

# Varijacije strukture jelovine iz Gorskog kotara

## VARIATION OF FIR WOOD STRUCTURE FROM REGION OF GORSKI KOTAR

Prof. dr. **Božidar Petrić**  
Dipl. ing. **Jelena Trajković**  
Dipl. ing. **Radovan Despot**  
Šumarski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu

Izvorni znanstveni rad

Prispjelo: 14. siječnja 1990.  
Pihvaćeno: 3. veljače 1990.

UDK 630\*811

### Sažetak

U članku su prikazani rezultati istraživanja varijacija širine godova, dužine i promjera aksijalnih traheida, debljina njihovih staničnih stijenki te volumnog udjela drvnih trakova i aksijalnih traheida u juvenilnom i zrelom drvu jele iz Gorskog kotara. Dužine, promjeri i debljine staničnih stijenki aksijalnih traheida rastu od srčike do približno 60. goda, a iza toga njihove dimenzije ostaju manje više konstantne.

U istom se smjeru širina godova konstantno smanjuje, a volumni udio elemenata građe drva ostaje konstantan.

**Ključne riječi:** jelovina — varijacije širine godova — dimenzije traheida — volumni udjel traheida i drvnih trakova.

### Summary

In this article given are the results of investigation on variation of growth rings width, length, diameter and wall thickness of tracheids and volume percentage of wood rays in juvenile and adult fir wood from region of Gorski Kotar. Length, diameter and wall thickness of tracheids rises from pith to approximately 60. growth ring, and later toward the bark remain constant. In the same direction growth rings width fall constantly. Volume percentage of wood structure elements is constant and does not change from pith to bark.

**Key words:** fir wood — variation of growth ring widths tracheid dimensions — volume percentages of tracheids and wood rays.

## 1. UVOD

Regija Gorskog kotara zauzima površinu od 1 273 km<sup>2</sup>. Oko 70% te regije, ili približno 890 km<sup>2</sup>, čine obrasle šumske površine, od kojih 60% pripada crnogorici, a 40% bjelogorici. U tim se šumama drvna zaliha na panju kreće oko 26 milijuna m<sup>3</sup>, od čega je oko 16 milijuna m<sup>3</sup> drvo crnogorice, a oko 10 milijuna m<sup>3</sup> drvo bjelogorice. Pri tome jelovina čini oko 88% drvne zalihe crnogorice, a bukovina oko 85% drvne zalihe bjelogorice. Godišnje se siječe prosječno oko 485 000 m<sup>3</sup> drvne sirovine, pri čemu na jelovinu otpada oko 260 000 m<sup>3</sup> [6].

Jelovina je domaća bakuljava četinjača jednostavne strukture. Građena je od aksijalnih traheida, radijalnog i aksijalnog parenhima. Traheide su raspoređene u pravilne radijalne nizove. U ranom drvu su poligonalno spljoštene, tankih staničnih stijenki i širokih lumena, a u kasnom su drvu tangentno spljoštene, debelih staničnih stijenki i uskih lumena. Prijelaz traheida ranog u traheide kasnog drva je postepen. Drvni su trači jednodredni, homocelularni, difuzno raspoređeni. Aksijalni je parenhim graničan, vrlo rijedak, pa je njegov udio u građi drva zanemariv. [5].

## 2. ZADATAK RADA

S obzirom na to da fizička i mehanička svojstva drva ovise o njegovoj strukturi i kemizmu, te imajući na umu rasprostranjenost i važnost jelovine u Gorskom kotaru i domaćoj drvnoj industriji, postavljen je zadatak da se utvrde strukturne karakteristike i varijacije strukture jelovine iz Gorskog kotara. U tu su svrhu ispitani:

1. dužina traheida,
2. tangenti promjer traheida,
3. debljina stijenki traheida ranog i kasnog drva,
4. volumni udio elemenata građe drva (traheide, parenhim),
5. širina godova.

## 3. MATERIJAL ZA ISPITIVANJE

Materijal za ispitivanje potječe iz tipičnih sastojina jele sa silikatne podloge, s područja Nastavno-pokusnog šumskog objekta Zalesina Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Pri izboru materijala pazilo se na to da odabrana stabla budu zdrava, pravilnoga cilindričnog debla,

ravne prave žice i pravilno oblikovane krošnje. Metodom slučajnih uzoraka ukupno je izabrano i oboreno 5 stabala.

