



## VPLYV SPÔSOBU VÝROBY VZORIEK PO PROCESE VYSOKOTEPLTNÉHO SUŠENIA NA VÝSLEDNÉ HODNOTY NAPÚČANIA VO VODE

Ivan Klement – Matej Kivader – Juraj Prečuch

### Abstract

*The focus of this study is aimed at influence of removing surface layers of specimens into the 2 mm deep and its comparison in swelling test with specimens made in compliance with Slovak national standards, which in this case means to remove surface layers into the 5mm deep of specimens. During the high temperature drying process surfaces of wood are these surfaces exposed to high temperature for longer time, which leads to theirs higher thermal degradation. It was confirmed, that removing of this surface layers into larger depth leads to different values in swelling. On the basis of these results we advise to preserve the surface layer on the maximal available thickness, especially in some of technologies in which the surface layer of wood is more exposed to factors, which leads to its higher thermal, mechanical or chemical degradation in comparison with inner parts of wood.*

**Key words:** *specimen dimensions, surface layer, high temperature drying, crowding, national standards*

### ÚVOD

Normy patria bezpochyby medzi dôležité prvky vedy i praxe, umožňujúce okrem iného aj vzájomnú porovnateľnosť výsledkov skúšok, čo je dosiahnuté exaktným predpísaním krokov a postupov ich vykonania. V niektorých prípadoch však môže nastať situácia, kedy ich dodržanie môže viesť k chybným výsledkom. Preto by malo byť vždy posúdené, či nie je vhodnejšie modifikovať niektorý z krokov predpísaných normou, pričom je ale vždy potrebné dbať na vzájomnú porovnateľnosť takto získaných výsledkov s výsledkami „nemodifikovanej“ normy.

Jedným z krokov, ktoré obvykle stanovuje norma, je aj výroba skúšobných teliesok predpísaných rozmerov a charakteristík. Cieľom tejto práce je poukázať na rozdielne výsledky získané po vykonaní skúšky napúčania na telieskach predpísaných normou a telieskach, kde sú zohľadnené špecifické zmeny súvisiace s aplikáciou vysokoteplotného spôsobu sušenia na sušený materiál.

## TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

Vysokoteplotné sušenie je energetický výhodný spôsob sušenia dreva (KEYLWERTH, 1952; DZURENDA-DELIISKI, 2009), charakteristický použitím teplôt vyšších ako 100°C minimálne v jednej fáze sušiaceho procesu, pričom však obvykle nie sú použité teploty vyššie ako 150°C. Pri tak vysokých teplotách dochádza k určitým zmenám na mikroskopickej úrovni i v chemickej štruktúre dreva, ktoré sú významne urýchlené pôsobením vlhkosti. Dôležitú úlohu zohráva aj faktor času pôsobenia teploty a vlhkosti na sušené drevo, pričom teplota a vlhkosť majú synergický vplyv.

### Rozmerové zmeny vysokoteplotne sušeného dreva

KEYLWERTH (1952) pri sušení buka pri teplote 115°C v prehriatej pare a pri porovnávacom sušení pri teplote 65°C zistil, že zosychanie v radiálnom smere bolo pri vysokoteplotne sušenom dreve o 32% nižšie a v tangenciálnom smere o 25% nižšie ako u dreva sušeného nižšími teplotami.

BURMESTER (1973) uvádza, že pôsobením optimálnej teploty a tlaku je možné dosiahnuť zníženie rozmerových zmien až o 75%. Podľa TJEEDSMA ET AL. (1998) je možné pôsobením vysokej teploty znížiť napúčanie u buka (*Fagus sylvatica*, L.) zo 7,3 na 5,7%.

### Všeobecná charakteristika normami definovaných rozmerov teliesok

Norma pre stanovovanie napúčania (STN 49 0126), ale i normy pre stanovenie nasiakavosti a navlhavosti (STN 49 0104) definujú požadované rozmery skúšobných vzoriek 20x20x10-30 mm (š x h x l), pričom samozrejme stanovujú i ďalšie parametre, ktoré musia dané vzorky spĺňať.

