

Oslobođanje formaldehida iz neoplemenjenih i oplemenjenih iverica

EMISSION OF FORMALDEHYDE FROM UNIMPROVED AND IMPROVED PARTICLE BOARDS

Mr **Mladen Komac**,
RO »ŠAVRIĆ« — Zagreb

UDK 630*862.2:630*824.8

Marina Tatalović, dipl. ing.
Prof. dr **Vladimir Bruči**,
Šumarski fakultet Zagreb

Primljeno: 27. ožujka 1986.
Prihvaćeno: 29. travnja 1986.

Znanstveni rad

Sažetak

U ovom radu razmatra se problematika oslobođanja slobodnog formaldehida iz neoplemenjenih i oplemenjenih iverica s najčešće primjenjivanim materijalima u industriji namještaja. Analizira se utjecaj različitih metoda za određivanje slobodnog formaldehida, te način oplemenjivanja radi smanjivanja emisije formaldehida iz iverica.

Ključne riječi: slobodni formaldehid — emisijske klase — perforatorska metoda — difuzijska metoda.

Summary

In this paper free formaldehyde emission from unimproved and improved particle boards with materials most frequently applied in furniture industry is considered.

The effect of various methods for determining free formaldehyde and the way of improvement to decrease the emission of formaldehyde from particle boards are analysed.

Key words: free formaldehyde — emission classes — perforation method — diffusion method

1. UVOD

S obzirom na količinu formaldehida koja se naknadno oslobađa iz iverice, ploče se razvrstavaju u emisijske klase E1, E2 i E3. Budući da formaldehid djeluje štetno na ljudski organizam, važno je smanjiti količinu formaldehida koji se oslobađa iz iverica. Emisija formaldehida iz ploča može se smanjiti na razne načine. Pri razmatranju ovog problema treba imati u vidu posebno oslobođanje formaldehida iz iverice kao nosača, a posebno iz materijala koji se nanose na ivericu u toku oplemenjivanja.

U okviru ovog rada analizirana je količina formaldehida koji se oslobađa iz neoplemenjenih i oplemenjenih iverica da bi se utvrdio udio oslobođenog formaldehida po »porijeklu« i zatim nastavilo s istraživanjima faktora koji najviše doprinose oslobođanju formaldehida iz gotovih ploča. U tablici I. date su perforatorske i emisijske vrijednosti za emisijske klase iverica.

1.1. Prikaz problematike i rezultati nekih ranijih istraživanja

Svjetska nastojanja da se minimiziraju utjecaji štetnih materijala koji opterećuju okolinu u ko-

PERFORATORSKE I EMISIJSKE VRIJEDNOSTI EMISIJSKIH KLASA IVERICA (GRANIČNE VRIJEDNOSTI PREMA DIN EN 120 [14])

PERFORATION AND EMISSION VALUES OF PARTICLE BOARD EMISSION CLASSES (LIMIT VALUES PER DIN EN 120 [14])

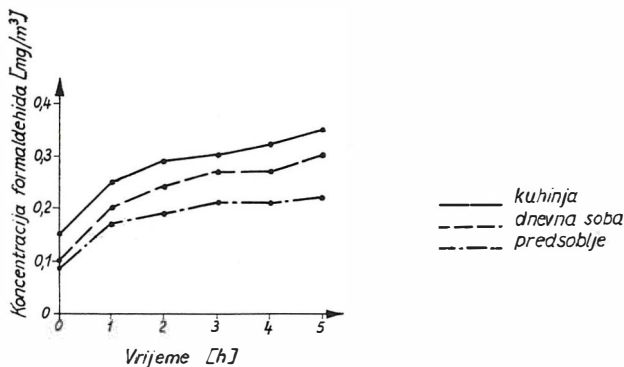
Tablica I

Table I

Emisijske klase	Emisijska vrijednost u ppm HCHO	Perforatorska vrijednost u mg HCHO/100 g aps. suhe ploče
E1	≤ 0,1	≤ 10
E2	0,1 do 1,0	10 do 30
E3	1,0 do 2,3	30 do 60

joj živimo i radimo odnose se i na formaldehid, toksični plin koji u većim koncentracijama izaziva niz smetnji i poremećaja u ljudskom organizmu. Drvna industrija razvila je veliki broj važnih sirovina na bazi karbamid formaldehidne smole i sada se nalazi pred situacijom ispitivanja opterećenosti okoline tim materijalom.

