

## ŠTRUKTURÁLNA DIVERZITA SMREKOVÉHO PRÍRODNÉHO LESA V SUPRAMONTANNOM STUPNI NPR BABIA HORA

J. Vorčák, J. Merganič, K. Merganičová

**Abstract:** <sup>♦</sup>Vorčák, J., <sup>\*</sup>Merganič, J., <sup>\*</sup>Merganičová, K. (<sup>♦</sup>Forestry Trades School Tvrdošín, Medvedzie 135, SK-027 47 Tvrdošín, Slovak Republic, <sup>\*</sup>FORIM – Forest research, inventory and monitoring, Kpt. Nálepku 277/11, SK-073 01 Sobrance, Slovak Republic), *Structural diversity of natural spruce forests in the subalpine forest belt of National Nature Reserve of Babia hora*, Beskydy, 2006 (19):143-148

The importance of forest stand diversity lies in its relationship with the processes and functionality of ecosystems. The aim of the presented paper was to analyse the influence of elevation and development stage on the value of the complex structural diversity index proposed by Jaehne & Dohrenbusch (1997). To a large extent, the structure of mountain forests of Babia hora is affected by harsh climate conditions, as confirmed by the obtained results. Elevation was found to influence structural diversity more than the development stage of the virgin forest. The average value of the complex structural diversity index  $B = 7.5$  indicates that the forests of Babia hora are heterogeneous and of uneven stand structure. As elevation increases, structural diversity of the forest stands decreases until the forest stands begin to be naturally sparsely stocked. With further increase of elevation structural diversity increases, too. In the conditions of Babia hora, this change happens at approximately 1400 m above sea level. The analysis of the development stages revealed that the stage of growth has the highest structural diversity, while the lowest structural diversity is characteristic of the maturity stage.

**Keywords:** structural diversity, mountain forests, diversity quantification

### Úvod a problematika

Trvalosť lesov a ich stabilita je závislá nielen od miery vplyvu exogénnych činiteľov, ale je daná aj genetickým základom a usporiadaním prvkov v ekosystéme. Ekologická stabilita lesov teda úzko závisí od ich diverzity (Miegroet et al. 1996), čo ešte vo väčšej miere platí o horských lesoch, ktoré sú vystavené vo zvýšenej miere pôsobeniu stresových faktorov. Parametre stability vychádzajú z rôznorodosti lesa v čase a priestore, z produkcie a produktivity lesných ekosystémov a v neposlednej miere zo štruktúry a výstavby. Vo všeobecnosti je stav horských lesov výslednicou genetickej, druhovej a ekosystémovej diverzity za súčinnosti pôsobenia exogénnych činiteľov (Vorčák 2005).

Významnou zložkou diverzity lesných ekosystémov je popri druhovej diverzite štrukturálna diverzita porastov, ktorá sa skladá z biotických a abiotických prvkov a môže sa tiež charakterizovať ako eko-morfologická alebo priestorovo-ekologická diverzita (Lexer et al. 2000). Pre správnu kvantifikáciu štrukturálnej diverzity je v prvom rade nutné vysvetliť niektoré základné pojmy. Pojem štruktúra vyjadruje vo všeobecnosti špecifické usporiadanie prvkov v systéme (Gadow 1999), ich umiestnenie v danom systéme a vzájomné prepojenie (Heupler 1982 in Lübbers 1999). V náväznosti na túto definíciu sa štruktúra lesa definuje ako priestorové rozmiestnenie biomasy, čiže stromov a ich vlastností (hrúbka, výška a pod.) (Zenner 1999, Gadow 1999, Gleichmar & Gerold 1998).

Štruktúru lesa môžeme vnímať na viacerých hierarchických úrovniach (Kint et al. 2000). Na úrovni krajiny je definovaná ako rozrôznenie porastových typov (O'Hara 1998) a stupeň fragmentácie biotopov (Andrén 1994). Pre výskum biodiverzity sa však za dôležitejšiu považuje porastová úroveň (Kuuluvainen et al. 1996), pretože plošné a vertikálne rozmiestnenie stromov v poraste definuje trojdimenzionálny priestor biotopu vtákov, hmyzu, cicavcov, epifytov, nedrevnej vegetácie a pôdnych mikroorganizmov (Ratcliffe et al. 1986, Kuuluvainen et al. 1996). Porastová štruktúra človekom nenarušených lesných ekosystémov v sebe navyše nesie informácie o dynamike vývoja pralesov (Hofgaard 1993). V hospodárskych lesoch je však táto veličina nemenej významná, pretože napomáha zhodnotiť ich súčasný stav, ich tzv. blízkosť k prírode a v konečnom dôsledku aj ich ekologickú stabilitu (Pretzsch 1995, 1998, Zenner 1999).

