

Utezanje i nadmjera bukovich piljenica

SHRINKAGE AND OVERSIZES OF BEECH BOARDS

Prof. dr **Mirko Ilić**
Mašinski fakultet, Sarajevo

UDK 630*812.214

Prispjelo: 20. travnja 1987.
Prihvaćeno: 15. srpnja 1987.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

Provedenim ispitivanjem željelo se ustanoviti kakav je odnos između utezanja bukovine određenog na osnovi malih laboratorijskih proba (3 x 3 x 2 cm) i utezanja određenog na piljenicama (25, 38, 50 i 76 mm debljine, širine 110-120 mm). Ispitivana je bukovina iz dva različita područja po nadmorskim visinama.

Izloženi rezultati pokazuju da se utezanja određena na osnovi malih laboratorijskih proba ne mogu uzeti kao mjerodavna za određivanje nadmjera na debljinu pa niti na širinu piljenica.

Utezanja određena na piljenicama su uvijek veća od utezanja određenih na malim probama. U stvarnosti je prema tome potrebna veća nadmjera od one koja bi bila određena na osnovi ponašanja malih proba.

Razlike između teoretskih i stvarno potrebnih nadmjera veće su po debljini nego po širini piljenica. Stvarno potrebna nadmjera povećava se ako se u obzir uzme i standardna devijacija utezanja. Na kraju su dani grafikoni za određivanje nadmjera ako su u pitanju druge debljine ili drugi sadržaji vlage od onih koji su obuhvaćeni istraživanjem.

Ključne riječi: bukva — utezanje na laboratorijskim probama — utezanje na piljenicama — potrebna nadmjera.

Summary

The carried out investigations had a purpose to find out the proportion between the shrinkage of beech-wood determined on the basis of small lab test pieces (3 x 3 x 2 cms) and shrinkage determined on the boards (25, 38, 50 and 76 mm thickness, 110—120 mm width). The beech-wood tested was selected from two regions of different height above sea-level.

The results obtained show that the shrinkage determined on the basis of small lab test pieces cannot be taken as a competent for determination of oversizes on the thicknesses or on the widths of boards.

The shrinkage determined on the boards is always larger than the shrinkage determined on the small lab test pieces. Consequently, in reality there is required a larger oversize from that which would be determined on the basis of behaviour of small test pieces.

The difference between theoretically and practically required oversizes are higher by thickness than by width of the boards. The actually required oversize is increased if also a standard deviation of shrinkage is taken into consideration.

Finally, the charts have been made for determining the oversizes for other thicknesses or other moisture contents different from those comprised by investigation.

Key words: beech-wood — shrinkage on small lab test pieces — shrinkage on boards — required oversizes.

1. UVOD

Problem određivanja veličine nadmjere koja se daje prilikom piljenja drva u pogonima primarne prerade nije ni do sada dovoljno razjašnjen. Činjenica da pogoni primarne prerade, u praksi, postaju sve više uslužna djelatnost za pogone finalne prerade čini problem još važnijim.

Ukupnu nadmjeru koju treba dati prilikom piljenja sirovih trupaca u piljenice treba definirati kao zbroj nadmjera tri nadmjere: nadmjere na utezanje, nadmjere na netočnost piljenja i nadmjere na naknadnu obradu (Brežnjak, 1983). Pored ove tri osnovne nadmjere, može se u praksi pokazati potreba i za davanje posebne nadmjere zbog deformacije piljenica prilikom sušenja.

Od tri osnovne nadmjere brojčano najveću vrijednost predstavlja nadmjera na utezanje, te se

obično određivanju ove nadmjere i poklanja najveća pažnja. Određivanje veličine nadmjere na utezanje uobičajno je da se izračunava (ako nije standardima drukčije predviđeno) na osnovi utezanja malih proba. Način ispitivanja utezanja malih proba je standardiziran i manje više sličan u cijelom svijetu. Dovoljno je upozoravajućih rezultata i kod nas i u svijetu (Vorreiter, 1964; Krečeto, 1972; Krpan, 1960; Knežević i Nikolić, 1972), koji opravdanost ovakvog postupka dovode u pitanje.

Provedenim ispitivanjima, prikazanim u ovom članku, željelo se ustanoviti kakav je odnos između utezanja malih proba i utezanja piljenica izrađenih od istog drva, kako u odnosu na debljinu tako i u odnosu na širinu piljenice. Namjere, odnosno utezanja, određena su za dva karakteristična sadržaja vlage 20% i 10%.

2. MATERIJAL ISTRAŽIVANJA

Ispitivanja su provedena za drvo bukve koje potječe s dvije eksperimentalne plohe različitih nadmorskih visina.

2.1 Visinska bukovina

Eksperimentalna stabla obarana su u ŠIP »Sebešić«, Travnik, GJ »Kruščica«, odjel 22. Nadmorska visina plohe 1360 m, inklinacija 25%, ekspozicija sjever-sjeverozapad. Miješana šuma: bukva 0,6, jela 0,2, smrča 0,2. Ukupno je oboreno 16 a za ispitivanje odabrano 10 stabala (neprava srž do maksimalno 1/3 promjera). Prosječni prsni promjer odabranih stabala 42,5 cm, prosječna starost 177 godina.

2.2 Nizinska bukovina

Eksperimentalna stabla obarana su u ŠIP »Sebešić«, Travnik, GJ »Kruščica«, odjel 22. Nadmorska visina plohe 800 m, inklinacija 15%, ekspozicija sjever-sjeveroistok. Miješana šuma: bukva 0,7, jela 0,3. Ukupno oboreno je 14 a za ispitivanje prema kriteriju neprave srži odabrano 8 stabala. Prosječni prsni promjer odabranih stabala 42 cm, prosječna starost 154 dinara.

2.3 Obrada materijala istraživanja

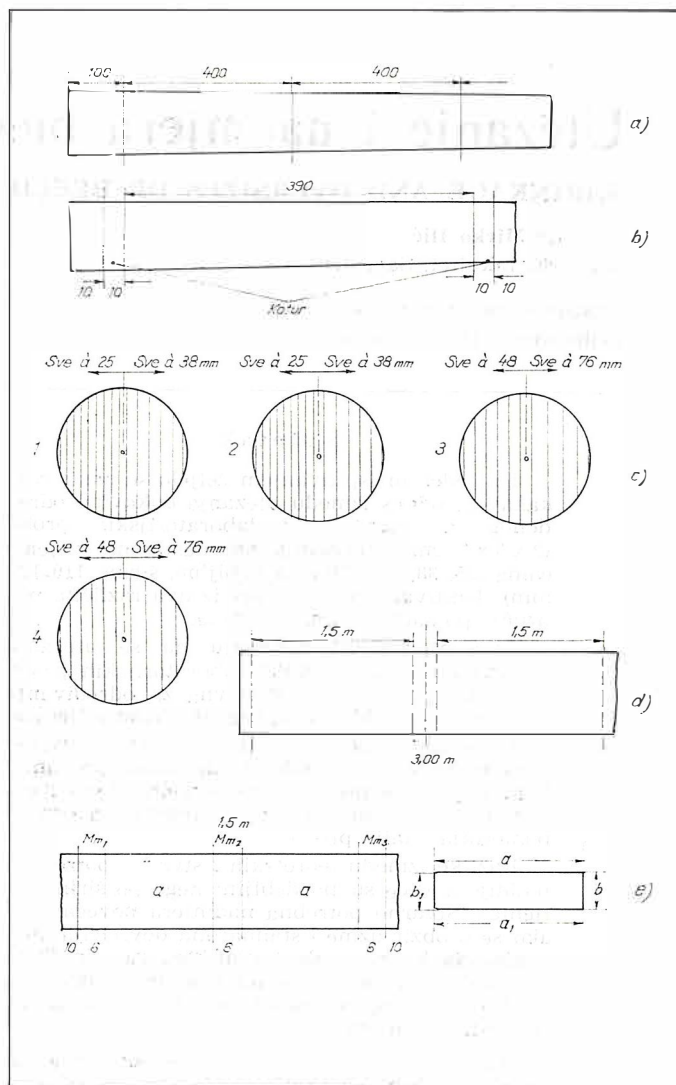
Prije obaranja stabala u šumi, na njima je izvršeno označavanje pravca sjever-jug. Oborenim deblu je prvi metar od panja odstranjen. Preostali dio je skrojen u trupac (jedan ili više) duljine 4 metra. Na trupce su prenošene oznake sjever-jug i trupci su otpremljeni u pogon primarne prerade. Materijal visinske bukovine dao je ukupno 18, a materijal nizinske bukovine 15 trupaca. Po dostavljanju na pilanu iz trupaca su izrezivani koturovi za izradu proba za određivanje zapreminske (volumne) mase i utezanja na malim probama.

