

Здравко Поповић
Небојша Тодоровић

UDK: 812:582.632.2
Оригинални научни рад

СВОЈСТВА ДРВЕТА ХРАСТА СЛАДУНА (*QUERCUS CONFERTA* KIT.) ИЗ МАНАСТИРСКИХ ШУМА ХИЛАНДАРА

Извод: Рад приказује резултате истраживања основних физичких и механичких својстава дрвета храста сладуна (*Quercus conferta* Kit.) који расте у манастирским шумама на метоху Каково манастира Хиландар у Грчкој. Извршена је детаљна анализа својстава дрвета која су неопходни доказ о квалитету дрвета и његовој употреби за дрвене грађевинске конструкције, ентеријере и дрвене подове. Испитивана су основна физичка својства дрвета (влажност у тренутку обарања стабла, густина и запреминска порозност) и основна механичка својства (чврстоћа на притисак, чврстоћа на савијање и модул еластичности при савијању). Резултати су приказани табеларно и графички са статистичким параметрима и упоређени су са литературним подацима. Испитана је и корелациона зависност између истраживаних својстава дрвета.

Кључне речи: храст сладун, влажност дрвета, густина дрвета, чврстоћа на притисак, чврстоћа на савијање

PROPERTIES OF HUNGARIAN OAK (*QUERCUS CONFERTA* KIT.) WOOD FROM THE HILANDAR MONASTERY FOREST

Abstract: This paper presents the study results of the basic physical and strength properties of Hungarian oak (*Quercus conferta* Kit.) wood from the Kakovo Monastery forests of Hilandar Monastery in Greece. Wood properties were analysed in detail, as an indispensable proof of wood quality and its use for joinery, interiors and wooden floors. The basic physical properties of wood (moisture content at the time of tree felling, density and volume porosity) and the basic strength properties (compressive strength, bending strength and module of elasticity) were researched. The results are presented in Tables and in Diagrams with statistical parameters and compared to the literature data. The correlation of the study properties of wood was also analysed.

Key words: Hungarian oak, wood moisture content, wood density, compressive strength, bending strength

*др Здравко Поповић, ван. професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
др Небојша Тодоровић, асистент, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд*

1. УВОД

Храст сладун (*Quercus conferta* Kit.) је лишћарска, једричава, прстенасто – порозна врста дрвета. Бељика уска и жућкасто беле боје, док је срчевина широка и жућкасто – смеђе боје. Сладун је средње тешко дрво, тешко се цепа, врло је трајно и врло јако се распуцава. Природна трајност је од 8-12 година, а горња апсолутна топлотна моћ $18.000-22.000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Као и остале врсте, из рода *Quercus* L., храст сладун је цењено техничко дрво и има широку примену. Због својих естетских и механичких својстава и трајности користи се у облом стању или као резана грађа и фурнир. У облом стању користи се као рудничко дрво и за производњу железничких прагова. Резана грађа храста сладуна има широку примену у грађевинарству, за производњу намештаја и грађевинске столарије. Добро се резбари, користи се и за уметничко изражавање. Дрво храста сладуна се нешто мање цени од дрвета храста лужњака, док се код осталих производа ова разлика, која је са становишта својстава занемарљива, углавном и не поставља.

Циљ овога рада је истраживање својстава дрвета храста сладуна који расте у манастирским шумама на метоху Каково светог манастира Хиландар у Грчкој. Испитивана су својства дрвета која су потребна за његову примену у грађевинарству, за ентеријере, дрвене подове и др. Резултати истраживања су утолико интересантнији, јер је врло мало података о својствима ове врсте храста у Србији, с обзиром да је њено распростањење знатно уже него храста лужњака и китњака.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Материјал за испитивање је узет из манастирске шуме на метоху Каково светог манастира Хиландар у Грчкој. То је бреговит предео који се спушта ка Тракијском заливу. Стране стрме и обрушавају се у вртаче и уске јаруге по чијем дну теку мањи потоци. Шумски путеви су усечени у стране, а делимично се пружају по хрбатима. Педолошку основу чини црвена приморска земља у смеси са оштробридним камењем, местимично стенама.

