

Československá vědecká společnost pro mykologii při ČSAV

Komise pro ochranu hub a jejich životního prostředí

# **Bioindikační význam lišejníků a jejich ochrana**

**Sborník referátů**

**na III. semináři „Ochrana hub a jejich životního prostředí“,  
konaném dne 15. června 1981 v Praze**

**SVATOPLUK ŠEBEK**

**(editor)**

**Praha, 1981**

TZ 78 Nymburk



Československá vědecká společnost pro mykologii při ČSAV

---

Komise pro ochranu hub a jejich životního prostředí

BIOINDIKAČNÍ VÝZNAM LIŠEJNÍKŮ  
A JEJICH OCHRANA

Sborník referátů, přednesených na III. celostátním semináři  
"Ochrana hub a jejich životního prostředí", který se ko -  
nal dne 15. června 1981 v Praze

Svatopluk Šebek  
/editor/

Praha, 1981

Znečištění ovzduší v ČSSR emisemi, které v posledním desetiletí vykazují prudce stoupající tendenci, představuje vysoce znepokojivý jev v komplexu antropogenních škodlivých činitelů, ovlivňujících nepříznivě stav našeho ovzduší i celé naší přírody. Prokázané negativní působení znečištěného ovzduší na zdravotní stav obyvatel, zemědělskou výrobu a lesní hospodářství je ukazatelem nutnosti celospolečenského zájmu na řešení tohoto závažného problému.

Kontrola kvality čistoty ovzduší slouží dnes řada analytických metod, mezi nimiž zaujímá zajímavé postavení metoda bioindikace čistoty ovzduší pomocí lišejníků / lišejníková analýza/. Vychází ze skutečnosti, že některé druhy lišejníků se vůči znečištění ovzduší jeví jako zvlášť citlivé modelové organismy, které zvýšenou přítomností škodlivých látek v ovzduší přijímají jako negativní zásah do jejich biologie a reagují na něj poruchami vývoje, vedoucími k ústupu jejich výskytu.

Tyto vztahy lišejníků a znečištění ovzduší se také v poslední době stále více uplatňují jako negativní faktor v procesu koroze genofondu lišejníků. Výzkumy zejména slovenských lichenologů dokazují, že z lichenoflory Slovenska dnes zcela vymizely už desítky druhů epifytických lišejníků, které ještě v nedávné minulosti patřily k druhům všeobecně rozšířeným. Proto se i otázka koroze genofondu lišejníků dostává v poslední době do popředí zájmů ochrany přírody.

Komise pro ochranu hub a jejich životního prostředí při ČSVSM spolu s mykologickým odd. Národního muzea v Praze a katedrou botaniky nižších rostlin PŘF UK v Praze přistoupila ke svolání dnešního semináře proto, že studium lišejníků jako komplexních organismů pokládá za součást mykologie a všechny otázky, související s jejich biologií a tedy i ochranou za samozřejmou součást náplně své práce.

Úkolem semináře bylo objasnit si jeden z hlavních praktických významů lišejníků - jejich bioindikační význam a z něj vyplývající nutnost ochrany některých druhů a projednat současnou situaci ve stavu genofondu našich lišejníků a naše požadavky na jejich ochranu. Proto jsme na tento seminář pozvali řadu našich lichenologů a ochranářů přírody, aby si zde mohli vyměnit své názory a zkušenosti z předmětné tematiky a pomohli tak našemu naléhavému úsilí zrovnoprávnit mykologickou a lichenologickou problematiku s ostatními složkami, které jsou předmětem zájmu naší ochrany přírody.

## ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ V ČSSR A JEHO VLIV NA VEGETACI

Ing. Jan M a t e r n a, CSc.

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jíloviště-Strnady

Znečištění ovzduší v ČSSR nelze ani po kvantitativní, ani po kvalitativní stránce charakterizovat bez přihlídnutí k celkové situaci ve střední Evropě, tj. bez přihlídnutí k dosavadnímu vývoji a současnému stavu emisí a imisí v sousedních státech, z nichž jsou pro nás především zajímavé NDR, PLR a NSR. Z různých studií o přenosu škodlivin v evropském rámci je zřejmé, že výměna znečištění mezi naším územím a zmíněnými sousedními státy probíhá velmi intenzivně. To je skutečnost, která se však významněji uplatňuje teprve v posledních dvou-třech desetiletích, kdy emise škodlivin, především oxidu siřičitého, prudce vzrůstají až do současné úrovně cca 5 mil. t  $\text{SO}_2$  v NSR, 4 mil. t v NDR, 4 mil. t v PLR a 3 mil. t  $\text{SO}_2$  v ČSSR k roku 1975.

### Současný stav

O jak prudký vývoj jde, je možno dokumentovat na příkladu vývoje emisí ze severních Čech, kde v Podkrušnohoří po druhé světové válce odcházelo do ovzduší z různých zdrojů cca 80 000 t  $\text{SO}_2$ , koncem osmdesátých let bylo dosaženo hranice cca 1 mil. t. ročně. Velmi dynamický vývoj zaznamenaly emise i ve středních Čechách, na Sokolovsku a ve Východočeském kraji. V současné době jsou v ČSR tato hlavní centra znečištění ovzduší: Podkrušnohoří a Krušné hory, Sokolovsko, oblast středočeské aglomerace /Praha + Mělník/, Hradecko-Pardubická oblast, Ostravsko se širším zázemím a Brněnsko. Jsou ovlivněna především našimi zdroji a oblast Frýdlantského výběžku a Jizerských hor je ovlivněna zdroji z PLR a NDR. Množství emisí se zde většinou pohybuje řádově v  $10^5$  t  $\text{SO}_2$  jako hlavní škodliviny ročně. Mimo těchto center se vyskytují mnohé menší plochy zatížené poměrně silně látkami ze znečištěného ovzduší, často i s pestřejším složením škodlivin. Nelze dnes již ani pominout sice lokálně velmi omezené, přitom ale výrazné škody, které působí emise z koncentrovaných chovů hospodářských zvířat.

Podle celkového množství emisí nelze dobře hodnotit míru znečištění ovzduší v přízemních vrstvách atmosféry. Informace o něm mohou poskytnout jen výsledky měření přízemních koncentrací. Na této činnosti se podílí několik organizací, mimo hygienické služby, která se soustřeďuje především na větší sídliště. O poměrech na více méně volné přírodě jsme informováni z výsledků měření Hydrometeorologického ústavu, organizace energetiky ORGREZ a Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Severočeském kraji/sítě v Krušných a Jizerských horách/, Na Sokolovsku, ve východních Čechách a na Ostravsku/vesměs rozvinuté sítě stanic/ a na celé řadě jednotlivých stanic izolovaných bodů/ v Lužických horách, na Jeseníkách, na Českomoravské vysočině, Šumavě aj.

Shrneme-li výsledky těchto měření, jeví se nám tento obraz:

Krušné hory a Podkrušnohoří: Koncentrace oxidu siřičitého se zde pohybují mezi 30 a 150  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  vzduchu jako dlouhodobý průměr, přičemž převažují vyšší třídy koncentrací. Zejména vysoké jsou koncentrace podkrušnohorské části okresu Most a

Teplíce a na hřebenech Krušných hor v okresech Chomutov, Teplíce a Most. Mimo vysoké průměrné hodnoty znečištění dochází zde za podmínek nepříznivých pro rozptyl emisí/inverze/k vysokým koncentracím škodlivin, které několikanásobně přesahují nejvyšší přípustnou koncentraci podle výnosu hladního hygienika /150 ug. SO<sub>2</sub>.m<sup>-3</sup> jako 24 h průměrná hodnota/.

**Sokolovsko:** Míra znečištění, určená jednak zdroji ve vlastní Sokolovské pánvi, jednak emisemi z elektráren na Chomutovsku. Přízemní koncentrace se pohybují v rozpětí od 30 do 120 ug. SO<sub>2</sub>.m<sup>-3</sup> vzduchu na jednotlivých stanicích, přičemž však převažují koncentrace v nižších třídách.

**Jizerské hory:** Vlastní prostor Jizerských hor je zatížen koncentracemi poměrně nízkými, ležícími mezi 30 a 50 ug SO<sub>2</sub>.m<sup>-3</sup>. **Četnost** a rozložení stanic není zde však takové, aby dobře reprezentovalo celou oblast. Podobná situace je i na Beskydech; ani zde není horská síť dostatečně hustá a reprezentativní pro celou oblast.

Širší zázemí Hradecko-pardubické aglomerace je charakterizováno koncentracemi ležícími mezi 20 a 50 ug SO<sub>2</sub>.m<sup>-3</sup> vzduchu.

K tomu je třeba přiřadit informaci o zatížení ovzduší oxidem siřičitým v oblastech považovaných za čisté. Např. na stanici HMÚ Svratouch, která má charakterizovat regionální míru znečištění ovzduší v oblastech bez větších průmyslových zdrojů, dosahují roční průměry cca 20 ug SO<sub>2</sub>.m<sup>-3</sup> vzduchu a přesahují tak třikrát hodnotu, která je udávána pro oblasti zatížené oxidem siřičitým z přírodních zdrojů. Mimo oxidu siřičitého jsou k dispozici omezené údaje o některých dalších látkách, které mohou mít význam pro lidské zdraví nebo pro další složky živé přírody. Pro vegetaci jsou zejména významné koncentrace fluorovodíku. Pohybují se většinou řádově v ug. 10<sup>11</sup>.m<sup>-3</sup> vzduchu a pouze na Jizerských horách a v určitém omezeném časovém období jsme naměřili koncentrace blízké se nebo přesahující 1 mg.

#### Očekávaný vývoj

Je bohužel zřejmé, že optimistické výhledy z konce šedesátých a počátku sedmdesátých let, které se opíraly jednak o představu rychlého přechodu na využití kapalných a plyných paliv s nízkým obsahem síry, jednak o předpoklad rychlého a širokého zavedení odsiřovacího zařízení zejména u velkých zdrojů emisí, byly překonány vývojem. Přímé odsiřování plynů se nadále ukazuje jako proces technicky velmi náročný a nákladný, a proto se uplatňuje především u nových zdrojů a je nadále snaha /svědčí o tom např. současná diskuse v NSR/ docílit přijatelných přízemních koncentrací SO<sub>2</sub> účinným rozptylem stavbou vysokých komínů. Mimo to se energetika v širší míře vrací i tam, kde přešla na ušlechtilější paliva opět k uhlí. To vede ke zvýšení emisí v přepočtu na jednotku energetického výkonu. Proto se musí počítat do konce osmdesátých let s prodloužením dosavadního trendu vývoje emisí. V ČSR se předpokládá mezi léty 1975 - 1985 vzrůst emisí asi o třetinu a je pravděpodobné, že přibližně stejný vzestup lze očekávat v NDR a poněkud vyšší v PLR. Přízemní koncentrace budou pochopitelně tímto vývojem ovlivněny. Očekává se výrazný vzestup na Krušných horách i v jejich podhůří, ale vzestup emisí postihne i všechny další oblasti a zřejmě se promítne i do hodnot pozadí. Vzroste i nebezpečí situací s extrémními koncentracemi, zejména v Podhrušnohorském

úvalu.

Důležitá je otázka doby, po kterou musíme se znečištěním ovzduší jako s výrazným činitelem vnějšího prostředí počítat. Jen z pohledu našich zdrojů je zřejmé, že jejich emise  $\text{SO}_2$  se do konce století výrazně nesníží, tzn. že se nesníží ve srovnání s úrovní dosaženou koncem osmdesátých let na zatížení přízemních vrstev atmosféry. S výraznější redukcí zatížení lze počítat teprve počátkem příštího století a jen s určitou dávkou optimismu lze předpokládat, že pak úroveň znečištění ovzduší se bude snižovat rychle.

#### Vliv znečištění ovzduší na vegetaci

Je nutno zdůraznit, že naše poznání o tomto vlivu není rovnoměrné a že jsou především informace o reakci hospodářsky významných rostlinných druhů a těch druhů, které mají bioindikátorskou hodnotu (poznatky především z poslední doby).

