

Využití epifytických lišejníků pro bioindikaci znečištění ovzduší na Šumavě

Utilization of epiphytic lichens for bioindication of air pollution in the Šumava Mts. (south Bohemia)

Radek Dětinský

*Botanický ústav AV ČR, Průhonice u Prahy, CZ-252 43, Česká republika,
E-MAIL: DETINSKY@IBOT.CAS.CZ*

Abstract

The epiphytic lichen flora of an area with low levels of air pollution in the Šumava Mts. was studied and use of the epiphytic lichen bioindication method was evaluated. On 209 localities, 92 lichen species were found. The TWINSpan method was used for the classification of the data set; eutrophilous species were excluded for better standardization. The IAP method (Index of Atmospheric Purity) was used for the evaluation of air pollution effect. Several parameters (total number of species per tree, number of indicator species per tree, different IAP indices) were obtained and their bioindication values were discussed. Three zones of different effect of air pollution were outlined using the IAP-index based on indicator species. The Šumava Mts. has a relatively rich epiphytic lichen flora, but the effect of air pollution is distinct. The prediction of lichen flora development is outlined.

Keywords: classification, IAP – method, lichen sensitivity, south Bohemia

Úvod

Bioindikace pomocí lišejníků je již několik desetiletí významným aspektem lichenologie, naprostá většina prací zabývajících se touto problematikou však byla zaměřena na sledování oblastí výrazněji ovlivněných znečištěním ovzduší. Z toho důvodu bylo zájmové území pro následující studii vybráno v oblasti s nejmenšími antropogenními vlivy v České republice. Cílem práce je pomocí metody IAP na základě stavu lichnenoflóry zhodnotit vliv znečištění ovzduší na zájmové území.

Charakteristika zájmového území

Vymezení

Studované území leží na Šumavě v okresech Prachatice a Klatovy. Jeho severní hranici tvoří spojnice mezi ústím Rýžovnického potoka do Otavy a obcí Záblatí; východní hranici spojnice mezi obcemi Záblatí a Nová Pec; jižní hranici státní hranice ČR s Německem a Rakouskem mezi vrchy Malá Mokrůvka (1330 m n. m.) a Plechý (1378 m n. m.), a dále spojnice mezi vrchem Plechý a obcí Nová Pec; západní hranici tok Modravského potoka, Vydry a Otavy mezi lokalitou „Březník“ a ústím Rýžovnického potoka.

Klimatická charakteristika

Zkoumaná oblast náleží do chladné klimatické oblasti a zahrnuje okrsky mírně chladný, chladný horský a studený horský. Průměrné roční teploty se v zájmové oblasti pohybují v rozmezí +3 do +6 °C (Kvilda 3,7 °C, Horní Světlé Hory 5,1 °C, Březník 3,7 °C), průměrné teploty v lednu v rozmezí -3 až -6 °C (Kvilda -5,3 °C, Horní Světlé Hory -4,5 °C, Březník -4,4 °C) a průměrné teploty v červenci v intervalu 10–16 °C (Kvilda 12,9 °C, Horní Světlé Hory 14,5 °C, Březník 12,5 °C). Protože mi nejsou dostupné údaje o průměrných teplotách z níže položených lokalit, uvádím alespoň údaje naměřené pro Vimperk: roční průměrná teplota 6,5 °C, lednová -3,0 °C a červencová 16,1 °C.

Průměrný roční úhrn srážek se ve studovaném území pohybuje v intervalu 700–1500 mm (Kubova Huť 867 mm, Březník 1486 mm, Kvilda 1100 mm, Nové Údolí 942 mm, Jelení 972 mm), průměrné množství srážek v lednu v rozmezí 45–40 mm, (Kubova Huť 58 mm, Březník 129 mm, Kvilda 94 mm, Nové Údolí 76 mm, Jelení 73 mm) a průměrné množství srážek v červenci v rozmezí 100–170 mm (Kubova Huť 112 mm, Březník 160 mm, Kvilda 123 mm, Nové Údolí 116 mm, Jelení 118 mm). Další srážkové charakteristiky studovaného území: prům. počet dnů s mlhou: 50–100; prům. počet dnů se sněhovou pokrývkou: 80–140; prům. vlhkost vzduchu v červenci: 70–80 %; prům. vlhkost vzduchu v prosinci: nad 90 %. Údaje jsou převzaty z klimatického atlasu ČSR (VESECKÝ et al. 1961).

Znečištění ovzduší v zájmové oblasti

V celostátním měřítku rok od roku klesá množství emisí SO_2 a NO_x . Od r. 1989 tento úbytek činil ca 35 % pro SO_2 a téměř 60 % (!) pro NO_x . Jižní Čechy se na celkovém množství emisí produkovaných v ČR podílejí méně než 5 % (u obou zmíněných látek), stejně jako na celém území se i zde projevují klesající trendy. Konkrétně se r. 1994 jednalo o hodnoty 3,8 t.rok⁻¹km⁻² pro SO_2 a 0,9 t.rok⁻¹km⁻² pro NO_x . V obou případech tyto hodnoty nedosahují ani jedné třetiny celostátního průměru. Celé zájmové území náleží do oblastí s nejnižšími průměrnými koncentracemi znečišťujících látek v ČR (ANONYMUS 1995).

Vzhledem ke zpožděné reakci ekosystémů na změnu podmínek se škody na lesních porostech projevují i nadále tak, jak uvádí MOLDAN (1990): „Vedle katastrofického odumírání smrkových lesů v horských polohách roste i „plíživé“ poškozování lesů v klimaticky méně exponovaných územích Čech a Moravy, a to i v územích považovaných donedávna za neznečištěná (např. Šumava).“ A dále: „V posledních letech se objevují i imisní škody na lesních porostech, zejména v oblastech Šumavy, Novohradských hor a Blanského lesa (jde ze 70 % o vliv dálkových imisních přenosů a z 30 % o vliv místních zdrojů).“

Zdroje znečištění v zájmové oblasti lze rozdělit do dvou skupin: (a) dálkové zdroje a (b) lokální zdroje.

ad a) Tato skupina zahrnuje velké plošné zdroje znečištění, které se nacházejí proti směru převládajících větrů vzhledem ke zkoumané oblasti. Jejich vliv se uplatňuje prakticky po celém území, ale míra se liší podle expozice příslušné lokality.

ad b) Skupina lokálních zdrojů znečištění zahrnuje zhruba tři typy zdrojů: sídla (emise pocházející především z místních topenišť – obsah SO_2 , prachu, sazí ap.); komunikace (emise vzniklé spalováním pohonných hmot – obsah NO_x , CO, O_3 , olova, sazí, uhlovodíků); zdroje související se zemědělskou činností (uvolňování NH_3 a dalších sloučenin dusíku z organických odpadů vzniklých při zemědělské činnosti nebo z hnojiv používaných na obdělávaných plochách, sirovodíku ap.). Emise z lokálních zdrojů nedosahují v absolutním vyjádření příliš vysokých hodnot, a proto významně působí pouze v blízkém okolí jejich vzniku.

Metodika

Pro posouzení kvality ovzduší ve zkoumané oblasti bylo využito epifytických lišejníků, terénní údaje byly vyhodnoceny metodikou IAP (LE BLANC & DE SLOOVER 1970). Každé lokalitě je přiřazena konkrétní hodnota indexu IAP (Index of Atmospheric Purity), která příslušnou lokalitu charakterizuje s použitím semikvantitativních metod jako celek.

Na vybrané lokalitě byly zaznamenány tyto údaje: číslo lokality; topografická poloha; nadmořská výška; druh stromu; průměr kmene v úrovni 1 m nad zemí; jednotlivé druhy lišejníků od báze kmene a do výše 2 m (nebyly zaznamenávány druhy rodu *Cladonia*, nebo jejich přítomnost na kmeni je pouze „sekundární“, závislá na vrstvě humusu, ani druhy omezené na vlhké plochy s vrstvou detritu a případným masivním výskytem mechorostů); kvantitativní zastoupení jednotlivých druhů podle odhadové stupnice.

Hodnota IAP odráží relativní míru čistoty ovzduší, index je definován takto:

$$IAP = \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot f_i) / 10$$

kde n = celkový počet nalezených druhů lišejníků na dané lokalitě;

Q = ekologický index každého druhu lišejníku (udává průměrný počet doprovodných druhů na všech lokalitách, kde se daný druh nacházel);

f = hodnota z pokryvové stupnice.

Byla použita tříčlenná odhadová kombinovaná stupnice abundance, dominance a vitality (PIŠŮT & JELÍNKOVÁ-LISICKÁ 1974), kde jsou jednotlivé stupně charakterizovány takto:

1 – roztroušeně se vyskytující větší počet odumírajících exemplářů nebo 1–2 normálně vyvinuté stélky;

2 – druhy poškozené, hojně se vyskytující, nebo druhy s dobře vyvinutými stélkami, ale vyskytující se roztroušeně;

3 – druhy s normálně vyvinutými stélkami, hojně se vyskytující.

