

Skakić D., Džinčić I. 2008. *Comparative investigation of durability of chairs made of beach and Paulownia tomentosa*. Bulletin of the Faculty of Forestry 98: 167-176.

Душан Скакић  
Игор Џинчић

UDK: 684.432:630\*812.7  
Оригинални научни рад

## УПОРЕДНО ИСТРАЖИВАЊЕ ЧВРСТОЋЕ СТОЛИЦА ИЗРАЂЕНИХ ОД БУКОВИНЕ И *PAULOWNIA TOMENTOSA*

**Извод:** У раду су саопштени резултати упоредних истраживања чврстоће столица које су израђене од дрвета *Paulownia tomentosa* и дрвета букве. Као представник намештаја на коме је спроведено испитивање могућности увођења нове врсте за производњу намештаја у погоне финалне прераде у Србији изабрана је столица. У поређењу са осталим типовима намештаја статичка и динамичка оптерећења код столица достижу највеће вредности, тако да су ти показатељи били пресудни за одабир комада намештаја на коме ће бити извршени испитивање. Добијени резултати упућују на могућност коришћења ове врсте дрвета за производњу намештаја који у току експлоатације није изложен великим оптерећењима.

**Кључне речи:** столица, број циклуса, трајност, пауловнија

### COMPARATIVE INVESTIGATION OF DURABILITY OF CHAIRS MADE OF BEACH AND *PAULOWNIA TOMENTOSA*

**Abstract:** The result of parallel investigation of chair durability, which has been made in two different wood species (beach and *Paulownia tomentosa*) has been presented in this paper. Static and dynamic loads has highest values in seating furniture, and that is the reason why chair has been chosen to be representative for testing new species, which could be used in furniture production in Serbia. A shown results indicates on possibility that this species can be used only for production furniture which wont be imposed with heavy loads during exploitation.

**Key words:** chair, number of tilting, durability, paulownia

### 1. УВОД

Прерада дрвета у Србији претежно се заснива на преради буковог дрвета, будући да оно у шумама Србије обухвата 50,4% запремине свих врста дрвећа и 45,0% др Скакић Душан, ред. професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд  
мр Џинчић Игор, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

запреминског прираста (Шошкић, Скакић, 1995). Услед велике заступљености буковине у укупној количини дрвета у Србији, као и њеној све широј примени, буковина је постала фактор на коме се темељи развој дрвне индустрије код нас. Интензивним сечама у последњих 50 година, које нису биле пропраћене адекватним обнављањем шумског фонда, дошло је до значајних промена у његовој структури, тако да данас имамо релативно велико учешће нискоквалитетне букове грађе.

У циљу повећања потенцијала расположивих шумских ресурса потребно је предузети одговарајуће кораке у области обнављања шумског фонда, освајања нових површина, стварања услова за плантажну производњу, као и истраживањима које би била усмерена на увођење нових врста у производњу намештаја.

## **2. ПРЕДМЕТ, ЦИЉ И МЕТОД ИСТРАЖИВАЊА**

### **2.1. Предмет истраживања**

Предмет истраживања овог рада обухвата упоредну анализу издржљивости трпезаријске столице која је израђена из две различите врсте дрвета. На основу досадашњих истраживања и искустава из праксе показало се да је трајност столица највећим делом у функцији издржљивости, а издржљивост у функцији избора елемената везе за различите конструкције столица, врсти дрвета, врсти споја, површини лепљења, тачности израде, вида налегања, влажности дрвета, квалитета лепка и режима лепљења.

У оквиру овог рада истраживање је било усмерено на утврђивање утицаја врсте дрвета на трајност столица. Сви остали фактори који утичу на чврстоћу споја одржавани су константним.

### **2.2. Циљ рада**

Циљ овог рада је испитивање утицаја врсте дрвета на квалитет трпезаријске столице. Поред овог основног циља, овај рад треба да пружи одговоре и на следећа питања, које свако за себе, представља допринос увођењу нових врста у производњу финалних производа:

- утврђивање могућности увођења пауловније за производњу намештаја за седење;
- утврђивање побољшања конструкције намештаја за седење.

