

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen PURKART

**VPLIV VRSTE LESA NA EMISIJE FORMALDEHIDA
IZ TRISLOJNE IVERNE PLOŠČE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Klemen PURKART

**VPLIV VRSTE LESA NA EMISIJE FORMALDEHIDA IZ TRISLOJNE
IVERNE PLOŠČE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**IMPACT OF WOOD SPECIES ON FORMALDEHYDE EMISSION
FROM THREE-LAYER PARTICLEBOARD**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek dodiplomskega visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelka za lesarstvo.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval doc. dr. Sergeja Medveda in za recenzenta izr. prof. dr. Milana Šerneka.

Mentor: doc. dr. Sergej Medved

Recenzent: izr. prof. dr Milan Šernek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Klemen Purkart

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 630*862.2
- KG drevesne vrste/lesne plošče/iverne plošče/lepilo/formaldehid
- AV PURKART, Klemen
- SA MEDVED, Sergej (mentor)/ŠERNEK, Milan (recenzent)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2012
- IN VPLIV VRSTE LESA NA EMISIJE FORMALDEHIDA IZ TRISLOJNE IVERNE PLOŠČE
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP VIII, 26 str., 2 sl., 8 pregl., 17 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Emisija formaldehida iz lesnih plošč je primarno posledica rabe polikondenzacijskih lepil na osnovi formaldehida. Raziskovali smo vpliv vrste lesa na izhajanje prostega formaldehida. Iz 4 drevesnih vrst smo naredili trislojne iverne plošče in jim nato preko steklenične metode izmerili vsebnost emisije prostega formaldehida. Uporabili smo naslednje drevesne vrste: bukev (*Fagus Sylvatica*), hrast (*Quercus robur*), smreko (*Picea Abies*) in vrbo (*Salix Alba*). Kot testna oziroma kontrolna plošča je bila uporabljena plošča, pripravljena iz industrijskega iverja. Ugotovili smo, da se z ustrezno vrsto lesa količina emitiranega formaldehida zmanjša. Vzrok za to so polifenolne snovi, kot so ekstraktivi, lignin in tanin. Z mešanjem različnih vrst lesa v industrijsko pripravljenem iverju pa dosežemo nizko emisijo formaldehida ter dobre mehanske in fizikalne lastnosti.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC UDC 630*862.2

CX wood species/wood based panels/particleboard/glue/formaldehyde

AU PURKART, Klemen

AA MEDVED, Sergej (supervisor)/ŠERNEK, Milan (reviewer)

PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

PY 2012

TY IMPACT OF WOOD SPECIES ON FORMALDEHYDE EMISSION FROM THREE-LAYER PARTICLEBOARD

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO VIII, 26 p., 2 fig., 8 tab., 17 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Free formaldehyde emission from wood based panels is the result of polycondensation glues. We studied the impact of wood species on the leakage of free formaldehyde. We made three-layer particleboards from 4 wood species, and then through WKI method measured the emission of free formaldehyde. We used the following tree species: beech (*Fagus sylvatica*), oak (*Quercus robur*), spruce (*Picea abies*) and willow (*Salix alba*). As a test or control panel we used the panel prepared from industrial particles. The appropriate wood species reduce the amount of formaldehyde emitted; the reason being polyphenolic substances such as extracts, lignin and tannin. By mixing the different wood species in industrially prepared panels, low emission of formaldehyde and good mechanical and physical properties are achieved.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VI
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	1
1.2 OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.3 CILJI NALOGE	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 FORMALDEHID V PLOŠČAH	3
2.1.1 Značilnosti formaldehida	3
2.1.2 Zdravstveni vidiki	5
2.1.3 Področje uporabe v lesarstvu	5
2.1.4 Načini zniževanja prostega formaldehida v lesarstvu	6
2.2 KEMIJSKE LASTNOSTI LESA	8
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 MATERIALI	9
3.1.1 Iveri	9
3.1.2 Lepilo	9
3.1.3 Trdilec	9
3.2 METODE DELA	10
3.2.1 Izdelava iverja – iverjenje	10
3.2.2 Izračuni za izdelavo ivernih plošč	10
3.2.3 Oblepjanje	11
3.2.4 Natresanje	11
3.2.5 Stiskanje	11
3.2.6 Kondicioniranje	11
3.2.7 Razrez	12
3.2.8 Določanje vlage in gostote	12
3.2.9 Določanje prostega formaldehida	12
4 REZULTATI	16
4.1 VLAŽNOST PRESKUŠANCEV	16
4.2 UGOTAVLJANJE GOSTOTE PLOŠČ	17
4.3 MERJENJE VSEBNOSTI PROSTEGA FORMALDEHIDA	18
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	19
5.1 RAZPRAVA	19
5.2 SKLEPI	22
6 POVZETEK	23
7 VIRI	25
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO SLIK

Slika 1: Skica čaše za absorbcijo prostega formaldehida v vodni raztopini po steklenični metodi.....	13
Slika 2: Spektrofotometer.....	14

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Emisijski razredi ivernih plošč glede na ppm in perforator vrednosti (Pirkmaier, 1998).....	6
Preglednica 2: Osnovni podatki za vse tipe plošč.....	10
Preglednica 3: Izračun materiala za plošče.....	11
Preglednica 4: Povprečna gostota, vsebnost vlage in formaldehida v proučevanih ploščah...	16
Preglednica 5: Vlažnost preskušancev v %	16
Preglednica 6: Povprečna gostota preskušancev	17
Preglednica 7: Povprečne vrednosti vsebnosti prostega formaldehida	18
Preglednica 8: Kemijske sestavine in formaldehid glede na drevesno vrsto	20

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izmerjene in izračunane gostote plošč posameznih drevesnih vrst.