Institut za opću higijenu Medicinske Akademije Erfurt [10] vršio je mjerenje količine slobodnog formaldehida u zatvorenoj prostoriji, u novogradnji opremljenoj s namještajem od iverice, nakon što je preko noći prozor bio otvoren. Slika 1. pokazuje



Sl. 1. Koncentracija formaldehida u novoizgrađenom stanu s namještajem od iverica u ovisnosti o vremenu. Prozori su preko noći bili otvoreni, a zatvoreni su neposredno prije početka ispitivanja. [10]

Fig. 1 — Formaldehyde concentration in a new flat with particle boards furniture, depending on time. The windows were open at night and closed just before starting the tests. [10]

da koncentracija formaldehida u zatvorenom prostoru, za nekoliko sati, može narasti preko vrijednosti 0,10 mg/m³.

Koncentracija plina na jedinicu volumena izražava se kao 1 ppm (lat. pars pro milione, 1 ppm = 1 ml plina formaldehida na 1 m³ zraka = 1,2 mg plina formaldehida na 1 m³ zraka)

Za informaciju o štetnosti formaldehida daju se dozvoljene vrijednosti koncentracije toga plina u okolini u kojoj čovjek živi:

— MAK (»Maximale Arbeitsplatzkonzentration«). Pod MAK vrijednošću podrazumijeva se maksimalna koncentracija jedne štetne tvari na radnom mjestu koja je podnošljiva bez vidljivih oštećenja za ljudski organizam, koji joj je izvrnut dnevno kroz vrijeme od osam radnih sati, tjednima, mjesecima i godinama. U Saveznoj Republici Njemačkoj ta je koncentracija dozvoljena do 0,1 ppm (= 0,12 mg/m³). U Njemačkoj Demokratskoj Republici preporuča se do 0,10 mg/m³.

— MIK_d (»Maximale Immisions — Konzentration«) je maksimalna koncentracija imisije neke štetne tvari u zraku koju čovjek i životinje bez naročite opasnosti mogu trajno podnašati. U DDR ta vrijednost je dozvoljena do 0,012 mg/m³.

— MIK_t (»Maximale Imissions — Konzentration«) je koncentracija imisije formaldehida koja se može podnositi 30 minuta unutar perioda od 4 sata. Dozvoljene koncentracije različite su u pojedinim zemljama i uvijek su veće od MIK_d. [15]

1.1.1. Oslobođanje formaldehida iz iverica

Iz iverice izrađene karbamid-formaldehidnim (KF) ljepilom oslobađaju se, već prema temperaturi i vlazi zraka, veće ili manje količine formaldehida. KF ljepilo nastaje reakcijom polikondenzacije formaldehida i karbamida u određenim omjerima uz izdvajanje vode. U vodenoj koloidnoj otopini KF ljepila pojavljuje se formaldehid u obliku metilenskog (—CH₂—), eterskog (—CH₂—O—

—CH₂—) i metilolnog (—CH₂OH) formaldehida, te kao nevezani ili slobodni formaldehid. Pri nastanku trodimenzionalne građe, tj. kod prijelaza ljepila iz tekućeg u kruto agregatno stanje, oslobađa se formaldehid zbog kemijskih reakcija [7]. Nakon što je ploča izrađena, slobodni formaldehid ne prestaje izlaziti, već nastavlja izlaziti u početku u većim količinama, a kasnije se ta količina smanjuje.

Razvoj KF smola s niskim udjelom formaldehida potaknut je zahtjevima proizvođača iverica za što je moguće nižom emisijom formaldehida pri samom procesu proizvodnje kao i tokom odležavanja. Međutim, smole s niskim udjelom formaldehida u osnovi su manje stabilne, manje reaktivne i manje topljive u vodi. Zbog smanjenog potencijala umrežavanja, moguće je da dođe do slabljenja mehaničkih svojstava ploča [8].