### **2.3. Метод истраживања**

#### **2.3.1. Избор представника намештаја за испитивање**

Као представник намештаја на коме ће се спровести испитивање могућности увођења нове врсте за производњу намештаја за седење у погоне финалне прераде

у Србији није случајно изабрана баш столица. Наиме, од свих типова намештаја, столица поред тога што увек представља изазов са становишта обликовања и ергономије, представља и велики изазов са становишта носивости и оптерећења, јер код столица статичка и динамичка оптерећења у односу на остале типове намештаја достижу највеће вредности (спој задња нога-бочни сарг је у експлоатацији оптерећена и до  $250 Nm$ , Ауер, 1981).



Слика 1. Представник трпезаријске столице одабран за испитивање

Figure 1. Representative of dining chair chosen for investigation

Табела 1. Димензије детаља столице

Table 1. Dimensions of chair elements

№	Назив елемента Name of element	Бр. ком. у производу № of pieces in the product	Тачне мере Exact mea- surements		
			mm		
			l	b	d
1	Предња нога	2	443	40	40
2	Предњи сарг	1	390	55	22
3	Задња нога	2	900	66	26
4	Задњи сарг	1	324	55	22
5	Бочни везач	2	400	21	18
6	Бочни сарг	2	400	56	22
7	Наслон	1	350	105	22

Испитивање је обављено на две групе узорка трпезаријских столица габаритних димензија  $450 \times 480 \times 1.000 mm$  (слика 1). Димензије детаља столице дате су у табели 1.

### 2.3.2. Избор врсте дрвета за израду узорка

Узорци групе А израђени су из врсте дрвета *Paulownia tomentosa*. Род *Paulownia* представља листопадно дрвеће из породице *Scrophulariceae* и обухвата, у зависности од таксономског извора, између 6 и 17 врста. Према Zhu Zha o -Hu a (1988), налазимо податак да је пауловнија била култивисана још 1.000 година пре нове ере.

Дрво пауловније је једричаво са прстенасто распоређеним трахејама и просечном густином у апсолутно сувом стању од око  $240 kg \cdot m^{-3}$ . Бељика има тоне од сиво-беле до светло-смеђе, док је срж светло-смеђа.

За врсту дрвета од које су израђени узорци групе Б изабрана је буковина.

Будући да дрво букве у шумама Србије обухвата 50,4% запремине свих врста дрвећа и 43,0% запреминског прираста дрвета (Шошкић, Скакић, 1995), наметнула се потреба да се узорци друге групе израде од ове, у нас, индустријски најважније врсте дрвета.

Узорци су израђивани из резане грађе која је добијена од стабала из газдинства Гоч-Гвоздац и Жељин-Столови. Газдинство Гоч-Гвоздац је део планинског подручја Гоч. Стабла су расла у одељењу 41/1 Гоч-Гвоздац А на надморској висини 1.020-1.180 *m*, експозиција север-североисток, на падини уједначеног нагиба. Тип шуме у којој су се налазила стабла, висока је пребирна шума јеле и букве у фази разградње.

### 2.3.3. Избор врсте спојева, видова налегања и тачности израде

Сви елементи столице су спајани помоћу споја овални чеп-жљеб, док је наслон са задњом ногом спајан помоћу споја округли чеп-жљеб. Пре израде узорака испитана је тачност рада машина за израду елемената везе и установљено да осцилирајућа бушилица и ротациона чепарица раде у класи тачности TD40. Сви елементи везе су израђени у благом преклопном налегању *K/p* по висини и дебљини. Влажност свих узорака је контролисана пре израде елемената везе и износила је  $8\pm 2\%$ . У табели 2 дат је приказ елемената везе, класа тачности и видова налегања.

