

Razvoj proizvoda s obzirom na količinu formaldehida koji se naknadno oslobađa

PRODUCT IMPROVEMENT WITH REGARDS TO THE AMOUNT OF FORMALDEHYDE SUBSEQUENTLY EMITTED

Prof. dr **Vladimir Bruči**, dipl. ing.

mr **Mladen Komac**, dipl. ing.

Marina Tatalović, dipl. ing.

Jadranko Jahić, dipl. ing.

Prispjelo: 12. travnja 1987.

Prihvaćeno: 5. svibnja 1987.

630*682-1

Pregledni rad

Sažetak

U radu su prikazana istraživanja problematike emisije formaldehida u prostoru u kojem svakodnevno boravimo. Komparacija rezultata ispitivanja kod nas i u svijetu potvrđuje napredak postignut od proizvođača ljepila, ploča i finalnih drvenih proizvoda. Metode koje se primjenjuju za određivanje stupnja koncentracije formaldehida u zraku konstantno se unapređuju, tako da se danas koncentracija formaldehida može odrediti s točnošću od 0,001 ppm.

Ključne riječi: emisija formaldehida — koncentracija formaldehida — molarni odnos.

Summary

This paper presents the investigations devoted to the problem of formaldehyde emission in the residential environment. Comparisons of results obtained in this country and abroad demonstrate the improvement achieved by the glue, board and finished wood products manufacturers. The methods applied for determining formaldehyde concentration in the air constantly improve and today the formaldehyde concentration can be determined with a precision of 0.001 ppm.

Key words: formaldehyde emission — formaldehyde concentration — molar ratio (A. M.)

1.0. UVOD

Proizvodi na bazi drva: iverice, furnirske ploče, MDF-ploče, lamperija, vrata, parket itd. zastupljeni su gotovo u svakoj kući, kancelariji, javnoj zgradi. Zajednička veza svih ovih proizvoda su ljepila na bazi aminoplasta: karbamid — formaldehidne smole (KF) ili melamin-karbamid-formaldehidne smole (MKF). One uvijek oslobađaju veću ili manju količinu formaldehida. Oslobođanje formaldehida potječe od oslobnog formaldehida koji sadrže smole (ranije 1%, sada 0,3%), a važan je za otvrdnjivanje adheziva i stvaranje zadovoljavajuće čvrstoće slijepljenog spoja.

Čak i kod relativno niskih koncentracija formaldehida u zraku (0,5 ppm) postoje iritirajući efekti kod izloženih osoba, iako stupanj osjetljivosti znatno varira unutar populacije. Ove činjenice su doprinijele uvođenju odredaba u nekim zemljama u vezi s dopuštenim koncentracijama formaldehida u radnim i stambenim sredinama. Istraživanja pokazuju da se kod miševa izloženih visokim koncentracijama formaldehida razvija rak nosa.

Kretanje dopuštenih granica emisije formaldehida u radnim sredinama u Švedskoj od 1965. do 1985. godine prikazano je u tablici I.

KRETANJE HIGIJENSKIH GRANICA EMISIJE FORMALDEHIDA (Švedski nacionalni komitet za profesionalnu sigurnost i zdravlje (5)).

Tablica I.

Godina	Dopuštena količina formaldehida u zraku (ppm)
1965	6
1970	5
1975	2
1980	1
1985	0,8 (nova postrojenja 0,5)

1.1. KONCENTRACIJA FORMALDEHIDA U STAMBENIM PROSTORIMA

Rezultati mjerenja koncentracije formaldehida u stanovima, objavljeni u posljednjih 10 godina prikazani su u tablici II.

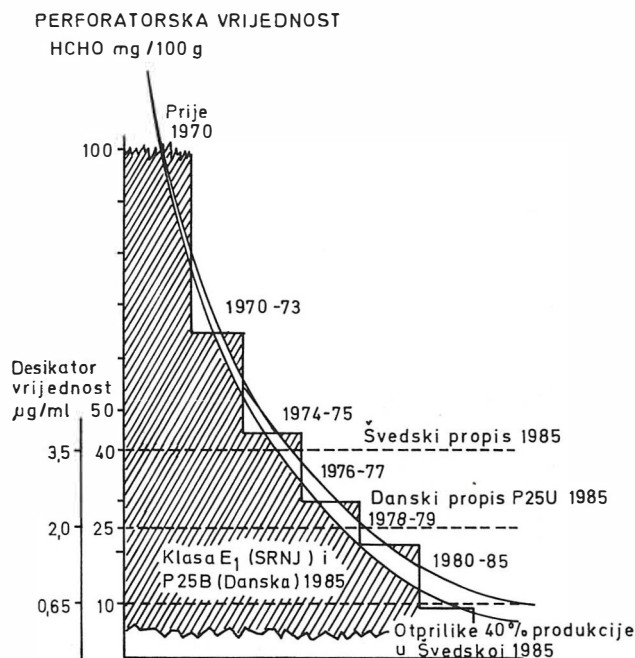
KONCENTRACIJA FORMALDEHIDA U STAMBENIM SREDINAMA.