1 UVOD

1.1 NAMEN DELA

Formaldehid je organska kemijska spojina, ki se v naravi nahaja vsepovsod in je prisoten v koncentracijah okoli 0.1 ppm (delov formaldehida na milijon delov zraka). Je monoaldehid, plin brez barve ter ostrega vonja. Dobro se topi v vodi in ima vrelišče pri $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter sodi med lahkohlapne organske spojine. Sproščeni formaldehid iz materialov onesnažuje okolje, povzroča težave pri dihanju, draži kožo in sluznico ter povzroča raka. V lesarski panogi se pri proizvodnji ivernih plošč zaradi uporabe lepil na osnovi formaldehida sprošča prosti formaldehid. Do emisije prostega formaldehida pride zaradi presežka prostega formaldehida, ki je potreben za proces kondenzacije lepila. Formaldehid je ujet v obliki plina v samem lepilnem spoju in v lesnih celicah – od tu počasi izhaja v okolico. Formaldehid lahko pri vrednosti nad 7 mg/m^3 povzroči rakavost (IARC, 2004). Pri lesenih ploščah so se te vrednosti od začetka uporabe do zdaj izrazito zmanjšale. V sedemdesetih letih so bile vrednosti prostega formaldehida večje od 3 ppm ($0,1\text{ ppm} = 0,124\text{ mg/m}^3$), zdaj pa so manjše od 0,1 ppm. V lesu nastali formaldehid variira glede na lesno vrsto in je na splošno večji v mehkih lesovih, toda vedno ostane v manjših koncentracijah pod $1\text{ mg}/100\text{ g}$ (EN 120). Prav zaradi tega formaldehida, ki je že v lesu, tako imenovana »nična emisija« ni dosegljiva z današnjo predelovalno tehnologijo. Ker je prosti formaldehid v lesnih izdelkih predmet stalne kontrole, se v proizvodnji lesnih plošč trudijo znižati vsebnost formaldehida v ploščah. Na samo količino sproščenega formaldehida pa poleg vrste lepila, vsebnosti vlage v plošči, relativne zračne vlažnosti in temperature okolja vpliva tudi vrsta lesa.

Vpliv vrste lesa na emisijo prostega formaldehida se kaže predvsem preko vpliva komponent, kot so hemiceluloze-polioze, tanin, lignin in ekstraktivi. Te komponente so namreč sposobne vezave formaldehida nase. Les lahko vsebujejo tudi posebne kemijske strukture, kot so fenoli, ki so sposobne zmanjševati emisije formaldehida iz lesnih plošč. Prav tako pa je v lesu že manjša količina formaldehida, ki variira v odvisnosti od lesne vrste in lokacije znotraj drevesa. Poleg kemijskih sestavin dokazano vpliva na emisijo prostega formaldehida tudi velikost ivernih delcev in vlažnost iverja oziroma plošče (Medved, 2008).

1.2 OPREDELITEV PROBLEMA

V lesnih ploščah so zaradi samih lastnosti plošče iveri različnih vrst lesa. Od stanja na trgu lesne surovine pa je odvisno, kakšna je sestava lesne plošče. Zaradi tega tudi prihaja do odstopanja vsebnosti formaldehida – za kar pa ne vemo razloga.

1.3 CILJ NALOGE

Cilj naloge je ugotoviti vpliv uporabljene vrste lesa na vsebnost prostega formaldehida v lesnih ploščah. Zaradi zagotavljanja relevantnosti rezultatov in primerjave med posameznimi drevesnimi vrstami in njihovimi biološkimi, fizikalnimi, kemijskimi lastnostmi so bili parametri in pogoji pri izdelavi plošč enaki za vse vrste lesa.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 FORMALDEHID V PLOŠČAH

V lesarstvu se pri izdelavi lesnih tvoriv večinoma uporablja lepila, ki že vsebujejo večjo ali manjšo količino formaldehida. Predvsem polikondenzacijska lepila vsebujejo večjo količino formaldehida, ki se porabi pri samem procesu kondenzacije. Tukaj pa nastane »problem«, saj ta presežek formaldehida emitira v okolje. Do nastanka oziroma sproščanja formaldehida prihaja tudi pri dodatnem segrevanju ali spremembi vlažnosti med stiskanjem lesnih tvoriv. To ustvarjanje dodatnega formaldehida v že utrjenem lepilu imenujemo hidroliza. Na ustvarjanje formaldehida vpliva tudi sprememba pH vrednosti.

