

Drvena ploča kao konstrukcijski materijal s mehaničkom funkcijom

S a ž e t a k

Ispitana su osnovna mehanička, fizikalna i neka tehnološka svojstva 13 različitih vrsta drvnih ploča, kao šperploča, stolarskih ploča, te različitih tipova iverica i vlaknatica.

U komparativnom obliku i međusobnom korelativnom odnosu, grafički su prikazani i analizirani rezultati ispitivanja gustoće, čvrstoće na savijanje, E-modula, krutosti na savijanje, čvrstoće na raslojavanje, čvrstoće na udarac, otpora na izvlačenje vijaka, upijanja i bubrenja.

Iz izlaganja izveden je zaključak da je vrlo teško označiti neki tip ploče kao inferioran odnosno superioran u odnosu na drugi ukoliko nije istovremeno određena njegova namjena.

Ključne riječi: drvene ploče u graditeljstvu — fizikalna i mehanička svojstva drvnih ploča.

WOOD BOARDS AS CONSTRUCTION MATERIAL WITH MECHANICAL FUNCTION

S u m m a r y

Elementary mechanical, physical and some technological properties of 13 different timber board have been examined — as plywood, blockboards and different particleboard and fibreboard types.

In a comparative form and mutual correlative connection, graphs are made and examination results are analysed for density, bending strength, modulus of elasticity, bending stiffness, tensile strength, shock resistance, screw withdrawal resistance, liquid water absorption and swelling.

The conclusion is given by noticing that it is very hard to define some boards type as inferior or superior in relation to each other unless simultaneously its purpose has been determined.

Key words: wood boards in architecture — physical and mechanical properties of wood boards.

1.0. UVOD

Opće funkcije komponenata neke zgrade, kao zidova, stropova, vrata, pa i namještaja i sličnih struktura, u kojima se upotrebljavaju drvene ploče, možemo podijeliti na primarne i sekundarne [5, 3].

Primarne su funkcije slijedeće: kao mehanička pregrada, kao optičko-estetska pregrada, kao akustična pregrada i kao klimatska pregrada.

Važnije sekundarne funkcije jesu: kao sobna pregrada (akustička i klimatska uloga), zaštitna i sigurnosna funkcija (otpornost na vatru, gljive itd.), kao funkcija stabilnosti i trajnosti (doba od 50 do 70 godina, uključujući starenje, fluktu-

cije relativne vlage, dugotrajna opterećenja i popravke), te kao funkcija troškova u konačnoj strukturi stijene, odnosno objekta.

Svaku od nabrojanih funkcija karakterizira određeni broj pojedinačnih parametara ili svojstava, koje moramo izmjeriti i vrednovati. Onda ih ocijenimo i nastojimo prikazati na slici tako da odgovaraju tretiranoj funkciji [3].

Određeni parametri materijala, u našem slučaju drvenih ploča, vrijede za ocjenu primjene kod više nabrojanih funkcija. Krutost na savijanje (savojna krutost) npr. kod zidnih ploča ili police regala od bitnog je značenja kako u funkciji mehaničke tako i optičko-estetske pregrade. S obzirom na utjecaj kod spojeva i tijesnost spo-

jeva, ona je u određenoj mjeri od značenja kako u funkciji mehaničke tako i optičko-estetske pregrade [3].

Sve nabrojene funkcije potrebno je pretvoriti u zahtjeve s obzirom na ploče, a oni su detaljno opisani kao mjerljiva svojstva u standardima. Takvu analizu možemo provesti s različitim tipovima ploča i utvrditi korelaciju između pronađenih parametara [5, 3].

U ovoj radnji ograničavamo se na istraživanja najvažnijih tipova drvnih ploča u funkciji mehaničke prerade.

2.0. TIPOVI I PROVENIJENCIJA ISPITIVANIH DRVNIH PLOČA

SFR Jugoslavija je u 1972. godini zauzimala u Evropi slijedeća mjesta u proizvodnji drvnih ploča:

- stolarske ploče 6. mjesto
- šperploče 7. mjesto
- iverice 13. mjesto
- vlaknate 10. mjesto.

Promatrano u cjelini, trend prosječnog rasta proizvodnje drvnih ploča u Jugoslaviji zaostajao je u usporedbi s evropskim proizvođačima.

S obzirom na činjenicu da se u našoj zemlji proizvode sva četiri tipa drvnih ploča, to su u ova ispitivanja uključene sve naznačene vrste ploča. Tehnološki postupci, prije svega kod iverica i vlaknata, danas su već prilično diferencirani. Proizvodi se, premda pod istim nazivom iverica odnosno vlaknata, međusobno razlikuju po svojim mehaničkim, fizikalnim i tehnološkim svojstvima. Zbog toga je bilo potrebno u ispitivanja uključiti iverice i vlaknate izrađene po različitim tehnološkim postupcima. Izabrani su proizvodi slijedećih tehnoloških postupaka:

Iverice

- A — graduirana iverica, izrađena pneumatskim natresanjem iverja, 19 mm nominalne debljine.
- B — troslojna iverica s vanjskim slojevima od mikroiverja, vruće prešana na podlozi od žičanog pletiva (Schenck-Flexoplan), 19 mm nom. debljine.
- C — troslojna iverica s vanjskim slojevima od mikroiverja, vruće prešana bez podloge (Schnitzler-Siempelkamp), 19 mm nom. debljine.
- D — peteroslojna iverica s vlaknastim iverjem na površini, 19 mm nom. debljine.
- E — graduirana iverica, izrađena pneumatskim natresanjem iverja po kontinuiranom postupku, 4 mm nom. debljine.

Vlaknate

- F — standardna tvrda vlaknata, izrađena po mokrom postupku (S-1-S), 4 mm nom. debljine.
- G — tvrda vlaknata s površinom od finih vlaknata, izrađena po mokrom postupku (S-1-S), 4 mm nom. debljine.
- H — tvrda vlaknata, izrađena po suhom postupku (S-2-S), 4 mm nom. debljine.
- I — tvrda vlaknata, izrađena po suhom postupku (S-2-S) drugačijem nego pod H, 4 mm nom. debljine.
- J — polutvrda vlaknata (Medium Density Fiberboard, MDF), izrađena po suhom postupku (S-2-S), 19 mm nom. debljine.
- K — polutvrda vlaknata (MDF), izrađena po suhom postupku (S-2-S), 9 mm nom. debljine.

