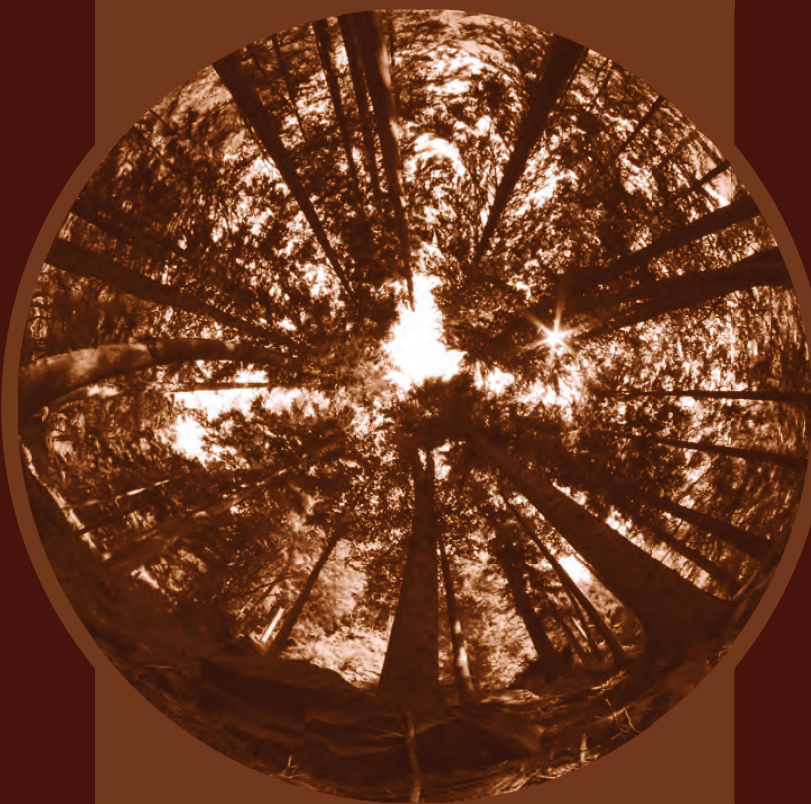




Jozef Vladovič a kolektív

ŠTRUKTÚRA A DIVERZITA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV NA SLOVENSKU

Jozef Vladovič a kolektív

**ŠTRUKTÚRA A DIVERZITA LESNÝCH
EKOSYSTÉMOV NA SLOVENSKU**



NÁRODNÉ LESNÍCKE CENTRUM
NATIONAL FOREST CENTRE

Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Jozef Vladovič a kolektív



ŠTRUKTÚRA A DIVERZITA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV NA SLOVENSKU

Vedecká monografia

Národné lesnícke centrum Zvolen 2011

Recenzenti: doc. Ing. Eva Križová, PhD.
doc. Ing. Jozef Konópka, CSc.



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0632-07 v rámci riešenia projektu „Výskum metód klasifikácie a štrukturálnych modelov priaznivého stavu lesných ekosystémov Slovenska – Hodnotenie stavu a vývoja lesov v krajine s podporou DPZ“ a zmluvy č. APVT-27-009304 v rámci riešenia projektu „Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska“.

Názov: Štruktúra a diverzita lesných ekosystémov na Slovensku
vedecká monografia

Autori: Jozef Vladovič a kolektív
Jozef Vladovič, Ivan Barka, Ivan Lupták, Tomáš Bucha, František Máliš,
Ján Merganič, Ladislav Kulla, Vladimír Šebeň, Katarína Merganičová,
Michal Bošela, Karol Ujházy

Editor: Jozef Vladovič

Vydal: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Citácia: Vladovič J. et al., 2011: Štruktúra a diverzita lesných ekosystémov na Slovensku.
Zvolen, Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav, 252 s.

Copyright © Národné lesnícke centrum, Zvolen 2011
ISBN 978 - 80 - 8093 - 153 - 7

Autorský kolektív

Jozef Vladovič
vedúci autorského kolektívu

Ivan Barka

Ivan Lupták

Tomáš Bucha

František Máliš

Ján Merganič

Ladislav Kulla

Vladimír Šeben

Katarína Merganičová

Michal Bošela

Karol Ujházy



OBSAH

Predhovor	5
-----------------	---

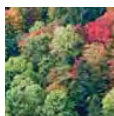


Kapitola 1.

Informačný systém a prehľady typologických jednotiek lesov Slovenska

[Ivan Lupták, Jozef Vladovič] 11

1.1. Integrovaný informačný systém v kontexte stavu, vývoja, štruktúry a diverzity lesných ekosystémov [Ivan Lupták, Jozef Vladovič]	13
---	----



Kapitola 2.

Štruktúra lesa – inovatívne prístupy v tematickom mapovaní a klasifikácii

[Jozef Vladovič, Tomáš Bucha, Ivan Barka *et al.*] 37

2.1. Koncept hierarchickej typizácie porastových textúr z údajov diaľkového prieskumu Zeme (ako východisko pre optimalizáciu metód hodnotenia stavu a vývoja lesných ekosystémov v krajine) [Tomáš Bucha, Jozef Vladovič]	39
2.2. Tematické mapovanie a posudzovanie porastových štruktúr s uplatnením kombinácie distančných a pozemných metód [Jozef Vladovič, Tomáš Bucha, Ivan Lupták]	53
2.3. Tematické fyzickogeografické a typologické mapovanie [Ivan Barka, Jozef Vladovič, Ladislav Kulla]	73
2.4. Využitie historických máp a leteckých snímok pre hodnotenie stavu a vývoja lesov (na príklade vybraných lokalít v Nízkych Tatrách) [Ivan Barka, Jozef Vladovič, Tomáš Bucha]	83



Kapitola 3.

Štruktúrálné modely a poznatkové bázy pri posudzovaní stavu lesov

[Jozef Vladovič, Ivan Lupták, Ladislav Kulla *et al.*] 97

3.1. Individuálne štruktúrálné modely v horských lesoch ako východiská pre posudzovanie ich priaznivého stavu [Jozef Vladovič, Ivan Lupták, Ivan Barka, Ján Merganič]	99
3.2. Individuálne štruktúrálné modely v podhorských lesoch ako východiská pre posudzovanie ich priaznivého stavu [Jozef Vladovič, Ivan Lupták, Ivan Barka]	133

3.3. Poznatková báza vhodnosti drevinového zloženia pre skupiny lesných typov Slovenska [Ladislav Kulla, Jozef Vladovič]	159
3.4. Analýza vplyvu vegetačného stupňa a vývojového štádia lesa na vybrané indikátory v systéme výstavbových štrukturálnych schém priaznivého stavu jedlovo-bukových a bukovo-jedlových lesných spoločenstiev [Ján Merganič, Katarína Merganičová, Jozef Vladovič]	171



Kapitola 4.

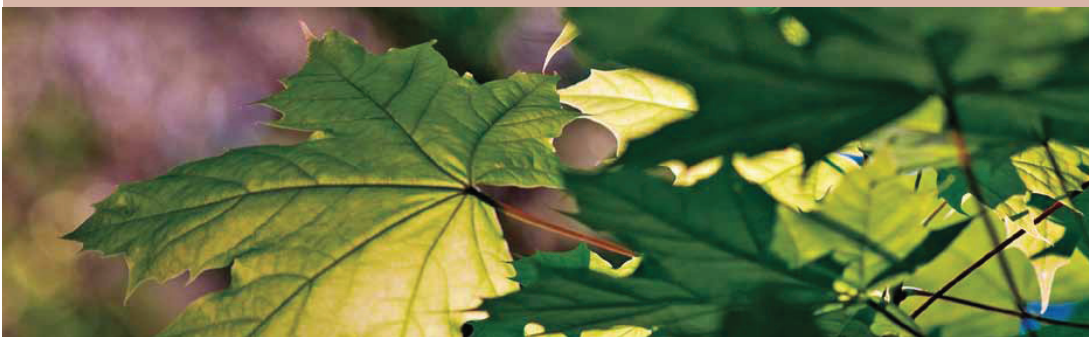
Diverzita a vybrané indikátory stavu lesných ekosystémov