За испитивање су узета три стабла просечне старости, на пању, од 70 година. Из дебла су, на терену, изрезани котурови дебљине 2 *cm* и узорци дужине око 160 *cm*. Узорци су изрезани из средњег дела дебла, док су котурови изрезани по висини дебла, на свака 2 *m* почев од пања. Из узорака су изрезане 222 епрувете димензија 20×20×320 *mm* и 20×20×40 *mm*. Епрувете и котурови су затим допремљени у Лабораторију за својства дрвета Шумарског факултета у Београду, где су обављена сва потребна испитивања.

Испитивана су нека основна физичка својства (влажност у тренутку обарања стабла, густина и запреминска порозност) и основна механичка својства (чврстоћа на савијање, модул еластичности при савијању и чврстоћа на притисак паралелно са влаканцима). Испитивање и обрада овако добијених података извршени су према

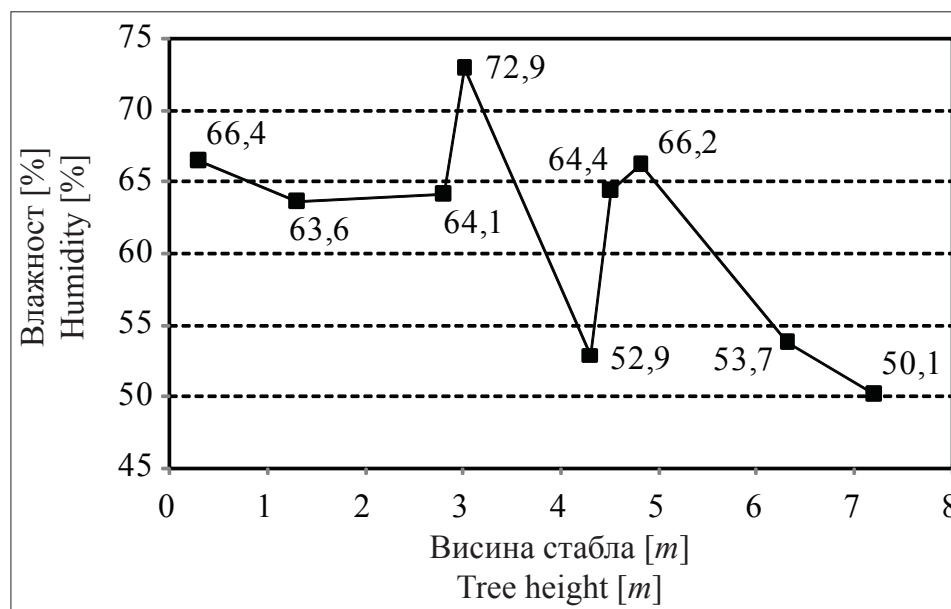
стандардној методологији. За испитивање влажности, у тренутку обарања стабла, коришћена је гравиметријска метода, мерењем масе котурова. Чврстоћа на савијање и модул еластичности су мерени на епруветама димензија $20 \times 20 \times 320$ mm, на машини ТИРА ТЕСТ 2300, док је чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима одређивана на епруветама димензија $20 \times 20 \times 40$ mm, на машини типа АМСЛЕР. Влажност епрувета, у моменту испитивања механичких својстава, је одређена гравиметријском методом. Математичким путем, извршена је и корекција испитиваних механичких својстава на стандардну влажност од 12%. Такође, извршено је и истраживање корелационих зависности између испитиваних својстава дрвета.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ЊИХОВА АНАЛИЗА

3.1. Основна физичка својства

3.1.1. Влажност у тренутку обарања стабла

Садржај воде у физиолошки живом стаблу варира и зависи од: станишних услова, врсте и дела дрвета, годишњег доба, надморске висине, доба дана и слично. Другим речима на садржај влаге у дрвету утиче више фактора, па се о њима мора водити рачуна приликом експерименталних истраживања. Са друге стране, садржај



Графикон 1. Промена влажности са висином стабла за храст сладун
Diagram 1. Change of moisture content with Hungarian oak tree height

воде у дрвету је и показатељ здравственог стања биљке и физиолошке активности појединих њених делова.