Slojevito drvo

- L — šperploča, s bukovim slijepim furnirom na obje površine, 4 mm nom. debljine.
- M — stolarska ploča s bukovim slijepim furnirom na obje površine, 19 mm nom. debljine

3.0. SVOJSTVA KOJA SU ISPITANA I METODOLOGIJA

Funkciju ploče kao mehaničke pregrade definiraju mehaničko-fizikalni parametri, odnosno svojstva. Kod ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava ploča, uzimane su u obzir sve važnije standardizirane metode koje se danas na tom području primjenjuju. Osim toga, određivana je i tzv. krutost na savijanje, koja se smatra kao jedno od najvažnijih svojstava kada se ploča montira na podlogu od letvica [9, 1, 2]. Ispitivana su slijedeća mehanička i fizikalna svojstva: debljina, površinska težina, volumna težina (gustoća), sadržaj vlage, čvrstoća na savijanje, čvrstoća na raslojavanje, čvrstoća na udarac, izvlačenje vijaka, upijanje i bubrenje, modul elastičnosti i krutost na savijanje.

3.1. UPOTRIJEBLJENI STANDARDI

Sva ispitivanja vršena su uglavnom prema JUS-standardima, osim za udarnu čvrstoću, za koju je upotrijebljen DIN 53448. Modul elastičnosti izračunan je iz parametara određenih prilikom određivanja čvrstoće na savijanje. Krutost na savijanje izračunana je kao produkt iz modula elastičnosti — E i momenta ustrajnosti I (inercije).

Metode ispitivanja pojedinih svojstava opisane su u odgovarajućim standardima JUS, odnosno DIN. Smatramo potrebnim naglasiti značenje na-

brojenih mehaničkih i fizikalnih svojstava, koja se u novije vrijeme smatraju bitnim pri ocjenjivanju ispitivanih materijala.

3.2. KRUTOST NA SAVIJANJE

Krutost na savijanje smatra se danas vrlo važnim svojstvom ploča, montiranih na mrežu od letvica [9, 1, 2]. Taj se parametar još ne uzima u obzir kod procjenjivanja ili klasifikacije ploča vlaknatica i iverica [13, 17, 18].

Zid, odnosno neka konstrukcija od ploča na letvicama, mora imati određenu mehaničku čvrstoću i stabilnost oblika. Ne smije se deformirati kod umjerenog opterećenja okomito na površinu [2, 3]. Krutost na savijanje zbog toga obuhvaća normalno područje elastičnih deformacija [3]. Kod ploča koje su građene s obzirom na debljinu homogeno, definirana je krutost na savijanje kao produkt modula elastičnosti i momenta ustrajnosti

$$S_b = \frac{E_b \cdot I}{b} = \frac{E_b \cdot d^3}{12} \quad [\text{Nm}]$$

S_b = krutost na savijanje

E_b = modul elastičnosti kod savijanja

I = moment ustrajnosti ($\frac{bd^3}{12}$)

b = širina ploče (epruvete)

d = debljina ploče (epruvete)

Kao što vidimo, krutost na savijanje je razmjerna s trećom potencijom debljine, pa proizvodnja debljih ploča s manjom količinom materijala, odnosno nižom srednjom gustoćom, ima u tome svoje opravdanje.

Novije tehnologije više ne tretiraju ploče homogene po debljini, nego pretežno s određenim gradijentom gustoće. One su obično s gušćim vanjskim slojevima i rjeđim, poroznijim srednjim slojem, što osobito vrijedi za iverice i srednje tvrde (MDF) vlaknaticе. Općenitija definicija krutosti na savijanje glasi da je ona proporcionalna sili na jedinicu širine ploče b , koja prouzrokuje progib h ,

$$S_b = \frac{dF}{dh} \cdot \frac{I^3}{b \cdot 48} \quad [\text{Nm}]$$

dF = parcijalna sila F u proporcionalnom dijelu dijagrama σ, ϵ

dh = parcijalni progib h koji odgovara parcijalnoj sili dF ,

l = razmak oslonaca,

b = jedinica širine ploče.

Ova se formula temelji na upotrebi modula elastičnosti, izračunanog kod određivanja čvrstoće na savijanje:

$$E = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot h \cdot I} \quad [\text{N/m}^2]$$

E = modul elastičnosti (Young's modul)

F = sila opterećenja

h = progib

l = razmak oslonaca

I = momenat ustrajnosti

S obzirom na pretežno nehomogenu strukturu debljine ploča, E modul je samo »prividan«. Krutost na savijanje moguće je izračunati i pomoću E modula određenog kod ispitivanja čvrstoće na vlak i tlak za pojedine slojeve ploče, te odgovarajućeg momenta ustrajnosti i položaja neutralne linije. Takav postupak je kompliciraniji, jer je potrebno određivati E modul za svaki sloj posebno. Zbog toga se za normalne potrebe više preporučuje naprijed navedena opća definicija krutosti na savijanje. Nju je moguće izračunati neposredno iz veličina dobivenih kod određivanja čvrstoće na savijanje. U ovim istraživanjima E -modul je određen iz veličina dobivenih kod ispitivanja čvrstoće na savijanje.

Ako se analizira naprijed navedena formula, može se ustanoviti da čvrstoća na savijanje ploče određuje razmak l između oslonaca (letvica) na zidu. Za unaprijed određenu maksimalnu silu F , kojom će ploča biti opterećena, i maksimalnu deformaciju h , razmak mora biti u granicama koju mehaničko-statička i optičko-estetska funkcija zida, police i sličnih konstrukcija još dozvoljava. U slučaju unaprijed određene maksimalne deformacije, odnosno progiba, i kod poznate sile, razmak letvica proporcionalan je trećem korijenu iz krutosti na savijanje $\sqrt[3]{S_b}$. Razmak između letvica, međutim, može biti od odlučujućeg značenja za cijenu koštanja elemenata u funkciji mehaničke i optičko-estetske pregrade.

3.3. VOLUMNA TEŽINA (GUSTOĆA) PLOČE

Volumnu težinu ploča iverica i vlaknatica moguće je mijenjati unutar širokih granica. Kod vlaknatica to je područje između 200 i 1200 kp/m^3 , kod iverica između 400 i 1000 kp/m^3 . Kod slojevitog drva gustoća je pretežno određena gustoćom prirodnog drva, koja se u našim prilikama kreće od 400 do 700 kp/m^3 .

