



DYNAMICKÁ TVRDOŠŤ SMREKOVÉHO DREVA DEGRADOVANÉHO BIELOU HNILOBOU

Alena Rohanová – Ján Dubovský

Abstract

The contribution deals with the analysis of dynamic hardness determined with PILODYN 6J for degraded spruce wood (Picea excelsa) and its relation to density. Experiments were realised in the planks so to most represented the condition in situ. At the analysis dynamic hardness and density the moisture content, the angle of pin drive-in direction to rings orientation and the plank face (outside, inside) were taken into consideration. The statistical significant relation between the drive-in of the pin deep (dynamic hardness) and density of degraded spruce wood were identified. The above mentioned relation for the outside face was more significant. The results application is possible for wood quality evaluation as in laboratory conditions as in situ.

Key words: dynamic hardness, density, degradation, spruce wood

ÚVOD

Drevo je jedným zo základných stavebných materiálov, ktoré nielen v minulosti ale aj v súčasnosti má široké využitie, či už ako hlavný konštrukčný alebo doplnkový materiál.

K jeho častému využívaniu ho predurčujú najmä jeho výborné vlastnosti ako napr. kvalitatívne číslo, pružnosť, zdravotná nezávadnosť, tepelnotechnické a akustické vlastnosti, opracovateľnosť, no v neposlednom rade aj estetický dojem. Navyše ako prírodný materiál je ekologické a obnoviteľné. Pri jeho použití v konštrukciách však je potrebné brať ohľad aj na jeho nevýhody ako napr. horľavosť, degradovateľnosť a reagovanie na vlhkosť. Pri špecifikácii jeho kvality sú zohľadňované fyzikálne a mechanické vlastnosti.

Na orientačné určovanie hustoty pomocou dynamickej tvrdosti sa používa prístroj Pilodyn 6J. Jeho prednosťami sú ľahká manipulácia a možnosť použitia in situ. Umožňuje s minimálnou deštrukciou stanoviť hustotu zabudovaného zdravého ale aj degradovaného dreva.

Príspevok nadväzuje na problematiku o tvrdosti dreva uvedenú na konferencii WOOD-WORKING TECHNIQUE 2nd International Scientific Conference, Zalesina Croatia 2007 [DUBOVSKÝ, J. - ROHANOVÁ, A. 2007].

1. TVRDOSŤ DREVA

Pri obrábaní konštrukčných prvkov má tvrdosť povrchu veľký technický a praktický význam. Preto sa definícia a rozlišovanie ich tvrdosti zakladá na objektívnych fyzikálnych a technických princípoch a skúšobných metódach, VELESA 1985. Pre drevo bola teória tvrdosti doplnená DUBOVSKÝ, J. - ROHANOVÁ, A. 2007.

Skúšobné metódy na meranie tvrdosti

Skúšky mechanickej tvrdosti sú výhodné a v praxi veľmi rozšírené, najmä kvôli jednoduchosti a možnosti ich použitia aj vtedy, keď sa iné skúšky nemôžu použiť (napr. na skúšanie veľkých a ťažkých kusov in situ). Na určenie dynamickej tvrdosti sa môže využívať napr. prístroj PILODYN 6J. Dá sa použiť jednak na zabudované stavebné rezivo a elektrické stĺpy, ale aj na rastúce stromy. Jeho rozmery a jednoduchá obsluha umožňujú jeho použitie priamo v teréne a v mnohých prípadoch uľahčí a urýchli určenie stavu dreva, mieru degradácie z hľadiska dynamickej tvrdosti a hustoty. Metóda je založená na princípe zarazení oceleového kolíka s diferencovanou energiou konštantnou silou a zmeraní dosiahnutej hĺbky zarazení. Hĺbka zarazení kolíka do dreva je pritom závislá na hustote a vlhkosti dreva DUBOVSKÝ, J. – ROHANOVÁ, A. 2007 a HITZINGER, S. 2008. Pri zisťovaní dynamickej tvrdosti dreva prístrojom PILODYN 6J je požiadavka orientácie ročných kruhov v telese taká, aby zarazenie kolíka bolo čo v najčistejšom radiálnom smere, čo overovali aj autori GÖRLACHER 1987 a HANSEN 2000.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Skúšobný materiál

