



## VPLYV CYKLICKÉHO NAMÁHANIA NA PEVNOSŤ BUKOVÉHO RASTLÉHO A LAMELOVÉHO DREVA

Milan Gaff

### Abstract

*In this article we deal with investigation a influence of cyclic loading massive and laminated beech wood at various material thicknesses on ultimate bending strength „ $\sigma$ “, during bending in radial direction. For identification of monitored characteristic we used static bending test with three-point loading. Monitored characteristic was detected on testing samples which weren't cyclic loaded and our results were compared with other results obtained from samples which were cyclic loaded.*

*The results of this work show that influence of cyclic loading on values of ultimate bending strength for massive and laminated wood isn't significant. Thickness influence is significant factor at both monitored material types; the results show that thickness increasing causes the decreasing values of ultimate bending strength. We think that ultimate bending strength decreasing isn't caused by material thickness but different material lengths. The rising of material length is mostly represented by inhomogeneous wood properties.*

**Key words:** *cyclic loading, laminated wood, ultimate bending strength, modulus of elasticity.*

### ÚVOD

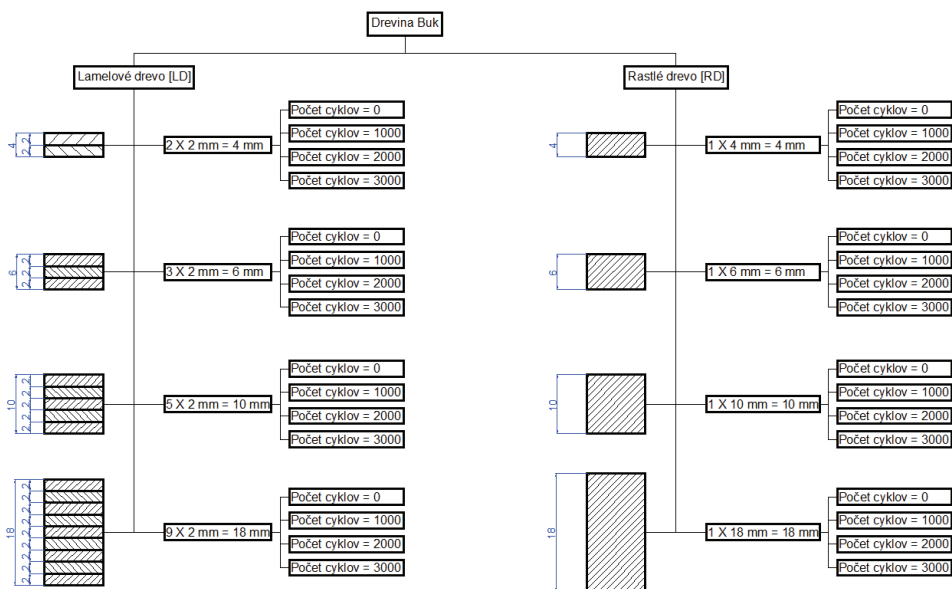
Účelom skúšky je spoznať vplyv cyklického namáhania rastlého bukového dreva a lamelového dreva na jeho pevnostné vlastnosti. Na tvorbu lamelového dreva sa v praxi používa rastlé drevo rôznych hrúbok, alebo lamelové drevo s rozdielnym počtom lamiel rôznych hrúbok. Životnosť týchto produktov ovplyvňujú samotné vlastnosti materiálu, v dôsledku čoho je značne rozdielna. Dlhodobým používaním sa menia vlastnosti nábytkových dielcov, ktoré postupom času prestávajú plniť funkciu na ktorú sú určené.

Naším cieľom je rozšíriť poznatky využívané pri tvorbe uvádzaných produktov, ktoré by mali do značnej miery vymedziť vplyv sledovaných faktorov na uvádzané mechanické charakteristiky a pomôcť tak pri tvorbe kvalitných produktov vo výrobné nábytku.

