

ZÁVISLOSŤ MEDZI HUSTOTOU A MEDZOU PEVNOSTI V TLAKU V SMERE VLÁKIEN NEKROTICKÉHO BUKOVÉHO DREVA

THE DEPENDENCE BETWEEN WOOD DENSITY AND COMPRESSION STRENGTH PARALLEL TO THE GRAIN OF NECROTIC BEECH WOOD

Oľga Mišíková

ABSTRACT

The article deals with properties of necrotic wood which determine its quality. The dependence between wood density and compression strength parallel to the grain in necrotic, side and opposite zones was investigated on necrotic beech wood. The positive straight linear dependence was detected in the side and the opposite zones. This dependence was not detected in the necrotic zones.

Keywords: beech wood, wood density, compression strength parallel to the grain, quality, necrosis.

ÚVOD

Dobré vlastnosti bukovej suroviny, ktorá sa využíva v mnohých oblastiach drevárskeho priemyslu, stále dokazujú potrebu pestovania buka. Niektoré oblasti lesov Slovenska majú horšiu kvalitu bukovej suroviny vplyvom rôznych ochorení buka. Aby bolo možné čo najviac zamedziť rozširovanie takýchto ochorení, je potrebné, aby sme mali o nich čo najviac informácií. To znamená skúmať ich príčiny, priebeh a dôsledky, pretože vývojom ochorenia sa mení štruktúra a tým aj vlastnosti drevnej suroviny.

Jedným z častých ochorení buka sú nekrózy, ktorých intenzita v poslednom období neustále narastá, čo potvrdzujú aj výsledky autorov LEONTOVYČ *et al.* (1999). Nekrotické ochorenie je problematika známa už niekoľko desiatok rokov. Touto problematikou sa z viacerých aspektov zaoberajú domáci (SUROVEC 1993, KUNCA 2002, CICÁK a MIHÁL 2005, LEONTOVYČ *et al.* 2006), ale aj zahraniční autori (THOMAS *et al.* 2006, RAMIREZ *et al.* 2007, GARNAS *et al.* 2007).

Aby sme mohli takúto bukovú surovinu čo najefektívnejšie spracovať, je nutné sledovať jej fyzikálne a mechanické vlastnosti, ktoré sú ukazovateľom jej kvality. Doteraz boli z vlastností nekrotického dreva zisťovaná axiálna priepustnosť (MIŠÍKOVÁ a HUDEC 2004) a čelná tvrdosť (MIŠÍKOVÁ 2006), ale taktiež boli sledované zmeny v štruktúre nekrotického bukového dreva (MIŠÍKOVÁ 2002 a 2008).

Táto práca bola zameraná na zisťovanie závislosti medzi hustotou a medzou pevnosti v tlaku v smere vlákien v nekrotickom bukovom dreve.

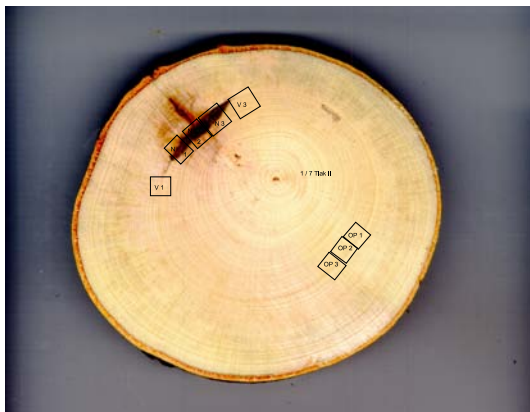
MATERIÁL A METODIKA

Ako materiál bol vybratý bukový kmeň, na ktorom sa vyskytovalo 38 nekrotických rán (NR). Dostatočný počet NR zaručil možnosť spracovať výsledky štatistickými metódami. Výberom jedného stromu boli eliminované ďalšie faktory napr. vek stromu, imunita a možnosť vplyvu ďalšieho pôsobenia škodlivých činiteľov. Každá nekrotická rana bola rozpílená v jej

stredovej časti pričným rezom kmeňa. Podľa tvaru NR na pričnom reze bol určený počet skúšobných telies z jednotlivých zón podľa nasledovnej schémy (Obr. 1).