2.1.1 Značilnosti formaldehida

O formaldehidu je prvi poročal ruski kemik Butlerov (1828–1886), vendar ga je dokončno opisal nemški kemik von Hofmann. Formaldehid se industrijsko proizvaja s katalitsko oksidacijo metanola. Najbolj pogosti katalizatorji so srebro ali mešanica železovih, molibdenovih in vanadijevih oksidov.

V najbolj pogosto uporabljenem FORMOX postopku metanol in kisik reagirata pri približno 250–400 °C v navzočnosti železovega oksida ali železa, ki je v kombinaciji z molibdenom ali vanadijem (Formaldehid, 2012). FORMOX postopek poteka v skladu z naslednjo kemijsko enačbo:



Katalizator na bazi srebra deluje na višji temperaturi, približno 650 °C. Dve kemijski reakciji, ki delujeta na srebro, tako istočasno proizvajata formaldehid (Formaldehid, 2012).



Načeloma je formaldehid lahko proizveden tudi z oksidacijo metana, vendar ta način ni industrijsko izvedljiv, ker formaldehid lažje oksidira kot metan. Formaldehid ima enostaven kemizem, njegova empirična formula je CH₂O ali CHOH, struktura pa sledeča:



Pod normalnimi pogoji je formaldehid brezbarven in dražeč plin. Je gorljiv in tvori z zrakom lahko eksplozijsko mešanico. V vodi, alkoholu in drugih polarnih topilih je dobro topen. Pri temperaturi 150 °C razpade na metanol in ogljikov monoksid, tudi pri atmosferskih pogojih je njegova stabilnost omejena. Koncentracija formaldehida je v zunanjem ozračju navadno občutno manj kot 0,1 ppm. Precejšen delež tega formaldehida je posledica izpušnih plinov v prometu, zlasti v velikih mestih, tvori pa se lahko tudi z oksidacijo metana v troposferi brez človeškega vpliva (Pirkmaier, 1988). Do emisije prostega formaldehida iz iverne plošče pride zaradi presežka prostega formaldehida, ki je potreben za proces kondenzacije lepila. Ta formaldehid je ujet v obliki plina v lesnih celicah, iz katerih počasi izhaja v okolico.

Pri hidrolizi, ki jo sprožimo z dovajanjem dodatne toplote ali spreminjanjem vlažnosti in pH, pride do nastanka dodatnega formaldehida v utrjenem filmu (Medved, 2002). V lesarski panogi se formaldehid pojavlja med izdelavo lesnih tvoriv.

Med izdelavo se namreč uporablja lepila, ki vsebujejo formaldehid, ki sodeluje pri procesu kot utrjevalec. Pri kondenzacijskih lepilih, kot so: urea-formaldehidna (UF), melamin-formaldehidna (MF), melamin-urea-formaldehidna (MUF) in fenol-formaldehidna (FF) je formaldehid pomembna spojina, ki sodeluje pri reakciji utrjevanja lepila. V lesnih ploščnih kompozitih je formaldehid v različnih stanjih: kot monomerni formaldehid, ki je ujet v praznem prostoru ali absorbiran v lesu; kot monomerni formaldehid, z vodikovo vezjo vezan na les; kot polimerni trdni formaldehid in kot prosti formaldehid, ki se pri hidrolizi takoj odcepi in emitira.

Med utrjevanjem 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 metilol skupin v neutrnem UF lepilu. Vsebnost teh skupin pa narašča z naraščanjem pH reakcije. Če temperatura in pH reakcije naraščata, narašča tudi količina formaldehida, ki emitira v okolico (Shin Tohmura in sodelavci, 2000). Med procesom staranja je metilolnih skupin, dimetilenetrskih vezi in razvejenih metilenskih vezi vse manj, količina formaldehida se znižuje in počasi postane bolj ali manj konstantna (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 izhaja 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 prenizko pH-vrednostjo lepila oziroma iverja. Formaldehid se pojavlja tudi kot naravni produkt, ki ga najdemo v večini sistemov in okolju. Poleg teh naravnih virov poznamo še industrijske, ki so: emisija vozil, proizvodnja ivernih plošč in podobnih gradbenih materialov, preproge, barve in laki, tobačni dim in razkužila. Ravni formaldehida v zraku so na splošno nižje 0,001 mg/m³ v oddaljenih kmetijskih območjih in pod 0,02 mg/m³ v urbanem mestnem okolju. Vsebnosti formaldehida v zraku zaprtih stanovanjskih objektih so običajno 0,02–0,06 mg/m³. Naravna koncentracija v krvi ljudi in sesalcev je 3mg/kg. V nekaterih celicah človeškega telesa pa lahko doseže do 12 mg/kg (About Formaldehyde, 2012).

2.1.2 Zdravstveni vidiki

Pri ljudeh so dokazana draženja sluznice in nekatere alergije. Po pomoti zaužit formaldehid pa lahko povzroči tudi smrt. S povprečno količino formaldehida v ozračju pride do draženja oči, nosne votline in dihalnih poti. Do draženja prihaja že pri koncentracijah večjih od 0,1 ppm, kot posledica kontakta lahko prihaja na koži do alergij, ki se odražajo kot ekcemi in dermatoze (Pirkmaier, 1988). Visoke koncentracije formaldehida lahko privedejo do napadov pri ljudeh z astmo. Zato Svetovna zdravstvena organizacija priporoča, da nivo formaldehida ne sme presegati 0,05 ppm (An introduction to ..., 2012).