Ako je oboreno stablo dopustilo izradu dva trupca, koturovi su bili smješteni na približno 1,4, 5,0 i 8,8 m od tla. Pri izradi samo jednog trupca isti su bili na 1,4 i 5,0 m od tla. Na koturove je prenesena oznaka sjever-jug.

Nakon izrezivanja koturova vršeno je raspiljivanje trupaca tračnom pilom u smjeru sjever-jug u osnovne piljenice. Piljene su debljine 25, 38, 50 i 76 mm u sirovom stanju.

Na svaku izrezanu osnovnu piljenicu prenesena je oznaka strane svijeta. Svakoj osnovnoj piljenici je iz sredine duljine izrezivana proba za određivanje prosječnog početnog sadržaja vlage.

Time se iz jedne dobiju dvije osnovne piljenice, duljine oko 1,60 m. Iz ovih osnovnih piljenica izrađivane su piljenice za praćenje utezanja. Pri izradi piljenica vodilo se računa o odnosu debljine prema širini, te o položaju godova. Nastojalo se da odnos debljine prema širini bude veći od 1:4 kod 25 mm debljine, 1:3 kod 38 mm deblji-



Slika 1.

ne; 1:2 kod 50 mm debljine i 1:1,5 kod 76 mm debljine. Širina piljenica iznosila je 110—120 mm. Prilikom piljenja nastojalo se izraditi što više piljenica sa uglom godova od 0, 22,5, 47, 67,5 i 90°. Kod izbora piljenica za dalja mjerenja, bilo ih je malo koje idealno zadovoljavaju tražene uglove godova, praktično se moralo dopustiti odstupanje od $\pm 3^\circ$ od traženih navedenih vrijednosti. Na svaku piljenicu dana je oznaka porijekla stabla, trupca, položaja u trupcu i položaja u osnovnoj piljenici. Izrađene piljenice bile su bez neprave srži.

Ukupni broj odabranih piljenica koje su zadovoljavale uvjete 0° , odnosno 90° iznosio je 60 kod debljina 25 i 38 mm, odnosno 57 kod debljina 50 i 76 mm.

Prosječna dimenzija piljenice za mjerenje utezanja bila je: debljina od 25 do 73 mm, širina 110—120 mm i duljina 1400—1600 mm.

3. NAČIN MJERENJA

3.1 Zapreminska masa i utezanje

Određivanje zapreminske mase i utezanja vršeno je na standardnim malim probama $3 \times 3 \times 2$ cm. Probe su izrezivane iz koturova po osnovnim stranama svijeta. Prvih pet centimentara od kore je odbacivano. Male probe nisu izrezivane iz materijala koji je vidljivo bio obuhvaćen nepravom srži. Mjerenje dimenzija malih proba vršeno je mikrometrom s točnošću 0,01 mm na fiksiranim mjestima. Mjerenje mase vršeno je na analitičkoj vagi Mattler s točnošću 0,001 gram, Postupak s malim probama bio je drukčiji od uobičajenog. Male su probe smještene u klima-prostoriju konstantne temperature $20 \pm 1^\circ$ C. Relativna vlažnost uzduha regulirana je prvo na $80 \pm 5\%$, u slijedećoj stepenici na $60 \pm 5\%$ i u posljednjoj stepenici na $40 \pm 5\%$. Sve sa željom da se izbjegne prebrzo sušenje malih proba. Stolnim ventilatorom osigurana je cirkulacija uzduha preko malih proba. Po dostizanju približno ravnotežnog stanja dosušivanje je izvršeno u vakuum termostatu pri temperaturi od 45° C uz obilnu upotrebu fosfor pentoksida. Dostignutih 0% sadržaja vlage provjeravano je dosušivanjem u termostatu na $103 \pm 2^\circ$ C. S obzirom na različite sadržaje vlage, u istom momentu mjerenja, za svaku probu rađen je individualni grafikon u sistemu utezanje — vlažnost, iz koga su očitavane vrijednosti utezanja za sadržaj vlage 20. odnosno 10% .

3.2 Mjerenja na piljenicama

Mjerenja na piljenicama sastojala su se od povremenih mjerenja mase i mjerenja dimenzija. Na piljenicama je izvršena priprema mjernih mjesta za mjerenje dimenzija blanjanjem ručnom blanjalicom i fiksiranjem mjernog mjesta. Po dužini piljenice bila su tri mjerna mjesta. Jedno mjerenje kod pojedine piljenice sastojalo se iz mjerenja mase (radi naknadnog određivanja sadržaja vlage s točnošću od 1 grama) i dvanaest mjerenja dimenzija (6 debljina i 6 širina) s točnošću 0,05 mm.

Svi izmjereni uzorci su nakon mjerenja složeni u pakete odvojeno po debljinama i izloženi prirodnom sušenju u zatvorenom prostoru pri temperaturi uzduha $20—25^\circ$ C, relativnoj vlažnosti $60—70\%$ i brzini kretanja uzduha kroz pakete od oko 1 m/s. Čela su zaštićena protiv raspucavanja premazom.

Prva dva mjerenja vršena su u razmacima od po 14 dana, a slijedeća tek kada bi kontrola pokazala da se masa u odnosu na prethodno mjerenje smanjila za $3—5\%$.

Prirodno sušenje ovakvim načinom vršeno je do orijentacijske vlažnosti drva od 18% . Materijal

je potom prenesen u sušionicu na umjetno dosušivanje pri temperaturi od 45° C do orijentacijske vlažnosti $6—8\%$.

Po dostizanju gornje vlažnosti izvršeno je završno mjerenje mase i dimenzija. Na svakom mjernom mjestu uzeta je proba za gravimetrijsko određivanje stvarnog sadržaja vode. Završna masa i prosječni stvarni sadržaj vode iz tri mjerenja služili su, na osnovi poznatih metoda proračunavanja, za određivanje prosječnog sadržaja vlage u svakom prethodnom mjerenju. Odnos vlaga — utezanje obrađivan je grafički za svaku pojedinu piljenicu na osnovi stvarno izmjerenih podataka. Podaci utezanja za karakteristične sadržaje vode očitavani su iz takvog grafikona.