Všetky skúšobné telesá pre stanovenie hustoty boli následne použité pre stanovenie medze pevnosti v tlaku v smere vlákien.

Pri meraní hustoty dreva sme postupovali podľa STN 49 01 08 Drevo. Zisťovanie hustoty. Rozmery skúšobných telies neboli normalizované, ale boli upravené na rozmer $8 \times 8 \times 15$ mm ($r \times t \times l$) pre TIRA TEST 2150.



Obr. 1 Schéma výberu skúšobných telies (N – nekrotická zóna, V – vedľajšia zóna a OP – opozitná zóna)

Fig. 1 The scheme of specimens selection (N – necrotic zone, V – side zone, OP – opposite zone)

Počet skúšobných telies bol podmienený tvarom nekrotickej rany na pričnom reze a to tak, aby z každej nekrotickej rany bol vybraný maximálny počet telies. Skúšobné telesá boli označené ako nekrotické (N) a nachádzali sa v nekrotickej zóne, telesá označené ako vedľajšie (V) sa nachádzali vo vedľajšej zóne nekrotickej rany, kde už nebola tmavosfarbená zóna nekrózy a boli umiestnené z obidvoch strán nekrotickej rany. Telesá označené ako opozitné (OP) sa nachádzali na protiaľhlej strane nekrotickej rany.

Skúšobné telesá boli klimatizované na vlhkosť 12 %. Hustota sa vypočítala podľa vzťahu:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w} \quad (1)$$

ρ_w – hustota dreva pri vlhkosti $w = 12$ % ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

m_w – hmotnosť telesa pri danej vlhkosti (kg),

V_w – objem skúšobného telesa pri danej vlhkosti (m^3).

Pri meraní pevnosti dreva v tlaku rovnobežne s vláknami sme postupovali podľa STN 49 01 10 Drevo. Medza pevnosti v tlaku v smere vlákien.

Výpočet medze pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien bol :

$$\sigma_{tl,w} = \frac{F_{\max}}{S} \quad (2)$$

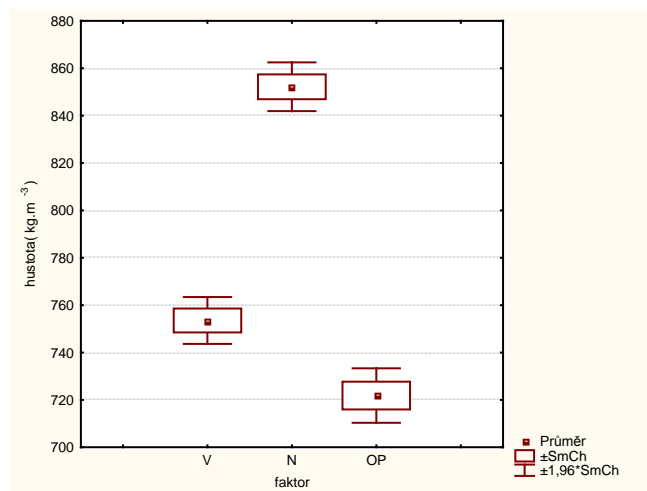
$\sigma_{tl,w}$ – medza pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien pri vlhkosti $w = 12$ % (MPa),

F_{\max} – maximálna sila v (N),

S – plocha (vypočítaná z pričných rozmerov a , b), na ktorú pôsobí sila (mm^2).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky meraní sú zobrazené v nasledujúcich grafoch a tabuľkách. Na grafe obojstranného intervalu spoľahlivosti (Obr. 2) vidíme, že pri hustotách boli štatisticky významné rozdiely medzi všetkými tromi zónami (N, V a OP).



Obr. 2 Graf obojstranného intervalu spoľahlivosti pre hustotu dreva
Fig. 2 Two sided confidence intervals of wood density

Tieto výsledky sú potvrdené aj podľa Duncanovho testu (Tab. 1), kde boli vypočítané štatisticky významné rozdiely medzi uvedenými zónami.