Iz gornjih krajeva prvih trupaca oborenih stabala izvađeni su kolotovi debljine 5 cm i dopremljeni u Zavod za istraživanja u drvnjoj industriji Šumarskog fakulteta u Zagrebu, radi dalje obrade i ispitivanja.

Dendrometrijski podaci probnih stabala prikazani su u tablici I.

#### 4. METODA RADA

U laboratoriju su obavljani slijedeći radovi:

- izrada macerata
- mjerenje dužine traheida
- izrada histoloških preparata
- mjerenje tangentskog promjera traheida
- mjerenje debljine stijenki traheida
- mjerenje volumnog udjela trakova
- mjerenje širine godova
- fotografiranje karakterističnih presjeka i izrada fotografija.

Iz segmenata kolotova označenih smjerom sjever-jug izrađeni su uzorci od srčike prema kori, i to iz 5, 15, 30, te iz svakog daljeg 20. goda, posebno iz sjevernog, a posebno iz južnog dijela segmenta.

slika objekta projicirana je na bijelu podlogu stola. Pomoću objekt mikrometra izrađeno je kartonsko mjerilo točnosti 0,01 mm, kojim su izmjerene dužine vlakana. Za svaku probu mjereno je po 60 traheida. Podaci su uneseni u za tu svrhu izrađene manuale. Ukupno je izmjereno 3720 traheida.

Da se omogući mjerenje promjera i debljina stijenki traheida te volumnog udjela trakova, prethodno su izrađeni histološki preparati poprečnih i tangentskih presjeka drva. Probe su izrađene iz istih segmenata kolotova i iz istih godina kao i za macerate. Iz svake su probe mikrotomskim nožem izrezani poprečni i tangentski presjeci drva debljine 20 do 25  $\mu$ m, te izrađena po dva označena i safraninom obojena histološka preparata, uklopljena u Kanada balzam. U svakom preparatu bio je po jedan poprečni i jedan tangentski presjek pripadajućega goda. Ukupno su izrađena 124 preparata.

Mjerenje tangentskog promjera traheida izvođeno je paralelno s mjerenjem debljine staničnih stijenki na poprečnom presjeku pojedinog preparata. Mjerenje je obavljeno binokularnim mikroskopom firme »Leitz«, uz povećanje 700 $\times$  i upotrebu imerzijskog ulja. U svakoj je probi izmjereno po 15 promjera traheida ranog i kasnog drva i jednako toliko debljina staničnih stijenki. Ukupno je izmjereno po 930 promjera traheida ranog i kasnog drva, te po 930 debljina staničnih stijenki traheida ranog i kasnog drva.

Tablica I.

Nalazište	NPŠO Zalesina Belevine-Pepelarnica, Odjel 6				
	1.	2.	3.	4.	5.
Redni broj stabla	49	52	49	55	53
Prsni promjer stabla — cm	29	26	27	27	30
Visina stabla — m	108	109	120	112	119
Starost stabla — god.	16,7	14,0	10,5	7,0	6,0
Dužina krošnje — m	10	15	18	28	25
Visina panja — cm	4	6	4	4	4
Udaljenost koluta od panja — m	D/C	D	D	D/C	D/C
Položaj stabla u sastojini	zatv.	poluotv.	otvor.	poluotv.	zatv.
Sklop	jug.	jug.	jug.	jug.	jug.
Ekspozicija	30—40	30—40	30—40	30—40	30—40
Inklinacija					

Opaska:

D = dominantan

C = kodominantan

Uzorci su stavljeni u označene epruvete i macerirani 24 sata Franklinovim reagensom [3] u termostatu pri temperaturi  $65 \pm 2$  °C. Nakon maceracije, ispiranja vodom i razvlaknjivanja, iz svake su probe izrađena po dva označena preparata maceriranog materijala uklopljenog u glicerinu želatinu pripremljenu po Keiseru [2]. Ukupno su izrađena 124 preparata.

Dužine traheida mjerene su na monookularnom mikroskopu firme »Reichert«, pri povećanju 10 $\times$ . Mikroskop je bio horizontalno postavljen na povišeno postolje, ispred kojeg je bila svjetiljka velike svjetlosne jačine. Preko optičke prizme

Volumni udio trakova mjereno je na tangentskim presjecima histoloških preparata. Mjerenja su izvršena pomoću mikroskopa firme »Reichert« s integracijskim stolićem i uz povećanja 60 $\times$ . Na pojedinom tangentskom presjeku iz svake probe nasumce je odabrano po pet kvadratića površine 2,4 mm<sup>2</sup> na kojima su metodom planimetrije integrirane površine koje zauzimaju drveni traci. Ukupno je izmjereno 310 kvadratića, a podaci su uneseni u za to pripremljene manuale.