[František Máliš, Ján Merganič, Vladimír Šebeň *et al.*] 181

4.1. Validácia indikátorov prírode blízkeho stavu lesných ekosystémov na základe údajov z výskumných plôch [František Máliš, Michal Bošela, Ladislav Kulla, Ján Merganič]	183
4.2. Zásoba odumretého dreva v 5. až 8. vegetačnom stupni [Ján Merganič, Vladimír Šebeň, Katarína Merganičová]	193
4.3. Zásoba odumretého dreva v 1. až 4. vegetačnom stupni a v azonálnych spoločenstvách [Ján Merganič, Vladimír Šebeň, Katarína Merganičová]	207
4.4. Hodnotenie štruktúry lesných ekosystémov pomocou kvantifikácie tieňov na leteckých snímkach [Ivan Barka, František Máliš]	219
4.5. Floristická charakteristika jednotiek lesníckej typológie Slovenska na príklade slt <i>Abieto-Fagetum</i> vyšší stupeň [František Máliš, Karol Ujházy]	229
Súhrn	237
Summary	243
Zoznam autorov	249
Zoznam autorov fotografií	250

Diverzita a vybrané indikátory stavu lesných ekosystémov

FRANTIŠEK MÁLIŠ • JÁN Merganič • VLADIMÍR ŠEBEŇ *et al.*



- 1** **Validácia indikátorov prírody blízkeho stavu lesných ekosystémov na základe údajov z výskumných plôch**
FRANTIŠEK MÁLIŠ, MICHAL BOŠELA, LADISLAV KULLA, JÁN Merganič
[Pôvodná vedecká práca]
- 2** **Zásoba odumretého dreva v 5. až 8. vegetačnom stupni**
JÁN Merganič, VLADIMÍR ŠEBEŇ, KATARÍNA Merganičová
[Pôvodná vedecká práca]
- 3** **Zásoba odumretého dreva v 1. až 4. vegetačnom stupni a v azonálnych spoločenstvách**
JÁN Merganič, VLADIMÍR ŠEBEŇ, KATARÍNA Merganičová
[Pôvodná vedecká práca]
- 4** **Hodnotenie štruktúry lesných ekosystémov pomocou kvantifikácie tieňov na leteckých snímkach**
IVAN BARKA, FRANTIŠEK MÁLIŠ
[Pôvodná vedecká práca]
- 5** **Floristická charakteristika jednotiek lesníckej typológie Slovenska na príklade sít *Abieto-Fagetum* vyšší stupeň**
FRANTIŠEK MÁLIŠ, KAROL Ujházy
[Pôvodná vedecká práca]



ZÁSoba ODUMRETÉHO DREVA V 5. AŽ 8. VEGETAČNOM STUPNI

JÁN MERGANIČ • VLADIMÍR ŠEBEŇ • KATARÍNA MERGANIČOVÁ

O dumreté drevo predstavuje významnú zložku lesných ekosystémov. Tvorí ho drevná hmota zo stromov, ktoré buď dosiahli fyzický vek a odumreli, resp. boli vyťažené, alebo uhynuli predčasne v dôsledku kompetičných vzťahov v poraste, fyziologického alebo mechanického poškodenia. Tiež sem patria časti stromu (napr. konáre, vrcholce), ktoré sa oddelili z ešte žijúcich stromov v dôsledku mechanického alebo gravitačného pôsobenia. Základné delenie zložiek odumretého dreva je na stojace a ležiace. Stojace mŕtve drevo predstavujú stojace sucháre vrátane ich komponentov, t. j. kmeň a konáre. Ležiace drevo sa spravidla delí na ležiacu hrubinu – kmene a konáre s hrúbkou nad limitovanú hranicu (napr. 7 cm) na tenšom konci a ležiacu tenčinu.

Mŕtve drevo má so svojou širokou paletou funkcií v lesnom ekosystéme nezastupiteľné miesto (Albrecht, 1991; Podrázský, 1999; Schmitt, 1992; Radu, 2006). Objem odumretého dreva v lese významne vplyva na celkovú biodiverzitu porastu, dokonca je aj jedným z jej indikátorov (EEA, 2007). Na druhej strane je príliš veľký objem odumretého dreva s rovnakým stupňom rozkladu pri vzniku kalamít ukazovateľom nepriaznivého stavu s rizikom premoženia škodcov najmä v ihličnatých porastoch.

Množstvo a štruktúra odumretého dreva závisí od mnohých faktorov. Klimatické vplyvy sú zahrnuté v tradične zaužívaných vegetačných stupňoch. Vegetačný stupeň (vs) predstavuje ekologickú nadstavbovú jednotku lesníckej typológie založenú na výškovom gradiente klímy a geomorfológii terénu (Zlatník, 1976). Vegetačnú stupňovitosť na Slovensku tvoria dominantné druhy drevín ako dub zimný, buk, jedľa, smrek a kosodrevina. Na Slovensku rozlišujeme osem vegetačných stupňov podľa Zlatníka (1976): 1. – dubový, 2. – bukovo-dubový, 3. – dubovo-bukový, 4. – bukový, 5. – jedľovo-bukový, 6. – smrekovo-bukovo-jedľový, 7. – smrekový, 8. – kosodrevinový. Okrem nich sa rozlišujú aj spoločenstvá azonálne, prechádzajúce cez viacero vegetačných stupňov, podmienené špecifickým hydrickým režimom.

Výskyt a zásoba odumretej drevnej hmoty drevín prirodzene závisí od drevinového zloženia porastov. Výrazne na ňu vplyva aj manažment. Výskumom tzv. strát pri výrobe dreva, čiže zužitkovateľného dreva ponechaného aj po ťažbe a približovaní v lese sa v podmienkach Slovenska zaoberali Konôpka (1975), Konôpka (1976), Mosný *et al.* (1993). Z ich výsledkov vyplýva, že pri bežnom obhospodarovaní sa ponechávalo v lese okolo 4 – 6 % dreva. Vyšší podiel sa zistil pri listnatých drevinách ako pri ihličnanoch. Všeobecne viac dreva ostávalo v lese pri ťažbe a sústreďovaní pásovými traktormi a najmenej pri stromovej technológii a lanovkovom približovaní. Nerozoberá sa množstvo po vegetačných stupňoch alebo nadmorskej výške, ale podľa regiónov sa najvyššie straty zistili pri listnáčoch zo Žilinského kraja (takmer 15 %), kým v regióne juhozápadného Slovenska či Banskobystrického kraja iba okolo 3 %. Mosný *et al.* (1993) uvádza straty pri ručných technológiách ťažby 3 – 8 %, pri technologicky ťažkých podmienkach terénu sa zvyšujú až na 5 – 13 %.

Do realizácie Národnej inventarizácie a monitoringu lesov (NIML) SR 2005 – 2006 a APVV projektu „Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska“ absentovali priemerné informácie o množstve a výskyte odumretého dreva v rôznych vegetačných stupňoch z lesov Slovenska. Dostupné informácie pochádzali najmä z trvalých výskumných plôch (TVP) založených v prírodných lesoch a pralesoch (napr. Saniga & Schütz, 2001). Poznatky z menšieho počtu výskumných plôch naznačujú, že množstvo mŕtveho dreva všeobecne pozitívne koreluje s nadmorskou výškou a prirodzenosťou ekosystému.

Prirodzenosť lesa je komplexný pojem, ktorý v sebe spája dynamiku lesa, rušivé vplyvy pôsobiace na les na rozličných úrovniach, jeho adaptáciu na meniace sa podmienky ako aj vplyv človeka (Laarman *et al.*, 2009). Prirodzenosť nie je teda určená len vyskytujúcimi sa druhmi, ale aj štruktúrou, spôsobmi fungovania lesa z ekologického hľadiska, jeho schopnosťou meniť sa, rozsahom fragmentácie a samo-regeneračnými procesmi (WWF, 2004). Z dôvodu komplexnosti je prirodzenosť často hodnotená na základe súboru indikačných druhov a mikrostanovišť, ktoré sa vyskytujú v prírodných lesoch (WWF, 2004).

Mŕtve drevo predstavuje jeden z najdôležitejších indikátorov prirodzenosti. Ak je v poraste dostatok mŕtveho dreva vo všetkých stupňoch rozkladu, potom je dosť pravdepodobné, že les je dostatočne prirodzený (WWF, 2004). Význam odumretého dreva v lesnom hospodárstve narastá aj preto, že najnovšie vedecké poznatky dokumentujú jeho dôležitosť pre biodiverzitu lesných ekosystémov (Schuck *et al.*, 2004; Müller & Schnell, 2003; Humphrey *et al.*, 2004; Ferris & Humphrey, 1999 a iní), cyklus živín (Lexer *et al.*, 2000; Harmon *et al.*, 1986), tvorbu a ochranu pôdy, ako aj pre produkciu lesných ekosystémov (Humphrey *et al.*, 2004) a prirodzenú obnovu lesa najmä v extrémnych horských a severských podmienkach (Vorčák *et al.*, 2005; Mai, 1999; Hofgaard, 1993). Viaceré štúdie z ihličnatých lesov poukázali na to, že hrubé ležiace odumreté drevo je vhodným substrátom pre klíčenie semien a odrastanie semenáčikov (Harmon *et al.*, 1986). Tento fenomén bol pozorovaný v lesoch mierneho pásma ako aj v boreálnych lesoch (Harmon & Franklin, 1989; Szewczyk & Szwagrzyk, 1991; Vorčák *et al.*, 2005), čo indikuje, že hrubé odumreté ležiace drevo hrá v dynamike týchto lesov dôležitú úlohu (Svoboda, 2007).

