

# Istraživanje prirodnog sušenja bukovine

---

Krpan, Juraj

Source / Izvornik: **Glasnik za šumske pokuse: Annales pro experimentis foresticis, 1972, 16, 159 - 168**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:537081>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-21**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



Prof. dr JURAJ KRPAN

## ISTRAŽIVANJE PRIRODNOG SUŠENJA PILJENE BUKOVINE

### INVESTIGATION ON AIR SEASONING OF BEECH SAWN TIMBER

UDK 634.0.847.1 : 634.0.832.181 : 634.0.176.1 *Fagus sylvatica*

Glavna mana prirodnog sušenja je u tome što je dugotrajno. Ono nije ni dovoljno istraženo, jer su istraživanja prirodnog sušenja skupa zbog dugog trajanja. Sredstva, uložena u drvo, na koja se moraju plaćati kamate, nisu dugo raspoloživa. Bez poznavanja prirodnog sušenja drva ne mogu se poduzimati ni mjere za smanjenje troškova sušenja.

Spomenuta su istraživanja poduzeta u Varaždinskoj tvornici stolaca »Florijan Bobić« s ciljem da se utvrdi:

1. sadržaj vode u bukovoj piljenoj građi u vrijeme piljenja;
2. krivulje sušenja na slobodnom prostoru i u otvorenim natkritim sušama;
3. razdioba vode po debljini dasaka na kraju sušenja;
4. brzina sušenja.

Daske su slagane za prirodno sušenje odmah nakon piljenja. Sadržaj vode dasaka utvrđen je odmah nakon što su ispiljene. To je sadržaj vode na početku sušenja. U veljači i travnju određivan je svaki radni dan sadržaj vode, obično na 20 proba, koje su izrađene prilikom izrade dasaka na pilani. Dužina proba odgovarala je širini dasaka, debljina debljini dasaka, a širina im je bila oko 25 mm. Kod tih veličina proba smanjen je utjecaj gubitka vode od izrade do vaganja. Probe su vagane, čim su izrađene. Gubitak vode od izrade do vaganja proba manje utječe kod velikih, nego kod malenih proba. Početni sadržaj vode određen je u veljači na 472, a u travnju na 478 proba. Sadržaj vode određen je u odnosu na apsolutno suho drvo sušenjem u sušioniku kod  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  do konstantne težine.

Iz proba, izrađenih u veljači formiran je jedan, a iz proba izrađenih u travnju drugi kolektiv. Za oba kolektiva utvrđene su granice, aritmetičke sredine i standardne devijacije. Varijante su razvrstane u razrede, nacrtani su histogrami i normalne krivulje početnih sadržaja vode.

Za određivanje krivulja sušenja, razdiobe vode i brzine sušenja uzeto je 36 komada probnih dasaka, debelih 25, 38 i 50 mm. One su složene u 12 probnih složaja, dugih 9 m, širokih 2 i 4 m. U sredini širokih složaja

---

Ovaj je rad predan za tisak 13. I. 1961.

nalazio se prazan prostor. Jedna polovina složaja se nalazila na slobodnom prostoru na stovarištu piljene građe, a druga pod krovom u otvorenim sušama, isto tako na stovarištu piljene građe. Pregled složaja prikazan je u tablici 1.

Tab. 1

Debljina probnih dasaka Thickness of sample boards	Broj složaja — Number of stacks				Ukupno Total
	na slobodnom prostoru in the yard		u natkritom prostoru in open shed		
	Širina složaja — Stack width				
mm	2 m	4 m	2 m	4 m	
25	1	1	1	1	4
38	1	1	1	1	4
50	1	1	1	1	4
Svega Total	3	3	3	3	12

U svaki složaj složene su 3 probne daske i to po jedna u donjoj, u srednjoj i u gornjoj trećini visine složaja.

Probne daske su vagnute prilikom slaganja u složaj 29. II. 1960. Vaganja su ponovljena 29. III. 1960., 29. IV. 1960., 29. VII. 1960., 21. IX. 1960. i na kraju sušenja. Sušenje je dovršeno za jedan dio probnih dasaka 8. X. 1960., a za drugi 1. XI. 1960.

Po završenom sušenju ispiljeni su iz srednjih dijelova nekih probnih dasaka odresci, koji su u vreći od polivinila odmah dopremljeni u Zavod za mehaničku preradu drva Šumarskog fakulteta u Zagrebu. Iz srednjih dijelova odrezaka ispiljene su tanke lamele, koje su odmah vagnute na 0,01 g točno, sušene u sušioniku kod  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  do konstantne težine i ponovno vagnute. Iz dobivenih podataka izračunani su sadržaji vode pojedinih lamela i na taj način određena razdioba vode po presjeku probnih dasaka na kraju sušenja. Razdioba vode (gradijent vlage) prikazana je grafički na slikama 5 do 9.