Oslobođanje formaldehida iz djelomično neoplemenjenih, te potpuno oplemenjenih elemenata za namještaj ili građevinarstvo kompleksno je zbiivanje koje ovisi o ukupnoj veličini pojedinih faktora. Od odlučujućeg je značenja emisija formaldehida koju emitiraju glavne i pomoćne sirovine. Stvarna emisija formaldehida uglavnom je manja od sume emisija pojedinačnih faktora:

$$C_{BT} < C_T + C_{BK} + C_{SK} + C_B + C_S + C_L$$

C_{BT} = stvarna emisija iz uzorka

C = potencijalna emisija formaldehida nosača materijala (T), ljepila za površinsko lijepljenje (BK), ljepila za lijepljenje bočnih stranica (SK), materijala: za površinsko oplemenjivanje (B), za oplemenjivanje bočnih stranica (S) i lakiranje (L).

Izlaženje formaldehida iz ploče može se opisati kao difuzija. O njoj ovisi vrijednost dn/dt (ukupno oslobođeni formaldehid po jedinici vremena [11]). Također ta vrijednost ovisi o površini kojom formaldehid difundira i zračnosti prostorije.

Poroznost srednjeg sloja višeslojne iverice pruža manji otpor difuziji od površinskih slojeva. Iz toga proizlazi da se iz površinskih i bočnih dijelova ploče po jedinici vremena i površine oslobađa različita količina formaldehida:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{dn_B}{dt} + \frac{dn_S}{dt}$$

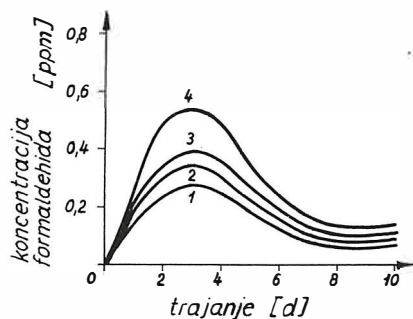
dn/dt = ukupno po jedinici vremena oslobođeni formaldehid,

dn_B/dt ; dn_S/dt = ukupno po jedinici vremena oslobođeni formaldehid iz površinskih odnosno bočnih stranica ploča.

Za bočne stranice ispitivanih ploča navode neki autori [11] 3,5 — 5-erostruko veće vrijednosti oslobođanja formaldehida u odnosu na površinu.

Navodi se da se oslobođanje formaldehida kod ploča može bitno smanjiti pažljivim zatvaranjem bočnih površina tankim slojevima velikog specifičnog otpora, koji ne posjeduju formaldehid. Ostali utjecaji na oslobođanje formaldehida su konstrukcijski, kao npr. izbušene rupe, utori, udubljenja i drugo. Kroz oštećeni sloj površine dospijeva formaldehid lakše u okolinu elemenata.

Rezultati izvršenih ispitivanja utjecaja različitih načina oplemenjivanja na oslobođanje formaldehida provedenih 1985. godine u DDR-u [11] prikazani su na slikama 2, 3 i 4. Metoda koju su autori koristili za ispitivanje razvijena je po uzoru na WKI-metodu (metoda nastala u »Wilhelm-Klauditz«, Institutu u Braunschweigu), a nazvana je HB-metoda (»Hermetikbehälter«) ili metoda zatvorene posude. Epruveta dimenzija 200 mm × 80 mm × d (d = debljina u mm) smještena je iznad destilirane vode u hermetički zatvorenoj posudi 20 sati kod konstantne temperature od 40⁰ C. Pri tome oslobođeni formaldehid upije voda koju nakon vađenja iz komore treba hladiti 30 min na 4—5⁰ C. U vodi nađena količina formaldehida određena je sulfinom metodom.

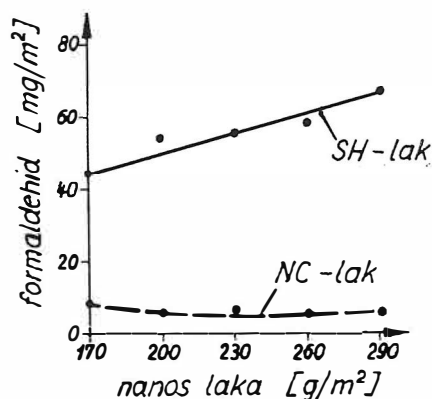


Sl. 2. Utjecaj različitih načina oplemenjivanja na oslobođanje formaldehida iz iverice emisijske klase E2. 2 i 4 oplemenjene iverice i neobložene bočne stranice [11] 1 i 3 oplemenjene iverice i obložene bočne stranice;

