



INTERAKCIA HUSTOTY A TVRDOSTI DREVA

Alena Rohanová

Abstract

*Various methods are used to determinate wood properties. Contribution deals with testing of wood density and static hardness by direct methods, indirect method was used in situ to determinate dynamic hardness (PILODYN 6J instrument – depth of steel pin penetration). Selected wood species (8) were classified into groups on the basis of their density lower than 500, from 500 – 700 and over 700 kg.m⁻³. The aim of testing was the proposal of linear dependencies for selected wood species and properties. Result analysis showed, that the most desirable wood species for two - level model is spruce (*Picea abies*, Karst.). Steel pin depth penetration and subsequently developed linear dependencies allow simple and fast determination of probable (**orientation**) values of wood density and static hardness.*

Keywords: *density of wood, static hardness, dynamic hardness, method, interaction, spruce wood*

ÚVOD

Drevo má oproti iným konštrukčným materiálom prednosti pre svoje výhodné fyzikálno - mechanické vlastnosti, priaznivé vzhľadové, technické a technologické parametre. Tieto prednosti sa diagnostikujú rôznymi metódami, od experimentoch v laboratórnych podmienkach až in situ. V súčasnosti sa využívajú aj postupy testovania, ktoré sú časove nenáročné a poskytujú orientačné výsledky. Využívajú modely interakcii vybraných vlastností dreva zisťované rôznymi priamymi i nepriamymi metódami.

Na výrobu konštrukcií z dreva (nábytok, stavby) sa používajú rôzne dreviny. Ich opracovanie si vyžaduje individuálne posúdenie z pohľadu technológie výroby, konštrukcie i estetiky, čo predpokladá komplex interdisciplinárnych poznatkov. Z pohľadu obrábania dreva medzi významné vlastnosti patrí hustota dreva a tvrdosť (statická, dynamická). Priamymi metódami sa v laboratórnych podmienkach zisťuje hustota a statická tvrdosť dreva. Tieto podmienky umožňujú signifikantne určovať interakciu sledovaných parametrov. Náročnejšie testovanie je v in situ. Príkladom je napr. zisťovanie dynamickej tvrdosti dreva prístrojom PILODYN 6J [GÖRLACHER 1987]. Pracuje na princípe vnikania oceľového kolíka do dreva a na základe hĺbky zaradenia „*h*“ sa v navrhutej závislosti môže určiť hustota dreva a statická tvrdosť.

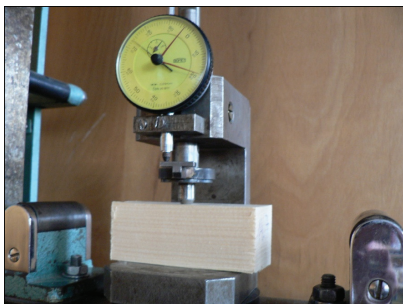
Pri experimentoch sa testovalo 8 druhov drevín, ktoré boli zatriedené do troch skupín podľa hustoty: do 500, od 500 - 700 a nad 700 kg.m⁻³. Výsledkom bolo pre vybrané dreviny zistiť lineárne závislosti parametrov: hĺbka zaradenia ~ hustota dreva ~ statická tvrdosť. Navrhnutý model umožňuje z nameranej hĺbky „*h*“ (in situ) jednoducho a rýchlo stanoviť **hustotu dreva a statickú tvrdosť**.

MATERIÁL A METODIKA

Testovalo sa 8 druhov drevín (tab.1). Výber skúšobných telies bol jedna fošna – jedno teleso (40 × 40 × 70 mm).

Tab.1 Dreviny, počet skúšobných telies a meraní

Drevina	Dynamická tvrdosť		Statická tvrdosť	
	Počet [ks]		Počet [ks]	
	skúšobných telies	meraní	skúšobných telies	meraní
<i>Agát</i>	15	45	15	30
<i>Buk</i>	16	48	16	32
<i>Borovica</i>	16	48	16	32
<i>Dub</i>	17	51	17	34
<i>Jaseň</i>	16	48	16	32
<i>Javor</i>	13	39	13	26
<i>Smrek</i>	16	48	16	32
<i>Topoľ</i>	13	39	13	26



Obr. 1 Meranie statickej tvrdosti Na skúšobných telesách sa zisťovali:

- hustota dreva (STN 49 0108),
- dynamická tvrdosť (hĺbka zarazenia), obr.2,
- statická tvrdosť podľa Janka, obr.1, (STN 49 0136).