Ako uvádza Merganič et al. (2003), štruktúra lesa sa popisuje rôznymi štruktúrnymi prvkami, ako je priestorové rozmiestnenie, hustota, diferenciacia a zmiešanie jedincov (Zenner 1999). Pri správnom hodnotení štruktúry porastov je však potrebné vnímať ju komplexne ako charakteristiku zloženú z:

- horizontálnej štruktúry, t.j. plošného, dvojdimenzionálneho rozmiestnenia stromov na ploche porastu
- vertikálnej štruktúry vyjadrenej rozrôznením porastu vo vertikálnom smere.

Lübbers (1999) k týmto dvom zložkám pridáva ešte aj tzv. mikroštruktúry, pod ktorými rozumie napr. množstvo moderového dreva v poraste, formy stromov a pod.

Gadow & Hui (1999) definujú štruktúru ako súbor nasledovných charakteristík:

- pozícia - plošné rozmiestnenie stromov po ploche porastu
- zmiešanie - vzájomná pozícia druhov drevín v poraste
- diferenciacia - relatívne veľkostné zmeny medzi susediacimi stromami v horizontálnom a vertikálnom smere

Pre popis a kvantifikáciu horeuvedených zložiek je možné použiť viacero metód, pričom najvyššiu výpovednú hodnotu majú indexové metódy, ktoré používajú matematicko-štatistické výpočty.

## **Materiál a metodika**

Pri štúdiu vzťahov fungujúcich v ekosystéme hrajú významnú úlohu prírodné lesy, keďže sú činnosťou človeka najmenej narušené. Medzi takéto ekosystémy patria aj horské smrekové lesy v masíve Babej hory v Oravských Beskydách, ktoré boli predmetom výskumu pri riešení projektu financovaného Ministerstvom životného prostredia „Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy“ (Merganič et al. 2003). V rámci tohto projektu bolo založených 57 skusných plôch kategorizovaných do štyroch kategórií nadmorskej výšky (do 1260, 1260-1360, 1360-1460, nad 1460 m n. m) a troch vývojových štádií prírodného lesa (štádium dorastania, optima a rozpadu). Informačné spektrum tvorilo cca 55 kvantitatívnych a kvalitatívnych znakov, ktoré sa na skusnej ploche merali a hodnotili. Celkovo bolo pomeraných a ohodnotených 2846 ks stromov s výškou nad 1.3m a 513ks jedincov s výškou do 1.3m. Vytvorená databáza umožňuje vierohodnú rekonštrukciu lesného porastu ako aj podrobnú analýzu vzťahov medzi jednotlivými jedincami, resp. stromovou a ostatnými zložkami lesného ekosystému, ktoré sa dajú charakterizovať parametrami štruktúrálnej diverzity.

V predkladanej práci analyzujeme vplyv nadmorskej výšky a vývojového štádia na index štruktúrálnej diverzity. Pre kvantifikáciu štruktúrálnej diverzity sme použili komplexný index štruktúrálnej diverzity zahŕňajúci viac zložiek štruktúry porastov navrhnutý autormi Jaehne & Dohrenbusch (1997). Ide o tzv. *B* - index, ktorý pozostáva zo štyroch parciálnych premenných štruktúrálnej diverzity porastu:

- Index drevinovej skladby porastu ( $A$ )
- Index vertikálnej štruktúry ( $S$ )
- Index priestorového rozdelenia ( $V$ )
- Index diferenciacie korún ( $K$ )

Ich presná matematická formulácia je uvedená v prácach Jaehne & Dohrenbusch (1997), Merganič et al. (2003) a Vorčák (2005).

