



NAPŮČANIE SMREKOVÉHO DREVA PO VYSOKOTEPLTNOM SUŠENÍ

Ivan Klement – Michaela Matušková

Abstract

Physical and dimensional properties of wood are changing due to the applied temperature of drying and change wood moisture content. The importance of swelling may be useful in making wood finishing, gluing and veneering. After the high temperature drying of spruce wood, volumetric, tangential and radial swelling increased. The swelling was increasing with the increasing density and moisture content. An accrual of temperature from 130 °C to 150 °C caused reducing the swelling. Larger values of swelling were reached by using dried spruce sample with thickness of 32 mm.

Key words: *swelling, spruce, high-temperature drying, physical properties, temperature.*

ÚVOD

Vplyvom použitej teploty sušenia a zmene vlhkosti dreva sa menia fyzikálne a rozmerové vlastnosti dreva. Poznatky o význame napúčania sa môžu zužitkovať pri procesoch povrchovej úpravy dreva, lepení ako aj dyhovaní.

Pri napúčaní sa viazaná voda dostáva do amorfných oblastí celulóзовých fibríl, roztláča ich a následne dochádza k zväčšeniu elementov alebo dreva ako celku. Keďže so stúpajúcou hustotou a vlhkosťou vzrastá napúčanie (GRYC ET AL. 2007, POŽGAJ A KOL. 1997), korelačnou analýzou sa vyhodnotil vplyv hustoty. Suché drevo môže prijímať vodu kontaktne alebo absorpciou vodných pár z okolitého vzduchu. Tento dej je zo začiatku intenzívny, neskôr spomaľuje až do dosiahnutia vlhkosti po bod nasýtenia vlákien. Napúčanie má anizotropný charakter, najväčšie je v tangenciálnom, menšie v radiálnom a najmenšie v pozdĺžnom smere. Rozdiel tangenciálneho a radiálneho napúčania je zapríčinený prítomnosťou stržňových lúčov, ktoré napúčajú viac do šírky, čo je v tangenciálnom smere. V smrekovom dreve diferenciu hodnôt spôsobujú početné stenčiny, ktoré porušujú usporiadanie fibríl v radiálnom smere. Toto porušenie zväčšuje uhol mikrofibríl od pozdĺžnej osi bunky a tým zvyšuje hodnotu tangenciálneho napúčania (POŽGAJ A KOL. 1997).

METODIKA

Na smrekových vzorkách (*Picea abies* [L.] Karst.) rozmerov 25x120x350 mm a 32x120x350 mm sušených v horúcovzdušnej sušiarňi od firmy BINDER typ FED 240 pri teplote 130 °C a 150 °C. Navrhnutý režim sušenia sa zakladal na udržaní teploty 100 °C, pokým vlhkosť dreva neklesla pod BNV. Po poklese vlhkosti sa teplota zvýšila na požadovanú maximálnu teplotu. Po dosiahnutí požadovanej vlhkosti 8-10 % v priereze materiálu sa teplota znížila na teplotu okolitého prostredia. Vznikli štyri sušiace náplne, ktoré sme označili podľa menšej hrúbky 25 mm - A130, A150 a podľa hrúbky 32 mm – B130 a B150.

V experimente sme zisťovali podľa STN 49 0126 veľkosť objemového, tangenciálneho a radiálneho napúčania na telieskach o veľkosti 20x20x30 mm. Napúčanie v tangenciálnom a radiálnom smere β_i sme vypočítali podľa vzťahu (1) a objemové napúčanie β_V podľa vzťahu (2). Z každej sušiacej náplne sa testovalo 30 skúšobných telies.

$$\beta_i = \frac{a_{i\max} - a_{i0}}{a_{i0}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

$$\beta_V = \frac{V_{\max} - V_0}{V_0} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Závislosť hustoty na napúčanie sme zistili korelačnou analýzou a vplyv teploty a hrúbky dvojfaktorovou analýzou rozptylu.

