

Alan Antonović, Vladimir Jambreković, Stjepan Pervan, Josip Ištvančić, Maja Moro¹, Janja Zule²

Utjecaj lokaliteta uzorkovanja na grupni kemijski sastav bijeli bukovine (*Fagus sylvatica* L.)

Influence of sampling location on sapwood group chemical composition of beech wood (*Fagus sylvatica* L.)

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – received: 15. 1. 2007.

Prihvaćeno – accepted: 11. 10. 2007.

UDK: 630*813; 630*815

SAŽETAK • U radu je istraživana utjecaj lokaliteta uzorkovanja na grupni kemijski sastav bijeli bukovine (*Fagus sylvatica* L.) standardnim metodama izolacije glavnih kemijskih drvnih komponenata. Dosadašnja su istraživanja upućivala na zaključak da postoje različitosti u kemijskom sastavu uzoraka iste vrste drva s različitih lokaliteta uzorkovanja na temelju fitocenoloških kriterija (tip tla i fitocenoza), što je u ovom radu i dokazano. Dobiveni rezultati, u usporedbi s dosadašnjim istraživanjima, pokazuju povećani sadržaj akcesornih tvari i lignina, smanjeni sadržaj drvnih polioza, dok je sadržaj pepela i celuloze ostao u istim granicama. Istraživanja su pokazala, usporedbom istih kemijskih komponenata svakog lokaliteta i njihovim odnosom, da se lokaliteti uzorkovanja međusobno statistički značajno razlikuju po sadržaju akcesornih tvari i celuloze, dok se po sadržaju pepela, lignina i drvnih polioza neznatno razlikuju. Jednako su tako, na temelju fitocenoloških kriterija pojedinih lokaliteta uzorkovanja, rezultati istraživanja pokazali statističke značajne razlike samo u sadržaju akcesornih tvari.

Cljučne riječi: grupni kemijski sastav, bukovina (*Fagus sylvatica* L.), bijel, lokalitet uzorkovanja, fitocenološki kriteriji

ABSTRACT • This paper deals with the influence of sampling locations on sapwood group chemical composition of beech wood (*Fagus sylvatica* L.) determined by standard isolation methods for major wood chemical components. Previous researches came to the conclusion that chemical composition varies between samples of the same wood species from different sampling locations based on phytocoenological criteria (soil type and phytocoenoses). This has been confirmed by this paper. Compared to previous studies, the results obtained show the increase of accessory material and lignin content, decrease of wood polyoses content, while ash and cellulose content remain unchanged. It has been shown by comparison of each location with identical chemical components and their correlation that sampling locations differ between themselves significantly (in terms of statistics) in accessory material and cellulose content, while the difference in ash, cellulose and wood polyoses content is negligible. Likewise, based on phytocoenological criteria of each sampling location, research results only show statistically significant differences in the accessory material content.

Key words: group chemical composition, beech wood (*Fagus sylvatica* L.), sapwood, sampling location, phytocoenological criteria

¹ Autori su, redom, asistent, docent, docent, viši asistent i asistentica Drvnotehnoškog odsjeka Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska. ² Autorica je znanstvena istraživačica u Institutu za celulozu i papir u Ljubljani, Slovenija.

¹ The authors are assistant, assistant professor, assistant professor, senior assistant and assistant at Wood Technology Department, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia. ² The author is a scientific researcher at Pulp and Paper Institute in Ljubljana, Slovenia.

1. UVOD 1 INTRODUCTION

Drvo je jedan od najvažnijih i najdostupnijih obnovljivih izvora sirovine kojima čovjek raspolaže. Drvne su stanice kemijski heterogene ili raznovrsne i tvore polimernu mrežu strukturnih komponenata: ugljikohidrate, uglavnom su to polisaharidi celuloza i hemiceluloza (drvne polioze), i lignin. Te makromolekularne tvari nisu jednolično raspoređene unutar stanične stijenke drva, te njihova relativna koncentracija varira između različitih dijelova stabla. Nestrukturne komponente, kao što su niskomolekularne tvari (akcesorne i mineralne) samo su mala frakcija te su uglavnom sastavljene od težinski niskomolekularnih komponenata, uglavnom smještenih izvan stanične stijenke.

Ovisno o vrsti drva, ono se sastoji od 50-55% celuloze, 15-25% hemiceluloze (drvnih polioza) i 20-30% lignina, uz manju količinu mineralnih (pepela) i akcesornih tvari. Sve su osnovne komponente drva visoki polimeri i tvore isprepletenu mrežu u staničnoj stijenci, pa se može reći da je drvo prirodni polimer (Antonović, 2004).