S istom količinom materijala, to jest drvne sirovine, moguće je izraditi ploče različite gustoće i tome odgovarajuće različite debljine, što ima kao posljedicu i različitu krutost na savijanje, za koju znamo da je razmjerna s trećom potencijom debljine ploče. Općenita tendencija, koju u proizvodnji iverica, a naročito vlaknatica, u posljednje vrijeme zapažamo, jest proizvesti deblju ploču s manje materijala, što znači i nižom srednjom gustoćom. Na ovu pojavu, bez sumnje, utječu spoznaje o čvrstoći na savijanje i krutosti na savijanje kao važnim mehaničkim svojstvima, koje na taj način poboljšavamo bez veće

potrošnje materijala, to jest drvene sirovine. Uzimajući u obzir isključivo krutost na savijanje kao odlučujuće mehaničko svojstvo ploče, dolazimo do zaključka da bi najviše odgovarala tzv. porozna ili izolacijska vlaknatica s gustoćom između 200 i 400 kg/m³. Ipak ovu vrstu ploča danas ne upotrebljavamo ni za elemente namještaja ni za razne građevinske strukture. Razlog je u zahtjevu za otpornošću na udarac i za određenu površinsku tvrdoću, što oboje predstavlja dva dodatna mehanička svojstva.

Prema naprijed navedenom, danas se većina iverica i vlaknatica ne proizvodi više s homogenom strukturom gustoće u debljini ploče, nego s nekim određenim gradijentom. Time se, kod jednake količine materijala, postižu povoljnija svojstva u pogledu čvrstoće na savijanje i zapunjenosti površine, koja pozitivno utječu na oplemenjivanje premaznim sredstvima i oblogama u obliku filmova i folija.

3.4. ČVRSTOĆA NA UDARAC

Dalji zahtjev koji se postavlja na drvenu ploču jest stanovita otpornost na udarac i neka minimalna tvrdoća površine [3]. Kod otpornosti na udarac podrazumijeva se mala trajna deformacija ili malene raspukline, koje nastaju kod različito jakih udaraca na površinu ploče i veliki otpor na proboj (3). Takav se udarac može proizvesti npr. čekićem po površini ili nogom. Ovakvi udarci ne bi smjeli ostavljati na površini oštećenja u obliku trajnih deformacija, koje smanjuju optičko-estetska svojstva.

Otpornost na darac obično se mjeri kao specifičan rad (energija) udarnog loma po Charpyu ili Izodu [10]. Energija udarnog loma i permanentna deformacija većinom se ne slažu kod jedne te iste ploče. Vrlo često kod iste ploče nailazimo na razmjerno visoku energiju udarnog loma, odnosno na visoku otpornost na udarac, a istovremeno na nizak otpor prema permanentnoj deformaciji prilikom udarca, i obrnuto. Povišenje E-modula, tvrdoće i krhkosti zbog namjenski vođenog tehnološkog procesa ima obično kao posljedicu veći otpor na permanentnu deformaciju kod slabijih udaraca, ali istovremeno i sniženje čvrstoće na udarac.

U ispitivanjima za određivanje otpornosti na darac, odnosno energije udarnog loma, upotrijebljena je metoda po Charpyu.

3.5. ČVRSTOĆA NA VLAK OKOMITO NA POVRŠINU (ČVRSTOĆA RASLOJAVANJA)

Ovo mehaničko svojstvo važno je prije svega za određivanje sposobnosti ploča za sastavljanje, odnosno montažu.

Odlučujući utjecaj na ovo svojstvo ima gustoća i konstrukcija ploče. Neposredno ovisi o veličini međusobno slijepljenog iverja, odnosno vlaknaca i o čvrstoći spoja po jedinici slijepljene površine.

Obično se raslojavanje javlja u predjelu s najnižom gustoćom, a to je predjel s najmanjom površinom lijepljenja u odnosu na cijelu površinu koju uzimamo u obzir kod izračunavanja ove čvrstoće.

U posljednjem desetljeću zahtjevi za gustoćom su veći. Poželjno je ipak da novi načini montaže, učvršćivanja i spajanja ove zahtjeve smanje.

3.6. OTPOR NA IZVLAČENJE VIJAKA

Kod određivanja ovog svojstva ispituje se otpor na izvlačenje vijaka, uvijenih okomito na površinu i paralelno s površinom u rub ploče. Ovo svojstvo je važno naročito kod debljih ploča, namijenjenih za industriju namještaja. I ovo svojstvo ovisno je o gustoći, i to tako da je upravno razmjerno s njom.

Povezana s ovim svojstvom postoji i stanovita tendencija raslojavanja (pucanja) ploče, koja se pojavljuje kod uvijanja vijaka u bušotinu u rubu ploče. Istraživanja su pokazala [7] da veća gustoća uvjetuje i veću sklonost ploče k pucanju.

3.7. OSTALA MEHANIČKA I FIZIKALNA SVOJSTVA

Svojstva kao što su debljina, površinska težina, čvrstoća na savijanje, sadržaj vlage, te upijanje vode i bubrenje ne analiziramo detaljnije, jer su ova opće poznata i prihvaćena kao kriteriji za ocjenjivanje i vrednovanje drvnih ploča.

Možda ipak treba spomenuti da je sadržaj vlage, koja je određena poslije uspostavljanja higroskopske ravnoteže u normalnoj klimi (20/65), indirektni pokazatelj veće ili manje hidrofilnosti materijala, isto tako upijanje i bubrenje. U pogledu dimenzionalnih promjena u ravnini i debljini ploče kod izmjene suhe i vlažne klime, test na dimenzionalnu stabilnost je najmjerodavniji pokazatelj, na žalost dugotrajan i u tekućoj kontroli proizvodnje ne dolazi u obzir.

4.0. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Radi opsežnosti podataka dobivenih u okviru ovih ispitivanja ograničavamo se na prikaz bitnijih rezultata i njihovu diskusiju.

4.1. ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE

Čvrstoća na savijanje još se uvijek smatra osnovnim mehaničkim svojstvom drvnih ploča namijenjenih praktičnoj aplikaciji za strukturne elemente ili u kombinaciji s ovima [14].

Kao što je već spomenuto, gustoća ploče neposredno utječe na ovu čvrstoću. Za iverice s određenim sadržajem vlage vrijedi odnos [14]:

$$\sigma_B = A \cdot r^n - B$$

gdje je:

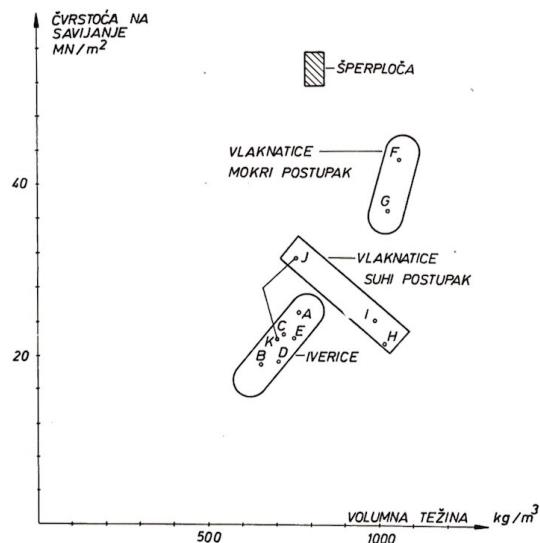
σ_B = čvrstoća na savijanje

r = gustoća ploče (volumna težina)

A, B = konstante

n = eksponent, jednak približno 1, odnosno nešto veći ili manji.