Vliv znečištění ovzduší na zemědělskou výrobu je nutno posuzovat z hlediska krátké doby vývoje a produkce zemědělských kultur, tzn. jednoho až několika let, a proto mechanismus nepřímého působení je určován především přímým vlivem imisí na asimilační orgány. K jejich výraznému poškození dochází především při působení nárazových vysokých koncentrací ve vegetační době, i když zřetelná růstová deprese se dostavila i po vlivu poměrně nízkých koncentrací  $\text{SO}_2$  i u ozimých kultur. Pokud dojde k vnějším příznakům poškození, pak jde především o typ akutního poškození. Mimo to však bylo celou řadou laboratorních pokusů i sledování vývoje zemědělských kultur při různé úrovni znečištění ovzduší prokázáno, že dochází ke ztrátám na produkci plo-  
din i tehdy, nejsou-li vnější příznaky poškození patrné. Tento latentní typ poškození v našich oblastech převažuje nad projevy akutního a chronického poškození. Ke ztrátám na produkci může dojít již při ročním průměru, ležícím mezi 40-50  $\mu\text{g SO}_2 \cdot \text{m}^{-3}$  vzduchu. Jsou výrazné rozdíly v reakci jednotlivých druhů i odrůd zemědělských rostlin na imise. Je zřejmé, že největší kvantitativní ztráty na úrodě jsou u některých vřkvovitých/vojtěška/, na cukrovce, kukuřici, zatím co obilniny jsou relativně odolnější. Pokud jde o ztráty na kvalitě, máme dosud poměrně málo informací. Je však jasné, že i při vlivu nízkých koncentrací dochází ke změnám v obsahu cukrů, aminokyselin, rostlinných barviv a vitamínů v různých rostlinných orgánech. To spolu s přímou kontaminací rostlin prašným spadem, jejich obohacením takovými látkami jako je fluor, nepříznivě ovlivňuje i živočišnou výrobu. U nás se zřetelné ztráty projevují především v Severočeském kraji a na Sokolovsku.

Řešení, i když jen částečné, spočívá především v záměně citlivých druhů a odrůd za méně citlivé a ve všech zásazích, které směřují k udržení úrodnosti půd.

Vliv na lesní hospodářství je daleko komplikovanější především proto, že ho nelze odvodit jen od aktuálního stavu, ale je nutno sledovat vývoj i vlivnění/poškození/ od počátku působení imisí, resp. od počátku vývoje porostu v oblastech, které jsou již dlouhou dobu zatíženy, jako Podkrušnohoří, Kladensko, Ostravsko a pod. Jen tak je možno vysvětlit současný zdravotní stav lesů v řadě našich oblastí. Katastrofální je poškození lesů na Krušných horách, kde v jejich střední a východní části mizí poslední smrkové porosty silně poškozené nebo odumřelé působením velmi vysokých koncentrací  $\text{SO}_2$ . Silně jsou místy poško-

zeny porosty na Krušných horách i v západočeské části /především komplex Klínovce/, v severních okrajích Slavkovského lesa, rychle se zhoršuje stav lesních porostů na Jizerských horách, Krkonoších, poškozeny jsou beskydské lesy, smrčiny na Lužických horách, hřebeny Jeseníků, Středohoří, Žatecko, Kokořínsko a lesní porosty v širokém pražském okolí. Příznaky poškození nebo alespoň první varovné signály jsou i na dalších místech i v oblastech, které jsme zatím považovali za čisté/Českomoravská vysočina, Šumava/.

Znečištění ovzduší se tedy stává rozhodujícím faktorem dalšího stavu a vývoje lesního hospodářství. Je řada důvodů, proč se situace vyvíjí tak nepříznivě. Především je to vysoký podíl citlivých dřevin na složení našich lesů. Velmi citlivá jedle mizí z posledních oblastí, kde ještě hrála určitou roli ve složení lesů/Beskydy, Šumava/, další dvě jehličnaté dřeviny, které jsou rozhodující složkou našich lesů/smrk ztepilý a borovice lesní/prokazují svou velkou citlivost ke znečištění. Druhým faktorem je, že les byl v našich podmínkách zatlačen intenzivním zemědělstvím v mnoha oblastech na stanoviště, která se pro zemědělskou výrobu nehodí /exponované horské polohy, velmi chudé půdy/. Podíl těchto extrémních stanovišť ne celkové výměře našich lesů je poměrně značný. Z rozboru lokalizace a míry poškození porostů se zřetelně prokazuje, že zvláště silně jsou postiženy horské oblasti, exponované hřebeny, porosty na zrašelinělých půdách a na půdách s vysokou hladinou podzemní vody. Na těchto stanovištích reagují porosty již na koncentrace oxidu siřičitého jen o málo vyšší než je současná hladina pozadí i v oblastech čistých.

Mimo přímého vlivu plynných složek imisí na lesní porosty se stále zřetelněji projevují na stavu porostů a především na zdaru lesní obnovy půdní změny, které imise způsobují. Příliv okyselené srážkové vody a přímá sorbce oxidu siřičitého z ovzduší snižují místy i velmi radikálně pH až na hodnoty pod 3. Současně s tím se zvyšuje vyplavování hlavních rostlinných živin z půdního profilu a zvyšuje se rozpustnost sloučenin hliníku i některých těžkých kovů v půdě. Tyto procesy vedou místy na exponovaných plochách a na chudých substrátech k úplnému zničení půdní úrodnosti a znemožnění obnovy lesa. Závažné je, že k tomu může dojít i na místech velmi vzdálených od zdrojů emisí. Ale i méně výrazné půdní změny vedou na řadě míst k překvapivým projevům poruch výživy, především těmi prvky, které podléhají zvýšenému vyplavování pod vlivem imisí pod lesními porosty. V celém tomto procesu se do značné míry uplatňuje i to, že zejména smrkové porosty jsou schopny odlučovat z atmosféry poměrně značná množství znečišťujících látek i plynných sloučenin síry, a proto spadá těchto látek je pod nimi podstatně vyšší než na volné ploše nebo např. pod bukovými porosty. Uvažujeme-li i poměrně nižší intenzitu koloběhu látek mezi porostem a půdou mezi smrkovým porostem, je nutno výhled vývoje úrodnosti pod smrčínami v příštích desetiletích hodnotit celkově nepříznivě.

Pro vývoj zdravotního stavu našich smrkových i borových porostů i v širokém zázemí průmyslových aglomerací je velmi důležitá skutečnost, že vlivem imisí oxidu siřičitého klesá jejich odolnost vůči dalším škodlivinám. Nejvýrazněji se to projevuje ve vztahu k mrazu. Náhlý pokles teploty v březnu 1977 a ještě výraznější pokles na konci roku 1978 vyvolal rozsáhlé poškození smrkových porostů /místy i borovice/ na Krušných a

Jizerských horách a na Beskydech. Postiženy byly jen porosty na lokalitách ovlivněných mrazem. Předpokládá se, že obdobně klesá odolnost lesních porostů vůči dalším škodlivým činitelům-hmyzím škůdcům /obaleč modřínový/ a houbovým /václavka/. Vzhledem k tomu, že pokles odolnosti může vyvolat již poměrně velmi nízká úroveň znečištění, nelze vyloučit výrazné poškození porostů takovými interakcemi i v oblastech, které zatím označujeme jako čisté.

Důsledek celého souboru změn je ztráta na dřevní produkci, se kterou je nutno počítat, dále pak ohrožení vyvolaná úbytkem lesů v dalších sférách národního hospodářství. Na příkladu Krušných hor je možno dokumentovat, jak odumírání smrkových porostů narušuje vodní režim celé krajiny a ohrožuje záplavami povrchové doly a vyvolává nutnost podstatně nákladnějších opatření k jejich ochraně. Závažné následky může mít rychlé odumírání lesních porostů na Jizerských horách, poškození na Beskydech a na Jeseníkách.

Lesní hospodářství má jen značně omezené možnosti se vývoji situace přizpůsobovat. Výběr a výsadba odolnějších druhů dřevin naráží velmi často na specifické stanovištní podmínky /Krušné hory/, které výběr dřevin značně omezují. Meliorační opatření k tomu, aby se udržela produktivita lesních půd jsou mimořádně technicky náročná i nákladná. Abychom zneškodnili to množství kyseliny sírové, která se dostává z ovzduší do lesních půd, bylo by zapotřebí rozmetat ročně v porostech statisíce tun vápence, event. dalších hnojiv k vyrovnání ztrát. To je v současné době úkol zcela nereálný.

Znečištění ovzduší se stalo činitelem, který různými mechanismy ovlivňuje vegetaci na celém území našeho státu. Ohrožen je především les jehličnatý-porosty složené z citlivého smrku ztepilého a borovice lesní. Je nutno čekat další zhoršení jejich zdravotního stavu, především v horských oblastech. Důsledky se projeví jak v produkci dřeva, tak místy v narušení stability krajiny.

## VLIV ZNEČIŠTĚNÉHO OVZDUŠÍ NA LIŠEJNÍKY

Prof. dr. Zdeněk Č e r n o h o r s k ý, DrSc.,  
Katedra botaniky nižších rostlin Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha

Byl jsem vyzván, abych na tomto semináři Čs. vědecké společnosti pro mykologii při ČSAV přednesl šířeji zaměřený referát o lišejnících na biotopech se znečištěným ovzduším, který by byl úvodem k dalším lichenologickým referátům úžeji nebo speciálněji zaměřeným. Poněvadž jsem před nedávnem předložil na stejné téma do kolektivního skriptu pro postgraduální studium na přírodovědecké fakultě UK v Praze svůj příspěvek, použiji jej i v této přednášce, ovšem po provedení potřebných drobných úprav.

Poměrně dlouhou dobu je známo, že lišejníky mizí z vhodných podkladů ve městech a v okolí průmyslových závodů. Některé publikace /např. Pišút 1971/ upozorňují, že dochází k ochuzování lišejníkové flóry a vegetace i ve venkovských oblastech a ve volné přírodě. Poslední skutečnost dobře vynikne, když srovnáme



soupisy lišejníků určitého území v minulosti se soupisem druhů z téhož území, pořízeným v současné době. Lze provést také revizi starého herbářového materiálu vybraných druhů a navštívit pak jejich lokality, zjištěné podle herbářových sched. Na některých těchto starých lokalitách dnes sledované druhy marně hledáme, jinde nalezneme exempláře krnící nebo odumírající a konečně jen na zbývajících nalezištích můžeme zaznamenat jedince v plné vitalitě. Zakreslíme-li staré lokality, na nichž zmíněné lišejníky již nerostou, podle druhů do slepých map prázdným kroužkem, získáme velmi názorný obraz o jejich ústupu ve studovaném území.

Použití starších lišejníkových herbářů k tomuto účelu ukazuje, že uvedený materiál není pouze mrtvou muzeální sbírkou nebo docela balastem, ale že má kromě teoretického lichenologického významu i význam praktický, a to z celospolečenského hlediska.

Již první autoři zabývající se touto problematikou počátkem druhé poloviny min. století/Grindon, Nylander/ předpokládali, že ústup lišejníků z měst a z okolí průmyslových závodů je podmíněn znečištěným ovzduším. Ovzduší ovšem obsahuje řadu nečistot/polutantů/, jejichž zastoupení a vzájemný poměr jsou v různých oblastech různé. Jsou to oxid siřičitý, oxidy dusíku, uhlovodíky a zplodiny vznikající při gotochenických reakcích mezi oxidy dusíku a nenasycenými uhlovodíky, oxid uhelnatý, ozón, sloučeniny fluoru, saze, popílek, prach z lomů, z cementáren, z cest apod. K polutantům ovzduší patří rovněž těžké kovy v drobných částicích kouře, který vzniká nedokonalým spalováním uhlí a nafty/dostávají se do vzduchu také z tavíren rud a z výfukových plynů motorových vozidel/, dále radioaktivní spad, posléze umělá hnojiva, různé chemické přípravky užívané v boji proti hmyzím škůdcům, plevelům a původcům houbových chorob kulturních rostlin v zemědělství aj. látky. O vlivu jednotlivých polutantů na lišejníky jsme informováni nestejně, o některých z nich data tohoto druhu dosud zcela chybějí. Studium uvedené problematiky se zabývá řada prací; jejich výběr viz např. Anděl et Černohorský/1978/. Celkový přehled zmíněné rozsáhlé literatury a její zhodnocení přináší ve své knize F. Ferry et al./1973/. Soupis pozdějších prací publikuje soustavně např. časopis The Lichenologist.