Tablica II.

Zemlja	Godina	Koncentracija formaldehida (ppm)
Danska	1974	0,1 — 0,8
Švedska	1976	0,2 — 1,5
	1984	0,2 — 0,7
Švicarska	1982	0,15 — 0,8
Finska	1981—84	0,2 — 0,7
USA	1981—82	0,2 — 0,8
DDR	1984	0,2 — 0,35

Danski, finski, nizozemski i njemački propisi za dopuštene sadržaje formaldehida u stambenim prostorima iznose oko 0,1 ppm. Emisija formaldehida neoplemenjene ploče iverice udvostručuje se za svaki porast temperature od 7 stupnjeva [5].

Iverice koje zadovoljavaju uvjete za emisijsku klasu E1 (SRNJ) i P25B (Danska) emitiraju najviše 0,1 ppm u prostoru s opterećenjem 1 m² iverice po 1 m³ zraka, slika 1 [5].



Slika 1. Smanjenje perforatorske i desikatorske vrijednosti iverica proizvedenih u Švedskoj u razdoblju od 1970—1985. godine [5].

2.0. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA I REZULTATI S DISKUSIJOM

Istraživanja koja se odnose na problem naknadnog oslobađanja formaldehida provode se u svijetu oko 20-tak godina, a najintenzivnija su bila 1980. godine. Sudionici su liječnici, toksikolozi, kemičari proizvođači ljepila i drvno-tehnološki stručnjaci.

2.1. Dinamika emisije formaldehida

Mjerenja dinamike emisije formaldehida, obavljena kod nas [3] na ivericama perforatorskom i difuzijskom metodom, unutar vremenskog razdoblja od jedne godine, prikazana su u tablici III.

Iz tablice III i sl. 1. vidimo da količina oslobođenog formaldehida iz iverica određena perforatorskom metodom unutar vremenskog perioda od jedne godine pokazuje trend smanjenja. Količina oslobođenog formaldehida iz iverice mjerenom difuzionom metodom pada samo ako se promatraju dobivene vrijednosti na uzorcima izrađe-

DINAMIKA OSLOBAĐANJA FORMALDEHIDA IZ IVERICE ODREĐENA PERFORATORSKOM I DIFUZIJSKOM METODOM UNUTAR VREMENSKOG RAZDOBLJA OD JEDNE GODINE. **Tablica III.**

Serija, Vremensko razdoblje	Količina oslobođenog formaldehida mg HCHO/100 g		
	Perforatorska metoda	Difuzijska metoda	
		Tretiranje 24 sata	Tretiranje 48 sati
I — sedam dana poslije izrade	50,25	49,80	89,57
II — nakon tri mjeseca	42,28	35,84	64,41
III — nakon godine dana	28,38	36,91	68,65

nim sedam dana poslije izrade ploče i uzorcima izrađenim poslije odležavanja ploča tri mjeseca. Daljim odležavanjem ploča, količine formaldehida, koje su određene difuzionom metodom, lagano se povećavaju.

»US desikator metoda 2h«¹ prihvaćena je u Sjevernoj Americi, kao proizvodna kontrolna metoda. Na slici 1 i tablici IV. prikazan je odnos perforatorske i desikator metode.

VEZA IZMEĐU VRIJEDNOSTI PERFORATORSKE I US DESIKATOR METODE 2h. **Tablica IV.**

Perforatorska vrijednost mg HCHO/100 g	Desikator vrijednost µg HCHO/ml
40	3,5
25	2,0
10	0,65