Čvrstoća na savijanje ispitanih ploča, kao i njezina ovisnost o gustoći ploča, prikazana je na slici 1. Na njoj je moguće uočiti gore spomenutu zakonitost. Kod iverica, srednje tvrdih (MDF) vlaknatica proizvedenih po suhom postupku i tvrdih vlaknatica proizvedenih po mokrom postupku, čvrstoća na savijanje raste s porastom gustoće. Zanimljiva je konstatacija, da vlaknatica (MDF) s oznakom J posjeduje znatno višu čvrstoću na savijanje od iverice A s približno jednakom gustoćom. Razlozi mogu biti npr. u sadržaju ljepila i drugim procesnim varijablama [2, 16] ili zbog različitih strukturnih elemenata u obliku vlaknaca kod ploče J i iverja kod ploče A.



Slika 1: Čvrstoća na savijanje u ovisnosti o gustoći ploče

Posebnu grupu predstavljaju tvrde vlaknatice I, H, proizvedene po suhom postupku. Usprkos visokoj gustoći (cca 1000 kg/m³), one imaju nisku čvrstoću na savijanje. Ovu pojavu možemo pripisati niskom sadržaju ljepila i slabije izraženom gradijentu gustoće bez izrazitih maksimuma u površinskim slojevima.

Izvan područja iverica i vlaknatica nalazi se šperploča, koja raspolaže veoma visokom čvrstoćom na savijanje kod gustoće od 800 kg/m³. Ovu pojavu pripisujemo čvrstoći prirodnog drva, a djelomično i ljepilu koje spaja furnirske listove.

4.2. MODUL ELASTIČNOSTI

Kod čvrstog tijela s funkcijom nosača ili dugaćkog stupa, modul elastičnosti predstavlja njegovu otpornost na deformaciju ili izvijanje.

Modul elastičnosti izračunavan je iz parametara dobivenih prilikom određivanja čvrstoće na savijanje, što je u praksi uobičajeno. Izračunava se po formuli:

$$E_0 = \frac{\Delta f \cdot l^3}{4 \cdot b \cdot h^2 \cdot \Delta f} \quad (\text{kp/cm}^2)$$

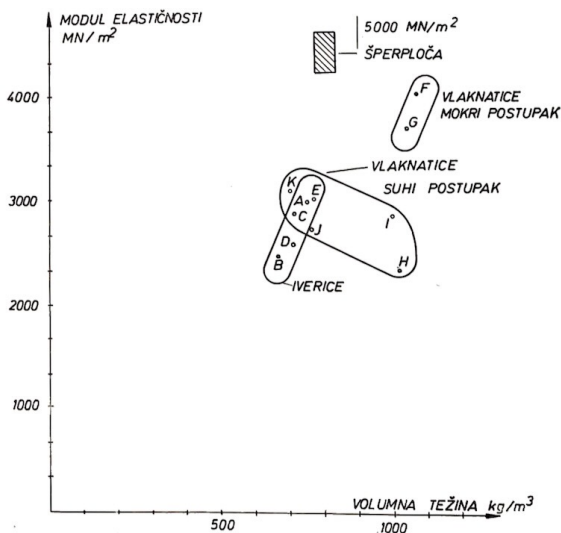
ΔF = parcijalna sila u proporcionalnom dijelu linije promjene oblika u kp

l = razmak oslonaca u cm

b = širina epruvete u cm

Δf = progib u cm kod djelovanja sile F

S obzirom na nehomogenu strukturu drvnih ploča, koja se naročito manifestira u razlici gustoće između pojedinih slojeva (gradijent gustoće), ploče možemo smatrati u određenom području djelovanja izvanjskih sila (ispod granice proporcionalnosti) kao anizotropno-elastični sistem. S obzirom na ovu činjenicu, raspored unutarnjih sila (naprezanje), koje su u ravnoteži s izvanjskim (opterećenje), specifičan je za svaki sloj i različit je od rasporeda u izotropnim čvrstim tijelima [11]. Prema tome, trebalo bi određivati E -modul za svaki sloj jednake gustoće posebno, što predstavlja dugotrajan i kompliciran rad. U praksi se zbog toga zadovoljavamo jednostavnim određivanjem tzv. »prividnog« E -modula, koji se mnogo ne razlikuje od E -modula, određenog posebno za pojedine slojeve ploče.



Slika 2: E-modul u ovisnosti o gustoći ploče

Slika 2 prikazuje korelacijski odnos E-modula i gustoće ploče. Taj je odnos linearan, što je na slici i vidljivo. E-modul raste s porastom gustoće, slično kao kod čvrstoće na savijanje, no ipak ne potpuno analogno, što se može konstatirati međusobnim uspoređivanjem slika 1 i 2. Iz toga se može zaključiti da je relativna krutost (E, I) nekih ploča viša, nekih niža, s obzirom na njihovu čvrstoću na savijanje. Viša relativna krutost može se ustanoviti kod ploča I, H, J, manja kod ploča C, E, K, D i B.

Razmjerno visok E-modul primjećujemo kod tvrdih vlaknatica proizvedenih po mokrom postupku (F, G) i kod šperploče (L). Kod iverica (A, B, C, D) i vlaknatica suhog postupka (I, J, K) E-modul kreće se u području 25000 do 30000 kp/cm², što se može smatrati normalnim. Iznimku predstavlja i ovdje vlaknatica H, koja leži ispod tog područja.

Kod iverica prešanih okomito na ravninu ploče, s prosječnom gustoćom od 650 kg/m³, vrijednost E-modula smatra se normalnom ako se kreće oko 30000 kp/cm² [8]. Prema tome može se zaključiti da većina ispitivanih iverica i srednje tvrdih vlaknatica leži u tom ili blizu tog područja.

