

ŠUMARSKI FAKULTET ZAGREB
ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI

BILTEN



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA
2018.

GOD. 12

ZAGREB 1984.

BROJ 2

Zavod za istraživanja u drvnoj industriji Šumarskog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu

Centar za razvoj drvne industrije - biro Zagreb

Institut za drvo - Zagreb

Opšte udruženje šumarstva, industrije za preradu drva,
celuloze i papira Jugoslavije - Beograd

Opće udruženje šumarstva, prerade drva i prometa
Hrvatske - Zagreb

Drvna industrija ČESMA - Bjelovar

S a v j e t o v a n j e

STANJE I PERSPEKTIVA PROIZVODNJE, SVOJSTAVA I UPOTREBE
PLOČA IZ USITNJENOG DRVA



Bjelovar, 16., 17. i 18. maj 1984. god.

Dio referata savjetovanja rezultat je rada na projektu 67.
"ISTRAŽIVANJA I RAZVOJ U DRVNOJ INDUSTRIJI", programu izrazito
prioritetnih istraživanja po čl. 26. pod naslovom "UVOĐENJE I
OPTIMIZACIJA TEHNOLOGIJE U PRERADI DRVA" i projektu 18. 3.
"DRVO I SRODNI MATERIJALI", koje financiraju SIZ-IV i SIZ-I za
znanstveni rad SRH i Opće udruženje šumarstva, industrije za
preradu drva i prometa SRH, Zagreb.

S a d r Ź a j

- Prof. dr V. BRUČI
"Gradjevinska ploča iverica sa orijentiranim iverjem"
- Doc. S. PIRKMAIER, dipl. ing.
"Odpornost ivernih plošč uporabnih v gradbeništvu proti trajnejšim zunanjim vremenskim vplivom"
- Mr S. PETROVIĆ
"Prilog istraživanju proizvodnje vodootpornih ploča iverica"
- Dipl. ing. R. POVŠIĆ, E. SELES, dipl.oec.
"Stanje i razvojne mogućnosti ploča vlaknatica izradjenih po suhom postupku"
- Dipl. ing. H. BIKIĆ
"Tehnologija i oprema za proizvodnju MDF"
- Dipl. ing. J. BIJEDIĆ
"Svojstva i primjena MDF"
- Mr M. KOMAC
"Odredjivanje gradijenta gustoće troslojnih ploča iverica i MDF ploča pomoću gama zraka"
- Dipl. ing. F. MAMIĆ
"Emisione klase i naknadno oslobadjanje formaldehida iz ploča iverica"
- Dr SALAH ELDIEN OMER
"Istraživanja mogućnosti povećanja vatrootpornosti ploča iverica"
- Dipl.ing. LJ. BUGARSKI
"Standardizacija i atestiranje ploča iz usitnjenog drva"
- Dipl. ing. H. PAMPEL
"Proizvodnja drveno cementnih ploča"
- Prof. DJ. HAMM, dipl. ing.
"Analiza opskrbe tvornice ploča iverica energijom"
- Prof. dr J. LENIĆ
"Neki termoenergetski problemi u proizvodnji ploča iverica i vlaknatica"

- Dr D. ARNOLD

"Uštede u troškovima kroz automatizaciju proizvodnog procesa ploča iverica"

- Dipl. ing. I. LIPOVEC

"Kontrola in optimiranje proizvodnega procesa izdelave ivernih plošč z uporabo računalnika"

R e d a k t o r i :

Prof. dr Stanislav Badjun

Prof. dr mr Mladen Figurić

Dipl. ing. Vladimir Herak

Prof. dr mr Boris Ljuljka

Dipl. ing. Mladen Barberić

Tehnički urednik:

Zlatko Bihar

ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
ZAVOD ZA ISTRAŽIVANJA U DRVNOJ INDUSTRIJI
41001 Zagreb, Šimunska 25, p.p. 178

GRADEVINSKA PLOČA IVERICA SA ORJENTIRANIM IVERJEM

Teško je dati definiciju građevinske ploče iverice koja bi u potpunosti opisala tu ploču. Razlog tome je što ne postoje svojstva koja bi trebala imati građevinska ploča iverica a da se ta ista svojstva u većoj ili manjoj mjeri ne traže i od iverice za namještaj. Ipak mogli bismo reći da se od građevinskih ploča iverica očekuje:

- veća trajnost,
- veća otpornost prema vodi, visokoj temperaturi, atmosferilijama,
- da zadovolji strože kriterije koji se odnose na ponašanje u vatri: reakcija na vatru (upaljivost, indeks brzine širenja plamena, intenzitet oslobađanja topline), vatrootpornost, toplinska vrijednost, otrovnost plinova, indeks gustoće dima,
- veća otpornost prema napadu gljiva, mikroorganizama, insekata,
- manje oslobađanje formaldehida,
- da fizička i mehanička svojstva ne budu lošija od onih koje imaju iverice za namještaj,
- niža cijena.

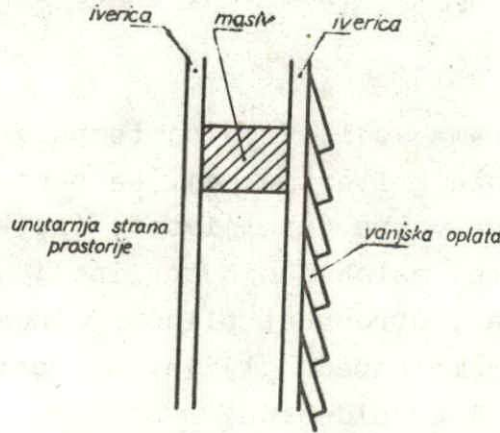
Te ploče se obično izrađuju sa fenol-formaldehidnim ljepilom. U Americi izrađuju nekoliko tipova građevinskih ploča iverica koje se manje ili više razlikuju od iverica za namještaj u gore navedenim svojstvima. Navesti ćemo Wafer (Wafer Board), ox Board, O.S.B.^{*} Ove ploče nalaze primjenu u raznim zidnim i krovnim konstrukcijama kao oplata koja nije neposredno izložena atmosferilijama (sl. 1.).

Ploče iverice općenito u odnosu na furnirske ploče i tvrde (prešane) ploče vlaknatice imaju izrazito manju čvrstoću savijanja i ukrućenost. Ne ulazeći detaljno u prikazivanje tih vrijednosti možemo reći, da čvrstoća savijanja troslojnih iverica u debljinama koje se najčešće izrađuju iznosi oko 20 MPa, tvrdih vlaknatica oko 50 MPa, furnirskih ploča: - u smjeru vlakanaca

^{*}U literaturi se mogu naći slijedeća tumačenja kratice OSB:

- Oriented Strength Board ... ploča s orjentiranom čvrstoćom
- Oriented Structural Board ... orjentirana građevinska ploča
- Oriented Strand Board ... ploča s orjentiranim slojevima ili ploča s orjentiranim iverjem

vanjskih slojeva do 100 MPa, a okomito na smjer vlaknaca vanjskih slojeva oko 40 MPa. Iako čvrstoću iverica ne možemo bitno povećati bez znatno većeg ugušćenja, moguće je postići veće vrijednosti čvrstoće savijanja u smjeru dužine iverica ako se iverje orjentira u tom smjeru.



Sl. 1 Zidna konstrukcija sa građevinskom pločom ivericom

Čvrstoća savijanja u smjeru širine ploče u tom se slučaju smanjuje. Proizvodnja iverica kojih je iverje u pojedinim slojevima orjentirano u smjeru dužine, a u susjednim slojevima u smjeru širine ploča je novijeg datuma. Ploče se izrađuju jednoslojne ili višeslojne, a označuju se kao OSB iverice. Ako su jednoslojne masa iverja orjentira se u smjeru dužine, a kod višeslojnih iverje se naizmjenice orjentira u smjeru dužine, odnosno širine i na taj način se formira višeslojna iverica (obično peteroslojna (sl. 2. i 3.)). Ploče se mogu izrađivati iz jednog ili više tipova iverja.

Čvrstoća savijanja iverica kojih je iverje orjentirano (OSB iverice) i iverica kojih iverje nije orjentirano (obične iverice) ovisi i o tipu iverja iz kojeg se iverice izrađuju, te udjelu pojedinih tipova iverja ako se ploče izrađuju iz različitih tipova iverja.

Ukrućenost i čvrstoća savijanja OSB iverica može se procijeniti ako je poznat stupanj orjentacije iverja. OSB iverice manje bubre u debljinu i imaju manju čvrstoću raslojavanja* nego obične iverice.

Tvornice iverica u nas orjentirane su na izradu iverica koje služe kao srednjice za proizvodnju namještaja ili kao podloga

*naprezanje na vlak okomito na površinu ploče

u konstrukcijama pojedinih tipova podova. Za proizvodnju namještaja čvrstoća savijanja manje je važna od kvalitete površine i mogućnosti oplemenjavanja. Čvrstoća savijanja i ukrućenost podjednake su u svim smjerovima.

Kako je tehnologija napredovala pokazalo se da se pojedina svojstva, npr. savijanje mogu poboljšati ako se koristi duže iverje jednolike debljine i glatkom rezanom površinom. Daljna poboljšanja savijanja postignuta su orijentacijom iverja tako da smjer vlakana bude gotovo paralelan sa smjerom glavnog napreznja kod savijanja. Povećanje čvrstoće savijanja u smjeru dužine praćeno je smanjenjem čvrstoće savijanja u smjeru širine iverica. Prema Geimer-u (1980. god.) predviđa se podizanje više od dvadeset tvornica za proizvodnju građevinskih iverica koje će se uglavnom koristiti za unutarnju stijenu zidnih i krovnih konstrukcija. Tri od dvadeset spomenutih tvornica moći će orijentirati iverje. 1980. godine ^{tri} tvornice su izradivale OSB ploče, a jedna je bila u gradnji.

Proizvođači iverica često su prisiljeni da koriste mješavinu različitih tipova iverja. Stupanj orijentacije iverja koji se postiže s različitim strojevima za orijentiranje iverja ovisi o geometriji iverja. Zbog toga svojstva OSB iverica ovisit će o količini i karakteristikama pojedinih tipova iverja, kao i o stupnju orijentacije koji se postiže za svaki tip iverja.

Za izradu ploča Geimer (6) koristio je dva tipa iverja iz duglazije. Jedan tip iverja bio je 0,51 mm debljine, širine 13 mm, a dužine 51 mm. Drugi tip iverja bio je 0,51 mm debljine, dužine 19 mm, a širine različite - prema napadu. Iverje je prosi-jano da bi se odstranila prašina, te obojeno različitim bojama, da bi se omogućilo kasnije mjerenje stupnja orijentacije. Poslije sušenja iverje je miješano u određenim omjerima, a zatim je na iverje nanijeto ljepilo.

Za izradu ploča korišćeno je pet različitih omjera dvaju tipova iverja. Mješavine iverja sadržavale su: 0; 25; 50; 75 i 100 % iverja dužine 19 mm. Sa svakom mješavinom izradene su dvije obične i dvije OSB iverice. Izradeno je ukupno 10 običnih i 10 OSB iverica.

Orijentiranje iverja vršeno je mehaničkim uređajem koji se sastoji od okvira u kojem se nalaze upete trake od lima.

Stupanj orijentacije iverja ovisi o razmaku između susjednih traka, dužini slobodnog pada i dimenzijama iverja. Razmak između susjednih limenih traka i dužina slobodnog pada bila je tako podešena, da se dobivao očekivani stupanj orijentacije iverja od 75% za iverje dužine 51 mm, a 15% za iverje dužine 19 mm.

Uredaj za orijentaciju iverja bio je jednako podešen za izradu svih OSB iverica.

Ploče su imale gustoću 641 kg/m^3 . Izrađene su dodatkom 5% fenol-formaldehidnog ljepila i 1% parafina u odnosu na apsolutno suhu ploču. Sadržaj vode ćilima prije prešanja bio je 10%, vrijeme zatvaranja iznosilo je jednu minutu. Ukupni ciklus prešanja iznosio je 10 minuta kod temperature prešanja 177°C .

Poslije prešanja određen je stupanj orijentacije iverja za oba tipa ploča, tj. za ploče kod kojih iverje nije orijentirano i za ploče kod kojih je iverje orijentirano. Mjerenja su vršena tako da je mjereno kut koji pojedini iver zatvara s osnovnim smjerom orijentacije iverja. Prosječna vrijednost tako izmjerenih kutova bez obzira na predznak definirana je kao theta (θ), a stupanj orijentacije je:

$$\text{Stupanj orijentacije} = \frac{45 - \theta}{45} \quad (1)$$

Iz ove jednadžbe vidimo da stupanj orijentacije 0% predstavlja ploču kod koje iverje nije orijentirano.

Da se odredi stvarni stupanj orijentacije iverja izmjereno je 400 kutova pojedinačnih ivera na gornjoj površini svake ploče. Postotak pojedinog tipa iverja na kojem je mjereno kut grubo daje udio tog tipa iverja u mješavini.

Poslije kondicioniranja kod 65% relativne vlage ploče su ispitivane prema ASTM-1037 propisima za čvrstoću savijanja i čvrstoću raslojavanja. Postojanost dimenzija, bubrenje debljine, upijanje vode i bubrenje u horizontalnim smjerovima mjerene su poslije postupnog kondicioniranja na 30 i 90 % relativne vlage zraka, napajanja pod pritiskom nakon primjene vakuuma i konačno apsolutno suhe ploče.

Uzorci za ispitivanje su izrađeni iz ploča prema skici na slici 4. Iz svake ploče izrađena su 4 uzorka za ispitivanje čvrstoće raslojavanja. Budući da je čvrstoća savijanja i stabilnost dimenzija različita u različitim smjerovima po 2 uzorka iz-

rađena su u oba smjera za svako ispitivanje. Da bi se izbjegla svaka pojava histereze jedan uzorak za ispitivanje postojanosti dimenzija iz svakog smjera (paralelno ili okomito) služio je za određivanje stabilnosti dimenzija od prvotnih uvjeta do apsolutno suhog stanja.

Fizička i mehanička svojstva za svaki tip ploče navedena su u tablici 1 i 2. Modul elastičnosti i čvrstoća savijanja nacrtani su u odnosu na %-tni udio pojedinih tipova iverja na slici 5 i 6. Podaci pokazuju da modul elastičnosti i čvrstoća raslojavanja ovisi o tipu iverja kod oba tipa ploča, tj. običnih i OSB iverica. Iverje dugačko 51 mm ima veći utjecaj na modul elastičnosti i čvrstoću savijanja OSB iverica.

Mjerenje stupnja usmjerenosti, kod koga se mjere kutovi koje pojedino iverje zatvara s glavnim smjerom u koji se iverje usmjeruje, vrlo je dugotrajan i naporan posao. Uz to treba pretpostaviti, da su mjerenja koja su izvršena na površini reprezentativna za cijelu ploču. Ispitivanja su pokazala, da brzina zvuka stoji u određenom odnosu sa stupnjem usmjerenosti iverja. (sl. 7.).

Na slici 8. prikazani su omjeri brzine zvuka, modula elastičnosti i čvrstoće savijanja u smjeru orijentacije iverja i okomito na taj smjer.

Predviđanje modula elastičnosti i čvrstoće savijanja OSB iverica koje su izrađene iz različitih tipova iverja ovisi ne samo o određenom stupnju usmjeravanja nego i o korelaciji tog svojstva s poznatom čvrstoćom i ukrućenošću. Neki istraživači (2,4) ukazuju da je srednja vrijednost modula elastičnosti ploča mjerenih u oba smjera (paralelno i okomito na smjer osnovne orijentacije iverja) gotovo konstantna bez obzira na smjer orijentacije iverja. Analiza podataka pokazuje da postoji slijedeći odnos između srednje vrijednosti MOE za oba smjera OSB iverica i MOE običnih iverica:

$$\frac{\text{MOE PA} + \text{MOE PE}}{2} = 1.11 \text{ MOE OI}^* \quad (2)$$

Podaci koji daju gore spomenutu korelaciju imaju veliko rasipanje. Druga jednadžba koja koristi omjer MOE PA i MOE PE definira stu-

*MOE OI = modul elastičnosti običnih iverica

Stupanj orijentacije iverja i mehanička svojstva (6)

Tablica 1.

Mješavina (u %) iverja dužine		Stupanj orijentiranosti (u %) iverja dužine		Brzina zvuka paralelno okomito		Gustoća	Modul elastičnosti* paral.okomito		Gustoća	Čvrstoća savijanja paral.okom.		Čvrstoća raslojavanja
51 mm	19 mm	51 mm	19 mm	mm/μs		g/cm ³	MPa		g/cm ³	MPa		MPa
O B I Č N E I V E R I C E												
100	0	5,7	-	3,70	3,78	0,630	4592	-	-	30,1	-	0,55
75	25	2,7	2,7	3,60	3,57	0,665	4585	-	-	29,2	-	0,63
50	50	10,2	3,3	3,45	3,49	0,641	4282	-	-	28,4	-	0,56
25	75	0,8	5,1	3,41	3,32	0,641	4081	-	-	27,6	-	0,69
0	100	-	5,3	3,19	3,09	0,613	3751	-	-	27,9	-	0,74
O S B I V E R I C E												
100	0	54	-	5,08	1,96	0,622	13169	1303	0,615	62,9	11,0	0,41
75	25	53	33	4,75	2,15	0,653	10425	1434	0,639	48,7	10,7	0,40
50	50	46	25	4,57	2,29	0,613	9908	1827	0,620	59,5	13,6	0,56
25	75	44	24	3,98	2,56	0,578	6874	2496	0,606	42,9	18,3	0,56
0	100	-	11	3,42	2,75	0,583	4957	2903	0,580	37,5	24,6	0,61

* računat za gustoću 0,640 g/cm³

Postojanost dimenzija¹ (6)

Tablica 2.

Mješavina (u %) iverja dužine		Upijanje vode (u %)				Bubrenje debljine (u %)						Bubrenje u horizontalnim ^{2,3} smjerovima				
51 mm	19 mm	30	90	VPU	APS	30-90	30	90	VPU	APS	30-90	30	90	VPU	APS	30-90
O B I Č N E I V E R I C E																
100	0	4,7	17,6	96	-0,2	12,3	1,5	16,8	18,9	18,1	15,1	0,11	0,19	0,20	-0,09	0,07
75	25	4,7	16,9	91	-0,2	11,6	1,4	14,0	16,2	15,0	12,4	0,12	0,20	0,22	-0,14	0,08
50	50	4,1	16,4	85	-0,8	11,8	1,3	14,0	15,7	15,9	12,5	0,13	0,24	0,25	-0,14	0,11
25	75	4,8	17,5	90	-0,1	12,1	1,3	14,4	15,8	15,1	12,9	0,13	0,27	0,30	-0,18	0,14
0	100	4,9	18,0	97	0	12,4	1,3	14,8	17,1	17,5	13,3	0,17	0,36	0,39	-0,17	0,20
O S B I V E R I C E																
100	0	4,6	17,5	100	-0,1	12,2	1,2	13,1	15,0	13,5	11,8	0,07 (0,39)	0,06 (1,06)	0,07 (1,30)	-0,12 (-0,14)	-0,01 (0,67)
75	25	4,8	16,5	101	0,4	11,1	1,3	13,5	19,2	20,7	12,0	0,09 (0,34)	0,08 (0,92)	0,13 (1,11)	-0,08 (0,03)	-0,01 (0,57)
50	50	4,6	16,8	101	-0,2	11,6	1,4	14,0	17,5	17,3	12,4	0,10 (0,29)	0,12 (0,75)	0,12 (0,75)	-0,11 (-0,13)	0,02 (0,46)
25	75	4,8	17,4	110	-0,1	12,0	1,4	13,2	16,2	15,8	11,7	0,11 (0,22)	0,16 (0,56)	0,17 (0,64)	-0,07 (-0,18)	0,05 (0,33)
0	100	4,8	17,7	110	-0,2	12,1	1,4	13,2	16,6	15,3	11,6	0,16 (0,23)	0,27 (0,46)	0,30 (0,50)	-0,15 (-0,12)	0,10 (0,23)

1. Sve vrijednosti u % od početno apsolutnog stanja, osim za 30-90 gdje je početno stanje kod 30% relativne vlage
2. VPU = nspaj anje pod pritiskom poslije primjene vakuuma; APS - apsolutno suho stanje
3. Vrijednosti u zagradama predstavljaju bubrenje u smjeru širine uzorka

panj usmjerenosti i uspoređuje taj omjer s omjerom MOE PA i MOE običnih iverica. (kao %-tkom modula elastičnosti običnih iverica) ima oblik:

$$\ln \frac{\text{MOE PA}}{\text{MOE OI}} = 0.4 \ln \frac{\text{MOE PA}}{\text{MOE PE}} \quad (3)$$

Jednadžba (3) koju je izračunao Geimer na osnovu podataka iz nekoliko svojih radova mnogo bolje se uklapa u podatke nego jednadžba (2). Ta jednadžba je također upotrebljiva za čvrstoću savijanja. Jednadžba (3) može se pisati na drugi način:

$$\frac{\text{MOE PA}}{\text{MOE OI}} = \left(\frac{\text{MOE PA}}{\text{MOE PE}} \right)^{0.4} \quad (4)$$

što upućuje na:

$$\frac{\text{MOE PE}}{\text{MOE OI}} = \left(\frac{\text{MOE PE}}{\text{MOE PA}} \right)^{(1.0-0.4)} \quad (5)$$

Odnosi opisani jednadžbama (4) i (5) nacrtani su na slici 9. Budući da se vrijednosti modula elastičnosti i čvrstoće savijanja ploča u smjeru osnovne orijentacije iverja i okomito na taj smjer odnose međusobno kao što je prikazano jednadžbama (4) i (5), vrijednost za okomiti smjer, kako je prikazano na slici 9., zrcalna je slika vrijednosti za paralelni smjer. Jednadžba koja će najbolje reprezentirati ponašanje kod savijanja u oba smjera mora imati eksponent 0.5. Gornji odnos može se dati jednadžbom:

$$\frac{\text{MOE OSB}}{\text{MOE OI}} = (\text{omjer MOE})^{0.5} \quad (6)$$

Ta krivulja dobro se uklapa u podatke, a r^2 iznosi 96%. Jednadžba (6) može se napisati u drugoj formi:

$$(\text{MOE PA})(\text{MOE PE}) = (\text{MOE OI})^2 \quad (7)$$

Jednadžba (7) razlikuje se od jednadžbe (2) samo u tome što se koriste logaritmi tih vrijednosti.

Ako se krivulja koja pretstavlja odnos prema jednadžbi (6) nanese na sliku 9. ona prikazuje podatke iz ove studije posebno dobro u području orijentacije iverja koje se najčešće sreće u praksi. Da se dobije jasnija slika odnosa i da se pokažu rasipanja podataka krivulja je nacrtana koristeći linearnu skalu na osi y (sl.10.). Širina linije predstavlja granicu konfidencije

95% za izračunatu ukočenost orjentiranih ploča. Srafirano područje pokazuje rasipanje podataka i uključuje 95% podataka koji se ubuduće mogu očekivati.

Stabilnost dimenzija i čvrstoća raslojavanja. Bubrenje u horizontalnim smjerovima običnih iverica i OSB iverica dato je u tabl. 2. i grafički za ploče izradene samo iz 19 mm ili 51 mm dugog iverja na slici 11. Promjena dimenzija u horizontalnim smjerovima ploča izradenih iz mješavine iverja mijenja se unutar ekstremnih vrijednosti prikazanih na slici 11., a na slici 12. prikazane su promjene dimenzija ploča koje su kondicionirane u relativnoj vlazi zraka od 30 do 90%.

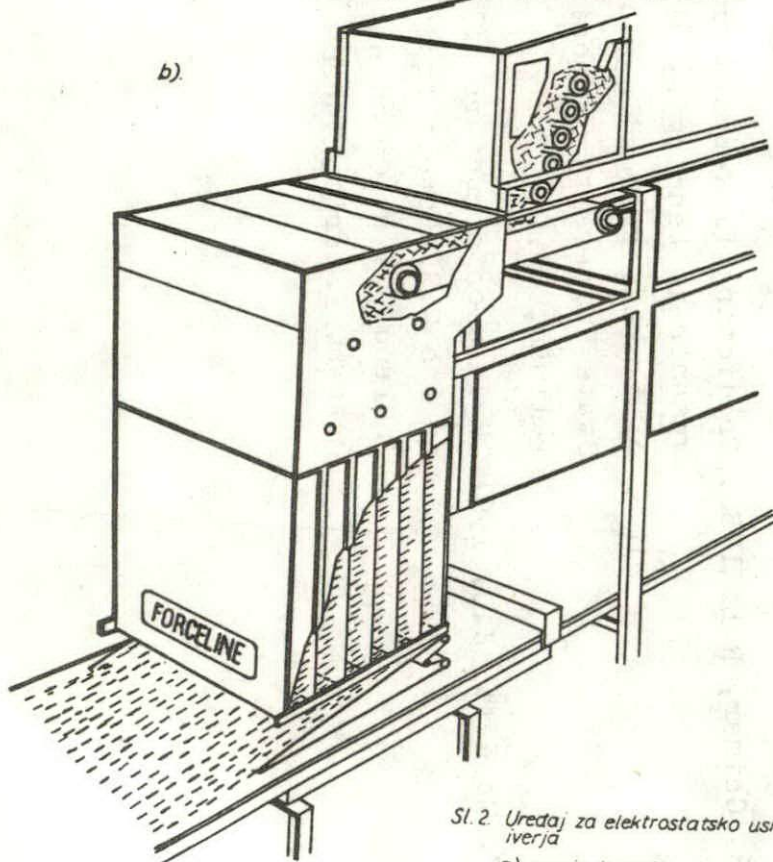
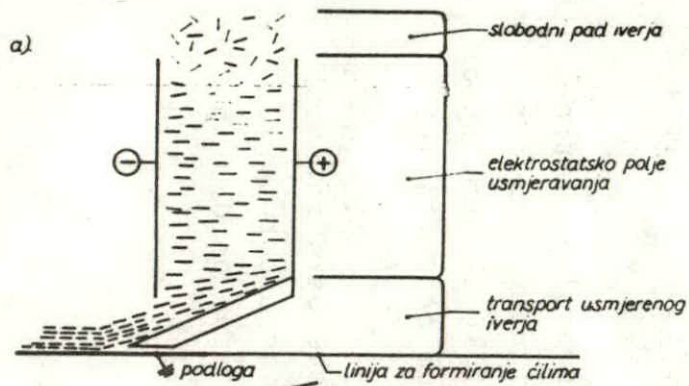
OSB iverice pokazuju manje bubrenje debljine nego obične iverice. Dodatak sitnih iverja (19mm) najčešće smanjuje bubrenje debljine običnih iverica. To može biti zbog toga što se kraće iverje djelomično može postaviti u smjeru debljine. Bubrenje debljine povećava se većim dodatkom iverja dugog 19 mm kod OSB iverica. To ukazuje da je smanjenje bubrenja debljine zbog boljeg ispunjavanja ćilima, ako se koristi mješavina koja sadrži visoki %-tak iverja dužine 51 mm, veće nego smanjenje bubrenja debljine zbog djelomično mogućeg vertikalnog položaja iverja dužine 19 mm. Bubrenje debljine, prosječno, za sve tipove i mješavine iverja prikazano je na slici 13.

Čvrstoća raslojavanja kako se i očekivalo povećava se dodatkom iverja 19 mm. Usmjeravanje iverja nepovoljno utječe na čvrstoću raslojavanja. To se vidi po prosječnom smanjenju čvrstoće raslojavanja OSB iverica u usporedbi s običnim ivericama.

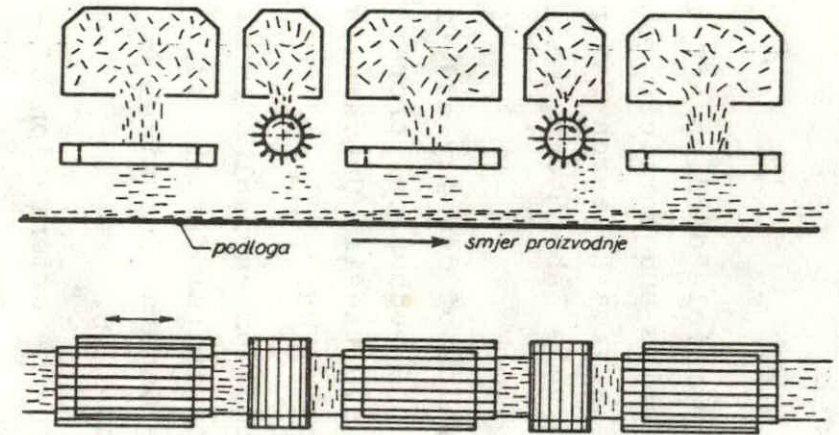
Činjenica da se usmjeravanjem iverja pojavljuje smanjenje bubrenja debljine i čvrstoća raslojavanja može se tumačiti odnosima koji postoje između ugušćenja i mehanizma vezanja ljepila. Jače ugušćenje rezultira boljim ljepljenim spojem između iverja. OSB iverice pokazuju manje varijacije gustoće u horizontalnim smjerovima nego obične ploče, jer iverje bolje popunjava prostor u ćilimu. Budući da bubrenje više ovisi o maksimalnoj gustoći nego o prosječnoj, bubrenje debljine OSB iverica bit će manje nego običnih. Također, kako čvrstoća raslojavanja ovisi više o maksimalnoj nego prosječnoj gustoći, čvrstoća raslojavanja OSB iverica bit će manja nego običnih iverica.

LITERATURA

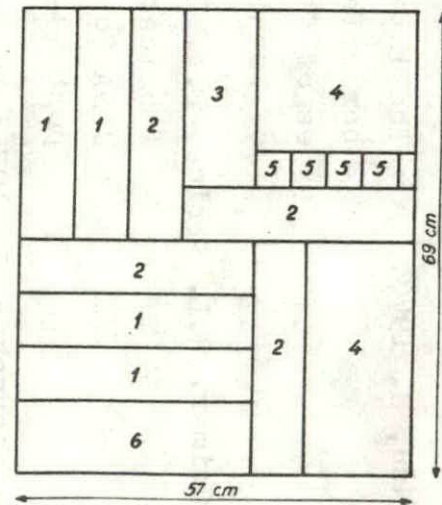
1. Geimer, R.L. 1976. Flake alinement in particleboard as affected by machine variables and particle geometry. USDA Forest Service Research Paper FPL 275. Forest Products Laboratory, Madison, WI.
2. Hsu, S. 1977. The inter-relationships of density and fiber orientation on the mechanical properties of fibreboard. Ph.D.thesis, University of Washington, Seattle, Wa.
3. Geimer, R.L., Price, E.W. 1978. Construction variables in fabrication of a structural flakeboard. USDA Forest Service General Technical Report WO-5. Washington D.C.
4. Hutschneker, K. 1979. Investigations on the orientation of particles in an elektric field. Holz als Roh und Werkstoff 37: 367-372.
5. Geimer, R.L. 1979. Data basic to engineering design of reconstituted flakeboard. Proceedings, Thirteenth Washington State University International Symposium on Particleboard. T.M. Maloney, Ed., Washington State University, Pullman, Wa. pp 105-125.
6. Geimer, R.L. 1980. Predicting flakeboard properties: Improvements in bending by aligning a mixture of flakes. Proceedings of 14 th Washington State University Symposium on Particleboard. Pullman, Wa.
7. Mc Natt, J.D. 1981. Update on structural flakeboard research at the U.S. Forest Products Laboratory. In Proc. First Canadian Waferboard Symp. Ottawa, Intario, Canada.



Sl. 2. Uredaj za elektrostatsko usmjeravanje iverja
 a) - princip rada
 b) - izvedba

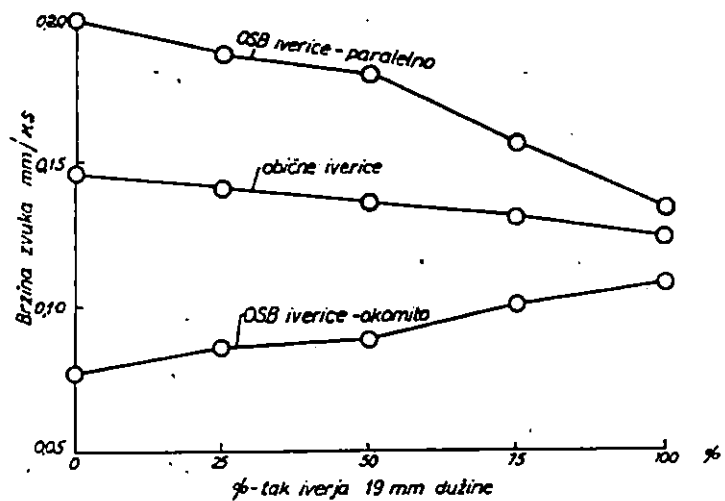


Sl. 3. Formiranje čilima mehaničkim uređajima za usmjeravanje iverja

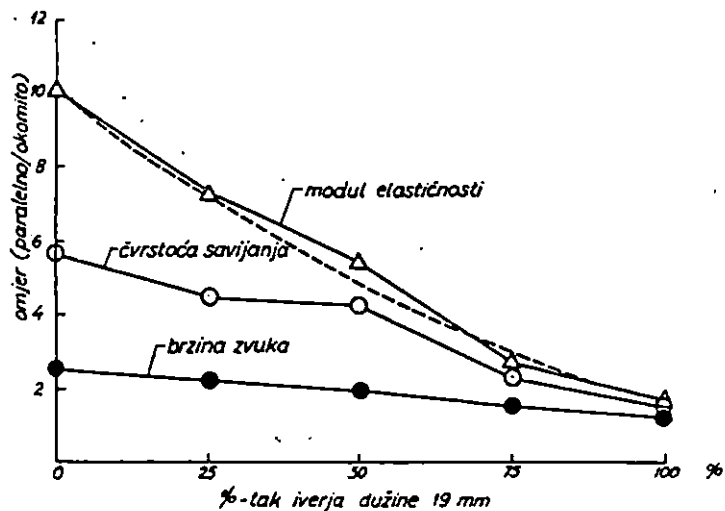


1. Postojanost dimenzija
2. Savijanje
3. Gustoća profila
4. Brzina zvuka
5. Raslojavanje
6. Rezerva

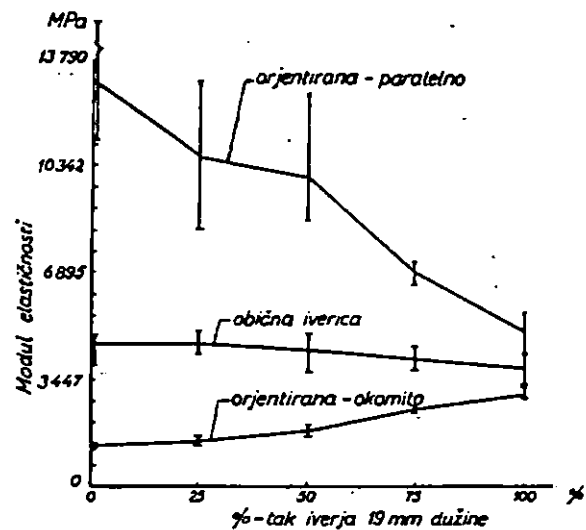
Sl. 4. Shema izrade uzoraka za ispitivanje



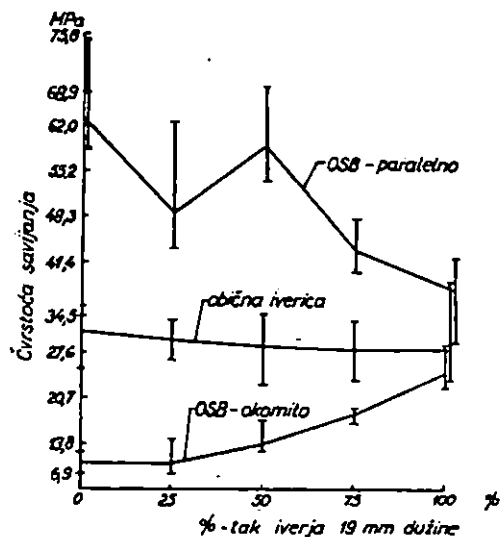
Sl. 7. Brzina zvuka u OSB i običnim ivericama



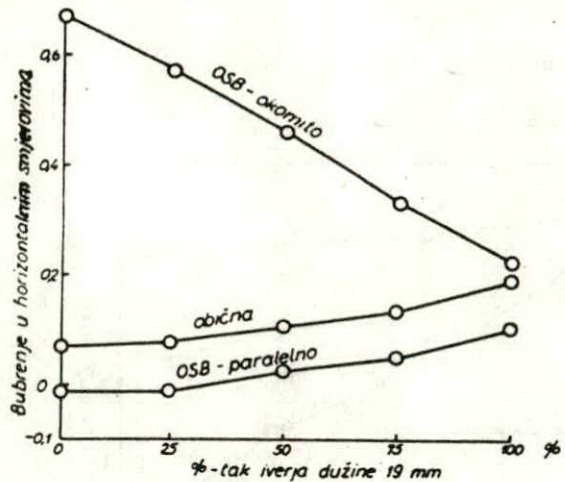
Sl. 8. Omjeri modula elastičnosti, čvrstoće savijanja i brzine zvuka OSB i običnih iverica



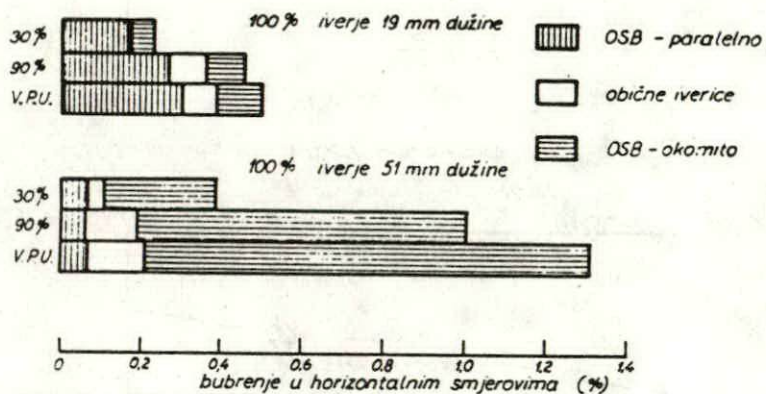
Sl. 5. Modul elastičnosti OSB i običnih iverica



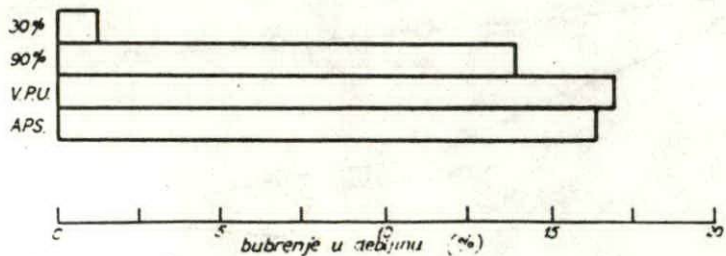
Sl. 6. Čvrstoća savijanja OSB i običnih iverica



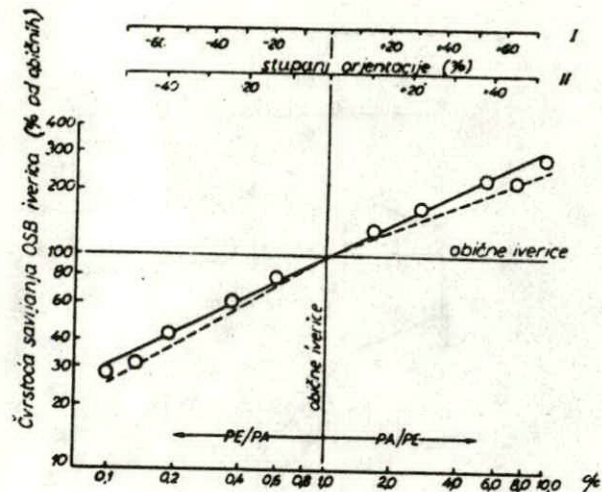
Sl. 12 Rad u horizontalnim smjerovima OSB i običnih iverica



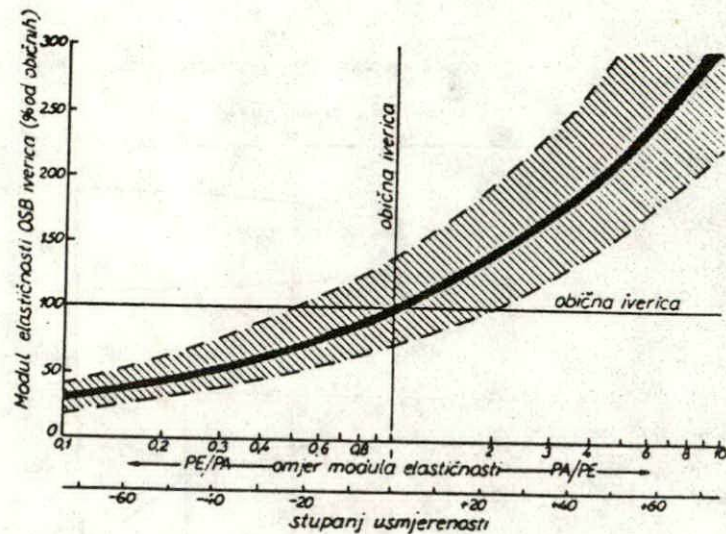
Sl. 11 Rad OSB i običnih iverica u horizontalnim smjerovima



Sl. 13 Bubrenje u debljinu - prosjek za sve ploče



Sl. 9 Čvrstoća savijanja OSB iverice u postocima u odnosu na običnu ivericu, ovisi o omjeru $\frac{PE}{PA}$ odnosno omjeru $\frac{PA}{PE}$



Sl. 10 Granice konfidencije za jednadžbu 6

ODPORNOST IVERNIH PLOŠČ UPORABNIH V GRADBENIŠTVU PROTI TRAJNEJŠIM ZUNANJIM VREMENSKIM VPLIVOM

Saša PIRKMAIER[✉]

UVOD

Obravnavana problematika je izredno aktualna, vendar istočasno ugotavljam, da ji ne posvečamo dovolj pozornosti. Edini proizvajalec plošč obravnavanih lastnosti s horizontalnim razporedom iverja za uporabo v gradbeništvu (v nadaljevanju gradbenih plošč) je tovarna ivernih plošč Otiški vrh v DO LESNA Slovenj Gradec. V strukturi proizvedenih ivernih plošč v SRS (350 000 m³/leto) predstavlja gradbena plošča manj kot 0,5 procenta. Na sploh lahko ugotovimo, da je delež ivernih, pa tudi ostalih plošč, ki se lahko uporabljajo v gradbeništvu, tako v SRS, kakor tudi v SFRJ izredno majhen in neprimerljiv z razvitimi zapadnimi deželami. V deželah severne Evrope (Švedska, Finska, Norveška) je bil delež ivernih plošč že pred desetimi leti preko 65 %, v srednjeevropskih deželah pa 30 do 50 %.

Lastnosti obravnavane plošče pa verjetno operativi tudi niso bile dovolj dobro predstavljene in tako tudi niso ustrezno izkoriščene. Istočasno pa je potrebno ugotoviti, da z razliko od ostalih razvitih dežel jugoslovanska tehnična regulativa ne zahteva niti ne usmerja uporabo posameznih redkih tipov plošč za posamezne namene uporabe.

V našem prispevku govorimo o tipu plošče TP 100 (po JUS D.C5. 032, 1983), ki po lastnostih ustreza tipu V 100 (po DIN 68 763, 1980), ki je bil do nedavnega označen z UK 26 (po JUS D.C5. 032, 1972). Začetna, lahko rečemo tudi poizkusna proizvodnja teh plošč se je vršila na osnovi fenolnega lepila, vendar pa je bila zaradi nekaterih problemov, ki smo jih imeli z fenolnim lepilom opuščena. Vkljub temu pa smo prizadeto iskali nadomestilo fenolnemu lepilu, ki bi plošči dalo željene lastnosti. Povdariti velja, da so takšna prizadevanja lahko učinkovita le,

[✉] doc,dipl.ing., Univerza E.Kardelja Ljubljana,VTOZD za lesarstvo

če tečejo v krogu proizvajalec lepila, proizvajalec plošč in uporabnik.

Z laboratorijskimi poizkusi smo pričeli 1976. leta, prvo industrijsko proizvodnjo beležimo 1977. leta, od 1978. leta dalje pa je proizvodnja utečena in kvalitetna. Za tem smo se odločili, da to vrsto plošč izpostavimo zunanjim vremenskim vplivom za daljše obdobje in to pod znatno težjimi pogoji kot jih navaja za to vrsto plošč JUS. Uporabljeno lepilo je kombinacija urea-formaldehidnega lepila in melaminske smole (v nadaljevanju modificirano melaminsko lepilo). Tako za lepilo kot tudi za plošče so bili po uspešni industrijski proizvodnji pridobljeni ustrezni atesti. V tem času sta si proizvajalec plošč kakor tudi lepila pridobila izkušnje tudi z melaminskim lepilom. Izpostavljena je bila namreč tudi plošča lepljena z melaminskim lepilom. Pridobljene izkušnje bodo v nadaljevanju prispevka obravnavane.

1. PREDSTAVITEV GRADBENE PLOŠČE TP 100

Poglejmo kateri osnovni standardi v okviru tehnične regulative obravnavajo iverne plošče:

- D. C5. 030 (JUS, 1982; Ploče iverice - Klasifikacija)
- D. C5. 031 (JUS, 1982; Ploče iverice sa horizontalnim razporedom ivera, za opšto upotrebu)
- D. C5. 032 (JUS, 1983; Ploče iverice sa horizontalnim razporedom ivera, za upotrebu u građevinarstvu. Tehnički uslovi)

Med tujimi standardi pa navedimo le nemškega:

68 763 (DIN, 1980; Spanplatten. Flachpressplatten Für das Bauwesen)

Osnovni standard za obravnavano ploščo je JUS D. C5. 032, ki je bil posodobljen 1983. leta. Uvedena je nova klasifikacija plošč po tipih (TP 20, TP 100, TP 100 G), ki za razliko od nekadanje klasifikacije (UK 22, UK 24, UK 26, UK 28) ne povezuje več tip plošče z uporabljenim lepilom.

Predmet opazovanja je bila plošča debeline 13 mm TP 100, zato si pogledjmo najvažnejše mehansko-fizikalne lastnosti, ki jih mora imeti plošča te debeline po kondicioniranju pri temperaturi 293 K in 65 % relativne zračne vlage:

lastnost	enota	vsebnost
M_e pri upog. trd.	N/mm ²	2800
upogibna trdnost	N/mm ²	18
razplastna trdnost	N/mm ²	0,15 ¹⁾
debelinsko nabrekanje	%	12
vlaga	%	9 ± 3

1) ugotovljeno po 2-urnem kuhanju v vodi

Prostorninska masa mora biti:

za nenosilne konstrukcije	600 - 850 kg/m ³
za nosilne konstrukcije	800 - 850 kg/m ³

Glede na klasifikacijo plošč po prostorninski masi (JUS D. C5. 030) uvrščamo to ploščo v normalne (500 - 800 kg/m³), pa čeprav na gornji meji. Plošča je troslojna s finejšim iverjem v zunanjem sloju in bolj grobim v srednjem sloju. Po zunanjem izgledu je plošča rdečkaste barve ker je zaradi razlikovanja od drugih tipov plošč v proizvodnji zunanjemu sloju dodano barvilo. Po mehansko-fizikalnih lastnostih lahko obravnavano ploščo primerjamo s tipom plošče V 100 v že navedenem nemškem standardu. Ta standard zahteva pri tem tipu plošče uporabo fenolnega ali fenol-resorcinskega lepila. Dopusča pa pogojno tudi uporabo drugačnega lepila, vendar pa mora takšna plošča dobiti potrebno soglasje ustrezne strokovne ustanove.

2. DOSEDANJE IZKUŠNJE Z GRADBENIMI PLOŠČAMI

2.1 Značilnosti proizvodnje gradbenih plošč

Do danes je bilo izdelanih preko 7000 m³ gradbenih plošč in od tega preko 90 % plošč tipa TP 100 (nekoč UK 26) ter nekaj manj kot 10 % tipa UK 24 (po nekdanji klasifikaciji).

Struktura lesne surovine za to vrstno proizvodnjo v navedenem obratu ima cca 35 % (volumskih) listavcev in 65 % iglavcev. V celotni lesni masi je cca 60 % lesnoindustrijskih ostankov in cca 40 % oblovine, kar pa ne pomeni, da ni mogoče proizvajati teh plošč ob nekoliko spremenjeni

strukturi lesne surovine. Spočetka je bila količina proizvedenih plošč na enoto časa nekoliko nižja kot pri tipu TP 20, danes pa je enaka. Poraba lesne surovine je približno 5 % višja, ker v proizvodnji ne vračamo brusnega prahu v zunanji sloj. Normativ porabe lepila je 40 % višji kot pri tipu TP 20. Ob upoštevanju cene lepila, ki je za modificirano melaminsko lepilo oca 60 % višja od urea-formaldehidnega, moramo ugotoviti, da je lepilo tista postavka, ki predstavlja glavno stroškovno razliko med obema tipoma plošč. Prostorninska masa je v povprečju 8 % višja kot pri ploščah TP 20 in se giblje v odvisnosti od debeline med 760 in 800 kg/m³. 95 % vseh proizvedenih plošč je bilo debeline 13 mm, proizvedene pa so bile tudi debeline 16, 18, 22, 25 in 28 mm. Osnovni format plošč je 2050 x 5500 mm.

2.2 Značilnosti uporabljenega lepila

Uporabljeno modificirano melaminsko lepilo je imelo sledeče značilnosti:

suha substanca	65 %
viskoznost (F ₄)	84 sek
topnost v vodi	1 : 2
specifična teža	1,30
pH	7,5
čas želiranja: 373 K	70,6 sek
293 K	12,6 ur

Ob izkušnjah pridobljenih z uporabo fenolnega (F), melaminskega (M) in modificiranega melaminskega (MM) lepila smo se odločili za zadnje iz sledečih razlogov:

- izkušnje v ZRN kažejo, da je odpornost plošč pri uporabi modificiranih melaminskih lepil napram zunanjim

klimatskim vplivom večja kot pri uporabi melaminskega lepila, kar se odraža tudi v nemškem standardu (DIN 68 763)

- tudi vse lastne izkušnje z uporabljenim melaminskim in modificiranim melaminskim lepilom so potrdile našo odločitev, da nadaljujemo proizvodnjo z modificiranim lepilom
- stroškovno gledano je melaminsko lepilo dražje
- proizvodnja plošč s fenolnim lepilom pa ima poleg pozitivnih lastnosti tudi pomanjkljivosti.

Bistvene negativnosti pri uporabi fenolnega lepila so predvsem sledeče:

- fenolno lepilo zaradi svoje toksičnosti povzroča težave pri čiščenju tehnoloških odplak
- uporaba prahu, ki nastaja pri brušenju teh plošč ni primerna kot vir energije za uporabo v koriščih obzidanih z šamotno opeko, ker prihaja do razpada
- zaporedno mešanje urea-formaldehidnega in fenolnega lepila v proizvodnji lahko povzroča otrditve lepilne mešanice

Negativne in pozitivne postavke nekaterih lastnosti vseh treh lepil lahko izrazimo v sledeči razpredelnici:

vrsta lepila	toksičnost	meh.-fiz.lastn.	odpornost ¹⁾
F	-	+	+
M	+	+	-
MM	+	+	+

¹⁾ napram vremenskim vplivom

V tem prispevku pa želim opozoriti tudi na nekatere značilnosti, ki jih je upoštevati, če želimo plošče proizvedene z modificiranim lepilom izvoziti. V tem slučaju svetujemo, da se nujno preveri tehnična regulativa države kamor želimo plošče izvoziti. Na tem mestu želim opozoriti le na posebnost pri izvozu v ZRN:

- plošče TP 100 (V 100) je možno izvoziti v ZRN, če so proizvedene z lepilom Kauramin 540 firme BASF (modificirano melaminsko lepilo), vendar je tudi v tem slučaju potrebna občasna kontrola proizvodnje s strani pooblaščenega zavoda uvoznika (t.j. ZRN), npr. Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) v Berlinu
- v kolikor pa gre za domače modificirano lepilo, pa mora pooblaščen inštitut v ZRN po posebnem postopku najprej izvršiti preverjanje lepila in plošč po posebnem postopku, šele nato pa sledi soglasje k uvozu.

Postopek preverjanja je v kratkem sledeč:

- posredovati je recepturo lepila (poslovna tajnost zajamčena) na Institut für Bautechnik Berlin
- pooblaščen zavod (npr. BAM) preveri: prostorninsko maso, upogibno trdnost, upogibni modul, V 100 razplastno trdnost, razplastno trdnost po krajši izpostavitvi (24 tednov) zunanjim vremenskim vplivom (Xenotest), debelinsko nabrekanje in emisijo formaldehida (zahtevan vsaj E₂ razred)
- načrt preverjanja mora biti odobren s strani Institut für Bautechnik Berlin
- potrebno je izdelati industrijske ali laboratorijske plošče (debeline 10, 19 in 38 mm) in jih posredovati

ustreznemu inštitutu

- trajanje celotnega postopka ni krajše od 12 mesecev.

3. REZULTATI PREIZKUŠANJA IZPOSTAVLJENIH PLOŠČ

3.1 Način preizkušanja in ugotovljena kvaliteta opazovanih plošč

Plošče smo izpostavili v treh legah: vodoravno, navpično in povševno pod kotom 45° . Pri izpostavljenih ploščah je bila smer proizvodnje identična smeri sever - jug. Vzorce smo jemali 3 leta v 6 mesečnih razmakih. Razrez smo vršili po vnaprej pripravljeni shemi, enako velja tudi za pripravo epruvet za določanje posameznih lastnosti plošč.