Općeniti kemijski sastav drva razlikuje se unutar pojedinih dijelova stabla. Također je poznato da postoje razlike u kemijskom sastavu drva unutar istog stabla, pogotovo u radialnom smjeru, kao i između normalnog i reakcijskog drva. Drvo je, kao i svi lignocelulozni materijali, kompleks različitih kemijskih tvari. Pojam "kompleks" znači da nije poznato kako su pojedine tvari drva međusobno povezane u staničnim stijenkama te jesu li te veze kemijske (kovalentne veze) ili fizikalne (molekularne veze) prirode (Fengel i Wegener, 2003). Što su se više razvijale metode analize kemijskog sastava drva, dolazilo se do spoznaje da kemijski sastav drva nije jednostavan i da ovisi o nizu različitih činitelja, o kojima se mora voditi briga. To su vrsta drva, dio stabla koji se uzorkuje (srž, bijel, baza, korijen, krošnja itd.), geografska lokacija, stanište, starost, klimatska obilježja, napad štetočina (ksilofagni organizmi), zdravstveno stanje drva, vrijeme i datum obaranja, fitocenološki kriteriji (tip šume, klima, visina terena, okolina), veličina uzorka, metoda sušenja i sl., kao i analitičke metode i tehnike izračuna i izvještaja (Opačić i Sertić, 1982; Beljo-Lučić i dr., 2005; Rowell, 2005). Istraživanja kemijskog sastava cjelokupnog stabla upućuju na njegovu povezanost s relativnim omjerom godišnjeg prirasta. Sporo rastuće vrste bogatije su masnim kiselinama, polisaharidima na bazi glukana, dok brzo rastuće vrste sadržavaju više proteina, klorofila, sterola i diglicerida (Niemann i Pureveen, 1995).

Istraživanjima kemijskog sastava bukovine u nas su se bavili Opačić i Sertić (1982). Njihova su istraživanja upozorila na varijacije kemijskog sastava drva među lokalitetima uzorkovanja. Općenito, u svijetu nema mnogo istraživanja utjecaja lokaliteta uzorkovanja na kemijski sastav drva. Prema istraživanjima kore bukovine (Bujas, 1998), provedenima na uzorcima s pet lokaliteta u Hrvatskoj (Duboka, Sljeme, Zalesina, Dotršćina i Brinje), kemijskom analizom dobiveni su rezultati koji također upućuju na varijaciju kemijskih komponenta drva u ovisnosti o lokalitetu uzorkovanja.

Sadržaj pojedinih mineralnih tvari u kori bukovine znatno se razlikuje ovisno o lokalitetu uzorkovanja, a to se ponajprije odnosi na udio cinka i olova.

Rezultati navedenih istraživanja upućuju na vjerojatnost postojanja razlika i u kemijskom sastavu drva, ovisno o lokalitetu uzorkovanja, što do danas nije istraživano. Zato je cilj ovog rada istražiti varijacije kemijskog sastava drva bukovine ovisno o lokalitetu uzorkovanja.

2. MATERIJALI I METODE 2 MATERIALS AND METHODS

2.1. Uzorkovanje, usitnjavanje i prosijavanje drvnog materijala

2.1 Sampling, grinding and screening of wood material

Uzorci su se uzimali netom nakon sječe stabala, iz kolutova debljine 5-15 cm, s prvog trupca od panja, otprilike na visini 2 m (TAPPI T257 cm-02). Treba napomenuti da su svi uzorci bili bez ijedne greške drva i svježji. S obzirom na to da su se analize izolacije provodile na bijeli bukovine, prije usitnjavanja je na svakom kolutu mehaničkim postupkom odvojena bijel od ostalih anatomskih dijelova drva.

Uzorci bijeli drva usitnjeni su u mlinu za usitnjavanje Fritsch – Pulverisette 19 (snaga 2 kW, brzina rotora 2800 rpm, izlazna granulacija 0,25-6 mm) do određene dimenzije granula drva (TAPPI T264 cm-97). Za prosijavanje je upotrijebljena laboratorijska elektromagnetna tresilica sita Cisa RP.08 (frekvencija trešnje 6 kHz – srednje snage, vibracijska amplituda 1.5mm, vrijeme trešnje $\tau = 30$ min). Uzorci su prosijani kroz standardizirano sito (ISO – 3310.1) dimenzije oka 0,25 mm (100–150 oka/cm²).

Vezano za lokalitete u kojima je provedeno uzorkovanje bukovine, kao fitocenološki kriteriji uzeti su tip tla i fitocenoza (vrste bukovih šuma ovisno o tlu) (tabl. 1).

Kao što se vidi iz tablice 4, kao referentne fitocenološke kriterije, na temelju kojih je napravljena usporedba, kao tip tla uzeti su četiri skupine: lesivirano tlo, distrično smeđe tlo, rendzina i crnica na vapnencu i dolomitu; i za fitocenozu su odabrane također četiri skupine: submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem, bukova šuma s bekicom, dinarska bukovo-jelova šuma i preplaninska bukova šuma s urezicom.