4. REZULTATI I ANALIZE ISPITIVANJA

4.1 Male probe

Zapreminske mase i vlažnost malih proba za visinsku — odnosno nizinsku bukovinu — prikazane su u tablici I.

ZAPREMINSKA MASA g/cm^3 MALIH PROBA

Tablica I.

DENSITY g/cm^3 OF SMALL LAB TEST PIECES

Table I

	Visinska bukva N = 306 proba			Nizinska bukva N = 264 proba		
	min.	sred.	maks.	min.	sred.	maks.
	0,648	0,686	0,717	0,634	0,658	0,673
st. dev.		0,0175			0,0125	
	vlažnost u %			vlažnost u %		
	82,8	88,8	98,8	79,0	82,3	86,2

Statistička analiza pokazuje da su razlike u zapreminskoj masi između dvije grupe bukovine visoko signifikantne prirode.

Tok srednjih vrijednosti utezanja malih proba dan je u tablici II.

SREDNJE VRIJEDNOSTI UTEZANJA MALIH PROBA U %

Tablica II.

AVERAGE VALUE OF SHRINKAGE OF SMALL LAB TEST PIECES IN %

Table II

Pravac/vlažnost	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	-5%
Visinska bukva, N = 306 proba										
Radijalno	\bar{x}	5,10	4,15	3,23	2,33	1,40	0,61	0,41	0,29	0,14
	G	0,3503		0,2752		0,2002				
Tangencijalno	\bar{x}	11,33	9,55	7,79	6,04	4,27	2,59	1,24	0,65	0,27
	G	0,5255		0,5004		0,6005				
Nizinska bukva N = 264 proba										
Radijalno	\bar{x}	5,26	4,28	3,36	2,37	1,42	0,54	0,34	0,24	0,14
	G	0,2502		0,2002		0,1752				
Tangencijalno	\bar{x}	11,70	9,75	7,79	5,84	3,89	1,94	0,73	0,45	0,20
	G	0,5004		0,3003		0,2004				
Skupno bukovina N = 570 proba										
Radijalno	\bar{x}	5,17	4,21	3,29	2,35	1,41	0,58	0,38	0,27	0,14
	G	0,3039		0,2404		0,1886				
Tangencijalno	\bar{x}	11,50	9,64	7,79	5,95	4,09	2,29	1,16	0,56	0,24
	G	0,5138		0,4077		0,4152				

Statistička analiza pokazuje da su pri vlažnosti 20% radijalno i 10% tangencijalno razlike između visinske i nizinske bukovine slučajne, a pri svim ostalim vlažnostima, signifikantne prirode. Posebno je iznenadio podatak vrlo rane pojave i radijalnog i tangencijalnog utezanja pri 40 odnosno 45% sadržaja vode — dakle iznad područja zasićenosti žice. Za ovu pojavu se znalo iz ranijih istraživanja kod piljenica (Ilić, 1973), ali ne i kod malih proba. Na grafikonu se može primijetiti gotovo idealan pravolinijski tok utezanja od 25 % do 0% vlažnosti, a asimptotsko približavanje nuli pri vlažnosti većoj od 25%. Kako u praksi primarne prerade često puta nije moguće razvrstavati sirovinu po porijeklu, to su nastavno u tablici II. dane prosječne vrijednosti utezanja malih proba za bukovinu općenito.

4.2 Utezanja mjerena na piljenicama

Srednje vrijednosti utezanja piljenica odvojeno po debljinama odnosno porijeklu dane su u tablicama III i IV. Vrijednosti utezanja za istoimene sadržaje vlage dobivene su na osnovi individualne grafičke obrade odnosa vlaga — utezanje svake pojedine piljenice. Mjerenja su završena pri prosječnoj vlažnosti piljenice između 6 i 8%. Podatak za utezanje pri prosječnoj vlažnosti od 5% ne predstavlja, prema tome, direktno mjereno, već iz grafikona izvedeni podatak.

Radi ilustracije toka utezanja dan je grafikon br. 2. i to samo za debljine 38 i 50 mm, visinsku bukovinu, utezanje po debljini. Upozorava se na rani početak utezanja općenito, kao i na vrlo ranu,

gotovo pravolinijsku ovisnost između utezanja i vlažnosti. Kod bukovine oba porijekla u tangencijalnom pravcu ta je ovisnost počela već kod 50% vlage, a u radijalnom kod 45% prosječnog sadržaja vode. Slično je ponašanje i ostalih debljina.

Pri prosječnoj vlažnosti piljenica od 30%, koja bi trebalo da odgovara području vlažnosti zasićenosti žice, prisutno je u radijalnom pravcu, kod visinske bukovine, 1,64 do 2,84% utezanje, a u tangencijalnom pravcu 3,40—5,0%, kod nizinske bukovine, radijalni pravac, utezanje je bilo 0,55 do 2,25%, a tangencijalan pravac 0,98 do 4,75%. Nizinska bukovina općenito pokazuje nešto kasniji početak utezanja od visinske bukovine.

Za problem određivanja odgovarajućih nadmjera važna su odgovarajuća utezanja pri karakterističnim vlažnostima od 20%, odnosno 10%. Iz tablica III. i IV. odnosno pojedinačnih grafikona za svaku piljenicu, izrađeni su ti podaci i sređeni u tablici V. za visinsku, odnosno u tablici VI. za nizinsku bukovinu, odvojeno za debljinsko, odnosno širinsko utezanje s pripadajućim standardnim devijacijama.

Ako se promatraju podaci u ovim tablicama, upada u oči da je utezanje po širini, s izuzetkom jednog jedinog slučaja (visinska bukovina 76 mm debljine pri 20% vlage), uvijek znatno manje od utezanja po debljini. Širine piljenica pri ovim ispitivanjima bile su ujednačene, pa je teško govoriti o utjecaju širine na veličinu utezanja. Promjenljiv je bio odnos debljine prema širini piljenice. Raspoloživi podaci ne daju osnove za neka posebna zaključivanja u tom pogledu.