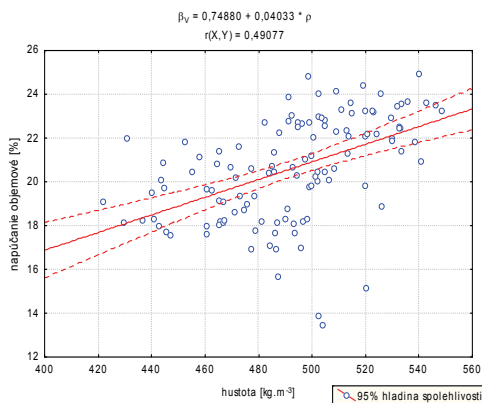
VÝSLEDKY

Objemové napúčanie

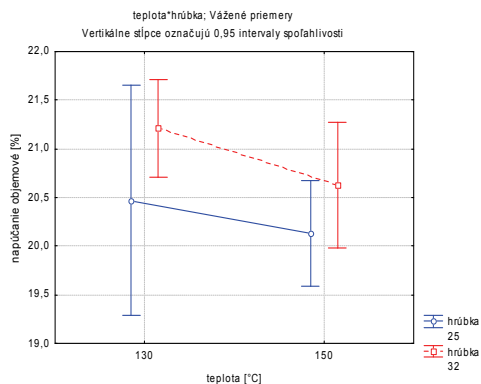
Priemerné objemové napúčanie pre všetky režimy uvedené v % spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi je v Tab. 1. Koeficient korelácie a narastajúci priebeh hustoty so zvyšujúcim sa objemovým napúčaním ukazuje Obr. 1. Dvojfaktorová analýza rozptylu a jej základné parametre sú uvedené v Tab. 2 a objemové napúčanie pri priemernej hustote 476,4 kg.m⁻³ ukazuje Obr. 2.

Tab. 1 Objemové napúčanie – základné štatistické ukazovatele

režim	priemer	smerodajná chyba	minimum	maximum	počet	smerodajná odchýlka	variačný koeficient	rozptyl
A130	21,0	0,59	19,78	22,20	30	3,23	15,41	10,46
B130	22,5	0,24	21,99	22,97	30	1,31	5,82	1,71
A150	19,0	0,23	18,54	19,47	30	1,24	6,54	1,54
B150	20,0	0,29	19,38	20,56	30	1,58	7,92	2,50



Obr. 1 Závislosť objemového napúčania od hustoty



Obr. 2 Dvojfaktorová analýza rozptylu objemové - napúčanie pri priemernej hustote

Tab. 2 Dvojfaktorová analýza rozptylu - základná tabuľka pre objemové napúčanie

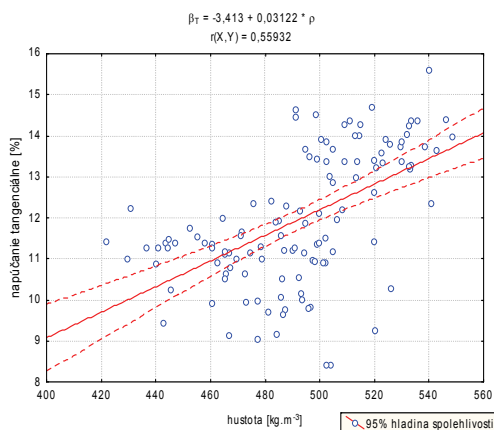
	SČ	stupne voľnosti	PČ	F	p
Abs. člen	50972,370	1	50972,370	12082,160	0,000
teplota	6,370	1	6,370	1,510	0,222
hrúbka	11,580	1	11,580	2,740	0,100
teplota*hrúbka	0,430	1	0,430	0,100	0,751
Chyba	489,380	116	4,220		

Tangenciálne napúčanie

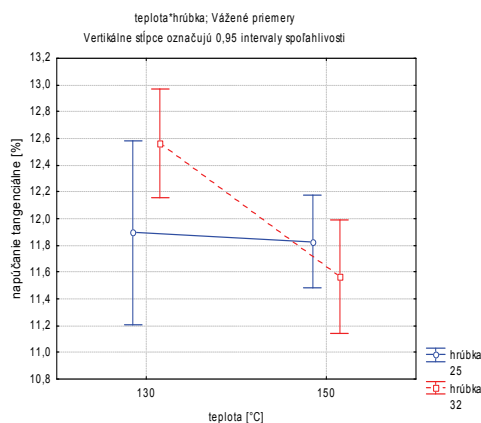
Namerané priemerné tangenciálne napúčanie v % je v Tab. 3 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Štatisticky významnú závislosť lineárne rastúcej hustoty a tangenciálneho napúčania ukazuje Obr. 3. V Tab. 4 sú uvedené základné údaje dvojfaktorovej analýzy rozptylu štatistickej závislosti faktorov. Tangenciálne napúčanie pri priemernej hustote je na Obr. 4.

