

## Epifytická lichenoflóra urbánneho prostredia ako indikátor kvality ovzdušia v Spišskej Novej Vsi (východné Slovensko)

Epiphytic lichen flora of urban area as an indicator of air quality in Spišská Nová Ves (eastern Slovakia)

ANNA GUTTOVÁ<sup>1)</sup>, KATARÍNA PETRÍKOVÁ<sup>2)</sup> & DUŠAN SENKO<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Botanický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava, anna.guttova@savba.sk, dusan.senko@savba.sk

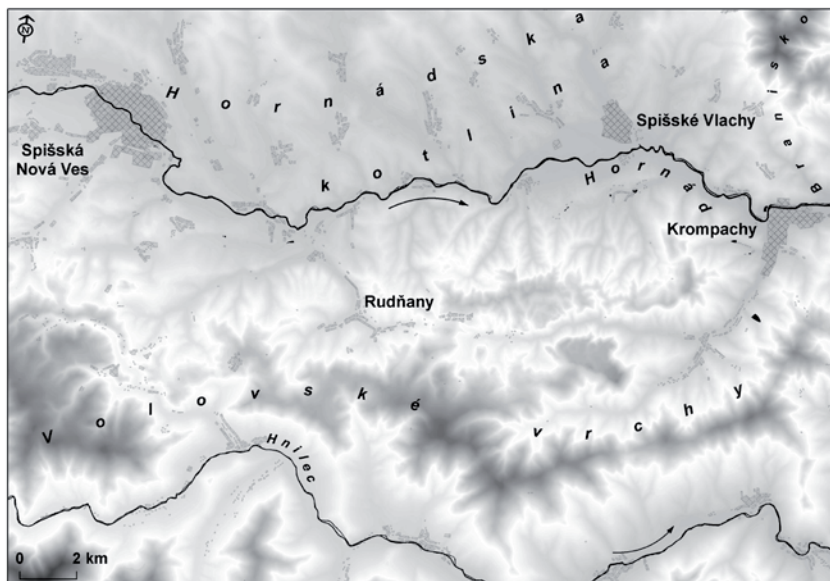
<sup>2)</sup> Kamenárska 2/10, 052 01 Spišská Nová Ves, petrik.katarina@gmail.com

*Abstract:* The study summarizes the information on epiphytic lichen diversity of the town Spišská Nová Ves, including historical and published data as well as those from recent sampling aimed at the assessment of environmental quality of the urban area (27 species, 5 taxa on generic level). Several sensitive fruticose species occurred here in the past (e. g. *Ramalina fastigiata*). Nowadays we can observe here mostly nitrophilous species of the genera *Physcia*, *Phaeophyscia* or *Xanthoria*. The environmental quality was assessed by the Indices of Atmospheric Purity (IAP). The values recorded on the trees with acidic bark were interpolated using Regularized Spline with Tension approach. The studied area was divided into three zones, based on environmental quality, corresponding to the major socio-economic settings as well as natural features.

*Keywords:* diversity, lichens, bioindicators.

### Úvod

Diverzita epifytických lišajníkov, ich rozšírenie, abundancia aj vitalita úzko súvisia so stavom ovzdušia (Lackovičová 1995). Tieto organizmy sú vysoko efektívnymi biologickými indikátormi kvality ovzdušia, na ktoré odpovedajú na úrovni fyziologických procesov v bunkách, na úrovni jedincov, ich populácií, ako aj na úrovni spoločenstiev (Purvis et al. 2007). Priemysel mesta Spišská Nová Ves, ale najmä blízkych Rudnians a Krompách vo východnej časti Spiša bol do deväťdesiatych rokov 20. storočia významným zdrojom environmentálneho zaťaženia (obr. 1). V Spišskej Novej Vsi bola najväčším bodovým zdrojom znečistenia tepláreň emitujúca SO<sub>2</sub>. Ešte v roku 1993 bola na 37. mieste v rebríčku šesťdesiatich najvýznamnejších zdrojov znečisťovania ovzdušia na Slovensku (Klinda et al. 2005). Od roku 1999 má znečisťovanie SO<sub>2</sub> klesajúci trend, avšak tepláreň naďalej produkuje najväčšie množstvo emisií v tejto oblasti (Anonymus 2003). V blízkych Rudňanoch sa spracovávala železná ruda a ortuť a v Krompachoch meď. V roku 1991 sa v tejto oblasti sledovali koncentrácie Hg, As, Cu, Pb, Cd, Zn a Mn v spontánne rastúcich stielkach diskovky *Hypogymnia physodes* a v ihliciach smreka obyčajného. Lišajník akumuloval významne vyššie obsahy študovaných kovov ako ihlice. V okolí bo-



Obr. 1. Lokalizácia miest s najväčšími stacionárnymi zdrojmi znečistenia ovzdušia v minulosti v Hornádskej kotline

Fig. 1. Situation of the towns with the major stationary air pollution sources in the past in the Hornádska kotlina basin

dových zdrojov znečistenia sa táto diskovka nevyskytovala (Lackovičová et al. 1994, Banášová et al. 2010). V oblasti Spišskej Novej Vsi sa sledovalo aj rozšírenie epifytických lišajníkov a fyzikálno-chemické parametre borky ihličnanov smreka obyčajného a borovice lesnej. Najčastejšie zaznamenanými boli toxitolerantné druhy lišajníkov *Lecanora conizaeoides*, *Hypogymnia physodes*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Lepraria incana* a *Hypocenomyce scalaris* (Lackovičová & Pišút 1991).