Na základe vypočítanej hodnoty indexu  $B$  navrhli Jaehne & Dohrenbusch (1997) aj stupnicu pre celkové vyhodnotenie porastovej štruktúrálnej diverzity:

$B \geq 9.0$	- veľmi rôznorodá výstavba porastu
$8.0 \leq B < 8.9$	- rôznorodá výstavba porastu
$6.0 \leq B < 8.0$	- nerovnomerná výstavba porastu
$4.0 \leq B < 6.0$	- rovnomerná výstavba porastu
$B < 4.0$	- monotónne porasty

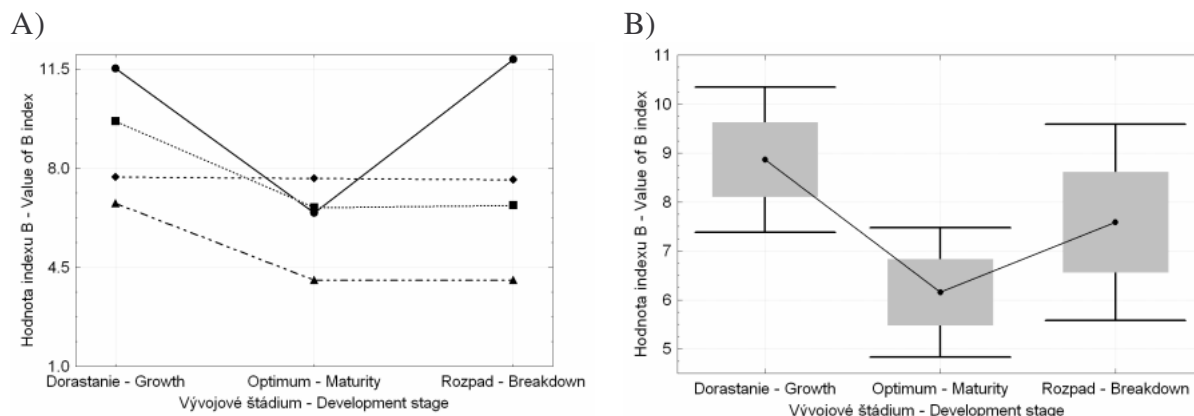
### Výsledky a diskusia

Horské smrekové lesy v masíve Babej hory vykazujú vo všeobecnosti vysoký stupeň diverzity - rôznorodosti a prirodzenosti. Majú pestrú výstavbu a textúru, čo nepriamo dokazuje aj priemerná hodnota komplexného indexu diverzity  $B = 7.5$ , ktorá podľa stupnice navrhnutej Jaehne & Dohrenbusch-om (1997) radí skúmané porasty k porastom s nerovnomernou výstavbou. Takéto porasty sú na základe popisu uvedených autorov výškovo diferencované, tvorené dvoma až troma porastovými vrstvami s náhodným rozmiestnením stromov na ploche a len zriedkavo dochádza k ich zhlukovaniu. Tento popis v plnej miere odzrkadľuje skutočný stav smrekových porastov v masíve Babej hory.

Analýza vplyvu skúmaných faktorov (nadmorská výška a vývojové štádium) na  $B$  index potvrdila ich signifikantný vplyv. Vplyv vývojového štádia sa preukázal na 95% a vplyv nadmorskej výšky na 99.9% hladine spoľahlivosti. Kombinovaný vplyv oboch faktorov na hodnoty indexu  $B$  sa nepotvrdil, preto je možné konštatovať, že zásadný vplyv na jeho hodnoty má faktor nadmorská výška.

Podrobnejšou analýzou priemerných hodnôt indexu  $B$  v rámci vývojového štádia zisťujeme, že najvyššiu hodnotu 8.9 dosahuje štádium dorastania, čo je na hranici medzi porastami s rôznorodou a veľmi rôznorodou výstavbou. Štádium optima má naopak najnižšiu hodnotu 6.2, kým štádium rozpadu je charakterizované priemernou hodnotou 7.5 (obr. 1). V posledných dvoch prípadoch ide o nerovnomernú výstavbu porastov.