Základné štatistické charakteristiky pre hustotu dreva sú uvedené v tab. 2, kde najnižšia priemerná hodnota bola v (OP) zóne a najvyššia hodnota bola v (N) zóne.

Tab. 1 Duncanov test pre hustotu dreva
Tab. 1 Duncan's test of wood density

Hustota	p < 0,05	V = 753,55	N = 852,21	OP = 721,85
		{1}	{2}	{3}
	V {1}		0,00001	0,00005
	N {2}	0,00001		0,00001
	OP {3}	0,00005	0,00001	

Tab. 2 Základné štatistické charakteristiky pre hustotu dreva
Tab. 2 Basic statistical characteristics of wood density

Faktor	Priemerná hustota (kg.m ⁻³)	n	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient %
V	753,55	59	38,715	5,14
N	852,21	72	44,480	5,22
OP	721,85	70	49,065	6,80

Priemerná hustota dreva bola najvyššia v nekrotickej (N) zóne $852 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, nižšia bola vo vedľajšej (V) zóne $754 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a najnižšia bola v opozitnej (OP) zóne $722 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Tab. 2). Aby bolo možné výsledky porovnať s literatúrou, bol urobený prepočet hustoty dreva (POŽGAJ *et al.* 1997) pri 12 % vlhkosti z priemernej hustoty bukového dreva v absolútne suchom stave, ktorá je $684 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (JANOTA 1978).

$$\rho_w = \rho_0 \frac{1+w}{1+0,933 \cdot \rho_0 \cdot w} \quad (3)$$

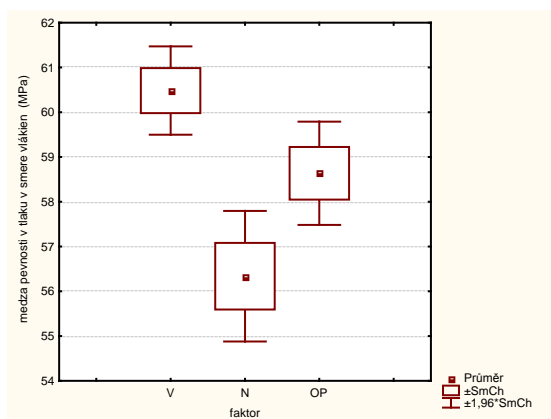
ρ_0 – hustota dreva pri 0 % vlhkosti ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

ρ_w – hustota dreva pri vlhkosti w ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

w – vlhkosť dreva ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Podľa uvedeného vzťahu (3) bola vypočítaná priemerná hustota bukového dreva $712 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ pri 12 % vlhkosti. Z uvedeného môžeme konštatovať, že nami namerané hustoty vo všetkých troch zónach dosahovali vyššie hodnoty. Vo vedľajšej a opozitnej zóne boli rozdiely oproti priemeru len do 6 % avšak v nekrotickej zóne bola vyššia hustota až o 20 %. Strom pri napadnutí hubami má pravdepodobne snahu zmobilizovať organizmus a zrejme vytvára morfológicky zmenené bunkové elementy a z tohto dôvodu bola v nekrotickej zóne nameraná najvyššia hustota.

Na grafe (Obr. 3) obojstranného intervalu spoľahlivosti pre medzu pevnosti v tlaku v smere vlákien sú znázornené rozdiely medzi všetkými tromi zónami (N, V a OP).



Obr. 3 Graf obojstranného intervalu spoľahlivosti pre medzu pevnosti v tlaku v smere vlákien
Fig. 3 Two sided confidence intervals of compression strength parallel to the grain

Tieto výsledky sú potvrdené aj podľa Duncanovho testu (Tab. 3), kde boli vypočítané štatisticky významné rozdiely medzi uvedenými zónami.