Pokiaľ ide o diverzitu lišajníkov, z prelomu 19. a 20. storočia udávali zo Spišskej Novej Vsi (ako „Igló“) a okolia Hazslinszky (1884) a Szatala (1927, 1930, 1942) niekoľko druhov lišajníkov citujúc pritom i viaceré zbery Mágoczi-Dietza. Z epifytických druhov sú to (bez bližšej špecifikácie forofyta) *Amandinea punctata*, *Arthonia didyma*, *Bacidina phacodes*, *Biatora fallax*, *Calicium trabinellum*, *Dimerella pineti*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Chaenotheca gracilentia*, *Lecanora hageni*, *L. varia*, *Lecidea turgidula*, *Micarea denigrata*, *Opegrapha varia*, *Porina aenea* a *Scoliciosporum*

*umbrinum*. Zaujímavým prameňom je zbierka lišajníkov nalepených na dvoch papierových tabuliach, ktoré zbieral Ivan Lilge-Lysecský (1886–1918) v čase svojich gymnaziálnych štúdií na Blaumonde (Modrý vrch) – na kopci nad železničnou stanicou v Spišskej Novej Vsi (Pišút 1987). Z významnejších epifytov v zbierke je možné identifikovať charakteristický pakonárnik *Pseudevernia furfuracea* a kríčkovitú stielku stužkovca (*Ramalina*). Druh však nemožno spoľahlivo určiť, pravdepodobne ide o *R. fastigiata*. Na začiatku 60. rokov 20. storočia v rámci mapovania epifytických lišajníkov na Slovensku tu pracoval Ivan Pišút. Podrobnejšie študoval lichenofloru na transekte Spišská Nová Ves – Markušovce (Pišút 1962). Na hlavnom námestí v meste zaznamenal druhy *Physconia grisea* a *Phaeophyscia orbicularis*. V rámci mapovania rozšírenia epifytických lišajníkov na Slovensku v rokoch 1970–1981 mapovatelia udávali vo štvorci 7078, kam spadá i študované územie Spišskej Novej Vsi (Pišút 1999) nasledovné druhy: *Amandinea punctata*, *Candelariella xanthostigma*, *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora conizaeoides*, *Lepraria incana*, *Melanelia fuliginosa*, *M. subargentifera*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Phlyctis argena*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Xanthoria fallax* a *X. parietina*.

Po politických zmenách v roku 1989 sa veľa rizikových priemyselných prevádzok odstavilo a nastal útlm priemyselnej výroby. Okrem toho legislatívne zmeny iniciovali zavedenie nových technológií, ktoré minimalizovali imisné zaťaženie, čím sa výrazne znížilo (Slovenský hydrometeorologický ústav 2009). Na tento stav zareagovali aj epifytické lišajníky. Na Slovensku (napr. Lackovičová et al. 2010), ako i v iných krajinách (napr. Isocrono et al. 2007, Munzi et al. 2007, Svoboda & Peksa 2008, Syrovátková 2009, Słaby & Lisowska 2012) sa začala zaznamenávať ich rekolonizácia.

Cieľom tejto práce bolo zistiť aktuálnu diverzitu epifytických lišajníkov v Spišskej Novej Vsi a na základe získaných dát zhodnotiť kvalitu ovzdušia urbánneho prostredia mesta a jeho bezprostredného okolia.

## **Materiál a metodika**

Študovaným územím je mesto Spišská Nová Ves (66,7 km<sup>2</sup>, cca 37 000 obyvateľov [Anonymus 2012]; obr. 2). Leží v nadmorskej výške 440 až 490 m. Klíma je mierne teplá a mierne vlhká, pahorkatinová až vrchovinová (Lapin et al. 2002). Priemerný ročný úhrn zrážok je na hranici medzi dvoma intervalmi, a to 550 až 600 mm a 600 až 700 mm (Faško & Šťastný 2002). Priemerná ročná teplota vzduchu je 6 až 7 °C, januárová teplota vzduchu -5 až -6 °C a júlová 16 až 18 °C (Šťastný et al. 2002a, b, c). Z pohľadu zaťaženia územia prízemnými inverziami patrí územie medzi silne inverzné polohy. Prevládajúci smer vetra je severojužný (Lapin & Tekušová 2002). Okolie mesta tvorí prevažne poľnohospodárska krajina. Intravilán zahŕňa rezidenčné štvrte a prie-

myselnú zónu. Úroveň znečistenia ovzdušia ovplyvňujú predovšetkým emisie stacionárnych zdrojov znečistenia ovzdušia a automobilová doprava. Významnými zdrojmi znečisťovania ovzdušia pevnými aerosólmi sú Východoslovenské kameňolomy a. s. Spišská Nová Ves s ťažbou a drvením sadrovca a nhydritu v Novoveskej Huti a VSK Mineral, s. r. o. Košice s ťažbou a drvením vápencu v Gretli (Lepeňová & Šteiner 2011).

Zber údajov o diverzite epifytických lišajníkov prebiehal v rokoch 2008–2009 v Spišskej Novej Vsi na ploche 17 km<sup>2</sup> (obr. 2). Študovali sme všetky vhodné druhy listnatých stromov tak, aby boli v dátovom súbore zastúpené druhy so subneutrálnou aj s kyslou borkou (pH borky ako znak druhu, sekundárne neovplyvnené prostredím, ľudskou činnosťou, v zmysle napr. Barkmana [1956], reálne pH borky stromov sme nemerali). Za vhodný strom sme považovali voľne stojace sromy s rovným kmeňom s nepoškodenou borkou a obvodom väčším ako 60 cm (cf. Asta et al. 2002). Každý strom sme zamerali prostredníctvom GPS Garmin v súradnicovom systéme WGS-84 (tab. 1). Na každom strome sme zaznamenali prítomnosť, abundanciu a vitalitu všetkých druhov epifytických lišajníkov pre výpočet indexu atmosférickej čistoty (Index of Atmospheric Purity, IAP) [LeBlanc & De Sloover 1970, Pišút & Lisická-Jelínková 1974, Lackovičová 1981]. Nomenklatúra lišajníkov je zjednotená podľa práce Bielczykovej et al. (2004) a cievnatých rastlín podľa práce Marholda et al. (1998). Herbárové doklady sú uložené v súkromnom herbári druhej autorky (Spišská Nová Ves). IAP reprezentuje model celkovej kvality ovzdušia. Na jeho výpočet sme použili vzorec:

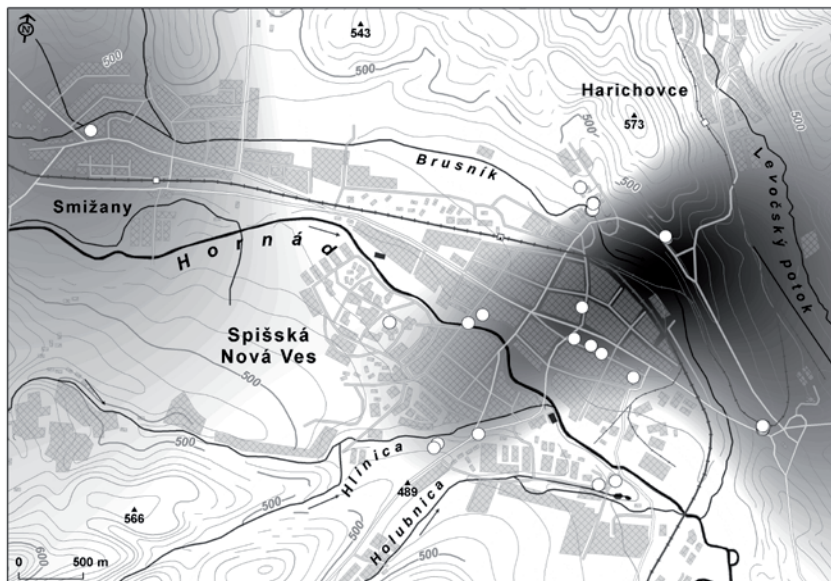
$$IAP = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i \cdot f_i)}{10}$$

$Q$  je ekologický faktor druhu, vyjadruje priemerný počet sprievodných druhov daného druhu na študovanej ploche. Stupeň abundancie a vitality  $f$  je hodnota pre daný druh lišajníka na konkrétnom strome, môže nadobúdať hodnoty 1, 3 alebo 5. Pre hodnotenie kvality ovzdušia študovaného územia sme vytvorili model interpolovaním hodnôt IAP. Využili sme na to regularizovaný splajn s tenziou a zhladzovaním (RST – *Regularized Spline with Tension*) ako modul *v.vol.rst* implementovaný v GRASS GIS v 6.4. Táto interpolačná metóda vyžaduje bodové pole v trojrozmernom priestore ( $x, y, z$ ) a hodnotu  $w$  (v našom prípade hodnoty IAP). Výsledkom je priesečník medzi modelovanou premennou a geometriou georeliéfu. Variabilita priestorovej spojitosti sa tak zachytáva oveľa komplexnejšie ako pri tradičných metódach založených na štatistickej korelácii (napr. často využívaný krigging). Okrem subjektívnej vizuálnej kontroly (umelé schody, pravidelné vzory) je spoľahlivosť interpolácie verifikovateľná najmä pomocou štatistických metód, ako napr. krížovou validáciou (*cross-validation*), ktorej stredná kvadratická chyba (*root mean square error*) hovorí o priemernej chybe voči vstupným údajom (Kohavi 1995, Deutsch & Journel 1998). Rozdiely medzi skutočnou a odhadnutou hodnotou reziduálov indikujú kvalitu interpolačnej metódy a jej schopnosť interpolovať z definovaného okolia. Flexibilita je pri polynomickej funkcii RST daná kontrolnými parametrami (napr. tenzia, zhladzovanie), ktorých správne nastavenie umožňuje získať optimálny výsledok. Pri nastavení interpolačných parametrov sme sa zamerali na vystihnutie globálneho trendu povrchu. Takto odvodené parametre môžu reprezentovať aj lokálne situácie realistickjšie ako tie, ktoré boli odvodené z vertikálne presných povrchov (Bonk 2007).

## Výsledky a diskusia

V študovanom území sme zaznamenali 32 taxónov epifytických lišajníkov (tab. 2). Prevažná časť má lupeňovité stielky s úzkymi lalokmi (14 druhov), prípadne kôrovité stielky (13 druhov). Zvyšných 5 druhov má lupeňovité stielky so širokými lalokmi. Tieto druhy sú bežné epifyty charakteristické pre širokú škálu substrátov. Viac ako polovica taxónov patrí do skupiny nitrofilných druhov znášajúcich vysokú alebo veľmi vysokú eutrofizáciu (cf. Nimis & Martellos 2008). Zriedkavo zaznamenané druhy na študovanom území sú *Rinodina pyrina*, *Ropalospora viridis*, *Pseudevernia furfuracea* ako aj viacero diskovníkov (napr. *Xanthoria fallax*, *X. polycarpa*, *X. ulophyllodes*). Zaznamenaná situácia korešponduje so súčasným trendom – po výraznom poklese znečistenia ovzdušia (predovšetkým SO<sub>2</sub>) po roku 1989 epifyty rekolonizujú miesta, kde sa predtým zaznamenávala lišajníková púšť prípadne dominovali toxitolerantné druhy ako *Lecanora conizaeoides* (napr. Pišút 2000). V ovzduší v súčasnosti prevláda NO<sub>x</sub> a prašné častice, napr. PM10 (Anonymus 2011), preto je značná časť epifytickej lichenoflóry nitrofilná (cf. Purvis et al. 2007, Isocrono et al. 2007, Munzi et al. 2007, Stamenković et al. 2010). Ak porovnáme spektrum taxónov zaznamenaných v našej štúdií s dátami z minulosti, je zrejmé, že kvalita ovzdušia v meste je limitom pre rozvoj lupeňovitých druhov ako *Melanelia fuliginosa*, *M. subargentifera* či *Parmelia sulcata*. Pozorovali sme len drobné, juvenilne stielky zástupcov rodov *Melanelia* a *Parmelia*. Podobne je to aj s kričkovitými druhmi, konárnik *Evernia prunastri* a stužkovec *Ramalina fastigiata* uvádzané z minulosti sme nezaznamenali.