2.2. Metode izolacije glavnih kemijskih komponenata drva

2.2 Isolation methods for major chemical wood components

Za određivanje kemijskog sastava bukovine sumično su izabrana četiri koluta sa svakog lokaliteta, s tim da je svaki kolut predstavljao jedno stablo bukke. Nakon usitnjavanja i prosijavanja svakog koluta uzeto je po deset uzorka na kojima su napravljene sve kemijske metode izolacije glavnih komponenata drva, a rezultati prikazani u tablici 3. prosječne su vrijednosti tih deset uzoraka.

Analize kemijskog sastava bukovine sastoje se od niza metoda izolacije glavnih komponenata drva, što se

Tablica 1. Opis lokaliteta na kojima je obavljeno uzorkovanje

Table 1 Characteristics of sampling locations

Lokalitet uzorkovanja <i>Sampling location</i>	Tip tla <i>Soil type</i>	Fitocenoza <i>Phytocoenoses</i>	Broj kolotova <i>Number of rings</i>
1	lesivirano tlo <i>luvic soil</i>	Submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem / <i>Sub-mountain beech forest with sedge</i>	10
2	distrično smeđe tlo <i>dystric cambisol</i>	Bukova šuma s bekicom <i>Beech forest with woodrush</i>	11
3	lesivirano tlo <i>luvic soil</i>	Submontanska bukova šuma s trepavičastim šašem / <i>Sub-mountain beech forest with sedge</i>	11
4	rendzina <i>rendzic leptosol</i>	Dinarska bukovo-jelova šuma <i>Dinaric beech-fir forest</i>	4
5	crnica na vapnencu i dolomitu <i>mollic leptosol</i>	Dinarska bukovo-jelova šuma <i>Dinaric beech-fir forest</i>	6
6	crnica na vapnencu i dolomitu <i>mollic leptosol</i>	Pretplaninska bukova šuma s urezicom <i>Pre-mountain beech forest with holly fern</i>	5
7	distrično smeđe tlo <i>dystric cambisol</i>	Bukova šuma s bekicom <i>Beech forest with woodrush</i>	10

može shematski prikazati prema slici 1. Manji dio pripremljenog uzorka bijeli bukovine najprije je iskorišten za određivanje sadržaja pepela, a drugi, veći dio za prethodnu ekstrakciju uzorka (sa smjesom otapala metanola, CH₃OH i benzena, C₆H₆ u volumnom omjeru 1:1), da bi se iz uzorka uklonile akcesorne tvari koje bi smetale tijekom daljnjih kemijskih analiza (na taj je način kao zaostala kruta tvar određen sadržaj akcesornih tvari). Nadalje, iz ekstrahiranih je uzoraka izoliran lignin sumporne kiseline ili Klasonov lignin (s 72-postotnom sumpornom kiselinom, H₂SO₄) i polisaharidi celuloza (sa smjesom otapala dušične kiseline, HNO₃ i etanola, C₂H₅OH u volumnom omjeru 1:4) te drvene polioze (hemicelulozu). Udio ukupnog sadržaja drvnih polioza u uzorku bijeli bukovine određen je računski. Sve upotrijebljene kemikalije visokog su stupnja čistoće (p.a) i dobivene su iz komercijalnih izvora.

Postupak izolacije sastoji se od (sl. 1):

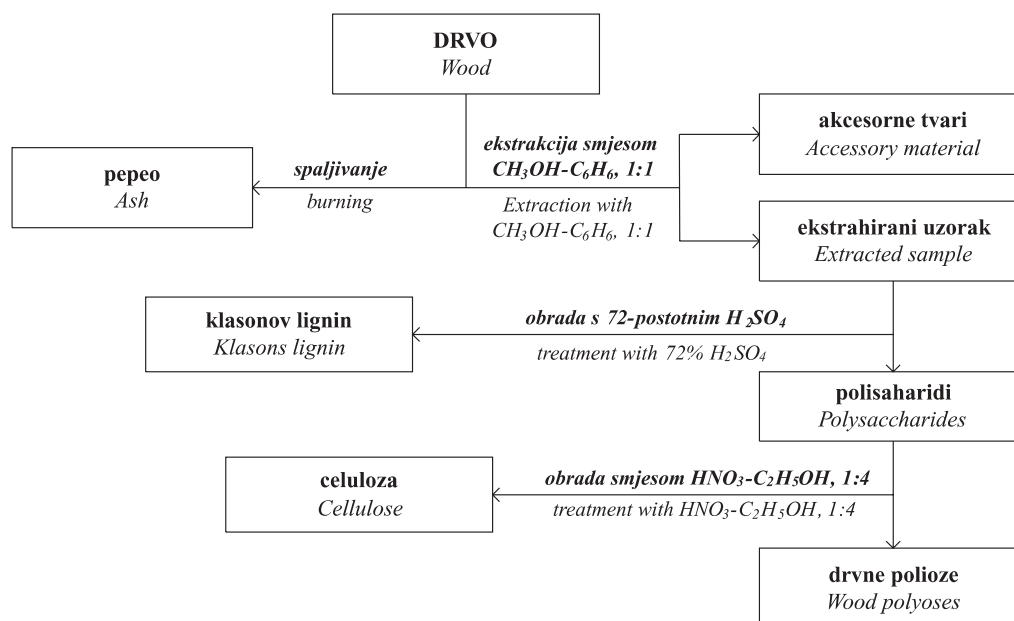
– **određivanja sadržaja pepela (P)** – spaljivanjem 2-3 g uzorka u porculanskom lončiću u električnoj peći, na temperaturi od 525 °C tijekom 30 min (TAPPI T211 om-02). Postotak pepela izračunava se prema izrazu:

$$P = \frac{a}{b} \cdot 100, \%$$

gdje je *a* – masa pepela (g), *b* – masa apsolutnoga suhog uzorka (g);

– **određivanja sadržaja akcesornih tvari (AT)** – ekstrakcijom 10-30 g usitnjenog uzorka u Soxhletovoj aparaturi sa smjesom otapala benzen-metanol u omjeru 1:1 tijekom 8 sati, te sušenjem u sušioniku na temperaturi od 80 °C do konstantne mase (TAPPI T204 cm-97). Iz dobivenih se podataka izračuna postotak akcesornih tvari:

$$AT = \frac{b-a}{c} \cdot 100, \%$$



Slika 1. Shematski prikaz metoda izolacije glavnih komponenata drva

Figure 1 Schematic view of major wood components isolation methods

gdje je a – masa prazne tikvice (g), b – masa tikvice s osušenim akcesornim tvarima (g) i c – masa apsolutno suhog uzorka (g);

– **određivanja sadržaja Klasonova lignina (L)** – kuhanjem ekstrahiranog uzorka (metanol-benzen, 1:1) prethodno obrađenog 72-postotnim H_2SO_4 (2,5 sata), uz dodatak vode, tijekom 4 sata. Filtriranjem i sušenjem u sušioniku, na temperaturi 105 ± 2 °C do konstantne mase dobije se lignin kao kruti ostatak (TAPPI T222 om-06). Sadržaj lignina izračunava se na osnovi izraza:

$$L = \frac{b-a}{c} \cdot 100$$

gdje je a – masa praznog lončića za filtriranje (g), b – masa lončića s ligninom (g) i c – masa apsolutno suhog uzorka (g);

– **određivanja sadržaja celuloze (C)** – kuhanjem 1 g ekstrahiranog uzorka (metanol-benzen, 1:1) sa smjesom HNO_3 i CH_2OH u omjeru 1:4 do izbiježenog taloga te njegovim filtriranjem i sušenjem u sušioniku, na temperaturi 105 ± 2 °C, do konstantne mase. Sadržaj celuloze izračunava se prema izrazu:

$$C = \frac{b-a}{c} \cdot 100, \%$$

gdje je a – masa praznog lončića za filtriranje (g), b – masa lončića za filtriranje sa celulozom (g) i c – masa apsolutno suhog uzorka (g);

– **određivanja sadržaja drvnih polioza (DP), tj. hemi-celuloze** – udio ukupnih drvnih polioza nije posebno određivan ni analiziran, već je određen računski, na osnovi udjela ostalih komponenata u uzorku. Sadržaj drvnih polioza izračunava se prema izrazu:

$$DP = 100 - (\% P + \% AT + \% C + \% L), \%$$

3. REZULTATI I DISKUSIJA 3 RESULTS AND DISCUSSION

Prema dosadašnjim istraživanjima vezanim za analizu grupnoga kemijskog sastava drva bukovine u nas (Opačić i Sertić, 1982), dobiveni su rezultati mogu prikazati u tablici 2. Istraživanja su provedena na uzorcima bukovine (*Fagus sylvatica* L.) s lokaliteta Šumari-

je Lipovljani (šumski predio Lubardenik, odjel 10.a), na temelju šest uzoraka.

