

ANATOMSKO-HEMIJSKE KARAKTERISTIKE DRVNIH VLAKANA BUKVE SA PODRUČJA JUŽNOG KUČAJA

Jasmina Popović¹ Gordana Radošević¹
Dragica Vilotić¹ Bojana Klašnja²

I z v o d: U radu su prikazani rezultati istraživanja anatomske i hemijske građe bukve sa različitih staništa područja Južni Kučaj. Cilj ovog rada je da se na bazi podataka dobijenih istraživanjima u okviru projekta „Proizvodnja drveta za zadovoljenje narastajućih potreba tržišta visoke šume” dobije uvid u karakteristike kvaliteta drveta analizom drvnih vlakana. Rezultati istraživanja pokazuju da se uočava razlika u anatomske i hemijske građi drvnih vlakana bukve u zavisnosti od uticaja staništa (nadmorske visine).

Ključne reči: bukva, prstenovi prirasta, drvena vlakna, lignin, celuloza

ANATOMIC-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF WOOD FIBRES OF BEECH FROM THE REGION OF JUŽNI KUČAJ

A b s t r a c t: The anatomic and chemical structure of beech was studied at different sites in the area of Južni Kučaj. The aim of this paper is, based on the study data within the project “Wood production for satisfying the increasing demands of the high forest market”, to present the characteristics of wood quality, based on the analysis of wood fibres. The study results show that there is a difference in anatomic and chemical structures of beechwood fibres depending on the site effects (elevation).

Key words: beech, growth rings, wood fibres, lignin, cellulose

¹ Jasmina Popović, dipl.ing., asistent pripravnika; mr Gordana Radošević, asistent; dr Dragica Vilotić, redovni profesor, Šumarski fakultet Beograd.

² Dr Bojana Klašnja, naučni savetnik, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu

1. UVOD

Na području Srbije samoniklo rastu tri vrste bukve: mezijska (*Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott), evropska (*Fagus silvatica* L.) i istočna (*Fagus orientalis* Lipsky). Od pomenutih vrsta, mezijska bukva je najzastupljenija u šumskom fondu Srbije po površini i zapremini. Široko je rasprostranjena u brdskim i planinskim područjima Južnog Kučaja, Rudnika, Tare, Golije, Goča, Kopaonika, Stare planine, Željina, Domene, istočne Boranje gde gradi čiste ili mešovite sastojine sa hrastom, jelom, smrčom i drugim vrstama. Obzirom na rasprostranjenost vrste na području Srbije, ima široku amplitudu u visinskom rasprostranjenju (od 40 m n/v na Đerdapu do 800 m n/v na Rudniku, a na Kopaoniku od 1600 do 1800 m n/v formira posebne subalpske šume, na Suvoj planini do 1750 m n/v i Šar planini do 1800 m n/v).

Zbog svoje uloge i značaja u šumarstvu i preradi drveta, mezijska bukva (*Fagus moesiaca* /Domin, Maly/ Czeczott) je predmet raznih istraživanja. Selekcijom i oplemenjivanjem bavili su se (Jovanović, B., *et al.*, 1967), varijabilnošću pojedinih morfoloških karakteristika značajnih za selekciju, otkrivanjem formi, varijeteta, rasa i sl. (Jovanović, B., 1950; Tucović, A., *et al.*, 1965; Glišić, M., 1973), višefaznim rastom (Bobinac, M., *et al.*, 1996), brojem traka lignuma po mm² (Marković, Lj., *et al.*, 1986), svojstvima drveta (Šoškić, B., *et al.*, 1995; 2004), hemijskim sastavom (Karapandžić, D., *et al.*, 1974; Pjević, V., 1977; Stevanović-Janežić, T., *et al.*, 1987, 1995). Međutim, manje je proučavana varijabilnost njenih anatomskih svojstava, a među ovim i drvnih vlakana.

