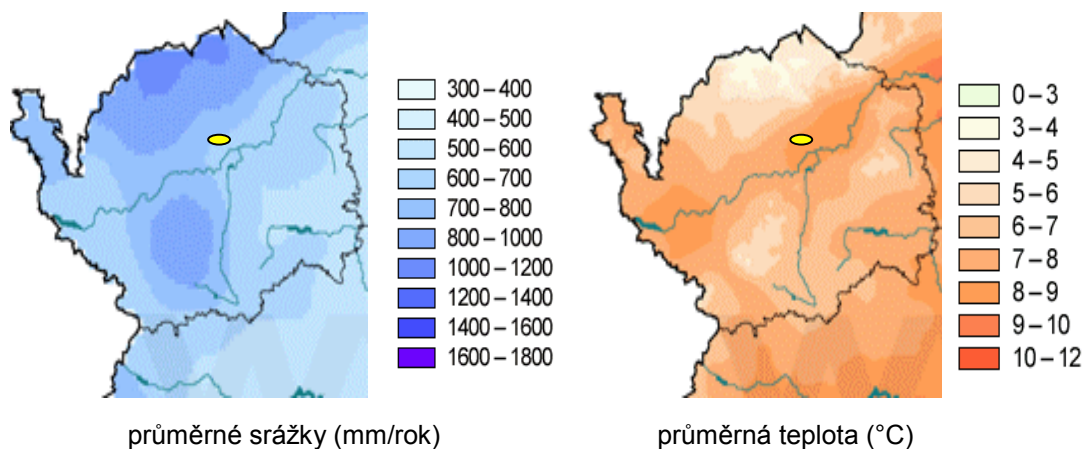
Obr. 2

5.1. Geologie a geomorfologie oblasti

Sokolovská hnědouhelná pánev vznikala ve starších třetihorách saxonskými tektonickými pohyby, přičemž se vytvořilo několik geologických zlomů. Porušením reliéfu vznikly rozsáhlé vodní plochy, ve kterých se ukládaly třetihorní sedimenty. Tercierní sedimentace probíhala ve třech hlavních fázích, kdy se postupně ukládali především hrubozrnné sedimenty starosedelského souvrství, kde převládají křemité písky a pískovce, poté docházelo k usazování jílovitých až jílovitopísčitých sedimentů a uhelných jílovců. Další souvrství je

tvořeno vulkanogenním materiálem především jíly, jílovci, uhelnými jílovci a jílovci s vulkanogenní příměsí. Vulkanodetritická sedimentace pak pozvolna přechází v uhelnou. Terciární sedimentaci ukončuje tzv. cyprisové souvrství, které přímo nasedá na uhelnou sloj a je tvořeno sedimentací jílovců a jíílů. Největší mocnost (až 200m). Kvartérní sedimenty jsou v řádu decimetrů a tvoří je těžké hnědé půdy, převážně jílovité a kyselé (Dimitrovský, 2001). Rozloha Sokolovské hnědouhelné pánve je 312 km². Reliéf je mírně zvlňný, silně ovlivněný povrchovou těžbou, která vede ke vzniku dvou charakteristických, morfologických jevů. Na těžných místech jsou to zbytkové jámy, které jsou po vyuhlení často zatopeny, jedná se o tzv. hydrickou rekultivaci. Na jiných místech, zpravidla v blízkosti těžebních lomů, vznikají plochy zasypané vytěženým a nevyužitým materiálem, nadložním substrátem. Výsledkem je uměle navýšený antropogenní, morfologický útvar, v odborné literatuře zvaný halda či výsypka.

5.2. Klima



Obr. 3 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)

Mezoklima je silně ovlivněno rozsáhlým odvodněním a ztrátou vegetačního krytu. Klimaticky se jedná o oblast chladnou až mírně teplou s průměrnými ročními teplotami od zhruba 6° do 8° C. Průměrné roční úhrny srážek jsou na různých místech této oblasti variabilní. Při úpatí Krušných hor a Slavkovského lesa jsou srážky relativně vysoké, pohybují se od 750 - 950 mm. V centrální části jsou již srážky ztelně chudší (550 – 650 mm).

5.3. Fytogeografie

Sokolovská pánev náleží z hlediska fytogeografického členění České republiky do mezofytika. Tato fytogeografická oblast tvoří přechod mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou. Vertikální zonace ekosystémů je zastoupena především suprakolinním (350 – 500 m), 3. dubobukovým a 4. bukovým vegetačním stupněm. V důsledku povrchové těžby hnědého uhlí a kaolinu byla však oblast v průběhu posledního století výrazně odlesněna. Došlo ke ztrátě vegetačního pokryvu na rozsáhlých plochách.

6. Lokalizace a charakteristika Velké loketské výsypky

Zájmové lokalita se nachází v nejvýchodnější části Sokolovské hnědouhelné pánve.



Obr. 4

Velká loketská výsypka je ohraničena ze západu Malou loketskou výsypkou, která byla lesnický rekultivována v letech 1972 až 1978, ze severozápadu městem Chodov, západní a severní prostor výsypky ohraničuje železniční dráha, na východě obec Jenišov, z jihu obec Loučky a rychlostní komunikace R6.



Obr. 5 (zdroj: <http://www.mapy.cz>)

Velká loketská výsypka byla dosypána v roce 1990 substrátem z lomů Družba a Jiří. Vznikl tak prostor o rozloze 440 ha bez vegetace určený k rekultivacím, které byly realizovány v pěti hlavních etapách.

6.1. Charakteristika půdotvorných substrátů na výsypce

Hnědé uhlí se na Sokolovsku vytvářelo v období třetihor. Nadloží různé mocnosti pak tvořili zejména terciérní cyprisové a vulkanodetritické jíly. Jejich struktura je rozdílná a odlišuje se ve třech formách na jíly kompaktní, jílovité břidlice a jíly s lístkovitou odlučností. Zcela zásadní pro růst dřevinné vegetace na takovýchto substrátech je jejich půdní fyzika, zvláště pak jejich schopnost infiltrace, pórovitost a stupeň provlhčení, což ovlivňuje zejména hloubku prokořenění a vývoj kořenových soustav. Z hlediska zrnitosti se jedná vesměs o zeminy těžké texturní charakteristiky.

Chemické vlastnosti výsypkových substrátů na Velké loketské výsypce z pěti různých vzorků jsou uvedeny v tabulce č. 1. Hodnoty vykazují příznivé chemické složení pro tvorbu bohatých až velmi bohatých půd na živiny.

Číslo vzorku	pH	pH	T	S	V	H ⁺	P	K	Mg	C	Cox
	H ₂ O	KCL	mmol+/100g		%	Vým.	přístupný (mg/kg)				%
1	7,40	6,85	10,7	10,8	62,01	4,0	14	196	974	2467	2,76
2	7,45	6,90	9,4	9,3	94,60	0,6	1	372	659	3418	7,19
3	7,61	7,10	12,3	12,3	71,50	3,5	2	280	812	4592	7,06
4	7,80	7,05	16,0	16,0	100	-	28	329	580	5561	3,13
5	7,20	6,82	10,8	10,8	100	-	26	319	940	6250	1,50

Tab. 2 (Dimitrovský, 2010)

Většina substrátů je neutrální nebo mírně alkalická, podle oxidovaného uhlíku mírně humózní s dostatečným obsahem živin s výjimkou fosforu. Velmi vysoké jsou hodnoty hořčíku. Jen výjimečně se vyskytují místa s kyselou půdou. Chemické rozborů půdotvorných substrátů jsou významné při rozhodování o způsobu zakládání dřevinných kultur a volbě druhů vhodných k výsadbě. Dalším faktorem ovlivňujícím volbu budoucí druhové skladby porostů je struktura a textura substrátů, resp. jejich proces zvětrávání tzv. desagregace (Dimitrovský, 2010). Zcela jiné půdní složení mají plochy převrstvené orníci. Obsah živin těchto půd se navíc uměle zvyšoval různými typy hnojiv. Plochy byly osety a během krátké doby se tak vytvořili husté trvalé travní porosty. Naproti tomu plochy bez orníční vrstvy osídlily, vyjma umělé výsadby dřevin, druhy spontánním šířením z okolních biotopů.

6.2. Rekultivace na výsypce

Na Velké loketské výsypce (VLK) byly provedeny tři druhy rekultivací. V celém prostoru došlo k rozsáhlému odvodnění. U paty výsypky vzniklo několik sedimentačních nádrží o celkové výměře 6,95 ha. Značná část výsypky nebyla po navezení vydolovaného půdotvorného substrátu převrstvena orníci. Stalo se tak pouze u ploch zemědělsky rekultivovaných. Výsadba dřevin byla tedy realizována do primárního navezeného substrátu z nadloží hnědouhelné sloje.

Časové vymezení jednotlivých rekultivací na výsypce a jejich rozsah.

Rekultivace VLK	Zahájení	Ukončení	Zemědělská (ha)	Lesnická (ha)	Vodní (ha)	Celková (ha)
1	1990	1998	39,96			39,96
1	1990	2004		20,44		20,44
2	1993	1999	77,20			77,20
2	1993	2005		56,37		56,37
2	1994	1996			6,05	6,05
3	1991	1997	58,90			58,90
3	1993	2004		52,80		52,80
4	1990	1997	25,76			25,76
4	1991	2002		13,16		13,16
4	1991	1992			0,68	0,68
4a	1992	1998	12,08			12,08
4a	1993	2007		6,91		6,91
4a	1992	1992			0,22	0,22
5	1994	1999	22,59			22,59
5	1994	2006		26,18		26,18
5a	1995	1999	2,66			2,66
5a	1995	2007		18,29		18,29
Celkem			239,15	194,15	6,95	440,25

Tab. 3 (Projektová dokumentace SUAS)

6.2.1. Zemědělské rekultivace

Celkovou výměru zemědělských rekultivací tvoří 239,15 ha. V současné době se jedná o plochy příležitostně využívané k pastvě. Plochy jsou hustě zarostlé a vegetační pokryv tvoří zejména jílek vytrvalý (*Lolium perenne*), typická pastevní tráva. Všechny plochy určené k zemědělské rekultivaci byly zakládány zhruba stejně.

Terciární substrát byl převrstven ornici o mocnosti 25 – 35 cm. Tímto započal pětiletý agrocyklus, který zahrnoval organické i anorganické hnojení a setí jetelotravních směsí. Kromě statkových hnojiv byl přidáván především

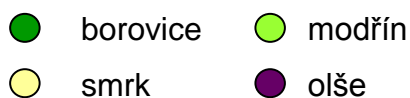
superfosfát. Cílem bylo zkvalitnění půdního substrátu. Všechny tyto plochy byly založeny a cíleně vytvořeny jako trvalé travní porosty.

6.2.2. Lesnické rekultivace

Plochy, kde byla provedena rekultivace zalesněním, se rozkládají na 194,15 ha. Zalesněny byly především svahy, ale dostalo se i na méně svažité místa. Zalesněný svah je stabilnější a odolnější vůči negativním vlivům eroze. Celý proces zalesňování probíhal v pětiletých biologických cyklech, které zahrnovaly vlastní výsadbu, ožínání, okopání sazenic, ochranu proti okusování zvěří a doplňování porostu. Výsadba byla prováděna bez orniční vrstvy přímo do výsypkového substrátu a většinou do sponu 1x1m. Sazenice byly 2 – 3 leté. Po ukončení decennia byly v plánu první prořezávky. Podle projektové dokumentace k realizovaným lesnickým rekultivacím byly vysázeny: smrk ztepilý, smrk pichlavý, modřín jesenický, borovice vejmutovka, borovice černá, borovice lesní, borovice pokroucená, borovice blatka, olše lepkavá, jasan ztepilý, dub červený a javor klen.

Porostní skladbě dominují zejména smrkové, borovicové, modřínové a olšové porosty, které jsou víceméně kompaktní a téměř monokulturní. Někde jsou smrky a borovice smíšené, a to hlavně v přechodech z jednoho porostu do druhého. Jasan, dub a javor se nacházejí na výsypce sporadicky. Jasan ztepilý je často namíchán v porostech olše lepkavé. Dub červený tvoří samostatný nepříliš rozlehlý porost v západní části výsypky. Javor klen lze na výsypce spatřit velmi řídkce, pár jedinců na okraji jednoho borovicového porostu, jinde nebyl nalezen. Na výsypce se vyskytují i dřeviny, které nebyly cíleně vysázeny. Jedná se především o břizu bělokorou, topol osiku, topol černý, vrbu jívu, hloh obecný a bez černý. Tyto druhy se nacházejí někde jako solitéry, někde zasahují do porostů dominujících, vysázených dřevin, leckde lemují pouze okraje těchto porostů. Z hlediska výskytu epifytických lišejníků na výsypce jsou některé tyto dřeviny velmi významné, jelikož zvyšují diverzitu epifytických lišejníků.

Hlavní porostní skladba:



Obr. 6

6.2.3. Hydrická rekultivace

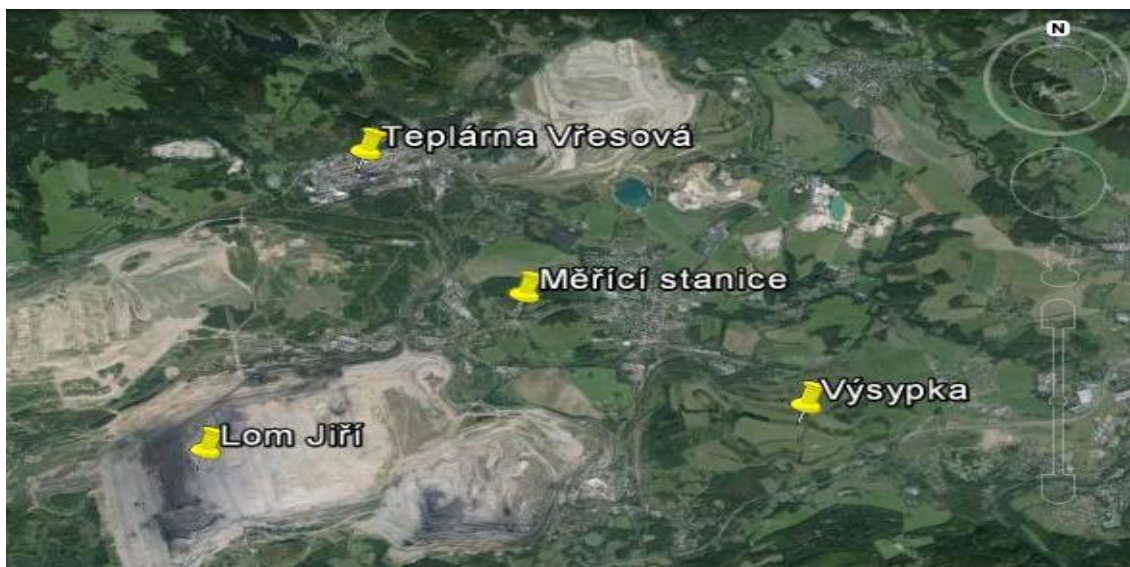
Na výsypce proběhlo rozsáhlé odvodnění odvodňovacími příkopy a drény. V severní nejnižší položené části výsypky pak byly vytvořeny sedimentační nádrže. Vody vytékající z tělesa výsypky a jejího podloží jsou významně obohaceny zvýšeným obsahem oxidů hliníku a železa (Dimitrovský, 2001).

7. Imisní hodnoty znečišťujících látek v ovzduší

Vzhledem k tomu, že zkoumané území se nachází ve velmi průmyslovém regionu s několika velkými zdroji znečištění ovzduší, lze očekávat vyšší koncentrace imisí ovlivňujících biodiverzitu lišejníků v oblasti. Z měřených imisí jsou významné imise oxidu siřičitého (SO_2), oxidy dusíku (NO_x), troposferického ozonu (O_3), prachových částic (PM_{10}) a těžkých kovů (As, Cd, Ni, Pb). Jedním z největších znečišťovatelů ovzduší v této oblasti je teplárna a paraplýnová elektrárna Vřesová, kterou vlastní a provozuje Sokolovská uhelná a.s.(SUAS). Elektrárna spaluje místní hnědé uhlí. SUAS monitoruje a měří imisní hodnoty v ovzduší z několika měřicích stanic v okolí plynárny. Míra kontaminace ovzduší a okolí škodlivými imisemi je závislá na meteorologických podmínkách. Na teplotě, vlhkosti a tlaku vzduchu, a především také na směru proudění větru a jeho rychlosti. Směry větrů se určují meteorologickým úhlem a vyjadřují se ve

stupních. Maximální imisní hodnoty SO_2 , NO_x , O_3 , PM_{10} a těžkých kovů byly vybrány z nejbližší měřicí stanice, která se nachází severozápadně od výsypky. Měřicí stanice je umístěna v prostoru vodárny města Chodov. Údaje byly čerpány z protokolů imisních měření Centrálních laboratoří Sokolovské uhelné a.s. a dokumentů firmy TOCOEN s.r.o., autorizované k měření kvality ovzduší.

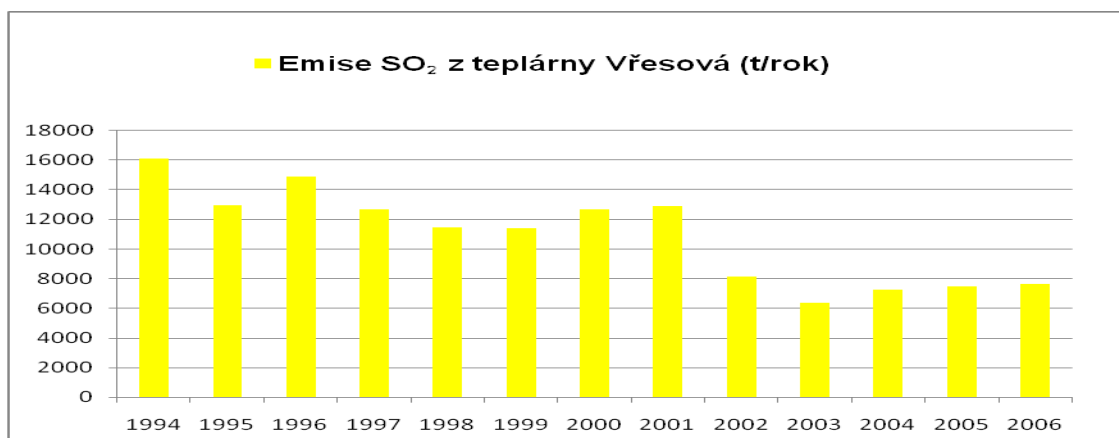
Lokalizace měřicí stanice „Vodárna Chodov“



Obr. 7

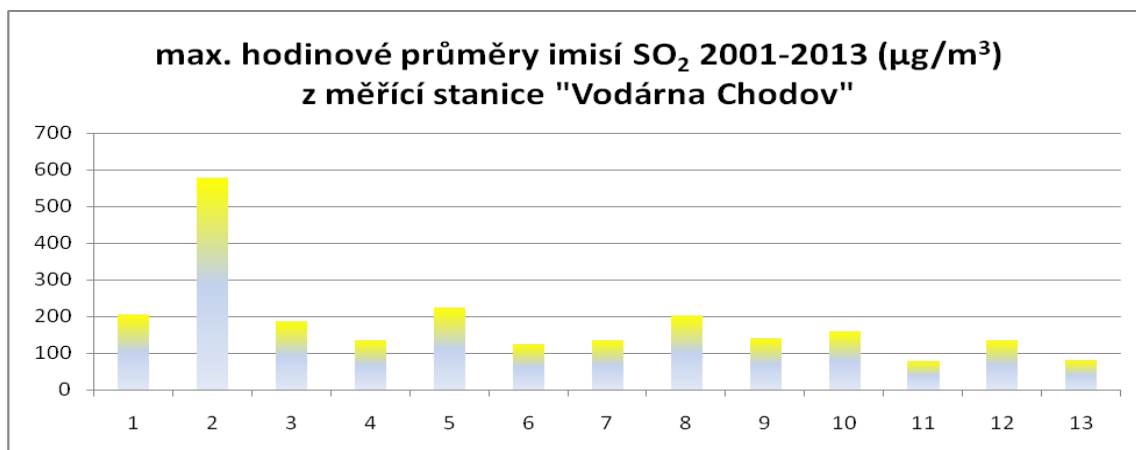
7.1. Imise SO_2

Na konci devadesátých let a začátkem nového století byly všechny velké místní zdroje znečišťování ovzduší odsířeny. V srpnu roku 2002 byla zprovozněna nejvýznamnější ekologická stavba v teplárně Vřesová, kterou došlo ke snížení emisí SO_2 o jednu třetinu. Plánovaná intenzifikace zařízení o jednu čtvrtinu na rok 2007 měla vést k dalšímu snižování emisí SO_2