Nejvíce informací, pokud jde o vliv polutantů na lišejníky, je dnes o oxidu siřičitém, dále, byť v menší míře, o těžkých kovech, o radioaktivním spadu a o sloučeninách fluoru. Zde se podrobněji zmíníme o oxidu siřičitém. Tento plyn v ovzduší měst a průmyslových závodů působí na lišejníky většinou nepříznivě, takže podle počtu lišejníkových druhů a jejich vitality lze tam rozlišit několik pásem, jež jsou ve velmi nápadném nepřímém vztahu k naměřené koncentraci  $SO_2$  v ovzduší. Nahoře citovaná kniha dále seznamuje čtenáře s lišejníkovými stupnicemi, které umožňují snadno, levně a poměrně rychle určit stupeň znečištění tímto polutantem. Stupnice se vztahují k průměrné koncentraci  $SO_2$  v rozsahu  $30-170 \mu g \cdot m^{-3}$  a jsou nejcitlivější pro rozmezí  $30-70 \mu g \cdot m^{-3}$ . Tato množství  $SO_2$  ve vzduchu poškozují také některé jehličnany, a proto stupnice založené na lišejníkově vegetaci mají už z tohoto důvodu praktický význam. Je však třeba, aby se při terénních studiích vyloučily všechny faktory s výjimkou polutantů. Tento standardizační požadavek

lze do značné míry respektovat, volíme-li ke studiu lišejníky rostoucí na kůře a borce stromů stejného druhu, stejného stáří a vyskytující se v podobných ekologických podmínkách. Naproti tomu u standardizace neústrojných substrátů je mnohem obtížnější. Zvolené epifytické lišejníky musí mít různou citlivost k  $\text{SO}_2$  a dále je vhodné, aby to byly druhy světlobytné a snadno poznatelné i v terénu.

Oxid siřičitý se dostává do stélek lišejníků ve vodném roztoku. Jeho přeměny jsou závislé na kyselosti podkladů a na jejich pufrací kapacitě. Při vysokém pH se  $\text{SO}_2$  oxiduje na sírany. Klesá-li pH, rychlost přeměny v sírany rovněž klesá a  $\text{SO}_2$  přechází na větší měrou v ion  $\text{HSO}_3^-$  a v nedisociovanou kyselinu siřičitou, jež jsou pro lišejníky vysoce toxické. Také stélky mají pufrací kapacitu. Pokusně bylo prokázáno, že  $\text{SO}_2$  brzdí/inhibuje/ fotosyntézu řasové složky lišejníků. Při pH 3.2 - 4.4 je inhibice fotosyntézy zčásti podmíněna oxidativní destrukcí chlorofylu. Při ještě nižších hodnotách pH ztrácí chlorofyl postupně hořčík a přechází ve feofytin. Za vysokých a středních hodnot pH nedochází k oxidaci chlorofylu a inhibice fotosyntézy nastává pouze tehdy, je-li koncentrace  $\text{SO}_2$  vysoká. Rovněž dýchání lišejníků je citlivé na  $\text{SO}_2$ , a to i při nízkých koncentracích. Ovlivňuje-li  $\text{SO}_2$  nepříznivě fotosyntézu i dýchání, nepřekvapuje, že nepříznivě ovlivňuje i další životní děje lišejníků/at už přímo nebo nepřímo/. Dále z toho lze učinit závěr, že  $\text{SO}_2$  ve vzduchu je jením a patrně hlavním faktorem, který spolupůsobá při ochuzování lišejníkové flóry a vegetace i ve venkovských oblastech a ve volné přírodě. Elektrárny a četné průmyslové závody vypouštějí totiž exhaláty-včetně  $\text{SO}_2$ , jehož množství ve vzduchu neustále stoupá -z velmi vysokých komínů, takže se rozšiřují ve velkém prostoru a nutně zamořují ovzduší i ve volné přírodě.

Pokud jde o citlivost lišejníků k  $\text{SO}_2$ , lze přibližně říci, že druhy se stélkou korovitou jsou nejméně citlivé, kdežto druhy se stélkou lupenitou a zvláště keříčkovitou vykazují postupně vyšší až velmi vysokou citlivost. Neplatí to však obecně, poněvadž se tu kromě morfologie pochopitelně uplatňuje i fyziologie jednotlivých druhů/jejich metabolismus/. Jako příklad nejméně citlivých epifytických lišejníků lze uvést druh *Lecanora conizaeoides*. Jeho korovitá, často práškovitá stélka se těžko smáčí vodou a to je snad jeden ze znaků, který podmiňuje jeho toleranci k  $\text{SO}_2$ , takže se tento druh hromadně rozšiřuje za snížení konkurence jiných lišejníků jako epifyt v městských a průmyslových oblastech. Z lupenitých epifytických lišejníků slabě až středně citlivých lze jmenovat některé terčovky/*Parmelia s.l.*/. Velmi citlivé jsou např. keříčkovité provazovky/*Usnea*/. Jsou zde však určité rozdíly mezi druhy rostoucími na kyselých a na živiny chudých borkách a zástupcích na borkách s vyššími hodnotami pH i s vyšším obsahem živin /eutrofizace borky sazení a prachem!/.

Citlivost lišejníků k  $\text{SO}_2$  je závislá rovněž na jejich individuálním stáří. Raná vývojová stadia a mladí jedinci jsou k  $\text{SO}_2$  citlivější, s čímž souvisí skutečnost, že lišejníky velmi obtížně znovu osidlují podklady, na nichž byly vyhubeny, i když koncentrace  $\text{SO}_2$  je zde dnes nižší. Také u téže stélky je citlivost jednotlivých částí rozdílná podle jejich stáří. Tvorba plodniček a exemplářů ve znečištěném prostředí je snížena a jejich výtrusy mají malou klíčivost.

Některé lišejníkové druhy přijímají ze substrátu těžké kovy, jež ve svých stélkách hromadí v nadbytku. Tato jejich schopnost je však pro jednotlivé kovy u různých druhů rozdílná. Takové druhy proto nalézáme na horninách bohatých na příslušné kovy nebo - jak bylo zjištěno později - v místech se spadem těžkých kovů. Lze uvést řadu příkladů. Z nich jsou pravděpodobně nejzajímavější dva druhy keříčkovitého rodu *Stereocaulon* /*S. nanodes* a snad *S. pileatum*/. Jejich známá tolerance k olovu pomáhá vysvětlit, proč se tyto dva druhy šíří v některých městech bez rudných dolů v okolí, zvláště na zdech poblíž silně frekventovaných komunikací, které jsou znečišťovány výfukovými zplodinami z motorových vozidel. Je zřejmé, že zvýšený příjem a odolnost lišejníků ke kationtům těžkých kovů, jež musí být v jejich stélkách inaktivovány, poskytuje možnost využívat určitých druhů nejen při prospekci těchto kovů, nýbrž i pro zajišťování koncentrací spadu kolem zdrojů emisí. S ohledem na nebezpečí, jež hrozí ekosystémům i při nízkých koncentracích některých těžkých kovů /např. měď, kadmium, zinek/, mohou být informace, které poskytují lišejníky o stupni znečištění prostředí spadem těchto kovů, velmi cenné.

137 Příjem radiokativního spadu/radioaktivních nuklidů, zvláště Cs, <sup>90</sup>Sr/ a jeho následné hromadění ve stélkách lišejníků je asi podobné jako u neradioaktivních kationtů. Nebezpečí radioaktivních nuklidů, jež lišejníky akumulují - ve srovnání s vyššími rostlinami - v množství asi desetkrát vyšším, záleží v tom, že jsou zdrojem záření a že se potravním řetězcem eventuálně dostanou do těla člověka. Toto nebezpečí bylo aktuální zvláště v Arktidě, jak ukazují četná publikovaná data o potravním řetězci lišejníkosob polární nebo karibu - člověk. Kromě toho mají některé lišejníky význam i jako indikátory radiového spadu.

Sloučeniny fluoru /fluorovodík a fluoridy/ jsou v ovzduší převážně v podobě drobných částic. Dosavadní studie, prováděné v nedávné době, souhlasně ukazují, že fluor je pro lišejníky jedovatý. Ale názory o jejich citlivosti k F se zatím rozcházejí; zdá se, že se tato citlivost liší od citlivosti k SO<sub>2</sub>. Přesto však se lišejníky ukázaly jako dobré indikátory fluorových emisí, unikajících např. z hliníkových továren. Pokusně bylo prokázáno, že se fluor ve stélkách lišejníků hromadí.

Existuje-li nápadný vztah mezi výskytem lišejníků /počtem druhů, jejich početností, pokryvností a vitalitou/ a koncentrací SO<sub>2</sub> ve vzduchu, nepodařilo se podobný vztah prokázat k množství kouře /sazí/ v ovzduší. Nehledíme-li k obsahu těžkých kovů v částicích kouře, je vliv samotného kouře /tj. bez SO<sub>2</sub>/ na lišejníky mnohem méně škodlivý, než se dříve předpokládalo. Podobně se nepodařilo podpořit názor zesnulého polského badatele Rydzaka/Rydzak 1954 a jeho pozdější práce/, že mizení lišejníků z měst a z jejich okolí je podmíněno suchostí městského klimatu. Ale tento problém, týkající se změny vlhkostního a teplotního režimu ve městech /zastavěné plochy, dlažba, rychlý odtok srážkové vody kanalizací atd./ a jejich vlivu na lišejníky, není zcela dořešený.

Z tohoto neúplného přehledu je zřejmé, že komplexní problematika znečištěného ovzduší a jeho vlivu na lišejníky je významná nejen z hlediska teoretického, nýbrž i praktického. Ostatně v některých státech bylo lišejníkových stupnic využito dokonce při výstavbě měst a při rozhodování o umístění nebo přemístění průmyslových závodů. Je zde však stále ještě hodně ne-

dořešených otázek.

Potřebuje tedy tento obor více pracovníků a komplexních pracovních týmů, více experimentálních výsledků, které by potvrdily, zpřesnily nebo opravily výsledky terénních studií, a k tomu také více vhodných a lacinějších zařízení jak pro další pokusnou práci, tak také pro měření koncentrací polutantů. Při experimentálních pracích bude třeba více respektovat fyziologický stav rostlin před pokusem a podmínky v pokusech více přizpůsobovat podmínkám v terénu.

#### Citovaná literatura

- Anděl P. et Černohorský Z./1978/: Lišejníky a znečištění ovzduší na Liberecku. Preslia, Praha, 50: 341-359.
- Ferry B.W., Baddeley M.N. et Hawksworth D.L./red.//1973/: Air pollution and lichens. Ed. The Athlone Press of the University of London, London.
- Pišút I./1971/: Verbreitung der Arten der Flechtengattung *Lobaria*/Schreb./Hue in der Slowakei. Zborn. Slov. Nár. Múz., Prír. Vedy, Bratislava, 17/1: 105-130.
- Rydzak J./1954/: Wpływ małych miast na florę porostów. Część I. Dolny Śląsk-Kluczbork, Wołczyn, Opole, Cieszyn. - Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, ser. C, 10/1: 1-32.

### VYUŽITÍ LIŠEJNÍKŮ PŘI KVANTITATIVNÍM HODNOCENÍ IMISNÍ ZÁTĚŽE KRAJINÝ

RNDr. Petr A n d ě l  
Ústřední laboratoře ČSUP, Stráž pod Ralskem

#### Úvod

Základním současným problémem v ochraně a tvorbě životního prostředí je společnsky a ekologicky optimální sladění různých druhů činnosti v krajině. Pro správné řešení vznikajících střetů mezi rezorty je nezbytné mít k dispozici dostatek spolehlivých a systematických podkladových materiálů o vývoji a stavu jednotlivých složek životního prostředí, tedy i čistotě ovzduší.