Табела 2. Димензије елемената везе, класа тачности и вид налегања

Table 2. Chair element dimensions, machining parameters, type of fit

№	Спој Joint	Димензије чепа и жљеба Mortise & tenon dimensions			Класа тачности Machining parameters	Вид налегања Type of fit
		<i>d</i>	<i>b</i>	<i>l</i>		
		<i>mm</i>				
1	Предња нога-бочни сарг	8	35	20	TD40	<i>K/p</i>
2	Предња нога-предњи сарг	8	35	20		
3	Задња нога-бочни сарг	8	45	20		
4	Задња нога-задњи сарг	8	45	20		
5	Предња нога-доњи везач	8	15	20		
6	Задња нога-доњи везач	8	20	20		

### 2.3.4. Израда узорака, мерни прибор и мерење спојева и избор лепка

У складу са циљем рада израђене су две партије узорака. У оквиру сваке партије израђено је по три узорка, према СРПС Д.Е2.002 што укупно износи шест узорака. Узорци су израђени према димензијама датим у табели 1 и табели 2.

Пре међусобног спајања делова обављено је мерење димензија елемената спојева. Мерење димензија елемената спојева обављено је дигиталним кљунастим мерилом, тачности 0,01 *mm*.

За лепљење елемената везе у оквиру овог истраживања коришћен је ПВА-ц лепак фирме ЕММЕВИ тип ЕММЕVIL М91. Лепљење свих спојева обављено је лепком из исте шарже. Лепак је наносен на елементе везе обострано, на затварач и у отвор, ручно. Приликом наношења лепка контролисана је оквашеност спајајућих површина.

### 2.3.5. Испитивање квалитета узорака

Испитивања су обављена према стандарду СРПС Д.Е2.100, а испитиване су следеће карактеристике квалитета:

- функционалност;
- стабилност;
- издржљивост;
- отпорност површина;
- квалитет материјала и тачност израде.

## 3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Функционалне мере и стабилност свих десет узорака обе групе одговарају постављеним техничким условима квалитета. Резултати испитивања осталих карактеристика квалитета дати су у табелама 3, 4 и 5.

**Табела 3.** Резултати испитивања издржљивости конструкције обе групе узорака  
**Table 3.** The results of investigation of chair durability in both groups of samples

Група Group	Ред. бр. узорка Sample №	Отпор. на клаћење Tilt resistance	Прос. бр. цикл. Average number of cycles	Ст. девијација St. deviation $\sigma$	Коеф. вар. Coeff. of var. $v$
		циклуса / cycles			
А	1	3.453	3.515	735,96	20,93%
	2	2.812			
	3	4.280			
Б	1	30.058	28.592	3.505,93	12,26%
	2	31.127			
	3	24.591			

**Табела 4.** Оцена резултата испитивања групе узорака А према СРПС. Д.Е2.100  
**Table 4.** Test results - group A, according to SRPS D.E2.100

Група А ( <i>Paulownia</i> ) Group A ( <i>Paulownia</i> )	Не испуњава Not standard	$Q_{III}$	$Q_{II}$	$Q_I$
издржљивост	x			
отпорност површине			x	
квалитет материјала и тачност израде		h		

**Табела 5.** Оцена резултата испитивања групе узорака Б према СРПС. Д.Е2.100

**Table 5.** Testing results - group B, according to SRPS D.E2.100

Група А ( <i>Paulownia</i> ) Group A ( <i>Paulownia</i> )	Не испуњава Not standard	$Q_{III}$	$Q_{II}$	$Q_I$
издржљивост			h	
отпорност површине				h
квалитет материјала и тачност израде				h

## 4. АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

### 4.1. Функционалност

Поређењем измерених вредности са димензијама које су прописане стандардом, утврђено је да функционалне мере одговарају антропометријским и ергономским захтевима, без обзира на врсту дрвета из које су израђени узорци.

Стабилност испитиваних узорака унапред, уназад и у страну одговара постављеним техничким условима, чиме је први захтев квалитета испоштован.



**Слика 2.** Оштећења на споју бочни сарг предња нога

**Figure 2.** Damage on side rail-front leg joint



**Слика 3.** Оштећења на споју бочни сарг задња нога

**Figure 3.** Damage on side rail-back leg joint

#### 4.2. Издржљивост

Издржљивост узорака групе А према отпорности на клађење има просечну вредност од 3.515 циклуса (у оквиру ове групе најмањи број циклуса је био 2.812, а највећи 4.027 циклуса). Према СРПС Д.Е2. 100, доња граница основног нивоа квалитета износи 5.000 циклуса. На основу овога може се увидети да узорци групе А не задовољавају основни квалитет (најнижи ниво квалитета).