Za tzv. lesy horských vs považujeme lesy 5. až 8. vs: 5. jedľovo-bukový vs, 6. smrekovo-bukovo-jedľový vs, 7. smrekový vs a 8. kosodrevinový vs.

Jedľovo-bukový vs patrí medzi najzastúpenejšie na Slovensku, jeho podiel z výmery je asi 20 % všetkých lesov. Tvoria ho predovšetkým živné stanovišťa mezotrofného edaficko-trofickeho radu B. V súčasných lesoch Slovenska tu má podľa NIML SR vysoké zastúpenie smrek, nasledovaný bukom, cennými listnáčmi a jedľou.

Lesy 6. smrekovo-bukovo-jedľového vs majú rovnako významné zastúpenie v rámci Slovenska s podielom na výmere okolo 20 %. Aktuálne v nich podľa NIML SR dominuje smrek a zastúpenie buka a jedle je nižšie. Porasty dosahujú porovnateľnú produkciu drevnnej hmoty s 5. vs, aj keď táto od 4. vs celkovo mierne klesá.

V 7. smrekovom vs dominuje smrek, ktorý tvorí rovnorodé porasty, väčšinou až po samotnú hornú hranicu lesa. Jeho výmera je podstatne nižšia a tieto spoločenstvá zaberajú asi 2 % výmery lesov Slovenska. Sú však veľmi významné kvôli mimoprodukčným funkciám lesa, ich prioritnou funkciou je ochrana nižšie položených porastov, ako aj vplyv na vodný režim krajiny. Zachovalo sa tu najviac človekom málo ovplyvnených lesov a najviac prírodných rezervácií.

Kosodrevinový vs zaberá iba 1 % výmery slovenských lesov a prakticky je tvorený kosodrevinou s vtrúseným smrekom či jarabinou. V tomto vs sa nachádzajú minimálne zásoby hrubiny, čo sa prejavuje aj na objeme odumretého dreva.

Cieľom práce je na základe empirického materiálu prezentovať údaje o zásobách a relatívnych podieloch odumretého dreva pre horské lesy 5. až 8. lesného vegetačného stupňa a to

zvlášť pre lesy prirodzené a lesy zmenené. Na základe tejto kvantifikácie sa poznatky o odumretom dreve použijú do systému modelov a poznatkových báz pre hodnotenie priaznivého stavu hlavných lesných ekosystémov horských polôh Slovenska.

Empirický materiál

Údaje pre analýzu vychádzajú z dvoch veľkých databáz, t. j. databázy z projektu APVT-27-009304 (2005 – 2008) vrátane nadväzujúceho projektu APVV-0632-07 (2008 – 2010) a databázy údajov NIML SR (2005 – 2006).

Základný empirický materiál projektov APVV predstavujú údaje získané z obnovy typologických reprezentatívnych (výskumných) plôch (TRVP), ktoré boli zakladané v rámci všeobecného (1951 – 1955) a podrobného (1956 – 1977) typologického prieskumu. Obnova prebiehala v rámci riešenia projektov v rokoch 2005 – 2010 na celom území Slovenska (Vladovič *et al.*, 2008). Obnovou TRVP sa zabezpečili identické dvojice typologických zápisov a pôdnych analýz z terénneho výskumu, t. j. údaje pôvodné a údaje po obnove TRVP s časovým odstupom 30 až 50 rokov. TRVP sa zakladali na dvoch úrovniach t. j. bez (TRVP 1 úroveň) a s (TRVP 2. úroveň) podrobným dendrometrickým meraním vrátane stojaceho a ležiaceho mŕtveho dreva technológiou Field-Map (IFER 2011). TRVP 2. úroveň sa obnovili v celom spektre typologických jednotiek horských lesov 5. až 8. vs podľa ekologickej mriežky lesov Slovenska a pre účely tejto práce sa využilo 97 TRVP. Z toho ležalo 38 TRVP v 5. vs, 40 v 6. vs, 19 v 7. vs a v 8. vs nebola založená ani jedna TRVP. Dizajn podrobne meraných plôch je kruhový so štandardizovanou výmerou 1 000 m². Plochy sa lokalizovali prostredníctvom GPS, sú viditeľne stabilizované železným kolíkom a označením 3 stromov a vyhotovila sa na nich podrobná digitálna fotodokumentácia. Informačné spektrum pozostáva zo základných stanovištných, terénnych, porastových, fytoecologických a pedologických charakteristík. Z biometrických veličín stromovej etáže sa na plochách zisťovali: výška stromu, hrúbka stromu, nasadenie koruny, korunová projekcia, druh dreviny, poškodenie stromu, parametre stojaceho a ležiaceho dreva.

NIML SR bola realizovaná v rokoch 2005 – 2006 ako výberová reprezentatívna metóda s komplexným zisťovaním informácií na pravidelnej sieti trvalých inventarizačných plôch (IP) v spone 4 × 4 km na celom území SR (Šmelko *et al.*, 2006). Celkový počet IP bol 3 071 a z toho na 1 419 IP sa nachádzal les. Pre účely tejto práce sa využili prevažne údaje o stromoch, obnove lesa, poraste a stanovišti zisťované v zmysle pracovných postupov pre NIML SR (Šmelko *et al.*, 2006).

Základná inventarizačná plocha predstavovala konštantný kruh o výmere $p = 500 \text{ m}^2$ s polomerom $r = 12,62 \text{ m}$. Slúžila pre zisťovanie stanovištných, porastových a ekologických charakteristík a pre inventarizáciu mŕtveho ležiaceho dreva a pňov. V prípade silnej heterogenity IP spôsobenej napr. hranicou les/neles (mimo pôdneho lesného fondu), les/bezlesie (v rámci pôdneho lesného fondu), rozdielnym rastovým stupňom v rámci IP a podobne, sa IP rozčlenila na menšie homogénnejšie časti – subplochy (Šmelko *et al.*, 2006). Pre účely tejto práce sa použili iba plochy, ktoré neboli členené na subplochy a ich počet je 337 IP. Z toho ležalo 213 v 5. vs, 86 v 6. vs, 24 v 7. vs a 14 v 8. vs.

Celkovo predkladaná práca využíva informačné zdroje z 434 výskumných a monitorovacích plôch o súhrnnej výmere 26,55 ha.

Metodika

Do spracovania príspevku sa z dôvodu kompatibility oboch databáz dostala iba hrubina kategórií odumretého dreva, t. j. ležanina, sucháre, pne. Ležanina je strom, resp. kmeň ležiaci na zemi. Hrubina ležaniny je definovaná minimálnou hrúbkou na tenšom konci rovnou alebo väčšou

ako 7 cm (s kôrou) a dĺžkou väčšou ako 1 m. Suchár je strom resp. kmeň, ktorého výška je väčšia ako 1,3 m. Hrubinu tvoria sucháre, ktoré majú prsnú hrúbku $d_{1,3}$ rovnú alebo väčšiu ako 7 cm. Peň predstavuje časť stromu, ktorá je pozostatkom úmyselnej činnosti človeka (ťažby) alebo pôsobenia biotických či abiotických faktorov a jeho výška je menšia ako 1,3 m. Do hrubiny sa zarátali všetky pne, ktoré na hornom reze pri predpokladanej výške pňa asi 20 cm presiahli hrúbku 7,0 cm s kôrou.

Pri ležanine bola meraná jej dĺžka a hrúbka na oboch koncoch a pri suchároch bola zisťovaná ich výška a hrúbka vo výške 1,3 m. Obdobne bola pri pňoch zisťovaná ich skutočná výška a hrúbka v predpokladanej výške pňa.