Fig. 2 — Effect of various improvement techniques on emission formaldehyde from particle boards emission class E2 1 and 3 improved particle boards and coated lateral sides 2 and 4 improved particle boards and uncoated lateral sides [11]

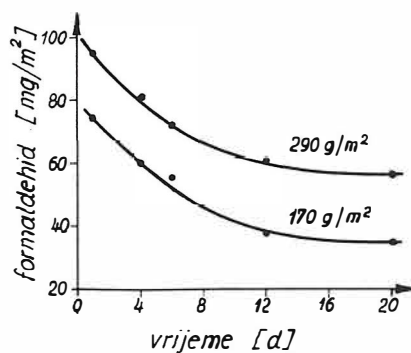
1.2. Odnos između perforatorske vrijednosti i vrijednosti koje se dobiju metodom WKI-24 sata i WKI-48 sati (difuzijska metoda)

Perforatorska metoda je danas najviše u upotrebi. U zadnje vrijeme je u nekim industrijskim pogonima isprobana upotrebljivost WKI metode, koja se odlikuje jednostavnošću u provedbi i malim troškovima aparature. Roffael i Mehlhorn [1] su utvrdili da između rezultata dobivenih perforatorskim postupkom i WKI metodom postoji dobra veza. U nastavku tih radova Roffael, Geubel i Mehlhorn [2] ispitali su vezu između obiju metoda i statistički je obradili. U industriji se teži za jednostavnom metodom koja ne zahtijeva posebno stručni kadar. U tu svrhu ispitali su [2] perforatorskom i WKI metodom više od 50



Sl. 3. Oslobođanje formaldehida (dobiveno HB metodom nakon 5 dana) za iverice oplemenjene hrastovim furnirom lakiranim SH i NC-lakom [11], SH-lak — kiselo otvrdnjujući dvokomponentni lak na bazi aminoplasta. NC-lak — nitro-celulozni lak.

Fig. 3 — Formaldehyde emission (obtained by HB method after 5 days) from a particle board improved with oak veneer varnished with SH and NC lacquer [11]. SH-varnish — hardening two-component acid aminoplast based varnish. NC-varnish — nitro-celulose varnish.



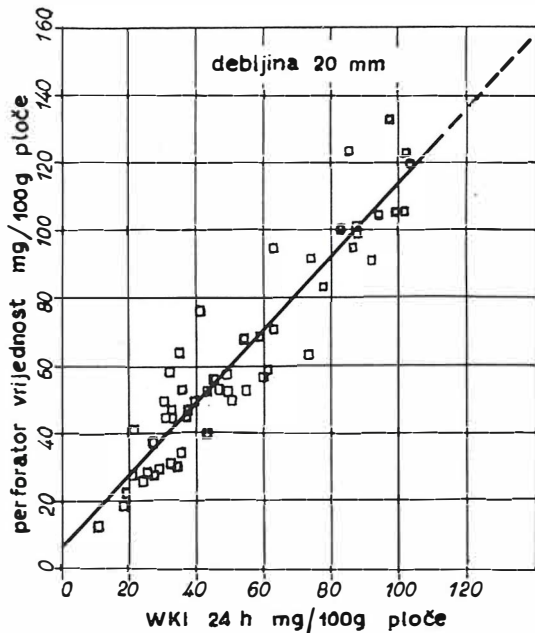
Sl. 4. Oslobođanje formaldehida iz iverice furnirane hrastovim furnirom i lakirane SH lakom [11].

Fig. 4 — Formaldehyde emission from particle board veneered with oak veneer and varnished with an Sh-varnish. [11]

laboratorijski izrađenih ploča u kojima se količina formaldehida nalazi u širokim granicama. Radilo se o troslojnim ivericama, debljine 20 mm, izrađenim od istovrsnog iverja. Na slici 5 prikazan je odnos između perforatorske vrijednosti i količine oslobođenog formaldehida određenog WKI metodom poslije 24 sata. Koeficijent korelacije iznosi 0,94, što ukazuje da postoji vrlo čvrsta veza između obiju metoda.