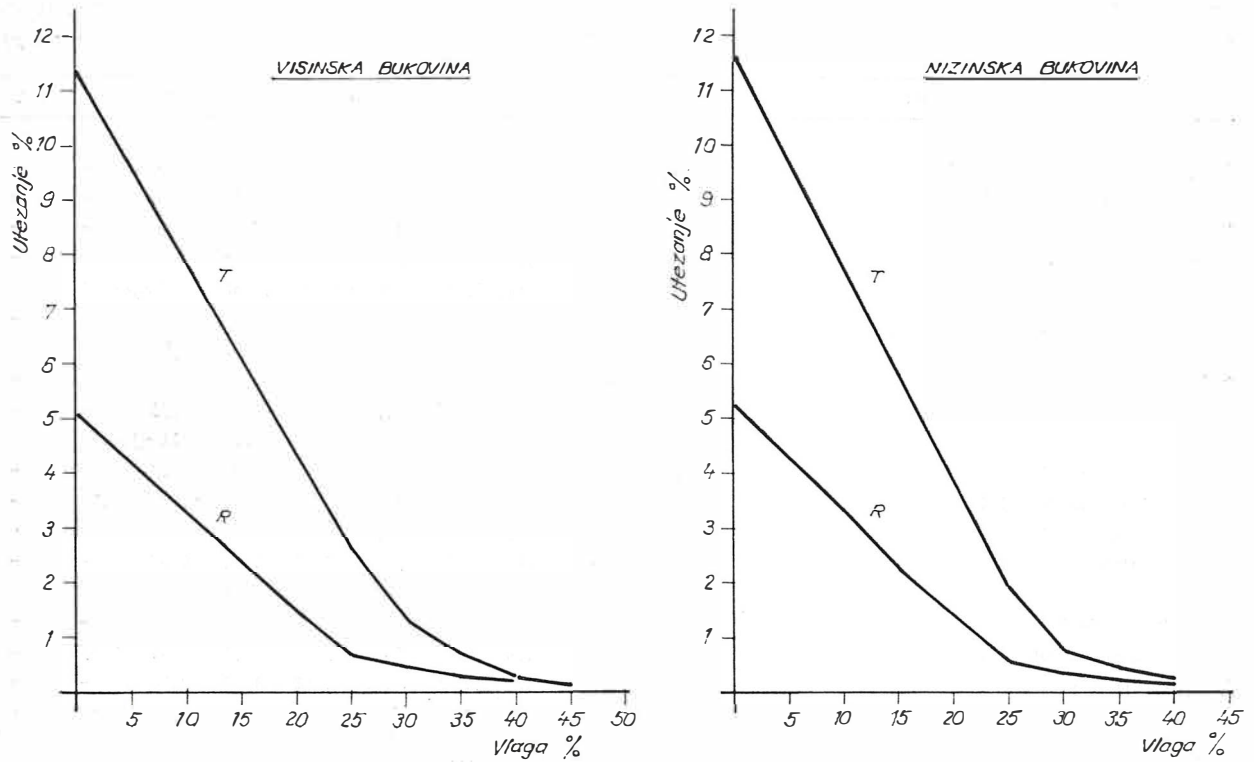
SREDNJE VRIJEDNOSTI UTEZANJA PILJENICA VISINSKE BUKOVINE U %

Tablica III.

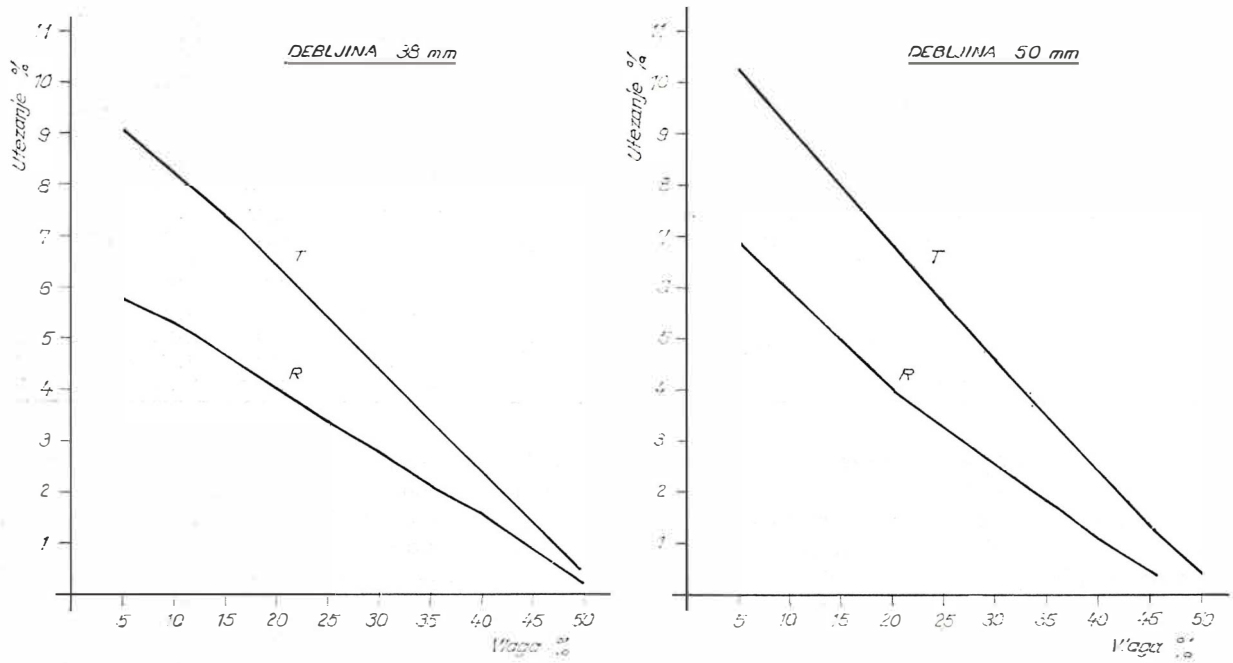
AVERAGE VALUE OF SHRINKAGE OF BOARDS OF BEECH-WOOD GROWING ON HIGHER ELEVATION IN %

Table III

Pravac/vlažnost	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%
Debljina 25 mm, širina 110 mm, 32 uzorka, 192 mjerenja											
Radialno - po debljini	5,90	4,90	4,20	3,80	3,35	2,84	2,15	1,50	0,80	0,10	-
Tangencijalno po debljini	9,90	8,25	7,05	6,50	5,95	5,00	4,10	3,15	2,20	1,30	0,40
Radialno po širini	5,25	4,15	3,30	2,80	2,30	1,70	1,05	0,50	-	-	-
Tangencijalno po širini	9,50	8,00	6,70	5,71	4,55	3,40	2,20	1,05	-	-	-
Debljina 38 mm, širina 120 mm, 32 uzorka, 192 mjerenja											
Radialno po debljini	5,80	5,25	4,65	4,00	3,31	2,80	2,10	1,60	0,90	0,20	-
Tangencijalno po debljini	9,10	8,25	7,40	6,40	5,40	4,40	3,40	2,40	1,40	0,40	-
Radialno po širini	6,10	5,25	4,40	3,50	3,00	2,45	1,95	1,40	0,80	0,15	-
Tangencijalno po širini	9,25	7,95	6,80	5,60	4,55	3,75	2,95	2,15	1,20	0,25	-
Debljina 50 mm, širina 110 mm, 30 uzorka, 180 mjerenja											
Radialno po debljini	6,88	5,96	5,00	4,03	3,28	2,60	1,85	1,06	0,48	-	-
Tangencijalno po debljini	10,30	9,10	7,98	6,80	5,80	4,52	3,42	2,40	1,35	0,40	-
Radialno po širini	5,45	4,56	3,70	2,86	2,20	1,64	1,06	0,43	-	-	-
Tangencijalno po širini	9,78	8,44	7,05	5,69	4,58	3,70	2,83	1,98	1,04	0,20	-
Debljina 76 mm, širina 110 mm, 30 uzorka, 180 mjerenja											
Radialno po debljini	6,15	5,20	4,10	3,02	2,76	2,26	1,80	1,12	0,32	-	-
Tangencijalno po debljini	9,40	8,18	7,10	6,00	4,85	3,85	2,90	1,90	0,80	-	-
Radialno po širini	5,30	4,55	3,95	3,25	2,50	1,85	1,25	0,75	0,15	-	-
Tangencijalno po širini	8,85	7,52	6,20	4,90	4,25	3,25	2,25	1,30	0,30	-	-



Graf 1. Utezanje malih proba (3×3×2 cm)
Graph 1. Shrinkage of small lab test pieces (3×3×2 cms)



Graf 2. Utezanje piljenica po debljini
Graph 2. Shrinkage of boards by thickness

SREDNJE VRIJEDNOSTI UTEZANJA PILJENICA NIZINSKE BUKOVINE U %

Tablica IV.

