

ODUMRETÉ DREVO V LESNÝCH PORASTOCH - INDIKÁTOR PRIAZNIVÉHO STAVU LESNÝCH EKOSYSTÉMOV

DEADWOOD IN FOREST STANDS – INDICATOR OF FAVOURABLE CONDITION OF FOREST ECOSYSTEMS.

JÁN MERGANIČ & KATARÍNA MERGANIČOVÁ



Citácia dokumentu:

MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K. 2008: Odumreté drevo v lesných porastoch - indikátor priaznivého stavu lesných ekosystémov. Čiastková správa riešenia projektu APVV-0632-07 "Výskum metód klasifikácie a štrukturálnych modelov priaznivého stavu lesných ekosystémov Slovenska – Hodnotenie stavu a vývoja lesov v krajine s podporou DPZ" ., FORIM, 9s.

MERGANIČ, J., MERGANIČOVÁ, K. 2008: Deadwood in forest stands – indicator of favourable condition of forest ecosystems. Partial report of the solution of the project APVV-0632-07 „Research of the classification methods and structural models of forest ecosystems favourable state – Assessment of the state and development with help of RS “., FORIM, 9p.

OBSAH

1. Úvod.....	3
2. Význam a funkcie odumretého dreva v lese	3
2.1. Vplyv odumretého dreva na produktivitu lesných porastov	3
2.2. Vplyv odumretého dreva na biodiverzitu v lesných porastov.....	4
2.3. Vplyv odumretého dreva na vývoj lesných porastov	4
2.4. Vplyv odumretého dreva na geomorfológiu lesných pôd a vodných tokov	4
2.5. Vplyv odumretého dreva na dlhodobý kolobeh živín v lesných ekosystémoch	4
3. Dynamika odumretého dreva v lese.....	5
4. Odumreté drevo ako indikátor priaznivého stavu lesa.....	5
4.1. Charakteristiky odumretého dreva v lese.....	6
5. Citovaná literatúra.....	6
6. Poďakovanie	9

1. ÚVOD

Pohľad lesníkov na odumreté-moderové drevo sa v súčasnosti mení. V minulosti sa chápal každý odumretý strom ako potencionálny zdroj nákazy pre les, napr. z dôvodu premnoženia podkôrneho hmyzu a iných „škodcov“ lesa. Prevádzkové opatrenia boli zamerané na spracovanie a speňaženie každého kusa dreva, ktorý sa v lese vyskytoval (Mössmer 1999). Dnes pri presadzovaní prírody blízkeho hospodárenia a integrovaného hospodárenia v lese význam moderového dreva v lesnom hospodárstve narastá, keďže najnovšie vedecké poznatky dokumentujú jeho dôležitosť pre biodiverzitu lesných ekosystémov (Schuck et al. 2004, Müller a Schnell 2003, Humphrey et al. 2004, Ferris a 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).

Na všetky potenciálne funkcie odumretého dreva vplýva nielen jeho výskyt v poraste, ale aj množstvo (Butler a Schlaepfer 2004) a dimenzie odumretých častí stromov a ich stupeň rozkladu (Hagan a Grove 1999). Podľa najnovších pokynov pre prevádzku zverejnených v európskych krajinách sa preto odporúča ponechať časť moderového dreva v lese, napr. Ammer (1991) odporúča ponechať vždy cca 5 – 10 m³ dreva na hektár. Möller (1994) zase tvrdí, že v porastoch by malo zostať 5% z celkovej porastovej zásoby, aby sa zabezpečil prirodzený vývoj daného lesného spoločenstva.

2. VÝZNAM A FUNKCIE ODUMRETÉHO DREVA V LESE

Ako už bolo uvedené, odumreté drevo plní niekoľko významných funkcií v lesných ekosystémoch. Vplýva najmä na

- produktivitu lesných porastov
- biodiverzitu lesných porastov
- vývoj lesných porastov
- dlhodobý kolobeh živín v lesných ekosystémoch
- geomorfológiu lesných pôd a vodných tokov.