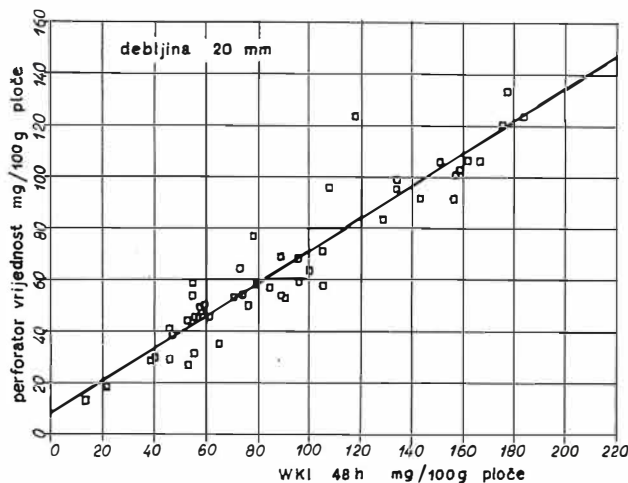
Pomoću pravca regresije može se izračunati da ploče koje, prema WKI, 24 sata ne pokazuju da se iz njih oslobađa formaldehid, imaju perforatorsku vrijednost 6,1 mg/100 g ploče.

Na slici 6 prikazan je regresioni pravac između perforatorske vrijednosti i vrijednosti WKI 48 sati, koeficijent korelacije iznosi 0,94. Važno je uočiti da je taj pravac manjeg nagiba od onoga na slici 5. To znači da vrijednosti dobivene WKI metodom 48 sati daju preciznije informacije o količini oslobođenog formaldehida nego vrijednosti WKI-24 sata.



Sl. 5. Odnos između perforatorske i WKI-vrijednosti 24 sata za 20 mm debele iverice izrađene u laboratoriju. [2]

Fig. 5 — Relation between perforation and WKI-value during 24 hours for 20 mm thick laboratory made particle boards. [2]



Sl. 6. Odnos između perforatorske vrijednosti i vrijednosti WKI- 48 sati za 20 mm debele iverice izrađene u laboratoriju. [2]

Fig. 6 — Relation between perforation value and the WKI-value during 48 hours for 20 mm thick laboratory made particle boards. [2]

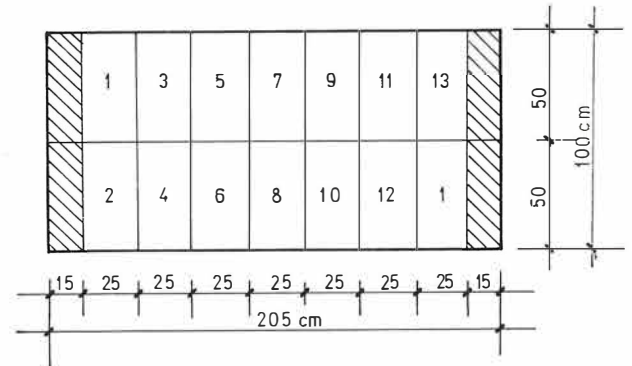
2. ZADATAK

Analizirajući dosadašnja istraživanja stranih autora na području oslobođanja formaldehida iz ploča, ukazala se potreba izvršiti analizu domaćih proizvedenih ploča s različitim varijantama oplemenjivanja. Zadatak ovog rada je odrediti količinu naknadno oslobođenog formaldehida iz troslojnih i okal-ploča iverica, oplemenjenih uobičajenim postupcima u proizvodnji namještaja, pomoću perforatorske i difuzijske metode, kao prilog prijed-

logu JUS-a za standardiziranje metoda kao određivajna slobodnog formaldehida u pločama.

3. METODE RADA

Za ispitivanje služile su neoplemenjene (kontrolna ploča broj 1) i oplemenjene troslojne ploče iverice debljine 18 mm, izrađene prema skici (sl. 7). Ispitivanja na punoj okal ploči debljine 18 mm obavljena su u istom opsegu kao i kod troslojnih neoplemenjenih uzoraka ploča iverica.



Sl. 7. Skica izrade uzoraka za oplemenjivanje.

Fig. 7 — Draft showing sample making for improvement

Ispitivanja su vršena perforatorskom metodom prema prijedlogu JUS-a D.C8.118 1986. godine i difuzijskom metodom prema prijedlogu JUS-a D.C8.117 1986. godina. Difuzijska metoda poznatija je pod nazivom WKI metoda kod koje tretiranje uzoraka iznosi 24, 48 i više sati.