Dobljene vrednosti kot prostorninsko maso, debelino, upogibno trdnost, razplastno trdnost po kuhanju, normalno razplastno trdnost, nabrekanje po 2 in 24 urah in vlago prikazujemo na 8 slikah. Ugotavljali smo tudi ireverzibilni nabrek.

Na slikah 1 in 2 vidimo, da debelina narašča in je vsled tega padanje prostorninske mase razumljivo. Povprečna prostorninska masa je bila ob izpostavitvi 823 kg/m^3 , po 3 letih pa 789 kg/m^3 . Začetna debelina je bila 13,26 mm, po 3 letih pa 13,89 mm, t.j. 0,63 mm razlike tako da je ireverzibilni nabrek znašal 4,75 %. Upogibna trdnost (slika 3) je imela trend padanja, vendar je ob koncu poizkusa nekoliko prenizko le pri vodoravni plošči, medtem ko

je pri navpični in poševni plošči še vedno ustrezna. V povprečju znaša $19,7 \text{ N/mm}^2$. Vlaga (slika 4) je še vedno v mejah normalnega. Razplastna trdnost (slika 6) ustreza in je še vedno zelo visoka, v povprečju $0,23 \text{ N/mm}^2$. Nabrekanje po 2 in 24 urah (slika 7 in 8) je pravtako še v mejah normale. Naraščanje nabrekanja je po 24 urah hitrejša kot po 2 urah. Navedeni podatki se nanašajo na povprečke vseh 3 leg.

3.2 Klimatske značilnosti

Glede na relativno zahtevne klimatske pogoje na področju Slovenije in še posebej na področju Koroške regije, ki se odražajo predvsem v številu dni s padavinami, srednji mesečni temperaturi, temperaturnih razlikah med dnevom in nočjo in relativni zračni vlagi predvsem zjutraj, smo želeli narediti tudi primerjavo s področja mediteranske klime. Slovenska Koroška ta SZ del Slovenije je pod izrazitim vplivom alpske klime. Za primerjavo smo vzeli podatke meteoroloških postaj Šmartno pri Slovenj Gradcu in Portorož ob slovenski obali. Primerjali smo mesečno višino padavin, število dni s padavinami, srednjemesečne temperature ter srednje mesečne relativne vlage ob 7 in 14 uri. Podatki srednjih vrednosti za 3 letno obdobje kažejo da je na področju Slovenj Gradca bistveno večje število dni s padavinami, občutna razlika v srednje mesečni temperaturi in pri relativni zračni vlagi ob 7 uri zjutraj. Iz zbranih podatkov sklepamo, da bi bile plošče v mediteranskem področju izpostavljene blažjim klimatskim pogojem in tako podvržene majnim spremembam, v kolikor ne bi dodatno vplivali drugi, trenutni neregistrirani dejavniki (večji delež ultra vijoličnih žarkov v svetlobnem spektru, hlapi morskih soli v ozračju, intenziteta insolacije ipd).

4. UPORABA PROIZVEDENIH PLOŠČ

Obrađnavane plošče so se predvsem uporabljale za izdelavo bivalnih kontejnerjev in montažnih objektov. Uporaba je bila samostojna ali pa v kombinaciji s toplotno izolacijskimi materiali. V manjši meri so se uporabljale tudi za pode in stropove. Namembnost uporabe teh plošč bi kazalo, v prihodnje razširiti pri čemer pa kaže poudariti dva pomembna elementa, ki vplivata zaviralno in sicer relativno visoko ceno teh plošč in neustreznost naše tehnične regulative.

5. ZAKLJUČKI

Ob pregledu rezultatov dobljenih po izpostavitvi plošč zunanjim vremenskim vplivom lahko ugotovimo, da so ti tudi po preteku 3 let izredno vspešni in pri vseh vrednostih še vedno nad onimi, ki jih kot minimalne predpisuje tako JUS kot tudi DIN. Ugotovimo lahko, da so plošče vsaj delno odporne tudi napram zunanjim klimatskim vplivom. Ob izkušnjah s fenolnim, melaminskim in modificiranim melaminskim lepilom ugotavljamo, da ima največ vrednosti zlasti modificirano lepilo. Prva izmed izpostavljenih plošč izdelana z melaminskim lepilom je razpadla že po 1 letu, naslednja pa v 2. letu izpostavitve. Dobljeni rezultati so vsaj posredno vplivali tudi na spremembo JUS D. C5. 032. Nadaljna strokovna naloga, ki nas čaka pa je izdelava lepila, ki bo omogočilo uvrstitev te plošče v E₂ emisijski razred.

Prizadevanja morajo teči tudi v smeri znižanja stroškov proizvodnje, vendar ne na škodo kvalitete. Uporabnost teh plošč je nujno razširiti, k čemur naj prispeva tudi posodobitev obstoječe tehnične regulative.

VIRI

1. Podatki Hidrometeorološkega zavoda SRS
2. Jugoslovanski standardi za iverne plošče (JUS D. C5. 030, JUS D. C5. 031, JUS D. C5. 032)
3. Deutsche Industrie Normen (DIN 68763)
4. Deppe, H.J. Ernst, K.: Taschenbuch der Spanplatten - technik, Stuttgart 1977
5. Deppe, H.J.: Einsatz von Mischharzverleimung bei der Spanplatten herstellung, Holz - Zentralblatt 109 (1983) nr. 49
6. Lenič, J.: Lesna plošča v gradbenih elementih, Ljubljana 1980
7. Podatki BAM Inštituta, Berlin
8. Pirkmaier, S.: Iverne plošče za gradbeništvo, izpostavljene trajnejšim vremenskim vplivom, Les 33 (1981) 9 - 10
9. Podatki Tovarne ivernih plošč Otiški vrh, Lesna Slovenj Gradec

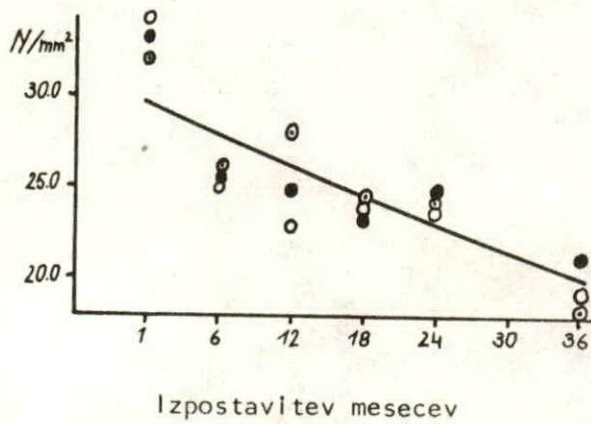
Sl.1: Prostorninska masa



Sl.2: Debelina



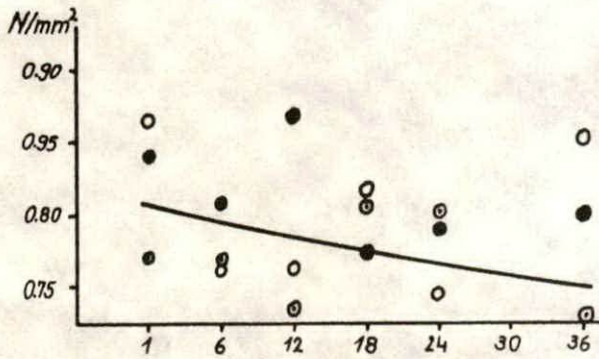
Sl.3: Upogibna trdnost



Sl.4: Vlaga

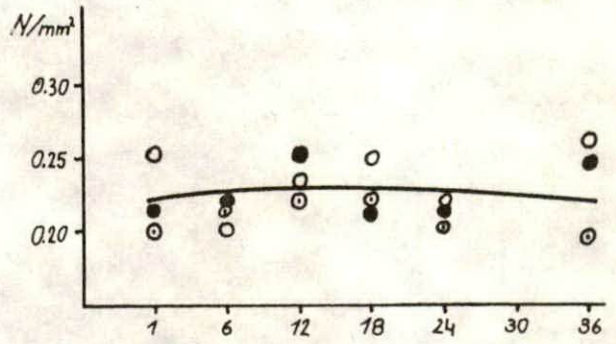


Sl.5 : Razplastna trdnost - normalna



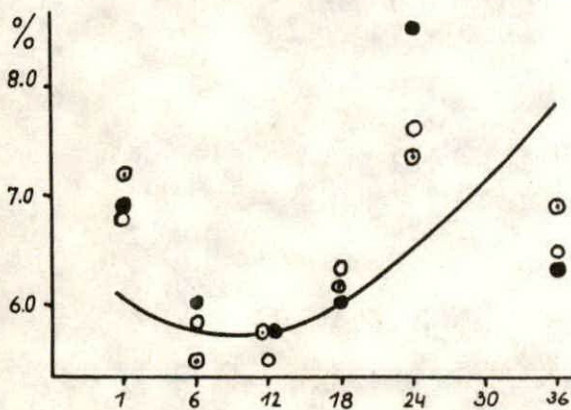
Izpostavitvev mesecev

Sl.6: Razplastna trdnost - po kuhanju



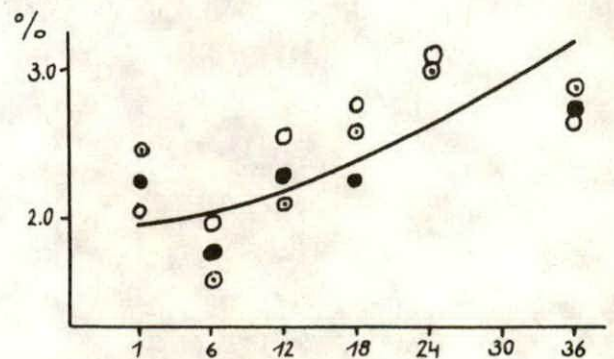
Izpostavitvev mesecev

Sl.7: Nabrekanje po 24 urah



Izpostavitvev mesecev

Sl.8: Nabrekanje po 2 urah



Izpostavitvev mesecev

PRILOG ISTRAŽIVANJU PROIZVODNJE VODOOTPORNIH PLOČA IVERICA

1.0. U V O D

U proizvodnji iverica je sve više prisutna specijalizacija u smislu prilagodjavanja njihovih karakteristika određenom području primjene. Na taj način ostvarili su se mnogobrojni zahtjevi postavljeni na ploče iverice već u prvim godinama njihove industrijske proizvodnje. Iverice, kao rijetko koji drugi proizvod drvne industrije, zahvaljujući varijacijama u volumnoj težini, obliku iverja, vrsti i količini veznog sredstva, konstrukciji ploče i td., omogućuju podešavanje njihovih svojstava za najrazličitija područja primjene.

Najvažnije područje njihove primjene je osim u proizvodnji namještaja takodjer i u proizvodnji specijalnih ploča za gradjevinarstvo. Za primjenu u gradjevinarstvu ploče moraju imati svojstvo povećane otpornosti na promjenljive klimatske faktore (8). Kao vezna sredstva koriste se ljepila na bazi fenolformaldehidnih smola, koja su svoja dobra svojstva pokazala već kod proizvodnje vodootpornih furnirskih ploča.

Važna pretpostavka za proizvodnju vodootpornih iverica, je primjena visokoreaktivnih fenolnih smola. Polazeći od navedenih zahtjeva može se konstatirati, da i kod nas postoje svi tehnološki preduvjeti za proizvodnju ovih ploča. S jedne strane raspolažemo sa suvremenim postrojenjima za proizvodnju iverica, s mogućnošću preciznog vodjenja tehnološkog procesa, a s druge strane s kvalitetnim ljepilima na bazi fenolnih smola. Želimo naglasiti da ovo nije prvi rad kod nas koji tretira tu problematiku, no unatoč pozitivnih rezultata i u prijašnjim ispitivanjima do šire primjene ovih ploča u Jugoslaviji nije došlo. Uzroke vjerojatno treba tražiti u stanovitom nepovjerenju samih gradjevinara, koji su na lošim iskustvima u prošlosti temeljili svoj generalni stav prema iverici kao gradjevinskom materijalu. Jer, kako inače protumačiti podatak, da se potrošnja iverica (svih tipova) u razvijenijim zemlja-

ma Zapada kreće i do 70% od ukupne proizvodnje ploča. Ovaj rad je iniciran željom proizvođača ljepila Kemijskog kombinata Chromos*, da se unaprijedi proizvodnja vodootpornih iverica, usvajanjem takvog veznog sredstva i bitnih tehnoloških faktora, koji će omogućiti proizvodnju kvalitetnih ploča. U tu svrhu potrebno je bilo istražiti veličinu utjecaja vrste (tipa) ljepila i nekih tehnoloških faktora na kvalitet gotovih ploča, te predložiti najpogodniji tip ljepila na proizvodnju vodootpornih iverica.

2.0 METODOLOGIJA RADA

2.1 Izbor utjecajnih faktora

Obzirom da je općenito u nekom ispitivanju važnije pronaći tehnološke faktore s najvećim utjecajem, nego sve faktore koji utječu na neko svojstvo, za predmetno istraživanje izabrani su sljedeći tehnološki faktori: vrsta ljepila, količina (spec. nanos) ljepila, temperatura prešanja i vrijeme prešanja. Ostali tehnološki faktori držani su na konstantnom nivou kako slijedi:

- konstrukcija ploče (VS : SS**= 35 : 65%)
- volumna masa (720 kg/m³)
- vrsta i oblik iverja (industrijsko)
- format lab. ploče (410 x 400 mm)
- debljina (19 mm)
- spec. pritisak (28 bara)

* Zahvaljujemo ovim putem Kemijskom kombinatu Chromos-Zagreb, SIZ-u IV i DI "ČESMA" Bjelovar na financijskoj pomoći i osiguranju potrebnog materijala za ovo istraživanje.

** VS - Vanjski slojevi ploče
SS - srednji sloj ploče.

2.2. Plan pokusa

U proizvodnji iverica se utjecaji više faktora na različite krajnje rezultate moraju utvrditi pokusima, da bi se dobili odgovori na pitanja o kvaliteti ploča i o ekonomski najprihvatljivijim proizvodnim uvjetima. Metode statističkog planiranja pokusa omogućuju, u odnosu na klasično planiranje pokusa, da se sigurnost rezultata može izračunati i da se troškovi rada bez utjecaja na pouzdanost rezultata mogu konačno značajno smanjiti (4,5)

Kao što je u točki 2.1. navedeno radi se o četiri utjecajna faktora za koje se pretpostavlja da imaju signifikantan utjecaj u proizvodnji ploča iverica.

Za svaki utjecajni faktor odabrana su dva nivoa djelovanja tj. gornji (+) i donji (-). Obzirom da imamo ukupno četiri faktora na dva nivoa to daje ukupno $2^4 = 16$.

Nivoi djelovanja za izabrane utjecajne faktore prikazani su u tabeli 1.

Tabela br. 1.

Oznaka faktora	Utjecajni faktor	Nivo djelovanja faktora	
		-	+
A	vrsta ljepila	F*200	F*300
B	količina ljepila (%)*	VS:SS=11:7	VS:SS=14:10
C	temperatura prešanja (K)	433	483
D	vrijeme prešanja (min)	11	6

* (%) predstavlja količinu suhe supstance ljepila računato na količinu apsolutno suhog iverja.

* Fenofix ljepilo

Pregled mogućih kombinacija za izabrani faktorski plan pokusa 2^4 prikazan je u tabeli 2.

Tabela br. 2.

Broj kombinacije	Nivo djelovanja za utjecajne faktore				Simboli kombinacija
	A	B	C	D	
1	-	-	-	-	(I)
2	-	-	-	-	a
3	-	+	-	-	b
4	+	+	-	-	ab
5	-	-	+	-	c
6	+	-	+	-	ac
7	-	+	+	-	bc
8	+	+	+	-	abc
9	-	-	-	+	d
10	+	-	-	+	ad
11	-	+	-	+	bd
12	+	+	-	+	abd
13	-	-	+	+	cd
14	+	-	+	+	acd
15	-	+	+	+	bcd
16	+	+	+	+	abcd

Brojevi kombinacija u tabeli 2. predstavljaju ujedno oznake ploča iverica, koje su pod navedenim uslovima izradjene.

Kao mjerilo kvalitete za određivanje veličine utjecaja pojedinog faktora upotrebljena je čvrstoća na savijanje, čvrstoća na raslojavanje i bubrenje u debljinu.

Signifikantnost utjecaja pojedinog faktora utvrđena je po metodi F.Yatesa (4), koja uključuje u sebi stvaranje suma i kvadrata između kombinacija i provedbu F testa. Izračunavanjem praga signifikantnosti na određenom nivou vjerojatnosti ustanovljeni su faktori i njihove interakcije s najvećim utjecajem na kvalitet proizvedenih ploča.

Prije prelaska na obradu rezultata izvršena je provjera homogenosti proizvedenih ploča u statističkom smislu. (6) Kao mjerilo homogenosti upotrebljena je volumna težina. Za obradu rezultata korištena je analiza varijance, F-test i Studentov t-test.

3.0. EKSPERIMENTALNI RAD

3.1. Analiza sirovine

3.1.1. Ljepila

Kao vezno sredstvo za izradu ploča iverica upotrebljena su fenol formaldehidna ljepila Fenofix 200 i Fenofix 300 proizvodnje Chromos - Zagreb. Ljepila predstavljaju vodene otopine fenol-formaldehidne smole rezolnog tipa. Njihove fizikalno-kemijske karakteristike prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3.

Karakteristike ljepila	Oznaka ljepila	
	F-200	F-300
boja	crveno-smedja	crveno-smedja
suha tvar (%)	50	51
viskozitet Ford No4 (sek)	160	210
specifična težina gr/cm ³	1,2	1,2
podnošljivost s vodom	neograničeno	neograničeno

3.1.2. Iverje

Za izradu laboratorijskih troslojnih ploča iverica prema postavljenom planu pokusa upotrebljeno je industrijsko iverje proizvedeno u Tvornici iverica DIK-a "Česma" Bjelovar. Kao sirovina za proizvodnju iverja korištena je bukva (50%) te ostali lišćari (50%). U cilju definiranja osnovnih karakteristika upotrebljenog iverja za vanjski i srednji sloj određen je frakcioni sastav i oblik iverja (dužina, širina, debljina).

Učešće pojedinih frakcija vidljivo je iz histograma na sl.1. i 2. Oblik iverja za vanjski (VS) i srednji (SS) sloj definiran je mjerenjem dužine, širine i debljine.

Dobiveni prosječni rezultati prikazani su komparativno u tabeli br. 4.

Tabela br. 4.

Iverje za	dimenzije (mm)	min	\bar{x}	max	\tilde{s}	N kom
Vanjski sloj	dužina	2,10	3,40	5,70	0,64	111
	širina	0,3	0,74	2,10	0,30	
	debljina	0,14	0,23	0,54	0,08	
Srednji sloj	dužina	1,00		32,00	3,97	264
	širina	0,15	0,56	4,00	0,58	
	debljina	0,03	0,46	1,10	0,19	

Sadržaj vlage iverja utvrđen je gravimetrijskom metodom prema JUS-u D.C8.103. Prosječni sadržaj vlage za vanjski sloj (VS) iznosio je 2,9%, a za srednji (SS) 3,1%.

3.2. Izrada ploča

Postupak izrade laboratorijskih troslojnih ploča obuhvatio je pripremu osnovnih sirovina (iverja i ljepila) u zavisnosti od uvjeta navedenih u točki 2.2., nanos ljepila, formiranje natresnog tepiha, pretprešanje na hladno i prešanje na vruće. Izrada ploča uslijedila je u laboratoriju za ploče Instituta za drvo. Od svake kombinacije (tabela 2.) proizvedene su po 3 ploče dimenzija 410 x x 400 mm. Kontrola temperature u sredini ploče u toku prešanja vršena je pomoću termopara Fe-Co. Nakon prešanja ploče su kondicionirane u uvjetima normalne klime u trajanju od 78 sati, a potom izrezane u epruvete standardnih dimenzija za ispitivanje fizičko-mehaničkih svojstava.

3.3. Ispitivanje ploča

Ispitivanjem je obuhvaćeno određivanje volumne mase, čvrstoće na savijanje, čvrstoće na raslojavanje i bubrenje u debljinu.

Volumna masa upotrebljena je kao mjerilo statističke homogenosti proizvedenih ploča. U tu svrhu iz svake ploče je izrazano po 12 epruveta dimenzija 50 x 50 mm. Od ukupno raspoložive količine slučajnim izborom odabrane su iz svake ploče po tri epruvete za

odredjivanje volumne mase . Odredjivanje volumne težina izvršeno je u skladu s JUS-om D.C8.114.

Čvrstoća na savijanje upotrebljena je kao mjerilo kvalitete proizvedenih ploča, odnosno mjerilo veličine utjecaja pojedinih faktora. Za ovo ispitivanje pripremljeno je iz svake ploče po 6 epruveta dimenzija 320 x 50 x 19 mm odnosno 18 za svaku kombinaciju (3 ploče). Ispitivanje čvrstoće izvršeno je prema zahtjevima JUS-a D.C8.107 na 9 slučajno izabranih epruveta iz svake kombinacije odnosno na ukupno 144 epruvete.

Čvrstoća na raslojavanje (vlak okomito na površinu) ispitana je na po 9 slučajno izabranih epruveta iz svake kombinacije (3 ploče). Princip slučajnosti osiguran je upotrebom tablice slučajnih brojeva. Ispitivanje je provedeno prema zahtjevima JUS-a D.C8.106.

Bubrenje u debljinu ispitano je također na po 9 slučajno izabranih epruveta dimenzija 25 x 25 mm iz svake kombinacije, a prema zahtjevima JUS-a D.C8.104.

4.0. REZULTATI ISPITIVANJA

Prije obrade rezultata u skladu s postavljenim planom pokusa izvršena je provjera normaliteta njihove razdiobe pomoću X^2 testa. Na ovaj način ispitani su podaci za ispitivanje homogenosti ploča (u statističkom smislu), čvrstoće na savijanje, čvrstoće na raslojavanje i bubrenje u debljinu.

4.1. Ispitivanje homogenosti ploča

Homogenost proizvedenih ploča u statističkom smislu provjerena je pomoću analize varijance. Kao mjerilo statističke homogenosti upotrebljena je volumna masa ploča. Na osnovu provedbe F-testa i t-testa utvrđeno je da ispitane ploče u statističkom smislu predstavljaju homogen materijal jer je $F < F_0 = 0,43 < 1,75$ i $t < t_0 = 0,89 < 2,12$, na pragu signifikantnosti $\alpha = 0,05$. To također znači da eventualne razlike u volumnim masama nemaju bitan utjecaj na ispitana svojstva.

4.2. Čvrstoća na savijanje

- ispitana je u suhom stanju (Tp-20) i nakon testa UK-28 po JUS-u D.C5.032. Obrada dobivenih rezultata obuhvatila je izračunavanje aritmetičke sredine, standardne devijacije, te provedbu F-testa po metodi F.Yatesa. Primjena ove metode pretpostavlja međjutim, da se rezultati pokusa pokoravaju zakonima normalne razdiobe, što je provjereno i dokazano.

Dobiveni rezultati (prosječne vrijednosti) komparativno su prikazani u tabeli 5 i na sl. 3, 4, 5. i 6.

Tabela br. 5: Prosječne vrijednosti fizičko-mehaničkih svojstava

Oznaka komb.	čvrstoća na savijanje N/mm ²		čvrstoća na raslojavanje N/mm ² suho	Bubrenje u debljinu nakon 2 h. %
	suho	mokro*		
I	21,16	9,56	0,77	13,27
a	17,33	9,02	0,57	20,9
b	29,16	14,06	0,61	7,3
ab	31,21	11,94	0,55	8,0
c	33,81	12,19	0,69	11,3
ac	19,04	6,32	0,40	24,5
bc	27,16	13,58	0,48	9,3
abc	25,42	18,86	0,71	10,2
d	17,78	6,93	0,41	18,6
ad	13,26	7,48	0,48	17,5
bd	23,37	9,56	0,35	7,0
abd	16,38	6,46	0,35	9,0
cd	23,14	11,64	0,48	16,3
acd	18,50	5,42	0,41	24,0
bcd	20,16	8,84	0,42	11,6
abcd	24,55	10,48	0,37	13,7

* Ispitivanje je provedeno nakon testa UK-28 po JUS-u D.C5.032/72.

Dalja obrada obuhvatila je određivanje veličine utjecaja, odnosno efekta djelovanja, pojedinog utjecajnog faktora na čvrstoću na savijanje, ispitanu u suhom i u mokrom stanju. Signifikantnost

utjecaja pojedinog faktora prikazana je u tablici 6.

Tabela 6. Prag signifikantnosti utjecaja faktora i njihovih interakcija

Efekti djelovanja	Čvrstoća na savijanje N/mm ²		Čvrstoća na raslojavanje N/mm ² suho	Bubrenje u debljinu %
	suho	mokro		
A	+++		++	+++
B		+++	++	+++
AB	+++		+++	+++
C	+++		+++	+++
AC		++		+++
BC	+++	+++	++	+++
ABC	+++	+++	+++	+++
D	+++	+++	+++	+++
AD		+++		+++
BD		+++		
ABD	++	+++	+++	+++
CD		+++	+++	+++
ACD	+++	+++	++	+++
BCD	+++	++		+++
ABCD				

A = vrsta ljepila

B = spec. nanos ljepila

C = temp. prešanja

D = vrijeme prešanja

+++ = prag signifikantnosti 0,01

++ = prag signifikantnosti 0,05

Primjenom faktorskog plana pokusa 2⁴ protumačeno je ukupno 79% utjecaja svih faktora.

Na osnovu dobivenih rezultata proizlazi da ljepilo Fenofix 200 u odnosu na Fenofix 300 pokazuje na temperaturnom nivou od 433 K (160°C) bolje rezultate i to značajnije kod većeg spec. nanosa ljepila. Obzirom na vrijeme prešanja evidentan je osjetan pad čvrstoće skraćenjem ciklusa prešanja kod ploča s većim specifičnim

nanosom ljepila. Na temperaturi prešanja od 483 K (210°C), kod manjeg nanosa ljepila, Fenofix 200 pokazuje u odnosu na Fenofix 300, izrazito bolje rezultate. Ista tendencija uočljiva je i u odnosu na ploče proizvedene s većim specifičnim nanosom. Smanjenje čvrstoće nastalo skraćenjem vremena prešanja je i ovdje evidentno.

Po istoj metodologiji mogu se komentirati rezultati za čvrstoću na savijanje dobiveni nakon ispitivanja u mokrom stanju (slika 5. i 6.) Iznenadjuje donekle relativno povoljan rezultat s ljepilom Fenofix 300 kod većeg specifičnog nanosa.

Razlike u rezultatima za dva ispitana ljepila upućuju na postojanje određenih specifičnosti u njihovoj kompoziciji, kao i na mehanizam vezanja ljepila pri određenim tehnološkim uvjetima. U svrhu pojašnjenja procesa vezanja ljepila vršena je kontrola porasta temperature u sredini ploče, no prostor nam ovdje ne dozvoljava da to šire analiziramo. Uočene razlike u toplinsko fizikalnim karakteristikama ploča iverica ovise u značajnoj mjeri o vrsti i količini veznog sredstva, temperaturi, sadržaju vlage, i smjeru toplinskog toka. Bolje toplinsko-fizikalne karakteristike ploča proizvedenih s ljepilom Fenofix 200 upućuju na zaključak da se radi o reaktivnoj smoli čiji stupanj kondenzacije ima bitan utjecaj na postizavanje optimalne čvrstoće i vodootpornosti spoja.

4.3. Čvrstoća na raslojavanje

Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli 5. i sl. 7. i 8. Signifikantnost utjecaja pojedinog faktora vidljiva je u tabeli 6.

I kod čvrstoće na raslojavanje kao mjerila kvalitete uočavaju se bolji rezultati kod kombinacija s ljepilom Fenofix 200. Ova konstatacija međjutim vrijedi samo kada su u pitanju kombinacije s manjim specifičnim nanosom, što bi se moglo također objasniti većom reaktivnošću ljepila Fenofix 200. Veća količina vlage u ploči kao posljedica većeg spec. nanosa, kod iste dužine ciklusa prešanja, uzrokuje nepotpuno omrežavanje ljepila i pojavu unutarnjeg naprezanja kao posljedica unutarnjeg pritiska pare. Taj zaoštali pritisak uzrokuje slabljenje lijepljenih spojeva iverja u srednjem sloju, što se u konačnici očituje u smanjenju čvrstoće na raslojavanje.

4.4. Bubrenje u debljinu

Analiza rezultata bubrenja u debljinu (tabela 5., slika 9. i 10) ukazuje takodjer na znatno bolje rezultate, (manje bubrenje) kod kombinacija s ljepilom Fenofix 200 u odnosu na Fenofix 300.

Te razlike su više izražene kod manjeg specifičnog nanosa na oba temperaturna nivoa, (433 K, 483 K.)

5.0. Z A K L J U Č A K

Na osnovu provedenog ispitivanja može se zaključiti, da vrsta ljepila (A), specifični nanos (B), temperatura prešanja (C), vrijeme prešanja (D) i njihove interakcije signifikantno utječu na kvalitet iverica.

Kompleksnom analizom dobivenih rezultata ustanovljeno je da su najpovoljniji rezultati dobiveni primjenom ljepila Fenofix 200, što ga ujedno ističe kao pogodnog za praktičnu primjenu u industrijskoj proizvodnji iverica. Iako upotrebljeni plan pokusa 2^4 (četiri utjecajna faktora na dva nivoa) ne omogućuje pronalaženje optimalnih vrijednosti za pojedine utjecajne faktore, ipak se na osnovu dobivenih rezultata za neposrednu primjenu mogu predložiti najpovoljnije kombinacije i to kombinacija "b" (ljepilo F 200, spec. nanos ljepila VS/SS = 14/10%, temperatura 433 K, i vrijeme prešanja 11 min.) i kombinacija "c" (ljepilo F 200, spec. nanos 11/7, temperatura 483K, vrijeme prešanja 11 min.). Prema tome očito je da bi istraživanja dalje trebalo nastaviti samo s ljepilom Fenofix 200.

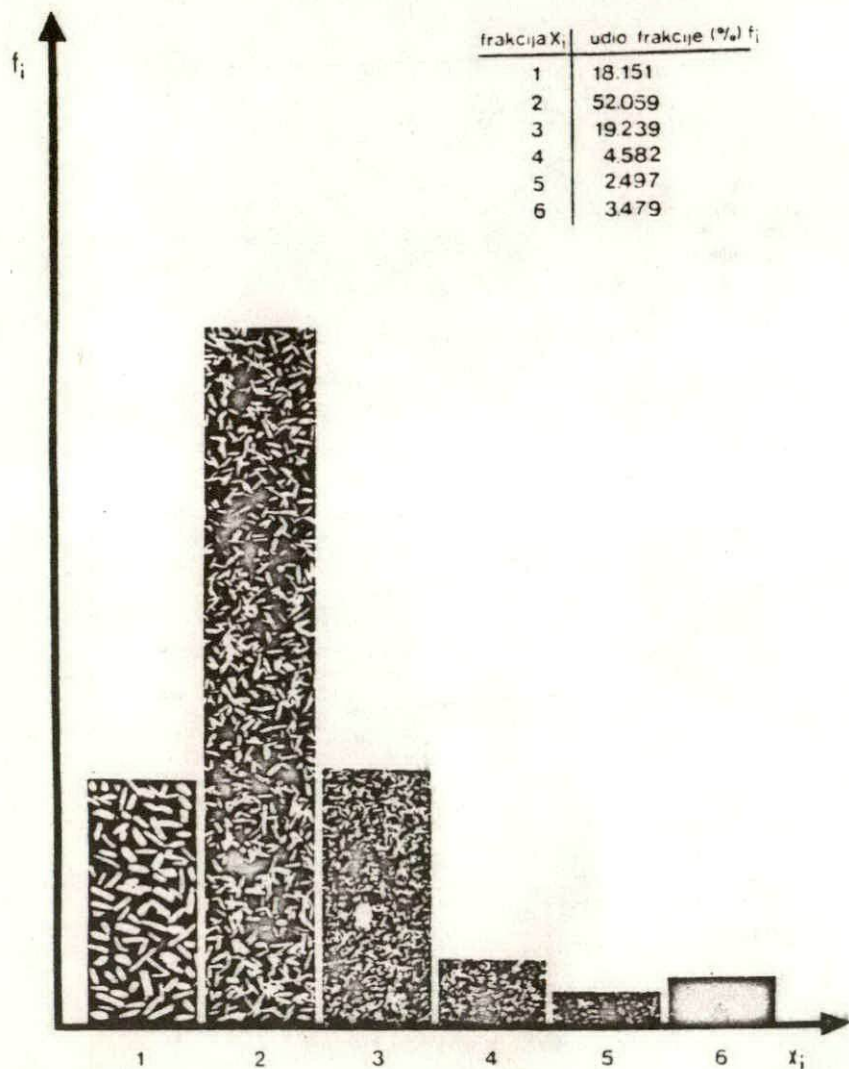
Za određivanje preciznijih optimalnih vrijednosti specifičnog nanosa ljepila, temperature i vremena prešanja, bilo bi potrebno u daljem istraživanju primjeniti faktorski plan pokusa s 3 ili više nivoa djelovanja pojedinog faktora.

Na taj način ostvarili bi se osnovni preduvjeti, da se s visokom statističkom sigurnošću odrede optimalni uvjeti rada za primjenu fenol-formaldehidnog ljepila Fenofix 200 u proizvodnji iverica.

L I T E R A T U R A :

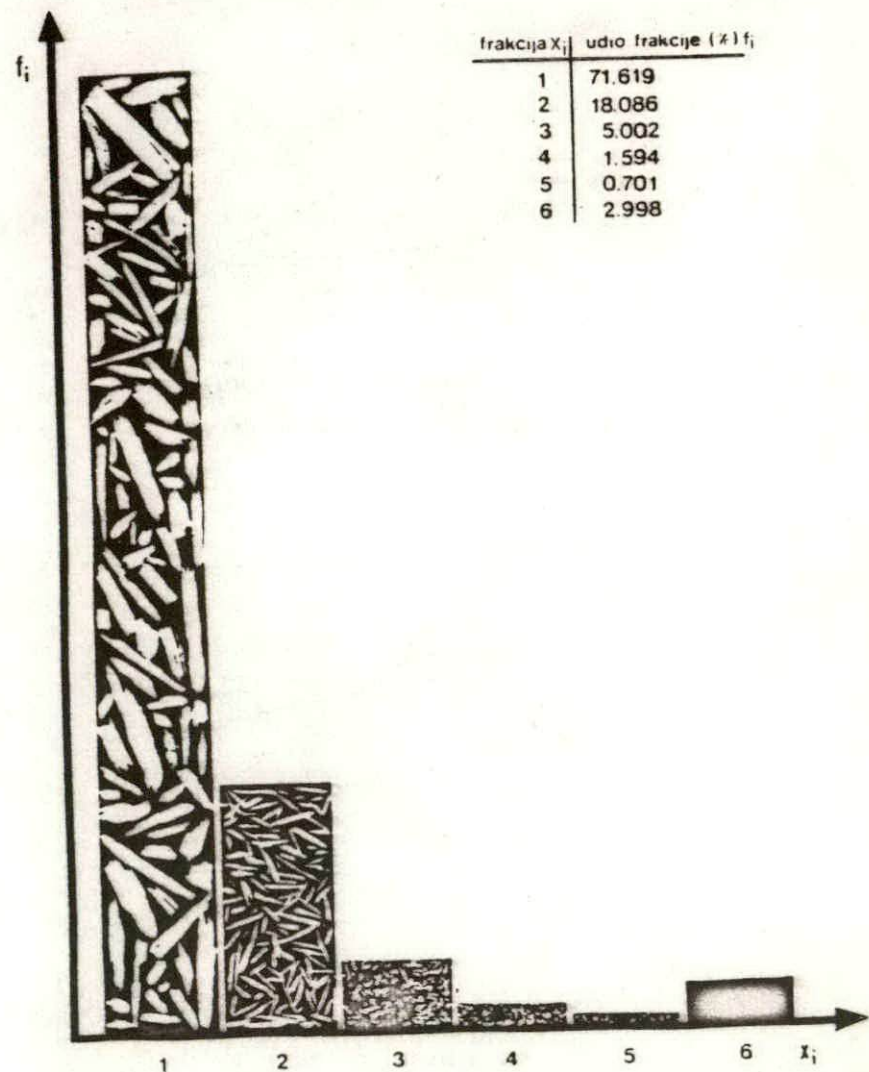
1. CLAD, W.: Phenol-Formaldehyd-kondensate als Bindemittel für die Herstellung von Spanplatten. Holz als Roh u. Werkstoff, Berlin 25 (1967) 4
2. DEPPE, H.J., ERNST, K.: Phenolharzverleimte Spanplatten - Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten Holz.Zbl., Stuttgart 89 (1963) 13
3. ERNST, K.: Möglichkeiten zur Verminderung der Quellung bei Spanplatten Holztechnologie, Leipzig 8 (1967) 1
4. Linder, A.: Planen und Auswerten von Versuchen (3. auflage) Verlag Birkhauser, Basel/Stuttgart 1953
5. Pantelić, I.: Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta, Univerzitet Novi Sad, 1976.
6. PAVLIĆ, I. : Statistička teorija i primjena, Panorama, Zagreb, 1965.
7. PLATH, E.: Beständigkeit von Holzleimen und geleimten Holzverbindungen Holz Zbl. Stuttgart 91 (1965) 71
8. POMMER, E.-H. CLAD, W.: Pilzgeschützte und wasserfeste Spanplatten im Bauwesen Holz - Zbl. Stuttgart 95 (1969) 85
9. ŠTOFKO, J.: Beitrag zur Kenntnis über die Widerstandsfähigkeit von Spanplatten gegenüber äusseren Witterungseinflüssen. Drev.vyskum. Bratislava 9 (1964) 4.

IVERJE ZA VANJSKI SLOJ PLOČA IVERICA

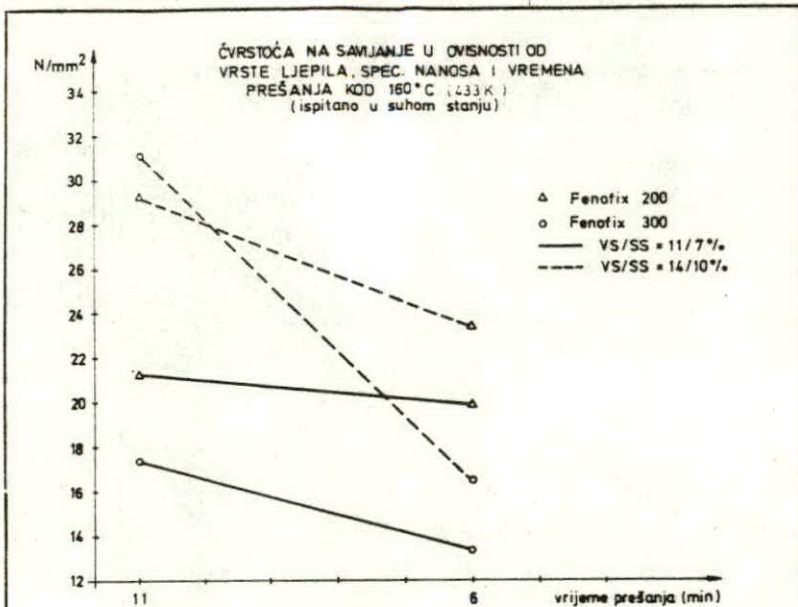


Slika 1.

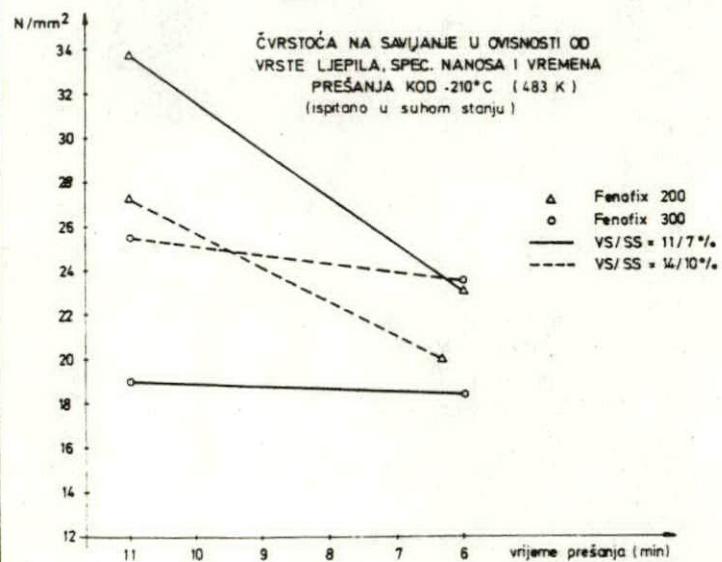
IVERJE ZA SREDNJI SLOJ PLOČA IVERICA



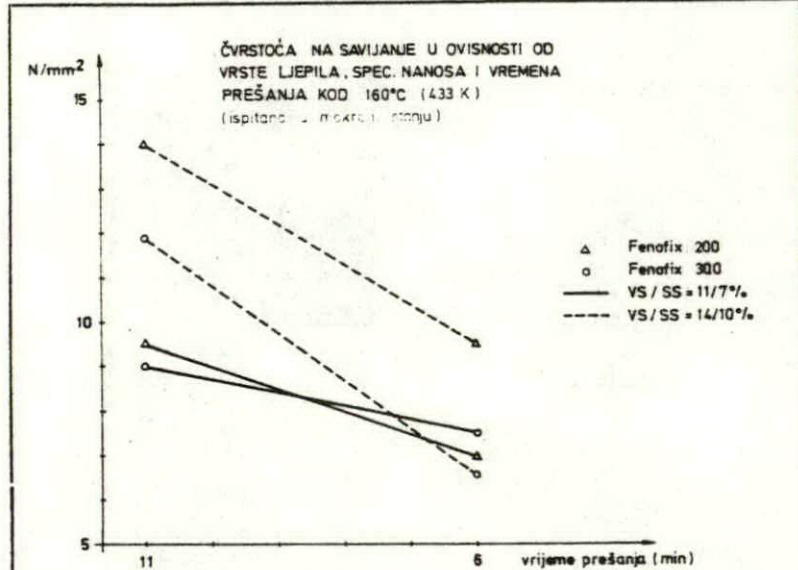
Slika 2.



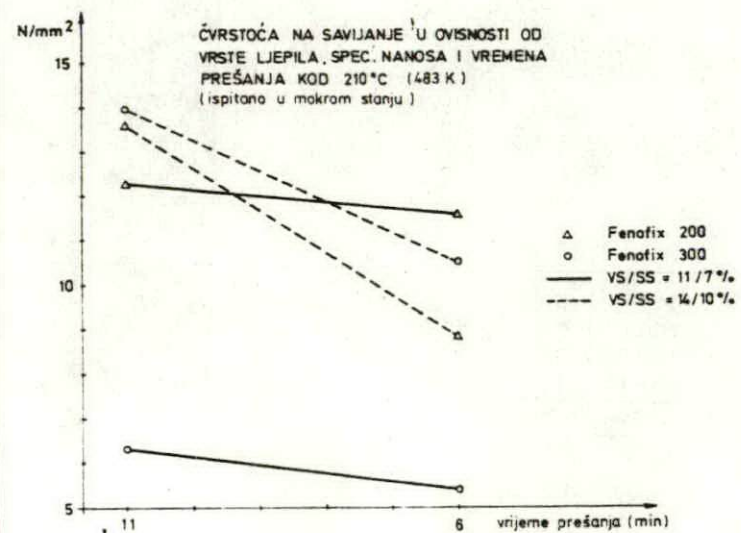
SL-3



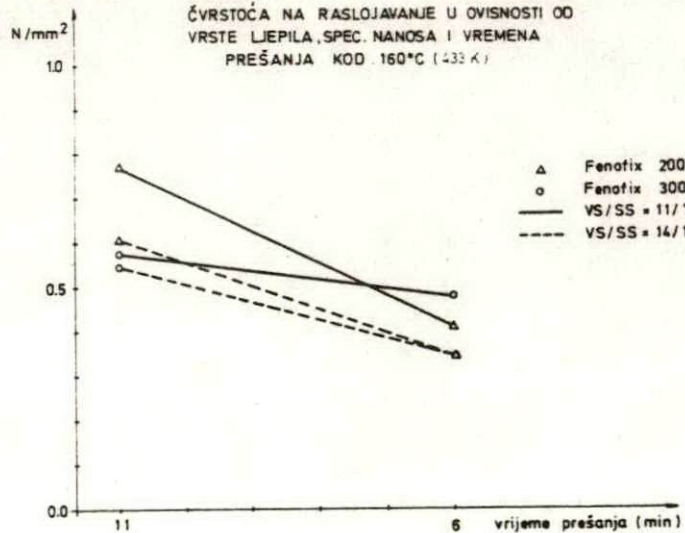
SL-4



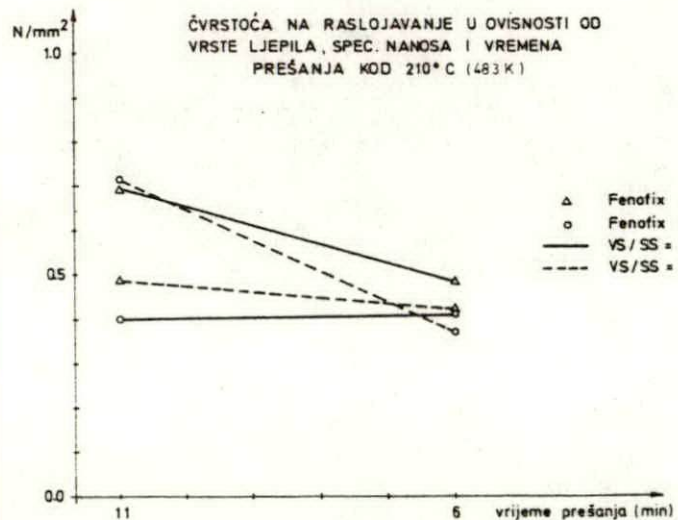
SL-5



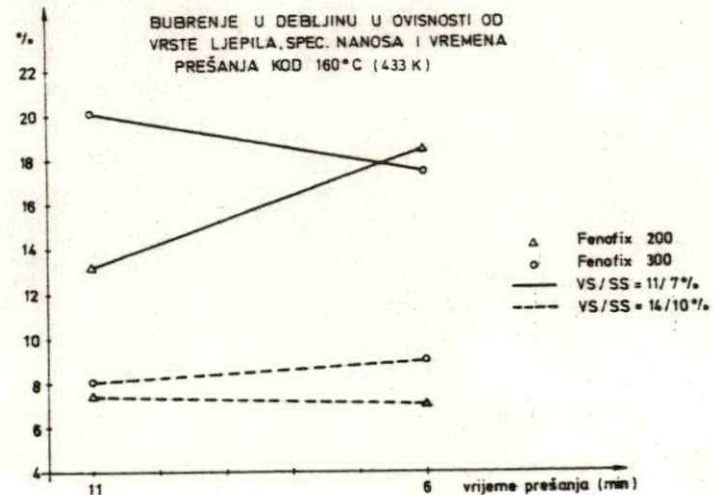
SL-6



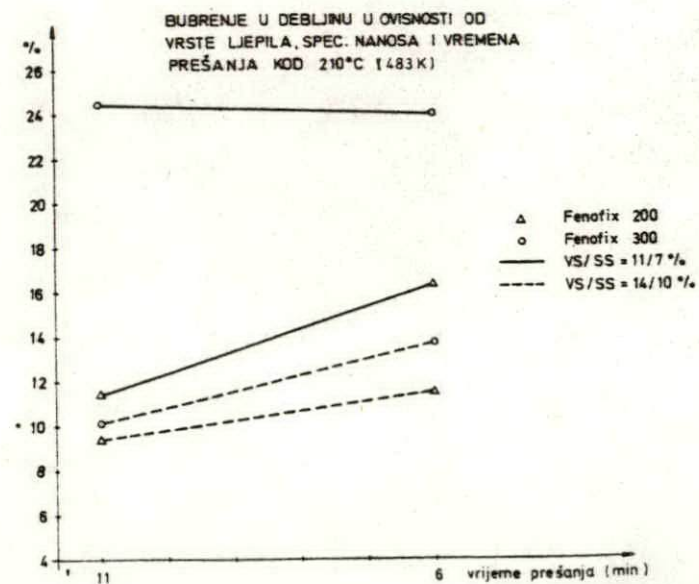
SL. 7



SL. 8



SL. 9



SL. 10

STANJE I RAZVOJNE MOGUĆNOSTI PLOČA VLAKNATICA IZRAĐENIH PO SUHOM POSTUPKU

UVOD

Ultrales ploča vlaknatice, koju proizvodimo po suhom postupku u tvornici LKI Lesonit u Ilirskoj Bistrici, predstavlja rezultat ekoloških zahtjeva, koje smo kao društvo primili i dužni smo jih realizovati. Cilj je naime raditi i živjeti u čistoj okolini. Proizvodnja lesonita - ploča vlaknatice po mokrom postupku to onemogućava, jer je onečišćenje vode vanredno veliko i postiže 77.000 populacijskih jedinica kod ispusta 3,8 m³ onečišćene vode na 1 tonu proizvedenih ploča, unatoč maksimalno satvorenom sistemu i postrojenju za čišćenje otpadnih voda.

OSNOVNI TEHNOLOŠKO-TEHNIČKI PARAMETRI

Osnovni tehnološki parametri proizvodnje ultrales ploča - ploče vlaknatice izrađene po suhom postupku se razlikuju od proizvodnje ploča vlaknatice po mokrom postupku već kod samog razvlaknjivanja drvene mase. Kao sirovina upotrebljava se smjesa liščara (pretežno bukovog drva) i četinara (u glavnom jela) u omjeru 70 : 30. Sječka se razvlaknjuje na spravi za razvlaknjivanje Defibrator L 42 VPB, koja je sa 1480 okreteja/min i instalirenom snagom 1250 kW sposobna proizvesti dovoljno kvalitetne vlakna, koje nije potrebno naknadno refinirati.

U samo kućište defibratora dodaje se prosječno 0,5% parafina i neposredno iza izpustnog ventila vlakna 2,5 - 5,5% fenolnog

* dipl.ing., vodja Razvojnega inštituta LKI Lesonit, Il.Bistrica

** dipl.oec., vodja službe za marketing LKI Lesonit, Il.Bistrica

ljepila u obliku 20-40% vodne otopine na težinu suhe ploče u zavisnosti od debljine ploče. Takvo smjeso vlakna, zasićene pare, fenolnog ljepila i parafina ekspandira u prvi stupanj cjevnog sušionika. Tom prilikom se veći skupovi vlakana razbiju na ravnoajerna vlakna. Medij za transport i sušenje predstavlja nam vruć zrak maksimalne temperature 150-160°C, a na putu do drugog stupnja sušenja vlakna se osuše sa 80-100% vlage na 40-50%. Na ciklonu prvog stupnja izdvaja se vodena para od vlakana, koja prelaze u drugi stupanj cjevnog sušionika, čijeg vruć zrak ima maksimalnu temperaturu 75-100°C. Također se i drugi stupanj sušenja završava sa ciklonom, gdje se odvaja još preostala vlaga od vlakana. Konačna vlaga drvnih vlakana kreće se između 6-9%, a kvaliteta kontrolira se na aparatu sa sitima Haver & Joecker. Upotrebljavaju se sita sa okancima 0,71-0,40-0,20-0,125-0,063 mm.

Vlaga vlakana reguliše se sa sniživanjem odnosno povišavanjem temperature izlaznog zraka na ciklonima i iznosi oko 60°C kod konstantne kapacitete defibratora. U samom dvostepenom sušioniku, kojeg ukupna dužina iznosi oko 160 m vrši se i ravnoajerno opletljivanje drvnih vlakana sa smolom i homogenizaciju mase drvnih vlakana.

Iz silosa vlakana, koji je opremljen sa podnim transporterom za iznošenje vlakana i valjcima za skidanje vlakana, vlakna putuju preko pužnih transportera, celičnih dozatora po pneumatskim vodovima do triju natesnih stanica. Ovdje pulzatori sa krmarnim zrakom raspršavaju vlakna koja slobodno, ravnoajerno padaju na transportnu mrežu. Svake natesne stanica opremljena je sa valjcima za skidanje suvišnih vlakana, a izpod obiju nalaze se vakumske komore, koje omogućavaju bolje formiranje vlaknatog tepiha. Vlaknati tepih se kontinuirano presuje sa dvije hladne predprese, od kojih je prva niskotlačna, a druga visokotlačna. Ovdje se nalaze i dve sprave: detektor za otkrivanje metalnih djelića, koji izdvaja djelove vlaknatog tepiha sa metalnim česticama iz proizvodne linije u silos kotlane, te mjerac površinske težine vlaknatog tepiha.

Debljina ploča regulira se promjenom brzina podnog transportera, valjaka za skidanje vlakana u silosu vlakana, brzinom celičnih dozatora, transportne mreže, upotrebom dviju ili troje naspnih stanica, te visinom valjaka za skidanje suvišnih vlakana.

Hladno ispresovani tepih se uzdužno i prečno formatizira, transportuje preko širokopojasnih ubrzavajućih transportera, te sinkronizirano navozi na transportne limove i zajedno s limovima saržira u etažni lift sa 12 etaža. Lift stoji neposredno pred presom, koja je opremljena sa sistemom za simultano zatvaranje i omogućava izradu ploča na dva načina: regulacijom debljine tanjih ploča pomoću promjena pritiska i regulacijom debljine pomoću pozicioniranja (razmaka) kod debljih ploča.

Ciklusi presovanja bitno se razlikuju od ciklusa u proizvodnji po mokrom postupku, što nam lepo prikazuju grafikoni na strani 4.