Objem ležaniny bol kvantifikovaný metódou podľa Smaliana (Šmelko, 2000). Objem suchárov a živých stromov sme určili pomocou nasledovnej rovnice vychádzajúcej z prác o tvare kmeňa (Petráš, 1986, 1989, 1990). Zjednodušený integrálny zápis použitej funkcie je nasledovný:

$$v = \frac{\pi}{40\,000} \times \int_0^{hR} d(h_i, hM, d_{1,3}, \bar{a}, sp)^2 dh \quad [1]$$

kde

v – objem stromu v m^3 ,

hR – reálna (meraná) výška stromu v m,

hM – modelová výška stromu v m (odhad zo štádiovej výškovej krivky vytvorenej zo súboru nepoškodených stromov patriacich napr. k jednej skusnej ploche alebo rovnakému stanovištu pomocou Michajlovej funkcie (Michajlov, 1952) postupom uvedeným v práci Merganič *et al.* (2003),

$d_{1,3}$ – hrúbka stromu vo výške 1,3 m v cm,

d – hrúbka stromu v i -tej výške kmeňa (h_i) v cm,

a – vektor drevinovo špecifických parametrov modelu tvaru kmeňa,

sp – druh dreviny.

Objem pňov bol kvantifikovaný ako objem valca. Celková zásoba odumretého dreva predstavuje sumu objemov jednotlivých kmeňov, suchárov a pňov.

Výpočet štatistických charakteristík o zásobe a podiele odumretého dreva sa realizoval pre podsúbory stratifikované v smere dvoch veličín. Prvou veličinou bola prirodzenosť lesa, ktorá predstavuje mieru priblíženia sa súčasného stavu porastu k prirodzenému stavu zodpovedajúcemu daným stanovištným podmienkam. Kritériami pre jej posúdenie sú najmä drevinové zloženie, spôsob vzniku porastu a vnútorná výstavba porastu. Prirodzenosť lesa sa určovala expertným posúdením stavu porastu v teréne v zmysle päťstupňovej škály: (1) „Prale a prírodný les“, (2) „Prírodný les“, (3) „Prevažne prírodný les“, (4) „Zmenený les“ a (5) „Premeňený les“ (Šmelko *et al.*, 2006). Uvedené stupne prirodzenosti sa agregovali do dvoch kategórií: prírodné a prirodzené lesy (zlúčenie stupňov prirodzenosti (1) a (2)), teda lesy charakterizované priaznivým stavom neovplyvneným resp. málo ovplyvneným lesníckym hospodárením. Druhá kategória tvoria porasty zaradené do stupňov prirodzenosti (3) až (5). Druhou stratifikačnou veličinou bol vs, pričom sa rozlišovalo 8 vs a azonálne spoločenstvá. Plochy v 1. až 4. vs reprezentujú nížinné a podhorské lesy a plochy v 5. až 8. vs horské lesy.

Pri výpočte štatistických parametrov sa použila metóda „Ratio of means“ – pomer priemerov. Hektárová zásoba jednotlivých kategórií odumretého dreva stratifikovaná podľa vs (i) a agregovaných stupňov prirodzenosti (j) sa určila podľa nasledovného vzťahu:

$$\overline{Yh}_{ajj} = \frac{\sum_{k=1}^r Y_{ijk}}{\sum_{k=1}^r A_{ijk}} \quad [2]$$

kde

Y – zásoba odumretého dreva,

A – výmera skusnej plochy,

k – skusná plocha, pričom $k=1$ až r .

Podiel (W) jednotlivých kategórií odumretého dreva stratifikovaný podľa vs (i) a agregovaných stupňov prirodzenosti (j) sa určil podľa nasledovného vzťahu:

$$W_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^r Y_{ijk}}{\sum_{k=1}^r X_{ijk}} \quad [3]$$

kde

Y – zásoba odumretého dreva,

X – zásoba živých stromov.

Stredná chyba relatívnych podielov, resp. ich variabilita bola určená pomocou Jackknife procedúry (Chernick, 2007). Princíp procedúry vychádza z tvorby jackknife subvýberov o rozsahu r . Počet prvkov (skusných plôch) v jackknife subvýbere zodpovedá rozsahu $r-1$, t. j. ide o kombinácie bez opakovania $r-1$ triedy z r prvkov. Relatívny podiel kategórií odumretého dreva stratifikovaný podľa vs (i) a agregovaných stupňov prirodzenosti (j) pre l -ty jackknife subvýber sa určil podľa nasledovného vzťahu:

$$W_{ij}^{JACK_l} = \frac{\sum_{k=1}^{r-1} Y_{ijk}^{JACK_l}}{\sum_{k=1}^{r-1} X_{ijk}^{JACK_l}} \quad [4]$$

kde

l – jackknife subvýber, pričom $l = 1$ až p , $p = r$

Stredná chyba relatívneho podielu W [3] je rovná smerodajnej odchýlke relatívnych podielov jackknife subvýberov W^{JACK} a určí sa nasledovne:

$$SE_W^{JACK} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^p \left(W_{ij}^{JACK_l} - \overline{W}_{ij}^{JACK} \right)^2}{n-1}} \quad [5]$$

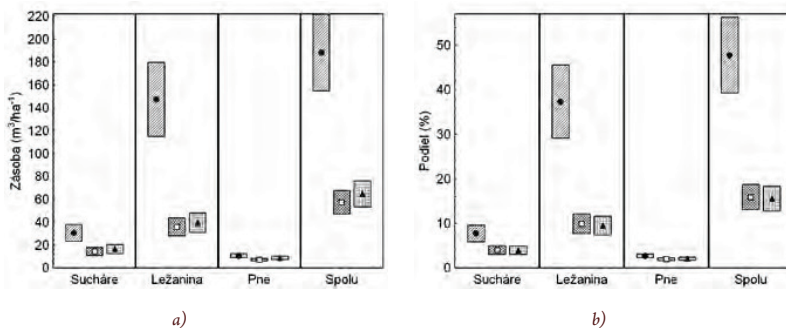
Takto kvantifikovaná variabilita je odhadom variability zisťovanej veličiny na úrovni veľkosti výberovej jednotky zodpovedajúcej sumárnej výmere príslušnej kategórie (i, j). Neodzrkad-

luje teda variabilitu na mikroúrovni, t. j. variabilitu medzi skusnými plochami o výmere 500 až 1 000 m², ale variabilitu veličiny na relatívne väčšej výmere, ktorá je bližšia k bežne zaužívaným postupom hodnotenia v lesníckej praxi (napr. 1 ha).

Zo vzťahu medzi údajmi o strednej chybe podielu, resp. variačnom koeficiente (CV) podielu kategórie odumretého dreva a sumárnej výmery (A) jednotlivých stratifikačných kategórií (i, j) sa nelineárnou regresiou odvodili modely variačného koeficienta podielu odumretého dreva pre sucháre ($CV = 12,0671842607351 \cdot A^{-1,12928863422403}$), ležaninu ($CV = 10,9788263514543 \cdot A^{-1,08083291099245}$), pne ($CV = 8,15585412616697 \cdot A^{-1,00902096043829}$) a odumreté drevo spolu ($CV = 8,87722227984631 \cdot A^{-1,11250843475844}$). Na základe vytvorených modelov boli vypočítané variačné koeficienty a z nich odvodené stredné chyby na úroveň výmery 1 ha. Porovnávanie rozdielov medzi jednotlivými kategóriami odumretého dreva ako aj stratifikačnými veličinami sleduje princípy párového t testu a ANOVY.

Výsledky

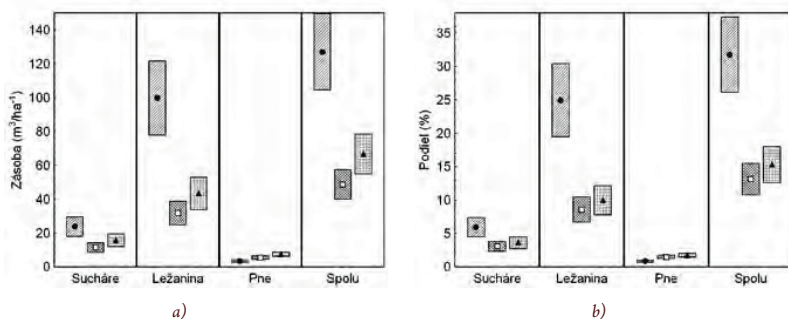
V 5. jedľovo-bukovom vs sa absolútna hektárová zásoba odumretej drevnej hmoty pohybuje v rozmedzí od 53 do 222 m³ v závislosti od stupňa prirodzenosti. Signifikantne najvyššie hodnoty boli zistené v prírodných lesoch v 1. stupni prirodzenosti (obr. 4.2.1a). Medzi prírodnými lesmi v 2. stupni prirodzenosti a zmenenými lesmi v 3. až 5. stupni sa štatisticky významný rozdiel nezistil. Podobné výsledky sa zistili aj pre celkový pomer odumretého dreva voči zásobe živých stromov, ktorý je v prípade lesov v 1. stupni prirodzenosti trojnásobne vyšší ako v prirodzených a zmenených lesoch, medzi ktorými sa ani v tomto prípade nezistil významný rozdiel (obr. 4.2.1b). Z hľadiska jednotlivých zložiek odumretého dreva dosahuje najväčší podiel vo všetkých kategóriách prirodzenosti ležiaca hrubina, ktorá predstavuje viac ako polovicu z celkovej zásoby odumretého dreva (obr. 4.2.1). Podobne ako pri sumárnych výsledkoch sa aj pri ležanine zistili signifikantne vyššie absolútne aj relatívne hodnoty v lesoch v 1. stupni prirodzenosti, ktoré sa vyznačujú aj štatisticky významne vyšším množstvom odumretého dreva v suchároch. V prípade pňov je priemerná hektárová zásoba a podiel pri porovnaní lesov v jednotlivých stupňoch prirodzenosti bez štatisticky významných diferencií. Množstvo odumretej drevnej hmoty v suchároch dosahuje asi dvojnásobné hodnoty oproti priľahlej.



