



## VPLYV CYKlickÉHO NAMÁHANIA NA PRUŽNOSŤ BUKOVÉHO RASTLÉHO A LAMELOVÉHO DREVA

Milan Gaff – Martin Maro

### Abstract

*In this article we deal with investigation a influence of cyclic loading massive and laminated beech wood at various material thicknesses on modulus of elasticity „ $E_m$ “, 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 modulus of elasticity for laminated wood isn't significant. On the other hand the cyclic loading has significant influence on decreasing of monitored values at massive wood. Thickness influence is significant factor; the results show that thickness increasing causes the lowering modulus of elasticity values after cyclic loading.*

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

### ÚVOD

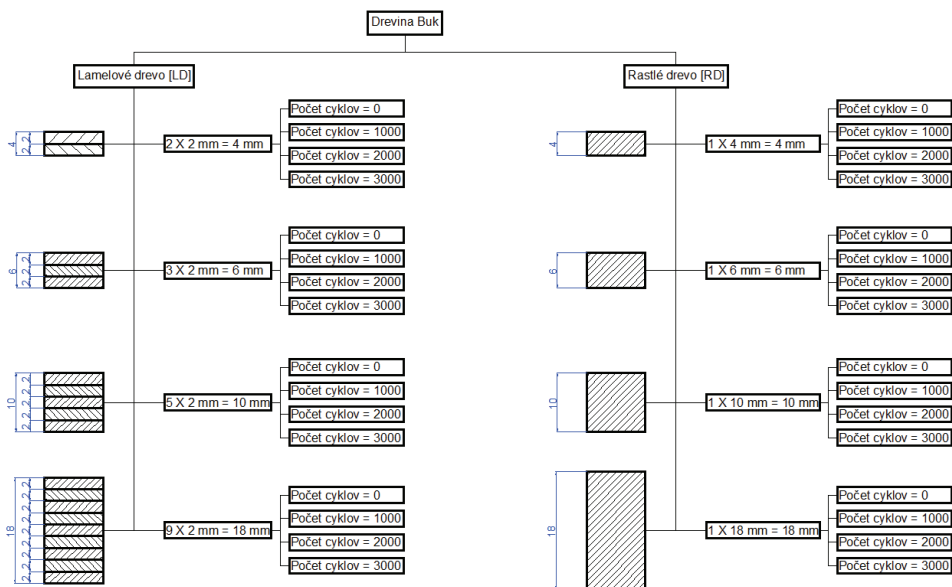
Účelom skúšky je spoznať vplyv cyklického namáhania rastlého bukového dreva a lamelového dreva na jeho pružnostné vlastnosti. Na tvorbu lamelového dreva sa v praxi používa rastlé drevo rôznych hrúbok, alebo lamelové drevo s rozdielnym počtom lamiel rôznych hrúbok. Životnosť týchto produktov je značne rozdielna, čo ovplyvňujú samotné vlastnosti materiálu. V dôsledku dlhodobého používania 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 uvádzanú mechanickú charakteristiku 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 modul pružnosti „ $E_m$ “, pri jeho ohýbaní v radiálnom smere. Zisťovali sme zmeny sledovanej charakteristiky, 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 modulu pružnosti v ohybe

Experimenty merania modulu pružnosti v ohybe kolmo na vlákna v radiálnom smere sme vykonávali podľa normy STN EN 310.

Modul pružnosti v ohybe  $E_m$  sme vypočítali podľa vzťahu (3).

$$E_m = \frac{l_0^2 * (F_2 - F_1)}{4 * b * h^2 * (a_2 - a_1)} \quad [\text{Mpa}] \quad (3)$$

Kde:

$E_m$  – modul pružnosti kolmo na vlákna v radiálnom smere [MPa],

$l_0$  – osová vzdialenosť podpier [mm],

$b$  – šírka skúšobného telesa [mm],

$h$  – hrúbka skúšobného telesa [mm],

$F_2 - F_1$  – prírastok zaťaženia v lineárnej časti grafu zaťaženia – priehyb, v N.  $F_1$  musí predstavovať približne 10 % a  $F_2$  približne 40% zlomového zaťaženia,

$a_2 - a_1$  – prírastok priehybu v polovici dĺžky skúšobného telesa (zodpovedajúci prírastku zaťaženia  $F_1 - F_2$ ).

