

Određivanje obujamske mase i koeficijenta kvalitete iverica

Mr Salah Eldien Omer, dipl. ing.

UDK 634.0.862.2

— Institut za drvo, Zagreb

Prispjelo 1. prosinca 1979.

Prihvaćeno 25. prosinca 1979.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

U ovom se članku razmatra pojam obujamske mase i njegova važnost kod ploča iverica. Opisan je i prikazan Steversonov uređaj za određivanje obujamske mase sloja iverica i sličnih ploča do debljine 0,25 mm. Također je prikazan način određivanja koeficijenta kvalitete materijala (drva), tj. odnos čvrstoće i gustoće materijala. Postoji mogućnost primjene koeficijenta kvalitete kao pokazatelja kvalitete iverica.

Ključne riječi: obujamska masa slojeva iverica — koeficijent kvalitete iverica.

DETERMINATION OF DENSITY AND COEFFICIENT OF QUALITY FOR PARTICLEBOARD

Summary

The article deals with the concept of density and its importance for particleboards. It describes and shows the Steven's instrument for determination of the density of a layer of particleboard and similar boards up to 0,25 mm thickness. It also shows a method for determination of the quality coefficient of wood, i. e. the relation between strength and density of material. It is possible to apply the quality coefficient as an indicator of the particleboard quality.

Key words: density of particleboard layers — quality coefficient of particleboard

Uvod

Definicija fizikalne veličine obujamske mase ρ glasi (1):

$$\rho = \lim_{\Delta v \rightarrow 0} \frac{\Delta m}{\Delta v} = \frac{dm}{dv},$$

čime je obujamska masa tvari definirana u točki. Pomoću te definicije može se veličina ρ upotrebljavati i za rješavanje onih zadataka kod kojih se gustoća iste tvari mijenja od mjesta do mjesta. Gornja definicija vrijedi za svako agregatno stanje tvari.

Za homogenu tvar gornja jednadžba prelazi u oblik:

$$\rho = \frac{\text{masa (m)}}{\text{Volumen (V)}}; \rho = \frac{m}{V}.$$

Obujamska je masa, dakle, odnos mase (m) neke tvari i volumena (V) koji ta homogena tvar zauzima. Ona ovisi o stanju tijela, temperaturi i o atmosferskom tlaku.

Ranije se, umjesto izraza obujamska masa,* upotrebljavao termin gustoća koja se također definirala izrazom:

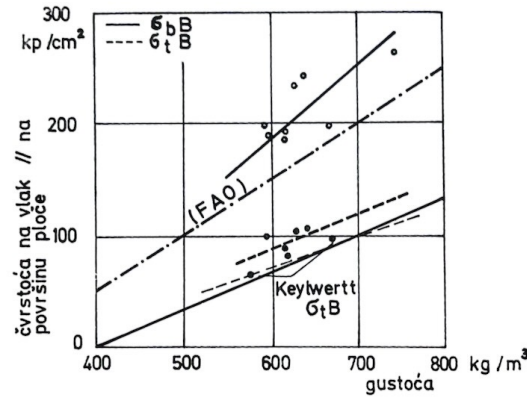
$$\rho = dm/dv, \text{ odnosno } \rho = m/v.$$

I u drugim jezicima upotrebljavali su se nazivi: slovenski — gustota, ruski — plotnost', češki — hustota, poljski — gestośće, engleski — density, francuski — densité, talijanski — densità, španjolski — densidad, njemački — Dichte, arapski — kasafa. Danas bi u hrvatskom ili srpskom jeziku valjalo potpuno napustiti izraz gustoća te dosljedno upotrebljavati izraz obujamska masa. Jedinica mase u međunarodnom sustavu jedinica (SI) jest kilogram po kubnom

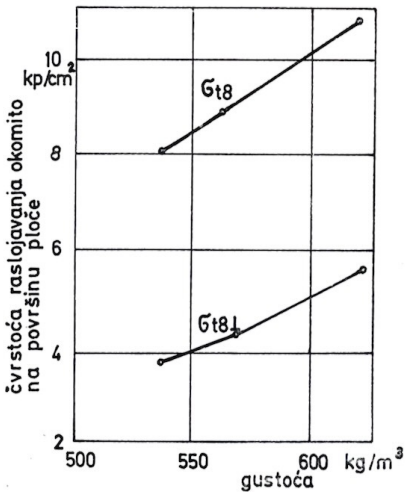
metru (kg/m^3). Kod iverica i ostalih ploča na bazi drva, o masi ploče po jedinici površine ovise njena bitna svojstva, a o obujamskoj masi čvrstoća (sl. 1, sl. 2. i sl. 3)*