### METODIKA

Podstatou práce bolo experimentálne zistenie vplyvu cyklického namáhania bukového rastlého dreva a lamelového dreva na medzu pevnosti „ $\sigma$ “, pri ohýbaní v radiálnom smere.

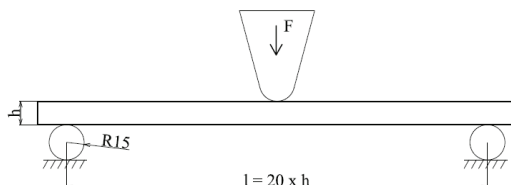
Zisťovali sme zmeny v sledovaných charakteristikách, ktoré nastali po 0, 1000, 2000, 3000 cykloch. Za účelom zisťovania vplyvu hrúbky materiálu sme skúšky vykonali na telesách hrúbok 4, 6, 10 a 18 mm. Presné členenie jednotlivých súborov skúšobných telies je uvedené na obrázku 1. Vlhkosť skúšobných telies bola 8 %.



Obr. 1 Kategorizácia súborov skúšobných telies

### Zisťovanie pevnosti v ohybe

Skúšobné telieska mali rozmer  $\check{s} = 40 \text{ mm} \times h = 4, 6, 10, 18 \text{ mm} \times l = (20 \times h) \text{ mm}$ . Z dôvodu meniacich hrúbkových rozmerov skúšobných telies sme dodržali podmienku, ktorá stanovuje vzdialenosť podpier  $20 \times h$ . Rýchlosť zaťažovania sme stanovili tak, aby porušenie skúšobného telesa nastalo v priebehu  $(1,5 \pm 0,5) \text{ min.}$  od začiatku zaťažovania. Priehyb sme zmerali v strede skúšobného telesa pod ohybovým tŕňom s presnosťou na 0,1 mm a nameranú hodnotu sme zaznamenávali spolu so zodpovedajúcim zaťažením odmeraným s presnosťou na 1% nameranej hodnoty. Zaznamenávali sme zlomové zaťaženie s presnosťou na 1% nameranej hodnoty.



Obr. 2 Trojbodové zaťaženie pri skúške pevnosti v ohybe

Ohybovú pevnosť pri trojbodovom zaťažovaní sme vypočítali podľa vzťahu (1).

$$\sigma = E * \varepsilon = \frac{3 * F * l_0}{2 * b * h^2} \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

Kde:

F - je sila zaznamenaná pri porušení skúšobného telesa,  
 $l_0$  - vzdialenosť podpier pri skúške ( $l_0 = 20xh$ ) [mm]  
 b - šírka skúšobného telesa [mm]  
 h - výška skúšobného telesa [mm]  
 E - Yangov modul pružnosti [MPa]  
 $\varepsilon$  - pomerná deformácia [-]

Namerané a vypočítané hodnoty sme prepočítali na pevnosť v ohybe pri 12 %-nej vlhkosti dreva so zaokrúhľením na 1 MPa podľa vzťahu (2).

$$\sigma_{12} = \sigma_w [1 + \alpha(w - 12)] \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

Kde:

$\sigma_w$  - pevnosť dreva v ohybe pri skúšanej vlhkosti [MPa]  
 $\sigma_{12}$  - pevnosť dreva v ohybe pri vlhkosti 12 % [MPa]  
 w - vlhkosť skúšobného telesa v čase skúšky [%]  
 $\alpha$  - opravný vlhkosťný súčiniteľ, ktorý je pre všetky dreviny 0,04

### Cyklické namáhanie ohybom

Cyklické namáhanie telies bolo vykonané na cyklovacom stroji, ktorého princíp spočíva v cyklickom ohýbaní skúšobných telies jednoosovým zaťažením. Počet cyklov sme stanovili na 0, 1000, 2000, 3000. V predbežných experimentálnych skúškach boli skúšobné telesá zaťažované na statický ohyb, aby sme určili medzu pevnosti a medzu úmernosti, keďže budeme skúšobné vzorky počas cyklického namáhania zaťažovať po 90 % medze úmernosti.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Lamelové drevo