Dáta o diverzite epifytických lišajníkov transformované do hodnôt indexu IAP sa na študovanom území pohybujú v intervale od 0,2 do 9,0 (tab. 1), priemerná hodnota IAP je 2,9. Aby sme mohli vyhodnotiť kvalitu ovzdušia na študovanom území, hodnoty IAP sme interpolovali osobitne pre súbor dát zo stromov zo subneutrálnej borkou a s kyslou borkou. Medzi oboma výsledkami boli významné rozdiely. Model z dát zo stromov s kyslou borkou neuvádzame. Je na ňom evidentné skreslenie hodnôt IAP, kde k ich vyšším hodnotám prispievajú častejšie a abundantnejšie sa vyskytujúce nitrofilné druhy. Na charakteristiku územia využívame model interpolovaný zo súboru dát s kyslou borkou (obr. 2). Rozoznávame na ňom tri zóny: zóna s málo znečisteným ovzduším (IAP 6,1 – 9), zóna so stredne znečisteným ovzduším (IAP 3,1 – 6) a zóna so znečisteným ovzduším (IAP 0,2 – 3). IAP dosahuje najvyššie hodnoty na severovýchodnom okraji mesta (úpätie Modrého vrchu) a v juhovýchodnej a južnej časti mesta (rezidenčná štvrť Pod Tarčou). Toto územie predstavuje zónu s málo znečisteným ovzduším. Na študovaných stromoch prevažovali lišajníky



Obr. 2. Interpolácia hodnôt indexu atmosférickej čistoty (IAP) v študovanom území metódou regularizovaného splajnu s tenziou a zhladzovaním (RST). Škála: biela – zóna s málo znečisteným ovzduším, sivá – zóna so stredne znečisteným ovzduším, čierna – zóna so znečisteným ovzduším. Biele krúžky – poloha stromov

Fig. 2. Interpolation of the values of Index of atmospheric purity (IAP) in the study area by Regularized Spline with Tension (RST). Scale: white – zone with weak air-pollution, grey – zone with moderate air-pollution, black – zone with polluted air. White circles – position of sampled trees

s parametrom  $f=5$ , zriedkavejšie  $f=3$ . Nájdené druhy mali normálne vyvinuté, hojne sa vyskytujúce stielky. Išlo najmä o druhy *Parmelia sulcata*, *Physcia aipolia*, *Pseudevernia furfuracea*, *Rinodina pyrina*, *Xanthoria parietina*, *X. ulophyllodes*, *X. polycarpa*, *X. fulva*, *X. fallax*, *Melanelia* sp., ale aj ubikvistov ako *Phaeophyscia orbicularis* či *Physcia adscendens*. Stredné hodnoty IAP boli zaznamenané v juhozápadnej časti mesta (rezidenčná štvrť na pravom brehu Hornáďu, a časť Smižian). Územie predstavuje zónu B. Zaznamenali sa tu prevažne druhy s parametrom  $f=3$ , zriedkavo  $f=5$ . Nájdené druhy epifytických lišajníkov mali poškodené, hojne sa vyskytujúce stielky, prípadne dobre vyvinuté, roztrúsené sa vyskytujúce stielky. Nachádzali sa tu druhy ako *Caloplaca cerinelloides*, *Hypogymnia physodes*, *Lecania cyrtella*, *Physconia grisea*, či ubikvist *Phaeophyscia orbicularis*. Najnižšie hodnoty IAP sú charakteristické



pre východnú časť mesta a časť centra, čo je zóna so znečisteným ovzduším. Zaznamenané druhy lišajníkov majú hodnoty parametra  $f=1$ , zriedkavo  $f=3$ . Prevažná časť druhov sa vyskytuje roztrúsene, s väčším počtom odumierajúcich exemplárov. Nachádzajú sa tu najmä ubikvistické druhy ako *Amandinea punctata*, *Lecanora chlarotera*, *Phaeophyscia orbicularis* či *Physcia adscendens*.

Diverzita epifytických lišajníkov v meste je nízka. Dominujú tu nitrofilné, kozmopolitne rozšírené druhy. Tento stav odráža ako súčasné prírodné a socio-ekonomické pomery na študovanom území, tak aj vplyvy z priľahlých oblastí regiónu. V zóne s málo znečisteným ovzduším na severovýchodnom okraji mesta sa nachádzajú najmä poloprírodné porasty listnatých stromov na úpätí lesoparku Modrý vrch, ktorý bol v minulosti prírodnou rezerváciou (Lepeňová & Šteiner 2011). Obdobne je tomu tak i v rezidenčnej časti Pod Tarčou, kde je bohatšie zastúpená mestská zeleň. V zóne so stredne znečisteným ovzduším sú najmä obytné sídla (prevažne rodinné domy) a polia. V zóne so znečisteným ovzduším sa nachádza centrum mesta s hlavnými dopravnými uzlami, mestskými parkami na Radničnom námestí a na Námestí SNP a priemyselný park Madaras (spracovanie dreva a plastu). V blízkosti študovaného územia sa nachádzajú dva veľké stacionárne zdroje znečistenia ovzdušia, ktoré ovplyvňovali celý región najmä v minulosti – Kovohuty Krompachy a hutné závody v Rudňanoch (Bobro 1989, Banášová & Lackovičová 2004, 2008, Banášová et al. 2006, 2010).

Diverzita epifytických lišajníkov v rôznych časových obdobiach reaguje na podmienky prostredia a ich zmeny. Porovnanie výsledkov z rôznych časových období umožňuje stanoviť trendy – zlepšovanie, zhoršovanie, prípadne evidovať stabilitu kvality ovzdušia. Získaný súbor dát o epifytických lišajníkoch Spišskej Novej Vsi je východiskovým bodom, ktorý v budúcnosti umožní interpretovať nové súbory údajov a sledovať dynamiku vývoja tejto skupiny organizmov.