2.1. VPLYV ODUMRETÉHO DREVA NA PRODUKTIVITU LESNÝCH PORASTOV

Existencia odumretého dreva v lesných porastoch zlepšuje ich produktivitu (Marra a Edmonds 1994, Mcminn a Crossley 1993). Tento pozitívny vplyv vyplýva z vlastností odumretého dreva:

- odumreté drevo je významnou zásobárňou a potencionálnym zdrojom živín
- priaznivo ovplyvňuje množstvo organickej hmoty v pôde
- vzťahom k organizmom rozkladajúcim odumretú hmotu ovplyvňuje kvalitu rozkladu organickej hmoty
- priaznivo ovplyvňuje pôdnu vlhkosť
- vyvára podmienky pre život symbiotických a dusík viažúcich baktérií
- priaznivo ovplyvňuje pôdne procesy (zakysľovanie a podzolizácia pôd)
- je dôležitým substrátom pre obnovu rastlinných a živočíšnych druhov

Akumulácia a rozklad organickej hmoty na pôdnom povrchu a v pôde je úzko prepojená na cyklus živín (Green et al. 1993). Ako uvádza Saniga a Schütz (2001a), nedostatok odumretej drevnej hmoty môže spôsobiť vymiznutie organizmov úzko viazaných na odumreté drevo a tak narušiť cyklus živín. Viacero autorov dokázalo význam odumretého dreva ako substrátu pre obnovu rastlinných a živočíšnych druhov. Pri štúdiu lesných ekosystémov ide prevažne o podporu prirodzenej obnovy drevín (Merganič et al. 2003, Vorčák et al. 2005), vývoj koreňovej sústavy (Lepšová 2001, Jaloviar et al. 2008) a pod. Podľa Stevens-ovej (1997) zabezpečuje dostatok

odumretého dreva výskyt rozmanitých ektomykoríznych húb v lesných pôdach, čo zlepšuje zdravotný stav lesných porastov.

2.2. VPLYV ODUMRETÉHO DREVA NA BIODIVERZITU V LESNÝCH PORASTOV

V súčasnosti je pravdepodobne najznámejším a najviac skloňovaným význam odumretého dreva pre biodiverzitu lesných porastov (Svoboda 2007). Odumreté drevo predstavuje priestor pre život mnohých živočíchov, rastlín a húb (Montes et al. 2004), najmä pre malých cicavcov, vtákov hniezdiacich v dutinách stromov, machov, saproxylické huby a bezstavovce (Humphrey et al. 2004). V škandinávskych krajinách je na odumretom dreve závislých cca 6000—7000 druhov, čo predstavuje 25% všetkých lesných druhov v tomto regióne (Stokland et al. 2003). Podobne je to aj v iných častiach sveta. Preto sa odumreté drevo považuje za hlavný faktor biodiverzity najmä vzhľadom k druhovej bohatosti ako jednej zložky biodiverzity (Schuck et al. 2004, Ferris a Humphrey 1999).

Okrem druhovej diverzity zvyšuje odumreté drevo aj štrukturálnu diverzitu, keďže jeho rozmiestnenie po poraste silne varíruje. Táto priestorová variabilita je spôsobená vlastnosťami prostredia ako je topografia alebo pôdne podmienky (Stokland et al. 2003), ale závisí aj od vývoja porastu a faktorov spôsobujúcich mortalitu (sucho, oheň, vietor, hmyz, atď.) (Humphrey et al. 2004). Výsledkom hlúčkovitej akumulácie odumretej drevnej hmoty v lese je vytváranie mozaiky najrôznejších typov biotopov, čo zvyšuje nielen druhovú diverzitu ale aj diverzitu biotopov (Svoboda 2007).

2.3. VPLYV ODUMRETÉHO DREVA NA VÝVOJ LESNÝCH PORASTOV

Viacere 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 a Franklin 1989; Szewczyk a Szwagrzyk 1991, Vorčák et al. 2005), čo indikuje, že hrubé odumreté ležiace drevo môže hrať v dynamike týchto lesov dôležitú úlohu (Svoboda 2007). Vhodnosť odumretého ležiaceho dreva pre uchytenie a rast mladých jedincov však závisí od jeho kvalitatívnych parametrov, najmä od stupňa rozkladu, s ktorým súvisia ďalšie charakteristiky (množstvo živín, vlhkosť). Napr. Merganič et al. (2003) zistili, že z celkovej 8-stupňovej škály bol najvhodnejším podkladom pre vznik a prežívanie prirodzenej obnovy 5. a vyšší stupeň rozkladu, na ktorých zaznamenali takmer 99% inventarizovanej obnovy. V ekosystémoch s bohatou synúziou podrastu je navyše obnova, ktorá vznikla na odumretom dreve, chránená pred konkurenciou s fytoocenózou.