### 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, medzu úmernosti, keďže budeme skúšobné vzorky zaťažovať do 90 % medze úmernosti.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Lamelové drevo

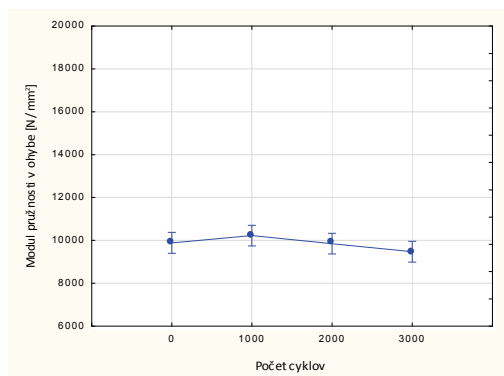
Na základe tab. 1 a hladiny významnosti  $P = 0,201597$  môžeme konštatovať, že počet cyklov nemá štatisticky významný vplyv na hodnoty modulu pružnosti lamelového dreva, čo potvrdzujú aj výsledky znázornené na Grafe 95 %-ných intervalov spoľahlivosti (obr. 2).

Z obrázku číslo 3 vyplýva, že hodnoty modulu pružnosti sa vplyvom rôznej hrúbky lamelového dreva menia štatisticky významne, čo potvrdzuje aj hodnota hladiny významnosti  $P = 0,000000$  uvedená v tab. 1. Z uvedeného grafu vyplýva, že s nárastom hrúbky materiálu klesajú hodnoty modulu pružnosti, výnimkou je hodnota modulu pružnosti zistená pri lamelovom dreve hrubom 6 mm, kde môžeme pozorovať štatisticky významný nárast hodnôt sledovanej charakteristiky.

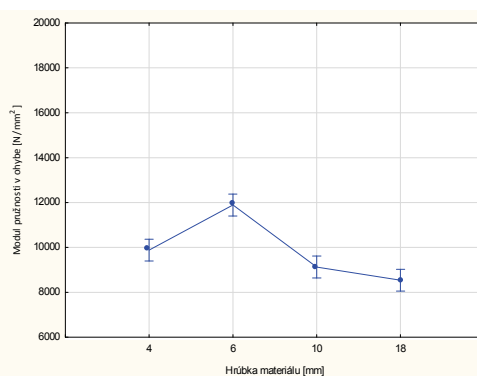
Interakcia oboch sledovaných faktorov (hrúbka lamelového dreva a počet cyklov) sa preukázala ako kombinácia štatisticky významne pôsobiacich faktorov (obr. 4, tab.1).

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

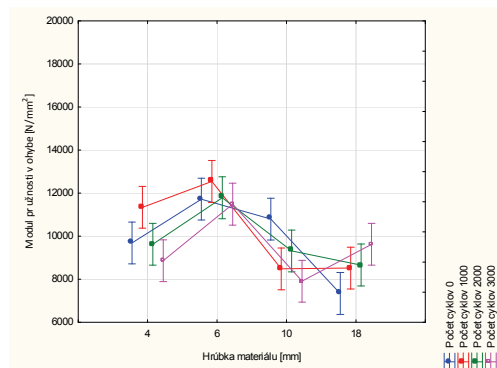
Sledovaný faktor	Súčet štvorcov	Stupňe - volnosti	Rozptyl	Fisherov F - Test	Hladina významnosti P
Abs. člen	1,555351E+10	1	1,555351E+10	6425,379	0,000000
Počet cyklov	1,133184E+07	3	3,777279E+06	1,560	0,201597
Hrúbka materiálu	2,557202E+08	3	8,524008E+07	35,214	0,000000
Počet cyklov * Hrúbka materiálu	1,012217E+08	9	1,124685E+07	4,646	0,000021
Chyba	3,485717E+08	144	2,420637E+06		



Obr. 2 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok počtu cyklov na modul pružnosti v ohybe lamelového dreva.