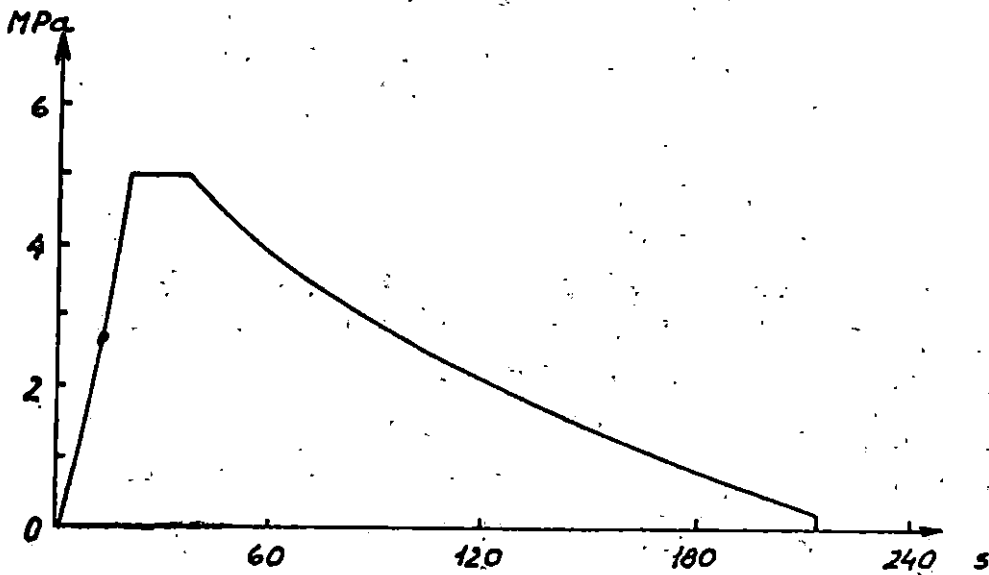
Pressa se zagrijava pomoću termoulja, a njezina redna temperatura iznosi 210°C.

Posle vrućeg presovanja ploče se odvajaju od transportnih limova, koji se vraćaju natrag u proces proizvodnje. Svaka pojedinačna ploča se izvaže, što omogućava kontrolu netresne težine tepiha. U istoj liniji obavlja se još i kontrola tinjajućih djelića na osnovu infracrvenog svjetla i to po cijeloj površini ploče i rubovima. Slijedi umetenje ploča u vagonete i navlaživanje ploča u komorama, gdje se na klimi od 70°C i 90% relativni zračni vlažnosti, navlaže na 5-6%. Nadalje obrada slična je kao u proizvodnji iverice: brušenje, obrezivanje i razrezivanje na gotove formate.

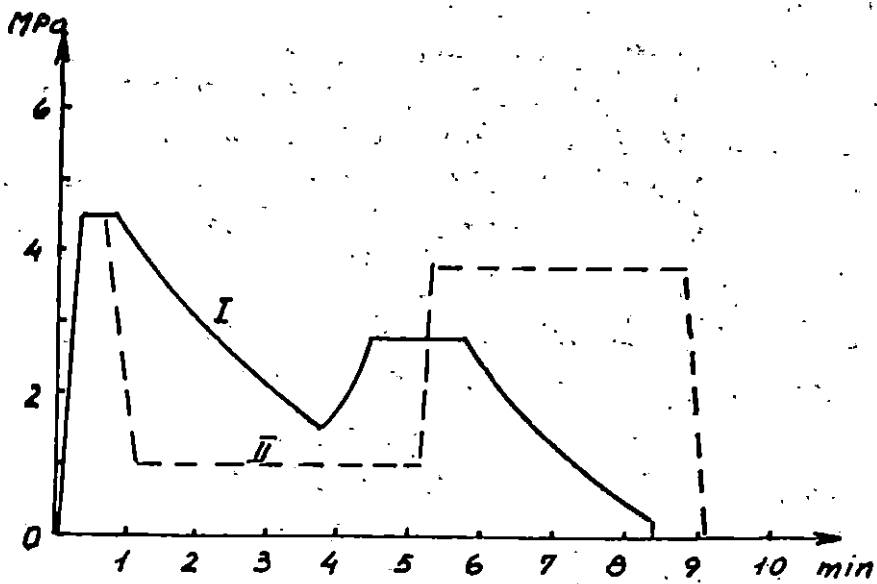
Potrošnja sirovina na 1 t 4,0 mm ultralesa

INPUT

Absolutno suho drvo	kg/tono	1123
Fenolna smola 100%	kg/tono	27
Parafin	kg/tono	5
Težina apsolutno suhих oljepljenih vlakana	kg/tono	1155
Tehnološki gubici 5%	kg/tono	58
Težina apsolutno suhe ploče iz prese	kg/tono	1097
Vlaženje 6%	kg/tono	66



Graf. 1. - Ciklus stiskanja 4 mm ultrales vlakn. plošč pri $T=210^{\circ}\text{C}$



Graf. 2. - I Ciklus stiskanja 10 mm ultrales vlakn. plošč pri $T=210^{\circ}\text{C}$
 II Ciklus stiskanja 4 mm lesenit vlakn. plošč pri $T=200^{\circ}\text{C}$

Težina bruto formata navlaženih ploča	kg/tono	1163
Brušenje 13,7%	kg/tono	137
Obrezivanje 2,6%	kg/tono	26
OUTPUT	kg/tono	1000

Potrošnja energije za 1 tonu 4 mm ultrales ploča

Električna energija	kWh/tono	535
Potrebna toplinska energija	kJ/tono	$6,15 \times 10^6$
Para	kJ/tono	$1,67 \times 10^6$
Sušionici	kJ/tono	$3,48 \times 10^6$
Zagrijavanje prese	kJ/tono	$1,00 \times 10^6$
Gorivo, brusni prah i odresci	kJ/tono	$2,85 \times 10^6$
Proizvedena energija	kJ/tono	$2,28 \times 10^6$
Potrošnja vode	l/tono	950

Ultrales se proizvodi u osnovnom formatu 5200 x 2100 mm i u standardnim debljinama 3,2; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 i 12,0 mm.

Osnovne tehničke karakteristike

	debljina		
Gustoća	3,2 - 5,0 mm	kg/m ³	990 - 1070
	6,0 - 8,0 mm	kg/m ³	960 - 1040
	9,0 - 12,0 mm	kg/m ³	870 - 930
Svojna čvrstoća	3,2 - 5,0 mm	N/mm ²	min. 52
	6,2 - 9,0 mm	N/mm ²	min. 48
	10 mm	N/mm ²	min. 44
Modul elastičnosti	3,2 - 4,0 mm	N/mm ²	min. 3.500
	6 mm	N/mm ²	min. 3.600
Čvrstoća na zatezanje okomito na površinu	3,2 - 4,0 mm	N/mm ²	min. 1,4
	6,0 - 8,0 mm	N/mm ²	min. 1,0
	10,0 - 12,0 mm	N/mm ²	min. 0,8
Upijanje vode nakon 24 sata	do 9,0 mm	%	max. 28
	9,1 - 12,0 mm	%	max. 35
Debljinsko bubrenje nakon 24 sata		%	max. 20
Dimenzionalna stabilnost po DIN 53799 40°C/ 90% r.zr.vlage		%	max. 0,45

20°C: 32% - 20°C/ 90% r.zr. vlage
 Tvrdća po Brinelu

%	max. 0,30
N/mm ²	min. 6

Sadržaj slobodnog formaldehida ubraja ultrales ploću po metodi Perforator u klasu E₁. Kod tanjih ploća je sadržaj manji od 2 mg HCHO/100 g stro tvori, a kod debljih manji od 5 mg HCHO/100 g stro tvori.

RAZVOJNE MOGUĆNOSTI

Perspektiva širenja asortimana ultrales ploća nalazi se u promjenama njenih sadašnjih osobina. Sadašnja ploća naročito je upotrebljiva u standardnim proizvodima drvne industrije. Postići moramo veću vodootpornost, odnosno sniziti njeno upijanje vode nakon 24 sata na 6-8%. Tome srazmjerno snizuje se i debljinsko bubrenje te poboljšava dimenzionalna stabilnost. Sa raznim aditivima koji koče gorenje drveta, moguće je proizvesti 10-12 mm ploću, koja će zadržavati prodor vatre do 15 min. Isto tako će biti nužno izraditi ploću, koja će biti otporna na mikroorganizme, insekte i termite. Sve to sahtjeva još podosta razvojno istraživačkog rada, te financijska ulaganja u dodatnu opremu, ali će time biti omogućen plasman u druge proizvodne segmente kao što su građevinarstvo, izrada montažnih elemenata, tako vanjskih kao unutrašnjih i upotreba ploća u vlažnim prostorijama odnosno u izrazito promjenljivim klimatskim uslovima. Dimenzionalna stabilnost ploće moći će se još dodatno poboljšati sa elektrostatičkim usmjeravanjem drvnih vlakana u samim natresnim stanicama. Takvim načinom mogli bi se tri natresne stanice proizvesti troslojni tepih vlakana. Praktički to je sistem troslojno vezane ploće.

AUTOMATIZACIJA TEHNOLOŠKOG PROCESA

Cjelokupni tehnološki postupak izrazito je zahtjevan, jer se kontinuirano odvija kroz više separatnih tehnoloških postupeka, među kojima mora postojati visok stupanj usklađenosti. To dejstvo omogućava upotrebu tehnološko tehničkog informacijskog sistema, koji će povezivati materijalni tok, energetski tok i informacijski tok.

Ovakav tehnološko tehnički informacijski sistem, moguće je uvesti po fazama, odnosno po tekozvanim podsistemima koji su: mjerni, upravni, izvršavajući i kontrolni. Sve to znači u konačnoj fazi automatizaciju tehnološkog procesa, što će omogućavati optimalnu potrošnju sirovina i energije. Planirane uštede u granicama od 8-10% nisu zanemarljivo male.

ZAKLJUČAK

1. Proizvodnja ploča vlaknatica po suhom postupku u svojoj osnovi rješava ekološki problem zagađivanja vode.
2. Tehnološko zahtjeva proizvodnja omogućava proizvodnju ploča različitih debljina, a sa raznim dopunama postaje fleksibilna s obzirom na namjenu upotrebe ploča.
3. U okviru cjelokupnog tehnološkog ciklusa moguće je postići visoko pokrivenje termoenergetskih potreba, čak do 90%, sa korištenjem presitnih frakcija sječke, odbrušene prašine o odrezaka.
4. Sa uvođenjem automatizacije tehnološkog postupka moguće je postići optimalno iskorištavanje sirovina i energije.

IZVOR PODATAKA

1. Christ J.R. and Rudman D.W. - Consideration in conversion of a particleboard plant to medium density fiberboard. Proceedings Thirteenth International Particleboard Symposium W.S.U. 1979.
2. Fyie J.A., Henckel D.J. and Peters T.E. - Electrostatic orientation for efficiency and engineering composition panel properties. Proceedings Fourteenth International Particleboard Symposium W.S.U. 1980
3. HRVATIN Florjan, ing. - Razvojne mogućnosti tehnološkog procesa pri proizvodnji plošč vlaknenk po suhom postupku - Interna študija LKI Lesonit 1983
4. Investicijski program ukinitve proizvodnje vlaknenih plošč po mokrem postupku LKI Lesonit 1984

II. Problematika možnosti aplikacije i plasmana plošče vlaknatice ultrales

1. Uvod

Od svog osnutka dalje t.j. od 16.04.1946. godine kada je proizvela prvu ploču vlaknaticu na Balkanu, radna organizacija Lesonit razvila je proizvodnju ploča pa tkz. mokrom postupku do kvalitete s kojom je mogla konkurirati i renomiranim evropskim proizvođačima.

Uared 70-ih godina međjutim bila je primorana razmišljati o svojem daljnjem razvoju, suočavajući se s problemima koji se nisu mogli mimoći: zastarjelost opreme, ekološki problem kao presudno pitanje dotadašnjeg i daljnjeg načina proizvodnje, problem bržeg zapošljavanja i razvoja ne samo radne organizacije Lesonit već i razvoja privrede na nivou regije i SR Slovenije.

Na osnovu istraživanja slične problematike i načina njenog rješavanja, te slične ili podobne tehnologije primenjene u tom cilju u Evropi i u svijetu a obzirom na dosadašnje proizvodno iskustvo radnog kolektiva, vlastitog znanja te usposobljenosti vlastitih kadrova, odlučeno je da se produži sa proizvodnjom ploča vlaknatica ali - po suhom postupku.

Izvršeno je i istraživanje tržišta, prvenstveno po pitanju plasmana budućeg proizvoda u našoj zemlji i izvozu.^{1/}

Istraženi su mogući segmenti upotrebe, sistematski, po kvalitativnim i kvantitativnim karakteristikama:

- kuhinjski plosnati namještaj
- plosnati namještaj /moderni-stilni/
- masivni - komodni namještaj
- ostali namještaj
- prosta prodaja neobradjene ploče za namještaj
- industrija gradjevne stolařije /vrata, prozori/
- podovi
- zidne obloge
- pregradni zidovi
- viseći stropovi
- montažne kuće /prefabricirani elementi/
- ostala upotreba v gradjevinarstvu
- prosta prodaja neobradjene ploče v gradjevinarstvu

1/

- Tržna analiza o mogućnostih plasmana vlaknenih plošč Slovenijales - marketing, Ljubljana 1975
- Raziskava o mogućnostih plasmana vlaknenke po suhem postopku. ITEO, Ljubljana 1977/1978

Za sve te segmente bile su kasnije izradjene i študije konkretne primjene.^{2/}

Prva ploča vlaknatica po suhom postupku je tako proizvedena 6.12.1978.

Važno je spomenuti da su već prije početka proizvodnje koncipirane i nužne promotivno - propagandne akcije /Godinu dana prije početka proizvodnje tiskan je prospekt i na stranim jezicima! Ime nove ploče t.j. ultrales odabrano je po semantičkom diferencijalu a na osnovi interne ankete, /te je u tu svrhu oblikovana i Služba za marketing koju Lesonit do tada nije imao.

2. Problemi pri uvođenju nove ploče na tržište

Ploča vlaknatica 'ultrales u naš je bila i još je relativno nov material, čija primjena je uslovljena činjenicama da je

- u proizvodnji proizvoda od ploča iz drveta ukorijenjena upotreba tradicionalnih materiala kao iverice, lesonit, panel ploča, prirodno drvo i slično
- što je za poznate materiale način prefabrikacije, dodatne obrade i ugradnje poznat te ne iziskuje posebnih tehnoloških problema, problema sirovina, prodaje i slično
- što te poznate materiale prihvaća kako proizvođač - preradivač tako i kupac - krajni potrošač, bez posebnih edukativnih informacija
- što se ti materiali, u nedostatku jednog ili drugog, mogu međusobno lako substituirati, uz prihvaćene a na neki način i društveno /pa čak i psihološko!/ verificirane razlike i kvalitetu i cjeni.

Ultrales medjutim demonstrira se novim, posebnim osobinama:

- obzirom na drugačiji kvalitet, u poredjenju sa poznatim materialima traži drugačiju obradu - što kod preradivača tradicionalnih materiala ponekad traži izvjesne promjene u vlastitoj tehnologiji a što je naravno, obzirom na neelastičnu velikoserijsku proizvodnju preradivača dugotrajan proces
- a obzirom na drugačiji, u poredjenju sa nekim od poznatih materiala i bolji kvalitet, ultrales traži a i pruža drugačije mogućnosti primjene - što naravno traži ulaganja u istraživanje tržišta i razvoj novih proizvoda

^{2/} N.pr. študija Vlaknenka v gradbeništvu. Biro za lesno industrijo, Ljubljana 1977/1978

- ultrales je u tom kontekstu obogačivanja ponude poznatih materijala sa još jednim, novim materijalom
- cena ultralesa rezultira iz inozemskih kredita, agresivne politike kamatnih stopa te vrijednosti US\$ - što nije problem nastao u radnoj organizaciji Lesonit ali ga ipak mora rješavati radna organizacija sama.

Mada okarakterizirana kao MDF ploča, ultrales to nije - po tehničkim karakteristikama ultrales ploča zauzima položaj između ploča vlaknatica po mokrom postupku /lesonit/ i MDF ploča t.j. ploča srednje gustoće, po suhom postupku - što ju zapravo čini jedinstvenom pločom na svijetu ali što traži i poseban pristup u njenom plasmanu.

Sadašnji privredni trenutak ne omogućava a ponekad i ne dozvoljava većih ulaganja u razvoj novih proizvoda u većini radnih organizacija, pa se radna organizacija Lesonit mora brinuti ne samo za kvalitet proizvoda već kako i u kakvom obliku će ultrales upotrebiti njegov kupac - čime se gubi vrijeme na usavršavanju i pojeftinjenju već poznate primjene.

Tvornicu za proizvodnju ultralesa je Lesonit morao postaviti obzirom da je bilo treba pristupiti što bržem a prije svega konkretnijem rješavanju ekološkog problema. Kako rješavanje ekološkog problema "uslovljava" bar na srednje-ručni period i probleme nove proizvodnje pa i plasmana ultralesa kao novog proizvoda, nameće se samo po sebi jedno globalnije i strateški važnije pitanje: ako postoji naime problem zagađivanja vode na slovenskom Krasu, što je s tim istim problemima u drugim regijama i koliko je takav način proizvodnje vezan i diktiran obzirom na sadašnje i buduće ekološke probleme u jugoslovenskom prostoru?

Da se proizvodnja i plasman ipak povećuje, naravno uz velike tehnološke, razvojne in prodajne napore, vidljivo je iz pregleda proizvedenih /i prodatih/ količina u zadnjim godinama.

Tabela 1: Proizvodnja ultralesa 1979 - 1983, u tonama

Godina	1979	1980	1981	1982	1983	Plan 1984
Količina	12.314	30.844	36.174	38.013	39.823	45.046
Izvoz %	11,3	9,1	19,9	23,5	31,4	33

3. Plāče vlaknatice pō suhom postupku v svijetu

Poznato je da je proizvodnja ploča vlaknatice po suhom postupku /MDF ploče/ počela v ZDA u 1965 godini te je tadašnja proizvodnja iznosila 85.000 m³ - da bi se u 1982 godini popela već na impresivnih 1.365.000 m³.

U Evropi je s takvom proizvodnjom počela NDR, godine 1973, s proizvodnjom od 150.000 tona; u godini 1983 Evropa ima već 1.120.000 m³ instaliranih kapaciteta.

Ostale zemlje /Japan, Filipini, Avstralija, New Zelend itd/ povećale su proizvodnju ploča vlaknatice MDF od 125.000 t u godini 1972 na 604.000 tona u 1982 godini.

U posljednjim se godinama, usled recesije i pada tražnje, proizvodnja svih ploča povećava se uz minimalne stope rasta, u nekim zemljama čak stagnira /gl. Tabela 2/.

Uprko tome beležimo u svijetu izgradnju novih fabrika za proizvodnju MDF ploča /ZDA, Japan, Kina, Irska, Italija, Jugoslavija.../ što nagoviještava izvjesni optimizam po pitanju sadašnjeg i budućeg plasmana tih materijala.

Ocjenjuje se da je 1983 godina donijela evropskim proizvođačima izvesno poboljšanje na tržištu ploča vlaknatice /tvrda vlaknatice za 1%, izolacijska ploča za 5-6% te MDF za 10% ili više/ te se u 1984 godini očekuje produživanje pozitivnog trenda sa poboljšavanjem mogućnosti u građevinarstvu i industriji namještaja. Obzirom na to, predviđa se 4-5% realnog porasta tražnje po vlaknatim pločama. 3/

Takođe se razmišlja da je za industriju ploča vlaknatice kao cjeline treba razviti posebne strategije za prilagodjavanje stagnaciji. Investicije za obnovu ne bi trebale stvarati nove kapacitete a tvornice koje posluju s prevelikim gubicima treba sanirati ili čak zatvoriti. 3/

Općenita je konstatacija da je potrebno oživljavanje na svim područjima stambene izgradnje, koje zatim ubrzava potražnju po namještaju čime bi se potrošnja MDF ploča a i ostalih materijala podigla na zadovoljavajući nivo. 4/

TABELA 2: PROIZVODNJA VLAKNATICA TRDE + MDF V 1000 m³

	1970	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
YU	58	77	81	84	97	93	92	93	90	99	107	107
EVROPA	2726	2826	2941	3276	3226	2836	3085	3050	3203	3085	3109	2952
ZDA	1397	1641	1822	1911	1889	1704	2015	2136	2028	2027	1708	1800
SVET	6135	6629	7151	8054	8061	7580	8380	8595	8710	8576	8553	8448

IVERICE

YU	190	215	264	321	375	413	484	626	632	726	812	789
EVROPA	12274	13976	16630	19399	19445	19073	21212	21962	22811	23762	24045	23310
SVET	19144	22753	27396	31949	31654	30712	34859	38204	40227	41228	41422	39670

VEZAN LES/ŠPER PLOČE

YU	161	165	172	161	194	175	176	202	195	194	162	153
EVROPA	3929	4094	4431	4512	3859	3538	3779	3628	3534	3675	3584	3359
SVET	33174	40224	42171	36130	34310	38832	38832	41291	41895	42318	39138	37922

VIR: YEARBOOK OF FOREST PRODUCT / FAO 1983

4. Ploča vlaknatica ultrales - perspektiva

Na osnovi dosadašnjeg proizvodnog i prodajnog iskustva moglo bi se reći da

- plasiraju se prije svega ploče ultrales debljine 3,2-4,0 mm i to kao substitut za klasični lesonit
- ploče debljine 5,0 - 12,0 mm su u takvom debljinskom razredu da su za građevinarsku industriju te industriju namještaja upotrebljive jedino uz nova projektantska i dizajnerska rješenja /komparacija sa MDF pločama većih debljina evropske proizvodnje je stoga nerealna/
- na cijenu ultralesa utiče i cijena osnovne sirovine: kako je cijena drvnih otpadaka na nivou cijene masivnog drveta to je i ultrales skuplji no što bi trebao biti n.pr. kao /vještački/ substitut za /prirodno/ masivno drvo
- ploča ultrales demonstrira se posebnim kvalitetama koje je distanciraju kako od lesonita tako i od MDF ploča, što joj daje jednu posebnu poziciju kako na jugoslovenskom tako i na inozemnom tržištu.

Plasman ultrales ploča u zadnjim godinama praćen je odstupanjima u proizvodnji zbog neravnomjerne tražnje, čestih promjena potrošačkih kredita, neravnomjerne stambene izgradnje, slaba opskrba s repromaterialima, problem deviza itd /što medjutim važi i za ostale proizvođače/, što će vjerovatno i potrajati.

Zbog toga i planovi radne organizacije Lesonit za slijedeće razdoblje nisu isuviše pretenciozni: uz moguća ulaganja u poboljšanje kvaliteta proizvodnje te istraživanje mogućnosti primjene ultralesa povećati sadašnji obim proizvodnje kao osnovu za daljnu rast.

Kako je godina 1983 zaključena bez većih gubitaka, sa znatnim povećanjem izvoza, takva je orijentacija i jedina prihvatljiva.

Bikić Huso, dipl. ing.

Tvornica mediapan ploča

B u s o v a č a

TEHNOLOGIJA I OPREMA ZA PROIZVODNJU

MDF PLOČA

1.1. Kratak istorijat tehnologije i proizvodnje

MDF ploča

MDF-om (pločama vlaknaticama srednje gustine) nazivaju se drvene ploče vlaknatice čija je gustina od 400 do 925 kg/m³. 1960.-61. godine Miler Hofft Inc. je razvio nekoliko postupaka proizvodnje pločastih proizvoda od razvlaknjenih lignoceluloznih materijala oblijepljenim sa urea-formaldehidnim ljepilom koje su 1959. godine, nakon višestrukih pokušaja osvojili Miler Hofft i Allied Chemical Corporation.

1966. godine projekat za proizvodnju MDF ploča biva kompletiran za Baret Divicion of Alleid Chemical Corporation. Ova tvornica je kao sirovinu koristila mješano tvrdo drvo liščara, a proizvodnju je, uglavnom, plasirala u montažno gradjevinarstvo za vanjske obloge montažnih kuća. 1967. godine ova Tvornica zajedno sa Wahter Corporation počinje sa proizvodnjom mediapan ploča i radi pod nazivom Celotex Corporation. Ova tvornica, kratko nakon početka redovne proizvodnje čini zaokret na tržištu. Orijentiše se na proizvodjače namještaja.

Nakon što je primjena i potražnja MDF-a snažno porasla, Miller Hofft je projektovao tvornicu MDF ploča u Bassett Wirginia, čiji je proces patentiran. Ova tvornica koristi presu sa VF generator grijanjem. Iste godine je izgrađena tvornica u Krehler Meridionu Missisippi. Ova tvornica nije opremljena generatorom VF struje te je proces presovanja tzv. vrući proces. Izgradnja i rad ove dvije tvornice stimališu izgradnju novih tvornica. Između 1970 i 1972. godine izgrađeno je još dvije tvornice kapaciteta od 120 do 140.000 m³ ploča. Nadalje, u periodu 1974. do 1976. godine izgrađeno je u USA još pet tvornica. Sve ove tvornice su imale kapacitet od oko 135.000 m³ godišnje. U istom periodu dvije tvornice su izgrađene u Evropi i to Intamassa, Španija i naša Tvornica u Busovači u okviru IK Krivaja Zavidovići.

Obje tvornice su opremljene generatorom VF struje.

U ovim tvornicama je Miller Hofftovu tehnologiju prenijela francuska inženjering firma Cifal Pariz. Cifal je radio i na prilagodjavanju evropske opreme za ovu tehnologiju.

1976. godine firma Canterbury Timber Producte Ltd (Ctp) Rangiora, New Zealand pušta u proizvodnju tvornicu "Customwood" kapaciteta 70.000 m³ godišnje.

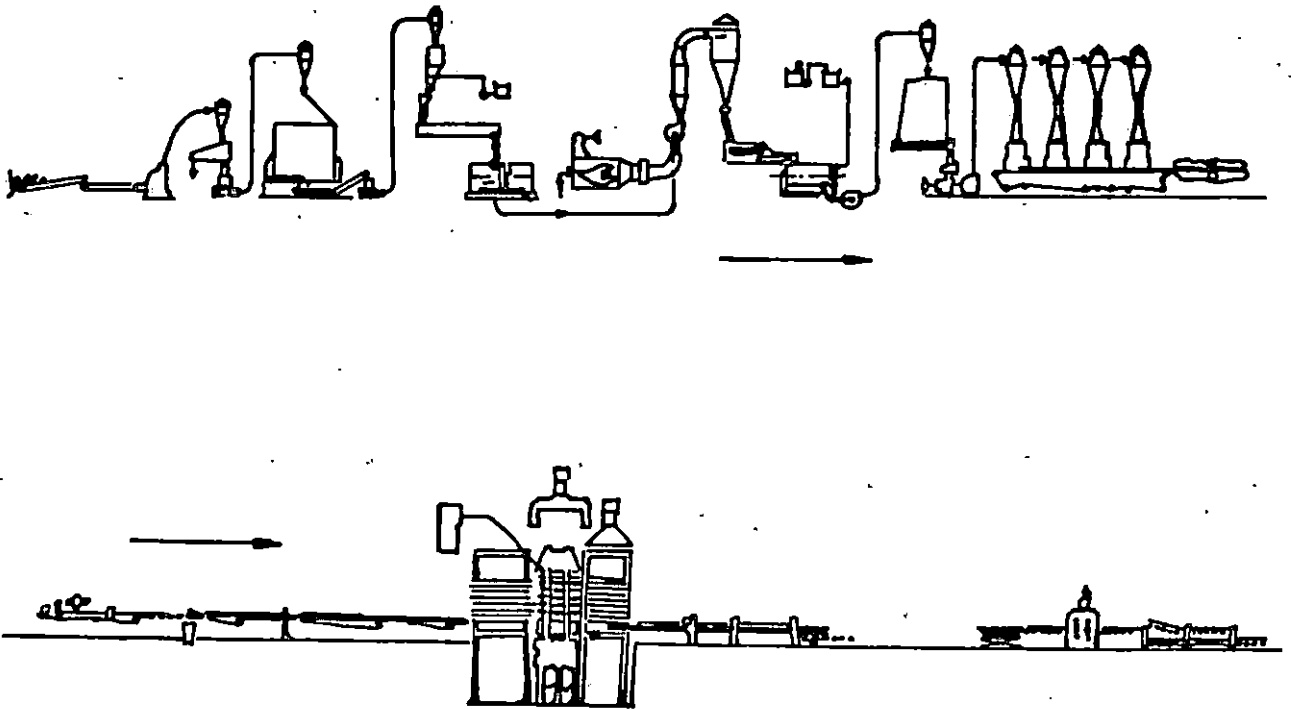
Ova kompanija je i glavni dioničar u izgradnji novog pogona u Australiji kapaciteta od 80.000 m³ godišnje.

Izgradnja kapaciteta za proizvodnju MDF se intenzivno nastavlja na skoro svim kontinentima pa je svjetska proizvodnja MDF dostigla cifru od skoro 2 miliona m³ godišnje.

...-...

1.2. Kratak tehnološki opis proizvodnje
MDF ploča

Poznat je veći broj postupaka za proizvodnju ploča vlaknata. Osnovna podjela bi se mogla napraviti prema mediju koji omogućava transport vlakna, prema načinu presovanja i prema vrsti ljepila koje se koristi u tehnološkom procesu. Tako imamo: suhi i mokri postupak, vruće i VF presovanje, te urea-formaldehidno, urea-melamindehidno i fenolno ljepilo. U našoj tvornici u Busovači se koristi suhi postupak, VF presovanje i urea-melaminformaldehidno ljepilo. Protok materijala je kontinuiran i odvija se slijedećim redom (vidi sl.1.).



SL 1

ŠEMATSKI BIJAGRAM PROIZVODNOG PROCESA MDF

Sirovina, drvo se priprema i siječe na sjekorostrojevima, te pneumatski transportuje u silos sječke koji amortizira sve oscilacije u proizvodnji sječke i njenoj potrošnji. Odatle sječka sistemom transportera (trakasti pneumatski) biva prebačena u dva manja silosa koji snabdjevaju dvije odvojene linije defibracije. Defibracija se odvija u dva odvojena sistema. Nakon defibracije vlakno zajedno sa već dodanim rastaljenim parafinom odlazi, opet pneumatskim putem u sušare. Nakon sušenja, koje se obavlja u cjevovodima od sušara do ciklo-nskihodvajača na kraju linije sušenja, vlakno se u blenderima (mješalicama) ubrizgava ljepilom i biva transportovano do silosa pripremljenog vlakna. Iz tog silosa, sada sa četiri pneumatska transportera, vlakno se dotura do natresnih stanica gdje se formira tepih. Formirani tepih (vakumiranjem) se najprije zbije u predpresi i sistemom transportera dovodi do ulagača koji puni presu. Nakon izvršenog presovanja imamo formatiziranje ploča i njihovo 24-satno kondicioniranje prije brušenja. Brušenje je posljednja faza proizvodnje MDF-a i mora biti veoma kvalitetno.

1.3. Sirovine i repromaterijali za proizvodnju MDF-a

Osnovna sirovina za proizvodnju MDF ploča je drvo. Sirovine mogu biti u formi tvrdog ili mekog celuloznog drveta, iverja, otpadaka od blokova ili strugotina, pilotina i pilanski otpaci, otpaci šper-ploča i drugih drvenih ploča. Biljke, kao što je bagazija i neke trave takodje daju dobre rezultate.

Miller Hofft je u svojim laboratorijama na pilot postrojenjima proizveo MDF iz vlakna dobijenih iz mnogo raznih vrsta drveta i mješavina, uglavnom iz Sjeverne Amerike i nekoliko iz Južne Amerike, Evrope, Azije i Australije. Za mnoge od ovih vrsta testirana su vlakna dobijena od nekoliko različitih vrsta istog tipa drveta. Kao što je i predviđeno, varijacije u fizičko-mehaničkim osobinama, stabilnosti dimenzija, prihvatanju boja i mašinskoj obradi kod vlaknatica ekrivalentnih gustina dobijenih od različitih tipova drveta su bile znatno manje od varijacije u osobinama ploča dobijenih od različitih vrsta drveta od kojih su dibujena vlakna.

Vlakna dobijena od mješavine raznog drveta, posebno mješavine drvrudog i mekog drveta često su dala ploču sa boljim bilanskom osobina nego one dobijene od istog drveta. Ploče dobijene iz mješavine vlakna ili miješanjem samih sirovina su, općenitom nešto boljih osobina nego ploče proizvedene od jedne vrste drveta.

Miller Hofft je sa svojim pilot postrojenjima proizveo ploče vlaknaticе od sljedećih vrsta drveta: Australijski i turski borovi, Kedrovine (nekoliko vrsta), Čempresi, Daglas jela, Istočni bijeli bor, Norvečki bor, Ponderosa bor, Južni bor (iz nekoliko oblasti), Španski bor, Omorika, Zapadna kukuta, Bijela jela, Joha, Topola, Likovo drvo, Bukva (Jugoslavija), Breza, Pamučna stabljika, Brijest, Eukaliptus, Kaučuk, Hikari, Grab (Francuska), Luana, Javor, Hrast (crveni i bijeli iz nekoliko oblasti), Platana, Miješano tvrdo drvo (mnoga), miješano meko drvo (mnoga), miješano tvrdo i meko drvo,

Kod miješanja sirovina mora se strogo voditi računa da omjer bude u toku proizvodnje konstantan da se izbjegnju oscilacije u kvalitetu ploče.

U tvornici mediapan ploča u Busovači projektom je predviđeno da sirovina bude mješavina bukovog drveta 80% i četinarara 20%.

Iskustva stečena tokom sedmogodišnje proizvodnje kazuju da je sa opremom koju posjeduje naša tvornica teško obezbijediti postizanje ovakvog zahtjeva kao i to da veoma je teško imati isti kvalitet vlakna dobijenog od bukovog i četinarskog drveta.

Vlakno četinarara je pri istim tehničkim uslovima mnogo krupnije pa se zbog svoje bijele boje veoma ružno ističe na površini obrušene ploče. Pored ovog vizuelnog nedostatka pojavljuju se i neki problemi u obradi i primjeni ploča, kao što su različita primanja boje i teško prikrivanje različitih boja vlakna. Zbog svega navedenog u tvornici se koristi isključivo bukovo drvo kao sirovina.

Pored drveta u našoj tvornici kao sirovine značajno mjesto zauzimaju urea formaldehid, urea, melamin i amonijum sulfat. To je zbog toga što tvornica u okviru svoje proizvodnje proizvodi i potrebne količine ljepila (smole).

1.4. Energetske komponente u proizvodnji MDF ploča

Fabrike MDF (ploča vlaknatica) čija se proizvodnja bazira na suhom postupku, su značajni potrošači energije. Tvornica mediapan ploča u Busovači koja nam može poslužiti kao primjer troši 450-550 kWh/m³ električne energije, lož ulja cca 80 l/m³, mazuta cca 40 kg/m³ itd. Ovako visoka potrošnja el. energije uzrokovana je vrlo neekonomičnim pneumatskim transportom, velikom energijom potrebnom za razvlaknjivanje (defibraciju) i primjenom 600 kW generatora nisko-frekventne struje. Sušenje vlakna je u sušarama kojima toplota obezbjedjuje sagorijevanje lož ulja, te je zbog toga i potrošnja ovog energetskog medija veoma visoka. Za obezbjedjenje tehnološke pare djelimično se koristi mazut, što potrošnju skupe energije još povećava. Pored navedenih koriste se još prašine nastala u procesu brušenja, piljevina sa sjekirostroja i formatiziranja ploča i razni drveni otpaci za loženje u kotlu na kruta goriva.

Za proizvodnju je pored napomenutih energetskih medija potreban komprimirani vazduh u količini od cca 12 m³/min.

2.0. Tehnološki koraci u proizvodnji MDF i oprema

2.1. Priprema sječke

Prvi korak u tehnološkom lancu proizvodnje MDF je priprema sječke. Kao što je navedeno ranije kao sirovinu moguće je koristiti gotovo sve vrste drveta i u gotovo svim formama kao što su oblovina, cijepano celulozno i ogrijeveno drvo, pilanski otpaci, sječka itd.

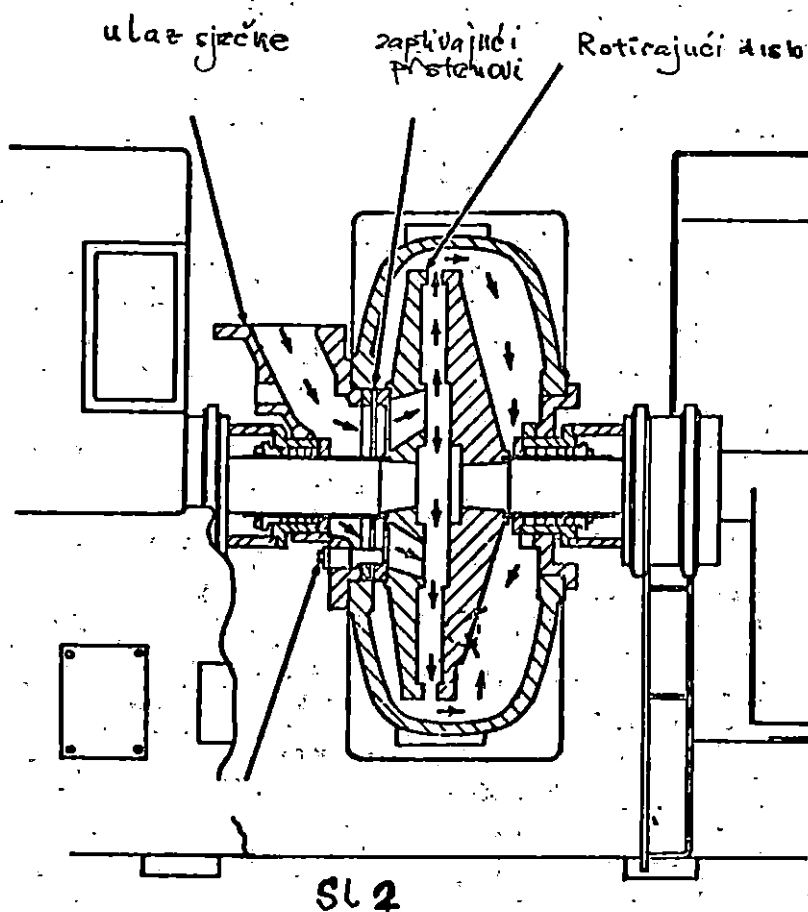
Medjutim, sve ovo mora biti zdravo drvo, dakle ono iz koga se može dobiti vlakno. Još je veoma značajno da sirovina bude čista bez primjesa drugih materijala. Sirovina se stoga u mnogim fabrikama pere, što daje veoma dobre rezultate u uštedi alata za sječenje drveta i defibraciju kao i u boljem kvalitetu samog proizvoda. U "mediapan"-u Busovača se koristi, kao što je rečeno isključivo bukovo drvo i to tanka oblovina, cijepani sortimenti i pilanski otpadak u obliku sječke. U Tvornici mediapan ploča Busovača za sječenje drveta se koriste dvije sjakačice (sjekirostroja) sa horizontalnim napajanjem. To su mašine koje su proizvedene u američkoj firmi "DODERHAMN" i obezbjeđuju veoma kvalitetnu sječku, što znači sječku željene i ujednačene granulacije. Kapacitet postrojenja je dva puta po 35 m³/h. Sječka se nakon sječenja prosijava na sitima, tako da dobijemo tri separata od kojih samo jedan, čije su dimenzije cca 25 x 5 mm, pneumatskim putem biva transportovan dalje u tehnologiju.

2.2. Defibracija

Termomehaničkim tretiranjem pripremljene sječke (ustnjenog drveta) dobijamo vlakno koje je glavni sastojak ploče. Ovaj tehnološki korak je veoma osjetljiv i skoro od presudne važnosti za kvalitet proizvoda. Sječka koju smo već pneumatskim putem deponovali u silose defibratora uvodi se u ukuhač kroz rotacioni šelijski dodavač, čija je uloga održavanje potrebnog pritiska u sistemu koji čine ukuhač, pušni transporter i defibrator. Ukuhanje se vrši u zasićenoj vodenoj pari tako da se broj okretaja pušnog transportera ukuhača podese tako da sječka, zapravo vrijeme potrebno za njeno raskuhavanje prodje na putu sa jednog (ulaznog) do drugog (izlaznog) kraja ukuhača. Pritiska u sistemu je cca 7 bara. Ukuhač je horizontalnog tipa i veoma je jednostavne konstrukcije. To je zapravo zatvoreni pušni transporter ispunjen vodenom parom pritiska 7 bara. Tako pripremljena sječka se doprema između diskova defibratora. Na diskovima su montirani rezni segmenti alati za defibraciju. Diskovi rotiraju na odstojanju od 0,5 mm u suprotnim smjerovima. Oba diska imaju po 1450°/min. Gonjeni su snažnim elektromotorima od po 400 KW. Radni napon ovih motora je 6000 V. Kompletna linija defibracije je proizvodnja američke firme THE C-E BAKER BROS COMPANY. Ovako komprimirani defibratori su, ustvari, namijenjeni za proizvodnju vlakna u papirnoj industriji i omogućavaju proizvodnju veoma finog i kvalitetnog vlakna. Slaba strana im je veoma teško održavanje potrebnog nivoa stanja ispravnosti i veoma česte pojave sitnog ivera u vlaknu koje prolazi kroz kontaktne prstenove (sl.2.), a da ne bude zahvaćeno segmentima za defibraciju.

Treba reći da se prije defibracije dozira rastaljeni parafin ili voštana emulzija u omjeru 1:200 težinskih čvrste supstance parafina u odnosu na apsolutno suho vlakno. U sklopu linije defibracije obavlja se sušenje vlakna do 5% sadžaja vlage. U Busovači, u "Mediapanu" su instalisane dvije sušare "Reneburg" koje sušenje vlakna obavljaju putem ugrijanog zraka na cca 200° C direktnim grijanjem unutrašnjeg plašta i zraka na uljnom gorioniku.

Principijelna shema rada defibratora:



2.3. Oblijepljivanje vlakna

Osušenom vlaknu se dodaje ljepilo koje se ubriagava pod pritiskom i uz pomoć komprimiranog zraka u miješalici u kojoj stalno nadolazeće vlakno rotira po spiralnoj putanji tako da nakon dobrog miješanja stiže na kraj blendera (mješalice), a odatle u pneumatski transporter.

Mnoge fabrike koriste već pripremljene ljepilo, dok fabrika Mediapan u sklopu ovog dijela procesa ima tzv. hemijsku pripremu koja je ustvari mala fabrika ljepila. Ljepilo je urea-melamin-formaldehidno. U ovom dijelu tehničkog procesa se kriju mnoge zamke za dobar kvalitet ploče.

Tu se slabim kvalitetom ljepila ili lošim miješanjem može nanijeti težak udarac cijelom procesu proizvodnje kvalitetne ploče. Postrojenja ovog dijela tehnološke linije su dosta jednostavna, mada je proces automatiziran, a kontrola doziranja ljepila je na bazi apsorpcije infracrvene svjetlosti na vezama atoma vodika i kiseonika (H-O-N). Omjer doziranja ljepila je cca 8% čvrstih čestica na apsolutno suha vlakna. Obzirom, da je sadržaj čvrstih čestica našeg ljepila (proizvedenog u Mediapanu) 50%, vlažnost osušenog vlakna nakon doziranja ljepila poraste na 10%.

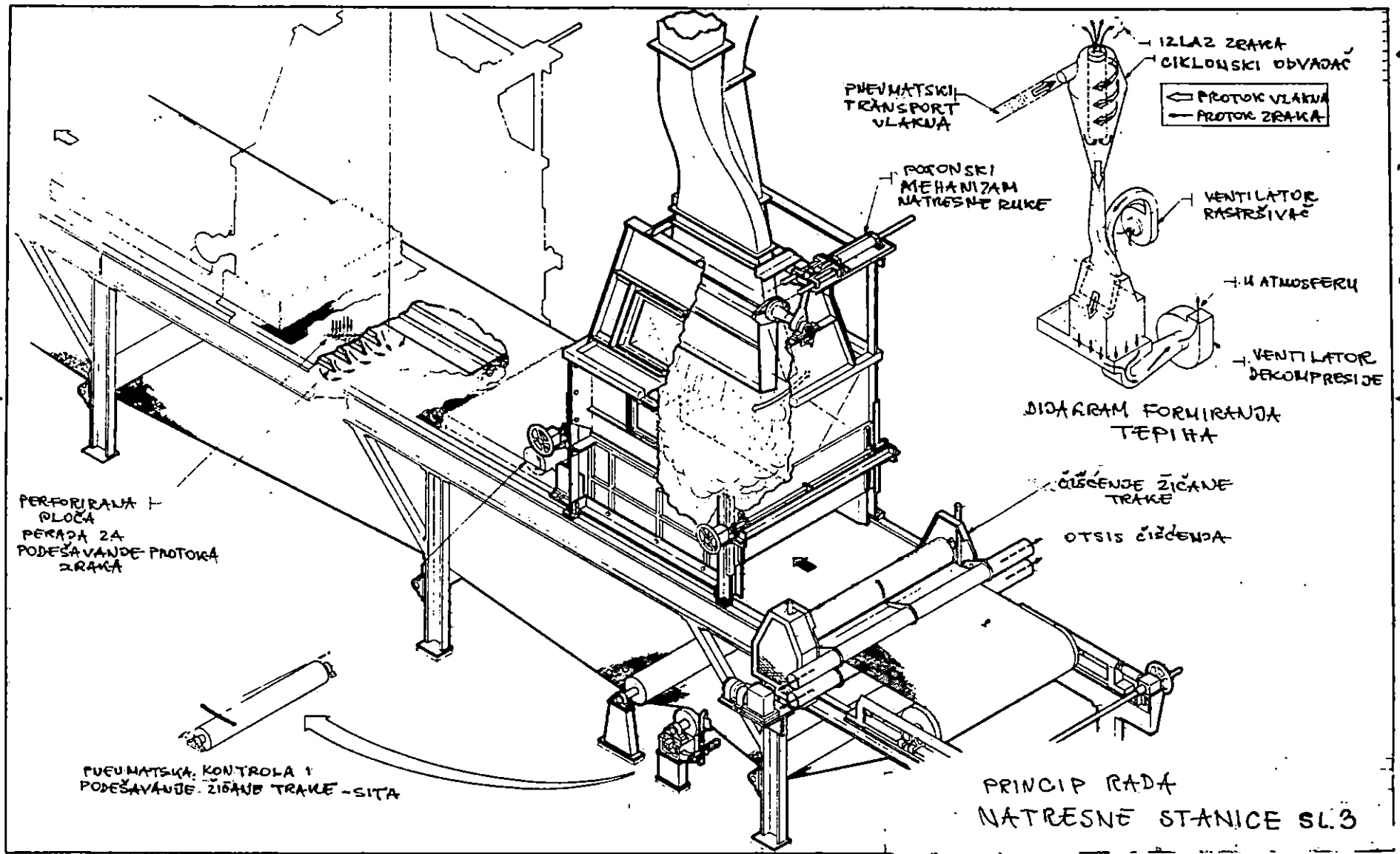
2.4. Formiranje tepiha

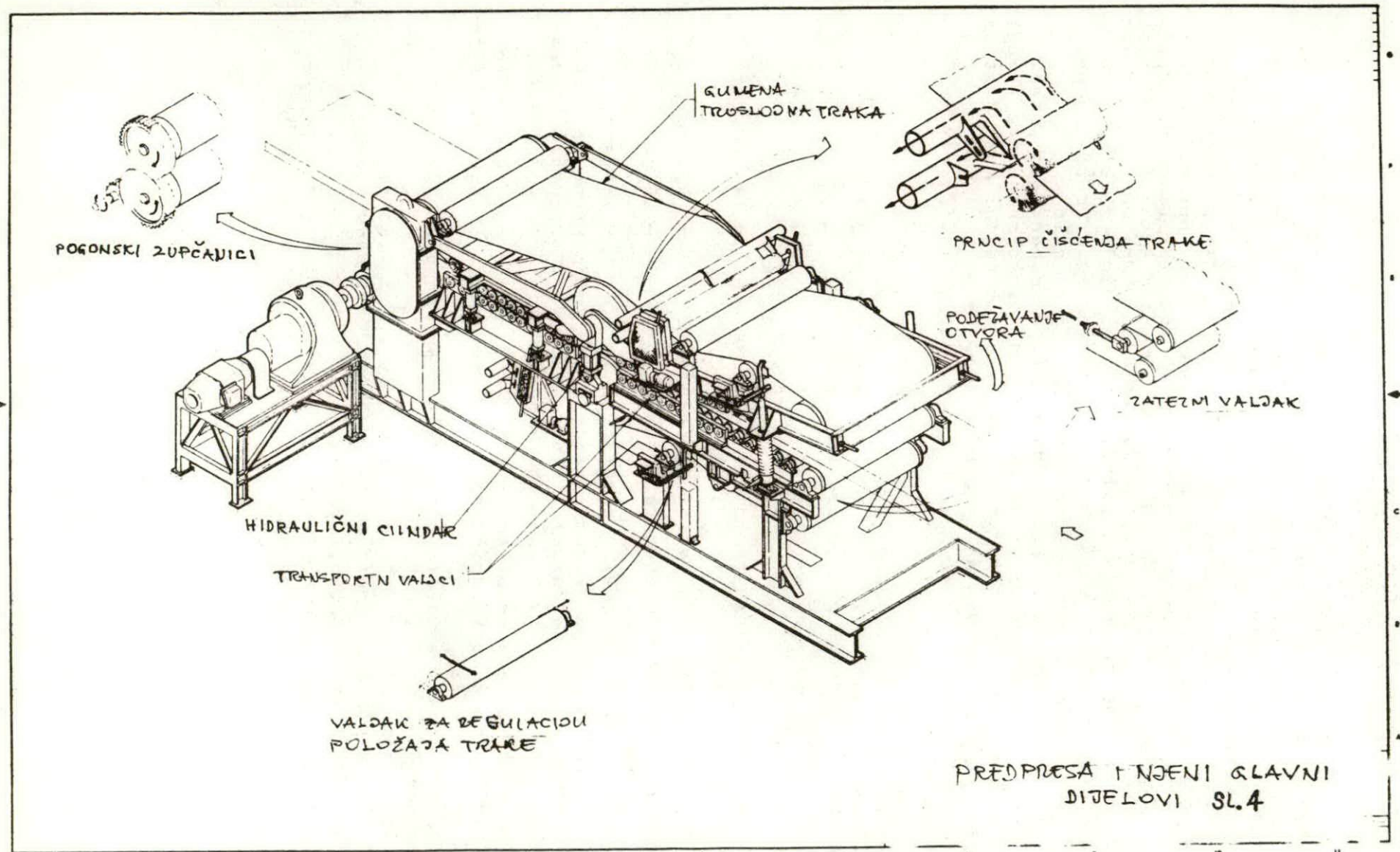
Oblijepljeno vlakno se pneumatskim transportom deponuje u silos. Odatle se, takodje uz pomoć četiri ventilatora doprema u ciklonske odvajanje koji su tako podešeni da bez pritiska tj. slobodnim padom natresaju vlakna na pokretno bronzano sito. Ispod ove beskonačne žičane trake ugrađene su usisne instalacije moćnih ventilatora koji usisavanjem zraka kroz žičanu traku pravilno raspoređuju lebdeće pahuljice vlakna i fiksiraju ih uz žičanu traku.

Na natresnoj stanici imamo četiri natresne bine. Svaka od njih daje jednu četvrtinu ukupne debljine dušeka. Ovo je prva faza formiranja tepiha. Iza svake bine rotacioni shaver (brijač) poravnava tepihe, ovaj se kreće kroz predpresu koja ga protočno presuje, toliko da se na daljnjem putu do prese ne raskuha. Nakon predpresanja se kontroliše gustina tepiha, a samim tim i gustina ploče apsorpcijom zraka što ih emituje radioaktivni elemenat Americium 241.

Svi ovi tepisi neprihvatljive gustine se pneumatskim putem vraćaju u silos. Uobičajenim postupcima se formiraju dimenzije tepiha, koje, naravno, određuju i dimenzije ploče.

Izgled opreme je dat na slikama 3. i 4.





2.5. Presovanje i formatiziranje ploča

Formirani tepisi (dušeci) sa sistemom transportera prenosi u punioc-ulagač prese. Punilac prese je šestoetažni kavez koji ima šest pojedinačno ili kompletno pogonjenih transportera za prijem i istovar tepiha u presu. Opremljen je pogonskim DC motorima, te je regulacija svih brzina moguća. Podizanje i spuštanje punioca obezbjeđuje VKKERS-ov hidraulični agregat. Presa takodje ima šest etaža. Opremljena je generatorom visoko-frekventne struje. Radni pritisak na tepihe je 60 bara, dok je pritisak na hidrauličnim klipovima 185 bara. Hidraulični agregat je opremljen sa šest pumpi od kojih je jedna vodeća, a ostale pomoćne pumpe. Debljina ploče se određuje distanc lajsnama i elektronskom kontrolom rada vodeće pumpe. Sistem kontrole rada vodeće pumpe dat je na sl.5

Vrijeme presovanja je praktično regulator kapaciteta prese. Zavisi od raspoložive snage generatora visokofrekventne struje. Određuje se prema debljini ploče, odnosno težini svih šest tepiha koji se istovremeno presuju.

Izgrađivanje vremena presovanja za ploču debljine 19 mm izgleda ovako:

Proizvod: 19 mm	680 kg/m ³ A.D.
Debljina sirove ploče 20,6 mm	
Ukupna težina tepiha	803 kg (90% ž.ž.)
Raspoloživa snaga generatora V.F.	600 KW

Odnos snage VF generatora i ukupne težine dušeka je $600/803=0,75$

Na osnovu specifične toplote i latentne toplote isparavanja vode dolazi se do slijedećih podataka:

Vrijeme zagrijavanja vode i tepiha do 100°C - 1/8 sec.