Obujamska masa ploča vrlo je važno svojstvo o kojem treba voditi računa u toku proizvodnje, odnosno odmah nakon proizvodnje. Ona je vrlo dobra kontrola proizvodnje i potvrda je kvalitete ploča za potrošače.

Obujamska masa iverica obično je najmanja u sredini poprečnog presjeka, a najveća u površinskom sloju ploče (sl. 4. i 5). Ta razlika je

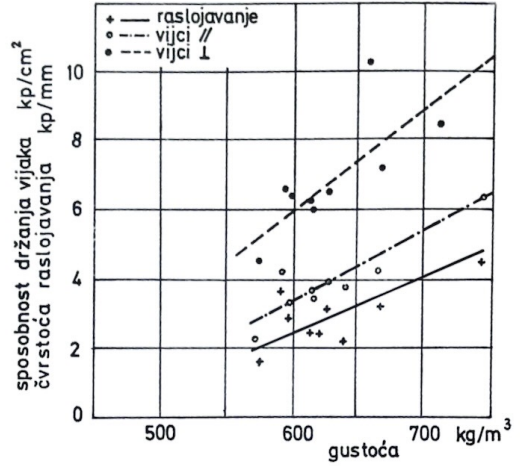


Slika 1. Čvrstoća na vlak paralelno s površinom ploče u ovisnosti o obujamskoj masi (Kollman i Liiri) (5)*



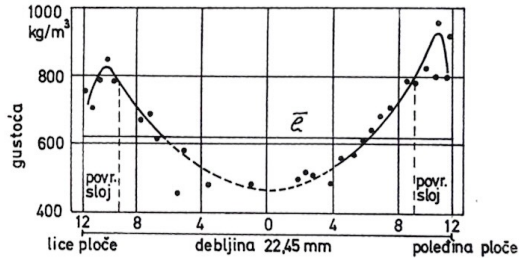
Slika 2. Prikaz čvrstoće raslojavanja srednjeg sloja i čvrstoće raslojavanja vanjskih slojeva (5)

* Na slikama su ostavljeni nazivi »gustoća« umjesto obujamske mase, zbog autorstva originala.

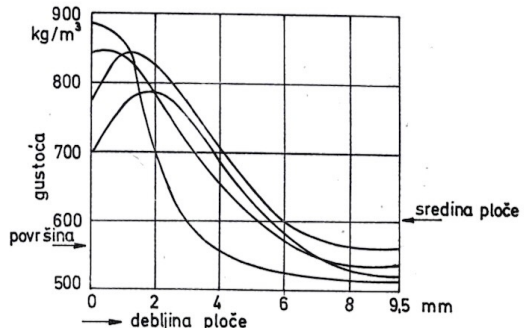


Slika 3. Ovisnost sposobnosti držanja vijaka (kp/mm) i čvrstoće raslojavanja (kp/cm^2) o obujamskoj masi iverice (Liiri, 1961)

veća kod troslojne nego kod jednoslojne iverice i one s postepenim prijelazom u strukturi. Međutim, s većom pažnjom i boljom tehnologijom proizvodnje, pravilnim vođenjem tehnološkog



Slika 4. Distribucija obujamske mase u smjeru debljine višeslojne ploče iverice (J. Horn, E. Schwab) (7)



Slika 5. Obujamska masa u smjeru debljine ploče iverice (19 mm) (Teichgraber)

procesa, a posebno procesa prešanja, i upotrebom kvalitetnih ljepljiva, moguće je smanjiti tu razliku i poboljšati kvalitetu ploča.