Volumni udio drvnih trakova procijenjen je na osnovi njihova površinskog udjela, uz pretpostavku da je udio trakova u smjeru njihova pro-

tezanja konstantan. Da bi se odredio udio traškova pojedinih visina, u istim su kvadratićima u svakom traku prebrojene stanice i svaki je drveni trak odmah uvršten u pripadajući razred. Razredi visina traškova prema broju stanica traka bili su: traci s 1-5 stanica, 6-10 stanica, 11-20 stanica i traci viši od 20 stanica. Na taj je način klasificirano ukupno 5 159 traškova.

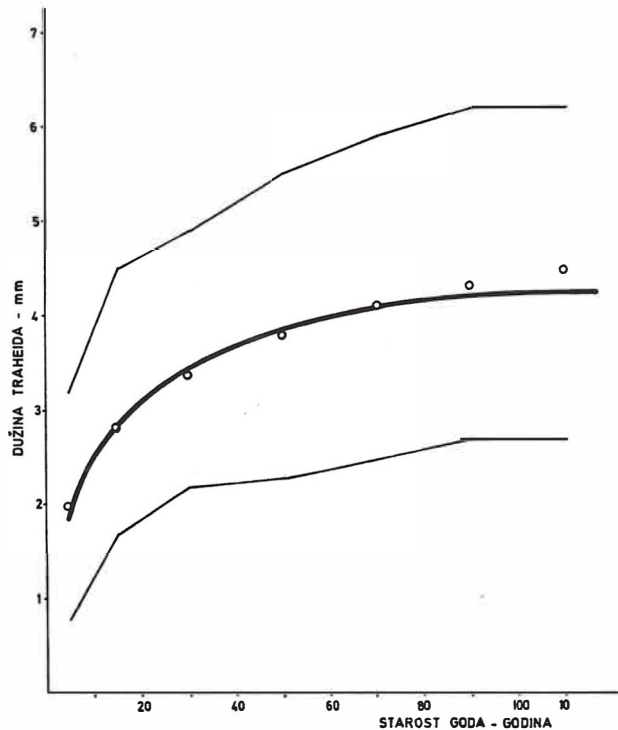
Volumni je udio aksijalnog parenhima zbog njegove male prisutnosti u građi drva zanemaren. Na osnovi toga i na osnovi volumnog udjela drvnih traškova u građi drva, određen je volumni udio traheida.

Širina godova mjerena je na istim segmentima izvađenim iz kolutova, posebno na južnoj, a posebno na sjevernoj strani segmenta. Mjereno je po 5 godova zajedno, idući od srčike prema kori, a za svaki razred od 5 godova izračunat je prosjek.

Izabrana su po dva karakteristična poprečna i tangentsna presjeka na histološkim preparatima. Oni su fotografirani, a u laboratoriju je razvijen film i napravljene fotografije.

5. REZULTATI RADA

Rezultati rada prikazani su u tablicama II, III. i IV, te na slikama 1, 2, 3, 4, 5, 6. i 7.



Sl. 1. Utjecaj starosti goda na dužinu traheida  
Fig. 1. Influence of growth ring age on tracheid lengths

Gornje i donje granice unutar kojih se kreću dimenzije i udjeli elemenata građe drva upućuju na to da su varijacije dosta velike.

Tablica II.

