

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gregor KRAJŠEK

**VPLIV ZRNATOSTI BRUSNEGA PAPIRJA NA
EMISIJO FORMALDEHIDA IZ IVERNIH IN
VLAKNENIH PLOŠČ, BRUŠENIH S PAPIRJI
RAZLIČNIH ZRNATOSTI**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gregor KRAJŠEK

**VPLIV ZRNATOSTI BRUSNEGA PAPIRJA NA EMISIJO
FORMALDEHIDA IZ IVERNIH IN VLAKNENIH PLOŠČ,
BRUŠENIH S PAPIRJI RAZLIČNIH ZRNATOSTI**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**THE IMPACT OF SANDPAPER GRIT SIZE ON FORMALDEHYDE
EMISSION FROM PARTICLEBOARD AND FIBERBOARD SANDED
SANDPAPER WITH DIFFERENT GRIT SIZE**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Sergeja Medveda in za recenzentko doc. dr. Ido Poljanšek.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Gregor Krajšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
- DK UDK 630*862.2
- KG zrnatost brusnega papirja/emisija formaldehida/iverna plošča/vlaknena plošča
- AV KRAJŠEK, Gregor
- SA MEDVED, Sergej (mentor)/POLJANŠEK, Ida (recenzentka)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2016
- IN VPLIV ZRNATOSTI BRUSNEGA PAPIRJA NA EMISIJO FORMALDEHIDA
IZ IVERNIH IN VLAKNENIH PLOŠČ, BRUŠENIH S PAPIRJI RAZLIČNIH
ZRNATOSTI
- TD Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
- OP IV, 27 str., 5 pregl., 5 sl., 13 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Z namenom čim manjše emisije formaldehida pri končnem uporabniku lesnih izdelkov lesna industrija teži k zmanjšanju omenjene emisije s pomočjo različnih dejavnikov. Eden izmed dejavnikov, s katerim lahko vplivamo na emisijo formaldehida, je način obdelave površine in s tem tudi brušenje. V nalogi tako s pomočjo raziskave ugotavljamo, kako brušenje oz. zrnatost brusnega papirja vpliva na emisijo formaldehida. V raziskavi smo osem preskušancev ivernih plošč ter osem preskušancev vlaknenih plošč (obe lepljeni z urea formaldehidnim lepilom) zbrusili z brusnim papirjem različnih zrnatosti (40, 80 in 120), nato pa smo s pomočjo plinske analize metode merili vrednosti emisij formaldehida iz posameznih preskušancev. Ugotovili smo, da največje emisije formaldehida dosegamo pri brušenju z brusnimi papirji manjše zrnatosti. V primeru, da se želimo čim več formaldehida znebiti že v samem postopku izdelave ivernih in vlaknenih plošč, je smotrno le-te brusiti z brusnimi sredstvi čim manjše zrnatosti, v nasprotnem primeru (če želimo emisije formaldehida med samo izdelavo čim bolj omejiti) pa moramo za brušenje ivernih in vlaknenih plošč posegati po brusnih papirjih s čim večjo zrnatostjo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Dv1
- DC UDC 630*862.2
- CX the impact of sandpaper grit/formaldehyde emissions/particleboard/fiberboard
- AU KRAJŠEK, Gregor
- AA MEDVED, Sergej (supervisor)/POLJANŠEK, Ida (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. CIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2016
- TY THE IMPACT OF SANDPAPER GRIT SIZE ON FORMALDEHYDE EMISSION FROM PARTICLEBOARD AND FIBERBOARD SANDED SANDPAPER WITH DIFFERENT GRIT SIZE
- DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
- NO IV, 27 p., 5 tab., 5 fig., 13 ref. .
- LA sl
- Al sl/en
- AB With the aim of reducing formaldehyde emissions for the end user of wood products, the wood industry is striving to reduce these emissions with the help of several factors. One of the factors with which can affect formaldehyde emissions, is the means of treating surfaces, with sanding being part of this. In the diploma thesis we used a study to determine how sanding and the roughness of the sandpaper affect formaldehyde emissions. In the study we sanded eight test pieces of chipboard and eight test pieces of fibreboard (both glued with urea-formaldehyde glue), sanded them using sandpaper of various grit size (40, 80 and 120), and then used a gas analysis method to measure the formaldehyde emissions of the individual test pieces. We found that the most formaldehyde was released from sanding with sandpaper of a smaller grit size. This means that if you want to remove as much formaldehyde as possible during the actual production process of chipboard and fibreboard, sandpaper with the smallest possible grit size should be used, while if you want to achieve the opposite (to limit formaldehyde emissions during the process as much as possible), sandpaper with as large a grit size as possible should be used.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE	2
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 NAČINI ZMANJŠANJA EMISIJ FORMALDEHIDA	6
3 MATERIAL IN METODE	8
3.1 MATERIALI	8
3.1.1 Iverna plošča	8
3.1.2 Vlakena plošča	8
3.2 METODE	8
3.2.1 Brušenje	8
3.2.2 Oblepljanje robov	9
3.2.3 Določanje emisij formaldehida s plinsko analizo	9
3.2.4 Določanje vsebnosti vlage	11
4 REZULTATI	13
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	14
5.1 SKLEPI	15
6 VIRI	16