Obr. 2 PILODYN 6J - dynamická tvrdosť

Klimatizácia skúšobných telies: štandardné podmienky ($t = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $\phi = 65 \pm 5 \%$), referenčná vlhkosť $w \sim 12 \%$.

Výber ôsmich drevín bol hodnotený z pohľadu *rôznej hustoty*, ktorá bola rozdelená do troch skupín:

- do 500 kg.m^{-3} (*smrek, topoľ*),
- od 500 do 700 kg.m^{-3} (*borovica, buk, javor a jaseň*),
- od 700 kg.m^{-3} (*agát a dub*).

Toto rozdelenie vychádzalo z literatúry DUBOVSKÝ 2003, POŽGAJ 1997, a predpisu STN EN 338. Pre takto navrhnuté skupiny boli vytvorené kombinácie lineárnych závislostí a analyzovali sa ich zhody a rozdiely.

VÝSLEDKY

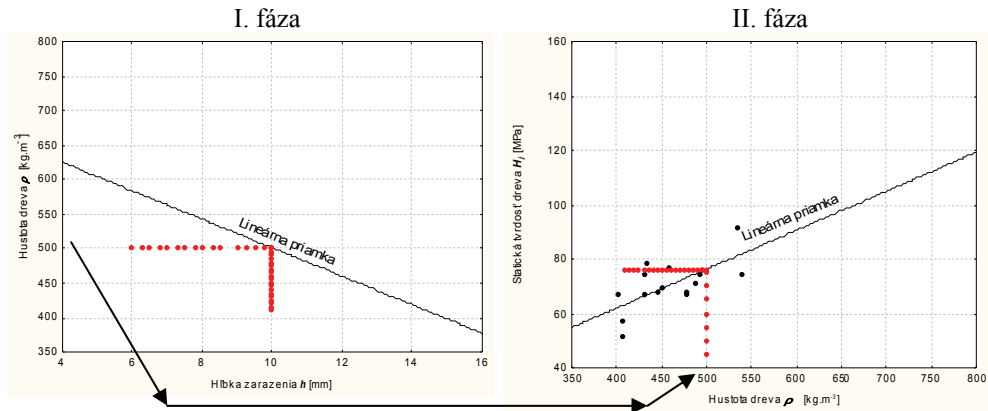
Výsledkom hodnotenia jednotlivých kombinácií bola interakcia:

„*dynamická tvrdosť* (hĺbka zarazenia) \sim *hustota dreva* \sim *statická tvrdosť*“

Aplikovateľnosť výsledkov uvádza návrh obecného modelu pozostávajúci z dvoch fáz (obr.3):

I. fáza - lineárna priamka $\rho \sim h$:

meranie hĺbky zarazenia kolíka „*h*“ v mm v **in situ** (zdravé a degradované drevo pri rôznych vlhkostiach),
stanovenie hustoty dreva „ ρ “ v kg.m^{-3} **priamou metódou**,



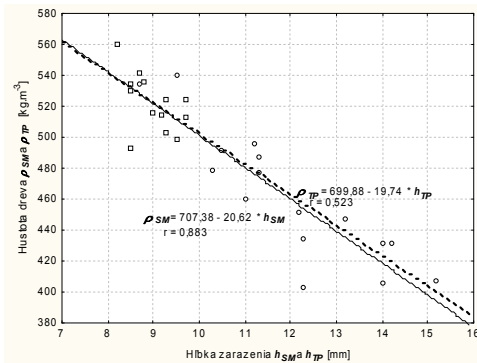
Obr. 3 Obecný model interakcie hustoty a tvrdosti dreva

II. fáza - lineárna priamka $H_j \sim \rho$:

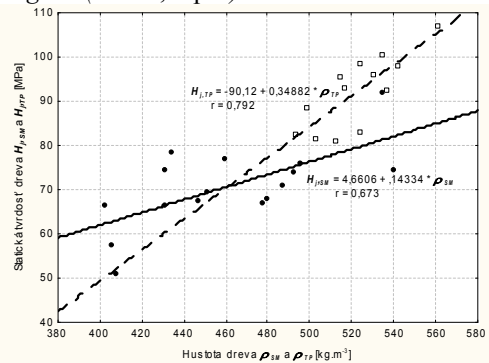
určenie hustoty dreva v kg.m^{-3} z I. etapy výsledkov ($\rho \sim h$),
stanovenie - statickej tvrdosti **priamou metódou**.