DIMENZIJJE TRAHEIDA

Starost goda — g.	Dužina traheida — mm			Tangentni promjer traheida — μm			Debljina stijenki traheida — μm				
				Rano drvo			Kasno drvo				
	Broj izmjera — n	$\bar{X}$	max.	Broj izmjera — n	min.	$\bar{X}$	max.	Broj izmjera — n	min.	$\bar{X}$	max.
5	600	1,98	3,20	300	25	33,16	44	150	1,25	1,73	2,25
15	600	1,70	4,50	300	30	39,00	50	150	1,50	1,88	2,25
30	600	2,20	3,37	300	37	43,16	55	150	1,50	1,97	2,50
50	600	2,30	3,80	300	40	46,53	55	150	1,50	2,06	2,75
70	600	2,50	4,12	300	42	47,76	60	150	1,50	2,12	3,00
90	600	2,70	4,33	300	38	46,47	60	150	1,50	2,13	3,00
110	120	2,70	6,20	60	45	47,00	55	30	2,00	2,15	2,50
$\bar{X}$ -juvnilino drvo	2400	3,00	5,50	1200	25	40,46	55	600	1,25	1,91	2,75
$\bar{X}$ -zrelo drvo	1320	4,25	6,20	660	38	47,10	60	330	1,50	2,13	3,00
$\bar{X}$ -prosjeak	3720	3,44	6,20	1860	25	42,82	60	930	1,25	1,99	3,00

Tablica II. te dijagrami na slikama 1, 2. i 3. prikazuju varijacije dužine i promjera traheida, te debljine njihovih staničnih stijenki. Dužina traheida varira u širokom intervalu od 0,80 do 6,20 mm, s prosjekom 3,44 mm, Tangentni promjer traheida varira od 25 do 60 μm, sa srednjom vrijednošću 42,82 μm, a debljine njihovih

Tablica III.

## UDIO TRAKOVA

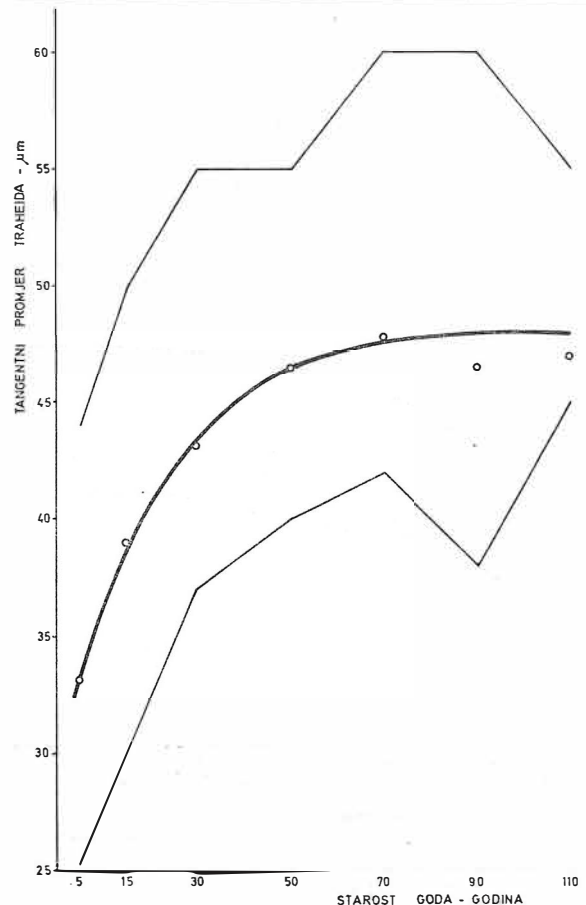
Starost goda — g.	Volumni udio svih trakova — %					Volumni udio trakova raznih visina					Suma broja trakova	
	broj mjernih polja	min.	$\bar{X}$	max.	%	1—10 stanica		11—20 stanica		> 20 stanica		
						broj trakova — n	%	broj trakova — n	%	broj trakova — n		%
5	50	4,68	6,24	8,29	4,49	840	295	1,58	33	0,18	1168	
15	50	4,30	5,88	8,32	3,24	487	330	2,19	68	0,45	885	
30	50	4,07	6,28	8,68	3,19	424	338	2,54	73	0,55	835	
50	50	4,61	6,27	9,03	3,15	375	282	2,37	90	0,76	747	
70	50	4,88	6,45	8,30	2,96	335	294	2,59	102	0,90	731	
90	50	4,63	6,35	8,29	2,64	274	264	2,54	121	1,17	659	
110	10	5,42	6,90	7,95	2,78	54	59	2,78	26	1,34	134	
Prosjeck	310	4,07	6,267	9,03	3,21	2789	1857	2,37	513	0,77	5159	

staničnih stijenci u ranom drvu kreću se od 1,25 do 3,00  $\mu\text{m}$ , s prosjekom 1,99  $\mu\text{m}$ . U kasnom drvu iznose od 2,50 do 9,50  $\mu\text{m}$ , a srednja im je vrijednost 5,35  $\mu\text{m}$ . Iz slika je vidljivo da spomenute dimenzije traheida rastu od srčike do približno 60. goda. Iza 60. goda prosječne dimenzije traheida gotovo su konstantne.