### Význam zachovania vrchnej vrstvy dreva

V určitej fáze vysokoteplotného sušiaceho procesu sa v dreve nachádza oblasť, v ktorej je vlhkosť vyššia ako BNV (symetricky rozložená od stredu) a oblasť, kde je už len viazaná voda (povrchové vrstvy). Toto rozdelenie súvisí s procesom prenosu kvapalnej vody od stredových vrstiev dreva k jeho povrchu, kde sa odparuje. Ak je vlhkosť v stredových vrstvách príliš nízka na to, aby bola zabezpečená kontinuita toku kvapalnej vody k jeho povrchu, začne sa v dreve vytvárať rozhranie medzi vyššie spomenutými oblasťami, pričom toto rozhranie v priebehu sušenia ďalej postupuje v smere k stredu dreva, až zanikne a v dreve sa následne nachádza už len viazaná voda.

Tento dej postupného klesania rozhrania trvá určitý čas. Zároveň je dané rozhranie i rozhraním medzi oblasťou, v ktorej je teplota dreva vyššia ako bod varu vody, a oblasťou, kde je teplota na bode varu vody (SHUSHENG ET AL., 1995; NIJDAM ET AL., 2000). STAMM (1956), SKAAR ET AL. (1976), HILLIS a ROZSA (1984), BORREGA a KÄRRENLAMPI (2008) uvádzajú, že degradácia vzoriek dreva v prítomnosti vlhkosti je približne 10x vyššia v porovnaní s degradáciou suchého dreva. Zároveň sa rýchlosť degradácie zvyšuje s rastúcou teplotou. Z toho vyplýva, že synergickým pôsobením vlhkosti a stále rastúcej teploty na oblasť dreva, ktorej vlhkosť je pod BNV (teda povrchové vrstvy), by malo mať vplyv na mieru degradácie tejto oblasti v porovnaní s oblasťou, kde je síce vysoká vlhkosť, ale teplota je na úrovni bodu varu vody. I v ďalšej etape sušenia, kedy je už v celom priereze vlhkosť dreva nižšia ako BNV, sa prejavuje vplyv gradientu teploty na mieru degradácie dreva.

Na základe vyššie uvedených skutočností je možné predpokladať, že odstránením vrstvy dreva za účelom dosiahnutia normou požadovaných rozmerov skúšobných teliesok, môže dôjsť k významnému rozdielu v získaných výsledkoch oproti vzorkám, u ktorých by

sme ponechali pôvodný rozmer, resp. by došlo len k malému úberu materiálu z povrchu kvôli vytvoreniu rovinnosti povrchov.

## MATERIÁL A METODIKA

### Materiál

Materiálom použitým v experimente bolo drevo dreviny buk (*Fagus Silvatica L.*). Bukové fošne hrúbky 65 mm boli rozrezané na hranoly o rozmeroch 65x75x2200 mm. Z tých bolo následne vybraných 9ks radiálnych a 9ks tangenciálnych hranolov bez chýb, ktoré boli následne rozmanipulované. Po následnom skrátaní a opracovaní mali vyrobené hranoly rozmery 50x30x700 mm. Tieto hranoly boli označené tak, aby bolo možné jednoznačne identifikovať pár vymanipulovaný z toho istého hranola. Priemerná hustota absolútne suchého dreva bola 689 kg/m<sup>3</sup>.

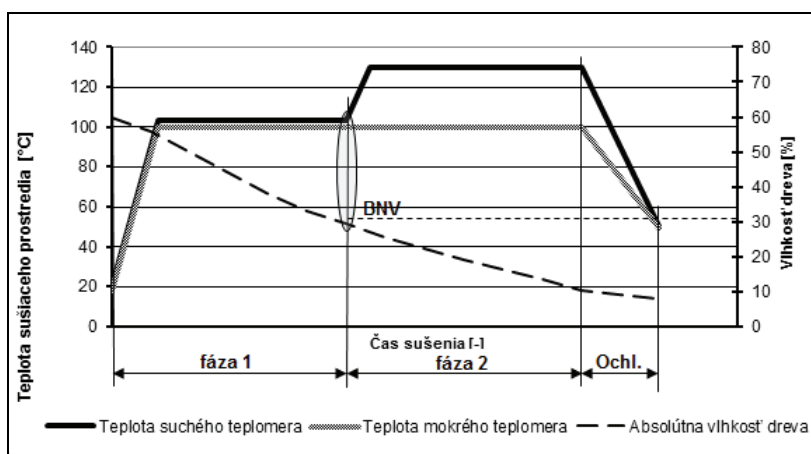
### Metóda

Vysokoteplotné sušenie bolo vykonané v laboratórnej sušiarňi v priestoroch Katedry mechanickej technológie dreva.