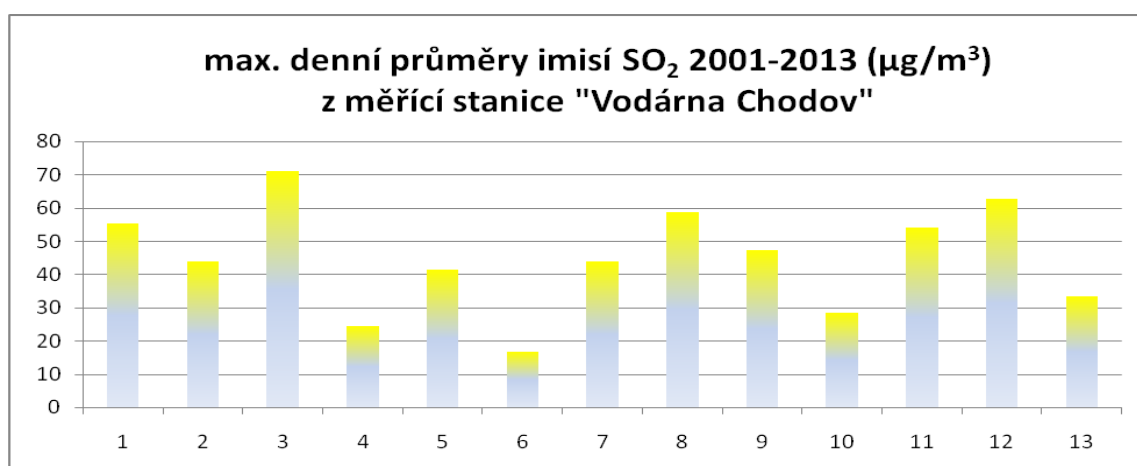


Graf 1 (Frouz et al., 2007)

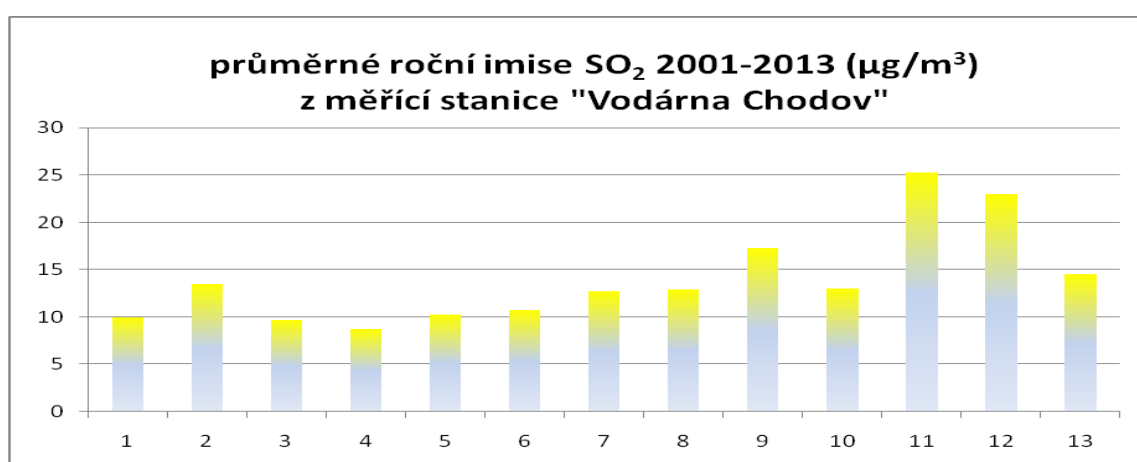
Imisní hodnoty SO₂ zjištěné z měřicí stanice „Vodárna Chodov“ jsou měřeny pulzní fluorescencí a výstupy jsou hodinové, resp. půlhodinové a denní aritmetické průměry koncentrací (µg/m³). Data jsou k dispozici až od roku 2001 do poloviny roku 2013.



Graf 2



Graf 3



Graf 4

Měření na stanici „Vodárna Chodov“ neprobíhalo pravidelně, což zkresluje celkové roční zatížení této lokality imisemi SO₂. Výstupy měření jsou navíc pouze aritmetickými průměry. Některé maximální hodinové průměry (graf č. 2) jsou vzhledem k existenci lišejníků alarmující. Všeobecně se předpokládá při koncentracích vyšších než 170µg/m³ tzv. „lišejníková poušť“. Toto vysoké zatížení ovzduší imisemi SO₂ však netrvalo podle dostupných měření delší dobu. Jedná se o maximálně několika hodinové, většinou náhlé zvýšení imisních hodnot a poté rychlé, zřídka postupné snížení na hodnoty velmi nízké. Měření v průběhu dne mohly ovlivnit směry větrů. Imise byly v ovzduší nadále vysoké, ale změna směru větru způsobila výrazné rozdíly v po sobě následujících půlhodinových měřeních na stanici. V níže znázorněné tabulce je příklad nejdelšího imisního zatížení zvýšenými koncentracemi SO₂ v průběhu dne z dostupných záznamů měření.

Tabulka zvýšených 0,5 hodinových koncentrací SO₂ na stanici Vodárna (27.5.2001)

Čas	Koncentrace (µg/m ³)	Směr větru (deg)
12:00	174.7	248.6
15:30	168.7	254.4
16:00	215.6	253.1
17:00	174.5	253.3
17:30	205.6	254.5
19:30	292.3	274.3
20:30	166.6	258.9
21:00	211.4	285.7

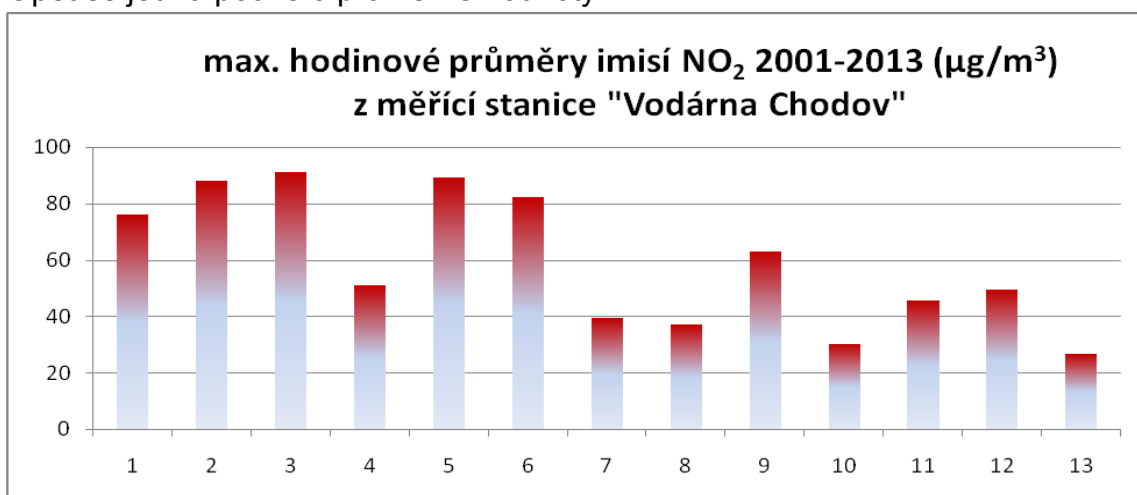
Tab. 4

Vzhledem k nalezeným druhům lišejníků, kdy z velké části dominují druhy tolerantní vůči zvýšeným imisím SO₂, lze buď tento region nadále považovat za velmi zatížený těmito imisemi, nebo je vysoká abundance druhu *Lecanora conizaeoides* na výsypce pozůstatek jeho expanze v dezasátých letech, kdy byly imise SO₂ vyšší i v tomto regionu stejně tak jako v jiných průmyslových oblastech České republiky. Přítomnost druhů jako *Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri*, rodů *Usnea* a *Bryoria* v relativně hojném množství totiž ukazuje na lokalitu, která buď těmito imisemi již není tak přímo zasažená, nebo jsou tyto vysoké hodnoty imisí SO₂ v oblasti opravdu vyjímečné a krátkodobé, a nepůsobí tak na lišejníky výrazně škodlivě. Významnou roli mohou hrát také

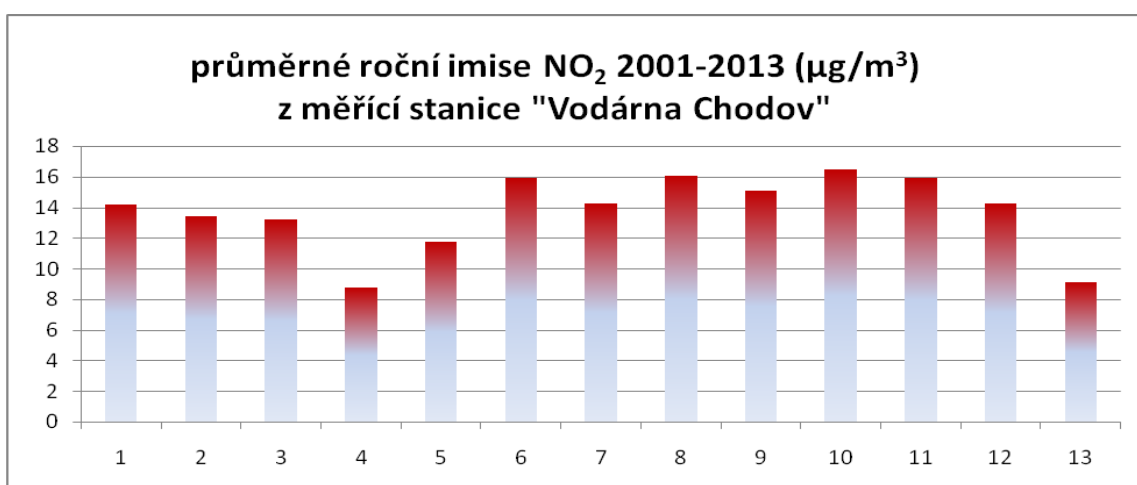
směry převládajících větrů od zdrojů znečišťování. Z dostupných dat měření, při kterých byla zaznamenána rychlost a směr větru v okamžiku měření, nelze však jednoznačně určit převládající větry. Směry jsou velmi variabilní. Navíc je třeba poznamenat, že je tento region velmi často zatěžován inverzním počasím, čemuž napomáhá kotlinový reliéf oblasti.

7.2. Imise NO_x a jiných polutantů

Imisní hodnoty NO_x jsou měřeny chemiluminiscencí a výstupy jsou stejně jako u imisí SO₂ hodinové, resp. půlhodinové a denní aritmetické průměry koncentrací (μg/m³). Data jsou k dispozici také od roku 2001 do poloviny roku 2013 z měřicí stanice „Vodárna Chodov“. Měření stejně jako u imisí SO₂ a jiných polutantů neprobíhalo pravidelně. Minimálně jsou k dispozici data ze dvou čtvrtletí každého roku. V některých letech se na této stanici měřilo i častěji. Opět se jedná pouze o průměrné hodnoty.

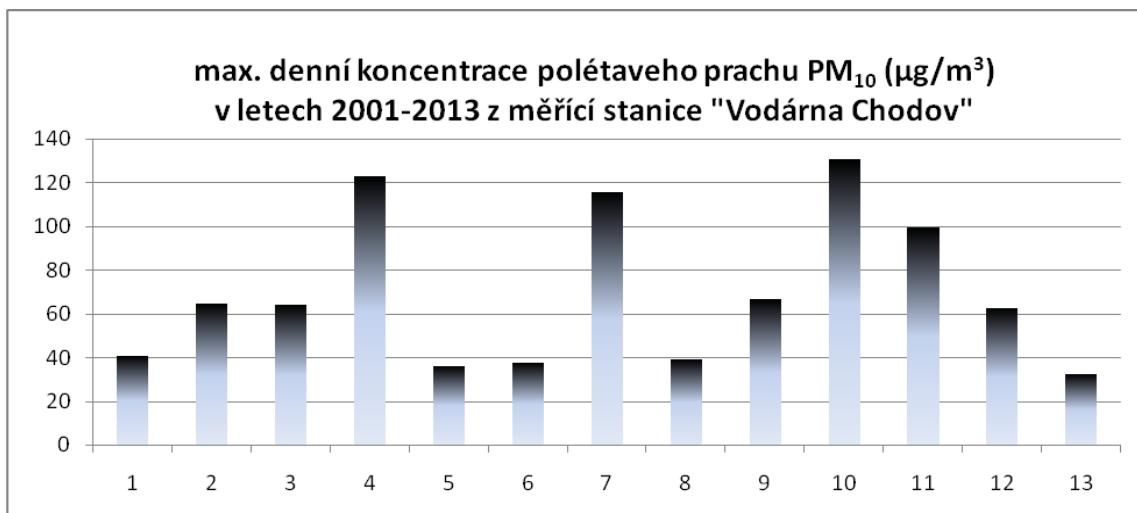


Graf 5

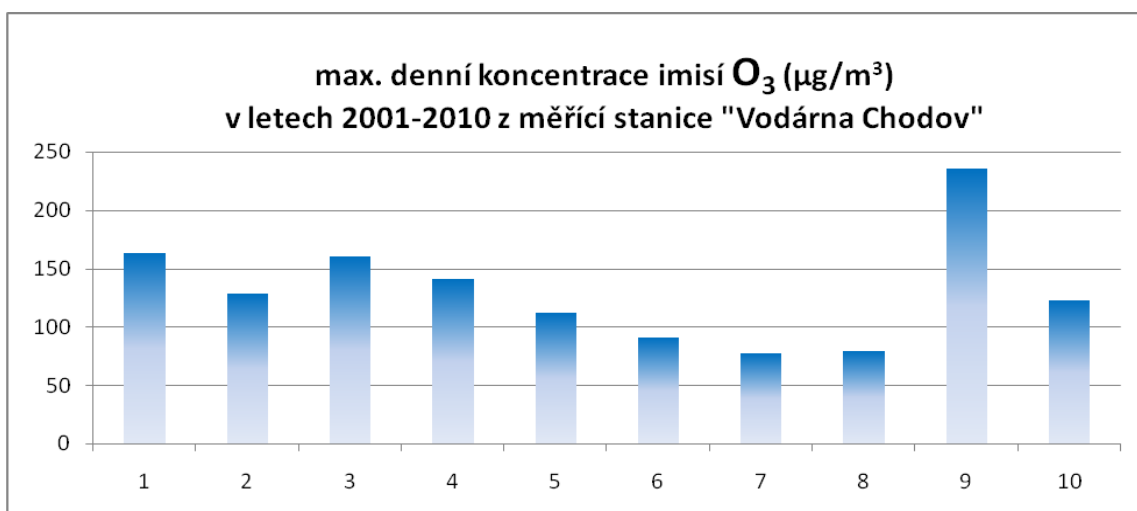


Graf 6

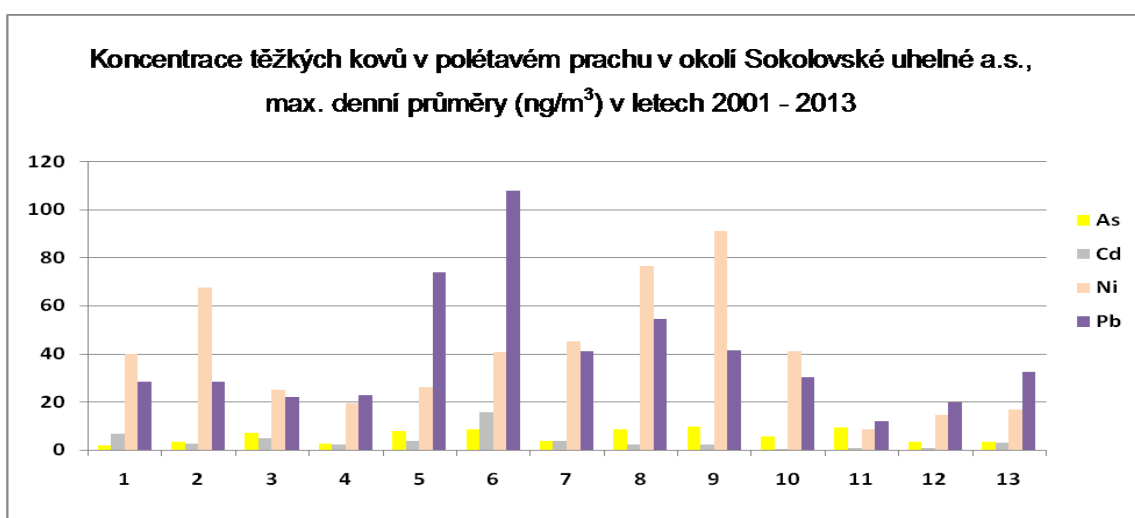
Imise další polutantů znázorňují následující grafy.



Graf 7

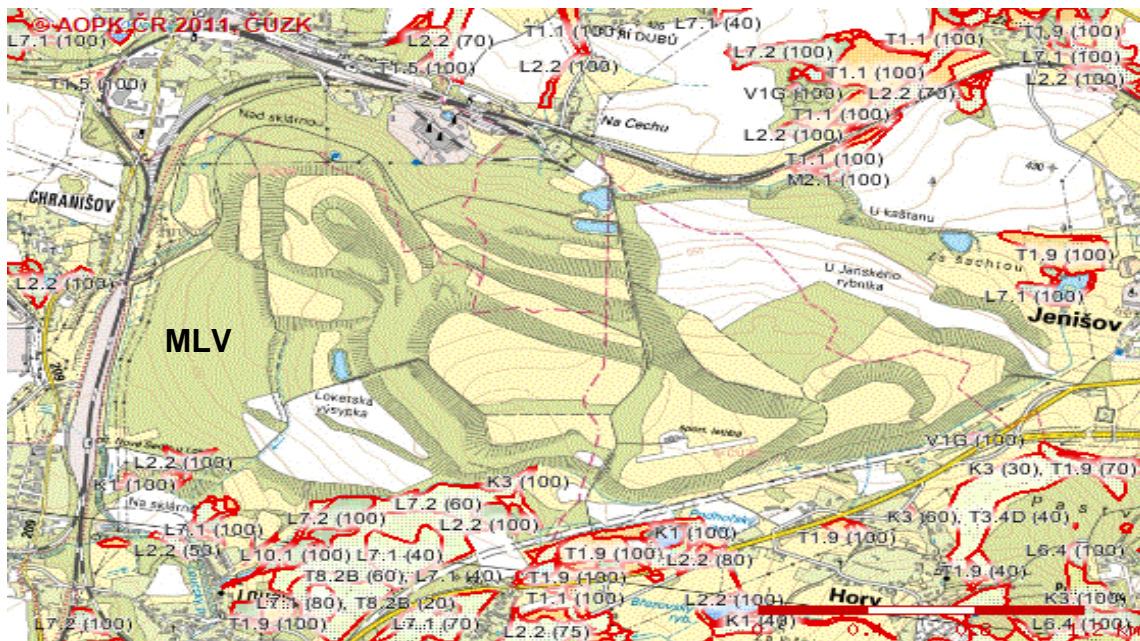


Graf 8



Graf 9

8. Biotopy v blízkém okolí výsypky



Obr. 8 (zdroj: <http://mapy2.nature.cz>)

Samotná výsypka není zařazená do mapy biotopů. V mapě potenciální přirozené vegetace v mapovém portálu AOPK je tato plocha pod kódem č. 51 jako komplex sukcesních stádií na antropogenních stanovištích. V okolí výsypky se nachází několik významných biotopů. Z lesních jsou to především L2.2 Údolní jasanovo-olšové luhy, L7.2 Vlhké acidofilní doubravy a L7.1 Suché acidofilní doubravy, kde se typicky vyskytují druhy *Cladonia arbuscula*, *C. coccifera*, *C. furcata* a *C. rangiferina*. Tyto lišejníkové druhy se vyskytují převážně v biotopu L7.1, v jiných biotopech jsou vzácné či chybějí (Chytrý et al. 2010). Z křovinných biotopů jsou v okolí výsypky zejména K3 Vysoké mezofilní a xerofilní křoviny jihovýchodně od výsypky. Louky a pastviny jsou zastoupeny biotopy T1.1 Mezofilní ovsíkové louky a T1.9 Střídavě vlhké bezkolencové louky.