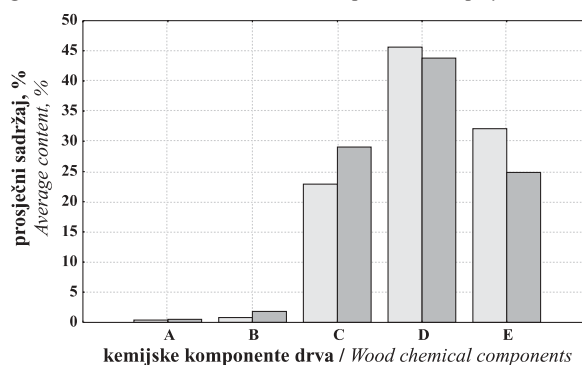
Iz tablice 2. vidi se da je sadržaj vodenog ekstrakta, MB ekstrakta, pepela i, osobito lignina veći u kori nego u drvnom dijelu (bijeli i srži). Sadržaj celuloze i pentozana veći je u drvnom dijelu. Vrijednosti holoceluloze i heksozana u kori ne daju realne vrijednosti jer primjenjene metode određivanja vrijede za drvo i ne mogu se primijeniti na koru, koja je različitog sastava i izražava se drugim analitičkim vrijednostima koje pak ne odgovaraju vrijednostima za drvo (suberin, redukativni šećeri, bjelančevine, topljivost u natrijevu sulfitu, nepoznate i netopljive tvari u H_2SO_4). Također se vide velika odstupanja kemijskog sastava kore od vrijednosti dobivenih za bijel i srž.

Na osnovi provedenih metoda kemijskih analiza izolacije glavnih komponenata drva bijeli bukovine (četiri koluta, svaki kolut po 10 uzoraka) dobivene su postotne vrijednosti komponenata kemijskog sastava za svako stablo na pojedinom lokalitetu uzorkovanja, a njihove prosječne vrijednosti prikazane su u tablici 3.

Usporedbu dobivenih prosječnih vrijednosti glavnih komponenata kemijskog sastava bijeli uzoraka drva bukve svih lokaliteta (tabl. 3) s podacima dosadašnjih istraživanja (tabl. 2) možemo prikazati pomoću dijagrama na slici 2.

□ rezultati dosadašnjih istraživanja (tabl. 1) / Results of recent studies (Table 1)
■ dobiveni rezultati (tabl. 3) / Obtained results (Table 3)

A – pepeo/ash; B – akcesorne tvari/accessory materials; C – lignin/lignin; D – celuloza/cellulose; E – drvene polioze/wood polyoses



Slika 2. Usporedba rezultata dosadašnjih istraživanja sadržaja kemijskih komponenata drva s dobivenim rezultatima

Figure 2 Comparison between recent studies results of wood chemical components content with obtained results

Tablica 2. Prosječne vrijednosti kemijskog sastava kore, bijeli i srži bukovine

Table 2 Average chemical composition values of beech bark, sapwood and heartwood

Dio drva Section of wood	Udio u drvu Share in wood %	Vodeni ekstrakt Water extract %	MB ekstrakt ^A MB extract ^A %	Pepeo Ash %	Celuloza Cellulose %	Holoceluloza Holocellulose %	Pentozani Pentosans %	Heksozani Hexosans %	Lignin Lignin %
kora bark	10,00	14,00	2,60	5,20	24,10	–	16,40	–	42,90
bijel sapwood	45,00	6,60	0,80	0,40	45,60	77,70	24,65	7,08	22,90
srž heartwood	45,00	7,50	0,80	0,47	46,09	77,75	24,67	6,71	21,75

^A ⇒ ekstrakcija smjesom otapala metanol-benzen – extraction with methanol-benzene solvent mixture

Tablica 3. Prosječne vrijednosti kemijskog sastava bijeli za svaki lokalitet
Table 3 Average values of sapwood chemical composition for each location

Lokalitet uzorkovanja Sampling locations	Niskomolekularne tvari Low-molecular-weight substances			Makromolekularne tvari Macromolecular substances				Ukupne makromolekularne tvari ^C Total macromolecular substances
	Pepeo (P) Ash	Akcesorne tvari (AT) Accessory material	Ukupne niskomolekularne tvari ^A Low-molecular-weight substances	Lignin (L) Lignin	Polisaharidi Polysaccharides		Ukupni polisaharidi ^B Total polysaccharides	
					Celuloza (C) Cellulose	Drvene polioze (DP) Wood polyoses		
	%	%	%	%	%	%	%	%
1.	0,54	2,31	2,85	26,43	44,67	26,05	70,72	97,15
2.	0,55	2,17	2,72	29,22	42,03	26,03	68,06	97,28
3.	0,47	1,59	2,06	30,03	43,66	24,25	67,91	97,94
4.	0,52	1,52	2,04	31,30	42,72	23,94	66,66	97,96
5.	0,53	1,33	1,86	30,12	43,76	24,26	68,02	98,14
6.	0,45	1,79	2,24	28,21	43,98	25,57	69,55	97,76
7.	0,47	2,07	2,54	28,02	45,78	23,64	69,44	97,46
	0,50	1,83	2,33	29,05	43,80	24,82	68,62	97,67

^A ⇒ ukupne niskomolekularne tvari = pepeo + akcesorne tvari / total low-molecular-weight substances = ash + accessory material,

^B ⇒ ukupni polisaharidi = celuloza + drvene polioze / total polysaccharides = cellulose + wood polyoses,

^C ⇒ ukupne makromolekularne tvari = lignin + polisaharidi (holoceluloza) / total macromolecular substances = lignin + polysaccharides (holocelulose)