Sušiaci proces bol riadený na základe dvojfázového sušiaceho režimu (KÄLLANDER, 2004). Jeho parametre v jednotlivých fázach sú uvedené v tab. 1 a graficky interpretované na obr. 1

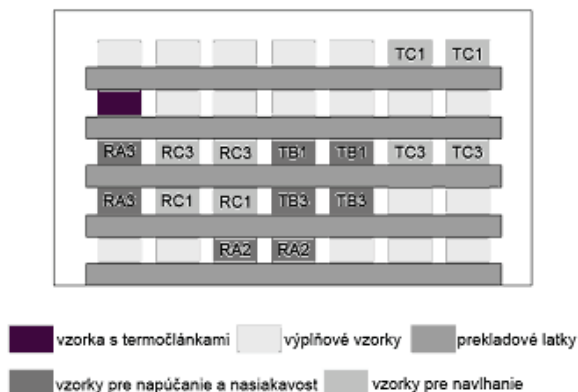
Tab. 1 Parametre dvojfázového režim sušenia použitého pri experimente

Fáza 1		Fáza 2	
Vlhkosť nad bodom nasýtenia vlákien (BNV)		Vlhkosť pod bodom nasýtenia vlákien (BNV)	
Teplota sušiacieho prostredia [°C]	Rel. vlhkosť sušiacieho prostredia [%]	Teplota sušiacieho prostredia [°C]	Rel. vlhkosť sušiacieho prostredia [%]
103	do 100°C → 87-95% nad 100°C → nemeria sa	130	nemeria sa



Obr. 1 Grafické znázornenie dvojfázového sušiaceho režimu

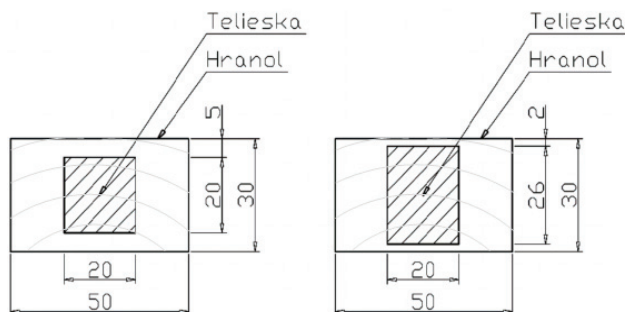
V kletke bolo umiestnených 35 vzoriek (hranolov), jedna vzorka bola umiestnená mimo kletky a slúžila na kontinuálne zisťovanie vlhkosti váhovou metódou. Rozloženie vzoriek je graficky znázornené na obr. 2.



Obr. 2 Umiestnenie vzoriek v kletke

### Výroba skúšobných teliesok

Jeden hranol z páru bol použitý na výrobu skupiny teliesok normovaných rozmerov (20x20x30 mm), druhý z páru bol použitý na výrobu skupiny nenormovaných teliesok (20x26x30). Pri prvom type teda došlo k odstráneniu 5 mm vrstvy dreva z každého povrchu, pri druhom type k odstráneniu 2 mm vrstvy dreva (v praxi je snaha o čo najvyššie využitie dreva, teda odstránenie 2 mm vrstvy dreva z každej plochy s cieľom zrovnania povrchu sa nám javí ako zodpovedajúce a simulujúce jeho praktické opracovanie). Na obr.3 sú graficky znázornené rozdiely v rozmeroch skúšobných teliesok oboch skupín.



Obr. 3 Telieska zodpovedajúce normám (vľavo) a špeciálne telieska (vpravo)

### Prevedenie skúšky napúčania

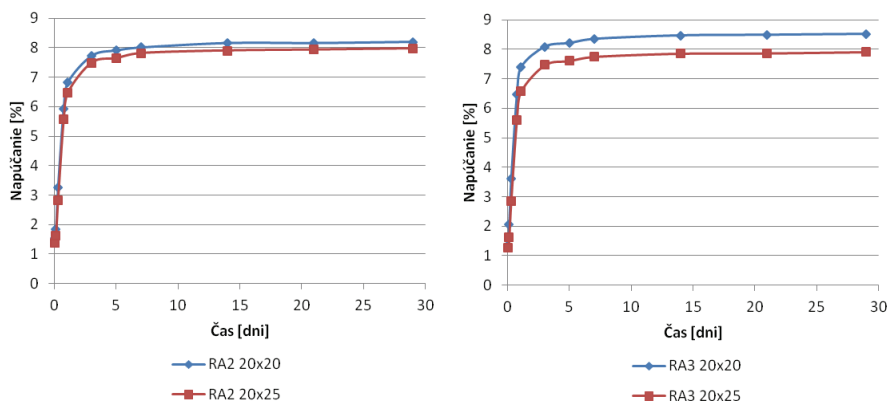
Skúška bola vykonaná podľa príslušnej normy (napúčanie STN 49 0126) samozrejme s výnimkou rozmerov „nenormovaných“ teliesok.