Jistým problémem při bioindikaci je samotný výběr vhodné lokality. Byla použita standardizace typu „A“ podle Anděla (ANDĚL 1985), tzn. byly vybírány stromy druhů *Acer pseudoplatanus* a *Sorbus aucuparia*, rostoucí samostatně, v malých skupinách, alejích, anebo alespoň na okraji lesa na dostatečně prosvětlených místech. Vyloučeny byly stromy přestárle, ve špatném fyziologickém stavu, nebo přímo výrazně ovlivněné lidským zásahem.

Výsledky

Seznam zkoumaných lokalit

1: Kvilda, u kostela, 2: Kvilda, u silnice směr Horská Kvilda, 3: Kvilda, silnice směr Horská Kvilda, na hranici obce, 4: Kvilda, silnice směr Františkov, u čistící stanice, 5: Františkov, u mostu, 6: Borová Lada, silnice směr Františkov, 7: Borová Lada, silnice směr Františkov, 8: Borová Lada, silnice směr Františkov, 9: Kvilda, silnice směr Horská Kvilda, (asi 1 km od Kvildy), 10: Kvilda, silnice směr Horská Kvilda, (asi 1 km od Kvildy), 11: Horská Kvilda, silnice směr Kvilda, (asi 0,5 km od H. Kvildy), 12: Horská Kvilda, 13: Horská Kvilda, 14: Horská Kvilda, 15: pod vrchem Antýgl JZ od Horské Kvildy, 16: pod vrchem Antýgl JZ od Horské Kvildy, 17: Kvilda, silnice směr Bučina, 18: asi 1 km od Kvildy směr Bučina, 19: asi 2 km od Kvildy směr Bučina, 20: Bučina, 21: Bučina, 22: Bučina, 23: Bučina, 24: Bučina, u hraničního přechodu, 25: Kvilda, 0,5 km po cestě směr Prameny Vltavy, 26: rezervace Prameny Vltavy, 27: Kvilda, silnice směr Modrava, 28: Kvilda, silnice směr Modrava, 29: Filipova Huť, silnice směr Kvilda, 30: Filipova Huť, 31: Filipova Huť, 32: Filipova Huť, silnice směr Modrava, 33: Filipova Huť, silnice směr Modrava 34: Modrava, silnice směr Filipova Huť, 35: Modrava, asi 3 km po silnici směr Antýgl, 36: Antýgl, směr Horská Kvilda, 37: 1,5 km Antýglu směr Horská Kvilda, 38: Horská Kvilda, 39: Nové Hutě, 40: Nové Hutě, 41: Nové Hutě, 42: Nové Hutě, směr Borová Lada, 43: Nové Hutě, směr Borová Lada, 44: Nové Hutě, 1,5 km po zelené značce směr Borová Lada, 45: Horní Vltavice, směr Borová Lada, 46: Horní Vltavice, 1 km po silnici směr Borová Lada, 47: Horní Vltavice, 1,5 km po silnici směr Borová Lada, 48: Horní Vltavice, 2 km po silnici směr Borová Lada, 49: Horní

Vltavice, 2 km po silnici směr Borová Lada, 50: Horní Vltavice, 2,5 km po silnici směr Borová Lada, 51: Horní Vltavice, 3 km po silnici směr Borová Lada, 52: Horní Vltavice, 1 km po silnici směr Zátoň, 53: Horní Vltavice, 1,5 km po silnici směr Zátoň, 54: žel. zastávka Zátoň, asi 2 km po modré značce směr Boubínská obora, 55: žel. zastávka Zátoň, asi 3 km po modré značce směr Boubínská obora, 56: žel. zastávka Zátoň, asi 3,5 km po modré značce směr Boubínská obora, 57: žel. zastávka Zátoň, asi 3,5 km po modré značce směr Boubínská obora, 58: Boubínská obora, sedlo pod Bobíkem, 59: Boubínská obora, rozc. „Na Kubrnech“, 60: Boubínská obora, asi 2 km od rozcestí „Na Kubrnech“ směr Prachalice, 61: Černý Kříž, 62: Černý Kříž, 1 km po silnici směr Ovesná, 63: Černý Kříž, 1,5 km po silnici směr Ovesná, 64: Černý Kříž, „Smolná Pec“, 65: 5 km po silnici z Cerného Kříže směr Ovesná, 66: Černý Kříž, 0,5 km před „Medvědíím kamenem“, 67: Černý Kříž, 1,5 km před „Medvědíím kamenem“, 68: Nové Údolí, 69: Nové Údolí, 70: Stožec, po silnici směr Černý Kříž, 71: Vimperk, 2 km po silnici směr Kvilda, 72: silnice Vimperk – Kvilda, 3 km od kasáren směr Kvilda, 73: silnice Vimperk – Kvilda, 3 km od kasáren směr Kvilda, 74: silnice Vimperk – Kvilda, 50 m před křižovatkou Kvilda – Borová Lada, 75: silnice Vimperk – Kvilda, před odbočkou na Nové Hutě, 76: silnice Vimperk – Kvilda, „Pláně“, 77: silnice Vimperk – Kvilda, 7 km od Kvildy, 78: silnice Vimperk – Kvilda, 6 km od Kvildy, 79: silnice Vimperk – Kvilda, 5 km od Kvildy, 80: Borová Lada, 81: Borová Lada, 82: Borová Lada, 1 km po silnici směr Knížecí Pláně, 83: Knížecí Pláně, 84: Knížecí Pláně, 85: Knížecí Pláně, 1 km po cestě směr Horní Vltavice, 86: Knížecí Pláně, 2 km po cestě směr Horní Vltavice, 87: Žďárské Sedýlko, 88: Strážný, na hranici národního parku, 89: Strážný, na hranici národního parku, 90: Hliniště, 1 km po silnici směr České Žleby, 91: Hliniště, 1,5 km po silnici směr České Žleby, 92: Hliniště, 1,7 km po silnici směr České Žleby, 93: Hliniště, 3 km po silnici směr České Žleby, 94: Hliniště, 4 km po silnici směr České Žleby, 95: České Žleby, 96: České Žleby, 97: České Žleby, 0,5 km po silnici směr Volary, 98: České Žleby, 2,5 km po silnici směr Volary, 99: Soumarský Most, 100: Lenora, „Houžná“, 101: Lenora, 2 km po silnici směr Horní Vltavice, 102: Nová Houžná, 103: Horní Vltavice, 2,5 km po silnici směr Strážný, 104: Horní Vltavice, 2 km po silnici směr Strážný, 105: Horní Vltavice, 1,5 km po silnici směr Strážný, 106: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 2,5 km Z od H. Vltavice, 107: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 3 km Z od H. Vltavice, 108: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 3 km Z od H. Vltavice, 109: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 3,5 km Z od H. Vltavice, 110: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 4 km Z od H. Vltavice, 111: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, u tábořiště „Zahrádky“, 112: silnice Horní Vltavice – Borová Lada, 0,5 km JV od B. Lad, 113: Borová Lada, 0,5 km po silnici směr Horní Vltavice, 114: Borová Lada, 115: Borová Lada, 1 km po silnici směr Vimperk, 116: Borová Lada, silnice směr Vimperk, u odbočky na Lipku, 117: Nový Svět, 118: silnice Borová Lada – Vimperk, u odbočky na Nové Hutě, 119: silnice Borová Lada – Vimperk, 1 km za odbočkou na Nové Hutě, 120: silnice Borová Lada – Vimperk, 2 km za odbočkou na Nové Hutě, 121: silnice Borová Lada – Vimperk, 3 km za odbočkou na Nové Hutě, 122: Bučina, 0,5 km po cestě směr Knížecí Pláně, 123: Bučina, 1 km po cestě směr Knížecí Pláně 124: Bučina, 3 km po cestě směr Knížecí Pláně 125: asi 3 km JV od Bučiny, „Furík“, 126: Knížecí Pláně, „U kostela“, 127: 300 m od Knížecích Plání směr Strážný, 128: 800 m od Knížecích Plání směr Strážný, 129: asi 2 km J od Knížecích Plání, 130: asi 2 km J od Knížecích Plání, 131: asi 2,5 km J od Knížecích Plání, 132: asi 3 km J od Knížecích Plání, 133: asi 3 km J od Knížecích Plání, 134: asi 4 km JV od Knížecích Plání, 135: asi 5 km JV od Knížecích Plání, 136: asi 6 km JV od Knížecích Plání, 137: asi 2,5 km Z od Strážného, 138: asi 1,5 km JZ od Strážného, 139: Dolní Cazov, 140: Dolní Cazov, 141: Dolní Cazov, 1,5 km po silnici směr Nové Údolí, 142: Dolní Cazov, 2,5 km po silnici směr Nové Údolí, 143: 2 km JZ od Českých Žlebů, „Mlaka“, 144: 2 km J od Českých Žlebů, 145: 2,5 km J od Českých Žlebů, 146: 3 km J od Českých Žlebů, „Krásná hora“, 147: 3,5 km J od Českých Žlebů, 0,5 km od „Krásné hory“ směr Nové Údolí, S 148: 4 km J od Českých Žlebů, 149: obec Pěkná, 150: obec Chlum, 151: Nová Pec, 152: Nová Pec, 0,5 km směr Jelení, 153: 1 km Z od Nové Pece, po silnici směr Jelení, 154: 1,5 km Z od Nové Pece, po silnici směr Jelení, 155: 2 km Z od Nové Pece, po silnici směr Jelení, 156: 3 km Z od Nové Pece, po silnici směr Jelení, 157: 4 km ZSZ od Nové Pece, po silnici směr Jelení, 158: Jelení, 159: 1 km od Jelení směr Plechý, 160: 0,5 km S od Plešného jezera, 161: 1,5 km S od Plešného jezera, 162: 3,5 km S od Plešného jezera, 163: 0,5 km Z od Žel. zastávky Dobrá na Šumavě, 164: 1 km Z od Žel. zastávky Dobrá na Šumavě, 165: 1 km Z od Žel. zastávky Dobrá na Šumavě, 166: 2 km S od Stožce, Stožecká skála, 167: 1,5 km S od Stožce, rozcestí pod Stožeckou kaplí, 168: 2 km SV od obce Pěkná, mezi vrchy Hůrka a Černý les, 169: Nové Údolí, 0,5 km směr Plechý, 170: Nové Údolí, 1 km po směr Plechý, 171: 7,5 km J od Modravy, „Březník“, 172: Nové Hutě, 173: Nové Hutě, 174: 2 km SV od Nových Hutí, 175: 1 km SZ od Borových Lad, 176: 1,5 km SZ od Borových Lad, 177: 2 km SZ od Borových Lad, 178: 2,5 km SZ od Borových Lad, 179: 2 km JZ od Lipky, „Švajglova Lada“, 180: 1 km JZ od Lipky, 181: Lipka, 182: Lipka, 183: Lipka, 1 km směr Horní Vltavice, 184: 2 km J od Lipky, rozc. pod „Světlou horou“, 185: 2 km Z od Horní Vltavice, 186: Horní Vltavice, 187: Horní Vltavice, 800 m po silnici směr Kubova Huť, 188: Horní Vltavice, 1,5 km po silnici směr Kubova Huť, 189: Horní Vltavice, 2 km po silnici směr Kubova Huť, 190: silnice Horní Vltavice – Strážný, 0,5 km za odbočkou směr Volary, 191: silnice Horní Vltavice – Strážný, 1 km za odbočkou směr Volary, 192: silnice Horní Vltavice – Strážný, u odbočky směr Vlčí Jámy, 193: silnice Horní Vltavice – Strážný, 0,5 km za odbočky směr Vlčí Jámy, 194: Strážný, 195: 2 km S od Strážného, 196: 5 km S od Strážného, 197: Zhůří, 198: Zhůří, 199: Zhůří, 200: Zhůří, 201: 3 km od