### PodĎakovanie

Ďakujeme I. Pišútovi a A. Lackovičovej za konzultácie a poskytnutie literatúry. Prácu podporili projekty VEGA 2/0071/10 a VEGA 2/0090/12.

### Literatúra

Anonymus, 2003. Národný profil manažmentu chemických látok v Slovenskej republike. Medzi-rezortná komisia pre chemickú bezpečnosť v SR. Bratislava, 2003. Správa, msc. Dostupné na internete: <[http://www.uvzsr.sk/docs/info/chbezp/narodny\\_profil\\_manazmentu\\_chemickych\\_latok\\_v\\_SR.pdf](http://www.uvzsr.sk/docs/info/chbezp/narodny_profil_manazmentu_chemickych_latok_v_SR.pdf)>.

- Anonymous, 2011. Hodnotenie kvality ovzdušia v Slovenskej republike 2010. Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Monitorovanie emisií a kvality ovzdušia, Bratislava.
- Anonymous, 2012. Základné informácie. [cit. 2012-10-30]. Dostupné na internete: <[http://www.spisskanovaves.eu/spisska\\_nova\\_ves/o\\_meste/zakladne\\_informacie/index.html](http://www.spisskanovaves.eu/spisska_nova_ves/o_meste/zakladne_informacie/index.html)>.
- Asta, J., Erhardt, W., Ferretti, M., Fornasier, F., Kirschbaum, U., Nimis, P. L., Purvis, O. W., Pirintosos, S., Scheidegger, C., van Haluwyn, C. & Wirth, V. 2002. Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality. In Nimis, P. L., Scheidegger, C. & Wolseley, P. A. (eds). *Monitoring with lichens – Monitoring lichens*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London. p. 273–279.
- Banásová, V. & Lackovičová, A. 2004. Degradácia travinných porastov v blízkosti huty na spracovanie medi v Krompachoch (Slovenské Rudohorie). *Bull. Slov. Bot. Spoločn.* roč. 26: 153–161.
- Banásová, V. & Lackovičová, A. 2008. Aktuálny stav vegetácie v okolí Kovohút Krompachy a Rudňany. Stav po pretrvávajúcom znížení emisií. Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia VII. FEE TU Zvolen a ÚEL SAV Zvolen, Zvolen. p. 97–104.
- Banásová, V., Guttová, A. & Lackovičová, A. 2006. Signálne zmeny diverzity cievnatých rastlín a lišajníkov v okolí Kovohút v Krompachoch (východné Slovensko). Monitorovanie a hodnotenie stavu životného prostredia VI., FEE TU Zvolen a ÚEL SAV Zvolen, Zvolen. p. 65–71.
- Banásová, V., Lackovičová, A. & Guttová, A. 2010. Changes in plant species diversity around the copper plant after pollution decline. In: Tepper, G. H. (ed.). *Species diversity and extinction*. Nova Science Publisher, Inc., New York. p. 383–404.
- Barkman, J., J. 1956. Phytosociology and ecology of cryptogamic epiphytes. *Van Gorcum & Comp. N. V., Assen*.
- Bielczyk, U., Lackovičová, A., Farkas, E., Lőkös, L., Liška, J., Breuss, O. & Kondratyuk, S. Ya. 2004. Checklist of lichens of the Western Carpathians. *W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków*.
- Bobro, M. 1989. Banícko-úpravárenská činnosť na strednom Spiši a jej vplyv na výskyt niektorých škodlivín v imisiách. *Rudy* roč. 9: 249–252.
- Bonk, R. 2007. Scale-dependent effect of input data design on DEM accuracy. In *Digital terrain Modelling. Development and Applications in a Policy Support Environment*. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 83–98.
- Deutsch, C. V. & Journel, A. G. 1998. *GSLIB: geostatistical software library and user's guide*. Oxford University Press, New York, Oxford.
- Faško, P. & Šťastný, P. 2002. Priemerné ročné úhrny zrážok 1 : 2 000 000. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica, 2002. p. 99.
- Hazslinsky, F. 1884. *A Magyar birodalom zuzmó-flórája*. Kír. Magyar Term. Társ. Évk., Budapest. p. 1–304.
- Isocrono, D., Matteucci, E., Ferrarese, A., Pensi, E. & Piervittori, R. 2007. Lichen colonization in the city of Turin (N Italy) based on current and historical data. *Env. Pol.* roč. 145: 258–265.
- Klinda, J. (ed.) et al. 2005. *Životné prostredie v Slovenskej republike v rokoch 1992–1993*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava.
- Kohavi, R. 1995. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In Mellish, C. S. (ed.). *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, CA: Morgan Kaufmann San Francisco. p. 1137–1143.