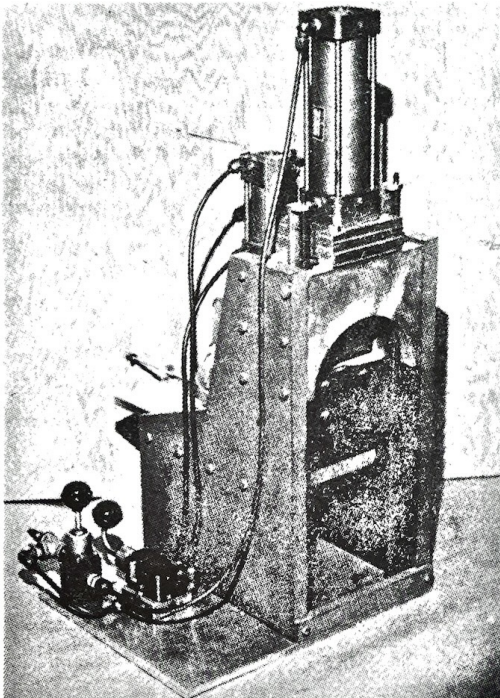
1.0 Određivanje obujma mase ploča iverica po slojevima

Mnogim radovima i ispitivanjima, koja su izvođena u raznim istraživačkim institutima u svijetu, potvrđeno je da su svojstva ploče iverice ovisna o obujamskoj masi po profilu (varijacije obujamske mase okomito na površinu ploče). Poznavanje obujamske mase po profilu vrlo je korisno za analizu i tumačenje rezultata ispitivanja.

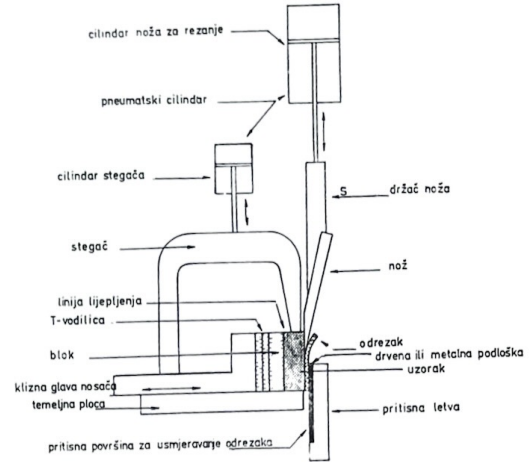
Ovdje će se opisati i prikazati uređaj koji je konstruirao Robert R. Stevens [7], tehnolog u Mississippi State University, koji omogućuje određivanje obujamske mase slojeva do debljine od 0,25 mm, rezanjem uzoraka u slojeve dimenzija 50 x 50 mm.

1.1 Uređaj za rezanje

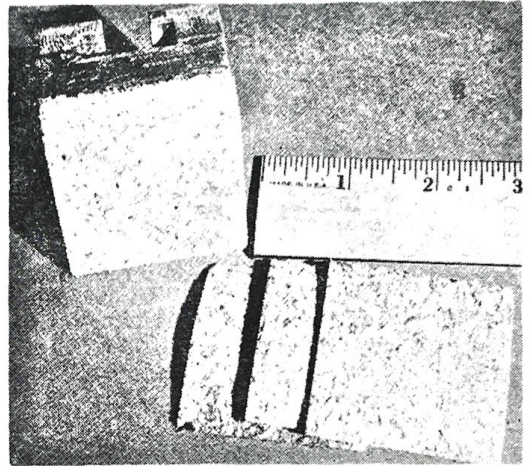
Uređaj za rezanje prikazan je na slikama 6. i 7. Princip rada navedenog uređaja je slijedeći: pripremljene epruvete za ispitivanje, dimenzija 50 x 50 mm x debljina ploče, lijepe se prvo na aluminijski blok taljivim ljepljivima (sl. 8.); sastavljeni dio (blok i epruveta) učvrsti se na



Slika 6. Uređaj za rezanje odrezaka (krišaka) iz epruvete iverice (7)



Slika 7. Shematski prikaz uređaja za rezanje odrezaka (kriški) iz epruvete ploče iverice (7)



Slika 8. Epruvete iverice lijepljene na bloku i nekoliko odrezaka (kriški) rezanih za određivanje obujamske mase sloja ploče (7)

pomičnu glavu za namještanje pomoću žlijeba u obliku slova T; pomična glava u kojoj je smještena epruveta ručno se pomiče, dok je dodirni vanjski sloj epruvete usmjeren prema držaču noža. Nakon toga se aktivira cilindrični stegač da bi učvrstio glavu za namještanje epruvete. Aktiviranjem cilindra s nožem za rezanje, režu se epruvete u odreske (kriške) zadane debljine.