V závislosti od nadmorskej výšky hodnota indexu  $B$  klesá od 1. po 3. výškovú kategóriu (obr. 2). Najvyššia hodnota indexu  $B$  v 1. výškovej kategórii – 9.9 - je spôsobená vysokým podielom prímiesi jarabiny a charakterom porastov, keďže tu prebieha plynulé striedanie vývojových štádií a fáz na malých plochách. Časti porastov sa tu vyskytujú vo výbernej fáze, čo zvyšuje štruktúrálnu diverzitu porastov vyjadrenú pomocou vyššie uvedeného indexu. Tieto porasty môžeme podľa stupnice Jaehne & Dohrenbusch (1997) označiť ako porasty s veľmi rôznorodou výstavbou. V 3. výškovej kategórii má index najmenšiu hodnotu 4.9. Táto hodnota indikuje rovnomernú výstavbu porastu charakteristickú pre porasty tvorené jednou drevinou – v našom prípade smrekom, ktoré majú jednovrstvovú výstavbu s nerovnomerným až náhodným rozmiestnením stromov na ploche. Od 3. výškovej kategórie hodnota indexu  $B$  opäť stúpa a v 4. výškovej kategórii dosahuje hodnotu 7.7. Rast hodnoty indexu v 4. výškovej kategórii je spôsobený rozpojeným charakterom porastov (bioskupiny) a jarabinou, ktorá sa v rozpojených porastoch začína opäť uplatňovať. Na základe stupnice uvedených autorov ide o porasty s nerovnomernou výstavbou.



Obr. 1: Priebeh priemerných hodnôt indexu štruktúrálnej diverzity  $B$  v závislosti od vývojového štádia prírodného lesa a kategórie nadmorskej výšky (A) a testovanie vplyvu vývojového štádia na hodnoty indexu  $B$  (B).

Legenda:

Obrázok A: kategória a nadmorskej výšky ● do 1260 m n.m., ■ od 1261 do 1360 m n.m., ◆ od 1361 do 1460 m n.m., ▲ nad 1461 m n.m.

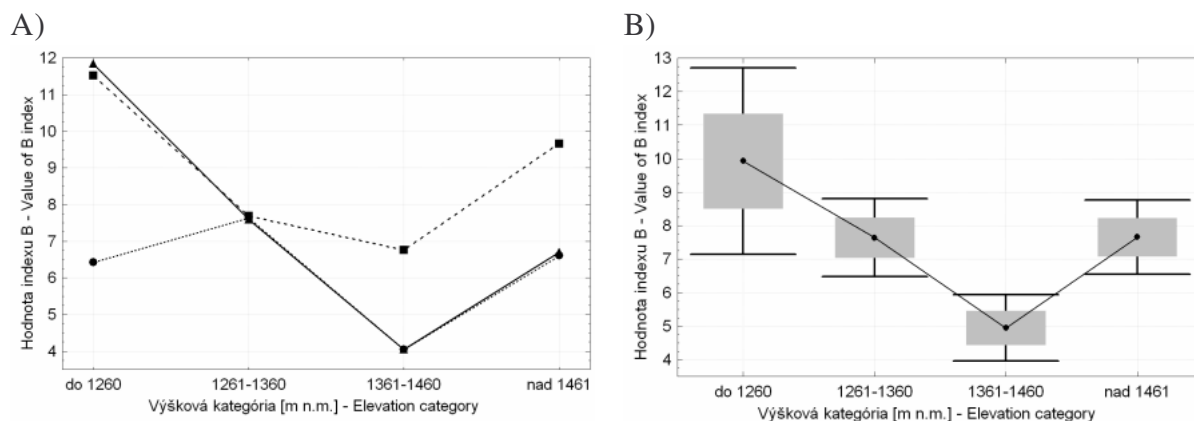
Obrázok B: ● aritmetický priemer, ■ ± stredná chyba, ▭ ± 1.96 · stredná chyba

Fig. 1: Average values of the complex structural diversity index  $B$  in individual development stages considering elevation categories (A) and test of the influence of the development stage on index  $B$  (B).

Legend:

Figure A: elevation category ● below 1260 m, ■ 1261-1360 m, ◆ 1361-1460 m, ▲ above 1461 m

Figure B: ● arithmetic mean, ■ ± standard error, ▭ ± 1.96 · standard error



Obr. 2: Priebeh priemerných hodnôt indexu štruktúrálnej diverzity  $B$  v závislosti od kategórie nadmorskej výšky a vývojového štádia prírodného lesa (A) a testovanie vplyvu kategórie nadmorskej výšky na hodnoty indexu  $B$  (B).