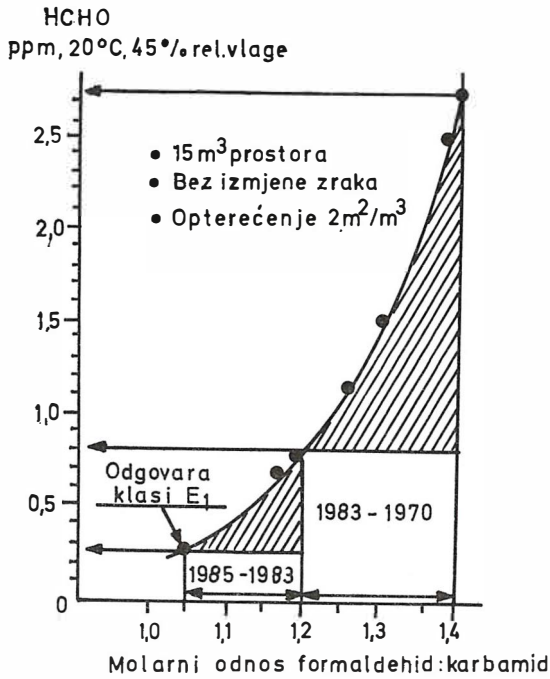
2.2. Uloga molarnog odnosa karbamid: formaldehid

Za adhezive bazirane na formaldehidu i karbamidu ili melaminu molarni odnos formaldehida, karbamida i melamina važan je faktor koji utječe na sadržaj slobodnog formaldehida u smoli i na njegovu emisiju u okolinu. Slika 2. predstavlja emisiju formaldehida iz iverica kao funkciju molarnog odnosa formaldehid: karbamid [5].

Kao što se vidi na slici 2., smanjenje molarnog odnosa s 1,4 na 1,2 rezultira opadanjem emisije formaldehida iz iverica s 2,75 ppm na 0,8 ppm. Daljnje smanjenje molarnog odnosa s 1,2 na niže, npr. 1,05. rezultira daljnjim opadanjem stupnja emisije do približno 0,25 — 0,30 ppm.

Smanjenje molarnog odnosa formaldehid: karbamid s 1,4 na 1,05 smanjuje stupanj emisije više od 90%. Kao što se vidi po izgledu krivulje, da-

1) »US desikator metoda 2h« modificirana je japanska metoda. Sadržaj formaldehida u vodi određuje se kromotropskom metodom.



Slika 2. Količina emisije formaldehida iz iverica u ovisnosti o molarnom odnosu formaldehid:karbamid.

lje opadanje molarnog odnosa ($< 1,05$) pokazuje nezatno smanjenje emisije formaldehida.

Smanjenje molarnog odnosa formaldehid:karbamid stvara probleme u industriji ploča iverica. Iskustva pokazuju da, ako omjer padne ispod 1,10, dolazi do većeg bubrenja i opadanja čvrstoće savijanja iverica. Ti negativni utjecaji, izazvani smanjenjem molarnog odnosa, mogu se izbjeći većim doziranjem smole i hidrofobnih sredstava ili upotrebom modificiranih KF smola (melaminom ili fenolom).

2.3. Razvoj adheziva za ploče

Razvoj adheziva za šperploče, stolarske ploče, namještaj, parket itd. napravio je tako veliki progres da se klasa E1 može postići bez gubitaka u kvaliteti slijepljenog spoja.

U tablicama V i VI predstavljeni su primjeri emisije formaldehida iz parketa izrađenih u Švedskoj i iz furniranih i nefurniranih iverica klase E1. U svim slučajevima korištena su KF ljepila [5].

EMISIJA FORMALDEHIDA IZ PODOVA IZRAĐENIH OD PARKETA ILI IVERICA. Tablica V.

Proizvođač	Debljina	Materijal	Koncentracija HCHO mg/m ³
A	23	parket	0,03
A	23	iverice E1 klase	0,07
B	22	parket	0,02
B	15	parket	0,03

Uvjeti ispitivanja: komora 1 m³; opterećenje 1 m²/m³; temperatura 23°C; relativna vlaga zraka 50%; izmjena zraka 1 puta/2 sata; sve bočne stranice iverice zatvorene; podovi lakirani s lakovima koji ne sadrže formaldehid.

EMISIJA FORMALDEHIDA IZ NEFURNIRANIH I FURNIRANIH IVERICA KLASE E1 MJERENA PLINSKO-ANALITIČKOM METODOM, ISPITIVANJA NAČINJENA U WKI INSTITUTU U BRAUNSCHWEIGU. Tablica VI.

Proizvod	Emisija	Dozvoljena veličina
Nefurnirane iverice	2,3 mg/h, m ²	3,1 mg/h, m ²
Iverice furnirane furnirom debljine 0,7	1,2 mg/h, m ²	

Rezultati ispitivanja formaldehida u komorama (tab. V i VI) pokazuju da su sve vrijednosti ispod zahtjeva za klasu E1, iako je izmjena zraka u komorama bila samo 0,5 izmjena na sat u odnosu na 1,0 koje se predviđaju u normama Njemačke [5]. Za furnirane iverice stupanj emisije bio je iznenađujuće prepolovljen. Bilo bi za očekivati da je furniranje konvencionalnim stolarskim ljepilom prozročilo povećanje stupnja emisije.