Debljine odrezaka određuju se tako da se namjeste horizontalne udaljenosti između usmjerenog dijela držača i oštrice noža (slika 7). To se izvodi mijenjanjem klinova koji se umeću iza usmjerenog dijela držača noža. Nož (kut noža je 20°) prodire (spušta se) prema epruveti brzinom od 500 mm/s.

1.2 Određivanje obujamske mase sloja

Epruvete dimenzija 50 x 50 mm kondicioniraju se i lijepe na blokove pomoću taljivog ljepljiva, a potom se kondicioniraju u trajanju od najmanje 24 sata. Svaka se epruveta nakon kondicioniranja važe s točnosti od $\pm 0,01$ g, i određuje se ukupna debljina epruveta i bloka s točnosti od $\pm 0,025$ mm. Debljina se mjeri na četiri mjesta mikrometrom i uzima prosjek. Nakon toga epruveta i blok se namjeste u uređaj za rezanje slojeva i skida sloj određene debljine. Postupak dalje obuhvaća mjerenje debljine odrezaka i epruvete. Rezanje (skidanje odrezaka) se ponavlja do sredine epruvete. Obujamska masa svakog odreska se određuje dijeljenjem mase odreska s volumenom odreska.

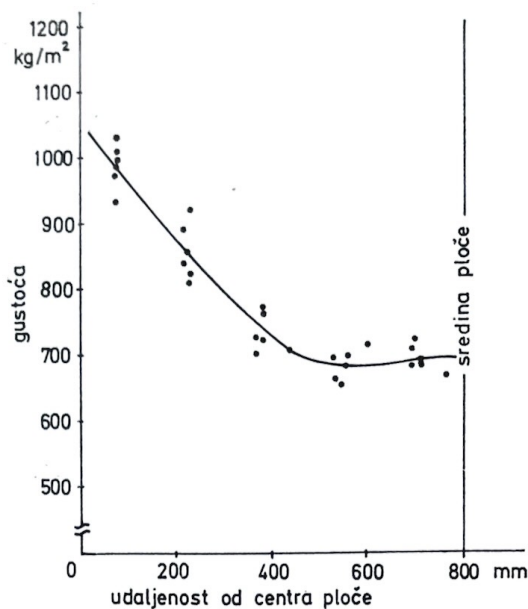
Dvije stvari otežavaju točnost i efikasnost ispitivanja po ovoj metodi. Prva se odnosi na glatkoću površine, a druga na preciznost mjerenja. Kvaliteta površine utječe na točnost mjerenja debljine i mase, a time i na točnost određivanja obujamske mase sloja. Kod određivanja mase i debljine slojeva s prije navedenom točnošću, za ploču obujamske mase 800 kg/m^3 , maksimalna greška u određivanju gustoće iznositi će $\pm 11\%$. Navedena greška odnosi se na pojedinačno mjerenje.

Kvaliteta površine epruvete ovisna je o oštini noža, debljini odrezaka i svojstvima iverice (obujamska masa ploče i čvrstoća lijepljenja unutar ploče). Prema Stevensu [7], dobro slijepljena vlaknatica može se zadovoljavajuće odrezati do debljine od 0,25 mm. Epruvete iz iverice s fenolnim ljepilom koje su bile izložene vanjskim uvjetima mogu se rezati do debljine 1,5 mm, a epruvete iz iste iverice, koja nije bila izložena vanjskim uvjetima, do debljine od 1,0 mm.

Prosječni rezultati mjerenja obujamske mase prikazani su u obliku krivulje (profil obujamske mase) na sl. 9.

2.0 Koeficijent kvalitete

Kako je izneseno, obujamska masa materijala vrlo je važno svojstvo, o kojem često ovise gotovo sva ostala svojstva materijala [8]. Veliki broj radova posvećen je istraživanju obujamske mase zbog njene važnosti. U njima se nastojalo ustanoviti utjecaj obujamske mase na druga svojstva materijala. A. Ugrenović [8] navodi podatke i rezultate radova raznih autora o tom problemu, pogotovu kod masivnog drva. Poznato je da kohezija čini drvo kompaktnim, i ona, između ostalog, ovisi o njegovoj obujamskoj masi. Tako se, kod izbora materijala za razne potrebe, velika pozornost posvećuje odnosu čvrstoće i gustoće. Ovaj se odnos naziva koeficijent kvalitete [8].