Malá loketská výsypka, nepůvodně označená na výše znázorněné mapce biotopů jako „MLV“, je plocha, která byla rekultivována v letech 1972 – 1978 zalesněním. Nyní ji tedy tvoří zhruba čtyřicetiletý porost, jehož dřevinou skladbu zastupuje převážně olše lepkavá (*Alnus glutinosa*), vrba jíva (*Salix caprea*), topol osika (*Populus tremula*), břiza bělokorá (*Betula pendula*) a jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Jedná se o východně exponovaný svah, který je u paty velmi podmáčený a v některých místech se tvoří lokální mokřady. Zřejmě kvůli

těmto podmínkám byla velká část plochy této výsypky zalesněna meliorační olší lepkavou. Pouze na vrcholu „MLV“ jsou malé lokality, kde byla vysázena borovice a smrk. Povrchním průzkumem byla zjištěna přítomnost především epifytických druhů lišejníků. Terikolní a saxikolní byly pozorovány pouze na okrajích výsypky. V porostu je již substrát hustě zarostlý bylinným patrem. Nejednalo se ovšem o podrobnější průzkum, jelikož „MLV“ není náplní této práce. Byl zde povrchně identifikován zejména druhy *Lecanora conizaeoides*, *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Melanelixia subaurifera* na *Alnus glutinosa*, dále především na *Betula pendula* a *Salix caprea* druhy *Candelariella reflexa*, *Xanthoria candelaria*, *X. parietina*, *X. polycarpa*, *Physcia adscendens*, *P. tenella*, *P. caesia*, *Phaeophyscia orbicularis*. Na západních okrajích porostů „MLV“, které již volně přecházejí do prostoru Velké loketské výsypky, byly na nezalesněných plochách zjištěny výskyty terikolních druhů: *Peltigera polydactylon*, *P. didactyla*, *P. rufescens*, *Cladonia fimbriata*, *C. subulata*, *C. ramulosa*. Ze saxikolních druhů zejména *Porpidia crustulata*, *Lecidella stigmatea* a *lecanora muralis*.

9. Přehled sukcesních stádií jednotlivých lesních stanovišť na výsypce

Lesní stanoviště na výsypce lze rozdělit na jednotlivé kompaktní více méně monokulturní lesní bloky a rozvolněné porosty vzniklé pravděpodobně neúspěšnou výsadbou, nebo bez výsadby, kde využily prostoru nevysázené, pionýrské, raně sukcesní dřeviny jako *Salix caprea*, *Populus tremula*, *Populus nigra* a *Betula pendula*.

9.1. Modřínové porosty

V současnosti jsou modřínové porosty velmi hustě zarostlé plochy s velmi omezeným přístupem světla. Tvoří je zhruba 6–10 metrové stromy. V nejvýchodnější části výsypky, kde se nacházejí nestarší bloky porostů, byla provedena prořezávka, která pozitivně ovlivnila podmínky pro další růst jedinců uvnitř porostu. V porostech neexistuje žádné bylinné patro, půdní povrch je hustě pokryt opadanými jehlicemi a lze pozorovat pouze zbytky kdysi

pravděpodobně hojně přítomné třtiny křovištní. Ta byla vlivem kompetice vytlačena na okraje porostů. V modřínových porostech byly nalezeny pouze epifytické druhy lišejníků.

9.2. Smrkové porosty

Jsou velmi variabilní na výsypce. Příčinou je velmi rozdílná výška jednotlivých porostů. Vyskytují se zde již porosty s výškou stromů zhruba 3 - 4 m, které již znatelně omezují přístup světla do podrostu. Pozorovatelná je menší pokryvnost půdního substrátu mechorosty a lišejníky oproti porostům více prosvětleným. Většina smrkových porostů na výsypce je ovšem nižší a velmi dobře prosvětlená. Bylo vypořádováno, že z hlediska abundance terikolních druhů lišejníků a jejich pokryvnosti na půdním substrátu jsou takové porosty nejideálnější. Výška stromů do 2 m, rozložení stromů umožňující dostatečný přístup světla do podrostu a zároveň dostatečná hustota pro udržování potřebné vlhkosti v podrostu vytváří podmínky, kdy je abundance a pokryvnost terikolních lišejníků v těchto porostech zřejmě na svém maximu. Jelikož jsou na výsypce i smrkové porosty do 1 m výšky, se stále ještě velmi obnaženým půdním substrátem, kde se neuchytila ani třtina křovištní, je možno v odlišných smrkových porostech velmi dobře pozorovat sukcesní vývoj terikolních druhů lišejníků. Tyto velmi řídké, nízké smrčiny sice umožňují dostatečné prosvětlení porostu, ale současně jsou tyto plochy nejvíce vysušené. Výskyt terikolních lišejníků není tak výrazný jako ve vyšších porostech udržujících více vlhkosti. Zajímavé je, že hustota expanzivní třtiny křovištní je v takto řídkých porostech nízká, v porovnání s mladými porosty olše lepkavé, kde její hustota zakrývá celý podrost. Odlišná morfologie smrku a olše, zejména rozložení stromu, hustota větví atd., má zřejmě významný vliv na odlišné šíření této trávy do těchto porostů.

9.3. Borovicové porosty

Výsadby různých druhů borovic jsou na výsypce velice časté. V závislosti na druhu borovice a jeho hustotě, rozložení větví, velikosti a hustotě jehlic, tedy celkového rozložení stromu, jsou tyto porosty z hlediska optické hustoty a

prostupnosti světla do podrostu odlišné. Hustota výsadby je stejná jako u jiných vysázených dřevin na výsypce, výška stromů jednotlivých borovicových porostů není zdaleka tak rozdílná jako u smrčin. Nyní jsou vysázené borovice na výsypce v průměru 3 - 4 m vysoké. Jinak však vypadá porost borovice černé (*Pinus nigra*), která ve sponu 1x1 s výškou 4 m vytváří extrémně hustý, prakticky neprůchodný porost, s velkým zástinem v podrostu, kde je stejně jako v hustých modřínových porostech půdní povrch v podrostu hustě pokryt opadanými jehlicemi z přízemních usychajících větví, a jinak monokulturní porost borovice pokroucené (*Pinus contorta*), která svou nízkou hustotou jehlic na rozložených tenkých větvích umožňuje relativně významné prosvětlení podrostu. V těchto porostech je, i když velmi řídké, půdní povrch pokryt druhy mechorostů, terikolními a saxikolními druhy lišejníků. Jejich pokryvnost je však výrazně nižší, než v porostech smrkových. Bylinné patro v řídkých porostech tvoří pouze třtina křovištní, místy je povrch obnažený na primární jílovitý substrát.

9.4. Olšové porosty

Jsou zcela odlišné v charakteru podrostu, než ostatní porosty jehličnanů. Příčinou je velmi rozdílná hustota větvení a alokace větví na kmenech u olše a např. smrku. Zatímco smrk v závislosti na substrátu relativně dlouho "sedí" a rozrůstá se výrazně do šířky, vytváří typický kuželovitý tvar s přeslenovitě uspořádanými větvemi, kdy ty nejspodnější jsou nejvíce narostlé a znesnadňují tak šíření trav a bylin do podrostu, olše jako listnatý strom má od mládí tendenci růst rychle do výšky s větvením od určité výšky kmene, s budoucí rozloženou korunou. Vysázené stromy dosahují v současnosti výšky zhruba 4 - 8 m a podrost je tak hustě zarostlý třtinou křovištní, že přítomnost jiných trav či bylin, mechorostů a terikolních či saxikolních lišejníků je prakticky vyloučená. Epifytické druhy lišejníků se na olších vyskytují v odlišných abundancích a diverzitě. Zásadním faktorem je věk a nárůst jednotlivých stromů. Bylo zjištěno, že kmene zhruba do 6 cm šířky jsou zcela "čisté", nepokryté žádnými lišejníkovými druhy. Lze pozorovat pouze náznaky protostélek. Borka u velmi tenkých jedinců je zcela bez náznaků. Širší kmene jsou již relativně hojně

pokryty epifytickými lišejníky. Stromy s odlišnou mocností kmene nejsou pravděpodobně rozdílného stáří, jelikož tvoří jeden porost. Mohlo by tak být v případě doplňování porostů novými sazenicemi. Pravděpodobně však jednotlivé stromy rostou různě rychle.

9.5. Rozvolněné plochy a okraje porostů



Obr. 9

Okraje porostů jsou z hlediska šíření vegetace velmi variabilní. Pouze na těchto plochách lze více méně pozorovat spontánní sukcesní vývoj vegetace. Někde výrazně dominuje třtina křovištní a blokuje další sukcesi (levá část obr. 37 znázorňuje rozdíl mezi zemědělsky zrekultivovanou plochou a širokým okrajem smrkového porostu, který byl ponechán spontánní sukcesi). Někde se tato expanzivní tráva moc nešíří a povrch je často hustě pokryt druhy rodů *Cladonia* a *Peltigera* (pravá část obr. 37).

10. Výskyt a seznam nalezených druhů lišejníků na výsypce

Lišejníky se na Velké loketské výsypce vyskytují všude tam, kde nedošlo k zemědělské a hydrické rekultivaci. Jedná se tedy o všechny zalesněné plochy, nezalesněné okraje porostů a antropogenní stavby jako odvodňovací můstky a panelové cesty. Bylo nalezeno několik druhů ohrožených, z nichž je zajímavá například přítomnost druhu *Cladonia cariosa* na netypických stanovištích z hlediska substrátu. Byl nalezen na dvou místech, a to na řídké zarostlém okraji smrkového porostu. Zpravidla se tento druh nalézá v písčitéch

borech. Okraje porostů, zvláště těch smrkových s nízkým vzrůstem smrku vytvářejí v současném stádiu sukcese těchto stanovišť ideální podmínky pro existenci druhů rodu *Cladonia*. Těch bylo na výsypce nalezeno několik, často ve společenství dalších pionýrských lišejníků, jako jsou druhy rodu *Peltigera*, osidlující nové, řídké zarostlé plochy s dostatečným prosluněním.

Velmi zajímavými porosty z hlediska výskytu lišejníků jsou porosty modřínu opadavého (*Larix decidua*). Jedná se ovšem o zcela jiné podmínky, než u smrkových porostů a tomu odpovídá odlišná diverzita lišejníkových druhů. V modřínových porostech lze spatřit nejvyšší abundanci epifytických lišejníků v rámci stromu i celých porostů na výsypce. Zároveň jsou patrné velké rozdíly jak v pokryvnosti lišejníků, tak v jejich diverzitě mezi jednotlivými modřínovými porosty. Zatímco jiné přítomné dřeviny na výsypce vykazují víceméně podobnou diverzitu lišejníkových druhů, modřínové porosty jsou v porovnání mezi sebou výrazně rozdílné. Zajímavé rozdíly lze pozorovat také v porostech olše lepkavé (*Alnus glutinosa*).

Diverzitu a kvantitu epifytických lišejníků na výsypce výrazně obohacují anemochorní dřeviny. Zejména se jedná o topol osiku (*Populus tremula*), topol černý (*Populus nigra*), vrbu jívu (*Salix caprea*), dále zoochorní bez černý (*Sambucus nigra*), který v pokryvnosti, ne ovšem v diverzitě, zaujímá jednoznačně první místo, a také hloh obecný (*Crataegus oxyacantha*), který vykazuje podobnou diverzitou epifytických lišejníků jako modřín.

Samostatnou kapitolu tvoří antropogenní substráty na výsypce, které umožňují rozšířený výskyt zejména druhům *Porpidia crustulata*, *Lecidella stigmatea*, *Lecanora muralis*, *L. dispersa*, *Candelariella vitellina*, *C. aurella*, *Caloplaca crenulatella*, *Scoliciosporum umbrinum* a *Phaeophyscia orbicularis*. Zajímavou morfologickou formou substrátu jsou jíly s lístkovitou odlučností, které jsou součástí navezeného třetihorního výsypkového materiálu a vyskytují se na povrchu výsypky téměř všude, vyjma pastvin, které byly v rámci rekultivací převrstveny orníci. Na tomto morfologickém typu jílu našel svou niku zejména druh *Porpidia crustulata* ve vysoké abundanci.

Velmi specifickým stanovištěm na výsypce je místo kolem jednoho sloupu elektrického vedení, kde je písčité půdní substrát a lokalitu řídké zarůstá vřes obecný (*Calluna vulgaris*) a janovec metlatý (*Cytisus scoparius*). Je zde zaznamenán jediný výskyt *Dibaeis baeomyces* v relativně vysoké abundanci.

Tabulka znázorňuje nalezené lišejníky se stupněm ohrožení podle Červeného seznamu lišejníků České republiky (Liška & Palice, 2010).

<i>Amandinea punctata</i>	LC	<i>Lecanora persimilis</i>	NT
<i>Bryoria capillaris</i>	CR	<i>Lecanora pulicaris</i>	LC
<i>Bryoria fuscencens</i>	VU	<i>Lecanora sambuci</i>	NT
<i>Bryoria implexa</i>	EN	<i>Lecidella carpathica</i>	LC
<i>Caloplaca cerinella</i>	VU	<i>Lecidella stigmatea</i>	LC
<i>Caloplaca crenulatella</i>	LC	<i>Melanelixia subaurifera</i>	VU
<i>Caloplaca pyracea</i>	LC	<i>Parmelia sulcata</i>	LC
<i>Candelariella aurella</i>	LC	<i>Peltigera didactyla</i>	LC
<i>Candelariella reflexa</i>	NT	<i>Peltigera neckeri</i>	VU
<i>Candelariella vitellina</i>	LC	<i>Peltigera polydactylon</i>	EN
<i>Cladonia cariosa</i>	EN	<i>Peltigera rufescens</i>	NT
<i>Cladonia ciliata</i>	VU	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	LC
<i>Cladonia coniocraea</i>	LC	<i>Physcia adscendens</i>	LC
<i>Cladonia diversa</i>	X	<i>Physcia aipolia</i>	EN
<i>Cladonia fimbriata</i>	LC	<i>Physcia caesia</i>	LC
<i>Cladonia furcata</i>	LC	<i>Physcia tenella</i>	LC
<i>Cladonia mitis</i>	X	<i>Platismatica glauca</i>	NT
<i>Cladonia chloropheae</i>	LC	<i>Porpidia crustulata</i>	LC
<i>Cladonia ramulosa</i>	NT	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	NT
<i>Cladonia rei</i>	LC	<i>Rhizocarpon distinctum</i>	LC
<i>Cladonia subulata</i>	LC	<i>Rinodina pyrina</i>	VU
<i>Cladonia verticillata</i>	NT	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	LC
<i>Dibaeis baeomyces</i>	LC	<i>Scoliciosporum umbrinum</i>	LC
<i>Evernia prunastri</i>	NT	<i>Strangospora pinicola</i>	NT
<i>Flavoparmelia caperata</i>	EN	<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	NT
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	LC	<i>Usnea barbata</i>	X
<i>Hypogymnia physodes</i>	LC	<i>Usnea dasypoga</i>	VU
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	NT	<i>Usnea lapponica</i>	CR
<i>Lecania cyrtella</i>	LC	<i>Vulpicida pinastri</i>	NT
<i>Lecanora conizaeoides</i>	LC	<i>Xanthoria elegans</i>	LC
<i>Lecanora dispersa</i>	LC	<i>Xanthoria parietina</i>	LC
<i>Lecanora hagenii</i>	NT	<i>Xanthoria polycarpa</i>	NT
<i>Lecanora muralis</i>	LC		

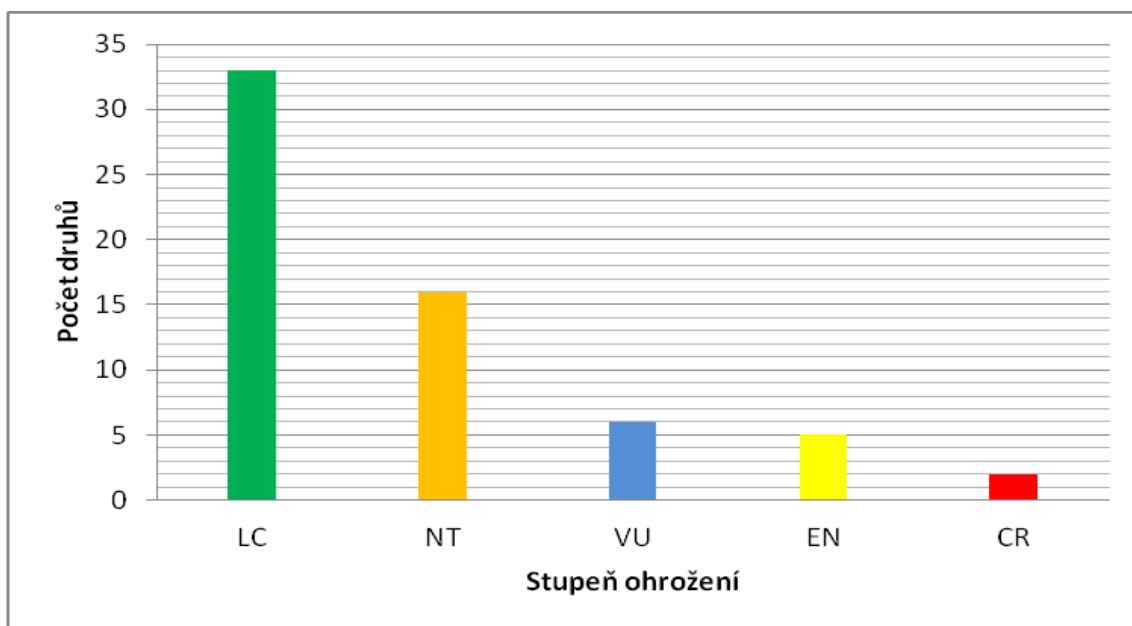
CR – kriticky ohrožené, EN – ohrožené, VU – zranitelné,

Tab. 5

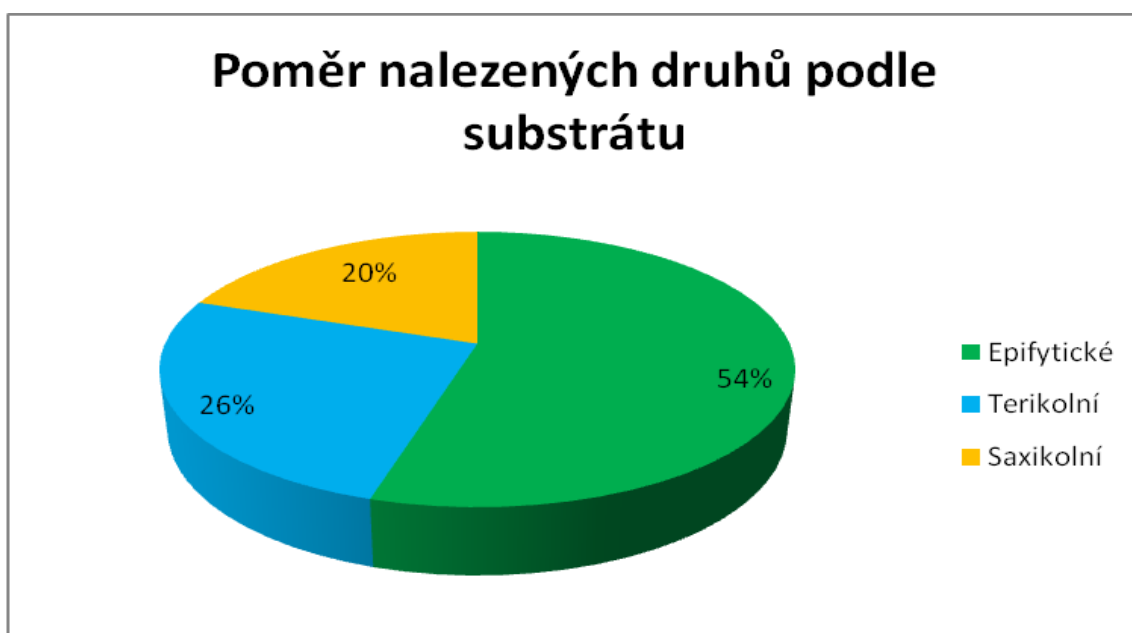
NT – blízké ohrožení, LC – neohrožené, X – v červeném seznamu chybí

Druh *Cladonia diversa* byl odlišen Aspergem (1983, 1985) z druhů *C. Coccifera* (L.) Willd a *C. pleurota* (Flörke). Původně byl druh *C. diversa* vzhledem k velké morfologické variabilitě *C. coccifera* diskutován jako

C.coccifera. Ovšem v poslední době považuje odborná literatura *C.diversa* za samostatný druh (Osyczka, 2009). *Cladonia mitis* Sandst. je subspecium druhu *C.arbuscula* (Wallr.) Flot., který je v Červeném seznamu se stupněm ohrožení NT. Druh *Usnea barbata* (L.) F.H. Wigg. je v nejnovějších klíčích k určování lišejníků uváděn místo dříve určovaného druhu *Usnea scabrata* Nyl., který je v Červeném seznamu se stupněm ohrožení CR.