2.4. Emisija formaldehida iz oplemenjenih elemenata

Mjerenje naknadno oslobođenog formaldehida iz ploča domaćeg proizvođača, obavljeno u Katedri za mehaničku preradu drva, Šumarski fakultet u Zagrebu, perforatorskom i difuzijskom metodom, na oplemenjenim uzorcima iverice (18 mm) i okal-ploče (18 mm), prikazano je u tablici VII [4].

SREDNJE VRIJEDNOSTI KOLIČINE FORMALDEHIDA DOBIVENE PERFORATORSKOM I DIFUZIJSKOM METODOM. Tablica VII

Redni broj uzorka	Opis uzorka	Difuzijska metoda		
		Perforatorska metoda	UKI-24 sata vrijednost	WKI-48 sati vrijednost
mg HCHO/100 g suhe ploče				
1.	kontrolni nefurnirani	43,04	63,66	116,51
2.	furnirani	48,16	41,56	80,90
3.	furnirani i lakirani	59,70	41,43	78,33
4.	furnirani + MF folija	58,11	21,73	60,11
5.	oplemenjeni MF folijom	74,34	53,61	119,68
6.	oplemenjeni »ultrapasom«	98,65	62,02	142,90
7.	okal ploča	82,77	112,76	190,72

Ispitivani uzorci troslojne ploče iverice imaju emisiju klasu E3, a uzorci iz okal-ploče znatno

veću od dozvoljene gornje granice emisione klase E 3. Na temelju rezultata datih u tablici III može se zaključiti:

— Oplemenjivanjem troslojnih ploča furnirima u različitim kombinacijama povećava se perforatorska a smanjuje difuziona vrijednost.

— Povećanje perforatorske vrijednosti posljedica je oštih uvjeta tretiranja uzoraka (za razliku od difuzione metode), prisutnosti ljepljiva za furniranje i djelomične razgradnje lakova.

— Smanjenje vrijednosti kod ispitivanja difuzijskom metodom rezultat je smanjenja neoplemenjenih površina uzoraka s kojih se neposredno oslobađa formaldehid, i to kod relativno blagih uvjeta. Poznato je da bočne stranice, zbog manjeg otpora difuziji, oslobađaju, u odnosu na jediničnu površinu, veću količinu formaldehida nego površina ploče. Oblaganje bočnih stranica neophodno je ako želimo smanjiti emisiju formaldehida u prostor.

— Papiri impregnirani smolama na bazi aminoplasta, MF folije ili »ultrapas« također emitiraju formaldehid koji utječe na konačnu emisiju tako oplemenjene iverice.

2.5. Formaldehid i pitanje analize

Granične vrijednosti od oko 0,1 ppm zahtijevaju metode analize s visokim stupnjem točnosti. Metode koje se upotrebljavaju za određivanje stupnja koncentracije formaldehida u zraku unapređivane su iz godine u godinu, i sada je moguće odrediti koncentraciju formaldehida s točnošću od oko 1 ppb (0,001 ppm).

Perforatorska metoda je još uvijek jedina službena metoda za određivanje emisije formaldehida iz pločastih materijala. Međutim, nejasno je što se točno dobiva analizom. Isti test-uzorci mogu biti analizirani više puta nakon kondicioniranja.

nja. Rezultati su različiti zavisno o sadržaju vode u elementima. Samo drvo daje perforatorske vrijednosti između 2 — 12 mg/100 g [5]. Točnost ove metode je poboljšana kada se, umjesto titracijom joda, prešlo na spektrofotometrijsko određivanje formaldehida modificiranom acetil-aceton metodom, koju je opisao Belman [1]. Paralelno ispitivanje velikog broja uzoraka dalo je rezultate prikazane u tablici VII [5].

PERFORATORSKA VRIJEDNOST ANALIZIRANA TITRACIJOM JODA I ACETIL-ACETONOM (SPEKTROFOTOMETRIJSKA)

Tablica VIII.

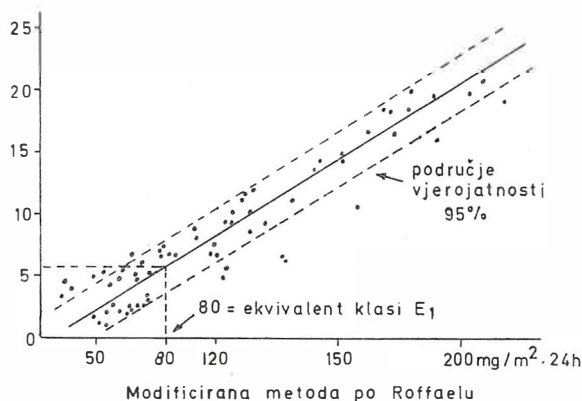
Titracija jodom	Acetil-aceton	Razlika
13,2 mg/100 g	9,3 mg/100 g	3,9 mg/100 g

Na slikama 3 i 4 vidi se da acetil-aceton metoda daje manje rasipanje nego titracijom jodom, kako je to utvrdio E. Raffael.