KAZALO SLIK

Slika 1: Pripravljeni vzorci za testiranje	9
Slika 2: Komora za plinsko analizo s pretočnimi stekleničkami	10
Slika 3: Polnjenje epruвет za spektrofotometrijo	10
Slika 4: Spektrofotometer	11
Slika 5: Povprečna emisija formaldehida	14

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti formaldehida (Jamšek in Šarc, 2007; Martuzky, 1989).....	3
Preglednica 2: Emisijski razredi ivernih plošč glede na ppm in po perforator vrednosti	5
Preglednica 3: Iverna plošča	13
Preglednica 4: Vlaknena plošča	13

1 UVOD

Formaldehid je pogost onesnaževalec zraka, ki je prisoten tudi v lesni industriji, kjer je njegova prisotnost posledica rabe lepila, lakov, premazov, smol za impregnacijo papirjev ipd. V primeru ivernih in vlaknenih plošč predstavlja soočenje z emisijami formaldehida oz. težnje k zmanjšanju le-teh posebno velik izziv, saj je večina lesnih ploščnih kompozitov zlepljenih z lepili, ki vsebujejo formaldehid. Največ formaldehida iz omenjenih plošč sicer emitira že med samim procesom izdelave (priprava lepila, oblepljanje, natresanje in stiskanje), nekaj pa se ga postopoma izloča v okolico (največ v prvem mesecu po izdelavi, kasneje za okoli 25 % manj, po šestih mesecih za polovico manj, ter nadalje s čedalje manjšo koncentracijo skozi celotno dobo uporabnosti plošč), kar lahko povzroči zdravstvene težave osebam, ki so v okolju, kjer je zaznana povečana koncentracija formaldehida. Formaldehid ima namreč dokazano številne negativne učinke na zdravje, in sicer povzroča vse od draženja oči, nosu in grla, pa do slabosti, glavobolov, težav z dihanjem, alergij, astmatičnih napadov ter celo tveganje za rakava obolenja na pljučih, žrelu in nosu (Šestan in sod., 2013).

Zaradi številnih negativnih vplivov formaldehida, obstajajo omejitve glede uporabe materialov z vsebnostjo le-tega, (npr. v Evropski uniji se uporabljajo in proizvajajo iverne in vlaknene plošče emisijskega razreda E1), iščejo pa se tudi alternative, ki bi nadomestile formaldehid.

Količina sproščenega formaldehida je odvisna od lastnosti materiala, relativne zračne vlažnosti, temperature, hitrosti izmenjavanja tlaka ter načina obdelave materiala. Z ustreznim pristopom lahko našteje dejavnike izkoristimo v korist zmanjšanju emisij formaldehida ali pa le-te povečamo med samo proizvodnjo in tako zagotovimo manjše emisije formaldehida pri končnemu uporabniku.

Na količino sproščenega formaldehida iz lesnih proizvodov torej vplivajo številni dejavniki, in eden izmed njih je lahko tudi način obdelave površine, predvsem brušenja, saj pri brušenju ustvari bolj ali manj globoke raze, skozi katero lahko emitira formaldehid.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Emisija formaldehida iz lesnih ploščnih kompozitov je odvisna od tipa plošče, uporabljenega lepila, deleža lepila, sestave plošče in gladkosti oz. hrapavosti površine plošče. Za brušenje ivernih in vlaknenih plošč se običajno uporabljajo brusni papirji zrnatosti med 40 in 140. Ker je z zrnatostjo povezana tudi gladkost plošče, se zaradi uporabe brusnih papirjev različnih zrnatosti spreminja tudi emisija formaldehida.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj naloge je ugotoviti korelacijo med emisijo formaldehida in zrnatostjo brusnega papirja, uporabljenega za brušenje ivernih in vlaknenih plošč.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Večja zrnatost brusnega papirja bo ustvarila globlje raze, kar bo povzročilo večje emitiranje formaldehida iz ivernih in vlaknenih plošč.

2 SPLOŠNI DEL

Formaldehid je preprosta kemična spojina z močnim vonjem. Pri sobni temperaturi je formaldehid brezbarvni plin z gostoto, nekoliko višjo od gostote zraka (preglednica 1). Formaldehid je vnetljiv in pri določenih koncentracijah lahko tudi eksploziven (primerna koncentracija pri mešanici z zrakom). Topen je v vodi, alkoholu in drugih polarnih topilih, vendar skoraj netopen v nepolarnih topilih (Marutzky, 1989).