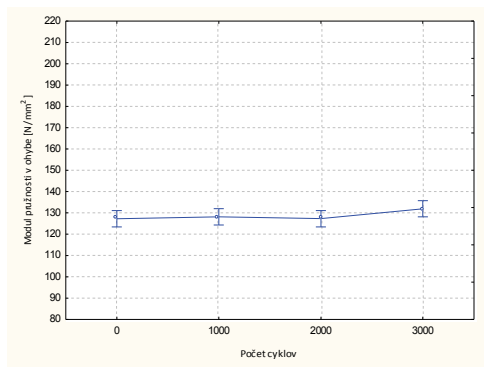
V tabuľke číslo 1 sú uvedené výsledky analýzy rozptylu hodnotiace účinok hrúbky materiálu, počtu cyklov a ich vzájomnej interakcie. Na základe výsledkov a hodnoty hladiny významnosti P, môžeme konštatovať, že účinok cyklického namáhania možno považovať za faktor, ktorý nemá vplyv na hodnoty medze pevnosti bukového lamelového dreva (obr. 3).

Z tabuľky číslo 1 ďalej vyplýva, že druhý sledovaný faktor - hrúbka materiálu má významný vplyv na hodnoty sledovanej charakteristiky. Významne pôsobiacim účinkom sa prejavila aj interakcia počtu cyklov a hrúbky materiálu.

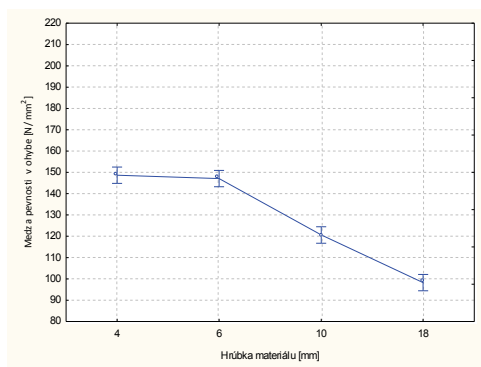
Tab.1 Základná tabuľka 2 faktorovej analýzy rozptylu hodnotiaca účinok jednotlivých faktorov na zmenu hodnôt medze pevnosti lamelového dreva

Sledovaný faktor	Súčet štvorcov	Stupňe - volnosti	Rozptyl	Fisherov F - Test	Hladina významnosti P
Abs. člen	2647947	1	2647947	17583,79	0,000000
Počet cyklov	594	3	198	1,31	0,271996
Hrúbka materiálu	69112	3	23037	152,98	0,000000
Počet cyklov * Hrúbka materiálu	4424	9	492	3,26	0,001215
Chyba	21685	144	151		

Účinok sledovaného počtu cyklov namáhania na hodnoty medze pevnosti možno považovať za faktor nevýznamný (obr. 3). Z narastajúcou hrúbkou materiálu klesajú hodnoty medze pevnosti (obr. 4). Štatisticky najvýznamnejší rozdiel sa prejavil pri hrúbkach materiálu 6 mm, 10 mm a 18 mm.

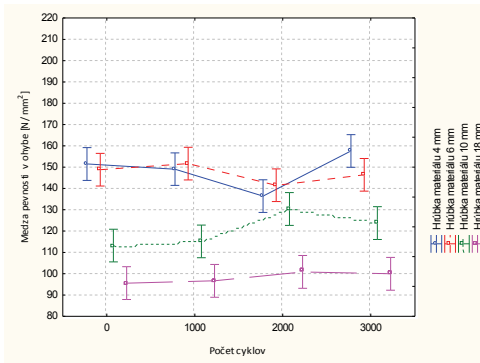


Obr. 3 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok počtu cyklov na medzu pevnosti pri ohybe lamelového dreva.