Zhůří po silnici směr Rejštejn, 202: 3,5 km od Zhůří po silnici směr Rejštejn, 203: Svojiše, 204: Svojiše, 205: silnice Modrava – Rejštejn, na křižovatce směr Zhůří, 206: údolí Vydry, asi 300 m pod Čeňkovou pilou, 207: Filipova Huť, 208: 5,5 km S od Strážného, Polka, 209: 5,5 km SSZ od Strážného.

Nadmořská výška jednotlivých lokalit je znázorněna na obr. 1, rozdělení lokalit podle druhu substrátu na obr. 2.

Přehled a číselné charakteristiky nalezených druhů

Celkem bylo nalezeno 92 taxonů lišejníků, i s příslušnými charakteristikami jsou uvedeny v tabulce 1. Pozn. 1: Přestože některé skupiny (tj. *Bryoria* spp., *Usnea* spp., *Lecanora subfusca* sp. agg.) nebyly z důvodu jejich taxonomické obtížnosti determinovány až do úrovně druhu, dále pro jednoduchost používám pouze pojem „druh“. Pozn. 2: Jména druhů jsou uvedena bez autorských zkratk, použitá nomenklatura odpovídá nomenklatuře použité Wirthem (WIRTH 1995).

Výběr a charakteristiky indikačních druhů

Při výběru „indikačních druhů“ jsem vycházel ze základního souboru 92 (tj. všech nalezených) druhů. Vyloučením vzácných druhů ($F \leq 5$) byl získán soubor 41 druhů, ze kterých bylo třeba vyloučit ty, jejich výskyt je v zájmovém území limitován především jinými faktory, než je znečištění ovzduší. Jako jediné kritérium pro získání souboru indikačních druhů byl využit program TWINSPAN. Výsledná klasifikace je znázorněna v dendrogramu (obr. 3). Tato metoda oddělila dvě odlišné skupiny druhů. Skupina 19 druhů ve spodní polovině dendrogramu obsahuje druhy v četných pramenech uváděné jako eutrofilní (častěji nitrofilní). Ty byly vyloučeny a zůstal soubor 21 druhů, který nazývám „druhy indikační“.

Hranice rozšíření určitého indikačního druhu by měla procházet v místech, kde koncentrace škodlivin v ovzduší překročí jistou úroveň, a tím se znečištění stane limitujícím faktorem pro výskyt příslušného druhu. Naproti tomu se pro eutrofilní druhy očekává víceméně nepravidelné rozšíření, protože jejich výskyt je převážně limitován jinými faktory než je znečištění ovzduší.

Výběr indikačních druhů však není bez problémů, blíže k tomuto tématu viz Diskuse. V tabulce 2 je seznam indikačních druhů a hodnota jejich ekologického indexu citlivosti, získaného pouze ze souboru těchto druhů (Q_{ind}). Q_{ind} je tedy pro určitý druh definován jako průměrný počet sousedních indikačních druhů na všech lokalitách, kde se příslušný druh vyskytoval. V tabulce 3 jsou indikační druhy rozděleny do intervalů podle hodnot Q_{ind} .

Přehled a číselné charakteristiky zkoumaných lokalit

Z celkového počtu 209 lokalit byl jako substrát zkoumán 153 x *Acer pseudoplatanus* (73.3 %), 56 x *Sorbus aucuparia* (26.7 %). Na kleny bylo nalezeno celkem 79 druhů, na jeřábu celkem 56 druhů. V tabulce 4 jsou uvedeny číselné charakteristiky lokalit v závislosti na druhu substrátu. Na obr. 4 a obr. 5 jsou znázorněny intervaly hodnot IAP_{92} a IAP_{ind} na jednotlivých lokalitách.

Poznámka: Pro přehlednost zavádím toto označení jednotlivých druhů IAP – indexu. IAP_{92} : IAP získaný ze souboru všech (tj. 92) nalezených druhů; IAP_{ind} : IAP získaný ze souboru indikačních druhů.

Diskuse

Volba zájmového území

ANDEL (1976) uvádí vlastnosti ideálního území pro aplikaci bioindikačních metod využívajících lišejníky:

- (a) území by mělo ležet v rovině, resp. v mírné pahorkatině, aby šíření exhalací bylo rovnoměrné a nebylo příliš ovlivňováno členitostí terénu;
- (b) v celém území by měl být jediný, ale dosti silný zdroj exhalací, ležící ve středu oblasti;
- (c) území by mělo být klimaticky jednotné a klimatické faktory takové, aby nebyly pro lichenofloru limitující;
- (d) území by mělo být nezalesněné, s dostatkem volně rostoucích stromů, bez rozsáhlejší zástavby.

Je zřejmé, že zájmové území těmto požadavkům naprosto nevyhovuje. Podmínky (a), (b), (d) jsou však dle mého soudu relevantní pouze v tom případě, kdy se teprve jedná o snahu nalézt vztah mezi výskytem epifytických lišejníků a znečištěním ovzduší. Úkolem této studie je však rozdělení předem daného zájmového území na základě již známého vztahu mezi znečištěním ovzduší a epifytickými lišejníky. Také neexistuje důvod pro to, aby touto metodou nebylo zkoumáno území, kde je imisní situace složitější co do počtu a rozmístění zdrojů znečištění, příp. konkrétního množství a charakteru emisí z jednotlivých zdrojů. Bezpochyby je v souladu s logikou věci, že se konkrétní podmínky (např. členitost terénu způsobující nerovnoměrné šíření exhalací, lesní plochy tlumící vliv znečišťujících látek) projeví ve výsledné zonaci.

Podmínka jednotného klimatického charakteru zkoumaného území je podstatná zvláště v území, kde míra znečištění je jen jedním z faktorů, které ovlivňují stav lichenoflory. To by mohl být případ zájmového území. Proto byla zkoumána závislost počtu všech druhů na lokalitě na nadmořské výšce. Bylo zjištěno, že počet všech druhů na lokalitě není na nadmořské výšce významně závislý (korelační koeficient této závislosti je 0,14, $r^2 = 1,9\%$). Z toho usuzuji, že zájmové území je dostatečně klimaticky jednotné.

Volba indikačních druhů

Nejprve byly vyloučeny druhy nalezené jen vzácně, protože jejich index Q (tj. průměrný počet sousedních druhů na lokalitě) získaný z velmi nízkého počtu lokalit by byl nevěrohodný, a tak by došlo ke zkreslení hodnot IAP.