Za šperploče postoje podaci za vrijednosti E-modula s obzirom na smjer vlaknaca u površinskim slojevima. Vrijednosti variraju od 126.500 kp/cm² do 6.400 kp/cm². Prva vrijedi kada vlaknaca u površinskom sloju furnira teku paralelno s djelovanjem sile, druga kada vlaknaca teku okomito na nju [12]. Kod 50% udjela uzdužno i okomito usmjerenih vlaknaca, E-modul iznosi 66.000 kp/cm² [12], što se odnosi na ploče od četinjača. Ispitivanjem naše ploče s oznakom L, koju sačinjavaju bukovi furniri, vrijednost E-modula iznosila je 50.000 kp/cm², što možemo smatrati uglavnom normalnim.

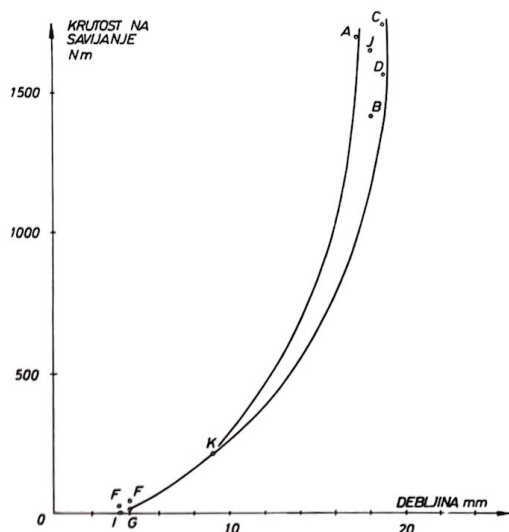
Za standardne tvrde vlaknate postoje podaci [13] iz kojih proizlazi da se E-modul kreće u granicama od 28.000 do 56.000 kp/cm², pa s obzirom na to možemo i ploče F i G razvrstati kao normalne u pogledu ovog svojstva.

4.3. KRUTOST NA SAVIJANJE

O krutosti na savijanje bilo je riječi u potpoglavlju 3.2., i to kao karakteristici funkcije mehaničke pregrade ploča. Ovo svojstvo izračunano je iz E-modula i momenta ustrajnosti I.

Podaci o krutosti na savijanje ispitivanih ploča prikazani su na slici 3, kao vrijednosti krutosti na savijanje pojedine ploče u ovisnosti o debljini.

Ispitivane ploče grupirane su u tri debljinska razreda, tanke s pločama 4 mm, srednje s pločom 9 mm i debele s pločama 19 mm debljine. Iz slike proizlazi da je krutost na savijanje tankih ploča veoma niska, oko 20 do 30 Nm, usprkos činjenice da su E-moduli, s iznimkom ploče H, približno jednaki kao kod debelih ploča. Krutost



Slika 3: Krutost na savijanje u ovisnosti o debljini ploče

na savijanje vlaknate 9 mm debljine jest 217 Nm, a kod 19 mm debelih iverica i vlaknata ona iznosi 1400 do 1700 Nm.

Budući da krutost na savijanje raste s trećom potencijom debljine, potpuno su shvatljive relativno visoke vrijednosti dobivene kod ispitivanja deblih ploča.

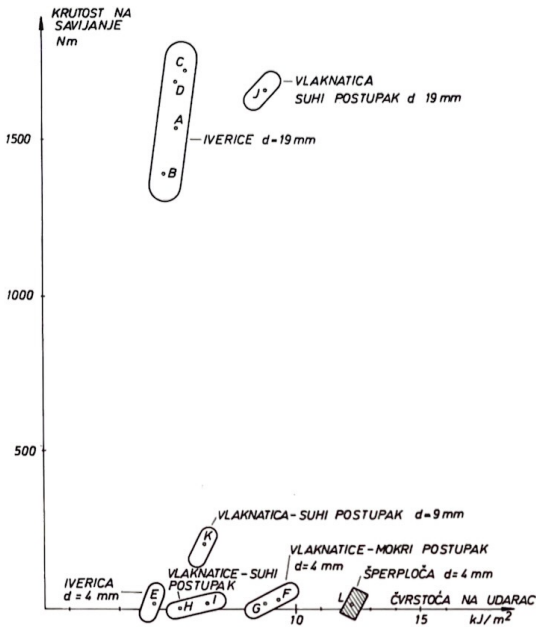
Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da ne postoji razlika u krutosti na savijanje između ispitivanih iverica i vlaknata u debljinskom razredu 19 mm, što je uvjetovano skoro jednakom debljinom i približno jednakim vrijednostima njihovih E-modula.

Istraživanja u Švedskoj pokazuju [6] da je za krutost na savijanje 500 Nm na metar širine ploče potrebna tvrda vlaknatica 12 mm debljine s površinskom težinom 11 kp/m² (gustoća 920 kg/m³), ili 14 mm debela vlaknatica srednje gustoće s površinskom težinom 9,5 kp/m² (gustoća 680 kg/m³), ili 21 mm debela izolaciona vlaknatica s površinskom težinom 5,5 kp/m² (gustoća 260 kg/m³). Iz toga proizlazi da je najjeftinije moguće postići visoku krutost na savijanje pomoću debele izolacione vlaknate. No ova ne posjeduje otpornost na udarac i površinsku tvrdoću. Ako ploča služi za pregradnu strukturu, to jest pregradne zidove, ova su svojstva vrlo poželjna.

Krutost na savijanje ispitivanih ploča u ovisnosti o čvrstoći na udarac (otpornost na udar) prikazuje slika 4.

Kod tankih vlaknata primjećuje se kod jednake debljine veća čvrstoća na udarac i veća krutost na savijanje kod ploča izrađenih po mokrom postupku nego kod istih ploča izrađenih po suhom postupku. Vrlo visoku čvrstoću na

udarac posjeduje šperploča. U debljinskom razredu od 19 mm za iverice i vlaknatice, primjećuje se, uz približno jednaku krutost na savijanje, veća čvrstoća na udarac kod srednje tvrdih vlaknatice (MDF) nego kod iverica. Do sličnih konstatacija došli su i neki inozemni istraživači s područja ploča [4].



Slika 4: Krutost na savijanje u ovisnosti o čvrstoći na udarac

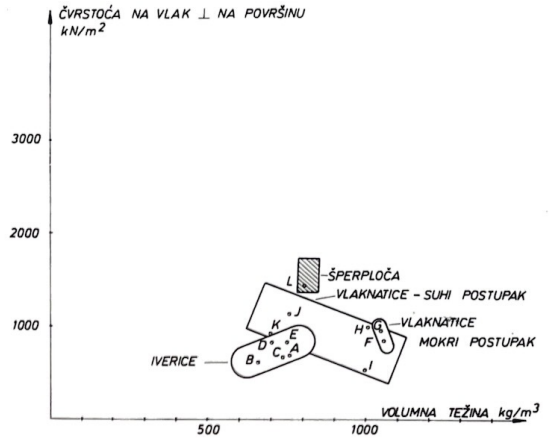
4.4. ČVRSTOĆA NA VLAK OKOMITO NA POVRŠINU (ČVRSTOĆA NA RASLOJAVANJE)

Metoda za ispitivanje ovog svojstva razmjerno je rano uvedena kao kontrolna metoda u proizvodnji iverica. Ovim testom zapravo se određuje sloj s najnižom koherencijom, to jest unutarnjom vezivnom moći. Ovo se svojstvo smatra važnim u kontroli kvalitete iverica i vlaknatice.