Vrijeme isparavanja sadržine vlage - 40 sec.

Ukupno vrijeme rada V.F. generatora je - 158 sec.

Ovome treba dodati vrijeme akcije postrojenja prese, to jest punjenje prese, zatvaranje, otvaranje, kao i vrijeme dekomprese tako da na kraju dobijemo ukupno vrijeme od 3,5 minuta.

Temperatura presnih plata je 132-150°C, zavisno od kvaliteta ljepila, vlažnosti tepiha koja inače u Mediapanu zauzima vriednosti od 8-11%.

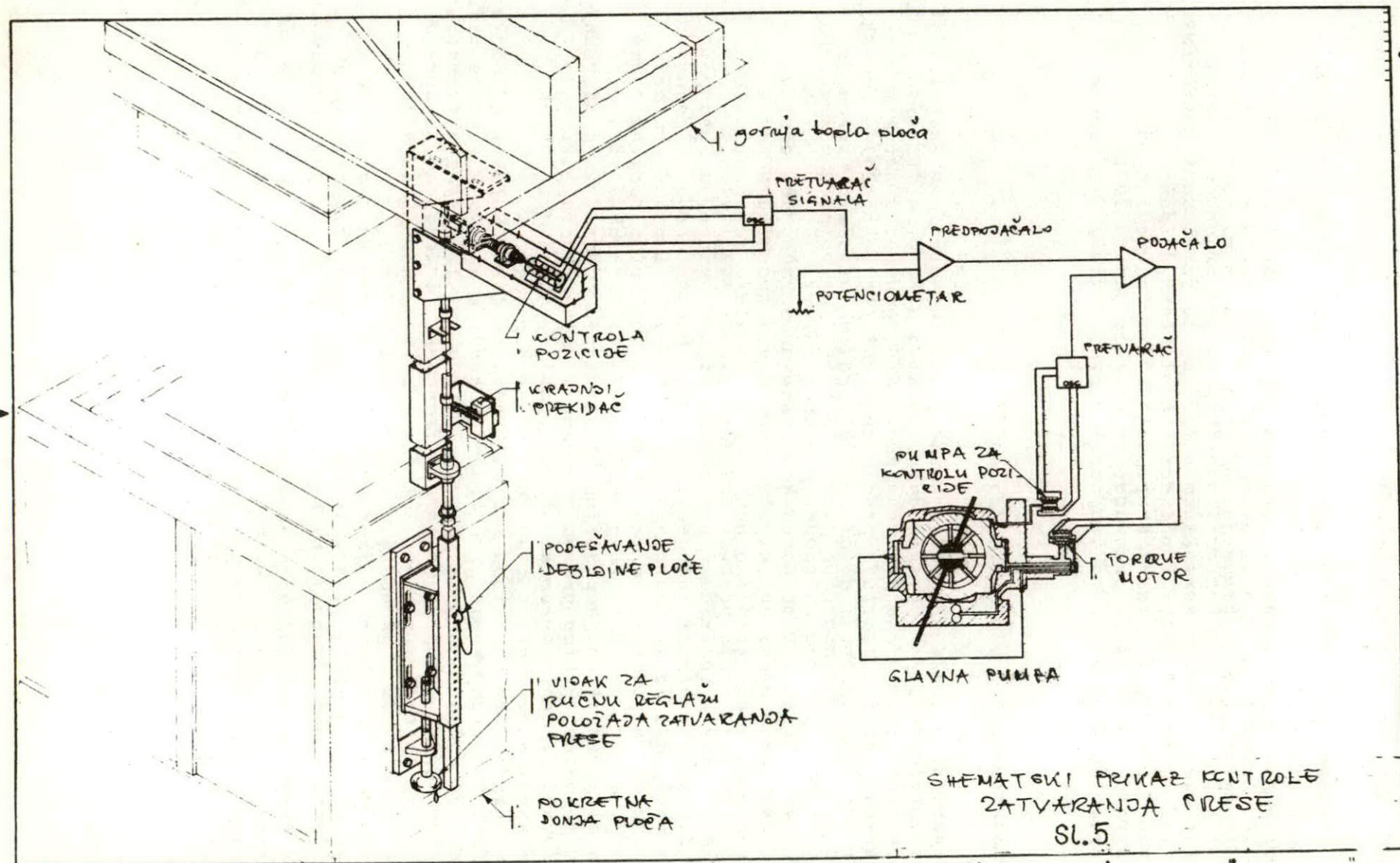
Formatiziranje se vrši odmah nakon presovanja na formatnim segmentnim drobilicama.

Dimenzije ploče su 2,75 x 1,53 mm ili 5,5 x 1,53 mm.

Debljine ploče iz proizvodnog programa Mediapana su:

8, 10, 12, 14, 16, 19, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 38 i 40 mm.

Napominjemo da je u Mediapanu instalirana linija formiranja i presovanja američkog proizvođača WASHINGTON IRON WORKS koja je veoma visokog kvaliteta.



2.6. Završna obrada, brušenje

Nakon provedenog dvadesetčetverosatnog kondicioniranja, ploča se brusi.

Brušenje je trostepeno sa brusnim papirom granulacije 36,50 i 10. Brušenje mora biti veoma kvalitetno, te su nedopušteni bilo kakvi tragovi brušenja, ljepljiva i slična na površini ploče. Brusilica je šestocilindrična, sa tri brusna agregata. Prvi agregat brusi kontaktnim valjcima, to je ustvari kalibrirka. Drugi agregat koristi kombinaciju kontaktnih valjaka i brusne papuče, dok treći brusi isključivo brusne tampone, ustvari polira ploču granulacijom brusnog papira 100. Oprema je isporučena od švajcarskog proizvođača Steinemann.

Proizvodnja MDF ploča u Jugoslaviji

U periodu od 1974 do 1980. godine Drvenu industriju u Jugoslaviji zahvatila je euforija izgradnje tvornica MDF. Prva Tvornica ove vrste izgrađena je u Busovači 1976. godine, a zatim u narednoj godini startuje proizvodnja MDF (tanke ploče) u Ilirskoj Bistrici u Sloveniji da bi do 1980. godine otpočela izgradnja naredne tri tvornice MDF ploča, od kojih je tvornica u Kraljevu završena i puštena u redovnu proizvodnju.

Tvornica MDF-a u Despotovcu kod Svetozareva zbog nedostatka finansijskih sredstava nije ni završena a tvornica MDF-a u Ivangradu nakon nekoliko neuspješnih pokušaja je obustavila rad jer nije mogla postići zadovoljavajući kvalitet. Ako se uzme u obzir da i preostale dvije tvornice, u Busovači i Ilirskoj Bistrici ostvaruju poslovne gubitke onda se dolazi do zaključka da je izgradnja pogona MDF-a koji u svijetu daju veoma dobre finansijske rezultate, u Jugoslaviji vodjena veoma loše. Glavni propusti zbog kojih je došlo do ovakve situacije su slijedeće: Veoma nepovoljna konstrukcija finansiranja izgradnje svih pogona, neblagovremna priprema stručnog kadra, osim u Sloveniji, neblagovremena obrada tržišta, kao i neiskustvo inostranih partnera u izgradnji sličnih pogona.

Ovo napominjem zbog toga što su Francuska firma Cifal i njemačka firma Simplkamp svoje prve tvornice gradile upravo u Jugoslaviji. Tako je došlo do mnogih promašaja u odabiranju opreme u tvornicama u Busovači i Kraljevu od strane francuske firme Cifal, a oprema koju je instalirala firma Simplkamp u Ivangradu nikad nije ni dokazala svoje mogućnosti u proizvodnji MDF-a. Fabrika u Despotovcu nije završena ali se zna da dio opreme npr. natresna stanica, predstavlja sasvim novo rješenje u toj oblasti i neizvjesno je njeno funkcionisanje u redovnoj proizvodnji.

Na kraju da zaključim da je MDF ploča koja ima širok spektar primjene i visoku upotrebnu vrijednost, da daje povoljne finansijske rezultate u proizvodnji te da se izgradnja ovih pogona u Jugoslaviji pristupilo dosta nestručno i krajnje površno.

SVOJSTVA I PRIMJENA MDF PLOČA

1.1. PROIZVODNJA MDF U SVIJETU

Mediapan ploča je komercijalni naziv za drvenu ploču proizvedenu od vlakana drveta uz dodatak vezivnih materijala (ljepila i parafina) po suhom postupku.

Tvorac tehnologije za proizvodnju ove ploče je Miller Hofft iz SAD.

Mediapan ploče spadaju u red drvenih ploča srednje gustoće (medium density board) ili skraćeno MDF.

Tehnologija se razvijala sedamdesetih godina u SAD, a gradnja prve ovakve tvornice u Evropi počinje 1974. godine u Busovači, koju je izgradila IK "Krivaja" Zavidovići sa francuskom inženjering firmom "Cifal". U periodu puštanja u rad tvornice u Busovači 1977. godine, u SAD već radi 11 ovakvih tvornica sa ukupnim kapacitetom od 1.225.000 m³ dok se u ostalim dijelovima svijeta grade još četiri tvornice od čega dvije u Evropi i to jedna u Španiji a druga u DDR.

Ekspanzija ovih tvornica se nastavlja i poslije 1977. godine. Gradi se još šest tvornica u svijetu od čega četiri u Evropi i to dvije u Italiji, jedan u Španiji i jedna u Škotskoj. U periodu od 1977. godine pa nadalje SFRJ gradi još tri ovakve tvornice i to u Ilirskoj Bistrici, Kraljevu i Ivangradu. Treba napomenuti da je započeta gradnja još jedne ovakve tvornice u okviru ŠIK "Morava" Svetozarevo ali se po svemu sudeći od dalje gradnje odustalo.

Dakle, iz prednjeg je očito da je došlo do jedne nezapamćene invazije u gradnji MDF tvornica što govori da se radi o jednoj dobroj proizvodnji sa kvalitetnim i perspektivnim proizvodom. Stope porasza proizvodnje MDF ploča su začudjujuće. U SAD je proizvodnja sa 95.000 m³ u 1970. godini porasla na 941.850 m³ u 1981. godini. Proizvodni kapaciteti su porasli sa 85.000 m³ u 1966. godini na 1.365.000 m³ u 1981. godini.

I u Evropi se mogao zabilježiti znatan porast proizvodnje MDF ploča. U zapadnoj Evropi proizvodnja je porasla sa 150.000 m³ u 1981. godini na 443.000 m³ u 1983. godini.

Prema statističkim podacima koje je objavio list Holz-Centralblatt krajem 1982. godine koji se odnose na cijelu Evropu,

evropski kapacitet je u 1981. godini iznosio 805.000 m³ a u 1983. godini je isti porastao na 1.121.500 m³.

Prema najnovijim podacima koje je 28.06.1983. godine objavio jedan Njemački časopis, zaključno sa 1984. godinom ukupni svjetski instalisani kapaciteti bi iznosili 3.058.000 m³.

Sve ovo govori da se radi o jednom novom i po kvalitetu već dokazanom materijalu koji je zahvaljujući svojim mogućnostima obezbijedio tržište.

1.2. DISTRIBUCIJA POTROŠNJE MDF U SVIJETU

Prvobitna je proizvodnja MDF ploča skoro sasvim bila povezana sa proizvodnjom namještaja na istoku SAD. Dominacija u industriji namještaja traje sve do današnjeg dana iako je danas razvijen čitav asortiman krajnjih korištenja.

Prema najnovijim američkim otkrićima i prognozama, treba potrošnja MDF ploča u SAD do 1995. godine da poraste za 8,7% godišnje, dok drugi drveni materijali pokazuju znatno niže stope rasta (1,4 - 3% godišnje).

MDF ploča je došla u Zapadnu Evropu 1977. godine ali je tek nakon sagledavanja stvarnih mogućnosti primjene ovog proizvoda u redovno korištenje došla 1978. godine. Pa ipak je novoj ploči uspjelo da se sa svojim atraktivnim svojstvima probije na tržište ovog kontinenta, prezasićenog pločama svih vrsta. Postignute prodaje u periodu 1979. godine do 1983. godine ukazuju na to, da više od 90% prodaje otpada na četiri zemlje: Španiju, Italiju, Veliku Britaniju i SR Njemačku.

Kao najveći potrošači MDF ploča Španija i Italija raspolažu sa sopstvenim proizvodnim kapacitetima. Potrošnja ovih dviju zemalja obuhvata više od 50% potrošnje u Evropi. Prema statističkim podacima koje obradjuju mogućnosti Jugoslovenskog tržišta vezano za potrošnju MDF ploča može se sa sigurnošću reći da su stvarne potrebe u 1983. godini narasle na 50.000 m³ potrošnje.

...

1.3. MDF PLOČA NAJBOLJE DRVO, PROIZVEDENO LJUDSKOM RUKOM

U stalnoj potrazi za savršenim drvenim materijalom izumljeni su mnogi različiti proizvodi, Svaki od njih ima svojih prednosti ali i manjkavosti, a ravnoteža ovo dvoje je uslovljavala komercijalni uspjeh - ili neuspjeh - proizvoda o kome je riječ. Krajnji cilj ove potrage bio bi proizvod koji posjeduje slijedeće kvalitete :

- neograničene dimenzije
- homogena priroda
- visok nivo fizičkih osobina kao što je krutost, dobra površina otpornost na savijanje, unutrašnja povezanost sve udruženo sa malom težinom
- minimalni ili nikakvi efekti promjena u sadržaju vlage
- glatke površine
- laka mašinska obrada
- otpornost na kompresiju (u hladnom i u toplom stanju)
- nezapaljivost
- trajnost u kontaktu sa tlom
- otpornost na insekte, mikroorganizme i sl.
- jeftina i laka proizvodnja
- mogućnost korištenja velikog asortimana sirovina.

Ploča vlaknatica srednje gustoće predstavlja značajan napredak u razvoju ploča koje imaju neke poželjne osobine kao što su slijedeće :

- homogena priroda
- visok nivo fizičkih osobina koji je udružen sa malom težinom
- glatke površine
- laka mašinska obrada
- korištenje velikog asortimana sirovina.

Ovo su važne osobine materijala za proizvodnju namještaja koja se tradicionalno razvijala na bazi korištenja čistog drveta. U stvari, ploča vlaknatica srednje gustoće je najbliža čistom drvetu koje je izradio čovjek.

1.4. OSOBINE MDF PLOČA

Danas se s pravom smatra da je mediapan ploča po svojim karakteristikama zlatna sredina između masivnog drveta i drugih drvenih ploča što znači da je kvalitetnija od ostalih drvenih ploča, izuzimajući klasične panel ploče, a uspješno može u mnogome zamijeniti masivno drvo. Brz rast proizvodnje uzrokovan je vrlinama MDF ploča povezanim sa narednim osobinama :

- čvrsta srednjica
- mogućnost mašinske obrade ivica
- čvrstoća
- fina površina na kojoj ne strši grubo iverje
- fina tekstura.

Analizom zahtjeva korisnika MDF ploča utvrđeno je da su najpoželjnije osobine stabilnost, mogućnost mašinske obrade, sposobnost držanja vijaka i površinska obrada.

Fizičko-mehaničke karakteristike te njena homogenost po svim pravcima daju MDF ploči velike upotrebne vrijednosti, i pretpostavljaju je svim do sada proizvedenim drvenim pločama.

Karakteristike MDF ploče proizvedene u Tvornici mediapan ploča u Busovači :

- gustina $650-900 \text{ kp/m}^3$
- otpornost na savijanje $\text{min } 4500 \text{ N/cm}^2$
- otpornost na raslojavanje $\text{min } 70 \text{ N/cm}^2$
- modul elastičnosti $\text{min } 300.000 \text{ N/cm}^2$
- čupanje vijaka
 - : * sa žela $\text{min } 1.300 \text{ N/cm}^2$
 - : * sa lica $\text{min } 2.000 \text{ N/cm}^2$
 - : * bubrenje $\text{max } 6\%$
 - : * vlažnost ploče $6 - 8\%$
- progorljivost toplote $0,12 \text{ Kcal/mh}$
- širenje plamena 125 mm/1,5 min (za ploču od 19 mm)

Evo nekoliko uporednih karakteristika u eksploataciji :

MASIVNO DRVO

MEDIAPAN PLOČA

- jako promjenljiva mehanička svojstva prema uzdužnoj, širinskoj i debljinskoj osi
 - veliki otpadak kod ravnanja i uzdužnog rezanja i obrade
 - lagerovanje, potreban veliki prostor za stovarište gradje sa svim priborom (betonski stubići, nosači, letvice), prije obrade potrebno sušenje
 - visoko investiranje prije obrade
- znatno manja razlika u svojstvima po osama te stabilnost u dimenzijama
 - mali gubitak kod krojenja i obrade
 - lagerovanje: potreban magacin za ploče. Ploče su pakovane u složajeve koje prenosi viljuškar
 - male investicije prije obrade

U oba slučaja potreban je isti alat za obradu.

1.5. OBRADA MDF PLOČA

Mediapan ploče se mogu rezati, hoblati, dupsti, glodati, bušiti, brusiti, pričvršćivati vijcima i ekserima, lijepiti međusobno i sa drugim materijalima, finirati, oblagati plastičnim masama i tapetama itd.

Mediapan ploče primaju boje, a površine su im glatke, što omogućuje uštedu u rade i potrošnji premaza.

Mediapan ploče se mogu koristiti kao neoplemenjene ili oplemenjene s jedne ili obje strane, raznim furnirima, plastičnim folijama, laminatima i sličnim materijalima.

1.6. PREDNOST MDF PLOČA U ODNOSU NA DRUGE PLOČE

Svojom pojavom mediapan je stvorio dugo očekivani preokret u industriji namještaja kao što su to u svoje doba učinile i konvencionalne drvene ploče, i to : kako sa gledišta olakšanja obrade tako i novog kvaliteta u proizvodnji namještaja koga bez svake sumnje danas omogućuje primjena mediapana .

Prednosti MDF ploča u odnosu na druge ploče mogu se iskazati na osnovu mogućnosti koje pruža ovaj proizvod.

- bojenje, posebno ivica gdje se punilo obično odstranjuje pa se dobije ravnomjerna podloga koja ima manju sklonost ka pucanju filma boje.
- mašinsko profotoranje ivica. Na MDF ploči se dobiju glatke i čvrste ivice čime se eliminiše potreba za skupim kantovanjem.
- mašinska izrada spoja "lastin rep", žljebova i ostalih spojeva za sklapanje.
- štampanje. Fina vlaknasta površina se lako štampa i daje izvanrednu sliku naštampanih površina.
- bojenje ivica kako bi bile uskladjene sa površinom. MDF se lako boji i izvanredno prima boje.
- mašinska obrada površine kako bi se dobile udubljene ili ispupčene šare.

S druge strane u slučaju skupčjeg korištenja MDF predstavlja stabilnu podlogu visokocijenjenim kvalitetnim furnirima. Sa preciznošću koja je moguća u obradi MDF, precizni i čisti rezovi smanjuju mogućnost smanjenja kvaliteta tokom prerade. Uz to, raspoloživost MDF omogućila je dizajnerima namještaja da prošire asortiman dizajna.

Površinska obrada MDF ploča je lakša nego kod drugih drvenih ploča.

Viša cijena MDF ploča se u poredjenju sa drugim pločama može često odvagati kroz navedene tehničke prednosti a ako se tome dodaju i niži troškovi u procesu korištenja onda je jasno zbog čega su se mnogi potrošači opredjelili za ovaj proizvod.

2.0. PRIMJENA MDF PLOČA

Za plasman i primjenu MDF ploča može se slobodno reći da do sada ni jedan repromaterijal nije tako lako za tako kratko vrijeme našao svoje "Mjesto pod suncem", a sve pod krilaticom " zamjena za masivno drvo".

Sada ta "krilatica" egzistira, jer već preko 80 % proizvoda koji su radjeni isključivo iz masivnog drveta, danas se proizvode iz MDF ploča i ploča iverica.

Kao reprodukcioni materijal mediapan ploča je našla masovnu primjenu u :

A - INDUSTRIJI NAMJEŠTAJA

B - GRADJEVINARSTVU I ARHITEKTURI

C - OSTALE NAMJENE

A -

Dosadašnja iskustva u prodaji si takva da 85-90 % godišnje potrošnje koristi industrija namještaja. U industriji namještaja MDF ploča se upotrebljava kao konstruktivni element a i u dekorativne svrhe i to :

- tanja ploča od 8 - 16 mm

Najčešće se koristi za izradu aplikacija na frontovima regala, izradu ladica, izradu zidnih i stropnih obloga, kutija TV i radio prijemnika, kutija zvučnika, ukrasnih lajsni te za poledjinu namještaja.

- ploča od 16 - 40 mm

Koristi se za ploče stolova sa zaobljenim i profilisanim rubovima, za vrata namještaja, za rubne letve, reljefne ukrase, police, izradu raznih profilisanih lajsni, izradu podova i sl.

B -

Danas ima uspješnih pokušaja da se mediapan ploča ugradi i u podove umjesto betonskih premaza. To se pokazalo veoma praktično jer suva ugradba ne ovisi od klimatskih prilika na gradilištu. Isto tako upotrebom zaštitnog premaza protiv vlage mediapan se može koristiti za betonsku oplatu čime se postižu velike uštede u potrošnji gradje.

Posebnu masovnu primjenu mediapan ploča ima u proizvodnji lakih građevinskih elemenata za montažne kuće gdje se koristi za izradu pregradnih zidova pa čak i oblaganje vanjskih zidova.

I u proizvodnji građevinske stolarije (dovratnici, vratna krila, prozorska krila i sl.) mediapan je našao svoju primjenu.

Za enterijere - oblaganje i ukrašavanje zidova (parapeti) oblaganje stropova, izrada maski za grejna tijela, raznih cjevovoda, klima-uredjaja i sl.

C -

Mediapan ploču je moguće primjeniti i u proizvodnji prikolica, oblaganje željezničkih vagona, a već je našla primjenu i u brodogradnji. Izrada i uređenje izložbenih prostora na sajmovima se u mnogome olakšava primjenom mediapana. I firmopisci i proizvođači suvenira su dobili zahvalan materijal za obradu jer je mediapan ploča podesna i za njihovu proizvodnju. Očigledno je da mediapan ploča ima izuzetno široku lepezu svoje primjene. Mediapan ploča kao reprodukcioni materijal je toliko podesan za obradu tako da se elementiran može kupovati i ugradjivati na principu "Uradi sam"...

2.1. POVRŠINSKA OBRADA I ZAŠTITA MDF PLOČA

Mediapan ploče se mogu koristiti kao neoplemenjene ili oplemenjene s jedne ili sa obe strane raznim furnirima, plastičnim folijama, laminatima i sl. materijalima. Površine ovih ploča se mogu bojiti i lakirati raznim tehnikama nanošenja bezbojnih ili obojenih pokrivnih premaza.

Na osnovu dosadašnjeg iskustva koje se stekli novi korisnici mediapan ploča, kao i vlastitih "Krivajinih" iskustava, te ispitivanja koja su izvršena u Švicarskoj, "Chromosu", "Dugi" i dr., možemo radi prenošenja ovih iskustava istaći nekoliko postupaka površinske obrade mediapan ploča na bazi :

- nitro
- kiselootvrdnjavajućih
- poluuretanskih
- poliesterskih i
- sintetskih boja i lakova.

Odmah da kažem da se oštra granica u primjeni navedenih sistema površinske obrade vrlo rijetko može povući, jer u cilju iznalaženja što ekonomičnijih, a ujedno i kvalitetnih premaza, često dolazi do tzv. "Mješanih sistema" (poliuretanska podloga, a završni premaz na bazi nitro ili nekog drugog premaza.

- sistem na bazi nitro boja

Kod ovih vrsta premaza potrebno je napomenuti da je u početku dolazilo do poteškoća pri radu usljed pojave parafina, koji je sastavni dio smolne emulzije mediapana, u obliku površinskog filma koji je sprječavao normalno sušenje obradjenih površina. U cilju izolacije tog parafinskog filma korištene su razne impregnacije (bila na bazi nitra, SH grunda, ili neke druge impregnacije) koje su gotovo u potpunosti otklonile nepogodnosti koje je parafin zadavao.

- sistem na bazi kiselootvrdnjavajućih i poliuretanskih boja i lakova

Sisteme na bazi ove dvije vrste premaza sam uzeo zajedno jer oni obično idu zajedno, s tim da se poliuretani upotrebljavaju uglavnom kao podloga kiselom laku kao kvalitetniji, a ne obratno, s napomenom da svakako može ići poliuretani na poliuretani. Poliuretani sistemi ne samo što daju estetski kvalitetnu površinu, nego je takva površina i mehanički veoma otporna što je važno u industriji namještaja.

- sistem na bazi poliestera

Poliester je veoma interesantan kao sirovina, naročito ako se upotrebljava kao podloga. Naime, uz kvalitet ide i visoka cijena tako da se ne isplati raditi kompletne sisteme od poliestera. Kvalitet takve podloge je zaista veoma visok bilo da se radi o poliester laku, kitu, ili UV kitu, te na nju kao takvu može bez poteškoća ići bilo koji drugi sistem. Naročito dobre površine dobijaju se kada se kombinuju PE i PUR. One ne samo da su estetski kvalitetne, nego posjeduju i izvrsne mehaničke osobine, kao i hemijsku otpornost površine. Nešto manje dobre osobine imaju sistemi koji kao podlogu također koriste poliester, kao završni sloj dolazi ili SH ili nitro lak. Ipak kvalitet takvih površina je još uvijek veoma visok, i

...

za njihovu primjenu nema nikakvih prepreka.

Malo prije sam napomenuo da poliester kao završni premaz ide nešto rjedje u praksi, ali to nije samo zbog cijene, nego i zbog prilično komplikovanog rada s njim (to je dvokomponentni sistem, dolazi do pojava mjehurastija, mrežanja, zahtijeva idealne uslove sušenja i dr.).

- sistem na bazi sintetskih smola

Kod ovih sistema primjenjuju se dva premaza na bazi sintetskih smola i stabilnih pigmenata, koji se uvjetno mogu primjenjivati u industriji namještaja i gradjevinarstvu, a to su Radugal i Chromolux.

Radugal ima pretežnu primjenu u gradjevinarstvu ali se može koristiti i za namještaj ako mu se poboljša struktura (usitni).

Z A K L J U Č A K :

Na osnovu svega naprijed iznesenog o načinima obrade mediapan ploča može se zaključiti:

1. da je u početnoj fazi obrade mediapan ploča bilo poteškoća od kojih su neke još aktuelne ali u daleko manjoj mjeri,
2. da još nije potpuno riješen problem nanošenje ^{nitro} lakova direktno na mediapan ploču. Name, vrijeme sušenja im je nešto produženo (znatno manje nego ranije), a to je donekle riješeno upotrebom raznih impregnacija ili drugih osnovnih premaza,
3. da su ipak problemi koji se susreću kod ^{nitro} lakova usamljeni da se ne javljaju kod aplikacije ostalih premaza,
4. da je još uvijek nedovoljno riješen problem obrade rubova, naročito ako su oni profilisani. Zasada najbolje rezultate na tom polju daje sistem PE kit - PE lak. Inače pri upotrebi drugih sistema zadovoljavajuća obrada rubova se postiže nešto povećanim nanosom temeljnih a i završnih premaza (to je potrošnja veća za 30-40 gr/m²). Dobra obrada kantova se može olakšati pažljivijim brušenjem profilisanih rubova,
5. da se kao najprihvatljiviji, za površinsku obradu mediapan, mogu preporučiti poliuretanski premazi, naročito za specijalnu upotrebu (brodogradnja).
Oni su najpogodniji za tzv. "miješane sistema" jer se na njih bez ikakvih poteškoća mogu nanositi svi ostali premazi, dajući visoko-kvalitetne površine,
6. da obrada mediapan ploča, za njenu primjenu u građevinarstvu ne zadaje nekih većih problema, a to znači da nanošenje svih vrsta premaza protiče bez nekih vidljivih poteškoća.
Dakle, može se zaključiti da i pored nekih još sasvim neriješenih problema, površinska obrada mediapana je daleko odmakla, te da se s pravom može reći da već sada raspoložemo širokom mogućnostima kvalitetne površinske obrade mediapan ploča.

ODREDJIVANJE GUSTOĆE PROFILA TROSLOJNIH PLOČA IVERICA, MDF PLOČA I VLAKNATICA POMOĆU METODE GAMA ZRAKA

Mr Mladen KOMAC, dipl.ing., "ŠAVRIĆ" - Zagreb

Prof. dr Vladimir BRUČI, Šumarski fakultet - Zagreb

Marijan MIHELIĆ, dipl.ing.

1.0. UVOD

Gustoća ploča vrlo je važno svojstvo o kome se mora voditi računa već od samog početka proizvodnje, jer ona utječe na gotovo sva fizička i mehanička svojstva gotove ploče. Kod iverica i MDF ploča nije dovoljno promatrati i odrediti srednje vrijednosti gustoće, nego moramo znati i njenu razdiobu u smjeru debljine - gradijent gustoće. Budući da veća gustoća vanjskih slojeva povoljno djeluje na svojstva, kod iverica taj se efekt tokom proizvodnje ploča pojačava tako, da se za vanjske slojeve koristi tanje iverje koje se pod djelovanjem topline i pritiska lakše plastificira nego iverje srednjeg sloja. Nasuprot ovom, kod MDF ploča traži se ujednačenost gustoće po presjeku debljine, što je i bio jedan od motiva za pronalaženje i proizvodnju ovakvog tipa ploča.

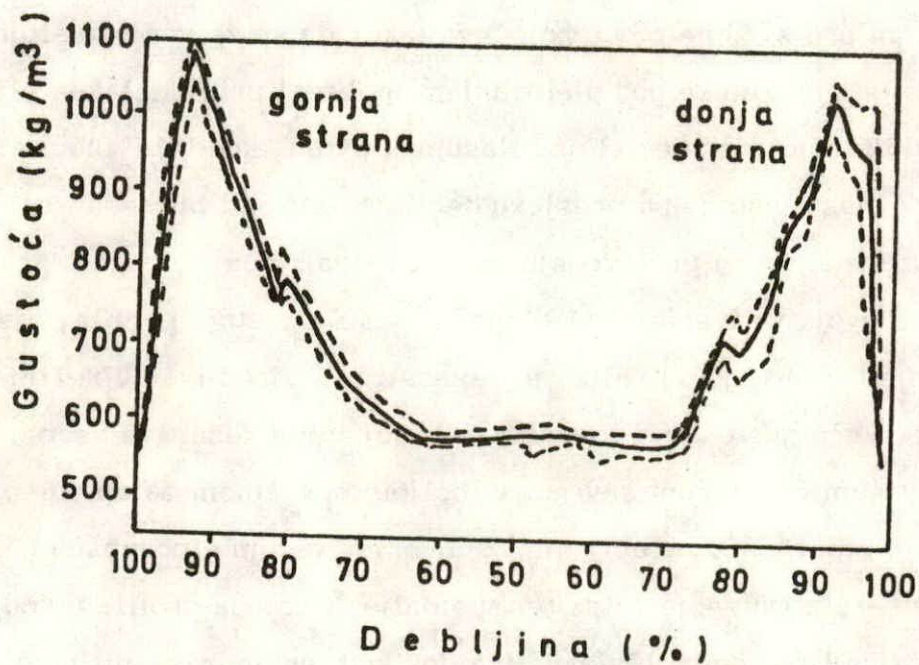
S obzirom da svojstva iverica i MDF ploča ovise o gustoći profila, njeno izračunavanje i mjerenje od velike je važnosti pri određivanju režima proizvodnje. Veća gustoća na površinskim slojevima rezultira većom tvrdoćom, većom čvrstoćom savijanja, boljom površinom za oplemenjivanje, većom otpornošću na upijanje i bubrenje, većom otpornošću na razaranje insekata i širenja vatre te tako dalje. Gustoća profila također je vrlo značajna i kod debelih vlaknatice dok kod tankih - lesanit ploče je od manjeg značaja.

Niz mjerenja izvršena na industrijski proizvedenim ivericama pokazuju da se zone najveće gustoće ne nalaze uvijek na površini ploče, nego da one mogu varirati po presjeku debljine. Isto tako ni kod vlaknatice - MDF ploča

ne susrećemo uvijek homogenu strukturu debljine ploče nego ona može varirati. Istraživački radovi na određivanju gustoće profila razvili su niz metoda pomoću kojih možemo odrediti ovo vrlo važno svojstvo gotovih ploča.

2.0. METODE ZA ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA

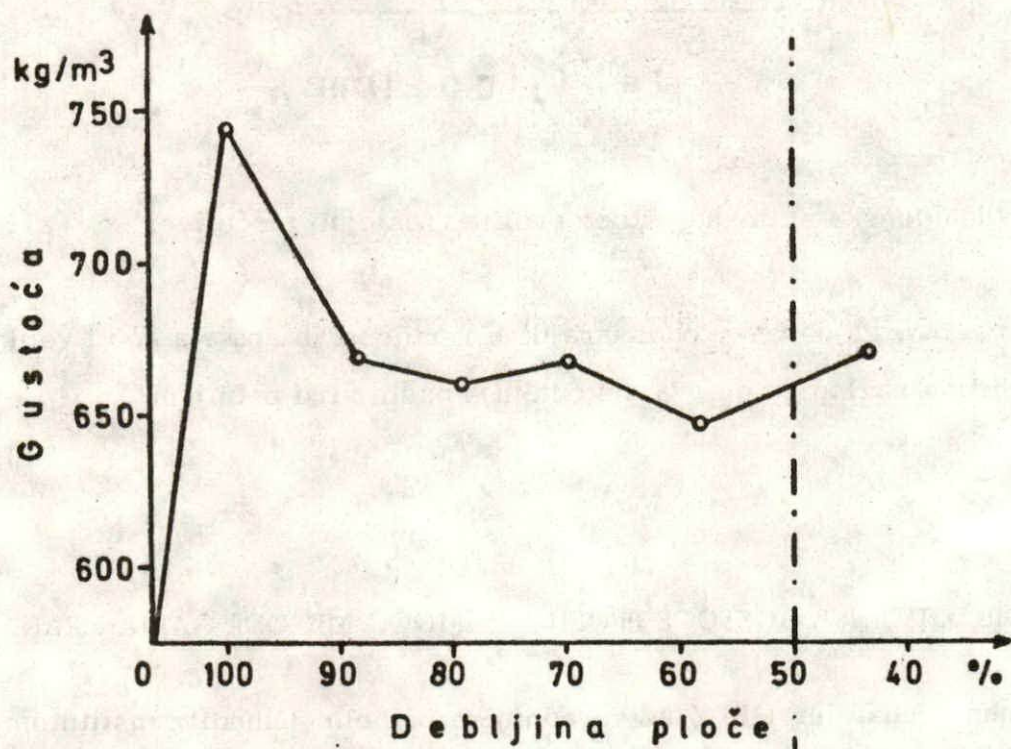
Jedna od najstarijih metoda za određivanje gustoće po presjeku debljine iverica ili vlaknatica, spominje se metoda brušenjem. Ovaj postupak bazira se na odstranjivanju pojedinih slojeva paralelno s površinom ispitivanog uzorka brušenjem. Na osnovu mase i obujma određuje se gustoća pojedinog sloja.



Slika 1. Gustoća profila troslojne ploče iverice određena metodom brušenja (3).

Puna linija predstavlja srednju vrijednost od pet mjerenja, a iscrtkane linije predstavljaju standardnu devijaciju srednje vrijednosti. Ovaj postupak zadovoljava kod ispitivanja malog broja uzoraka uz određivanje srednje vrijednosti gustoće malog broja slojeva.

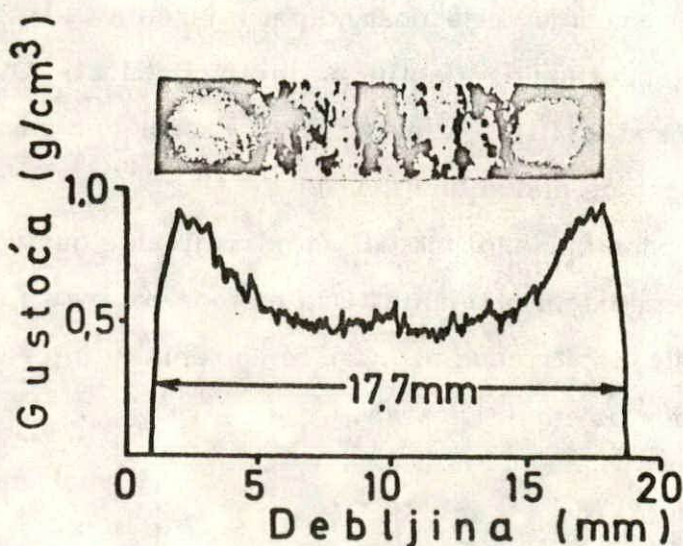
Na sličan način prethodno opisanoj metodi za određivanje gustoće profila možemo se poslužiti metodom blanjanja. Ova metoda bazira se na skidanju - blanjanju sloja po sloj ispitivanog uzorka, te na temelju mjerenja obujma i mase odrediti gustoća pojedinih slojeva.



Slika 2. Razdioba gustoće troslojne ploče iverice debljine 16 mm, ispitane metodom blanjanja.

Nedostatak ove metode leži u tome da padom debljine slojeva netočnost mjerenja se povećava, a porastom debljine oblik krivulje profila se netočno određuje.

U novije vrijeme pažnju je privukla metoda za određivanje gustoće profila pomoću rentgenskih zraka (2). Na temelju snimka - filma densitometrijskom metodom izračunava se gustoća pojedinih slojeva.



Slika 3. Rentgenska snimka gustoće profila troslojne ploče iverice (2).

Visoki troškovi za nabavku odgovarajućih rentgenskih aparata kao i veliki utrošak filma razlog su da ova metoda nije našla širu primjenu.

3.0. ODREĐIVANJE GUSTOĆE PROFILA POMOĆU METODE GAMA ZRAKA

May, Kuhn i Schatzler (1976) uz suradnju sa Wilhelm-Klauditz Institutom i Institutom za botaniku GSF razvili su novi postupak za mjerenje gustoće profila pomoću gama zraka (1). Metoda rada u suštini je slična defektoskopskim metodama, koje se zasnivaju na prodornosti gama zraka kroz tvari. Prodornost gama zraka ovisi o gustoći ispitivanog materijala i obrnuto je proporcionalna s njenom gustoćom.

Gustoća pojedinih slojeva određuje se pomoću pravokutnog snopa gama zraka, čija je širina jednaka debljini sloja koji ispituje. Što je snop zraka uži to dobivamo točniju-precizniju gustoću profila. Visina snopa određuje se proizvoljno, ali je ograničena visinom radioaktivnog izvora i otvorom detektora. Traženi snop gama zraka dobiva se njegovim prolazom

kroz pravokutne otvore na čeličnom zastoru koji je inače nepropustan za gama zrake.



Slika 4. Shematski prikaz principa mjerenja gustoće profila pomoću gama zraka (4).

Uzorak ploče koja se ispituje obično je dimenzija $50\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times d$ (debljina) i postavlja se okomito u paralelnom položaju sa smjerom snopa zraka. Paralelnost uzorka sa snopom zraka kontrolira se pomoću laserske zrake i od velike je važnosti za točnost dobivenih rezultata. Pomoću automatskog uređaja ispitivana proba povlači se za debljinu snopa zraka u točno odredjenim vremenskim razmacima.

Kako gustoća ploča ima relativno male vrijednosti kao radioaktivni izvor koristi se onaj čije gama zrake imaju nižu energiju. Za sada se u tu svrhu koristi radioaktivni izotop americija Am^{241} , s gama energijom od 60 KeV ($9,6 \times 10^{-15}\text{ J}$) i vremenom poluraspada od 451 godine. Kao detektor služi natrijev jodid a debljina kristala scintilacionog brojača je 6 mm . Unutar njega registrira se broj svjetlucanja u kristalu, te

pomoću fotomultiplikatora pretvara u električne impulse koji se prenose na brojač. Na osnovu razlike broja impulsa po jedinici vremena za zrak i broja impulsa registriranih nakon adsorpcije gama zraka od neke tvari može se izračunati gustoća na osnovu zakona prigušenja.

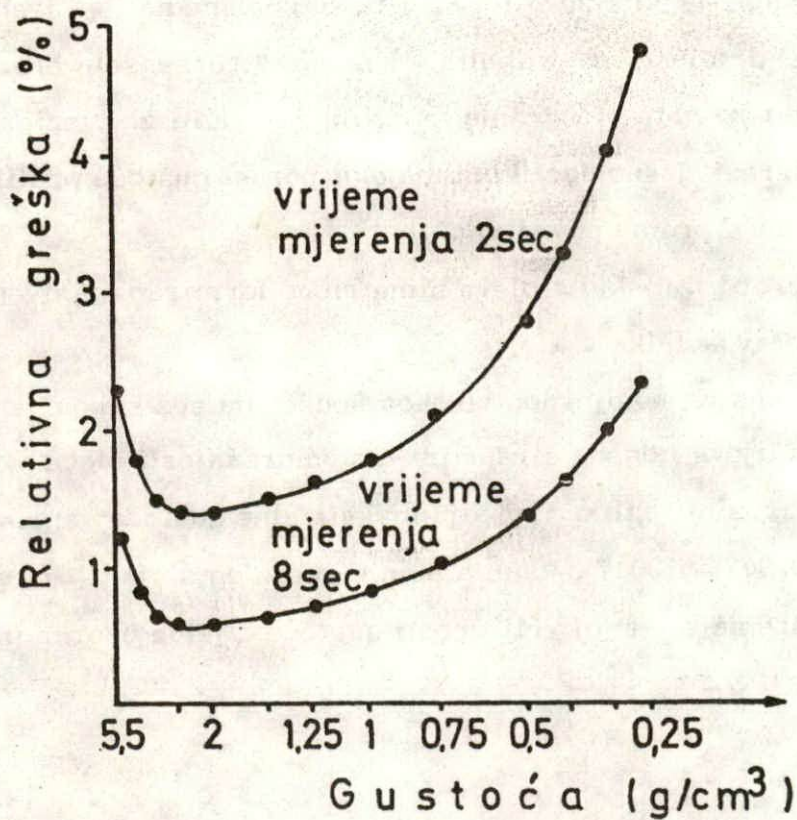
$$\rho = \frac{I_n \frac{I_0 - I_N}{I - I_N}}{(\mu/\rho) d} \dots\dots\dots (\text{g/cm}^3)$$

gdje je :

- ρ - gustoća (g/cm³)
- I_0 - broj impulsa za zrak (4400 - 4600 a određuje se dnevno prije računanja)
- I_N - broj impulsa radioaktivnog šuma i prosječno iznosi 156 impulsa za 3 minute
- I - broj impulsa za uzorak (adsorber)
- μ/ρ - maseni koeficijent prigušenja (0,189 cm²/g za iverice)
- d - debljina prozračivanja (50 mm)

Broj impulsa automatski se upisuje na bušeće trake ili magnetske vrpce te se pomoću prikazane jednadžbe izračunava gustoća. Na temelju dobivenih rezultata može se automatskom obradom podataka nacrtati i grafički prikaz gustoće profila.

Točnost mjerenja ovisna je prije svega o vremenu mjerenja i omjeru I_0 i I . Uobičajeno vrijeme pojedinog mjerenja za iverice iznosi dvije sekunde, ali njegovim produljenjem relativna greška može se smanjiti sa 3 - 5 % na 1,5 - 2 %.



Slika 5. Ovisnost relativne greške o vremenu mjerenja i gustoći uzorka (4)

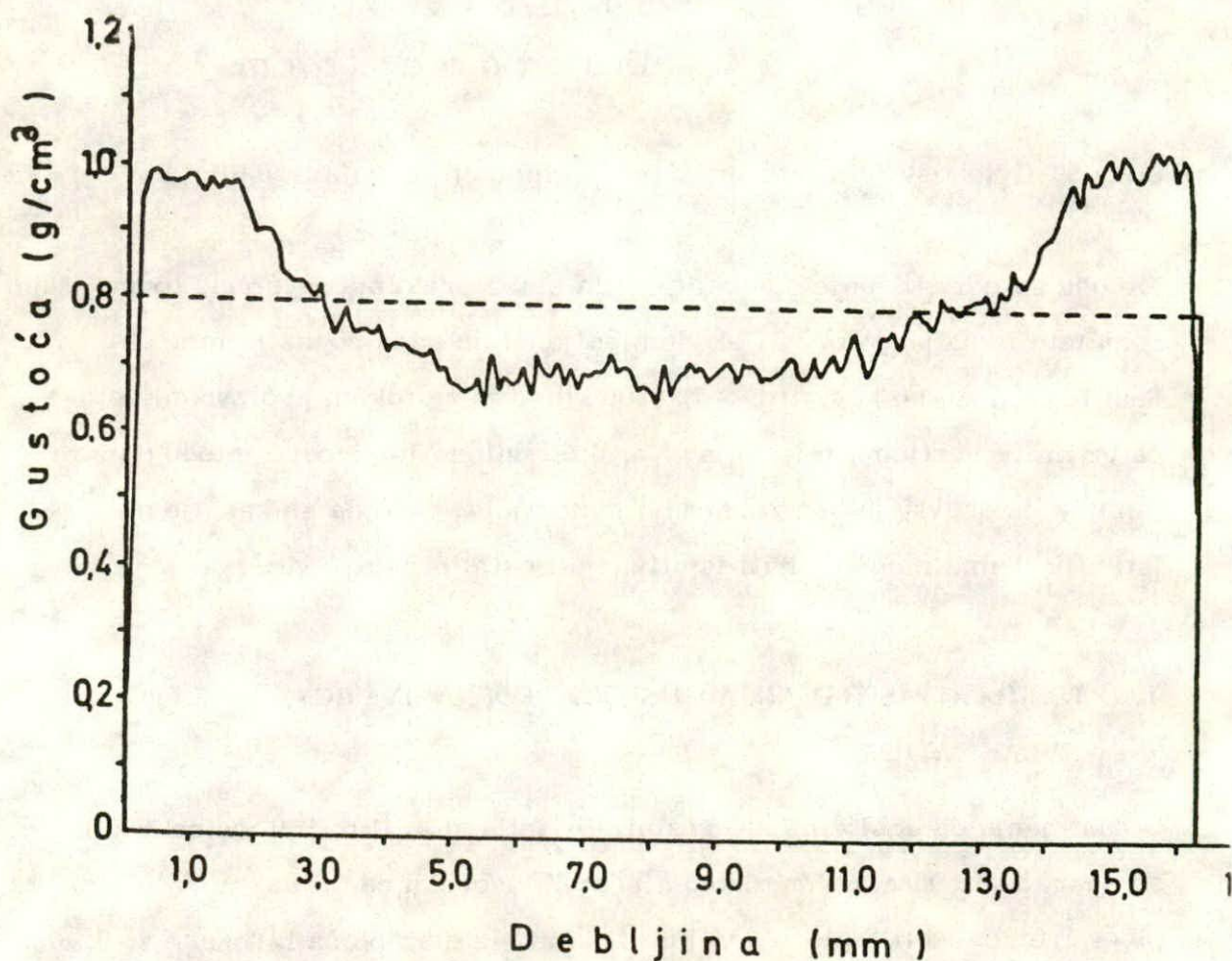
Metoda za određivanje gustoće profila gama zrakama daje vrlo točne rezultate i znatno je brža i ekonomičnija od do sada poznatih metoda. Radi toga može se koristiti kod rutinskih analiza tokom proizvodnje ploča uz kratko vrijeme mjerenja. Karakteristično je za ovu metodu da se ispitivanja obavljaju bez razaranja materijala, tako da se kasnije na istim probama mogu obaviti ispitivanja i ostalih svojstava.

4.0. REZULTATI ISPITIVANJA GUSTOĆE PROFILA IVERICA, MDF PLOČA I VLAKNATICA

U nastojanju da dobijemo što realnije podatke o kvaliteti ploča sa kojima se susrećemo u radu, metodom slučajnih uzoraka odabrane su troslojne ploče iverice i MDF ploče debljine 16 mm. Iz ovih ploča izrezane su

probe dimenzija 50 x 50 x 16 mm, te su poslone na ispitivanje metodom gama zraka u Institut "Wilhelm - Klaudivitz", Braunschweig. Na temelju dobivenih rezultata ispitivanja može se zaključiti za iverice slijedeće:

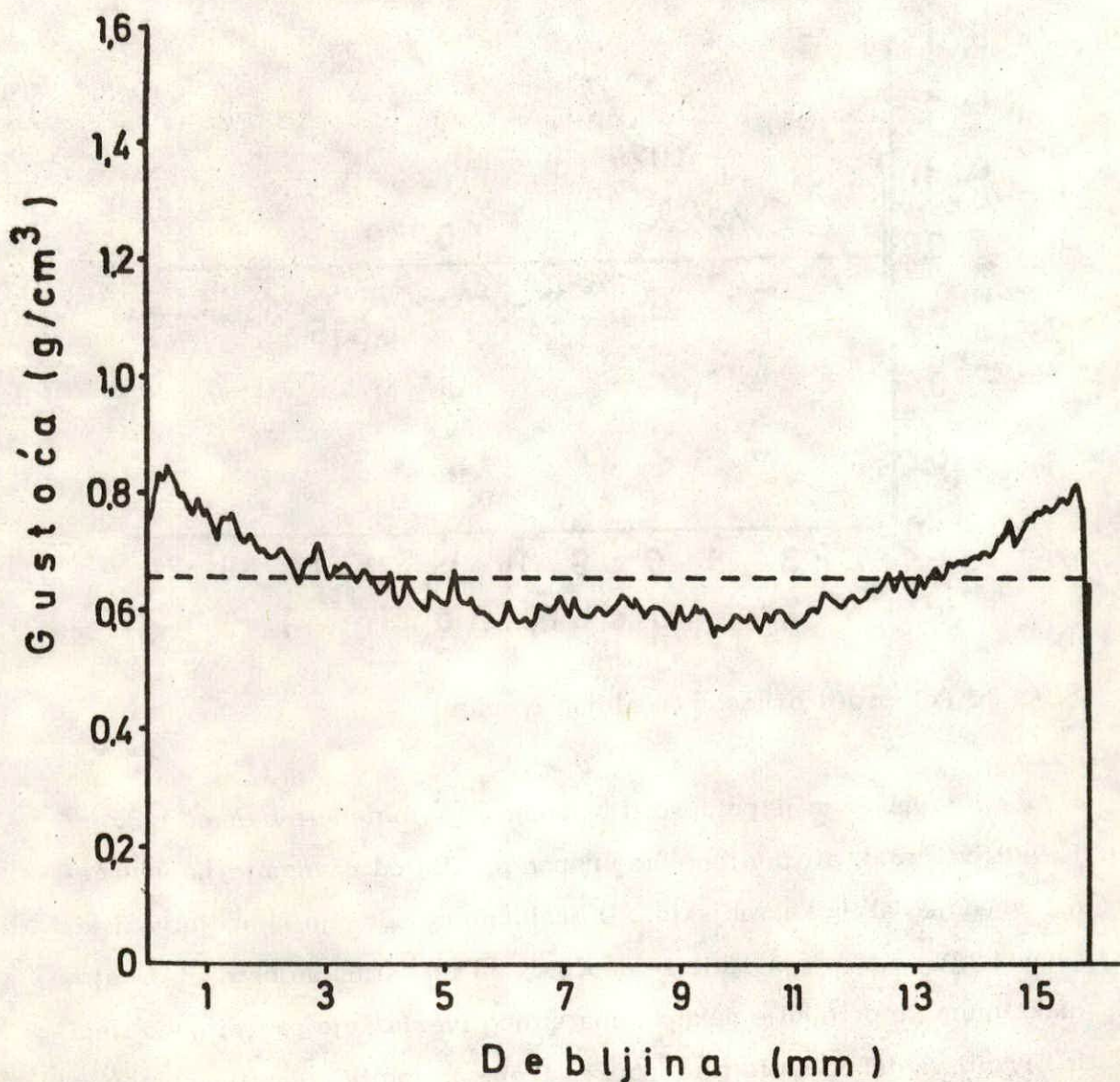
1. Izrazit jasno uočljiv stupnjeviti porast gustoće profila od sredine ploče prema površini .
2. Profil vanjskih slojeva simetrično formiran masivan u obliku pravokutnika .
3. Zona ravnomjernog visokog ugušćenja seže oko dva milimetra s lijeve i desne strane prema unutrašnjosti ploče.
4. Izrazita razlika između maksimalne gustoće vanjskih slojeva $0,977 - 1,017 \text{ g/cm}^3$ a manje srednjeg sloja $0,678 \text{ g/cm}^3$ prema srednjoj vrijednosti gustoće cijelog uzorka $0,792 \text{ g/cm}^3$.



Slika 6. Gustoća profila brušene 16,23 mm debele troslojne ploče iverice, dobivena pomoću metode gama zraka.