AVERAGE VALUE OF SHRINKAGE OF BOARDS OF BEECH-WOOD GROWING ON LOW LANDS IN %

Table IV

Pravac/vlažnost	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Debljina 25 mm, širina 110 mm, 30 uzoraka, 180 mjerenja										
Radijalno po debljini	6,22	5,07	3,90	2,80	1,70	0,55	-	-	-	-
Tangencijalno po debljini	9,90	8,48	7,00	5,60	4,30	2,80	1,40	-	-	-
Radijalno po širini	4,70	3,78	2,86	2,05	1,40	0,60	-	-	-	-
Tangencijalno po širini	9,40	8,15	6,70	4,60	2,80	0,98	-	-	-	-
Debljina 38 mm, širina 120 mm, 30 uzoraka, 180 mjerenja										
Radijalno po debljini	6,05	5,15	4,30	3,56	2,70	2,00	1,15	0,75	0,15	-
Tangencijalno po debljini	10,70	9,40	8,10	7,00	5,90	4,75	3,60	2,40	1,30	0,10
Radijalno po širini	4,93	4,00	3,06	2,35	1,70	0,95	0,20	-	-	-
Tangencijalno po širini	10,50	8,37	6,65	5,45	4,30	3,15	1,85	0,50	-	-
Debljina 50 mm, širina 110 mm, 27 uzoraka, 162 mjerenja										
Radijalno po debljini	6,35	5,33	4,36	3,35	2,66	2,00	1,25	0,47	-	-
Tangencijalno po debljini	12,15	10,45	8,55	6,11	5,05	4,20	2,80	1,45	0,10	-
Radijalno po širini	5,15	4,15	3,15	2,20	1,72	1,25	0,65	-	-	-
Tangencijalno po širini	9,65	8,05	6,40	4,86	3,87	2,90	1,90	0,65	-	-
Debljina 76 mm, širina 110 mm, 27 uzoraka, 162 mjerenja										
Radijalno po debljini	6,72	5,82	4,94	4,02	3,15	2,25	1,35	0,45	-	-
Tangencijalno po debljini	9,72	8,56	7,34	6,15	5,00	3,85	2,70	1,34	0,35	-
Radijalno po širini	5,50	4,36	3,20	2,30	1,90	1,52	1,09	0,50	-	-
Tangencijalno po širini	8,33	7,15	5,95	4,70	3,60	2,80	2,00	1,00	0,10	-

Tablica V.

POSTOTAK UTEZANJA BUKOVIH PILJENICA OD SIROVOG STANJA DO KARAKTERISTIČNIH VLAŽNOSTI — VISINSKA BUKOVINA

Table V

PERCENTAGE OF SHRINKAGE OF BEECH BOARDS FROM RAW CONDITION TO CHARACTERISTIC MOISTURE CONTENT — BEECH-WOOD GROWING ON HIGHER ELEVATION

Pravac Vlažnost	Radijalan		Tangencijalan		
	20%	10%	20%	10%	
25 mm	Po debljini	3,80	4,90	6,50	8,25
	⊖	0,2721	0,3758	0,4754	0,6380
	Po širini	2,80	4,15	5,71	8,00
	⊖	0,4673	0,6130	0,2203	0,2851
38 mm	Po debljini	4,00	5,25	6,40	8,25
	⊖	0,3628	0,3753	0,3800	0,7315
	Po širini	3,50	5,25	5,60	7,95
	⊖	0,4666	0,5675	0,4379	0,4754
50 mm	Po debljini	4,03	5,96	6,80	9,10
	⊖	0,4128	0,4253	0,5570	0,5960
	Po širini	2,86	4,56	5,69	8,44
	⊖	0,4795	0,5185	0,5005	0,5380
76 mm	Po debljini	3,02	5,20	6,00	8,18
	⊖	0,2248	0,3897	0,3337	0,3850
	Po širini	3,25	4,55	4,90	7,52
	⊖	0,3209	0,3337	0,2997	0,3297

Tablica VI.

POSTOTAK UTEZANJA BUKOVIH PILJENICA OD SIROVOG STANJA DO KARAKTERISTIČNIH VLAŽNOSTI — NIZINSKA BUKOVINA

Table VI

PERCENTAGE OF SHRINKAGE OF BEECH BOARDS FROM RAW CONDITION TO CHARACTERISTIC MOISTURE CONTENT — BEECH-WOOD GROWING ON LOW LANDS

Pravac Vlažnost	Radijalan		Tangencijalan		
	20%	10%	20%	10%	
25 mm	Po debljini	2,80	5,07	5,60	8,48
	⊖	0,2884	0,4395	0,6235	0,5725
	Po širini	2,05	3,78	4,60	8,15
	⊖	0,4529	0,4961	0,3159	0,3022
38 mm	Po debljini	3,56	5,15	7,00	9,40
	⊖	0,2915	0,5065	0,4105	0,5420
	Po širini	2,35	4,00	5,45	8,37
	⊖	0,2973	0,3114	0,4296	0,3529
50 mm	Po debljini	3,35	5,33	6,11	10,45
	⊖	0,3213	0,4953	0,5570	0,5445
	Po širini	2,20	4,15	4,86	8,05
	⊖	0,2721	0,2985	0,2945	0,4284
76 mm	Po debljini	4,02	5,82	6,15	8,56
	⊖	0,4377	0,4882	0,4070	0,5215
	Po širini	2,30	4,36	4,70	7,15
	⊖	0,2417	0,4579	0,4377	0,4040

Činjenicu da je za jednu istu piljenicu, vlažnost i pravac, utezanje po širini manje od utezanja po debljini, pri oba karakteristična sadržaja vode, možemo obrazložiti teorijom o stvaranju unutrašnjih naprezanja u piljenici u toku njena sušenja, koja su intenzivnija u smjeru širine (veće dimenzije), pa time i ograničavajući djeluju na utezanje, smanjujući ih.

Promatrajući utjecaj debljine na iznose utezanja, može se konstatirati da, idući od 25 do 50 mm

debljine, postoji lagana tendencija porasta iznosa utezanja s porastom debljine kod bukovine oba porijekla. Debljina 76 mm kod visinske bukovine pokazuje tendenciju smanjenja utezanja u odnosu na 50 mm, dok kod nizinske bukovine ova tendencija postoji samo u tangencijalnom pravcu pri 10% prosječnog sadržaja vlage.

Pozlaćući od činjenica da metode statističke analize pokazuju čas slučajnu, a čas signifikantnu razliku utjecaja debljine, izvršeno je spajanje svih

PROSJEČNO UTEZANJE BUKOVIH PILJENICA
(sve debljine zajedno)

Tablica VII.