Preglednica 1: Lastnosti formaldehida (Jamšek in Šarc, 2007; Martuzky, 1989)

PODATEK	VREDNOST
MOLEKULSKA MASA	30,05 g/mol
OBLIKA PRI 20°C	Plin
VRELIŠČE	-19°C
TALIŠČE	-117°C
RELATIVNA GOSTOTA HLAPOV (ZRAK=1)	1,03
SPECIFIČNA TEŽA (VODA=1) PRI 5 BAR	0,92
TOPNOST V	Voda, alkohol, eter, aceton
OBLIKE	Raztopina v vodi, paraformaldehid, trioksan

Formaldehid se uporablja v gradbenih materialih in za proizvodnjo številnih gospodinjskih izdelkov. Najdemo ga v lepilih in posledično v lesno-ploščnih kompozitih, kot so iverne in vezane plošče ter vlaknene plošče; lepilih in vezivih; trajno-tiskanih tkaninah; premazih papirnatih izdelkov; ter nekaterih izolacijskih materialih. Poleg tega se formaldehid uporablja kot industrijski fungicid, razkužilo in dezinfekcijsko sredstvo ter kot konzervans. Formaldehid se tudi naravno pojavlja v okolju, in sicer ga kot del običajnih presnovnih procesov v majhnih količinah proizvaja večina živih organizmov (NIH – National Cancer Institute, 2011).

Les vsebuje snovi, ki lahko ob povišanih temperaturah sproščajo formaldehid. Polisaharidi, pa tudi lignin, ki se nahajajo v lesu, se lahko delno razgradijo, pri čemer se sproščajo formaldehid in druge snovi. Takšna reakcija po navadi poteče pri temperaturi, višji od 100 °C. Pri sobni temperaturi pa je sproščanje formaldehida lesa ali lesnih izdelkov običajno povezano s prisotnostjo sintetičnih proizvodov (Marutzky, 1989).

Sintetični proizvodi oziroma snovi, pri katerih prihaja do emisije formaldehida, so:

- lepila (urea-, melamin-, melamin-urea, fenol-formaldehidno lepilo);
- laki;
- premazi;

- smole za papir;
- trdilci;
- in topila (Marutzky, 1989; Medved, 2008; Sašek, 2012).

Največji razlog emisije formaldehida iz lesnih ploščnih kompozitov je prisotnost aminoplastičnih lepil. Formaldehid je namreč pomembna spojina pri kondenzacijskih lepilih (UF, MF, MUF in FF), saj sodeluje pri reakciji utrjevanja lepila (Marutzky, 1989). Z lepili, ki vsebujejo formaldehid, pa je zlepljenih kar 95 % vseh lesnih ploščnih kompozitov (Medved, 2008).

Formaldehid najdemo v lesnih ploščnih kompozitih v naslednjih stanjih:

- monomerni formaldehid ujet v praznem prostoru ali absorbiran v lesu,
- monomerni formaldehid z vodikovo vezjo vezan na les,
- polimerni trdni formaldehid,
- ter prosti formaldehid (Medved, 2008).

Formaldehid je pomemben onesnaževalec notranjega zraka stavb. Prisoten je v številnih proizvodih, v barvah, premazih, lakih, sredstvih za razkuževanje in čiščenje ter v predmetih za splošno uporabo. Zaradi številnih notranjih virov in nezadostnega prezračevanja koncentracije formaldehida v notranjem zraku stavb pogosto doseže vrednosti, ki pri uporabnikih lahko povzročajo negativen vpliv na zdravje (Šestan in sod., 2013).

Med utrjevanjem lepila se formaldehid absorbira v komponente lesa in pozneje postopoma izhaja. Količina formaldehida, ki izhaja iz lesnega ploščnega kompozita med procesom utrjevanja, je odvisna od količine metilolnih skupin v neutrenem lepilu. Vsebnost teh skupin pa narašča z naraščanjem pH-reakcije. Če temperatura in pH reakcija naraščata, narašča tudi količina formaldehida, ki emitira v okolico (Medved, 2008, po Shin-ichiro in sod., 2000).

Med procesom staranja je metilolnih skupin, dimetilenetrskih vezi in razvejanih metilenskih vezi vse manj, količina formaldehida se znižuje in počasi postane bolj ali manj konstantna (Medved, 2008, po Que in sod., 2005).

Do emisije prostega formaldehida torej pride zaradi presežka prostega formaldehida, ki je potreben za proces kondenzacije. Ta formaldehid je ujet v obliki plina v utrjenem lepilnem filmu. Formaldehid je ujet tudi v lesnih celicah, iz katerih počasi uhaja v okolico. Pri hidrolizi pride do nastanka dodatnega formaldehida v utrjenem filmu. Hidrolizo pa sprožimo pri dovajanju toplotne energije in s spreminjanjem vlažnosti v procesu stiskanja ali s previsoko pH-vrednostjo lepila oziroma iverja (Medved, 2008).

V mesecu dni se emisija prostega formaldehida iz iverne plošče zniža za okoli 25 %, v šestih mesecih pa kar za polovico. Največ formaldehida gre iz plošče med procesom stiskanja, nato pa postopoma izhaja do navidezno ravnovesnega stanja. Formaldehid emitira v okolje, dokler delni tlak pare formaldehida ne prekorači zračnega tlaka. Načeloma plošča obdrži in emitira formaldehid vso svojo dobo uporabnosti, le njegova koncentracija je vse manjša (Medved, 2008).