Potrebe za bukovim drvetom (za rezanu građu, rudničko drvo, železničke pragove, furnir, parket, celulozu, u tokarstvu, za muzičke instrumente u građi aviona, elisa, ogrevno drvo i td.) iz godine u godinu postaju sve veće kako u našoj tako i u drugim zemljama. Zbog široke primene mezijske bukve, bilo sa aspekta odabira sirovine određene namene ili primene optimalne tehnologije, neophodno je dobro poznavanje anatomske građe i hemijskog sastava drveta kao i njegovih ostalih svojstava.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Materijal za istraživanje potiče iz naučno-proizvodnih oglada postavljenih na tri različita staništa sa područja Južno kučajskih planina: G.J. „Bogovina I”, G.J. „Kučaj II” i G.J. „Gari Veliki Vrh”.

Gazdinska jedinica „Bogovina I” obuhvata stabla koja pripadaju asocijaciji planinske bukve *Fagetum montanum nudum*. Rasla su na 900-920 m. n/v, na duboko kiselo smeđim zemljištima na škriljcima. Prosečna visina stabala bukve iz ove asocijacije 19,38 m, srednji poluprečnik na prsnoj visini 25 cm, a prosečna starost stabala 63 godine.

Gazdinska jedinica „Južni Kučaj II” obuhvata južni deo šumskog kompleksa kučajskih planina. Stabla pripadaju mladoj bukovoj asocijaciji (*Fagetum montanum nudum*), na tipu zemljišta posmeđena rendzina na

krečnjaku. Nadmorska visina na kojoj su stabla rasla je 850-860 m prosečna visina stabala 17,4 m srednji poluprečnik 17,3 cm, prosečna starost 42 godine.

Gazdinska jedinica „Gari Veliki Vrh” nalazi se na južnim padinama južno-kučajskih planina na nadmorskoj visini od 650-660 m n/v i tipu zemljišta crnica na krečnjaku. Stabla bukve sa ovog staništa pripadaju asocijaciji *Fagetum montanum aremonietosum*. Dostižu prosečnu visinu od 20,6 m, srednji poluprečnik od 22,5 cm i starost od 51 godinu.

a) Priprema materijala za anatomsko istraživanje

Uzorci u vidu koturova debljine 3 cm, za ovo istraživanje, uzeti su iz dominantnih bukovih stabala (po tri uzorka) sa prsne visine (1,3m). Iz ovako dobijenih koturova sečene su standardne epruvete (15x15x30 mm). Za analizu sledećih anatomskih svojstava: širina prstena prirasta, Srednja brojna i Srednja masena dužina vlakana i Rankeov koeficijent, korišćena je jedna polovina drvene epruvete od srži do kore. Druga polovina epruvete korišćena je za ispitivanje hemijskog sastava: sadržaja pepela, ekstraktivnih materija u organskom rastvaraču (T/E) i toploj vodi.

Upotrebom Franklinovog reagensa za maceraciju, razlaganjem međućelijske supstance, izdvojene su pojedinačne ćelije tkiva pogodne za merenje. Rastvor za maceraciju čine 30% vodonik peroksid i glacijalna sirćetna kiselina u odnosu 1:1. Pripremljeni reagens je doziran u staklene epruvete na uzorke drveta usitnjene do veličine palidrvca, nakon čega su epruvete zatvarane plutanim čepovima. Materijal je u tako pripremljenim epruvetama preveden u pulpu u sušnici na temperaturi od 65⁰ u trajanju od 24^h. Nakon ispiranja destilovanom vodom i trešenja dobijene su pojedinačne ćelije ksilemskog tkiva pogodne za merenje. Na ovaj način su odvojeni provodni od mehaničkih elemenata anatomske građe drveta bukve.

Iz svakog uzorka je na po 100 vlakana merena njihova dužina. Ove vrednosti su, zatim, izražene kao Srednja brojna dužina vlakana (Clark, 1985) izračunata po formuli:

$$S_b = \frac{\sum LN}{\sum N} \quad (1)$$

i Srednja masena dužina valakana po formuli:

$$S_m = \frac{\sum L^3 N}{\sum L^2 N} \quad (2)$$

Kvalitet drvnih vlakana izražen je Rankeovim koeficijentom (RR³) koji predstavlja odnos dvostruke debljine ćelijskog zida i prečnika lumena (Franklin, 1945). Vrednost Rankeovog koeficijenta je dobijena merenjem po 50 vlakana iz svakog uzorka (debljine ćelijskog zida i prečnika lumena).