Obr. 3 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu na modul pružnosti v ohybe lamelového dreva.



Obr. 4 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu a počtu cyklov na modul pružnosti v ohybe lamelového dreva.

### Rastlé drevo

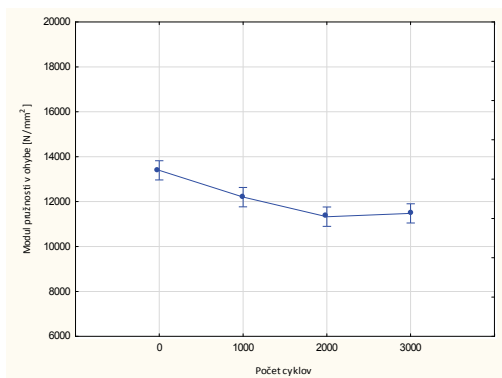
Z hodnôt hladiny významnosti P uvádzaných v tab. 2 vyplýva, že namerané hodnoty modulu pružnosti rastlého dreva sú štatisticky významne ovplyvnené počtom cyklov, hrúbkou materiálu a aj interakciou oboch pôsobiacich faktorov.

Tab. 2 Základná tabuľka 2 faktorovej analýzy rozptylu hodnotiacia účinok jednotlivých faktorov na zmenu hodnôt modulu pružnosti lamelového dreva

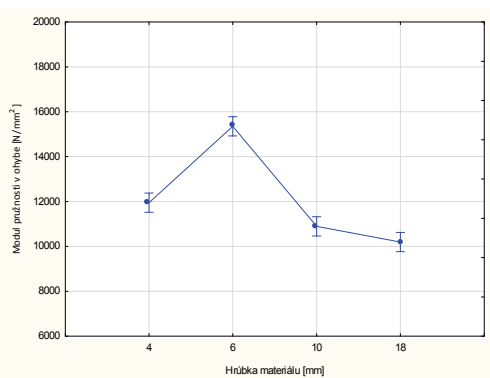
Sledovaný faktor	Súčet štvorcov	Stupňe - volnosti	Rozptyl	Fisherov F - Test	Hladina významnosti P
Abs. člen	2,342120E+10	1	2,342120E+10	12470,00	0,000000
Počet cyklov	1,070298E+08	3	3,567661E+07	19,00	0,000000
Hrúbka materiálu	6,270167E+08	3	2,090056E+08	111,28	0,000000
Počet cyklov * Hrúbka materiálu	8,628126E+07	9	9,586806E+06	5,10	0,000005
Chyba	2,704614E+08	144	1,878204E+06		

Na obrázku číslo 5 je znázornený vplyv počtu cyklov na hodnoty modulu pružnosti rastlého dreva. Z obrázku vyplýva, že hodnoty modulu pružnosti, štatisticky významne klesajú vplyvom narastajúceho počtu cyklov namáhania. Rozdiel hodnôt modulu pružnosti zistený pri 2000 a 3000 cykloch možno považovať za štatisticky nevýznamný.

Pri hodnotení modulu pružnosti rastlého dreva ovplyvneného hrúbkou materiálu (obr. 6), môžeme pozorovať, že premenné hodnoty sledovanej charakteristiky klesajú, podobne ako v prípade lamelového dreva, výnimku tvorí súbor skúšobných telies s hrúbkou 6 mm, pri ktorom sme zistili štatisticky významný nárast sledovaných hodnôt modulu pružnosti.



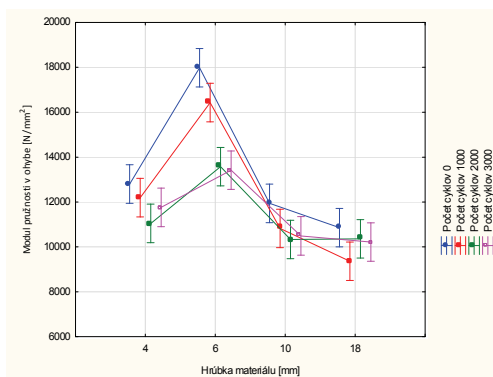
Obr. 5 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok počtu cyklov na modul pružnosti v ohybe rastlého dreva.