V rámci rozsiahlych experimentálnych skúšok bolo testované zdravé aj degradované smrekové drevo (*Picea excelsa*). V príspevku sú hodnotené degradované fošne, ktoré boli získané náhodným výberom. Miera degradácie ako aj druh degradovaného dreva boli stanovené na základe individuálneho hodnotenia, ktoré vychádzali z poznatkov o degradovanom dreve [REINPRECHT 2001].

V pôvodnom výbere sa nachádzalo 5 ks degradovaných fošní. Po následnom prehodnotení pokročilej degradácie, ale najmä z dôvodu veľkého výskytu nezdravých hŕč, boli z experimentov vyradené 2 dosky.

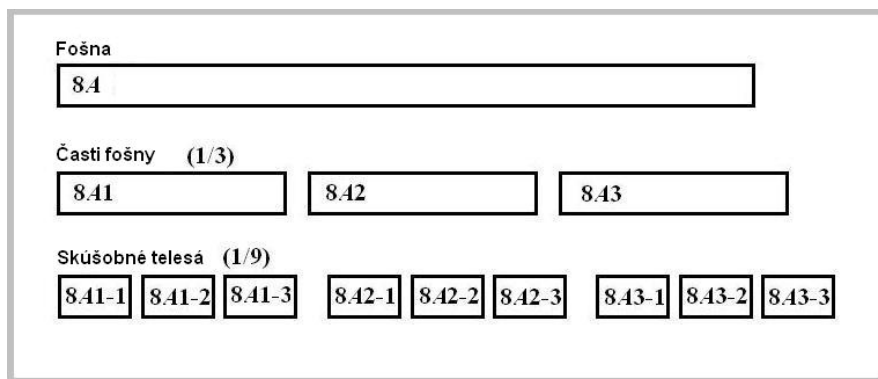
Rozmery fošní boli: 40 x 200 x 2500 ~ 2650 mm - 3 ks.

Bol použitý optimálny model zosieťovania zarazení kolíka, ktorý zohľadňoval rozloženie hustoty degradovaného dreva:

- po dĺžke fošny,
- po šírke fošny,
- na vonkajšej a vnútornej strane fošny.

Postup prípravy skúšobných telies je zobrazený na obr. 2 (príklad: označovanie a delenie fošny č. 8).

Označovanie strán **A** a **B** je z dôvodu zohľadňovania vonkajšej a vnútornej strany fošny pri zarazení kolíka.



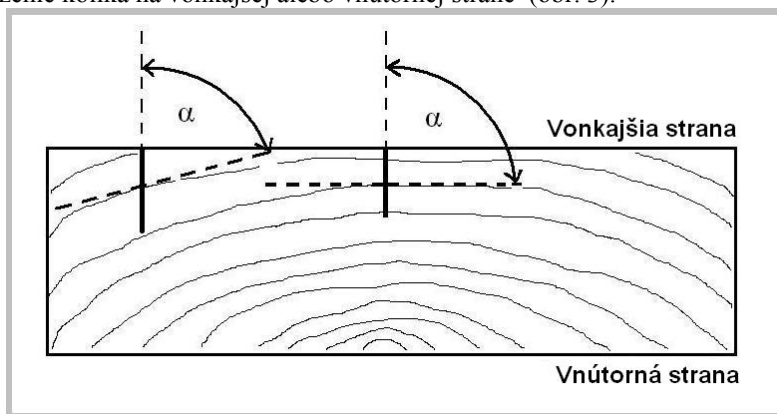
Obr. 2 Schéma delenia fošny na časti a skúšobné telesá (fošna č.8)

Skúšobné telesá boli klimatizované pri štandardných podmienkach, t.j. pri teplote 20 ± 2 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 65 ± 5 %, na rovnovážnu vlhkosť $\sim 12\%$ (referenčná vlhkosť).