Iverne plošče razvrščamo v tri emisijske razrede (preglednica 2). V Evropski uniji se proizvajajo oz. uporabljajo plošče emisijskega razreda E1. V Uradnem listu Evropske unije (2011) je namreč navedeno, da emisije formaldehida iz ivernih plošč v surovem stanju, tj. pred strojno obdelavo ali nanašanjem premaza, ne presegajo 50 % mejne vrednosti, ki bi po standardu EN 312 omogočala razvrstitev v kakovostni razred E1.

Preglednica 2: Emisijski razredi ivernih plošč glede na ppm in po perforator vrednosti (Pirkmaier, 1998)

EMISIJSKI RAZRED	EMISIJA HCHO V PPM*	PERFORATOR VREDNOST EN 120**
E1	0,1	10
E2	0,1 do 1,0	10 do 30
E3	1,0 do 2,3	30 do 60

*1 ppm = 1,2 mg formaldehida (HCHO) v 1m³ zraka

**mg HCHO/100g atro plošče

Podobno Uradni list Evropske unije (2011) priporoča, da emisije formaldehida iz vlaknenih plošč v surovem stanju, tj. pred strojno obdelavo ali nanašanjem premaza, ne smejo presegati 50 % mejne vrednosti, ki po standardu EN 622-1 omogoča razvrstitev v emisijski razred E1.

Formaldehid je zelo topen v vodi, zato se hitro absorbira v respiratornem in gastrointestinalnem traku in ima dokazan negativen vpliv na zdravje (Šestan in sod., 2013, po Salthammer, 2010). Ugotovljeno je, da formaldehid draži sluznico in dihala, lahko pa tudi povzroči alergijska in tudi kancerogena obolenja (Gornik Bučar in Medved, 2000).

Prve raziskave o vplivih emisij formaldehida so se začele v šestdesetih letih prejšnjega stoletja, in sicer so takrat opredeljeni simptomi vključevali draženje oči ter zgornjih dihalnih poti (Šestan in sod., 2013, po Murphy, 1964).

V letu 1980 so se začele znanstvene razprave o kancerogenosti formaldehida in leta 1983 je Kerns svojo študijo na laboratorijskih živalih omenjeno tudi dokazal (Šestan in sod., 2013).

Dandanes pa je večina študij usmerjena v negativne vplive formaldehida, ki nastanejo kot posledica akutne in kronične izpostavljenosti (Šestan in sod., 2013).

Formaldehid lahko odkrijemo po vonju pri koncentracijah med 0,1 ppm (0,123 mg/m³) in 0,5 ppm (0,613 mg/m³). Te koncentracije pa pri nekaterih občutljivih ljudeh povzročijo že rahlo draženje oči ter dihalnih poti. Koncentracije nad 0,1 ppm (0,123 mg/m³), lahko povzročajo tudi slabost, glavobole, težave z dihanjem in alergije. Koncentracija formaldehida med 0,5 ppm (0,613 mg/m³) in 1,0 ppm (1,227 mg/m³) že pri večini ljudi povzroča draženje oči, nosu in grla, medtem, ko pri koncentracijah nad 1,0 ppm (1,227 mg/m³) izpostavljenost formaldehidu povzroča izjemno neugodje. Visoke koncentracije lahko sprožijo tudi napade pri ljudeh z astmo. Višje koncentracije od 0,7 ppm (0,859 mg/m³) pa povečajo tveganje za razvoj rakavega obolenja na pljučih, žrelu in nosu (Šestan in sod., 2013, po Bohm in sod., 2012 in OSHA, 2011).

2.1 NAČINI ZMANJŠANJA EMISIJ FORMALDEHIDA

Ohlmeyer in sod. (2009) navajajo, da lahko emisijo prostega formaldehida iz iverne plošče znižamo:

- z uporabo lepil, ki ne vsebujejo formaldehida ali lepil z nizkim deležem formaldehida (z nizkim molskim razmerjem med formaldehidom in ureo);
- z vrsto in deležem utrjevalca;
- z vlažnostjo iverja (višja je vlažnost, več formaldehida izhaja že med stiskanjem, pozneje je manjša emisija, ker ni toliko pare, ki veže nase formaldehid);
- z višjo temperaturo in daljšim časom stiskanja (vsebnost prostega formaldehida se zmanjša);
- z nižjo relativno zračno vlažnostjo, ker takrat izhaja manj formaldehida;
- z nižjo temperaturo okolice;
- z lovilci prostega formaldehida (kemična sredstva – silikati, lignosulfonati, proteini ...), ki jih dodamo v lepilo in nase vežejo formaldehid;
- s premaznimi sredstvi na osnovi amonijaka;
- z zapiranjem robov in površine plošč z raznimi folijami, laminati in premaznimi sredstvi (premazi na osnovi akrila in vinila, melaminski laminat, vodoodporna sredstva – učinkovita zaščita zniža raven formaldehida za okoli 95 %);
- odvisno od letne sezone in dela dneva (v mrzlih in suhih dneh oziroma nočeh se emitira manj formaldehida).