V současné době existuje již řada nejrůznějších analytických postupů, které umožňují stanovovat prakticky všechny potřebné látky ve vzduchu, často v nepředstavitelně nízkých koncentracích /i v hodnotách nižších než  $10^{-10} \text{g.m}^{-3}$ /. Využívá se přitom všech základních analytických metod, od klasických chemických /gravimetrie, volumetrie aj./ až k moderním metodám instrumentální /absorpční spektrofotometrie, hmotová spektrometrie, polarografie, chromatografie aj./.

Naskytá se zde otázka, jaké místo zaujímá metoda bioindikace čistoty ovzduší pomocí lišejníků/lišejníková analýza/ mezi dříve zmíněnými chemickými a fyzikálně chemickými postupy a má-li vůbec prakticky smysl se s ní při současném technickém rozvoji jako s analytickou metodou zabývat. V následující části se pokusím na tuto otázku alespoň částečně odpovědět.

#### 2. Lišejníková analýza jako analytická metoda

Obecně můžeme každou analytickou metodu posuzovat z nejrůz-

nějších hledisek. Pro potřeby tohoto srovnání považují za dostačující charakteristiku zodpovězení čtyř základních okruhů otázek: a/co metoda stanovuje, b/jakým standardním postupem, c/s jakou správností a přesností a d/s jakou časovou a ekonomickou náročností. Probereme nyní postupně tyto jednotlivé body.

#### a/ Předmět analýzy

Tento bod má z hlediska praktického významu lišejníkové analýzy zásadní smysl. Při jeho hodnocení musíme vycházet z obecných cílů sledování čistoty ovzduší. Na prvním místě je bezesporu studium vlivu exhalátů na zdraví člověka a snaha omezit toto negativní působení na minimum. Stejně závažné je sledování vlivu na ostatní živé organismy, protože vazba k člověku je zde prostřednictvím zemědělství, lesnictví a celkového vývoje ekosystému v kulturní krajině velmi těsná. Až na dalších místech je vliv na materiály, čistě vědecké hledisko atd.

Teprve při snaze aplikovat jednotlivé údaje o čistotě ovzduší na konečné zájmové objekty/člověka, rostliny, živočichy/ vystupují do popředí problémy, které složitý dynamický systém ovzduší přináší. Výsledkem jednotlivých chemických analytických metod je stanovení koncentrace určité látky na určitém místě a v daném čase. Samotná tato hodnota však nic neříká o účinku na živý organismus. Navíc se v ovzduší nevyskytuje pouze jedna, ale celá směs nejrůznějších toxických látek/kysličníky síry, dusíku, sloučeniny chlóru, těžké kovy, organické látky, prachové částice atd./ a jejich vzájemný koncentrační poměr výrazně ovlivňuje celkové biologické působení/inhibiční a synergický účinek/. Obecné teoretické řešení těchto složitých vztahů neexistuje. Pro různé praktické účely je sice vytvářena řada empirických indexů, udávajících celkové znečištění z koncentrací jednotlivých škodlivin, ale hlavní metodou pro stanovení celkové toxicity jsou stále experimentální testy na modelových živých organismech, tedy metody bioindikační. Z tohoto hlediska lze lišejníky považovat za jednu z dobře zkoumaných modelových skupin organismů, které svými reakcemi indikují určitou integrovanou kvalitu čistoty ovzduší. Tato integrace je nejen látková /chemické složení směsi exhalátů/, ale i časová/délka působení exhalátů/ a koncentrační/vliv extrémních koncentrací, rozložení četnosti koncentrací atd./.

Na předložený bod a lze tedy celkově odpovědět, že pomocí lišejníkové analýzy je sledována určitá dlouhodobá celková kvalita čistoty ovzduší.

#### b/ Standardizace postupu

V literatuře je popsána celá řada různých metodických postupů pro využití lišejníků jako bioindikátorů čistoty ovzduší /rozšíření indikačních druhů, metody fyto-sociologické, transplantační pokusy, fyziologické testy, chemický rozbor stélek atd./ . V současné době jsou patrně nejrozšířenější metody floristicko-sociologické, proto se zaměřím především na ně.

Standardizací postupů byla věnována značná pozornost již od samých začátků studia citlivosti lišejníků k exhalátům. Především z tohoto důvodu se při sběru vzorků rozšířilo používání epifytických lišejníků, protože standardizace substrátů je zde mnohem snazší/stačí taxonomické určení nebo příp. sběr na jednom druhu stromu/ než u geologických podkladů/nutnost z chemických analýz hornin nebo půdy/. Zpracování vzorků je prováděno běžnými taxo-

nomickými postupy. Rovněž ve fázi vyhodnocování výsledků bylo dosaženo lepšího sjednocení zavedením různých číselných indexů/např. IAP/. Lze tedy konstatovat, že v současné době lze pro jednotlivé konkrétní podmínky vybrat a sestavit standardizovaný postup tak, aby rušivé vlivy ostatních faktorů byly dostatečně potlačeny.

### c/Správnost a přesnost

Za správné výsledky se považují takové, které se v průměru dobře shodují se skutečnou hodnotou/tzn. jsou zatíženy pouze náhodnými chybami/. Posouzení správnosti metody tedy předpokládá znalost této "skutečné hodnoty", její stanovení jinou uznanou srovnávací metodou. Již z toho, co bylo řečeno v bodě a//lišejníková analýza stanovuje určitou celkovou čistotu ovzduší/, je zřejmé, že přímé jednoznačné stanovení skutečné hodnoty není možné, a že tedy i k posouzení správnosti musíme použít nepřímých postupů: -korelační a regresní výpočty: statistické testování číselných indexů z lišejníkové analýzy s koncentracemi/průměry s maximy, minimy/ hlavních škodlivin/SO<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, spad/. Tyto výpočty potvrdily schopnost lišejníků indikovat čistotu ovzduší;

-interpretace výsledků: jako většina analytických metod patří lišejníková analýza mezi tzv. metody nepřímé/srovnávací/, kde naměřené hodnoty jsou porovnávány se známými hodnotami/standards/. U lišejníkové analýzy to znamená, že získané číselné hodnoty nepovažujeme za výsledky absolutní, ale pouze za relativní, jako vzájemné srovnání stavu na sledovaných lokalitách. Při mapování určitého území to tedy umožňuje stupnovitě odlišit části nejvíce až nejméně zasažené exhaláty. Takovéto relativní mapy vykazují většinou dobrou shodu s výsledky jiných analytických a bioindikčních metod.

Lze shrnout, že v současné době existuje již dostatek literárních a experimentálních údajů, které nepřímo potvrzují dostatečnou správnost lišejníkové analýzy pro praktické účely.

Přesné výsledky jsou takové, které se při paralelním stanovení vzájemně dobře shodují/ale mohou se od skutečné hodnoty lišit o soustavnou chybu/. Přesnost/reprodukovatelnost/ analytické metody, jakožto jednu ze základních charakteristik je třeba stanovovat v každém konkrétním případě a počítat s ní při vyhodnocování výsledků. Prakticky to znamená, provádět na dané lokalitě více sledování/hodnocení několika stromů/, využívat semi- kvantitativní a kvantitativní ukazatele a konečně statisticky zpracovávat získané číselné údaje. Tato postupy jsou dostatečně známy a lze shrnout, že lišejníková analýza umožňuje stanovování reprodukovatelnosti pro jednotlivé případy a její zahrnutí do interpretace výsledků.

### d/Časová a ekonomická náročnost

Nesporná přednost lišejníkové analýzy spočívá právě v časové a ekonomické nenáročnosti, což vynikne především při detailním mapování čistoty ovzduší v oblastním nebo místním měřítku. Značná proměnlivost celkové imisní situace vlivem geomorfologie terénu, vzájemnou kombinací dálkových a místních zdrojů a dalších faktorů je dostatečně známa.

Vybudování tak husté sítě chemických měřících stanic, která by mohla tyto rozdíly dostatečně postihnout, není vůbec ekonomicky únosná. A právě zde v podrobném mapování čistoty ovzduší, které má často značný přínos pro plánování v zemědělství, lesnictví a zdravotnictví, spočívá hlavní praktický a dosud nena- hraditelný význam bioindikčních metodik.

### 3. Konkrétní příklad aplikace

V následující části je stručně uveden konkrétní příklad aplikace lišejníkové metody při mapování čistoty ovzduší v Jizerských horách.

Mapování bylo provedeno na žádost Správy Chráněné krajinné oblasti Jizerské hory v Liberci v létě 1980 jako součást komplexního výzkumu čistoty ovzduší, na předem vybraných 28 lokalitách. Cílem bylo zjistit celkovou imisní zátěž v různých částech oblasti působení především kysličníků síry, fluoru a těžkých kovů ze zdrojů exhalací v PLR-NDR a Liberecké kotliny.

Standardizace postupu:

-umístění lokalit: vrcholové smrčiny staršího věku dostatečně prosvětlené v nadmořské výšce min. 600 m n.m.

-substrát: smrk

-pracovní postup:

.na každé lokalitě vybráno náhodně 20 stromů

.na každém z nich hodnocena veškerá lišejníková makrovegetace/ s výjimkou r. *Cladonia*/

.u každého druhu zaznamenána na základě odhadové stupnice hodnota  $f$  a  $v$

.hodnota  $f$  = kvantitativní zastoupení druhu

5= velmi hojně se vyskytující druh

4= hojně se vyskytující

3= středně se vyskytující

2= málo se vyskytující, pouze několik stélek

1= jeden nebo dva exempláře

.hodnota  $v$  = vitalita druhu

1,0 = stélky normálně vyvinuté, bez známek poškození

0,8 = stélky zakrnělé, příp. mírně poškozené

0,6 = stélky s výraznými stopami odumírání a poškození

0,4 = stélky z velké části odumřelé

0,2 = stélky zcela odumřelé

-zpracování výsledků:

.pro každý strom byla vypočtena hodnota indexu  $L$

$$L = \sum_1^n Q \cdot f \cdot v$$

$n$  = počet druhů makrolišejníků nalezených na daném stromě

$Q$  = ekologický index každého druhu lišejníků, udávající jeho citlivost ke znečištění ovzduší

pro nalezené druhy byly použity tyto hodnoty  $Q$ :

*Hypogymnia physodes* ..... 2

*Pseudevernia furfuracea* ..... 4

*Cetraria chlorophylla* ..... 5

*Platismatia glauca* ..... 5

$f$  = hodnota určující kvantitativní zastoupení druhu

$v$  = hodnota určující vitalitu druhu

.pro každou lokalitu byl z 20ti získaných hodnot indexu  $L$  vypočten:  $L/20$ , aritmetický průměr, značený  $L/20$ , který je základní výstupní hodnotou této metodiky a odpovídá stupni čistoty ovzduší dané lokality. Čím je  $L/20$  vyšší, tím lepší je čistota ovzduší,

2/směrodatná odchylka jako podklady pro stanovení reprodukovatelnosti metody a pro statistickou interpretaci výsledků;

-interpretace výsledků:

výpočtem  $L/20$  byly získány hodnoty, které se na sledova-

ných 28 lokalitách pohybovaly od 0,00 do 6,48. Při rozdělení zájmového území na jednotlivé podoblasti s různým stupněm imisní zátěže je třeba uvažovat nejen samotné hodnoty  $L/20/$  ale i rozptyl hodnot  $L$  na jednotlivých lokalitách, tedy reprodukovatelnost metody. Všechny lokality byly mezi sebou vzájemně statisticky testovány. Bylo hodnoceno, zda rozdíly mezi aritmetickými průměry  $L/20/$  jsou statisticky významné/pomocí F-testu a t-testu na hladině významnosti  $p=0,05/$  a je-li tedy možné považovat je za místa s různou čistotou ovzduší. Nebo zda i přes jistý číselný rozdíl v  $L/20/$  patří do stejného základního souboru/tedy do stejné oblasti čistoty ovzduší/. Výsledkem testování bylo rozdělení lokalit celkem do čtyř základních a dvou přechodných skupin s různým stupněm znečištění ovzduší.