2.4. VPLYV ODUMRETÉHO DREVA NA GEOMORFOLÓGIU LESNÝCH PÔD A VODNÝCH TOKOV

Mechanické a fyzikálne vlastnosti odumretého dreva veľkých dimenzií významne ovplyvňujú geomorfológiu lesných pôd a malých vodných tokov v lesných ekosystémoch (Stevens 1997). Na povrchu lesných pôd prispieva odumretá drevná hmota k:

- zvýšeniu stability svahov a stability pôdneho povrchu, čím zabraňuje pôdnej erózii a prispieva ku kontrole povrchového odtoku, ktorý unáša pôdne častice a organickú hmotu z pôdneho povrchu
- ovplyvneniu charakteru malých vodných tokov v lesných porastoch

Veľký význam pri stabilizácii pôdy a kontrole povrchového odtoku má odumreté drevo najmä na prudkých svahoch, predovšetkým pri umiestnení kolmo na svah.

2.5. VPLYV ODUMRETÉHO DREVA NA DLHODOBÝ KOLOBEH ŽIVÍN V LESNÝCH EKOSYSTÉMOCH

Odumreté drevo hrá centrálnu úlohu v materiálnom a energetickom toku ako aj v kolobehu živín. Hrubé odumreté drevo predstavuje zásobáreň uhlíka, dusíka, fosforu a ďalších živín, pričom niektorí autori (Turner et al. 1995, Janisch a Harmon 2001, Holub et al. 2001, Mackensen a Bauhus 2003) ho považujú za hnojivo s postupným uvoľňovaním živín. Stevens (1997) uvádza, že odumreté drevo hrubých dimenzií zásobí ekosystém živinami viac ako 100 rokov. Z tohto dôvodu predstavuje

odumreté drevo významný článok ochrany ekosystému pred stratami živín, ku ktorým môže dôjsť pri kalamitách, a teda pozitívne vplyva na stabilitu a rovnováhu ekosystému (Zimmerman et al. 1995, Wei et al. 1997, Arthur a Fahey 1990, Harmon et al. 1990).

Uvoľňovanie živín prebieha rôznymi cestami. Huby a machy rastúce na povrchu odumretého ležiaceho dreva prijímajú z neho živiny a vytvárajú tak zónu aktívneho kolobehu živín (Nadkarni a Matelson 1992). Rôzne drevo-rozkladajúce huby a mikroorganizmy (článkonožce apod.) rozkladajú komplexné organické molekuly dreva, čím sa stávajú živiny opäť dostupné pre rastliny (Stevens 1997). Všetky spôsoby uvoľňovania živín sú priamo alebo nepriamo prepojené na procesy spôsobujúce rozklad odumretého dreva (viď. dole).

3. DYNAMIKA ODUMRETÉHO DREVA V LESE

Odumreté drevo sa do systému dostáva mortalitou živých stromov, ktorá môže byť buď dôsledkom senescencie alebo môže byť spôsobená rôznymi faktormi vrátane konkurencie a exogénnych vplyvov (vietor, hmyz, oheň, huby, atď.). Charakter a dynamika vstupu odumretého dreva do ekosystému tak závisí od mnohých faktorov: od dreviny, vývojovej fázy porastu, charakteru stanovišťa (topografia, pôdne podmienky), prevládajúceho faktora spôsobujúceho mortalitu a interakcií medzi jednotlivými škodlivými činiteľmi (Svoboda 2007). Podobne ako dynamika lesných ekosystémov môže aj dynamika odumretého dreva prebiehať v dvoch cykloch cez malý alebo veľký cyklus (Korpel 1989). V prípade malého cyklu sa udržiava rovnováha, t.j. tzv. klimax, na úrovni niekoľko desiatok hektárov, Korpel (1989) hovorí o 30-60 hektároch. Na takomto území sa nachádzajú všetky vývojové fázy lesa a podiel odumretého dreva je viac-menej konštantný napriek tomu, že medzi jednotlivými vývojovými fázami silne kolíše. V prípade veľkého cyklu sa takáto rovnováha dosiahne až na úrovni krajiny (Svoboda 2007).