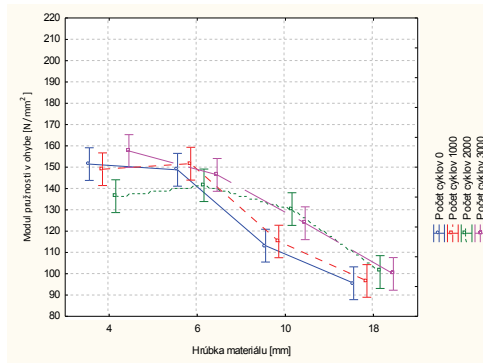


Obr. 4 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu na medzu pevnosti pri ohybe lamelového dreva.

Na základe analýzy rozptylu hodnotiacej účinok interakcie hrúbky materiálu a počtu cyklov namáhania na hodnoty medze pevnosti (tab.1), môžeme konštatovať, že interakcia oboch sledovaných faktorov má štatisticky stredne významný vplyv (obr. 5, obr. 6). Z grafov 95 % intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok interakcie počtu cyklov namáhania a hrúbky materiálu na medzu pevnosti pri ohybe lamelového dreva (obr. 5, obr. 6), môžeme pozorovať, že uvedený účinok sa prejavil v dôsledku výrazného vplyvu rozdielnej hrúbky materiálu.



Obr. 5 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok interakcie hrúbky materiálu a počtu cyklov namáhania na medzu pevnosti pri ohybe lamelového dreva.



Obr. 6 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok interakcie hrúbky materiálu a počtu cyklov namáhania na medzu pevnosti pri ohybe lamelového dreva.

### Rastlé drevo

Pri hodnotení vplyvu sledovaných faktorov na medzu pevnosti rastlého dreva (tab.2), môžeme konštatovať rovnaký priebeh ako sme zistili pri dreve lamelovom (tab.1). Účinok sledovaného počtu cyklov namáhania na hodnoty medze pevnosti možno považovať za štatisticky nevýznamný, zatiaľ čo vplyv hrúbky materiálu sa preukázal ako štatisticky významný faktor pôsobiaci na hodnoty medze pevnosti rastlého dreva.

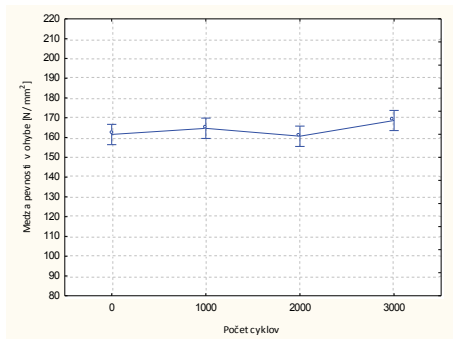
Interakciu oboch sledovaných faktorov, môžeme taktiež ako v prípade lamelového dreva považovať za kombináciu, ktorá má stredne významný účinok na sledovanú charakteristiku.

Tab. 2 Základná tabuľka 2 faktorovej analýzy rozptylu hodnotiaca účinok jednotlivých faktorov na zmenu hodnôt medze pevnosti rastlého dreva

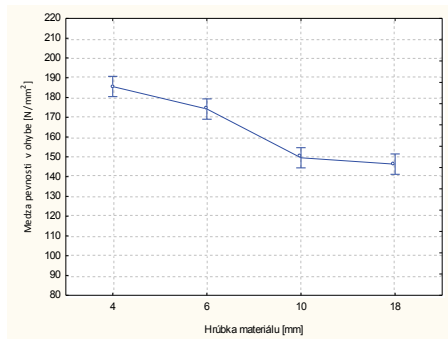
Sledovaný faktor	Súčet štvorcov	Stupň - volnosti	Rozptyl	Fisherov F - Test	Hladina významnosti P
Abs. člen	4298682	1	4298682	16011,79	0,000000
Počet cyklov	1548	3	516	1,92	0,128635
Hrúbka materiálu	43619	3	14540	54,16	0,000000
Počet cyklov * Hrúbka materiálu	7303	9	811	3,02	0,002456
Chyba	38660	144	268		

Štatisticky nevýznamný účinok počtu cyklov namáhania na hodnoty medze pevnosti rastlého dreva, potvrdzujú aj výsledky znázornené na obrázku číslo 7.