Aplikačné modely pre skupiny drevín podľa hustoty sú nasledovné

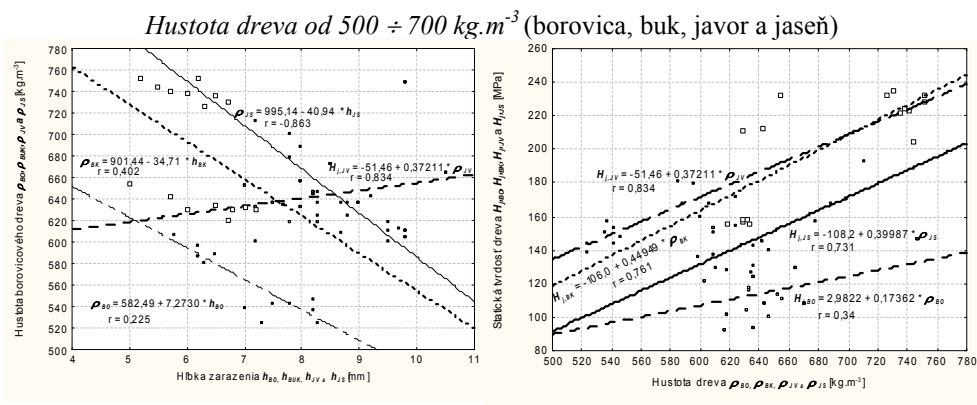
Hustota dreva do 500 kg.m^{-3} (smrek, topoľ)



Obr. 4 Závislosť hustoty dreva od hĺbky zarazenia (smrek, topoľ)

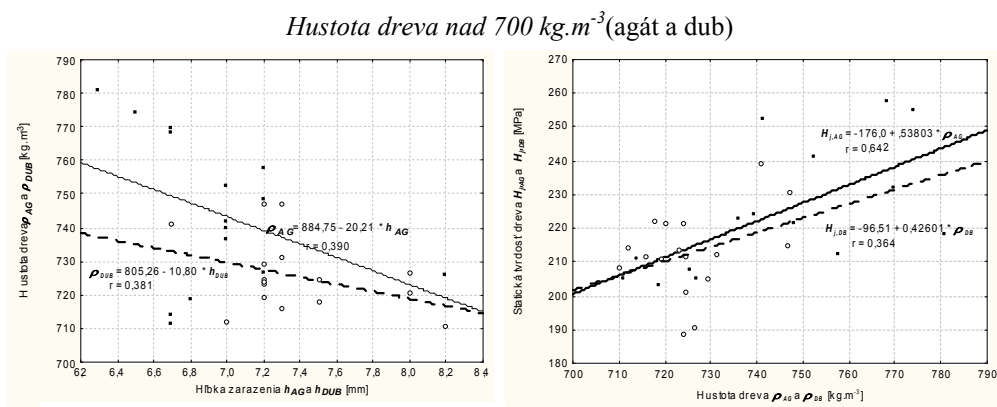


Obr. 5 Závislosť statickej tvrdosti od hustoty dreva (smrek, topoľ)



Obr. 6 Závislosť hustoty dreva od hĺbky zarazenia (borovica, buk, javor a jaseň)

Obr. 7 Závislosť statickej tvrdosti od hustoty dreva (borovica, buk javor a jaseň)



Obr. 8 Závislosť hustoty dreva od hĺbky zarazenia (agát a dub)

Obr. 9 Závislosť statickej tvrdosti od hustoty dreva (agát a dub)

Popis obrázkov:

Obr. 4 - Dreveny smrek a topoľ majú veľmi zhodné priebehy závislostí. Potvrdilo sa, že medzi hustotou dreva a hĺbkou zarazenia je veľmi tesná závislosť. Smrek a topoľ sú vhodné na takéto testovanie.

Obr. 5 - Vplyv hustoty dreva na statickú tvrdosť je pri smreku a topoľa rozdielna. Pri nižších hustotách má smrek vyššiu H_j , pri hustote ~ 460 kg.m⁻³ je medzi drevinami zhoda a pri vyšších hustotách je priaznivejšia H_j pri topole.

Obr. 6 - Kombinácia závislostí štyroch drevín má pri troch drevinách klesajúci priebeh (buk, jaseň a borovica), naopak pri javore sa táto závislosť nepotvrdila. Najpriaznivejšia s vysokým korelačným koeficientom je drevena jaseň.

Obr. 7 - pri tejto kombinácii závislostí sú v zhode dreveny buk a javor, jaseň má závislosť s nižšími hodnotami H_j . Všetky tri dreveny majú vysoký koeficient korelácie. Pre hodnotenie statickej tvrdosti v závislosti na hustote je najmenej vhodná drevena borovica.