AVERAGE SHRINKAGE OF BEECH BOARDS

Table VII

Pravac Vlažnost		Radijалан		Tangencijалан	
		20%	10%	20%	10%
Visinska bukva					
Po debljini	\bar{x}	3,718	5,319	6,426	8,438
	σ	0,3181	0,3910	0,4902	0,5907
Po širini	\bar{x}	3,104	4,630	5,481	7,977
	σ	0,4348	0,5108	0,3634	0,4062
Nizinska bukva					
Po debljini	\bar{x}	3,428	5,338	6,216	9,217
	σ	0,3339	0,4822	0,4998	0,5453
Po širini	\bar{x}	2,203	4,096	4,904	7,936
	σ	0,3171	0,3912	0,3695	0,3710
PROSJEČNO UTEZANJE BUKOVIH PILJENICA skupno visinska i nizinska bukovina					
Po debljini	\bar{x}	3,581	5,328	6,327	8,804
	σ	0,3255	0,4338	0,4947	0,5693
Po širini	\bar{x}	2,680	4,366	5,209	7,958
	σ	0,3795	0,4545	0,3662	0,3896

debljina istoga sadržaja vode u jednu grupu, odnosno, iz čisto praktičkih razloga, spajanje i obje različite visinske grupe zajedno. Sažeti podaci prikazani su u tablici VII.

5. NADMJERA

Klasično određivanje nadmjere na utezanje polazi od određivanja koeficijenta utezanja ($K\alpha$) u odgovarajućem pravcu po procentu promjene vlage:

$$K = \frac{\alpha(R, T)}{TZ\dot{Z}} \quad (\%) \quad (1)$$

$\alpha(R, T)$ — totalno utezanje
TZŽ — točka zasićenosti žice

ukupni iznos utezanja za određenu promjenu vlažnosti unutar higroskopskog područja

$$\alpha_{\Delta w} = K \frac{(TZ\dot{Z} - W)}{k} \quad (\%) \quad (2)$$

S obzirom da se utezanje obračunava od sirovog prema suhom stanju, sa sirovom dimenzijom kao ishodišnom, to ćemo potrebnu dimenziju u sirovom stanju (d_w), da bi se nakon sušenja dobila tražena dimenzija s nekim poznatim sadržajem vlage (d_n), računati po izrazu:

$$d_w = \frac{d_n}{\left(1 - \frac{\alpha_{\Delta w}}{100}\right)} \quad (\text{mm}) \quad (3)$$

potrebna nadmjera, razlika $d_w - d_n$ može se definirati kao

$$p = \frac{d_n \cdot \alpha_{\Delta w}}{100 - \alpha_{\Delta w}} \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

Ako je poznata vrijednost standardne devijacije (σ) utezanja, može se i ovaj podatak uvrstiti u proračun potrebnih sirovih dimenzija, odnosno sirovih nadmjera.

Pri takvom obračunu mora se odlučiti koji stupanj obuhvaćenosti piljenica danom nadmjerom zadovoljava, kao što je istaknuto (Brežnjak, 1983), bez uključivanja standardne devijacije nadmjerom je zadovoljeno oko 50% proizvedenih piljenica. Uz primjenu koeficijenta $t = 1,28$ i standardne devijacije nadmjera zadovoljava 90%, uz $t = 2$ nadmjere zadovoljava 99% slučajeva. a uz $t = 3$ nadmjere zadovoljava praktično sve proizvedene piljenice. Na prvi pogled bi se reklo da se treba odlučiti za $t = 3$, i u tom slučaju nema problema da će neka piljenica biti sa nedovoljnom nadmjerom. Ne treba zaboraviti da se ovdje radi o normalnom rasporedu. Uz uzimanje nadmjere od $+3\sigma$ sigurno će sve piljenice imati odgovarajuću potrebnu dimenziju, ali će ih veliki dio imati i stvarno preveliku nadmjeru (područje -3σ), što će trebati naknadnom obradom otkloniti u praksi, teško da bi trebalo raditi sa sigurnošću većom od 2σ , a vrijedilo bi eksperimentalno provjeriti što se dobije sa $1,28\sigma$.

Dimenzije u sirovom stanju u slučaju poznate σ računaju se prema izrazu:

$$d_w \sigma = \frac{d_n (100 + t \cdot \sigma)}{100 - \alpha_{\Delta w}} \quad (\text{mm}) \quad (5)$$

a nadmjeru uz poznatu σ :

$$p \sigma = \frac{d_n (\alpha_{\Delta w} + t \cdot \sigma)}{100 - \alpha_{\Delta w}} \quad (6)$$

Na osnovi navedenih izraza (4, 6) i na osnovi rezultata provedenih ispitivanja izračunane su potrebne nadmjere za tražene nominalne dimenzije pri 10% vlage. Izračunavanje je izvršeno za četiri slučaja:

Slučaj A:

izračunavanje potrebnih nadmjera na osnovi literarnih prosječnih podataka za bukvinu,

$$\alpha_s = 5,8\%$$

$$\alpha_s = 11,8\%$$

$$TZ\dot{Z} = 30,6\%$$

Slučaj B:

izračunavanje potrebnih nadmjera na osnovi totalnog utezanja ispitivanih malih proba. U obzir su uzeti prosječni podaci za obje grupe bukovine zajedno.

$$\alpha_r = 5,17\% \quad \sigma_t = 0,5138$$

$$\sigma_r = 0,3039 \quad \alpha_t = 11,50$$

Slučaj C:

izračunavanje potrebnih nadmjera na osnovi ispitivanja iznosa utezanja malih proba od sirovog stanja do 10% vlage (prosječni podaci za obje grupe)

$$\alpha_r = 3,29\%$$

$$\sigma_r = 0,2404$$

$$\alpha_t = 7,79\%$$

$$\sigma_t = 0,4077$$

Slučaj D:

izračunavanje potrebnih nadmjera na osnovi ispitivanja utezanja piljenica od sirovog stanja do 10% vlage (prosječni podaci za obje grupe)

za debljinu	za širinu
$\alpha_r = 5,328\%$	$\alpha_r = 4,366\%$
$\sigma_r = 0,4338$	$\sigma_r = 0,4545$
$\alpha_t = 8,804\%$	$\alpha_t = 7,958\%$
$\sigma_t = 0,5693$	$\sigma_t = 0,3986$

Potrebne nadmjere za navedena četiri slučaja prikazane su u tablici VIII (po debljini) odnosno IX. (po širini).

Tablica VIII.

POTREBNE NADMJERE NA DEBLJINU U OVISNOSTI O UZETIM ULAZIM PARAMETRIMA ZA VLAŽNOST PILJENICA OD 10%, mm

REQUIRED OVERSIZES ON THICKNESS DEPENDENT ON TAKEN INLET PARAMETERS FOR MOISTURE CONTENT OF 10%, mm

Debljina	Pravac	Varijanta			
		A	B	C	D
25 mm	Radijalno	1,0155	0,893	0,850	1,407
	Radijalno + 2 δ	-	1,050	0,376	1,636
	Tangencijalno	2,157	2,075	2,11	2,413
	Tangencijalno + 2 δ	-	2,354	2,333	2,725
38 mm	Radijalno	1,543	1,358	1,293	2,138
	Radijalno + 2 δ	-	1,597	1,481	2,487
	Tangencijalno	3,278	3,155	3,210	3,668
	Tangencijalno + 2 δ	-	3,578	3,546	4,143
50 mm	Radijalno	2,031	1,786	1,701	2,814
	Radijalno + 2 δ	-	2,101	1,949	3,272
	Tangencijalno	4,314	4,151	4,224	4,827
	Tangencijalno + 2 δ	-	4,707	4,666	5,451
76 mm	Radijalno	3,087	2,715	2,585	4,277
	Radijalno + 2 δ	-	3,194	2,915	4,973
	Tangencijalno	6,557	6,309	6,420	7,337
	Tangencijalno + 2 δ	-	7,155	7,092	8,286

A - tablički; B - male probe, ukupno utezanje, prosjek za sve bukve; C - male probe, izmjena utezanja do 10% za sve bukve; D - piljenice, izmjena utezanja do 10%, srednje vrijednosti za sve bukve.