2.2 Metodika

Pre každé zarazenie kolíka Pilodynom 6J bola zaznamenaná:

- hĺbka zarazenia,
- počet ročných kruhov, ktoré kolík prerazil, koľko krát prenikol letným drevom,
- uhol pod akým vnikol kolík vzhľadom k dotýčnici k ročného kruhu (obr. 3),
- kvalita dreva - zdravé alebo degradované drevo, príp. miera degradácie,
- zarazenie kolíka na vonkajšej alebo vnútornej strane (obr. 3).



Obr. 3 Meranie uhla medzi zarazeným kolíkom a ročným kruhom

Z každého skúšobného telesa boli pre určenie hustoty a vlhkosti gravimetrickou metódou vypilované dve skúšobné telesá (obr. 4)

- jedno bolo z oblasti stredovej časti skúšobného telesa (označenie **S**),
- druhé bolo z okrajovej časti skúšobného telesa (označenie **K**).

Na skúšobnom telese pre zisťovanie dynamickej tvrdosti boli na každej strane (vonkajšia, vnútorňa) vyznačené 2 čiary na zarazenie kolíka, kde na jednej čiare bolo vyznačených 5 bodov. Na jednom skúšobnom telese bolo vykonaných 20 testov.

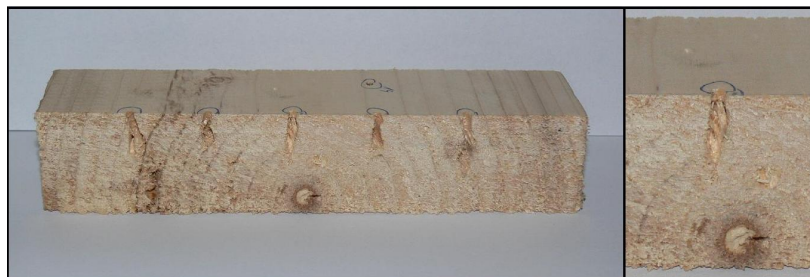


Obr. 4 Spôsob výberu skúšobných telies pre určenie hustoty a vlhkosti dreva gravimetrickou metódou

3. VÝSLEDKY A ICH ANALÝZA

3.1 Spôsob porušenia materiálu

Pri skúške dynamickej tvrdosti degradovaného dreva bol charakter porušenia materiálu približne rovnaký ako u zdravého dreva, rozdiel bol len v hĺbke prieniku, čo súvisí so zmenou štruktúry degradovaného dreva. Detail porušenia vlákien je na obr. 5.



Obr. 5 Spôsob porušenia vlákien pri zarazení kolíka do degradovaného dreva (stredová fošňa, detail porušenia cca kolmo na ročné kruhy)

Namerané hodnoty hĺbok zarazenia a s ňou súvisiace charakteristiky boli vyhodnotené pomocou matematicko-štatistických charakteristík programom STATISTICA 6.0.

V tomto programe boli vyhodnotené závislosti pre degradované drevo:

- hĺbka zarazenia od hustoty dreva, uhol 90°,
- hĺbka zarazenia od hustoty dreva, ostatné uhly,
- hĺbka zarazenia od hustoty zvlášť pri vonkajšiu a vnútornú stranu skúšobného telesa.

3.2 Výsledky meraní

Celkovo bolo vykonaných 422 meraní na fošňach č. 2, 5 a 8. V tab.1 je stručný prehľad o miere degradácie a hustotách $\bar{\rho}_0$ a $\bar{\rho}_{12}$. V tab. 2 sú uvedené hodnoty zisťovaných charakteristík so zohľadnením uhla zarazenia kolíka.