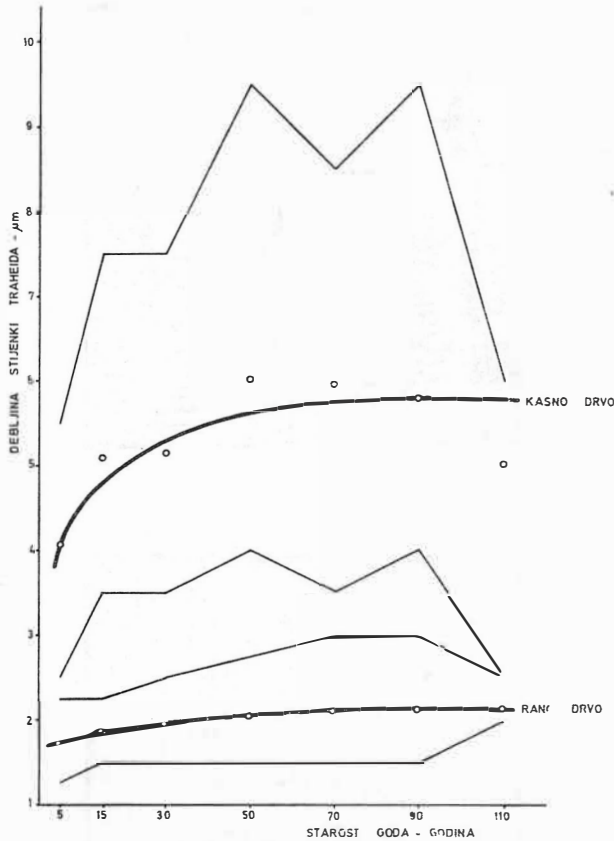
## ŠIRINA GODOVA

Tablica IV.

Razred starosti goda	Broj izmjera	Širina goda mm		
		g.	n	min. $\bar{X}$ max.
1— 5	50	2,10	3,97	7,30
6— 10	50	2,40	3,39	5,50
11— 15	50	2,10	3,36	4,50
16— 20	50	1,50	3,34	4,40
21— 25	50	1,90	3,06	4,40
26— 30	50	1,90	2,76	4,30
31— 35	50	1,60	2,59	3,70
36— 40	50	1,30	2,45	3,40
41— 45	50	0,90	2,08	3,10
46— 50	50	0,90	1,81	2,50
51— 55	50	1,00	1,79	3,00
56— 60	50	0,90	1,78	2,90
61— 65	50	0,70	1,72	2,30
66— 70	50	0,70	1,63	3,00
71— 75	50	0,50	1,42	2,50
76— 80	50	0,40	1,21	2,40
81— 85	50	0,70	1,32	2,30
86— 90	40	0,30	1,16	2,10
91— 95	30	0,50	1,08	1,70
96—100	20	0,40	0,73	1,20
101—105	10	0,80	0,89	1,20
106—110	10	0,80	1,08	1,50
$\bar{X}$ -juvenilno drvo		0,90	2,70	7,30
$\bar{X}$ -zrelo drvo		0,30	1,33	3,00
$\bar{X}$ -prosjeck	960	0,30	2,44	7,30