Tab. 3 Tangenciálne napúčanie - základné štatistické ukazovatele

režim	priemer	smerodajná chyba	minimum	maximum	počet	smerodajná odchýlka	variálny koeficient	rozptyl
A130	12,3	0,35	11,58	13,02	30	1,93	15,67	3,71
B130	13,5	0,19	13,16	13,94	30	1,04	7,68	1,08
A150	11,0	0,15	10,66	11,26	30	0,79	7,25	0,63
B150	11,1	0,14	10,76	11,34	30	0,78	7,05	0,61



Obr. 3 Závislosť tangenciálneho napúčania od hustoty



Obr. 4 Dvojfaktorová analýza rozptylu – tangenciálne napúčanie pri priemernej hustote

Tab. 4 Dvojfaktorová analýza rozptylu - základná tabuľka tangenciálneho napúčania

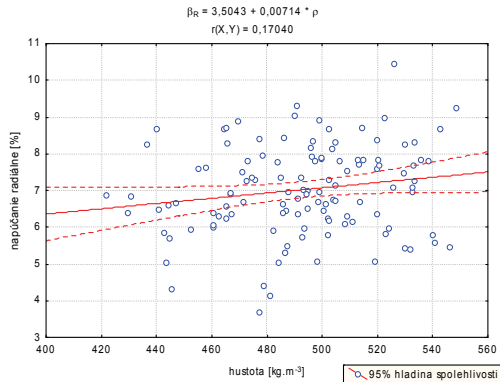
	SČ	stupne vol'nosti	PČ	F	p
Abs. člen	17175,490	1	17175,490	10174,870	0,000
teplota	8,520	1	8,520	5,050	0,027
hrúbka	1,250	1	1,250	0,740	0,392
teplota*hrúbka	6,540	1	6,540	3,870	0,051
Chyba	195,810	116	1,690		

Radiálne napúčanie

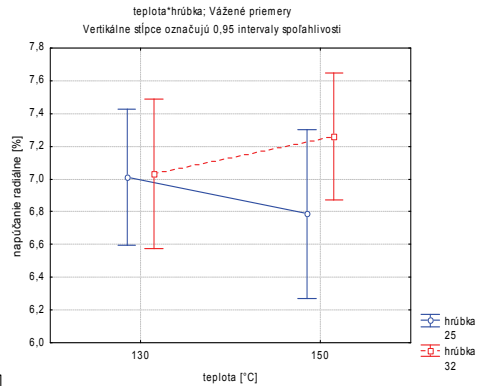
Priemerné radiálne napúčanie v % je uvedené v Tab. 5. Závislosť radiálneho napúčania a takmer konštantný priebeh hustoty zobrazuje Obr. 5. Dvojfaktorová analýza rozptylu uvádza základné údaje v Tab. 6 a radiálne napúčanie pri priemernej hustote je na Obr. 6.

Tab. 5 Radiálne napúčanie – základné štatistické ukazovatele

režim	priemer	smerodajná chyba	minimum	maximum	počet	smerodajná odchýlka	variačný koeficient	rozptyl
A130	7,1	0,21	6,68	7,53	30	1,13	15,90	1,28
B130	7,3	0,22	6,80	7,71	30	1,22	16,86	1,50
A150	6,6	0,25	6,07	7,10	30	1,38	20,95	1,90
B150	7,1	0,19	6,76	7,52	30	1,03	14,37	1,05



Obr. 5 Závislosť radiálneho napúčania od hustoty



Obr. 6 Dvojfaktorová analýza rozptylu – radiálne napúčanie pri priemernej hustote