Obr. 8 - pri drevinách s vysokou hustotou (dub, agát) je síce lineárna závislosť ale s nízkymi korelačnými koeficientmi. Veľký rozptyl hĺbok zarazení a hustoty poukazujú na nevhodnosť využitia týchto závislostí pri ďalšom testovaní.

Obr. 9 - vplyv hustoty dreva na statickú tvrdosť je výraznejší pri agáte. Dreviny s vysokou hustotou spĺňajú prevažne špecifickú trvanlivosť a životnosť výrobkov (nábytok, stavebné prvky) a nepožadujú definovať statickú tvrdosť.

DISKUSIA

Z výsledkov interakcie lineárnych závislostí (hĺbka zarazení ~ hustota dreva ~ statická tvrdosť) zohľadňujúcich druh dreviny a hustotu dreva, je možné uviesť nasledovné závery:

Hustota dreva:

- **do 500 kg.m⁻³** významnejší je smrek. Má pri oboch závislostiach vyvážené výsledky, ktoré sú využiteľné hlavne in situ (stavebné konštrukcie),
- **od 500 do 700 kg.m⁻³** najvyvázenejšia skupina drevín. Najvhodnejšia drevina pre metódy testovania je jaseň,
- **nad 700 kg.m⁻³** obidve dreviny (agát, dub) majú veľký rozptyl hodnôt a nízke korelačné koeficienty. Pri týchto drevinách sa neodporúča aplikovať navrhované metódy testovania.

Hustota dreva je parameter, ktorý sa nepriamo zohľadňuje pri navrhovaní drevených prvkov a to pre I. MS a II. MS. Potvrdzujú to charakteristické a priemerné hodnoty hustoty dreva uvedené v STN EN 338. Ďalej predpis jednotlivým triedam priraduje aj charakteristiky pevnosti a pružnosti. Všeobecne platí, čím má drevo vyššiu hustotu, tým má vyššiu pevnosť a pružnosť. V tab.2 sú uvádzané hodnoty hustoty ρ_k (charakteristická) a ρ_{mean} (priemerná) v kg.m⁻³ pre jednotlivé triedy pevnosti.

Tab. 2 Triedy pevnosti – Hustota dreva (ihličnaté + topol) podľa STN EN 338

Hustota	Topolové drevo a ihličnaté druhy dreva STN EN 338											
	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

ZÁVER

Hustota dreva a statická tvrdosť sú vlastnosti, ktoré sa nepriamo zohľadňujú v procese technológie výroby výrobkov z dreva.

V technologických procesoch spracovania dreva v triedach delenie, spájanie a tvarovanie je hustota dreva súčasťou tvarových, rozmerových i kvalitatívnych zmien [Zemiar 2009]. Osobitný význam má pri tvarovaní, kedy práve pri tvárnení (ohýbanie, lisovanie) v kombinácii s ďalšími materiálmi môže vytvárať kompozitné materiály s predurčenými vlastnosťami.

Na nerovnosti povrchu dreva, na ich vyrovnávanie a hladenie má okrem samotnej hustoty dreva významný vplyv aj povrchová tvrdosť dreva (statická). Poskytuje dôležité informácie hlavne pre nastavenie technických parametrov strojov a zariadení v samotnej technológii výroby.

Spofahlivé určenie sledovaných parametrov: hustoty a tvrdosti dreva ale aj vlhkosti, štruktúry dreva a kvality, sú predpokladom ďalšieho využitia pri zhodnocovaní rôznych druhov dreva pre stavebné prvky, stavebno-stolárske výrobky a nábytkové konštrukcie.

LITERATÚRA

DUBOVSKÝ, J. – BABIAK, M. – ČUNDERLÍK, I. 2003. Textúra, štruktúra a úžitkové vlastnosti dreva: Návody na cvičenia. Zvolen: TU, 2003. 107s. ISBN 80-228-1290-0.

GÖRLACHER, R. 1987. Non destructive testing of wood: an in – situ method for determination of density. Holz as Roh–und Werkstoff Vol.45, 1987.273– 278 s.

POŽGAJ, A. a i. 1997. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydanie. Bratislava:

PRIRODA, a.s., 1997. 488 s. ISBN 80-07-00960-4.

ZEMIAR, J. a kol. 2009. Technológia výroby nábytku. Vysokoškolská učebnica. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. 286 s. ISBN 978-80-228-2064-6.

STN EN 338: 2010. Konštrukčné drevo. Pevnostné triedy.

STN 49 0108: 1993. Drevo. Zisťovanie hustoty.

STN 49 0136: 1983. Drevo. Metóda zisťovania tvrdosti podľa Janky.

Firemná príručka: PILODYN. Proceq. 4 s.