Okrem vstupu nového odumretého dreva do systému ovplyvňuje podiel odumretého dreva v lese aj rýchlosť jeho rozkladu. Rozklad odumretého dreva prebieha viacerými procesmi: respirácia, biologická transformácia, vyplavovanie, fragmentácia a zvetrávanie (Stevens 1997, Svoboda 2007). Organizmy žijúce v odumretom dreve dýchajú, čím transformujú uhlík viazaný v dreve na oxid uhličitý. Počas biologickej transformácie využívajú organizmy viazané na odumreté drevo pre svoje metabolické procesy organické látky nachádzajúce sa v dreve. Zrážky, ktoré prejdú cez odumreté drevo, rozpúšťajú a vyplavujú látky rozpustné vo vode. Fragmentácia odumretého dreva môže byť buď fyzikálna spôsobená pádom na pôdu alebo zamŕzaním a rozmŕzaním, čím vznikajú praskliny, alebo biologická, ku ktorej dochádza v dôsledku činnosti organizmov žijúcich v odumretom dreve. Proces zvetrávania odumretého dreva je výsledkom pôsobenia látok, ktoré sú transponované atmosférou a reagujú s povrchom odumretého dreva (Svoboda 2007).

Štúdiom a kvantifikáciou rýchlosti rozkladu sa zaoberalo viacero prác najmä v Amerike (Harmon et al. 1986) a v boreálnej časti Európy (Krankina a Harmon 1995, Næsset 1999). Zvyčajne sa rýchlosť rozkladu popisuje negatívnou exponenciálnou funkciou (Svoboda 2007). Rýchlosť rozkladu odumretého dreva závisí od viacerých faktorov:

- od dreviny, dimenzií, stupňa rozkladu a typu odumretého dreva
- príčiny odumretia stromu
- lokálnych stanovištných a klimatických podmienok
- biologickej aktivity na lokalite a v odumretom dreve (Svoboda 2007).

V závislosti od týchto faktorov môže rozklad odumretého dreva trvať rôzne dlhú dobu, napr. na základe rôznych štúdií sa hrubé smrekové odumreté drevo rozkladá 40 až 100 rokov (Hofgaard 1993, Krusys et al. 1999, Naesset 1999, Jonsson 2000).

4. ODUMRETÉ DREVO AKO INDIKÁTOR PRIAZNIVÉHO STAVU LESA

Uvedomenie si dôležitosti ekologickej funkcie odumretého dreva viedlo k jeho zaradeniu medzi indikátory biodiverzity a trvalej udržateľnosti na Európskej úrovni. Ministerská konferencia o ochrane lesov v Európe (MCPFE) zvolila odumreté drevo ako jeden z 9 Pan-európskych indikátorov trvalej udržateľnosti lesných ekosystémov. Európska environmentálna agentúra (EEA)

zaradila odumreté drevo medzi 15 hlavných indikátorov biodiverzity (Humphrey et al. 2004). V mnohých schémach indikátorov sa odumreté drevo zaraduje medzi štrukturálne indikátory. V USA sa v rámci FIA (Forest Inventory and Analysis program of the USDA Forest Service) berie odumreté drevo ako indikátor štrukturálnej diverzity lesa, uhlíkových zásob a zásob palivového dreva (Woodall a Williams 2005). Význam odumretého dreva sa potvrdil aj pri štúdiu prirodzenosti horských lesov v 7 lvs na Slovensku. Pri konštrukcii klasifikačného modelu stupňa prirodzenosti lesa bola zásoba odumretého dreva druhým najsignifikantnejším indikátorom prirodzenosti lesa (Merganič 2008). Podobne aj štúdia vzťahu komplexného ukazovateľa biodiverzity a ekonomickej hodnoty lesného porastu na podklade celoslovenských údajov z NIML SR preukázala dôležitú pozíciu zásoby odumretého dreva v tomto vzťahu (Merganič a Merganičová 2008).

