

FYTOCENOLOGICKÁ INDIKÁCIA  
DLHODOBÝCH ZMIEN PROSTREDIA  
V SMREČINÁCH PILSKA I ZÁPADNÝCH TATIER  
A BUČINÁCH V NPR POD LATIBORSKOU  
HOĽOU

JOZEF IŠTOŇA<sup>1)</sup>, JÁN MERGANIČ<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen,

T. G. Masaryka 22, SK–960 92 Zvolen, e-mail: jozef.istona@nlc.sk.org

<sup>2)</sup>FORIM, Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov, Kpt. Nálepku 277/11,  
SK–073 01 Sobrance, e-mail: j.merganic@forim.sk, www.forim.sk

IŠTOŇA, J., MERGANIČ, J.: Phytocoenological indication of long-term environmental changes in spruce forests of Pilsko and Western Tatra Mts. and beech forests in the national nature reserve Pod Latiborskou hoľou. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 54(1): 17 – 28, 2008, 3 fig., 1 tab., ref. 23. Original paper. ISSN 0323–10468

The presented paper analyses the influence of global climate change on forest ecosystems using the bio-indication method. The empirical material consists of the pairs of vegetation relevés from 28 phytocoenological plots exactly re-identified in the field in the range from 29 to 42 years after their establishment. The plots are situated at an altitude ranging from 800 m to 1,450 m. The spruce forests in the 6<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> vegetation zone are represented by groups of forest types *Fagetum-abietinino-piceosum*, *Fageto-Abietum*, *Abieto-Fagetum* (Central Beskid Mts.), *Piceetum abietinum* and *Lariceto-Piceetum* (Western Tatra Mts.), while beech forests in the 5<sup>th</sup> and 6<sup>th</sup> vegetation zone are represented by groups of forest types *Abieto-Fagetum* and *Fageto-Aceretum* (Low Tatra Mts.).

The environment acidification caused by acid deposition can be regarded as the most relevant factor negatively influencing mountain spruce and beech forests. Statistically significant changes in the coverage proportion of indicator plant species were detected in more localities and at different forest sites. These changes are also accompanied by increase of the coverage proportion of species indifferent to ecological factors “temperature” and “humidity”. This tendency to increase their proportion in plant communities can indicate that the development of mountain forest is influenced not only by environment acidification but through the changes in temperature and precipitation regime even by the global climate change.

**Key words:** *eco-analysis, Ellenberg's indicator values, environment acidification, climate change*

Predkladaná práca analyzuje zmeny ekologických podmienok v lesných ekosystémoch na podklade bioindikačnej metódy. Empirický materiál predstavujú páry

fytozapisov z 28 plôch, ktoré sa s odstupom 29 až 42 rokov podarilo v teréne presne identifikovať. Plochy sú lokalizované v nadmorskej výške 800 až 1 450 m. Smrečiny v 6. a 7. vegetačnom stupni sú reprezentované skupinami lesných typov *Fagetum-abietinino-piceosum*, *Fageto-Abietum*, *Abieto-Fagetum* (Stredné Beskydy), *Piceetum abietinum* a *Lariceto-Piceetum* (Západné Tatry). Bučiny 5. a 6. vegetačného stupňa sú zastúpené slt *Abieto-Fagetum* a *Fageto-Aceretum* (Nízke Tatry).

Za najväznejší faktor negatívne ovplyvňujúci horské smrečiny i bučiny môžeme považovať zakysľovanie prostredia spôsobené kyslou depozíciou. Na viacerých lokalitách i na rozdielnych stanovištiach sme zistili štatisticky významné zmeny v podiele pokryvnosti indikačných rastlinných druhov. Tieto zmeny sú sprevádzané aj nárastom podielu v pokryvnosti indiferentných druhov voči ekologickým faktorom „teplota“ a „vlhkosť“. Rastúci trend ich podielu vo fytoocenózach môže indikovať, že vývoj horských lesov neovplyvňuje len acidifikácia prostredia, ale prostredníctvom zmeny teplotného a zrážkového režimu už aj globálna klimatická zmena.

**Kľúčové slová:** *ekoanalýza, Ellenbergove indikačné hodnoty, acidifikácia prostredia, klimatická zmena*

## 1. Úvod a rozbor problematiky

Lesné ekosystémy ako dôležitá zložka biosféry v nedávnej minulosti citlivo reagovali na neúnosnú imisnú záťaž. Podobnú alebo dokonca ešte silnejšiu reakciu väčšej časti lesov očakávame pri zmene klímy, ktorá veľmi zúži existenciu najmä ihličnatých drevín, z nich hlavne smreka (KOLEKTÍV 2001, MINDÁŠ & ŠKVARENINA 2003, MINDÁŠ 2003 in BALAJKA *et al.* 2005). Podobné zmeny postihnú pravdepodobne aj bylinný podrast, ktorý je v silnej interakcii s inými biotickými i abiotickými zložkami ekosystému, a ktorý sa mnohokrát využíva ako indikátor pre špecifické ciele. Priebeh počasia za posledné dve decéna s častejšími a intenzívnejšími výkyvmi extrémneho počasia nás presvedča, že sme svedkami už započatých klimatických zmien. Nakoniec i samotné klimatické merania za posledných 100 rokov na Slovensku potvrdzujú trend rastu priemernej ročnej teploty o 1,1 °C a pokles ročných úhrnov zrážok v priemere o 5,6 %, pritom pokles na juhu bol väčší a na severe menší (LAPIN in BALAJKA *et al.* 2005).

Otázkam zmien bylinnej zložky lesných ekosystémov sa venovalo viac autorov, napr. FALLKENGREN & GRERUP (1986, 1987, 1989), TYLER (1987), THIMONIER *et al.* (1992 in KRIŽOVÁ 1996) a iní. Zaujímavý rozbor o užitočnosti indikačných hodnôt rastlín ponúka JURKO (1986). Bylinnej synúzii, ako indikátoru významných a dlhodobějších zmien v lesnom ekosystéme, sa v našich podmienkach začali venovať až v 90-tych rokoch AMBROS *et al.* (1992, 1995), KRIŽOVÁ (1994, 1996), NIČ (1995, 1999) a IŠTOŇA & PAVLENDÁ (2000). MERGANIČ & IŠTOŇA (2004) a MERGANIČ *et al.* (2005) súborne a štatisticky analyzovali veľkosť zmien druhovej bohatosti fytoocenóz v závislosti od vplyvu komplexu ekologických faktorov.