2.6. Interakcije elemenata koji emitiraju različitu količinu formaldehida

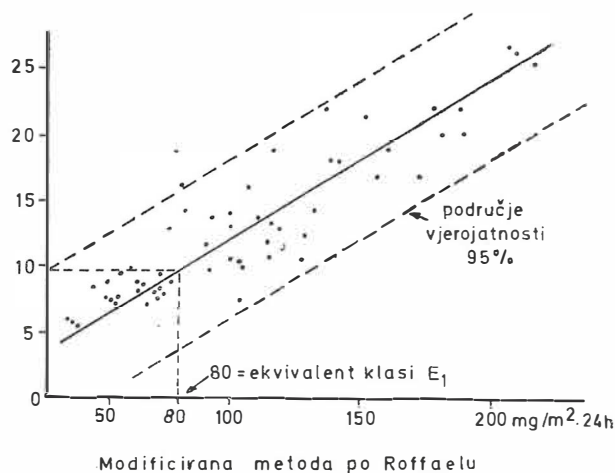
Zanimljivo istraživanje interakcije drvnih elemenata s poznatim visokim i niskim stupnjem emisije formaldehida u komorama s unutrašnjom cirkulacijom zraka prikazano je prema B. Sundinu [5]. Eksperimenti su vršeni na potpuno jednak način: ploče s poznatim visokim stupnjem emisije stavljene su u komoru (15 m³) bez izmjene zraka, ali sa cirkulacijom zraka unutar komore kod 20⁰ C, 45% relativne vlage zraka i opterećenjem od 2 m²/m³ (5 ploča 2400 x 1220 mm). Uzorci zraka uzimani su 1, 3, 5 i 3 sata nakon što je postignuta ravnomjerna koncentracija plina u komori (C_{eqr.}, 24 h). Ravnomjerna koncentracija plina postignuta je u pravilu poslije 2—3 dana.

Perforatorska vrijednost mg/100 g (acetil-aceton metoda)



Slika 3. Odnos između vrijednosti dobivenih perforatorskom metodom (jodometrijski) i modificiranom metodom po Raffaelu [5].

Perforatorska vrijednost mg/100g (titrirano jodom)



Slika 4. Odnos između vrijednosti dobivenih perforatorskom metodom (spektrofotometrijski) i modificiranom metodom po Raffaelu [5].

SPECIFIKACIJA UPORIJEHLJENIH PLOČA S VISOKIM I NISKIM STUPNJEM EMISIJE FORMALDEHTDA [5]

Tablica IX.

Ploče s visokim stupnjem emisije formaldehida	C_{eqr} , 24 h	Perforatorske vrijednosti
Šperploče 4 mm	1,7 ppm	35 mg/100 g
Furnirane iverice klase E 3, 16 mm	2,7 „	42 „
MDF ploče, 16 mm	4,7 „	70 „
MDF ploče, 16 mm	4,6 „	68 „
Iverice klase E 2, 22 mm	0,5 „	20 „
Ploče s niskim stupnjem emisije formaldehida		
Iverice klase E 1, 22 mm (broj 1)	0,15 ppm	5 mg/100 g
Iverice klase E 1, 22 mm (broj 2)	0,18 „	7 „
Gips-ploče, 12 mm (broj 3)	0,10 „	— „

* Ravnomjerna koncentracija plina u komori.

EMISIJA FORMALDEHIDA U KOMORI OD 15 m³ IZ PROIZVODA S VISOKIM STUPNJEM EMISIJE I KOMBINACIJE PROIZVODA S VISOKIM I NISKIM STUPNJEM EMISIJE FORMALDEHIDA [5].

Tablica X.