Obrázok 4.2.1. Priemerná hektárová zásoba odumretého dreva (a) a pomer odumretého dreva voči zásobe živých stromov (b) podľa stupňov prirodzenosti pre spoločenstvá S. jedľovo-bukového vs

Legenda: Priemerná hodnota ● pre stupeň prirodzenosti 2, □ pre stupeň prirodzenosti 1, ▲ pre agregovaný stupeň prirodzenosti 3, 4 a 5, [] 95 % interval spoľahlivosti priemernej hodnoty

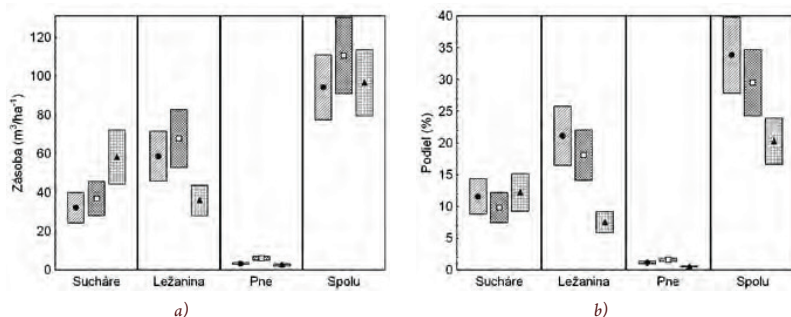
V 6. smrekovo-bukovo-jedľovom vs sme zistili podobné výsledky ako v predchádzajúcom 5. vs. Najvyššie absolútne hektárové zásoby a podiely zo živej zásoby sa zistili v lesoch zaradených do 1. stupňa prirodzenosti. Zaujímavým zistením je, že v zmenených lesoch v 3. až 5. stupni prirodzenosti sa zistili vyššie absolútne aj relatívne hodnoty ako v lesoch prirodzených zaradených do stupňa prirodzenosti 2, aj keď rozdiely medzi týmito dvoma skupinami nie sú štatisticky významné (obr. 4.2.2). Podobne ako v 5. vs predstavuje aj v 6. vs najvyšší podiel zo zásoby odumretého dreva ležanina, ktorá tvorí vo všetkých kategóriách prirodzenosti až dve tretiny zo zásoby. Obdobná situácia je v porovnaní s 5. vs je aj pri hodnotení zásoby suchárov. Signifikantne vyššie množstvo suchárov sa zistilo v prírodných lesoch v 1. stupni prirodzenosti (obr. 4.2.2). Pri pňoch, t. j. stojacich častiach stromu s výškou nižšou ako 1,3 m, je situácia opačná, keď v lesoch v 1. stupni prirodzenosti sa zistili štatisticky významne nižšie hodnoty ako v lesoch v 2. stupni a agregovanom 3. až 5. stupni, v ktorom dosahuje množstvo odumretého dreva v pňoch najvyššie hodnoty.



Obrázok 4.2.2. Priemerná hektárová zásoba odumretého dreva (a) a pomer odumretého dreva voči zásobe živých stromov (b) podľa stupňov prirodzenosti pre spoločnosť 5. jedľovo-bukového vs

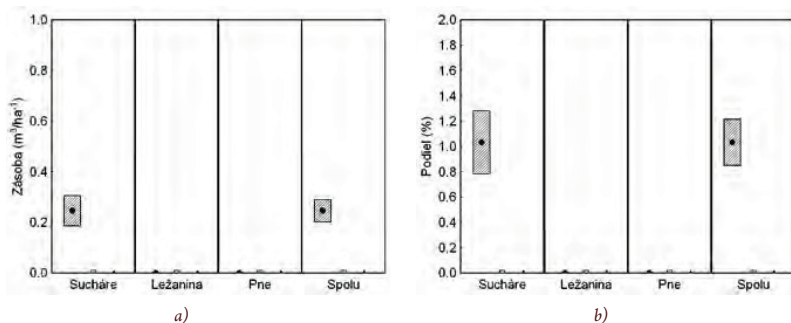
Legenda: Priemerná hodnota ● pre stupeň prirodzenosti 1, □ pre stupeň prirodzenosti 2, ▲ pre agregovaný stupeň prirodzenosti 3, 4 a 5, ▨ 95 % interval spoľahlivosti priemernej hodnoty

Nasledujúci obrázok 4.2.3 prezentuje výsledky analýzy zásob odumretého dreva v 7. smrekovom vs. Na rozdiel od dvoch predchádzajúcich vs sme v tomto vs zistili najvyššie absolútne hektárové zásoby v prírodných lesoch zaradených do stupňa prirodzenosti 2, aj keď stupeň prirodzenosti 1 a agregovaný stupeň 3 až 5 sa neodlišujú signifikantne (obr. 4.2.3a). Pri hodnotení pomeru odumretého dreva voči živej zásobe sa však najvyššia hodnota zistila v stupni prirodzenosti 1 (obr. 4.2.3b), kde podiel odumretého dreva činil v priemere 34 %. V prírodných lesoch v 2. stupni prirodzenosti sa zistil štatisticky nevýznamný nižší podiel odumretého dreva (priemerne 29 %), kým v zmenených lesoch 3. až 5. stupňa prirodzenosti sa zistilo v priemere len 20 %. Z hľadiska rozdelenia odumretého dreva na jeho jednotlivé zložky sa podobne ako v predchádzajúcich vs zistilo najmenej odumretého dreva v pňoch (obr. 4.2.3). V prírodných a prírodných lesoch v 1. a 2. stupni prirodzenosti je najviac ležaniny, kým v lesoch zmenených (stupeň prirodzenosti 3. až 5.) dominujú sucháre. Rozdiely v absolútnych zásobách suchárov medzi lesmi v 1. a 2. stupni prirodzenosti a zmenenými lesmi sú na 95 % hranici významnosti, avšak podiely zo živej zásoby sa medzi jednotlivými stupňami prirodzenosti signifikantne nelíšia.



Obrázok 4.2.3. Priemerná hektárová zásoba odumretého dreva (a) a pomer odumretého dreva voči zásobe živých stromov (b) podľa stupňov prirodzenosti pre spoločnosť 7. smrekového vs
 Legenda: Priemerná hodnota ● pre stupeň prirodzenosti 1, □ pre stupeň prirodzenosti 2, ▲ pre agregovaný stupeň prirodzenosti 3, 4 a 5, ▨ 95 % interval spoľahlivosti priemernej hodnoty.

Poslednou analyzovanou kategóriou sú lesy v pásme kosodreviny tvoriace 8. kosodrevinový vs. Z databáz APVV a NIML SR sa v nich neidentifikovali žiadne zásoby ležiace hrubiny ani pňov. Veľmi malým podielom boli v prírodných lesoch zastúpené stojace sucháre, ktorých priemerná hektárová zásoba nepresahovala $1 m^3$ na hektár, resp. ktorých podiel zo živej zásoby sa pohyboval v intervale od 0,85 do 1,22 %. V kategórii prirodzené lesy v 2. stupni prirodzenosti a zmenené lesy v 3. až 5. stupni (napr. umelé výsadby kosodreviny) sa nezistil žiadny výskyt hrubého odumretého dreva (obr. 4.2.4).