2.1.3 Področje uporabe v lesarstvu

Formaldehid se na področju lesarstva uporablja predvsem v lepilih, smolah za papir in lak, trdilcih, topilih in vezivih za brusne papirje.

Urea-formaldehidno lepilo se v pretežni meri uporablja v industriji lesnih plošč (ivernih, vlaknenih, vezanih, ...), proizvodnji ploskovnega in masivnega pohištva. Vsa lesna podjetja v Sloveniji, Evropi in drugod po svetu si želijo znižati vsebnost formaldehida v ploščah. V to jih »silijo« tudi zahteve večjih kupcev (Ikea, Habitat, ...), pritiski javnosti in ekoloških organizacij. V zadnjem času pa se pojavlja zahteva po še manjši vsebnosti formaldehida in ploščah $E_{1/2}$ oziroma E_0 . V proizvodnji lesnih izdelkov je zato potrebno vsebnost formaldehida v lesnih ploščah tudi redno preverjati. Iverne plošče razvrščamo v tri emisijske razrede, ki so bili v Evropi sprejeti leta 1980 glede na sproščanje prostega formaldehida.

Preglednica 1: Emisijski razredi ivernih plošč glede na ppm in po perforator vrednosti (Pirkmaier, 1998)

Emisijski razred	Emisija HCHO v ppm*	Perforator vrednost EN 120**
E_1	0,1	10
E_2	0,1 do 1,0	10 do 30
E_3	1,0 do 2,3	30 do 60

* 1 ppm = 1,2 mg formaldehida v 1m^3 zraka

** mg formaldehida/100 g atro plošče

V Evropi je dovoljena zgolj uporaba plošč, ki sodijo v E_1 emisijski razred.

2.1.4 Načini zniževanja prostega formaldehida v lesarstvu

Področja lesne industrije, kjer se lahko omejuje količino prostega formaldehida, lahko razdelimo na:

- proizvodnjo ustreznih lepil za proizvodnjo lesnih plošč,
- zniževanje prostega formaldehida v proizvodnji plošč,
- zniževanje prostega formaldehida pri pohištvu.

Danes proizvajamo čista in modificirana UF lepila, s katerimi lahko proizvajamo plošče tipa E1 (emisijski razred) ali še nižje s kasnejšim tehnološkim postopkom. Posledica nizkega molarnega razmerja med urea in formaldehidom je manjša reaktivnost lepila, kar lahko privede do podaljšanih časov stiskanja in slabših lastnosti. Boljše rezultate dosegamo z modificiranimi UF lepili.

Znižanje prostega formaldehida v proizvodnji lesnih plošč pa lahko dosežemo z uporabo lepil, ki imajo nižji delež formaldehida oziroma so brez njega, z ustreznim uravnavanjem parametrov v tehnološkem procesu, dodajanjem lovilcev formaldehida v fazi sušenja iverja in oblepljanja iverja ter naknadno obdelavo plošč. Med samim tehnološkim postopkom pa vplivajo na zniževanje prostega formaldehida naslednji elementi: vrsta lesa, vlaga iverja in plošč, vrsta in količina trdilca, čas in temperatura stiskanja ter pogoji ohlajevanja (Medved, 2008).

Za doseganje nizkih emisij formaldehida iz pohištvenih elementov oziroma pohištva v bivalnih prostorih pa je pomembno naslednje:

- ustreznost osnovne plošče (emisijski razred E₁ ali nižje),
- ustreznost lepil za furniranje (nizko molarne razmerje med formaldehidom in ureo), količina nanesenega lepila in temperatura stiskanja,
- ustreznost furnirjev in ustreznost lakov (suha snov in nanos),
- zapiranje površin elementa (furnir in papir),
- število in velikost izvrtin na elementu in zapiranje robov plošče,
- z vlažnostjo iverja (višja vlažnost → več formaldehida izhaja že med stiskanjem),
- z lovilci prostega formaldehida (silikati, lignosulfonati,...).

Papirji impregnirani z aminoplastnimi smolami, ki jih uporabljamo za oplemenitenje plošč, ne sproščajo formaldehida niti ga ne prepuščajo (Pirkmaier, 1988).

2.2 KEMIJSKE LASTNOSTI LESA

Če gledamo lesne komponente, ima lignin dokazano višjo emisijo formaldehida kot celuloza in hemiceluloza. Iglavci imajo višjo vsebnost lignina (30 %) in nižjo vsebnost hemiceluloze (25 %). Listavci pa imajo višjo vsebnost hemiceluloz (30-35 %) in nižjo vsebnost lignina (20 %). Mehki in trdi lesovi se razlikujejo tudi v različni količini ekstraktivov (Gorišek, 2005).

