

## ЧВРСТОЋА И ТВРДОЋА БУКОВОГ ДРВЕТА ИЗ ИЗДАНАЧКИХ ШУМА Г.Ј. ЦРНИ ВРХ – КУПИНОВО

ЗДРАВКО ПОПОВИЋ  
НЕБОЈША ТОДОРОВИЋ

**Извод:** У раду су приказани резултати експерименталног истраживања чврстоће на притисак паралелно са влаканицима и тврдоће дрвета изданачке букве са локалитета Бор – Бољевац, Г.Ј. Црни Врх – Купиново. Анализирано је осам стабала из две серије које су обухваћене научно производним огледом у оквиру ове газдинске јединице. Статистички обрађени резултати су приказани су за свако стабало, на висини од 1,3 m. Упоређењем са досадашњим истраживањима, чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима изданачке букве са анализираним локалитета има већу вредност док је тврдоћа дрвета има приближно исту просечну вредност са вредностима тврдоће дрвета са других локалитета, једино одступа од вредности тврдоће дрвета коју су добили Давидовић Б. и Чемеркић М., за букву са Гоча, Жељина и Стрмостена. Резултати испитивања показују да постоји разлика у чврстоћи на притисак паралелно са влаканицима између стабала, а такође, и у оквиру стабала, док код тврдоће дрвета та разлика није установљена. Између густине и анализираних механичких својстава дрвета постоји корелациона зависност општег линеарног облика  $y = ax - b$ .

**Кључне речи:** изданачке шуме, буковина, дрво, чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима, тврдоћа дрвета.

### COMPRESSIVE STRENGTH AND HARDNESS OF BEECH WOOD IN COPPICE FORESTS OF M.U. CRNI VRH – KUPINOVO

**Abstract:** The results of experimental research of compressive strength parallel to the grain and hardness of beech wood in coppice forest at the locality Bor – Boljevac, M.U. Crni Vrh – Kupinovo, are presented. Eight trees in two series were analysed. They are covered by a scientific-production experiment within this Management Unit. The statistically processed results are shown for each tree, at dbh of 1.3 m. Based on the comparison with the previous research, compressive strength parallel to the grain in coppice beech wood of the analysed locality is higher, while the hardness has approximately the same average value as the hardness of wood from other localities, it deviates only from the value of wood hardness obtained by Davidović B. and Čemerkić M., for beech from Goč, Željina and Strmosten. The study results show the difference in compressive strength parallel to the grain between the trees, and also within the same tree, but such differences were not measured for wood hardness. There is a correlation of general linear form  $y = ax - b$  between density and the analysed mechanical properties of wood

**Key words:** coppice forest, beechwood, wood, compressive strength parallel to the grain, hardness.

*Др Здравко Поповић, ванр.проф. и Небојша Тодоровић, дил.инж. асистенти  
управник Шумарског факултета у Београду.*

*Овај рад је финансиран средствима МНТ РС у оквиру пројекта БТН  
6.2.0.7232.А – руководиоца је др Милун Крстић*

## 1. УВОД И ЦИЉ РАДА

Од укупне површине под шумама Републике Србије на изданачке шуме – пањаче отпада значајних 46% (Љ. Стојановић и М. Крстић, 2003). У шумском фонду РС, према истим ауторима, доминира буква, са 50% по површини и са око 60% по запремини и текућем запреминском прирасту. У том контексту ће и истраживање својстава буковог дрвета, из изданаčkih шума, за практичну примену имати све већи значај.

Циљ овог истраживања је према горе наведеном, одређивање: чврстоће на притисак паралелно са влаканицама и тврдоће дрвета у сва три анатомска правца, као прилог истраживању механичких својстава буковог дрвета из изданаčkih шума.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

### Порекло материјала

Истраживања су извршена у средњедобној буковој изданачкој шуми у североисточној Србији, на подручју Црног Врха код Бора. Прикупљање података на терену обављено је у оквиру Г.Ј. "Црни Врх - Купиново", у одељењу 4 у непроређиваној буковој састојини чија је старост око 55 година. Издвојене су две серије са ознакама VIII и IX које су сачињене од по четири огледна поља од којих је једно контролно, а преостала три су експериментална. Основни подаци и карактеристике датих серија су:

### VIII серија

Типолошка припадност: шума букве (*Fagetum montanum nudum*) на кисело смеђем скелетном земљишту на андезиту. Надморска висина је између 750 и 770 m, експозиција север–североисток и нагиб терена 28 до 30°. Састојина букве је мешовитог порекла. Склоп је од 0,8 до 1,0.