Eksperiment ploče s visokim stupnjem emisije formaldehida	C_{eqr} , 24 h ppm	Kombinacija elem. s visokim i niskim stupnjem emisije formaldehida ppm			Smanjenje %	Ploče s niskim stupnjem emisije formaldehida
		24 h	48 h	72 h		
A) Šperploče, 4 mm	1,17	0,55	0,5	0,5	70,6	Iverica (br. 1)
B) Iverica 22 mm	0,6	0,3	0,25	0,25	58,3	Iverica (br. 1)
C) Furnirana iverica, 19 mm	2,7	0,75	0,7	—	72,2	Iverica (br. 2)
D) MDF ploča, 16 mm	4,7	3,1	3,1	—	34,0	Iverica (br. 2)
E) MDF ploča, 16 mm	4,6	2,6	3,0	—	34,7	Gips-ploča (br. 3)

Nakon toga u komoru je stavljeno slijedećih pet ploča s poznatom niskom koncentracijom formaldehida (u komori se sada nalazilo 5 ploča s visokim stupnjem emisije formaldehida i 5 ploča s niskim stupnjem emisije formaldehida). Opterećenje je tako povećano na 4 m²/m³. Uzorci zraka uzimani su, kao i ranije, po postizanju ravnomjerne koncentracije plina u komori. Količina formaldehida određivana je metodom kromotropске kiseline.

U tablici IX date su karakteristične veličine (C_{eqr} , 24 h i perforatorske vrijednosti) ploča s visokim i ploča s niskim stupnjem emisije formaldehida.

Novonastale koncentracije plina mjerene su nakon 1, 3, 5, 24, 46 i 96 sati ili dok se ne uspostavi ravnoteža. Rezultati su prikazani u tablici X [5]. Sadržaj formaldehida analiziran je metodom pomoću kromotropске kiseline. Metodu je opisao Freeman [2]. Koncentracija formaldehida u komori smanjuje se za 34 — 72%. Ovo su iznenađujuće velike vrijednosti. Točan mehanizam ovih smanjenja koncentracije formaldehida u komori teško je objasniti.

Početna koncentracija ubrzano opada u pravcu nove ravnotežne vrijednosti (slike 5 i 6).

Ponovno ispitivanje koncentracije, koju uzrokuju samo ploče s visokom emisijom formaldehida, provedeno je samo jednom (za MDF ploče), i to odstranjivanjem ploča s niskim stupnjem emi-

sije formaldehida i brzim zatvaranjem komore. Također su ponovo ispitane ploče s niskim stupnjem emisije formaldehida. Za vrijeme ispitivanja u komori ploče su bile smještene na odvojene nosače. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablicama X i XI i na slikama 5 i 6 za eksperimente A, B, C, D, E, F, G, H, I; prema B. Sundin u.

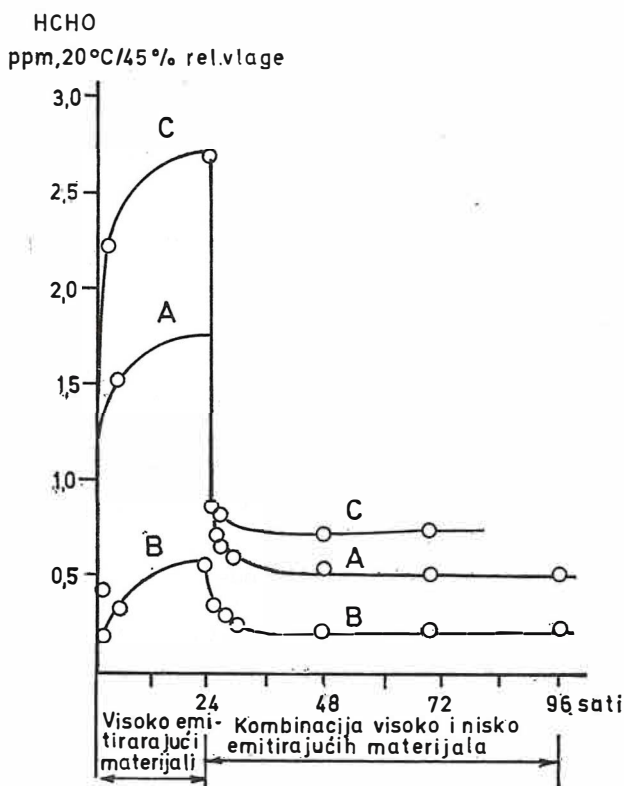
Gips-ploče se različito ponašaju u usporedbi s pločama ivericama. Kao što pokazuje slika 6 (tablica X, eksperiment E) koncentracija se smanjuje brzo na vrijednost 1,5 ppm u toku prvih sati nakon unošenja gipsanih ploča u komoru s MDF pločama. Nakon 24 sata koncentracija je porasla na 2,6 ppm, a nakon slijedećih 24 sata dostignut je C_{eqr} , koji je jednak kao C_{eqr} za kombinaciju MDF ploča i iverica klase E 1.