Napúčanie bolo zisťované na rovnakých telieskach, ktoré boli umiestnené v nádrži s destilovanou vodou a v intervaloch 1, 2, 4 a 8 hodín a 1, 3, 5, 7, 14, 21 a 28 dňoch bola daná vlastnosť sledovaná. Destilovaná voda bola každé 4 dni vymenená z dôvodu jej mikrobiálnej aktivity.

## VÝSLEDKY

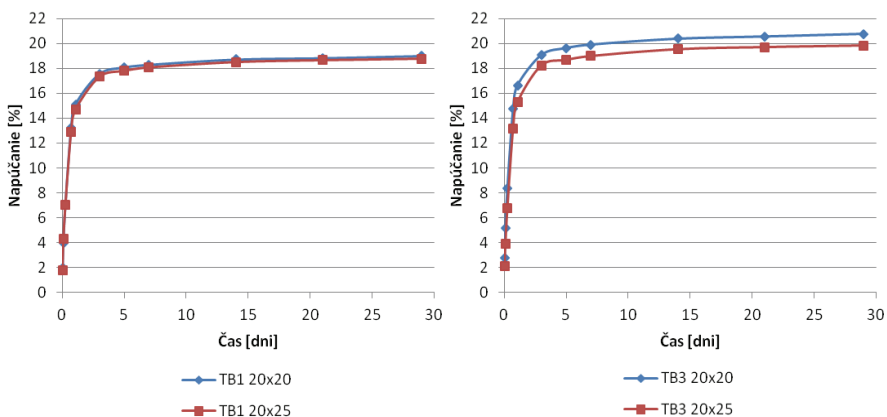
Sušiaci proces i následná výroba teliesok a ich skúšanie prebiehali podľa navrhutej metodiky.

Grafické znázornenie procesu napučania **radiálnych** vzoriek je na obr.4. Výsledná hodnota napučania bola 8 – 8,5%. Ako je možné vidieť, telieska upravené na normovaný rozmer napučali viac ako nenormované telieska s ponechanou vrchnou vrstvou. Rozdiel v napučaní predstavoval na konci skúšky 0,23% u teliesok RA2 a 0,86% u teliesok RA3. Taktiež sa pozoruje rozdielne napučanie u normovaných teliesok v porovnaní skupín RA2 a RA3, nenormované telieska takýto rozdiel nevykazujú



Obr. 4 Priebeg napučania radiálnych teliesok

Na obr.5 je možné vidieť priebeh procesu napučania **tangenciálnych** teliesok. Výsledná hodnota napučania bola 19 – 21%. Rozdiel v celkovom napučaní u skupiny TB1 predstavoval 0,22%, u skupiny TB3 1,41%. U skupiny TB1 nebol pozorovaný rozdiel medzi normovanými a nenormovanými telieskami, avšak porovnaním so skupinou TB3 sa ukazuje, že normované i nenormované vzorky u TB1 vykázali nižšiu mieru napučania.



Obr. 5 Priebeg napučania tangenciálnych teliesok

## DISKUSIA

Potvrdil sa rozdiel v zistených hodnotách medzi normovanými a nenormovanými telieskami radiálnych aj tangenciálnych skupín teliesok. U skupiny TB1 a RA2 (obr.4, 5) je možné nižšie hodnoty napúčania normovaných teliesok (v porovnaní s napúčaním normovaných teliesok TB3 a RA3 – obr.4, 5) vysvetliť rozdielnou hĺbkou degradácie týchto teliesok, čím v jednom súbore teliesok ostáva po odstránení povrchovej vrstvy vyšší podiel degradovaného dreva ako druhej. Odstránenie povrchovej vrstvy teda nemusí vplývať len na nižšie výsledné hodnoty napúčania, ale aj na ich vyšší rozptyl. Podľa očakávania mali telieska s ponechanou povrchovou vrstvou nižšiu mieru napúčania (povrchová, termicky degradovaná vrstva napúča menej).

## ZÁVER

- Pri skúške napúčania sa potvrdil rozdiel vo výsledkoch medzi normovanými a nenormovanými telieskami.