Podobne metode za zmanjšanje emisij formaldehida navaja tudi Marutzky (1989):

- uporaba voska kot lovilca prostega formaldehida;
- obdelava plošč z amonijakom ali amonijakovo soljo;
- površinska obdelava plošč z barvami, laki, furnirjem in papirjem;

- sprememba izbranih lepil (uporaba fenolov ali izocianatov ali UF formulacij z nižjimi molskimi razmerji);
- povečanje temperature med stiskanjem ter podaljšanje časa stiskanja (večja emisija formaldehida med samo proizvodnjo in posledično manjša pri končnem izdelku).

Šestan in sod. (2013) pa predlagajo naslednje ukrepe za zmanjšanje emisij formaldehidov:

- izpeljati ukrepe na ravni zakonodaje, stavb, materialov in sistemov;
- vzpostaviti zakonske zahteve, ki bi omejile ali v celoti prepovedale uporabo formaldehida v vseh gradbenih proizvodih in opremi;
- vzpostaviti zahteve, ki se nanašajo na označevanje vsebnosti formaldehida v proizvodu;
- usmeriti proizvodnjo v zdravju in okolju prijazne alternative, kot so izdelki brez vsebnosti formaldehida;
- stalen nadzor nad izdelki v vseh fazah življenjskega cikla;
- izbor gradbenih proizvodov in opreme, ki so nizko emisijski.

Na količino sproščenega formaldehida iz lesnih proizvodov v okolje vplivajo različni dejavniki, in eden izmed njih je poleg lastnosti materiala, relativne zračne vlažnosti, temperature, hitrosti izmenjave zraka ter drugih virov sproščanja formaldehidov tudi način obdelave materiala (Gornik Bučar in Medved, 2000), med katere prištevamo tudi brušenje.

Brušenje se v postopku izdelave kompozitov uporablja za izravnavanje površine, zmanjševanje hrapavosti in izenačitev debeline plošč. Poteka v zaključni fazi izdelave kompozitov, pred skladiščenjem.

Z brušenjem pa ne le izravnamo površino, temveč tudi dosežemo, da je le-ta primerna za nadaljnjo uporabo. Zahtevano gladkost površine, dosežemo z izbiro brusnega papirja ustrezne zrnatosti. »Brusilno sredstvo vsebuje zelo veliko delcev abraziva, ki so nepravilnih geometrijskih oblik, njihovi robovi pa so zelo ostri« (Vranjek, 2009).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

Za izvedbo eksperimenta smo uporabili komercialno dostopne iverne in vlaknene plošče. V obeh primerih smo uporabili nebrušene plošče.

3.1.1 Iverna plošča

Uporabili smo trislojno iverno ploščo za pohištveno uporabo. Za lepljenje je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo. Debelina plošč je bila 16 mm, gostota pa 650 kg/m³. Uporabili smo osem preskušancev dimenzij 400 mm x 50 mm x 16 mm.

3.1.2 Vlaknena plošča

Uporabljena je bila MDF plošča debeline 5 mm in gostote 750 kg/ m³. Za lepljenje je bilo uporabljeno urea-formaldehidno lepilo. Uporabili smo osem preskušancev dimenzij 400 mm x 50 mm x 5 mm.

3.2 METODE

3.2.1 Brušenje

Vse preizkušance, dimenzij 400 mm x 50 mm, smo ploskovno brusili z brusnimi papirji različnih zrnatosti. Za vsak tip papirja smo uporabili po dva preskušanca, izjema je bila le pri vlakneni plošči, kjer smo pri preskušancu E brusili zgolj en preskušanec (s papirjem zrnatosti 80). Po dva vzorca vsakega materiala (iverna plošča, vlaknena plošča), smo pustili nebrušena (kontrolni preskušanci). Preskušanci so prikazani na sliki 1. Za brušenje smo uporabljali papir zrnatosti: 40, 80 in 120. Brušenje je potekalo ročno, ter relativno enakomerno po vseh ploskvah, z odvzemom približno 1 mm.



Slika 1: Pripravljene vzorce za testiranje

3.2.2 Oblepljanje robov

Po brušenju je sledila obdelava robov. Cilj je bil preprečiti izhajanje formaldehida skozi robove preskušancev. Za zapiranje robov smo uporabili samolepilni ALU-trak, ki smo ga nalepili na rob plošče in ga obrezali s tapetniškim nožem ter ga tako čim bolj prilagodili robu preizkušanca.

3.2.3 Določanje emisij formaldehida s plinsko analizo

Za določanje emisij formaldehida iz vzorcev v naši raziskavi smo uporabili plinsko analizo.

Plinska metoda (slika 2) omogoča analizo preskušancev v velikosti 400 mm x 50 mm x debelina plošče, ki je nameščen v testno komoro preko katere prepihujemo zrak s stalno temperaturo (60 °C), pri vlažnosti zraka 2 ± 1 % ter pretoku zraka: 60 ± 3 l/min. Metoda je sorazmerno hitra (4 ure) (SIST EN 717-2).