Za razliku od iveričnih ploča kod ispitanih MDF ploča zabilježeno je slijedeće:

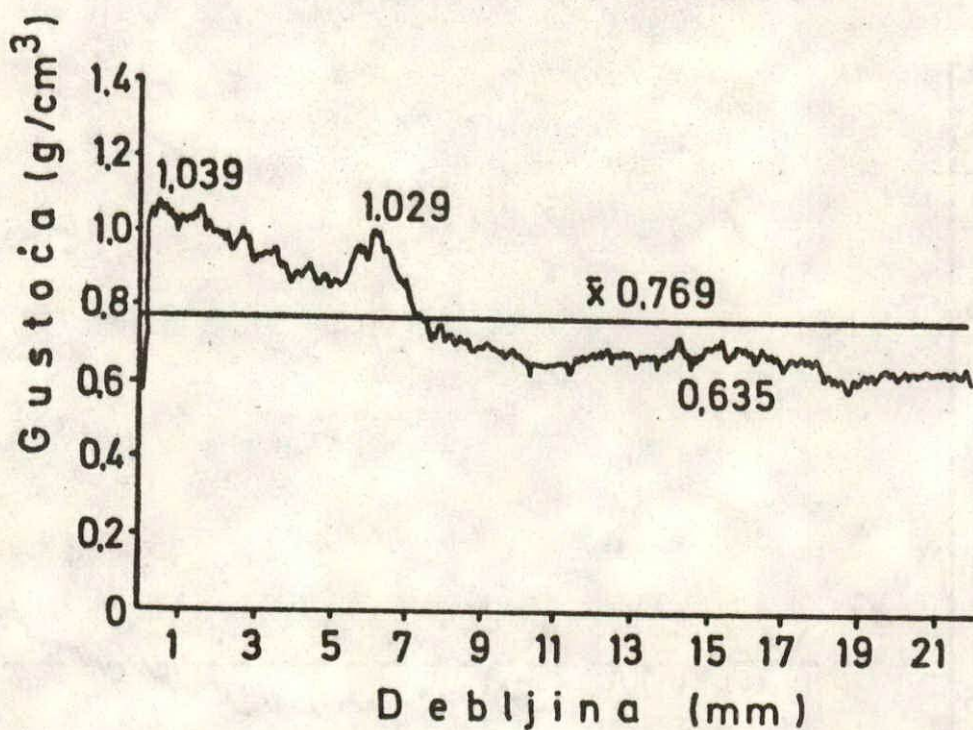
1. Postepen porast gustoće profila od središnjeg sloja prema vanjskim slojevima.
2. Profil vanjskih slojeva je trokutast .
3. Vanjski slojevi su simetrični i podjednako masivni.
4. Srednja gustoća cijelog uzorka iznosi $0,654 \text{ g/cm}^3$ a vanjskih slojeva $0,852 \text{ g/cm}^3$ odnosno $0,715 \text{ g/cm}^3$.



Slika 7. Puni profil 15,91 mm debele brušene MDF ploče ispitane metodom gama zraka.

Usporedbom dobivenih rezultata može se zaključiti da je gustoća ispitanih MDF ploča daleko ujednačenija po presjeku debljine nego što je zabilježeno kod ploča iverica kod kojih je izrazit stupnjevit porast gustoće od srednjeg sloja prema vanjskim. Ovi rezultati potvrđuju i osnovne karakteristike pojedinih tipova ploča.

Tokom ispitivanja proba izradjenih iz iverica i vlaknatica zabilježeni su i nedostaci u samoj konstrukciji ploča koji su vidljivi na dobivenim dijagramima.

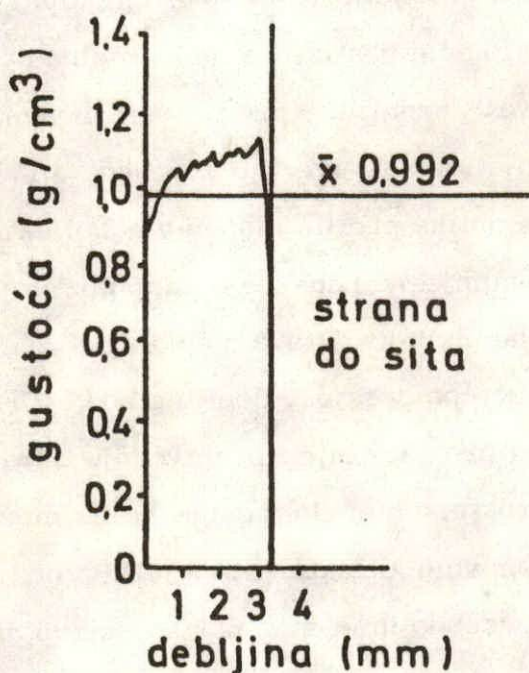


Slika 8. Poluprofil brušene troslojne iverice

Na slici 8. prikazan je poluprofil brušene 38 mm debele iverice iz koje je vidljiv izrazit ali prilično blag uspon profila od ravnomjerno ugušćenog srednjeg sloja ka vanjskim. U graničnom području između vanjskog i unutarnjeg sloja pojavljuje se neočekivani maksimum gustoće. Ovaj maksimum se pripisuje nakupinama sitnog iverja koje sadrži puno ljepila. Profil vanjskog sloja ima izdužen trokutast oblik. Razlika gustoće

od srednjeg sloja prema vanjskim jasno je izražena te se kreće od $0,769 \text{ g/cm}^3$ do $1,039 \text{ g/cm}^3$. Medjumaksimum gustoće smatra se kao greška pri natresanju tepiha te ju je potrebno izbjegavati.

Ispitivanju pomoću gama zraka bile su izložene takodjer i ploče vlaknatice (lesanit) debljine 3 mm.



Slika 9. Gustoća profila vlaknatice izradjene po mokrom postupku (5).

Iz slike 9 vidljivo je da gustoća ploče opada i na glatkoj strani ploče što je iznenadjujuće. Imajući u vidu tehnološki postupak proizvodnje vlaknatice po mokrom postupku očekivali bi da je najveća ugušćenost na strani okrenutoj prema limovima, međutim ona je najveća u središnjem dijelu ploče. Nasuprot gornjoj strani ploče na mjestima gdje se žice sita ukrštaju prenosi se pritisak na tepih točkasto, tako da na tim mjestima ukrštanja gustoća naglo raste, što daje profilu nesimetričan oblik.

5.0. ZAKLJUČAK

Opsežni istraživački radovi na određivanju gustoće materijala razvili su metodu pomoću gama zraka. Ova najnovija metoda danas se koristi u WKI -Braunschweig i USA FPL, Madisonn. Metoda gama zraka omogućava kontrolu rada natresnih stanica u procesu proizvodnje ploča te ima veliki značaj pri optimiranju debljine koja se kasnije brušenjem odstranjuje. Na taj način postiže se maksimalna debljina ugušćenih površinskih slojeva. Poznavanje profila omogućava izbjegavanje nesimetrije kod formiranja tepiha (iverice) usljed kojih dolazi do deformacija ploča. Promjenom oblika profila možemo poboljšati uvjete za oplemenjivanje iverica. Ravnomjerno ugušćenje vanjskih slojeva izravno utječe na niz fizičko mehaničkih svojstava gotovih ploča.

Ujednačenost gustoće po presjeku debljine kod MDF ploča bio je jedan od osnovnih motiva za pronalaženje i proizvodnju takvog tipa ploče. Kontrola homogenosti strukture metodom gama zraka može poslužiti kao garancija za jednu od osnovnih karakteristika MDF ploča, a to je profiliranje po debljini što je posebno interesantno za proizvođače namještaja.

6.0. LITERATURA

- (1) Bruči, V., Primorac, M.: Odredjivanje gustoće profila iverica gama zrakama u pogonskoj kontroli i kontroli kvalitete gotovih ploča. Bilten 2 (1980), Šumarski fakultet-Zagreb.
- (2) Henkel, M.: Ermittlung von Dichteprofilen an Span-und Faserplatten mit Rontgenstrahlung. Holztechnologie 10, (1969) 75.
- (3) May, H.A.: Zur Mechanik der Holzspanplatten unter besonderer Beruecksichtigung der Rohdichte-Differenzierung und Rohstoffzusammensetzung. Holz als Roh-und Werkstoff, 35 (1977), 385-387.
- (4) Ranta, L., May, H.A.: Zur Messung von Rohdichteprofilen an Spanplatten mittels Gammastrahlen. Holz als Roh-und Werkstoff, 36, (1978), 467-474.
- (5) Mihelić, M.: Odredjivanje gustoće profila ploča iz usitnjenog drva
Diplomski rad, Zagreb, 1984.

Filip Mamić, dipl.ing.
DI "Česma" - Bjelovar

ODREDJIVANJE FORMALDEHIDA KOJI SE OSLOBADJA IZ PLOČA IVERICA PERFORATOR I WKI METODOM

1. U V O D

Daljnji uspješan razvoj drvene industrije a posebno proizvodnje ploča iverica vezan je za rješavanje problema higijene i zaštite čovjekove okoline. Oslobadjanje formaldehida iz ploča iverica jedan od tih problema koji će se uskori morati riješiti.

Za izradu ploča iverica upotrebljavaju se uglavnom karbamid-formaldehidna ljepila koja uz neosporne prednosti koje posjeduju ta ljepila (brzo otvrdnjavanje, niska cijena i sl.) imaju i određene nedostatke. Najveći nedostatak je gore spomenuto oslobadjanje formaldehida za vrijeme proizvodnje, kod uskladištenja i u samoj primjeni. Određjene količine oslobodjenog formaldehida u prostorijama ne samo što stvaraju neugodan miris već djeluju toksično i nadražuju disne organe što dovodi do astmatičnih napada.

Formaldehid koji se oslobadja iz ploča iverica potječe iz slobodnog formaldehida kojeg u ljepilu ima u količini oko 0,2 do 0,5% i od naknadne hidrolize karbamidne smole. Za određivanje formaldehida koji se naknadno oslobadja iz ploča iverica ima više laboratorijskih metoda, mi ćemo ovdje opisati dvije koje su kod nas naišle na najširu primjenu. Perforator metoda je provjerena, usavršena, standardizirana i prihvaćena u mnogim evropskim zemljama. WKI metoda je nova, razvio ju je Roffael na institutu u Braunschweigu, a ona se nameće svojom jednostavnošću i dosta sigurnim izmjerenim vrijednostima.

2. PERFORATOR METODA

Uzorci veličine 25 x 25 mm x debljina ploče uzimaju se ravnomjerno po cijeloj širini ploče osim zone široke 500 mm od čela ploče. Za ispitivanje je potrebno oko 400 g uzorka za ekstrakciju.

Iz ploče iverice izabrane za ispitivanje odmah se izradjuju uzorci. Izradjeni uzorci do početka analize moraju biti čuvani na sobnoj temperaturi hermetički zatvoreni. Odredjivanje formaldehida mora biti izvršeno u roku 24 sata od uzimanja uzorka.

Radi izražavanja količine formaldehida u odnosu na suhu tvar ploče, prethodno mora biti određena voda u uzorcima.

Na satnom staklu promjera 120 mm izvaže se 5-6 uzoraka veličine 25 mm x 25 mm na 0,001 g točnosti i zatim suši pri 105 ± 2 °C do konstantne težine (oko 12 sati).

Konstantna težina je postignuta kada poslije 4 sata sušenja razlika u odvazi nije veća od 0,1%. Prije vaganja uzorci se moraju ohladiti u eksikatoru.

Oko 100 g uzoraka vagne se s točnošću od 0,1 g i stavi u tikvicu s okruglim dnom od 1 litre. Zatim se doda 600 ml toluena.

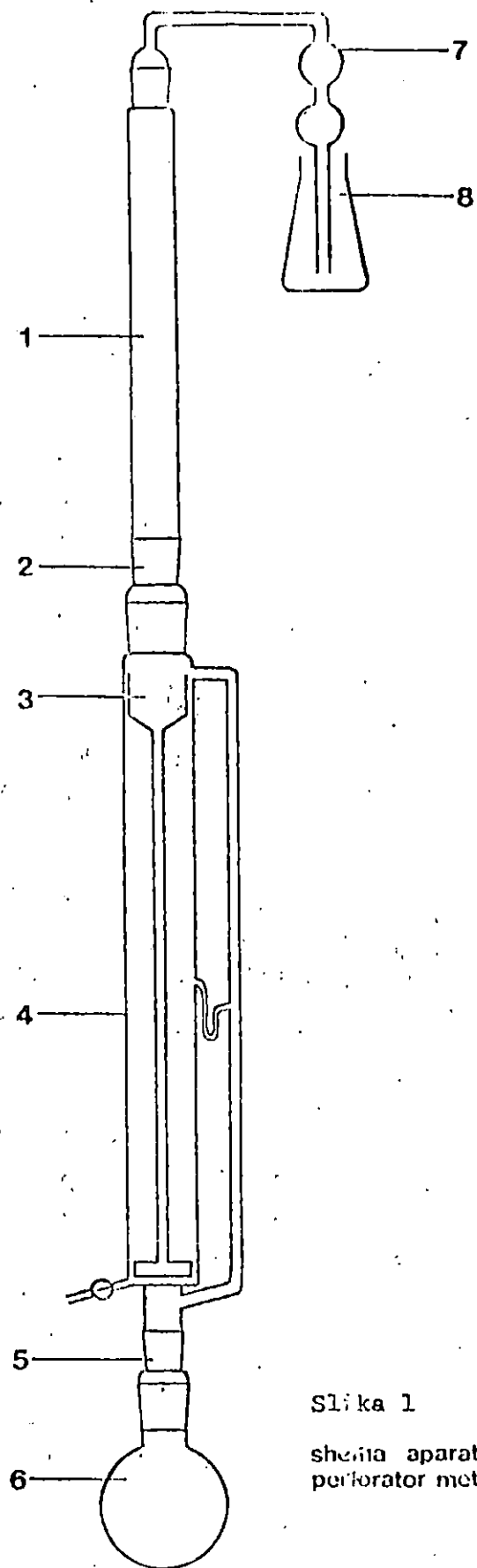
Toluen mora biti čist i bez vode. U slučaju sumnje na čistoću toluena, mora biti upotrebljen toluen p.a.

Oko 1000 ml destilirane vode stavi se u srednji dio aparature, tako da razina vode dopire do 1-2 cm ispod preljeva u sifon. Tada se sastave i ostali dijelovi aparature (1,2,7), a u tikvicu (8), koja služi za eventualno hvatanje formaldehida pobjeglog iz hladila stavi se 100 ml destilirane vode (sl. 1).

Poslije sastavljanja aparature, uključi se grijanje. Sam postupak ekstrakcije provodi se dva sata uz mirnu i ravnomjernu ekstrakciju. Početak ekstrakcije računa se od momenta preljevanja prvih količina toluena preko sifona (poslije 20 - 25 min.).

Za vrijeme postupka ekstrakcije mora se kontrolirati povratni tok toluena, a treba naročito paziti da destilirana voda iz tikvice (8) ne dospije u tikvicu (6). Dva sata poslije početka ekstrakcije prekine se grijanje i ukloni predložak (8). Sadržaj perforatora, poslije hladjenja na 20°C, prelije se u odmjernu tikvicu od 2000 ml, aparatura ispere se dva puta po 200 ml destilirane vode i zatim doda 100 ml vode iz predložka (8). Iz tikvice se ukloni toluen, a tikvica nadopuni točno na 2000 ml destiliranom vodom.

Slijepa proba se izvodi na isti način sa svježim toluenom ali bez uzorka.



Slika 1

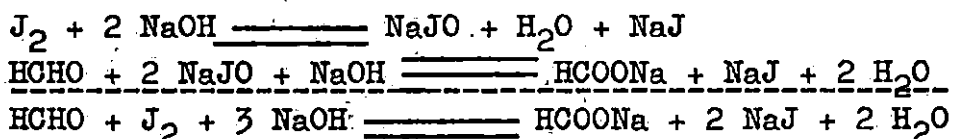
shema aparature za perforator metodu

Legend a uz shematski prikaz aparature za
perforator metodu

Pozicija	Naziv elementa
1.	Dimroth-hladilo, ukupne dužine 400 mm, jezgro NS 45/40, ležište NS 29/32
2.	Konični spojni element, ležište NS 45/40, jezgro NS 70/50
3.	Filter, porozitet 1, promjer zdjelice 60 mm
4.	Perforator 1000 ml, ležište NS 70/50, jezgro NS 29/32
5.	Konični spojeni element, ležište NS 29/32, jezgro NS 45/40
6.	1000 ml tikvica sa okruglim dnom, ležište 45/40 1-struka cijev sa kuglama, jezgro NS 29/32 (dužina 380 mm) 10 mm vanjski promjer, 50 mm promjer kugle, razmak kugle od donjeg kraja cijevi 200 mm, 50 mm izmedju kugli
8.	Predložak (npr. Erlenmayer-ova tikvica 300 ml)

Ekstrahirani formaldehid se kvantitativno oksidira u alkaličnoj otopini sa suviškom joda u mravlju kiselinu. Višak joda se titrira s otopinom tiosulfata. Ostale tvari koje podliježu oksidaciji s jodom (etilalkohol, aceton itd.) ne smiju biti prisutne.

Slijedeće reakcije se odvijaju za vrijeme oksidacije formaldehida:



Iz tikvice od 2000 ml pipetira se 100 ml otopine i stavi u tikvicu NB od 300 ml. Doda se 50 ml 0,01 J₂ i 20 ml 1 N NaOH. Tikvica se začepi s brušenim čepom i ostavi u mraku 15 minuta. Zatim se doda 10 ml H₂SO₄ 1:1, pri čemu se ponovo javlja smeđa boja. Jod koji se nalazi u višku titrira se s 0,01 N otopinom Na₂S₂O₃ uz škrob kao indikator do svijetlo-plave boje.

Sadržaj vode "u" izračunava se kako slijedi:

$$u = \frac{W_u - W_o}{W_o} \times 100 = \%$$

Wu = težina vlažnog uzorka

Wo = težina uzorka poslije sušenja na 105°C

Perforator vrijednost u % izračunava se iz slijedeće formule:

$$\text{Perforator vrijednost u \%} = \frac{0,3 (b_t - a)}{\frac{Eu}{100 + u} \times 100} = \frac{0,003 (b_t - a)(100 + u)}{Eu}$$

Eu = težina uzorka prije analize u g (na 0,1 g točno)

b_t = potrošak 0,01 N Na₂S₂O₃ u ml za slijepu probu

a = potrošak 0,01 N Na₂S₂O₃ u ml za uzorak

u = sadržaj vode uzorka u %

Potrebno je izvesti dvije ekstrakcije uzoraka iz jedne ploče. Pojedinačna vrijednost dvostrukog odredjivanja smije se razlikovati medjusobno u apsolutnom iznosu od 0,005%, a ne više od 10% relativno u odnosu na veću pojedinačnu vrijednost. U protivnom potrebno je izvesti treće odredjivanje.

U izvještaju o ispitivanju potrebno je navesti slijedeće podatke:

- datum izrade ploča iverica
- datum izrade uzorka za ispitivanje
- mjesto uzimanja uzorka iz ploče
- datum prijema uzoraka
- način pakiranja uzoraka
- podaci o klimatizaciji uzoraka: trajanje klimatizacije, sadržaj vlage uzoraka, temperatura zraka
- datum ispitivanja perforator metodom.

O ispitanim uzorcima potrebno je navesti podatke:

- debljina ploče (mm)
- gustoća (kg/m³)
- sadržaj vode (%)
- perforator vrijednost (% formaldehida/a.s. ploče)

3. WKI METODA

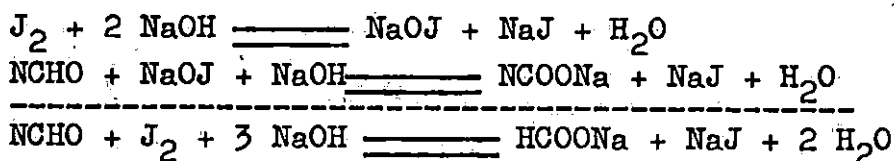
WKI metoda služi za određivanje formaldehida u oplemenjenim a i neoplemenjenim pločama ivericama.

Postupak određivanja formaldehida je slijedeći:

Iz klimatiziranih ploča izrežu se uzorci veličine 25 x 25 mm. U uzorcima se odredi sadržaj vode. Po dva uzorka pričvrste se na unutarnji čep polietilenske boce od 500 ml (sl. 2). U polietilensku bocu predhodno se odpipetira 50 ml destilirane vode. Tako pripremljena boca s uzorcima čvrsto se zatvori i stavi u sušionik na 40°C. Poslije 24 ili 48 sati boce se izvade iz sušionika i stave u ledenu vodu na pola sata, radi potpune asorpcije formaldehida u vodi.

Formaldehid se određuje jodometrijski u paraleli na slijedeći način:

10 ml vodene otopine formaldehida odpipetira se u Erlenmayer tikvicu od 300 ml s brušenim čepom. Sada se doda 50 ml 0,01 N otopine joda i zatim 20 ml 1 N otopine NaOH. Tikvica se zatvori brušenim čepom i ostavi 15 minuta u mraku. Nakon stajanja dodaje se 10 ml H₂SO₄ (1:1) i 5 ml otopine škroba i titrira s 0,01 N otopinom tiosulfata dok titrirana otopina ne poprimi slabu-plavu boju. Formaldehid koji se nalazio u otopini oksidirao se je u lužnatom mediju s otopinom joda u mravlju kiselinu. Preostali jod retrira se s otopinom tiosulfata, a sama oksidacija ide po jednadžbi:



Svako ispitivanje izvodi se u paraleli uz ponovljenu titraciju. Slijepa proba takodjer se titrira u paraleli, a za obračun rezultata uzimaju se srednje vrijednosti.

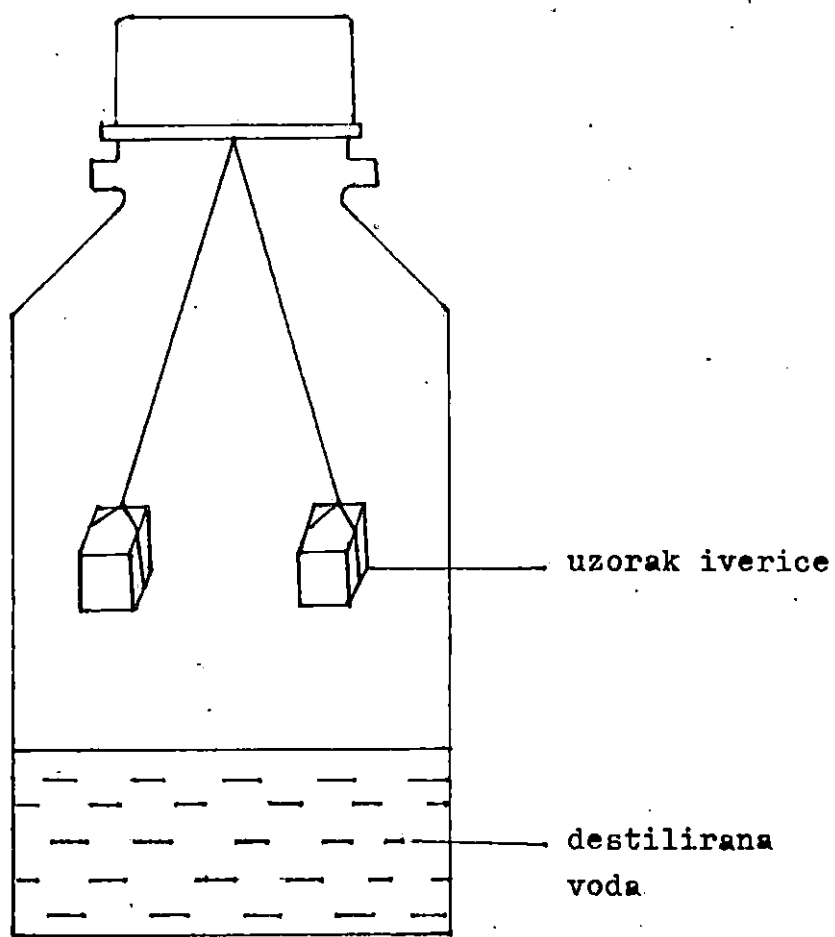
$$\text{Formaldehid (mg/100g)} = \frac{75(b-a)}{\frac{Eu}{100+u}} \times 100$$

b = potrošak 0,01 N tiosulfata za slijepu probu

a = potrošak 0,01 N tiosulfata za titraciju 10 ml ispitivane otopine

Eu = težina uzorka u g prije ispitivanja

u = sadržaj vode u uzorku u %



Slika 2
shema aparature
WKI metode

4. ODREĐJIVANJE EMISIONE KLASJE PLOČA IVERICA

U radu je određena perforator vrijednost prema DIN EN 120 i WKI - vrijednost prema internom propisu Fraunhofer - Institut für Holzforschung WKI Braunschweig u svrhu određivanja emisione klase iverica.

Za izbjegavanje nepoželjnog "zadaha" koji nastaje oslobadjanjem formaldehida iz iverica izdane su "Smjernice o primjeni iverica poradi izbjegavanja nepoželjne koncentracije formaldehida u zraku".

Smjernice o primjeni iverica poradi izbjegavanja nepoželjne koncentracije formaldehida u zraku vrijede za iverice koje se koriste u graditeljstvu uključujući unutarnju ugradnju kojima se oblažu ili prekrivaju velike površine. U svim smjernicama postavljaju se zahtjevi za primjenu iverica poradi ograničenja koncentracije formaldehida u prostorijama u kojima se zadržavaju ljudi.

Ove smjernice predviđaju upotrebu iverica koje ispunjavaju zahtjeve "Smjernice o klasifikaciji iverica s obzirom na oslobadjanje formaldehida" i postavljaju slijedeće zahtjeve za primjenu:

- Iverice emisione klase E1 mogu se upotrebljavati bez oplemenjavanja i oblaganja.
- Iverice emisione klase E2 i E3 moraju u cilju smanjenja količine formaldehida koji se oslobadja iz iverica, biti oplemenjene odmah po izradi u proizvodnom pogonu ili se moraju kasnije na mjestu upotrebe oplemeniti ili obložiti.
- Za ploče iverice s izbušenim površinama (perforiranim), npr. akustične ploče, mogu se koristiti samo iverice emisione klase E1.
- Oplemenjene i obložene iverice emisione klase E1 moraju imati emisionu vrijednost = 0,1 ppm HCHO.
- Iverica mora i kada je ugrađena imati oplemenjene površine, ako je ploča emisione klase E2, dimenzija (formata) $0,8 \text{ m}^2$ pri čemu su stranice duge 40 cm, a mora biti oplemenjena na površinama i bočnim stranicama, ako je emisione klase ploče E3.

- Ploče koje su u ugradjenom stanju tijesno priljubljene bočnim stranicama i medjusobno lijepljene smatraju se jednom pločom i njihove se bočne stranice prije lijepljenja ne moraju posebno zatvoriti.
- Ako se ploče oblažu to se mora učiniti oblogom koja garantira emisiju vrijednost = 0,1 ppm HCHO.

Osnovni zahtijev koji se postavlja i na oplemenjavanje i na oblaganje iverica jest smanjenje količine formaldehida koji se oslobadja iz iverice, čime se postiže vrijednost = 0,1 ppm HCHO.

Oplemenjena i neoplemenjena iverica mora, uz ostale karakteristike prema raznim normama, biti označena oznakom koja daje podatke o količini formaldehida koji se naknadno oslobadja.

Smjernicama o klasificiranju iverica s obzirom na naknadno oslobadjanje formaldehida određuje se postupak klasificiranja iverica na temelju perforator vrijednosti, daju se metode ispitivanja, te način i opseg kontrole i način obilježavanja ploča iverica. Iverice se klasificiraju na temelju perforator vrijednosti. Kod neoplemenjenih i neobloženih ploča nisu dozvoljene emisije vrijednosti veće od 2,3 ppm HCHO, odnosno perforator vrijednosti veća od 60 mg HCHO/100 g aps. suhe ploče iverice, kod oplemenjenih ploča ne dozvoljavaju se emisije vrijednosti veće od 0,1 ppm HCHO.

Ispitivanja se vrše za područja debljina iverica: do 25 mm, preko 25 do 40 mm, preko 40 do 60 mm i preko 60 mm.

Emisiona vrijednost je kod određenih uvjeta mjerena koncentracija (ravnomjerna) formaldehida u zraku unutar jedne prostorije za ispitivanje; ako se ravnomjerna koncentracija u prostoriji ne postigne ni poslije 240 sati, uzme se vrijednost koja se dobije poslije 240 sati.

Uvjeti kod ispitivanja:

Prostor za ispitivanje (polinonepropustan)

S obujmom zraka oko	40 m ³
Temperatura u prostoriji	23 ± 1 °C
Relativna vlaga zraka u prostoriji	45% ± 3%
Izmjena zraka	1 izmjena na sat
Opterećenja prostora	1 m ² površine ploča na 1 m ³ obujma zraka
Ugradnja ploča	sa svih strana ravnomjerno oplakivanje zrakom

Promjene količine formaldehida u prostoriји za ispitivanje za vrijeme ispitivanja vrši se s bilo kojom prikladnom metodom.

Iverice (uzorci) za ispitivanje ne smiju biti stariји od 14 dana i prilikom uzimanja moraju se plinonepropusno zapakirati. Opterećenje prostora za ispitivanje treba vršiti sa 10 ploča formata 1 x 2 m, ako su formati manji treba uzeti odgovarajući veći broj ploča

U svakom proizvodnom pogonu iverice se klasificiraju na temelju prvog ispitivanja, a zatim se kontrolom koja se sastoji od unutarnje i vanjske kontrole vrši permanentni nadzor. Propisi za kontrolu ostalih svojstava iverica u potpunosti zadržavaju svoju važnost.

Unutarnjom kontrolom svaki proizvođač treba za svaki proizvodni pogon provjeravati da li ispunjava uvjete koji proizlaze iz izvršnog klasificiranja s obzirom na naknadno oslobađanje formaldehida, tj. na temelju emisione klase ispitivanjem najmanje jedne ploče dnevno za svaki tip ploče. U tu svrhu može se koristiti: perforator metoda, ili WKI metoda. Količina formaldehida koja se oslobađja i sadržaj vlage treba odrediti najmanje 7 dana po izradi ploča.

Rezultati se statistički obraduju prema propisima vanjske kontrole. Vanjska kontrola se vrši po ovlaštenoj službi za kontrolu drvnih proizvoda. Prije dolaska službe vanjske kontrole treba izvršiti klasificiranje iverica (na temelju perforator vrijednosti) ili odrediti emisionu vrijednost i izračunati faktore za preračunavanje (odrediti međusobnu vezu između pojedinih postupaka). Vanjska kontrola vrši se najmanje dva puta godišnje. Pri tome se kontroliraju rezultati unutarnje kontrole i pridržavanje uvjeta koji se postavljaju na određenu emisionu klasu. Na najmanje tri ploče za svako područje debljina, svakog tipa ploče treba odrediti količinu formaldehida koja se oslobađja jednim od gore spomenutih postupaka i izvršiti obilježavanje ploča. Najmanje godišnje jednom treba provjeriti faktore za preračunavanje između pojedinih postupaka koji su određeni prilikom prvog ispitivanja.

Ploče (uzorci) koje se uzimaju za vanjsku kontrolu ne smiju biti stariје od 4 tjedna i prilikom uzimanja moraju se plinonepropusno zapakirati.

Iverice se obilježavaju pripadajućim emisijama:

- a) neplemenjene iverice sa E1, E2, E3.
- b) oplemenjene iverice E1o, E2o, E3o.

EMISIONE KLASSE PLOČA IVERICA

Emisione klase	Emisiona vrijednost u ppm HCHO	Perforator vrijednost u mg HCHO/100g a.s. ploče
E1	0,1	10
E2	0,1 do 1,0	10 do 30
E3	1,0 do 2,3	30 do 60

5. IZMJERENE VRIJEDNOSTI, PRETVORBENI KOEFICIJENT

Ispitivanje količine formaldehida koja se oslobadja iz ploča iverica vršena su na troslojnim pločama ivericama debljine 16 mm, perforator i WKI metodom (24 sata), a dobiveni rezultati dati su u slijedećoj tabeli:

OZNAKA PLOČE	OSLOBODJENI FORMALDEHID	
	PERFORATOR METODA	WKI METODA
1	66	61
2	75	70
3	59	55
4	58	46
5	71	67
6	77	71
7	61	58
8	68	62
9	56	53
10	75	71
11	40	46
12	67	60
13	54	51
14	63	47
15	75	65
16	74	70
17	69	70
18	48	57
19	60	64
20	50	47

Iz izmjerenih podataka proizlazi koeficijent korelacije 0,95 što ukazuje da preстоји vrlo čvrsta veza između obih metoda.

6. ZAKLJUČCI

Količina formaldehida koja se oslobadja iz ploča iverica proizvedenih u jugoslavenskim tvornicama u "uobičajenom" procesu proizvodnje su velike i te ploče spadaju u pravilu u emisionu klasu E3. Zadatak svim tvornicama mora biti da proizvode ploče sa minimalnom količinom formaldehida a to se može postići na nekoliko načina:

- a) primjena ljepila sa nižim mol-omjerom (odnos formaldehid : urea);
- b) promjenom parametara u proizvodnom ciklusu (vrijeme prešanja; temperatura prešanja, količina amonijaka odnosno otvrdjivača u smjesi ljepila),
- c) dužim ležanjem (starenjem) gotovih ploča prije upotrebe;
- d) naknadnom obradom gotovih ploča amonijaka ili urea otopinom;
- e) naknadna obrada ploča iverica premazivanjem;
- f) naknadna obrada ploča iverica oplemenjivanjem raznim papirima, folijama, plemenitim furnirima;
- g) bolje provjetravanje prostorija u kojima je ugrađena ploča iverica.

"ISTRAŽIVANJA MOGUĆNOSTI POVEĆANJA
VATROOTPORNOSTI PLOČA IVERICA"

U v o d:

Ploče iverice kao najstariji pločasti materijal na bazi usitnjenog drva, danas nakon unapredjenja tehnologije proizvodnje tih ploča, imaju vrlo široko područje upotrebe. Međutim, da bi ivericu upotrijebili kao materijal sa boljim svojstvima, u interijeru i građevinarstvu moramo poboljšati, osim njezine otpornosti na klimatske promjene i njezinu otpornost na vjetru. Zaštita drvnih proizvoda i materijala na bazi drva od požara odnosno povećavanje njihove otpornosti na vjetru, u prijašnjim godinama je svedena na njihovu izolaciju od direktnog dodira ili izlaganja povišenoj temperaturi. Izolacije tih materijala je izvršena na razne načine, kao oblaganje vatrootpornim materijalima ili namazima. Uspješnost te zaštite bila je isključivo ovisna o kvaliteti i efikasnosti tog vatrozaštitnog sloja. Danas kemijska industrija za kemijsku zaštitu materijala nudi vrlo širok asortiman tih proizvoda sa već potvrđenim uspjehom u zaštiti od požara.

Međutim, sadašnji propisi za građevinarstvo i materijale za ugradnju u stambene prostorije imaju velike zahtjeve na vatrootpornost. Zahtjevaju od upotrebljenog materijala da izdrži na povišenoj temperaturi više od 30 minuta, najmanje, i da u slučaju požara ne proizvodi povećanu količinu dima i otrovnih plinova. Da bi se ploče iverice mogle plasirati i upotrijebiti pod tim uvjetima, mora se osjetno poboljšati njezina vatrootpornost. Prisutnost mineralnih ploča (ekspan-diranog vermikulita i anorganskih veziva) na tržištu, koje izdrže više od 60 minuta na preko 900°C, a koje kod požara ne oslobadaju dim, zapaljive i otrovne plinove a ima provodljivost topline od 0,12 kcal/m²h°C, smanjuje pločama ivericama područje upotrebe i mogućnost većeg plamena. Međutim, cijena takvih mineralnih ploča i ostalih ploča koje su zaštićene vatrootpornim laminatima je prilično visoka u odnosu

na iverice. Cijena ploča iverica, bez vatrozaštite je vrlo prihvatljiva, a nakon poboljšanja njezine vatrootpornosti još je uvijek ispod cijene mineralnih ploča što povećava mogućnost njezina plasmana i proširenje njezina područja upotrebe.

Svjetski istraživački instituti već od ranih šezdesetih godina počeli su istraživati mogućnosti povećavanja vatrootpornosti pločastih materijala na bazi drva. Krajem šezdesetih godina već su objavljeni radovi u Americi i Njemačkoj gdje se vidjelo da ti radovi potvrđuju već poznate pretpostavke, da se iverica može oplemeniti i povećati njezina vatrootpornost na razne načine.

1.0. NAČIN POVEĆAVANJA VATROOTPORNOSTI MATERIJALA:

Povećanje vatrootpornosti materijala danas se većinom radi pomoću pokrivnih slojeva. Međutim, pokrivni slojevi nisu pogodni za sve materijale niti za sva mjesta gdje se upotrebljavaju ti materijali, pogotovo ako se radi o estetici cjelokupnog prostora. Materijali sa povećanim vatrootpornim svojstvima su vrlo pogodni i traženi u području građevinarstva i interijera.

Već niz godina razvijaju se protiv požarni namazi za drvo i materijali na bazi drva. Njihova primjena je zauzela veliki zamah u građevinskoj stolariji, građevinskim drvenim elementima i lameliranim nosačima. U Engleskoj i Njemačkoj su se razvijali također vatrozaštitni namazi slični za građevinarstvo gdje se traži povećana zaštita razvijali su se i pjenaсти nanosi koji se prskaju na ugrađene elemente. Međutim, tamo gdje se traži povećana vatrootpornost, najefikasnije rješenje su uvijek bile kombinacije sa lameliranim materijalima gdje su vanjski slojevi bili pokriveni vatrootpornim laminatima ili tankim materijalima i vatrozaštitnim namazima

ili pjenama. Protupožarna sredstva koja se koriste za proizvodnju vatrootpornih ploča mogu se podijeliti u slijedeće grupe:

1. Vatrozaštitna sredstva koja djeluju mehanički, a to su sredstva koja se kao obloge ili pokrivni sloj nanose prskanjem ili četkama. Takvim sredstvima izoliraju se materijali od zraka, a čime se onemogućava razvoj vatre. Takva sredstva moraju biti elastična, jer u protivnom kod razvoja vatre dolazi do pucanja zaštitnog sloja i gube se zaštitne osobine.
2. Taljive kemikalije: ta se sredstva nanašaju na razne načine na materijale. One se prilikom razvijanja temperature tale, stvarajući lijepljivi sloj, koji odvaja toplinu i vatru od materijala i sprječava dalje pougljavanje materijala.
3. Pjenaste kemikalije: te kemikalije kod povećane temperature stvaraju poroznu pjenu koja pougljeni i djeluje kao visoki termički izolator. Te pjene nabubre i tako sprečavaju doticaj vatre s materijalom i uspješno smanjuju utjecaj topline vatre na temperaturu materijala, te tako djeluju kao vatrozaštitna sredstva.
4. Kemikalije koje razvijaju plinove koji guše vatru: Njihovo vatrozaštitno djelovanje sastoji se u razvijanju plinova koji guše vatru, kad se razvija temperatura njihove okoline. Ovako proizvedeni plinovi smanjuju koncentraciju zapaljivih (gorivih) plinova, koje proizvodi materijal.
5. Vatrozaštitna sredstva koja stvaraju ugljen: Postoji niz sredstava koja povećavaju i pomažu pougljivanje drva uslijed razvoja temperature, što poboljšava

termičku izolaciju.

Povećanje vatrootpornosti samog materijala. Kad je riječ o pločastim materijalima na bazi drva, temelji se na korišćenju osnovne sirovine koja sama po sebi ima povećanu vatrootpornost. To se misli na vrste drva koje prirodno teže gore u prisutnosti vatre nego druge vrste i na ljepila koja sama po sebi su vatrootporna.

Na temelju niz istraživanja, ustanovljeno je da je drvo sa gustoćom većom od $0,700 - 1,200 \text{ g/cm}^3$ imaju veliku otpornost i minimalnu brzinu izgaranja. Ebanovina, američki bor, hrast, jasen, bukva, grab i bagrem su poznati po tome i zato gdje god je moguće se koristi više, kad se radi o proizvodnji materijala od kojih se zahtjeva povećana vatrootpornost.

Danas je već razvijeno niz specijalnih vrsta ljepila koja posjeduju veliku vatrootpornost, jer su njihovi osnovni sastojci ukombinirani sa vatrootpornim kemijskim sredstvima. Također, proizvedena su već od davnina ljepila na bazi smole koje su same od sebe vatrootporna, kao što su karbamidna, fenolna i melaminska ljepila. Korišćenje takvih vrsta drva i ljepila, povećava se cijena proizvoda ali sigurno i vatrootpornost proizvedenog materijala što proširuje mogućnost njenog plasmana i čini ih prihvatljivim za ugradnju u interijere i građevinarstvo uopće. U svijetu već od sedamdesetih godina a posebno u Americi izvedeni su takvi pokusi za proizvodnju vatrootpornih ploča iverica, vlaknatica i šperploča na temelju upotrebe izabranih osnovnih materijala i dodavanjem vatrozaštitnih kemikalije ili u vidu impregnacije sirovina ili u toku proizvodnje prije ili poslije procesa obljepljivanja. Danas u Americi postoji niz patenata za proizvodnju vatrootpornih ploča na bazi drva na osnovu gore navedenih principa.

2.0. KORIŠĆENE METODE ZA POVEĆANJE VATROOTPORNOSTI IVERICE:

Prvi pokusi koji su rađjeni u Americi i Njemačkoj u raznim institutima bili su osnovani na impregnaciji iverja sa raznim kemijskim vatrozaštitnim sredstvima (borna kiselina, diamonijev sulfat, diamonium-ortofosfat, natrijev borat i cinkov klorid) kao pojedinačno ili mješavina dvaju ili tri sredstva zajedno. Dodavanjem odnosno napajanjem iverja u otopini tih sredstava bilo je u raznim koncentracijama od 5 - 15% na suhu količinu iverja. Te metode su dale izvanredne rezultate, ali proces je bio vrlo skup, obzirom da je zahtjevao uređjaje za impregnaciju i dodatno sušenje.

Nakon toga, da bi izbjegli poskupljenje proizvodnog procesa, prešli su na dodavanje vatrozaštitnih kemijskih sredstava u obliku praha na vlažno iverje prije sušenja. Ti pokusi dali su pozitivne rezultate, ali manje uspješno nego kod napajanja iverja u otopini zaštitnog sredstva. Zaključak ovih pokusa je bio taj, da kod upotrebe 5 - 10% protupožarnog sredstva na atro-iverje reducira se brzina širenja plamena i do 30%.

Druga metoda je bila mješanje vatrozaštitnih sredstava u ljepilo prije prskanja ljepila na iverje i mješanje. Medjutim kvaliteta ljepila koja je tada bila, ograničavala je mješanje kemijskih vatrozaštitnih sredstava ispod 3% na suhu supstancu ljepila, jer je skraćivala radno vrijeme mješavine ljepila i sredstva. Osim toga, ustanovili su da nakon mješanja iverja sa tim mješavinama (vatrozaštitnim sredstvima i ljepilom) potrebno je dodavati više vlage iverju koja bi se morala odstranjivati nakon prešanja. Izradjeni pokusi u laboratoriju sa što kraćim radnim vremenom mješavine, radi poteškoća sa prskanjem, ljepilom (povećanjem vlage iverja prije prešanja) dali su pozitivne rezultate što se tiče povećanja vatrootpornosti ploča. Medjutim, i

zbog poteškoća u proizvodnji nisu bili preporučljivi za proizvodnju dok se ne pronadje ljepilo koje podnosi dodavanje vatrozaštitnog sredstva bez da se skraćuje njihovo radno vrijeme.

Treća metoda koja je korišćena za proizvodnju vatrootpornih ploča iverica bila je dodavanje vatrozaštitnih kemijskih sredstava u obliku praha na suho iverje prije mješalica. Sredstvo je dodano u količini od 5 - 20% na suho iverje. Međutim, ispitivanjem prisutnosti količine kemijskih sredstava na iverje nakon nanošenja ljepila, ustanovljeno je da su gubici u vatrozaštitnim kemikalijama veliki, odnosno smanjena je količina prenešenog vatrozaštitnog sredstva nakon mješanja iverja s ljepilom.

Dodavanjem vatrozaštitnih kemijskih sredstava u prahu poslije obljepljivanja iverja, odnosno na već obljepljeno iverje bilo je uspješno u smislu zadržavanja sredstva na iverju. Tehnički proces dodavanja vatrozaštitnih sredstava na iverje prije ili poslije mješalice na istom je principu. Sredstva se dodaju u potrebnim količinama u odnosu na atro težinu iverja, dozirano pomoću precizne vage. Rezultati povećavanja vatrootpornosti te metode su bile uspješnije i za razliku od prethodne metode ne traži veću investiciju i vrlo jednostavno možemo ih primjenjivati u proizvodnji kod već postojećih pogona za proizvodnju klasičnih ploča iverica.

Krajem sedamdesetih godina i početkom osamdesetih, proizvođači strojeva za klasičnu i građevinsku ivericu počeli su voditi računa zajedno s proizvođačima strojeva za nanošenje ljepila o proizvodnji uređaja koji omogućavaju tu proizvodnju.

Američki i Skandinavski instituti su već patentirali i demonstrirali proizvodnju vatrootpornih iverica ali na temelju tekućih ljepila na bazi aminoplasta koja sadrže metolilne melamin - formaldehidna ljepila.

3.0. NAŠA ISKUSTVA O DOBIVANJU VATROOTPORNIH PLOČA IVERICA

Prva naša iskustva o proizvodnji vatrootpornih ploča iverica stekli smo u laboratoriju Instituta za drvo. Godine 1978. dobili smo od firme "Bayer" male količine vatrozaštitnih kemijskih sredstava (Basilit) koja se koriste za impregnaciju drva. Mješanjem Basilita s iverjem u bubnju u vrijeme prskanja ljepila dobili smo oblijepljeno iverje impregnirano Basilitom. Iz dobivene mješavine Basilita, iverja i ljepila izradili smo nekoliko ploča u laboratorijskim uvjetima. Ispitivanjem izradjenih ploča na gubitak u težini metodom ognjenih cijevi, pokazalo se da je vatrootpornost te ploče povećana za 10-20% u odnosu na ploče izradjene u istim uvjetima bez dodavanja vatrozaštitnih kemijskih sredstava. Drugi pilotni pokus također smo izvršili u laboratoriju Instituta za drvo. Pokus se sastojao u tome, što smo vatrozaštitna kemijska sredstva (također Bayerova) Silka Sill (S) dodali u ljepilo 10% sredstva za suhu supstancu ljepila.

Prenošenje mješavine ljepila i sredstva na iverje prskanjem pomoću pištolja u rotirajućem bubnju trajalo je nešto dulje zbog povećanja gustoće ljepila. Izradjene ploče s mješavinom ljepila i Silka Silla ispitali smo također pomoću ognjene cijevi na gubitak u težini. Dobiveni rezultati vatrozaštitnih uzoraka u usporedbi s nezaštićenim uzorcima pokazali su povećanje u vatrootpornosti za 20 - 30%.

Prvi industrijski pokus koji je izveden nakon ovog pilotnog pokusa izveli smo u Novom Vinodolskom u Tvornici okal ploča "Milan Mataija". U pokusu korišćeno je Bayerovo kemijsko vatrozaštitno sredstvo "Basilit". Obzirom da je proizvodnja okal ploča u principu slična proizvodnji ploča troslojne iverice što se tiče faza proizvodnje, osim preša, odnosno sistema prešanja. Pokus je izveden tako da je već oblijepljenom iverju ručno dodano vatrozaštitno kemijsko sredstvo i izmješano u smjesu dalje odlazilo na prešanje. Količina

dodanog sredstva je 10% na količinu suhog iverja. Medjutim, proces prešanja bio je vrlo otežan i ploče su izlazile iz preše u lošem stanju. Površina ploča bila je vrlo loša, a vidljivo je da su se u toku prešanja ploče zalijepile na stjenke preše. Ispitivanjem uzorka na bubrenje, pokazalo se da je bubrenje bilo povećano u odnosu na one koje su izradjene bez dodatka sredstva. Ispitivanje uzorka na vatrootpornost takodjer je pokazalo povećanje u vatrootpornom svojstvu uzorka iz ploča koje su izradjene s dodatkom vatrozaštitnih kemijskih sredstava. Medjutim, s obzirom da nemo-
mo prilike da takve pokuse izvedemo i nastavljamo u proizvodnji, preostalo nam je samo da nastavimo istraživanje u laboratorijskim uvjetima.

Na temelju iskustva dobivenih izradom laboratorijskih vatrootpornih ploča i ovaj industrijski pokus, odlučili smo izraditi opširan plan za izradu takvih ploča sa raznim utjecajnim faktorima da bi ustanovili neke mogućnosti proizvodnje ploča iverica sa povećanim vatrootpornim svojstvima. Plan pokusa izradili smo u četiri faze sa tri utjecajna faktora na dva nivoa, sveukupno 32 tretmana.

Prema izradjenom planu pokusa u tvornici iverica "ČESMA" u Bjelovaru realizirali smo i izradili sve predviđjene kombinacije. Standardne tehnološke parametre za izradu troslojnih ploča iverica uzeli smo kao konstantni faktor. Kao utjecajne promjenjive faktore uzeli smo vrstu vatrozaštitnih kemijskih sredstava, količinu dodanih sredstava i vrste ljepila. Iverje za izradu te ploče uzeli smo gotovo pripremljeno iverje iz proizvodnje. Za ljepilo smo uzeli karbamidno-formaldehidno ljepilo i fenolno-formaldehidno ljepilo. Kao kemijsko vatrozaštitno sredstvo izabrali smo dva Bayerova sredstva, jedno koje je reklamirano za tu svrhu - Basilit, a drugo Silka Sill koje se koristilo kao vrlo dobar izolator za toplinu. Treće vatrozaštitno kemijsko sredstvo bilo je kao mješavina dvije već upotrijebljene kemikalije za tu

svrhu, a to su Boraks i Borna kiselina u odnosu 1:1.

Izradjene ploče smo odmah nakon kondicioniranja ispitali na neka njihova fizičko-mehanička svojstva. Za određivanje efekta dodavanjem vatrozaštitnog kemijskog svojstva i stupanj povećavanja vatrootpornosti izradjenih ploča ispitali smo njihove gubitke na težini prilikom izlaganja vatri i brzinu širenja plamena po njihovoj površini.

Svojstvo vatrootpornosti u smislu gubitka na težini ispitali smo prema Gostu: 16-363-75 i ASTM: E-69 050. Za procjenu brzine širenja plamena izradili smo vlastitu aparaturu u Institutu za drvo koja omogućava određivanje brzine širenja plamena u laboratoriju.

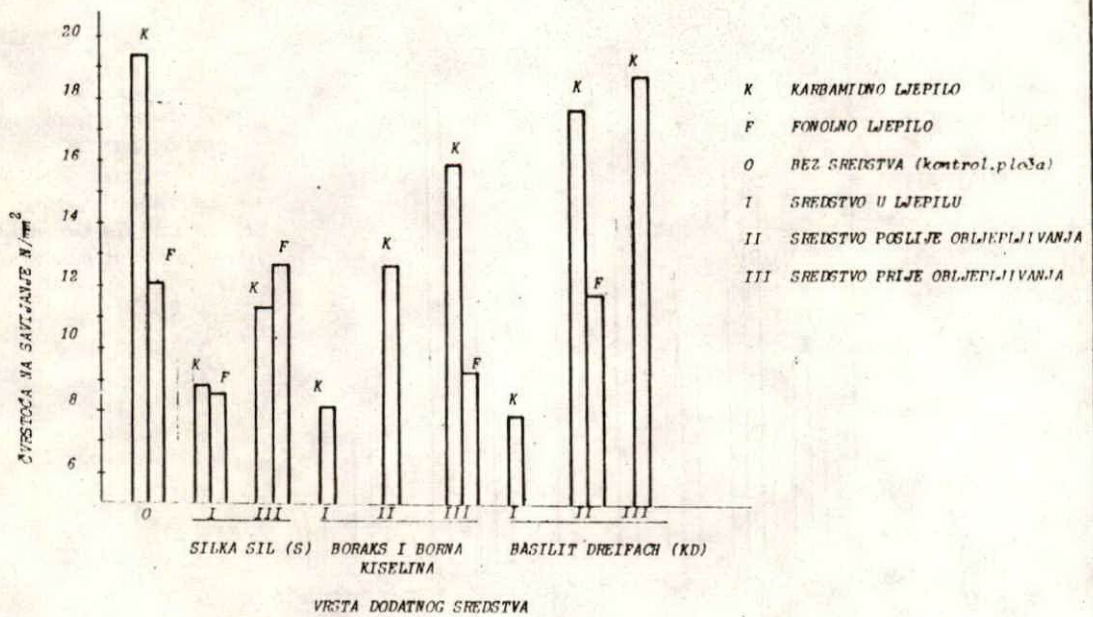
Analizom rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava izradjenih ploča (Sl. 1, 2, 3) konstatirali smo da čvrstoća na savijanje, čvrstoća na raslojavanje i bubrenje, te ploče u prosjeku je smanjeno za oko 10-20% u odnosu na ploče bez dodanih vatrozaštitnih kemijskih sredstava. Također iz dobivenih rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava izradjenih ploča može se konstatirati da su ploče izradjene karbamid-formaldehidnim ljepilom uz dodatak kemijskih vatrozaštitnih sredstava imale bolje svojstvo nego one ploče izradjene fenol-formaldehidnim ljepilom uz dodatak kemijskih vatrozaštitnih sredstava.