Број стабала у оквиру ове еколошке јединице креће се од 2900 до 3100 по ха, просечно за сва четири поља 2985 по ха. Дрвна запремина се креће од 147,4 до 219,0 m<sup>3</sup>/ха, просечно за ову серију 180,5 m<sup>3</sup>/ха.

### IX серија

Типолошка припадност: планинска шума букве (*Fagetum montanum nudum*) на кисело смеђем скелетном земљишту на андезиту. Надморска висина је између 850 и 860 m, нагиб терена од 8-16<sup>0</sup>, експозиција север–североисток. Склоп састојине износи од 0.8–0.9. У погледу фазе развоја ова састојина се налази, као и претходна, на прелазу старијег младика у средње доба. Број стабала у оквиру ове еколошке јединице је од 3200 до 3944 по ха, просечно за сва четири поља 3593 по ха. Дрвна запремина је од 151,2 до 161,8 m<sup>3</sup>/ха, просечно за ову серију 155,0 m<sup>3</sup>/ха.

### Метод рада

За анализу су изабрана стабла као средња стабла од 20% најразвијенијих од сваке серије а која истовремено представљају средња стабла од стабала будућности. Узето је по једно стабло из сваког огледног поља сва-

ке серије, односно осам стабала укупно. Карактеристике анализираних стабала приказане у табели 1.

*Табела 1: Спољашње карактеристике анализираних стабала букве са локалитета "Црни Врх - Купиново"*

*Table 1: External characteristics of analysed beech trees from the locality "Crni Vrh - Kupinovo".*

Ред бр.	Серија/поље	Пречник на 1.3 m са кором (cm)	Старост на 1,3 m	Висина до прве зелене гране (m)	Тотална дужина (m)
1.	VIII/1	20,0	52	8,3	20,5
2.	VIII/2	21,5	53	5,8	19,5
3.	VIII/3	19,5	55	9,4	18,1
4.	VIII/4	22,0	47	13,0	20,4
5.	IX/1	21,0	51	8,3	18,3
6.	IX/2	20,0	50	9,1	16,8
7.	IX/3	19,9	49	6,3	17,0
8.	IX/4	20,5	57	8,1	17,1

За одређивање механичких својстава дрвета из стабала изрезивани су трупчићи дужине око 64 cm на висини од 1,3m. Из пробних трупчића потом су унакрсно изрезиване централне пробне даске дебљине 55 mm. Пробне даске су затим сложене и природним путем, у лабораторији, сушене 12 месеци. Онда су из њих изрезиване епрувете димензија 20 x 20 x 40 mm које су коришћене за наша испитивања.

Епруветама је по изрезивању измерена маса и димензије. Месе епрувета су мерене на електронској дигиталној ваги тачности 1/100 г, а димензије су измерене кљунастим мерилом тачности 2/100 mm, а влажност гравиметријским путем. На основу ових података одредили смо густину буковине за сваку испитивану епрувету. На истим епруветама извршена су испитивања и чврстоће на притисак и тврдоће дрвета у сва три анатомска правца, на хидрауличној машини типа "AMSLER". Вредности испитиваних својстава израчунате су применом стандардних образаца. Затим су израчунати статистички показатељи испитиваних својстава, извршена анализа њихових корелационих међузависности и тестирање значајности уочених разлика коришћењем стандардних компјутерских програмских пакета.

### **3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА**

У табелама 2 и 3 су приказане просечне вредности (са основним статистичким показатељима) чврстоће на притисак паралелно са влаканцима и тврдоће буковог дрвета у сва три анатомска правца.