Ova čvrstoća upravno je razmjerna s gustoćom iverica i vlaknatice proizvedenih po suhom postupku. Ako je ploča u debljini građena nehomogeno, što se danas najčešće događa, za ovu čvrstoću odlučna je gustoća srednjeg sloja. Ravna loma u pravilu se pojavljuje u zoni najniže gustoće.

Vrijednosti dobivene kod ispitivanja ove čvrstoće na našim pločama prikazuje slika 5, i to u ovisnosti o gustoći ploča.

Iz podataka slike 5 može se zaključiti da je najniža čvrstoća u ovisnosti o gustoći kod vlaknatice I, a najveća kod šperploče. Općenito niski rezultati kod vlaknatice I mogu proizlaziti iz manjkavog lijepljenja ili iz neodgovarajućeg režima prešanja. Uzroci u okviru ovog rada nisu istraživani.

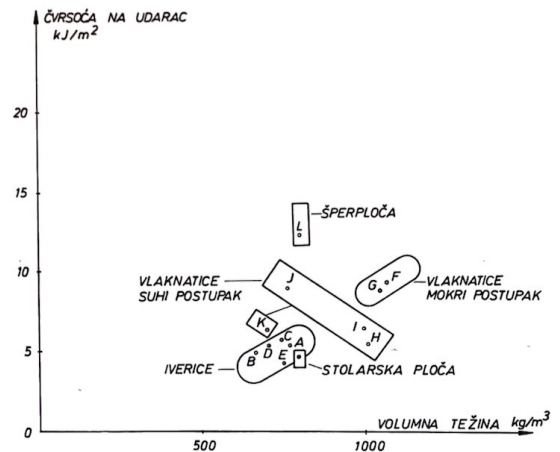


Slika 5: Čvrstoća na vlak okomito na površinu u ovisnosti o gustoći ploče

Uz istu prosječnu gustoću iverica i MDF vlaknatice, vidljivo je da MDF vlaknatice imaju veću čvrstoću. To vjerojatno proizlazi iz razlika u strukturnim elementima od kojih su izgrađene iverice, odnosno vlaknatice, znači iverje u prvom i vlakanca u drugom slučaju.

4.5. ČVRSTOĆA NA UDARAC

Rezultate ispitivanja ovog svojstva prikazuje slika 6. Na slici se vidi da šperploča posjeduje visoku čvrstoću na udarac. Kod naših ispitivanja



Slika 6: Čvrstoća na udarac u ovisnosti o gustoći ploče

ona je iznosila 12,24 kcm/cm². Tvrde vlaknatice izrađene mokrim postupkom dale su bolje rezultate, oko 9 kpcm/cm², od tvrdih vlaknatice izrađenih suhim postupkom, oko 6 kpcm/cm². Srednje tvrde vlaknatice raspoložu većom čvrstoćom na udarac od iverica, i to 6 do 9 kcm/cm² prema 5 kpcm/cm² za iverice.

Najpovoljniju čvrstoću s obzirom na gustoću pokazuje šperploča. Srednje tvrde vlaknatice s oznakom J i K pokazale su veću čvrstoću, kod približno iste gustoće, od iverica. Iverice, pak, predstavljaju grupu s prilično ujednačenom čvrstoćom na udarac, naročito debele iverice s oznakom A, B, C i D. Tanka iverica E nalazi se u tankom debljinskom razredu najniže, kako s obzirom na gustoću tako i s obzirom na čvrstoću na udarac. Tanke vlaknatice I i H izrađene po suhom postupku posjeduju u odnosu na gustoću razmjerno nisku čvrstoću na udarac, osobito u usporedbi s jednako vdebelim tvrdim vlaknaticama G i F izrađenim po mokrom postupku. Razlozi ove pojave nisu ispitivani.

4.6. OTPOR NA IZVLAČENJE VIJAKA (SPOSOBNOST DRŽANJA VIJAKA)

Ovo svojstvo spada među takozvana tehnološka svojstva ploča. Razlikujemo absolutni otpor na izvlačenje vijaka (kp) i relativni otpor. Relativni otpor predstavlja kvocijent između absolutne sile izvlačenja i uvijene dužine vijaka.

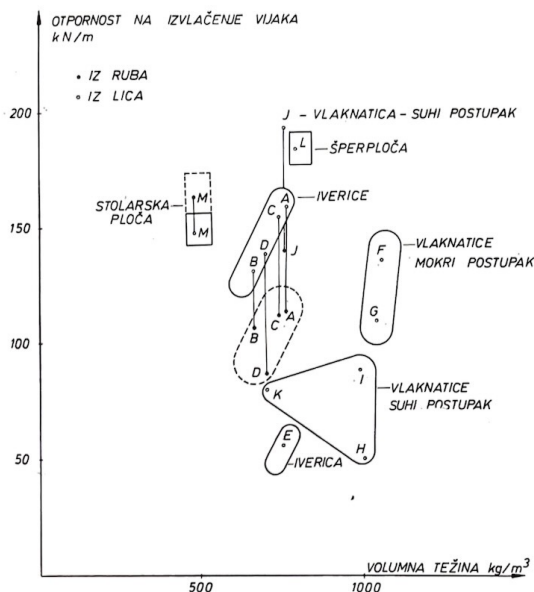
Neke važnije zakonitosti, koje proizlaze iz opsežnih ispitivanja nekih istraživača, bile bi ove [15]:

- Otpor na izvlačenje vijka uvijenog okomito u površinu iverice u većini slučajeva upravno je razmjeran s prosječnom gustoćom ploče.
- Otpor na izvlačenje vijka uvijenog okomito u površinu iverice veći je za 100 do 125% od otpora na izvlačenje vijka uvijenog paralelno s površinom (u rub ploče).
- Između otpora vijaka (i čavla) i unutarnje vezne čvrstoće (čvrstoće na vlak okomito na površinu) postoji jaka korelacija.

Rezultati naših ispitivanja predstavljeni su na slici 7 kao relativni otpor na izvlačenje vijka uvijenog u površinu i u rub ploče u ovisnosti o gustoći ploče.