Dále byly vyčleněny druhy eutrofilní, protože pro tyto druhy se v oblasti málo zasažené znečištěním předpokládá jiný limitující faktor výskytu, než je znečištění ovzduší. Pro tento účel byl využit program TWINSPAN, výsledná klasifikace (viz obr. 3) byla jediným kritériem pro výběr indikačních druhů. Srovnáme-li výslednou klasifikaci s literárními údaji (PURVIS et al. 1992, WIRTH 1995) o ekologii některých druhů, zjistíme, že některé druhy byly zařazeny do jiné skupiny, než by se na základě literárních údajů dalo předpokládat. Tato difference se týká zejména těchto druhů:

- (a) Skupina eutrofilních druhů – *Evernia prunastri*, *Phlyctis argena*, *Ramalina farinacea*: nelze jednoznačně prohlásit, že se jedná o druhy eutrofilní, v uvedeném dendrogramu však k těmto druhům mají afinitu; dle literárních údajů druhy široké ekologické amplitudy, nejč. na neutrální a kyselý borci (i na dalších substrátech), středně až nepříliš citlivé ke znečištění ovzduší. – *Parmelia glabratula*: pravděpodobně nejspornější moment v této klasifikaci, afinita k eutrofilním druhům je jen obtížně vysvětlitelná. Dle literárních údajů se jedná o druh rostoucí na středně až velmi kyselých substrátech, nemá vyhraněný vztah k eutrofizaci; *P. exasperatula*, dle literatury eutrotolerantní druh široké ekologické amplitudy, roste na subneutrální až středně kyselý borci. – *Ramalina farinacea*, *R. fraxinea*: přesto, že se jedná o druhy velmi citlivé ke znečištění ovzduší, byly pro svou afinitu k eutrofizovanému substrátu zařazeny do této skupiny.
- (b) Skupina indikačních druhů – *Xanthoria polycarpa*: všechny druhy rodu *Xanthoria* preferují dle literatury eutrofizovaná stanoviště, pouze u tohoto druhu tato preference není příliš signifikantní; proto se zařazení do skupiny indikačních druhů jeví jako přijatelné. –

Hypogymnia physodes, *Parmelia sulcata*: druhy bez vyhraněného vztahu k eutrofizaci substrátu, nepříliš citlivé ke znečištění ovzduší, v zájmovém území velmi hojné, rovnoměrně rozšířené. Při jiném způsobu výběru indikačních druhů by v tomto typu zájmového území mohly být zcela ignorovány.

Zmíněné rozdíly je dost obtížné vysvětlit. Považuji je za důsledek toho, že uvedené druhy byly zkoumány pouze ve výseku ze své celkové ekologické variability a geografického rozšíření (jen na dvou substrátech, pouze na omezeném území); v takto relativně úzkém výběru se opravdu mohou „chovat“ odlišně než bychom pozorovali při celkovém pohledu na jejich rozšíření a ekologické nároky. Dalšími faktory mohou být nedokonalá standardizace substrátu, nedokonalost klasifikační metody, případně nějaká další subjektivní chyba.

Přes uvedené výhrady se výběr indikačních druhů pomocí TWINSPANu jeví jako přijatelný; bylo by však zajímavé zkoumat, zda a jak se různý výběr druhů použitých k indikaci projeví na výsledném rozdělení zájmového území.

Volba vhodného parametru charakterizujícího vliv znečištění

Bylo získáno několik parametrů, kterými je potenciálně možno charakterizovat jednotlivé lokality vzhledem k znečištění ovzduší. Jedná se o tyto charakteristiky:

- (a) n ...počet všech druhů na lokalitě;
- (b) m ...počet indikačních druhů na lokalitě;
- (c) IAP_{92} ... IAP – index zahrnující všechny druhy nalezené na lokalitě;
- (d) IAP_{ind} ... IAP – index zahrnující indikační druhy na lokalitě.

Informační hodnota jednotlivých parametrů:

- ad a) Počet všech druhů nalezených na lokalitě není příliš vhodný k charakterizování vlivu znečištění, protože je závislý na velkém množství dalších faktorů:
 - (aa) výskyt druhů podmíněný jinými ekologickými faktory, než je znečištění ovzduší (zvláště druhů eutrofilních);
 - (ab) subjektivní chyba při sběru dat – výskyt mnohých nenápadných druhů mohl být v terénu často přehlédnut (některé druhy byly objeveny teprve dodatečně jako příměs v položkách nápadnějších lišejníků).
 - ad b) Počet indikačních druhů na lokalitě se jeví jako vhodnější pro charakteristiku lokality vzhledem ke znečištění ovzduší, nicméně tato hodnota nezahrnuje citlivost druhů ke znečištění a kvantitativní zastoupení jednotlivých druhů.
 - ad c) IAP_{92} není vhodný parametr k charakterizování lokality (viz obr. 4), protože jeho hodnota je zkeslena kromě výše uvedených faktorů (viz aa, ab) také hodnotou indexu Q (indexu citlivosti každého druhu). Index Q vzácných druhů je číslo vcelku náhodné (jeho velikost je dána průměrným počtem doprovodných druhů z velmi malého počtu lokalit); stejně tak index Q každého jiného druhu tohoto souboru je číslo bez úzkého vztahu k citlivosti určitého druhu ke znečištění.
 - ad d) IAP_{ind} je vhodný pro charakteristiku lokalit vzhledem ke znečištění ovzduší (viz obr. 5), protože snižuje vliv výše uvedených faktorů, oproti nim bere na zřetel tyto důležité parametry:
 - (da) index Q (ekologický index citlivosti druhu; z literárního srovnání plyne, že hodnoty skutečně blíže vyjadřují citlivost příslušného druhu ke znečištění);
 - (db) kvantitativní zastoupení druhu.
- Tabulka 5 přehledně vyjadřuje vliv jednotlivých faktorů na výše uvedené charakteristiky.

Zonace zájmového území

Z faktů uvedených v předchozí části vyplývá, že k bioindikaci znečištění ovzduší ve studované oblasti se nejlépe hodí postup využívající IAP index získaný z indikačního souboru (IAP_{ind.}), který byl tudíž využit pro zonaci zájmového území.

Celkem byly vymezeny 3 zóny odpovídající různému vlivu znečištění ovzduší. Vzhledem k tomu, že celkově je zájmové území jen velmi málo zasaženo znečištěním, jednotlivé zóny nejsou ostře vyhraněné (v každé zóně se vyskytují i lokality s odlišnými hodnotami IAP_{ind.}, než by odpovídalo příslušné zóně), a tak by nebylo příliš smysluplné vymezení většího počtu zón.

Zóny byly vymezeny takto (viz obr. 5):

I – Zóna nejsilněji zasažená znečištěním. Jedná se o oblast především kolem větších sídel, která je bezprostředně pod vlivem lokálních zdrojů znečištění, jako jsou místní topeniště a frekventované silnice. Dále zde pravděpodobně působí zhoršené rozptylové podmínky, neboť podstatná část této zóny se rozkládá v nižších polohách a je ohraničená terénními vyvýšeninami.

Zóna je charakteristická početným výskytem odolnějších eutrofilních druhů (*Physcia adscendens*, *P. dubia*, *P. stellaris*, *Physconia enteroxantha*, *Xanthoria candelaria*). Z indikačních druhů se zde vyskytují především ty méně citlivé (*Hypogymnia physodes*, *Lecanora subfusca*, *Parmelia sulcata*), druhy citlivější zde rostou méně (příp. téměř chybí) a často mají sníženou vitalitu (*Pseudevernia furfuracea*, *Usnea* sp.).

II – Zóna středně ovlivněná znečištěním. Jedná se o přechod mezi zónou I a III. Mozaikovitě se vyskytuje prakticky celé spektrum hodnot IAP_{ind.}. Tato oblast není pod bezprostředním vlivem lokálních zdrojů, jejich vliv je však také zřetelný. Dále se zde projevuje vliv dálkových zdrojů znečištění (zvláště na návětrné straně) a silná eutrofizace substrátů zapříčiněná lidskou činností.

V této zóně mají optimum výskytu druhy eutrofilní (*Lecanora carpinea*, *Ramalina farinacea*, *R. fastigiata*, *R. fraxinea*), druhy indikační mají často sníženou vitalitu. Následující druhy projevují podobný charakter výskytu v zóně II i III: *Bryoria* sp., *Chaenotheca chrysocephala*, *Parmelia saxatilis*, *Lecanora varia*, *Xanthoria polycarpa*.

III – Zóna nejméně ovlivněná znečištěním. Zóna se rozkládá v místech s velmi nízkou hustotou sídel a komunikací a v oblasti s vysokým zastoupením lesů, nadto tato oblast není nikterak exponovaná vůči dálkovým zdrojům znečištění. Nízká hustota sídel a komunikací znamená minimální vliv lokálních zdrojů znečištění a nízkou úroveň emisí pocházejících z automobilů. „Pufrační kapacita“ velkých lesních ploch je zřejmě dostatečná vzhledem k množství škodlivin, které se do atmosféry dostávají.