Slika 9. Profil obujamske mase određen pomoću uređaja za rezanje (7)

Koeficijent kvalitete drva izračunava se prema izrazu:

$$K = \frac{\sigma}{\rho_p} \text{ ili } K = \frac{\sigma}{100 \sigma_p}$$

gdje je σ čvrstoća na tlak u kg/cm^2 , a ρ_p je obujamska masa (ranije gustoća) u prosušenom stanju u g/cm^3 . Janka je taj odnos nazvao kvocijentom čvrstoće, a Monnin statičkom kotom [8]. Monnin je odnos čvrstoće i 100-strukog kvadrata obujamske mase (gustoće) drva u prosušenom stanju nazvao specifičnom kotom:

$$K = \frac{\sigma}{100 \rho_p^2}$$

S gledišta građevne tehnike i konstrukcija, neobično je važna činjenica da se upotrebom drva i ploča na bazi drva postižu dvije prednosti, prvo — može se upotrijebiti lakši materijal i drugo — dolazi do boljeg iskorišćenja njegovih tehničkih osobina. Za metale određenog sastava koeficijent kvalitete jest konstantna veličina. Za drvo jedne te iste botaničke vrste koeficijent kvalitete nije konstantna veličina. On se kreće u dosta širokim granicama. Koeficijent kvalitete ovisi o obujamskoj masi i vlazi materijala. Za važnije vrste drva A. Ugrenović donosi podatke o obujamskoj masi prosušenog drva i koeficijent kvalitete. Podaci su od naročitog interesa kod upotrebe drva u građevinar-

stvu. Za većinu vrsta čvrstoće i tvrdoće drva u literaturi [8] navodi se statička kota ili kvocijent čvrstoće. Osim toga izračunana je specifična kota [8], koja se kreće od 1,1 do 2,9. Za specifičnu radnju loma dinamička kota [8], za čvrstoću na cijepanje koeficijent ove čvrstoće i čvrstoće na pritisak [8].

Za čvrstoću na vlak i tvrdoću izneseni su također podaci u smjeru vlakanca i okomito na vlakanca. Isti autor navodi i podatke o čvrstoći na torziju.

Postoji također jaka veza između obujamske mase i čvrstoće drva, koju su utvrdili još Buffon i Duhamel du Monceau [8]. Iz te veze je razumljivo da su od utjecaja na čvrstoću i svi činioci o kojima ovisi sama obujamska masa drva. Janka je dokazao ovu vezu.

Na osnovi provedenih ispitivanja na masivnom drvu, proizlazi da je koeficijent kvalitete, tj. odnos čvrstoće i gustoće (volumne težine prema Ugrenoviću [8]), vrlo važan indikator za ocjenu svojstava materijala. Naime, ako je on veći, bolja su i svojstva materijala, a time on postaje vredniji materijal za dalju preradu i upotrebu. Na slikama 10. i 11. vidi se odnos obujamske mase i drugih svojstava. To potvrđuje teorije o vezanosti i utjecaju obujamske mase na svojstva.

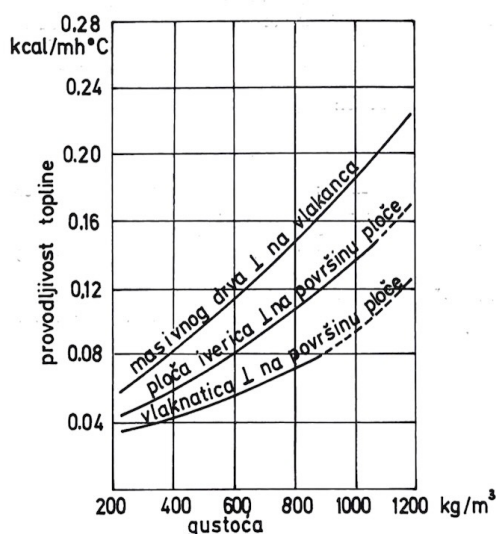
Da bi se ustanovila kvaliteta ploča iverica, obično se vršilo ispitivanje najvažnijih svojstava, npr. obujamske mase, čvrstoće savijanja, raslojavanja i drugih važnih svojstava. Rezultati tih ispitivanja pokazuju da su mehanička svojstva uvijek ovisna o obujamskoj masi iverica.