Табела 2: Вредности испитиваних својстава дрвета за 4 стабла из VIII СЕРИЈЕ

Table 2: Values of the study wood properties for 4 trees in VIII series

Поље	Статистички параметри	Огледно поље				Средња вредност (3 – 6)
		1.	2.	3.	4.	
1	2	3	4	5	6	7
Густина (g/cm <sup>3</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	0,803	0,679	0,746	0,748	0,744
	$\sigma_{n-1}$	0,023	0,036	0,017	0,032	0,03
	v	2,85	5,34	2,32	4,26	3,69
	$f_x$	0,005	0,008	0,004	0,007	0,06
Чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	95,50	78,00	85,69	78,20	84,35
	$\sigma_{n-1}$	4,76	5,81	5,64	7,38	5,90
	v	4,98	7,45	6,58	9,44	7,11
	$f_x$	1,06	1,30	1,26	1,65	1,32
Попречна тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	70,10	80,83	82,79	77,99	77,93
	$\sigma_{n-1}$	23,81	16,56	19,70	16,84	19,23
	v	33,98	20,48	23,80	21,59	24,96
	$f_x$	5,32	3,70	4,40	3,76	4,30
Радијална тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	39,79	29,47	26,70	28,12	31,02
	$\sigma_{n-1}$	9,29	4,50	2,13	2,94	4,72
	v	23,34	15,26	7,96	10,44	14,25
	$f_x$	2,077	1,00	0,47	0,66	1,05
Тангенцијална тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	36,59	34,75	33,42	35,89	35,16
	$\sigma_{n-1}$	6,97	5,18	3,81	4,38	5,09
	v	19,05	14,90	11,40	12,21	14,39
	$f_x$	1,56	1,16	0,85	0,98	1,14

Табела 3: Вредности испитиваних својстава дрвета за 4 стабла из IX СЕРИЈЕ

Table 3: Values of the study wood properties for 4 trees in IX series

Поље	Статистички параметри	Огледно поље				Средња вредност (3 – 6)
		1.	2.	3.	4.	
1	2	3	4	5	6	7
Густина (g/cm <sup>3</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	0,748	0,747	0,767	0,766	0,757
	$\sigma_{n-1}$	0,023	0,016	0,022	0,016	0,019
	v	3,12	2,15	2,87	2,03	2,54
	$f_x$	0,005	0,004	0,005	0,003	0,0042
Чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	76,54	86,89	82,71	89,99	84,03
	$\sigma_{n-1}$	3,96	5,45	6,04	6,93	5,60
	v	5,17	6,27	7,31	7,70	6,61
	$f_x$	0,88	1,22	1,35	1,55	1,25
Попречна тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	64,07	69,29	59,07	54,05	61,62
	$\sigma_{n-1}$	8,90	9,33	7,17	6,82	8,055
	v	13,89	13,47	12,14	12,61	13,07
	$f_x$	1,99	2,09	1,60	1,52	1,8
Радијална тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	27,31	26,45	26,56	25,53	26,46
	$\sigma_{n-1}$	1,92	2,22	2,16	1,92	2,05
	v	7,04	8,41	8,11	7,52	7,77
	$f_x$	0,43	0,50	0,48	0,43	0,46
Тангенцијална тврдоћа (N/mm <sup>2</sup> )	n	20	20	20	20	80
	$\bar{x}$	33,16	31,55	28,64	28,00	30,34
	$\sigma_{n-1}$	5,49	3,63	2,30	1,36	3,20
	v	16,55	11,51	8,04	4,84	10,23
	$f_x$	1,23	0,81	0,51	0,30	0,71

Напомена. Просечна влажност дрвета у моменту испитивања износила је 8,4 %. (8,2 – 8,6) %.