Cieľom predkladaného príspevku je zhodnotenie dlhodobých zmien prostredia spoločenstiev smreka a buka pomocou fytoocenologickej indikácie i indikačných vlastností rastlín.

## 2. Empirický materiál a metodika

Empirický materiál predstavujú časovo posunuté páry fytozázpisov zo 6 výskumných a 22 typologických reprezentatívnych plôch (TRP), ktoré sa s odstupom 29 až 42 rokov podarilo v teréne presne identifikovať. Smrečiny reprezentuje 14 TRP založených v roku 1972 a obnovených v roku 2001 v oblasti Pilska a Paráča, ktorá z geomorfologického hľadiska patrí do oblasti Stredných Beskýd (MAZÚR & LUKNIŠ 1986). Plochy sa nachádzajú v nadmorskej výške 800 až 1 250 m a ich podložie tvorí nevápnitý flyšový pieskovec. Z lesnícko-typologickej stránky reprezentujú v danej oblasti najrozšírenejšie lesné spoločenstvá 6. vegetačného stupňa (vs). Tri plochy patria do edaficko-trofického radu A – slt *Fagetum-abietino-piceosum* (Fap), 4 plochy do radu B so skupinou lesných typov (slt) *Abieto-Fagetum* (AF) a 7 plôch patriacich do medziradu A/B zastupuje hlavne slt *Fageto-Abietum* (FA). Bližší opis je uvedený v práci MERGANIČ & IŠTOŇA (2004). Ďalších 8 TRP bolo založených počas prieskumu prírodných pomerov vykonávaného Lesoprojektom, pobočkou Žilina v rokoch 1967 a 1971. Nachádzajú sa v Žiarskej a Jaloveckej doline a v okolí Zverovky. Tieto z typologickej stránky reprezentujú najrozšírenejšie lesné spoločenstvá 5. až 7. vegetačného stupňa, edaficko-trofického radu A, slt *Piceetum abietinum* (Pa) a *Lariceto-Piceetum* (LP), ktoré sa nachádzajú na kryštaliniku Západných Tatier v nadmorskej výške 900 – 1 450 m. Bučiny zastupuje 6 výskumných plôch v NPR „Pod Latiborskou hoľou“, ktoré sa prirodzene vyvíjajú na granodioritoch v nadmorskej výške 820 až 1 300 m. Tieto plochy reprezentujú spoločenstvá 5. a 6. vs, edaficko-trofického radu B a medziradu B/C so slt *Abieto-Fagetum* (AF) a slt *Fageto-Aceretum* (FAc, FAc hum).

Použitá jednotky, termíny lesníckej typológie a forma fytozázpisov sú chápané a urobené podľa používaných metodík v zmysle školy prof. Zlatníka (ZLATNÍK 1959, 1976). Číslovanie lesných typov (lt) je urobené podľa HANČINSKÉHO (1972), determinácia bylenných druhov podľa DOSTÁLA (1989) a ich názvy sú uvedené podľa MARHOLDA *et al.* (1998).

Zo skúmaných plôch sa vypracovala databáza paralelných fytozázpisov staršieho i nového stavu. Hodnoty pokryvnosti sa vyčíslili v percentách a následne sa automatizovane spracovali.

Hodnotenie zmien prostredia fytocenóz je založené na bioindikačných vlastnostiach rastlinných druhov definovaných podľa ELLENBERGA *et al.* (1992). Každému rastlinnému druhu vo fytocenologickom zázname sa priradia indikačné čísla (ekočísla) 6 ekologických faktorov („svetlo“, „teplota“, „vlhkosť“, „kontinentalita“, „dusík“, „reakcia na pH“, ELLENBERG *et al.* 1992). Pre každý ekologický faktor sa vypočítajú percentuálne podiely pokryvnosti indikačných čísel, t. j. podiely súčtovej pokryvnosti druhov s rovnakou indikačnou hodnotou. Zmena podmienok prostredia je vyjadrená diferenciami, t. j. rozdielmi medzi priemernými hodnotami podielov pokryvnosti ekočísel v čase  $t_2$  a  $t_1$  v rámci určitej vopred definovanej kategorizačnej jednotky (napr. slt). Analýza reakcie bylinnej vrstvy na zmenu prostredia spočíva v štatistickom teste (Studentov  $t$  test, ŠMELKO 1988) významnosti diferencií. Štatistickým testom sa testuje nulová hypotéza, že diferencia medzi podielmi pokryvnosti ekočísla v čase  $t_2$  a  $t_1$  je rovná nule, t. j. že nenastala zmena v ekologických podmienkach (MERGANIČ & IŠTOŇA 2004, MERGANIČ 2007). Z analýzy prezentujeme výsledky viažuce sa najmä k ekologickým faktorom „teplota“, „vlhkosť“, „reakcia na pH“ a „dusík“.