3.0 Koeficijent kvalitete iverica

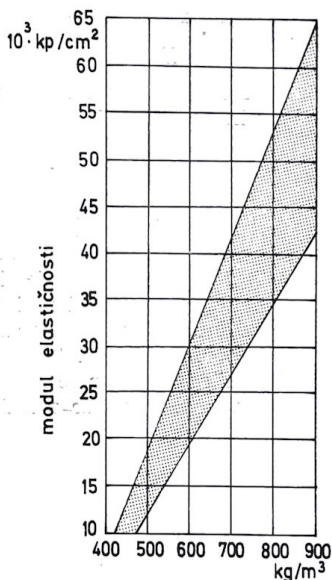
U ovom su radu određeni koeficijenti kvalitete iverica kao jedan od mogućih pokazatelja za brzo ustanovljivanje njihove kvalitete. Za taj su obračun upotrijebljene formule iz poglavlja 2.0.

Kao što je poznato, čvrstoća na savijanje i čvrstoća na raslojavanje kod ploča iverica vrlo su važna svojstva. Pomoću jednog i drugog može se procijeniti kvaliteta iverica. Naime, kod ispitivanja savijanja razvijaju se unutrašnja naprezanja koja su ovisna o obujamskoj masi iverica, a kod raslojavanja dolazi do poremećaja unutrašnjih veznih sila. Oba navedena svojstva su vrlo bitna za materijale namijenjene građevinarstvu i razne konstrukcije. S obzirom na to, u nastavku razmatranja korištenja su ta dva svojstva i obujamska masa. Pomoću njih su se ustanovili koeficijenti kvalitete ploča iverica.

U tablici I prikazane su komparativno prosječne vrijednosti obujamske mase, čvrstoće na savijanje i raslojavanje pet različitih vrsta ploča iverica. Podaci su rezultati dobiveni nakon standardnih ispitivanja u laboratoriju Instituta za drvo, Zagreb, u toku 1978. i dijelom 1979. godine. Iz tih podataka izračunan je koeficijent kvalitete tih ploča. Iz tablice se vidi da postoji stohastička veza čvrstoće i obujamske mase kod raznih vrsta ploča iverica. U našoj praksi uvijek se mogla predvidjeti kvaliteta ploča iverica odmah nakon izračunavanja, odnosno ustanovljavanja njezine obujamske mase. Koristeći se iskustvima kod ispitivanja masivnog drva, mo-



Slika 10. Vodljivost topline masivnog drva, iverice i vlaknaticu u smjeru okomitom na vlakanca u ovisnosti o obujamskoj masi (Kollman i Malmquist) (5)



Slika 11. Modul elastičnosti jednoslojne ploče iverice u ovisnosti o obujamskoj masi ploča (Keylwerth 1979) (5)

že se po istom principu utvrditi ovisnost navedenih mehaničkih svojstava ploča iverica o obujamskoj masi ploča.

Kod obrade rezultata primijećeno je da je koeficijent kvalitete ploča iverica ovisan o obujamskoj masi. Što je ona veća, to je veći koeficijent kvalitete i obratno. Tako je npr. vidljivo iz tablice da ploča iverica obujamske mase 560 kg/m³ ima koeficijent kvalitete $K_r = 0,71$, a iverica 800 kg/m³, $K_r = 1,50$. Koeficijent kvalitete s oznakom K_s predstavlja odnos čvrstoće savijanja iverica i obujamske mase, a onaj s oznakom K_r odnos čvrstoće raslojavanja i obujamske mase iverice. Vrijednosti K_s i K_r iskazane u tablici I, prosjek su od 90 rezultata ispitivanja za svaku vrstu ploče.