b) Metode ispitivanja hemijskog sastava

Analiza hemijskog sastava ksilema uključila je analizu sadržaja celuloze, lignina, pepela, ekstraktivnih supstanci drveta rastvornih u organskom rastvaraču i u toploj vodi. Uzorci za analizu pripremljeni su na standardan način po TAPPI metodi T 11 wd-76. Nakon okoravanja koturova uzetih sa prsne visine stabala i isecanja standardnih epruveta od srži do kore, izvršeno je njihovo iveranje i mlevenje. Za hemijsku analizu uzete su frakcije veličine čestica drveta 0,5 – 1,0 mm.

Analiza sadržaja vlage: Svi rezultati analize hemijskog sastava drveta obrčunavaju se na apsolutno suhu drvenu sirovinu pa je neophodno odrediti sadržaj vlage, odnosno koeficijent suvoće ispitivanih uzoraka. U ovoj analizi korišćen je metod sušenja drvene sirovine na temperaturi $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ po metodi TAPPI T 12 wd-82 (takođe i Browning, B.L., 1967a).

Analiza sadržaja pepela: Sadržaj pepela u drvetu određuje se kao ostatak posle žarenja na temperaturi $575\pm 25^{\circ}\text{C}$ u trajanju od 3^{h} , prema standardnoj metodi TAPPI 15 wd –80 (takođe i Browning, B.L., 1967a).

Analiza sadržaja celuloze: Određivanje sadržaja celuloze vrši se Kurschner-Hoffer-ovom metodom, koja se sastoji u tretiranju drvene sirovine smešom koncentrovane HNO_3 i $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, u odnosu 20:80 (%v/v), u ukupnom trajanju od 2^{h} . Prilikom tretmana, iz drveta se uklanja lignin i veći deo hemiceluloza, a izolovana celuloza se posle ispiranja destilovanom vodom do neutralne reakcije suši do apsolutno suvog stanja i meri (Browning, B.L., 1967b).

Analiza sadržaja lignina: Za određivanje sadržaja lignina korišćena je modifikovana Klasonova metoda. Ova metoda se sastoji u tretiranju drvene sirovine, prethodno ekstrahovane u smeši toluola i etanola, 72% H_2SO_4 , pri čemu u kiselj sredini dolazi do hidrolize ugljenohidratnih komponenti drveta (celuloze, hemiceluloza, ...). Nerastvorni ostatak, posle filtriranja, ispiranja destilovanom vodom i sušenja definiše se kao Klasonov lignin (Solar Energy Reserch Institute, 1991).

Analiza sadržaja ekstraktivnih supstanci: Ekstraktivne supstance drveta veoma su raznovrsne, i u zavisnosti od njihove hemijske građe rastvaraju se u različitim rastvaračima, organskim, neorganskim ili smeši rastvarača.

U ovom radu određivan je sadržaj ekstraktivnih komponenti u smeši toluol: etanol =2:1, standardnom metodom TAPPI T 6 os-50. Takođe je urađeno i određivanje sadržaja ekstraktivnih komponenti u toploj vodi, standardnom metodom TAPPI T1 os-50 (takođe i Browning, B.L., 1967a).