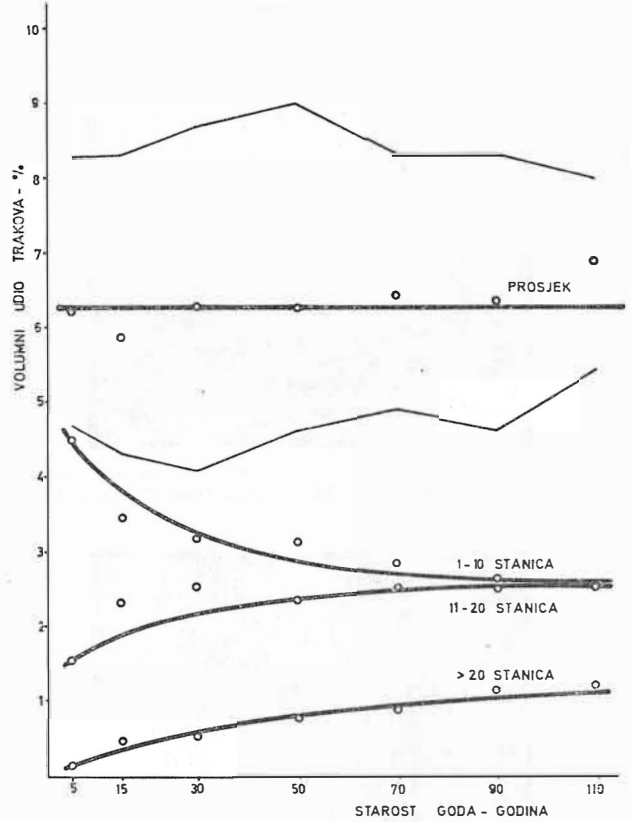


Sl. 2. Utjecaj starosti goda na tangenti promjer traheida  
Fig. 2. Influence of growth ring age on tangential diameter of tracheids



Sl. 3. Utjecaj starosti goda na debljinu staničnih stijenki traheida ranoga i kasnog drva

Fig. 3. Influence of growth ring age on wall thickness of early and late wood tracheids



Sl. 4. Utjecaj starosti goda na volumni udio svih trakova i trakova različitih visina

Fig. 4. Influence of growth ring age on volume percentage all wood rays and wood rays of different height

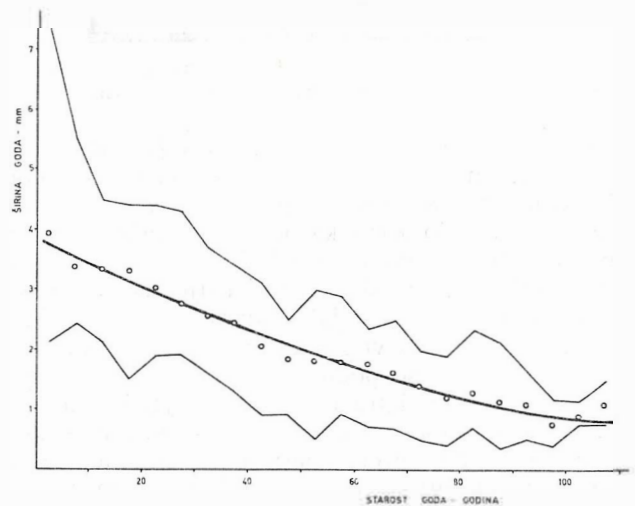
Istraživanje volumnog udjela drvnih trakova u građi drva pokazala su da se ukupni volumni udio trakova ne mijenja od srčike prema kori. Volumni udio drvnih trakova u građi drva kreće se u rasponu od 4,07 do 9,03%, sa srednjom vrijednošću 6,267%.

Rezultati tih istraživanja dobro se podudaraju s ranijim istraživanjima [4]. Bitno se mijenja odnos udjela visokih (preko 10 stanica) i niskih trakova (do 10 stanica). Iz tablice III. i slike 4. te fotografije na slici 5. vidljivo je da se udio niskih trakova od srčike prema kori smanjuje, a udio visokih trakova u istom smjeru povećava. Odnos udjela visokih i niskih trakova ostaje konstantan nakon približno 60. goda.

Volumni udio traheida u građi drva varira od 90,97% do 95,93%, sa srednjom vrijednošću 93,73%.

Na osnovi navedenih varijacija dimenzija i udjela elemenata građe može se zaključiti da se juvenilno drvo jelovine iz Gorskog kotara preteže od srčike do približno 60. goda.

Iz dijagrama na slikama 2. i 3. te s fotografija na slici 6. vidljivo je da su traheide ranog zrelog drva znatno većeg promjera, ali ne i znatno debljih stijenki od traheida ranog juvenilnog drva. Iz toga se može pretpostaviti da je rano zrelo drvo manje gustoće od ranog juvenilnog