Tab. 1 Miera degradácie a hustoty $\bar{\rho}_0$ a $\bar{\rho}_{12}$ v jednotlivých skúšobných telesách

Fošna	Časť fošny 1/3	Skúšobné teleso 1/9	Degradácia %	ρ_0 [kg.m ⁻³]	ρ_{12} [kg.m ⁻³]
2	2A1	2A1-1	65	300.2	320.8
		2A1-2	75	289.8	311.4
		2A1-3	60	300.2	322.2
	2A2	2A2-1	40	305.5	329.9
		2A2-2	50	347.2	376.3
		2A2-3	40	292.3	315.4
	5A1	5A1-1	45	357.9	379.7
		5A1-2	30	363.1	385.1
		5A1-3	60	372.4	394.4
	5A2	5A2-1	95	366	390.9
		5A2-2	75	374.2	391.6
		5A2-3	90	372.4	392.8
8	8A1	8A1-1	100	438.2	465.9
		8A1-2	100	444	469.6
		8A1-3	90	440.7	469.4
	8A2	8A2-1	100	437.3	469
		8A2-2	95	440.2	467.1
		8A2-3	65	435.3	466.8
	8A3	8A3-1	50	450.7	479.5
		8A3-2	65	425.4	452.3
		8A3-3	35	408.4	437.9

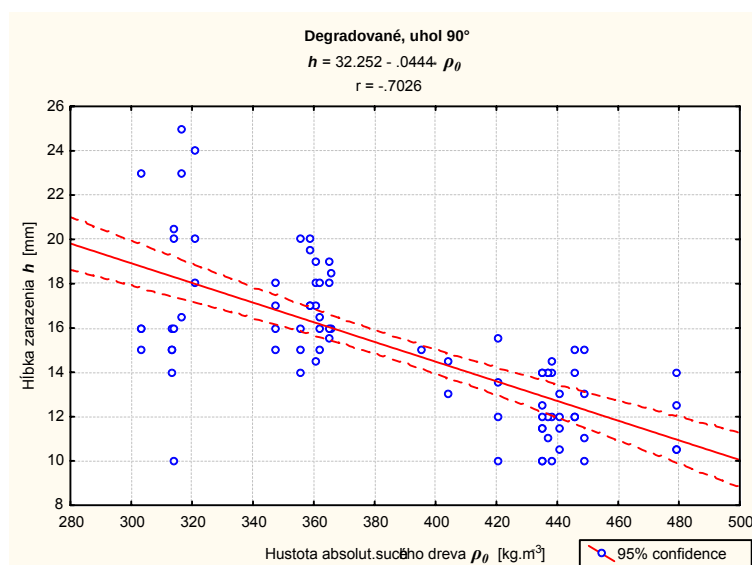
Z množstva meraní sú v príspevku uvedené tri najvýznamnejšie závislosti, ktoré sú v diskusii analyzované. Jedná sa o závislosť:

- hĺbka zarazení ~ hustota dreva, uhol 90 ° vonkajšia + vnútorná strana (celkom), n=83,
- hĺbka zarazení ~ hustota dreva, uhol 90 ° vonkajšia strana, n=41,
- hĺbka zarazení ~ hustota dreva, uhol 90 ° vnútorná strana, n=42.

Znáznomené sú na obr. 6, obr. 7 a obr. 8.