## 3. Výsledky a diskusia

Úvodná viacrozmerná regresná analýza vo všetkých prezentovaných oblastiach bola zameraná na overenie vplyvu zmien vybraných parametrov štruktúry porastu (zápoj, vek porastu) na zmeny v podieloch pokryvnosti indikačných čísel tak, aby bolo možné dôveryhodnejšie interpretovať výsledky zmien fytocenóz pomocou ekoanalýzy (MERGANIČ & IŠTOŇA 2004, MERGANIČ 2007). Štruktúra porastov môže významným spôsobom ovplyvniť fytocenózu a pri interpretácii jej zmien s ohľadom na predpokladané globálne klimatické zmeny je to dôležitý krok. V prezentovaných výsledkoch sa

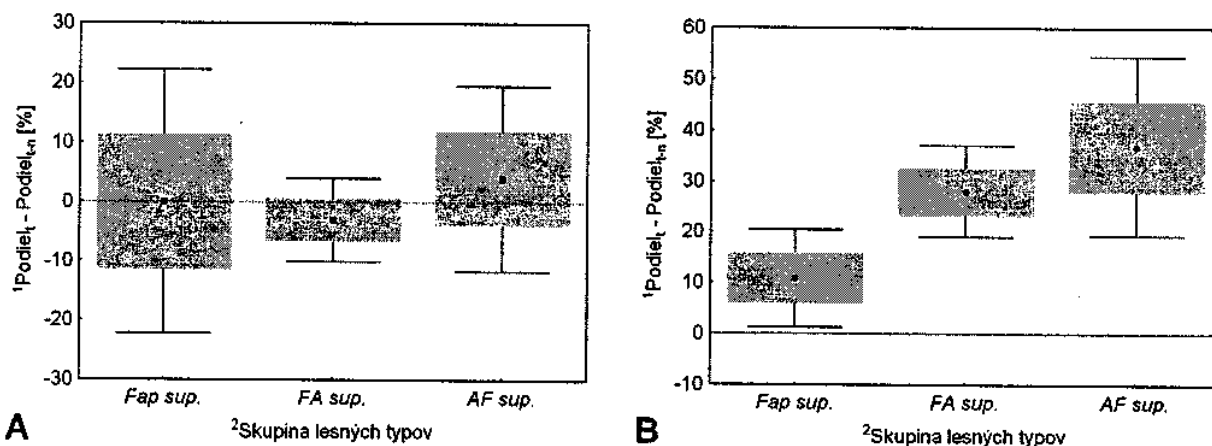
však ani v jednom prípade vplyv zmeny zápoja a veku porastu na zmeny v podieloch pokryvnosti indikačných čísel štatisticky signifikantne nepotvrdil.

### 3.1. Smrečiny v oblasti Pilska a Paráča

Analýza zmien vo fytoocenologickej indikácii teplotných a vlhkosťných podmienok prostredia horských smrečín vychádza z prác MERGANIČ & IŠTOŇA (2004) a MERGANIČ *et al.* (2005). Výsledky naznačujú, že v dôsledku meniacich sa ekologických podmienok dochádza v bylinných spoločenstvách k miernym zmenám. Na jednej strane klesá podiel pokryvnosti teplomilných druhov, na strane druhej narastá podiel pokryvnosti druhov obľubujúcich humídne stanovišťa. Zníženie podielu pokryvnosti teplomilnejších druhov sa v slt *FA sup.* potvrdilo aj štatisticky so spoľahlivosťou 95 %. Silnejšiu reakciu rastlinných druhov zaznamenávame pri hodnotení faktora „vlhkosť“, kde sme obdržali dva štatisticky signifikantné výsledky, a to v slt *Fap sup.* a *AF sup.*

Zaujímavé poznatky priniesla aj ďalšia časť analýzy zameraná na zhodnotenie podielu pokryvnosti indiferentných druhov. Vzhľadom na faktor „teplota“ sa nezistila výrazná zmena v podiele pokryvnosti indiferentných druhov (obr. 1a). V slt *Fap sup.* sa pohybuje táto zmena okolo nuly, pričom má veľmi vysokú variabilitu. V slt *FA sup.* je náznak, že podiel pokryvnosti indiferentných druhov sa v priemere znížil a naopak v slt *AF sup.* o niečo vzrástol. Ani jeden výsledok sa však nepotvrdil štatisticky.

Iná situácia je pri hodnotení zmeny podielu pokryvnosti indiferentných druhov s ohľadom na faktor „vlhkosť“ (obr. 1b). Vo všetkých troch slt ich podiel výrazne stúpol,



Obr. 1 Percentuálne zmeny v podiele pokryvnosti druhov indiferentných vzhľadom na faktory „teplota“ (A) a „vlhkosť“ (B) vo fytoocenózach skupín lesných typov *Fap sup.*, *FA sup.* a *AF sup.* za obdobie 29 rokov

■ aritmetický priemer, ■ ± stredná chyba (IS 68 %), I ± 1,96 stredná chyba (IS 95 %)

Fig. 1 Relative temporal change in the coverage proportion of species indifferent to temperature (A) and humidity (B) in phytocoenoses of studied groups of forest types *Fap sup.*, *FA sup.* and *AF sup.* over a period of 29 years

■ arithmetic mean, ■ ± standard error (CI 68%), I ± 1.96 standard error (CI 95%)

<sup>1)</sup>Proportion<sub>t</sub> – Proportion<sub>t-n</sub>, <sup>2)</sup>forest type group

čo sa potvrdilo aj štatisticky so spoľahlivosťou 95 %. Rastúci trend ich podielu môže indikovať pomerne časté výkyvy podmienok prostredia, čo spôsobuje pokles podielu pokryvnosti druhov špecificky viazaných na konkrétne podmienky. Tým sa zákonite uvoľňuje priestor druhom so širokou ekologickou valenciou. Nárast podielu pokryvnosti takýchto druhov môže mať za dôsledok, že v budúcnosti bude problematické klasifikovať podmienky prostredia na základe fytoindikátorov.

Ekologická analýza zmien vo fytocenologickej indikácii podmienok prostredia voči faktoru „reakcia na pH“ ukázala, že za 29-ročnú periódu došlo v slt hemioligotrofného medziradu A/B a živného radu B geobiocenóz k štatisticky signifikantnému zakysleniu pôd. Priebeh týchto zmien je identický aj v porovnaní so zmenami pH hodnôt vrchnej vrstvy pôdy (MERGANIČ *et al.* 2005). Podiel pokryvnosti indiferentných druhov v slt *Fap sup.* klesá, kým v slt *FA sup.* a *AF sup.* stúpa. V dvoch prípadoch (*Fap sup.*, *AF sup.*) ide o výsledok štatisticky signifikantný so spoľahlivosťou 68 %. Štatisticky signifikantné zakyslenie v živnejších trofických radoch sa prejavilo zvýšeným podielom pokryvnosti druhov indiferentných k faktoru „reakcia na pH“. V kyslom rade sa dominancia fytoindikátorov kyslosti ešte viac zvýraznila.