Neorganske snovi ne vplivajo direktno na emisijo formaldehida iz lesa. Vsaka drevesna vrsta ima svoje značilne emisije formaldehida zaradi svoje obstoječe kemične sestave. Lignin sprošča bistveno več formaldehida kot ogljikovi hidrati (Roffael, 2006). Celuloza v lesu je visoko kristalična, s 65 % območij, ki imajo kristalno obliko, ostala področja so amorfnost – z nižjo gostoto. Celuloza dokazano emitira le minimalno količino formaldehida (Schafer, Roffael, 2006). Tudi pri dvigu temperature do 150 °C ni opaziti vpliva na emisijo formaldehida. Pentoze pri višji temperaturi oddajajo veliko več formaldehida kot škrob in celuloza.

Rezultati raziskave, ki sta jo opravila Schafer in Roffael (2000), so pokazali, da ekstraktivi po eni strani sproščajo formaldehid, po drugi strani pa delujejo kot nekakšen zbiralnik za formaldehid, narava vpliva pa je odvisna od kemijske sestave.

Roffael (1977) je opisal potencial hidrolitičnih procesov, ki vodijo v nastajanje formaldehida zaradi degradacije lignina in hemiceluloz. Termično povzroča nastanek mravljinčne in očetne kisline, ki sta odgovorni za de-lignifikacijo. Dve poziciji znotraj lignina sta nagnjeni k ločevanju lignina pod kislimi pogoji:

1. stranske verige enot, ki vsebujejo primarni alkohol in temeljijo bodisi na retro-aldol ali retro-prins reakciji in
2. karbonilne skupine v β -položaju.

Vse opisane reakcije imajo skupno to, da transformacija metilnih alkoholnih skupin vodi v nastajanje formaldehida. Nižje emisije formaldehida iz plošč, narejenih pretežno iz jedrovine, so v primerjavi z ploščami iz beljave dobro dokumentirane (Lelis, 1993; Lelis, 1994, Dix in Roffael 1996, 1997). Tako sta Lelis in Roffael (1995) dokazala višjo reaktivnost formaldehida z jedrovino zelene duglazije (*Pseudotsuga menziesii*) v primerjavi z beljavo.

3 MATERIALI IN METODE

V laboratorijskih pogojih smo izdelali pet ivernih plošč, in sicer iz iverja smreke, hrasta, bukve, vrbe ter industrijskega iverja. Iz plošč smo izžagali preizkušance velikosti 50 × 50 mm za določanje emisije formaldehida po steklenični metodi.

3.1 MATERIALI

3.1.1 Iveri

Iz proizvodnje ivernih plošč Otiški vrh smo dobili industrijsko pripravljeno iverje, ki je sestavljeno iz 75 % iglavcev in 25 % listavcev. Poleg tega smo v laboratoriju z mletjem lesa naredili še iveri iz smreke (*Picea abies* Karst.), hrasta (*Quercus robur*), bukve (*Fagus sylvatica* L.) in vrbe (*Salix alba*), pri kateri se je zmlelo tudi lubje.

3.1.2 Lepilo

Iz tovarne Melamin Kočevje smo dobili melamin-urea-formaldehidno lepilo Meldur H97, ki se uporablja za termično lepljenje lesa za vodoodporne izdelke E-1 emisijskega razreda. Fizikalno kemijske lastnosti:

- videz: mlečno bela tekočina,
- suha snov: 63 +/- 2 %,
- viskoznost (DIN EN ISO 2431): 80–200 sekund,
- prosti formaldehid: max. 0,5 %,
- pH: 9,2–9,5,
- stabilnost pri 20 °C: 2 meseca.

3.1.3 Trdilec

Kot trdilec oziroma utrjevalec smo uporabili 20 % raztopino amonijevega sulfata.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Izdelava iverja – iverjenje

Svež les, ki smo ga dobili iz žagarskega obrata, smo zmleli v laboratorijskem mlinu za pomlevanje Condux LT 61. Dobljeno iverje smo nato položili na pločevino in ga 1 teden sušili pri temperaturi 20 °C in relativni zračni vlažnosti 65 %. Iz proizvodnje ivernih plošč Otiški vrh smo dobili industrijsko pripravljeno iverje, ki smo ga dali v sušilnik in sušili 24 ur pri 70 °C. Pri tej temperaturi pa smo dodatno sušili tudi laboratorijsko izdelano iverje. Sušili smo ga na vsebnost vlage 4 ± 1 %.

3.2.2 Izračuni za izdelavo ivernih plošč

Količine potrebnega materiala so podane v preglednici 2 in 3 .

Preglednica 2: Osnovni podatki za vse tipe plošč

Osnovni podatki	Količine / vrednosti
Dolžina plošče (L)	50 cm
Širina plošče (B)	50 cm
Debelina plošče (D)	1,6 cm
Vlaga plošče (u)	8 %
Koncentracija PE	60 %
Koncentracija trdilca	20 %
S.S. lepilne smole	80 %
Prostorninska masa plošče	0,650 g/cm ³
Delež lepila	10 %

Preglednica 3: Izračun materiala za plošče

Material	Material za eno ploščo (g)
Iverje	3075,83
Lepilo	267,93
Parafin	0,00
Utrjevalec	32,74
Voda	191,6
Vsota	3568,1

3.2.3 Oblepjanje

V laboratorijskem stroju za oblepljanje Lodige LT 64 smo oblepili iverje. V boben za oblepljanje smo vsuli iverje ter počasi dodajali lepilno mešanico s pomočjo stisnjenega zraka, s čimer smo dosegli boljši in enakomernejši nanos lepila na specifično površino iverja in skorje. Mešanje iverja in lepila traja približno 10 minut. Po mešanju se mešanico strese iz bobna v zbirno posodo. Postopek oblepljanja in mešanja se ponovi za vsako vrsto iverja.