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

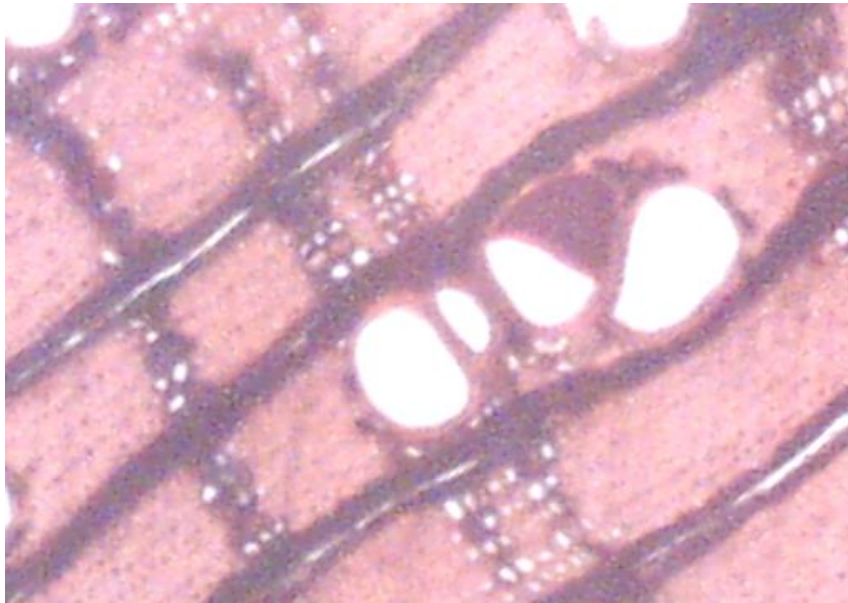
a) Rezultati ispitivanja makroskopske gradje

Prosečne širine prstenova prirasta stabala bukve koja su rasla na različitim staništima (n. visina) se kreću u dijapazonu od 1,30 mm (G.J. „Bogovina”) do 1,95 mm (G.J. „Gari Veliki Vrh”. Analiza godišnjih prstenova prirasta istraživanih stabala bukve sa različitih staništa daje nam uvid u makrostrukturu drvne mase što daje mogućnost prethodne ocene njenih svojstava. Širina godišnjih prstenova prirasta je u direktnoj zavisnosti od povoljnosti uslova rasta. Kod boljih – odgovarajućih uslova staništa (GJ Gari Veliki Vrh, 650 m.n v.) formiraju se širi prstenovi prirasta ($\xi=1,95$ mm) u odnosu na stanište (GJ Južni Kučaj, 850-860 m n/v i GJ Bogovina I , 900-920 m n/v) gde se formiraju užii prstenovi prirasta ($\xi=1,78$ mm; $\xi=1,30$ mm),

Rezultati ovih merenja izneti su u tabeli 1, kao i na i slici 1

Tabela 1. Dimenzije stabala bukve

Stanište	Visina stabala (m)	Srednji poluprečnik stabala (cm)	Srednja širina prstena prirasta (mm)
G.J. „Bogovina” 900-920 m n/v	19,38	25	1,30
G.J. „J. Kučaj” 850-860 m n/v	17,4	17,3	1,78
G.J. „Gari Veliki Vrh” 650-660 m n/v	20,6	22,5	1,95