Vlaknatice kao i iverice drže vijak bolje na strani lica nego na rubu. Na otpor izvlačenja vijaka iz ruba ispitivane su samo ploče deblje od 10 mm. Ipak tako velike razlike kao što navodi literatura (100 do 125%) nisu pronađene. U našem slučaju razlika iznosi od najmanje 20% kod iverice B do najviše 72% kod iverice C. Kod srednje tvrde vlaknatice J, relativni otpor držanja vijaka iz lica 40% je veća nego iz ruba. Među ivericama i vlaknaticama najviši otpor na izvlačenje iz lica i iz ruba ima srednje tvrda vlaknatice s oznakom J (19 kp/mm, odnosno 14 kp/mm). Tanke vlaknatice, izrađene po mokrom postupku, pokazuju bolje rezultate (11 do 14 kp/mm) nego tanke vlaknatice izrađene suhim postupkom (5 do 9 kp/mm).

Iz slike 7 proizlazi da je otpor na izvlačenje vijaka iz lica kod iverica A, B, C, D stvarno upravno srazmjeran s prosječnom gustoćom plo-



Slika 7: Otpornost na izvlačenje vijaka u ovisnosti o gustoći ploče

če. Relativno malen otpor s obzirom na gustoću pokazuju tanke iverice E i tanka vlaknatice H i J. Šperploča ima s obzirom na svoju konstrukciju normalnu vrijednost, dok je kod stolarske ploče otpor na izvlačenje iz lica i iz ruba identičan s otporom masivnog drva. Moguće razlike uglavnom potječu od vrste drva od kojeg je srednjica izrađena.

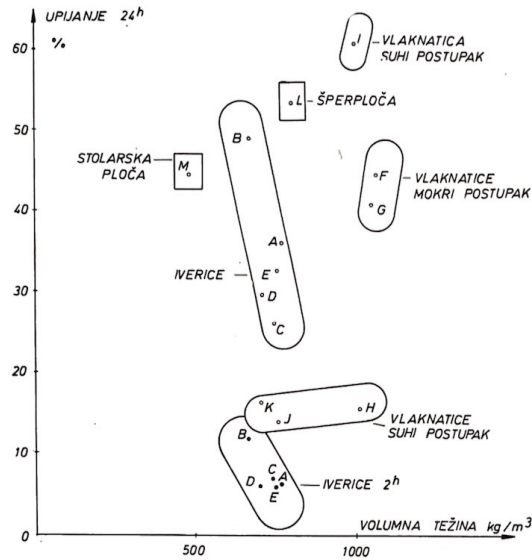
4.7. UPIJANJE VODE I BUBRENJE

Upijanje vode i bubrenje osnovna su fizikalna svojstva, koja služe kao kriterij za relativno brzu procjenu dimenzionalne stabilnosti ploča, naročito iverica i vlaknatice. U pravilu, ploče manje gustoće upijaju više vode zbog većeg udjela pora, a relativno manje bubre, jer je bubrenje »interno«, to jest iverje, odnosno vlakna, mogu buniti u unutrašnjosti ploče, upravo radi većeg volumena pora. Bubrenje čine dvije komponente. Prvu predstavlja vraćanje iverja, odnosno vlaknaca, prilikom navlaživanja, iz spljoštenog (stisnutog) oblika, koji su poprimile za vrijeme vrućeg prešanja u preši, u prvobitan oblik (njemački: Rückfederung, engl.: Springback).

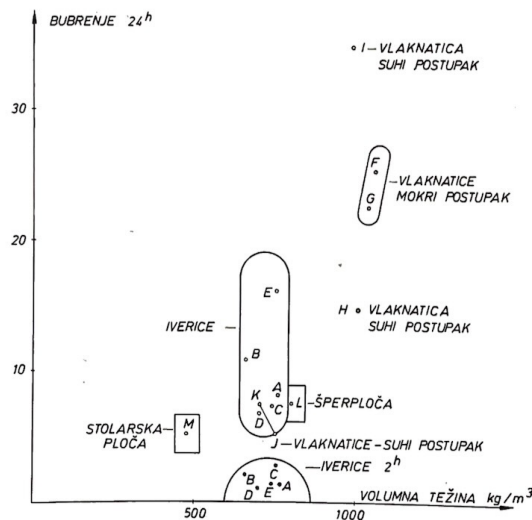
Drugu, pak, komponentu čini bubrenje stanične stijenke u području do točke zasićenosti vlaknaca (28 do 32% težine drvene supstancije). Prva komponenta bubrenja ireverzibilnog je karaktera, pa se ni kod ponovnog sušenja ne vraća na originalnu dimenziju (debljinu), druga je reverzibilnog karaktera. U samom tehnološkom procesu moguće je određenim režimima (razvlaknjivanje, sušenje vlaknaca i iverja, temperatura i vrijeme vrućeg prešanja, toplinska obrada) utje-

cati na smanjenje higroskopskih svojstava drvene tvari i time posredno na smanjenje bubrenja. Isto tako moguće je smanjiti, ali samo privremeno, upijanje i bubrenje dodatkom hidrofobnih sredstava (vosak, parafin). Međutim, ovo djeluje samo usporavajuće, što se manifestira u tome da je ploča poslije dužeg močenja u vodi jednaka sa ili bez dodatka. Dodatak ljepila, naročito vodo otpornih (fenolformaldehidno), djeluje trajno na smanjenje upijanja i bubrenje.

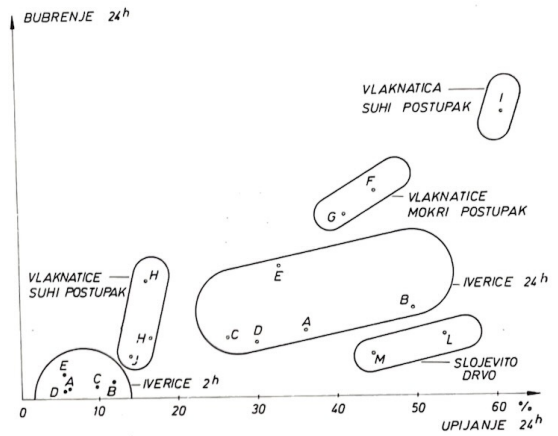
Upijanje i bubrenje u našim ispitivanjima određivano je poslije 2 i 24 sata za iverice; za ostale vrste samo poslije 24 sata močenja u vodi $20 \pm 2^\circ \text{C}$. Dobiveni rezultati prikazani su na slikama 8. i 9.