### 3.2. Smrečiny Západných Tatier

V rámci analyzovaných slt *Pa sup.* a *LP* v 6. a 7. vs štatistická analýza z plôch reprezentujúcich túto oblasť potvrdila veľmi významné zmeny v pôdnej reakcii povrchových horizontov (IŠTOŇA & MERGANIČ 2006). Štatisticky významné zmeny sme v oboch slt zaznamenali v podiele pokryvnosti druhov indiferentných voči vlhkosti. V slt *Pa sup.* ich podiel stúpol o asi 10 %, kým naopak v slt *LP* zhruba o takúto hodnotu poklesol. Významnejšie ale nesignifikantné zmeny sme zaznamenali aj v podiele pokryvnosti indiferentných druhov voči teplote (v oboch slt) a v slt *LP* v podiele pokryvnosti druhov reagujúcich na obsah pôdneho dusíka.

### 3.3. Bučiny

Z hodnotenia ekologických zmien vzniknutých v súbore plôch slt *AF inf.* a slt *FAc sup.* nachádzajúcich sa pod Latiborskou hoľou vyplýva, že v slt *AF inf.* došlo k väčším a v slt *FAc sup.* menším ekologickým zmenám.

V slt *AF inf.* (tab. 1) sa absolútna hodnota priemerných diferencií podielov pokryvnosti ekočísel pri ekofaktore „svetlo“ a „vlhkosť“ pohybuje od 0,1 do 20 %, avšak ani tie najväčšie zmeny nemožno považovať za štatisticky signifikantné. Hodnoty pri faktoroch „teplota“, „kontinentalita“, „reakcia na pH“ a „dusík“, vyznačené symbolom\*\*, poukazujú na to, že táto zmena je štatisticky významná so spoľahlivosťou 95 %. Ekofaktor „kontinentalita“ môžeme charakterizovať významným úbytkom podielu pokryvnosti oceánických druhov. Pri ekofaktore „teplota“ sa absolútna hodnota priemerných diferencií podielov pokryvnosti ekočísel pohybuje od 0,3 do 24,0 %. Najvýznamnejšie poklesol podiel pokryvnosti druhov indikujúcich mierne teplo s rozšírením od nížinných po horské polohy (č. 5), a naopak najvýznamnejšie narástol (24 %) podiel pokryvnosti indiferentných druhov. Obe zmeny sú štatisticky signifikantné na hladine spoľahlivosti 95 %. Z charakteristiky ekočísla 5 však vyplý-

Tabuľka 1 Významnosť zmien v percentuálnom podiele pokryvnosti druhov s rovnakou indikačnou hodnotou (v zmysle Ellenberga 1992) vo fytoocenózach slt *AF inf.* za obdobie 42 rokov (\*\* hladina významnosti 95 %)

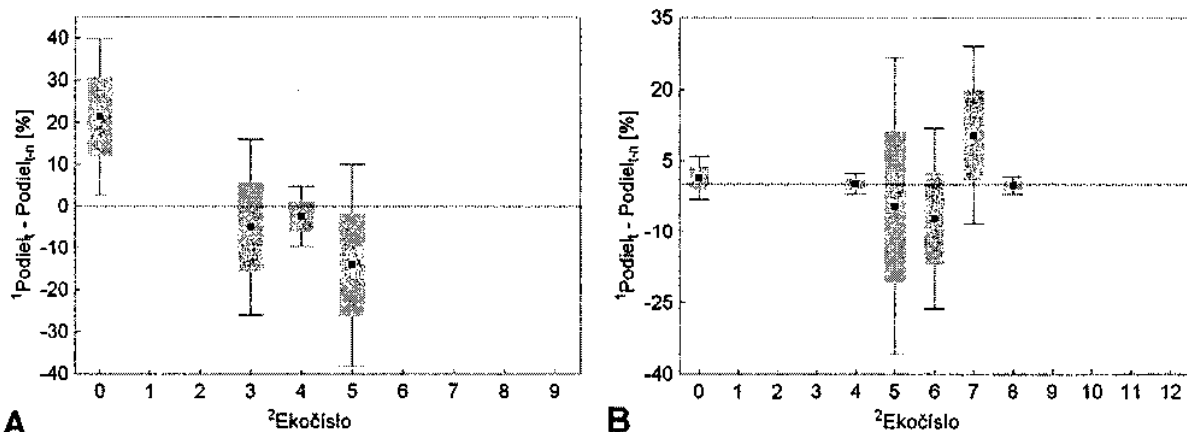
*Table 1 Significance of changes in percentage coverage proportion of species with the same indicator value (according to Ellenberg 1992) in phytocoenoses of group of forest types AF inf. over a period of 42 years (\*\* 95% significance level)*

Ellenbergove indikačné číslo (ekologické gradienty indikačných hodnôt druhov) <sup>1)</sup>	Ekofaktor <sup>2)</sup>					
	Dusík <sup>3)</sup>	Kontinentalita <sup>4)</sup>	Reakcia <sup>5)</sup>	Svetlo <sup>6)</sup>	Teplota <sup>7)</sup>	Vlhkosť <sup>8)</sup>
	Zmeny v podiele pokryvnosti druhov s rovnakou indikačnou hodnotou <sup>9)</sup> [%]					
0-indiferentné druhy <sup>10)</sup>		1,2	-0,5	0,1	24,0**	2,0
1				-0,6		
2		15,9**		-12,4		
3	-0,1	0,4	0,1	-6,0	-1,2	
4	0,5	14,5	-0,8	19,4	-1,6	0,1
5	-17,9**	1,5	23,2	0,0	-20,8**	19,5
6	-3,6	-2,4	-14,8**	-2,7	-0,3	-2,6
7	20,9	0,8	-7,0	2,1		20,0
8	0,1		-0,2	0,1		
9	0,1					