KOEFICIJENTI KVALITETE IVERICA

Tablica 1

Vrsta ploče	gustoća ploče kg/m ³	čvrstoća na savijanje N/mm ²	čvrstoća raslojavanja N/mm ²	koeficijent kvalitete (K)	
				K_s	K_r
Jednoslojna iverica (19 mm)	560	12	0,40	21,43	0,71
trioslojna iverica (16 mm)	650	20	0,48	30,77	0,74
trioslojna iverica (19 mm)	760	23	0,60	30,26	0,79
graduirana iverica (19 mm)	800	18	1,2	22,50	1,50
Okal (puna) (19 mm)	580	10	1,6	17,24	2,76

Kod masivnog drva za građevinarstvo i razne konstrukcijske svrhe, za običnu borovinu obujamske mase 520 kg/m³, čvrstoće na savijanje 87 N/mm², čvrstoće na vlak 3 N/mm², koeficijent kvalitete iznosi 167,31 odnosno 5,77. Kod hrastovine obujamske mase 690 kg/m³, čvrstoće na savijanje 94 N/mm², čvrstoće na vlak 4 N/mm², koeficijent kvalitete iznosi 136,23, odnosno 5,80.

I kod novih metoda za istraživanje ploča iverica, kao npr. ispitivanje maksimalnog naprezanja smicanja kod torzije [2, 5], radi utvrđivanja čvrstoće raslojavanja, mogu se dobiveni rezultati upotrijebiti za izračunavanje koeficijenta kvalitete. Oni mogu poslužiti za izračunavanje koeficijenta kvalitete ne samo za cijeli uzorak, nego i pojedinih slojeva. To čini ovu tehniku naročito prikladnom, jer se na temelju dobivenih rezultata može vrlo brzo utvrditi kva-

liteta iverica (čvrstoća raslojavanja, koeficijent kvalitete).

4.0 Zaključna razmatranja

Obujamska masa vrlo je važno svojstvo za sve materijale, pa tako i za iverice, stoga joj treba posvetiti veću pažnju, jer o njoj ovise ostala svojstva. S obzirom na konstrukciju građe iverice, poželjeno je uvijek kontrolirati obujamsku masu pojedinih slojeva iverice. Uređaj Roberta R. Stevensa vrlo je pogodan u tu svrhu. Jednostavan je za upotrebu, i njime se može precizno odrediti obujamska masa slojeva iverice.

Kod izbora materijala za razne upotrebe može poslužiti kao kriterij koeficijent kvalitete, tj. odnos čvrstoće i obujamske mase. Koeficijent kvalitete prilično je siguran pokazatelj kvalitete. I za iverice korisno je ustanoviti koeficijent kvalitete. Budući da se iverice upotrebljavaju u razne svrhe, to se izračunavanjem koeficijenta kvalitete dobiva pouzdan kriterij o njezinoj kvaliteti, što je koristan podatak za njezinu primjenu.

POPIS LITERATURE

- [1] BREZINŠČAK, M.: Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti, »Tehnička knjiga«, Zagreb 1971.
- [2] BRUČI, V., SALAH, E. O.: Neki novi postupci za ispitivanje čvrstoće raslojavanja iverica. BILTEN. Zidi 7 (4): 1-25, 1979.
- [3] GATEHELI, G. J., Heenink, B. G., Hefty, F. V.: 1966. Influence of Componente variables on the properties of particleboard for exterior use. Forest Products Journal 16 (4) : 46-59.
- [4] KLAUDITZ, W., ULBRICHT, H. J., KRATZ, W.: 1958. The manufacture of Light - weight particleboards (In German) Holz als Roh - und Werkstoff 16:459-466.
- [5] KOLLMAN, F. F. D., KUENZI, E. W., STAMM, A. J.: Principles of wood Science and technology II. Wood based Materials. (Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1975)
- [6] SALAH, E. O.: »Ispitivanje nekih fizičkih i mehaničkih svojstava ploča iverica za proizvodnju namještaja i unutarnju upotrebu« (Magistarski rad) Sumarski fakultet, Zagreb 1979.
- [7] STEVENS, R. R.: Slicing Apparatus Aids in Determination of Layer - Density of Particleboard. Forest Products Journal vol. 28. No. 9.
- [8] UGRENOVIC, A.: Tehnologija drveta (str. 201-209.), Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb 1960.
- [9] WHITLOW, R.: Materials and Structures. Longman Construction Series, General Editor C. R. Bassett, London 1976.

Recenzirao :

mr Stjepan Petrović, dipl. ing.