Težina apsolutno suhих probnih dasaka, iz kojih su izrađivane lamele na kraju sušenja, izračunana je pomoću težine dobivene vaganjem i aritmetičke sredine sadržaja vode svih lamela dotične probne daske. Težina u apsolutno suhom stanju ostalih probnih dasaka računana je iz srednjega početnog sadržaja vode i težine probnih dasaka na početku sušenja.

Mjerenje proba za određivanje početnog sadržaja vode i vaganja probnih dasaka obavljeno je u spomenutoj tvornici po uputama autora, a pod nadzorom ing. Zlatka Kopreka.

Neke daske se nisu mogle izvući iz složaja, pa su manje puta vagane, nego što je prije navedeno.

Rezultati istraživanja prikazani su na slikama 1—9 i u tablicama 2 i 3.

Proizvodnost rada i ekonomičnost kod sezone smolarenja od 5,5 mjeseci — Labour productivity and economy in resin-tapping season of 5 ½ months

Tab. 2

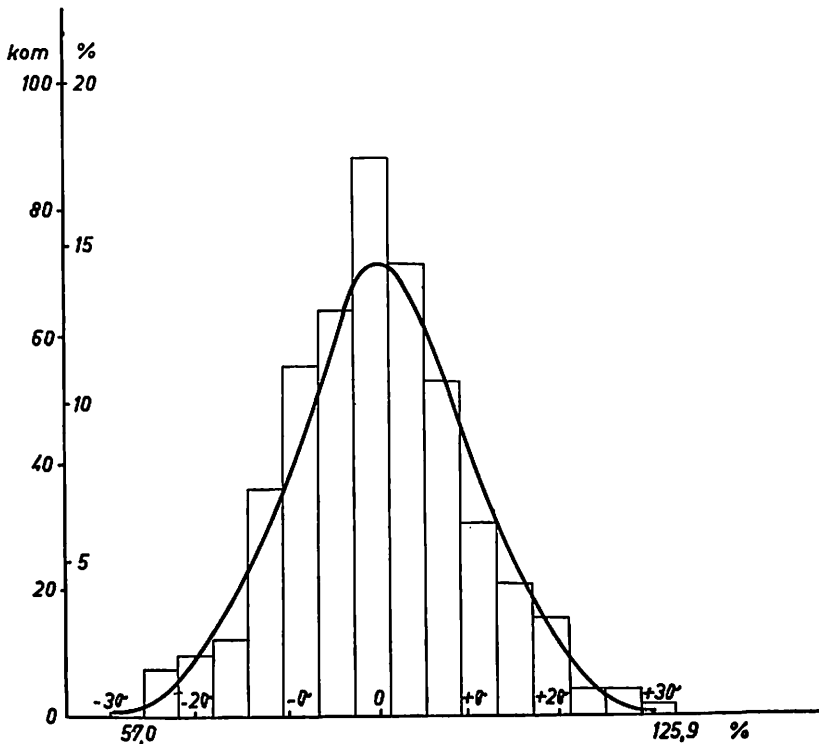
Tek. broj Run-ning No.	Opći troškovi — General expenses	Zarezivanje apšotom — Cutting faces with tapping axe											Zarezivanje raskleom Cutting faces with barking iron				
		Godina smolarenja — Resin-tapping year															
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.		
1.	Prinos smole po bjeljenici — Resin yield per face	385	562	549	649	636	726	864	828	652	832	766	807	882	720		
2.	Q/T	11,072	16,558	16,610	19,874	19,473	21,921	25,282	23,230	17,819	25,428	21,159	20,013	19,419	15,052		
3.	Dnevna proizvodnja smole po radniku Resin output per man-day	4,98	7,45	7,47	8,94	8,76	9,86	11,38	10,45	8,02	11,44	9,52	9,01	8,74	6,77		
4.	Tz/Q (Potrebno vrijeme za proizvodnju 1 kg smole) Tz/Q (Time required per 1 kg. of resin output)	90,32	60,40	60,20	50,32	51,35	45,62	39,55	43,05	56,12	39,33	47,26	49,97	51,49	66,44		
5.	Troškovi direktnog rada — Costs of direct work	158,23	105,77	105,49	88,14	89,95	79,92	69,24	75,41	98,25	68,88	82,77	87,46	90,16	116,40		
6.	Šumska taksa — Stumpage price	11,92	8,17	8,36	7,07	7,22	6,32	5,31	5,54	7,04	5,52	5,99	5,69	5,20	6,37		
7.	Pomoćni materijal — Auxiliary materials	4,75	3,26	3,33	2,82	2,88	2,52	2,12	2,21	2,81	2,20	2,39	2,27	2,07	2,54		
8.	Troškovi transporta — Transport costs	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15	10,15		
9.	I. Opći troškovi proporcionalno razdijeljeni General expenses proportionally distributed	72,31	48,33	48,21	40,28	41,10	36,52	31,64	34,46	44,90	31,48	37,82	39,97	41,20	53,19		
10.	II. Opći troškovi jednolično razdijeljeni General expenses evenly distributed	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95	41,95		
11.	I. Puna cijena koštanja — Full cost price	257,36	175,68	175,54	148,46	151,30	135,43	118,46	127,77	163,15	118,23	139,12	145,54	148,78	188,65		
12.	II. Puna cijena koštanja — Full cost price	227,00	169,30	169,28	150,13	152,15	140,86	128,77	135,26	160,20	128,70	143,25	147,52	149,53	177,41		
13.	Stupanj ekonomičnosti: 1. varijanta Degree of economy: Variant 1	0,637	0,934	0,934	1,105	1,084	1,211	1,384	1,284	1,005	1,387	1,179	1,127	1,102	0,869		
	Originalni podaci — Original data	0,650	0,848	1,007	1,125	1,204	1,243	1,241	1,200	1,118	1,392	1,180	1,142	1,100	0,876		
14.	Stupanj ekonomičnosti: 2. varijanta Degree of economy: Variant 2	0,722	0,969	0,969	1,092	1,078	1,164	1,274	1,212	1,024	1,274	1,145	1,112	1,097	0,924		
	Originalni podaci — Original data	0,743	0,891	1,009	1,096	1,155	1,184	1,183	1,153	1,093	1,275	1,139	1,120	1,091	0,925		
	Izravnati podaci — Smoothed data																