3.1. Broj uzoraka ispitivanja

Za ispitivanje su izrađeni uzorci dimenzija 25 mm × 25 mm × 18 mm. Za svako ispitivanje pripremljeni su:

- uzorci za određivanje sadržaja vode,
- uzorci za određivanje perforatorske vrijednosti,
- uzorci za određivanje WKI-24 vrijednosti difuzijskom metodom,
- uzorci za određivanje WKI-48 vrijednosti difuzijskom metodom.

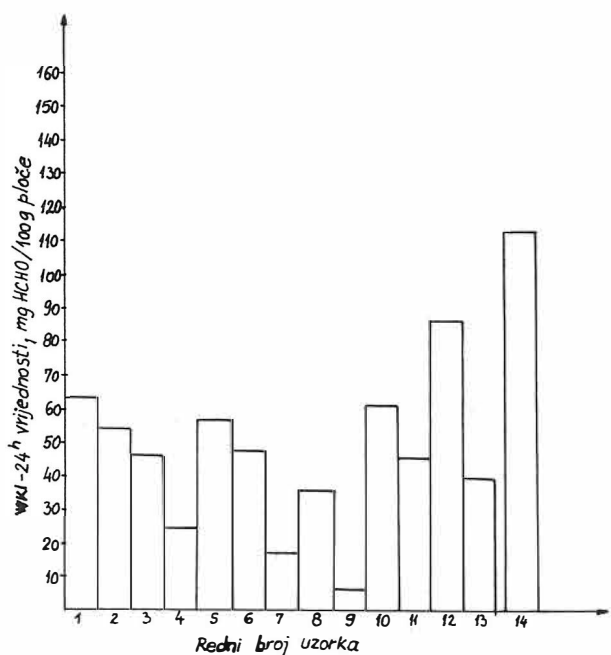
Sadržaj vode uzoraka bio je određen samo na neoplemenjenim ivericama, a uzet je u račun kod određivanja svih vrijednosti. Za svaku varijantu oplemenjivanja, prema skici, izrađeni su uzorci za gore spomenuta ispitivanja.

Ukupno je izrađeno:

- 3 uzorka za određivanje sadržaja vode,
- 15 uzoraka za određivanje WKI-24 vrijednosti difuzijskom metodom,
- 15 uzoraka za određivanje WKI-48 vrijednosti difuzijskom metodom,
- 15 uzoraka za određivanje perforatorske vrijednosti.

4. REZULTATI ISPITIVANJA S DISKUSIJOM

Iz tablice II i sl. 8. vidi se da je perforatorska vrijednost neoplemenjene troslojne ploče iverice (kontrolni uzorak) iznosila 43,04 mg/100 g, difuzijskom metodom određena WKI-24 vrijednost 63,66, a WKI-48 vrijednost 116,51 mg/100 g ploče. Odgovarajuće vrijednosti za iverice s furniranim površinama iznosile su 51,24, 53,14, 94,30 mg/100 g ploče.



Sl. 8. Histogramski prikaz dobivenih rezultata za WKI-24 vrijednosti oslobođanja formaldehida iz ploča, prema tablici II.

Fig. 8 — Histogrammic survey of the results obtained for WKI-24 value formaldehyde emission from board, as in Table II.

Odnos vrijednosti perforatorske i difuzijske WKI metode (nakon 24 i 48 sati), koje su dobivene u okviru ovih istraživanja, podudara se s odnosom tih vrijednosti kod drugih istraživača u slučaju ispitivanja neoplemenjenih iverica [2], a također odnos između vrijednosti WKI-24 i WKI-48 dobivenih difuzijskom metodom. Npr. vrijednosti za WKI-24 i 48 sati u našim istraživanjima bile su 63,66, odnosno 116,51 mg/100 g a rezultati iz literature [2] bili su 63,5, odnosno 116,4 mg/100 g ploče.

Uzorci s furniranim površinama imali su veće perforatorske vrijednosti, a manje WKI-24 vrijednosti (i to utoliko manje što je furnirom obložena površina veća) od kontrolnog uzorka. Jednako tako ponašale su se vrijednosti WKI-48 sati (redni broj uzorka 2, 3 i 4 u tablici II).