Pri metodi posamezne preizkušance vstavljamo v komoro, ki je priključena na štiri pare pretočnih stekleničk (po dve povezani skupaj), napolnjenih s 30–40 ml destilirane vode, v katero se ujame emitiran formaldehid. Metoda za vsak preskušanec zahteva štiri ure časa, vsako uro pa se zrak iz komore z vzorcem izpihuje skozi en par pretočnih stekleničk.

Ko smo vstavili vzorec, smo zaprli neprodušna vrata, ki preprečujejo prehod zraka skozi vrata ter omogočajo izločanje formaldehida le skozi pretočne stekleničke. Po štirih urah smo preizkušanec vzeli iz komore, vsebino iz pretočnih stekleničk pa prelili v volumetrične stekleničke in merilne bučke, ter jih dopolnili z destilirano vodo do količine 250 mL.



Slika 2: Komora za plinsko analizo s pretočnimi stekleničkami

Ko so bile napolnjene volumetrične stekleničke z vsebino enega preizkušanca, smo jih postavili v temen prostor (omarico) in nadaljevali s testiranjem. Naslednji korak testiranja je bil spektrofotometrija. Za vsakega preskušanca smo pripravili po 5 epruvet (slika 3): eno za t. i. slepo probo ter štirikrat po eno epruveto za vsako uro testiranja. V epruveto za slepo probo smo odpipetirali 10 ml amonijevega acetata, 10 ml acetil acetona ter 10 ml destilirane vode. Ostale epruvete smo napolnili z enakimi kemikalijami, namesto destilirane vode pa dodali tekočino iz volumetričnih stekleničk oz. merilnih bučk.



Slika 3: Polnjenje epruvet za spektrofotometrijo

Epruvete smo za 15 minut postavili v sušilnik na temperaturo 40 °C in za 60 minut v temen prostor s temperaturo med 20 in 25 °C . Nato smo iz vsake od njih odpipetirali po 3 ml

tekočine in jo vbrizgali v kivete, ki smo jih posamično vstavili v spektrofotometer (slika 4) in izmerili absorpcijo pri nastavljeni valovni dolžini 412 nm.



Slika 4: Spektrofotometer

Iz dobljenih podatkov absorpcije smo izračunali urne emisije formaldehida po naslednji enačbi:

$$G_1 = \frac{(A_S - A_B) * f * V}{F} \quad \dots(1)$$

A_S ... absorpcija ekstrahirane raztopine [mg/ml]

A_B ... absorpcija slepe probe [mg/ml]

f ... naklon standardne krivulje v mg/ml [mg/ml]

V ... volumen tekočine [ml]

F ... površina [m²]

I ... emisija določena po 1., 2., 3. in 4. uri [mg m⁻² h⁻¹]

Povprečno vrednost emisije formaldehida pa smo izračunali po naslednji enačbi emisije po plinski metodi:

$$G_m = \frac{(G_1 + G_2 + G_3 + G_4)}{4}$$

3.2.4 Določanje vsebnosti vlage

Vsebnost vlage smo določili po standardu SIST EN 322. Uporabili smo gravimetrično metodo, ki temelji na razliki mase preizkušanca pred in po sušenju do konstantne mase. Vsak preizkušanec posebej smo stehali z digitalno tehtnico na dve decimalki natančno,

nato pa jih dali v sušilno komoro na temperaturo 103 ± 2 °C, kjer smo jih sušili do konstantne mase. Preverjali smo jih vsakih 6 ur in jih vzeli iz sušilnika po 24 urah, ko ni bilo več nobene spremembe mase oz. je le-ta znašala manj kot 0,1 %.

Vlažnost preizkušancev smo izračunali po naslednji enačbi:

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} * 100 \quad \dots(2)$$

H ... vlažnost lesa [%]

m_H ... masa pred sušenjem [g]

m_0 ... masa po sušenju [g]

4 REZULTATI

V preglednici 3 so prikazane povprečne vrednosti emisij formaldehida in vlažnosti iverne plošče. Kot lahko vidimo, je emisija formaldehida najvišjo vrednost dosegla pri vzorcih, brušenih z brusnim papirjem zrnatosti 40, najmanjša emisija pa je bila dosežena pri vzorcih, brušenih z brusnim papirjem zrnatosti 120. Pri vrednostih vlažnosti posameznih preskušancev ne prihaja do večjih odstopanj, temveč so le-te približno iste. Ugotavljamo pa, da bolj kot je gladka površina, preskušancev, manjša je njihova vlažnost.