<sup>1)</sup>Ellenberg's indicator value (ecological gradients of species indication values), <sup>2)</sup>ecofactor, <sup>3)</sup>nitrogen, <sup>4)</sup>continentality, <sup>5)</sup>soil reaction, <sup>6)</sup>light, <sup>7)</sup>temperature, <sup>8)</sup>humidity, <sup>9)</sup>indifferent species, <sup>10)</sup>changes in percentage coverage proportion of species with the same indicator value

va, že ide o druhy s pomerne širokou teplotnou amplitúdou, čo určitým spôsobom nesie v sebe znaky indiferentnosti. Pri ekofaktore „vlhkosť“ sú zmeny menej výrazné. Aritmetické priemery diferencií podielov pokryvnosti ekočísel sa pohybujú od 0,1 do 20 %. Najvyššie hodnoty zmien boli zaznamenané v súvislosti so stúpajúcim podielom pokryvnosti druhov vlhkých pôd a poklesom podielu pokryvnosti druhov čerstvo vlhkých pôd, ktorá je na hranici spoľahlivosti 68 % (obr. 2).

Pri ekofaktore „dusík“ sa pohybujú absolútne hodnoty priemerných diferencií podielov pokryvnosti ekočísel od 0,1 až 20,9 %. Významne poklesol podiel pokryvnosti druhov stredne bohatých pôd na úkor druhov bohatých pôd, čo môže súvisieť aj so stúpajúcou depozíciou dusíka. Podobne aj pri ekofaktore „reakcia na pH“ sa absolútna hodnota priemernej diferencie podielu pokryvnosti ekočísla pohybuje medzi 0,1 až 23,2 %. Štatisticky významnú zmenu sme zaznamenali pri poklese podielu pokryvnosti druhov mierne kyslých až neutrálnych pôd a náraste podielu pokryvnosti druhov mierne kyslých pôd. Uvedený trend naznačuje,



Obr. 2 Percentuálna zmena podielov pokryvnosti Ellenbergových indikačných čísel (ekočísel) vzhľadom na faktor „teplota“ (A) a „vlhkosť“ (B) vo fytoocenózach skupiny lesných typov *AF inf.* za obdobie 42 rokov

■ aritmetický priemer, ■ ± stredná chyba (IS 68 %), I ± 1,96 stredná chyba (IS 95 %)

Fig. 2 Relative temporal change in the coverage proportion of Ellenberg indicator values (ecovalues) for factor “temperature.” (A) and “humidity” (B) in phytocoenoses of the group of forest types *Abieto-Fagetum inferius* over a period of 42 years

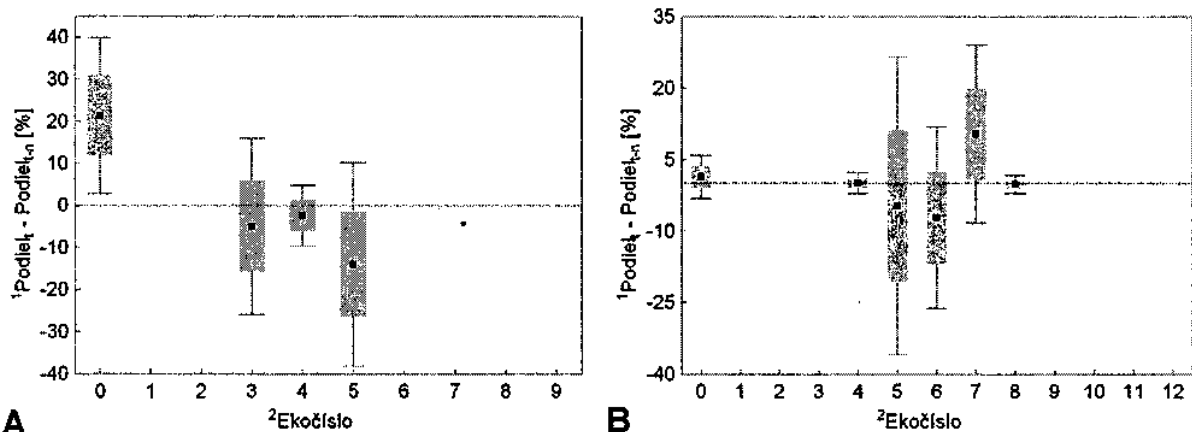
■ arithmetic mean, ■ ± standard error (CI 68%), I ± 1.96 standard error (CI 95%)

<sup>1)</sup>Proportion<sub>t</sub> - Proportion<sub>t-n</sub> <sup>2)</sup>Ecovalue

že v sledovanom období podliehali pôdy fytoocenóz na hodnotených stanovištiach procesu zakysľovania.

V slt *FAC sup.* sa pri faktore „svetlo“ a „vlhkosť“ absolútna hodnota priemerných diferencií podielov pokryvnosti ekočísel pohybuje od 0,1 do 12,6 %, pri faktore „reakcia na pH“ od 0,1 do 19,9 % a faktore „dusík“ od 0,3 do 15,9 %. Pribeh týchto zmien je podobný ako v slt *AF inf.* Zmeny sú však štatisticky nesignifikantné a iba hodnoty pri faktore „teplota“ poukazujú na to, že v podiele pokryvnosti indiferentných druhov nastala štatisticky významná zmena (obr. 3). Ich vzostup o 21,4 % nastal na úkor druhov indikujúcich mierne teplo (ekočíslá 5) a chlad (ekočíslá 3). Zmena pri ekočíslá 5 (-14,0 %) je štatisticky signifikantná na hladine spoľahlivosti 68 %.