3.2.4 Natresanje

Oblepljeno iverje iz zbirne posode se strese na pločevino, okoli katere je lesen okvir dimenzij 50 × 50 cm.

3.2.5 Stiskanje

Iverno pogačo smo dali v laboratorijsko enoetažno hidravlično stiskalnico LT 63, ki je bila predhodno segreta na 180 °C. Na dva robova pločevine s pogačo smo postavili distančne letve v višini 16 mm (za doseganje zelene debeline). Samo stiskanje je potekalo 5 minut pri tlaku 3 N/mm².

3.2.6 Kondicioniranje

Po enournem ohlajanju smo plošče postavili v klimo z normalnimi pogoji (20/65). Klimatiziranje je trajalo 7 dni.

3.2.7 Razrez

S krožno žago smo plošče razžagali na vzorce dimenzij 50×50×16 mm.

3.2.8 Določanje vlage in gostote

Določanje vlažnosti predpisuje standard SIST EN 322. Z gravimetrično metodo smo vsakemu vzorcu (po dva iz posamezne plošče) ugotovili vlago. Vzorce smo stehali na laboratorijski tehtnici, ki meri na dve decimalki natančno. Nato smo dali vzorce za 48 ur v sušilnik s temperaturo 103 +/- 2 °C. Vzorce smo ponovno stehali v absolutno suhem stanju (ni spremembe v teži pri dveh zaporednih tehtanjih v roku 24 ur). Vlažnost se izračuna po formuli:

$$H = \frac{m_H - m_0}{m_0} \times 100 \quad \dots(4)$$

H ... vlažnost lesa (%)

m_H ... masa vlažnega lesa (g)

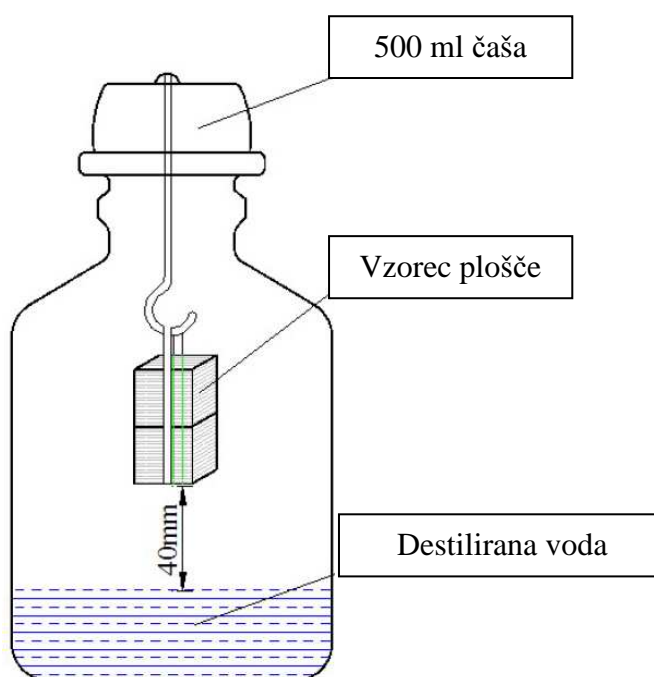
m_0 ... masa absolutno suhega lesa (g)

Vzeli smo povprečno vlažnost preizkušancev za posamezno ploščo. Gostoto smo izmerili pri šestih vzorcih.

3.2.9 Določanje prostega formaldehida

Izhajanje prostega formaldehida smo določili po standardu SIST EN 717/3. To metodo je prvič objavil Roffael 1975 (tudi WKI metoda). Uporablja se za ocenitev izločanja prostega formaldehida tudi iz ostalih materialov, npr. tkanine, tapete itd.. Pri tej metodi ekstrakcija formaldehida ne poteka s pomočjo toluola kot pri perforator metodi, temveč gre ekstrakcija direktno skozi plinsko fazo – difuzija.

Za poskus smo potrebovali dve polipropilenski steklenici oziroma čaši, ki smo ju napolnili s 50 ml destilirane vode. Na zamašek steklenice smo z elastično gumico privezali preskušane, ki je bil 4 cm nad površino vode.



Slika 1: Skica čaše za absorbcijo prostega formaldehida v vodni raztopini po steklenični metodi

Iz vsake plošče smo testirali po dva preskušanca. Obe čaši smo postavili v laboratorijski sušilnik Kambič LT 86 pri razmaku vsaj 50 mm, kjer smo ju pri $T = 40 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ pustili 24 ur. Razlog, da smo ju v sušilniku pustili 24 ur namesto 180 min (standard), je v tem, da smo dobili čim več formaldehida iz vzorcev ter s tem ugotovili maksimalno in ne zgolj začetno emisijo. Takšen način določanja (24 ur) je tudi bolj natančen za določanje maksimalne vrednosti emisije formaldehida. Meritve lahko ponovimo in rezultati niso odvisni od permeabilnosti lesa in plošče.