Podacima o potrebnoj nadmjeri na debljinu (tablica VIII) poseban komentar nije potreban. Sve nadmjere izračunane na osnovi utezanja iz pros-

ječnih podataka za bukovicu (A) ili iz konkretno ispitivanih malih proba (B i C) jesu nedovoljne.

Nadmjere na osnovi utezanja piljenica (D) trebalo bi da budu od 0,4 do 1,2 mm veće, ne uzimajući u obzir devijaciju od nadmjera na osnovi utezanja malih proba.

Tablica IX.

POTREBNA NADMJERA NA ŠIRINU PILJENICE ZA SLUČAJ MINIMALNE ŠIRINE 110 mm PRI 10% VLAŽNOSTI, mm

REQUIRED OVERSIZES ON WIDTH OF BOARDS IN CASE OF MINIMUM WIDTH 110 mm AT MOISTURE CONTENT OF 10%, mm

	Varijanta			
	A	B	C	D
Radijalno	4,447	3,968	3,742	5,022
Radijalno + 2 δ	-	4,623	4,288	6,067
Tangencijalno	9,49	9,133	9,293	9,570
Tangencijalno + 2 δ	-	10,357	10,265	10,442

Nadmjere izračunane na osnovi utezanja piljenica su veće od nadmjera na osnovi sovjetskih standarda, zagrebačkih uzansi, odnosno nadmjera koje se primjenjuju na nekim našim pilanama (Breznjak, 1983).

Nadmjera na širinu (tablica IX) pokazuje manja odstupanja od prosječnih vrijednosti, naročito kada je u pitanju tangencijalno utezanje.

Potrebne nadmjere na debljinu piljenica za slučaj konačne vlažnosti od 20% (varijanta D) dane su u tablici X.

Grafički prikaz potrebnih nadmjera na debljinu, vlažnost 10%, odnosno 20%, pokazuje gotovo idealnu pravolinijsku ovisnost između potrebne nadmjere i debljine.

Grafikon je upotrebljiv i za određivanje potrebnih nadmjera za druge nominalne dimenzije, izuzev ove obuhvaćene ispitivanjem.

Tablica X.

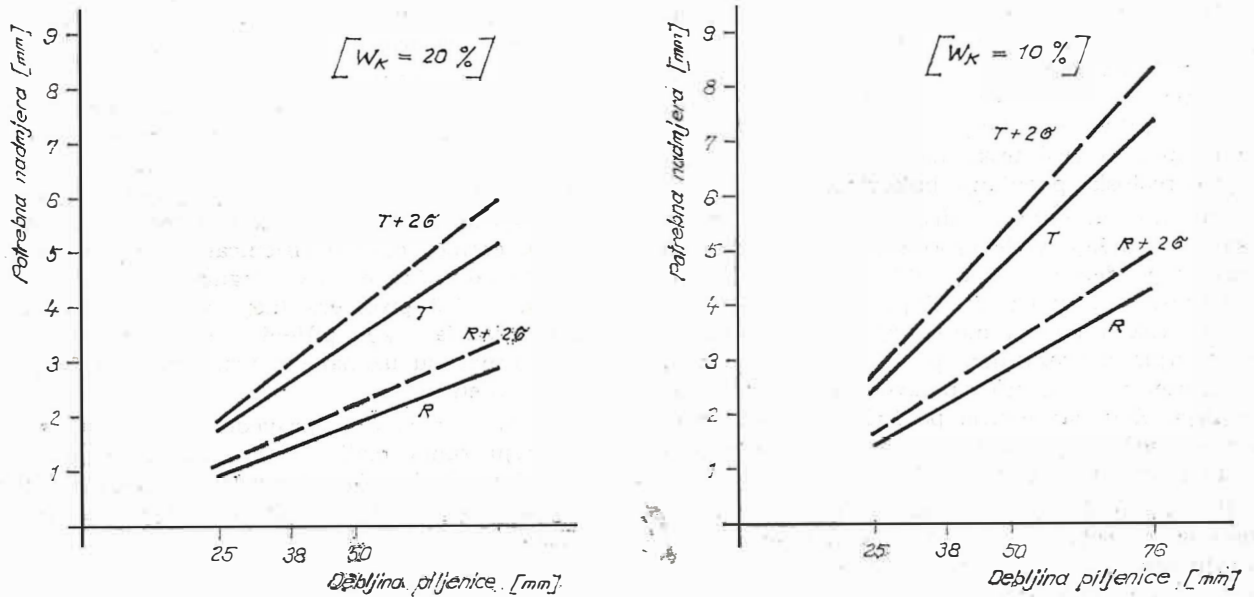
NADMJERA NA DEBLJINU PILJENICA PRI 20% VLAŽNOSTI (varijanta D), mm

OVERSIZES ON THICKNESS OF BOARDS AT MOISTURE CONTENT OF 20% (variant D), mm

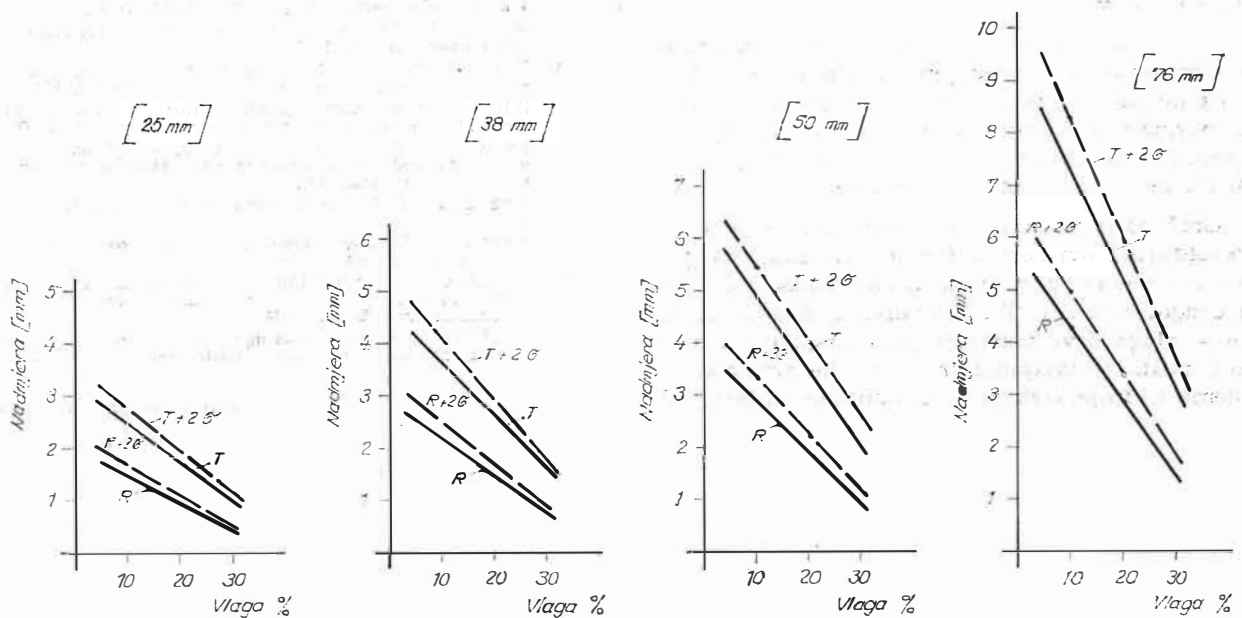
	Debljina			
	25 mm	38 mm	50 mm	76 mm
Radijalno	0,928	1,411	1,857	2,823
Radijalno + 2 δ	1,097	1,668	2,194	3,335
Tangencijalno	1,688	2,566	3,377	5,133
Tangencijalno + 2 δ	1,896	2,986	3,905	5,936