Výsledky prokázaly zásadní vliv zdrojů exhalací v PLR a NDR na imisní situaci v Jizerských horách. Vliv zdrojů z Liberecké kotliny je méně výrazný. Zároveň bylo prokázáno, že lišejníkovou analýzu lze použít i v oblastech s velmi chudou epifytickou lišejníkovou vegetací.

### Z á v ě r

Úspěch analytické práce spočívá ve správné volbě metody pro každý konkrétní účel. V předchozím přehledu i na konkrétním příkladu z Jizerských hor bylo ukázáno, že lišejníková analýza splňuje všechny základní předpoklady pro analytickou metodu a je tím rovnocenná ostatním používaným chemickým postupům. Je určena pro semikvantitativní a kvantitativní mapování celkové imisní zátěže v krajině, kde spolu s dalšími bioindikačními metodami je dosud nenahraditelná.

Problematika čistoty ovzduší je velmi složitá. Proto pro získání komplexních spolehlivých údajů o situaci na určitém území je nezbytné aplikovat všechny dostupné metody. Za základní považují tyto:

- lišejníkovou analýzu a další bioindikační metody pro plošné celkové rozdělení území na oblasti s různou imisní zátěží;
- chemické měření koncentrací hlavních škodlivin pro sledování momentálních koncentrací a "okalibrování" vytypovaných oblastí a podoblastí;
- chemické rozbory srážkových vod a spadu pro kvantitativní hodnocení působících exhalátů;
- matematické modely vycházející z emisní situace a experimentálních imisních dat pro zobecnění získaných údajů.

Pouze tímto komplexním přístupem lze využít přednosti jednotlivých indikačních metod a získat údaje, které se vzájemně doplňují a v souhrnu vytvářejí dostatečný ucelený materiál pro nezbytné plánovací a organizační akce.

### L i t e r a t u r a

- Anděl P./1980/:Lišejníková analýza čistoty ovzduší v Jizerských horách. Výzkumná zpráva pro zprávu CHKO Jizerské hory./Ms./ Liberec.
- Barker K.et al./1966/:Znečištění ovzduší.SZdN Praha.
- Hanibal J.et P.Raab/1979/:Problematika kvality ovzduší.SZN Praha.
- Reisenauer R./1965/:Metody matematické statistiky a jejich aplikace.SNTL Praha.
- Zýka J.et al./1979/:Analytická příručka.SNTL Praha.



## LIŠEJNÍKY A ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA TÁBORSKU

Prom. biol. Jiří Liška

Katedra botaniky nižších rostlin PŘF UK, Praha

V ČSSR se problém vztahu lišejníků a znečištění ovzduší studuje již čtvrtstoletí a existuje množství prací, zabývajících se uvedeným tématem. Tyto práce byly vesměs dělány v oblastech s velmi silným znečištěním ovzduší - v okolí továren a velkých měst. Velmi málo je známo o stavu lišejníkové vegetace v oblastech s nižší intenzitou znečištění ovzduší.

Cílem mé práce bylo zachytit změny ve složení lišejníkové flóry okolí Tábora v éase. Jako podklad byla použita vlastní diplomová práce /Liška 1975/, která se na základě terénních sběrů během let 1973-1975 zhodnotila stav lišejníkové flóry v souvislosti se znečištěním ovzduší.

Studovaná oblast je vymezena okruhem 10-12 km kolem Tábora. Terén je převážně tvořen plošinou o průměrné nadmořské výšce 400-500 m, do níž se zařezávají vodní toky /Lužnice a její přítoky/ nebo jsou v ní malé sníženiny /největší u Turovce/. Místy vystupují zaoblené kopce s výškou kolem 600 m n.m. Charakteristickým rysem, majícím i příznivý vliv na mikroklíma, je větší množství rybníků /největší Jordán přímo ve městě s rozlohou 50 ha/ a lesních ploch, jež zaujímají asi jednu třetinu rozlohy zájmové oblasti. Klimaticky je Tábořsko mírně teplou oblastí s průměrnou roční teplotou kolem 7°C a průměrnou měsíční teplotou od -2,9/leden/ do 17,1°C/červenec/. Průměrné množství srážek se pohybuje od 500 do 700 mm. Převládají západní směry větrů /SZ a JZ/ a poměrně značně je vyvinuto proudění od JV.

Největšími zdroji znečištění ve studované oblasti jsou teplárna n.p. Silon, vypouštějící ze 100m vysokého komína 3 400 tun ročně a teplárna Tábor 1, která vypouští ze 74m vysokého komína 1 800 tun ročně. Průměrná roční naměřená koncentrace SO<sub>2</sub> v Táboře je 43-98 ug/m<sup>3</sup>. Měření koncentrace SO<sub>2</sub> provádí OHS v Táboře kolorimetrickou metodou. Hodnocení naměřených koncentrací SO<sub>2</sub> je značně problematické, neboť odběrová stanoviště nebyla volena speciálně s ohledem na šíření této škodliviny. Metodiku zatím dostupnou KHS nelze přizpůsobit podmínkám rozhodným pro rozptyl SO<sub>2</sub>. Měření je prováděno krátkodobě a jde tedy vlastně o náhodné vzorky a srovnání výsledků s nejvýše přípustnou krátkodobou koncentrací není ani orientačně směrodatné. Vzhledem ke zmíněným nepřesnostem lze pro praktické využití výsledků považovat naměřené hodnoty nejvýše za možné pozadí znečištění přízemního ovzduší a nikoli za hodnoty skutečného znečištění, které jsou pravděpodobně vyšší. V r. 1980 bylo pokusně započato s kontinuálním měřením na jediném stanovišti, avšak po 4 měsíčním provozu bylo měření nereprezentativní, neboť se nepodařilo dosáhnout a udržet konstantní průtok vzduchu, takže prosáté denní objemy velmi značně kolísají.

Použití lišejníků jako bioindikátorů si vyžaduje určitou standardizaci, neboť je třeba snížit vliv ekologických faktorů jiných než znečištění ovzduší. Byly zkoumány pouze epifytické lišejníky, tj. rostoucí na borce pokud možno osamělých stromů vyjma břízy a jehličnanů, jejichž průměr přesahoval 20 cm. Byly zaznamenávány lišejníky od báze stromu až do výše 2m. Nebyly zkoumány stromy přestárlé. Kromě druhu stromu byla hodnocena

i abundance a vitalita nalezených lišejníků podle kombinované třístupnové škály/Pišút et Lisická-Jelínková 1974/. Bylo pro - zkoumáno celkem 217 stanovišť, na nichž bylo nalezeno celkem 71 taxonů. Výsledky byly zpracovány jednak zhotovením a porováním map rozšíření jednotlivých druhů/viz Liška 1975/, jednak na základě indexu IAP /Liška 1978/. Tento index zavedli a poprvé použili De Sloover et Le Blanc/1968/:

$$IAP = \frac{n}{100} \sum /Q \times f/,$$

později jej modifikovali a zdokonalili/Le Blanc et De Sloover 1970/:

$$IAP = \frac{\sum /Q \times f/}{10},$$

kde  $n$  je počet druhů lišejníků na stanovišti,  $f$  je hodnota v kombinované stupnici abundance a vitality, a  $Q$  je tzv. ekologický index druhu, tj. průměrný počet druhů konkurenčně přítomných s daným druhem na všech stanovištích. Tento index IAP je vypočítán pro každé zkoumané stanoviště a jistým způsobem je charakterizuje při zahrnutí kvalitativních i kvantitativních /popř. semikvantitativních/ údajů. Na základě indexu IAP byly vymezeny tři zóny, reprezentující různý stupeň zasažení imisemi/viz Liška 1978/. Ve studované oblasti nebyla nalezena tzv. lišejníková poušť v pravém slova smyslu/toto označení se v literatuře velmi traduje, ovšem s různou náplní, proto Laundon /1967/ doporučil, aby se označení "lišejníková poušť" raději nepoužívalo/. Je velmi rychlý nárůst počtu druhů a jejich abundance směrem k okrajům města, které někde mají relativně bohatou lišejníkovou vegetaci s lupenitými a v blízkosti města/ve vzdálenosti 1-3km/ dokonce i s keříčkovitými lišejníky/ *Usnea hirta*, *Alectoria fuscescens*, *Evernia prunastri* aj./ . Velmi zajímavý je výskyt relativně citlivých druhů/ *Evernia prunastri*, *Lecanora varia*, *Parmelia acetabulum*, *Usnea hirta*/ mezi oběma největšími zdroji znečištění. Zóna silně zasažená na západě více méně koresponduje s okrajem města, zatímco na východě a především na JV je značně protažena v závislosti na směru převládajících větrů a topografií terénu. Celkem bylo konstatováno, že Tábořsko má poměrně dobře zachovalou vegetaci epifytických lišejníků. Ve studované oblasti dochází k významnějšímu znečišťování ovzduší teprve v poslední době a vzhledem ke zpožděné reakci ekosystému neodpovídá nalezený stav lišejníkové epifytické vegetace současné úrovni znečištění ovzduší. Bylo předpovězeno zhoršování stavu epifytické lišejníkové vegetace a ústup citlivých druhů.

V letech 1978-1979 byl proveden stejný výzkum s cílem zachytit případné změny v lišejníkové vegetaci. Na 191 stanovištích/neboť 26 jich mezitím bylo poraženo/ bylo nalezeno celkem 64 taxonů. Na základě hodnot IAP byly opět vymezeny 3 zóny různého stupně zasažení. Ve srovnání s vymezením zón na základě dřívějších výzkumů/srov. Liška 1978/ se rozšířila zóna I silně zasažená/ na svém východním a JV okraji, tedy ve směru převládajících větrů a navíc v sobě uzavírá enklávu zóny II. Tato zóna mírně zasažená se značně rozšířila, takže zóna III /slabě zasažená/ je omezena pouze na Z a SV okraj studované oblasti a kromě toho na izolovanou enklávu v okolí vesnice Turovec. Toto malé území leží v malé sníženině kolem dokola chráněno lesními komplexy a navíc příznivé mikroklima ovliv-

ňuje i několik rybníků/vyšší vzdušná vlhkost/.Celkem zmizelo 6 druhů-všechny byly předtím nalezeny pouze na jediném stanovišti, jeden druh byl nalezen nově. Některé druhy vykázaly poměrně rychlý ústup/*Alectoria fuscescens*, *Parmelia exasperulata*, *P. sulcata*, *Physcia stellaris*, *Usnea hirta*, *Xanthoria parietina*/, některé značně snížily abundanci/*Evernia prunastri*, *Parmelia sulcata*, *Xanthoria candelaria*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora varia*/. Mírnější ústup byl zaznamenán u druhů: *Candelaria concolor*, *Physcia caesia*, *Pseudevernia furfuracea*. Mnohé citlivější druhy již dříve ustoupily a dnes pouze přežívají na izolovaných stanovištích s příznivějšími ekologickými podmínkami jako relikty, přestože i na takových stanovištích doznávají negativních změn. Jsou to druhy: *Parmelia acetabulum*, *P. caperata*, *P. subargentifera*, *P. subrudecta*, *P. tiliacea*, *Pertusaria albescens*, *P. amara*, *Physcia aipolia*, *Physconia pulverulenta*, *Ramalina farinacea*, *R. fraxinea*, *R. pollinaria*. Naproti tomu jiné druhy značně lépe snáší znečištěné ovzduší a vykazují dokonce progresivní tendenci ve svém rozšíření: *Lecanora conizaeoides*, *Lecidea scalaris*, *Phlyctis argena* a částečně i *Buellia punctata*. Zda je to způsobeno jejich toxitolerantností/příp. toxifilností?/ či zda jde o obsazování stanovišť uvolněných ústupem citlivějších a konkurenčně silnějších druhů, nelze dnes ještě jednoznačně rozhodnout.