Оштећења, настала током испитивања, јављала су се како на споју бочни сарг-задња нога, тако и на споју бочни сарг-предња нога. Код узорака групе А јављала су се два типа оштећења:

- у споју предња нога бочни сарг дошло је до пуцања чепа по његовој бази (слика 2);
- у споју задња нога бочни сарг дошло је до пуцање ноге у близини споја (сл. 3 и сл. 4).

Просечна отпорност на клађење узорака групе Б износила је 28.592 циклуса, што према СРПС Д.Е2. 100 потпада у ниво квалитета  $Q_{11}$ . На основу статистичке анализе добијених резултата може се видети да је код узорака А групе варијација резултата била већа 20%.



Слика 4. Оштећења на споју бочни сарг-задња нога

Figure 4. Damage on side rail-back leg joint



Слика 5. Оштећења на споју бочни сарг задња нога код узорака групе Б

Figure 5. Damage on side rail-back leg joint in 2<sup>nd</sup> group of samples



Слика 6. Оштећења на споју бочни сарг-предња нога код узорака групе Б

Figure 6. Damage on side rail-front leg joint in 2<sup>nd</sup> group of samples

Оштећења која су се јавила приликом испитивања отпорности на клађење настала су на спојевима предња нога-бочни сарги на спојевима задња нога-бочни сарг, код свих узорака.

Настала оштећења код узорака групе Б јављала су се у истим критичним тачкама као и код узорака групе А (предња нога-бочни сарг и задња нога-бочни сарг), али су се разликовала по нивоу оштећења. Наиме, код узорака групе Б није дошло до пуцања чепа нити до лома ногу, већ се попуштање споја манифестовало у виду појаве зазора услед извлачења чепа из жљеба (слика 5 и слика 6).

#### 4.3. Отпорност површине

Код узорака утврђена је висока отпорност седишта на воду у трајању од 24<sup>h</sup> и осталих делова у трајању од 1h, чиме је постигнут највиши  $Q_1$  ниво квалитета. Отпорност седишта и осталих делова на маст износила је 24<sup>h</sup>, што такође одговара највишем нивоу квалитета  $Q_1$ .

Код узорака групе А отпорност површине на гребање износи 5  $N$ , што одговара високом нивоу квалитета  $Q_{II}$ , док код узорака групе Б отпорност површине на гребање одговара посебно високом нивоу квалитета  $Q_1$  и има вредност од 7  $N$ .

#### 4.4. Квалитет материјала и тачност израде

Приликом оцењивања квалитета материјала узорака групе А уочено је да они одговарају високом нивоу квалитета. Међутим, приликом оцењивања тачности израде уочена су оштећења на дрвеним деловима столица, која настају услед превеликог притиска стезних уређаја током машинске обраде елемената. Такође је уочен и релативно танак нанос лака приликом површинске обраде. Све уочене грешке резултовале су нижом оценом тачности израде која одговара основном квалитету  $Q_{III}$ .

Према визуелној оцени квалитета дрвета, материјала за пресвлачење, материјала за површинску обраду, мере и углови, брушење и чишћење, површинска обрада, конструкције за пресвлачење: пресвлаке за седиште, кројење и шивење и окивања код узорака групе Б одговарају високом -  $Q_{II}$  нивоу квалитета.

### 5. ЗАКЉУЧЦИ

Упоредном анализом резултата испитивања две групе столица које су израђене из две различите врсте дрвета, буковине и *Paulownia tomentosa* може се закључити следеће:

- прва група карактеристика квалитета одговара прописаним захтевима код обе групе узорака. Приликом конструисања столице функционалне мере су добро одабране, чиме је обезбеђена и потребна стабилност столице;