Zo získaných výsledkov lesných spoločenstiev smrečín a bučín, ktorých plochy sa nachádzajú v horských polohách, vyplýva, že trendy zmien zistené fytoindikačnou metódou poukazujú nielen na ich zakysľovanie, ale naznačujú aj globálnu klimatickú zmenu. Silné depozičné zakysľovanie pôd na modelovom objekte pod Latiborskou hoľou je nám známe už od roku 1990. IŠTOŇA (1993), IŠTOŇA & PAVLENDÁ (2000) tieto veľmi významné zmeny v pôdnej reakcii aj podrobnejšie analyzovali. Opakovanou fytoecologickou analýzou (odstup 26 rokov) zistila KRÍŽOVÁ (1994) zmeny v ochudobňovaní drevinovej zložky. V bylinnej vrstve konštatuje autorka ustupovanie niektorých sciofytov, hemisciofytov a niektorých heminitrofilov, prístup acidifilných druhov a prostredníctvom výsledkov opakovaných analýz pôdnych vzoriek potvrdila zistený acidifikačný vplyv imisií. Vplyvom sekundárneho zakysľovania pôd a s posunom pôdnej



Obr. 3 Percentuálna zmena podielov pokryvnosti Ellenbergových indikačných čísel (ekočísel) vzhľadom na faktor „teplota“ (A) a „vlhkosť“ (B) vo fytoocenózach skupiny lesných typov FAc sup. za obdobie 42 rokov

■ aritmetický priemer, ■ ± stredná chyba (IS 68 %), I ± 1,96 stredná chyba (IS 95 %)

Fig. 3 Relative temporal change in the coverage proportion of Ellenberg indicator values (ecovalues) for factor “temperature” (A) and “humidity” (B) in phytocoenoses of the group of forest types FAc superior over a period of 42 years

■ arithmetic mean, ■ ± standard error (CI 68%), I ± 1.96 standard error (CI 95%)

<sup>1)</sup>Proportion<sub>t</sub> – Proportion<sub>t+n</sub> <sup>2)</sup>Ecovalue

reakcie až do tmivého pásma hliníka prípadne železa nenastupujú hneď acidofilné druhy, ale najprv ustupujú bučínové sciofity a hemisciofity, zároveň stúpa pokryvnosť indiferentných druhov a dnes (po 42 rokoch) sú hlavne na hornej hranici 6. vs v asi 1 300 m n. m. už hojne zastúpené acidofilné druhy, ktoré postupne až sporadicky prenikajú k jeho dolnej hranici (asi 1 100 m n. m.), prípadne aj nižšie, až do 5. vs. Ich šírenie naznačuje, že druhy rozdielne reagujú najmä na zmenu pôdnej reakcie a veľa záleží od toho, v ktorej časti intervalu tolerancie k pH hodnotám pôdy sa nachádzajú. Naše šetrenia potvrdili zistenia KRIŽOVEJ (1994), ale navyše sme na danom podloží zistili už aj úplný ústup druhov *Galium odoratum*, *Dentaria bulbifera* a *Mercurialis perennis* zo živných a aceróznych spoločenstiev 6. vs.

Podobnú problematiku riešili na podložiach andezitov v NPR Poľana AMBROS *et al.* (1995), ktorí obnovili a vyhodnotili fytoocenologické zápisy aj v rovnakých slt. Títo autori prišli k záveru, že pôvodná biodiverzita v 5. a 6. vs i naďalej pretrváva a nepredpokladajú, žeby za uvedené obdobie došlo k významným zmenám v abiotickom prostredí, no so značnou opatrnosťou nevyklúčujú zistené zmeny v 7. vs, na ktoré mala vplyv diaľková imisná záťaž. Výsledky sú však získané odlišným metodickým postupom.

Na významný vplyv kyslých zrážok aj v oblasti Poľany poukazuje ŠÁLY (1992). Zistil, že napriek vysokej tlmivosti silne humózných andozemných pôd vytvorených z andezitových tufov v slt FAc, pod bukom v 1 230 m n. m. došlo k ich výraznému zakysleniu z pH 5,1 na 4,2. Vplyvom sekundárneho zakyslenia pôd sa kyslosť týchto



pôd dostala len na hranicu tlmivého pásma hliníka, a to je zrejme odpoveď, prečo je na andezitových podložiach viac-menej pôvodná diverzita ešte zachovaná, aj keď v ich percentuálnej pokryvnosti už badať zmeny. KRIŽOVÁ (1996), odvolávajúc sa na prácu FALKENGREN & GRÉRUP (1989) z bukových lesov južného Švédska, potvrdila analýzou vegetácie pod Latiborskou hoľou podobné trendy zmien, ako v prípade zmien reakcie pôdy i rozdielne správanie sa druhov v silikátovom intervale a intervale sorbentov. Takisto sa prikláňa k názorom WITTIGA *et al.* (1985), KUHNA *et al.* (1987) a BÜRGERA (1987 in KRIŽOVÁ 1996), že za prejav acidifikácie treba považovať aj šírenie indiferentných (acidotolerantných) druhov. Aj naše zistenia po 34 a 42 rokoch potvrdzujú tieto procesy a trendy zmien. Rozdielnosť ich priebehov však závisí od počiatkovej hodnoty pH a tlmivej kapacity pôdy, ktorá sa rýchlejšie vyčerpáva na granodioritoch ako na andezitoch.

#### 4. Záver

Z dosiahnutých výsledkov ekologickej analýzy smrečín nachádzajúcich sa v oblasti Pilska a Paráča vyplýva, že v 6. vs v skupinách lesných typov *Fap sup.*, *AF sup.* a *FA sup.* za najväčší faktor môžeme považovať zakysľovanie prostredia spôsobené kyslou atmosférickou depozíciou. Aj vo vzťahu k ďalším ekologickým faktorom ako sú „teplota“, „vlhkosť“ a „kontinentalita“ sa štatisticky preukázateľne potvrdil nárast podielu pokryvnosti indiferentných druhov. Štatistická analýza zmien zastúpenia bylinných druhov v smrečinách Západných Tatier potvrdila veľmi významné zmeny v pôdnej reakcii povrchových horizontov len v slt *Pa sup.* a slt *LP*. Štatisticky významné zmeny sme v oboch slt zaznamenali v podiele pokryvnosti druhov indiferentných voči vlhkosti. Významnejšie ale nesignifikantné zmeny sme zaznamenali aj v podiele pokryvnosti indiferentných druhov voči teplote (v oboch slt) a v slt *LP* v podiele pokryvnosti druhov reagujúcich na obsah pôdneho dusíka.