Legenda:

Obrázok A: Vývojové štádium prírodného lesa ■ Dorastanie, ● Optimum, ▲ Rozpad

Obrázok B: ● aritmetický priemer, ■ ± stredná chyba, ▭ ± 1.96 · stredná chyba

Fig. 2: Average values of the complex structural diversity index  $B$  in individual elevation categories with regard to the development stages (A) and test of the elevation influence on index  $B$  (B).

Legend:

Figure A: Development stage of the virgin forest ■ Growth, ● Maturity, ▲ Breakdown

Figure B: ● arithmetic mean, ■ ± standard error, ▭ ± 1.96 · standard error

Absolútne najvyššia hodnota indexu bola zaznamenaná v 1. výškovej kategórii v štádiu dorastania (11.5) a v štádiu rozpadu (11.8). Ide o porasty vo fáze obnovy, ktoré podľa slovného hodnotenia Jaehne & Dohrenbusch-a (1997) zaraďujeme k porastom s veľmi rôznorodou výstavbou. Sú to porasty s výbernou štruktúrou a prímiesou jarabiny, ktorá často tvorí pňovú výmladnosť, čím zvyšuje ich diverzitu. Porasty majú vertikálny zápoj s výrazným zoskupením hlavne mladších stromov tvoriacich hlúčiky. Najnižšiu rovnakú hodnotu má index v štádiu optima a rozpadu v 3. výškovej kategórii (4.04). Ide o porasty na hranici monotónnych porastov a porastov s rovnomernou výstavbou. Táto výšková kategória má prevažne charakter jednovrstvových smrekových porastov (halové porasty) s nerovnomerným až náhodným rozmiestnením stromov na ploche, ktoré sa podľa nášho predpokladu začnú rozpadáť, aby sa vytvorili vhodné podmienky pre regeneračné procesy. S časovým predstihom a vo veľkoplošnej forme sa takýto vývoj uskutočňuje v Západných Tatrách v Látanej doline (Vorčák 2005).

## Záver

Význam diverzity spočíva v jej silnom prepojení na procesy i funkčnosť ekosystému. Diverzita má blízky vzťah k naturálnej produkcii, ale v hlavnej miere je spájaná so stabilitou ekosystému. V tejto súvislosti má dôležité postavenie oblasť zaoberajúca sa metódami kvantifikácie diverzity, pretože matematická kvantifikácia umožňuje nielen objektívnejšie ohodnotiť, ale v konečnom dôsledku aj lepšie pochopiť a popísať vzťahy, ktoré v ekosystéme fungujú. Medzi prvé práce zaoberajúce sa kvantifikáciou štrukturálnej diverzity horských lesov na Slovensku patrí práca „Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy“. (Merganič et al. 2003), z ktorej vychádza aj tento príspevok.

V predkladanej práci sa analyzuje vplyv nadmorskej výšky a vývojového štádia na komplexný index štrukturálnej diverzity navrhnutý autormi Jaehne & Dohrenbusch (1997). Skúmané horské lesy v supramontánnom stupni sa nachádzajú v drsných prírodných podmienkach, ktoré v rozhodujúcej miere formujú ich štruktúru. Toto konštatovanie sa v plnej miere potvrdilo, pretože z dosiahnutých výsledkov vyplýva, že nadmorská výška významnejšie ovplyvňuje štrukturálnu diverzitu a tým aj štruktúru vývojových štádií prírodného lesa. Súhrnne je možné konštatovať, že štrukturálna diverzita so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou klesá až do výšky, kde dochádza k prirodzenému rozpojeniu porastov, odkiaľ opäť stúpa. V podmienkach Babej hory ide o výškovú hranicu okolo 1400 m n.m. Zároveň sa jednoznačne potvrdilo, že najvyššiu štrukturálnu diverzitu majú porasty v štádiu dorastania, nasleduje štádium rozpadu a optima.

Dlhodobou formovaná štruktúra porastov sa vyznačuje vlastnosťami, ktoré udržujú tieto ekosystémy v rovnováhe a stabilite. Štrukturálna diverzita lesných porastov je veľmi dôležitou charakteristikou stavu a vývoja porastov. Úzko súvisí so všetkými procesmi prebiehajúcimi v ekosystéme. Poznanie a rešpektovanie týchto zákonitostí môže významne napomôcť lesnému hospodárovi pri obhospodarovaní lesa v meniacich sa ekologických podmienkach a zabezpečiť jeho trvalosť. Vysoký stupeň stability porastov na Babej hore dokazuje aj skutočnosť, že ani vetrové smršte v novembri 2002 a 2004 výrazne nepoškodili tento ekosystém, hoci v ďalších horských oblastiach na Slovensku vznikli katastrofálne škody.