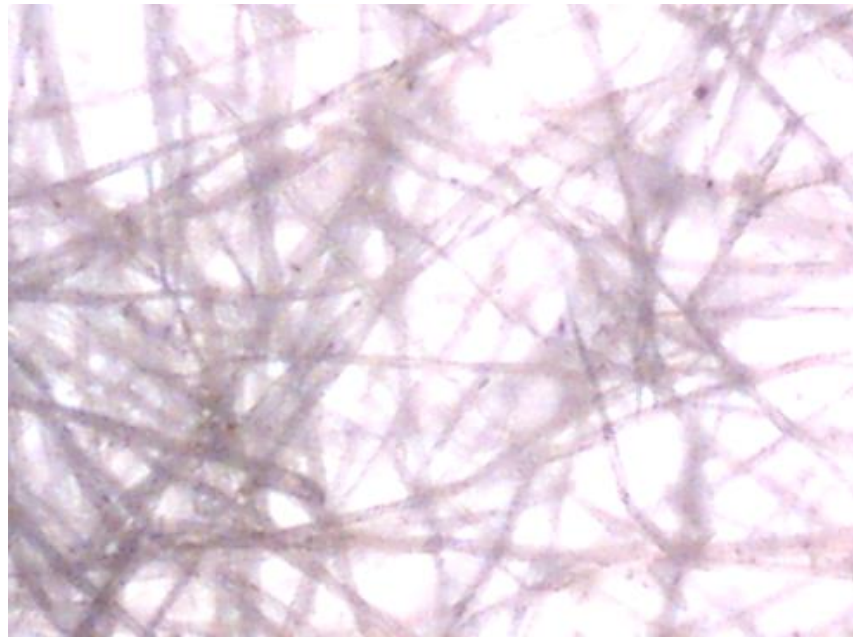
Slika 1. Poprečni presek stabla bukve

b) Rezultati ispitivanja anatomske građe

Mehanički elementi zastupljeni u bukovom drvetu su drvena vlakna i vlaknaste traheide. To su prozenhimski, na krajevima zašiljeni elementi veoma lignifikovanih ćelijskih zidova, koji se međusobno razlikuju po izgledu i tipu jamica na ćelijskim zidovima (tabela 2 i slika 2.).

Tabela 2. Dimenzije drvnih vlakana

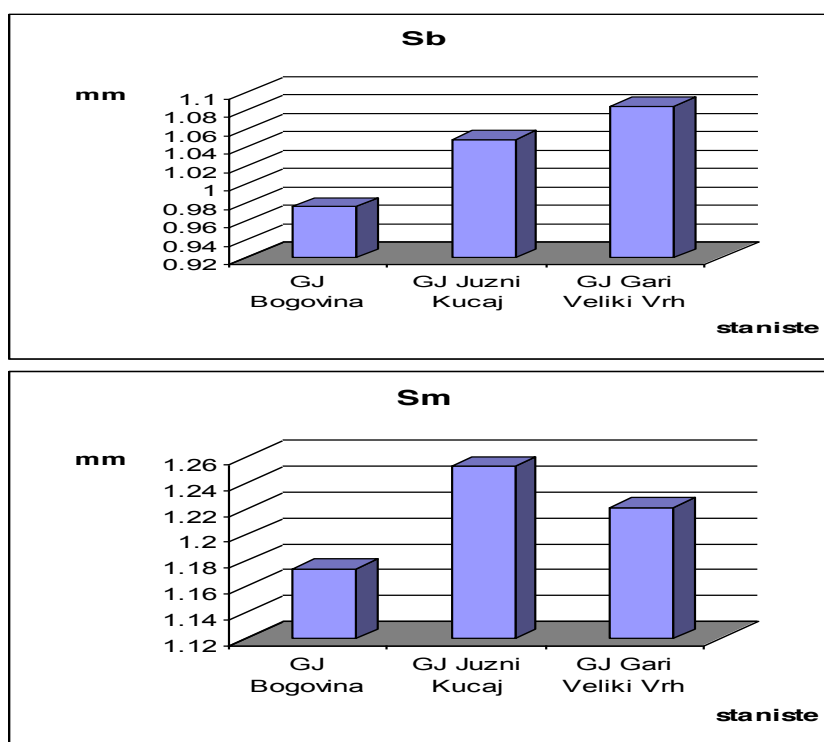
Vrsta drveta	Vlakna			literatura	
	Dužina (mm) Min ξ max				Debljina zida (μ m)
<i>Fagus moesiaca</i>	0,60	0,95	1,30	15-20	Grosser, D.
<i>Fagus moesiaca</i>	0,60	0,95	1,30	16-22	Trendelenburg, R.
<i>Fagus moesiaca</i> G.J. „Bogovina I”	0,69	1,12	1,73	16-20	Neobjavljeno
<i>Fagus moesiaca</i> G.J. „Južni Kučaj”	0,88	1,17	1,60	15-21	Neobjavljeno
<i>Fagus moesiaca</i> G.J. „Gari Velki Vrh”	0,88	1,34	1,93	14-22	Neobjavljeno



Slika 2. Drvena vlakna bukve (macerat)