Preglednica 3: Iverna plošča

VZORCI	POVPREČNA EMISIJA FORMALDEHIDA [$\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$]	POVPREČNA VLAŽNOST VZORCEV [%]
NEBRUŠENI	0,717	5,6
BRUŠENI 40	0,733	5
BRUŠENI 80	0,546	4,9
BRUŠENI 120	0,350	4,8

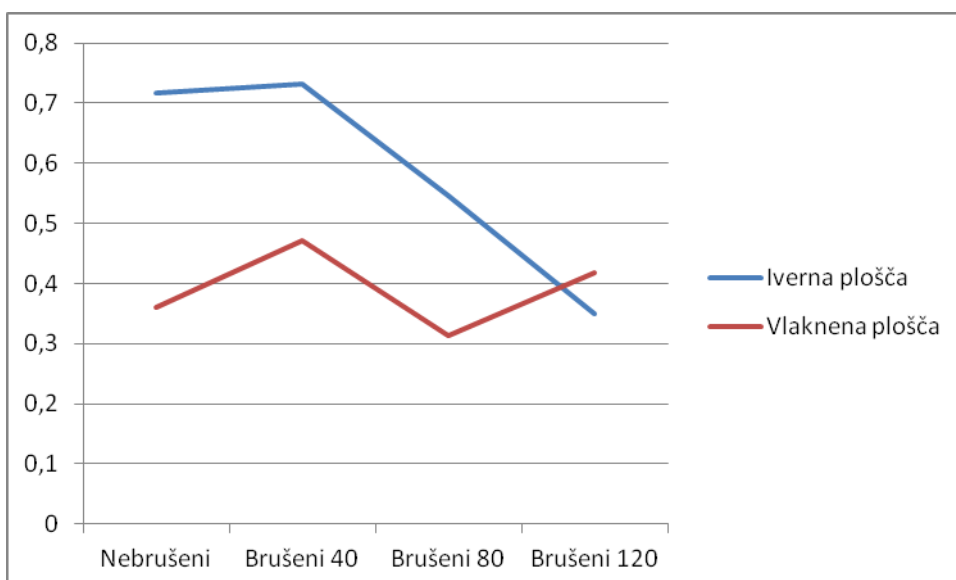
Tudi pri vlaknenih ploščah lahko opazimo podoben trend kakor pri ivernih ploščah (preglednica 4). Največja emisija je bila ugotovljena pri preskušancih, brušenih z brusnim papirjem zrnatosti 40, medtem ko je bila najnižja vrednost emisije formaldehida zabeležena pri preskušancu, ki smo ga brusili z brusnim papirjem zrnatosti 80.

Preglednica 4: Vlaknena plošča

VZORCI	POVPREČNA EMISIJA FORMALDEHIDA [$\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$]	POVPREČNA VLAŽNOST VZORCEV [%]
NEBRUŠENI	0,360	5,1
BRUŠENI 40	0,472	4,8
BRUŠENI 80	0,313	4,2
BRUŠENI 120	0,418	3,2

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

S pomočjo raziskave o vplivu zrnatosti brusnega papirja na emisijo formaldehida iz ivernih in vlaknenih plošč, smo prišli do ugotovitev, da so emisije formaldehida večje pri brušenju kompozitov z brusnimi papirji manjše zrnatosti, kar lahko vidimo tudi na sliki 5. Manjša zrnatost brusnega papirja namreč pomeni, da so na podlago brusnega sredstva pritrjeni večji delci abraziva, ki povzročajo globlje raze, medtem ko se pri večji zrnatosti brusnega papirja površina sooča z več manjšimi abrazivnimi delci, ki povzročajo plitvejše raze. Ob povezavi omenjene zgradbe in učinkovitosti brusnega papirja ter dejstvu, da količina prostega formaldehida od zunanjih slojev proti sredinskemu sloju narašča, pridemo do zaključka, da brušenje z brusnimi papirji manjše zrnatosti poleg večjih raz in manj gladke površine povzroča tudi večje emisije formaldehida.



Slika 5: Povprečna emisija formaldehida

Tako pri testiranju vzorcev iz iverne, kot tudi iz vlaknene plošče, so bile največje emisije formaldehida dosežene pri brušenju z brusnim papirjem zrnatosti 40 (najmanjša zrnatost, ki smo jo uporabili), kar potrjuje zgoraj opisano korelacijo med zrnatostjo brusnega papirja, površino plošč in izhajanjem prostega formaldehida. Z večanjem zrnatosti so emisije formaldehida pri ivernih ploščah postopoma upadale, tako da smo najmanjše emisije beležili pri vzorcih brušenih z brusnimi papirji zrnatosti 120. Pri vlaknenih ploščah smo za spremembo kot pri ivernih ploščah beležili največji upad emisije formaldehida pri brušenju z zrnatostjo 80, nato pa se je količina emisij pri brušenju z brusnimi papirji zrnatostjo 120 spet nekoliko povečala, vendar ni presegala nivoja emisij pri brušenju z zrnatostjo 40.