У табелама 2 и 3 ознаке имају следеће значење:

$n$  – број података;

$\bar{x}$  – аритметичка средина ( $N/mm^2$ );

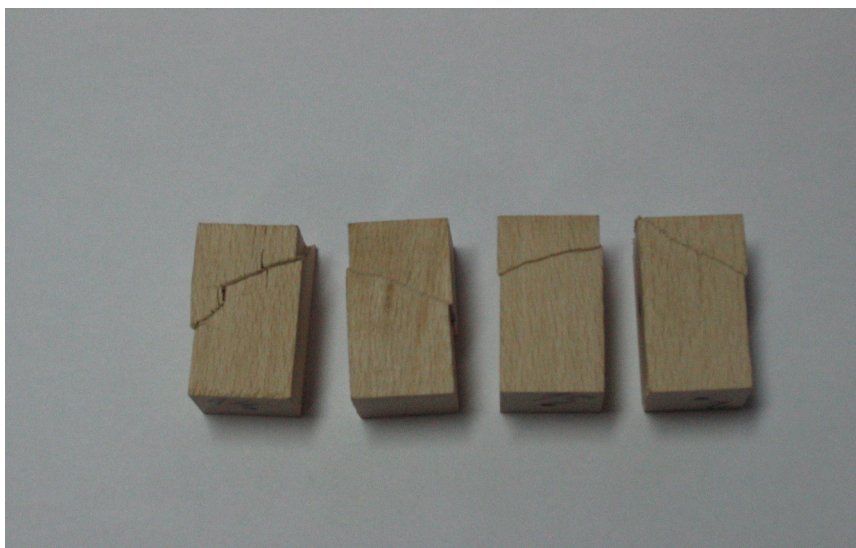
$\sigma_{n-1}$  – стандардна девијација ( $N/mm^2$ );

$v$  - коефицијент варијације (%);

$f_x$  - грешка аритметичке средине (%);

**Чврстоћа на притисак паралелно са влаканима** буковине просечно износи  $84,19 N/mm^2$ . Најмању вредност чврстоће на притисак је имало стабло са ознаком IX/1 –  $76,54 N/mm^2$ , а највеће стабло са ознаком VIII/1 –  $95,50 N/mm^2$ . Посматрано по стаблима, просечне вредности чврстоће на притисак паралелно са влаканима, су VIII/1 –  $95,50$ ; VIII/2 –  $78$ ; VIII/3 –  $85,69$ ; VIII/4 –  $78,20$ ; IX/1 –  $76,54$ ; IX/2 –  $86,89$ ; IX/3 –  $82,71$ ; IX/4 –  $89,98 N/mm^2$ . Варијабилност овог својства просечно износи  $6,86$  %.

Облик деформације лома епрувете при напону на притисак индикативана је за врсту дрвета, густину и садржај влажности. Тако, на пример, лакше, мекше и влажније врсте дрвета најчешће се ломе гњечењем, док се врсте дрвећа веће густине и мањег садржаја влаге ломе или у облику клина или у облику косих смицања. Деформација смицањем, дешава се по правилу у тангенцијалној равни, под углом од  $30 - 45^\circ$  у односу на уздужну осу влаканаца. На слици 1 приказани су карактеристични облици ломова код испитиване буковине влажности  $8,4$  %.