## Literatúra

- ANDRÉN, H. 1994: Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71: 355-366.
- GADOW, K. VON, HUI, G. 1999: Modelling forest development. Kluwer Academic Publ., 213 pp.
- GADOW, K. von. 1999: Waldstruktur und Diverzität. *AFJZ*, 170., (7): 117-121.



- GLEICHMAR, W., GEROLD, D.** 1998: Indizes zur Charakterisierung der horizontalen Baumverteilung. *Forstw. Cbl.*, 117: 69-80.
- HOFGAARD, A.** 1993: Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, 4: 601-608.
- JAEHNE, S., DOHRENBUSCH, A.** 1997: Ein Verfahren zur Beurteilung der Bestandesdiversität. *Forstw. Cbl.*, 116: 333-345.
- KINT, V., LUST, N., FERRIS, R., OLSTHOORN, A.F.M.** 2000: Quantification of Forest Stand Structure Applied to Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) *Forests. Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, Fuera de Serie n.º 1, 17 pp.
- KUULUVAINEN, T., PENTTINEN, A., LEINONEN, K., NYGREN, M.** 1996: Statistical opportunities for comparing stand structural heterogeneity in managed and primeval forests: an example from boreal spruce forest in southern Finland. *Silva Fennica*, 30: 315-328.
- LEXER, M.J., LEXER, W., HASENAUER, H.** 2000: The Use of Forest Models for Biodiversity Assessments at the Stand Level. *Invest. Agr.: Sist. Recur. For.*, Fuera de Serie n.º 1: 297-316.
- LÜBBERS, P.** 1999: Diversitätsindizes und Stichprobenverfahren. Universität Freiburg, 10 pp.
- MERGANIČ, J., VORČÁK, J., MERGANIČOVÁ, K., ĎURSKÝ, J., MIKOVÁ, A., ŠKVARENINA, J., TUČEK, J., MINDAŠ, J.** 2003: Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy. EFRA, Tvrdošín, 200 pp.
- MIEGROET, M.** 1996: Über Waldstabilität. *Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 30 (2): 49-57.
- O'HARA, K.L.** 1998: Silviculture for structural diversity: a new look at multiaged systems. *Journal of Forestry*, 96, 7: 4-10.
- PRETZSCH, H.** 1995: Analyse und Reproduktion räumlicher Bestandesstrukturen. Methodische Überlegungen am Beispiel niedersächsischer Buchen-Lärchen-Mischbestände. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*, 112: 91-117.
- PRETZSCH, H.** 1998: Struktural Diversity as a result of silvicultural operations. *Lestnictví-Forestry*, 44 (10): 429-439.
- RATCLIFFE, P.R., HALL, J., ALLEN, J.** 1986: Computer predictions of sequential growth changes in commercial forests as an aid to wildlife management, with reference to red deer. *Scottish Forestry*, 40: 79-83.
- Vorčák, J.** 2005: Štrukturalna diverzita vybraných horských lesov Oravských Beskýd a Západných Tatier vo väzbe na ich ekologickú stabilitu, Dizertačná práca, Zvolen-Tvrdošín, 135 pp.
- ZENNER, E. K.** 1999: Eine neue Methode zur Untersuchung der Dreidimensionalität in Waldbeständen. Universität Freiburg, 11 pp.

---

**Adresa autorov:** Ing. Ján Vorčák, PhD., SOU lesnícke v Tvrdošíne, Medvedzie 135, 027 47 Tvrdošín, Slovensko, E-mail: vorcak@soultv.sk.

Ing. Ján Merganič, PhD. – FORIM, Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov, Kpt. Nálepku 277/11, SK-073 01 Sobrance, Slovensko, E-mail: j.merganic@stonline.sk.

Dr. Ing. Katarína Merganičová, FORIM - Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov, Kpt. Nálepku 277/11, SK-073 01 Sobrance, Slovensko

---