Tab. 6 Dvojfaktorová analýza rozptylu – základná tabuľka radiálneho napúčania

	SČ	stupne voľnosti	PČ	F	p
Abs. člen	5917,126	1	5917,126	4130,860	0,000
teplota	2,976	1	2,976	2,078	0,152
hrúbka	3,717	1	3,717	2,595	0,110
teplota*hrúbka	1,204	1	1,204	0,840	0,361
Chyba	166,161	116	1,432		

DISKUSIA

Objemové napúčanie

Ako vidno na Obr. 2 a Tab. 1, so stúpajúcou teplotou sušenia objemové napúčanie β , klesalo. Naopak, pri väčšej hrúbke sušených smrekových vzoriek 32 mm bolo objemové napúčanie väčšie ako pri menšej hrúbke. Hustota vzoriek mala štatisticky veľmi významný vplyv ako dokazuje jej lineárne stúpajúci priebeh na Obr. 1. Znamená to, že so stúpajúcou hustotou sa zvyšuje objemové napúčanie. Dvojfaktorová analýza rozptylu v Tab. 2 nepotvrdila štatisticky významnú závislosť žiadneho faktora. Obr. 2 znázorňuje objemové napúčanie prepočítané na priemernú hustotu. Priemerná hodnota objemového napúčania bola 20,6 %, čo v porovnaní z Tab. 7 predstavuje takmer 72,7 % nárast hodnoty napúčania. Hodnota nameraného priemerného napúčania je o 16,4 % vyššia oproti napúčaniu po vysokoteplotnom sušení (MATUŠKOVÁ 2007). Dôvodom bola vyššia hustota smrekových vzoriek a zmena v štruktúre ako dôsledok pôsobiacej teploty sušenia.

Tab. 7 Objemové napúčanie - porovnanie s literatúrou

Autor	Napúčanie V [%]
Matušková (2007)	17,7
Galewski - Korzeniowski (1958)	10,7
Lexa a kol. (1952)	10,7
Nemec (1939)	8,6
Nameraná priemerná hodnota	20,6

Tangenciálne napúčanie

So vzrastajúcou teplotou sušenia klesalo tangenciálne napúčanie (Tab. 3, Obr. 4), viac pri teplote 130 °C. Takisto tangenciálne napúčanie klesalo a bolo menšie pri menšej hrúbke sušeného materiálu 25 mm. Keďže sa potvrdil štatisticky veľmi významný vplyv hustoty na tangenciálne napúčanie, prepočítalo sa na priemernú hustotu. S lineárne rastúcou hustotou sa zvyšovalo tangenciálne napúčanie (Obr. 3). Z Tab. 4 možno konštatovať, že napúčanie ovplyvnila len teplota, na štatisticky málo významnej úrovni. Priemerná hodnota tangenciálneho napúčania bola 12 % a ako vidieť v Tab. 8, tento nárast nameraného priemerného napúčania predstavuje cca 53,5 %. Priemerná hodnota tangenciálneho napúčania v samostatnom porovnaní napúčania po vysokoteplotnom sušení (MATUŠKOVÁ 2007) bola takisto vyššia, o 25 % ako priemerná hodnota tangenciálneho napúčania nameraná pri vyššej hustote. Diferenciu mohla spôsobiť aj odlišná zmena vo vnútornej štruktúre dreva po sušení, ktorá sa menila rôzne v závislosti na celkovom čase sušenia. Aj vplyv jednotlivých časových fáz sušiacieho procesu a teda dĺžka pôsobenia vyššej či nižšej teploty mohli materiál čiastočne degradovať a tým zvýšiť napúčanie.