Tab. 3 Duncanov test pre pevnosť v tlaku pozdĺž vlákien

Tab. 3 Duncan's test of compression strength parallel to the grain

Tlak	$p < 0,05$	V = 60,48	N = 56,34	OP = 58,64
		{1}	{2}	{3}
V {1}			0,00002	0,04089
N {2}		0,00002		0,01094
OP {3}		0,04089	0,01094	

Základné štatistické charakteristiky pre medzu pevnosti v tlaku v smere vlákien sú uvedené v tab. 4, kde najvyššia priemerná hodnota bola v (N) zóne a najvyššia hodnota bola v (V) zóne.

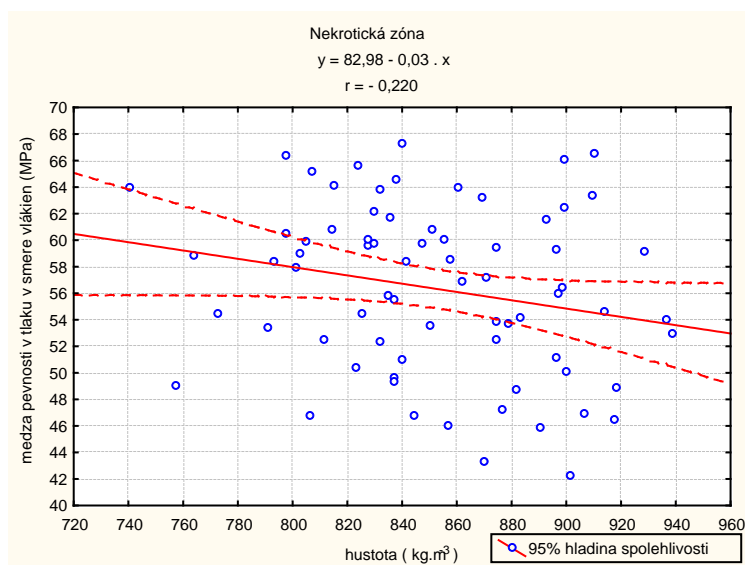
Tab. 4 Základné štatistické charakteristiky pre medzu pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien
Tab. 4 Basic statistical characteristics of compression strength parallel to the grain

Faktor	Priemerná medza pevnosti v tlaku (MPa)	n	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient
V	60,48	59	3,863	6,39
N	56,34	72	6,315	11,21
OP	58,64	70	4,924	8,40

Po vypočítaní priemerných hodnôt medze pevnosti v tlaku v smere vlákien bolo zistené, že najvyššia hodnota bola vo vedľajšej (V) zóne 60,5 MPa, nižšia bola v opozitnej (OP) zóne 58,6 MPa a najnižšia bola v nekrotickej (N) zóne 56,3 MPa (Tab. 4).

Na grafoch (Obr. 4, 5, 6 a 7) boli sledované závislosti medzi hustotou a medzou pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien v jednotlivých zónach.

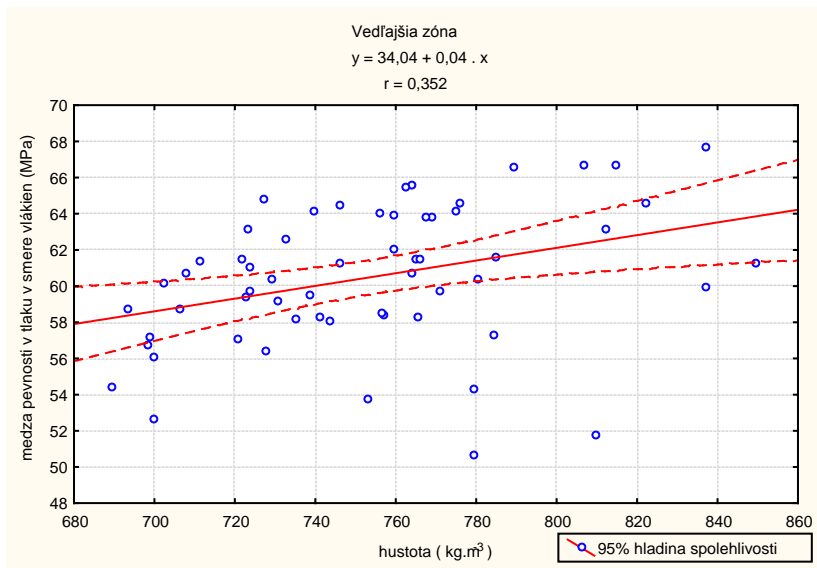
Závislosť medzi hustotou dreva a pevnosťou dreva v tlaku v smere vlákien bola sledovaná v nekrotickej (N) zóne (Obr. 4). Korelačný koeficient ($r = -0,22$) bol štatisticky nevýznamný. V tomto prípade teda neuvažujeme o závislosti medzi uvedenými veličinami.