Z ekologickej analýzy súboru fytoocenologických plôch zaradených do slt *AF inf.* a slt *FAc sup.* (bučiny spod Latiborskej hole) vyplýva, že v slt *AF inf.* boli v prípade ekologických faktorov „teplota“, „kontinentalita“, „reakcia na pH“ a „dusík“ štatisticky významné zmeny. Významný bol úbytok podielu pokryvnosti oceánických druhov a vzostup podielu pokryvnosti suboceánických druhov. Pri ekofaktore „teplota“ najvýznamnejšie poklesol podiel pokryvnosti druhov indikujúcich mierne teplo (ekočíslo 5) a najvýznamnejšie narástol podiel pokryvnosti indiferentných druhov. Významné zmeny boli preukázané aj v prípade podielu pokryvnosti indikátorov pôdnej reakcie a dusíka čo naznačuje, že za sledované obdobie prechádzali fytoocenózy procesom zakysľovania pôd, ako dôsledku dopadu kyslej depozície. Nástup podielu pokryvnosti druhov indikujúcich pôdy bohaté na dusík môže súvisieť aj so stúpajúcou depozíciou dusíka. V slt *FAc sup.* sa pri faktore „teplota“ potvrdzuje štatisticky významný nárast podielu pokryvnosti indiferentných druhov na úkor druhov indikujúcich mierne teplo a chlad.

Na viacerých lokalitách i na rozdielnych stanovištiach sme zistili štatisticky významné zmeny v podiele pokryvnosti indikačne významných rastlinných druhov. Tieto zmeny sú sprevádzané aj nárastom podielu pokryvnosti druhov indiferentných voči

faktoru „teplota“ a „vlhkosť“. Rastúci trend ich podielu vo fytocenózach môže indikovať, že horské lesy neovplyvňuje len acidifikácia prostredia, ale prostredníctvom zmeny teplotného a zrážkového režimu už aj globálna klimatická zmena.

## 5. Poďakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu vedy a techniky na základe zmluvy APVT- 27-009304 a projektom MP SR „Vplyv globálnej klimatickej zmeny na lesy Slovenska“. Ďakujeme dvom anonymným recenzentom za ich cenné pripomienky.

## Literatúra

1. AMBROS Z., GRÉK J., MÍCHAL J., 1995: Analýza zmien vegetace v biosférické rezervaci Pořana, *Lesnictví – Forestry*, **41**(8): 379 – 388.
2. AMBROS Z., MÍCHAL J., 1992: Phytoindication of changes in natural forests the Moravian – Silesian Beskids in the course of the years 1952–1986. *Ekologia (ČSFR)*, **4**: 355 – 367.
3. BALAJKA J., LAPIN, M., MINĎAŠ J., ŠTASTNÝ P., THALMEINEROVÁ D., 2005: Štvrtá národná správa o zmene klímy; Správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu. Bratislava, MŽP SR, s. 17 – 19, 85 – 89.
4. DOSTÁL J., 1989: Nová květena ČSSR 1, 2. Praha, Academia, nakladatelství Československé akademie věd, 1 563 s.
5. ELLENBERG H., WEBER H.E., DÜLL R., WIRTH V., WERNER W., PAULISSEN D., 1992: Indicator values of plants in central Europe. *Scripta geobotanica*, Göttingen, Verlag E. Goltze KG, 258 p.
6. IŠTOŇA J., 1993: Imisné zakysľovanie lesných pôd. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, **39**(1): 37 – 46.
7. IŠTOŇA J., MERGANIČ J., 2006: Zhodnotenie dlhodobých zmien vo fytocenózach oligotrofných lesných spoločenstiev Západných Tatier. In KULA E., TESAŘ V. (eds): *Beskydy*, 19(2006): 81 – 86, Ediční středisko MZLU v Brně.
8. JURKO A., 1986: Poznámky k diskusi o užitočnosti Ellenbergových indikačních hodnôt. *Biológia (Bratislava)*, **41**(1): 91 – 100.
9. KOLEKTÍV, 2001: Tretia národná správa o zmene klímy. Bratislava, MŽP SR, s. 16, 81 – 87.
10. KRÍŽOVÁ E., 1994: Odras zmenených ekologických podmienok v zložení a produkcii lesných fytocenóz ŠPR „Pod Latiborskou hoľou“. *Acta Facultatis Forestalis, Zvolen*, **36**: 63 – 73.
11. KRÍŽOVÁ E., 1996: Dynamika lesných fytocenóz v zmenených ekologických podmienkach. *Vedecké štúdie*, 14/1996/A. TU vo Zvolene, 52 s.
12. KRÍŽOVÁ E., NIČ J., 1997: Fytocenológia a lesnícka typológia. *Návody na cvičenia*. TU Zvolen, 106 s.
13. MARHOLD K., HINDÁK F., PIŠÚT I., KUBINSKÁ A., 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Bratislava, Vydavateľstvo akadémie vied, 688 s.
14. MAZÚR E., LUKNIŠ M., 1986: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky 2002*, Bratislava, Slovenská kartografia, ISBN 80-88833-27-2.
15. MERGANIČ J., 2007: Bioindikácia ekologických podmienok v lesných ekosystémoch. In RIZMAN I. 2007: *Lesnícka typológia a zisťovanie stavu lesa vo väzbe na trvalo udržateľné obhospodarovanie lesov*. Zvolen, NLC, ISBN 978-80-8093-033-2.
16. MERGANIČ J., IŠTOŇA J., MERGANIČOVÁ K., 2005: Reakcia druhovej bohatosti a pokryvnosti lesných fytocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok v smrečinách 6. vegetačného stupňa Stredných Beskýd. In KULA E., TESAŘ V. (eds): *Beskydy*. MZLU v Brně, Ediční středisko, **18**(2005): 111 – 118.
17. MERGANIČ J., IŠTOŇA J., 2004: Reakcia druhovej bohatosti a pokryvnosti lesných fytocenóz na zmenu vlhkosťných a teplotných podmienok v smrečinách 6. vegetačného stupňa Stredných Beskýd. In KULA E., TESAŘ V. (eds): *Beskydy*. MZLU v Brně, Ediční středisko, **17** (2004): 65 – 72.
18. MINĎAŠ J., ŠKVARENINA J., 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. Zvolen, EFRA, LVÚ Zvolen, 128 s.
19. NIČ J., 1995: Zmeny ekologických podmienok a faktorov vo vrcholových smrečinách na Pořane. Zvolen, *Acta Facultatis Forestalis*, **37**, s. 31 – 38.
20. ŠÁLY R., 1992: Zakysľovanie a súčasné zmeny pôd v bučinách. *Les*, **8**(8–9): 19 – 21.
21. ŠMELKO Š., 1988: Štatistické metódy v lesníctve. Zvolen, VŠLD, 276 s.
22. ZLATNÍK A., 1959: Přehled slovenských lesů podle skupin lesních typů. *Spisy Vědecké laboratoře biogeocenologie a typologie lesa*. Brno, LF-VŠZ, č. 3, 178 s.
23. ZLATNÍK A., 1976: *Lesnícká fytocenologie*. Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 495 s.