Samo analizo ekstrakta (voda in emitiran formaldehid) smo izvajali po fotometrični metodi. V kiveto smo odpipetirali 1 ml tekočine/ekstrakta in dodali aceton aldehid, v kiveti pa je že bil 1 ml amonijevega acetata. Kivete zapremo, premešamo in damo v sušilnik še za 10 min pri $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Po izteku časa epruveto za eno uro postavimo v temen prostor, da se ohladi in dokončno poteče reakcija med komponentami. Kivete nato dobro obrišemo, vstavimo v spektrofotometer in izmerimo vrednost. Pri merjenju smo uporabili Lange-Pocket Photometer LASA 1, ki zaznava valovno dolžino do 412 nm. Sledi izračun vsebnosti izhajanja prostega formaldehida.



Slika 2: Spektrofotometer

Enačba za izračun vsebnosti prostega formaldehida pri vlažnosti H po steklenični ali WKI metodi:

$$S_V = \frac{(A_S - A_B) \times f \times 50 \times 10 \times (100+H)}{m_H} \quad \dots(5)$$

A_S ... absorbcija ekstrahirane raztopine v mg/ml

A_B ... absorbcija slepega poizkusa v mg/ml

f ... naklon standardne krivulje mg/ml

H ... vlažnost preizkušanca v %

m_H ... masa preizkušanca v g

S_V ... steklenična vrednost v mg/kg suhe plošče

Enačba za izračun preračunskega faktorja za steklenično ali WKI metodo:

$$F_{6,5} = (-0,133 \times H) + 1,86 \quad \dots(6)$$

$F_{6,5}$... faktor preračuna na enotno vlažnost 6,5 %

Enačba za izračun prostega formaldehida (FS) v mg/kg suhe plošče:

$$FS = S_V \times F_{6,5} \quad \dots(7)$$

4 REZULTATI

V preglednici 4 so zbrani vsi dobljeni rezultati.

Preglednica 4: Povprečna gostota, vsebnost vlage in formaldehida v proučevanih ploščah

	Povprečna vlažnost (%)	Povprečna gostota (g/cm ³)	Povprečna emisija formaldehida (mg HCHO/kg)
Plošča iz industrijskega iverja (kontrolna)	8,49	0,664	7,45
Plošča iz lesa vrbe (<i>Salix Alba</i>)	7,20	0,632	9,04
Plošča iz lesa bukve (<i>Fagus Syl.</i>)	7,86	0,682	7,65
Plošča iz lesa hrasta (<i>Quercus robur</i>)	8,19	0,679	8,04
Plošča iz lesa smreke (<i>Picea Abies</i>)	8,06	0,664	8,24
POVPREČJE	7,96	0,664	8,09

4.1 VLAŽNOST PRESKUŠANCEV

V preglednici 5 so podatki o vlažnosti posameznih plošč. Rezultati so bili pridobljeni po gravimetrični metodi. Povprečna vrednost plošč oziroma vzorcev iz njih je bila 7,94 %.

Preglednica 5: Vlažnost preskušancev v %

	Plošča – industrijsko iverje		Plošča - Vrba		Plošča - Bukev		Plošča - Hrast		Plošča - Smreka	
	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 1	Vzorec 2
U	0,0835	0,0863	0,0703	0,0736	0,0779	0,0792	0,082	0,0817	0,08045	0,0806
u (%)	8,35	8,63	7,03	7,36	7,79	7,92	8,2	8,17	8,045	8,068
povp. u (%)	8,49		7,20		7,86		8,19		8,06	

Povprečna vlažnost vseh preskušancev se giblje okoli 8 %, ki je bila tudi zahtevana ciljna vlažnost plošč pri izdelavi. Ker ni prevelikih odstopanj v vlažnosti, so rezultati emisije formaldehida primerljivejši med seboj. V primeru, da bi vlažnost različnih plošč odstopala bolj, dobljeni rezultati ne bi bili relevantni za primerjavo – v odvisnosti od vrste lesa, saj ima vlažnost plošč velik vpliv na emisijo formaldehida iz plošč. V popolnoma suhi plošči se formaldehid veže na molekule hidroksilne skupine lesnih polimerov, s tem se zmanjša emisija formaldehida preko vodnih molekul.

4.2 UGOTAVLJANJE GOSTOTE PLOŠČ

Šestim vzorcem iz dveh plošč, ki so bile izdelane iz industrijskega iverja, smo natančno izmerili dolžino, širino, višino in težo. Z danimi podatki smo nato izračunali gostoto plošč. Prav tako smo gostoto izračunali za preostale plošče, izdelane iz drevesnih vrst bukve, vrbe, hrasta in smreke.

Povprečna gostota za posamezno vrsto plošče je prikazana v spodnji preglednici.