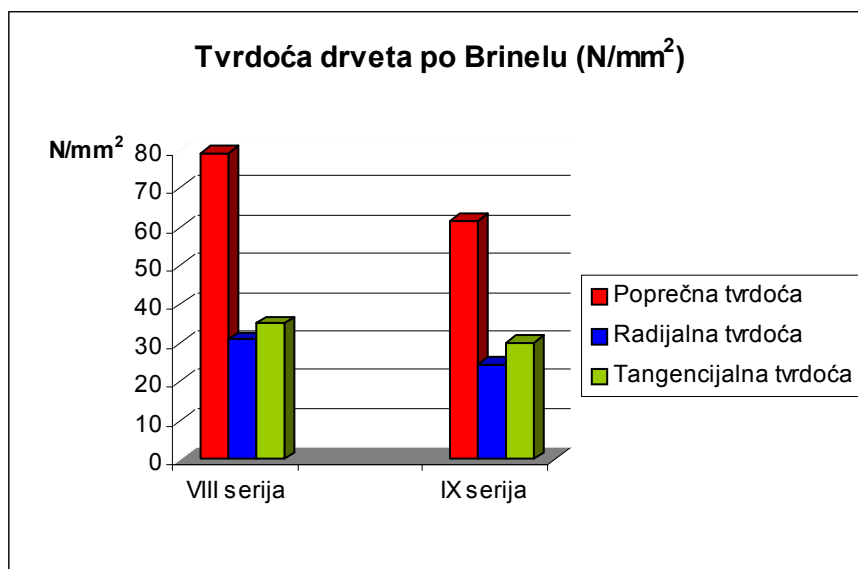


Слика 1: Карактеристични облици ломова код одређивања чврстоће на притисак

**Попречна тврдоћа буковог дрвета** просечно износи за сва стабла  $70,37$  ( $45,42 - 89,65$ )  $N/mm^2$ , док посматрајући по серијама, стабла из серије VIII имају просечну вредност  $79,13 N/mm^2$ , а из серије IX  $61,62 N/mm^2$ . Коефицијент варијације попречне тврдоће за сва стабла просечно износи  $18,99$  %.

Просечна вредност **радијалне тврдоће** изданачке букве просечно износи 28,74 (24,15 – 42,16) N/mm<sup>2</sup>. Најмању радијалну тврдоћу имало је стабло са ознаком IX/4, а највећу стабло VIII/1 – 39,79 N/mm<sup>2</sup>. Стабла из серије VI-II имају просечну радијалну тврдоћу 31,02 N/mm<sup>2</sup>, а стабла из серије IX 24,46 N/mm<sup>2</sup>. Варијабилност радијалне тврдоће, мерена помоћу коефицијента варијације износи од 7 до 15 %, просечно за сва стабла 11,09 %.

**Тангенцијална тврдоћа дрвета** буковине просечно износи за сва стабла 32,74 (23,77 – 43,64) N/mm<sup>2</sup>. Анализирано по стаблима средње и граничне вредности износе: VIII/1 – 36,59 (27,14 – 42,46), VIII/2 – 34,75 (26,54 – 44,87), VIII/3 – 33,42 (28,41 – 43,64), VIII/4 – 35,89 (24,29 – 34,44), IX/1 – 33,16 (23,77 – 30,48), IX/2 – 31,55 (25,38 – 36,22), IX/3 – 28,64 (24,29 – 32,77), IX/4 – 28,00 (25,95 – 30,48) N/mm<sup>2</sup>. Најмању просечну тангенцијалну тврдоћу дрвета имало стабло са ознаком IX/4, а највећу стабло VIII/1. Коефицијент варијације овог својства се налази у интервалу од 4,84 до 19,05 %. Треба подсетити да су високе вредности и разлике у коефицијенту варијације код тврдоће дрвета, последица недостатака коју има Бринелов метод одређивања тврдоћа дрвета.



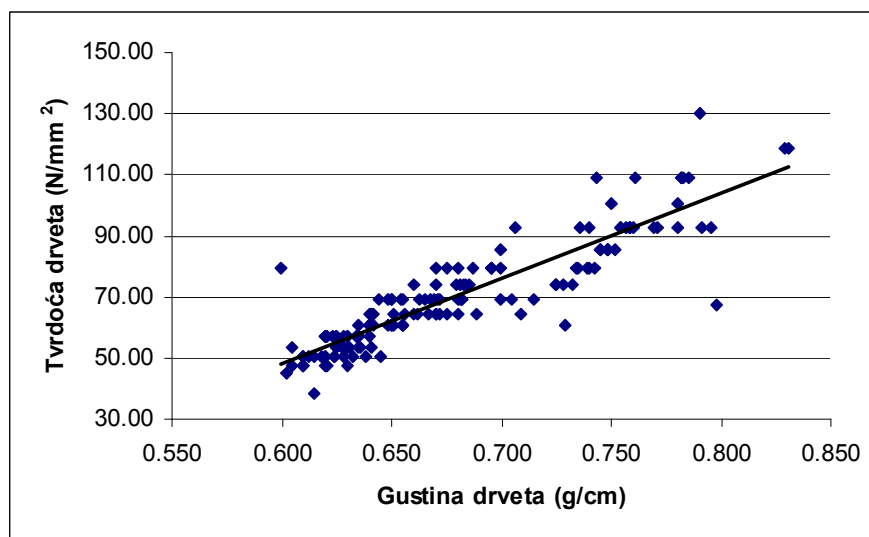
Слика 2: Просечне вредности тврдоће дрвета за испитивана стабла  
 Figure 2: Average values of wood hardness for study trees