Odporúčania pre výrobu skúšobných teliesok zo vzoriek podrobených určitým technologickým operáciám (vysokoteplotné sušenie, zhusťovanie, ...):

- ak by výroba skúšobných teliesok znamenala odstránenie väčšej časti povrchovej vrstvy, odporúča sa nedodržať normu a vyrobiť telieska nenormovaných rozmerov len s minimálnym odstránením povrchovej vrstvy
- už pri návrhu experimentu použiť materiál takej hrúbky, aby pri výrobe skúšobných teliesok nedošlo k podstatnému odstráneniu povrchovej vrstvy. To však samozrejme nie je vždy možné zabezpečiť.
- vzhľadom na rozdielnu rýchlosť priebehu fyzikálnych skúšok teliesok s odlišnými rozmermi je vhodné pri nenormovaných telieskach vyhodnocovať len výsledné hodnoty skúmanej vlastnosti a nie jej priebeh.

## LITERATÚRA

BOOREGA, M. KÄRENLAMPI, P.P. 2008. Effect of relative humidity on thermal degradation of Norway spruce (*Picea abies*) wood. In: *Journal of Wood Science*. 2008, vol. 54, n.4, p. 323-328. DOI: 10.1007/s10086-008-0953-9

BURMESTER, A. 1973. Investigation on the dimensional stabilization of wood, *Bundesanstalt für Materialprüfung*. 1973. Berlin-Dahlem, p. 50-56.

DZURENDA, L. - DELIISKI, N. S. Matematický model výpočtu technicky zdôvodniteľnej normy spotreby tepla na sušenia reziva v komorovej sušiarňi. In: *Acta facultatis xylogologiae Zvolen*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. ISSN 1336-3824, 2009, roč. 51, č. 2, s. 49-62.

HILLIS, W. E. – ROZSA, A. N. 1984. High temperature and chemical effects on wood stability. In: *Wood Science and Technology*. 1984, vol. 19, n. 2, p. 93-102, DOI: 10.1007/BF00353070

KEYLWERTH, R. 1952. Hochtemperatur-Trockenanlagen. In: *Holz als Roh- und Werkstoff*. 1952, vol. 10, n. 4, p. 134-138. DOI: 10.1007/BF02608908

KÄLLANDER, B. – BENNGTSSON, CH. 2004. High Temperature drying of Norway Spruce: effects of elevated temperature on wood properties. In: *COST E15 Conference, Athens, N.A.G.R.E.F., 22-24 April 2004*.

KÄRKI, T. – MÖTÖNEN, V. 2004. Preventing discolouration of birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*) in HT-drying. At: *COST E15 Conference, Athens, N.A.G.R.E.F., 22-24 April 2004*, p.6

NIJDAM, J. J. – LANGRISH, T. A. G. – KEEY, R. B. 2000. A high-temperature drying model for softwood timber. In: *Chemical Engineering Science*. 2000. vol. 55, p. 3585- 3598.

SHUSHENG, P. – KEEY R. B. – LANGRISH T. A. G. 1995. Modeling the temperature profiles within boards during the high-temperature drying of *Pinus radiata* timber: the influence of airflow reversals. In: *Journal Heat Mass Transfer*. 1995. vol. 38, no. 2, p. 189-205.

SKAAR, C. – GERHARDS, C. C. – McMILLEN, J. M. 1976. High-temperature drying effects on mechanical properties of soft-wood lumber. *USDA Forest Prod. Lab., Madison, Wi, USA*. p. 113-127

STAMM, A. J. 1956. Thermal Degradation of Wood and Cellulose [online]. In: *Forest Product Laboratory*. 1956. vol. 48, no. 3, p. 413-417. [cit. 2010.02.15]. Dostupné na internete: <<http://joyx.joensuu.fi/~karenlam/petri/mechan/4498Stam.pdf>>.

TJEEDSMA, B. – BOONSTRA, M – MILITZ, H. 1998. Thermal modification of non-durable wood species. Part 2. Improved wood properties of thermally treated wood. *International research group on wood protection. Conference in Maastricht, 14.6.1998*. IRG/WP 98-40124

STN 49 0126 – Skúšky vlastností dreva – metóda zisťovania napúčavosti

### **Pod'akovanie**

Autori ďakujú agentúre VEGA MŠVVŠ SR za finančnú podporu pri riešení projektu 1/0266/11, v rámci ktorého vznikol prezentovaný príspevok.