Perforatorska vrijednost uzoraka s furnirima i lakiranim površinama veća je nego kod kontrolne ploče, a WKI vrijednosti su to manje što je veća površina uzorka zatvorena (redni broj uzorka 5, 6, 7, tablica II).

REZULTATI ISPITIVANJA KOLIČINE
FORMALDEHIDA ODREĐENE PERFORATORSKOM
I DIFUZIJSKOM METODOM

Tablica II

RESULTS OF TESTING FORMALDEHYDE
AMOUNTS DETERMINATED BY PERFORATION
AND DIFFUSION METHOD

Table II

Redni broj uzorka	Opis uzorka	Perforatorska metoda	Difuzijska metoda	
			WKI-24 sata vrijednost	WKI-48 sati vrijednost
mg/100 g ploče				
1.	Neoplemenjena iverica (kontrolna)	43,04	63,66	116,51
2.	Iverica furnirane površine	51,24	53,14	94,30
3.	Iverica furnirane površine + 2 bočne stranice	53,76	47,32	86,29
4.	Iverica furnirane površine + 4 bočne stranice	57,47	24,21	62,10
5.	Iverica furnirane površine i lakirane NC lakom	47,00	58,58	107,59
6.	Iverica furnirane površine + 2 bočne stranice + NC lak	64,21	47,84	93,26
7.	Iverica furnirane površine + 4 bočne stranice + NC lak	67,88	17,87	34,13
8.	Iverica furnirane površine + 2 bočne stranice MF folija	55,59	36,30	95,35
9.	Iverica furnirane površine + 4 bočne stranice MF folija	60,64	5,97	24,88
10.	Iverica oplemenjene površine MF folijom	71,02	60,53	138,52
11.	Iverica oplemenjene površine + 2 bočne stranice MF folijom	77,67	46,68	101,26
12.	Iverica oplemenjene površine »ultrapasom«	95,14	84,44	167,06
13.	Iverica oplemenjene površine »ultrapasom« + 4 bočne stranice furnirane	102,17	39,61	118,74
14.	Okal ploča	82,77	112,76	190,72

Iverice s furniranim površinama i bočnim stranicama obloženim MF folijom imale su veću perforatorsku vrijednost, a manje WKI-24 i -48 vrijed-

nosti u istom smislu kao kod gore spomenutih uzoraka (redni broj uzorka 8 i 9, tablica II).

Iverica s MF folijom oplemenjenim površinama imale su veću perforatorsku vrijednost od kontrolnog uzorka, a vrijednosti WKI-24 i 48 sati smanjivale su se povećanjem oplemenjene površine (redni broj uzorka 10 i 11, tablica II).

Uzorci s »ultrapasom« oplemenjenim površinama imali su veću perforatorsku vrijednost za 129% u odnosu na kontroli uzorak, WKI vrijednosti smanjivale su se povećanjem oplemenjene površine.

Perforatorske vrijednosti te VKI-24 i WKI-48 vrijednosti okal-ploče bile su veće za 91,5%, 77,13% i 63,5% od odgovarajućih vrijednosti kontrolnog uzorka iz troslojne iverice.

5. ZAKLJUČCI

Iz rezultata istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Ispitivani uzorci troslojne ploče iverice imaju emisiju klasu E3, a uzorci iz okal ploče znatno veću od dozvoljene gornje granice emisije klase E3.

2. Oplemenjivanjem troslojnih ploča furnirima u različitim kombinacijama povećava se perforatorska vrijednost a smanjuje WKI-24 i 48 vrijednost. Povećanje perforatorske vrijednosti posljedica je oštih uvjeta tretiranih uzoraka, prisutnosti ljepila za furniranje i djelomične razgradnje lakova.

Smanjenje vrijednosti kod ispitivanja difuzijskom metodom rezultat je smanjenja neoplemenjene površine uzorka s koje se neposredno oslobađa formaldehid, i to kod relativno blagih uvjeta.

3. Iverice oplemenjene MF folijom i »ultrapasom« imaju veće perforatorske vrijednosti i WKI-48 vrijednosti od kontrolne ploče, a vrijednosti WKI-24 su podjednake.