Vrijednost 1 kg smole — Value of 1 kg. resin = 164 Din.

*Godišnji utrošak vremena po bjeljenici (1/100 minuta) kod sezone smolarenja od 5,5 mjeseci  
Annual expenditure of time per face (1/100 minutes) in resin-tapping season of 5½ months*

Tab. 1

Tek. broj Run-ning No.	Radna operacija — Operation	Zarezivanje apšotom — Cutting faces with tapping axe											Zarezivanje raskleom Cutting faces with barking iron							
		Godina smolarenja — Resin-tapping year											Zarezivanje raskleom Cutting faces with barking iron							
		I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	Cutting faces with barking iron							
Visina slivnika od tla — Height of gutter above ground, m.																				
		0,2	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,0	2,5	3,0	3,6	4,1					
1.	Raznošenje lončića Distribution of cups	T. n 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,3	12,8 0,4	12,8 0,4	12,8 0,3	12,8 0,3	12,8 0,3	12,8 0,3				
2.	Orumenjavanje stabala Reddening of stems	T. n 5,8	181,9 5,4	163,2 5,1	162,8 5,0	162,8 5,0	166,8 5,0	173,8 5,1	183,2 5,1	193,9 5,3	173,8 5,3	190,3 5,2	208,0 5,1	224,0 4,9	227,2 4,7					
3.	Otvaranje bjeljenica i postavljanje pribora — First cutting of faces and setting up of equipment	T. n 4,9	169,1 4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
4.	Premiještanje pribora Raising of equipment	T. n %	—	188,4 5,7	177,0 5,4	174,9 5,3	181,9 5,4	196,9 5,8	213,8 6,0	234,4 6,4	196,9 6,0	227,3 6,2	265,3 6,5	312,3 6,8	345,7 7,2					
5.	Zarezivanje bjeljenica Cutting of faces	T. n %	46,0 50	44,3 50	43,4 50	42,9 50	43,3 50	44,2 50	45,4 50	46,6 50	49,7 42	55,5 42	62,9 42	71,9 42	76,2 42					
6.	Izliavanje vode kod zarezivanja Pouring water out of cups at face cutting	T. n %	2300,0 7,9	2215,0 13,4	2170,0 13,4	2145,0 105,9	2145,0 105,4	2165,0 112,6	2210,0 4,3	2330,0 5,6	2087,4 3,8	2331,0 4,6	2641,8 4,5	3019,8 4,9	3200,4 4,7					
7.	Sakup smole — Collection of resin	T. n %	102,2 5,5	98,2 5,5	97,1 5,5	97,8 5,5	98,6 5,5	100,5 5,5	101,6 5,5	103,2 5,5	105,2 5,5	106,6 5,5	109,8 5,5	113,3 5,5	114,8 5,5					
8.	Struganje struška Removing the scrape	T. n %	562,1 16,2	540,1 15,9	534,0 16,2	537,9 16,4	542,3 16,6	552,7 16,6	568,8 16,4	578,6 15,8	558,3 17,1	575,3 17,1	603,9 15,0	623,1 13,7	631,4 13,2					
9.	Skidanje pribora Removal of equipment	T. n %	113,1 3,0	114,9 3,4	112,8 3,4	111,8 3,4	108,6 3,3	107,1 3,1	106,7 3,0	107,1 2,9	107,1 3,3	106,5 3,0	107,7 2,7	115,3 2,5	126,9 2,7					
10.	Ukupno utrošeno vrijeme po jednoj bjeljenici Total time spent per one face	Tg	3477,3	3394,2	3305,2	3265,6	3266,0	3311,9	3417,5	3564,4	3659,1	3272,0	4032,3	4541,9	4763,5					
11.	Prinos smole po bjeljenici (Q), grama Resin yield per face (Q), grams		385	562	549	649	636	726	864	828	652	832	807	882	720					