Rezultati ispitivanja vatrootpornih svojstava izradjenih ploča i kod gubitka na težini i kod brzine širenja plamena bili su vrlo različiti (Sl. 4 i 5). Gubitak kod ploča izradjenih karbamidnim ljepilom i fenolnim ljepilom bio je ispod 20%. Prema propisima (GOST: 16-363-75 odnosno ASTM E-69-50) koje propisuju ti standardi, te ploče spadaju u kategoriju teško gorivih materijala. Brzina širenja plamena određena pomoću modificirane Schlyterove metode, kod ploča izradjenih karbamidnim i formaldehidnim ljepilima relativno je mala. Možemo reći, da je prva klasa propisana prema B.S. 476 odnosno JUS-u UJ1.060 (165 mm u GOS) \approx 1,8 mm/s, a kod

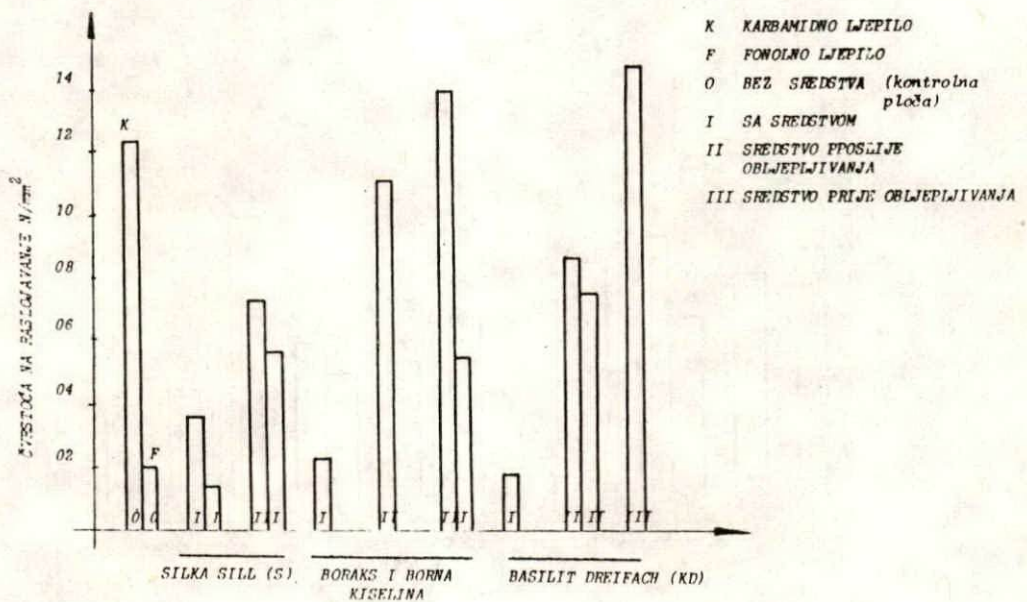
ovih ispitanih ploča je od 0,27 - 1,08 mm/s, onda možemo reći da je brzina širenja plamena kod tih ploča zadovoljavajuća.

Kao zaključak na osnovu dobivenih rezultata i njihovom analizom može se reći slijedeće:

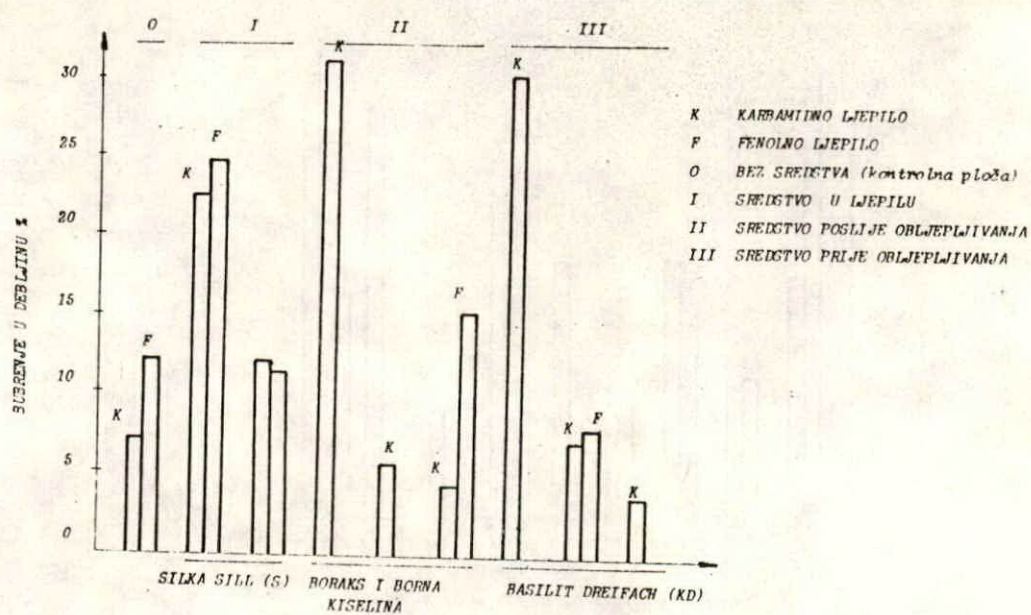
1. Kao vrlo bitno, ustanovljeno je nakon završetka ovog istraživačkog rada to, da se može izraditi vatrootporna ploča iverica sa dodavanjem vatrozaštitnih kemijskih sredstava.
2. Dodavanjem vatrozaštitnih kemijskih sredstava smanjuju se fizičko-mehanička svojstva ploča.
3. Utjecaj dodavanja vatrozaštitnih kemijskih sredstava na svojstva ploča je različit, prema vrsti dodanog sredstva, količini sredstva i mjestu njezinog dodavanja.
4. Kod ovog istraživačkog rada ploče izradjene karbamidnim ljepilom uspješnije su nego one radjene fenolnim ljepilom.
5. Neophodno je prije upotrebe vatrozaštitnih kemijskih sredstava ispitati njihov utjecaj na razvoj reakcije odnosno proces lijepljenja i druge kemijske utjecaje.
6. Najbolja vatrootporna svojstva dobivena su nakon dodavanja vatrozaštitnih kemijskih sredstava prije procesa obljepljivanja i naročito nakon procesa obljepljivanja.
7. Dodavanjem vatrozaštitnih kemijskih sredstava u prahu, može se vrlo jednostavno i uspješno izvršiti u toku proizvodnje ploča iverica.



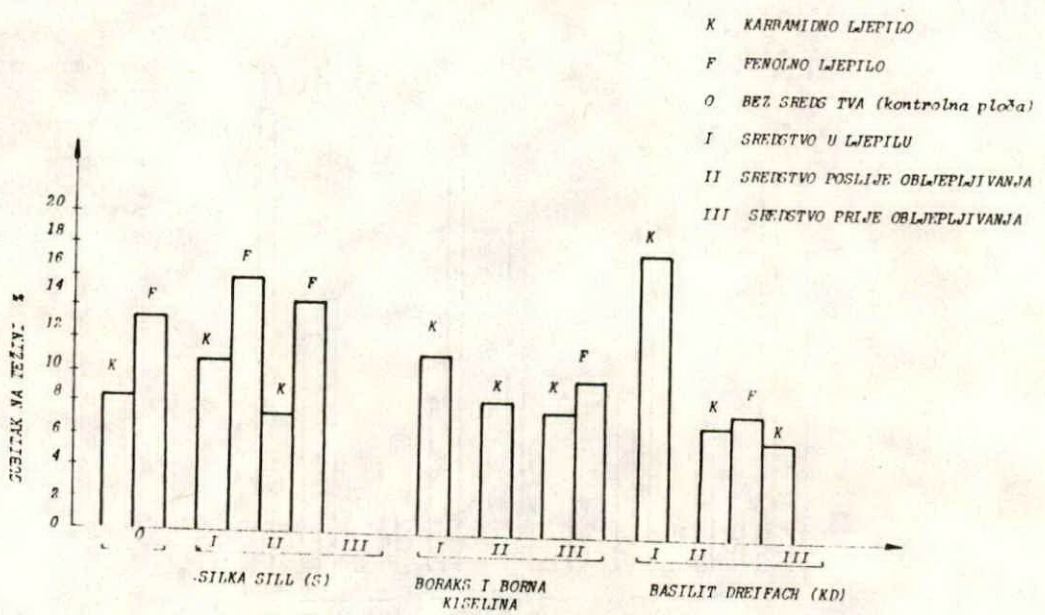
SL. 1. UTJECAJ KEMIJSKOG SREDSTVA I VRSTE LJEPILO NA ČVRSTOĆU NA SAVIJANJE



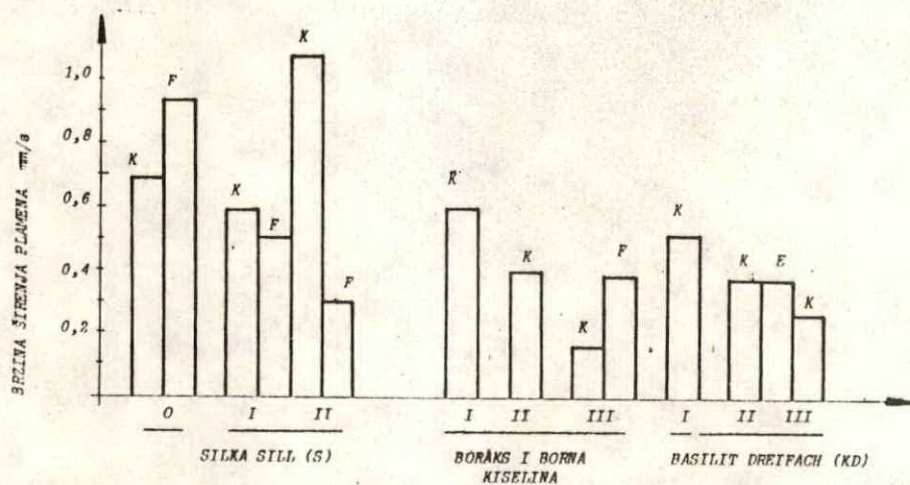
SL. 2. UTJECAJ KEMIJSKOG SREDSTVA I VRSTE LJEPILO NA ČVRSTOĆU NA RASLOJAVANJE



SL. 3. UTJECAJ KEMIJSKOG SREDSTVA I VRSTE LJEPILO NA SUPRETNJE U DEBLJINI



SL. 4. GUBITAK NA TEŽINI IZRADJENIH PLOČA IVERICA, ISPITANIH POMOĆU METODE OGNJENIH CIJEVI, S OZBIROM NA VRSTU LJEPILO I NA VATROZAŠTITNA SREDSTVA I NJHOVA MJEŠTA DODAVANJA



Sl. 5. BRZINA ŠIRENJA PLAMENA NA IZRADNENIM PLOČAMA IVERICAMA ISPITANIM POMOĆU MODIFICIRANE SCHYLTEROVE METODE S OBZIROM NA VRSTU LJEPILA NA VATROZAŠTITNA SREDSTVA I NA MJESTO NJIHOVA DODAVANJA

Bugarski Ljubomir, dipl.ing.

STANDARDIZACIJA I ATESTIRANJE PLOČA OD USITNJENOG DRVETA

Od usitnjenog drveta danas se uglavnom proizvode razne vrste ploča, drvena vuna i drveno brašno koje imaju veliku primenu u svim domenima privrednog života zemlje.

Standardizacija ovih ploča obuhvaćena je prema nameni za potrebe u gradjevinarstvu i za opštu upotrebu. Ukupno iz oblasti ploča ima 48 jugoslovenskih standarda koji se odnose na:

1. ploče iverice sa 18 standarda od kojih se 14 odnose na metode ispitivanja a ostale na tehničke uslove kvaliteta,
2. ploče vlaknatice sa 16 standarda od kojih se 14 odnose na metode ispitivanja a ostale na tehničke uslove kvaliteta,
3. ploče vlaknatice - dekorativne i bituminizirane sa 11 standarda od kojih se 7 odnose na metode ispitivanja a ostale na tehničke uslove kvaliteta,
4. drvena vuna i drveno brašno sa 3 standarda od kojih se 1 standard odnosi na metode ispitivanja a 2 na tehničke uslove kvaliteta.

Da li je sa navedenim brojem standarda pokrivena oblast ploča u cilju zadovoljenja potrebe potrošača i proizvođača ne može se reći, mada je jedan ugledni američki standardizer jednom rekao, recite mi sa koliko standarda raspolazete pa ću vam reći kakva je razvijenost vaše industrije.

Naša zemlja razvija se pod uticajem industrijski razvijenih zemalja što se ogleda u unošenju različitih sistema tehnologije ali i različitih interesa kapitala čiji je cilj prisustvo na nežem tržištu.

Ovo predstavlja veliko opterećenje za našu zemlju. Svaka kupovina strane tehnologije treba da se podredi tipizaciji i unifikaciji odnosno našoj standardizaciji.

Ovo su uostalom tehnički i ekonomski problemi svake zemlje.

Ovakva korektivna usmeravajuća funkcija standardizacije nije prisutna u našoj ekonomskoj politici. Slična situacija se događa i kod izvoza.

Da bismo izašli na strano tržište moramo izvršiti harmonizaciju standarda i tehničkih propisa sa zemljama gde izvozimo, ovo radi uklanjanja tzv. tehničkih barijera koje stvaraju grupe zemalja radi zaštite svoje robe.

U cilju uočavanja nivoa kvaliteta ploča u našim standardima sa nivoima kvaliteta ploča u inostranim standardima izvršen je uporedni pregled ploča iverica i ploča vlaknatice sa nemačkim i engleskim standardima.

Uporedni pregled je dat u tabelama od 1 do 7 za parametre kvaliteta ploča.

JUS D.C5.o31 - Ploče iverice za opštu upotrebu sa horizontalnim rasporedom ivera

Tabela 1

		Debljina u mm	Klase kvaliteta		
			Ekstra	I	II
Savojna čvrstoća u N/mm ²	jednoslojne	13 do 25	14,0	12,0	9,5
		3 do 13	20,0	19,0	15,0
	višeslojne	14 do 19	18,0	16,0	13,0
		20 do 25	16,0	14,0	12,0
		25 do 30	13,0	11,0	10,0
Zatezna čvrstoća upravno na površinu ploče u N/mm ²	za sve vrste ivera	3 do 13	0,47	0,344	0,27
		14 do 19	0,41	0,34	0,27
		20 do 30	0,35	0,29	0,23
Debljinsko bubrenje u %		3 do 30	8	10	12

Napomena: vlažnost 9 ± 3 %

Navedene vrednosti u tabeli odnose se na minimalnu srednju vrednost ispitanih uzoraka ploča.

DIN 68761 - deo 1 i deo 4

Tabela 2

Debljina u mm	Savojna čvrstoća u N/mm ²	Zatezna čvrstoća upravno N/mm ²	Bubrenje u %	Sadržaj vode u %
do 13	18	0,4	8	5 do 11
od 13 do 20	16	0,35		
od 20 do 25	14	0,3		
od 25 do 32	12	0,24		
od 32 do 40	10	0,2		
od 40 do 50	8	0,2		

Sadržaj formaldehida spada u emisiju klase E3 - (koja je zadovoljavajuća)

Napomena: vrednost u ovoj tabeli važi za srednje vrednosti pojedinih ploča kada su granice kontrole za rizik ispadanja veće od 5%.

BST - 5669

Tabela 3

Srednje vrednosti za ploče debljine od 6 mm zaključno do 19 mm	Jedinice	Klasa kvaliteta		
		I	II	III
Savojna čvrstoća	MPa	13,8	17,0	19,0
Modul elastičnosti	MPa	2000	2500	2750
Zatezna čvrstoća upravno	MPa	0,34	0,5	0,5
Zvučnost površine	N	1100		
Ivično držanje zavrtnja	N	360		
Bubrenje za 1 sat potapanja za 24 " "	%	12	10	8 8
Dimenzionalna stabilnost (65% do 90%) za dužinu	%	0,35	0,35	0,35
za debljinu	%	7,00	7,00	7,00
Čvrstoća na udar	mm		525	
Sadržaj formaldehida	%	0,05	0,05	0,05

Napomena: 1 MPa = 1 MN/m²

Srednje vrednosti za ploče od 19 mm zaključno sa 25 mm	Jedinice	Klasa kvaliteta		
		I	II	III
Savojna čvrstoća	MPa	12,2	17,0	17,0
Modul elastičnosti	MPa	18,50	2500	2750
Zatezna čvrstoća upravno	MPa	0,25	0,5	0,5
Zvučnost površine	N	1100		
Ivično držanje zavrtnja	N	250		
Bubrenje za 1 sat potapanja za 24 " "	% %	12	10	8 8
Dimenzionalna stabilnost (65% do 90%) za dužinu	%	0,35	0,35	0,35
za debljinu	%	7,00	7,00	7,00
Sadržaj formaldehida	%	0,05	0,05	0,05

Napomena: 1 MPa = 1 MN/m²

Standardna devijacija

Tabela 4

Svojstva	Jedinica	Vrednost	Medju ploče	Unutar ploče	Opseg vrednosti
Za ploče od 6 mm debljine zaključno do 19 mm					
Čvrstoća savijanja	MPa	13,8	1,9	2,1	3,5
Modul elastičnosti	MPa	2000	275	300	500
Zatezna čvrstoća upravno	MPa	0,34	0,08	0,07	0,12
Zvučnost površine	N	1100	100	100	100
Ivično držanje zavrtnja	N	360	70	90	150
Bubrenje za 1 sat potapanja	%	12	2,5	2,5	4,2
za 24 " "	%				
Čvrstoća na udar	mm				525
Sadržaj formaldehida	%	0,05			
Za ploče debljine preko 19 mm zaključno sa 25 mm					
Savojna čvrstoća	MPa	12,5	1,9	2,1	3,5
Modul elastičnosti	MPa	1850	275	300	500
Zatezna čvrstoća upravno	MPa	0,25	0,08	0,07	0,12
Zvučnost površine	N	1100	180	180	300
Ivično držanje zavrtnja	N	250	50	60	100
Bubrenje za 1 sat potapanja	%	12	2,5	2,5	4,2
za 24 " "	%				
Čvrstoća na udar	mm				525
Sadržaj formaldehida	%	0,05			

JUS D.C5.022 - Ploče vlaknatice za opštu upotrebu

Tabela 5

Vrsta ploče	Debljina ploče	Savojna čvrstoća	Zatezna čvrstoća	Modul elastičnosti	Bubrenje
	mm	MPa	MPa	MPa	%
Ekstra-tvrde	do 4	50	0,8	2000	20
	iznad 4	50	0,7	2000	18
Tvrde	do 4	40	0,7	2000	20
	iznad 4	35	0,8	2000	18
Polu-tvrde	5 do 16	12	0,1	-	20
Izolacione	do 10	2	-	-	8
	iznad 10	1,8	-	-	
	do 15	-	-	-	
	iznad 15	1,5	-	-	

Napomena: U vreme isporuke vlažnost iznosi 9% za ekstra-tvrde, tvrde i polutvrde a za izolacione 12%.

DIN 68750

Tabela 6

Vrsta ploče	Vreme potapanja	Prijem vode	Bubrenje	Debljina mm	Savojna čvrstoća
Porozne	2	30%	8%	do 10	- 20 kg/cm ²
				10 do 15	- 18 kg/cm ²
				preko 15	- 15 kg/cm ²
Tvrde	24	30%	18%	-	400 kg/cm ²

BST - Part 2:

za srednje tvrde ploče od 560 kg/m^3 do 800 kg/m^3

Tabela 7

Debljina u m	Savojna čvrstoća N/mm^2	Promene posle potapanja		Relativna vlažnost od 33% do 90%	
		Upijanje %	Bubrenje %	Povećanje dužine i širine %	Povećanje u debljinu %
1	2	3	4	5	6
od 6 do 10 mm	20				
od 10 do 13 mm	17	20	10	0,25	7
od 13 do 16 mm	15				
preko 16 mm					
$od 350 \text{ kg/m}^3 \text{ do } 560 \text{ kg/m}^3$					
od 6,4 mm	14	25	13		
do 10 mm	11	20	10	0,30	5
više od 10 mm	9	15	8		
$od 800 \text{ kg/m}^3$					
od 2 mm		45	30		
od 2,5 mm		35	27		
više od 2,5 mm	38				
manje od 3,2 mm		30	25	0,30	10
od 3,2 do 8,0 mm		26	23		
od 8,0 do 10 mm	30	22	19		
više od 10 mm		18	17		
$od 960 \text{ kg/m}^3$					
od 2 mm		35	20		
od 2,5 mm	52	25	17		
od 2,5 do 3,2 mm		20	15	0,35	15
od 3,2 do 8,0 mm		16	13		
od 8,0 do 10 mm	40	12	9		
više od 10 mm		8	7		

Nastavak tabele 7

1	2	3	4	5	6
2 mm		35	20	0,30	7
2,5 mm		25	17		
više od 2,5 mm do 3,2 mm	45	20	15		
od 3,2 do 8,0 mm		16	13		
od 8,0 do 10,0 mm	35	12	9		
više od 10,0 mm		8	7		

Pre analize stanja uporednog pregleda dajemo kolika je količina ploča u tim zemljama.

Prema podacima FAO-a za 1982. god., za Nemačku za ploče iverice

proizvodnja 5.486.000 m³
 izvoz 719.000 m³
 uvoz 741.000 m³

za ploče vlaknatice

proizvodnja 243.000 m³
 izvoz nema
 uvoz 232.000 m³

za Englesku u 1982. god.

za ploče iverice

proizvodnja 550.000 m³
 izvoz nema
 uvoz 1.400.000 m³

za ploče vlaknatice

proizvodnja nema
 izvoz nema
 uvoz 343.000 m³

za Jugoslaviju prema podacima Privredne komore Jugoslavije

za ploče iverice

proizvodnja za 1982. 790.000 m³
 " za 1983. 744.732 m³

za ploče vlaknatice

proizvodnja za 1982.	3.424.300 m ³
" za 1983.	3.632.700 m ³

za ploče iverice i vlaknatice zajedno

izvoz za 1982.	82.895 m ³
" za 1983.	105.169 m ³
uvoz za 1982.	5.698 m ³
" za 1983.	7.943 m ³

Analizirajući tabele 1 i 2 za ploče iverice uočavamo sledeće:

- parametri i vrednosti za parametre koji su standardizovani skoro su isti. Ovo ukazuje da naše oslanjanje na DIN i skoro kopiranje DIN-a koje je prisutno unazad 10-15 godina u jugoslovenskim standardima.

Ako analiziramo tabele 3 i 4 uočićemo velike razlike kako u broju parametara koji su standardizovani tako i u njihovim vrednostima u odnosu na tabelu 1 i tabelu 2.

Engleska je veliki kupac ploča iverica i veliki "kritizer" što se i vidi po analizi standarda. Ovde smo dali i tabelu 4 za standardnu devijaciju koja je obračunata u standardu.

Analizirajući tabelu 4 možemo da iznesemo sledeće:

- σ_B - označena kao standardna devijacija između pojedinih ploča može nam dati neke podatke. Ako je ova devijacija velika, tada pogon može da proizvodi dobru ploču a ako su variranja velika između pojedinih ploča, ukazuje na nepravilnosti sirovine s jedne strane a sa druge strane na nedostatak radne discipline, tj. parametri na koje radnici moraju da održavaju, dosta variraju.
- kod σ_W - kao standardna devijacija u okviru jedne ploče, ako je devijacija velika, ukazuje na nepravilnost rada pojedinih mašina. Zahteva se opravka mašina ili njihova regulacija.

Analiza tabele 5, 6 i 7 za ploče vlaknatice ukazuje slično kao i za ploče iverice.

Uzimajući u obzir napred navedene podatke uporednog pregleda ploča od usitnjenog drveta može se izvesti zaključak.

Nacionalni standardi svake zemlje održavaju kvalitet proizvodnje te zemlje.

S druge strane, svaki nacionalni standard bazira se na međunarodni standard ako ga ima. U protivnom, nacionalni standardi se baziraju na standarde zemlje sa kojima se vrši razmena dobara.

Medjunarodni standardi ISO-a su suviše široki odnosno oni daju opšte stanje iz oblasti koja se standardizuje.

Jugoslovenski standardi iz oblasti ploča od usitnjenog drveta najviše su se do sada oslanjali na DIN-standarde, a ubuduće treba da se baziraju ako nema ISO-standarda na najmanje dve do tri razvijene zemlje. Ovo iz razloga jer oslanjanje na samo jednu od razvijenih zemalja postaje se zavisnim od te zemlje a posledice i neugodnosti su vrlo velike. (Zavisnost od uvoza sirovina, rezervnih delova, dodatne opreme i slično).

Jugoslovenski standardi se donose po principu konsenzusom zainteresovanih pa se otuda može postaviti i pitanje da li standardi služe kao minimalni nivo odraza proizvodnje u zemlji ili kao kvalitetni nivo koji se mora ispuniti u smislu domaće proizvodnje i izvoza, pogotovu u vreme izraženog pada kvaliteta proizvoda.

Krajnji korisnici su važna poluga za namensku upotrebu.

U zemljama na zapadu krajnji korisnici nameću potrebu za većim kvalitetom, pa se može postaviti pitanje neće li zemlje bogate kvalitetnom sirovinom naprimer sa četinarima pokušati da skinu gornju granicu zapreminske mase sa 800 kg/m^3 na 700 ili 600 kg/m^3 .

Zemlje sa sirovinama od tvrdih lišćara, ubrajajući i našu zemlju, moraju da obraćaju pažnju na kvalitet i na sirovinu posebno.

Zemlje sa razvijenom hemijskom industrijom i lepkovima proizvodiće lepkove boljih kvaliteta što će dati posebna svojstva ploči. Oni će to nametnuti proizvođačima a to se najbolje uočava kroz standarde.

Kada nam pojedine stavke u inostranim standardima često nisu jasne obično su to posledice zahteva krajnjeg korisnika, na zapadnom tržištu su stalno u naponu proizvođači ploča naterani da vrše inovacije poboljšanja kvaliteta ploča jer u suprotnom slučaju ne mogu da prodaju svoje proizvode na tržištu gde su daleko strožiji kriterijumi kvaliteta od naših.

Pošto moramo da izvozimo naše proizvode, moramo održavati kvalitet na nivou odredjenom prema jugoslovenskim standardima.

Ing. HELMUT PAMPPEL
SIEMPELKAMP
KREFELD

NOVI POSTUPAK ZA PROIZVODNJU CEMENTNIH IVERICA
"BETONYP - SISTEM"

U V O D

Drvo je dugo već poznato kao dodatna sirovina u tehnologiji betona. Drvo se mješa sa cementnim ljepilom u obliku drvene vune, iverja i drvnog brašna. Do sada je korišteno pretežno crnogorično drvo. Putem takozvane mineralizacije (obrada sa cementnim ljepilom, vapnom, natrijevim silikatom ili drugim odgovarajućim sredstvima) takovi dodaci drveta pripremaju se u vezivnu materiju cement/drvo.

U godinama između 1930.-1960., najpoznatije su lagane ploče od drvene vune za gradjevinarstvo. Kod tih ploča, kao vezivno sredstvo korišten je Magnezit ili kasnije Portlandski cement. Početkom šezdesetih godina (1966. izdan je Patent) Elendorf, SAD usavršio je tvrdo prešanu drveno-cementnu ploču.

U godini 1967. u Švicarskoj je po sličnom postupku usavršena isto tako tvrdo prešana DURIPANEL-ploča. Taj postupak je nakon 1972. god. postao poznat preko firme BISON, Zapadna Njemačka.

Obadva postupka, kako Elendorfov tako i Durisol postupak, uglavnom koriste crnogorično drvo a kao vezivno sredstvo skupocjeni Portland cement (PZ 45 f). Za mineralizaciju osim natrijevog silikata koriste se i Aluminijev sulfat i vapneno mlijeko (kod Elendorf postupka event. i kalcijumklorid).

Ploče se proizvode u jednom ili tri sloja. Prije svega ploče sa finom površinom, rezultat njihovih pozitivnih svojstava, osigurale su dobar položaj među gradjevinским materijalima.

Najvažnija svojstva cementnih iverica su:

- 1) Postojanost na vlagu i klimatske uvjete
- 2) Teško zapaljive - veliki otpor na zapaljivost
- 3) Ne sadrže niti jednu vrstu toksičnih elemenata
- 4) Ne sadrže azbest
- 5) Otporne su na gljivične napade ili uništenje
- 6) Otporne na udarce i lomove
- 7) Mogućnost obrade sa normalnim alatima

Osnovne sirovine drvo i cement

Varijante u mogućnosti korištenja različitih vrsta drveta i cementa od važnosti su u proizvodnji cementnih ploča i od najvećeg značaja za

- opće tehničku kvalitetu
- mogućnosti postizavanja tehnoloških svojstava
- i visine troškova materijala

gotovog proizvoda.

Do sada se u iskorištenju tih dvaju osnovnih sirovina moralo ograničavati u pogledu aktuelnog drveta i asortimana cementa za tehnički obimniju proizvodnju. Tako do sada nije bilo moguće korištenje bjelogoričnog drveta i manje kvalitetnog cementa za proizvodnju cementnih iverica, bez gubitka u kvaliteti ploče.

Kod korištenja tih vrsta osnovnih sirovina suprotstavili su se uglavnom kod bjelogoričnog drveta, veliki količinski udjeli inhibirajućih materija u sastavu drveta (šećer, kemijska celuloza i ostalo) a kod normalnog cementa prekasno postizavanje predotvrdjivanja zbog premale cementne površine.

Iz tih razloga se do sada moglo koristiti samo crnogorično drvo i skupocjeni Portlandski cement. Pošto se crnogorično drvo, prije svega smreka, jela i bor regionalno gotovo nikako ne mogu nabaviti ili samo uz velika ulaganja a skupocjeni Portland cement je relativno skup u odnosu na normalni cement, u Madjarskom Drvoprerađivačkom kombinatu SCOMBATHELY, prišlo se u godinama do 1983. razradi nove tehnologije za proizvodnju cementnih iverica. Taj u cijelom svijetu pod imenom BETONYP patentirani postupak - na osnovu ugovorenog Sporazuma - distribuira firma SIEMPELKAMP.

U razvojnom zadatku nove tehnologije sjedinjeno je slijedeće:

- Prskanje cementa vodom za mješanje mora biti ravnomjerno i sigurno.
- Vrednost voda - cement ne smije biti veća od 0,45.
- Mora se pronaći sigurna metoda za sprečavanje inhibirajućih utjecaja na hidrataciju cementa.
- Prema mogućnostima potrebno je koristiti i normalni cement za normalnu proizvodnju.
- Moraju se spriječiti onečišćavanja mašinskih uređaja.
- Vlaga mješavine vanjskog sloja mora biti tako regulirana, da se omogući uspješno natresanje.
- Sve mjere koje služe realizaciji napred navedenih mjera, ne smiju djelovati na poskupljenje proizvoda ili investicija.

Napominjemo, da sve ovdje postavljene zadatke sve u potpunosti ispunjava Betonyp-sistem.

BETONYP - Sistem

U svrhu rješavanja predhodno navedenih zadataka prema Betonyp-sistemu će

IVERJE prije naknadnog usitnjavanja i prije sortiranja za vanjski i srednji sloj biti osušeno na vlagu od 9 - 10 % u sušioniku (temperatura sušenja max. 180°C). Kod sušenja se generalno procentualno ne smanjuje količina inhibirajućih sadržina drveta, ali neki važni elementi koji usporavaju vezivanje (na pr. sve vrste glukoze) prelaze u kristalno stanje.

CEMENT se prije mješanja sa iverjem intenzivno mjesa sa predviđenom količinom vode. Mješanjem cementa sa vodom osigurava se zadani odnos vode i cementa unutar sveukupne količine mješavine u mješalici. Ovdje je vrednost vode i cementa od 0,45 postavljena kao optimalna vrednost.

Tako dobiveno cementno ljepilo se potom u daljne 2. radne faze mehanički opterećuje, pri čemu se još djelomično postojeća cementna zrnca usitnjavaju (normalni cement) i time još više djeluje na svojstvo vezivanja.

Tim usitnjavanjem se toliko povećava aktivna površina cementa, da cementno ljepilo prelazi u koloidno stanje.

Tako pripremljeno cementno ljepilo ne naginje sedimentiranju niti prilikom jačeg mehaničkog opterećenja, to znači, unutar koloidnog cementnog ljepila voda ima veliki afinitet prema cementnom zrnu.

Sadržaj vlage koloidnog cementnog ljepila proizvedenog u omjeru voda/cement od 0,45 iznosi 450 % u odnosu na čvrsti cementni materijal. Ako se sada tom cementnom ljepilu dodaje osušeno iverje poprskano razrijeđenim natrijevim silikatom, suho iverje će polagano poprimati vodu iz cementnog ljepila. Nakon izvjesnog vremena će u mješavini cement-voda-drvo doći do ravnoteže u vlazi. Zbog snažnog spajanja molekula vode na cement do te ravnoteže u vlazi dolazi veoma sporo i uvijek u smjeru od vlažnog cementnog ljepila prema suhoj jezgri iverja.

Korištenje sredstava mineralizacije potrebno je i kod predhodno opisanih procesa, pošto i ovdje vlažno cementno ljepilo dolazi neposredno u kontakt sa "otrovnom" površinom drveta.

I kristalizirani inhibirajući sastojci drveta koji se nalaze na suhoj površini drveta, pod utjecajem vlage cementa, ponovo lagano prelaze u otopinu, te imaju mogućnost, iako se veći dio tih materija pod utjecajem strujanja vlage već nalazi u jezgri iverja, da se natalože na jedan dio cementne matrice.

No, za mineraliziranje suhog iverja potrebno je mnogo manje sredstava za mineralizaciju nego kod korištenja vlažnog iverja (i.M. cca. 1,5 % a.d. težina cementa).

Početno stezanje mješavine koloidcement - iverja, postiže se cca. 5 sati nakon što je mješavina uspostavljena.

Natresene sirove ploče mogu se prema tome nakon slaganja u stezni stalak ponovo otpustiti, bez bojazni da će se ploča vratiti u prvobitni položaj.

Nakon konačnog postupnog otvrdjivanja, dozrijevanja, sirove ploče posjeduju vlagu od cca. 18 % u odnosu na atro.

U praksi se odnos vlage kreće između 14 i 18 % u odnosu na atro.

Prema iskustvima zapadnomadarskog Drvnog kombinata, treba sušiti samo takove ploče (klimatizirati) na cca. 9 o/o/, koje se oplemenjuju sa difuziono zatvorenom površinom.

Za pojašnjavanje predhodno opisanih procesa, na ovom mjestu treba još jednom provesti izračunavanja sa zadanim vrednostima.

OSNOVNE MJERE

Iverje	= 1,00 kg	
Vlaga drveta	= 0,10 kg H ₂ O	D/C = 2,2
Cement	= 2,20 kg	
H ₂ O za mješanje	= 0,99 kg	V/C = 0,45
Natrijev silikat (Fst)	= 0,033 kg	NS/C = 0,015
H ₂ O za razredjivanje	= 0,15 kg	

Vlaga drveta nakon mineraliziranja

Iverje atro	= 1,00 kg
Natrijev silikat (Fst)	= 0,033 kg

Suma čvrstih materijala	= 1,033 kg
Ukupno H ₂ O	= 0,250 kg

$$0,250 : 1,033 \times 100 = 24,20 \%$$

Pri tom se cementno ljepilo mješa sa količinama

Cement = 2,20 kg

Voda za mješanje = 0,99 kg

To nakon izjednačenja vlažnosti rezultira vlagom mješavine od

Čvrste materije = 3,233 kg

Udio vode = 1,240 kg

$$1,240 : 3,233 \times 100 = 38,35 \%$$

Iverje do vlage mješavine od 38,35 % domah prihvaća 38,35 - 24,20 = 14,15 % vlage.

Ta vrednost odgovara prihvatu vode u odnosu na atro čvrstu materiju drveta i čvrstu materiju natrijevog silikata = $1,033 \times 0,1415 = 0,146$ kg. Ta količina vode uzima se iz koloidnog cementnog ljepila. Ostaje količina vode od

Voda za mješanje = 0,990 kg

- dehidratizacija = 0,146 kg

Hidratacija = 0,844 kg

Od udjela vode u hidrataciji 25% od težine cementa za potpuno stezanje cementa kemijskim procesom se spaja $2,2 \times 0,25 = 0,550$ kg vode za mješanje na 2,2 kg cementa. Nakon potpunog otvrdjivanja vode za mješanje utrošeno je do 0,294 kg/2,2 kg cementa.

Na kraju svog referata želim još jednom rezimirati prednosti BETONYP-Sistema:

1. Nije potrebno uskladištenje drveta u fazi između rušenja drveta i prerade u iverje.
2. Sa jednako dobrim uspjehom se može koristiti crnogorično i bjelogorično drvo.
3. Moguće je korištenje Portland cementa niže kvalitete bez negativnog djelovanja na kvalitetu proizvoda.
4. Omjer drvo/cement iznosi u prosjeku = 2,2, time se dobiva ušteda od 10 % cementa.
5. Manja potrošnja kemikalija za mineraliziranje.
6. Sušenje ploča potrebno je samo za ploče koje se oplemenjuju difuziono nepropusnom površinom.
7. Nema velikog zagađivanja mašinskih uređaja.
8. Veliko iskorištenje postrojenja za proizvodnju zbog neznatnih radova na čišćenju postrojenja.
9. Reproducirajuće tehnološke vrednosti, zbog uvijek istog omjera voda/cement.
10. Nema povećanja investicionih troškova.

ANALIZA OPSKRBE TVORNICE PLOČA IVERICA
ENERGIJOM

L. Uvod. Kao u svakom industrijskom preradbenom procesu, tako je i tvornicama ploča iverica potrebna pogonska i toplinska energija po vrsti, količini i trenutnom opterećenju. Kao korisna krajnja energija to može biti: mehanička, električna, toplinska, uz to dolazi energija komprimiranog zraka i hidraulička energija. Osim toplinske energije ostvarene u vidu zasićene vodene pare, vrele vode, vrelog ulja i toplog zraka, koji se dobivaju u topl. generatorima (kotlovnici, termogenima, topl.izmjenjivačima i t.d.) Sva ostala potrebna pogonska energija dovodi se danas do radnih i pomoćnih strojeva i uređaja u vidu električne energije. Ta el. energija se pretežno pretvara posredstvom el. motora u mehaničku. Samo u specijalnim i iznimnim slučajevima i el.energija se upotrebljava za grijanje (elektrotoporno i visokofrekventno dielektričko grijanje infračervenim zrakama i ultraljubičastim zrakama), za elektromagnetske naprave, elektrostatske uređaje itd.

Prema rečenome slijedi da je za pogon strojeva i drugih mehaničkih uređaja glavni energetski medij elektroenergija.

Podemo li od pojedinog neposrednog proizvodnog procesa, to možemo odmah uočiti da se kod svakog radnog i pomoćnog stroja i uređaja energija troši na: suštinski mehanički rad alata, rad pomoćnih naprava uređaja za pomak i servo-motora i neopterećeni hod radnih strojeva i el. motora. Korisno izvršeni rad alata na obrađivanom materijalu često je srazmjerno malen dio ukupne el. energije dovedene u elektromotore. To dolazi još više do izražaja uzme li se u obzir faktor istovremenosti i stvarnog mehaničkog opterećenja el. motora.

Osim toga treba što točnije analizirati pojedine pomoćne uređaje koji su često energetski vrlo nepovoljno korišćeni, ali se unatoč tome do sada njima nije posvetila potrebna pažnja, a to su mehanički, a naročito pneumatski transportni uređaji. Zbog svega toga znatan utjecaj ima i kapacitet tvornice ploča iverica.

Energetski normativi iznose se u zavisnosti o veličini i sistemu proizvodnje od 150 sve do 300 kWh/t, dok se toplinski normativi kreću u manjem rasponu, tj. od nekih $2,2 \text{ GJ/m}^3$ do $3,6 \text{ GJ/m}^3$.

Na osnovi analize stvarnog energetskeg stanja proizvodnog pogona, u daljnjem razvoju moguća je svrsishodnim izmjenama, konstrukcijskim preinakama, tehničko-sistematskom organizacijom, kao i uvođenjem automatike i optimizacijom postići smanjenje energetskeg normativa. Time će biti ukazano na omogućenje i određenog stupnja energetske autarhije, t.j. energetske samoopskrbe.

Svrha ovog prikaza jest na osnovi energetske analize ukazati na vidove racionalizacije utroška pogonske energije, toplinske i električne.

Ovdje će biti detaljnije raspravljeno utrošak električne energije, dok ćemo se za utrošak topline služiti normativima koji su dobiveni iz stručne literature. Za glavne potrošače topline bit će, u svrhu usporedbe, načinjeni odgovarajući proračuni.

Praćenje el. energije je prikladan način kontrole. Prema očitavanju brojila plaća se dobivena energija. Toplina za tehnološke svrhe i za grijanje obično se proizvodi u vlastitoj kotlovnici, pa se redovno ne mjeri kao utrošak topline, nego samo kao utrošak goriva u kotlovnici, a pojedina odjeljenja se terete po nekom internom "ključu" i ne prati se točnost toga utroška. Jedino u slučaju dobivanja te topline iz vanjske toplovodne mreže vrši se obavezno mjerenje količine (jer se na osnovi tog mjerenja vrši obračun). Slično je i u slučaju nabavke toplinskih energenata izvana (zemni plin i t.d.)

2.) Elektroenergetska bilanca jedne tvornice ploča iverica

Ovdje će se razmotriti bilanca za 2 mjeseca normalnog pogona i to za V i VI mjesec 1983. Polazni podaci dobiveni su iz obračuna za utrošak el. energije.

V/83	kWh	cijena din/kWh	Iznos, din	%
AVT	579000	3,81	2205990	51,269 %
AMT	546000	1,90	1037400	24,110
RVT	120000(-71070)	1,14	∅	
RMT	126000(-54180)	0,56	∅	
Vršno opt.	2280 kW	425,17	969387,60	22,529
Doprinosi			90000	2,092
		Ukupno	4 302 777,60	100 %

VI/84	kWh	cijena kVArh din/kWh		
AVT	537000	3,81	2045970	50,011 %
AMT	528000	1,90	1003200	24,522 %
RVT	111000 (-66210)	1,14	∅	
RMT	114000 (-60240)	0,56	∅	
Vršno opt.	2250 kW	425,17	956632,50	23,384
Doprinosi			85200	2,083
		Ukupno	4 091 002,50	100 %

Proizvedena količina ploča iverica:

V mj. 8923 m³; VI mj. 9063 m³

Iz mjerenih podataka slijedi da je proračunski prosječni energetska normativ iznosio:

$$\frac{1125000}{8923} = 126,08 \text{ kWh/m}^3$$

$$\frac{1065000}{9068} = 117,45 \text{ kWh/m}^3$$

Prosječno proračunsko opterećenje

$$\text{V mj. } \frac{1125000}{24.24} = 1953,125 \text{ kW}$$

$$\text{VI mj. } \frac{1065000}{26.24} = 1706,73 \text{ kW}$$

Prosječni proračunski faktor snage ($\cos \varphi$):

$$\text{V mj. } \cos \text{ are tg } \frac{246000}{1125000} = 0,9769$$

$$\text{VI mj. } \cos \text{ are tg } \frac{225000}{1065000} = 0,9784$$

Iz ovih podataka vidi se da se vrši kompenzacija faktora snage ($\cos \varphi$) i iznad dopuštene vrijednosti od $\cos \varphi_{dep.} = 0,95$.

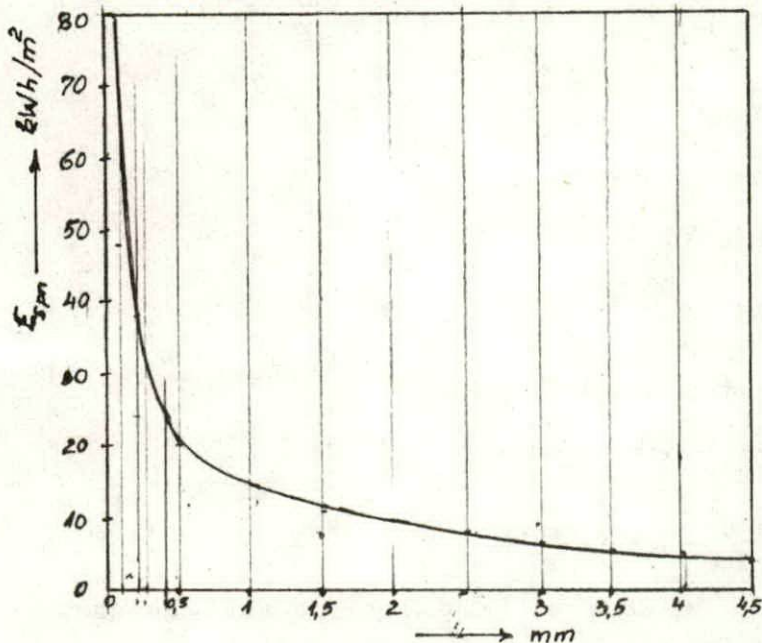
Stoga se za jalovu energiju ništa ne plaća. Čak bi trebala elektroprivreda refundirati za V mj. iznos za ušteđenih 225250 kVArh,

a za VI mj. iznos za 126450 kVArh.

Vršno opterećenje t.j. maksimalno opterećenje iznosilo je 2280 kW, odnosno 2250 kW, što je iznosilo 116,74 % odn. 131,83 % u odnosu na proračunsku prosječnu snagu, a u cijeni 22,529 % odn. 23,384 % od ukupnih izdataka za el. energiju. Taj odnos je u ovoj tvornici veoma povoljan, jer se u drvenoj industriji često susrećemo sa udjelom za vršno opterećenje i preko 50 % od ukupnog iznosa za el. energiju. Energetski normativi u ovoj tvornici su prema današnjem stanju tehnički veoma povoljni i kreću se u redu najnižih poznatih normativa sličnih tvornica. Ovo treba naročito naglasiti stoga, što je u ovom sistemu proizvodnje primjenjivan u znatnoj mjeri pneumatski transport koji je energetski vrlo skup. Slijedi kratka analiza glavnih potrošača el. energije, dok će na ostale potrošače el. energije biti ukazano pregledno na kraju.

2.1. Iverači i usitnjivači

Specifični netto utrošci energije prikazani su na dijagramu, sl.1. To je energija samog procesa rezanja. Njoj treba dodati gubitke energije neopterećenog hoda stroja i elektromotora, kao i prijenosa energije.



Sl.1

Glavni elektro motori su veličine 100 do 200 kW (i više). a pomoćni oko 4 kW. Za slučaj debljine iverja od 1, 0,4 i 0,2 mm energetski netto normativ iznosi $E_{spn}=13,5$ kWh; 24 kWh i 48 kWh po $1 m^3$ prerađenog sirovog drva. Po $1 m^3$ gotovih ploča, u tvornici spomenutog kapaciteta potrebno je $1,6 m^3$ sirovine. Utrošak el.energije iznosi za iveranje približno, u kombinaciji jednolike razdiobe sve 3 debljine:

$$\text{po } 1 m^3 \text{ gotovih ploča: } 28,5 \cdot 1,6 \cdot \frac{881}{204} \cdot 1,1 = 54,34 \text{ kWh}/m^3$$

$$\text{po } 1 t \quad " \quad " \quad : 54,34 : 0,5 = 108,68 \text{ kWh}/t.$$

Napomena: uz druge stepene usitnjenosti bit će i energetske normativi srazmjerno veći ili manji; približni omjeri prema dijagramu na sl.1.

2.2 Hidrauličke preše

Volumni omjer, zaokruženo, 3:1. Tlak 25 bara (pretlak $24 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 2,4 \text{ MPa}$).

Ovdje će biti proračunata el. energija za samo prešanje; ostala en. za podvrbu preše (liftovi, uvlačenje i izvlačenje limova sa ivericama, kružna staza limova itd.) bit će iskazane kumulativno sa ostalim uređajima za mehanizaciju manipulacije.

Teoretska radnja prešanja za 1 m^3 gotovih ploča iverica, tj, za $1,1053 \text{ m}^3$ ploča sa nadmjerom od 2 mm.

$$E_1 = 24 \cdot 10^5 \cdot (3 - 1) \cdot 0,5 \cdot 1,1053 = 26,527 \cdot 10^5 \text{ Nm} = \underline{0,7369 \text{ kWh/m}^3}$$

Radnja dizanja; 8 etaža, svaka debljine 100 mm; 92 % volumena je čelik, 8 % su kanali sa vrelom vodom.

$$E_2 = \frac{8 \cdot (722,2 + 8 + 10,5) \cdot 8 \cdot (0,12 - 0,021)}{2 \cdot 0,152} = 15437,762 \text{ kpm} = \underline{0,042042 \text{ kWh/m}^3}$$

Tu je 0,12 = svijetli razmak etaža; $\frac{1}{0,152} = 6,579$ = broj prešanja za 1 m^3 gotovih ploča po 1 m^2 površine etaže; 10,5 = kg mase 1 m^2 ploče debljine 21 mm; 8 kg = masa vode u 1 m^2 etažne ploče.

Dizanje klipova i grednika. Ukupna masa : 25 t.

$$\frac{25000}{5,5 \cdot 2,05} = 2217,3 \text{ kg/m}^2; \frac{2217,3 \cdot 0,8 \cdot 9,81}{0,152 \cdot 3600000} = 0,0318 \text{ kWh/m}^3$$

Trenje; uzimamo 50 % radnje dizanja

klipova i grednika	<u>0,0159 " "</u>
Sveukupno teor. radnja hidr. preše	$E_2 = 0,8266 \text{ kWh/m}^3$

Uz $\eta_r = 0,6$; $\eta_m = 0,8$ izlazi stvarna el. radnja $E_2' = \frac{0,8266}{0,6 \cdot 0,8} = 1,722 \text{ kWh/m}^3$

Naopterećeni hod pumpe između efektivnog prešanja.

$$E_2'' = \frac{6}{7} \cdot 0,3 \cdot 1,722 = 0,443 \text{ kWh/m}^3$$

Za mehanizaciju liftova izvlakača $E_2''' \approx \underline{0,300 \text{ " "}}$

$$\text{Sveukupno po } 1 \text{ m}^3 \text{ ploča } E_2 = \underline{2,465 \text{ kWh/m}^3}$$

Po 1 t. ploča $E_{sp} = 4,93 \text{ kWh/t}$

2.3. Formatiziranje ploča

El. energija utrošena za obrezivanje ploča dimenzija 5500x2050 mm

uz $E_{spn} = 0,15 \text{ kWh/m}^2$; 3 pile; el. motori 4 kW.

Složaj visine 1000 mm;
 $V = 11,275 \text{ m}^3$

$$A_3 = \frac{2 \cdot (5,5 \cdot 1 + 2,05 \cdot 1)}{11,275} = 1,339 = 1,4 \text{ m}^2/\text{m}^3 ;$$

sa nadmjerom $A'_3 = \frac{21}{19} \cdot 1,4 = 1,5474 \text{ m}^2$

Za proizvodnju ploča $15 \text{ m}^3/\text{h}$ $A_n = 15 \cdot 1,5474 = 23,211 \text{ m}^2$ ispiljene plohe, za 1 m³ sirove drvene mase, odn. za 1 t gotovih ploča = 2,05 t sirovina.

Netto en. na sat $23,211 \cdot 0,15 = 3,482 \text{ kWh}$
 Gubici el. motora $\frac{3,482}{4,82} \cdot 0,82 + 2 \cdot 0,41 = \frac{1,36}{4,842} \text{ kWh}$

$$\frac{4,842}{15} = 0,3228 \text{ kWh/m}^3$$

na 17 ploča $0,6456 \text{ kWh/t}$

2.4. Brušenje ploča

Uz alternativne visine ukupnog izbruska 1,2 i 3 mm i prema odabranoj debljini gotove ploče od 19 mm iznosi alternativna potreba el. energije za brušenje:

Visina izbruska sa obje strane	1	2	3
Količina izbrušene mase	52,63	105,26	157,89 dm ³ /m ³
Utrošak el.en.kWh/m ³	12,63	25,26	37,89
" " " kWh/t	25,26	50,52	75,78

2.5. Pneumatski transport

Kod većine današnjih tv. ploča iverica postoje uređaji sa 3 i 4-pneumatska transporta iverja po shemi: usisni vod, ventilator-tlačni vod- ciklon- zaporni odvajatelj.

Pretpostavka: da 1 m³ zraka nosi $\approx 0,5 \text{ kg}$ iverja, a ukupni statički tlak alternativno $1500 \text{ odn. } 2000 \text{ N/m}^2$; za 1 m³ gotovih ploča: $1,67 \text{ m}^3$ sirove drvene mase, odn. za 1 t gotovih ploča = 2,05 t sirovina.

Uz $\eta_v = 0,55$; $\eta_r = 0,97$; $\eta_n = 0,9$

Slijedi za jednokratni transport:

$$\frac{2050}{0,5} \cdot \frac{(1500 \div 2000)}{0,55 \cdot 0,97 \cdot 0,9 \cdot 3600000} = 3,558 \div 4,744 \text{ kWh/t got. ploča}$$

(4100 m³/h zraka).

Tabelarni prikaz:

Za 3- kratni pneum.transport	Po 1 t ploča kWh/t	Po 1 m ³ ploča kWh/m ³
(12300 m ³ /h zraka)	10,674 + 14,231	5,337 ÷ 7,116
Za 4- kratni pneum.transport (16400 m ³ /h zraka)	14,241 + 18,975	7,121 ÷ 9,488

2,6. Rasvjeta. Pretpostavljena rasvijetljena površina u tvornici

$A_1 = 126,38 = 4778 \text{ m}^2$; prostor oko tvornice $A_2 = 20000 \text{ m}^2$.

Intenzitet rasvjete u tvornici $E_1 = 120 \text{ lx}$, a vanjska rasvjeta

$E = 15 \text{ lx}$.

Direktna rasvjeta $\eta = 0,66$

Potrebna svjetlosni tok u proizvodnim prostorijama $\frac{4778 \cdot 120}{0,66} = 868727 \text{ lm}$
 " " " na vanjskim površinama $\frac{20000 \cdot 15}{0,66} = 454545 \text{ lm}$

Utrošak el. energije za rasvjetu u alternativnim slučajevima rasvjete žaruljama i rasvjete sa fluorescentnim cijevima BBX.

	svjetlosni tok, lm	elsnaga, kW	God. utrošak, kWh		
	žarulje	Fluoresc.	žarulje	Fluoresc.	
Nutarnja rasvjeta	868727	52,124	23,649	186646	85136
Vanjska rasvjeta	454545	27,716	18,182	134700	88364
Ukupno		79,840	41,831	321346	173500
Po 1 t ploča, kWh/t				4,414	2,383
Po 1 m ³ ploča, kWh/m ³				2,98	1,609

NB. Za nutarnju rasvjetu uzete su alt. žarulje 300 W i fluoresc. cijevi 40 W.