Просечна влажност, у тренутку обарања испитиваних стабала, износила је 61,6% (50,1-70,9), са коефицијентом варијације од 12,3%. Промена влажности са висином стабла приказана је на графикону 1. Влажност има скоковит распоред дуж дебла. Расте од пања до 3 m висине, а затим нагло опада на 4,3 m, када опет расте до 4,8 m, и на крају опада до прве зелене гране односно до 7,2 m.

Од других доступних података ова вредност влажности је мања, што може бити последица различитих услова станишта и времена сече (стабла су оборена крајем јуна).

3.1.2. Густина и запреминска порозност дрвета

Густина храста сладуна у апсолутно сувом стању влажности, са основним статистичким показатељима је приказана у табели 1.

Табела 1. Густина храста сладуна у апсолутно сувом стању влажности
Table 1. Density of Hungarian oak wood in oven dry state

Статистички показатељи Statistical parameters	Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III	Укупно Total
Број узорака	65	76	81	222
Средња вредност [$g \cdot cm^{-3}$]	0,772	0,847	0,815	0,813
Стандардна девијација [$g \cdot cm^{-3}$]	0,05	0,06	0,06	0,06
Коефицијент варијације [%]	6,42	6,75	6,84	7,60
Стандардна грешка ар. средине [$g \cdot cm^{-3}$]	0,006	0,007	0,006	0,004
Минимум [$g \cdot cm^{-3}$]	0,644	0,689	0,664	0,644
Максимум [$g \cdot cm^{-3}$]	0,875	0,949	0,919	0,949

На основу анализе дрвета, три стабла храста сладуна, на узорку од 222 епрувете констатовано је да је просечна густина, у апсолутно сувом стању влажности, 0,813 (0,644-0,949) $g \cdot cm^{-3}$. Ова вредност је већа од оне коју, за храст сладун, наводе Карахасановић (1988), од 0,700 $g \cdot cm^{-3}$ и Угреновић (1950) од 0,703 $g \cdot cm^{-3}$. Коефицијент варијације износи 7,60% и мањи је од уобичајне вредности за густину дрвета од 10%. Овако велика вредност, густине испитиваног храста сладуна, упућује на врло тврдо и чврсто дрво, као да је ова вредност значајно већа од просечне вредности за густину врста из рода храстова од 0,650 $g \cdot cm^{-3}$. Ради поређења, густина храста сладуна са овог подручја већа је од просечних вредности густина које налазимо у литератури за теже домаће врсте дрвета и то: од граба за 3%, од багрема за 9%, од букве за 18% и од јасена за око 25%.

Узроци овако велике густине могу бити различити (ширина прстена прираста, клима, станиште, надморска висина и др.) и могу бити предмет неких будућих

истраживања. Према Kollman-у и Сd t -у (1984), код храстовине са порастом ширине прстена прираста расте учешће зоне касног дрвета, а самим тим и густина, али и отпори обради дрвета, с једне стране, а смањује се порозност дрвета с друге стране. У нашим истраживањима, просечна вредност ширине прстена прираста, на 0,3 m, износила је 2,51 mm.

Добијене вредности за запреминску порозност дрвета храста сладуна, са основним статистичким параметрима, су приказане у табели 2.

Табела 2. Запреминска порозност храста сладуна
Table 2. Hungarian oak volume porosity

Статистички показатељи Statistical parameters	Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III	Укупно Total
Број узорака	65	76	81	222
Средња вредност [%]	48,51	43,56	45,70	45,79
Стандардна девијација [%]	3,31	3,81	3,71	3,63
Коефицијент варијације [%]	6,82	8,74	8,12	7,93
Стандардна грешка ар. средине [%]	0,41	0,44	0,41	0,24
Минимум [%]	41,68	36,75	38,72	36,75
Максимум [%]	57,06	54,04	55,73	57,06

Просечна запреминска порозност дрвета из анализираних стабала храста сладуна износи 45,79% (36,75-57,06). Ова вредност је значајно мања од вредности за храст лужњак и китњак која просечно износи око 57%.