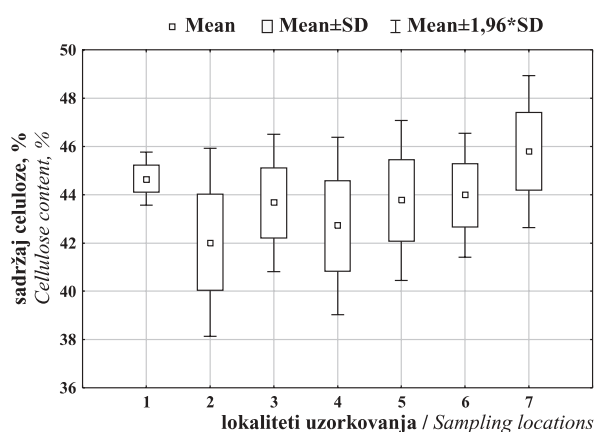
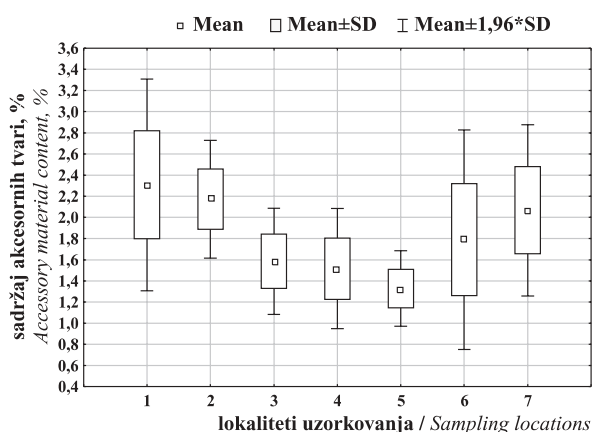
Općenito, dobiveni rezultati u usporedbi s rezultatima istraživanja Opačića i Sertića (1982) pokazuju povećan sadržaj akcesornih tvari i lignina, smanjen sadržaj drvnih polioza, dok je sadržaj pepela i celuloze ostao u istim granicama. Treba napomenuti da su prijašnja istraživanja utemeljena na samo jednom lokalitetu, a dobiveni rezultati temelje se na srednjoj vrijednosti sedam lokaliteta.

Usporedba dobivenih rezultata s različitim lokalitetima uzorkovanja prikazana je na slici 3.

Statistička obrada rezultata svih lokaliteta uzorkovanja pokazala je postojanje značajnih statističkih

razlika unutar sadržaja akcesornih tvari, i to između lokaliteta 1. i lokaliteta 3, 4. i 5; lokaliteta 2 i lokaliteta 3, 4. i 5; te lokaliteta 5. i lokaliteta 7. Nadalje, postojanje statističkih razlika dokazano je i u sadržaju celuloze, i to između lokaliteta 1. i lokaliteta 2; lokaliteta 2. i lokaliteta 7. te između lokaliteta 4. i lokaliteta 7. Na temelju provedenih istraživanja i statističke obrade rezultata nije vidljiva statistički značajna razlika u sadržaju ostalih kemijskih komponenata drva bijeli bukve s obzirom na lokalitet uzorkovanja.

Na temelju fitocenoških kriterija (vrsta tla i fitocenoza) dobiveni se prosječni rezultati kemijskog sa-



Slika 3. Usporedba srednjih vrijednosti sadržaja akcesornih tvari i celuloze među lokalitetima uzorkovanja
Figure 3 Comparison of average values of accessory material and cellulose content between sampling locations

Tablica 4. Prosječne vrijednosti kemijskog sastava bijeli bukve ovisno o fitocenološkim kriterijima
Table 4 Average values of beech sapwood chemical composition in dependence on phytocoenological criteria

Fitocenološki kriterij <i>Phytocoenological criteria</i>	Pepeo, % <i>Ash, %</i>	Akcesorne tvari, % <i>Accessory material, %</i>	Lignin, % <i>Lignin, %</i>	Celuloza, % <i>Cellulose, %</i>	Drvne polioze, % <i>Wood polyoses, %</i>
Tip tla / <i>Soil type</i>					
A - lesivirano tlo / <i>luvic soil</i>	0,51	1,95	28,23	44,17	25,15
B - distrično smeđe tlo <i>dystic cambisol</i>	0,51	2,12	28,62	43,91	24,84
C - rendzina - <i>rendzic leptosol</i>	0,52	1,52	31,30	42,72	23,94
D - crnica na vapnencu i dolomitu / <i>mollic leptosol</i>	0,49	1,56	29,17	43,87	24,92
Fitocenoza / <i>Phytocoenoses</i>					
A - submont. bukova šuma s trepavičastim šašem <i>Sub-mountain beech forest with sedge</i>	0,51	1,95	28,23	44,16	25,15
B - bukova šuma s bekicom <i>Beech forest with woodrush</i>	0,51	2,12	28,62	43,91	24,84
C - dinarska bukovo-jelova šuma / <i>Dinaric beech-fir forest</i>	0,53	1,43	30,71	43,23	24,10
D - preplaninska bukova šuma s urezičom / <i>Pre-mountain be- ech forest with holly fern</i>	0,45	1,79	28,21	43,98	25,57