Pokud zkoumáme změny lišejníkové flóry v čase, je ideální, máme-li k dispozici staré údaje nebo herbářové položky. Bohužel Tábořsko nepatřilo k územím lichenology často navštěvovaným. Jako první prováděl lichenologický výzkum na Tábořsku Alexandr Josef Bernard během svého působení na reálném gymnáziu. Jeho Klíč k určování lišejníků rosolovitých, křovinatých i lupenitých okolí Tábořského/Bernard 1887/ je také jedinou soubornou prací z tohoto území. Bohužel není k dispozici herbář. Některé drobnější nálezy dr. M. Servítu/nepublikované/ jsou uloženy ve sbírkách Národního muzea v Praze, další údaje uvádějí ve svých monografiích Erichsen/1936/ a Magnusson/1947/. Ve srovnání s prací Bernarda/1887/ nebyly nalezeny tyto druhy: *Lobaria pulmonaria*, *L. "linita"*/zřejmě chybně určený materiál lišejníku *L. pulmonaria*/, *L. scrobiculata*, *Sticta fuliginosa*, *S. sylvatica*, *Menegazzia terebrata*, *Letharia divaricata*. Další druhy udávané jako velmi hojné jsou dnes vzácné, odsouzeny k zániku/nalezeny pouze na jediné lokalitě/, popř. již ze studované oblasti zmizely: *Alectoria fuscescens*, *Physcia stellaris*, *Physconia pulverulenta*, *Ramalina pollinaria*, *Anaptychia ciliaris*, *Parmelia caperata*, *Ramalina fraxinea*, *Ramalina fastigiata*. Pokud můžeme z úžkovitých údajů udělat závěr o dřívějším rozšíření lišejníkové flóry na Tábořsku, dnešní stále ještě relativně bohatá epifytická lišejníková flóra je mezistupněm-některé velmi citlivé druhy již vymizely, jiné ještě přežívají, ale zřejmě v blízké době ze studované oblasti vymizí a epifytická lišejníková flóra bude dále ochuzena. ch

V oblastech, které jsou postiženy vysokými koncentracemi oxidu siřičitého, je znečištění ovzduší hlavním faktorem ovlivňujícím výskyt epifytických lišejníků. V případě, že imise nedosahují tak vysokých hodnot, uplatňují se ještě další vlivy a situace je velmi komplikovaná. Jedním z vel. důležitých faktorů, se kterým je nutno počítat při studiu lišejníků rostoucích na borce osamělých stromů, tj. nejčastěji podél komunikací, je eutrofizace substrátu. Tento faktor je do jisté míry schopen

paralyzovat působení znečištěného ovzduší-na eutrofizovaných substrátech pak může růst relativně bohatá lišejníková flóra, jejíž výskyt je však ovlivňován jinými faktory než znečištěným ovzduším. Tato flóra je představována jinými druhy než těmi, které by se normálně vyskytovaly na stanovišti neovlivněným eutrofizací. Dále se významně uplatňují i další faktory: geomorfologie terénu, stáří substrátu, expozice na kmenech stromů, zastínění jinými stromy, budovami, blízkost lesa, vodní plochy a vůbec všechny faktory ovlivňující mikroklima stanoviště. Stanoviště s příznivými mikroklimatickými podmínkami hostí často druhy, které zde přežívají, resp. dožívají, neboť se zřejmě u nich projevuje neschopnost kolonizovat nové substráty.

Z rozložení zón zasažení oxidem siřičitým se zdá, že jako další zdroj znečištění se významně uplatňují také topeniště obytných budov, zatímco exhalace z vysokých komínů obou tepláren jsou zřejmě dosti zřehodovány, ale zasahují větší plochu.

Na základě provedených výzkumů byla sestavena předběžná stupnice citlivosti lišejníků, odděleně pro substráty eutrofizované a neeutrofizované podobně jako v anglické stupnici/Hawksworth et Rose 1970/. Často některé druhy nelze jednoznačně do uvedených dvou skupin zařadit/stejně jako v terénu lze najít stanoviště přechodná/, takové druhy pak mohou figurovat i v druhé skupině. Některé druhy mají pořadí přibližné/jsoy uvedeny s ozatníkem/, neboť není k dispozici dostatek podkladových údajů. V porovnání s dřívějším hodnocením stupně zasažení/Liška 1978/ byl zaznamenán u některých druhů posun ve směru větší citlivosti/*Parmelia sulcata*, *Candelaria concolor*, *Evernia prunastri*, *Pertusaria albescens*, *Physcia stellaris*, *Usnea hirta*, *Alectoria fuscescens*, částečně i *Hypogymnia physodes*/. Naproti tomu ve směru toxitolerance byl zaznamenán posun u *Phlyctis argena* a částečně u *Physcia adscendens*. Druhy *Lecanora varia* a *Physconia grisea* by zřejmě patřily ve stupnici na nižší pozici/pravděpodobně reagují vůči jiným druhům opožděně/.

Každá podobná stupnice nemá použití univerzální, platí pouze pro omezené území. Aplikace např. anglické/Hawksworth et Rose 1970/ nebo holandské/de Wit 1976/ stupnice na naše poměry je prakticky nemožná. Různé druhy se v různých klimatických podmínkách chovají odlišně, jak plyne již z pouhého porovnání uvedených stupnic. Stupnice Hawksworth et Rose/1970/, vypracovaná pro Anglii a Wales, je desetičlenná, přičemž poslední tři stupně u nás téměř nejsou. Druh *Lecidea scalaris* je uveden ve 4. zóně až za *Hypogymnia physodes*; *Parmelia exasperatula* a *Pseud-evernia furfuracea* v 6. zóně spolu s druhy *Parmelia caperata*, *P. tiliacea* a *Alectoria fuscescens*, zatímco *Parmelia subrudecta* již v 5. zóně spolu s *Lecanora chlorotera*. Pro eutrofizovanou borku je *Xanthoria candelaria* v 5. zóně spolu s *Parmelia acetabulum* a *Ramalina farinacea*, zatímco *Candelaria concolor* až v 7. zóně spolu s druhy jako *Anaptychia ciliaris*, *Ramalina fastigiata* a *Physcia aipolis*. Na jiné stupnici pro Holandsko/de Wit 1976/ je největším rozdílem zařazením *Phlyctis argena* v předposlední zóně mezi *Ramalina fastigiata* a *Ramalina fraxinea*.

Námi uvedená stupnice/viz str. 20/ představuje určitý prototyp-vyjadřuje mezistupen, ve kterém se v současnosti nachází lišejníková flóra Táborska, která je stále ve stádiu značných dynamických změn. Nemá proto všeobecnou platnost. Je třeba ji ověřit, popř. doplnit dalšími a podrobnějšími výzkumy a v jiných oblastech.

Zóna	Neeutrofizovaná borka	Eutrofizovaná borka
I.	Lecanora conizaeoides ? Lepraria sp. Lecidea scalaris Bacidia chlorococca Phlyctis argena	Buellia punctata
	Hypogymnia physodes  Parmelia sulcata	Physcia orbicularis Physcia dubia Candelariella xanthostigma Physcia adscendens
II.	Lecanora varia  Pseudevernia furfuracea	Biatorella moriformis ? Physconia grisea Xanthoria candelaria Physcia caesia Xanthoria parietina Candelaria concolor Parmelia exasperulata Lecanora carpinea Lecanora chlorotera Physconia enteroxantha ? Lecanora shagenii Caloplaca holocarpa
	Pertusaria albescens Lecanora chlorona Pertusaria amara  Evernia prunastri  ? Parmelia tiliacea Platismatia glauca Cetraria chlorophylla Usnea hirta	Physcia stellata Lecidella elaeochroma  Parmelia acetabulum
III.	Alectoria fuscescens  Parmelia subrudecta  ? Pertusaria coccodes Ramalina farinacea Parmelia caperata  Ramalina fraxinea Ramalina fastigiata	Ramalina pollinaria ? Rinodina exigua ? Rinodina pyrina Xanthoria polycarpa  Physconia pulverulenta Parmelia subargentifera  ? Physcia aipolia Anaptychia ciliaris

Na závěr je možno říci, že epifytické lišejníky jsou velmi citlivými organismy s velkým využitím pro indikaci znečištění ovzduší. Bioindikace pomocí lišejníků je vhodná zvláště v takových oblastech, kde znečištění ovzduší není jiným způsobem sledováno. Aby však bylo možné lišejníky k těmto účelům využít, je třeba si uvědomit naléhavou nutnost zachování jejich přirozených substrátů, tj. stromů a stromořadí podél silnic a cest.

#### L i t e r a t u r a

- Bernard A.J./1887/: Klíč k určování lišejníků rosolovitých, křovitých i lupenitých okolí Tábořského. Výroč. Zpr. Vyš. Reál. Gymn. Tábor 1887:1-25.
- De Sloover J. et Le Blanc F./1968/: Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity. In: Proc. Symp. Recent Adv. Trop. Ecol. 1968, p. 42-56, Varanasi.
- Hawksworth D.L. et Rose F./1970/: Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature, London, 227:145-148.
- Laundon J.R./1967/: A study of the lichen flora of London. Lichenologist, London, 3:277-327.
- Le Blanc F. et De Sloover J./1970/: Relation between industrialization and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Canad. J. Bot., Ottawa, 49:1691-1698.
- Liška J./1975/: Lišejníky a znečištěné ovzduší na Tábořsku. - Ms. /Dipl. práce, Depon. in Knih. kat. botaniky PŘF UK, Praha/.
- Liška J./1978/: Epiphytic lichens and air pollution in the Tábor area/South Bohemia/. In: Proc. Crypt. Symp. SAS, Smolenice, p. 221-230.
- de Wit T./1976/: Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. Leersum, 228 p.

#### AKTUÁLNE ROZŠÍRENIE VYBRANÝCH DRUHOV EPIFYTICKÝCH LIŠAJNÍKOV NA SLOVENSKU

RNDr. Ivan Pišút, CSc.  
Slovenské národné múzeum, Bratislava

K najviac ohrozeným rastlinám v mnohých oblastiach Európy patria epifytické lišajníky. Táto skutočnosť však aj do lichenológie prenikla iba nedávno. Druhy, v určovacích kľúčoch či učebniciach neraz ešte nedávno označované ako "všeobecne rozšírené", "hojné" alebo "v horách hojné", sú už vzácne alebo dokonca vyhynuli. Napríklad v kľúči na určovanie bezcievných rastlín /Svrček et al. 1975/ sa o druhu *Lobaria pulmonaria* píše: "Na starých mechatých kmenech listnáčů, vzácně i na skalách, ve vlhkých horských údolích". Alebo o druhu *Menegazzia terebrata*: "Ve vlhkých údolích v horách na kůře a na mechatých skalách". Oba druhy, azda s výnimkou Šumavy, už pravdepodobne v Čechách nerastú.

Viacere dielčie práce z nedávnej minulosti aj u nás signalizovali ústup mnohých kričkovitých a lupenovitých epifytických lišajníkov aj mimo oblastí priamo ovplyvnených emisiami. Pritom územie Slovenska bolo lichenologicky veľmi nerovnomerne preskúmané, z rozsiahlych krajov neboli žiadne údaje či doklady. Hrozilo teda nebezpečenstvo, že mnohé druhy tu vyhynú skor, než

ich budeme mať aspoň približne dokumentovať.

Príklady s mapovaním lišajníkov v západnej a strednej Európe a potreba čo najrýchlejšej dokumentácie viedli k tomu, že sa v roku 1975 začala akcia mapovania súčasného výskytu vybraných epifytických druhov. Dokumentácia sa neskôr rozšírila na všetky epifyty. Podobná akcia začala o niečo neskôr tiež v českých krajoch/Anděl, Liška 1978/.