Obr. 4 Závislosť medzi hustotou dreva a medzou pevnosti v tlaku v smere vlákien v nekrotickej (N) zóne

Obr. 4 Dependence between wood density and compression strength parallel to the grain in the necrotic (N) zone

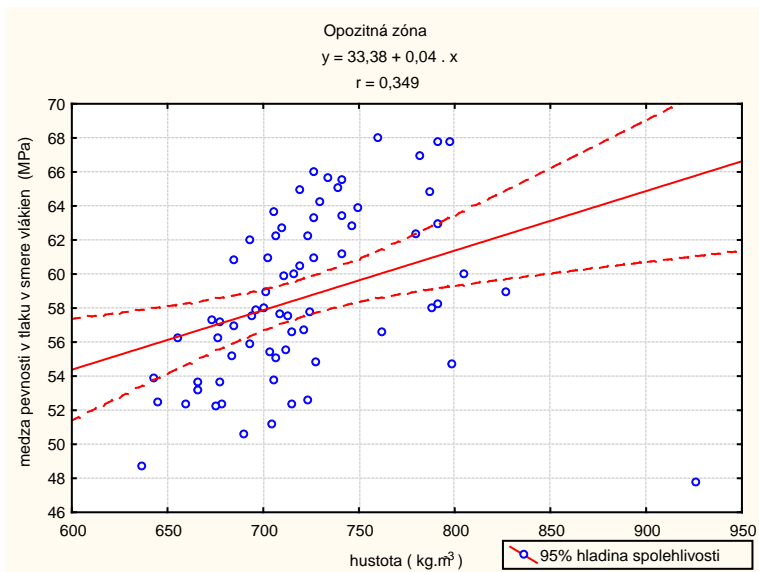
Závislosť medzi hustotou dreva a medzou pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien bola sledovaná vo vedľajšej (V) zóne (Obr. 5). Potvrdila sa priama lineárna závislosť. Korelačný koeficient ($r = 0,35$) a bol štatisticky významný. Závislosť medzi uvedenými veličinami existuje.



Obr. 5 Závislosť medzi hustotou dreva a medzou pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien vo vedľajšej (V) zóne nekrotickej rany.

Obr. 5 Dependence between wood density and compression strength parallel to the grain in the side (V) zone

Závislosť medzi hustotou dreva a medzou pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien bola sledovaná v opozitnej (OP) zóne (Obr. 6). Potvrdila sa priama lineárna závislosť. Korelačný koeficient ($r = 0,35$) bol štatisticky významný. Závislosť medzi uvedenými veličinami existuje.



Obr. 6 Závislosť medzi hustotou dreva a medzou pevnosti dreva v tlaku v smere vlákien v opozitnej (OP) zóne nekrotickej rany

Obr. 6 Dependence between wood density and compression strength parallel to the grain in the opposite (OP) zone

V nekrotickej (N) zóne neuvažujeme o vzájomnej závislosti medzi uvedenými veličinami. Pravdepodobne je to spôsobené zmenenou orientáciou vlákien v závitovkovej zóne a tvorbou kalusu v nekrotickej zóne.

Vo vedľajšej (V) zóne sa potvrdila priama lineárna závislosť, čo znamená, že nekrotická rana v blízkosti vedľajšej zóny má vplyv na závislosť uvedených veličín.

V opozitnej (OP) zóne sa potvrdila priama lineárna závislosť, čo znamená že nekrotická rana v opozitnej zóne má vplyv na závislosť uvedených veličín.