Tab. 2 Súhrnná tabuľka základných matematicko-štatistických ukazovateľov hodnotených charakteristík v závislosti na uhle zarazení

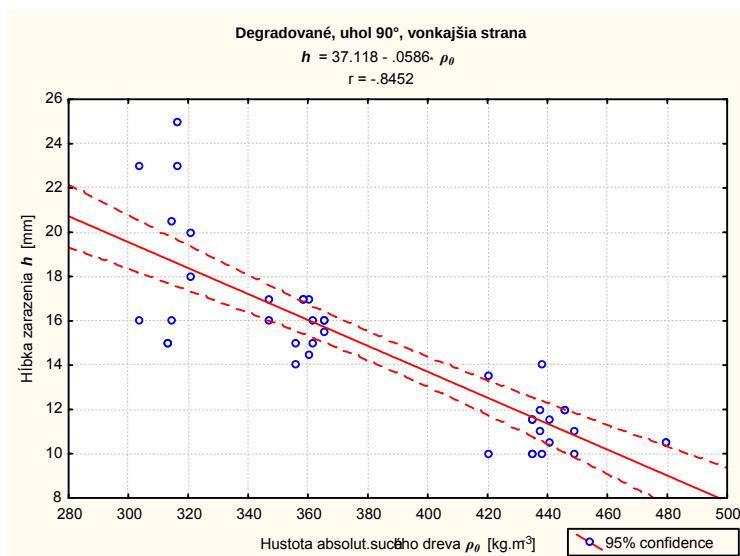
Zisťované charakteristiky	Uhol zarazení					
	90°	90°	90°	0° - 25°	30° - 55°	60° - 85°
	vnútorná	vonkajšia	celkom			
ρ_0	388.8	384.4	386.6	295.8	374.5	401.69
h	15.5	14.6	15.1	21.0	14.1	13.586
p	0.0002	0.0000	0.0000	0.964979	0.0000	0.0000
$r(X,Y)$	-0.5502	-0.8452	-0.7026	0.0065	-0.7217	-0.6502
r^2	0.3027	0.7143	0.4936	0	0.5209	0.4228
Smer. Y	-0.0301	-0.0586	-0.0444	0.0013	-0.0387	-0.0511
N	42	41	83	48	129	162



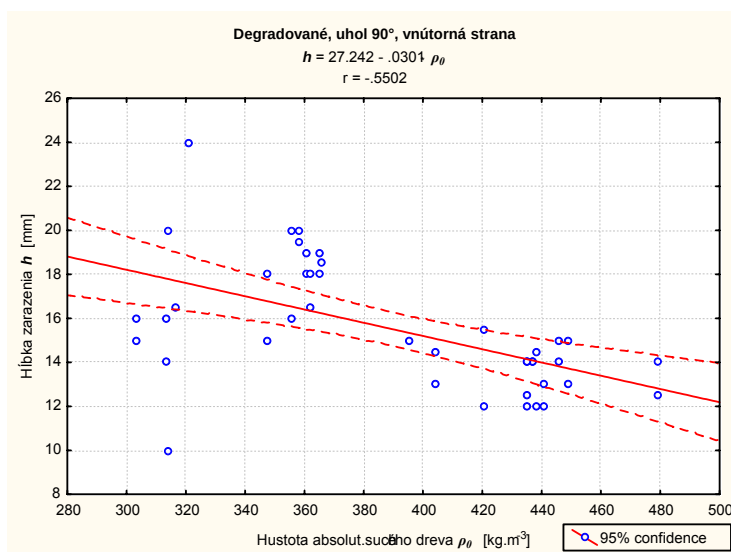
Obr. 6 Závislosť hĺbky zarazenia Pilodynom 6J od hustoty degradovaného dreva, uhol 90°, (vonkajšia a vnútorná strana – celkom)

Koeficient korelácie $r = 0,7026$ je vysoký, pričom koeficient determinácie r^2 udáva, že hustota má 49,3 % vplyv na hĺbku zarazenia kolíka, čo je vysoko významná závislosť.

Pre vonkajšiu stranu je koeficient korelácie $r = 0,8452$, čo môžeme považovať za vysoko významnú závislosť. Pri vyjadrení cez koeficient determinácie r^2 to znamená, že hustota má 71,43 % vplyv na hĺbku zarazenia kolíka, čo je vysoko významná závislosť.