Oslobađanje apsorbiranog formaldehida iz gips-ploča također je daleko sporije nego kod iverica klase E 1. Nakon 4-tjednog kondicioniranja na sobnoj temperaturi, s normalnom izmjenom zraka, postoji još mnogo apsorbiranog formaldehida zaostalog u gips-ploči, C_{eqr} , 24 h = 0,3 ppm u odnosu na početnu vrijednost od 0,1 ppm (tablica XI, eksperiment I). Taj apsorpcioni fenomen može imati pozitivan utjecaj u stambenim sredinama. Eksperimenti su pokazali da kod kombinacije uzoraka u komore i ploče s niskom emisijom (iverice klase E 1 i gips-ploče) djeluju kao »spužve na formaldehid«.

VRIJEDNOSTI EMISIJE FORMALDEHIDA DOBIVENE PONOVNIM ISPITIVANJEM PLOČA IZ EKSPERIMENTA C, D i E [5].

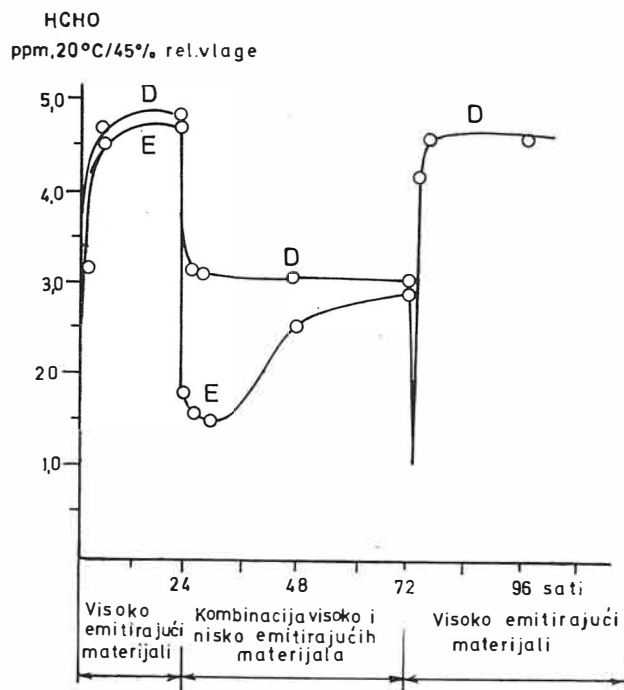
Tablica XI.

Eksperiment. Pločasti materijal.	Emisiona vrijednost
F) Iverice s niskim stupnjem emisije iz eksperimenta C, nakon kondicioniranja 3 dana na približno 20 ⁰ C.	$C_{\text{eqr.}}, 24 \text{ h} = 0,16 \text{ ppm}$
G) Iverice s niskim stupnjem emisije iz eksperimenta D, direktno premještene iz različitih komora bez prethodnog kondicioniranja.	$C_{\text{eqr.}}, 24 \text{ h} = 0,5 \text{ ppm}$
H) MDF ploče iz eksperimenta D. Komora je zatvorena odmah nakon odstranjivanja iverica s niskim stupnjem emisije	$C_{\text{eqr.}}, 48 \text{ h} = 4,6 \text{ ppm}$
I) Gips-ploče iz eksperimenta E ispitane nakon kondicioniranja 4 tjedna na približno 20 ⁰ C.	$C_{\text{eqr.}}, 24 \text{ h} = 0,3 \text{ ppm}$



Slika 5. Razvoj emisija slobodnog formaldehida u zatvorenom prostoru visoko emitirajućeg materijala, te naknadne kombinacije s nisko emisijskim materijalom.

U prostoriji u kojoj se nalaze materijali s niskim i visokim stupnjem emisije formaldehida teško je predvidjeti koji će se stupanj koncentracije formaldehidna u zraku uspostaviti. Sigurno je da će koncentracija biti manja od one koja bi postojala da su u prostoriji samo materijali s visokim stupnjem emisije. Koncentracija se, dakle, prilagođava između vrijednosti za najveće i najmanje emitore. To je prikazano na slici 7.

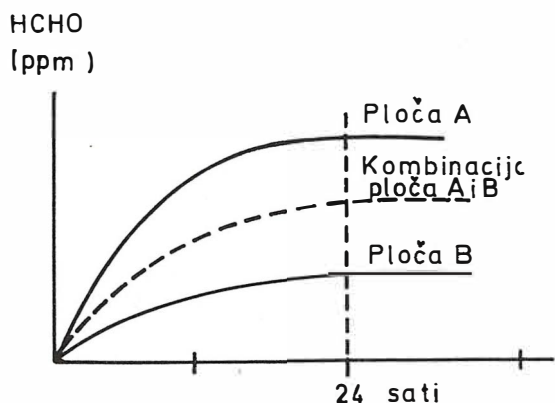


Slika 6. Razvoj emisija slobodnog formaldehida u zatvorenom prostoru visoko emitirajućeg materijala, te naknadne kombinacije s nisko emisijskim materijalom.