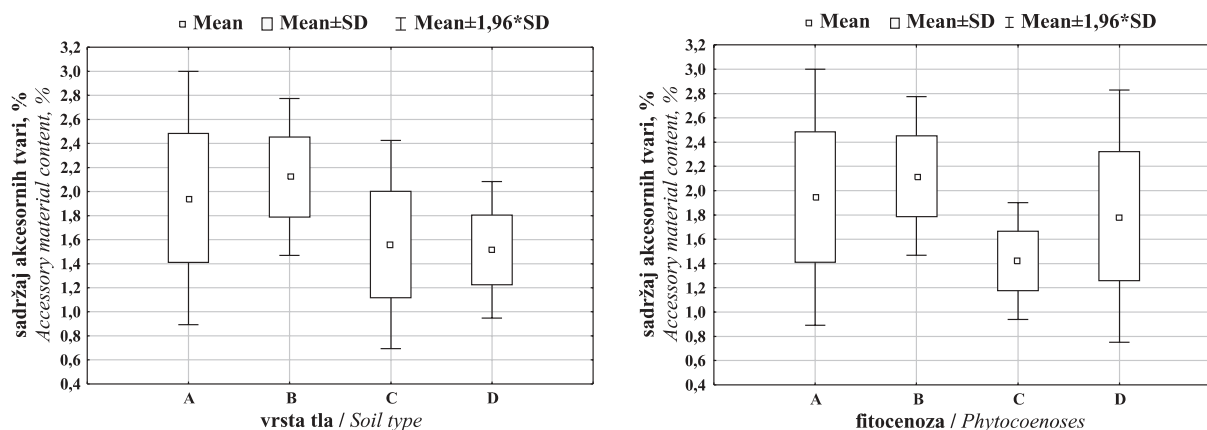
stava bijeli bukvine iz tablice 3. mogu objediniti tako da se svaki lokalitet pridruži kriteriju s istim predznakom kao u tablici 1. Na taj se način dobiju vrijednosti komponenata kemijskog sastava bijeli u ovisnosti o fitocenološkim kriterijima (tabl. 4).

Usporedba dobivenih rezultata s različitim lokaliteta uzorkovanja u ovisnosti o fitocenološkim kriterijima prikazana je na slici 4.

Statistička obrada dobivenih rezultata svih kemijskih komponenata bijeli bukve pokazala je postojanje značajnih statističkih razlika unutar sadržaja akcesornih tvari u ovisnosti o vrsti tla, i to između distričnoga smeđeg tla i crnice na vapnencu i dolomitu, kao i između distričnoga smeđeg tla i rendzine. Nadalje, postojanje statistički značajnih razlika dokazano je u sadržaju akcesornih tvari u ovisnosti o fitocenozi, i to između submontanske bukove šume s trepavičastim šašem i dinarske bukovo-jelove šume, te bukove šume s

bekicom i dinarske bukovo-jelove šume. Na temelju provedenih istraživanja i statističke obrade rezultata nije vidljiva statistički značajna razlika u sadržaju ostalih kemijskih komponenata drva bijeli bukve s obzirom na fitocenološke kriterije.

Općenito, dobiveni rezultati pokazuju da lokaliteti uzorkovanja sa svojim fitocenološkim obilježjima utječu na sadržaj glavnih kemijskih komponenata drva, i to osobito na sadržaj akcesornih tvari i celuloze. S obzirom na to da su istraživanja i analize spomenutih komponenata bili bazirani samo na određivanju njihovih sadržaja, zbog poznavanja njihovih kemijskih struktura i ponašanja, istraživanja je potrebno nastaviti u smjeru karakterizacije unutarstrukturnih elemenata pojedine kemijske komponente u ovisnosti o lokalitetu uzorkovanja. Prema tome, pretpostavlja se da će daljnje kemijske analize akcesornih tvari i celuloze dati dodatne informacije o hipotezi potvrđenoj u ovom radu. U



Napomena: oznake vrste tla i fitocenoze odgovaraju onima u tablici 4 – Note: codes of soil type and phytocoenoses as in Table 4

Slika 4. Usporedba srednjih vrijednosti sadržaja akcesornih tvari za vrstu tla i fitocenozu

Figure 4 Comparison of average values of accessory material for soil type and phytocoenoses

daljnjim je istraživanjima također potrebno obaviti kemijske analize tala na lokalitetima uzorkovanja, čiji će rezultati u mnogočemu objasniti dobivene različitosti u dijelovima grupnoga kemijskog sastava.