Obr. 7 Závislosť hĺbky zarazenia Pilodynom 6J od hustoty dreva pre degradované skúšobné telesá uhol 90°, vonkajšia strana



Obr. 8 Závislosť hĺbky zarazenia Pilodyn 6J od hustoty dreva pre degradované skúšobné telesá, uhol 90°, vnútorná strana

Pre vnútornú stranu sú hodnoty r a r^2 nižšie oproti vonkajšej strane, čo môžeme z hľadiska aplikácie považovať za menej vhodnejší výber strany pre zarazenie kolíka.

3.3 Analýza výsledkov

Prístroj PILODYN 6J nachádza významné použitie pri identifikácii vlastností degradovaného dreva. Predpokladá sa, že takéto drevo má znížené mechanické vlastnosti ako aj nižšiu hustotu dreva, čo je potvrdené aj vysokou koreláciou medzi hĺbkou zarazenia kolíka a pevnosťou dreva (GÖRLACHER 1987). Aj naše výsledky potvrdili vyššie hodnoty koeficienta korelácie r (hĺbka zarazenia $\sim$ hustota dreva) pre degradované drevo $r = -0,7026$. Pri skúmaní závislostí *hĺbka zarazenia $\sim$ hustota dreva* boli autorom vyhodnotené všetky hodnoty zarazenia kolíka, bez ohľadu na vonkajšiu a vnútornú stranu skúšobného telesa. Pri našich experimentoch sa zistili rozdielne hodnoty zarazenia kolíka na vonkajšej a vnútornej strane skúšobného telesa ($r_{\text{vonkajšia}} = -0,8452$ $r_{\text{vnútorná}} = -0,5502$). Z hľadiska praktického využitia je táto identifikácia veľmi jednoduchá a môže ešte viac spresniť hodnotené údaje. Požiadavky na identifikáciu hustoty dreva v stavebných konštrukciách sa v súčasnosti z experimentálnej úrovne dostávajú na aplikačnú úroveň v podmienkach in situ. V klasifikácii dreva do tried pevností sú okrem pevnostných a pružnostných charakteristík uvedené aj hustoty dreva (STN EN 338), ktoré sú významným parametrom pri určovaní kvality zdravého i degradovaného dreva.

4. ZÁVER

Aplikácia prístroja PILODYN 6J nachádza uplatnenie nielen v laboratórnych podmienkach ale najmä v zabudovaných konštrukčných prvkoch. Vytvára predpoklady spoľahlivého a objektívneho určovania hustoty zdravého ale aj degradovaného dreva, čo má vplyv aj na ekonomické zhodnotenie dreva v stavebných konštrukciách.

LITERATÚRA

- DUBOVSKÝ, J. - ROHANOVÁ, A. 2007: Static and dynamic hardness of chosen wood species. University of Zagreb, Technical university in Zvolen, Woodworking Technique 2nd International Scientific Conference. Zalesina, Croatia, Faculty of Forestry, Zagreb, Croatia, s.27-32, ISBN 953-6307-94-4.
- GÖRLACHER, R. 1987. Non destructive testing of wood: an in – situ method for determination of density. Holz as Roh – und Werkstoff Vol. 45, s. 273 – 278.
- HANSEN, CH. P. 2000. Application of the pilodyn in forest tree improvement. s.10.
- HITZINGER, S.2008: Parametre hustoty dreva zisťované prístrojom PILODYN 6J na smrekovom rezive. Diplomová práca TU DF Zvolen, 77 s.
- RIENPRECHT, L. 2001: Procesy degradácie dreva. TU vo Zvolene, 162 s. ISBN 80-228-1070-3.
- VELES, P. 1985: Mechanické vlastnosti a skúšanie kovov, ALFA – Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, , str. 297 – 300.

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektov 1/0549/08 „Kvalita dreva pre stavebné konštrukcie, jej experimentálna analýza a verifikácia in situ“ a projektu „Parametre kvality dreva určujúce jeho finálne použitie“ APVV- 0282 -06.