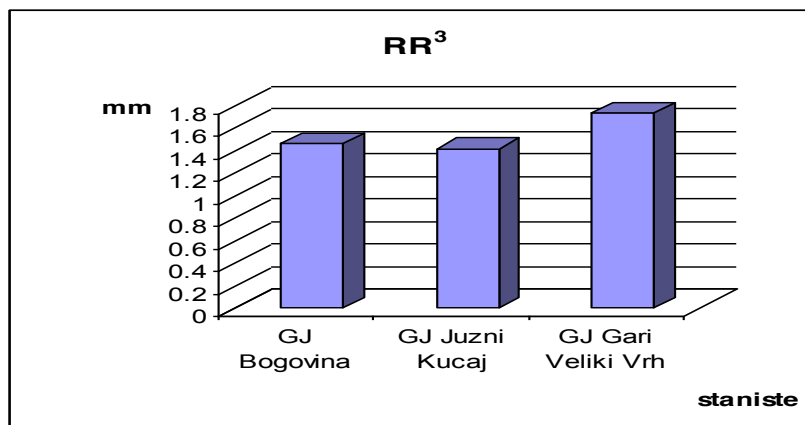
Na osnovu merenja dužine drvnih vlakana konstatovano je da su ona duža (1.5 mm do 1,7 mm) u odnosu na literaturne podatke 1.3 mm (Grosser, D.1977, Trendelenburg, R., 1955), što se može dovesti u vezu sa staništem i starošću stabla. Da uslovi staništa utiču na karakteristike drvnih vlakana može se videti iz tabele 2. Najveću dužinu drvnih vlakana ($\xi=1,34$ mm) imaju stabla rasla na povoljnijem staništu GJ Gari Veliki Vrh, 650-660 m n/v. Na većim nadmorskim visinama prosečna dužina vlakana se smanjuje dok se debljina njihovih ćelijskih zidova povećava (Tab 2.). Anatomsko-hemijska istraživanja drvnih vlakana bukve potvrđuju da je debljina ćelijskog zida u pravoj korelaciji sa sadržajem lignina u zidu ćelije (Tabela 2, Tabela 3), dok sadržaj celuloze ostaje približno isti.

Analiza dužine drvnih vlakana pokazala je najviše vrednosti Srednje brojne dužine vlakana stabala bukve sa istog staništa (Grafikon 1). Srednja masena dužina vlakana bukovog drveta izmerena je u G.J. Južni Kučaj, dok su visoke vrednosti i ovde utvrđene u uzorcima iz G.J. Gari Veliki Vrh (Grafikon 2).



Grafikon1, 2 Rezultati merenja Srednje brojne i Srednje masene dužine vlakana

Istraživanja kvaliteta drveta – drvnih vlakana preko Rankeovog koeficijenta (RR^3) pokazala su najviše vrednosti u uzorcima iz G.J. Gari Veliki Vrh (Grafikon 3). Ovaj koeficijent se odnosi na debljinu čelijskih zidova drvnih vlakana.



Grafikon 3. Rezultati merenja Rankeovog koeficijenta

c) Rezultati ispitivanja hemijskog sastava

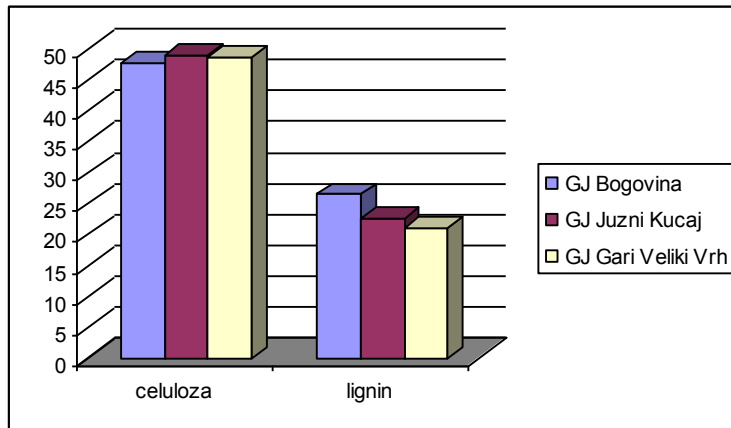
U tabeli 3 prikazane su srednje vrednosti sadržaja osnovnih konstituenata drvnog tkiva – celuloze i lignina, kao i sadržaj pepela i ekstraktivnih materija u organskom rastvaraču i toploj vodi.