Pravolinijsko ponašanje utezanja (graf. 2) dopušta izradu grafikona 4, koji možemo upotrijebiti za određivanje potrebne nadmjere u slučaju drugih traženih konačnih vlažnosti od ispitivanjem obuhvaćenih 20 ili 10%.

Objekti veličine nadmjere, kako u ovisnosti o debljini tako i u ovisnosti o vlazi, mogu se matematički definirati pravcem.



Graf 3. Potrebne nadmjere na debljinu na osnovi utezanja piljenica
Graph 3. Required oversizes on thickness on the basis of shrinkage of boards



Graf 4. Nadmjera na debljinu piljenica, ovisno o debljini i sadržaju vode, na osnovi utezanja piljenica
Graph 4. Oversizes on thickness of boards dependent on thickness and water content on the basis of shrinkage of boards

6. ZAKLJUČCI

Izložena ispitivanja dopuštaju izvođenje određenih zaključaka, ali istovremeno otvaraju i neka nova pitanja. Iz tih razloga je metodologija ispitivanja i mjerenja detaljno izložena, da bi oni koji nastave ispitivanje ovoga problema mogli činiti odgovarajuće korekcije.

Određivanje nadmjere na osnovi utezanja malih proba jest nedovoljno točno. Tako određene nadmjere bit će premalene. Ova konstatacija vrijedi

bez obzira da li ćemo uzimati u obzir podatke prosječnog utezanja bukovine ili probe utezanja malih proba konkretne bukovine.

Utezanje piljenica, kako po debljini tako i po širini, i za oba anatomska pravca, znatno je veće od utezanja malih proba za korespondirajuće sadržaje vode. Utezanja su veća bez obzira da li je debljina 25 ili 76 mm, odnosno da li je odnos debljine prema širini 1:4 ili 1:1,5.

Ovakvo ponašanje utezanja piljenica suprotno je od zaključaka Vorreitera (1964), Krečetova

(1972) Kneževića, Nikolića (1972). Otvoreno je pitanje da li se u ovom slučaju radi o pravilnosti takvog ponašanja općenito i li se radi o karakterističnom ponašanju konkretno ispitivane bukovine. Ako bi ovakvo ponašanje bilo pravilnost, objašnjenje bi bilo vrlo teško dati bez detaljnog ulaznja u reološko ponašanje bukovine.

Utezanje piljenica po širini, za iste anatomske pravce i sadržaje vode procentualno je manje od utezanja po debljini. Ovaj zaključak je donekle u suprotnosti s postavkama Krpana (1960). Teoretski se ovakva pojava može objasniti značajnijim unutrašnjim naprezanjima po širini i promjenama iznosa utezanja vezanih s pojavom unutrašnjih naprezanja. Kod naprezanja po širini piljenica, vjerojatno, može se govoriti o pojmu usuh-utezanje u smislu postavki Krečetova (1972).

U svakom slučaju o utjecaju širine na veličinu utezanja za sada se ne može govoriti jer u ispitivanju nisu, kod jedne iste debljine, ispitivane različite širine sortimenta.

Pri prosječnoj vlažnosti piljenica od 30% prisutni su već značajni iznosi utezanja, i to od 1,6—2,8% u radialnom, odnosno 3,4—5,0% u tangencijalnom pravcu.

Izmjerena utezanja pokazuju porast standardne devijacije sa smanjenjem sadržaja vlage. Utezanja piljenica postaju manje homogena — krivulja normalnog rasporeda postaje razvučenija, za pravilnije određivanje nadmjere poznavanje standardne devijacije postaje značajnije.

Izračunana nadmjera pokazuje zadovoljavajuću pravolinijsku ovisnost o debljini, što znači da grafikone možemo upotrijebiti za određivanje nadmjera drugih debljina. Tok utezanja u sistemu utezanje — vlaga drva pokazuje pravolinijsku ovisnost, što dopušta postavljanje pravolinijske ovisnosti i u sistemu nadmjera-vlaga drva, odnosno možemo od-

govarajuće grafikone primijeniti za izračunavanje nadmjere pri drugim sadržajima vode.

Izložena ispitivanja provedena su na bukovu drvu jednoga područja različitih nadmorskih visina. Zbog relativno velikog broja uzoraka i velikog broja mjerenja na uzorcima, rezultati su vjerodostojni. Činjenica da su utezanja piljenica veća od utezanja malih proba mogla bi implicirati postojanje juvenilnog drva u piljenicama. Prije usvajanja takvog zaključka ne treba izgubiti iz vida činjenicu da je 1/3 promjera (nepravna srž) odbacivana iz ispitivanja i kod piljenica, i kod malih proba. Male probe su uzimane u približno istim zonama kao i piljenice.

U svakom slučaju provedena ispitivanja predstavljaju samo mali prilog rješavanju problema nadmjere. Trebat će još mnogo ispitivanja sofisticiranijim metodologijama, da se problem barem približno riješi.

LITERATURA

- [1] BREZNJAK, M.: O nadmjerama na dimenzije piljenica. Drvna industrija 34 (1983) 11—12, 277—283.
- [2] HORVAT, I.: Osnove fizičke i mehaničke karakteristike bukovine. Drvna industrija 21 (1969), 11/12, 183—194.
- [3] HORVAT I., KRPAN, J.: Drvno industrijski priručnik. Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.
- [4] ILIĆ, M.: Promjena dimenzija i unutrašnje naprezanje pri prirodnom sušenju bukovih obradaka. Pregled 1/1973.
- [5] ILIĆ, M.: Uticaj režima sušenja na razvoj unutrašnjih naprezanja pri sušenju bukove rezane građe. Pregled 1—2/1977.
- [6] KNEŽEVIĆ, M., NIKOLIĆ, M.: Prilog određivanju optimalnog prida kod rezane građe hrasta. Aktuelni problemi šumarstva... Beograd, 1972.
- [7] KREČETOV, U. V., Suška drevesiny, Goslesbumizdat, Moskva, 1972.
- [8] KRPAN J.: Utezanje i krivulja sušenja bukovine. Drvna industrija 11 (1960) 3/4, 53—54.
- [9] SALOPEK, D., STAJDUHAR, F.: Ekonomična nadmjera hrastove i smrekove rezane građe u raznim stepenima suhoće. Institut za drvo, Zagreb, 1974.
- [10] VORREITER, L.: Massänderungen der Hölzer bei verschiedener Feuchte und Temperatur. Holztechnik 4 (1964) 5, 233—241.

Recenzirao: prof. dr. S. Bađun