Za vanjsku rasvjetu " " " " 500 W i živine VTF 500 W.

2.7. Rekapitulacija i ostali potrošači el. energije

2.1. Iveranje i usitnjavanje:	54,340 kWh/m ³
2.2. Hidrauličke preše	2,465
2.3. Formatiziranje ploča	0,323
2.4. Brušenje	25,260
2.5. Pneumatski transport	9,488
2.6. Rasvjeta	2,980
	94,856
2.7. Ostali potrošači	26,894
Sveukupno	121,750

Pod 2.1 do 2.6 analizirani su veći potrošači el. energije.

U ostale potrošače spadaju : pile za pripremu drva, pogon sušionica iverja , mehanički transportni i pomoćni uređaji, optočne pumpe za vrelu vodu, kompresori, ventilatori iznad hidrauličke preše, ventilatori za izmjenu zraka, za umjetnu promaju, ventilatori zidnih kalorifera i t.d.

Instalirana i stvarna snaga za pogon i utrošak energije tih potrošača znatno varira prema odabranom procesu proizvodnje i prema veličini odn. kapacitetu tvornice.

3. Utrošak topline.

Glavni potrošači topline u tvornici ploča iverica jesu sušionica iverja i hidraulička preša.

Za sušenje iverja troši se, već prema odabranom tipu sušionice,

750 do 950 kcal, odn. 3140 do 4000 kJ po kg isparene vlage. U daljem izlaganju uzet ćemo 900 kcal/kg odn. 3768 kJ.

3.1. Sušionica iverja.

Pretpostavka: 1 m³ ploča ima masu 500 kg.

Potreba sirovine 1,67 m³ za 1 m³ ploča iverica, odn. za 1 t ploča 2,05 t sirovog drveta. Uzmemo li maksimalnu vlagu sirovog iverja sa $u_1 = 0,8 = 80\%$, a vlagu gotovih ploča sa $u_2 = 0,05 = 5\%$, to slijedi da za 1 m³ ploča treba iz sirovog iverja ispariti

$$G = 1,67 \cdot \frac{450}{1,12} \cdot (0,8 - 0,05) = 481 \text{ kg vlage}$$

Potreba topline za sušenje (po 1 m³ gotovih ploča), $Q = 481 \cdot 900 = 432900 \text{ kcal/m}^3 = 1812466 \text{ kJ} = 503,46 \text{ kWh topline}$.

3.2. Hidraulička preša

3.2.1 Potreba topline za zagrijavanje drvene mase

$$Q_{21} = 500 \cdot c_p \cdot \Delta t ; \Delta t \approx 164,17 - 20 = 144,17^{\circ}\text{C}$$

$$c_p = \frac{0,266 + 0,00058 (t_1 + t_2)6 + u}{1 + u}$$

$$= \frac{0,266 + 0,00058(164,17 + 20) + 0,05}{1,05} = 0,42044 \text{ kcal/kg } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{21} = 500 \cdot 0,42044 \cdot 144,17 = 30307,4 \text{ kcal/m}^3 = 126891 \text{ kJ/m}^3 = 35,25 \text{ kWh/m}^3$$

Toplina za isparivanje vlage iz ljepila

$$Q_{22} = 500 \cdot 0,08 \cdot (659,4 - 20) = 25576 \text{ kcal/m}^3 = 107082 \text{ kJ/m}^3 = 29,745 \text{ kWh/m}^3$$

Toplina za zagrijavanje suhog ljepila

$$Q_{23} = 500 \cdot 0,08 \cdot 0,4(164,17 - 20) = 2306,72 \text{ kcal/m}^3 = 9658 \text{ kJ/m}^3 = 2,683 \text{ kWh/m}^3$$

$$Q_{321} = 58190,12 \text{ kcal/m}^3 = 243631 \text{ kJ/m}^3 = 67,678 \text{ kWh/m}^3$$

3.2.2. Gubici topline hidrauličke preše

Ovi gubici zavise o konvektivnoj i odzračnoj plohi preše, a ove zavise o konstruktivnim proporcijama.

Ovdje ćemo uzeti u obzir prešu sa 8 etaža, sa dimenzijama etažnih ploča 5500 x 2050 x 100 mm. Ova preša sa 1 ciklusom daje nazivno 8.5,5 .2,05 .0,021 = 1,8942 m³ ploča debljine 21 mm.

Bočna površina etažnih ploča iznosi

$$A_3 = 9 \cdot 2 \cdot (5,5 + 2,05) \cdot 0,1 = 13,59 \text{ m}^2$$

Gornja i donja ploha: $A_1 + A_2 = 2 \cdot 5,5 \cdot 2,05 = 22,55 \text{ m}^2$

Gubici topline preše

Konvektivni gubici

Bočni gubici etažnih ploča; koeficijent konvektivnog prijenosa

$$\alpha_k = 6 \cdot \sqrt[4]{\frac{t}{T_0 \cdot h}} = 6 \cdot \sqrt[4]{\frac{144,17}{293,16 \cdot 0,1}} = 8,935 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

$$Q_{33} = \alpha_{kl} \cdot A \cdot \Delta t_{I=} = 8,935 \cdot 13,59 (164,17 - 20) = 17506,08 \text{ kcal/h} = 20,356 \text{ kW topl.}$$

Gubici gornje (pokrovne) plohe)

$$\alpha_{kl} = 2,8 \cdot \sqrt[4]{\Delta t} = 9,7 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

$$Q_{31} = 9,7 \cdot 11,275 \cdot 144,17 = 15767,51 \text{ kcal/h} = 18,33 \text{ kW topl}$$

Gubici donje (podne) plohe :

$$k_2 = \sqrt[4]{\Delta t} = 3,403 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

$$Q_{32} = 3,403 \cdot 11,275 \cdot 144,17 = 5531,63 \text{ kcal/h} = 6,43 \text{ kW topl.}$$

Ukupni konvektivni gubici topline konstr. dijelova preše

$$Q_{32} = 38805,22 \text{ kcal/h} = 45,122 \text{ kW topl}$$

Gubici uslijed zračenja konstr. dijelova preše:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 22,55 + 13,59 = 36,14 \text{ m}^2$$

$$Q_4 = 4 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot A = 4 \cdot \left[\left(\frac{437,33}{100} \right)^4 - \left(\frac{293,16}{100} \right)^4 \right] \cdot 36,14 = 42202 \text{ kcal/h} = 49,07 \text{ kW topl}$$

Gubici topline na bočnim ploham ploča iverica:

$$A_5 = 8 \cdot 2 (2,05 + 5,5) \cdot 0,021 = 2,537 \text{ m}^2$$

Uzimamo samo gubitke zračenja:

$$Q_5 = 4 \cdot \left[\left(\frac{437,33}{100} \right)^4 - \left(\frac{293,16}{100} \right)^4 \right] \cdot 2,537 = 2963 \text{ kcal/h} = 3,445 \text{ kW topl}$$

Ukupni gubici topline preše

$$\sum_3^5 Q_x = 38805,22 + 42202 + 2963 = 83970,22 \text{ kcal/h} = 97,64 \text{ kW topl.}$$

Za trajanje 1 otpreska, tj. 7 min iznose gubici

$$Q_g = \frac{7}{60} \cdot 83970,22 = 9796,53 \text{ kcal} = 13,391 \text{ kWh topl}$$

Gubici topline hidraul. preše proračunati na 1 m³ ploča:

$$Q^* = \frac{9796,53}{1,8942} = 5171,86 \text{ kcal} = 21654 \text{ kJ} = 6,015 \text{ kWh topl.}$$

Ukupno potrebna toplina za sušenje iverja i prešanje po 1 m³

ploča:

$$\sum_1^5 Q_x = 432900 + 58190,12 + 5171,86 = 496261,98 \text{ kcal/m}^3 = 2077748,658 \text{ kJ/m}^3 = 577,15 \text{ kWh topl/m}^3$$

3.3. Gubici topline zbog odsisanog zraka oko preše. Pretpostavke: temperatura zraka u prostoriji $t_1 = +20^\circ\text{C}$; vanjska minimalna temp. $t_0 = -15^\circ\text{C}$.

$$C_{pz} = \frac{0,2422 + 0,246}{2} = 0,2441 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}; \text{ od } -15 \text{ do } +20^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,2414 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Budući da nije dobro da se ploče nejednoliko i jako hlade, uzet ćemo temperaturu izlaznog, zagrijanog, zraka sa 100°C .

Osim topline gubitaka zagrijava se zrak i uslijed topline isparene vlage iz ljepila.

Dakle imamo slijedeće

Gubici konvekcije i zračenja: $5171,86 \text{ kcal/m}^3$ ploča

Toplina hlađenja pregr. pare iz ljepila

$$80 \text{ kg/m}^3 \cdot 64,17^\circ\text{C} \cdot 0,56 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} = 2874,816 \text{ kcal/m}^3 \text{ ploča}$$
$$8046,676 \text{ kcal/m}^3$$

$$\text{Potrebna količina zraka: } \frac{8046,676}{64,17 \cdot 0,2414} = 519,476 \text{ kg/m}^3 = 432,9 \text{ m}^3/\text{m}^3.$$

$$\text{Gubici topline u zraku radi zagrijavanja vanjskog svježeg zraka sa } -15^\circ\text{C} \text{ na } +20^\circ\text{C: } 519,476 \cdot (15 + 20) \cdot 0,2414 = 4389 \text{ kcal/m}^3 = 18376 \text{ kJ/m}^3 = 5,1 \text{ kWh}_{\text{topl}}/\text{m}^3.$$

Ovo su u stvari minimalni gubici topline u izbačenom zraku oko preše.

3.4 Toplina za zagrijavanje proizvodnih hala.

Ovaj proračun je načinjen za vanjsku temperaturu $t_1 = -15^\circ\text{C}$; unutarnja $t_2 = +20^\circ\text{C}$. Dakle je $\Delta t = 35^\circ\text{C}$. Volumen prostorije $V = 126.38.6,5 = 31122 \text{ m}^3$.

Maks.gubici uslijed prijelaza i konvekcije u našim krajevima:

$$Q_1 = 31122 \cdot 20 = 622\,440 \text{ kcal/h} = 723,77 \text{ kW}_{\text{topl}}$$

Odsisavanje formatnih pila; izbrusak 2 mm; debljina ploče je 19 mm.

$$V_h = 15 \cdot 105,26 \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{0,06} = 13157 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$G_h = V_h \cdot 1,2 = 10964,58 \text{ kg/h}.$$

$$Q_g = 10964,58 \cdot 0,2416 \cdot 35 = 92716,49 \text{ kcal/h} = 107,8 \text{ kW}_{\text{topl}}$$

$$\text{Izmjena zraka u halama: } Q_3 = (2 \cdot 31122 - 13157,5) \cdot \frac{0,2416 \cdot 35}{1,2} = 345896,2 \text{ kcal/h} = 402,2 \text{ kW}_{\text{topl}}.$$

Maksimalna potreba topline za grijanje prostorija (zimi):

$$Q_{\text{max}} = 1061053 \text{ kcal/h} = 1233,785 \text{ kW}_{\text{topl}}$$

Godišnji utrošak topline za grijanje zavisi o meteorološkim podacima za kraj u kome se tvornica nalazi. Na pr. za Osijek iznosi prosječna temperatura okoline kroz sezonu grijanja-listopad do travnja- $t_g = 5,03^\circ\text{C}$

$$\text{Odatle slijedi srednji faktor grijanja: } \frac{20 - 5,03}{35} = 0,4277;$$

$$Q_g = 6 \cdot 25 \cdot 24 \cdot 1233,785 \cdot 0,4277 = 1\,899\,683 \text{ kWh}_{\text{topl}}$$

Podijelimo li tu količinu topline sa godišnjom proizvodnjom ploča

$$(11,5 \cdot 25 \cdot 24 \cdot 15 = 103500 \text{ m}^3 \text{ ploča}) \text{ to dobivamo } 18,354 \text{ kWh/m}^3 = 15785 \text{ kcal/m}^3$$

Primjedba: pneumatski transport iverja treba da se vrši sa svježim, eventualno rekuperativno podgrijanom zrakom, a samo djelomično sa zrakom iz prostorija.

3.5 Rekapitulacija utroška topline

	<u>kcal/m³</u>	<u>kJ/m³</u>	<u>kWh/m³</u>
3.1 Sušionica iverja	432900	1812467	503,46
3.2 Hidraulička preša.	63362	265284	73,69
3.3 Odsis zraka oko preše.	4389	18376	5,10
3.4 Zagrijavanje proizv.hale	<u>15785</u>	<u>66089</u>	<u>18,354</u>
Ukupna potreba topline	516436	2162216	600,604

Dodamo li k tome potrebu topline za miješalice, gubitke u dovođu i odvođu vrele vode (ili vrelog ulja), kao i za neophodne sanitarne potrebe, zajedno u količini 10% to slijedi toplinski normativ za tu tvornicu $Q_{sp} = 568080 \text{ kcal/m}^3 = 660,56 \text{ kWh/m}^3$ gotovih ploča iverica.

4. ZAKLJUČAK I PRIJEDLOZI

Iz ove sažete analize neke tvornice ploča iverica proizlaze slijedeći energetske normativi:

Električna energija $E_{sp} = 121,75 \text{ kWh/m}^3$ (mjerno ustanovljen podatak);

Toplinska energija $Q_{sp} = 516436 \text{ kcal/m}^3 = 660,56 \text{ kWh/m}^3$.

Ovi normativi su po veličini na donjoj granici normativa prema stručnoj literaturi. Razlog tome jeste da ovdje nije uzeta u obzir potreba energije za pogon kotlovnice, mehaničke radionice, laboratorija, kancelarija itd. U ovoj analizi pošlo se dakle od ulaza pogonske i toplinske energije "na pragu" tvornice. Osim toga, tu je analizirana velika tvornica sa kapacitetom preko 100000 m³ ploča godišnje. Kod tvornica sa manjim kapacitetom bit će ovi normativi veći.

Svrha ovog izlaganja baš i jest u tome da zainteresira tehničke službe tih tvornica da prouče pojedinačne utroške energije glavnih potrošača i na osnovi toga da poduzmu mjere za realizaciju prethodno dobro promišljenih racionalizacija. A to je kategorički imperativ nesamo današnjice nego i sutrašnjice.

Prijedlozi

- Proučiti vremensko iskorišćenje radnih strojeva i njihov režim rada (stalan, kratkotrajan, intermitentan rad);
- Ustanoviti vršna opterećenja većih elektromotora, naročito pri kretanju i kod naglih opterećenja;
- Izbjegavati dugotrajan neopterećeni hod strojeva i uređaja; to je redovno slučaj kod mehaničkih transportera i prečnih pila; razmotriti mogućnost postavljanja selektivnog rada pomoću osjetljivaca (senzora) i releja;
- Razmotriti mogućnost prijelaza sa pneumatskog transporta na meha-

nički (na pr. redler, tračni kašikar i sl.); to bi bila znatna ušteda energije.

- e/. Pri određivanju potrebe energije za grijanje prostorija treba uzeti u obzir utrošak energije elektromotora i radnih strojeva. Sva se ta energija u konačnici redovno pretvara u toplinsku kojom se zagrijava neposredan okoliš;
- f/. Proučiti stvarnu mogućnost supstitucije otpadnog goriva za rotacionu sušionicu iverja. Prema ovdje obrađenoj analizi tvornice slijedi da bi otpadno gorivo iz produkcije čak i sa minimalnim stupnjem korisnosti $\eta \geq 0,65$ bilo dovoljno za sušionicu;
- g/. Plinovi izgaranja na izlazu iz sušionice mogu se koristiti ili izravno za predušenje iverja ili za grijanje zraka (konvektivno). Raspoloživa količina topline koja odgovara padu temperature sa 120°C do nekih 80 odn. 70°C može se koristiti bez opasnosti rošenja;
- h/. Isti plinovi mogu poslužiti i kao potpuh ispod roštilja ložišta za sušionicu;
- i/. Rekuperacijom topline vrućih ploča iverica i transportnih limova (u tzv. hladnjaku) mogu se uštediti znatne količine topline za zagrijavanje prostora zimi.

Ukoliko je sa ovim referatom, zaključkom i prijedlozima uspješno zainteresirati naše stručnjake u drvnjoj industriji, smatramo da je ovaj referat izvršio svoju svrhu.

D.H.

NEKI ENERGETSKI PROBLEMI U PROIZVODNJI PLOČA IVERICA I VLAKNATIČA

1 UVOD

Intenzivniji radovi na području energetske problematike počeli su u većem opsegu 1973. godine, pojavom energetske krize. Problem opskrbe i korištenja energije počeo je zabrinjavati sve zemlje, što je rezultiralo u dugoročnim akcijama traženja novih izvora energije i u pronalaženju mogućnosti racionalnijeg korištenja ove, gdje god je to moguće; šematski i sumarno se to prikazuje u tabeli 1.

Ispred šumarstva i drvne industrije kao specifičnih privrednih grana postavljeni su time u vezi na simpozijumu, koji je organizovan od strane Komiteta za drvo Ekonomske Komisije za Evropu (ECE) u Helsinkiju 1980 g. pod nazivom "Simpozium o ekonomskim i tehničkim perspektivama ploča na bazi drveta u 80-tim godinama", sljedeći problemi (1):

- kakva je potencijalna mogućnost povećanja snabdevanja energijom iz postojeće šumske biomase, uključujući i klasično ogrjevno drvo;
- kakve će to posljedice prouzrokovati za šumarstvo i drvnoprerađivačku industriju;
- na koji način će drvnoprerađivačka industrija smanjiti potrošnju energije po jedinici proizvoda i povećati samoopskrbu boljim korištenjem otpadaka drva kao izvora energije.

Ako se u našim općim razmatranjima ograničimo na preradu drva, onda možemo konstatirati, da je u svijetu prodrila spoznaja da je energetska, a pogotovo termoenergetska problematika u toj grani još aktualnija nego u većini drugih industrijskih grana. Razlog ovome su naročito dva faktora (2):

- u većini drvnoindustrijskih pogona prisutna je relativno visoka potrošnja toplotne i električne energije za grejanje, sušenje, preradu i obradu drva i drvnih ploča,
- u većini drvnoindustrijskih pogona nastaje veća ili manja količina otpadaka drva, koji pretstavljaju i sa energetskeg stanovišta interesantnu sirovinu.

Na početku svog razvoja bila je drvena industrija svjesna ovih činjenica, pa se adekvatno tome i ponašala, kada je npr. koristila drvene otpatke za zadovoljavanje vlastitih energetske potrebe. Kasnije, zbog bagatelne cijene sirove nafte, više joj je konveniralo odvoženje ovih otpadaka na neku deponiju, nego loženje i proizvodnja termične i elektroenergije.

Drastičnim povećanjem cijena svim tekućim i čvrstim fosilnim gorivima u posljednoj deceniji, situacija se korjenito promjenila, i raniji kriterijumi racionalnog korištenja energije u drvnoj industriji uz maksimalnu štednju i uz korištenje drvnih otpadaka kao energetskog vira, opet su izbili u prvi plan.

2 NEKI SPECIFIČNI ENERGETSKI PROBLEMI

U relativnom (na jedinicu proizvoda) kao i u apsolutnom mjerilu, najveći potrošač toplotne energije u preradi drva je procesna industrija, čije tipični pretstavnicu su industrija celuloze i papira, te ploča vlaknatica i iverica. Radi toga možemo predpostaviti da je za stručnjake, koji rade na tom sektoru drvene industrije, zanimljivo i korisno upoznati neke specifične termoenergetske karakteristike iz tehnologije ploča iverica i vlaknatica, kao značajnog sektora primarne prerade drva. Istovremeno valja dotaći i upozoriti na neke probleme, koji zaslužuju da se u perspektivi razmotre i rješavaju, uzimajući kod toga u obzir dva aspekta:

- korištenje svih raspoloživih otpadaka drva, koji nisu upotrebljivi za tehnologiju,
- racionalizacija potrošnje energije u pojedinim tehnološkim fazama.

Rješavanje problematike obzirom na oba aspekta traži interdisciplinarni energetsko-tehnološko-ekonomski pristup. U okviru prvog potrebna je kvantitativna i kvalitativna analiza svih otpadaka i njihovo razgraničenje u tehnološku i energetsku sirovinu. Bilo bi naime apsurdno, ako bi se u trcu za što potpunijom supstitucijom mazuta u energani, žrtvovala i visokovrijedna sirovina, koja može npr. vrlo dobro poslužiti u proizvodnji celuloze ili u proizvodnji iverica i vlaknatica. Nakon takvog realnog razgraničenja sirovine, logičan je zaključak, da se svu energetsku sirovinu uputi u energanu. Taj poduhvat je doduše skoro uvijek

vezan na znatne nove investicije, pogotovo kada kotlarnica još ne raspolaže sa mogućnošću upotrebe drvnih otpadaka kao goriva, pa je potrebna znatna investicija u nove kotlove i u transportnu infrastrukturu, ali je dugoročno jedino opravdan. Danas imamo i u našoj zemlji već drvnoindustrijske pogone i čitave kombinete, koji su riješili problem korištenja energetske otpadaka drva na najracionalniji način.

Razmatrajući energetske problematiku sa drugog aspekta, to je racionalnijeg korištenja energije u tehnologiji, normalno je da se kao prvog zadatka prihvatimo analize postojećeg stanja i da sastavimo takozv. energetski bilans.

Na osnovu analize energetskog bilansa treba da se onda predvide mjere za racionalizaciju, po mogućnosti u dva stupnja. U prvom potrebno je konstatirati gdje i kakve su mogućnosti ušteda bez opsežnijih investicionih ulaganja, dok je u drugom stupnju potrebno da se prikažu potrebna investiciona ulaganja, koja bi u pravilu trebala da dovedu do znatnih ušteda.

Iz iskustva na terenu mora se na žalost konstatirati da su u našim prilikama najveći problemi kod analize postojećeg stanja, odnosno kod sastavljanja bilansa potrošnje energije, najčešće u pomanjkanju i/ili neispravnosti mjernih instrumenata, pa se tada kao prvi zadatak postavlja, kako i čime mjeriti npr. potrošnju toplotne energije i pratiti učinak mjera, koje se sprovode u cilju racionalnijeg trošenja energije.

Za ilustraciju kako može da izgleda snimka postojećeg stanja potrošnje toplotne energije u proizvodnji vlaknatica po mokrom postupku u pojedinim tehnološkim fazama, može da posluži grafički prikaz na slici 1 (3).

Primjer vrlo detaljne analize termoenergetskog stanja u pojedinoj ključnoj proizvodnoj fazi prikazan je na slici 2 Sanky-jevim diagramom za tehnološku fazu defibracije, kao jedne energetske relativno zahtjevnih (3), a koja je identična bilo da se radi o vlaknaticama mokroga postupka (klasične takozv. lesnit ploče), bilo suhog takozv. MDF¹⁾ i HDF²⁾ postupka.

1) Medium Density Fibreboard = vlaknatica srednje gustoće, tj. manje od 850 kg/m^3 , na našem tržištu poznata kao "mediapan"

2) High Density Fibreboard = vlaknatica velike gustoće, tj. više od 850 kg/m^3 , na našem tržištu poznata kao "ultrales"

Analogni prikazi o potrošnji toplotne enĝrije postoje i za proizvodnju iverica. Primjer takvog prikaza (2) vidi se na slici 3, a numerički u tabeli 2.

3 RACIONALIZACIJA POTROŠNJE TOPLLOTNE ENERGIJE U PROIZVODNJI

Gruba procjena potrošnje energije npr. u proizvodnji iverica u SFRJ, uzimajući u obzir godišnju proizvodnju 900.000 m³ iznosila bi, izražena u ekvivalentnim jedinicama mazuta (4) 70.000 tona mazuta godišnje, što predstavlja približno 0,5% celokupne jugoslavenske godišnje potrošnje ove skupocjene energetske sirovine. To je količina, na kojoj bi se adekvatnim mjerama mogle postići znatne uštede.

Kao primjer neka posluži podatak, da su Norvežani usprkos daleko povoljnijoj ^{energetskoj} situaciji od naše, već prije nekoliko godina započeli istraživanja u smjeru racionalnijeg korištenja energije u proizvodnji vlaknatica, koje pretstavljaju u toj zemlji dominantnu tehnološku granu na području ploča.

Neka se u nastavku upoznamo samo sa nekoliko konkretnih problema, koji zaslužuju pažnju sa aspekta istraživačke i razvojne djelatnosti:

- korištenje otpadne toplote u fazi defibracije;
- korištenje otpadne toplote u fazi prešanja vlaknatica i iverica;
- tehnološko-energetski parametri kod defibracije i sušenja iverja, odnosno vlakanaca, kao toplotnoenergetsko najzahtijevnije faze (vidi bilans u tab. 2);
- mogućnosti korištenja toplote raznih otpadnih plinova npr. kod sušenja iverja i vlakanaca;
- mogućnost korištenja toplote akumulirane u povratnim vodama;
- mogućnosti smanjenja gubitaka boljom izolacijom toplotnoenergetskih instalacija u tehnologiji.

Navedene su samo neke ključne točke, koje zaslužuju pažnju pri razmatranju energetske problematike u proizvodnji.

4 RACIONALNIJE ISKORIŠTAVANJE OTPADAKA OD PRERADE DRVA

Već je u poglavlju 2 naglašena potreba po izradi bilansa raspoloživih otpadaka i njihova podjela na tehnološku i energetska sirovinu.

Danas dolazi naime često do konfrontacije između ove dve sfere, a često nije baš jasno, šta je svrsishodnije: korištenje neke vrste otpadaka u tehnološke ili energetske namjene. Nažalost smo u obe sfere deficitarni, što donošenje odluke još otežava.

Neka posluži za objašnjenje ove teze veoma aktualan primjer iz prakse u industriji.

U proizvodnji iverica, a u manjem obimu i vlaknatica, pojavljuje se prašina, koja nastaje u nekim tehnološkim fazama, pretežno prilikom brušenja (kalibriranja) gotovih ploča, prilikom formatizacije i krojenja kao piljevina i sl. Ova prašina i piljevina obično su se vraćale i još se vraćaju u tehnološki proces i ponovo ugrađuju u proizvod. Taj postupak recikliranja tehnološki je prihvatljiv do izvjesne mjere i opravdan obzirom na pozitivan utjecaj, koji ova frakcija može imati na neke osobine ploča, naročito na površinu. Prekomjerno doziranje neosporno predstavlja tehnološko negativan faktor, što možemo zaključiti na osnovu podataka tabele 3 (5). Iz ovih proizlazi da je prosječan faktor oljepljenja 6,5%, kojim se u proizvodnji računa, međutim kod frakcije praha (< 0,6 mm) iznosi skoro 22%, dok kod najdebljeg iverja samo 3,5%, iz čega možemo zaključiti da frakcija praha osjetno osiromašuje na ljepilu najfrekventnije frakcije granulacije iznad 2 mm, pa je onda logičan zaključak da bi bilo svrsishodnije ovu sitnu frakciju trošiti u kotlarnici, čime bi se smanjio utrošak ljepila i poboljšao kvalitet ploča. Analogan zaključak bi se najvjerojatnije mogao primjeniti i na piljevinu, naročito kada se ova upotrebljava za srednji sloj.

Slična problematika pojavljuje se i u tvornicama vlaknatica, gdje se piljevina od formatizacije, krojenja, kao i usitnjeni porubci vraćaju u tehnologiju, premda svojom prisutnošću smetaju normalnom tehnološkom procesu, npr. u fazi razvlaknjavanja i formiranja, kao i smanjivanjem mehaničko-fizikalnih osobina gotovog proizvoda.

Iz prakse je međutim poznato, da neke tvornice već koriste ove sitne frakcije u energetske namjene i lišavaju ih se kao tehnološke sirovine.

5 NEKI PRIMJERI RACIONALNIJEG KORIŠTENJA ENERGIJE

Kao na svim područjima, racionalnije korištenje energije postiglo je i u tehnologiji ploča, naročito u razvijenim zemljama, već dosta visok nivo, pa se u nastavku daje prikaz nekih karakterističnih primjera iz inostranstva pa i kod nas.

Vrlo interesantan primjer korištenja otpadne topline prikazuje tab. 4. Taj primjer doduše nije uzet direktno iz tehnologija, koje se tretiraju u ovom sastavku, međutim preduslovi za sličan poduhvat skoro su identični u tehnologiji ploča vlaknatica po mokrom postupku. I tu imamo otpadne odnosno povratne vode temperature cca 60°C (u slučaju vrlo zatvorenog cirkulacionog sistema tehnoloških voda), što bi se eventualno putem izmjenjivača topline moglo koristiti u najmanju ruku za grejanje prostorija.

Sljedeći primjer prikazan je na tab.5. Taj primjer prikazuje uštedu ugradnjom izmjenjivača topline, a realizovan je u našoj zemlji, u pogonu za oplemenjivanje svih vrsta ploča od drveta. Godišnja ušteda izražena u ekvivalentu mazuta iznosi cca 90 tona kod normalnog rada pogona u dvije smjeni po 8 časova. Kod današnje cijene mazuta ekonomski učinak nije zanemarujuće veličine.

Kao dalji primjer, koji je realizovan u našoj zemlji u jednoj tvornici vlaknatica, navodimo racionalnije korištenje toplotne energije u obliku tehnološke pare, potrebne za rad defibratora u proizvodnji ploča vlaknatica (6). Prije preduzetih mjera potrošnja zasičene pare iznosila je 764 kg/toni (pritisak 10 bara), što se dosta dobro slaže sa normativom prikazanim na slici 1. Poslije preduzetih mjera racionalizacije i tehničkih poboljšanja, potrošnja pare smanjila se na 500 kg/toni ploča, što se nalazi na donjoj granici svjetskih normativa u ovoj tehnologiji. Kod godišnje proizvodnje 32.500 tona tvrdih ploča vlaknatica u g. 1983 ušteda iznosi 21.600 GJ, što uz pretpostavku da je η parnih kotlova 0,85 i energetska vrijednost mazuta 40 GJ/toni, iznosi godišnje 644 t mazuta ili cca 14,800.000,- din (uz cijenu mazuta 23,- din/kg). Istovremeno postignuto je i racionalnije korištenje pogonski elektromotora, tako da su povećani

$\cos \varphi$ i η za 11%, čime se smanjila specifična potrošnja struje za 36 kWh/toni ili godišnje za 1,170.000 kWh.

Treba napomenuti da radovi na racionalnijem korištenju toplotne energije u prikazanom slučaju još nisu završeni, jer se kroz dodatne mjere predviđa daljnje sniženje specifične, t.j. na jedinicu proizvoda, potrošnje toplotne energije.

U proizvodnji iverica glavni potrošač toplotne energije je sušara, koja troši 44% celokupne toplotne energije (vidi sl.3). Vjerojatno bi se moglo i tu izvjesnim mjerama doći do ušteta odnosno do rekuperacije otpadne topline eventualno ugradnjom izmjenjivača topline, ili nekim drugim mjerama. Slična je situacija u proizvodnji vlaknatica po suhom postupku (MDF i HDF).

6 ZAKLJUČAK

Energetska problematika obrađuje se danas takorekući u svim tehnologijama, jer skoro i nema prizvoda, u kome ne bi participirala sa većim ili manjim udjelom.

I u našem slučaju energija ne pretstavlja više zanemarujuću stavku u proizvodnim troškovima. Osim toga treba imati na umu, da je većina tehnologija na području iverica i vlaknatica, kojima raspolažemo u našoj zemlji, usprkos relativnoj savremenosti, koncipirana u vrijeme, kada energija nije u tolikoj mjeri opterećivala konačni proizvod, kao što je to slučaj danas. Drvna prašina npr. pretstavljala je balast, kojeg se trebalo na neki način otarasiti, a najjednostavnije je to bilo riješiti vraćanjem u proizvodnju, premda je to predstavljalo veći utrošak ljepila, ali i ljepilo je bilo jeftino.

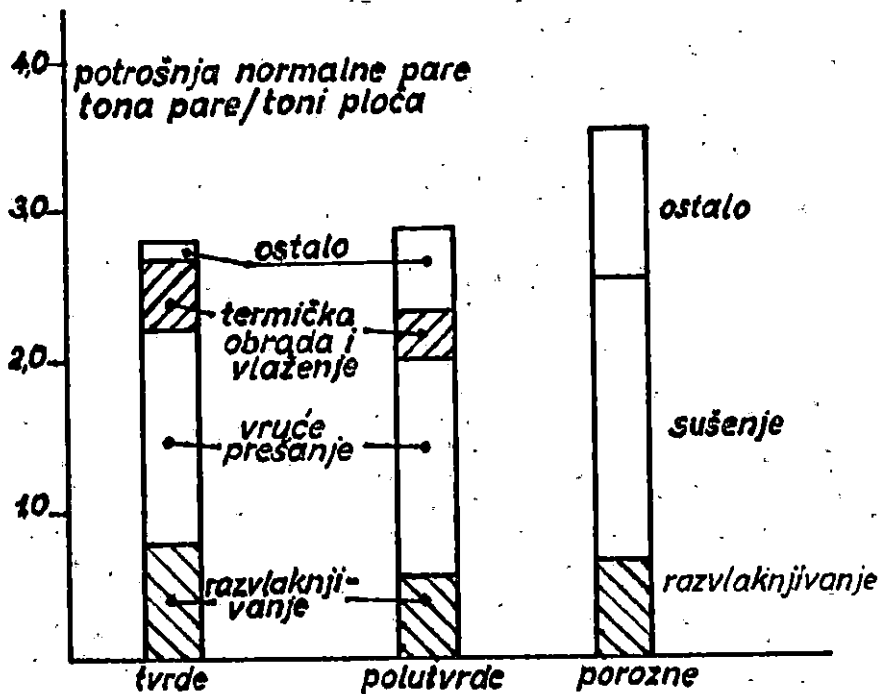
Slična je bila situacija na području vlaknatica, gdje npr. veća ili manja potrošnja pare za defibraciju nije se ozbiljno razmatrala, pa su kao posljedica toga proizašla i neka konstruktivna rješenja, koja su taj faktor zanemarila.

Tokom poslednjih godina došlo je u tom pogledu do radikalnih promjena, pa smo danas svjedoci velikih napora, koji se ulažu sa namjenom da se uštedi na utrošku energije, a time u krajnjoj konsekvenci poveća konkurentna sposobnost na tržištu. Taj je proces vrlo jak naročito u razvijenim zemljama, a možemo konstatirati i u našoj zemlji da su se neki pogoni, a i čitavi kombinati odlučno usmjerili u akcije, koje treba da rezultiraju u racionalnijem trošenju otpadaka od prerade drva u energetske namjene.

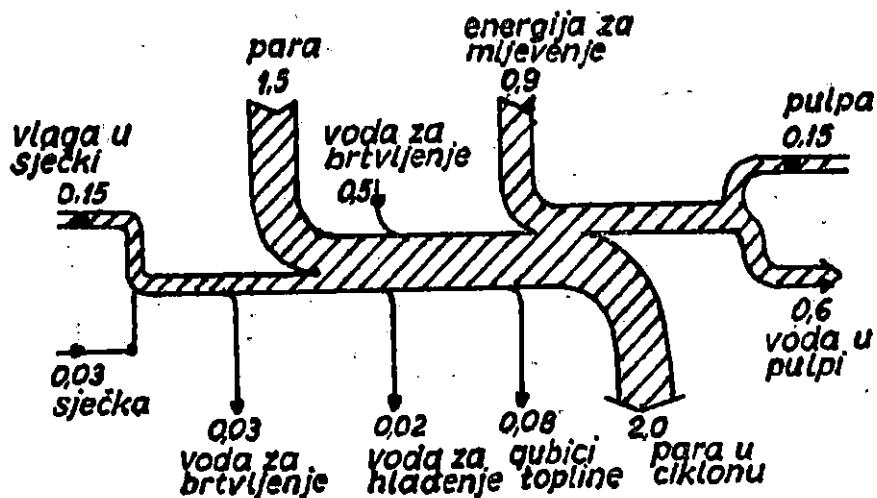
Međutim, još se u preoskudnom opsegu preduzimaju mjere, kojima bi se i u samim proizvodnim tehnologijama prišlo racionalnijem trošenju energije, pa na tom području očekuje odgovorne stručne kadrove još mnogo interesantnog i korisnog rada.

IZVORI

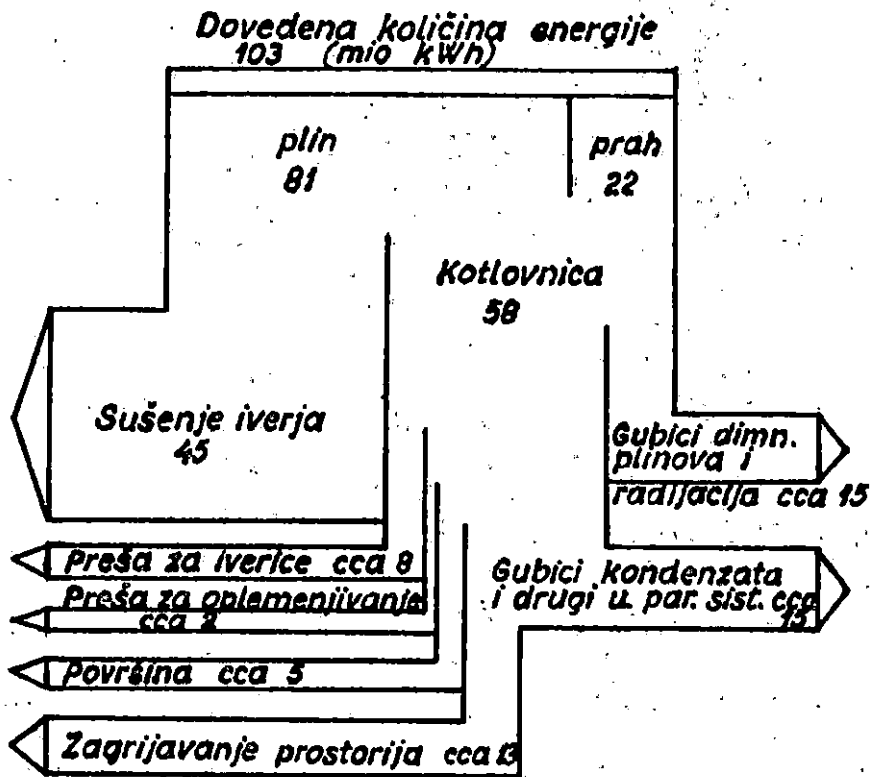
- (1) Oreščanin, D., Stefanović, S., Kuzmić, T.: Aktivnosti Komiteta za drvo Ekonomske Komisije za Evropu (ECE) UN, Opšte Udruženje šumarstva i industrije za preradu drveta, celuloze i papira Jugoslavije, Beograd 1981.
- (2) Seger, K.: Theorie und Praxis der staatlich geförderten Energieberatung in der Holzindustrie, HK 1/81.
- (3) Nordin, S., Back, E.: Förstudie av energibesparande åtgärder inom svensk fiberskiveindustri, STFI-meddelande serie B nr. 443, Stockholm 1977.
- (4) Vajda, P.: A Comparative Evaluation of the Economics of Wood Based Panel Industries, 1975.
- (5) Deppe, H. J., Ernst, K.: Technologie der Spanplatten, Holz-Zentralblatt Verlags-GmbH, Stuttgart, 1964.
- (5) Lenič, J.: Optimalizacija tehnološko-tehničkih parametara u proizvodnji tvrdih vlaknatica, elaborat za internu upotrebu, 1984.



SLIKA 1. POTROŠNJA PARE ZA TVRDE, POLUTVRDE I POROZNE VLAKNATICE. PODACI SU UZETI IZ TRIJU TVORNICA (3)



SLIKA 2. SANKY-JEV DIJAGRAM POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE I VODE PRI DEFIBRACIJI. ENERGIJA U GJ, VODA U m³/t. ABS. SUHE SJEČKE. TLAK PARE 0,7 DO 0,8 MPa (3)



SLIKA 3. SANKY-JEV DIJAGRAM GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE U PROIZVODNJI PLOČA IVERICA

TABELA 1. ENERGETSKI IZVORI I NAČELA RACIONALIZACIJE

izvor	racionalizacija	
fosilna goriva ulje, ugalj neobnovljiva	nova proizvodnja	materijali s manjom potrošnjom energije [kWh/kg(m ³)]
vodena energija trajna	postojeća i nova	recikliranje, rekuperacija, regeneracija povećanja koeficijenta iskorišćenja
sunčana energija trajna	zagrijavanje	bolja izolacija (smanjenje koeficijenta provodljivosti topline k) (W/m ² K)
vjetar trajni	prometna sredstva	manja upotreba (povećanje ?)
toplina zemlje trajna		
biosupstanca trajno obnovljiva		
nuklearna energija		

Potrošnja energije općenito:

grijanje stan. i ind. prost.....	: 42%
ind. toplina i priprema tople vode:	36%
promet	: 16%
rasvjeta i električna energija ..	: 6%

TABELA 2. BILANCA GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE U PROIZVODNJI
PLOČA IVERICA (2)

Dovedena energija		Potrošnja energije	
mio kWh		mio kWh	
1. Zemni plin	81	1. Sušenje iverja	
2. Prah	22	1.1. Uparavanje vode	
3. El. energija	14	30.000 t x 581	17
	117	1.2. Grijanje materijala	13
		1.3. Gubici otpadnim zrakom i radijacijom	14
		2. Kotlovnica	
		2.1. Preša za iverice	8
		2.2. Preša za oplemenjivanje	2
		2.3. Linija za pov. oplemenjivanja	5
		2.4. Zagrijavanje prostorija	12
		2.5. Gubici dimnim plinovima i radijacijom	15
		2.6. Gubici zbog kondenzacije i općenito u sistemu	15
		3. Električni potrošači uključivo gubici	14
			117

TABELA 3. RAZDIOBA LJEPILO U FRAKCIONIRANOJ MJESAVINI IVERJA (5)

frakcija	procentualni udio	faktor oljepljivanja
5 mm	6	3,5%
4 mm	17	4,0%
3 mm	21	4,3%
2 mm	24	4,7%
1 mm	18	8,4%
0,6 mm	11	12,9%
0,6 mm	3	21,8%
srednji faktor oljepljivanja		6,5%

TABELA 4. PRIMJER REKUPERACIJE TOPLINE OTPADNE VODE S TOPLINSKIM CRPKAMA (tvornica sulfitne celuloze, Ornsköldsvik, Švedska)

- 6 toplinskih crpki serijski povezanih podigne temperaturu vode od 60°C na 80°C.

- dobivena energija	127 GWh/god.
- utrošena energija	31 GWh/god.
<u>netto dobivena energija</u>	<u>96 GWh/god.</u>

to odgovara cca 9.280 t ulja/god.

- investicija cca 273 mio din

- godišnja ušteda ako je cijena ulja 10.000 din/t je 93 mio din.

- amortizacija investicije cca 3 godine.

TABELA 5. PRIMJER IZRAČUNA UŠTEDE S PREDGRIJAVANJEM SVJEŽEGA ZRAKA S OTPADNIM

Otpadni zrak	56.000 m ³ /h (29°C)	} Δt = 17°C
Svježí zrak	56.000 m ³ /h (12°C)	

Korisni učinak regeneracionog izmjenjivača topline za taj slučaj je 68%, pri čemu je konačna temperatura svježeg zraka:

$$t = 12^{\circ} + (0,68 \times 17) = 23,56^{\circ}\text{C}$$

Uštedena toplina je:

$$\sim 56.000 \times 0,289 (23,56 - 12) \approx 187.000 \text{ kcal/h (217,5 kWh)}$$

$$\text{ekvivalent nafte} = \frac{187.000}{8.000} \approx 23 \text{ kg/h}$$

Pri godišnjem pogonu 5.500 sati (250 din a 22 sati) = 5.500 x 23 = 126.500 kg nafte

Ako je cijena 10 din/kg ušteda je 1.265.000 din/god.

Dr. D. ARNOLD
Fa C. SCHENCK
A.G. DARMSTADT

UŠTEDE KROZ AUTOMATIZACIJU PROCESA
PROIZVODNJE IVERNIH PLOČA

Kada razmišljamo o uštedama u industriji ivernih ploča postavlja se pitanje, gdje još uopće postoje rezerve produktivnosti.

- je li moguće bolje iskorištenje sirovine (drvo, kemikalije)?
- da li je moguće reducirati potrošnju energije?
- je li moguće smanjiti zastoje i skratiti vrijeme održavanja i reparature?
- da li je moguće reducirati škart, tj. proizvoditi ravnomjernu kvalitetu ivernih ploča?

(Slika 1)

Ako se slažete sa mnom, da se iz nabrojenog još nešto može usavršiti i uštedjeti, onda je automatizacija procesa proizvodnje vrlo pogodno sredstvo za povećanje produktivnosti.

Produktivnost karakterizira ekonomski princip:

"Postizavanje zadanog cilja s najmanjim ulaganjem sredstava, ili postizavanje najvećeg mogućeg cilja s postojećim ulaganjem sredstava".

To znači kod konstantnog rezultata proizvodnje reducirati ulaganje ili kod konstantnog ulaganja poboljšati rezultate proizvodnje!

$$\text{Produktivnost} = \frac{\text{rezultati proizvodnje}}{\text{ulaganja}}$$

Na rezultate proizvodnje i ulaganja (mjereno u novčanim jedinicama) može se utjecati tehničkim i organizacionim činionicima, koji tada dovode do različitih troškova i prihoda. S gledišta proizvođača sistem procesnog rukovanja doprinosi povećanju produktivnosti, ako su ispunjeni slijedeći uvjeti:

- usavršavanje tehnologije
- usavršavanje strojne tehnike
- brzo i sigurno utvrđivanje pogonskih troškova
- usavršavanje operativnih planiranja i osiguranje strateških planiranja.

Na koji način može pomoći automatizacija u ispunjavanju tih zahtjeva? O tome kratki pregled tipičnog koncepta jednog postrojenja tvornice ivernih ploča.

1. "Tipično" postrojenje

U većini postrojenja za proizvodnju ivernih ploča još uvijek se vrlo mnogo rukuje "manuelno". Laboratorijske vrijednosti, stanja u proizvodnji te regulacione vrijednosti postrojenja, snimaju i prenose ljudi. Efektivitet proizvodnog postrojenja je time pored ostalog ograničen sposobnošću komandnog osoblja. Slijedeća razmišljanja pojašnjavaju tu slabu točku.

Vrijeme reagiranja, tj. vrijeme u kojem je komandni zahvat čovjeka u toku procesa proizvodnje, bez ekonomski posljedica moguć, rapidno opada od stovarišta do jezgre postrojenja (vidi sliku 3).

Čovjek, dakle nije u stanju da upravo u kritičnim djelovima procesa proizvodnje djeluje dovoljno brzo u smislu korekcije. Posljedice: Pokušava se što je moguće duže zadržati sve ulazne vrijednosti.

2. Djelomična automatizacija

Upravljanje procesom proizvodnje ivernih ploča u najmodernijim tvornicama iverica, vrši se uglavnom po principu prikazanom na slici 4. Važnu odluku o upravljanju sa procesom i ovdje još uvijek donosi rukovodac sa komandnog mjesta. Tamo se dojavljaju stanja u sistemu, djelomično samostalno analognim i digitalnim prikazom mjernih instrumenata, djelomično u obliku manuelno izradjenih mjernih protokola na pr. iz laboratorije ili usmeno u obliku aktuelnog izvještaja radnog osoblja i osoblja održavanja. Čovjek u tom informacionom lancu još uvijek igra odlučujuću ulogu - sa svim prednostima i nedostacima.

U nekim područjima procesa proizvodnje već postoje automatski radeći zatvoreni regulacioni krugovi na pr. za obljepljivanje, natrešanje i u području sušare i prešanja (kao što je prikazano na slici 4.). U mjedjuvremenu pozitivno su se afirmirala postrojenja za proizvodnju ivernih ploča prema konceptu "Djelomične" -automatizacije, sa memorirajuće programiranim upravljanjem (SPS) i mikrorračunarima (u R).

Potvrđene su mogućnosti uštede kroz:

- jednoličnije upravljanje procesom a time i reduciranje štetnog djelovanja promjenjivih stanja u procesu proizvodnje (u reguliranim područjima).
- reduciranje dodatnih osiguranja u prvoj liniji kod drveta i ljepila
- jednostavnije i brže prilagodjavanje upravljanja kod promjena (poboljšanja fleksibilnosti).

3. Koordinacija dijelova procesa

Uspjesi sa djelomičnom automatizacijom opravdavaju nastavak i usavršavanje tog koncepta kao i slijedećeg koraka ka "većoj" automatizaciji procesa. Time se ali postavljaju sasvim drugi uvjeti. Filozofija djelomične automatizacije, koja se sastoji u tome da cjelokupni proces proizvodnje rasčlani na autarhične dijelove, medjusobno regulira i na presječnim mjestima spoji sa relativno grubim sredstvima (silos, spremnik, skladištne i tamponske zone itd.) ne vodi dalje bez odgovarajuće nadredjene koordinacije (vidi sliku 6. doljnji dio).

Doduše tako se zadržava potreban tok informacija preko presječnih mjesta i dijelovi procesa za samog čovjeka su pregledniji, ali daljnje mogućnosti uštede su još gotovo neiskoristive. Potrebne pretpostavke za iskorištenje daljnjih mogućnosti uštede su:

- znatno obimnije obuhvaćanje pogonskih podataka svih vrsta (ulazne i izlazne vrijednosti, stanje sistema, svojstva proizvoda)
- priprema pogonskih podataka sa tehničkog i pogonsko-ekonomskog aspekta
- spajanje informacija u jednom sistemu vođenja procesa proizvodnje - s ciljem optimiranja sveukupnog procesa, što znači koordinacija dijelova procesa prema sveukupno razrađenoj strategiji (slika 4).

(Slika 7)

Općenito će, u slijedećem koraku automatizacije procesa proizvodnje biti moguća pojačana ušteda materijala, energije, rada, time što će se moći dobiti i obraditi još više, još bolje i još aktuelnije informacije o procesu proizvodnje.

Preduvjet za to su odgovarajući Hard i Software sistemi.

4. Snimanje pogonskih podataka

Na slici 8 šematski je prikazan Hardware sistem potreban za snimanje i obradu pogonskih podataka.

S njim se mogu

- obuhvatiti mjerne vrijednosti i stanja procesa proizvodnje
- kontrolirati granične vrijednosti, protokolirati stvarne vrijednosti i registrirati utrošene vrijednosti
- memorirati regulacione vrijednosti, recepti i programi
- izvršiti obračun utroška i pogonskih troškova i
- davati informacije u obliku statistika, trendova i td.

Slika 9

Nadalje, vrijednosti laboratorijskog ispitivanja se mogu koristiti u ciklusu vrednovanja te poslužiti razvoju informativnog standarda. Sposobnost iskaza obrade pogonskih podataka je uglavnom ovisna od potpunosti i vjerodostojnosti snimljenih podataka. Manuelno snimanje i predaja podataka ne vodi do znatnije uštede; na taj način bi trebalo davati samo matične podatke o postrojenju. Povlašten način predaje podataka o procesu proizvodnje vodi preko "on-line" do spajanja procesa.

Time se ponovo ukazuje na značaj prijemnika mjerne vrijednosti. I bez "closed-loop" i kontinuiranog "real-time" spajanja procesa, proces proizvodnje će biti znatno transparentniji i produktivnost postrojenja povećana.

Ovo iskustvo je potvrđeno višegodišnjom praksom na različitim područjima procesno-tehničke industrije.

5. Primjer: Rukovanje i održavanje

Sistematsko snimanje i vrednovanja pogonskih podataka doprinosi samo primjera radi, u velikoj mjeri otklanjanju slabih točki a time i iskorištenju mogućnosti uštede u području rukovanja i održavanja.

Pogonske smetnje proizlaze većinom iz karakterističnih promjena, koje se na osnovu mjernih vrijednosti, podataka o snazi i raspoloživosti s podacima mogu pravovremeno otkloniti. Što se ranije otkrije smetnja tim su manji troškovi za njena otklanjanja. Slijedeće mogućnosti uštede mogle bi se iskoristiti boljim poznavanjem stanja postrojenja.

- smanjenje troškova zastoja u proizvodnji
- smanjenje troškova održavanja
- bolje planiranje intervala održavanja, tj. manje "vatrogasnih akcija"
- bolje planiranje zaliha rezervnih dijelova
- povećanje raspoloživosti
- produženje vijeka trajanja
- bolje planiranje najpovoljnijeg momenta investiranja

(Slika 10)

6. Sistem procesnog vodjenja

I najsvršeniji sistem za snimanje pogonski podataka moći će pomoći samo do odredjenih granica da se iskoriste mogućnosti uštede - samotako dugo dok budnost, sposobnost kombiniranja i brzina rada ljudskog mozga ne bude premašena. Ta granica je individualno i temporalno vrlo različita. Pošto se proces industrijske proizvodnje iverica zasniva na već poznatim reproducirajućim pretpostavkama u biti ništa ne govori protiv, da se i najvažnije odluke - ili upravo one - ne bi mogle povjeriti jednom "Autmatu", koji nikada neće biti zrtva intuitivne osjetljivosti, koji se nikada neće umoriti u sukobu sa samo po sebi razumljivim procedurama i po hiljadu puta provjeravati nepregledne kolone brojeva. U tu svrhu moraju biti ispunjena dva uvjeta: Tok informacija na slici osam mora iz sistema obrade pogonskih podataka omogućiti i povratne komande u proces, tj. izvršiocima.

- Izmedju davanja podataka o procesu i automatskog izdavanja komandni mora postojati jasna sprega (algoritama) koja kvazi opisuje tehnološka iskustva.

Prvi uvjet je lako realizirati; momentalno se isporučuje sa ponudjenim sistemom procesnog vodjenja (na pr. Schenck-Prodacón)

Drugi uvjet je tim teže realizirati!