Zóna je charakteristická bohatým výskytem indikačních druhů, a i ty citlivější mají vysokou abundanci i vitalitu (*Bryoria* sp., *Cetraria chlorophylla*, *Cetraria pinastri*, *Hypogymnia farinacea*, *Lecanora varia*, *Platismatia glauca*, *Pseudevernia furfuracea*, *Usnea* sp.). Vyskytují se zde i druhy velmi vzácné a vymírající (*Anaptychia ciliaris*, *Evernia divaricata*, *Pachyphiale fagicola*). Druhy eutrofilní se vzhledem k nižšímu obsahu dusíkatých látek v prostředí a větší schopnosti konkurence ostatních druhů vyskytují méně než v zónách I a II.

Prognóza vývoje

Situace v zájmovém území je velmi dynamická. Dnes již neplatí tvrzení, že Šumava je území prakticky nedotčené znečištěním atmosféry. Stále je však pravda, že se jedná o jednu z nečistších oblastí v České republice.

I přes značný pokles celkového množství emisí znečišťujících ovzduší na našem území v posledním desetiletí se stav lichenoflóry s velkou pravděpodobností nebude zlepšovat, ale vzhledem k setrvačnosti vývoje ekosystémů bude i nadále docházet k ústupu citlivějších druhů, až k jejich případnému vyhynutí (což lze dnes dokumentovat např. na druzích *Anaptychia ciliaris*, *Evernia divaricata* ap.), a také ke zvyšování počtu ohrožených druhů. Navíc, lokálně se imisní situace může měnit zcela opačným směrem – za příklad poslouží bezprostřední okolí mezinárodní silnice vedoucí k hraničnímu přechodu ve Strážném. Z dříve nepřilíš frekventované komunikace se od r. 1989 stala silnice, po níž denně projedou tisíce automobilů; koncentrace znečišťujících látek se v okolí silnice radikálně zvýšily.

Uvolněné niky obsazují expanzivní degradační druhy (*Scoliciosporum chlorococcum*, *Le-canora conizaeoides*), v nejzasazenějších oblastech lichenoflóra získává podobný charakter, jako na velké části našeho území (několik degradačních druhů, příp. místy chudá eutrofilní společenstva se zástupci nejodolnějších druhů).

Zdali bude během času docházet k návratu epifytických lišejníků do oblastí, ve kterých se radikálně snížily koncentrace látek znečišťujících ovzduší (jak udává např. SHOWMAN (1981) na příkladu lišejníku *Parmelia caperata*), se v současnosti můžeme jen dohadovat. V citované práci se jedná o území s poměrně vysokými průměrnými koncentracemi, a dále s častými extrémními hodnotami koncentrací SO_2 . V území zkoumaném Showmanem se prakticky nezměnily průměrné koncentrace SO_2 , došlo pouze ke snížení frekvence extrémních hodnot. Na Šumavě jsou průměrné koncentrace SO_2 ca 3–5 x nižší, extrémní koncentrace se zde pravděpodobně vyskytují velmi vzácně. Proto na základě zmíněné práce nelze činit významnější závěry o případném návratu epifytických lišejníků; nezbyvá jiná možnost, než se snažit tento možný trend pozorovat přímo v terénu.

Shrnutí

Byla sledována epifytická lichenoflóra území s nízkou hladinou znečištění ovzduší (část Šumavy), pomocí bioindikační metody využívající epifytické lišejníky byl zhodnocen vliv znečištění atmosféry na lichenoflóru zájmového území.

Byla hodnocena epifytická lichenoflóra na 209 lokalitách, které byly do jisté míry standardizovány. Jako substrát byly využity dva druhy stromů (*Acer pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*). Nalezeno bylo celkem 92 druhů lišejníků.

Metoda TWINSPAN byla využita ke klasifikaci souboru druhů s frekvencí výskytu větší než 5. Z důvodu lepší standardizace byly vyloučeny druhy eutrofilní.

Pro stanovení míry vlivu znečištění ovzduší byla použita metoda využívající IAP – index. Bylo získáno několik různých parametrů (tj. celkový počet druhů na lokalitě, počet indikačních druhů na lokalitě, různé druhy indexu IAP). Byla diskutována bioindikační hodnota těchto parametrů.

Na základě hodnot IAP -indexu založeném na indikačních druzích byly vymezeny 3 zóny s různým vlivem znečištění.

Byla vyslovena prognóza vývoje lichenoflóry v zájmovém území.

Poděkování: Rád bych na tomto místě poděkoval Dr. J. Liškovi, CSc., za cennou pomoc a mnohé rady, které mi poskytl během vzniku této práce. Můj dík patří i Dr. A. Vězdovi, který mi pomohl určit některé položky. Dr. J. Crossovi vděčím za revizi anglických částí textu.

Literatura

- ANDEL P., 1976: Lišejníky a znečištění ovzduší na Liberecku [Lichens and air pollution in the Liberec area]. 142 p., ms., Dipl. pr. depon. in: *Knih. kat. bot. přírod. fak. UK Praha*.
- ANDEL P., 1985: Bioindikace čistoty ovzduší v severočeské oblasti působení uranového průmyslu [The bioindication of air pollution in the area under influence of uranium industry (north Bohemia)]. 162 p., ms., Kand. disert. pr. depon. in: *Knih. kat. bot. přírod. fak. UK Praha*.
- ANONYMUS, 1995: Životní prostředí České republiky [Environment of the Czech Republic]. *Ročenka 1995. – ČEÚ, Praha*.
- LE BLANC F. & DE SLOOVER J., 1970: Relation between industrialization and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. *Canad. J. Bot., Ottawa, 48: 1485–1496*.
- MOLDAN B. & al., 1990: Životní prostředí České republiky. [Environment of the Czech Republic]. *Academia, Praha*.
- PISÚT I. & JELÍNKOVÁ-LISICKÁ E., 1974: Epiphytische Flechten in der Umgebung einer Aluminiumhütte in der Mittelslowakei. *Biológia, Bratislava, 29: 29–38*.
- PURVIS et al., 1992: The lichen flora of Great Britain and Ireland. *Nat. Hist. Mus. Publ., London*.
- SHOWMAN R. E., 1981: Lichen recolonization following air quality improvement. *Bryologist 84: 492–497*.
- VESECKÝ & al., 1961: Podnebí Československé socialistické republiky [Climate of the Czech Republic]. *Hydrometeorologický ústav, Praha*.
- WIRTH V., 1995: Die Flechten Baden-Württembergs. *E. Ulmer, Stuttgart*.

Tabulka 1. – Seznam nalezených druhů s příslušnými charakteristikami;

F – frekvence výskytu, Fr – relativní frekvence výskytu, Q – ekologický index.

Table 1. – List of recorded species with respective characteristics;

F – frequency of occurrence, Fr – relative frequency of occurrence, Q – ecological index.

	Druh	F	Fr	Q
1	<i>Amandinea punctata</i>	68	32.5 %	10.9
2	<i>Anaptychia ciliaris</i>	2	10 %	13.5
3	<i>Arthonia mediella</i>	1	0.5 %	13.0
4	<i>Bacidia globulosa</i>	2	1.0 %	10.0
5	<i>Bacidia rubella</i>	1	0.5 %	12.0
6	<i>Bacidia subincompta</i>	1	0.5 %	10.0
7	<i>Biatora epixanthoidiza</i>	4	1.9 %	11.3
8	<i>Bryoria</i> sp.	52	24.9 %	10.2
9	<i>Buellia erubescens</i>	1	0.5 %	8.0
10	<i>Buellia griseovirens</i>	1	0.5 %	13.0
11	<i>Calicium salicinum</i>	1	0.5 %	13.0
12	<i>Calicium viride</i>	1	0.5 %	11.0
13	<i>Caloplaca holocarpa</i>	1	0.5 %	15.0
14	<i>Candelaria concolor</i>	2	1.0 %	12.0
15	<i>Candelariella reflexa</i>	1	0.5 %	14.0
16	<i>Candelariella vitelina</i>	2	1.0 %	11.0
17	<i>Candelariella xanthostigma</i>	79	37.8 %	10.9