3.2. Основна механичка својства

Храст сладун је крупно прстенасто порозна врста дрвета и његова механичка својства су у високој корелацији са ширином прстена прираста и густином дрвета, односно зависе од станишних и састојинских услова. С обзиром да су и ове вредности доста варијабилне то су и механичка својства ове врсте варијабилна.

3.2.1. Чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима

Просечна вредност чврстоће на притисак, паралелно са влаканицима, при стандардној влажности од 12% са основним статистичким показатељима је приказана у табели 3.

Према табели 3, чврстоћа на притисак паралелно са влаканицима просечно износи 67,60 (49,87-88,90) $N \cdot mm^{-2}$. Ова вредност је већа од вредности коју наводе Угреновић (1950) и Карахасановић (1988) од 45,9 $N \cdot mm^{-2}$, а исто тако и од вредности чврстоће на притисак осталих врста дрвета из рода *Quercus* - храстови, а која према Шошкићу и Поповићу (2002) просечно износи 61 $N \cdot mm^{-2}$. Као један од

разлога увећане вредности чврстоће на притисак, јесте забележена већа вредност густине дрвета.

Табела 3. Чврстоћа на притисак храста сладуна
Table 3. Hungarian oak compressive strength

Статистички показатељи Statistical parameters	Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III	Укупно Total
Број узорака	61	62	75	198
Средња вредност [$N \cdot mm^{-2}$]	66,10	73,49	63,89	67,60
Стандардна девијација [$N \cdot mm^{-2}$]	5,88	7,85	5,80	7,71
Коефицијент варијације [%]	8,89	10,68	9,08	11,40
Стандардна грешка ар. средине [$N \cdot mm^{-2}$]	0,75	1,00	0,67	0,55
Минимум [$N \cdot mm^{-2}$]	51,16	51,98	49,87	49,87
Максимум [$N \cdot mm^{-2}$]	78,55	88,90	77,93	88,90

3.2.2. Чврстоћа на савијање и модул еластичности при савијању

У табелама 4 и 5 су приказане просечне вредности чврстоће на савијање и модула еластичности при статичком савијању, код стандардне влажности од 12%.

Табела 4. Чврстоћа на савијање храста сладуна
Table 4. Hungarian oak bending strength

Статистички показатељи Statistical parameters	Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III	Укупно Total
Број узорака	65	76	81	222
Средња вредност [$N \cdot mm^{-2}$]	133,38	132,16	139,71	135,30
Стандардна девијација [$N \cdot mm^{-2}$]	13,90	18,95	15,44	16,64
Коефицијент варијације [%]	10,42	14,34	11,05	12,30
Стандардна грешка ар. средине [$N \cdot mm^{-2}$]	1,72	2,17	1,72	1,12
Минимум [$N \cdot mm^{-2}$]	93,93	93,64	94,37	94,37
Максимум [$N \cdot mm^{-2}$]	159,18	162,80	170,64	170,64

Чврстоћа на савијање просечно износи 135,30 (94,37–170,64) $N \cdot mm^{-2}$, а модул еластичности 9379,90 (7.154,77–12.690,82) $N \cdot mm^{-2}$. Чврстоћа на савијање је већа од вредности чврстоће на савијање храста лужњака, који према Шошкићу и Поповићу (2002) износи просечно 88 MPa и од храста китњака, чија чврстоћа на савијање износи према Шошкићу и сарадницима (2005) око 110 MPa . Извесна одступања резултат су веће густине дрвета храста сладуна са овог подручја, његове унутрашње грађе и спољашњих фактора у којима је стабло расло и развијало се. Коефицијент варијације за чврстоћу на савијање просечно износи 12,30%, а модула