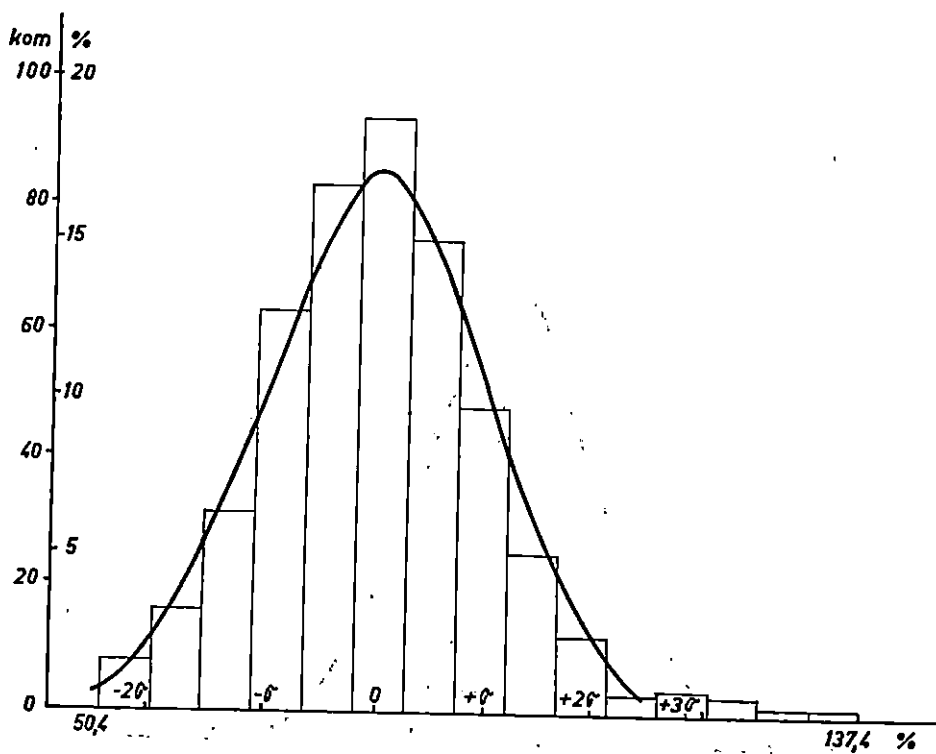
Sl.- Fig. 1. Histogram i normalna krivulja početnog sadržaja vode u veljači - Histogram and normal curve of initial water content in February.

Početni sadržaj vode u daskama iznosio je:

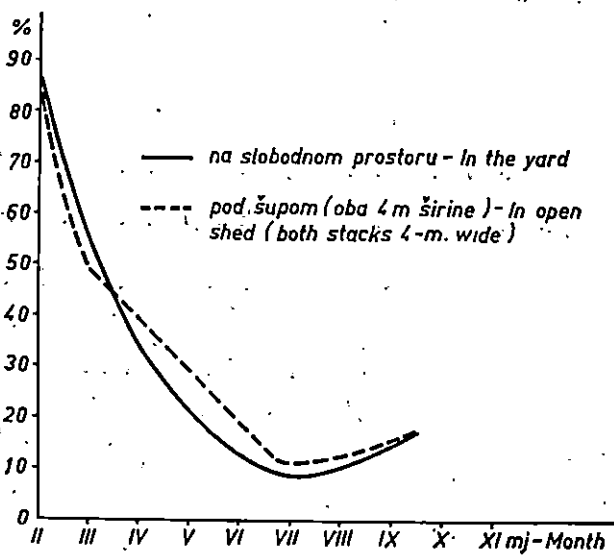
u veljači	57,7 . . . . .	87,5 ± 11,8 . . . . .	124,8%
u travnju	50,4 . . . . .	81,4 ± 12,7 . . . . .	136,9%

Razlika između aritmetičkih sredina početnog sadržaja vode u veljači i u travnju je, mimo očekivanja, relativno mala. Histogrami i normalne krivulje početnog sadržaja vode u veljači prikazani su na slici 1 (širina razreda 4,5%), a u travnju na slici 2 (širina razreda 5,8%).