18	<i>Cetraria chlorophylla</i>	31	14.8 %	10.9
19	<i>Evernia divaricata</i>	1	0.5 %	7.0
20	<i>Evernia prunastri</i>	119	56.9 %	9.7
21	<i>Graphis scripta</i>	2	1.0 %	10.0
22	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	3	1.4 %	13.3
23	<i>Hypogymnia farinacea</i>	8	3.8 %	11.3
24	<i>Hypogymnia physodes</i>	188	90.0 %	9.4
25	<i>Hypogymnia tubulosa</i>	1	0.5 %	12.0
26	<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	6	2.9 %	10.0
27	<i>Lecania cyrtella</i>	1	0.5 %	6.0
28	<i>Lecanora albella</i>	1	0.5 %	13.0
29	<i>Lecanora argentata</i>	1	0.5 %	12.0
30	<i>Lecanora cadubriae</i>	1	0.5 %	15.0
31	<i>Lecanora carpinea</i>	83	39.7 %	10.3
32	<i>Lecanora conizaeoides</i>	2	1.0 %	8.5
33	<i>Lecanora chlorotera</i>	6	2.9 %	11.2
34	<i>Lecanora piniperda</i>	13	6.2 %	12.0
35	<i>Lecanora sambuci</i>	1	0.5 %	13.0
36	<i>Lecanora sp.</i>	1	0.5 %	11.0
37	<i>Lecanora subfusca</i>	142	67.9 %	9.6
38	<i>Lecanora symmicta</i>	2	1.0 %	12.0
39	<i>Lecanora varia</i>	41	19.6 %	10.1
40	<i>Lecidea pullata</i>	2	1.0 %	13.5
41	<i>Lecidea turgidula</i>	4	1.9 %	11.8
42	<i>Lecidella elaeochroma</i>	6	2.9 %	11.3
43	<i>Lepraria sp.</i>	15	7.2 %	10.8
44	<i>Mycobilimbia sphaeroides</i>	1	0.5 %	6.0
45	<i>Ochrolechia androgyna</i>	1	0.5 %	13.0
46	<i>Ochrolechia turneri</i>	16	7.7 %	11.2
47	<i>Opegrapha sp.</i>	1	0.5 %	9.0
48	<i>Opegrapha varia</i>	2	1.0 %	11.0
49	<i>Opegrapha vulgata</i>	3	1.4 %	11.7
50	<i>Pachyphiale fagicola</i>	1	0.5 %	14.0
51	<i>Parmelia acetabulum</i>	10	4.8 %	12.3
52	<i>Parmelia caperata</i>	1	0.5 %	10.0
53	<i>Parmelia exasperatula</i>	102	48.8 %	9.9
54	<i>Parmelia glabratula</i>	17	8.1 %	11.5
55	<i>Parmelia saxatilis</i>	63	30.1 %	10.0
56	<i>Parmelia sulcata</i>	168	80.4 %	9.8
57	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	79	37.8 %	9.7
58	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	5	2.4 %	8.2

59	<i>Pertusaria albescens</i>	29	13.9 %	11.3
60	<i>Pertusaria amara</i>	35	16.7 %	9.8
61	<i>Pertusaria coccodes</i>	4	1.9 %	11.3
62	<i>Pertusaria coronata</i>	1	0.5 %	12.0
63	<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	2	1.0 %	10.5
64	<i>Pertusaria leioplaca</i>	1	0.5 %	6.0
65	<i>Physconia</i> sp. juv.	2	1.0 %	13.0
66	<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	26	12.4 %	11.8
67	<i>Phlyctis argena</i>	45	21.5 %	10.8
68	<i>Physcia adscendens</i>	60	28.7 %	10.8
69	<i>Physcia dubia</i>	57	27.3 %	10.5
70	<i>Physcia stellaris</i>	8	3.8 %	11.5
71	<i>Physcia tenella</i>	3	1.4 %	11.3
72	<i>Physcia wainioi</i>	1	0.5 %	13.0
73	<i>Physconia distorta</i>	4	1.9 %	11.3
74	<i>Physconia enteroxantha</i>	14	6.7 %	11.6
75	<i>Physconia perisidiosa</i>	2	1.0 %	11.0
76	<i>Platismatia glauca</i>	89	42.6 %	9.9
77	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	97	46.4 %	10.0
78	<i>Pyrenula nitida</i>	1	0.5 %	12.0
79	<i>Ramalina farinacea</i>	17	8.1 %	12.2
80	<i>Ramalina fastigiata</i>	5	2.4 %	11.6
81	<i>Ramalina fraxinea</i>	8	3.8 %	13.0
82	<i>Rinodina pyrina</i>	3	1.4 %	12.7
83	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	35	16.7 %	10.3
84	<i>Strangospora moriformis</i>	1	0.5 %	11.0
85	„thallus sterilis“	1	0.5 %	12.0
86	<i>Thelotrema lepadinum</i>	1	0.5 %	8.0
87	<i>Usnea</i> sp.	92	44.0 %	10.4
88	<i>Vulpicida pinastri</i>	35	16.7 %	10.2
89	<i>Xanthoria candelaria</i>	81	38.8 %	10.2
90	<i>Xanthoria fallax</i>	3	1.4 %	9.3
91	<i>Xanthoria parietina</i>	19	9.1 %	11.3
92	<i>Xanthoria polycarpa</i>	10	4.8 %	11.9

	Q_{ind}
<i>Bryoria</i> sp.	7.2
<i>Cetraria chlorophylla</i>	7.6
<i>Hypogymnia farinacea</i>	9.0
<i>Hypogymnia physodes</i>	5.3
<i>Chaenotheca chrysocephala</i>	4.7
<i>Lecanora chlarotera</i>	6.5
<i>Lecanora subfusca</i>	5.4
<i>Lecanora varia</i>	6.7
<i>Lecidella elaeochroma</i>	6.7
<i>Lepraria</i> sp.	6.9
<i>Ochrolechia turneri</i>	7.9
<i>Parmelia saxatilis</i>	6.4
<i>Parmelia sulcata</i>	4.9
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	6.8
<i>Pertusaria albescens</i>	6.1
<i>Pertusaria amara</i>	6.0
<i>Platismatia glauca</i>	7.1
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	6.4
<i>Usnea</i> sp.	6.5
<i>Vulpicida pinastri</i>	7.4
<i>Xanthoria polycarpa</i>	6.4

Tabulka 2. – Hodnoty ekologického indexu (Q_{ind}) indikačních druhů.
Table 2. – Values of ecological index (Q_{ind}) of indicat species.

Q_{ind}	INDIKAČNÍ DRUHY
< 5.0	<i>Chaenotheca chrysocephala</i> <i>Parmelia sulcata</i>
5.0–5.9	<i>Hypogymnia physodes</i> <i>Lecanora subfusca</i>
6.0–6.9	<i>Lecanora chlarotera</i> <i>Lecanora varia</i> <i>Lecidella elaeochroma</i> <i>Lepraria</i> sp. <i>Parmelia saxatilis</i> <i>Parmeliopsis ambigua</i> <i>Pertusaria albescens</i> <i>Pertusaria amara</i> <i>Pseudevernia furfuracea</i> <i>Usnea</i> sp. <i>Xanthoria polycarpa</i>
7.0–7.9	<i>Bryoria</i> sp. <i>Cetraria chlorophylla</i> <i>Ochrolechia turneri</i> <i>Platismatia glauca</i> <i>Vulpicida pinastri</i>
> 8.0	<i>Hypogymnia farinacea</i>

Tabulka 3. – Rozdělení indikačních druhů do intervalů podle Q_{ind} .
Table 3. – Distribution of indicat species into intervals according Q_{ind} .

Tabulka 4. – Číselné charakteristiky lokalit v závislosti na druhu substrátu.**Table 4.** – Numerical characteristics of localities in relation to the substrate type.

CHARAKTERISTIKA	OBA DRUHY SUBSTRÁTŮ	KLEN	JEŘÁB
počet lokalit	209	153	56
počet druhů lišejníků	92	79	56
prům. nadm. výška lokalit (m n.m.)	932	909	997
max. nadm. výška lokalit (m n.m.)	1 160	1 160	1 150
min. nadm. výška lokalit (m n.m.)	580	580	720
prům. počet druhů na lokalitě	10.3	10.2	10.8
prům. počet indik. druhů na lokalitě	5.8	5.0	8.1
max. počet druhů na lokalitě	20	20	16
min. počet druhů na lokalitě	2	2	5
max. počet indik. druhů na lokalitě	12	11	12
min. počet indik. druhů na lokalitě	0	0	4
prům. IAP ₉₂ na lokalitě	21.0	20.7	21.8
max. IAP ₉₂ na lokalitě	38.5	38.5	33.7
min. IAP ₉₂ na lokalitě	4.8	4.8	10.3
prům. IAP _{ind} na lokalitě	7.2	6.0	10.4
max. IAP _{ind} na lokalitě	16.0	15.5	16.0
min. IAP _{ind} na lokalitě	0	0	4.4

Tabulka 5. – Vliv jednotlivých faktorů na číselné charakteristiky;

n – počet všech druhů na lokalitě, m – počet indikačních druhů na lokalitě

IAP₉₂ – IAP zahrnující všechny druhy nalezené na lokalitě

IAP_{ind} – IAP zahrnující indikační druhy na lokalitě

(+ faktor výrazně ovlivňuje příslušný parametr

– faktor neovlivňuje výrazně příslušný parametr).