- Lackovičová, A., 1981. Epifytické lišajníky a čistota ovzdušia v južnej časti Malých Karpát. Bratislava, 1981. Dizertačná práca, msc., depon. in Botanický ústav SAV, Bratislava.
- Lackovičová, A. 1995. Diverzita epifytických lišajníkov v oblasti Krompách. Diverzita rastlinstva Slovenska. Zborník zo VI. zjazdu SBS pri SAV, Blatnica, 6.-10. júna 1994. Slovenská botanická spoločnosť pri SAV, Nitra. p. 158–163.
- Lackovičová, A. & Pišút, I. 1991. Flechtenbioindikation im Gebiet von Spišská Nová Ves (Nordostslowakei). Bryonora. roč. 9: 13–16.
- Lackovičová, A., Martiny, E., Pišút, I. & Streško, V. 1994. Element content of the lichen *Hypogymnia physodes* and spruce needles in the industrial area of Rudňany and Krompachy (NE Slovakia). Ekológia. roč. 13: 415–423.
- Lackovičová, A., Pišút, P., Guttová, A. & Pišút, I. 2010. Aktuálna diverzita epifytických lišajníkov v Bratislave. Bull. Slov. Bot. Spoločn. roč. 32, Suppl. 2: 71–79.
- Lapin, M. & Tekušová, M. 2002. Rýchlosť a smer vetra a inverznosť územia. Mapa 1 : 2 000 000. Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica, 2002. p. 100.
- Lapin, M., Faško, P., Melo, M., Šťastný, P. & Tomlain, J. 2002. Klimatické oblasti. Mapa 1 : 1 000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica, 2002. p. 95.
- LeBlanc, F., & De Sloover, J. 1970. Relation between industrialization and the distribution and growth of epiphytic lichens and mosses in Montreal. Can. J. Bot. roč. 48, 1485–1496.
- Lepeňová, E. & Šteiner, A. 2011. Rozvojový plán mesta Spišská Nová Ves 2011–2020. Profil mesta Spišská Nová Ves. Správa, msc. Dostupné na internete: <www.spiskanovaves.eu>.
- Marhold, K. (ed.), Goliašová, K., Hegedúšová, Z., Hodálová, I., Jurkovičová, V., Kmeťová E., Letz, R., Michalková, E., Mráz, P., Peniašteková, M., Šípošová, H., Ťavoda, O. et al. 1998. Papradňorasty a semenné rastliny. In Marhold, K. & Hindák, F. (eds). Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda, Bratislava. p. 333–687.
- Munzi, S., Ravera, S. & Caneva G. 2007. Epiphytic lichens as indicators of environmental quality in Rome. Env. Pol. Vol. 146: 350–358.
- Nimis, P. L. & Martellos, S. 2008. ITALIC – The Information System on Italian Lichens. Version 4.0. University of Trieste, Dept. of Biology, IN4.0/1. <http://dbiodbs.univ.trieste.it/>.
- Pišút, I. 1962. Bemerkungen zur Wirkung der Exhalationsprodukte auf die Flechtenvegetation in der Umgebung von Rudňany (Nordostslowakei). Biológia (Bratislava). roč. 17: 481–494.
- Pišút, I. 1986. Botanická pamiatka na slovenského národovca Ivana Lilgeho. Múzeum roč. 31, č. 4: 63.
- Pišút, I. 1999. Mapovanie rozšírenia epifytických lišajníkov na Slovensku (1970 – 1981). Botanický ústav SAV, Bratislava.
- Pišút, I. 2000. Dobrá správa pre Bratislavu: Lišajníky sa vracajú. Chrán. Úz. Slov. roč. 44: 3–5.
- Pišút, I., & Lisická-Jelínková, E. 1974. Epiphytische Flechten in der Umgebung ener Aluminiumhütte in der Mittelslowakei. Biológia (Bratislava). roč. 29: 29–38.
- Purvis, O. W., Seaward, M. R. D. & Loppi S. 2007. Lichens in a changing pollution environment: An introduction. Env. Pol. Vol. 146: 291–292.
- Slaby, A. & Lisowska, M. 2012. Epiphytic lichen recolonization in the centre of Cracow (Southern Poland) as a result of air quality improvement. Pol. J. Ecol., roč. 60: 225–240.
- Slovenský hydrometeorologický ústav 2009. Kvalita ovzdušia na Slovensku. Enviromagazín. 1: 6–7.

- Stamenković, S., Cvijan, M. & Arandjelović, M. 2010. Lichens as bioindicators of air quality in Dimitrovgrad (South-Eastern Serbia). *Arch. Biol. Sci. (Belgrade)*. Vol. 62: 643–648.
- Svoboda, D. & Peksa, O. 2008. Epifytická lichenoflóra stromů podél silnic v Labských pískovcích v severních Čechách. *Příroda*. roč. 26: 131–140.
- Syrovátková, L. 2009. Návrat epifytických lišejníků na území Doupovských hor po snížení znečištění ovzduší. Diplomová práce, msc., depon. in Přírodovědecká fakulta UK, Praha.
- Szatala, Ö. 1927. Lichenes Hungariae. I. Pyrenocarpeae-Gymnocarpeae (Coniocarpineae). *Magyarország zuzmóflórája. Folia Crypt.* 1, 5: 338–434.
- Szatala, Ö. 1930. Lichenes Hungariae. II. Gymnocarpeae (Graphidineae, Cyclocarpineae: Lecanactidaceae – Peltigeraceae). *Magyarország zuzmóflórája. Folia Crypt.* 1: 833–928.
- Szatala, Ö. 1942: Lichenes Hungariae. III. Gymnocarpeae (Cyclocarpineae. Peltigeraceae – Lecideaceae). *Magyarország zuzmóflórája. Folia Crypt.* 2(1939), 5: 267–460.
- Šťastný, P., Nieplová, E. & Melo, M. 2002a. Priemerná teplota vzduchu v januári. Mapa 1 : 2 000 000. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica*, 2002. p. 99.
- Šťastný, P., Nieplová, E. & Melo, M. 2002b. Priemerná teplota vzduchu v júli. Mapa 1 : 2 000 000. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica*, 2002. p. 99.
- Šťastný, P., Nieplová, E. & Melo, M. 2002c. Priemerná ročná teplota vzduchu. Mapa 1 : 2 000 000. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky. Ministerstvo životného prostredia Bratislava, Agentúra životného prostredia Banská Bystrica*, 2002. p. 98.

Došlo 10. 7. 2012  
Prijeté 10. 1. 2013

Tab. 1. Zoznam preštudovaných stromov. Použité skratky: IAP – index atmosférickej čistoty, LD – lišajníková diverzita: počet zaznamenaných druhov epifytických lišajníkov, sn – subneutrálna borka, k – kyslá borka, S – severná zemepisná šírka, V – východná zemepisná dĺžka.

Tab. 1. The list of sampled trees. Abbreviations: Č – number, IAP – Index of atmospheric purity, LD – lichen diversity: number of recorded species of epiphytic lichens, sn – subneutral bark, k – acid bark, S – latitude, V – longitude.