Priemernú hodnotu medze pevnosti v tlaku v smere vlákien pre bukové drevo 57,2 MPa udáva KURJATKO *et al.* (1978). Pri porovnaní našich meraní s uvedenou priemernou hodnotou bol rozdiel vo vedľajšej (V) zóne vyšší o 6 %, v opozitnej (OP) zóne vyšší o 3 % a v nekrotickej (N) zóne bol rozdiel nižší o 2 % a hodnota korelačného koeficientu pre závislosť hustoty a tlakovej pevnosti bukového dreva v smere vlákien bola 0,349.

Hodnota nami zistených korelačných koeficientov bola vo vedľajšej (V) zóne 0,352 a v opozitnej (OP) zóne 0,349. Naproti tomu v nekrotickej (N) zóne mal korelačný koeficient zápornú hodnotu. Aj keď sme pôvodne predpokladali, že pri vyššej hustote budú namerané vyššie hodnoty medze pevnosti v tlaku, naše predpoklady sa nepotvrdili. K podobným záverom dospel aj KURJATKO *et al.* (1978). Z uvedeného vyplýva, že pevnosť dreva v tlaku nie je jednoznačne ovplyvňovaná len hustotou dreva, ale že pri tejto závislosti sú dôležité ešte ďalšie faktory (hrúbka, množstvo, kvalita vlákien a mnohé ďalšie).

Výsledky sú zaujímavé tým, že bolo pôvodne predpokladané, že v mieste nekrózy budú hodnoty vybraných vlastností (hustoty a medze pevnosti v tlaku v smere vlákien) nižšie ako pri zdravom bukovom dreve, avšak toto sa potvrdilo len v prípade pevnosti v tlaku. A naopak najvyššie hodnoty boli predpokladané v opozitnej zóne, kde je najmenší vplyv nekrotickej rany. Vo vedľajšej zóne sme predpokladali stredné hodnoty medzi nekrotickou (N) a opozitnou (OP) zónou. Ako je vidieť z tabuliek (Tab. 2 a 4), v opozitnej zóne nebola dosiahnutá maximálna hodnota ani pri jednej z uvedených vlastností.

Vybrané vlastnosti sú ovplyvnené zmenou v štruktúre nekrotického dreva a to najmä závitovkovou zónou, ktorá podstatne vplyva na merané hodnoty (MIŠÍKOVÁ 2002, 2006, 2008 MIŠÍKOVÁ a HUDEC 2004). Predpokladáme, že vlastnosti dreva sú ovplyvňované viacerými faktormi, ktoré budú predmetom ďalšieho skúmania.

ZÁVER

Meraním vlastností nekrotického bukového dreva bolo zistené, že:

- Najvyššia hodnota **hustoty dreva (ρ_{12})** bola zistená v nekrotickej (N) zóne, nižšia vo vedľajšej (V) zóne a najnižšia v opozitnej (OP) zóne.
- Pri stanovení **medze pevnosti v tlaku v smere vlákien ($\sigma_{tl \parallel}$)** bola najvyššia hodnota zistená vo vedľajšej (V) zóne, nižšia v opozitnej (OP) a najnižšia v nekrotickej (N) zóne.
- Priama lineárna závislosť medzi hustotou dreva a tlakovou pevnosťou dreva pozdĺž vlákien sa potvrdila vo vedľajšej (V) zóne ($r = 0,352$) a v opozitnej (OP) zóne ($r = 0,349$).
- Priama lineárna závislosť medzi hustotou dreva a tlakovou pevnosťou dreva pozdĺž vlákien sa v nekrotickej zóne (N) ($r = -0,220$) nepotvrdila.