Obrázok 4.2.4. Priemerná hektárová zásoba odumretého dreva (a) a pomer odumretého dreva voči zásobe živých stromov (b) podľa stupňov prirodzenosti pre spoločnosť 8. kosodrevinového vs
 Legenda: Priemerná hodnota ● pre stupeň prirodzenosti 1, □ pre stupeň prirodzenosti 2, ▲ pre agregovaný stupeň prirodzenosti 3, 4 a 5, ▨ 95 % interval spoľahlivosti priemernej hodnoty

Diskusia

Výskumy zaoberajúce sa odumretým drevom boli prioritne orientované na prírodné lesy. Pralesy predstavujú lesné ekosystémy s najvyšším stupňom prirodzenosti. Z tohto dôvodu sa odporúča používať množstvo mŕtveho dreva zisteného v pralesoch za referenčné hodnoty, ku ktorým sa má pri hodnotení prirodzenosti lesa porovnávať stav v lesoch hospodárskych (Hahn & Christensen, 2004; Humphrey *et al.*, 2004).

V európskych pralesoch sa priemerný objem mŕtveho dreva pohybuje medzi 40 a 200 m³.ha⁻¹ (WWF, 2004). Tento alebo obdobný rozsah uvádzajú viaceré práce, napr. Albrecht (1991), Hort & Vrška (1999), Siitonen *et al.* (2000), Karjalainen *et al.* (2002), Vallauri *et al.* (2003), Christensen *et al.* (2005), Vandekerkhove *et al.* (2009). Naše výsledky z 1. stupňa prirodzenosti korešpondujú s publikovanými výstupmi, keď sme v prírodných lesoch 5. vs zistili priemerne 188 m³.ha⁻¹, v 6. vs 127 m³.ha⁻¹ a v 7. vs 94 m³.ha⁻¹. Zaujímavé však je, že hodnoty vyššie ako 40 m³.ha⁻¹ boli zistené nielen v prírodných lesoch (pralesoch) v 1. stupni prirodzenosti, ale aj v lesoch prirodzených a zmenených, pričom v 5. a 6. vs vykazujú zmenené lesy (stupeň prirodzenosti 3 až 5) dokonca vyššie množstvá odumretého dreva ako lesy prirodzené (stupeň prirodzenosti 2). Tento stav môže byť dôsledkom hospodárenia v horských lesoch, ktoré je ovplyvnené konfiguráciou terénu. Konópka (1976) zistil, že práve obtiažnosť terénu negatívne ovplyvňuje výšku strát po ťažbe, čo je podľa autora spôsobené predovšetkým ekonomickým aspektom spracovania dreva v týchto podmienkach. Naše hodnoty presahujú údaje zistené inými autormi, ktorí analyzovali odumreté drevo mimo pralesov. Napr. na základe výsledkov projektu ForestBIOTA prezentované Travaglinim *et al.* (2007) je v bukovo-jedľovo-smrekových lesoch priemerne 34 m³.ha⁻¹ odumretého dreva a v jedľovo-smrekových lesoch priemerne 43 m³.ha⁻¹. Podobnú hodnotu dosahuje aj celoslovenský priemer zistený z NIML SR (Šmelko *et al.*, 2008), podľa ktorého je na území SR priemerne 30 m³.ha⁻¹ hrubiny odumretého dreva. Podľa viacerých prác však v hospodárskych lesoch množstvo odumretého dreva zvyčajne nepresahuje ani 10 m³.ha⁻¹ (Fridman & Walheim, 2000; FAO, 2000; Christensen *et al.*, 2005). Vyššie hodnoty zistené v našom výskume indikujú, že na množstvo odumretého dreva v horských lesoch môžu výrazne vplývať hospodárske činnosti a kalamity zapríčinené abiotickými alebo biotickými činiteľmi. Podobne vysoké hodnoty odumretého dreva uvádza Šebeň *et al.* (2009) z monitoringu oblasti tatranského kalamitiska s hodnotou 111 ± 3 m³.ha⁻¹ a mierne nižšie z vetrom nepoškodeného okolia s hodnotou 80 ± 3 m³.ha⁻¹. Z týchto objemov však výraznú časť (15 – 30 %) tvorila ležiaca tenčina, ktorá v našej analýze nebola zakomponovaná.

V relatívnych hodnotách sa množstvo mŕtveho dreva v pralesoch pohybuje v širokom rozmedzí od 16 do 60 % zo živej zásoby porastu (Saniga & Schütz, 2001; Jankovský *et al.*, 2004; Merganičová *et al.*, 2004; Rouvinen *et al.*, 2005; Holeksa *et al.*, 2007, 2009). Analýzou našich údajov sme zistili priemerné hodnoty okolo 13 až 48 % vo všetkých stupňoch prirodzenosti, čo spadá do intervalu hodnôt zistených v pralesoch. Na druhej strane sú tieto relatívne hodnoty vyššie ako hodnoty zistené, resp. odporúčané pre hospodárske lesy (5 – 10 % zásoby, Möller, 1994; Jedicke, 1995; Büttler, 2003; Büttler & Schlaepfer, 2004; Vandekerkhove *et al.*, 2009). Z hľadiska hodnotenia prirodzenosti a chápania odumretého dreva ako jej indikátora by sme teda mohli predpokladať, že horské lesy Slovenska majú vysoký stupeň prirodzenosti, pretože absolútne ako aj relatívne hodnoty množstva odumretého dreva zistené v našej analýze sa pohybujú v intervaloch zistených pre pralesy.

Veľký podiel mŕtveho dreva však nemusí byť vždy symbolom stability resp. nemusí indikovať autotónny charakter porastu (Rouvinen *et al.*, 2005), najmä ak je výsledkom predčasného rozpadu ekosystému (Jankovský *et al.*, 2004). Podľa Jankovského *et al.* (2004) ani v zreklých porastoch pralesovitého charakteru neprekračuje podiel mŕtveho dreva z ich celkovej zásoby

60 až 70 %. Za optimálne množstvo v lesoch ochranných a lesoch osobitného určenia 6. a 7. vs považujú títo autori približne 30 % z celkovej zásoby, pričom 20 % predstavuje podľa nich minimálnu hodnotu. Podľa nášho názoru je však potrebné rozlišovať medzi jednotlivými zložkami odumretého dreva – a to aspoň stojacími suchármi a ostatnými zložkami. Stojace čerstvo odumreté sucháre vo väčšom podiele sú často výsledkom náhleho napadnutia náchylných porastov premoženým podkôrnym hmyzom a nie dlhodobých prírodných procesov v podobe starnutia a odumierania jednotlivých stromov. Na základe našich zistení odporúčame ako hraničnú hodnotu podielu odumretých suchárov 15 – 20 %, ak je podiel vyšší, porasty prechádzajú do nepriaznivého stavu. Príkladom sú zistenia z podkôrnikom napadnutých lesov z okolia tatranského kalamitiska z rokov 2007 a 2008 (Šebeň *et al.*, 2009), kde sa zistil podiel suchárov vzniknutých akútnym odumretím vplyvom podkôrneho hmyzu z objemu odumretého dreva spolu asi 10 – 15 % a ďalších 10 % tvorili staršie sucháre. Z celkovej zásoby živých stromov to pritom predstavovalo iba 5 – 10 %.

Záver

V predkladanej práci sme sa venovali kvantifikácii objemu a podielu odumretého dreva ako najpodstatnejšej informácie o jeho stave v súčasných lesoch Slovenska, ktoré predstavujú rôzne stupne prirodzenosti. Analyzovali sa výstupy pomer odumretého dreva voči živéj dendromase a priemerné absolútne hektárové zásoby pre horské lesy, t. j. polohy 5. – 8. vs.

Výsledky ukázali, že odumreté drevo dosahuje v 5. až 7. vs priemerne 13 – 48 % zo zásoby živých stromov. Najvyšší podiel z odumretého dreva tvorí ležiaca hrubina (8 – 20 %), ktorej množstvo zároveň aj najviac kolíše. Ukázali sa rozdiely v objeme odumretého dreva v spoločenstvách 5. a 6. vs, a to z hľadiska prirodzenosti. V týchto vs je najvyššia zásoba odumretého dreva v 1. stupni prirodzenosti pričom zásoby sú signifikantne rozdielne oproti porastom s nižším stupňom prirodzenosti. Medzi stupňami prirodzenosti 2 a 3 až 5 sme rozdiely nezistili. Vyššie hodnoty odumretého dreva v stupňoch prirodzenosti 3 až 5 môžu indikovať vysoké množstvo nespracovaného dreva v porastoch po kalamite alebo ťažbe, ako aj nezrovnalosti v stanovení prirodzenosti. Je možné, že lesy s nepriaznivou homogénnou jednoetážovou štruktúrou v štádiu optima boli v dôsledku ich aktuálneho stavu zaradené skôr medzi zmenené lesy. Prírodné, prirodzené a zmenené smrekové vysokohorské lesy 7. vs dosahujú podobné hodnoty zásob odumretého dreva. Pri hodnotení podielu odumretého dreva zolivej zásoby sa však najvyššia hodnota zistila v stupni prirodzenosti 1, kde podiel odumretého dreva činil v priemere 34 %. V poslednom 8. kosodrevinovom vs stráca odumreté drevo kvôli takmer nulovému výskytu význam ako indikátor prirodzenosti.