Realizacijom prvog uvjeta mogu biti iskorištene daljnje mogućnosti uštede; naročito kod ugradnje novih komandnih mjesta. Upotrebom monitora i alfanumeričkih kao i funkcionalnih tastatura, veliki broj signalnih i komandnih uređaja na sadašnjim komandnim mjestima moguće je reducirati. Nadalje, moguć je i jeftiniji način prenošenje informacija u druga pogonska područja. Tek kada je ispunjen gore navedeni drugi uvjet tj. kada se regulacioni postupci provede na temelju procesnih modela ili matematičkih odnosa, moguće je da sistem vodjenja procesa preuzme i zadatak optimiranja i tako iskoristi daljnje mogućnosti uštede, na pr. prema strategiji optimiranja:

- minimalno ulaganje energije
- minimalni troškovi proizvodnje
- optimalna kvaliteta
- maksimalna količina proizvodnje

(Slika 11)

U pogledu danas postignutog nivoa automatizacije procesa u industriji iverica, jest privremeno posljednji stupanj još za

sada daleka budućnost. Stoga se o odredjenim mogućnostima uštede, za sada može samo nagadjati.

7. Aktuelno korisne mogućnosti ušteda

U sadašnjem momentu moguće je realizirati sisteme procesnog vodjenja za obradom podataka i "Closed-loop" spajanjem dijelova područja procesa.

Na taj se način već sada mogu jasno reducirati troškovi proizvodnih faktora drva, ljepila, energije i osoblja.

Ako se uzmu na slici 12 prikazani udjeli troškova proizvodnje (35 - 22 o/o / i uvrste navedeni postotci uštede, dobiti će se redukcija troškova proizvodnje na 96 + 97 o/o, nakon korištenja sistema procesnog vodjenja.

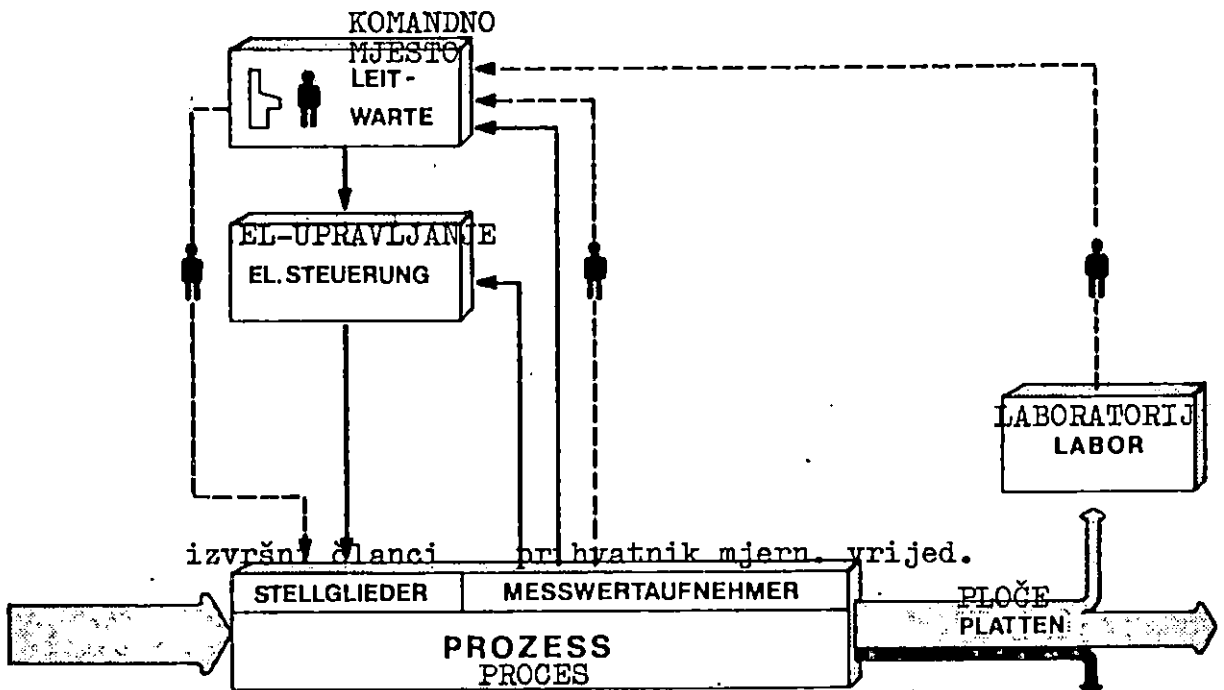
Uzme li se nadalje realno poboljšanje raspoloživosti od 1 + 2 o/o i jednolikost kvalitete (od 0,5 + 1 o/o) pažljiva procjena nas dovodi do smanjenja troškova proizvodnje za 5 + 7 o/o uz korištenje sistema procesnog vodjenja.

Ta mogućnost uštede opravdava odgovarajuće investicije - i to tim prije što je postrojenje veće, jer su troškovi za sistem procesnog vodjenja gotovo neovisni od kapaciteta proizvodnje jednog postrojenja.

- Bolje iskorištenje sirovine?
(drvo, kemikalije)
- Reduciranje utroška energije?
- Poboljšanje raspoloživosti?
- (manje zastoja, kraće vrijeme održavanja i
reparature)
- Reduciranje škarta?
(ravnomjernija kvaliteta)

REZERVE PRODUKTOVNOSTI

Slika br. 1



UPRAVLJANJE PROCESOM PROIZVODNJE

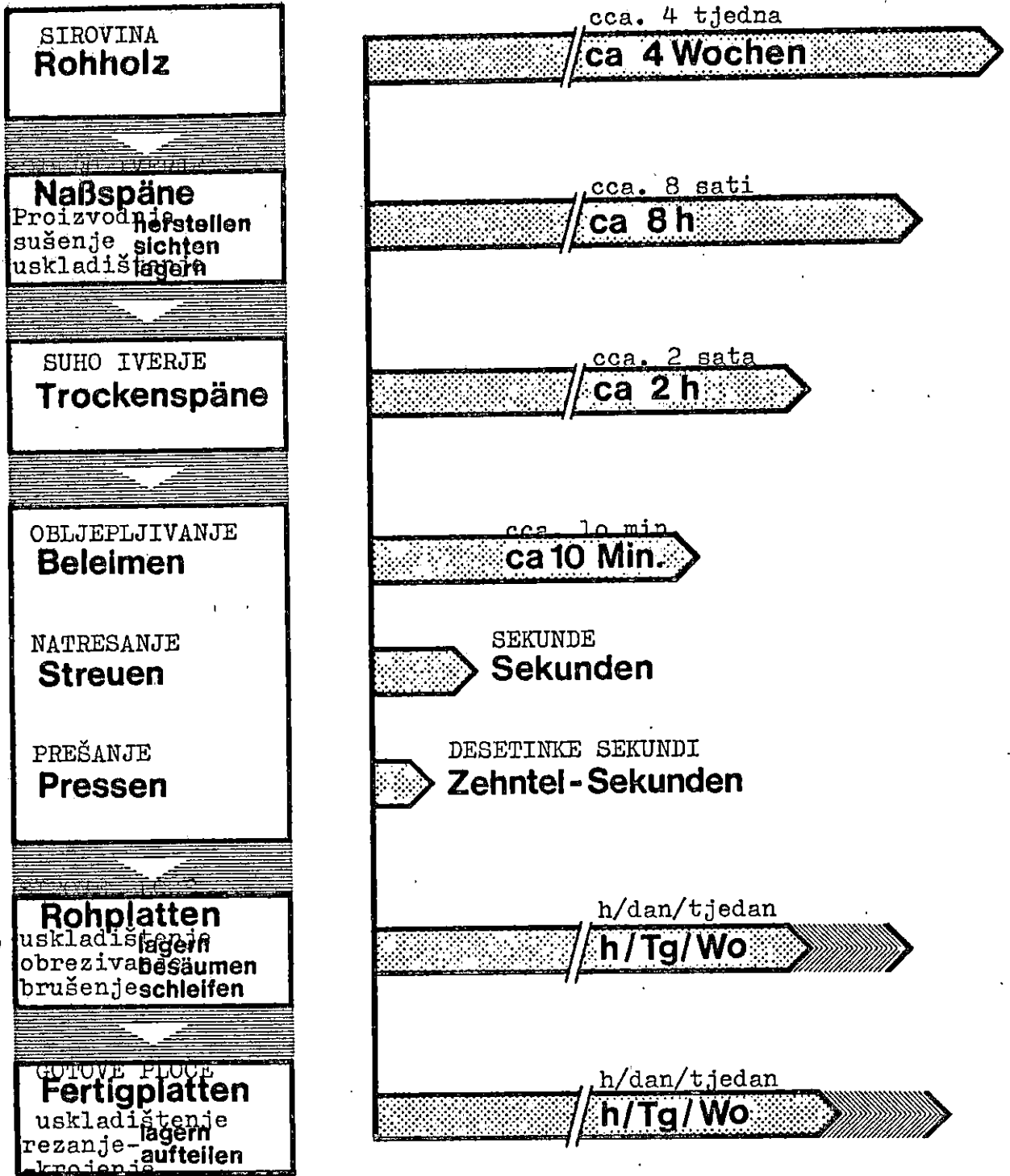
ØSCHENCK

Steuerung des Produktionsprozesses in einem
Spanplattenwerk (Mensch-Process-Kommunikation)

TVORNICE IVERNIH PLOČA (ČOVJEK- PROCES- KOMUNIKACIJA)

Slika br. 2

Slika br. 3

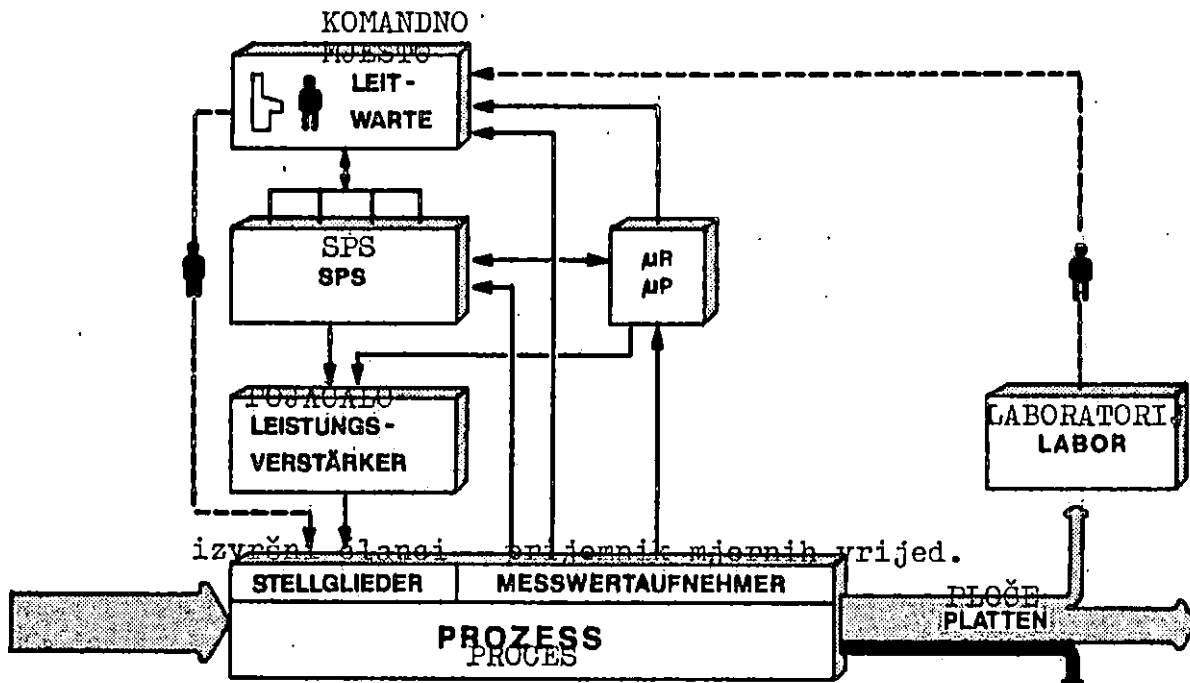


SREDNJA "REAKCIONA" VREMENA
U TOKU PROIZVODNJE

Mittlere „Reaktions“- Zeiten
im Fertigungsablauf



Slika br. 4



SCHENCK

Steuerung des Produktionsprozesses in einem modernen Spanplattenwerk mit offenen und geschlossenen Regelkreisen

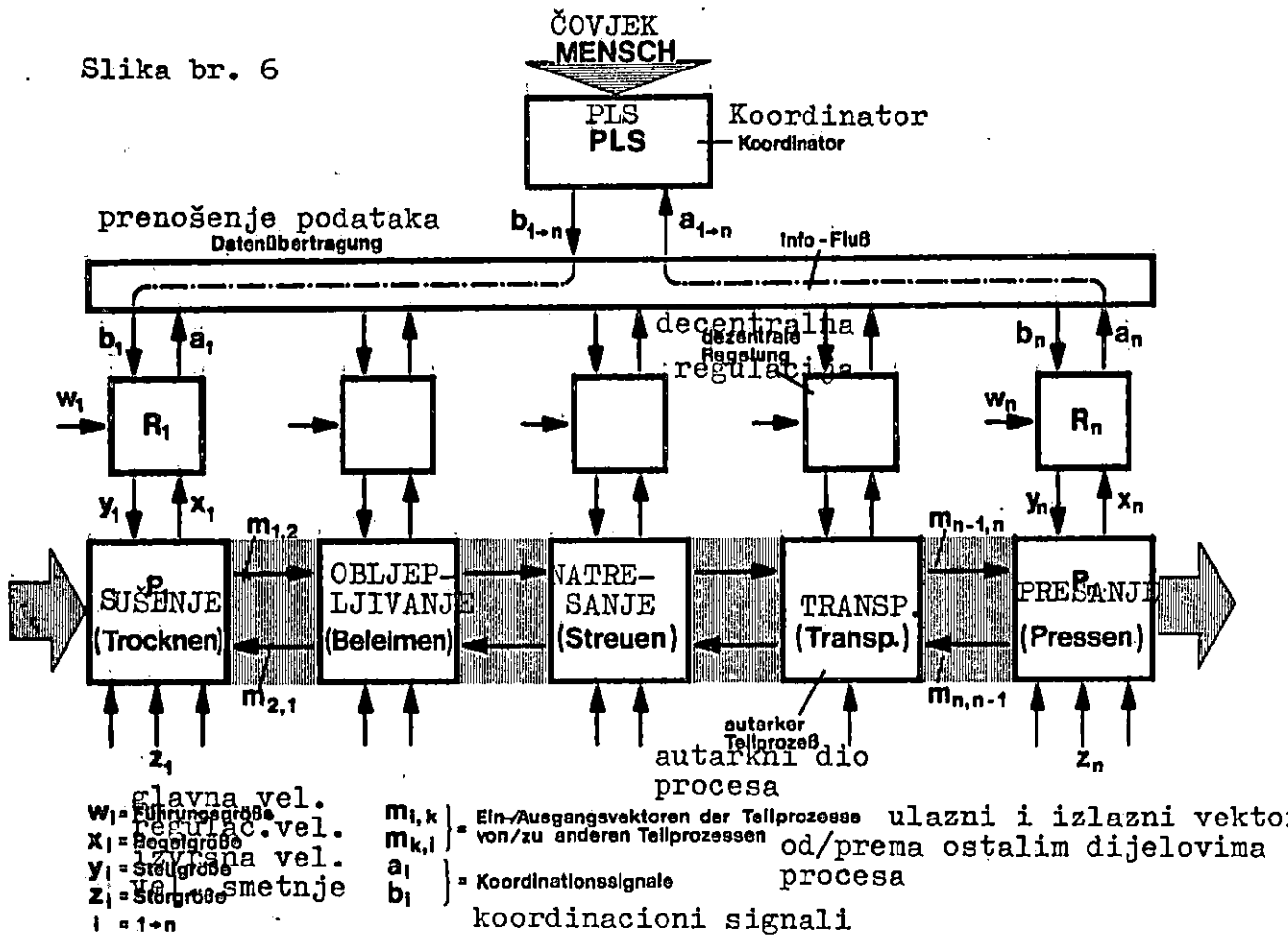
UPRAVLJANJE PROCESOM PROIZVODNJE U MODERNOJ TVORNICI IVERNIH PLOČA SA OTVORENIM I ZATVORENIM REGULACIONIM KRUGOM

- Ravnomjernije vodjenje procesa t.j. reduciranje štetnih djelovanja uvjetovano promjenama stanja u procesu
- Reduciranje osiguravajućih dodataka (drvo, ljepilo, energija)
- Jednostavno i brzo prilagodjavanje upravljanja kod promjena u postrojenju (Fleksibilnost)

MOGUĆNOSTI UŠTEDA KROZ
"DJELOMIČNU" AUTOMATIZACIJU

Slika br. 5

Slika br. 6



SCHENCK

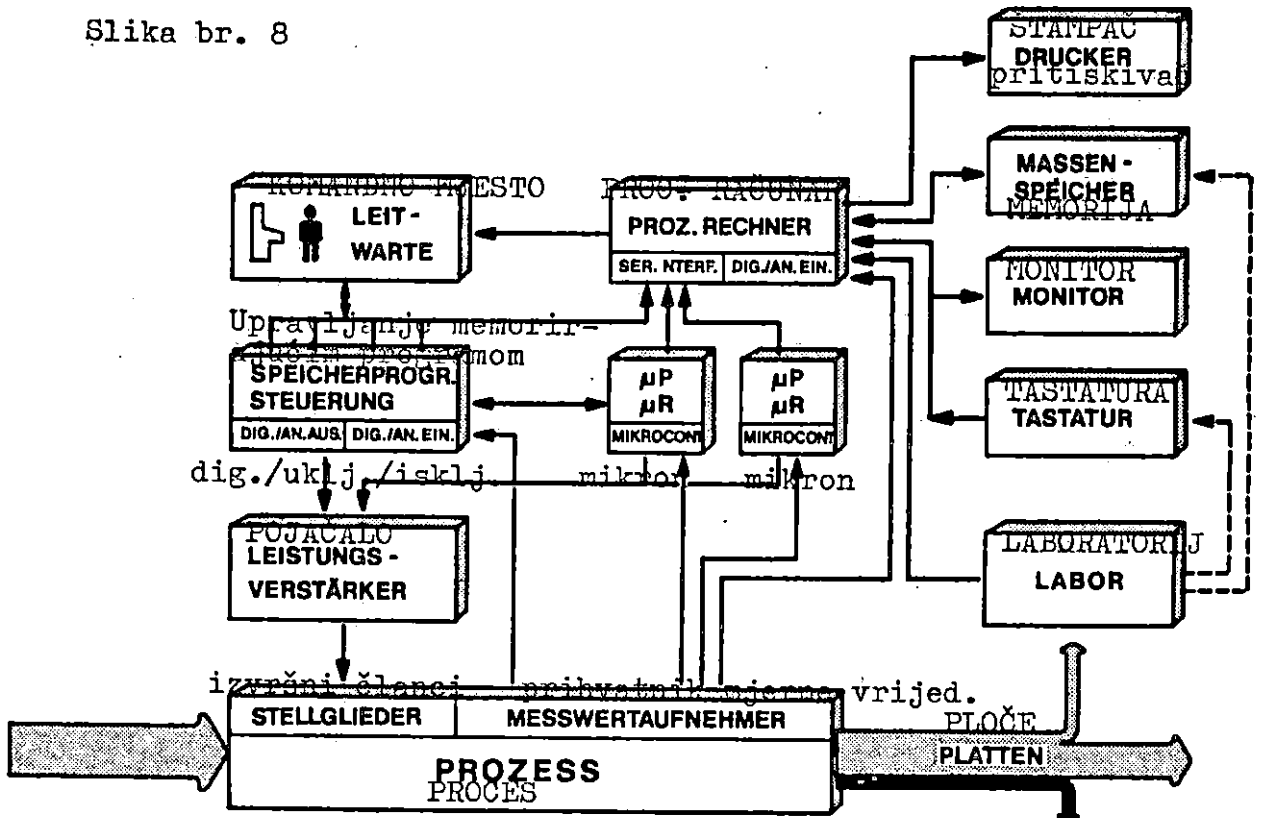
Hierarchisch gegliedertes System mit dezentraler
Regelung und zentraler Koordination (PLS)
HIERARHIJSKI RASČLANJEN SISTEM SA DECENTRALNOM
REGULACIJOM I CENTRALNOM KOORDINACIJOM (PLS)

- Mnogo obuhvatnije snimanje pogonskih podataka svih vrsta (ulazne i izlazne vrijednosti, stanja sistema, svojstva proizvoda)
- Priprema pogonskih podataka sa tehničkog i pogonsko - ekonomskog stanovišta
- Spajanje toka informacija u jedan sistem vođenja procesa, u cilju optimiranja cjelokupnog procesa. To znači koordinacija djelova procesa prema jednoj sveukupnoj strategiji

PREDUVJETI ZA UŠTEDE U INDUSTRIJI
IVERNIH PLOČA

Slika br. 7

Slika br. 8



- Kontrolirati granične vrijednosti
- Protokolirati stvarne vrijednosti
- Registrirati utrošene vrijednosti
- Memorirati regulacione vrijednosti, recept, programe
- Provesti obračune utroška i pogonskih troškova
- Rukovodeće informacije (statistike, trendovi)

OBUHVAĆANJE I OBRADA POGONSKIH PODATAKA
--

Slika br. 9

Sistematsko obuhvaćanje i vrednovanje pogonskih podataka omogućava:

- Snimanje troškova zastoja u proizvodnji
- Smanjenje troškova održavanja
- Bolje planiranje intervala za održavanje
 to znači manje "vatrogasnih intervencija"
- Bolje planiranje zaliha rezervnih dijelova
- Povećanje raspoloživosti postrojenja
- Produženje vijeka trajanja postrojenja
- Bolje planiranje povoljnog trenutka investiranja

MOGUĆNOSTI UŠTEDA NA PODRUČJU RUKOVANJA I ODRŽAVANJA

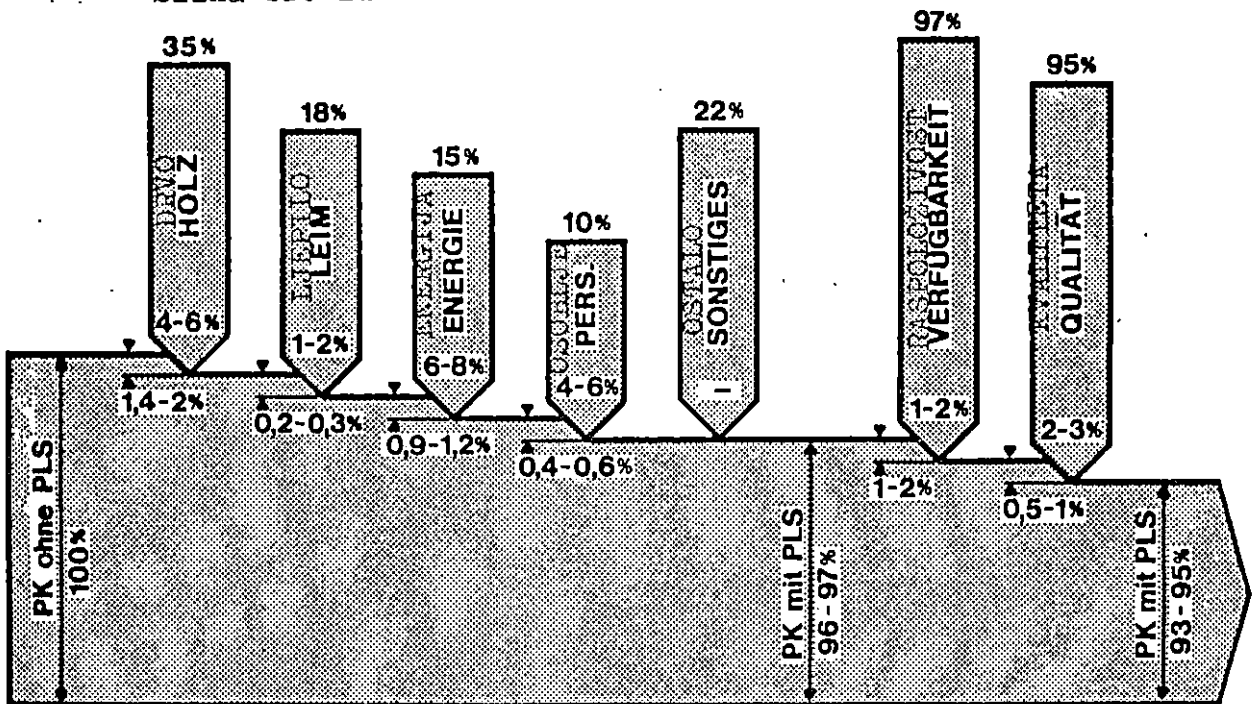
Slika br. 10

- Minimalan utrošak energije
- Minimalni troškovi proizvodnje
- Optimalna kvaliteta
- Maksimalna količina proizvodnje

STRATEGIJA OPTIMIRANJA

Slika br. 11

Slika br. 12



REDUCIRANJE TROŠKOVA PROIZVODNJE /PK/ KROZ KORIŠTENJE SISTEMA PROCESNOG VODJENJA /PLS/

SCHENCK

Reduzierung der Produktionskosten (PK) durch den Einsatz eines Prozeß - Leitsystems (PLS)

KONTROLA IN OPTIMIRANJE PROIZVODNEGA PROCESA IZDELAVE IVERNIH PLOŠČ Z UPORABO RAČUNALNIKA

1. UVOD

Iverna plošča predstavlja danes nenadomestljivo vrsto materiala v proizvodnji pohištva. Čeprav se kaže trend v večji porabi masivnega lesa, ima iverna plošča še vedno primat. Njena uporabnost sega na ostala področja, tako n.pr. gradbeništvo, kjer predstavlja glavni delež porabe.

V bistvu je iverna plošča energetski izdelek, saj sta les in lepilo, ki predstavljata 80% vseh direktnih stroškov, dejansko energetski surovini. Poleg tega predstavlja vložena energija (električna in toplotna) nadaljnih 17% direktnih stroškov. Pomen energetike pa danes ni potrebno posebej poudarjati, saj se s tem problemom srečujemo v vsakdanjem življenju. Bolj razumljivo in stvarno sliko, kot relativna primerjava, nam dajejo absolutne številke. Tako nam samo enoodstotni prihranek na lesu in lepilu pri naši proizvodnji prinese preko 10 milijonov din. Iz teh številk se jasno vidi pomembnost detaljev v proizvodnji. Človek sam pa množico detaljev ni več sposoben obvladovati. Za to je potreben računalnik.

Pravzaprav je uporaba računalnikov v proizvodnji močno zastavljena. Če izvzamemo nabavo posameznih NC strojev, je širša uporaba računalnikov v proizvodnji redka. Vsekakor pa je močno zastavljena glede na uporabo računalnikov v poslovni informatiki. Skoraj pravilo je, da je prvi računalnik v vsaki firmi namenjen za poslovne namene. Tam pa je prihranek pičel, oziroma vsaj ne tolikšen, kot bi bil, če bi računalnik namenili proizvodnim potrebam, kjer se kažejo direktni prihranki.

2. SEDANJA KONTROLA PROIZVODNEGA PROCESA

Tehnološki proces izdelave ivernih plošč, ki ga tukaj ne bi opisoval, je sorazmerno zahteven. Njegovo detaljno obvladovanje je nujno potrebno, saj so posamezne faze delikatne tudi iz drugih vidikov (varnost) in ne samo iz vidika stroškov ali kvalitete. Tu ima zelo važno vlogo kontrola. Domala vsi jugoslovanski proizvajalci plošč kontrolirajo svoj proizvodni proces le na nekaterih mestih. Nekaj takih meritev je določeno s predpisi, ostale pa služijo kot vhodni podatki za nadaljni proces. Te meritve so:

- merjenje vlažnosti iverja
- laboratorijska kontrola lepilne mešanice in njenih komponent
- kontrola natrosa
- kontrola debelin
- kontrola mehanskih lastnosti plošč

Vse te kontrole se izvajajo kolikor toliko redno. Vendar pa prihaja zaradi tega, ker rezultati meritev redko odstopajo od normale pogostokrat pri delavcih do pomislekov^o smiselnosti take

kontrole. Tako se večkrat zgodi, da se katera kontrola ne izvede ali pa rezultati meritev nimajo realne vrednosti. Druga značilnost takih meritev je v tem, da le-te predstavljajo le presek stanja v določenem trenutku. Glede na to, da se razmere v proizvodnem procesu zaradi vhodnih vplivov neprestano spreminjajo, nam tak podatek ne pove veliko, saj se med eno in drugo meritvijo zgodi lahko marsikaj.

Prav zaradi diskontinuiranega načina merjenja se pogosto zgodi, da se kontrola posamezne količine izvede šele po odkritju neke napake v proizvodnji. To pa je že prepozno za preprečitev nastale škode. Rezultat je običajno slaba kvaliteta ali pa izguba na kapaciteti.

Omenjene vrste kontrole so premalo za uspešno nadzorovanje procesa. Dati nam morajo optimalno kvaliteto. Veliko je še faz, kjer ne moremo direktno meriti lastnosti vmesnih produktov. Ena od zelo pomembnih faz je priprava iverja, kjernimamo še izdelane metode in niti ne točnih meril za definiranje kvalitete iverja. Vemo, da je priprava iverja ena od zelo važnih faz, saj se nam napake narejene v tej fazi kasneje multiplicirajo in rušijo ravnotežje vzdolž celotnega tehnološkega procesa.

Prav tako ni ekzaktnih metode za merjenje olepljenosti iverja. Kvaliteto obdelave nam garantira samo ekzaktnost doziranja komponent olepljanja in točna nastavitve strojev. Vendar pa hitrega industrijskega izkazovanja kvalitete olepljanja ni. Ne dovolj točno in neživljensko, posebej pa premalo prirejeno tržišču je kontroliranje in sortiranje gotovih brušenih plošč. Močno je tu prisoten faktor subjektivnosti tako, da se ne kažejo razlike samo med posameznimi proizvajalci, pač pa tudi znotraj ene tovarne.

Nadalje je oteženo, ponekod tudi nemogoče izvajati kontrolo na vseh tistih mestih, ki nam lahko omogočijo selektivno vezanje OD delavca na kvaliteto izdelka, prihranek materialov in povečanje produktivnosti.

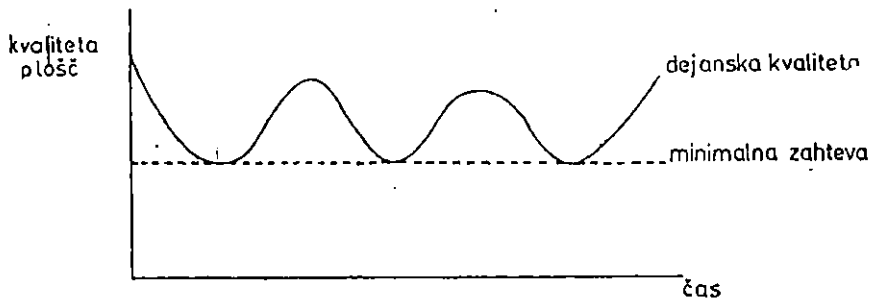
3. RAČUNALNIŠKA KONTROLA PROCESA

O nujnosti uporabe računalnikov v proizvodnji ni treba posebej razpravljati. Tudi proizvodnja ivernih plošč zahteva njihovo uvajanje. Razloge za to smo navedli že v uvodu. To so namreč prihranki in konstantna kvaliteta. Posebno interesantno pa je videti, kje so skriti ti prihranki, ki jih z računalnikom lahko dosežemo.

Ključ je v prilagodljivosti razmeram v procesu in v hitrosti obdelave. Les, kot osnovni material za iverno ploščo, je zelo nehomogena tvarina. Ne razlikuje se samo po drevesnih vrstah, pač pa obstajajo tudi razlike znotraj same vrste. Te pogojujejo različni dejavniki kot podnebje, rastišče ipd. Ker uporablja proizvodnja ivernih plošč predvsem manjvreden les pomeni, da pride na naša skladišča zelo veliko število različnih drevesnih vrst. To dejstvo je več kot običajno, saj ga pogojujejo tudi

drugi dejavniki kot n.pr. pomanjkanje lesne surovine pri nas nasploh. Zaradi tega je marsikdo prisiljen vzeti kakršenkoli les. Obenem je pomembno še to, da ta množica drevesnih vrst prispe na skladišče tudi v obliki različnih sortimentov, ki s tehnološkega stališča predstavljajo dodaten problem.

Iz te množice vhodnih spremenljivk je potrebno že na začetku tehnološkega procesa napraviti enoten in homogen materialni tok, ki nam bo baza za kasnejšo konstantno kvaliteto. Tako stanje pa zelo težko dosežemo in moramo računati že na začetku z nihanjem v pogledu konstantnosti materiala. Potrebno se je torej prilagajati tem nihanjem, kar človek sam ni zmožen. Današnja slika je torej takšna, da so vhodna nihanja prisotna, ta pa prispevajo svoj delež tudi ostalim dejavnikom v procesu (sušenje, olepljanje, natresanje, stiskanje) tako, da se kvaliteta ivernih plošč časovno spreminja. Grobo ponazoritev nam kaže slika 1.

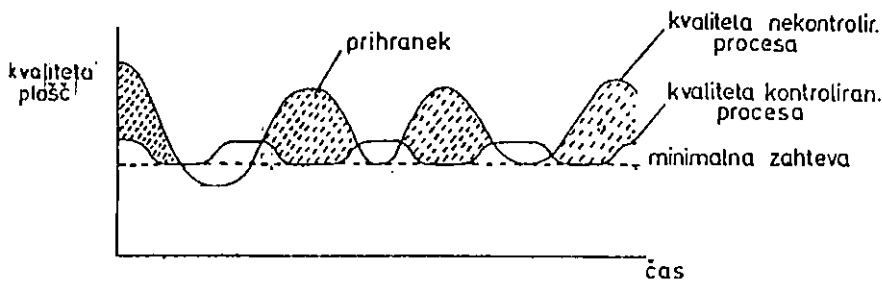


slika št. 1

Pod pojmom kvalitete mislim tu kvaliteto plošč v vseh ozirih. Vsako nihanje kvalitete pa je s stališča kupca nesprijemljivo. Še posebej ni sprejemljivo padanje kvalitete pod neko minimalno mejo. Kvaliteta mora biti torej nad to mejo. S kontrolo procesa in končno kontrolo se torej trudimo, da obdržimo kvaliteto nad minimumom. Toda kaj storiti, ko pade kvaliteta pod minimum? V praksi se to običajno rešuje s pribitkom obeh osnovnih materialov. Doziramo torej več lesa in več lepila. Ta rešitev je hitra in ne zahteva posebne angažiranosti delavcev. Ni pa tudi poceni. Proizvajalec mora ponuditi tržišču vsaj minimalno kvaliteto. Če ponudi predbro ploščo gre v lastno škodo. Iz slike 1 lahko razberemo, da predstavlja plošča med premico in krivuljo nekakšno odvečno kvaliteto, ki nas drago stane. Strokovnjaki

ugotavljajo, da imamo danes v proizvodnji 8-10% rezerve ravno zaradi tega.

Potrebno je torej izdelovati plošče s konstantno kvaliteto. To dosežemo z računalniško kontrolo procesa na ustreznih mestih. Računalnik je izredno hiter in zaradi tega zmožen izvajati kompleksne obdelave, kar pomeni, da lahko po naprej postavljenem algoritmu upošteva poljubno število spremenljivk in poišče optimalno rešitev ali pa bolj nazorno prikaže stanje v procesu. Tako lahko bolj elastično sledimo spremenljivim pogojem na vходу in se jim kasneje prilagajamo. To pa pomeni, da vedno dosegamo absolutni nivo kvalitete oziroma manjše nihanje kvalitete z dosti manjšimi amplitudami. To nam prikazuje slika 2.



slika št.2

Iz slike lahko tudi vidimo, da predstavlja ploščina med obema krivuljama isti prihranek in rezervo o kateri je bilo prej govora. Ne dobimo pa samo prihranek temveč tudi konstantno kvaliteto, ki jo imamo popolnoma pod kontrolo in se z njo lahko nenehno in hitro prilagajamo razmeram na tržišču.

3.1. SISTEMI IZGRADNJE RAČUNALNIŠKE KONTROLE PROCESA

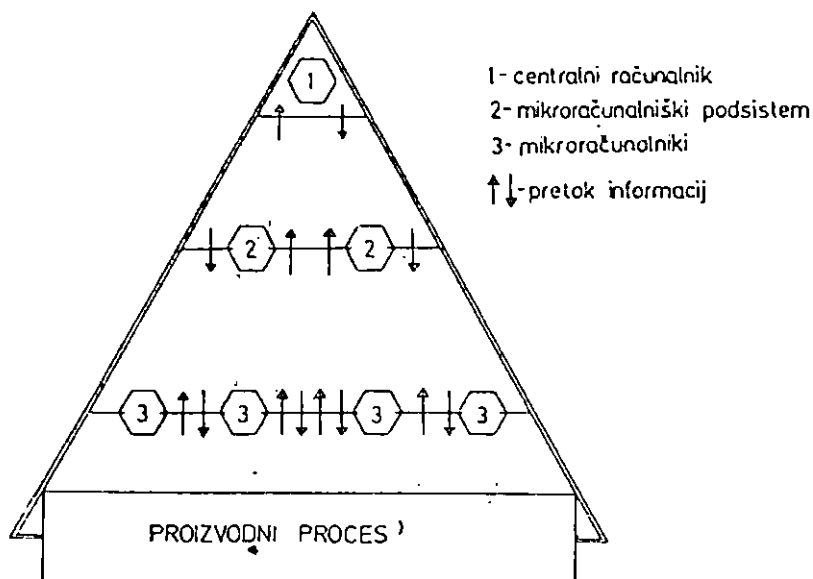
Ker je proizvodnja ivernih plošč procesnega značaja, jo lahko primerjamo z ostalimi proizvodnjami takega tipa. Ugotovitve pri njih veljajo tudi za nas iveraše. Opaziti je, da sta se v tej smeri razvila dva sistema kontrole. Prvi je sistem lokalnega procesiranja in kontrole, ki ga lahko imenujemo sistem "črnih škafel". V glavnem so to produkti proizvajalcev strojne opreme in so bolj splošno uporabni. Take sisteme, ki obdelujejo posebnosti naše proizvodnje pa je mogoče nabaviti le na tujem.

Tak sistem nam da celo hitro pričakovane rezultate ob sorazmerno majhnih vlaganjih. Primer takega sistema je Sistem za izravnavo energetskega konic. Podobno je možno rešiti probleme sušenja, olepljanja itd. Osnovna značilnost takih sistemov je, da so zaprti in jih praktično sami ne moremo spreminjati ali dopolnjevati. Otežena je tudi povezava več takih sistemov v enotno funkcionalno celoto.

Pri tem načinu gradimo sistem računalniške kontrole od spodaj navzgor, drugi način je izgradnja sistema od zgoraj navzdol. Tu namreč težimo k hierarhični organiziranosti računalnikov. Pričnemo s postavitvijo glavnega računalnika na vrhu piramide. Njemu pa kasneje podredimo manjše mikror računalniške enote in v kolikor nam narekuje proizvodni proces podredimo le-tem mikror računalnike za izvajanje primitivnih funkcij.

Vsak od teh računalnikov ima točno določeno nalogo, ki se od najnižjega do najvišjega računalnika razlikuje po obsegu tako, da je najnižji računalnik usposobljen le za eno ali dve nalogi. Njegova odlika je zaradi tega hitrost. Svojemu nadrejenemu računalniku pošilja željene podatke in posega direktno v proces. Računalniki, ki se nahajajo višje na hierarhični lestvici imajo že večji obseg nalog tako, da glavni računalnik običajno služi kot shranjevalec podatkov in izvajalec časovno manj zahtevnih aplikacij.

Shematični prikaz hierarhične organiziranosti računalnikov nam kaže slika 3.



slika št 3

Osnova takega sistema izgradnje računalniške kontrole proizvodnega procesa zajema že v začetku vse končne možnosti, potrebno dograjevanje in merjenje. Sistem je odprt in ga glede na tehnološko znanje in finančne možnosti dograjujemo.

Tak sistem seveda zahteva večja začetna vlaganja, ki pa so kasneje občutno manjša. V tak sistem je mogoče iti le z jasnimi cilji o bodočem lastnem razvoju. Točno moramo namreč vedeti kaj želimo v končni fazi, kar pomeni, da moramo biti kreatorji sistema in nosilci razvoja na tem področju sami. Tak sistem kontrole je možno dograjevati tako v širino z vključevanjem novih tehnoloških področij kot v globino z večanjem hierarhične piramide računalnikov. V tej smeri je lahko končna faza mikro-računalniško vodenje posameznega stroja, ki nam zaradi svoje velike vrednosti ali pomembnosti predstavlja življenjsko važno točko proizvodnega procesa. Podatki take kontrole so zanimivi predvsem iz stališča vzdrževanja strojev, kjer se pojavljajo kritične temperature, velike vibracije, veliki tokovi ipd.

Ne glede na način izgradnje računalniške kontrole proizvodnega procesa ne smemo pozabiti še na eno pomembno dejstvo. Za računalniško kontrolo in vpdenje je potrebna predvsem nova kvaliteta podatkov. Merilci posredujejo podatke morajo biti pretočni, sorazmerno natančni in imeti morajo standardne izhode. V proizvodnji ivernih plošč so to v glavnem posebni merilci, ki so razmeroma dragi, saj jih na domačem tržišču ni. Pogostokrat jih tudi ne moremo nabaviti ločeno pač pa samo skupaj s pripadajočo elektroniko in računalniško obdelavo.

Moderne procesne kontrole obdelujejo danes že naslednja tehnološka področja:

- pretočno merjenje vlage iverja
- procesna kontrola sušenja iverja
- kontrola doziranja lepilne mešanice in komponent lepila ter obdelava rezultatov
- pretočna kontrola natrosa z izotopi
- procesiranje stiskalnice
- kontaktno in brezkontaktno merjenje debelin

Poleg teh specializiranih meritev se v naši proizvodnji lahko uporabi vse merilne metode in instrumente iz ostalih procesnih industrij, kot so:

- merjenje masnega pretoka
- izravnava energetskih konic
- merjenje pretoka plina in kapljev in

4. OPTIMIRANJE PROIZVODNJE IVERNIH PLOŠČ

Končni cilj uvajanja računalnikov v proizvodnjo vsekakor ni sama kontrola. To je le etapa do končne faze, ki predstavlja računalniško krmiljenje v smislu optimizacije porabe materialov, energije in dosedanje optimalne kvalitete. Do te končne faze pridemo postopoma, ko na osnovi kontrole procesa zberemo dovolj podatkov za pripravo algoritma, ki bo upošteval vsa možna stanja vplivnih faktorjev, izbral optimalno rešitev in jo posredoval v proces. Tako stanje imenujemo krmiljenje z zaprto zanko in deluje brez posredovanja človeka. Človek v tem primeru ne posreduje in ima vlogo opazovalca. Tako krmiljenje je možno,

ko smo že popolnoma obvladali celoten proces in predvideli vse možne variante. Eno stopnjo nazaj pa je krmiljenje z odprto zanko, kjer računalnik na osnovi dobljenih podatkov iz procesa izračuna najbolj optimalno rešitev in jo posreduje človeku kot možno varianto. Človek pa potem zavestno sproži proces dalje tako, da upošteva predlagano rešitev računalnika ali pa tudi ne. Ta način krmiljenja se uporablja običajno takrat, ko šele iščemo končno rešitev za avtomatsko krmiljenje, se pravi krmiljenje z zaprto zanko. V nekaterih procesih pa je krmiljenje na ta način najbolj smiselno.

Učinkovito procesno vodenje je možno uspešno izvesti, če imamo zgrajen celoten hierarhičen način kontrole procesa. Za krmiljenje z zaprto zanko je to pravzaprav pogoj. To potrjujejo vhodne informacije po vertikali od enega nivoja računalnikov do drugega, izhodne informacije pa potujejo v obratni smeri. Vsak nivo ima točno določene kompetence odločanja oziroma zahtevo za ločeno vrsto informacij.

4.1. OPTIMIRANJE PROCESA PO TEHNOLOŠKIH FAZAH

4.1.1. PRIPRAVA IVERI

V tej fazi se pričakuje naslednje direktne prihranke:

- zmanjšanje porabe rezil
- zmanjšanje porabe električne energije
- izboljšanje kvalitete iverja

Poleg tega se doseže tudi direktni prihranek zaradi:

- možnosti uvedbe stimulativnega načina nagrajevanja
- boljše izkoriščenosti strojev
- boljšega vzdrževanja strojev

Za dosego teh efektov je potrebno meriti naslednje količine:

- obremenitev pogonskih motorjev iverilnikov
- obremenitev ostalih porabnikov električne energije
- količino izdelanega iverja
- stanje obratovanja oz. mirovanja strojev
- vlažnost iverja

4.1.2. SUŠENJE IVERI

Eden od največjih prihrankov je možen prav v tej fazi. Poleg kontrole in vodenja je potrebno tu izvesti določene strojne predelave na samih sušilnikih. Na ta način je mogoče prihraniti do 12% goriva. Gorivo je sicer edini direktni prihranek v tej fazi, indirektni pa je tudi v konstantni vlažnosti iverja, kar nam daje večjo garancijo za boljše delo v naslednjih fazah.

Ker pa je sušilnik iverja mesto s stalno potencialno nevarnostjo za nastanek požara, dosežemo velik prihranek tudi s preventivnim preprečevanjem požarov na teh strojih.

Potrebne meritve so naslednje:

- vstopna in izstopna vlažnost iverja
- vstopna in izstopna temperatura sušilnika
- vsebnost O₂ in CO v izstopnih plinih
- masni pretoki iverja
- kalorična vrednost goriva
- zunanji klimatski pogoji

4.1.3. OLEPLJANJE IVERI

Ta del tehnološkega procesa je pri novejših postrojenjih že obdelan po sistemu lokalnega procesiranja. To je razumljivo, saj so prihranki v tej fazi največji. Posebej interesantno pa je to za proizvajalce plošč, ki obnavljajo to tehnološko fazo. Tu se lahko namreč ogromno prihrani na opremi in na programskem delu procesiranja. Poleg prihranka na lepilu je tu izredno pomembno, da lahko v tej fazi zelo veliko naredimo za doseganje konstantne kvalitete plošč.

Potrebne meritve so tu naslednje:

- stanje in količina doziranja posameznih komponent lepila
- količina doziranja iverja
- poraba lepilne mešanice
- obremenitev olepljevalnikov

4.1.4. NATRESANJE POGAČE

Z merilci na bazi izotopov, ki danes za te svrhe že obstajajo, se meri kvaliteta natresa v prečni smeri. Prečni profil se nam prikaže na monitorju. Spremljamo ga kontinuirano in lahko hitro ukrepamo ali pa ugotavljamo rezultate ukrepov. Enakomeren natres nam direktno prinese prihranek na osnovnem materialu iverne plošče - lesu.

Uspešno se tudi izognemo tujkom v pogači, ki eventuelno poškodujejo stiskalnico.

4.1.5. STISKANJE PLOŠČ

Vodenje stiskalnice predstavlja v glavnem optimiranje posameznih faz njenega delovanja. V končni fazi nam to prinese skrajšanje stranskih časov in večjo kapaciteto stiskalnice. Z merjenjem posameznih pogač pred stiskanjem pa efektno preprečujemo izmet, ki se pojavi na stiskalnici.

Pri stiskanju je tudi potrebno vgraditi pretočni merilec debelin ki nam daje podatke za regulacijo stiskalnice in korekcijo natresa.

Tudi pri stiskanju je največji prihranek na lesu, saj ob uspešnem obvladobanju surovih debelin, znižujemo potrebno nadmero na najnižjo možno mero, kar pa je čisti prihranek na lesu in v kasnejših fazah obdelave (brušenje), znižanje deleža plošč nižjih kvalitetnih razredov.

4.1.6. Tudi brusilka je velik porabnik električne energije in zaradi tega interesantna za kontrolo in optimiranje porabe elektrike. Tudi kontrola debelin je primerna za to fazo procesa. Posebno interesantno področje pa predstavlja sortiranje plošč v kvalitetne razrede, kjer bi bilo nujno potrebno odpraviti faktor subjektivnosti. Ta del rešitev pa žal ni tako blizu.

4.1.7. CELOTEN PROCES

Našteli smo prihranke, ki jih je možno realizirati v posameznih fazah. Veliko prihrankov, ki jih ne moremo ovrednotiti po posameznih fazah, pa se nam pokaže le, če gledamo proizvodni proces kot celoto. Ti prihranki oziroma prednosti so:

- kontrola celotnega procesa iz enega ali več mest
- zbiranje podatkov na enem mestu, pregled pa na več mestih
- možnost uporabe podatkov za različne analize, statistične obdelave ipd. brez ročnega vnašanja podatkov.
- zelo velika sigurnost točnosti podatkov

5. REALIZACIJA PROCESNE KONTROLE IN VODENJA V TOVARNI IVERNIH PLOŠČ MEBLO V NOVI GORICI

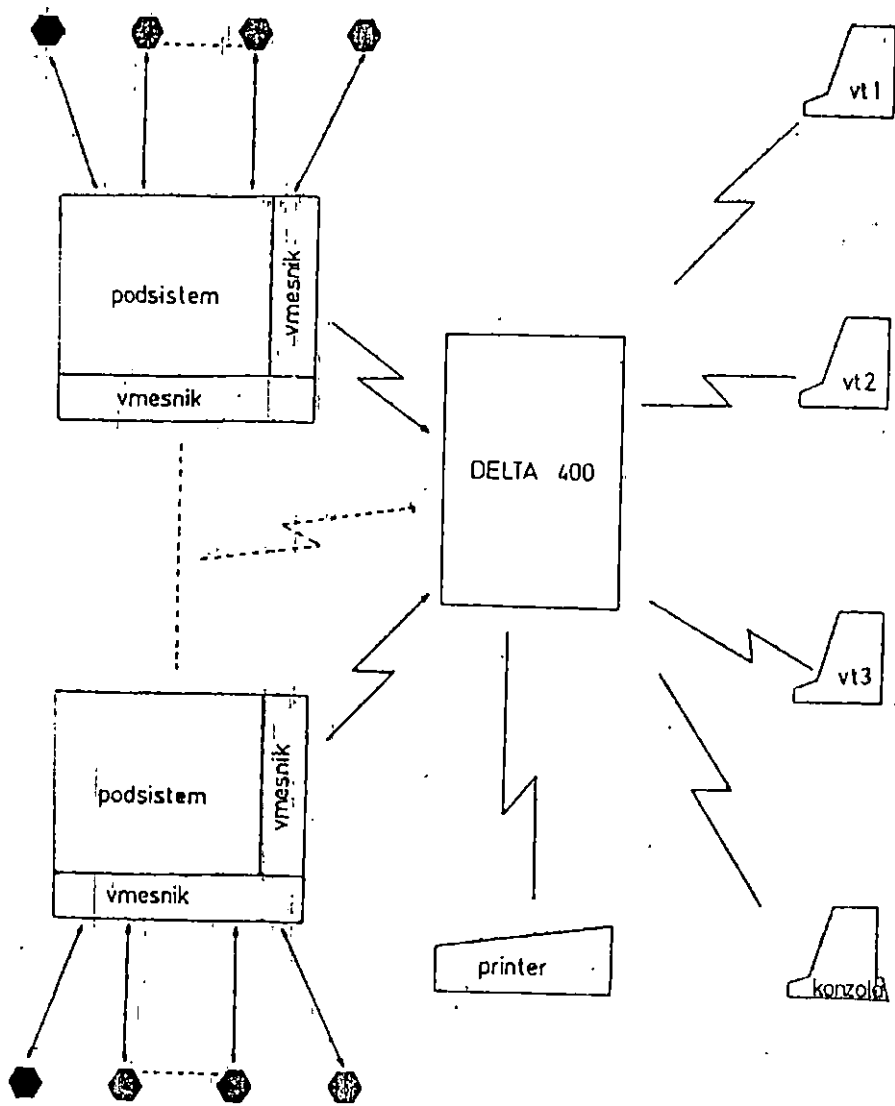
V naši tovarni ivernih plošč smo se odločili za hierarhični način izgradnje sistema vodenja. Za začetek smo postavili sledečo strukturo računalnikov:

Osnovni računalnik je računalnik DELTA 400 s centralnim pomnilnikom 256 KB, diskovno pomnilno enoto kapacitete 160 MB in magnetno tračno enoto. Temu računalniku sta podrejena dva mikro-računalniška podsistema za zbiranje signalov in pošiljanje letih računalniku DELTA.

Programska oprema se sestoji iz operacijskega sistema za računalnik DELTA in za mikroročunalniški podsistem, pomožnih programov, aplikativnih programov in programskega paketa SCADA za zbiranje in prikazovanje tehnoloških podatkov.

Shema sistema nam prikazuje slika 4.

Zastavili smo si fazni način dograjevanja sistema procesnega vodenja. Trenutno smo realizirali prvo fazo. Ta zajema instalacijo strojne in programske opreme, zajemanje in obdelavo meritev iz proizvodnje, kjer so merilci že instalirani.



⬡ - merilna mesta

slika št 4

Aplikativni del je vezan na obstoječe meritve in zajema trajanje obratovanja posameznih važnih strojev, meritve izdelanih plošč in meritve porabe tako lesne mase kot lepilne mešanice. Ti podatki so združeni v izmenska, dnevna in mesečna poročila. Izvedena je tudi majhna aplikacija na sušilniku v smislu preprečevanja požara in ugotavljanja njegovega vzroka.

V detaljno opisovanje sistema se ne bi spuščal, saj bo to predmet posebne predstavitve sistema, ki bo v kratkem v delovni organizaciji MEBLO.

Dipl.ing.Ivan Lipovec