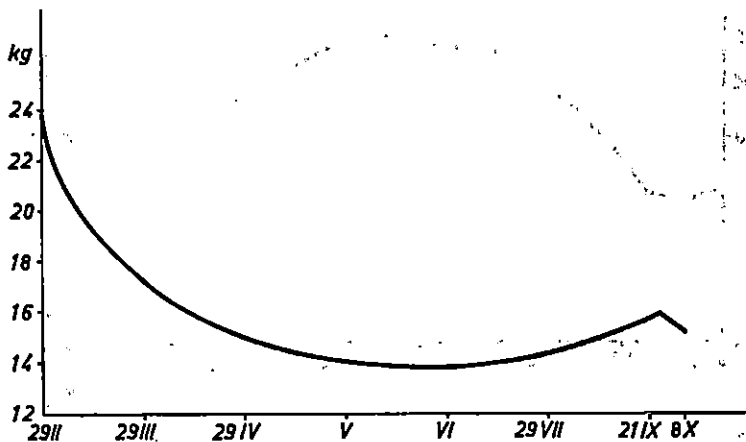
Krivulja sušenja (krivulje vlaga - vrijeme) na slobodnom prostoru i pod krovom ne pokazuju velikih razlika, što se vidi iz sl. 3, na kojoj su nacrtane krivulje sušenja probnih dasaka debelih 50 mm. Najniži sadržaj vode dosegnut je krajem srpnja. To pokazuju i težine, dobivene vaganjem svih probnih dasaka npr. slika 4. Iz navedenoga proizlazi, da se drvo složeno krajem veljače prirodno osuši za 5 mjeseci. Tanje daske se vjerojatno osuše i prije, ali kako probne daske nisu vagane u svibnju i lipnju, treba naknadno utvrditi, kad one dosežu najmanji sadržaj vode.



Sl.- Fig. 2. Histogram i normalna krivulja početnog sadržaja vode u travnju - Histogram and normal curve of initial water content in April.



Sl.- Fig. 3. Krivulje sušenja probnih dasaka (50 mm) na slobodnom prostoru i pod krovom - Drying curves of sample boards (50 mm.) in the yard and in open sheds.



Sl. - Fig. 4. Težine dobivene vaganjem probnih dasaka. ( Broj 10: srednji složaj širok 4 m ). - Weights obtained through weighing sample boards ( Number 10: middle stack 4-m. wide ).

Iz tablice 2 se vidi da se prirodno sušenje na slobodnom prostoru mnogo ne razlikuje od prirodnog sušenja u natkritom prostoru. U tablici 2 uspoređene su aritmetičke sredine sadržaja vode u % od 3 probne daske debele 50 mm, sušene u složajima širokim 4 m.

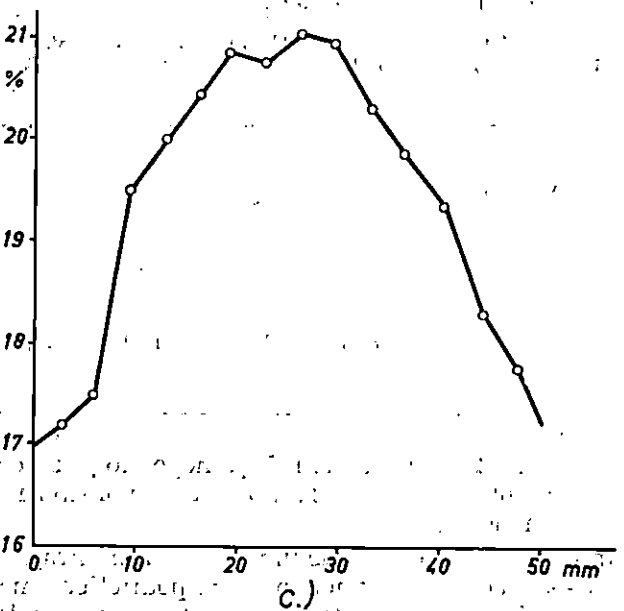
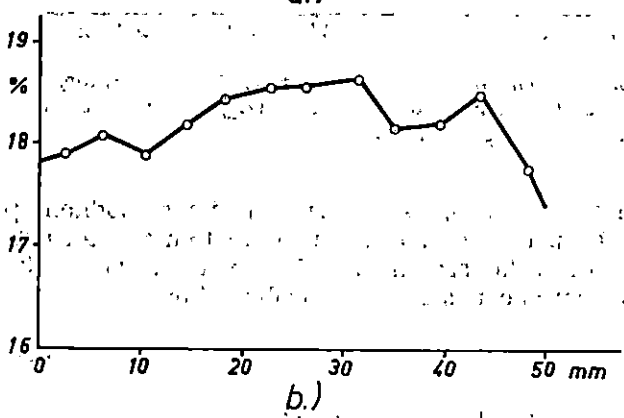
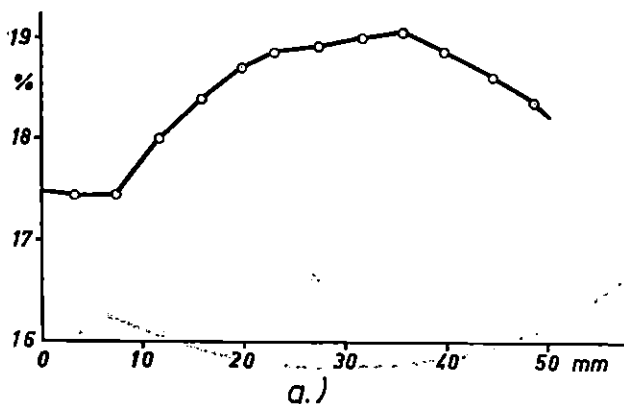
Tab. 2