Да би се утврдило постојање разлика у чврстоћи на притисак паралелно са влаканицима и тврдоће буковог дрвета, извршено је тестирање података и то: у оквиру стабла и између стабала на висини од 1,3 m. За ово анализу није могао да се користи класични метод тестирања података између два узорка, веће се приступило анализи варијансе по методи Р. Фишера за тестирање статистичких оцена на основу малих узорака. Потребно је било одредити варијацију анализираних својстава унутар серије и између серије.

Варијација чврстоће на притисак паралелно са влаканицима унутар серије износи 305,77, а између серије 0,2048. Варијанса унутар серије износи

50,96 (2 групе по 4 податка, односно 6 степени слободe), а између серија 0,2048 (2 средње вредности, односно 1 степен слободe). Однос између ове две варијансе износи 248,83, што је знатно више од 15,74 колико износи прочитана вредност из  $F$ -таблице уз ризик грешке од 1 % за поменуте степене слободe. На исти начин, испитујући однос варијанса попречне тврдоће буковог дрвета унутар серија и између серија долазимо до податка од 0,044, што је знатно мање од табличне вредности  $F$ -теста која износи 15,74. Може се закључити да постоји сигнификантна разлика у чврстоћи на притисак паралелно са влаканицима између појединих серија, а да код попречне тврдоће не постоји, односно, утицај серије на чврстоћу на притисак паралелно са влаканицима је статистички значајан, док на попречну тврдоћу утицај серије није статистички значајан. Овај утицај се не може изразити једначином регресије због тога што серија није нумерички податак, већ практично описни и приказује читав скуп стабала који се међусобно разликују.

Испитујући корелациону зависност између анализираних својстава и густине дрвета, знајући да густина дрвета, као његово основно физичко својство, пресудно утиче на механичка својства дрвета, дошли смо до веома јаке корелационе зависности између тврдоће дрвета и густине (слика 3). Једначина зависности је линеарног облика, која гласи  $y = 279,59 x - 119,78$ . Коefицијент корелације износи  $r = 0,902$ , што говори о веома јакој корелационој зависности између густине и тврдоће дрвета. Између густине и чврстоће дрвета паралелно са влаканицима постоји средње јака корелациона зависност ( $r = 0,61$ ) линеарног облика  $y = 0,1205 x - 5,7994$ .



Слика 3: Корелациони однос густине и тврдоће дрвета  
Figure 3: Correlation of wood density and hardness

У табели 4 дат је преглед резултата досадашњих истраживања чврстоће на притисак паралелно са влаканицима и тврдоће буковог дрвета. Истраживања су обављена на простору бивше СФРЈ.



Табела. 4. Преглед досадашњих истраживања чврстоће на притисак паралелно са влаканицима и тврдоће буковине

Table 4. Survey of previous research of beechwood compressive strength parallel to the grain and hardness

Рб	Чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима (N/mm <sup>2</sup> )	Тврдоћа дрвета			Аутор
		Попречна (N/mm <sup>2</sup> )	Тангенцијална (N/mm <sup>2</sup> )	Радијална (N/mm <sup>2</sup> )	
1.	72,7				Лукић – Симоновић Н.
2.	56,6				Лукић – Симоновић Н.
3.	60,6	70,9	35,7		Можина И.
4.	56	66,4	32,6		Можина И.
5.		72	30		Карахасановић А.
6.					
7.	56,6	82,1	57,3	59	Давидовић Б. Чемеркић М.
8.		73,1	67	66,4	Лукић – Симоновић Н. Шошкић Б.
9.	111,8				Илић М.
10.	59,1	73,9			Говорчин С.
11.	60,4	67,8			Пејоски Б.
12.		66,2	34,4	30,7	Поповић З.
13.		50,27	23,62	21,93	Поповић З. Јордовић К.
14.	82,54	69,18			Поповић З. Мирић М.
15.	59,2				Шошкић Б. Поповић З.