Brušenje z brusnimi papirji zrnatosti 40 je povečalo oziroma vzpodbudilo emitiranje formaldehida zaradi bolj odprte in sveže površine plošč, kljub temu da smo jih za razliko

od nebrušenih plošč nekoliko zgladili. Pri nebrušenih ploščah smo mnenja, da so emisije formaldehida manjše kot pri ploščah brušenih z brusnim papirjem z znatosti 40 zaradi stika gradnikov na površini z grelnimi telesi stiskalnic v fazi izdelave plošč, katerih visoke temperature povzročajo in pospešujejo emitiranje formaldehida že v času izdelave. Površina se je v času skladiščenja in transporta tudi nekoliko postarala, kar je tudi morda pripomoglo k zmanjšanju prostega formaldehida v površinskih slojih vzorcev in tako slabilo difuzijski tok prostega formaldehida iz sredine plošč navzven, kar potrjuje tudi dejstvo, da emisije formaldehida s časom upadajo.

5.1 SKLEPI

Sklepi, ki smo jih dognali v postopku plinske analize in celotnega procesa merjenja emisij formaldehida, so naslednji:

- z grobimi brusnimi papirji (granulacije 40) dosežemo večje emisije formaldehida, kot pri nebrušenih ploščah (velja za iverne in vlaknene plošče);
- pri nebrušenih ploščah se je večina prostega formaldehida iz površine plošč že izločila med postopkom izdelave plošč, pri stiku z grelnimi telesi (stiskalnica), kar je povzročilo hipno izhlapevanje formaldehida in oteževanje njegovega prehoda iz sredine plošč navzven zaradi prekinitve tako imenovanega difuzijskega toka prostega formaldehida;
- z zviševanjem znatosti brusnega papirja (40 +) dosežemo upadanje emitiranja formaldehida (velja za iverne plošče);
- bolj gladka površina pomeni manjše emisije formaldehida in obratno (velja za iverne plošče);
- brušenje z brusnimi papirji z znatosti 80 obdrži emisije formaldehida pri vlaknenih ploščah na približno isti ravni kot pri nebrušenih ploščah, nato pa se z večanjem znatosti brusnega papirja višajo tudi emisije formaldehida;

Če želimo zmanjšati emisijo formaldehida že v samem postopku izdelave ivernih in vlaknenih plošč in se tako izogniti večjemu emitiranju pri porabnikih, je smotrno tako iverne kot tudi vlaknene plošče brusiti z brusnimi sredstvi s čim manjšo znatostjo, do mere, ki je tehnološko sprejemljiva za nadaljnjo obdelavo in predelavo.

Če pa želimo emitiranje prostega formaldehida čim bolj zadržati, pa moramo pri izdelavi ivernih plošč uporabljati brusne papirje z čim večjo znatostjo, vendar do mere, ki je še tehnološko sprejemljiva, pri izdelavi vlaknenih plošč pa je po rezultatih sodeč najbolj smotrno uporabljati brusne papirje z znatosti 80, saj tako pri višji, kot nižji znatosti dosegamo večje emisije formaldehida.

6 VIRI

- Bowyer J. L., Shmulsky R., Haygreen J. G. 1989. Forest Products And Wood Science: An Introduction. Ames, Iowa State University Press: 554 str.
- Gornik Bučar D., Sergej M. 2000. Ugotavljanje prostega formaldehida v lesnih tvorivih. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 63; 27–46
- Jamšek M., Šarc L. 2007. Nevarne kemikalije: simptomi in znaki, prva pomoč in zdravljenje zastrupitev. Priročnik. Ljubljana, Ministrstvo za zdravje, Urad RS za kemikalije: 657 str.
- Maloney T. M. 1977. Modern Particleboard And Dry-Process Fiberboard Manufacturing. San Francisco, Miller Freeman Publications, Inc.: 672 str.
- Marutzky R. 1989. Release of Formaldehyde by Wood Products. V: Wood Adhesives – Chemistry and Technology, Volume 2. Pizzi A. (ur.) New York, Marcel Dekker, inc.: 307–374.
- Medved S. 2008. Laminatne talne obloge, formaldehid. Korak, 9, 6: 35-38
- Medved S. 2010. Vlkninska in iverna lesna tvoriva – laboratorijske vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/smedved/gradivo-uni/2010/VILT_-_Vaje_2010.pdf (12. feb. 2016)
- NIH – National Cancer Institut, 2011. Formaldehyde and Cancer Risk. <http://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/formaldehyde/formaldehyde-fact-sheet> (16. feb. 2016)
- Pirkmaier S. 1998. Formaldehid v ploščah, pohištvu in okolju. Izbrana poglavja iz predmeta »Vlkninska in iverna lesna tvoriva«. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Popravek odločbe komisije 2009/894/ES z dne 30. novembra 2009 o določitvi okoljskih meril za podelitev znaka Skupnosti za okolje za leseno pohištvo. 2011. Ur. l. EU. Št. 209/62.
- Sašek D. 2012. Vpliv vlažnosti lesnih plošč na emisijo formaldehida. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 27 str.

Šestan P., Kristl Ž., Dovjak M. 2013. Formaldehid v grajenem okolju in možen vpliv na zdravje ljudi. Gradbeni vestnik, 62: 190–203

Vranjek M. 2009. Površinska obdelava in zaščita lesa. Ljubljana, Zavod IRC: 64 str.