Položaj složaja Location of stack	Sadržaj vode u % — Moisture content in %					
	29. II. 1960.	29. III. 1960.	29. IV. 1960.	29. VII. 1960.	21. IX. 1960.	8. X. 1960.
	%					
na slobodnom prostoru In the open air	88,4	54,5	34,6	8,8	14,0	18,5
pod krovom Under roof	88,3	49,6	35,9	10,8	15,9	18,7

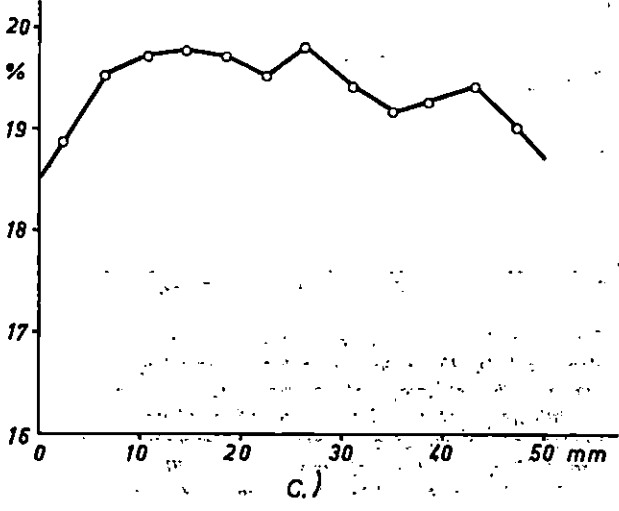
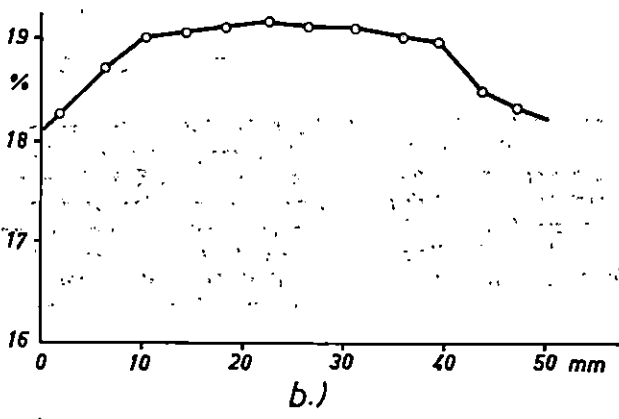
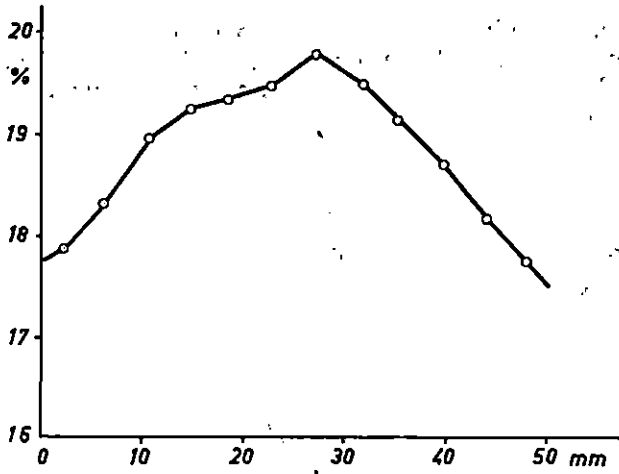
Sadržaj vode u tab. 2 na 29. VII. 1960. niži je nego što je za očekivati po dijagramu ravnoteže za okolna mjesta, za koja su raspoloživi meteorološki podaci za duži vremenski period.