Из табеле 4 видимо да је најмању вредност чврстоће на притисак паралелно са влаканицима имала буковина са подручја Босне и Херцеговине - Кључ, Завидовићи и Босански Петровац, коју је испитивао Мо ж и на И. (1958), а највећу, буковина коју је испитивао Илић М. (1968) која износи 111,8 N/mm<sup>2</sup>. Највећу вредност попречне тврдоће има буковина са локалитета Гоч, Жељин и Стрмостен, коју су испитивали Д а в и д о в и ћ Б. Ч е м е р к и ћ М. (1963). Однос између радијалне, тангенчврстоће на притисак паралелно са влаканицима имала је буковина са подручја Босне и Херцеговине – Кључ, цијалне и попречне тврдоће за досадашња истраживања просечно износи Р : Т : L = 1 : 1,04 : 1,73.

#### 4. ЗАКЉУЧЦИ

Истраживањем чврстоће на притисак паралелно са влаканицима и тврдоће буковог дрвета изданачког порекла добијени су резултати на основу којих се може закључити:

- Просечна густина испитиваног буковог дрвета, на 1,3 m износи, 750 kg/m<sup>3</sup> при влажности од 8,4 %;
- Просечна вредност чврстоће на притисак паралелно са влаканцима, буковине из изданаčkih шума мерена на прсној висини од 1,3 м, просечно износи 84,19 N/mm<sup>2</sup>. Најмању вредност чврстоће на притисак паралелно са влаканцима је имало стабло са ознаком IX/1 – 76,54 N/mm<sup>2</sup>, а највеће стабло са ознаком VIII/1 – 95,50 N/mm<sup>2</sup>. Варијабилност овог својства просечно износи 6,86 %;
- Попречна тврдоћа дрвета просечно износи за сва стабла 70,37 (45,42 – 89,65 N/mm<sup>2</sup>). Стабла из серије VIII имају просечну вредност 79,13 N/mm<sup>2</sup>, а из серије IX 61,62 N/mm<sup>2</sup>. Коефицијент варијације попречне тврдоће за сва стабла просечно износи 18,99 %;
- Просечна вредност радијалне тврдоће изданаčke букве просечно износи 28,74 (24,15 – 42,16) N/mm<sup>2</sup>. Најмању радијалну тврдоћу имало је стабло са ознаком IX/4, а највећу стабло VIII/1 – 39,79 N/mm<sup>2</sup>. Стабла из серије VIII имају просечну радијалну тврдоћу 31,02 N/mm<sup>2</sup>, а стабла из серије IX 24,46 N/mm<sup>2</sup>. Варијабилност радијалне тврдоће износи од 7 до 15 %, просечно за сва стабла 11,09 %;
- Тангенцијална тврдоћа дрвета буковине просечно износи за сва стабла 32,74 (23,77 – 43,64) N/mm<sup>2</sup>. Анализирано по стаблима, најмању просечну тангенцијалну тврдоћу дрвета је имало стабло са ознаком IX/4, а највећу стабло VIII/1. Коефицијент варијације овог својства се налази у интервалу од 4,84 до 19,05 %;
- Однос између радијалне, тангенцијалне и попречне тврдоће је Р : Т : L = 1 : 1,14 : 2,45, што одговара односима вредности које су добили Поповић З. Јордовић К. (1997), испитујући букву са подручја Повлена и Маљена Г.Ј. "Букови";
- Утицај серија на чврстоћу на притисак паралелно са влаканцима је статистички значајан, док на попречну тврдоћу дрвета није;
- Између густине и анализираних својстава постоји корелациона зависност општег линарног облика  $y=ax-b$ ;

## ЛИТЕРАТУРА

- Давидовић Б. Чемеркић М. (1963): "Испитивање главних и физичко-механичких својстава букве Гоча, Жељина и Јужног Кучаја.
- Kollman F., Coté W. (1984): "Principles of Wood Science and Technology", New York.
- Лукић-Симоновић Н. Шошкић Б.(1985): "Прилог познавању физичких и механичких својстава буковине нестандартне обловине са планине Гоч" Шумарство 2-3, Београд;
- Лукић-Симоновић Н.(1971): "Прилог испитивању технолошких својстава буковине у Југославији", Шумарство 7-8, Београд;
- Говорчин С. (1985): "Нека физичко-механичка својства буковине" Колоквиј о букви, Загреб.
- Марјанов М. Поповић З. (1992): "Деформације и напрезања на притисак и затезање храстовог, буковог и боровог дрвета у радијалном анатомском правцу" Дрварски Гласник 2 – 3, Београд.