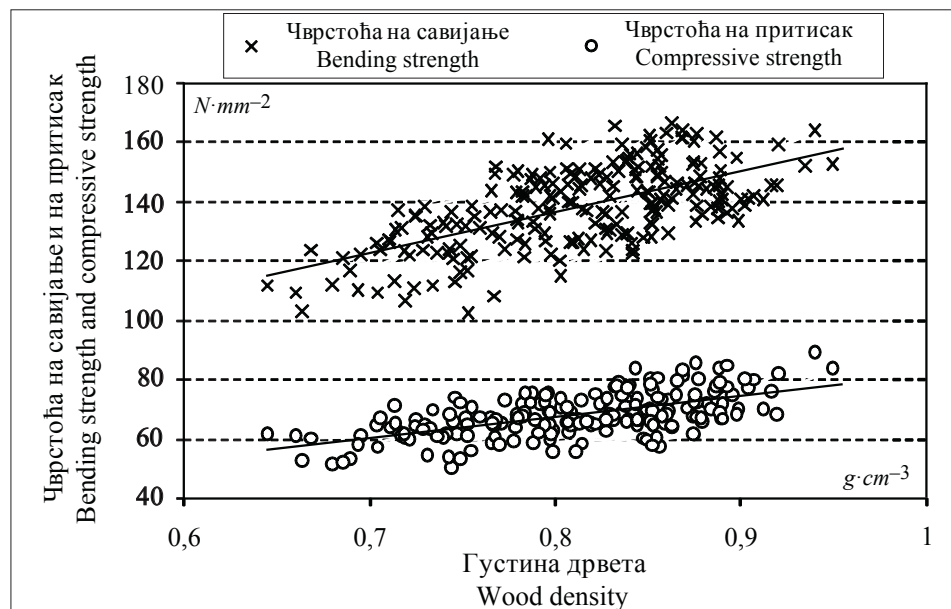
еластичности 13,0% што нам говори да је варијабилност ова два својства у границама литературних података. Вредности модула еластичности неуобичајно су ниске што треба да буде предмет даљих истраживања.

Табела 5. Модул еластичности при савијању храста сладуна

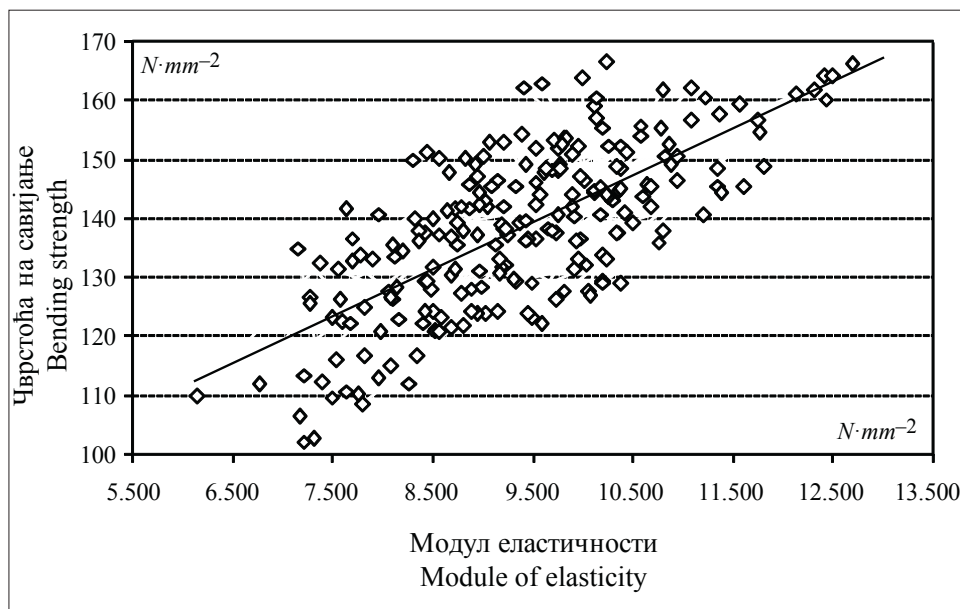
Table 5. Hungarian oak module of elasticity

Статистички показатељи Statistical parameters	Стабло I Tree I	Стабло II Tree II	Стабло III Tree III	Укупно Total
Број узорака	65	76	81	222
Средња вредност [$N \cdot mm^{-2}$]	9378,84	9417,97	9344,99	9379,90
Стандардна девијација [$N \cdot mm^{-2}$]	1266,47	1392,77	1014,36	1219,39
Коефицијент варијације [%]	13,50	14,79	10,85	13,0
Стандардна грешка ар. средине [$N \cdot mm^{-2}$]	157,09	159,76	112,71	81,84
Минимум [$N \cdot mm^{-2}$]	6152,72	7154,77	7166,10	7154,77
Максимум [$N \cdot mm^{-2}$]	12690,82	12492,61	11751,82	12690,82

Између испитиваних својстава, код храста сладуна, уочене су јаке корелационе зависности линеарног облика $y=a \cdot x+b$. У табели 6 су дате једначине зависности са коефицијентима корелације, док су на приложеним графиконима 2 и 3 приказане дате зависности.