Cieľom akcie bolo do roku 1980 získať údaje prakticky z celého Slovenska. Medzi počtom záujemcov o mapovanie, ich možnosťami a medzi rozlohou územia a krátkosťou času však bol značný rozpor. Aby sa zmiernil, zohľadnili sa údaje získané už skôr, v čase od roku 1970. S výnimkou niekoľkých polí, kde sa kompletizovali informácie v priebehu prvej polovice roku 1981, všetky ostatné pochádzajú z jedného desaťročia. Tento časový úsek zachytáva súčasný stav iba relatívne, na mnohých miestach sa medzi tým situácia zmenila k horšiemu.

Preskúmanosť jednotlivých základných polí je značne rozdielna. Okrem subjektívnych/erudícia a časové možnosti prispievateľa/ sú to aj objektívne príčiny/napr. vojenské územia, hraničné pásma, nedostatok vhodných podkladov/. Posledná príčina bola oveľa závažnejšia, než by sa na prvý pohľad zdalo. Neboli to iba bezlesé roviny, ale aj rozsiahle monokultúry, extenzívne hospodárenie v mnohých lesoch na východnom a severovýchodnom Slovensku/sústavné vyrubovanie čo len trochu hrubších stromov/, ktoré znižovali potenciálnu možnosť výskytu mnohých druhov.

Napriek tomu dosiahnuté výsledky poskytujú zaujímavý pohľad na súčasný stav epifytickej lichenoflory na Slovensku. Údaje rozdielnej kvality a kvantity poskytlo asi 20 prispievateľov, z nich najviac dr. Lisická, dr. Lackovičová, dr. Liška a O. Chreno. Získali sa výsledky z 372 základných polí.

Je zaujímavé, že sa vôbec nenašiel rad taxónov: zástupcovia rodov Sticta, Nephroma, ďalej Collema conglomeratum, nigrescens, fragrans, Cetraria laureri, oakesiana, Leptogium hildebrandii, Lobaria scrobiculata, Anaptychia speciosa, Pyxine endochrysoides, Peltigera collina, Parmelia andreana, crinita, revoluta, sinuosa, Physciopsis adglutinata a i.

Mapované druhy možno rozdeliť do niekoľkých skupín.

1. Druhy v minulosti, ale aj dnes ešte hojné: Príklady:

Parmelia sulcata. Tolerantný druh, rastúci na spodinách kmeňov aj tam, kde koncentrácie  $SO_2$  presahujú  $70 \mu g/m^3$ /Hawthorn, Rose 1970/. Aj v Holandsku je v súčasnosti najčastejšie sa vyskytujúci epifytom/De Wit 1976/. Prítomnosť v 326 poliach.

Hypogynia physodes je podobne ako predošlý druh značne odolná voči  $SO_2$ . Prítomnosť v 325 základných poliach. Absenciu na Podunajskej nížine spôsobuje nadbytok dusíkatých látok a silná eutrofizácia podkladov, zapríčinená tak intenzívnym poľnohospodárstvom ako aj exhalátmi závodu Duslo Šala.

Evernia prunastri je o niečo citlivejšia než predošlé druhy. Hoci sa v najbližšom okolí zdrojom inísi nevyskytuje, pri sieťovom mapovaní, kde jedno pole predstavuje okolo  $134 km^2$  sa však táto citlivosť neprejavuje zreteľne. Príčiny absencie na Podunajskej nížine sú podobné, ako pri celom rade ďalších druhov, obdobné H. physodes. Prítomnosť v 256 základných poliach, z toho v 25 iba v zakrpatelých alebo morbidných exemplároch.

2. Druhy v súčasnosti nápadne sa šíriace. Sú to jednak toxitolerantné acidofilné druhy, jednak druhy nitrofilné. Zástupcovia

prvej skupiny sa zatiaľ vyhýbajú oblastiam so značným nadbytkom dusíkatých látok. Príklady:

Lecanora conizaeoides je prítomná v 142 základných poliach. Na rozsiahlych plochách západného ale aj stredného Slovenska má neobyčajne bohatú kvantitu výskytu na jednotlivých forofytoch, inde sa šíri v okolí jednotlivých zdrojov znečistenia, najmä ~~doľňanských~~. Na východnom Slovensku sa zatiaľ vyskytuje ojedinele, osídľujúc najmä tenké konáriky niektorých druhov stromov/Prunus avium, P. domestica, Larix europaea, Quercus sp. div. atď./ Scoliciosporum chlorococcum má podobný charakter šírenia sa/prítomnosť v 106 základných poliach/. Prvý druh bol do roku 1965 známy na Slovensku z 3 lokalít, druhý bol tiež prehliadaný. Szatala/1942/ udáva iba 2 náleziská.

Nápadne sa šíria nitrofilné druhy s ťažiskom výskytu v poľnohospodársky intenzívne obrábaných nížinách. Príklady:

Buellia punctata je najzaujímavejším reprezentantom tejto skupiny. Je toxitolerotantná, napríklad vo Veľkej Británii sa hojne vyskytuje ešte pri priemerných zinných koncentráciách  $SO_2$  vyšších ako  $125 \mu g/m^3$  /Hawksworth, Rose 1970/. Je hojná na celom juhozápadnom Slovensku aj v okolí miest. Prítomná v 173 základných poliach. Podobne Xanthoria parietina, o niečo menej toxitolerotantná, je prítomná v 222 základných poliach. Physcia biziana var. aipolioides je dosiaľ známa iba z východnej časti strednej Európy. Je foto- a nitrofilná, toxitolerotantná, uprednostňuje jednotlivito rastúce stromy. Nádvořík/1947/ udával zo Slovenska jednu lokalitu, Jelínková/1973/ už 27, v súčasnosti je prítomná v 67 poliach na juhozápadnom Slovensku. Rastie aj v tesnej blízkosti zdrojov imisií, preniká aj do centier menších miest. Do tejto skupiny možno pričleniť aj roztrúsene sa vyskytujúci toxitolerotantný a nitrofilný druh Parmelia acetabulum /prítomnosť v 18 základných poliach/.

3. Druhy v minulosti aj dnes nehojné až zriedkavé, ale zatiaľ nevykazujúce nápadné rozdiely v charaktere výskytu. Príklad:

Parmelia contorta a P. quercina. Prvý druh, dosahujúci u nás severnú hranicu svojho areálu ani v minulosti sa nevyskytoval hojnejšie, celkove bolo známych iba niekoľko lokalít/Popoží Schindler 1975/, dnes prítomný v 4 základných poliach. Druhý bol v rokoch 1926-45 zbieraný na 11 lokalitách/Pustulková 1976/, v súčasnosti zistený v 9 základných poliach.

4. Druhy v súčasnosti zreteľne ustupujúce tvoria najväčšiu skupinu. V prvom rade sem patria taxóny, existencia ktorých je u nás ohrozená a ktorým hrozí vymretie. Ide väčšinou o druhy náročné na vysokú vzdušnú vlhkosť a viazané na horské lesy. Prítomnosť v jednom základnom poli má napr. Pachyphiale fagicola, Parmelia perlata, Lobaria amplissima, v dvoch Thelotrema lepadinum, v 5 Menegazzia terebrata, v 8 Pertusaria flavida. Sem patrí aj Graphis scripta/21 základných polí/, Cetrelia olivetorum/23/ a Lobaria pulmonaria/9/. Ak porovnáme jej aktuálny výskyt s rozšírením známym od najstarších čias, resp. s nálezmi z rokov 1940-1970/Pišút 1971/, vidíme, že aj Lobaria pulmonaria u nás vymiera.

K skupine silno ohrozených druhov treba rátať aj druh Ramalina fraxinea, neznášajúci priemerné zinné koncentrácie  $SO_2$  vyššie než  $35 \mu g/m^3$  a Candelaria concolor koncentrácie vyššie než  $40 \mu g/m^3$  /Hawksworth, Rose 1970/. Prvý druh je prítomný v 10, druhý v 18 základných poliach. K ohrozeným druhom nesporne patrí aj kedysi nápadný epifyt smrekových lesov Evernia diva-



ricata/prítomnosť v 3 základných poliach/.

Druhy, existencia ktorých ešte nie je tak výrazne ohrozená, možno členiť do dvoch skupín. V prvej sú tie, ktoré majú ťažisko výskytu v hornatých krajoch Slovenska/stredného/ a ktoré sú v nížinách a pahorkatinách na západe a na východe zriedkavé. Sumárne je to rod Usnea/prítomnosť v 67 základných poliach, z toho v 8 iba zakrpaté exempláre/, ďalej Parmelia saxatilis, ktorá sa hodnotí ako pomerne tolerantný druh - asi ako P. sulcata /Hawksworth, Rose 1970/. Rozdiely v aktuálnom rozšírení oproti západnej Európe vyplývajú zrejme z odlišných makro- aj mikroklimatických nárokov/prítomná v 70 základných poliach/. Sem patria napríklad aj na vplyv SO<sub>2</sub> stredne citlivé Platismatia glauca/61 základných polí/ a Pseudevernia furfuracea /127 základných polí/.

Druhú skupinu tvoria druhy, ktoré sú na západnom Slovensku stále vzácnejšie a ktoré majú hojnejšiu frekvenciu výskytu na východnom Slovensku. Ich reprezentantom je Parmelia caperata, ktorá - hoci na spodinách stromov vydrží existovať aj v priemerných zimných koncentráciách SO<sub>2</sub> o niečo vyšších než 50 ug/m<sup>3</sup> - už z priemerných oblastí Veľkej Británie vymizla. U nás, je prítomná v 114 základných poliach, z toho v 25 už iba v zakrpatelých alebo morbidných exemplároch. Na západnom Slovensku je kvantita jej výskytu veľmi malá, na mnohých miestach chýba. Najhojnejšia je v juhovýchodnej časti Slovenského rudohoria. Analogickú citlivosť má Parmelia tiliacea/prítomná v 123 základných poliach/. Jej častejší výskyt na juhozápadnom Slovensku možno pripisovať menšej nitrofolnosti. Parmelia subrudecta sa hodnotí ako pomerne tolerantný druh, objavujúci sa už pri koncentráciách SO<sub>2</sub> vyšších než 60 ug/m<sup>3</sup> /Hawksworth, Rose 1970/. V minulosti bol častejší výskyt zaznamenaný v okolí Bratislavy, na Záhorí, na Považí, v Pieninách a v Nízkych Páoninách. Pustulková/1976/ celkove udáva 41 nálezov. Oproti minulosti na západnom Slovensku značne poklesla frekvencia výskytu. Prítomnosť v 29 základných poliach, z toho v jednom odumierajúci exemplár. Do tejto skupiny patrí napr. tiež Pertusaria amara /121 základných polí/, P. albescens /98 základných polí/, Candelariella reflexa /56 základných polí/, Anaptychia ciliaris /45 základných polí/ a všetky druhy rodu Ramalina. Je zaujímavé, že R. farinacea je v západnej Európe ešte stále pomerne rozšírená a rastie aj tam, kde priemerné zimné koncentrácie SO<sub>2</sub> prevyšujú 60 ug/m<sup>3</sup>. U nás je z nehojnejšie rozšírených druhov rodu prítomná v najmenej poliach/40/.

Aktuálne rozšírenie epifytických lišajníkov ukazuje na nerovnomerný charakter deteriorizácie územia Slovenska. Je zrejme, že okrem už známych priamych účinkov inísií v okolí veľkých miest a závodov, na rozšírenie vplyva aj rad iných faktorov. Príčinou nápadného ústupu lišajníkov v západnej časti Slovenska bude pravdepodobne acidifikácia prostredia, zapríčinená vplyvmi vzdialenejších zdrojov/zrážky/ v kombinácii s intenzifikáciou poľnohospodárstva a lesného hospodárstva. Najvýraznejšie ochudobnenie sa prejavilo na Podunajskej nížine/vrátane lužných lesov/. Tu vplyvom extrémnej eutrofizácie sa udržali iba tolerantnejšie druhy, znášajúce aj veľké dávky dusíkatých látok.

Proces deteriorizácie však prebieha aj inde, lišajna na východe. Tu však okrem väčšej vzdialenosti od hlavných západno-

stredoeurópskych zdrojov imisií, lokálne zdroje pôsobia iba krátky čas. Takisto intenzívne poľnohospodárstvo sa na väčších plochách rozvíja iba v posledných rokoch.