LITERATÚRA

- CICÁK, A., MIHÁL, I. 2005. Can artificial wounding of beech stems induce necroses ? *J. For. Sci.*, 51(12): 559-563.
- GARNAS, J. R., AYERS, M. P., EVANS, C., HOUSTON, D. R., TWERY, M. 2007. Spatial dispersion in agents of forest disease: North American populations of beech bark disease-associated organisms in space and time In *Natural enemies and other multi scale influences on forests insects*. BOKU, University Vienna.
- JANOTA, I., KURJATKO, S. 1978. Premenlivosť hustoty bukového dreva. *Drevársky výskum*, 23(1) : 25–40.

- KUNCA, A. 2002. Nekrotické ochorenie kôry buka na Slovensku. [Dizertačná práca.], Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- KURJATKO, S., JANOTA, I., RAJČAN, J., TOKOŠOVÁ, M. 1978. Prieskum pevnosti v tlaku bukového dreva. *Drevársky výskum*, 23(3): 129–144.
- LEONTOVYČ, R., ZÚBRIK, M., KUNCA, A. 1999. Vývoj nekrotického ochorenia kôry buka na Slovensku v rokoch 1996-1999. *Lesnícky časopis*, 45(5–6): 389–396.
- LEONTOVYČ, R., VAKULA, J., KUNCA, A., ZÚBRIK, M., VARÍNSKY, J. 2005. Hlavné problémy v ochrane lesa na Slovensku v roku 2005. In *Škodliví činitelé v lesích Česka 2005/2006*.
- MIŠÍKOVÁ, O. 2002. Necrosis of beech trees – macroscopic symptoms of necrotic wounds. In *Wood structure and properties 02*. (Eds.: Kúdela, J & Kurjatko, S.), Zvolen: Arbora Publishers, pp. 213–214. ISBN 80-967088-9-9.
- MIŠÍKOVÁ, O., HUDEC, J. 2004. Axiálna priepustnosť bukového dreva postihnutého nekrotickým ochorením. In *Interaction of wood with various forms of energy*. (Eds.: Kúdela, J. & Kurjatko, S.), Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, pp. 53–56. ISBN 80-228-1429-6.
- MIŠÍKOVÁ, O. 2006. The hardness and density of beech wood from necrotic wounds and the opposite wood. *Wood structure and properties 06*. (Eds.: Kurjatko, S., Kúdela, J. & Lagaña, R.), Zvolen: Arbora Publishers, pp. 309–311. ISBN 80-968869-4-3.
- MIŠÍKOVÁ, O. 2008. Makroskopické zmeny bukového dreva spôsobené nekrózou. In *Interaction of Wood with Various Forms of Energy 08*. (Eds.: Dubovský, J. a Kúdela, J.), Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, pp. 33–36, ISBN 978-80-228-1927-5.
- POŽGAJ, A., KURJATKO, S., CHOVANEC, D., BABIAK, M. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vyd. Bratislava: Príroda a.s., 488 pp. ISBN 80-07-00960-4.
- RAMIREZ, M., LOO, J., KRASOWSKI, M. J. 2007. Evaluation of Resistance to the Beech Scale Insect (*Cryptococcus fagisuga*) and Propagation of American Beech (*Fagus grandifolia*) by Grafting. *Silvae Genetica*, 56: 3–4.
- SUROVEC, D. 1993. Vývoj nekróz v mladých bučinách, Ochrana lesov proti škodlivým činiteľom. Zvolen: LVÚ, pp. 45–51.
- STN 49 01 08 Drevo. Zisťovanie hustoty. 1993.
- STN 49 01 10 Drevo. Medza pevnosti v tlaku v smere vlákien. 1980.
- THOMAS, S.E., HOLMES, K.A., GANGE, A.C. 2006. Fungal Endophytes of European Beech (*Fagus sylvatica*) and their Potential as Biological Control Agents of Beech Bark Disease. The School of Biological Sciences Post Graduate Symposium, Royal Holloway University of London.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0282-06" a zároveň je súčasťou projektov 1/4368/07 a 1/0347/10 ktoré sú financované Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV.

Adresa autora:

Ing. Oľga Mišíková
 Technická univerzita vo Zvolene
 Drevárska fakulta
 Katedra náuky o dreve
 T. G. Masaryka 24
 960 53 Zvolen
 misikova @vsld.tuzvo.sk