Графикон 2. Утицај густине дрвета храста сладуна на чврстоћу на савијање и на притисак
Diagram 2. Effect of Hungarian oak wood density on bending strength and compressive strength



Графикон 3. Зависност између модула еластичности и чврстоће на савијање

Diagram 3. Correlation of module of elasticity and bending strength

Табела 6. Корелационе зависности између анализираних својстава

Table 6. Correlation of analysed properties

Зависност између Correlation	Једначина Equation	<i>R</i>
Густине и чврстоће на савијање	$y=140,58 \cdot x+24,04$	0,64
Густине и чврстоће на притисак	$y=71,47 \cdot x+9,87$	0,60
Модула еластичности и чврстоће на савијање	$y=0,008 \cdot x+63,59$	0,71

Табела 6 показује да густина дрвета утиче позитивно на савојну и притисну чврстоћу и та зависност је линеарног облика. Коефицијенти корелације показују да се ради о јакој корелационој зависности између испитиваних својстава. Ови резултати потврђују ранија истраживања да густина, као најважније физичко својство дрвета, утиче позитивно на његова механичка својства.

4. ЗАКЉУЧЦИ

На основу извршених истраживања основних физичких и механичких својстава дрвета храста сладуна из манастирских шума, на метоху Каково, светог манастира Хиландар, као и на основу датих података могу се извести следећи закључци:

1. просечна влажност, у тренутку обарања стабала, је износила 61,6% (50,1-70,9), са коефицијентом варијације од 12,3%;
2. просечна густина, у апсолутно сувом стању влажности износи 0,813 (0,644-0,949) $g \cdot cm^{-3}$. Ова вредност је већа за дрво сладуна од оне коју наводе Карахасановић (1988), од 0,700 $g \cdot cm^{-3}$ и Угреновић (1950) од 0,703 $g \cdot cm^{-3}$. Добијена вредност густине храста сладуна је такође значајно већа и од просечних вредности густине храста лужњака и китњака са подручја Србије, а која просечно износи 0,650 $g \cdot cm^{-3}$;
3. просечна запреминска порозност дрвета из анализираних стабала храста сладуна је 54,21% (42,94-63,25) и мања је од вредности порозности за храст лужњак и китњак, а која просечно износи око 57%;
4. чврстоћа на притисак паралелно са влаканцима, при стандардној влажности, просечно износи 67,60 (49,87-88,90) $N \cdot mm^{-2}$. Ова вредност је већа од вредности коју наводе Угреновић (1950) и Карахасановић (1988), од 45,9 $N \cdot mm^{-2}$, а исто тако и од вредности чврстоће на притисак осталих врста дрвета из рода *Quercus* - храстови, а која према Шошкићу и Поповићу (2002) просечно износи 61 $N \cdot mm^{-2}$;
5. чврстоћа на савијање, при стандардној влажности, просечно износи 135,30 (94,37 – 170,64) $N \cdot mm^{-2}$, а модул еластичности 9.379,90 (7.154,77-12.690,82) $N \cdot mm^{-2}$. Чврстоћа на савијање је већа од вредности чврстоће на савијање храста лужњака, који према Шошкићу и Поповићу (2002) износи просечно 88 MPa и од храста китњака, чија чврстоћа на савијање износи, према Шошкићу и сарадницима (2005) око 110 MPa . Коефицијент варијације за чврстоћу на савијање просечно износи 12,30%, а модула еластичности 13,0%, што нам говори да је варијабилност ова два својства у границама литературних података. Модул еластичности има нешто нижу вредност од уобичајне што треба да буде предмет даљих истраживања;
6. густина утиче позитивно на чврстоћу на савијање и чврстоћу на притисак и та зависност је линеарног облика $y=a \cdot x+b$ са коефицијентом корелације, респективно, 0,64 и 0,60;
7. зависност између модула еластичности и чврстоће на притисак је линеарног облика $y=a \cdot x+b$, са коефицијентом корелације од 0,71;
8. генералан закључак је да су добијене вредности испитиваних својстава храста сладуна (*Quercus conferta* Kit.), из манастирских шума Хиландара, веће од литературних вредности за остале врсте из рода *Quercus* - храстови које расту у Србији.