Razdioba vode (gradijent vlage) u probnim daskama na kraju sušenja prikazana je na sl. 5—9. Voda je jednoličnije raspodijeljena na kraju prirodnog sušenja u srednjim i gornjim trećinama složaja po debljini da-



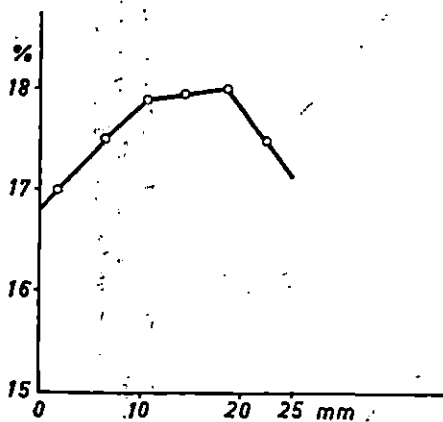


Sl. - Fig. 5: Razdioba vode na kraju sušenja u probnim daskama debljine 50 mm u 4 m širokom složaju na slobodnom prostoru: a.) u donjoj, b.) u srednjoj i c.) u gornjoj trećini visine složaja - Distribution of moisture content at the end of air seasoning within sample boards 50 mm. thick in 4-m. wide stack in the open air: a.) in the lower third, b.) in the middle third, and c.) in the upper third of the stack height.

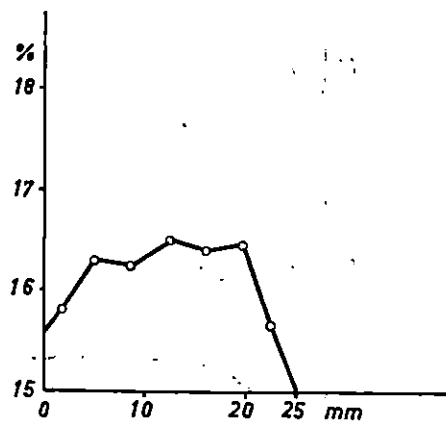


Sl. - Fig. 6. Razdioba vode na kraju sušenja u probnim daskama debljine 50 mm: u 4-m širokom složaju u natkritom prostoru: a) u donjoj, b) u srednjoj i c) u gornjoj trećini visine složaja - Distribution of moisture content at the end of air seasoning within sample boards 50 mm. thick in 4-m. wide stack in open shed: a) in the lower third, b.) in the middle third, and c) in the upper third of the stack height.

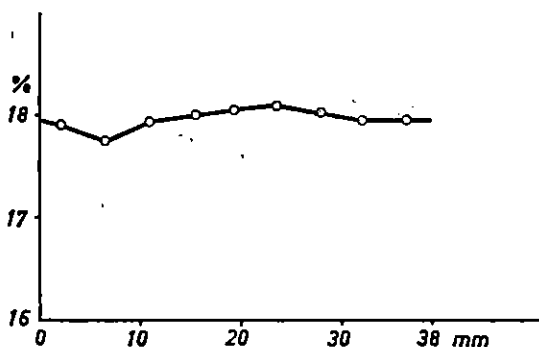
saka, debelih 50 mm, sušenih pod krovom, nego po debljini jednako debelih dasaka, sušenih na slobodnom prostoru. Voda je bila jednolično raspodijeljena i po debljini daske, debele 38 mm, koja se sušila u složaju na slobodnom prostoru.



Sl.- Fig. 7. Razdioba vode u probnoj dasci, debeloj 25mm, koja se nalazila u srednjoj trećini složaja, širokoga 4 m i složenoga na slobodnom prostoru - Distribution of moisture content in sample board 25 mm. thick which was in the middle third of the height of the stack 4-m. wide and piled in the yard.



Sl.- Fig. 8. Razdioba vode u probnoj dasci, debeloj 25mm, koja se nalazila u srednjoj trećini visine složaja, širokoga 2 m i složenoga u natkritom prostoru - Distribution of moisture content in sample board 25mm. thick which was in the middle third of the height of the stack 2-m. wide and piled in open shed.



Sl.- Fig. 9. Razdioba vode na kraju sušenja u probnoj dasci, debeloj 38mm, koja se nalazila u srednjoj trećini visine složaja, širokoga 4 m i složenoga na slobodnom prostoru - Distribution of moisture content at the end of air seasoning in sample board 38mm. thick which was in the middle third of the height of the stack 4-m. wide and piled in open shed.