Graf. 10



Graf. 11

11. Charakteristika porostů *Larix decidua* a jejich lokalizace na výsypce



Obr. 10

Celkem se na výsypce nachází 11 modřínových porostů o různých rozlohách v odlišných lokalitách. Tyto porosty jsou zcela monokulturální a tvoří je modřín opadavý (*Larix decidua*), též uváděný jako modřín evropský, v případě výsypky tzv. modřín jesenický, což je také *Larix decidua* vypěstovaný na Jesenicku v semenných sadech. Jesenicko a Bruntálsko jsou jediné oblasti v České republice, kde se *Larix decidua* přirozeně vyskytuje. Je ceněný pro rychlý růst, schopnost dobře osidlovat nové stanoviště a pro výbornou jakost dřeva. Jedná se ovšem o velmi světlomilnou dřevinu, která by neměla růst v hustých porostech. Na výsypce byl však tento druh vysázen do sponu 1x1, stejně jako jiné dřeviny tvořící monokulturální bloky. Většina těchto porostů je extrémně hustá. Někde již pravděpodobně byla po skončení decenia od výsadby provedena prořezávka, zřejmě se ale jedná pouze o nejstarší porosty nacházející se v lokalitě stavby číslo 1 (viz mapa, porosty D, E). Stromy zde dosahují zhruba 10 metrů výšky. Jiné porosty jsou mladší, nižší zhruba 6 až 8 metrů a velmi husté. V některých blocích jsou již druhé řady směrem dovnitř porostu bez jehlic. Uvnitř porostu pak stojí jedinci s tenkými, rovnými kmeny a holými větvemi. Asimilační orgány jsou na těchto jedincích pouze od určité výšky, leckde pouze na vrcholcích. Příčinou je jednoznačně velká hustota porostu s nedostatkem proslunění. Zajímavé je, že v některých místech to nijak nebrání výskytu, občas i vysoké denzité epifytických lišejníků. Zřejmě je nedostatek světla limitující pro existenci jehlic na větvích, to však vytváří prostor

pro obrůstání větví stromů lišejníky, které jsou tak tolerantnější k menšímu prosvětlení porostu, než jehlice. Zároveň větve, které již netvoří asimilační orgány, odumírají a tvoří tak výživnější substrát pro epifytické lišejníky. V porovnání stromů s jehlicemi a bez nich se dá celkově vyhodnotit, že více lišejníků se vyskytuje na holých větvích a kmenech stromů bez jehlic. Není to ovšem výlučným pravidlem. Občas se v některých porostech vytvoří z hlediska hustoty porostu uvolněné místo. Pravděpodobně se některým jedincům nedařilo prosadit, odumřeli a zatím nebyli nahrazeni přirozenou obnovou. Taková místa samozřejmě umožňují okolním jedincům, aby se hustota jejich asimilačních orgánů opět zvýšila. Množství lišejníků je na takových místech také vyšší, lze ovšem obecně pozorovat, že přítomnost větší hustoty jehlic na větvích do jisté míry limituje jejich pokryvnost lišejníky.

Modřín byl na výsypce vysázen ve všech lokalitách z hlediska jednotlivých fází lesnických rekultivací. Nejstarší porosty se nacházejí na východní straně, směrem na západ jsou porosty mladší. Jedná se ovšem řádově pouze o několik let (viz tabulka rekultivací).

11.1. Diverzita epifytických lišejníků v porostech *Larix decidua*

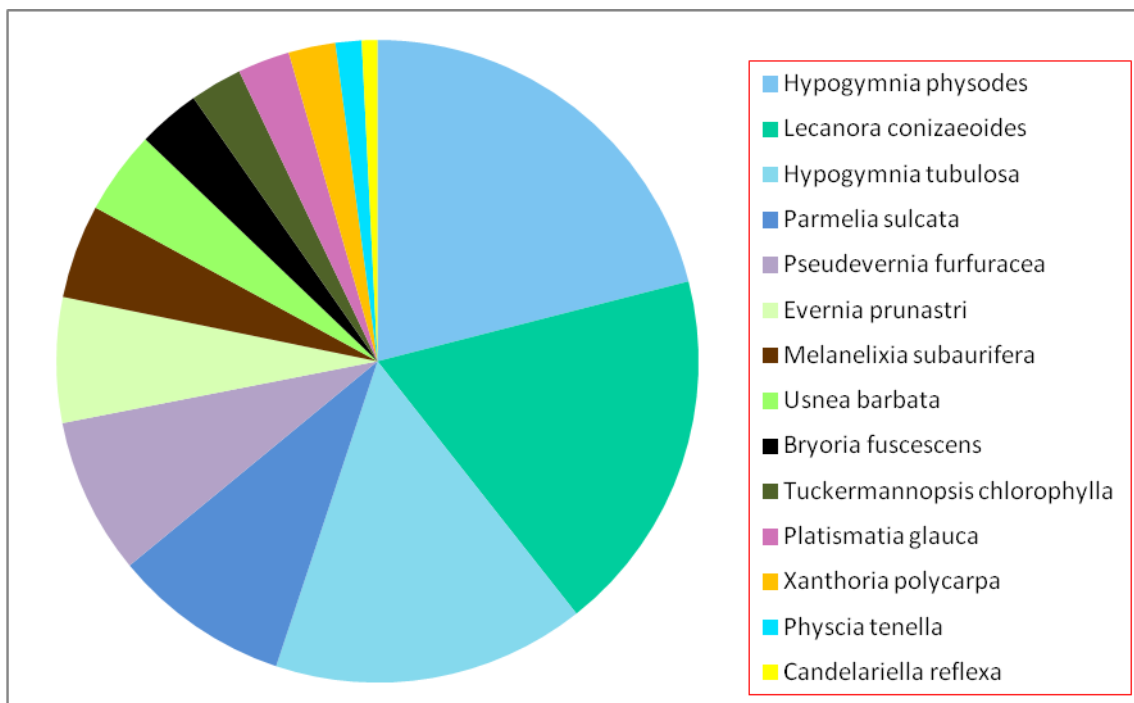
V abundanci epifytických lišejníků a v jejich diverzitě z hlediska porostu jako celku jsou modřínové porosty nejbohatší. Z korovitých lišejníků dominuje *Lecanora conizaeoides*, acidofilní druh velmi odolný vůči zvýšeným imisím SO₂. Tento druh se nevyskytuje na výsypce pouze v těchto porostech, ale byl nalezen téměř na všech dřevinách s kyselejší borkou. Jeho výskyt v rámci korovitých druhů lišejníků je na výsypce nejhojnější. Modřínové porosty jsou však oproti jiným porostům bohaté zejména na lupenité a keříčkovité lišejníky. Nejčastější je druh *Hypogymnia physodes*, který společně s druhy *Hypogymnia tubulosa* a *Parmelia sulcata* převládají mezi lupenitými druhy rostoucími na modřínech. Velmi hojně lze na těchto dřevinách nalézt také druhy *Pseudevernia furfuracea*, *Evernia prunastri*, *Melanelixia subaurifera*, méně často *Platismatica glauca*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Bryoria fuscencens*, *Usnea barbata*, několikrát byla nalezena *Bryoria implexa*, na jednom stanovišti *Bryoria capillaris* a *Vulpicida pinastri*.

Pouze v některých porostech také nitrofilní druhy lišejníků *Physcia tenella*, *Xanthoria polycarpa* a *Candelariella reflexa*, ovšem výlučně na okrajových stromech porostů specificky exponovaných k pastvinám, nebo dopravní komunikaci R6. Vliv zvýšených imisí oxidů dusíku v těchto místech je pravděpodobný.

Tam, kde je celková abundance epifytických lišejníků na modřínkách vyšší, jsou součástí diverzity i méně časté druhy. Tyto druhy se nenachází v porostech modřínů, které jsou na množství lišejníků chudé. Jejich přítomnost není jistě podmíněna výskytem běžnějších druhů, ale zřejmě jsou to méně pionýrské druhy, než např. *Hypogymnia physodes*. Jejich kvantita narůstá s vyšší pokryvností epifytických druhů, které jsou častější a pionýrštější v osidlování porostů, než tyto druhy.

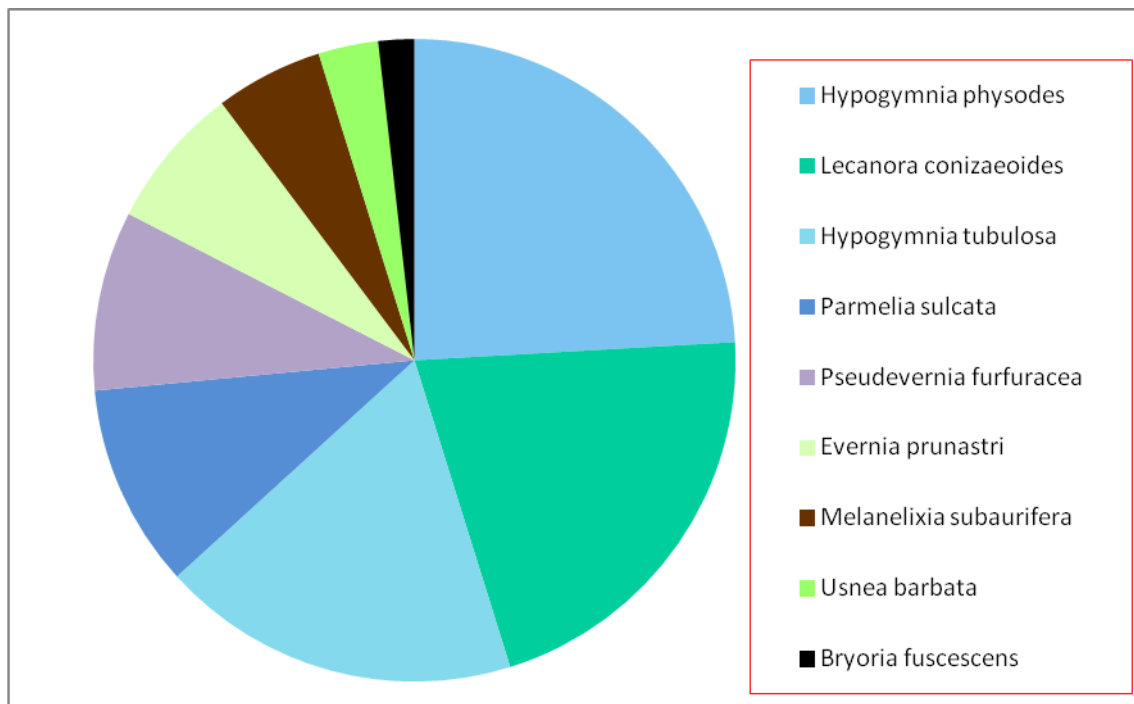
Korelace pokryvnosti lišejníků v modřínových porostech s jejich biodiverzitou je vyjádřena hrubým odhadem poměrů zastoupení jednotlivých epifytických lišejníků ve třech porostech.

Porost „F“ s vysokou pokryvností



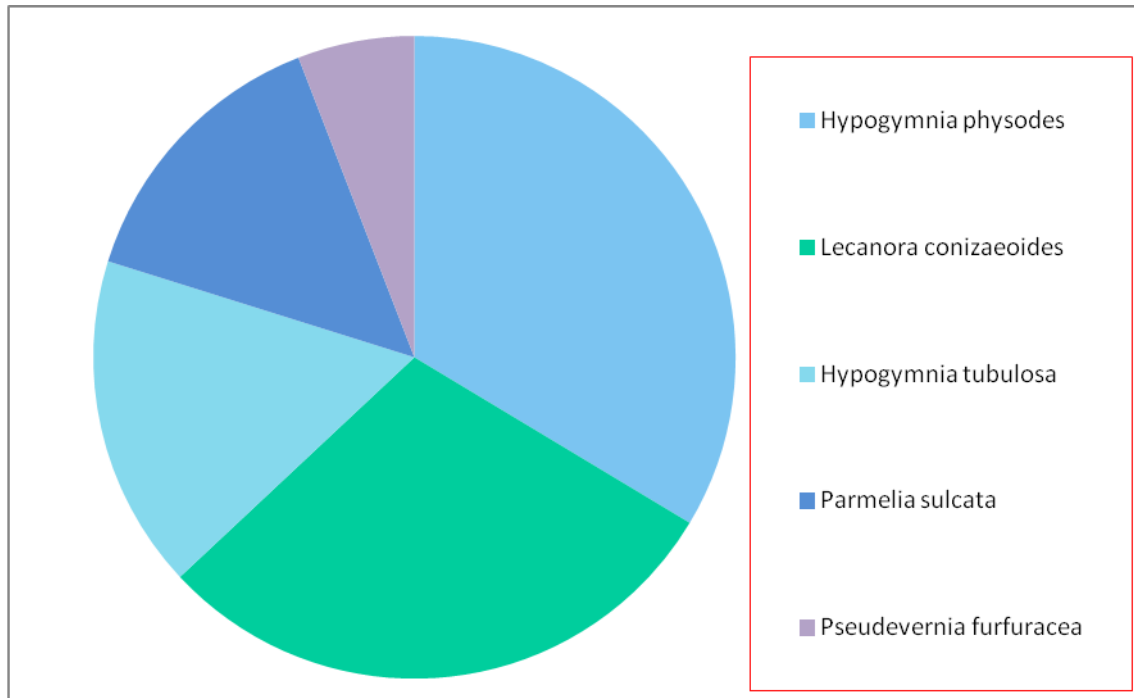
Graf 10

Porost „G“ se střední pokrývností



Graf 11

Porost „H“ s nízkou pokrývností



Graf 12

Grafické vyjádření poměrů jednotlivých druhů, zejména *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Lecanora conizaeoides* a *Parmelia sulcata*, je relativní. Jedná se pouze o hrubé odhady na základě pozorování. Jde spíše o vyjádření skutečnosti, že v porostech s celkovou vyšší abundancí byla nalezena i vyšší diverzita druhů. Poměry těch méně častých vůči výrazně častějším odpovídají takto v hrubých rysech skutečnosti. Podkladem byla frekvence nálezů méně častých druhů lišejníků v každém ze tří porovnávaných modřínových porostů, v případě častějších druhů pouze odhadem počtu jejich stélek.

Je zřejmé, že s vyšší pokryvností lišejníků se v současných sukcesních stádiích těchto porostů zvyšuje i druhová různorodost. Tento trend je typický pro raná sukcesní stadia, kdy dochází v uvolněné nise k nárůstu biomasy (v tomto případě lišejníkové) za současného zvyšování diverzity. Rozsah sukcese však podporují či limitují faktory prostředí. V porostech s nízkým výskytem lišejníků se některé druhy vůbec nevyskytují. Lepší podmínky vytvářejí prostředí pro nárůst kvantity již přítomných druhů plus obohacení diverzity o druhy nové. Rychlost osidlování jednotlivých porostů je ovlivňován především specifickými podmínkami v porostu a jeho polohou na výsypce.

Nejvýznamnější faktory ovlivňují rozdílnou abundanci epifytických lišejníků v modřínových porostech na výsypce:

- hustota porostu
- vyšší vlhkost v porostu - porosty modřínu obklopené jinými porosty, v případě svahu vyšší vzdušná vlhkost u paty svahu
- expozice vůči nárazovým větrům
- prosvětlení porostu související s hustotou a výškou porostu

Na žádných jiných dřevinách na výsypce nebyl zjištěn výskyt druhů rodů *Usnea* a *Bryoria* v takovém množství a kvalitě jako v některých částech modřínových porostů. To stejné ovšem platí i o ostatních výše zmíněných druzích nacházejících se na modřínech. Nejbliže k takové abundanci a diverzitě těchto druhů má menší porost hlohu obecného (*Crataegus oxyacantha*) na severozápadním okraji výsypky. Zvláště v diverzitě lišejníkových druhů se tyto dřeviny téměř shodují.

Pokryvnost lišejníků na některých modříních (porosty s nejvyšší pokryvností)



Obr. 11

11.2. Abundance epifytických lišejníků v jednotlivých porostech *Larix decidua*

Nejbohatší porosty modřínu z hlediska výskytu epifytických lišejníků se nacházejí na jihovýchodě výsypky (obr. 12). V porostech „E“ a „F“ byla zjištěna nejvyšší diverzita v rámci porostů *Larix decidua*. Vyskytuje se zde také *Physcia tenella* a *Xanthoria polycarpa* (malé stélky) v relativně hojném množství, méně pak *Candelariella reflexa*. Tento porost se nachází zhruba 50 metrů od rychlostní silnice R6. Zajímavý je postup lišejníků v těchto třech porostech z vnějších částí porostu směrem do nitra, kde jejich kvantita postupně slábne. Na vnějších stranách se pak nevyskytují lišejníky téměř vůbec (D, F), anebo ve výrazně menším množství (E). Také kmeny stromů jsou pokryty lišejníky převážně ze stran, odkud se lišejníky do porostu šíří. Tato část výsypky je nejbližší exponovaná k CHKO Slavkovský les, jejíž severovýchodní okraj je vzdálen zhruba kilometr. CHKO je výše položená než výsypka a v meziprostoru se nenacházejí nějaké významné přírodní či antropogenní bariéry.



→ směry šíření lišejníků v porostech

Obr. 12

Všechny tyto porosty jsou svahy. Lze předpokládat, že paty těchto svahů jsou vlhčí, nebo přesněji vyjádřeno se v těchto místech udržuje vyšší vzdušná vlhkost. Naproti tomu vrcholy těchto porostů, které sousedí s volnou zatravněnou plochou, navíc s nejvyšší nadmořskou výškou na výsypce, jsou vystaveny nárazovým větrům a zřejmě sušší. To mohou být zásadní faktory ovlivňující abundanci lišejníkových druhů v těchto porostech. Je velmi pravděpodobné, že se přítomné epifytické druhy šíří do těchto porostů z jihovýchodu, a tudíž jsou k tomuto směru exponované okraje porostů místy až masivně pokryty těmito lišejníky.

Plochou s nejvyšší nadmořskou výškou na výsypce je plocha využívána jako letiště ultralehkých letadel (stavba v levé části mapy obr. 12) Směrem na sever a západ od letiště se reliéf zvolna terasovitě snižuje. Podle výzkumu na většině jiných modřínů, kde je pokryvnost epifytických druhů lišejníků výrazně nižší, by se dalo usuzovat, že tato jihovýchodní část výsypky s nejvyšší nadmořskou výškou tvoří jakousi bariéru zpomalující šíření epifytických lišejníků. Je zde ovšem porost „K“, který je od jihovýchodního okraje výsypky relativně dost vzdálen. Přesto je abundance epifytických lišejníků na tomto stanovišti podobná té v jihovýchodních porostech výsypky.