- Мирић М. Поповић З. (1993): "Утицај *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) и *Trametes versicolor* (L. ex. Fr.) Пилат, на губитак тврдоће, чврстоће на притисак и масе буковог дрвета (*F. sylvatica* L.)", Дрварски гласник бр. 6-7, Београд.
- Поповић З. Јордовић К. (1997): "Anisotropy of hardness of the most important domestic wood species", Proceeding of the 3<sup>rd</sup> ICFWST; Vol II, Belgrade.
- Поповић З. Тодоровић Н. (2004): "Основна физичка својства буковине из изданаčkih шума Г.Ј. Црни Врх-Купиново" Шумарство 1-2, Београд.
- Стојановић Љ. Милин ж. (1987): "Резултати истраживања најповољнијих метода процена букових шума преко научно – производних огледа на подручју шумских секција Бољевац и Бор у 1986 години", Београд.
- Шошкић Б. Поповић З. (2002): "Својства дрвета" Београд.
- Шошкић Б. Поповић З. (1993): "Истраживање анизотропије неких механичких својстава дрвета букве, храста и белог бора", Шумарство, бр. 1 - 2, Београд.
- Шошкић Б. Тодоровић Н. (2003): "Густина и промена димензија буковог дрвета са локалитета Бор-Бољевац", Гласник Шумарског факултета 88/2003, Београд.

COMPRESSIVE STRENGTH AND HARDNESS OF BEECH WOOD  
IN COPPICE FORESTS OF M.U. CRNI VRH – KUPINOVO\*

*Zdravko Popović*  
*Nebojša Todorović*

Summary

The results of experimental research of compressive strength parallel to the grain and hardness of beech wood in coppice forest at the locality Bor – Boljevac, M.U. Crni Vrh – Kupinovo, are presented. Eight trees in two series were analysed. They are covered by a scientific production experiment within this Management Unit. The statistically processed results are shown for each tree, at dbh of 1.3 m. The average value of compressive strength parallel to the grain is 84.19 N/mm<sup>2</sup>. The lowest average compressive strength parallel to the grain is shown by the tree marked IX/1 – 76.54 N/mm<sup>2</sup>, and the highest, by the tree VIII/1 series – 95.50 N/mm<sup>2</sup>. The average value of transversal hardness for all the analysed trees is 70.37 (45.42 – 89.65) N/mm<sup>2</sup>. As for the series, the trees in the series VIII have the average value 79.13 N/mm<sup>2</sup>, and the trees in the series IX - 61.62 N/mm<sup>2</sup>. The average value of radial hardness is 28.74 (24.15 – 42.16) N/mm<sup>2</sup>. The tree marked IX/4 have the lowest radial hardness, and the tree VIII/1 have the highest radial hardness – 39.79 N/mm<sup>2</sup>. The trees in the series VIII have the average radial hardness 31.02 N/mm<sup>2</sup>, and the trees in the series IX - 24.46 N/mm<sup>2</sup>. The average tangential hardness of beechwood for all trees is 32.74 (23.77 – 43.64) N/mm<sup>2</sup>. The ratio between radial, tangential and transversal hardness is R : T : L = 1 : 1.14 : 2.45, which is close to the values obtained by Popović Z., Jordović K. (1997) in the study of beech in the regions of Povlen and Maljen, M.U. "Bukovi". The effect of the series on compressive strength parallel to the grain is statistically significant, but it is not significant regarding the transversal hardness. There is a correlation of general linear form  $y = ax - b$  between density and the analysed properties.