Klesajúce hodnoty medze pevnosti s narastajúcou hrúbkou rastlého dreva, sú znázornené na obrázku číslo 8. Z obrázku je zrejmé, že najnižšie hodnoty medze pevnosti sme zistili pri hrúbke materiálu 18 mm.

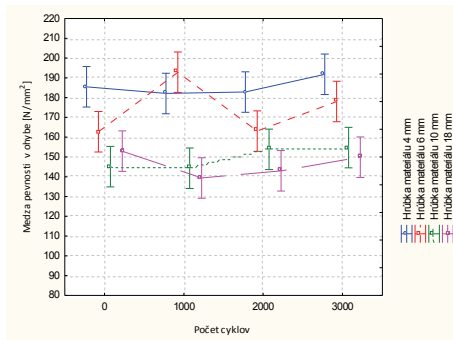


Obr. 7 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok počtu cyklov na medzu pevnosti pri ohybe rastlého dreva.

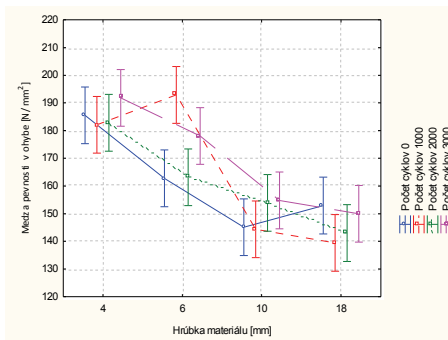


Obr. 8 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu na medzu pevnosti pri ohybe rastlého dreva

Z grafov 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúcich účinok hrúbky materiálu a počtu cyklov na medzu pevnosti v ohybe rastlého dreva (obr. 9, obr. 10), vypláva, že s narastajúcou hrúbkou materiálu klesajú hodnoty medze pevnosti. Počet cyklov sa preukázal ako faktor, ktorý nemá štatisticky významný vplyv na hodnoty medze pevnosti.

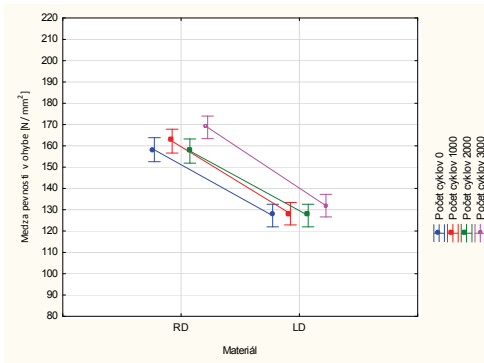


Obr. 9 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok interakcie hrúbky materiálu a počtu cyklov namáhania na medzu pevnosti pri ohybe rastlého dreva.

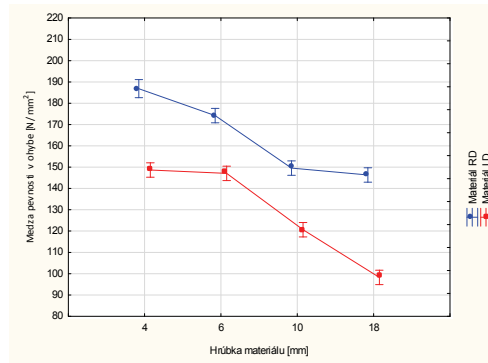


Obr. 10 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok interakcie hrúbky materiálu a počtu cyklov namáhania na medzu pevnosti pri ohybe rastlého dreva.

Celkovo nižšie hodnoty medze pevnosti sme namerali, pri lamelovom dreve (obr.11, obr. 12).



Obr. 11 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok typu materiálu a počtu cyklov na medzu pevnosti v ohybe rastlého a lamelového dreva.