Prema dobivenim rezultatima čini se da sadržaj pepela ne ovisi bitno o lokalitetu uzorkovanja i njegovim fitocenološkim obilježjima. Međutim, već je spomenuto da su prijašnjim istraživanjima potvrđene značajne varijacije unutar pojedinih komponenata pepela kore, pa s toga stajališta treba promatrati i moguće varijacije pepela unutar bijeli i srži u ovisnosti o lokalitetu uzorkovanja.

Rezultati ovih istraživanja nisu pokazali statističke značajne razlike u sadržaju lignina s obzirom na lokalitet uzorkovanja (fitocenološka obilježja). Međutim, lignin je amorfnu trodimenzionalna mreža polimera fenilpropanskih jedinica (p-kumarilni, koniferilni i sinapilni alkoholi), te na temelju njegove kompleksne strukture i ponašanja, odnosno sadržaja metoksilnih (OCH₃) i hidroksilnih grupa (OH) ipak možemo očekivati razlike unutar omjera alkoholnih jedinica u ovisnosti o lokalitetu uzorkovanja, što će biti tema sljedećih istraživanja.

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Analizama i istraživanjima glavnih komponenata kemijskog sastava bijeli drva bukovine, što podrazumijeva određivanje sadržaja niskomolekularnih tvari (pepela i akcesornih tvari) i makromolekularnih tvari (lignina, celuloze i drvnih polioza), potvrđene su pretpostavke koje su upućivale na zaključak da postoje varijacije između uzoraka obične bukve s različitih lokaliteta uzorkovanja na temelju fitocenoloških kriterija (tip tla i fitocenoza), što je u ovom radu i dokazano. U usporedbi s rezultatima prijašnjih istraživanja kemijskog sastava bukovine, dobiven je povećan sadržaj akcesornih tvari i lignina, smanjen sadržaj drvnih polioza, dok je sadržaj pepela i celuloze jednak. Nadalje, statističkom obradom i međusobnom usporedbom rezultata svih lokaliteta uzorkovanja na temelju pojedinih kemijskih komponenata, dokazane su statističke značajne razlike u sadržaju akcesornih tvari i celuloze, dok je ta razlika neznatna u sadržaju pepela, lignina i drvnih polioza. Jednako tako, na temelju fitocenoloških kriterija (vrsta

tla i fitocenoza) pojedinih lokaliteta uzorkovanja, rezultati istraživanja pokazuju statističke značajne razlike samo u sadržaju akcesornih tvari. Poznavanje sadržaja komponenata grupnoga kemijskog sastava drva i njihovih varijacija bitno je u daljnjoj kemijskoj preradi drva, pa dobivene rezultate treba promatrati s toga stajališta.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Antonović, A., 2004: Spektrofotometrijska analiza lignina bukovine. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 1-214.
2. Beljo-Lučić, R.; Čavlović, A.; Antonović, A.; Vujasinović, E.; Šimičić, I., 2005: Svojstva usitnjenog materijala nastalog pri mehaničkoj obradi drva. *Drvna ind.* 56 (1): 11-19.
3. Bujas, N., 1998: Prilog poznavanju kemizma kore bukovine. *Drvna ind.* 49 (3): 145-150.
4. Fengel, D.; Wegener, G., 2003: *Wood – Chemistry, Ultrastructure, Reactions.* Kessel Verlag, Remagen: 26-65.
5. Niemann, G.J.; Pureveen, J.B.M., 1995: Differential chemical allocation and plant adaptation. *Plant and Soil* 175: 275-289.
6. Opačić, I.; Sertić, V., 1982: Kemijski sastav nekih domaćih vrsta drva. Zbornik radova ZIDI-ja Šumarskog fakulteta, knj. I: 11-41.
7. Rowell, R.M., 2005: *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites.* CRC Press: 35-74.
8. TAPPI, 1997: Test Method T 204 cm-97 – Solvent Extractives of Wood and Pulp. TAPPI.
9. TAPPI, 1997: Test Method T 264 cm-97 – Preparation of Wood for Chemical Analysis. TAPPI.
10. TAPPI, 2002: Test Method T 257 cm-02 – Sampling and Preparing Wood for Analysis. TAPPI.
11. TAPPI, 2002: Test Method T 211 om-02 – Ash in Wood, Pulp and Paperboard: Combustion at 525°C. TAPPI.
12. TAPPI, 2006: Test Method T 222 om-06 – Acid-Insoluble Lignin in Wood and Pulp. TAPPI.

Corresponding address:

Assistant ALAN ANTONOVIĆ, MSc

Department for Material Technologies
University of Zagreb, Faculty of Forestry
Svetošimunska cesta 25, P.O. Box 422
10002 Zagreb, CROATIA
e-mail: alan.antonovic@zg.htnet.hr