Obr. 13

Mapa na obr. 13 znázorňuje jednotlivé modřínové porosty s barevným odlišením značky porostů, které vyjadřuje výskyt a pokryvnost výše zmiňovaných epifytických druhů. Modrá značka ukazuje na porosty s vysokou pokryvností zhruba alespoň v polovině rozlohy porostu. Bílá značka označuje porost, kde jen východní okraj porostu vykazuje vysokou pokryvnost. Směrem do porostu pak pokryvnost výrazně klesá. Součástí diverzity lišejníků na východních stranách těchto porostů jsou také druhy rodů *Usnea* a *Bryoria*, které ve žlutě označených porostech a v červeném porostu „A“ nebyly nalezeny. Tyto porosty jsou oproti modře označeným celkově velmi chudé na druhy lišejníků a stélky těch přítomných jsou výrazně menší, než v bohatších porostech, což je velmi dobře pozorovatelné zejména u druhů *Parmelia sulcata* a *Pseudevernia furfuracea*. Porost „A“ je v diverzitě epifytických lišejníků na modříněch velmi specifický, jelikož zde na jižně exponované straně porostu sousedící s pastvinou výrazně dominuje druh *Xanthoria polycarpa*. Lze zde nalézt také malé stélky *Hypogymnia physodes* a *Parmelia sulcata*, jejich růst je ovšem výrazně potlačen. Příčinou může být silná eutrofizace borky stromů těsně sousedících s pastvinou, jejíž plocha byla při rekultivaci hnojena. Při silné eutrofizaci či na subneutrálním substrátu (pH 5,7 – 7) již *Hypogymnia physodes* většinou chybí, nebo se vyskytuje jen vzácně (Wirth et al., 2013). Porost „A“ leží prakticky v nejnižší části výsypky s nadmořskou výškou 420 m n m. Výše položená pastvina je relativně dlouhý svah s výrazným sklonem. V důsledku

dešťových srážek se pravděpodobně hnojiva více koncentrovala u paty svahu, kde se nalézají právě tyto porosty modřínů. Silná eutrofizace jeho okraje tímto způsobem se nabízí. Stejně tak vypadá jižní okraj porostu „B“. Nikde jinde na výsypce se v modřínových porostech nevyskytují modřínové lišejníky, kde by dominoval jiný druh, než *Hypogymnia physodes* či *Lecanora conizaeoides*, pouze na těchto dvou okrajích porostů. Wirth 1995 však uvádí, že silná eutrofizace by neměla prospívat ani druhu *Xanthoria polycarpa*. Vliv na okolní porosty sousedící s pastvinami by mohl mít i pasoucí se skot a pravděpodobně vyšší imise NH_3 , jelikož pouze na takto exponovaných místech, společně s jihovýchodními porosty modřínů v těsné blízkosti s rychlostní komunikací R6, kde působí frekventovaná doprava na zvyšování imisí oxidů dusíku, lze nalézt na modříněch a i na smrku nitrofilní lišejníky, vedle zmiňovaného druhu *Xanthoria polycarpa* i druh *Physcia tenella*.



Obr. 14

Pokryvnost druhu *Xanthoria polycarpa* ve dvou modřínových porostech a v sousedním porostu smrku znázorňuje obr. 14. Žlutá linie vyjadřuje výskyt tohoto druhu na okrajích porostů sousedících s pastvinou. Šedá barva v porostu „B“ ukazuje na diverzitu epifytických lišejníků podobnou jako v porostu „G“ (viz graf 11). Slábnoucí šedá barva pak vyjadřuje snižování pokryvnosti. Ostatní plocha v těchto dvou modřínových porostech je velmi řídko zalesněna a chudá na lišejníky. Stromy jsou v důsledku nižší hustoty porostu lépe vyvinuté, i spodní větve produkují asimilační orgány, a jak bylo již zmíněno, na těchto jedincích je pokryvnost epifytických lišejníků výrazně nižší až téměř nulová. Menší hustoty porostu pak velmi úspěšně využila třtina křovištní, která prakticky vyloučila další

osidlování půdního povrchu jinými druhy. Je vidět, že jižní okraje porostů jsou pokryty pouze druhem *Xanthoria polycarpa*. Východní okraj porostu „B“ je již smíšený a velmi charakteristické pro takové expozice okrajů porostů na výsypce vůči pastvinám je, že *Xanthoria polycarpa* se již dále směrem do porostu vůbec nevyskytuje, jedná se pouze o první, maximálně druhé řady stromů. Svou roli hraje zřejmě i přístup světla, který je samozřejmě na okrajích porostů vyšší. Navíc druh *Xanthoria polycarpa* upřednostňuje stanoviště vystavená větrům (Wirth, 1995).

I když rozložení pokryvnosti lišejníků i v jiných modřínových porostech více méně potvrzuje teorii jihovýchodního směru šíření těchto druhů, celkově však nelze tento směr spolehlivě aplikovat na porost „K“. Zde je nejvyšší pokryvnost uprostřed porostu, který protíná zhruba tři metry široká cesta. Dalo by se toto stanoviště popisovat i jako dva těsně sousedící porosty. Cesta mezi nimi vytváří prostor, který umožnil lišejníkům osídlit vnitřní strany dvou těsně sousedících porostních bloků. K šíření tak dochází především od středu porostu k jeho vnějším okrajům, kde pokryvnost výrazně slábne.

Pokryvnost je znázorněna v hrubých rysech. Barevně odlišené hranice jsou plynulými přechody denzity lišejníkové flóry v porostu. Záměrem je vyjádření jádra nejvyšší pokryvnosti a směrů jejího slábnutí v porostu.



Obr. 15

Na vnitřních okrajích podél cesty se nacházejí největší a nejkvalitnější stélky epifytických lišejníků pozorovaných na modřínech. Zřejmě jsou vytvořeny velmi dobré podmínky díky rozdělení porostu cestou s dostatečným přístupem světla a určitou ochranou dvou těsně sousedících porostních bloků, které tvoří bariéru proti nárazovým větrům, případně i většího rozptylu škodlivých imisí a zároveň udržováním vyšší vlhkosti, což umožňuje rychlejší a kvalitnější růst stélek.

11.3. Rozdíly v kvalitě epifytických lišejníků v porostech *Larix decidua*

Modřínové porosty na výsypce se od sebe neliší pouze mírou abundance epifytických druhů lišejníků, ale také velikostí a kvalitou jejich stélek. Nejvýraznější jsou pozorovatelné rozdíly ve stélkách druhu *Pseudevernia furfuracea*, a to v porostech „D“ a „K“. Některé stélky tohoto druhu v porostu „D“ jsou extrémně isidiózní. Příčinou mohou být odlišné podmínky a faktory působící na těchto stanovištích. *Pseudevernia furfuracea* tvoří isidie běžně, jsou jedním z morfologických znaků tohoto druhu, většinou však jen jako krátké výrůstky ze stélky. V případě stélek v porostu „D“ je více jak polovina stélky lišejníku tvořena isidiemi, které slouží k vegetativnímu rozmnožování. Je vidět, že jedinci *Pseudevernia furfuracea* v tomto porostu mají tendenci se spíše vegetativně rozmnožovat, než růst. Všechny stélky tohoto druhu jsou zde více méně velmi isidiózní, některé extrémně a málo rozrostlé. Podobně by se dal porovnat i druh *Evernia prunastri*, u kterého jsou také patrné rozdíly v kvalitě růstu stélek v těchto dvou porostech. V porostu „D“ jsou jejich stélky také velmi isidiózní, což u tohoto druhu nebývá tak časté. Hustota isidií sice není tak extrémní, ale v porostu „K“ jsou stélky *Evernia prunastri* téměř bez isidií, opět více rozrostlé a větší. Tyto rozdíly lze vysvětlit pravděpodobně expozicí okrajů porostů k nárazovým větrům a odlišným vlhkostním podmínkám. V porostu „K“ jsou tyto okraje dobře chráněny těsností dvou sousedících bloků porostu, zatímco severovýchodní okraj porostu „D“ je vystaven nárazovým větrům přicházejících od severozápadu a větší expozicí ke škodlivým imisím, které mohou v přítomných lišejnících vyvolávat reakce omezující růst a jedinci se snaží produkovat více orgánů pro vegetativní rozmnožování, než jiní jedinci stejného druhu na jiném stanovišti. Jak již bylo výše zmíněno, v porostu „K“ se vyskytují ty největší a nejkvalitnější stélky. Jsou zde stélky *Bryoria fuscescens* 12 cm dlouhé, stélky *Usnea barbata* délky 15 cm, stélky *Evernia prunastri* a *Pseudevernia furfuracea* široce rozvětvené a téměř bez isidií. Bezesporu se ve vnitřních okrajích porostu „K“ udržuje více vlhkosti, která růst těchto epifytických druhů lišejníků podporuje, zatímco k nárazovým větrům exponovaný okraj porostu „D“ sousedící s pastvinou vlhkost rychle ztrácí.

Kvalita stélek *Pseudevernia furfuracea*:
porost „D“



Obr. 16

porost „K“



Obr. 17

Jedním z nejčastějších epifytických druhů lišejníků na výsypce je *Hypogymnia physodes*. Tento acidofilní lišejník je na výsypce velmi rozšířený, je jakýmsi pionýrem epifytických lišejníků, velmi rychle a často osidluje dřeviny s kyselejší borkou. Na výsypce se již nevyskytuje na dřevinách s bazičtější borkou jakou má topol osika a bez černý. Tento druh je relativně tolerantní ke znečištění ovzduší. Vysoké koncentrace znečišťujících látek, zejména SO₂, však způsobují především ztrátu chlorofylu a barevné změny stélky od přirozeně modrošedé do světle šedivého odstínu. Výzkumy také dokázaly rozdíly ve velikosti stélky a množství sorédií na koncích lupenů, které jsou jedním z morfologických znaků tohoto lišejníku a slouží stejně jako isidie k vegetativnímu rozmnožování. V prostředí více znečištěném jsou stélky menší a je produkován menší počet sorédií (Mikhailova & Schneidegger, 2001). Na základě porovnání některých exemplářů na výsypce s fotodokumentací (Mohr, 2001) znázorňující zdravou a naopak vlivem SO₂ poškozenou stélku *Hypogymnia physodes* lze zhodnotit jejich vitalitu na výsypce v některých lokalitách jako nepříliš dobrou. Stélky jsou často na těchto stanovištích šedivě bílé, občas deformované a málo rozrostlé. Je otázkou, zda je to způsobeno opravdu vlivem SO₂. Často jsou totiž na jedné větvi přítomny na pohled kvalitní stélky vedle stélek poškozených. Nebyla však vyzorována žádná společná specifika těchto stanovišť a možné faktory, které mohou být příčinou horší kvality některých jedinců tohoto druhu. Uvnitř hustých modřínových porostů je často pozorovatelné zbarvení stélek do hněda, což způsobuje větší zastínění. Stélky začaly růst v porostu, který byl mladší a nižší, i když hustě vysázený, ale stále dostatečně prosvětlený. Nyní jsou stromy v porostu starší a vyšší, a přístup světla se omezil. Vliv na kvalitu stélek *Hypogymnia physodes* je zřejmý. Podobně je na tom i *Hypogymnia tubulosa*.



Hypogymnia physodes

Hypogymnia tubulosa

Obr. 18

12. Variabilita porostů *Alnus glutinosa*

Z hlediska výskytu epifytických druhů lišejníků jsou porosty olše velmi variabilní. Prostory mezi vysázenými stromy jsou hustě zarostlé třtinou křovištní, která nedává moc šancí pro existenci terikolních druhů lišejníků a žádné terikolní druhy v těchto porostech také nalezeny nebyly. Výrazné rozdíly ve výskytu epifytických lišejníků jsou ovlivňovány několika faktory. Významnou roli hraje stáří stromů. Na velmi mladých olších nebyly nalezeny žádné stélky epifytických lišejníků (Obr. 19).



Obr. 19

Borka starších olší zhruba od průměru kmene více jak 10 cm a výšky 5 m vypadá zcela jinak. Velmi často se na ní vyskytuje až v masivní abundanci *Lecanora conizaeoides*. Diverzita a abundance epifytických lišejníků na jednotlivých olších v rámci porostu je však často velmi odlišná. Pozorováním uvnitř nejstaršího porostu, který již není díky prořezávce příliš hustý a průměr kmenů stromů je zhruba 15 - 20 cm, bylo zjištěno, že některé stromy jsou přímo

masivně pokryty lupenitými druhy lišejníků, zejména druhy *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Parmelia sulcata*, zatímco jiné pouze druhem *Lecanora conizaeoides* a některé téměř bez nálezů epifytických lišejníků.

Relativně často byl na olších nalezen i druh *Lecanora pulicaris* a opět na stromech v těsné blízkosti pastviny nitrofilní druhy *Xanthoria polycarpa* a *Physcia tenella*.



Hypogymnia physodes

Lecanora conizaeoides

Obr. 20

Do některých olšových porostů byl vysázen i jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). Několik málo velmi mladých (výška 1,5 m) jedinců této dřeviny se nachází také v jednom smrkovém porostu. Na jasanu byly nalezeny převážně druhy *Xanthoria polycarpa* a *Lecanora pulicaris*, v nižší abundanci také *Physcia tenella* a *Physcia adscendens*.

13. Výskyt lišejníků v borovicových porostech

Porosty vysázených borovic jsou v současnosti extrémně husté (obr. 21). Vysoká denzita stromů, téměř žádný přístup světla do podrostu, velmi sporadický výskyt malých stélek *Hypogymnia physodes* na větvích v místech těsně sousedících se smrkovými či modřínovými porosty. Tyto sporadické

nálezy jsou ovlivněny abundancí epifytických lišejníků v těsně sousedících porostech a několik stélek tak osídlilo i okrajové borovice. Zde jsou však pravděpodobně na svém limitu, jelikož dál do borovicového porostu se nešíří. Výjimečně lze nalézt řidší místa zalesnění, kde se ještě na povrchu nachází *Cladonia fimbriata*, *C. subulata* či *C. rei*, a na několika stanovištích v relativně hojném množství *Peltigera didactyla*. Občas byla na borce borovic nalezena i *Lecanora conizaeoides*, ne však v takové abundanci jako na modřínkách či olších.



Obr. 21

14. Obohacení diverzity epifytických lišejníků na výsypce nevysázenými dřevinami

Téměř shodné společenství epifytických lišejníků, které se vyskytují v modřínových porostech, se nachází v porostu hlohu obecného (*Crataegus oxyacantha*) na severozápadním okraji výsypky. Další druhy dřevin jako

anemochorní vrba jíva (*Salix caprea*), topol osika (*Populus tremula*), topol černý (*Populus nigra*) a zoochorní bez černý (*Sambucus nigra*) výrazně obohacují diverzitu epifytických lišejníků na výsypce. Bříza bělokorá (*Betula pendula*) jako typická pionýrská dřevina ve vysoké abundanci zejména na těch výsypkách, které nebyly zalesněny, se na Velké loketské výsypce také vyskytuje, ale podobně řídko jako jiné anemochorní dřeviny, převážně na okrajích porostů a podél cest. Výskyt epifytických lišejníků na mladých břízách není nijak hojný, téměř žádný. Velmi sporadicky byla zaznamenána *Xanthoria polycarpa*, *X. parietina*, *Physcia tenella* a *P. adscendens* na rozvrásněných bázích kmenů.

V případě *Sambucus nigra* se jedná především o vysokou pokryvnost druhu *Physcia tenella* a *Xanthoria parietina*, nežli o výraznou diverzitu.



Obr. 22

Zvláště místy až extrémní pokryvnost druhu *Xanthoria parietina* je na pohled impozantní. Některé větve této dřeviny obrůstá téměř ve 100% pokrytí. Vedle těchto dvou druhů, které na *Sambucus nigra* dominují, byly často nalezeny i druhy *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens* a několikrát *Physcia aipolia*. Nejvyšší pokryvnost na této dřevině lze pozorovat na těch částech kmene a větví, jež jsou jižně exponovány a delší část dne vystaveny slunečnímu světlu. Vyšší pH této dřeviny zřejmě limituje vyšší diverzitu epifytických lišejníků.

Mnohem lépe je na tom *Populus tremula*, *Populus nigra*, a zejména *Salix caprea*, kde je diverzita epifytických lišejníků v rámci jedné dřeviny nejbohatší.

Diverzita epifytických lišejníků na *S. caprea*, *P. tremula* a *P. nigra*

<i>Salix caprea</i> pH 4,29	<i>Populus tremula</i> pH 6,04	<i>Populus nigra</i> pH 4,88
<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amandinea punctata</i>	<i>Amandinea punctata</i>
<i>Candelariella reflexa</i>	<i>Caloplaca cerinella</i>	<i>Candelariella reflexa</i>
<i>Evernia prunastri</i>	<i>Caloplaca pyracea</i>	<i>Caloplaca cerinella</i>
<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Lecania cyrtella</i>	<i>Lecania cyrtella</i>
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	<i>Lecanora pulicaris</i>	<i>Lecanora persimilis</i>
<i>Lecania cyrtella</i>	<i>Lecanora hagenii</i>	<i>Melanelixia subaurifera</i>
<i>Lecanora conizaeoides</i>	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Parmelia sulcata</i>
<i>Lecanora sambuci</i>	<i>Physcia adscendens</i>	<i>Physcia adscendens</i>
<i>Melanelixia subaurifera</i>	<i>Physcia aipolia</i>	<i>Physcia tenella</i>
<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Physcia tenella</i>	<i>Scoliciosporum</i>
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	<i>Rinodina pyrina</i>	<i>Xanthoria polycarpa</i>
<i>Physcia adscendens</i>	<i>Xanthoria parietina</i>	<i>Xanthoria parietina</i>
<i>Physcia aipolia</i>		
<i>Physcia caesia</i>		
<i>Physcia tenella</i>		
<i>Platismatia glauca</i>		
<i>Pseudevernia furfuracea</i>		
<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>		
<i>Strangospora pinicola</i>		
<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>		
<i>Usnea sp.</i>		
<i>Xanthoria parietina</i>		
<i>Xanthoria polycarpa</i>		

Tab. 6

Nejvyšší diverzitu epifytických lišejníků vykazuje *Salix caprea*, kde jsou přítomny i acidofilní druhy, nebyla však pozorována nějaká výrazná dominance jednoho druhu. Na *Populus nigra* jsou ve vysoké abundanci zejména druhy *Xanthoria polycarpa*, *X. parietina* a *Lecania cyrtella*, zatímco na *Populus tremula* jsou velmi výrazné rozsáhlé stélky *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa* na této dřevině nalezena nebyla.