4.1. CHARAKTERISTIKY ODUMRETÉHO DREVA V LESE

Aby bolo možné odvodiť správne indikátory odumretého dreva, je potrebné poznať rozhodujúce charakteristiky odumretého dreva, ktoré majú vplyv na jeho funkcie v lesnom ekosystéme. Stokland et al. (2004) vylíčil päť najdôležitejších vlastností odumretého dreva pre organizmy, ktoré sú závislé na jeho výskyte: (1) typ odumretého dreva, (2) druh dreviny, (3) stupeň rozkladu, (4) dimenzie odumretého dreva, (5) jeho rozmiestnenie v priestore. Uvedené charakteristiky majú vplyv aj na rýchlosť rozkladu odumretého dreva a tým aj na ďalšie procesy v ekosystéme, do ktorých je odumreté drevo zapojené, t.j. na kolobeh živín, ochranu pôdy, vývoj porastu.

Pod pojmom typ odumretého dreva sa rozumie rozlíšenie medzi stojacim a ležiacim drevom ako aj medzi hrubým a tenkým odumretým drevom, resp. rozlíšenie na jednotlivé časti stromu: kmeň, vetva, peň, atď. Niektoré druhy, napr. vtáky a lišajníky, sa špecifikujú len na stojace odumreté stromy, kým napr. huby a machy v prvom rade využívajú ležiace odumreté drevo (Stokland et al. 2003). Tí istí autori odporúčajú identifikovať aj druh dreviny alebo aspoň kategóriu: ihličnaté versus listnaté, keďže tieto skupiny sú využívané rôznymi druhmi. Podobnú závislosť organizmov identifikovali aj k štádiu rozkladu. Veerkamp (2003) zistil, že stupeň rozkladu je najdôležitejší faktor vplývajúci na výskyt drevokazných húb. Najdôležitejšou charakteristikou pre väčšinu druhov závislých na odumretom dreve je však podľa Stokland-a et al. (2004) hrúbka odumretého dreva. Z tohto dôvodu sa odumreté drevo často rozdeľuje do dvoch hlavných kategórií na hrubé a tenké odumreté drevo, aj keď hranica medzi nimi sa rôzni od 2.5 cm do 10 cm (Montes et al. 2004). Z pohľadu rozkladu odumretého dreva považujú Harmon a Sexton (1996) za hraničnú hrúbku 10cm. Pod touto hrúbkou rýchlosť rozkladu so znižujúcou sa hrúbkou exponenciálne rastie, kým nad touto hranicou rýchlosť rozkladu klesá len pomaly.

V súčasnosti patrí zisťovanie charakteristík odumretého dreva už medzi bežné súčasť mnohých národných inventarizácií lesa vrátane slovenskej NIML SR. Princípy a spôsoby inventarizácie odumretého dreva sa však od krajiny ku krajine značne líšia.

Z hľadiska využitia odumretého dreva ako indikátora biodiverzity, trvalej udržateľnosti či priaznivého stavu lesa je potrebné stanoviť tzv. referenčné hodnoty, ktoré zodpovedajú želanému stavu. Takýmito vhodnými referenčnými hodnotami sú hodnoty zistené z prírodných lesov (pralesov). Aj keď Hahn a Christensen (2004) zistili, že na celoeurópskej úrovni nie sú tieto údaje dostupné vo všetkých regiónoch, Slovensko patrí medzi krajiny, kde sa pralesom venovala už v druhej polovici minulého storočia veľká pozornosť a preto je možné z prác Korpeľa (napr. Korpeľ 1989), Sanigu (napr. Saniga a Schütz 2001a, 2001b) a iných (napr. Merganičová et al. 2004) stanoviť predbežné základné referenčné hodnoty pre jednotlivé lesné vegetačné stupne.

5. CITOVANÁ LITERATÚRA

Ammer, U. 1991: Konsequenzen aus den Ergebnissen der Tothholzforschung für die forstliche Praxis. Forstw. Cbl., 110: 149-157.