<b>Fořový</b>	<b>Borka</b>	<b>Lokalita</b>	<b>S</b>	<b>V</b>	<b>IAP</b>	<b>LD</b>
1 <i>Ulmus laevis</i>	sn	sidlisko Mier	48°56'55,4"	20°32'40,5"	9	8
2 <i>Prunus</i> sp.	k	sv. časť mesta	48°57'14,0"	20°34'07,7"	8,6	7
3 <i>Tilia cordata</i>	k	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°55'59,5"	20°34'21,0"	8,2	5
4 <i>Acer pseudoplatanus</i>	sn	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'43,6"	20°32'58,4"	7,5	6
5 <i>Fraxinus</i> sp.	sn	Smižany - cintorín	48°57'35,8"	20°31'17,4"	6,3	5
6 <i>Populus canescens</i>	sn	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°56'07,3"	20°34'24,4"	5,8	5
7 <i>Acer pseudoplatanus</i>	sn	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°55'59,5"	20°34'35,0"	5,3	5
8 <i>Fraxinus</i> sp.	sn	Smižany - cintorín	48°57'35,8"	20°31'17,6"	5,3	5
9 <i>Fraxinus</i> sp.	sn	sidlisko Mier	48°56'52,2"	20°32'39,0"	5	4
10 <i>Tilia cordata</i>	k	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'38,4"	20°33'27,8"	4,9	6
11 <i>Acer campestre</i>	sn	centrum mesta	48°56'36,9"	20°32'47,7"	4,9	6
12 <i>Acer campestre</i>	sn	v. časť mesta, smer Markušovce	48°56'16,1"	20°35'20,4"	4,3	4
13 <i>Acer campestre</i>	sn	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°56'07,1"	20°34'24,3"	4,2	4
14 <i>Populus tremula</i>	sn	obchádzka za mestom	48°57'15,5"	20°32'56,3"	4,1	6
15 <i>Acer campestre</i>	sn	v. okraj mesta, smer Markušovce	48°56'16,2"	20°35'20,4"	3,9	3
16 <i>Tilia cordata</i>	k	j. okraj mesta, smer Ferčokovce	48°56'06,5"	20°33'17,4"	3,4	3
17 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	centrum mesta	48°56'34,4"	20°34'15,2"	3,4	4
18 <i>Tilia cordata</i>	k	sv. časť mesta	48°57'10,1"	20°34'13,0"	3,2	2
19 <i>Tilia cordata</i>	k	j. časť mesta, smer Ferčokovce	48°56'07,6"	20°33'18,7"	3,2	2
20 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	v. časť mesta, smer Markušovce	48°56'16,5"	20°35'22,9"	3,2	3
21 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°56'00,7"	20°34'27,4"	3,1	2
22 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	v. okraj mesta, smer Markušovce	48°56'16,6"	20°35'22,4"	3,1	3
23 <i>Populus canescens</i>	sn	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'34,6"	20°32'53,3"	2,8	5
24 <i>Aesculus hippocastanum</i>	sn	Smižany – pošta	48°57'21,6"	20°30'59,8"	2,8	4
25 <i>Aesculus hippocastanum</i>	sn	Smižany, Iliášovská cesta	48°57'22,3"	20°31'54,2"	2,8	3

Forófyt	Borka	Lokalita	S	V	IAP	LD
26 <i>Acer platanoides</i>	sn	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'37,1"	20°32'53,9"	2,8	2
27 <i>Tilia cordata</i>	k	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'37,4"	20°32'57,8"	2,8	6
28 <i>Acer pseudoplatanus</i>	sn	centrum mesta	48°56'39,7"	20°34'17,0"	2,7	5
29 <i>Carpinus betulus</i>	k	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°56'27,0"	20°34'32,0"	2,6	4
30 <i>Acer platanoides</i>	sn	sidlisko Mier	48°56'40,4"	20°32'40,0"	2,5	5
31 <i>Juglans regia</i>	sn	sidlisko Západ I.	48°57'36,1"	20°32'44,4"	2,4	3
32 <i>Aesculus hippocastanum</i>	sn	cesta mesto - Harichovce	48°57'05,8"	20°34'32,4"	2,3	2
33 <i>Populus canescens</i>	sn	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°56'07,3"	20°34'24,4"	2,2	3
34 <i>Acer sp.</i>	sn	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°56'00,3"	20°34'24,2"	2,2	2
35 <i>Acer campestre</i>	sn	sidlisko Mier	48°56'53,2"	20°32'39,1"	2,2	3
36 <i>Fraxinus sp.</i>	sn	j. časť mesta, smer Ferčokovce	48°56'10,1"	20°33'33,5"	2,1	3
37 <i>Acer sp.</i>	sn	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°56'02,3"	20°34'20,7"	1,9	3
38 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	Smižany - pošta	48°57'21,4"	20°30'59,6"	1,8	3
39 <i>Tilia cordata</i>	k	sv. časť mesta	48°57'10,3"	20°34'13,0"	1,6	1
40 <i>Carpinus betulus</i>	k	sv. časť mesta	48°57'08,6"	20°34'12,9"	1,5	3
41 <i>Tilia cordata</i>	k	cesta mesto - Harichovce	48°57'02,7"	20°34'41,5"	1,4	4
42 <i>Tilia cordata</i>	k	cesta mesto - Harichovce	48°57'02,4"	20°34'41,7"	1,4	3
43 <i>Aesculus hippocastanum</i>	sn	cesta mesto - Harichovce	48°57'37,1"	20°32'45,0"	1,3	1
44 <i>Aesculus hippocastanum</i>	sn	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°57'05,2"	20°34'33,0"	1,3	1
45 <i>Juglans regia</i>	sn	sidlisko Západ I.	48°56'19,5"	20°34'24,2"	1,3	1
46 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	centrum mesta	48°56'32,5"	20°34'19,4"	1,3	1
47 <i>Acer pseudoplatanus</i>	sn	jv. - priemyselná zóna a infraštruktúra	48°56'28,0"	20°34'32,2"	1,3	4
48 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	v. časť mesta, smer Markušovce	48°56'16,0"	20°35'22,7"	1,2	2
49 <i>Acer platanoides</i>	sn	sidlisko Mier	48°56'49,4"	20°32'42,4"	1,1	3
50 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	v. časť mesta, smer Markušovce	48°56'15,7"	20°35'22,6"	1,1	2
51 <i>Acer sp.</i>	sn	centrum SNV	48°55'55,3"	20°34'34,5"	0,9	3
52 <i>Tilia cordata</i>	k	j. časť mesta, mestský park a ZOO	48°56'43,9"	20°34'10,9"	0,9	2
53 <i>Carpinus betulus</i>	k	sv. časť mesta	48°57'08,5"	20°34'12,6"	0,8	1
54 <i>Tilia cordata</i>	k	cesta SNV - Harichovce	48°57'02,7"	20°34'41,5"	0,8	1
55 <i>Tilia platyphyllos</i>	k	centrum mesta	48°56'35,9"	20°34'08,6"	0,7	3