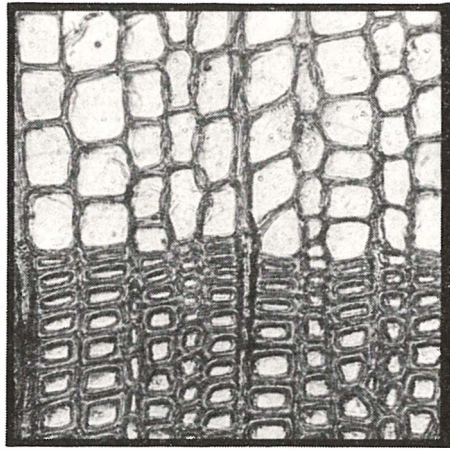


Sl. 5. Utjecaj starosti drva na širinu godova

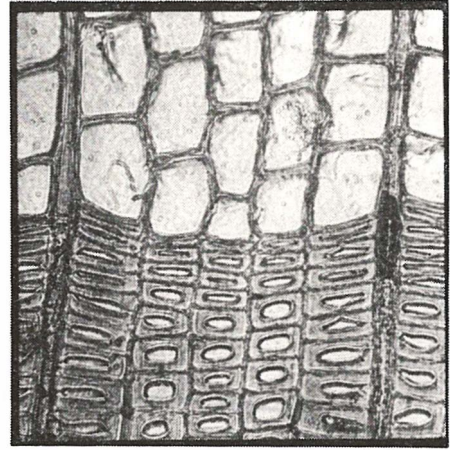
Fig. 5. Influence of growth ring age on width of growth rings

drva. Iz istih dijagrama i slika vidljivo je da su stijenke traheida kasnog zrelog drva znatno deblje od stijenki kasnoga juvenilnog drva. Iz toga se može pretpostaviti da je kasno zrelo drvo veće gustoće nego kasno juvenilno drvo.

Već su ranije obavljena istraživanja učestalosti širine godova i udjela zone kasnog drva u go-

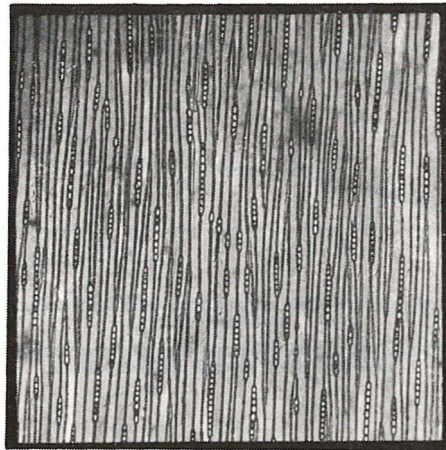


a)

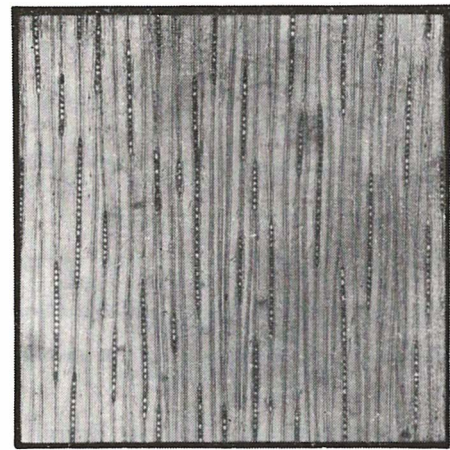


b)

Sl. 6. Poprečni presjek drva; a) 5 god, b) 80. god. (Pov. 100×)  
Fig 6. Cross wood section: a) 5th growth ring, b) 80th growth ring. (Mag. 100×)



a)



b)

Sl. 7. Tangentni presjek drva; a) 5. god, b) 80. god. (Pov. 60×)  
Fig. 7. Tangential wood section; a) 5th growth ring, b) 80th growth ring. (Mag. 60×)

dovima jelovine iz Gorskog kotara [1]. Rezultati tih ispitivanja pokazuju da se širina godova kod jelovine najčešće kreće između 1 i 2 mm, te da se najveći udio zone kasnog drva nalazi upravo u godovima širokim od 1,2 do 2,4 mm. Tablica IV. i dijagram na slici 5. pokazuju da širina godova ispitivanog materijala varira od 0,30 do 7,30 mm, sa srednjom vrijednošću 2,44 mm. Dobiveni rezultati dobro se podudaraju s rezultatima spomenutih ranijih istraživanja. Nadalje, iz istog se dijagrama i slike uočava da širina godova stalno opada od srčike prema periferiji stabla, a ujedno se može vidjeti gdje se u stablu nalaze godovi najčešće širine, s najvećim udjelom zone kasnog drva. To se područje nalazi između 40. i 80. goda počevši od srčike.