ЛИТЕРАТУРА

- Карахасановић А. (1988): *Наука о дрвету*, Сарајево
Kollmann F., Côté W. (1984): *Principles of wood science and technology*, New York

- Тодоровић Н. (2006): *Аксијално уиџезање дрвевља букве (Fagus toesiaca C.), храстља кийњака (Quercus sessiliflora S.) и смрче (Picea excelsa L.)*, магистарски рад у рукопису, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Угреновић А. (1950): *Технолојија дрвевља*, Загреб.
- Шошкић Б. (2006): *Својсїва и уїоїреба храстїової дрвевља Србије*, Шумарство 3, УШИТС, Београд (109-123)
- Шошкић Б., Поповић З. (2002): *Својсїва дрвевља*, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд
- Шошкић Б., Поповић З., Тодоровић Н. (2005): *Својсїва и моїућностї уїоїребе дрвевља храстїа кийњака (Q. sessiliflora S.)*, Шумарство 3, УШИТС, Београд (85-96)

Zdravko Popović
Nebojša Todorović

**PROPERTIES OF HUNGARIAN OAK (*QUERCUS CONFERTA* KIT.)
WOOD FROM THE HILANDAR MONASTERY FOREST**

Summary

This paper presents the study results of the basic physical and strength properties of Hungarian oak (*Quercus conferta* Kit.) wood from the Kakovo Monastery forests of Hilandar Monastery in Greece. Wood properties were analysed, as a necessary proof of wood quality and its use for joinery, interiors and wooden floors. The basic physical properties of wood (moisture content at the time of tree felling, density and volume porosity) and the basic strength properties (compressive strength, bending strength and module of elasticity) were researched. The study material was taken from the Kakovo Monastery forest of the Monastery Hilandar in Greece. The specimens 20×20×320 mm and 20×20×40 mm were cut form three trees. The necessary research was performed in the Wood Properties Laboratory at the Faculty of Forestry in Belgrade.

Based on the research we made the following conclusions: Average moisture content at the time of tree felling was 61.6% (50.1-70.9), with the coefficient of variation 12.3%. Average density, in oven dry state, was 0.813 (0.64-0.95) g·cm⁻³. This value for Hungarian oak wood is higher than that reported by Karahasanović (1988) 0.700 g·cm⁻³ and Ugreović (1950) 0.703 g·cm⁻³. The density of H. oak wood was significantly higher than the average value of density of common oak and sessile oak from Serbia, which is on average 0.65 g·cm⁻³. Average volume porosity of the analysed H. oak trees was 54.21% (42.94-63.25). Compressive strength parallel to the grain, at standard moisture content, was averagely 67.60 (49.87-88.90) N·mm⁻². This value is higher than the value reported by Ugreović (1950) and Karahasanović (1988) 45.9 N·mm⁻², and also higher than the compressive strength of other oak species which, according to Šoškić and Popović (2002), amounts to average 61 N·mm⁻². Bending strength, at standard moisture content, was averagely 135.30 (94.37-170.64) N·mm⁻², and module of elasticity 9,379.90 (7,154.77-12,690.82) N·mm⁻². Bending strength is higher than the bending strength value of common oak, which is, according to Šoškić and Popović (2002), averagely 88 MPa and higher than sessile oak bending strength, which is after Šoškić et al. (2005) about 110 MPa. Module of elasticity has a somewhat lower value than usual, which should be the subject of further research.

Density has a positive effect on bending strength and compressive strength and the correlation has a linear form $y=a \cdot x+b$, also the correlation of module of elasticity and compressive strength has a liner form $y=a \cdot x+b$, with coefficient of correlation 0.71.