Slika 8: Upijanje vode u ovisnosti o gustoći ploče



Slika 9: Debljinsko bubrenje u ovisnosti o gustoći ploča



Slika 10: Bubrenje u ovisnosti o upijanju

Upijanje kod iverica kreće se u normalnim granicama. Razmjerno niske vrijednosti pokazuju vlanknatice izrađene po suhom postupku s oznakom J i K. Relativno visoke vrijednosti pokazuju tvrde vlanknatice izrađene po mokrom postupku, a izvanredno visoke tvrda vlanknatice I. Osim toga, kod nekih iverica velike su oscilacije tog svojstva, što proizlazi iz vrijednosti koeficijenta varijacija. Ovo osobito vrijedi za iverice s oznakom A, B i E.

Kod evaluacije bubrenja slično je kao i kod upijanja. Bubrenje za sve iverice nalazi se u normalnim granicama, međutim nije tako s tvrdim vlanknaticama s oznakom F, G i I. Izvanredno nisko svojstvo bubrenja pokazuju MDF vlanknatice I i K. Ovisnost bubrenja ploča o upijanju prikazuje slika 10. Osnovna zakonitost koja iz slike proizlazi jest da veće upijanje vode kod pojedinih vrsta ploča približno jednake gustoće povlači za sobom i veće bubrenje.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog članka prikazani su rezultati ispitivanja osnovnih mehaničkih, fizikalnih i djelomično tehnoloških svojstava nekih tipičnih predstavnika drvnih ploča, koje su danas pristupačne na jugoslavenskom, evropskom i američkom tržištu.

Grafički prikazani rezultati omogućuju detaljnu analizu pojedinog tipa ploča, kao i usporednu analizu različitih tipova ploča međusobno.

Skoro je nemoguće u sažetom i eksplicitnom obliku postaviti pojedini tip ploče ispred drugoga u pogledu njegove upotrebne vrijednosti kao mehaničkog elementa. Isto tako vrlo je teško govoriti o apsolutnoj većoj vrijednosti, odnosno manjoj vrijednosti određenog tipa ploče, bez istovremene definicije namjene i cilja upotrebe. To ipak ne znači, kao što iz izloženog proizlazi, da se pojedine vrste ploča međusobno više ili manje

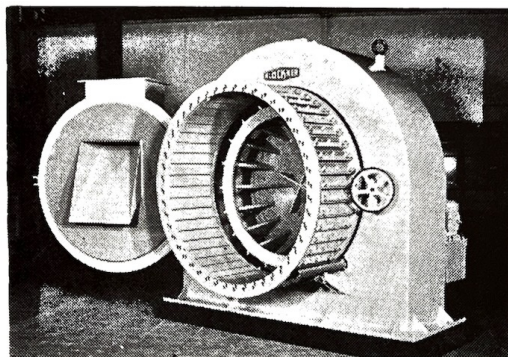
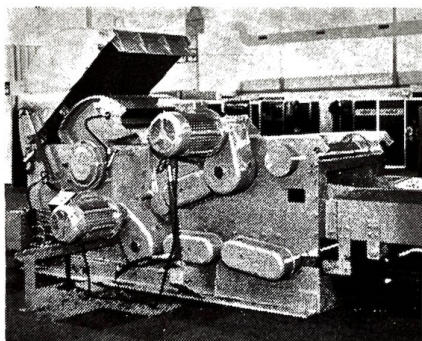
ne razlikuju u pojedinim svojstvima. One posjeduju karakteristike, koje proizlaze već iz samog tehnološkog procesa po kojem su proizvedene.

Ova radnja predstavlja pokus vrednovanja trinaest različitih vrsta ploča, u svojstvu mehaničko-statičkog sistema, namijenjenog različitim svrhama (pregradni zidovi, stropovi, podovi, nosači i dr.). Vjerojatno su različita ispitivana svojstva od različitog interesa i značenja za pojedina područja primjene. Cilj upotrebe pločastog materijala, s obzirom na upotrebne zahtjeve, određuje tip ploče i svojstva koja taj materijal mora posjedovati. Treba izabrati ploču koja će maksimalno zadovoljiti specifične uvjete u kojima će nakon ugradnje biti izložena.

LITERATURA

- [1] BACK, E. L., DIDRIKSSON, E. J. E., NORBERG, K. G., Meddelande STFI, 79 B (1971).
- [2] BACK, E. L., DIDRIKSON, E. J. E., NORBERG, K. G., Svensk Snickeritidskrift-Träförädlingen, 55 (1972) 271.
- [3] BACK, E., Meddelande B 294 (1974), Svenska Träforskningsinst, Stockholm.
- [4] BACK, E., NORÉN, B., Svensk Papperstid, 78 (1975) 436.
- [5] BACK, E., NORÉN, B. Ibid str. 441.
- [6] BACK, E., DIDRIKSSON, E., NORBERG, G.: »Comparison of Mechanical Properties of Non-Load-Bearing panels in Walls«, Stockholm 1975.
- [7] DIDRIKSSON, E. J. E., NYRÉN, J. O., Meddelande 181 B (1973), Svenska Träforskningsinst, Stockholm.
- [8] DIN 53448. »Prüfung von Kunststoffen. Schlagzugversuch«, 1973.
- [9] HANSEN, H., Separat 102 (1965), Norges byggforskn. inst.
- [10] KLINGA, L. O., BACK, E. L., Svensk Papperstid, 68 (1965) 870.
- [11] KOLLMANN, F. F. P., KUENZI, E. F., STAMM, A. J.: »Principles of Wood Science and Technologie II. Wood Based Materials«, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1975, str. 448-485, str. 248, str. 614, str. 614, str. 483-495, str. 439-495, str. 528.
- [12] RADDIN, H. A., Board Manufacture, 12 (1969) 102.
- [13] ***: SIS 234801, »Ploče iverice«.
- [14] ***: SIS 235134, »Prijedlog za građevinski standard (1974)«.

BOLJI STROJ OD OVOGA MORA SE ISTOM IZUMJETI



PROJEKTIRAMO, KONSTRUIRAMO, PROIZVODIMO, MONTIRAMO I SERVISIRAMO:

bubnjaste sječkalice
tanjuraste sječkalice
sječkalice za usitnjavanje manjih otpadaka i kore
trgače otpadaka

iverače za sječku
separatore za sječku
iverače za oblovinu
strojeve s rotacijskim nožem

mlinove za iverje
strojeve za naknadno usitnjavanje
vibracijske lijevke
kompletna postrojenja za pripremu iverja

GEBR.



GmbH
& Co.

MASCHINENFABRIK

D-5239 HIRTSCHIED-NISTERTAL tel. (02661) 281, telex 869305 Kloe d