Výsledky poukázali, že súčasné horské lesy na Slovensku dosahujú v priemere pomerne vysoké hodnoty celkového objemu odumretého dreva v porovnaní s výsledkami ostatných európskych výskumov, dokonca aj v zmenených lesoch sa zistili vysoké hodnoty porovnateľné s pralesmi. Poukazuje to na vyššiu prirodzenosť či diverzitu našich lesov v porovnaní s okolitými štátmi, na druhej strane to môže upozorňovať na uplatňovanie málo dôrazných hospodárskych opatrení lesnej prevádzky zameraných na zužitkovanie dendromasy.

Pre hodnotenie priaznivého stavu z hľadiska odumretého dreva sa ukazuje dôležitá vyrovnanosť objemu všetkých zložiek odumretého dreva. Z toho by asi polovicu až 2/3 mala tvoriť ležanina v rôznych stupňoch rozkladu, porovnateľný objem by mali dosiahnuť stojace sucháre a pne. Pri stojácich suchároch by sa nemala prekročiť maximálna hranica objemu voči živéj biomase (asi 15 – 20 %).

Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0632-07 v rámci riešenia projektu „Výskum metód klasifikácie a štrukturálnych modelov priaznivého stavu lesných ekosystémov Slovenska – Hodnotenie stavu a vývoja lesov v krajine s podporou DPZ“ a zmluvy č. APVT-27-009304 v rámci riešenia projektu „Reakcia diverzity lesných fytoocenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska“. Ďakujeme recenzentom za cenné pripomienky.

Literatúra

- Albrecht L., 1991. Die Bedeutung des toten Holzes im Wald. Forstw. Cbl, **110**(2): 106-113.
- Bütler R., 2003. Dead wood in managed forests: how much and how much is enough? Development of a Snag Quantification Method by Remote Sensing & GIS and Snag Targets Based on Three-toed Woodpeckers' Habitat Requirements. PhD. Thesis, Lausanne EPFL 184 s. Dostupné na internete: http://biblion.epfl.ch/EPFL/theses/2003/2761/EPFL_TH2761.pdf
- Bütler R., Schlaepfer R., 2004. Dead wood in managed forests: how much is enough? Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, **155**(2): 31-37.
- EEA, 2007. European forest types. Categories and types for sustainable forest management reporting and policy. Technical report No 9, 111 p.
- FAO, 2000. Global Forest Resources Assessment 2000, Rome, Italy.
- Ferris R., Humphrey J.W., 1999. A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. Forestry-Oxford, **72**(4): 313-328.
- Fridman J., Walheim M., 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. Forest Ecology and Management, 131: 23-26.
- Hahn K., Christensen M., 2004. Dead wood in European forest reserves – A reference for forest management. In: Marchetti M. (ed.). *Monitoring and Indicators of Forest Biodiversity in Europe – From Ideas to Operationality*, p. 181-192.
- Hančinský L., 1972. Lesné typy Slovenska. Bratislava : Príroda, 307 s.
- Harmon M.E., Franklin J.F., 1989. Tree seedlings on logs in *Picea-Tsuga* forests of Oregon and Washington. Ecology, 70: 48-49.
- Harmon M.E., Franklin J. F., Swanson F. J., Sollins P., Gregory S.V., Lattin J.D., Anderson N.H., Cline S.P., Aumen N.G., Sedell J.R., Lienkaemper G.W., Cromack K., Cummins K.W., 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15: 133-302.
- Hofgaard A., 1993. Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. J. Veg. Science, 4: 601-608.
- Holeksa J., Saniga M., Szwagrzyk J., Dziedzic T., Ferenc S., Wodka M., 2007. Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Poľana biosphere reserve, Central Slovakia. Eur J Forest Res, 126: 303-313.
- Holeksa J., Saniga M., Szwagrzyk J., Czerniak M., Staszynska M., Kapusta P., 2009. A giant tree stand in the West Carpathians-An exception or a relic of formerly widespread mountain European forests? Forest Ecology and Management, 257, 1577-1585.
- Hort L., Vrška T., 1999. Podíl odumřelého dřeva v pralesovitých rezervacích ČR. In: Vrška T. (ed.). *Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech*. Sbor. ref. NP Podyjí, Vranov nad Dyjí, s. 75-86.

- Humphrey J.W., Sippola A.L., Lemperiere G., Dodelin B., Alexander K.N.A., Butler J.E., 2004. Deadwood as an indicator of biodiversity in European forests: from theory to operational guidance. *EFI-Proceedings*, (51): 193-206.
- Chernick M.R., 2007. *Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers*. Second Edition, John Wiley & Sons, INC., 396 p.
- Christensen M., Hahn K., Mountford E.P., Ódor P., Standovár T., Rozenbergar D., Diaci J., Wijdevens S., Meyer P., Winter S., Vrska T., 2005. Dead wood in European beech (*Fagus sylvatica*) forest reserves. *Forest Ecology and Management*, **210**(1–3): 267-282.
- IFER 2011: www.field-map.com
- Jankovský L., Lička D., Ježek K., 2004. Inventory of dead wood in the Kněhyně-Čertův mlýn National Nature Reserve, the Moravian-Silesian Beskids. *Journal of forest science*, **50**(4): 171-180.
- Jedicke E., 1995. Anregungen zu einer Neuauflage des Altholzinsel- Programms in Hessen. *Allgemeine Forstzeitung*, 10: 522-524.
- Karjalainen L., Kuuluvainen T., Korpilahti E., 2002. Amount and diversity of coarse woody debris within a boreal forest landscape dominated by *Pinus sylvestris* in Vienansalo wilderness, eastern Fennoscandia. *Silva Fennica*, **36**: 147-167.
- Konópka J., 1975. Rozbor strát pri výrobe dreva na Slovensku ako podklad pre spracovanie návrhu opatrení (štúdia). Zvolen : VÚLH, 54 s. + prílohy 24.
- Konópka J., 1976. Straty drevnej suroviny pri ťažbe a manipulácii. *Les*, **32**(8), s. 354-358.
- Laarmann D., Korjus H., Sims A., Stanturf J.A., Kiviste A., Köster K., 2009. Analysis of forest naturalness and tree mortality patterns in Estonia – *For. Ecol. Manage.*, 258, suppl. 1: 187-195.
- 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, p. 297-316.
- Mai W., 1999. Über Ammenstäemme im Gebirgswald. *LWF aktuell*, 18: 18-20.
- Merganič J., Vorčák J., Merganičová K., Ďurský J., Miková A., Škvarenina J., Tuček J., Mindáš J., 2003. Diversity monitoring in mountain forests of Eastern Orava. *EFRA, Tvrdosín*: 200. Dostupné na internete: http://www.forim.sk/index_soubory/Merganic_Vorcak_Merganicova_Dursky_Mikova_Skvarenina_Tucek_Mindas_2003.pdf
- Merganičová K., Merganič J., Vorčák J., 2004. Zásoba odumretého dreva v NPR Babia hora. *Beskydy*, 17: 137-142.
- Michajlov J., 1952. Mathematische Formulierung des Gesetzes für Wachstum und Zuwachs der Waldbäume und Bestände. *Schweiz. Z. Forstw.*, 103, 9/10, p. 368-380.
- Mosný V., Čižmár O., Bublinec E., Remiš J., Löffler A., 1993. Straty dreva v lesnom hospodárstve. Odber živín ťažbou zo smrekových ekosystémov. *Lesnícke štúdie č. 51*, Zvolen : LVÚ Zvolen, 183 s.
- Möller G., 1994. Alt- und Totholzlebensräume. Ökologie, Gefährdungssituation, Schutzmaßnahmen. *Beiträge Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, **28**(1): 7-15.
- Müller J., Schnell A., 2003. Was lernen wir, wenn wir nichts tun? *LWF aktuell*, 40: 8-11.
- Petráš R., 1986. Mathematical model of stem shape. *Lesnícky časopis*, **32**(3): 223-236.
- Petráš R., 1989. Mathematical model of stem shape of coniferous tree species. *Lesnictví*, **35**(10): 867-878.
- Petráš R., 1990. Mathematical model of stem shape of broadleaved tree species. *Lesnícky časopis*, **36**(3): 231-241.
- Podrázský V., 1999. Má odumrelé dřevo své místo v lese? *Lesnická práce*, **78**(10).