Tabela 3. Hemijski sastav ispitanih uzoraka drveta

Stanište	Sadržaj celuloze (%)	Sadržaj lignina (%)	Sadržaj pepela (%)	Sadržaj ekstraktiva u toluol-etanol (%)	Sadržaj ekstraktiva u toploj vodi (%)
G.J. Bogovina	47,69	26,40	0,27	1,02	1,33
G.J. Južni Kučaj	48,85	22,45	0,30	1,08	1,15
G.J. Gari Veliki Vrh	48,64	20,85	0,49	1,69	0,67

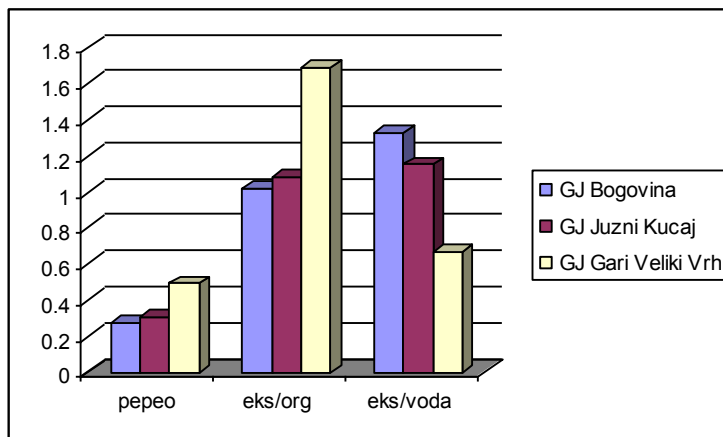
Sadržaj celuloze u ispitivanim uzorcima kreće se od 47,69% (G.J. Bogovina I do 48,85% G.J. Južni Kučaj), što se slaže sa navodima (Karapandžić, D., *et al.*, 1974), i (Stevanović-Janežić, T., 1983), koji daju podatke za bukvu sa područja Majdanpeka od 48,34% za centralno tkivo, odnosno 47,23% za ostalo tkivo. Literaturni podaci za drvo bukve (Stevanović-Janežić, T., *et al.*, 1987; Pjević, V., 1977) su nešto nižih vrednosti – 45,35%, odnosno 44,7%, ali je neophodno imati u vidu veliki broj

faktora koji mogu da utiču na varijacije hemijskog sastava drveta iste vrste, pre svega stanište, klimatski uslovi, uslovi rasta i sl.



Grafikon 4. Sadržaj celuloze i lignina (%)

Rezultati koji se odnose na sadržaj lignina su dosta neujednačeni i kreću se u rasponu od 20,85% (G.J. Gari Veliki Vrh) pa do 26,40% (G.J. Bogovina). U poređenju sa dostupnim podacima iz ranijih istraživanja, može se konstatovati slična tendencija, tj. prilično neujednačene vrednosti sadržaja Klasonovog lignina: od 20,49% (Stevanović-Janežić, T., *et al.*, 1987), zatim 21,91% (Stevanović-Janežić, T., 1983) pa do 23,56% (Pjević, V., 1977), što je sasvim u korelaciji sa sadržajem celuloze.



Grafikon 5. Sadržaj pepela, ekstraktivnih materija u organskim rastvaračima i ekstraktivnih materija u toploj vodi (%)

Analiza sadržaja neorganskih materija-pepela pokazuje uobičajene vrednosti, koje se za sve ispitane uzorke kreću u granicama ispod 0,5%.

Vrednosti sadržaja ekstraktivnih materija u smeši organskih rastvarača pokazuju uobičajene vrednosti, do 1,69%, što se takođe može uočiti i u ranijim istraživanjima napred citiranih autora.

Nešto su veća odstupanja ekstrakta u toploj vodi, čije se vrednosti u našem istraživanju kreću od 0,67% do 1,33%, što je znatno ispod 6,34% (Pjević, V., 1977), ali slično podacima koje daje (Stevanović-Janežić. T., 1983) od 1,64%.

Prema tome, može se konstatovati da je sadržaj ispitanih komponenata hemijskog sastava drveta, pre svega celuloze i lignina u granicama uobičajenih vrednosti za drvo bukve. Relativno nizak sadržaj organskih ekstraktivnih materija je povoljan sa stanovišta primene ovog drveta u mehaničkoj preradi, jer su gubici u procesima parenja pre prerade relativno niski.

4. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog, može se zaključiti da uslovi staništa svojim kompleksnim faktorima utiču na širinu prstenova prirasta kao i na dimenzije drvnih vlakana a preko njih i na hemijska svojstva drveta.

LITERATURA

Browning, B.L. (1967 a): Methods of Wood Chemistry, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 1.

Browning, B.L. (1967 b): Methods of Wood Chemistry, Intersci. Publ. New York, London, Vol. 2.

Franklin, G.L. (1945): Preparation of thin sections of synthetic resins and woodresin composites, and a new macerating method for wood. Nature 51: 145.

Glišić, M. (1973): Prilog poznavanju varijabiliteta balkanske bukve *Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czczott. – varijetet bukve sa nasubljenim obodom listova. Zbornik radova Instituta za šumarstvo i drvnu industriju, br.12: 5-25.

Grosser, D. (1977): Die Holyer Mitteleuropas, New York.

Jovanović, B. (1950): O nekim morfološkim i biološkim osobinama naše bukve. Zbornik radova Instituta za ekologiju i biogeografiju, knj.1: 67-73.

Klašnja, B. (1991): Ispitivanje uticaja strukturnih, fizičkih i hemijskih svojstava drveta pojedinih klonova topola na proces dobijanja i osobine sulfatne celuloze. Radovi Instituta Knjiga 25. Institut za topolarstvo Novi Sad.

Karapandžić, D., Marković, N., Jovanović, N.(1974): Hemijski sastav drveta balkanske bukve *Fagus moesiaca* sa područja Majdanpek, Glasnik Šumarskog fakulteta-No.46/1974: 77-79

- Marković, Lj., Vilotić, D.(1986): Varijabilnost karakteristika sržnih zraka dubelih stabala bukve *Fagus moesiaca* (Domin, Maly) Czczott. U tangencijalnoj situaciji. Zbornik radova Instituta za šumarstvo i drvnu industriju, br26-27: 175-182.
- Pjević, V.(1977): Uticaj tenzionog drveta bukve - *Fagus moesiaca* (K.Maly)Czesz.- na svojstva drvno-vlaknastih ploča, Univerzitet u Beogradu, Glasnik Šumarskog fakulteta – Jubilarni broj, Beograd,1977, br.52
- Solar Energy Research Institute (1991): Methods of Analysis Biomass for Fuels and Chemicals, Solar Energy Research Institute. Golden, Colorado, USA.
- Stevanović-Janežić, T., Kolin, B., Jaić, M., Danon, G. (1995): Hemijske i anatomske karakteristike ksilema i kore vrsta drveta značajnih za preradu drveta u Srbiji. Unapređenje tehnologija drveta u korelaciji sa svojstvima hemijskih konstituenata drveta. Monografija: 5-36.
- Stevanović-Janežić, T., (1983): Struktura i reakcione sposobnosti lignina nekih domaćih vrsta drveta (*Picea excelsa* i *Fagus moesiaca*) – Doktorska disertacija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Stevanović-Janežić, T., Teržan, N., Pjević, V., Bujanović, B. (1987): Hemijske karakteristike juvenilnog drveta bukve, III Jugoslovenski simpozijum o celulozi i papiru, Zbornik radova, Banja Luka
- Trendelenburg, R. (1955): Dad Holy als Rohstoff.. Munchen.
- Tucović, A., Jovanović, M. (1965): Prilog proučavanju varijabiliteta bukve u Srbiji. Zbornik Instituta za šumarstvo i drvnu industriju, Knj.V: 115-122.
- Šoškić, B., Skakić, D. (1995): Svojstva i namenska prerada bukovine. Monografija.Šumarski fakultet Beograd.
- Šoškić, B., (1991): Svojstva drveta.,Šumarski fakultet Beograd.
- Šoškić, B., Todorović, N. (2004): Gustina i promena dimenzija bukovog drveta sa lokaliteta Bor – Boljevac. Glasnik Šumarskog fakulteta, br.88: 171-185.
- Vilotić, D. (2000): Uppedna anatomija drveta. Šumarski fakultet, Beograd.