Tab. 8 Tangenciálne napúčanie - porovnanie s literatúrou

Autor	Napúčanie T [%]
Matušková (2007)	9,6
Požgaj a kol. (1997)	8,9
Galewski - Korzeniowski (1958)	7,2
Lexa a kol. (1952)	7,2
Nemec (1939)	6,2
Nameraná priemerná hodnota	12,0

Radiálne napúčanie

Namerané priemerné hodnoty radiálneho napúčania (Tab. 5) mierne klesajú so stúpajúcou použitou teplotou sušenia. Závislosť hustoty a uvedenej vlastnosti nebol štatisticky významne dokázaný. Dvojfaktorová analýza rozptylu radiálneho napúčania (Tab. 6) nepotvrdila štatisticky významnú závislosť žiadneho z faktorov. Radiálne napúčanie prepočítané na priemernú hodnotu (Obr. 6) znázorňuje celkové nižšie radiálne

napúčanie pri sušených smrekových vzorkách hrúbky 25 mm a teplote 150 °C, no pri hrúbke 32 mm sa pri vyššej teplote sušenia 150 °C radiálne napúčanie zvýšilo. Táto odchýlka mohla byť spôsobená väčším odklonom mikrofibríl od pozdĺžnej osi elementov dreva ako pri ostatných sušených sériách. Priemerná hodnota radiálneho napúčania dosiahla 7 % a v porovnaní z Tab. 9 sa opäť potvrdil 77,7 % nárast tohto napúčania. V porovnaní s napúčaním po vysokoteplotnom procese sušenia (MATUŠKOVÁ 2007) hodnota priemerného radiálneho napúčania vzrástla o 12,9 %.

Tab. 9 Radiálne napúčanie - porovnanie s literatúrou

Autor	Napúčanie R [%]
Matušková (2007)	6,2
Požgaj a kol. (1997)	4,1
Galewski - Korzeniowski (1958)	3,5
Lexa a kol. (1952)	3,5
Nemec (1939)	2,4
Nameraná priemerná hodnota	7,0

ZÁVER

Na smrekových vzorkách po vysokoteplotnom sušení sa takmer dvojnásobne zvýšilo objemové, tangenciálne aj radiálne napúčanie v porovnaní s literatúrou. So zvyšujúcou sa teplotou sušenia zo 130 °C na 150 °C sa napúčanie znižovalo. Naopak, so stúpajúcou hustotou a hrúbkou sa hodnoty napúčania zvyšovali. Nárast napúčania mohla spôsobiť prítomnosť letného dreva obsahujúceho viac dvojbodiek, ktoré sa po sušení neuzatvárajú. Tým sa drevo stáva viac prístupnejšie pre vodu.

Pre použitie v praxi má napúčanie význam vzhľadom na jeho ďalšie použitie hlavne v nábytkárskom a stavebnom priemysle pri opätovnom prijatí vlhkosti z okolitého vzduchu. Hore uvedené výsledky ukazujú vyššie hodnoty napúčania, preto treba dbať hlavne na spôsob povrchovej úpravy a ochranné nátery pri exteriérovom použití. Materiál sa z časti stabilizuje a chráni pred zvýšením vlhkosti. Zvýšené napúčanie predurčuje použitie väčšieho množstva nánosov lepidiel a náterov.

LITERATÚRA

1. STN 49 0108. 1993: Drevo. Zisťovanie hustoty.
2. STN 49 0126. 1988: Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania napúčavosti.
3. GALEWSKI, W. – KORZENIOWSKI, A. 1958: Atlas najważniejszych gatunków drewna. Warszawa: Państwowe wydawnictwo rolnicze i leśne, 1958. s 28.
4. GRYC, V. - VAVRČÍK, H – HORÁČEK, P. 2007: Variability in swelling of spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) wood with the presence of compression wood. In: Journal of Forest Science, 2007, vol. 53, no. 6. p. 243–252.
5. LEXA a kol. 1952: Mechanické a fyzikálne vlastnosti dreva. 1zv. Tab. 4. Technologie dreva, ROH Bratislava, 1952. 355 s.

6. MATUŠKOVÁ, M. 2007: Vysokoteplotné sušenie smrekového dreva: diplomová práca. Zvolen: TUZVO, 2007. 90 s.
7. NEMEC, J. 1939: Stavte ze dřeva. Vydal Lesohospodářský svaz, Německý Brod, 1939. Tab.2
8. POŽGAJ, A. a kol. 1997: Štruktúra a vlastnosti dreva. 2.vyd. Bratislava: Vydavateľ Príroda, 1997. 488 s. ISBN 80-07-00960-4.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA MŠ SR č. 1/0231/08.