- Radu S., 2006. The Ecological Role of Deadwood in Natural Forests, In: Gafta D., Akeroyd J. (eds.). *Nature Conservation: Concept and Practice*, Berlin : Springer, p. 137-141.
- Rouvinen S., Rautiainen A., Kouki J., 2005. A Relation Between Historical Forest Use and Current Dead Woody Material in a Boreal Protected Old-Growth Forest in Finland. *Silva Fennica*, **39**(1): 21-36.
- Saniga M., Schütz J., 2001. Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten im pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen- und der Buchenwälder in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweiz. Z. Forstwes.*, **152**(10): 407-416.
- Schmitt M., 1992. Buchen-Totholz als Lebensraum fuer Xylobionte Käfer-Untersuchungen im Naturreservat „Waldhaus“ und zwei Vergleichsflächen im Wirtsschaftswald (Forstamt Ebrach, Steigerwald). *Waldhygiene*, 19: 97-191.
- Schuck A., Meyer P., Menke N., Lier M., Lindner M., 2004. Forest biodiversity indicator: dead wood – a proposed approach towards operationalising the MCPFE indicator. *EFI-Proceedings*, (51): 49-77.
- Sittonen J., Martikainen P., Punttila P., Rauh J., 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecol. Manage.*, **128**, 211-225.
- Svoboda M., 2007. Přehled dosavadních poznatků. In: K. Matějka (ed.). *Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management biodiversity v Krkonoších a na Šumave v roce 2006*. Praha.
- Szewczyk J., Szwagrzyk J., 1991. Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. *Vegetatio*, **122**(1): 37-46.
- Šebeň V., Kulla L., Jankovič J., 2009. Analýza výskytu, množstva a štruktúry odumretého dreva na tatranskom kalamitisku. In: Tužinský L., Gregor J. (eds). *Vplyv vetrovej kalamity na vývoj lesných porastov vo Vysokých Tatrách*. Zborník recenzovaných vedeckých prác, Zvolen : TU Zvolen, s. 75-84.
- Šmelko Š., 2000. *Dendrometria*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 399 s.
- Šmelko Š., Merganič J., Šebeň V., Raši R., Jankovič J., 2006. *Národná inventarizácia a monitoring lesov Slovenskej republiky 2005–2006. Metodika terénneho zberu údajov (Pracovné postupy – 3. doplnená verzia)*. Zvolen : NLC, 129 s.
- Šmelko Š., Šebeň V., Bošela M., Merganič J., Jankovič J., 2008. *Národná inventarizácia a monitoring lesov SR 2005–2006. Výber informácií*, Zvolen : NLC, 16 s.
- Travaglini D., Barbati A., Chirici G., Lombardi F., Marchetti M., Corona P., 2007. ForestBIOTA data on deadwood monitoring in Europe. *Plant Biosystems*, **141**(2): 222-230.
- Vallauri D., Andre J., Blondel J., 2003. Dead wood – a typical shortcoming of managed forests. *Revue Forestiere Francaise*, **55**(2), 99-112.
- Vandekerkhove K., Keersmaeker De.L., Menke N., Meyer P., Verschelde P., 2009. When nature takes over from man: Dead wood accumulation in previously managed oak and beech woodlands in North-western and Central Europe. *Forest Ecology and Management*, **258**: 425-435.
- Vladovič J., Merganič J., Máliš F., Krížová E., Ujházy K., 2008. Reakcia diverzity lesných fytoenóz na zmenu edaficko-klimatických podmienok Slovenska. *Záverečná správa projektu APVV-27-009304*, Zvolen : NLC, 292 s. + DVD.
- Vorčák J., Merganič J., Merganičová K., 2005. *Moderové drevo a regenerácia smreka*. Lesnícká práce 5.
- WWF, 2004. *Deadwood – living forests*. October 2004, WWF for nature Gland, Switzerland. Gugler Print ET Media. 19 p.

Zoznam autorov

	Kapitoly
Ing. Jozef Vladovič, PhD.	1.1, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4,
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: vladovic@nlcsk.org	3.1, 3.2, 3.3, 3.4
Mgr. Ivan Barka, PhD.	2.3, 2.4, 3.1, 3.2, 4.4
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: barka@nlcsk.org	
Ing. Ivan Lupták	1.1, 2.2, 3.1, 3.2
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: luptak@nlcsk.org	
Dr. Ing. Tomáš Bucha	2.1, 2.2., 2.4
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: bucha@nlcsk.org	
Ing. František Máliš, PhD.	4.1, 4.4, 4.5
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: malis@nlcsk.org	
Doc. Ing. Ján Merganič, PhD.	3.1, 3.4, 4.1, 4.2, 4.3
Výskum, inventarizácia a monitoring lesných ekosystémov (FORIM), Huta 14, 962 34 Železná Breznica, e-mail: j.merganic@forim.sk Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýčká 129, 165 21 Praha 6 - Suchbát, e-mail: merganic@fld.czu.cz	
Ing. Ladislav Kulla, PhD.	2.3, 3.3, 4.1
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: kulla@nlcsk.org	
Ing. Vladimír Šebeň, PhD.	4.2, 4.3
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: seben@nlcsk.org	
Dr. nat. techn. Ing. Katarína Merganičová	3.4, 4.2, 4.3
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: merganicova@vsld.tuzvo.sk	
Ing. Michal Bošela, PhD.	4.1
Národné lesnícke centrum - Lesnícky výskumný ústav Zvolen, T. G. Masaryka 22, 960 92 Zvolen, e-mail: bosela@nlcsk.org	
Doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.	4.5
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: ujhazy@vsld.tuzvo.sk	

Autori fotografií

Ing. Jozef Vladovič, PhD.

Obrázky: 2.2.4, 2.2.15, 2.2.24, 2.2.26, 2.2.28, 2.2.33,
3.1.1, 3.1.4a, 3.1.6, 3.1.7, 3.1.10, 3.1.11, 3.1.14b,
3.1.17, 3.1.18, 3.1.20b, 3.1.24, 3.2.1b, 3.2.3,
3.2.4, 3.2.6, 3.2.7, 3.2.8, 3.2.10b, 3.2.11, 3.2.16, 3.2.19
Ilustračné zábery na strane: 11, 12, 38, 39, 53, 73, 98, 99, 159, 171, 181, 182, 207, 219

Ľuboš Frič

Obrázky: 2.2.10, 2.2.12, 2.2.13, 2.2.17, 2.2.19, 2.2.20,
2.2.27, 2.2.34, 3.1.9, 3.1.15, 3.1.16, 3.1.22, 3.2.1a, 3.2.10a
Ilustračné zábery na strane: 13, 37, 97, 229

Bc. Roman Vladovič

Obrázky: 2.2.18, 2.2.22, 3.1.4b, 3.1.5, 3.1.14a, 3.1.20a, 3.2.2, 3.2.17
Ilustračné zábery na strane: 83, 133

Ing. Ivan Lupták

Obrázky: 2.2.3, 2.2.5, 3.2.20, 3.2.21

Ing. František Máliš, PhD.

Obrázky: 2.2.11, 2.2.21, 2.2.23, 3.2.5
Ilustračné zábery na strane: 183

Milan Meňuš

Obrázok: 2.2.16, 3.1.8, 3.1.23, 3.2.18
Ilustračné zábery na strane: 193

Ing. Jozef Vladovič, PhD. a kolektív

Postery na strane: 72, 82, 132, 158, 170, 192, 206, 218, 228, 235



ŠTRUKTÚRA A DIVERZITA LESNÝCH EKOSYSTÉMOV NA SLOVENSKU

.....
Autorský kolektív:

Ing. Jozef Vladovič, PhD., Mgr. Ivan Barka, PhD., Ing. Ivan Lupták,
Dr. Ing. Tomáš Bucha, Ing. František Máliš, PhD.,
doc. Ing. Ján Merganič, PhD., Ing. Ladislav Kulla, PhD.,
Ing. Vladimír Šebeň, PhD., Dr. nat. techn. Ing. Katarína Merganičová,
Ing. Michal Bošela, PhD., doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.

Editor:

Ing. Jozef Vladovič, PhD.

Grafická úprava a sadzba:

Ľubica Pilná, Ing. Marcel Dubec, Ľuboš Frič

Obálka:

Ing. Jozef Vladovič, PhD., Ľuboš Frič

Fotografie na obálke:

Ing. Jozef Vladovič, PhD.

Vydanie:

Prvé

Vydal:

Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen

Rok:

2011

Počet strán:

252 strán

Náklad:

350 kusov

ISBN 978 - 80 - 8093 - 153 - 7



ISBN 978-80-8093-153-7



Národné lesnícke centrum