3.0 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na temelju vlastitih istraživanja [3, 4] i istraživanja B. Sundina [5] i drugih može se zaključiti:

1. Proizvodi na bazi drva, za čiju izradu su upotrijebljene smole na bazi aminoplasta, emitiraju određenu količinu formaldehida, koji iznad nekih granica uzrokuje iritirajuće efekte. Većinu ljudi iritira koncentracija od samo 0,5 ppm. Istraživanja pokazuju da nema iritirajućih efekata kod sadržaja od 0,1 ppm.



Slika 7. Razvoj emisije formaldehida dviju ploča različite emisijske jakosti u zatvorenom prostoru [5]

2. Poboljšanje i razvoj KF smola za iverice omogućio je smanjenje emisije formaldehida iz njih za 90%. To oboljšanje zbilo se u periodu od 1970—1985. godine.

3. Količina formaldehida koja se oslobađa iz iverice, mjerena perforatorskom metodom, smanjuje se odležavanjem ploča kroz 3 mjeseca, odnosno godinu dana.

4. Najvažniji faktor koji utječe na emisiju formaldehida je moralni odnos formaldehid: karbamid. Veliko smanjenje molarnog odnosa formaldehid: karbamid može imati negativan utjecaj na bubrenje i čvrstoću iverica. Raznim postupcima u izradi iverica i pripremi ljepila, može se djelomično ili potpuno kompenzirati taj nedostatak.

5. Danas postoje adhezivi koji omogućavaju izradu proizvoda klase E1.

6. Oslobađanje formaldehida iz furniranih iverica, mjereno perforatorskom metodom, daje veće vrijednosti emisije formaldehida, za razliku od difuzionih metoda koje bilježe smanjenje vrijednosti emisije povećanjem površine oplemenjivanja.

7. Perforatorska metoda nije dovoljno točna za klasificiranje E1 ploča, ali metoda može biti

unapređena fotometrijskim određivanjem. Pogodnije su metode ispitivanja u komorama.

8. Kombinacijom proizvoda s visokim i niskim stupnjem emisije formaldehida, proizvodi s niskim stupnjem emisije vrše ulogu medija apsorpcije za formaldehid. Postignuto je smanjenje koncentracije za 34—72%.

9. Emisije vrijednosti iz različitih izvora u prostoriji se ne zbrajaju. Ravnotežna koncentracija se uvijek prilagodi vrijednosti koja se nalazi između najveće i najmanje emisije kod jednakog opterećenja.

4.0. LITERATURA

- [1] Belman, S.: The Fluorimetric Determination of Formaldehyde. 1963, Analytical Chemica Acta 29, S. 120—126.
- [2] Freeman, G. H., Grendon, W. C.: Formaldehyde Detection and Control in the Wood Industry. 1971, Forest Products Journal, Vol. 21. No. 9.
- [3] Bruči, V., Sertić, V., Opačić, I.: Dinamika emisije formaldehida iz industrijski izrađene ploče iverice određena perforatorskom i difuzijskom metodom, 1986, Drvna industrija, Vol. 37, br. 11—12.
- [4] Komac, M., Tatalović, M., Bruči, V.: Oslobađanje formaldehida iz neoplemenjenih i oplemenjenih ploča iverica. 1986, Drvna industrija, Vol. 37, br. 5—6, str. 127—132.
- [5] Sundin, B.: Formaldehyde concerns in composite Products Casco Nobel AB, Stockholm, Švedska, XVIII. IUFRO svjetski kongres, Division 5, 1986, Ljubljana, Yugoslavia, September 11—12, str. 486—498.
- [6] Roffael, E., Mehlhorn, L.: 1977. Methoden zur Bestimmung der Formaldehydabgabe von Spanplatten. Holz und Kunststoffverarbeitung 12, 770—777.
- [7] 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.
- [8] Witthauer, I.: 1984. Zur Belastung der Raumluft in Schulen mit Formaldehyd. Z. ges. Hyg, 30 br. 9.
- [9] Scheithauer, M., Böhme, P., Kehr, E., Riehl, G., Rinkelfeil, R.: 1985. Formaldehydabgabe oberflächenbeschichteter Badteile für Möbel. Holztechnologie 26. br. 4.

Recenzent: mr Stjepan Petrović