- код обе групе као критично место у конструкцији јављали су се спојеви бочни сарг-задња нога и бочни сарг-предња нога;
- просечни број циклуса које су издржале столице групе А, израђене од пауловније, износи 3.515, што не одговара ни основном нивоу квалитета. Оштећења која су настајала приликом испитивања упућују на закључак да намештај који је поред статичког оптерећења изложен и динамичким напрезањима (намештај за седење, намештај за лежање и намештај за употребу при раду и јелу-столови), није препоручљиво радити од дрвета пауловније. Оштећења која су се јављала током испитивања манифестовала су се у виду пуцања чепа по његовој бази или пуцања ногу у близини споја, што нас наводи на закључак да је лепљени спој имао већу чврстоћу од чврстоће дрвета пауловније у поједином анатомском правцу;
- приликом испитивања издржљивости на клаћење, столице групе Б израђене од буквине, показале су знатно већу издржљивост од столица групе А. Просечан број циклуса износио је 28.592 циклуса што одговара другом нивоу квалитета. Оштећења која су настајала приликом испитивања (извлачење чепа из жљеба) последица су попуштања лепљене везе, што наводи на закључак да би се побољшање конструкције могло извести увођењем додатног угаоног ојачања;
- карактеристике квалитета групе „отпорност површине” задовољавају највише захтеве квалитета. Изузетак је отпорност на гребање чије вредности код узорак групе А задовољавају висок ниво квалитета. Изостанак посебно високог квалитета код отпорности на гребање, узорак групе А, последица је механичких својства и запреминске масе дрвета пауловније који утичу на отпорност на гребање;
- анализом квалитета материјала и тачности израде узорак групе А уочена су оштећења од стезних уређаја. Приликом машинске обраде елемената столица групе А режими обраде нису прилагођавани дрвету пауловније, која има значајно мању густину од дрвета букве од које су рађени узорци групе Б. Такође, приликом површинске обраде режими нису прилагођавани дрвету пауловније што је резултовало тањим наносом лака;
- у случају да се дрво пауловније уведе као нова врста за производњу намештаја у Србији потребно би било извршити испитивања која би обухватила њену обрадљивост како са становишта механичке, тако и са становишта површинске обраде.

**Напомена:** Рад је финансиран средствима пројекта ТР-20109.

## ЛИТЕРАТУРА

- Zhu Zhao-Hua (1988): *Paulownia in China - Cultivation and utilization*, Beijing  
 Јершић Р., Синковић Б. (1982): *Фактори квалитетне столице*, Зборник радова 1976-1982, књига 4, Загреб (129-136)

- Rudiger A. et al. (1995): *Grundlagen des Möbel - und Innenausbau*, DRV Verlags, Stuttgart
- Скакић Д., Јанићијевић С. (2000): *Утицај врсте сјоја, тачности обраде и вида налетања на чврстоћу сјојева столица*, Дрварски гласник 35-36, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (21-25)
- Скакић Д., Џинчић И. (2003): *Утицај димензије чеја и вида налетања на чврстоћу сјојева код столица*, Прерада дрвета 2, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (25-30)
- Шошкић Б., Скакић Д. (1995): *Својства и наменска прерада буковине*, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

Dušan Skakić  
Igor Džinčić

#### COMPARATIVE INVESTIGATION OF DURABILITY OF CHAIRS MADE OF BEACH AND *PAULOWNIA TOMENTOSA*

##### Summary

Wood processing in Serbia is predominantly based on the processing of beech wood. Intensive cutting during the last fifty years, without the adequate regeneration of the growing stock, led to significant changes in beech structure, so today there is a relatively high percentage of low-quality beech structure. The introduction of plantation production of new species which have not been used so far in furniture manufacture in this region could be one of the measures to increase the potential forest resources.

The possibility of introduction of the new wood species, *Paulownia tomentosa*, in furniture manufacture in Serbia was researched on dining chairs, because the static and dynamic loads on chairs attain the highest values, compared to other furniture types. This research includes the comparative analysis of durability of dining chairs made of two different wood species. The samples in group A were made of *Paulownia tomentosa* wood, and the samples in group B were made of beechwood. The aim of the research was to assess the effect of wood species on chair strength, while all other factors affecting the strength remained constant. Based on the comparative analysis of the study results, it can be concluded that Paulownia can be used in the production of furniture which is not exposed to heavy loads during exploitation.