Table 5. – Impact of individual factors on the numerical characteristics of localities

n – number of all species on a locality, m – number of indicative species on a locality

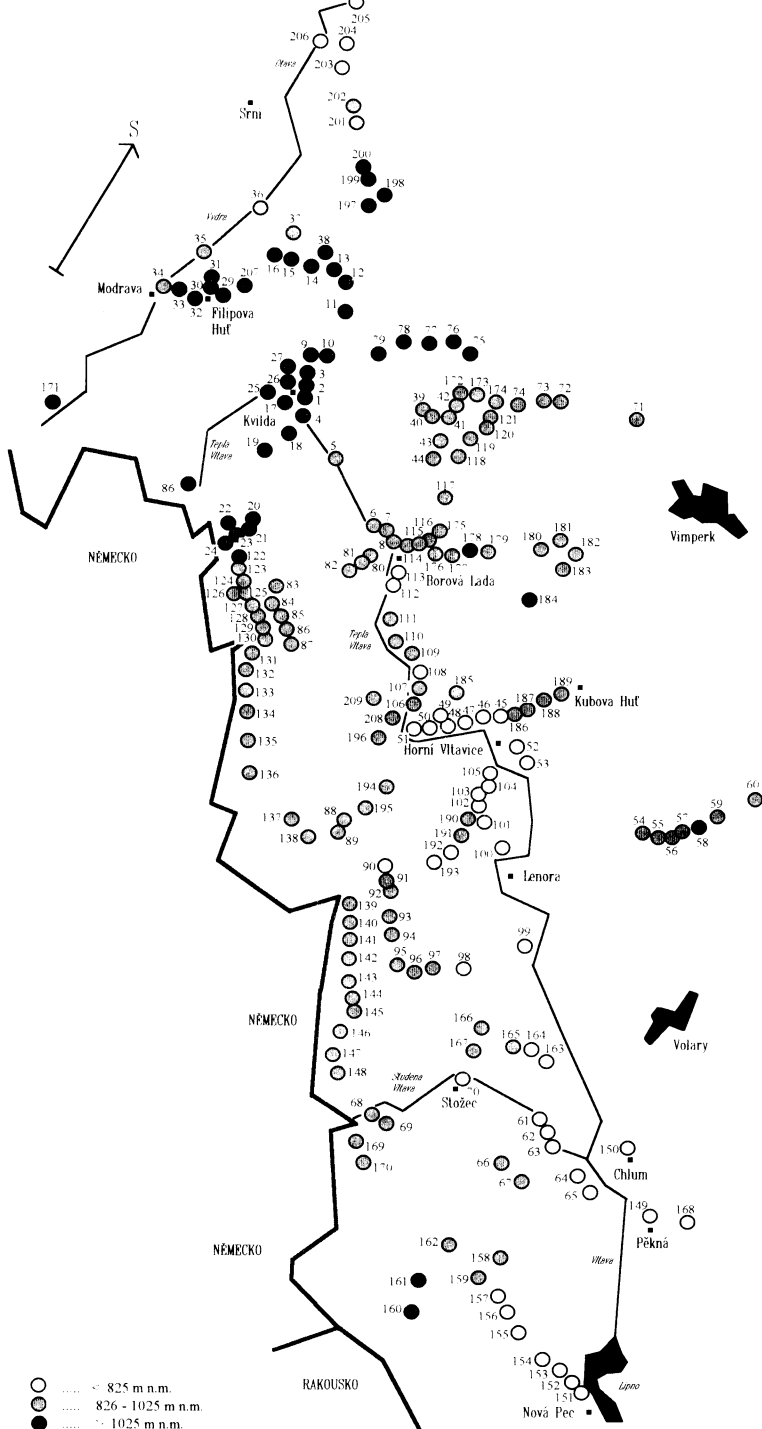
IAP₉₂ – IAP including all species on a locality

IAP_{ind} – IAP including indicat species on a locality

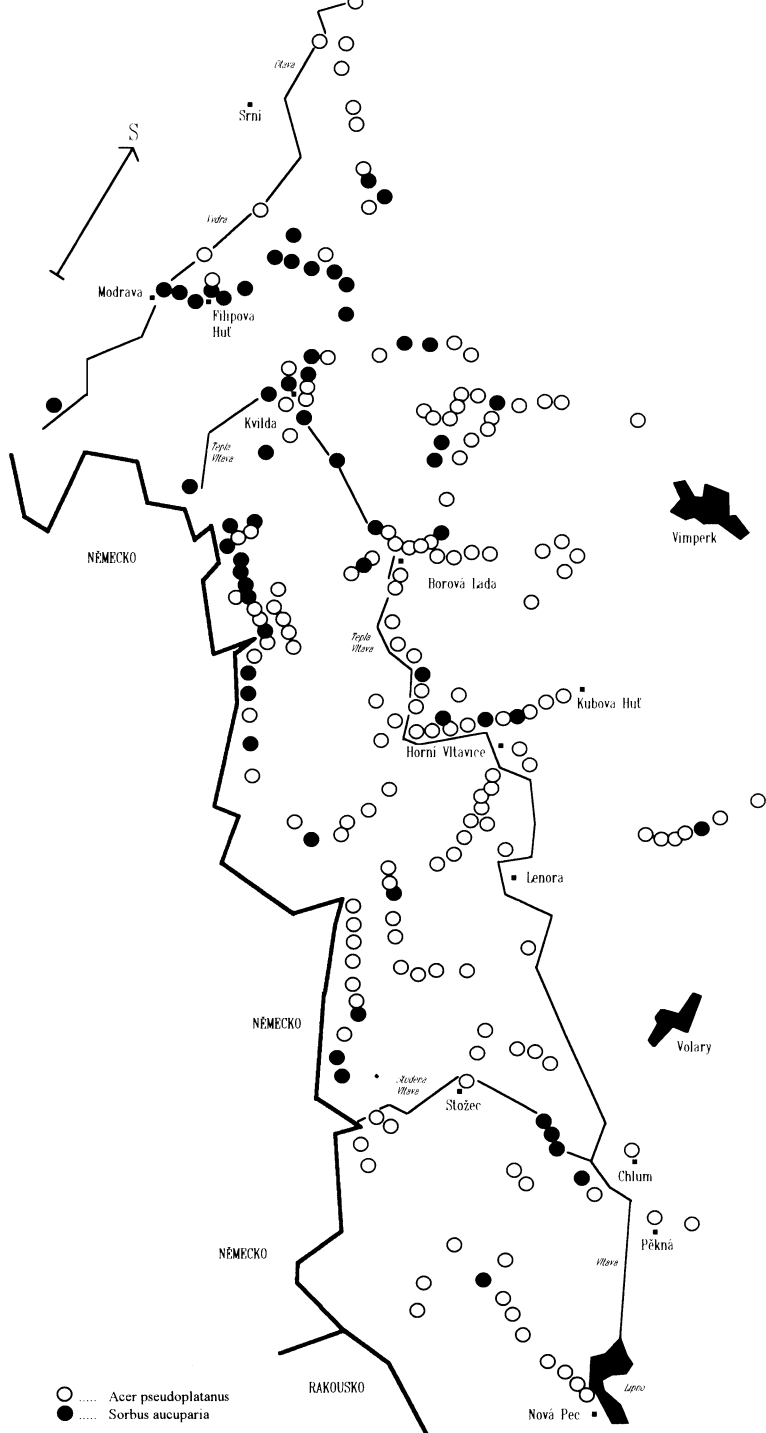
(+ factor of important impact

– factor of unimportant impact).

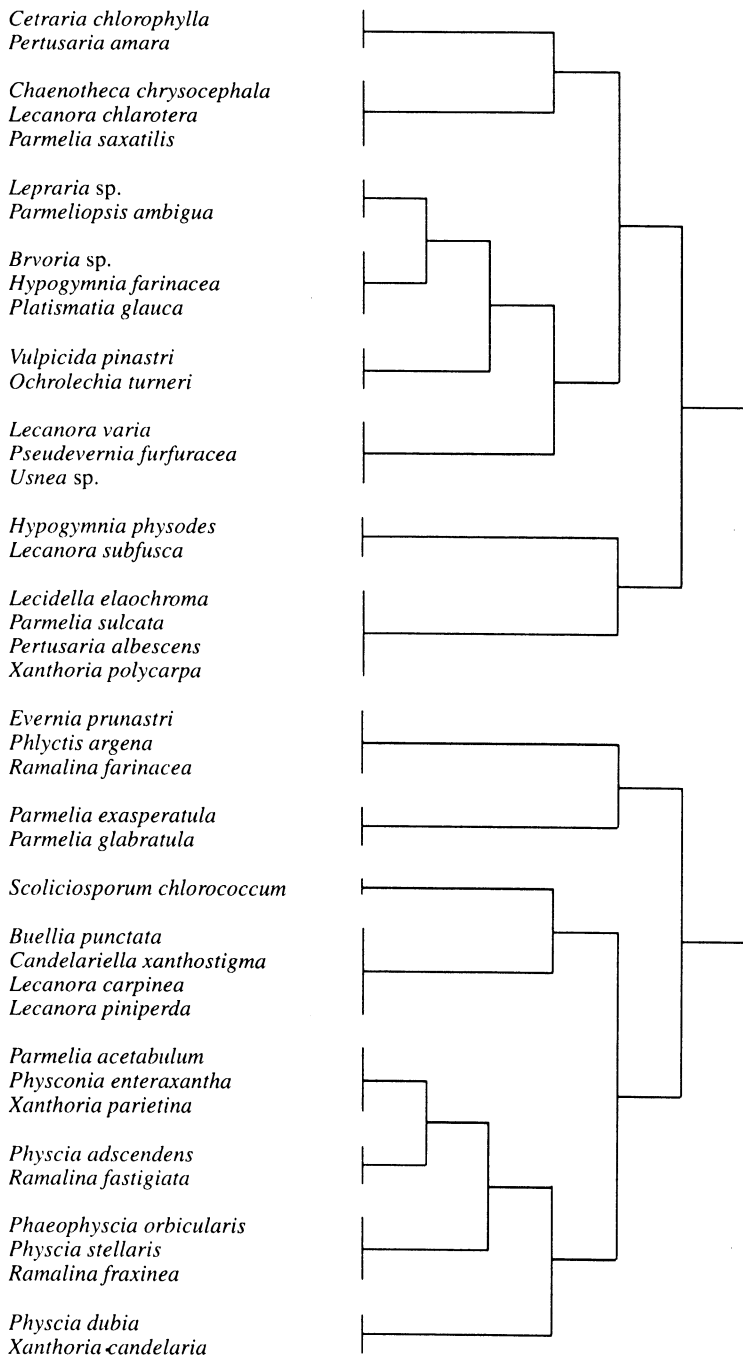
	n	m	IAP ₉₂	IAP _{ind}
vzácné druhy	+	–	+	–
eutrofilní druhy	+	–	+	–
subjektivní chyba	+	–	+	–
citlivost druhů	–	–	–	+
kvantitativní zastoupení druhů	–	–	+	+