14.1. pH borky přítomných dřevin a možný vliv na diverzitu epifytických lišejníků

Významnou roli ve výskytu lišejníků na různých stanovištích hraje substrát, v případě lišejníků epifytických je to borka dřevin. Nejvýznamnější jsou pak

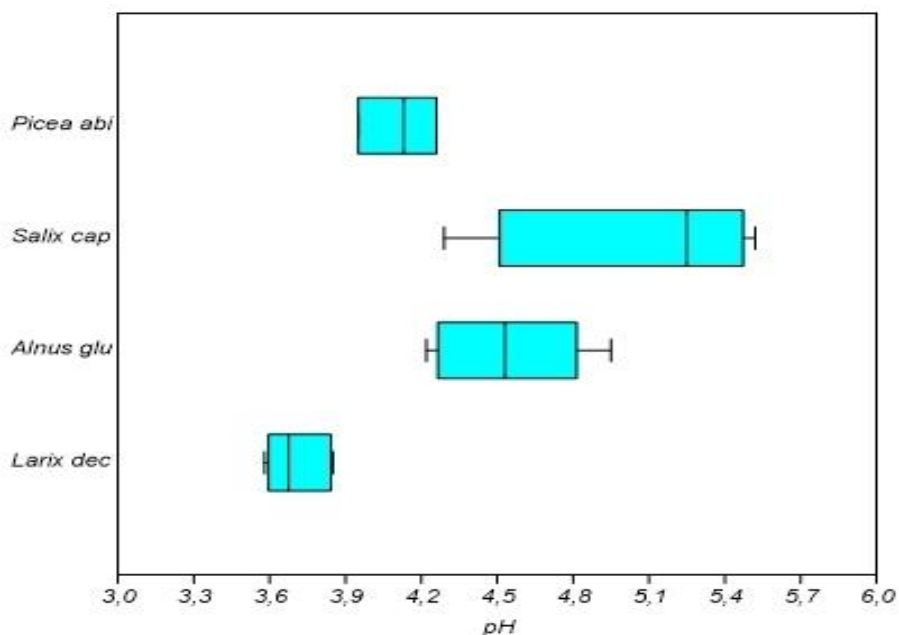
hodnoty pH, které jsou obecně považovány za hlavní vlastnost substrátu působící na lišejníky (Spier et al., 2010). Výzkumy např. Marmor & Radlane (2007) ukázaly, že pH borky dřevin má výrazný vliv na diverzitu epifytických lišejníků. Jednotlivé druhy upřednostňují jiné pH borky. Podle toho se rozlišují lišejníky acidofilní, rostoucí výlučně na kyselé borce a naopak lišejníky nitrofilní, vyskytující se více na dřevinách s bazičtější borkou. Každý druh má ovšem svojí valenci, v tomto případě tedy rozsah pH, které tolerují. Na borkách velmi kyselých nebo naopak hodně bazických (subneutrálních) je diverzita druhů nižší, jelikož se na nich lišejníky opačného „ pH pólu“ nevyskytují. Nejvyšší diverzitu epifytických lišejníků pak vykazují dřeviny, jejichž pH se pohybuje na středních hodnotách, většinou na borce mírně kyselé až neutrální. Nelze ovšem pH borky považovat za jediný faktor určující spektrum druhů na určité dřevině. Současně je jedním z nejvýznamnějších faktorů také úživnost borky. Jelikož byla na výsypce po terénním výzkumu zjištěna rozdílná diverzita epifytických druhů lišejníků v rámci dřeviny, a to zejména na modřínu, olši a vrbě, byla provedena laboratorní měření pH jednotlivých dřevin s cílem zjistit, zda případné rozdíly hodnot pH mohou pomoci vysvětlit rozdílnou diverzitu. U dřevin, kde byla zaznamenána víceméně konstantní diverzita epifytických lišejníků, bylo provedeno měření pouze jednoho vzorku borky, u jiných dřevin, kde diverzita epifytických lišejníků kolísá zvláště v poměru druhů acidofilních a nitrofilních, bylo změřeno více vzorků, které odpovídaly určité diverzitě na zkoumané dřevině. Otázkou byla také vysoká abundance spíše nitrofilního lišejníku *Xanthoria polycarpa* na jehličnanech, které mají obecně kyselou borku.

Počet měření a hodnoty pH borky u jednotlivých dřevin

<i>Larix decidua</i>	3,60	3,65	3,70	3,84	3,85	3,58
<i>Alnus glutinosa</i>	4,22	4,31	4,53	4,95	4,68	
<i>Salix caprea</i>	5,17	5,52	5,33	4,29		
<i>Picea abies</i>	4,26	4,13	3,95			
<i>Pinus nigra</i>	3,43					
<i>Crataegus oxyacantha</i>	4,55					
<i>Fraxinus excelsior</i>	4,82					
<i>Populus nigra</i>	4,88					
<i>Populus tremula</i>	6,04					
<i>Sambucus nigra</i>	6,30					

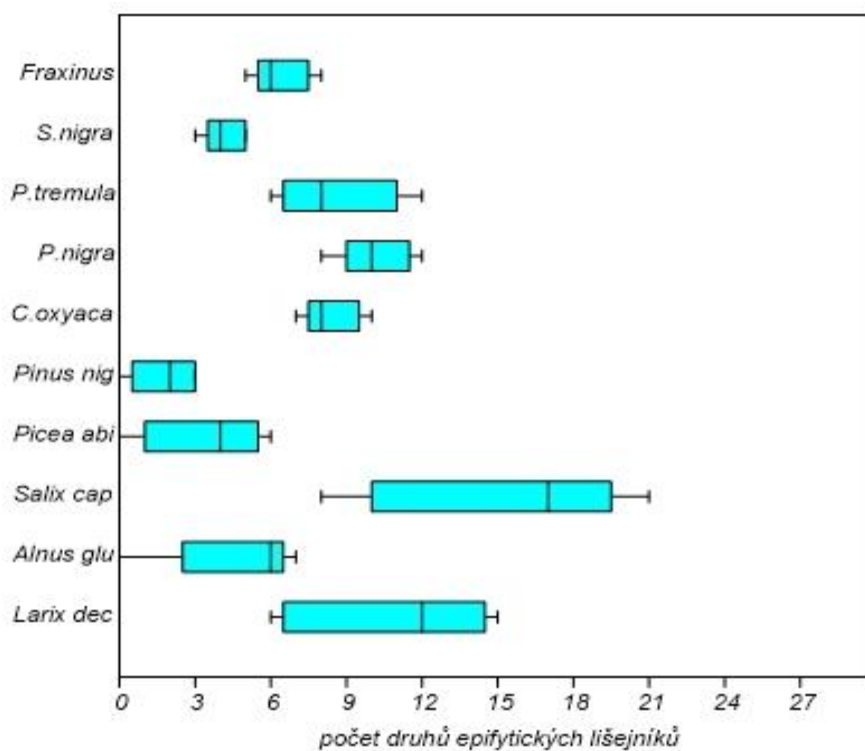
Tab. 7

Vyjádření hodnot pH z několika vzorků pomocí krabicového diagramu:



Obr. 23

Diverzita lišejníků na jednotlivých dřevinách (7 jedinců každého druhu dřeviny):



Obr. 24

Z výsledků hodnot pH borky šesti vzorků modřínu nelze vysvětlit lokálně častý výskyt *Xanthoria polycarpa* na této dřevině. Pravděpodobně toleruje tento druh lišejníku velmi širokou pH valenci substrátu. Vzorek borky s hodnotou pH 3,65 je ze stromu stojícím na okraji porostu „B“, který leží v těsné blízkosti pastviny, kde *Xanthoria polycarpa* výrazně dominuje a acidofilní druhy lišejníků se na něm nevyskytují, nebo velmi řídce. Hodnota pH 3,58 je borka modřínu sebraná v porostu „K“, kde se vyskytují pouze acidofilní druhy lišejníků, a to ve velmi vysoké abundanci. Je vidět, že borka modřínů na výsypce je velmi kyselá, ale nebrání výskytu i druhům blíže nitrofilním. Občas se na modřínu nachází i *Physcia tenella*, pouze sporadicky na okrajích modřínů exponovaných k R6.

U olše jsou již patrné rozdíly hodnot. Nejnižší naměřená hodnota pH 4,22 je vzorek borky, kde je výrazné pokrytí druhů *Hypogymnia physodes* a *Parmelia sulcata*. Hodnota 4,53 je opět s příměsí *Xanthoria polycarpa* a *Physcia tenella*. Na borce s hodnotou 4,95 byla nalezena *Lecanora conizaeoides* a *L.pulicaris*, téměř žádné lupenité a keříčkovité druhy.

Zajímavá je hodnota pH 4,29 u vrby jívy, jelikož na této borce se ve vysoké abundanci vyskytují acidofilní druhy lišejníků společně s mnoha nitrofilními druhy. Běžně na vrbě nebyly v takovém množství, někdy téměř vůbec, acidofilní druhy nalezeny. Na stromě s touto pH hodnotou byl zjištěn nejvyšší počet druhů epifytických lišejníků na výsypce, tedy nejvyšší diverzita v rámci dřeviny.

Na obr. 25 je vidět společenství druhů *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria polycarpa* a *Usnea sp.* Hojně se na tomto stromě vyskytuje také *Hypogymnia physodes*, *H. tubolosa* vedle druhů *Xanthoria parietina* a *Physcia tenella*.



Obr. 25

Ostatní naměřené hodnoty pH borky vrby jívy jsou vyšší, což reflektuje s diverzitou na těchto stromech. Acidofilní druhy se na nich již téměř nevyskytují.

15. Terikolní lišejníky ve smrčinách

Smrk ztepilý (*Picea abies*) a smrk pichlavý (*Picea pungens*) byly na výsypce vysázeny na přibližně 65 ha. Zhruba pět let po výsadbách byly porosty doplňovány. Jejich denzita na jednotlivých stanovištích je různá, stejně jako jejich výška. Maximální naměřená výška je v současnosti zhruba 4 metry. Častější jsou ovšem výrazně nižší jedinci. V průměru jsou smrčiny na výsypce vysoké okolo 2 m. Pomalý růst smrku na výsypce v porovnání s ostatními vysázenými dřevinami vytváří zcela odlišné podmínky těchto stanovišť. Jsou zde i porosty, kde vysázený smrk dosahuje výšky v rozmezí 0,5 – 1,5 m. Výsadba byla uskutečněna do sponu 1x1 na primární substrát, stejně jako u jiných vysázených dřevin na výsypce. Podle pozorovaných skutečností to více méně souhlasí, v některých lokalitách byl měřením zjištěn širší spon, ne však více jak dva metry. Většina smrkových porostů umožňuje bohatou existenci terikolních lišejníků na výsypce. Smrky svým nízkým vzrůstem ještě nevytvářejí příliš hustý porost zastiňující primární substrát. Mnoho otevřených, nezastíněných volných ploch v těchto porostech navíc není a zřejmě v budoucnu ve smyslu sukcesního vývoje ani nebude hustě zarostlých třtinou křovištní. Hustota a vzrůst smrkových porostů je na výsypce velmi variabilní. Z hlediska výskytu terikolních lišejníků lze zařadit stanoviště v těchto porostech do čtyř skupin.

- a) Vysoká denzita vysázeného smrku se zhruba stejně vysokými jedinci, kteří svým vzrůstem již relativně hodně zastiňují půdní substrát, s následným ústupem terikolních lišejníků z těchto ploch na ještě nezastíněná stanoviště. (obr. 26)
- b) Nestejnorodý růst vysázeného smrku v rámci porostu, výškové rozdíly umožňují prosvětlení porostu a vyšší výskyt terikolních lišejníků. (obr. 27)
- c) Lokálně nízká denzita vysázeného smrku v rámci porostu (tzv. lysá místa) s nepříliš hustým zárostem třtiny křovištní umožňuje relativně vysokou abundanci terikolních lišejníků. (obr. 28)
- d) Nízký vzrůst smrku (do 1,5 m) s téměř nulovou přítomností třtiny křovištní, obnažený substrát s dobrým osvitom, který je díky vysázenému smrku chráněn před nadměrným vysoušením. Zřejmě ideální podmínky pro růst terikolních druhů lišejníků na výsypce (obr. 29).



Obr. 26



Obr. 27



Obr. 28



Obr. 29

V současné době jsou stanoviště v nízkých smrčínách s vhodnými podmínkami rájem rodů *Cladonia* a *Peltigera*. Zvláště společenství *Cladonia fimbriata*, *C. subulata* a *C. rei* na povrchu těchto ploch dominují. Vykazují nejvyšší abundanci z terikolních lišejníků na výsypce. Ve smrkových porostech se vyskytují téměř všude, navíc tyto druhy někde velmi hustě osídlili i volné okraje jiných porostů a holé nezalesněné pásy podél cest.

Výskyt společenství druhů *Cladonia fimbriata*, *C. subulata*, *C. rei*



Obr. 30

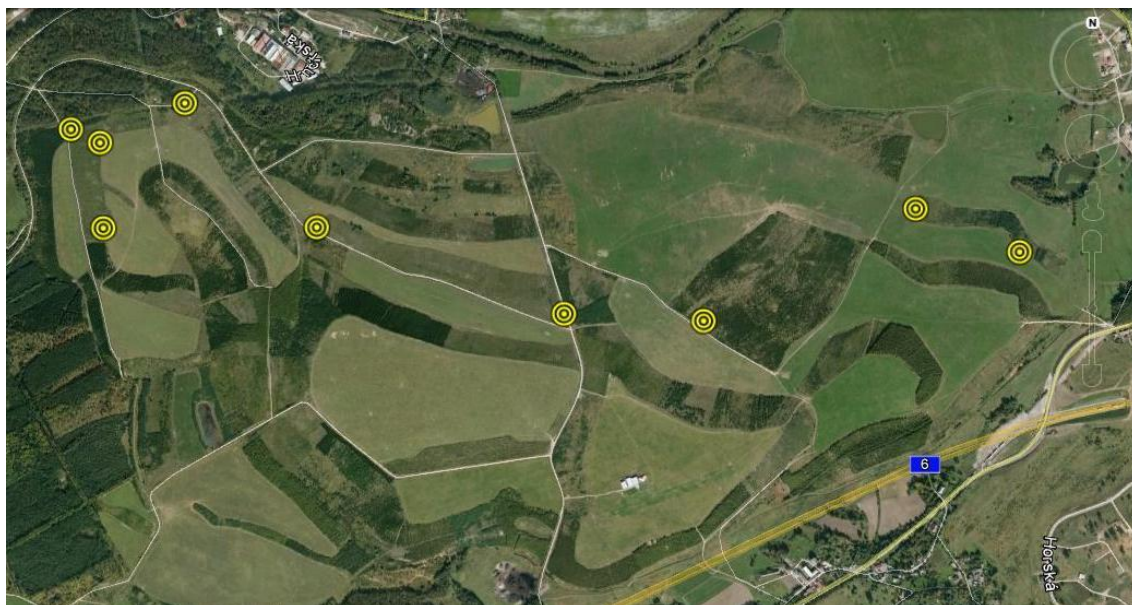
Obr. 30 znázorňuje celkově nálezy těchto tří druhů i mimo smrkové porosty. *Cladonia rei* je chemotypem *C. subulata*. Je téměř nemožné pouze pohledově od sebe tyto dva chemotypy rozeznat, jelikož jsou oba morfologicky téměř totožné. Odlišují se však v obsahu sekundárních metabolitů, které produkují. Zatímco *C. rei* obsahuje homosekikainovou kyselinu s nebo bez kyseliny fumarprotocetrarové, *C. subulata* produkuje pouze kyselinu fumarprotocetrar. (Spier & Aptroot, 2007). Obsah těchto látek lze pak detekovat aplikací parafenylendiaminu na stélku (Pd test), UV zářením a především tenkovrstvou chromatografií TLC. Bylo zjištěno, že UV test nemusí být vždy průkazný, jelikož koncentrace kyseliny homosekikainové v *C. rei* může kolísat (Paus, 1997). Metodou TLC bylo zjištěno, že působení Pd testu na zbarvení lišejníku může být také variabilní a nemusí jednoznačně potvrdit jeden nebo

druhý chemotyp. Současně ve studii Spier & Aptroot (2007) nebyla potvrzena teorie, že by *C. subulata* upřednostňovala stanoviště s kyselým substrátem a *C. rei* spíše substrát neutrální.

Na některých stanovištích tato společenství doplňují jiné druhy *Cladonia*, jejichž výskyt na výsypce lze ovšem v porovnání s výše uvedenými druhy zhodnotit jako méně častý. V několika případech byla nalezena *C. furcata*, která je ve své morfologii velmi variabilní. Na třech stanovištích byla nalezena rozsáhlá stélka (zřejmě původně až 1m²) masivně poškozená disturbancí, pravděpodobně divokou zvěří. Mechanická disturbance nemusí být ovšem vždy zkázou pro poškozeného jedince, který je schopen se vegetativně rozmnožovat. Navíc působením divoké zvěře může docházet a často dochází k pasivní disperzi druhů.

Na několika stanovištích byla nalezena a určena *C. ramulosa*. Druhy *C. diversa* a *C. verticilata* byly nalezeny na okraji výsypky na písčitém valu téměř bez vegetace, který řídce zarůstá vřes obecný (*Calluna vulgaris*). Jediný nález *C. mitis* na výsypce byl zaznamenán ve velmi nízkém a relativně řídkém smrkovém porostu na dobře prosluněném, spíše sušším stanovišti. Jen několik metrů dále byl nalezen druh *C. ciliata* ve společenství druhu *C. furcata*.

Cladonia furcata



Obr. 31

Cladonia ramulosa



Obr. 32

Cladonia cariosa, *C. coniocraea*, *C. ciliata*, *C. mitis*,
C. diversa, *C. verticilata*, *C. chlorophaea*



Obr. 33

Vedle časté přítomnosti druhů rodu *Cladonia* na okrajích nebo v prostoru smrkových porostů jsou na některých stanovištích i zástupci rodu *Peltigera*. Nejrozšířenějším z nich je typicky pionýrský druh lišejníku, osidlující nové a narušené plochy, kterým je *Peltigera didactyla*.

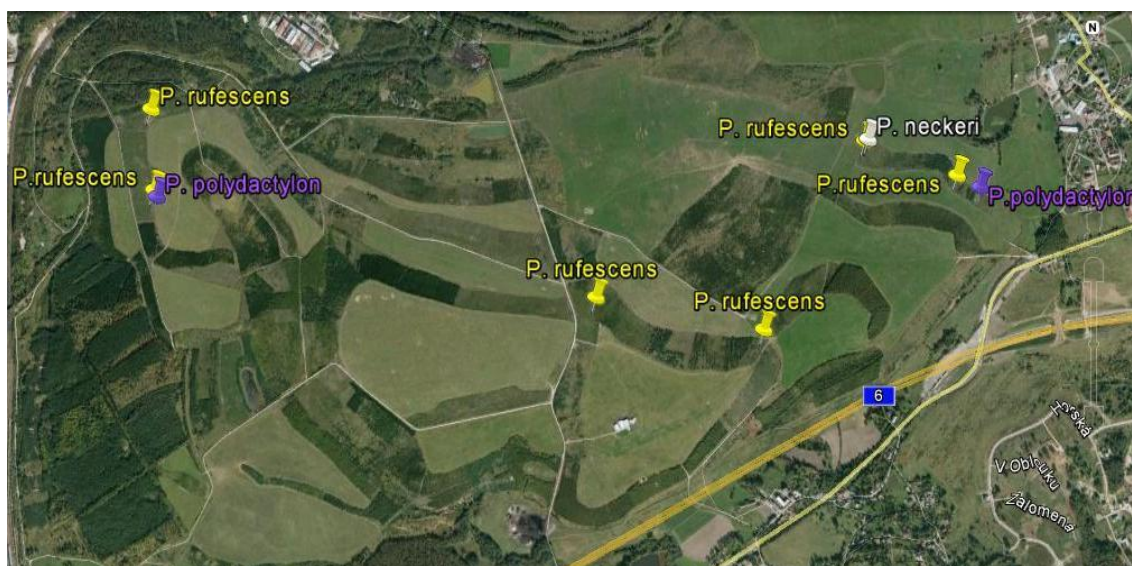
Další nalezené druhy *Peltigera rufescens*, *P. neckeri* a *P. polydactylon* rozšiřují diverzitu druhů *Peltigera* na výsypce. Někde jsou tyto druhy velmi dobře rozrostlé a tvoří souvislý pokryv. Největší nalezený pokrývá zhruba 2 m² a jedná se druh *Peltigera rufescens*.

Peltigera didactyla



Obr. 34

Peltigera rufescens, *P. neckeri*, *P. polydactylon*



Obr. 35

16. Saxikolní lišejníky na výsypce

Jejich výskyt na výsypce je vázán na stanoviště vytvořená výhradně antropogenní činností. Navezený výsypkový materiál pokrývá v několika metrové mocnosti původní povrch. Nikde se tedy nevyskytují například přirozené skalní výstupy apod. Člověk tak vytvořil několik antropogenních stanovišť, která jsou osídlena společenstvím saxikolních druhů lišejníků. Tyto stanoviště by se daly rozdělit podle charakteru substrátu do tří hlavních skupin.