## 6. ZAKLJUČAK

Iz dobivenih rezultata proizlaze sljedeći zaključci:

1. Juvenilno drvo jelovine iz Gorskog kotara proteže se od srčike do približno 60. goda.

2. Dužina traheida varira od 0,80 do 6,20 mm, sa prosjekom od 3,44 mm. Dužina traheida naglo se povećava od srčike do približno 60. goda. U razmaku od 5. do 60. goda od srčike dužina traheida poraste od približno 2 na približno 4 mm, što iznosi 100%. Nakon toga dužina traheida se neznatno povećava do kore. Prosječna je dužina traheida juvenilnog drva 3,00 mm, a zrelog drva 4,25 mm.

3. Tangentni promjer traheida varira od 25 do 60  $\mu\text{m}$ , s prosjekom 42,82  $\mu\text{m}$ . Tangentni promjer traheida povećava se naglo od srčike do 60. goda. Povećanje tangentskog promjera traheida u intervalu od 5. do 60. goda od srčike iznosi 24%. Nakon toga tangentski promjer traheida ostaje konstantan. Prosječni je tangentski promjer traheida juvenilnog drva 40,46  $\mu\text{m}$ , a zrelog drva 47,10  $\mu\text{m}$ .

4. Debljina stijenki traheida ranog drva varira od 1,25 do 3,00  $\mu\text{m}$ , s prosjekom 1,99  $\mu\text{m}$ . Debljina stijenki traheida ranog drva raste vrlo malo od srčike do kore. U prvih 60. godova od srčike porast debljine stijenki traheida ranog drva kreće se od 1,73  $\mu\text{m}$  u 5. godu, do 2,09  $\mu\text{m}$  u 60. godu, što iznosi 20%. Nakon toga debljina stijenki tra-

heida ranog drva ostaje konstantna. U juvenilnom je drvu prosječna debljina stijenki traheida ranog drva 1,91  $\mu\text{m}$ , a u zrelom drvu 2,13  $\mu\text{m}$ .

5. Debljina stijenki traheida kasnog drva varira od 2,50 do 9,50  $\mu\text{m}$ , s prosjekom 5,35  $\mu\text{m}$ . Debljina stijenki traheida kasnog drva naglo raste od srčike do 60. goda. Od 5. do 60. goda od srčike ona naraste od 4,09  $\mu\text{m}$  na 5,7  $\mu\text{m}$ , što iznosi oko 40%. Nakon toga debljina stijenki traheida kasnog drva ostaje konstantna. U juvenilnom drvu je prosječna debljina stijenki traheida kasnog drva 5,10  $\mu\text{m}$ , a u zrelom drvu 5,81  $\mu\text{m}$ .

6. Volumni udio drvnih trakova u građi drva varira od 4,07 do 9,03%, s prosjekom 6,27%. Volumni udio drvnih trakova ne mijenja se od srčike do kore. Volumni se pak udio niskih drvnih trakova u prvih 60. godina od srčike smanjuje od 4,5% u 5. godu, na 3,0% u 60. godu, što iznosi 33%. Istovremeno udio visokih drvnih trakova raste od 1,76% na 3,26%, što iznosi 85%. Nakon 60. goda udio visokih i niskih drvnih trakova ostaje konstantan.

7. Volumni udio traheida u građi drva varira od 90,97 do 95,93%, sa srednjom vrijednošću 93,73%. Volumni se udio traheida u građi drva ne mijenja od srčike do kore.

8. Širina godova varira od 0,30 do 7,30 mm, s prosjekom 2,44 mm. Širina godova konstantno opada od srčike prema kori, od prosječno 4 mm u 5. godu do prosječno 1 mm u 60. godu od srčike, što iznosi 75%. Prosječna je širina godova u juvenilnom drvu 2,70 mm, a u zrelom drvu 1,33 mm.

Recenzirao: prof. dr. S. Bađun

#### LITERATURA

- [1] Benić, R.: Učešće kasnog drveta u godu jelovine. »Šumarski list« 11—12/1956.
- [2] Chamberlain, C. J.: Methods in plant histology. Chicago, 1925.
- [3] Franklin, G. L.: Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new macerating method for wood. »Nature«, br. 51, 1945.
- [4] Petrić, B., Šćukanec, V.: Volume percentage of tissues in wood of conifers grown in Yugoslavia, IAWA BULLETIN, 1973/2.
- [5] Wagenfuhr, Scheiber: Holzatlas, Leipzig, 1974.
- [6] \* \* \* : »Šumarstvo i prerada drva Gorskog kotara i Hrvatskog primorja« — Šum. gospodarstvo Delnice, 1986.