Brzina sušenja dasaka iskazana je u tablici 3 i to za prvih 150 dana (5 mjeseci) i za cijelo trajanje sušenja, koje je kod dasaka sušenih do 8. X. 1960. iznosilo 221 dan, a kod dasaka sušenih do 1. XI. 1960. 245 dana. Kako nisu nađene veće razlike između brzina sušenja na slobodnom i u natkritom prostoru, to su u tablici 3 iskazane aritmetičke sredine sušenja na slobodnom i u natkritom prostoru, za složaje široke 2 i 4 m.

Srednja brzina sušenja bukovih dasaka, debelih 25, 38 i 50 mm za 150 dana (5 mjeseci) sušenja, u kom je vremenu postignut najniži sadržaj vode, iznosi 0,45% na dan (24 sata) ili 0,0187% na sat. U tom razdoblju iznosio je srednji gubitak vode po jedinici površine prosječno 0,057 kg/m<sup>2</sup> na dan (24 sata) ili 0,00237 kg/m<sup>2</sup> na sat (Tab. 3).

Tab. 3

Debljina probnih dasaka Thickness of sample boards	Brzina sušenja — Air-seasoning rate			
	za prvih 150 dana (5 mjeseci) During the first 150 days (5 months)		za 221 odnosno 245 dana Within 221 or 245 days respectively	
mm	kg/m <sup>2</sup> dan kg./sq. m. per day	%/dan %/day	kg/m <sup>2</sup> dan kg./sq. m. per day	%/dan %/day
25	0,049	0,47	0,031	0,30
38	0,054	0,44	0,035	0,28
50	0,069	0,45	0,040	0,24
Prosjek Average	0,057	0,45	0,035	0,27

Iz naših istraživanja može se zaključiti:

1. srednji sadržaj vode bukovine u vrijeme piljenja iznosio je u veljači 87,5, a u travnju 81,4%;
2. nisu nađene veće razlike između krivulja sušenja dasaka, debelih 50 mm na slobodnom prostoru i u natkritim otvorenim sušama;
3. bukove daske, debele 50 mm, složene na prirodno sušenje na koncu veljače, osuše se za 5 mjeseci na slobodnom prostoru kao i u natkritim otvorenim sušama;
4. na kraju prirodnog sušenja voda je jednoličnije raspodijeljena po debljini dasaka, debelih 50 mm u gornjim trećinama složaja u natkritim otvorenim sušama, nego na slobodnom prostoru, a u ostalim dijelovima složaja nema znatnijih razlika;
5. srednja brzina sušenja bukovih dasaka debelih 25, 38 i 50 mm za 150 dana (5 mjeseci) u kojem vremenu su dosegle najniži sadržaj vode, iznosila je 0,45% na dan (24 sata) ili 0,0187% na sat.

## Summary

The aim of this investigation was to determine the moisture content at the time of sawing, the air-seasoning curves for the stacks in the yard and open sheds, the distribution of water over the thickness of boards at the end of the seasoning process, and the rate of air seasoning.

The moisture content at the time of sawing was determined by kiln-drying 472 wood specimens in February, and 478 specimens in April. For these two large samples were found: limits, arithmetical means and standard deviations of the moisture content; constructed were histograms and normal curves.

For determining air-seasoning curves, water distribution and rate of seasoning, 36 sample boards 25, 38, and 50 mm. thick were taken. These boards were piled up in 12 stacks, one half of which were placed in the yard and the other in open sheds. There were 3 samples in each stack: one each at the bottom, one in the middle, and one in the upper third of the stack. The samples were weighed respectively on February 29th, March 29th, April 29th, July 29th, 1960, and at the end of the seasoning, i. e. on October 8th, and November 1st, 1960.

The distribution of water at the end of the air seasoning was determined over the thickness of several samples.

The results are presented in Figs. 1—9 and in Tabs. 2—3, and the following conclusions may be drawn:

1. The average moisture content of Beech at the time of sawing was 87.5% in February, and 81.4% in April.
2. There is no greater difference between the seasoning curves, representing 50 mm. thick sawn Beech wood seasoned in the yard, and Beech wood seasoned in open sheds.
3. The 50 mm. Beech boards stacked either in the yard or in open sheds were air-dried in 5 months.
4. At the end of air seasoning the water was more uniformly distributed over the thickness of 50 mm. boards in the upper third of stacks in open sheds than in the upper third of stacks in the yard, while in other parts of stacks no appreciable differences were found.
5. The average rate of air seasoning of Beech sawn timber (25, 38, and 50 mm. thick) during 150 days (5 months) — during which time the boards attained the lowest moisture content — was 0.45% per day (24 hours), or 0.187% per hour.