Forofýt	Borka	Lokalita	S	V	IAP	LD
56 <i>Acer pseudoplatanus</i>	sn	sídliisko Mier	48°56'47,3"	20°32'27,5"	0,7	2
57 <i>Tilia cordata</i>	k	cesta mesto - Harichovce	48°57'02,9"	20°34'41,3"	0,6	2
58 <i>Tilia cordata</i>	k	j. časť mesta, smer Ferčekovce	48°56'10,6"	20°33'34,1"	0,4	2
59 <i>Tilia cordata</i>	k	obytná zóna pravý breh Hornádu	48°56'40,6"	20°33'33,1"	0,2	1

Tab. 2. Zoznam druhov epifytických lišajníkov zaznamenaných v urbánnom prostredí Spišskej Novej Vsi, ich relatívna frekvencia F a ekologický faktor Q. \* nitrofilné druhy - vysoká alebo veľmi vysoká eutrofizácia (Nimis & Martellos 2008). A – *Acer* sp., Ac – *Acer campestre*, Ah – *Aesculus hippocastanum*, Ap – *Acer platanoides*, As – *Acer pseudoplatanus*, Cb – *Carpinus betulus*, Fx – *Fraxinus* sp., Jr – *Juglans regia*, P – *Prunus* sp., Pc – *Populus canescens*, Pt – *Populus tremula*, Tc – *Tilia cordata*, Tp – *Tilia platyphyllos*, Ul – *Ulmus laevis*.

Tab. 2. The list of epiphytic lichens recorded in the urban area of Spišská Nová Ves, their relative frequency F and ecological factor Q. \* nitrophilous species – high or very high eutrophication (Nimis & Martellos 2008). A – *Acer* sp., Ac – *Acer campestre*, Ah – *Aesculus hippocastanum*, Ap – *Acer platanoides*, As – *Acer pseudoplatanus*, Cb – *Carpinus betulus*, Fx – *Fraxinus* sp., Jr – *Juglans regia*, P – *Prunus* sp., Pc – *Populus canescens*, Pt – *Populus tremula*, Tc – *Tilia cordata*, Tp – *Tilia platyphyllos*, Ul – *Ulmus laevis*.

Druh	F	Q	Forofyt
* <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	0,69	2,6	A, Ac, Ah, Ap, As, Cb, Fx, Jr, Pc, Pt, Tc, Tp, Ul
* <i>Physcia adscendens</i>	0,51	3,2	A, Ac, Ah, Ap, As, Cb, Fx, Jr, P, Pc, Pt, Tc, Tp, Ul
* <i>Xanthoria parietina</i>	0,49	3,3	A, Ac, Ah, Ap, As, Cb, Fx, P, Pc, Pt, Tc, Ul
* <i>Physcia tenella</i>	0,24	2,9	Ac, Ah, As, Cb, P, Pc, Tc, Tp
* <i>Physcia stellaris</i>	0,20	3,4	Ac, Ap, As, Cb, Fx, Tc
<i>Physcia</i> sp.	0,15	1,7	Ac, Ap, Fx, Jr, Tc, Tp
<i>Lecania cyrtella</i>	0,12	3,7	Ac, Fx, Pc, Pt
* <i>Amandinea punctata</i>	0,08	3,0	Ap, As, Ul, Tp
* <i>Phaeophyscia nigricans</i>	0,08	3,0	Ac, Ah, As, Ap
* <i>Physconia grisea</i>	0,08	3,2	Ac, As, Pc, Tp
<i>Parmelia sulcata</i>	0,07	4,3	Fx, P, Tp, Ul
* <i>Candelariella reflexa</i>	0,05	4,3	Ap, Tp, Ul
* <i>Candelariella xanthostigma</i>	0,05	3,7	Tc
<i>Hypogymnia physodes</i>	0,05	4,0	P, Tc
<i>Lepraria</i> sp.	0,05	3,0	A, Tc, Tp
<i>Rinodina pyrina</i>	0,05	4,3	Tc, Pt
* <i>Caloplaca cerinelloides</i>	0,03	4,0	Pt, Tc
* <i>Lecanora chlarotera</i>	0,03	2,0	Tc, Tp
* <i>Physcia aipolia</i>	0,03	5,5	Fx, Ul
* <i>Physcia dubia</i>	0,03	3,5	As, Pc
<i>Ropalospora viridis</i>	0,03	4,5	Ap, Tc
<i>Lecanora carpinea</i>	0,02	2,0	Ah
<i>Lecanora symmicta</i>	0,02	7,0	Ul
<i>Lecanora</i> sp.	0,02	5,0	Tc
<i>Melanelia</i> sp.	0,02	4,0	Tc
<i>Parmelia</i> sp.	0,02	4,0	Ap
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	0,02	6,0	P
* <i>Xanthoria fallax</i>	0,02	4,0	Pc
* <i>Xanthoria fulva</i>	0,02	2,0	Tp
<i>Xanthoria polycarpa</i>	0,02	6,0	P
* <i>Xanthoria ulophyllodes</i>	0,02	4,0	Fx
<i>Lecanora argentata</i>	0,02	4,0	Fx