- a) čistě antropogenní stavby – stěrkonbetonové odvodňovací můstky odvádějící vodu pod komunikací, betonové panely položené na hlavní komunikaci, v báňské terminologii zvané „hospodárnice“, po kterých byl navážen výsypkový materiál.
- b) navezený lomový kámen – použitý jako drenáž v odvodňovacích příkopech podél cest, jedná se o čedič (silikát)
- c) samotný výsypkový substrát – jíly s listkovou odlučností



Obr. 36

Zatímco antropogenní stavby a lomový kámen byly na výsypce umístěny cíleně podle potřeby založení a odvodňování výsypky, jíly tvoří celé těleso výsypky a tam, kde v případě zemědělských rekultivací nebyly překryty orniční vrstvou, je povrch pokryt pouze tímto třetihorním substrátem. Jedna z jejich morfologických forem jsou jíly s lístkovou odlučností, jejichž výskyt na povrchu výsypky je velmi častý. V případě vhodných podmínek v porostech a na jejich okrajích (přístup světla, nezakrytí povrchu hustou vegetací) jsou tyto jílovité úlomky velmi často a hojně pokryty dvěma saxikolními druhy, a to *Porpidia crustulata* a *Lecidella stigmatea* (obr. 36). Jejich pokryvnost lze tedy pozorovat na všech řídko zarostlých místech na výsypce, kde je půdní substrát ještě dostatečně obnažen. Diverzita saxikolních druhů lišejníků na tomto substrátu je však omezena pouze na tyto dva druhy. Výrazně bohatší z hlediska diverzity jsou antropogenní stavby, a to zejména štěrkobetonové odvodňovací můstky a drenážní příkopy z lomového kamene. Vedle dvou výše zmiňovaných druhů, které se na těchto substrátech také hojně vyskytují, bylo identifikováno několik dalších. Nejčastěji lze nalézt velmi rozšířený druh *Lecanora muralis*, který zvláště na panelových cestách vytváří své typické okrouhlé stélky. Na odvodňovacích můstcích pak tvoří často společenství s druhy *Lecanora dispersa*, *Caloplaca crenulatella*, *Candelariella aurella* a *Phaeophyscia orbicularis*.

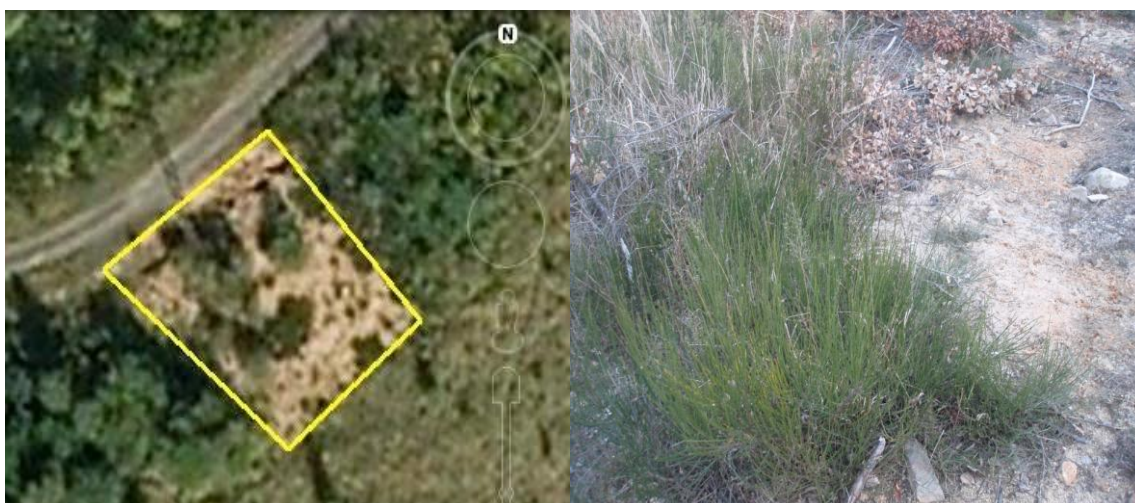
Identifikované saxikolní druhy lišejníků na odlišných substrátech

Jíly	Betonové panely (hospodárnice)	Kamenobetonové můstky	Lomový kámen (čedič)
<i>Lecidella stigmatea</i>		<i>Lecidella stigmatea</i>	<i>Lecidella stigmatea</i>
<i>Porpidia crustulata</i>		<i>Porpidia crustulata</i>	<i>Porpidia crustulata</i>
	<i>Lecanora muralis</i>	<i>Lecanora muralis</i>	<i>Lecanora muralis</i>
	<i>Caloplaca crenulatella</i>	<i>Caloplaca crenulatella</i>	<i>Caloplaca crenulatella</i>
	<i>Lecanora dispersa</i>	<i>Lecanora dispersa</i>	<i>Lecanora dispersa</i>
		<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	
	<i>Candelariella aurella</i>	<i>Candelariella aurella</i>	<i>Candelariella aurella</i>
		<i>Scoliciosporum umbrinum</i>	<i>Scoliciosporum umbrinum</i>
			<i>Rhizocarpon distinctum</i>
		<i>Xanthoria elegans</i>	

Tab. 8

17. Specifické stanoviště a nález *Dibaeis Baeomyces*

Odišné podmínky z hlediska půdního substrátu byly vytvořeny okolo sloupu elektrického vedení (obr. 37). Díky písčitému povrchu vznikl jakýsi minibiotop, kde našel svou niku velmi zajímavý druh *Dibaeis baeomyces*. Celý prostor okolo sloupu je velmi řídko zarostlý vřesem obecným (*Calluna vulgaris*) a janovce metlatým (*Cytisus scoparius*), což ukazuje na kyselý substrát. Pokryvnost *Dibaeis baeomyces* je na těchto zhruba 100 m² relativně vysoká. Odhadem 30 – 40% písčitého povrchu je pokryto stélkami toho druhu, který vytváří charakteristické narůžovělé plodničky. Jedná se o pionýrský lišejník osidlující holé či řídko zarostlé plochy s vhodným půdním substrátem, většinou písčitém.



Obr. 37

Společnost tomuto druhu na stanovišti dělají tři nalezené druhy rodu *Cladonia*, a to *C. fimbriata*, *C. subulata* a *C. furcata*.

18. Diskuse

Sukcese je mnohaletý proces vegetačního vývoje na stanovišti. V jednom časovém období je možno jej studovat pouze jako tzv. chronosekvenci, čili soubor různě starých porostů sledovaných ve stejném čase v jedné lokalitě (Prach, 1996). I když má většina výsypek na Sokolovsku potenciál pro obnovu spontánní sukcesí, což je dáno složením výsypkových substrátů (terciérních

jílů) z hlediska obsahu minerálních látek a živin (Dimitrovský, 2010), přesto se často přistupuje k většinou lesnickým, v případě Velké loketské výsypky také k rozsáhlým zemědělským rekultivacím. Důvodů realizace rekultivací bylo hned několik. Většinu plochy Velké loketské výsypky tvoří severně exponovaný svah s převýšením zhruba 60 m. Došlo zde k rozsáhlému odvodnění tělesa výsypky a následným terénním úpravám do podoby teras. Zemědělsky pak byly zrekontrolovány více méně rovinaté plochy, svahy byly zalesněny. Cílem bylo stabilizovat svahy a celé těleso výsypky. Velmi důležité bylo zalesnění a zatravnění ploch z hlediska ochrany před vodní erozí na svažitém terénu. Navíc lze často na výsypkách na Sokolovsku ponechaných spontánní sukcesi pozorovat masivní nástup třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), jejíž dominantní husté porosty jsou nežádoucí a zejména na zarovnanějším povrchu dokáže tvořit téměř kompaktní porosty a inhibovat další sukcesi (Prach, 2010). Její expanzi nešla ani Velká loketská výsypka. Díky rekultivacím bylo ovšem její šíření na výsypce výrazně limitováno a v současnosti dominuje pouze na nezalesněných okrajích porostů sousedících s pastvinou a v některých řídkých, ještě nezastíněných porostech.

V případě Velké loketské výsypky tedy nelze celkově hovořit o spontánní sukcesi. Zemědělské rekultivace, při kterých byly plochy převrstveny orníci, jsou sekundární řízenou sukcesí, která přešla, díky počátečnímu intenzivnímu zatravnění a současnému udržování stabilních společenstev rostlin vlivem pastvy, do tzv. disklimaxu (antropogenní klimax). Ostatní plochy na výsypce převrstveny orníci nebyly, a vyjma umělé výsadby dřevin jsou tyto plochy osidlovány z okolních biotopů. Velkou roli v nástupu druhů hraje tedy tzv. *species pool*. Šíření druhů z okolních i vzdálenějších biotopů započal záhy po dosypání a jednotlivé rekultivace pak vytvořily a limitovaly podmínky pro jednotlivá společenstva. Zalesnění zásadně ovlivnilo biodiverzitu na výsypce.

Obecně lze z hlediska celkové sukcese vegetace na plochách nerekontrolovaných a ponechaných spontánní sukcesi pozorovat bohatší biodiverzitu, než na plochách rekultivovaných (Frouz et al., 2008). Při spontánní sukcesi dochází k postupným změnám charakteru vegetace od osidlování půdního povrchu lišejníky a mechorosty, přes pionýrské druhy cévnatých rostlin, které následují dlouhověké vytrvalé druhy a rané sukcesní dřeviny, až po pozdně sukcesní dřeviny. Takovým vývojem převážná většina stanovišť na

výsypce neprošla a neprojde. Výsadbou pozdně sukcesních dřevin se tento vývoj výrazně urychlil a některá stadia typická pro spontánní sukcesi prakticky vynechal. Z hlediska výskytu lišejníků však nemusí spontánní sukcese zákonitě znamenat jejich vyšší diverzitu. Těžko si lze představit současnou vysokou abundanci a diverzitu epifytických lišejníků v modřínových porostech na jiných, spontánní sukcesí ponechaných výsypkách na Sokolovsku, kde dominuje bříza bělokorá. Modřín se v takových březových hájích vůbec nevyskytuje. Díky výsadbě této dřeviny je diverzita epifytických lišejníků a zvláště jejich abundance na Velké loketské výsypce vyšší.

Sukcesní vývoj na výsypce probíhá nyní zhruba 20 let a způsoby rekultivací vytvořily mozaiku stanovišť, která se v makroměřítku (v rámci celé lokality) výsypky nebudou v budoucnu výrazně měnit za předpokladu stávajícího využití a udržování jednotlivých ploch. Dynamický sukcesní vývoj v mezoměřítku (v rámci porostu) lze očekávat v mladých porostech, a to zejména v podrostu některých smrčín, kde jsou stromy ještě velmi nízké a půdní substrát málo zastíněn. Dotčeny budou zejména terikolní druhy lišejníků dominující v současnosti na prosvětlených plochách. V důsledku budoucího zastínění podrostu lze očekávat výrazný pokles abundance terikolních druhů lišejníků v těchto porostech. Porovnáním různě vysokých a hustých smrkových porostů na výsypce bylo vyzorováno, že po hojné kolonizaci obnaženého primárního substrátu převážně pionýrskými druhy terikolních lišejníků, jako *Peltigera didactyla*, *Cladonia fimbriata*, *C.subulata* a *C.rei*, nastává jejich znatelný ústup ze stanovišť smrkových porostů, kde jsou stromy již vyšší a výrazně zastíňují půdní substrát. Vyšší stromy působí kompetičně a druhy lišejníků s vysokými nároky na světlo z těchto stanovišť mizí. Jejich budoucí existence na výsypce bude pravděpodobně výrazně omezena a vyskytovat se budou pouze na okrajích porostů. Příkladem může být sukcesní stadium Malé loketské výsypky, kde v podrostu 40 letých porostů nebyly terikolní lišejníky nalezeny. Jejich výskyt byl zaznamenán pouze na okrajových nezalesněných plochách. Zřejmě nejcennější nálezy z druhů *Cladonia* na Velké loketské výsypce jsou dvě stanoviště výskytu *Cladonia cariosa*, který patří mezi druhy ohrožené. V České republice je zaznamenáno jen několik nálezů, a to zejména na obnažených písčitých půdách bez konkurence cévnatých rostlin. Většinou mají tato stanoviště charakter antropogenních biotopů (Malíček et al., 2011). To v

mnohém souhlasí i s dvěma nálezy na výsypce, kde nejsou stanoviště téměř vůbec zarostlá vegetací. Je však vidět, že tomuto druhu může vyhovovat i jiný substrát, než písčité. Na výsypce se jedná o okraje smrkových porostů s jílovitým půdním substrátem.

Jednotlivé, nyní mladé porosty budou ve vyšších růstových fázích vypadat odlišně. Velmi zajímavé budou jistě borovicové porosty, které jsou nyní na výskyt lišejníků velmi chudé. Terikolní druhy lišejníků se v současných sukcesních stádiích borovicových porostů, je-li porost kompaktní, vůbec nevyskytují. Na řídkce zalesněných místech v porostu lze nějaké terikolní druhy nalézt, ovšem velmi sporadicky. Tato řídkce zarostlá místa budou v budoucnu pravděpodobně vyplněna přirozeným zalesněním. Starší, vzrostlé borovicové porosty však mohou vytvořit vhodné podmínky pro některé pozdně sukcesní a specifické terikolní lišejníky borových lesů jako např. *Cladonia rangiferina*, *C. arbuscula*, či *Cetraria islandica*. Výskyt *Cetraria islandica* byl vlastním pozorováním zjištěn v nedalekém biotopu L7.1 Suché acidofilní doubravy, je pravděpodobné, že v budoucnu najde tento druh svou niku i v borovicových porostech na výsypce. Zároveň je v nedalekém prostoru východní části CHKO Slavkovský les přítomno několik biotopů L8.1B, kde se jako specifické druhy vyskytují lišejníky rodu *Cladonia* a také *Cetraria islandica* (Kocourková, 2008).

Sukcesní vývoj epifytických druhů lišejníků prodělá výrazné změny především na velmi mladých dřevinách, ale lze očekávat změny abundance a diverzity i na starších stromech, které jsou již nyní pokryty určitým spektrem epifytických lišejníků. Rozsah budoucí diverzity epifytických druhů lišejníků na výsypce bude záviset na kvalitě ovzduší, mikroklimatu a specifickým podmínkách v porostech. V minulosti silné okyselení prostředí vysokými imisemi SO₂ už v budoucnu pravděpodobně nenastane, spíše je možno očekávat rostoucí imise oxidů dusíku v důsledku zvyšující se dopravní zátěže oblasti. V hnědouhelném regionu Sokolovska je plánovaná uzavírka posledního provozovaného lomu výhledově zhruba na přelom 20. a 30. let tohoto století. Poté bude celý lom zatopen a vznikne největší vodní nádrž v oblasti. To bezesporu výrazně ovlivní mezoklima regionu a vlhkostní poměry v ovzduší. Nelze opomenout očekávané snížení prašnosti, kterou v současnosti způsobuje převážně těžba uhlí. Na druhé straně již od roku 2016 začne plynárna Vřesová fungovat i jako spalovna komunálního odpadu, což by mělo být v budoucnu, po

ukončení těžby uhlí, hlavní aktivitou tohoto podniku. V závislosti na kvalitě použité technologie spalování a čištění emisí lze očekávat změny v imisních hodnotách některých, zejména toxických látek.

Na sukcesní vývoj epifytických lišejníků lze nahlížet různě. Jiný vývoj lze očekávat na částech stromů, které nejsou tzv. nasyceny lišejníky, čili pokrytí např. větve není 100%, a jinak na částech stromů, které jsou lišejníky nasyceny, a kde již dochází ke kompetičním tlakům. V prvním případě ještě zpravidla dochází k nárůstu diverzity, kdy druhy, které jsou limitované ve své disperzi, např. vyšší vzdáleností z okolních biotopů, osidlují nová stanoviště pomaleji a v dlouhodobějším měřítku, přičemž nové stanoviště, ještě lišejníky nenasycené, osidlují bez omezení či ústupu již přítomných lišejníků. Lze tak hovořit o nekonkurenčním prostředí (Ellis, 2012). Tyto podmínky současně determinuje věk a rychlost růstu dřeviny. Ne každá dřevina je z hlediska pH a úživnosti borky epifytickými lišejníky osídlena tak, aby vůbec někdy mezi lišejníky docházelo ke kompetici. Proto záleží na druhu dřeviny, v jakém rozsahu bude sukcese epifytických lišejníků probíhat. Zároveň je možné díky studiím vertikální stupňovitosti stromu prokázat rozdílné preference epifytických druhů lišejníků kolonizovat různé strukturální komponenty dřeviny, jako báze či střední patra kmenů, větve, jejich typ a pozice. Vertikálně diferencovanou diverzitu a abundanci epifytických lišejníků však vedle preference pozice na stromě ovlivňují zejména stáří jednotlivých částí stromů, doba kolonizace, mikroklima, fyzikální vlastnosti, rozdíly v pH a úživnosti jednotlivých částí stromů (Yarranton, 1972). Na nenasyceném substrátu dochází k růstu lišejníkové biomasy za současného zvyšování diverzity. Naopak ve stavu, když již dochází ke kompetičním tlakům, diverzita klesá.

Studie internodií na větvích *Larix decidua* prokázaly vliv morfologicky odlišných stélek epifytických lišejníků na jejich diverzitu. Zpočátku osidlují lupenité lišejníky nerovnosti povrchu větve za současné kolonizace hladkého povrchu korovitými lišejníky. Po nasycení povrchu působí lupenité lišejníky kompetičně a prakticky přerůstají stélky korovitých lišejníků (Ellis, 2012). Stejný sukcesní postup byl pozorován i na *Picea abies*, kdy na starších větvích, kde abundance stélek epifytických lišejníků vytvořila kompetiční prostředí, pokryvnost korovitých lišejníků klesá za současného růstu abundance druhů *Hypogymnia physodes* a *Parmelia sulcata* (Hilmo, 1994). Morfologická výhoda

lupenitých lišejníků v konkurenčním prostředí je zřejmá, zvláště těch, které tvoří rozsáhlé poléhavé stélky. Svým růstem překryjí lišejníky korovité, které bez možnosti fotosyntézy odumírají. Vysoká pokrývnost epifytických lišejníků a zároveň jejich nízká diverzita na subneutrální a zřejmě velmi úživné borce *Sambucus nigra* je pravděpodobně způsobena vysokým pH borky, je ovšem také možné, že při tak vysoké pokrývosti působí zvláště *Xanthoria parietina* velmi kompetičně na ostatní přítomné druhy, což může být také příčinou nízké diverzity na této dřevině. Výskyt některých epifytických lišejníků na výsypce je do jisté míry netypický vzhledem k dřevině, na které se vyskytují. Příkladem je velmi častý druh *Hypogymnia tubulosa* na modřínkách. Podle Wirth et al. (2013) se spíše vyskytuje na dřevinách listnatých, na jehličnanech zřídka. Podobně je na tom jediný nález druhu *Flavoparmelia caperata*, který si na výsypce vybral borku smrku. Tento druh se také převážně vyskytuje na listnatých dřevinách, zejména na dubu. Vysvětlením může být výrazně vyšší podíl jehličnanů na výsypce, než dřevin listnatých.