- Arthur, M.A., Fahey, T.J. 1990: Mass and nutrient content of decaying boles in an Engelmann spruce-subalpine fir forest, Rocky Mountain National Park, Colorado. *Can. J. For. Res.*, 20: 730–737.
- Butler, R., Schlaepfer, R., 2004: Dead wood in managed forests: how much is enough? *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen*. 155(2): 31-37
- Ferris, R., Humphrey, J.W., 1999: A review of potential biodiversity indicators for application in British forests. *Forestry-Oxford*, 72(4): 313-328
- Green, R. N., Trowbridge, R. L., Klinka, K. 1993: Towards a taxonomic classification of humus forms. *Forest Science*, 39, Monograph, 29, 49 pp.
- Hagan, J. M., Grove, S. L. 1999: Coarse woody debris. *Journal of Forestry*, January: 6-11.
- Hahn, K., Christensen, M., 2004: Dead wood in European forest reserves - a reference for forest management. *EFI-Proceedings*. (51): 181-191
- 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
- Harmon, M.E., Ferrel, W.K., Franklin, J.F. 1990: Effects on carbon storage of conversion of old-growth forests to young forests. *Science*, 247: 699–702
- Hofgaard, A. 1993: Structure and regeneration patterns in a virgin *Picea abies* forest in northern Sweden. *J. Veg. Science*, 4: 601-608.
- Holub, S.M., Lajtha, K., Spears, J.D. 2001: A reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. *Can. J. For. Res.*, 31: 1894–1902.
- 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
- Jaloviár, P., Szeghő, P., Kucbel, S., 2008: The influence of coarse woody debris decomposition degree on selected fine roots' parameters of Norway spruce natural regeneration in NNR Babia hora. – *Beskydy*, 1 (2): 135–142
- Janisch, J.E., Harmon, M.E. 2001: Successional changes in live and dead wood carbon stores: implications for net ecosystem productivity. *Tree Phys.*, 22: 77–89.
- Jonsson, B. G. 2000: Availability of coarse woody debris in a boreal old-growth *Picea abies* forest. *Journal of Vegetation Science* 11: 51-56
- Korpeľ, Š. 1989: *Pralesy Slovenska*. Veda, SAV, Bratislava, 332 pp.
- Krankina O.N., Harmon M.E. 1995: Dynamics of the dead wood carbon pool in Northwestern Russian boreal forests. *Water, Air and Soil Pollution* 82:227-238.
- Kruys, N., Fries, C., Jonsson, B. G., Lamas, T., Stahl, G. 1999: Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29: 178-186
- Lepšová A. 2001: Ectomycorrhizal system of naturally established Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] seedlings from different microhabitats – forest floor and coarse woody debris. *Silva Gabreta* 7: 223 – 234
- 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.
- Mackensen, J., Bauhus, J. 2003: Density loss and respiration rates in coarse woody debris of *Pinus radiata*, *Eucalyptus regnans* and *Eucalyptus maculata*. *Soil Biology and Biochemistry*, 35: 177–186.
- Mai, W. 1999: Über Ammenstäemme im Gebirgswald. *LWF aktuell*, 18: 18-20.