Obr. 12 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu na medzu pevnosti v ohybe rastlého a lamelového dreva..

## VÝSLEDKY

Z výsledkov uvádzaných v práci vyplýva, že:

- počet cyklov namáhania sa pri oboch sledovaných typoch materiálu (rastlé drevo a lamelové drevo), preukázal ako faktor, ktorý nemá výrazný vplyv na hodnoty medze pevnosti,
- prejavil sa výrazný účinok hrúbky materiálu. V dôsledku nárastu hrúbky materiálu výrazne klesajú hodnoty medze pevnosti rastlého a lamelového dreva.
- interakciu faktorov hrúbka materiálu a počet cyklov možno považovať za interakciu ovplyvňujúcu hodnoty medze pevnosti. Z obrázkov číslo 5, 6, 9 a 10, ale vyplýva, že uvedený účinok bol spôsobený vplyvom hrúbky materiálu.
- na záver možno konštatovať, že pri porovnaní hodnôt medze pevnosti rastlého a lamelového dreva, sme zistili, že lamelové drevo má priemerne o 30 MPa nižšie hodnoty medze pevnosti.

Meraním sme zistili, že rastlé drevo má priemerne o 30 MPa vyššie hodnoty medze pevnosti v porovnaní s lamelovým drevom. Výsledky na základe ktorých tvrdíme, že medza pevnosti klesá s nárastom hrúbky materiálu, korešponujú s výsledkami práce Nicole Stark, kde uvádza, že aj pri zachovaní podmienky štíhlostného pomeru (20 x hrúbka materiálu) klesajú hodnoty medze pevnosti v dôsledku narastajúcej dĺžky materiálu. Ide teda o prejav heterogénneho rozloženia vlastností na väčšej dĺžke materiálu.

Je preto potrebné hľadať ďalšie možnosti modifikácie uvedených materiálov, z cieľom zlepšenia ich úžitkových vlastností pre účely tvorby nábytku.

## LITERATÚRA

- GAFF, M., ZEMIAR, J.: Vplyv vlhkosti dreva a ohrevu lisovacieho nástroja na tvarovú stabilitu a kvalitu nerovnomerne zlisovanej plochy osikového dreva. In: Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva 2008 : V. medzinárodná vedecká konferencia. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2008. s. 315-320- ISBN 978-80-228-1913-8
- GÁBORÍK, J. – DUDAS, J.: The change of properties of aspen wood by mechanical treatment – by pressing. (Zmena vlastností osikového dreva mechanickou úpravou - lisovaním) In.: Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu -Technologia drewna. Poznań 2006. <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue3/art-15.html>
- GÁBORÍK, J. – DUDAS, J.: The bending properties of aspen wood. (Ohybové vlastnosti osikového dreva) In.: Annals of Warsaw Agricultural University. Forestry and Wood Technology. No 65. Warsaw, 2008, s. 55 – 60. ISSN 1898-5912
- DUDAS, J.: Parametre kvality dreva určujúce jeho finálne použitie / Stanislav Kurjatko ... [et al.] ; rec. Ivan Makovíny, Štefan Šteller. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010. - 352 s. : obr., tab. - APVV-0282-06. - ISBN 978-80-228-2095-0
- GÁBORÍK, J.: Parametre kvality dreva určujúce jeho finálne použitie / Stanislav Kurjatko ... [et al.] ; rec. Ivan Makovíny, Štefan Šteller. - Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010. - 352 s. : obr., tab. - APVV-0282-06. - ISBN 978-80-228-2095-0
- MARO, M.: Vlastnosti lamelového dreva na baze dyhových lisovaných komponentov. Diplomová práca. 2012
- STARK, N.: Effect of Species and Particle Size on Properties of Wood-Flour-Filled Polypropylene Composites. In.: Functional Filler for Thermoplastics and Thermosets. San Diego, California, 1997

Skúmaná problematika je súčasťou výskumnej úlohy č. 1/0581/12 grantového projektu VEGA.