4. Poznato je da bočne stranice, zbog manje gustoće i otpora, imaju veću difuziju u odnosu na specifičnu površinu. Oblaganje ploča furnirom, folijama, te površinskom obradom lakom, smanjuje se emisija formaldehida u prostoru. U tablici II prikazane su vrijednosti prema različitim metodama iz kojih je vidljivo da su perforatorske vrijednosti veće nego vrijednosti dobivene WKI-24 me-

todom. Razlog tome su uvjeti u kojima se uzorak našao pri ispitivanju. Kod perforatorske metode, zbog temperature vrenja toulola 110⁰ C, dolazi do razgradnje kako folija tako i ljepila, što rezultira visokim vrijednostima oslobođenog formaldehida.

5. Uzorci okal ploče imali su prevelike perforatorske i WKI vrijednosti.

6. Perforatorsku metodu predloženu JUS-om D.C8.118 najispravnije je primjenjivati za određivanje količine slobodnog formaldehida u neoplemenjenim pločama.

7. Za oplemenjene elemente pogodnija je difuzijska metoda (prijedlog JUS C.D8.117) jer su uvjeti u kojima se epruvete tretiraju bliži onima u upotrebi.

LITERATURA

- [1] Roffael, E., Mehlhorn, L.: 1977. Methoden zur Bestimmung der Formaldehydabgabe von Spanplatten. Holz und Kunststoffverarbeitung 12, 770—777.
- [2] Roffael, E., Geubel, D., Mehlhorn, L.: 1978. Über die Bestimmung der Formaldehydabgabe von Spanplatten nach dem Perforator-Verfahren und der WKI-Methode. Holz-Zentralblatt 104, 396—397.
- [3] Bruči, V., Sertić, V., Barberić, M.: 1979. Određivanje količine formaldehida koji se oslobađa iz iverica. Bilten ZIDI, god. 7, br. 6.
- [4] Bruči, V., Sertić, V.: 1980. Određivanje formaldehida u pločama ivericama perforator metodom. Bilten ZIDI, god. 8, br. 5.
- [5] Bruči, V., Sertić, V.: 1980. Određivanje emisije klase iverica. Bilten ZIDI, god. 8, br. 5.
- [6] Bruči, V., Opačić, I., Sertić, V.: 1980. Određivanje formaldehida koji se oslobađa iz ploča iverica, perforator i WKI metodom. Bilten ZIDI, god. 8, br. 2.
- [7] Tišler, V.: 1981. Prilog poznavanju razgradnje urea-formaldehydnog ljepila upotrebljenog u proizvodnji iverica. Magistarski rad. Sumarski fakultet Zagreb.
- [8] Svadumović, I.: 1984. Karakterizacija i primjena urea-formaldehydnih kondenzata sa niskim sadržajem slobodnog formaldehida. Materijal sa Savjetovanja »Stanje i perspektiva proizvodnje, svojstva i upotrebe ploča iz usitnjenog drva« Bjelovar. Bilten ZIDI, god. 12, br. 1.
- [9] Mamić, F.: 1984. Određivanje formaldehida koji se oslobađa iz ploča iverica perforator i WKI metodom. Materijal sa Savjetovanja »Stanje i perspektiva proizvodnje, svojstva i upotrebe ploča iz usitnjenog drva« Bjelovar. Bilten ZIDI, god. 12, br. 2.
- [10] Witthauer, J.: 1984. Zur Belastung der Raumluft in Schulen mit Formaldehyd. Z. ges. Hyg. 30 br. 9.
- [11] Scheithauer, M., Böhme, P., Kehr, E., Riehl, G., Rinkefeil, R.: 1985. Formaldehydabgabe oberflächenbeschichteter Bauteile für Möbel. Holztechnologie 26, br. 4.
- [12] * * * : Prijedlog JUS D.C8.117. 1986.
- [13] * * * : Prijedlog JUS D.C8.118. 1986.
- [14] * * * : Spanplatten und Formaldehyd: Erläuterungen zu den Formaldehyd — Richtlinien — Oktober 1981, Auflage. VDH e.v. Giessen.
- [15] * * * : Einflussfaktoren auf die Formaldehydabgabe von Spanplatten. Institut für Holzforschung. (Interni propisi).

Recenzent: mr Stjepan Petrović