Vliv na rozdílný sukcesní vývoj epifytických lišejníků ve vysázených porostech na výsypce budou mít také budoucí lesnické zásahy. Každá větší disturbance způsobená například prořezávkou, či pozdější probírkou způsobí změny v hustotě porostu. Díky většímu prosvětlení porostu by pak mohlo docházet ke kolonizaci uvolněných prostorů a opětovnému nárůstu abundance lišejníků. V případě ponechání porostů spontánnímu vývoji lze zase počítat s vyšší samoregulací v porostu s odpovídající přítomností mrtvého dřeva, kde bude docházet k tzv. degradační sukcesi, které se v hojné míře účastní např. *Cladonia coniocraea*. Většina pozemků na výsypce byla po dokončení rekultivací, v případě vysázených porostů po jejich zajištění, předána do vlastnictví přilehlých obcí podle územních katastrů. Celá výsypka je v současnosti zejména z hlediska rozparcelování pozemků velmi nehomogenní. Bylo pátráno v katastru nemovitostí po vlastnících a kategoriích jednotlivých pozemků. Ukázalo se, že zalesněné pozemky, čili lesní porosty, nejsou vůbec vedeny jako pozemky určené k plnění funkcí lesa (PUPFL), ale většinou jako zemědělské pozemky na neúrodných půdách. V návrhu územního plánu obce Hory u Jenišova, v jejímž územním katastru se většina lesních pozemků na výsypce nachází, jsou tyto pozemky do budoucna navrhované zatím bez opatření, výhledově usměrňovat druhovou skladbu ve prospěch smíšeného lesa

(Kasková, 2013). Je ovšem pravděpodobné, že porosty budou ponechány spontánnímu vývoji. Z informací úseku rekultivací Sokolovské uhelné a.s. bylo zjištěno, že rekultivace jsou ukončené, většina pozemků předána jiným vlastníkům a žádné další zásahy na výsypce nebude Sokolovská uhelná a.s. podnikat. Mnoho porostů je ovšem tak hustých, že v blízké budoucnosti nerealizované prořezávky budou mít za následek vývoj těchto porostů do "pralesní" podoby. Zřejmě se tedy žádné lesnické zásahy provádět nebudou a úspěšný vývoj bude determinován samoregulací porostu.

19. Závěr

Současný výskyt lišejníků na výsypce reflektuje stáří jednotlivých stanovišť a raná stádia sukcese. Určující pro rozsah diverzity a abundance lišejníků jsou charakter a vlastnosti substrátu, expozice stanovišť a jejich specifické podmínky. K nejvýznamnějšímu šíření lišejníků na výsypku dochází pravděpodobně z blízkých biotopů CHKO Slavkovský les. Zhruba o dvacet let dříve rekultivovaná Malá loketská výsypka, která s Velkou loketskou výsypkou těsně sousedí, je nejsnadnější, bezbariérová možnost šíření druhů lišejníků. Na Velké loketské výsypce byly ovšem nalezeny epifytické druhy lišejníků, které se v prostoru Malé loketské výsypky nevyskytují. Jedná se zejména o relativně často nalézané druhy *Usnea* a *Bryoria* na některých dřevinách Velké loketské výsypky. Současně tyto druhy následované dalšími citlivými druhy vůči znečištění ovzduší, kterým vévodí velmi citlivý druh *Flavoparmelia caperata*, nalezený na jediném stanovišti na výsypce, ukazují na zlepšující se kvalitu ovzduší v průmyslovém regionu. Vysoká abundance druhu *Lecanora conizaeoides* je pravděpodobně pozůstatek vyšších imisí SO₂ v minulosti a do budoucna lze očekávat spíše ústup tohoto lišejníku. Celkově bylo nalezeno 65 druhů lišejníků. Vzhledem k charakteru rekultivovaných ploch na výsypce je výskyt lišejníků vázán především na vysázené lesní porosty, okraje těchto porostů a solitérní stromy. Převážná část nalezených lišejníků jsou tedy epifytické druhy, což reflektuje rozsáhlé zalesnění výsypky. Nejvyšší abundance epifytických lišejníků je v některých modřínových porostech. Zjištěné pH borky modřínů na výsypce se pohybuje na velmi kyselých hodnotách. Tomu také odpovídá diverzita epifytických lišejníků na nich se vyskytujících. Jedná se většinou pouze o acidofilní druhy. Přítomnost druhů *Xanthoria parietina* a

Phyiscia tenella na okrajích porostů dřevin s kyselou borkou, jako právě modřín, nebo smrk, by bylo možno vysvětlit expozicí těchto okrajů porostů vůči pravděpodobně zvýšeným imisím dusíkatých sloučenin díky dopravní zátěži v těsné blízkosti jižní části výsypky a pastvě skotu na zemědělsky rekultivovaných plochách. Zvýšené pH borky na takto exponovaných dřevinách ovšem nebylo naměřeno. Zjištěné rozdíly jednotlivých modřínových porostů na výsypce v diverzitě a abundanci epifytických lišejníků ukázaly, že vyšší abundance znamená nárůst diverzity. Toto je typické pro raná sukcesní stádia, kdy biomasa a diverzita rostou lineárně. Diverzitu epifytických lišejníků významně obohacují nevysázené dřeviny, zvláště typicky pionýrská vrba jíva, na které byl nalezen nejvyšší počet druhů epifytických lišejníků s přítomností jak druhů spíše acidofilních, tak nitrofilních. Nejvyšší pokryvnost a nízkou diverzitu epifytických lišejníků lze pozorovat na subneutrální borce bezu černém.

Vysoká abundance terikolních lišejníků je v současnosti pozorovatelná v některých nízkých smrkových porostech. Ve vyšších a hustějších smrčinách je znatelný jejich ústup z těchto stanovišť. Je pravděpodobné, že v počátečních letech po zalesnění, byla jejich pokryvnost na výsypce mnohem vyšší. V budoucnu se jejich výskyt v porostech ještě více zredukuje a jejich útočištěm budou hlavně okraje porostů. Saxikolní druhy lišejníků lze nalézt na výsypce zejména na antropogenních substrátech a stavbách, jelikož v důsledku převrstvení celé lokality výsypkovým substrátem v několika metrové mocnosti, se na výsypce nenacházejí žádné přirozené skalní výchozy.

Další sukcesní vývoj lišejníků na výsypce bude úzce závislý na sukcesním vývoji jednotlivých stanovišť. Ty bude neustále ovlivňovat mnoho abiotických a biotických faktorů, které jejich vývoj budou někde podporovat, jinde limitovat. Lišejníky budou nadále velmi důležitou a cenou složkou biodiverzity nových biotopů na výsypce. Význam tohoto výzkumu spočívá zejména ve zdokumentování a zhodnocení současného stavu abundance a diverzity lišejníků na mladých, rekultivací ovlivněných stanovištích. Tato stanoviště budou v důsledku očekávaného dynamického vývoje vypadat za několik let jinak a budou se zde vytvářet odlišné podmínky pro další existenci lišejníků. Tato práce může poskytnout podklad pro případný budoucí monitoring biodiverzity lišejníků na výsypce, kde by bylo možno porovnat současný a budoucí stav stanovišť, vývoj abundance a diverzity lišejníků na nich.

20. Použité zdroje

a) Odborné literární zdroje:

- Ahmadjian V. (1993): The lichen symbiosis. [264 pp.]
- Ahmadjian V. & Jacobs J. B. (1981): Relationship between fungus and alga in the lichen *Cladonia cristatella*. – Nature 289: 169–172.
- Asta J., Erhardt W., Ferretti M., Fornasier F., Kirschbaum U., Nimis P. L., Purvis O. W., Pirintsos S. A., Scheidegger C., Van Haluwyn C. & Wirth V. (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. In: Nimis P. L., Scheidegger C., Wolseley P. (Eds.), Monitoring Lichens. – NATO Science Series. Kluwer: 273–279.
- Arya S. P. (1999): Air pollution meteorology and dispersion. – Oxford University Press, Inc. NY. [310.]
- Bargagli R. & Mikhailova I. (2002): Accumulation of inorganic contaminants. – Monitoring with Lichens Monitoring Lichens 7: 65–84.
- Bargagli R., & Nimis P. L. (2002): Guidelines for the use of epiphytic lichens as biomonitors of atmospheric deposition of trace elements. In: Nimis P. L., Scheidegger C., Wolseley P.A. (Eds.), Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens. Nato Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 295–299.
- Báčkor M. & Loppi S. (2009): Interactions of lichens with heavy metals. – Biologia Plantarum 53(2): 214–222.
- Bari A., Rosso A., Minciardi M. R., Troiani F. & Piervittori R. (2001): Analysis of heavy metals in atmospheric particulates in relation to their bioaccumulation in explanted *Pseudevernia furfuracea* thalli. – Environmental Assessment 69: 205–220.
- Bertuzzi S., Davies L., Power S. A. & Tretiach M. (2013): Why lichens are bad biomonitors of ozone pollution? – Ecological Indicators 34: 391–397.
- Blett T., Geiser L. & Porter E. (2003): Air pollution-related lichen monitoring in national parks, forests and refuges: – Guidelines for studies intended for regulatory and management purposes. [32 pp.]
- Britton A. J., Fisher J. M., (2010): Terricolous alpine lichens are sensitive to both load and concentration of applied nitrogen and have potential as bioindicators of nitrogen deposition. – Environmental Pollution 158: 1296–1302.
- Collins C. A. & Farrar J. F. (1978). Structural resistances to mass transfer in the lichen *Xanthona parietina*. – New Phytologist 81: 71–83.
- Conti M. E. & Cecchetti G. (2001): Biological monitoring: Lichen as bioindicators of air pollution assessment. – Environmental Pollution, Volume 114, Issue 3: 471–492.

- Dimitrovský K. (2001): Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. – Sokolovská uhelná a.s. [192 pp.]
- Dimitrovský K. (2010): Geobotanická charakteristika lesních porostů a tvorba produkčních půd na výsypkách SU. – ČZU Praha. 2–8.
- Ellis CH. J. (2012): Lichen epiphyte diversity: A species, community and trait-based review. *Perspectives in Plant Ecology. – Evolution and Systematics* 14: 131–152.
- Frouz J., Prach K., Pižl V., Háněl L., Starý J., Tajovský K., Materna J., Balík V., Kalčík J., Řehouňková K. (2008): Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. – *European Journal of Soil Biology* 44: 109–121.
- Frouz J., Popperl J., Přikryl I. & Štrudl J. (2007): Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. – Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., Sokolov. [26 pp.]
- Godinho R. M., Wolterbeek H. Th., Verburg T. & Freitas M.C. (2008): Bioaccumulation behavior of transplants of the lichen *Flavoparmelia caperata* in relation to total deposition at a polluted location in Portugal. – *Environmental Pollution* 151: 318–325.
- Gomberta S., Astab J. & Seaward M. R. D. (2003): Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area. – *Environmental Pollution* 123: 281–290.
- Gries C., Sanz M.J., Romagni J.G., Goldsmith S., Kuhn U., Kesselmeier J. & Nash III, T.H., (1997): The uptake of gaseous sulfur dioxide by non-gelatinous lichens. – *New Phytologist* 35: 595–602.
- Hale M., (1983): *The Biology Of Lichens*. 3rd Ed., Edward Arnold, London. [176 pp.]
- Hauck M. & Jürgens S. R. (2008): Usnic acid controls the acidity tolerance of lichens. – *Environmental Pollution* 156: 115–122.
- Hauck M., Jürgens S.R., Brinkmann M. & Herminghaus S. (2008): Surface Hydrophobicity Causes SO₂ Tolerance in Lichens. – *Annals of Botany* 101: 531–539.
- Hauck M., Jürgens S.R., Huneck S. & Leuschner, Ch. (2009): High acidity tolerance in lichens with fumarprotocetraric, perlatolic or thamnolic acids is correlated with low pK_{a1} values of these lichen substances. – *Environmental Pollution* 157: 2776–2780.
- Hauck M., Böning J., Jacob M., Dittrich S., Feussner I. & Leuschner Ch. (2013): Lichen substance concentrations in the lichen *Hypogymnia physodes* are correlated with heavy metal concentrations in the substratum. – *Environmental and Experimental Botany* 85: 58–65.
- Hertel H. (1988): Problems in monographing Antarctic crustose lichens. – *Polarforschung* 58: 65–76.
- Hilmo O. (1994): Distribution and succession of epiphytic lichens on *Picea abies* branches in a Boreal forest, central Norway. – *The Lichenologist* 26: 149–169.

- Chytrý M., Kučera T., Kočí M., Grulich V. & Lustyk P. [eds] (2010): Katalog biotopů České republiky. 2. vydání. – Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.[448 pp.]
- Jahns H.M. (1988). The establishment, individuality and growth of lichen thalli. – Botanical Journal of the Linnean Society Volume 96, Issue 1: 21–29.
- Johansson O., Palmqvist K. & Olofsson J. (2012): Nitrogen deposition drives lichen community changes through differential species responses. – *Global Change Biology*18: 2626–2635.
- Kocourková J. (2007): Lišejníky jako bioindikátory prostředí. Monitoring stavu životního prostředí v lomových prostorech. – Sborník odborného semináře 58: 51–55.
- Kocourková J. (2008): Monitoring lišejníků. – Ms.[Příručka hodnocení biotopů. p. 366–371. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha].
- Larson D. W. (1987): The absorption and release of water by lichens. In: Peveling, E. Ed., *Progress and Problems in Lichenology in the Eighties*. – *Bibliothca lichenologica* 25: 351–360.
- Liška J. (2000): Vázaný a nevázaný život lišejníků. – *Vesmír* 79 (11): 623–629.
- Liška J. & Palice Z. (2010): Červený seznam lišejníků České republiky. – *Příroda*, Praha 29: 3–66.
- Malíček J., Bouda F., Kocourková J., Palice Z. & Peksa O. (2011): Zajímavé nálezy vzácných a přehlížených dutohlávek v České republice. – *Bryonora* 48: 34–50
- Marmor L. & Randlane T. (2007): Effects of road traffic on bark pH and epiphytic lichens in Tallinn. – *Folia Cryptogamica Estonica* 43: 23–37.
- Mikhailova N. I. & Schedegger Ch. (2001): Early development of *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. in response to emissions from a copper smelter. – *Lichenologist* 33(6): 527–538.
- Mohd W. S., Laily D., Zuriati Z., Jalifah L., Tukimat L., Abdul A. J. & Fazri S. (2012): Measuring Air Quality using Lichen Mapping at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Campus. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 59: 635–643.
- Mohr K. (2001): Stickstoffimmisionen in Nordwestdeutschland. – Ms. [Dissertation; depon. in: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, FB Biologie.]
- Murphy K. J., Alpert P. & Cosentino D. (1999): Local impact of a rural coal burning generating station on lichen abundance in a New England. – *Environmental pollution* 105: 349–354.
- Nash III T. H. (ed.) (2008): *Lichen Biology*. 2nd Edition. – Cambridge University Press, Cambridge. [498 pp.]
- Nieboer E., Richardson D. H. S., Puckett K. J. & Tomassini F. D. (1976): The phytotoxicity of sulphur dioxide in relation to measurable responses in lichens. In *Effects of Air Pollutants on Plants*, ed. T. A. Mansfield. – Cambridge University Press. 61–85.

- Osyczka P. (2009): *Cladonia diversa* (Cladoniaceae, lichenized Ascomycota) – Overlooked lichen in Poland. – *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, Vol. 78, No. 3: 215–219.
- Orange A., James P. W. & White F. J. (2001): *Microchemical Methods for the Identification of Lichens*. – British Lichen Society. [101pp.]
- Paus S. M. (1997): Die Erdflechtenvegetation Nordwestdeutschlands und einiger Randgebiete: Vegetationsökologische Untersuchungen Unter Besonderer Berücksichtigung Des Chemismus Ausgewählter Arten. – *Bibliotheca Lichenologica* 66: 1–222.
- Pell E. J., Schlagenhafer, C. D. & Artega, R. N. (1997): Ozone-induced oxidative stress: mechanisms of action and reaction. – *Physiologia Plantarum* 100: 264 – 273.
- Prach K. (1996): Úvod do vegetační ekologie. – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. [95 pp.]
- Prach K [ed.] (2010): Výsypky. – In: Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. [eds.] (2010): Ekologická obnova uzemí narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla, České Budějovice. [178 pp.]
- Randlane T., Törra T., Saag A. & Saag L. (2009): Key to European *Usnea* species. – p. 419–462. In: Thell, A., Seaward, M., R. D. & Feuerer, T. [eds] (2009): Diversity of Lichenology. – *Bibliotheca Lichenologica* 100.
- Shirtcliffe N. J., Pyatt F. B., Newton M. I. & McHale G. (2006): A lichen protected by a super-hydrophobic and breathable structure. – *Journal of Plant Physiology* 163: 1193–1197.
- Showman R.E. (1988): Mapping air quality with lichens, the North American experience. – In: Nash III T. H. & Wirth V. [eds.] (1988): Lichens, Bryophytes and Air Quality. – *Bibliotheca Lichenologica* 30: 231–269.
- Skalický V. (1988): Regionálně fytogeografické členění. In: Hejný S. a Slavík B.: Květena ČSR I. – Academia, Praha, 103–121.
- Spier L. & Aptroot A. (2007): *Cladonia rei* is a chemotype and synonym of *Cladonia subulata*. – *The Lichenologist* 39(1): 57–60.
- Spier L., van Dobben H. & van Dort K. (2010): Is bark pH more important than tree species in determining the composition of nitrophytic or acidophytic lichen floras? – *Environmental Pollution* 158: 3607–3611.
- Spiro B., Morrisson J. & Purvis O. W. (2002): Sulphur isotopes in lichens as indicators of sources. In *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens*. Nato Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, ed. P. L. Nimis, C. Scheidegger and P. A. Wolseley, Dordrecht: Kluwer Academic. 311–315.
- Tretiach M., Pavanetto S., Pittao E., Sanita di Toppi L. & Piccotto M. (2012b): Water availability modifies tolerance to photo-oxidative pollutants in transplants of the lichen *Flavoparmelia caperata*. – *Oecologia* 168: 589–599.

- Walther D.A., Ramelow G.J., Beck J.N., Young J.C., Callahan J.D. & Marcon M.F. (1990):
Temporal changes in metal levels of the lichens *Parmotrema praesorediosum* and *Ramalina stenospora* southwest Louisiana. – *Water Air Soil Pollut* 53: 189–200.
- Wirth V. (1995): *Die Flechten Baden-Württembergs*, 2 Bd. – Eugen Ulmer, Stuttgart. [1006 pp.]
- Wirth V., Hauck M. & Schultz M.,(2013): *Die Flechten Deutschlands*, 2 Bd. – Eugen Ulmer, Stuttgart. [1244 pp.]
- Yarranton G. A. (1972): Distribution and succession of epiphytic lichens on black spruce near Cochrane, Ontario. – *The Bryologist* 75: 462–480.

b) internetové zdroje:

- AOPK ČR 2012, ČÚZK, Mapa–mapování biotopů (23.9.2013). – <http://mapy2.nature.cz>
- ČHMÚ, Mapy charakteristik klimatu (15.10.2013). – <http://portal.chmi.cz>
- Katastr nemovitostí (19.3.2014). – <http://nahlizenidokn.cuzk.cz>
- Mapy.cz (29.9.2013). – <http://www.mapy.cz>

c) ostatní zdroje:

- TOCOEN s.r.o. (2007): Zastížení ovzduší v okolí zpracovatelské části ve Vřesové v letech 2001–2005, Report No. 316, Brno.
- TOCOEN s.r.o. (2010): Zastížení ovzduší v okolí zpracovatelské části ve Vřesové v letech 2006–2009, Report No. 377, Brno.
- Protokoly o autorizovaném měření imisí 2001–2013.
Centrální laboratoře Sokolovské uhelné a.s.
- Projektové dokumentace k rekultivacím na Velké loketské výsypce.
Archív Sokolovské uhelné a.s.
- Kasková A. (2013): Návrh územního plánu obce Hory. – Ms. [depon. in: Projekční kancelář
Ing. arch. A. Kasková, Karlovy Vary.]

Použité zkratky:

- SUAS–Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s.
- PUPFL–Pozemky určené k plnění funkcí lesa

pozn.

Všechny fotografie byly pořízeny autorem práce

21. Obrazová příloha vybraných nálezů



1. *Xanthoria polycarpa*, 2. *Phaeophyscia orbicularis*, 3. *Lecanora pulicaris*

4. *Flavoparmelia caperata*, 5. *Physcia adscendens*, 6. *Xanthoria parietina*



7. *Physcia aipolia*, 8. *Bryoria capillaris*, 9. *Platismatia glauca*

10. *Usnea barbata*, 11. *Tuckermannopsis chlorophylla*, 12. *Vulpicida pinastri*



13. *Peltigera rufescens*, 14. *Peltigera polydactylon*, 15. *Cladonia furcata*

16. *Dibaeis baeomyces*, 17. *Cladonia cariosa*, 18. *Cladonia mitis*