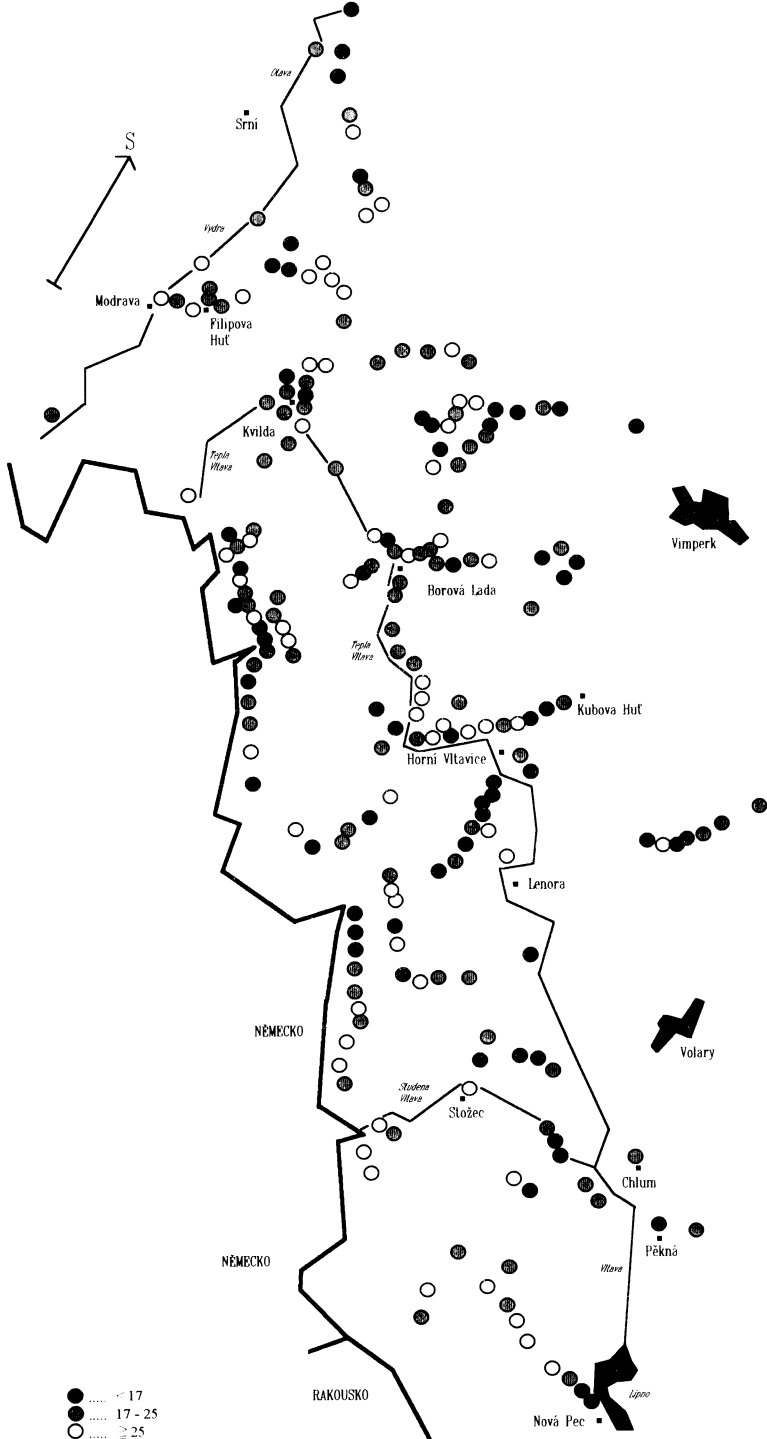
Obr. 1. – Nadmořská výška jednotlivých lokalit
 Fig. 1. – Altitude of the individual localities



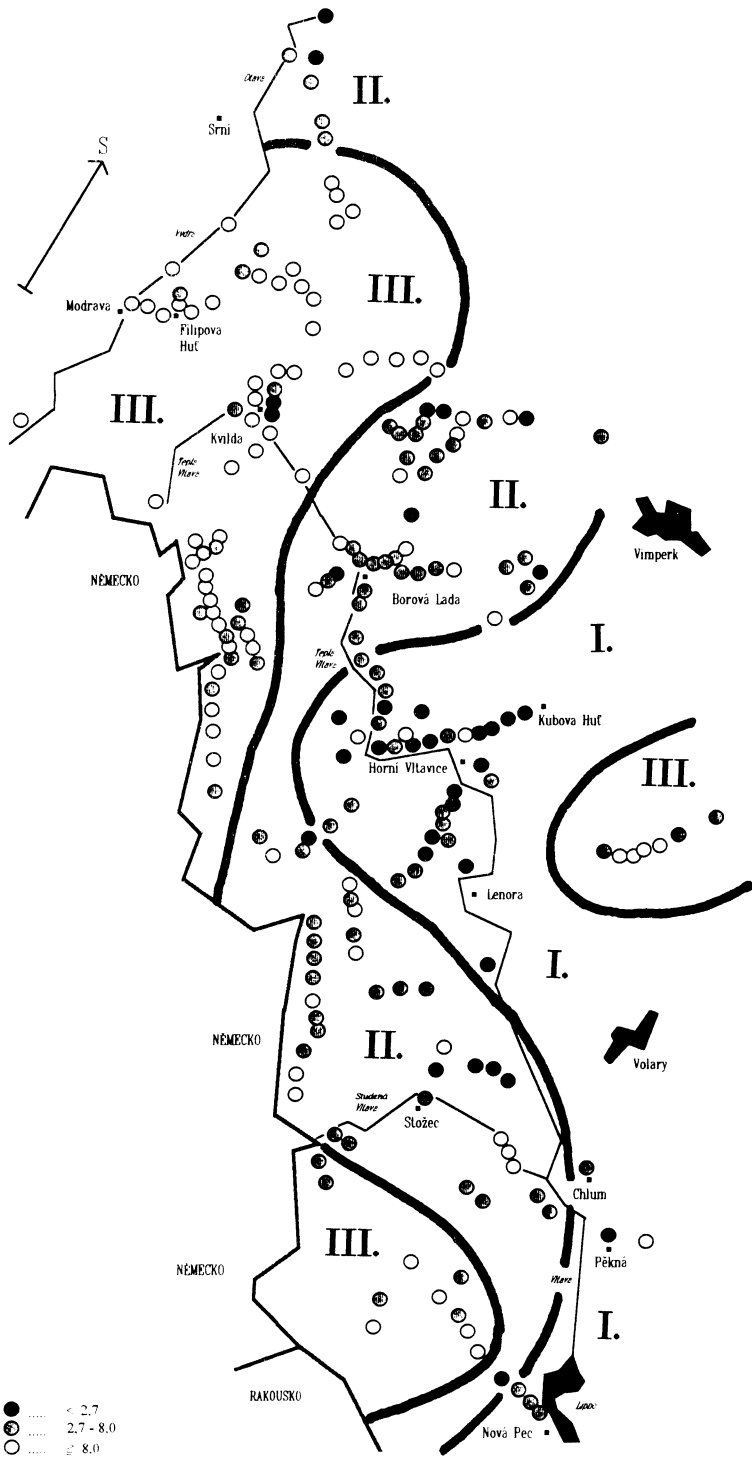
Obr. 2. – Lokality podle druhu substrátu
Fig. 2. – Localities in respect to the substratum



Obr. 3. – Dendrogram vytvořený na základě výsledků programu TWINSpan ze souboru 41 druhů
Fig. 3. – Dendrogram made on the base of the result of TWINSpan program from the set of 41 species



Obr. 4. – Hodnoty IAP₉₂ na jednotlivých lokalitách
 Fig. 4. – Values of IAP₉₂ at the individual localities



Obr. 5. – Hodnoty IAP_{ind} na lokalitách a zonace zájmového území podle úrovně znečištění ovzduší
Fig. 5. – Values of IAP_{ind} at the localities and a zonation of the area under study considering the level of air pollution