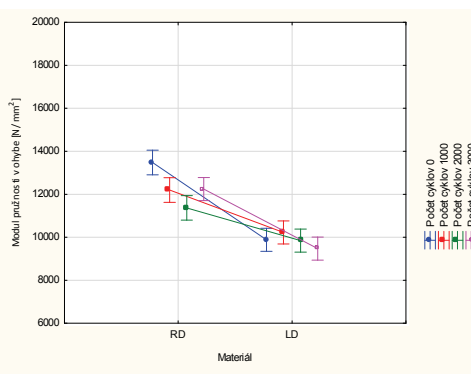
Obr. 6 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu na modul pružnosti v ohybe rastlého dreva.

Vplyv interakcie oboch sledovaných faktorov, počet cyklov a hrúbka namáhania, ktorý je znázornený na obr. 7 potvrdzuje hodnotu hladiny významnosti  $P = 0,000005$  (tab.2), čo znamená štatisticky významný vplyv interakcie oboch sledovaných faktorov.

Obrázok číslo 8 znázorňuje vplyv počtu cyklov na hodnoty modulov pružnosti rastlého a lamelového dreva. Z výsledkov na obrázku vidíme, že hodnoty modulov, pružnosti, namerané na lamelovom dreve majú štatisticky významne nižšie hodnoty v porovnaní s rastlým drevom. Vplyv počtu cyklov sa v prípade lamelového dreva významne neprejavil. V prípade dreva rastlého môžeme vo všetkých prípadoch cyklického namáhania pozorovať pokles hodnôt modulu pružnosti.



Obr. 7 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok hrúbky materiálu a počtu cyklov na modul pružnosti v ohybe rastlého dreva.



Obr. 8 Graf 95%-ných intervalov spoľahlivosti znázorňujúci účinok typu materiálu a počtu cyklov na modul pružnosti v ohybe.

## ZÁVER

Na základe výsledkov práce sme dospeli k záverom, ktoré možno rozdeliť do nasledovných bodov:

1. Pri lamelovom dreve sa neprejavil vplyv cyklického namáhania na hodnoty modulu pružnosti. Čo znamená, že pri tomto type materiálu, môžeme očakávať vyššiu životnosť.
2. Naopak u rastlého dreva hodnoty modulu pružnosti vplyvom cyklického namáhania klesajú štatisticky významne, na základe čoho možno predpokladať, že životnosť tohto typu materiálu je podstatne nižšia v porovnaní s lamelovým drevom.
3. Je potrebné poukázať na fakt, že hodnoty modulov pružnosti lamelového dreva, ktoré sme namerali, sa pohybujú v rozmedzí od 800 MPa do 1100 MPa. Nami namerane hodnoty modulu pružnosti rastlého dreva sa pohybovali v rozmedzí od 1000 MPa do 1200 MPa. Z čoho vyplýva, že z pohľadu modulu pružnosti možno považovať rastlé drevo za materiál vhodnejší. Na druhej strane sme zistili, že lamelové drevo lepšie odoláva cyklickému namáhaniu a hodnoty modulu pružnosti sa nemenia.
4. Z porovnania účinku hrúbky materiálu na hodnoty modulu pružnosti, pri oboch typoch sledovaných materiálov vyplýva, že pri oboch typoch materiálov môžeme očakávať rovnaký vplyv hrúbky materiálu, teda pokles hodnôt sledovanej charakteristiky.
5. Zaujímavú skupinu tvoria súbory skúšobných telies rastlého a lamelového dreva s hrúbkou materiálu 6 mm. Pri oboch súboroch skúšobných telies sme namerali najvyššie hodnoty modulu pružnosti. Preto tento súbor skúšobných telies bude predmetom ďalšieho skúmania v uvedenej oblasti.
6. Zároveň sa zameriame na hľadanie spôsobu zvýšenia hodnôt modulu pružnosti lamelového dreva, modifikáciou jeho vlastností. Jedným z perspektívnych spôsobov modifikácie vlastností lamelového dreva by mohlo byť zhutňovanie jednotlivých lamiel z ktorých je súbor lamelového dreva zložený.

## 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. Warszawa, 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

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