## Summary

The paper analyses the changes of ecological conditions in forest ecosystems on the basis of bio-indicative method. Empirical material consists of pairs of phyto-records from 28 plots, which were precisely identified in the field in time period 29 up to 42 years. The plots are located at the altitude 800 m up to 1,450 m. Spruce stands in the 6th and 7th altitudinal vegetation zone are represented by the groups of forest types *Fagetum-abietinino-piceosum*, *Fageto-Abietum*, *Abieto-Fagetum* (Central Beskids), *Piceetum abietinum* and *Lariceto-Piceetum* (Western Tatra Mts.). The group of forest types *Abieto-Fagetum* and *Fageto-Aceretum* (Low Tatra Mts.) represent beech stands of the 5th and 6th altitudinal vegetation zone.

The evaluation of the changes of phytocoenoses environment is based on bio-indicative characteristics of plant species defined by ELLENBERG *et al.* (1992). Analysis of the response of herbaceous layer to the change of environment lies in statistical test, which serves testing the hypothesis that the difference between the proportions of coverage of indication number (eco-number) in time  $t_2$  and  $t_1$  equals zero, i.e. no change in ecological conditions has happened (MERGANIČ & IŠTOŇA 2004, MERGANIČ 2007).

A part of the analysis is verification of the effect of changes of some parameters of the stand structure on the changes in the proportions of coverage of indication numbers. Presented results have not confirmed statistically significantly any effect of the change of canopy and age of stand on the changes in the coverage of indication numbers.

In the region of spruce stands Pilsko and Paráč (group of forest types *Fap sup.*, *AF sup.*, *FA sup.*) the analysis confirmed that the proportion of the coverage of warm-loving species is decreasing and the proportion of the species favouring humid sites is increasing. At the same time in all three groups of forest types the proportion of the coverage of indifferent species has increased statistically significantly with regard to the factor "humidity". Growing trend of this proportion may indicate relatively frequent fluctuations of the environment conditions what causes decrease in the proportion of the coverage of species specifically connected with concrete conditions. Thus consequently a space opens to the species with broad ecological valence. An increase of the proportion of such species coverage may result in future that it will be difficult to classify the conditions of the environment on the basis of phyto-indicators. Ecological analysis of the changes in phytocenological indication of the environment conditions due to the effect of factor "reaction to pH" showed that for the duration of 29 years long period in the group of forest types of hemi-oligo-trophic inter-order A/B and nutritive order B of geobiocoenoses a statistically significant acidification of soils occurred. The course of these changes is identical also in comparison with the changes of pH values of surface layer of soil (MERGANIČ *et al.* 2005).

Statistically significant acidification in more nutritive trophic orders appeared in increased proportion of the coverage of species being indifferent to the factor "reaction to pH". In acidic order a dominance of phyto-indicators of acidity was even more marked.

In the region of spruce stands in the Western Tatra Mts. (group of forest types *Pa sup.*, *LP*) statistically significant changes were recorded in the proportion of the coverage of species being indifferent to humidity. Their proportion has increased by about 10% in the group of forest types *Pa sup.* In the group of forest types *LP* it has dropped by about 10%.

In the region of beech stands of Latiborská hoľa (group of forest types *AF inf.*) we recorded statistically significant changes for the factors "temperature", "continentality", "reaction to pH" and "nitrogen". The analysis showed a significant drop in the proportion of the coverage of oceanic species; the proportion of the coverage of species indicating mild warm temperatures spreading from lowlands up to mountainous locations has dropped more significantly and on the contrary the proportion of the coverage of species indifferent to the factor "temperature" has increased the most significantly (24%). For eco-factor "nitrogen" the proportion of the coverage of species on moderately rich soils has decreased significantly to the favour of the kinds of rich soils. Changes for the eco-factor "reaction to pH" are characterized by the decrease of the proportion of the coverage of the species on slightly acidic up to neutral soils and increase of the proportion of the coverage of moderately acidic soils.

The mentioned trend indicates that for the period of study the soils of phytocoenoses on the evaluated sites were subjected to the process of acidification. In the group of forest types *FAC sup.* the course of changes is similar to the course in the group of forest types *AF inf.* But the changes are statistically insignificant and only the values for the factor "temperature" indicate that in the proportion of the coverage of indifferent species a statistically significant change has occurred. This proportion has increased by 21.4% to the detriment of species indicating mild warmth and cold.

In several localities as well as on different sites we found statistically significant changes in the proportion of the coverage of plant species with important indicative capability. These changes are accompanied also by the increase of the proportion of the coverage of the species being indifferent to the factor "temperature" and "humidity". Growing trend of their proportion in phytocoenoses may indicate that mountainous forests are not affected only by environment acidification but through the changes of temperatures and precipitation regime they are affected already by global climate change.

*Translated by: Z. AL-ATTASOVÁ*