- Marra, J.L., Edmonds, R.L. 1994: Coarse woody debris and forest floor respiration in an old-growth coniferous forest on the Olympic Peninsula, Washington, USA. *Can. J. For. Res.*, 24: 1811–1817.
- McMinn, J.W., Crossley, D.A. 1993: Biodiversity and coarse woody debris in southern forests. USDA Forest Service. Report: SE-94.
- Merganič, J. 2008: Návrh a odvodenie integrovaného indikátora prirodzenosti lesa a vypracovanie klasifikačného modelu stupňa prirodzenosti lesa. Čiastková správa riešenia projektu „Výskum, klasifikácia a uplatňovanie funkcií lesov v krajine“, FORIM, 13s.
- Merganič, J., Merganičová, K. 2008: Návrh komplexnej kvantifikácie biodiverzity lesných ekosystémov v prepojení na ekonomickú hodnotu lesných pozemkov a porastov. Čiastková správa pre APVT projekt APVV-27-019805 „Hodnotenie verejnoprospešných funkcií lesných a poľnohospodárskych ekosystémov a služieb odvetví“, 18 s.
- Merganič, J., Vorčák, J., Merganičová, K., Ďurský, J., Miková, A., Škvarenina, J., Tuček, J., Mindáš, J. 2003: Monitoring diverzity horských lesov severnej Oravy. EFRA, Tvrdošín, 200 pp. <http://www.efrazv.sk/projekt.php?w=d&pr=2>
- Merganičová, K., Merganič, J., Vorčák, J., 2004: Zásoba odumretého dreva v NPR Babia hora. *Beskydy 17*: 137-142.
- Möller, G., 1994: Alt- und Totholzlebensräume. Ökologie, Gefährdungssituation, Schutzmaßnahmen. *Beiträge Forstwirtschaft und Landschaftsökologie*, 28(1): 7-15.
- Montes, F., Cañellas, I., Montero, G., 2004: Characterisation of Coarse Woody Debris in Two Scots Pine Forests in Spain. *EFI Proceedings 51*: 171-180.
- Mössmer, R., 1999: Totholz messen im Staatswald. *LWF aktuell*, 18: 7.
- Müller, J., Schnell, A., 2003: Was lernen wir, wenn wir nichts tun? *LWF aktuell*, 40: 8-11.
- Nadkarni, N.M., Matelson, T.J., 1992: Biomass and nutrient dynamics of fine litter of terrestrially rooted material in a Neotropical montane forest, Costa Rica. *Biotropica 24*: 113–120.
- Næsset, E., 1999: Relationship between relative wood density of *Picea abies* logs and simple classification systems of decayed coarse woody debris. *Scand. J. For. Res.* 14: 454-461.
- Saniga, M., Schütz, J.P., 2001a: Dynamik des Totholzes in zwei gemischten Urwäldern der Westkarpaten in pflanzengeographischen Bereich der Tannen-Buchen und Buchenwäldern in verschiedenen Entwicklungsstadien. *Schweiz. Z. Forstwesen* 152 (10): 407-416
- Saniga, M., Schütz, J.P., 2001b: Dynamic changes in dead wood share in selected beech virgin forests in Slovakia within their development cycle. *Journal of Forest Science* 47 (12): 557-565
- 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
- Stevens, V., 1997: The ecological role of coarse woody debris: an overview of the ecological importance of CWD in B.C. forests. *Res. Br., B.C. Min. For., Victoria, B.C. Work. Pap.* 30/1997.
- Stokland, J.N., Eriksen, R., Tomter, S.M., Korhonen, K., Tomppo, E., Rajaniemi, S., Söderberg, U., Toet, H., Riis, Nielsen, T., 2003: Forest biodiversity indicators in the Nordic countries. Status based on national forest inventories. *TemaNord*, Copenhagen. 108 pp.
- 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 2007.
- Szewczyk, J., Szwagrzyk, J., 1991: Tree regeneration on rotten wood and on soil in old-growth stand. *Vegetatio*, 122(1): 37-46
- Turner, D.P., Koerper, G.J., Harmon, M.E., et al. 1995. A carbon budget for forests of the conterminous United States. *Ecol. Appl.*, 5: 421–436.
- Veerkamp, M.T., 2003: The importance of large dead beech wood for fungi. *Nederlands-Bosbouw tijdschrift*. 75(5): 10-14

- Vorčák, J., Merganič, J., Merganičová, K., 2005: Moderové drevo a regenerácia smreka. Lesnícká práce 5
- Wei, X.H., Kimmins, J.P., Peel, K., et al. 1997: Mass and nutrients in woody debris in harvested and wildfire-killed lodge pole pine forests in the central interior of British Columbia. *Can. J. For. Res.*, 27: 148–155.
- Woodall, C., Williams, M.S., 2005: Sampling protocol, estimation, and analysis procedures for the down woody materials indicator of the FIA program. General-Technical-Report-North-Central-Research-Station,-USDA-Forest-Service. (NC-256): 47 pp.
- Zimmerman, J.K., Pulliam, W.M., Lodge, D.J., et al. 1995. Nitrogen immobilization by decomposing woody debris and the recover of tropical wet forest from hurricane damage. *Oikos*, 72: 314–322.

6. POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená z finančných prostriedkov projektu APVV-0632-07 “Výskum metód klasifikácie a štrukturálnych modelov priaznivého stavu lesných ekosystémov Slovenska – Hodnotenie stavu a vývoja lesov v krajine s podporou DPZ”.