Na Slovensku sú ešte stále územia, v ktorých sú epifytické lišajníky pomerne nálo zasiahnuté antropickými vplyvmi. Je to časť Oravy, časti Slovenského rudohoria, niektoré oblasti na severovýchode, podobne ako mnohé, pred exhalátni clonené doliny v horách stredného Slovenska.

Podiel nekvalitných tuhých palív-hlavných zdrojov SO<sub>2</sub> a acidificia podkladov-sa bude ďalej zvyšovať. Takisto sa bude stupňovať rozsah pre lišajníky škodlivých sprievodných javov v poľnohospodárstve a lesníctve, ako sú meliorácie, výstavby lesných ciest, zvýšený príjem dusíka, postreky, umelé hnojivá. Bude sa predpokladať, že ústup väčšiny epifytických druhov sa zrýchli.

/Pozn.: Súčasťou referátu bola demonštrácia bodových a sieťových máp. Nomenklatúra v texte udávaných druhov sa riadi prácou Hawksworth, James et Coppins/1980//.

#### L i e r a t ú r a

- Anděl P.-Liška, J./1978/: Síťové mapování epifytických lišajníků v ČSR. Zpráv. Čs. bot. Společ., Praha, 13:210-213. - De Wit T./1976/: Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. - Hawksworth D.L.-P.W. James et B.J. Coppins/1980/: Checklist of british lichen-forming-lichenicolous and allied fungi. Lichenologist 12/1/:1-115. - Hawksworth D.L., F. Rose/1970/: Qualitative Scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. Nature 227:5254:145-148. - Jelínková E./1973/: Zur Variabilität und Verbreitung der Flechte *Physcia biziana* /Massal./ Zahlbr. in östlichen Teil Mitteleuropas. Biológia, Bratislava, 28:819-826. - Nádvorník J./1947/: Physciaceae Tchécoslovaques. Stud. bot. čechosl., Praha, 8/2-4/: 69-124. - Pišút I./1971/: Verbreitung der Arten der Flechtengattung *Lobaria*/Schreb./ Hue in der Slowakei. Acta rer. nat. Mus. natl. slov. Bratislava, 17:105-130. - Pišút I./1978/: Information über den gegenwärtigen Stand der Kartierung von epiphytischen Flechten in der Slowakei. Proc. Crypt. Symp. Slovak Acad. Sc. Smolenice:203-210. - Pustulková M./1976/: Rozšírenie rodu *Parmelia*/lišajníky/ na Slovensku. Ms. Katedra bot. PFUK Bratislava. - Schindler H./1975/: Über die Flechte *Parmelia contorta* Bory und ihre bisher bekannte Verbreitung. Herzogia 3/1/:347-364. - Svrček M. et al./1975/: Klíč k určování bezcévných rostlin. - Szatala Ö./1942/: Lichenes Hungariae. III. Gymnocarpae/Cyclocarpinae: Peltigeraceae-Lecideaceae/. Folia cryptogamica, Kolosvár, 5/2/, 1939:267-460.

#### PŘÍSPĚVĚK K POZNÁNÍ NAŠICH BASIDIOLICHENŮ

Ing. Jan K u t h a n, Ostrava

Lichenizované organismy jsou vedle ascomycetů tvořeny také phycomycety a basidiomycety. Oproti ascolichenům, kterých je známo více než 16.000 druhů, jsou phycomycetolicheny a basidiolicheny vzácné.

Basidiolicheny byly nalezeny pouze u několika skupin hub, i když v poslední době se řada zástupců poněkud rozšířila, zůstává faktem, že u těchto nověji objevených útvarů je licheni-

zace velmi slabá.

Oproti ascolichenům jsou plodnice basidiolichenů symbiózou poměrně málo ovlivněny, jeví většinou normální stavbu a tvorbu basidiospor. Co do tvaru jsou plodnice povlakovité, konsolovité, kyjovité a kloboukaté a náleží k čeledím Corticiaceae/kornatcovité/, Clavariaceae/kyjankovité/ a Tricholomataceae/čirůvkovité/.

U čeledi Corticiaceae není lichenizace příliš výrazná, většinou tvoří tyto basidiolicheny jakési přechodné formy, kde řasa a mycelium houby rostou sice vzájemně prostoupeny, avšak někdy se vzájemně parazitují, někdy však tolerují.

U nás přichází druh Odontia bicolor, který tvoří bělavé až naokrovělé povlaky na tlejícím smrkovém dřevě. Zde nedochází k poškozování řasy rodu Cocconyxa, nýbrž symbiotická řasa tvoří souvislou vrstvu pod plodnicí houby, jejíž hyfy řasu prostupují. Při tom část buněk řasy je zabudována do tramy houby, kde jsou volně hyfami obklopeny, aniž by byly parazitovány.

Naproti tomu u druhu Athelia epiphylla, který tvoří kruhovitá mycelia na stromech ve městech a antropicky ovlivněných oblastech, zejména za vlhkého podzimu, přerůstá mycelium povlaky řasy Protococcus, přičemž z hyf prorůstají do buněk řasy četné haustorie. Zdá se, že zde není vazba specifická, neboť Athelia epiphylla zřejmě parazituje i na lišejníku Lecanora conizaeoides, který v důsledku toho odumírá.

Z tropů jsou známy význačné druhy basidiolichenů, náležející do čeledi Corticiaceae, a to Cora pavonia, Dictyonema sericeum a další. Zatím co Cora tvoří destičkovitý až ledvinitý thalíus, kde hyfy obklopují vždy skupinu buněk řasy a pronikají do nich haustoriemi, u rodu Dictyonema je struktura více vláknitá. Tvoří se zde konsolovité útvary, kde rychle rostoucí okraj je tvořen výhradně myceliem, zatím co symbiotická řasa rodu Scytonema je uložena v pruzích podél jí obepínajících myceliových vláken. Tím se vytváří zvláštní pruhovitá struktura.

U skupiny lichenizovaných druhů čeledi Clavariaceae je mycelium spolu s řasami tak prostoupeno, že uložení není často dobře morfologicky rozlišitelné. Malé kyjovité plodnice houby pak vyrůstají ze slzského zrnitého povlaku, kde symbiotickou řasou je druh Cocconyxa. Bochánkovité útvary řas obklopené hyfami basidionycetu v pseudoparenchymu/jednostranném/ jsou označovány rovněž jako Botrydina vulgaris, kyjankovitá houba s bělavými, asi 1 cm vysokými plodničkami, pak Lentaria nucida.

V tropech byl nalezen další příslušník této skupiny, Lepidostroma terricolens, tvořící na šupinkatém útvaru žluté, kyjovité plodničky, asi 1,5 cm vysoké.

Poměrně nejvíce známou skupinu basidiolichenů, náležejících do čeledi Tricholomataceae, patří do rodu Omphalina. Většina lichenizovaných druhů tohoto rodu tvoří plodnice na bochánkovitém útvaru Botrydina-stadium, symbiotickou řasou jsou zde rovněž řasy rodu Cocconyxa. Výjimku tvoří druhy Omphalina luteolilacina a Omphalina luteovitellina, kde naopak je thalíus mšticíkovitý a je označován jako Coriscium viride. Zde jsou buněk řasy uloženy v kompaktních útvarech s oboustrannou pseudoparenchymatickou kůrou.

Útvary Coriscium viride vyrůstají převážně na polštářích mechu a holé rašelině či kamenech v alpinském a subalpinském pásmu, naproti tomu Botrydina vulgaris převážně na tlejícím dřevu a rašelině.

U nás se tedy nacházejí zástupci všech tří výše uvedených čeledí basidiomycetů, u kterých byla lichenizace zjištěna. Ze svých sběrů lichenizovaných hub/basidiolichenů/ v našich přírodních rezervacích a národních parcích jsou na barevných dia-  
pozitivech demonstrovány následující druhy:

Lentaria mucida/Fr./Corner: Novohradské hory, Žofínský prales, na padlém smrku; Boubínský prales, na ležícím kmenu smrku;

Omphalina ericetorum/Pers.ex Fr./M.Lange: Jeseníky, rašeli-  
niště "Na Skřítku" na holé zemi s Botrydina vulgaris; Západní  
Tatry-Roháče, vrch Osobitá, na pařezu smrku s Botrydina vulgaris;

Omphalina luteovitellina /Pilát et Nanf./M.Lange: Jeseníky,  
spoj. rezervace Praděd, Stolové kameny, na skále s Coriscium vi-  
ride; Vysoké Tatry, Belanské Tatry, Skalná vrata, ve skále s me-  
chem a lišejníky na Coriscium viride.

U druhů Omphalina epichrysum/Pers.ex Fr./Quél. sbíraného  
v Beskydech, v rezervaci "Salajka" na spadlé jedli a dále u  
druhu Omphalina grossula /Pers./ Sing., sbíraného v Dobročském  
pralese na padlé jedli, které byly pro doplnění promítnuty, je  
lichenizace sporná.

#### L i t e r a t u r a

- Gams H./1962/: Die Halbflechten Botrydina und Coriscium als Basidiolichenen. Österr. Bot. Z. 109: 376-380.
- Geitler L./1955/: Clavaria mucida, eine extratropische Basidiolichene. Biol. Zbl. 74: 145-159.
- Geitler L./1956/: Ergänzende Beobachtungen über die extratropische Basidiolichene Clavaria mucida. Österr. Bot. Z. 103: 164-167.
- Hennsen A./1963/: Eine Revision der Flechtenfamilie Lichenaceae und Ephebeaceae. Symb. Bot. Uppsal. 18: 1-56.
- Hennsen A., Jahns H.M./1974/: Eine Einführung in die Flechtenkunde. Stuttgart.
- Lange M./1965/: Macromycetes. Part II. Greenland Agaricales. Kopenhagen.
- Möller A./1893/: Über eine Telephore, welche die Hymenolichenen: Cora, Dyctionema und Laudatea bildet. Flora 77: 254-267.
- Möller F.H./1945/: Fungi of the Faeröes. Part I. Basidiomycetes. Kopenhagen.
- Poelt A./1963/: Eine Basidiolichene in den Hochalpen. Planta 52: 600-605.
- Poelt J., Doppelbaur H./1969/: Über die Beziehungen corticoider Basidiomyceten zu Algen. Österr. Bot. Z. 116: 400-423.
- Poelt J., Oberwinkler F./1964/: Zur Kenntnis der flechtenbildenden Blätterpilze der Gattung Omphalina. Österr. Bot. Z. 111: 393-401.
- Roskin P.A./1970/: Ultrastructure of the host parasite interaction in the basidiolichen Cora pavonia /Web./ E. Fries. Arch. Mikrobiol. 70: 176-189.

## O b s a h

<u>Materna, Jan:</u> Znečištění ovzduší v ČSSR a jeho vliv na vegetaci .....	3 - 7
<u>Černohorský, Zdeněk:</u> Vliv znečištěného ovzduší na lišejníky.....	7 -11
<u>Anděl, Petr:</u> Využití lišejníků při kvantitativním hodnocení imisní zátěže krajiny .....	11- 15
<u>Liška, Jiří:</u> Lišejníky a znečištění ovzduší na Táborsku .....	16- 21
<u>Pišút, Ivan:</u> Aktuálne rozšírenie vybraných druhov epifytytických lišajníkov na Slovensku .....	21-25
<u>Kuthan, Jan:</u> Příspěvek k poznání našich basidiolichenů..	25-27

---

BIOINDIKAČNÍ VÝZNAM LIŠEJNÍKŮ A JEJICH OCHRANA. - Sborník referátů, přednesených na III. celostátním semináři "Ochrana hub a jejich životního prostředí", který uspořádala komise pro ochranu hub a jejich životního prostředí při Československé vědecké společnosti pro mykologii při CSAV v Praze dne 15. června 1981. - Editor: Svatopluk Šebek. - Pro interní potřebu rozmnožila komise pro ochranu hub a jejich životního prostředí CSVSM v prosinci 1981.

---