Preglednica 6: Povprečna gostota preskušancev

Vrsta plošče	Povprečna debelina (mm)	Povprečna gostota (g/cm ³)
Plošča iz industrijskega iverja (kontrolna)	16,629	0,664
Iveri iz lesa vrbe (<i>Salix Alba</i>)	16,433	0,632
Iveri iz lesa bukve (<i>Fagus Syl.</i>)	16,425	0,682
Iveri iz lesa hrasta (<i>Quercus robur</i>)	16.490	0,679
Iveri iz lesa smreke (<i>Picea Abies</i>)	16,382	0,664
POVPREČJE	16,472	0,664

Dobljena povprečna gostota $0,664 \text{ g/cm}^3$ ustreza osnovnim podatkom. Gostota iz različnih predelov plošče ne odstopa preveč. Prav tako ne odstopajo posamezne gostote plošč iz različnih drevesnih vrst. Ugotovitev je, da so plošče narejene enakomerno in z manjšimi odstopanji v gostoti – glede na vrsto lesa. Znano je, da tudi gostota zadrži izhajanje formaldehida iz plošč (večja gostota – manj uhajanja formaldehida).

4.3 MERJENJE VSEBNOSTI PROSTEGA FORMALDEHIDA

Pri pregledu literature smo ugotovili, da na emisijo formaldehida vpliva tudi vrsta lesa, uporabljena za izdelavo plošč, kar lahko vidimo tudi iz podatkov v preglednici 7.

Preglednica 7: Povprečne vrednosti vsebnosti prostega formaldehida (mg HCHO/kg)

	Plošča – industrijsko iverje				Plošča - Vrba		Plošča - Bukev		Plošča - Hrast		Plošča – Smreka	
	V 1.1	V 1.2	V 2.1	V 2.2	V 1	V 2	V 1	V 2	V 1	V 2	V 1	V 2
Fs	7,27	7,404	7,631	7,492	9,715	8,371	7,545	7,755	8,25	7,834	8,333	8,153
Povp. Fs	7,45				9,043		7,65		8,042		8,243	

Iz rezultatov je razvidno, da ima najnižjo povprečno vsebnost prostega formaldehida (7,45 mg HCHO/kg) industrijsko pripravljena plošča, ki je sestavljena iz 75 % iglavec in 25 % listavcev. Plošči iz lesa bukke in hrasta ji sledita z najnižjimi vsebnostmi prostega formaldehida (bukve 7,65 in hrast 8,042 mg HCHO/kg). Najvišjo vsebnost prostega formaldehida ima plošča iz lesa vrbe (9,043 mg HCHO/kg). Nobena izmed plošč pa ne presega najvišje dovoljene vsebnosti prostega formaldehida za uporabo v notranjih prostorih.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Na količino emisije prostega formaldehida vplivajo komponente, kot so hemiceluloze-polioze, tanin, lignin in ekstraktivi. Te komponente vežejo nase formaldehid, vendar le do takrat, ko še niso popolnoma nasičene in so še sposobne vezave s formaldehidom in z njim reagirajo. Celuloza kot glavna stenska sestavina nima pomembnega vpliva na emisijo formaldehida in emitira minimalno.

Ugotovili smo, da je zelo malo formaldehida emitiralo iz testnih vzorcev z majhno vsebnostjo vlage – v primerjavi s testnimi vzorci, ki so bili kondicionirani v laboratoriju. Ko pa te vlažne vzorce kondicioniramo v laboratoriju, je emisija formaldehida enaka kot pri testnih vzorcih (Irle in sod., 2008). Podobne rezultate je dobil Ballarin (2004), ko je meril emisijo formaldehida iz proizvodnih plošč. Prav tako je pričakovano, da bo emisija prostega formaldehida padla, ko bosta prosti formaldehid in formaldehid iz nestabilnih spojin emitirala iz plošče. Iz rezultatov, ki so jih v raziskavi dobili Irle in sod. (2008), je razvidno, da posušeni vzorci emitirajo manj formaldehida. V popolnoma suhem lesu se formaldehid veže v nemobilne hidroksilne skupine lesnih polimerov, ki reducirajo emisijo formaldehida skozi les.

V lesu že obstaja manjša količina formaldehida, ki je že v njem in varira v odvisnosti od lesne vrste. Tako imajo iglavci običajno več v lesu nastalega formaldehida kot listavci. Količina tega formaldehida je odvisna tudi od lokacije znotraj drevesa (jedrovina – beljava). Lelis (1993, 1994) je v svoji raziskavi dokazal manjše emisije formaldehida iz plošč, ki so iz jedrovine, kot pa plošč iz beljave.

Lignocelulozne snovi lahko vsebujejo tudi posebne kemijske strukture, kot so fenoli, ki so sposobni zmanjševati emisije formaldehida iz lesnih plošč (Hashida, 2006). Večjo vsebnost teh snovi kot les ima lubje, zato se z dodajanjem le-tega zmanjšuje emisije formaldehida. Lignin prav tako vpliva na vsebnost formaldehida, še večji vpliv od njega pa imajo hemiceluloze. Vpliv na izhajanje prostega formaldehida imajo ekstraktivi polifenolne narave, ki reagirajo s formaldehidom.

Teh je v lesu manj kot v skorji saj je les pretežno sestavljen iz celuloze, hemiceluloze in lignina. Emisija formaldehida iz ekstraktivov pa je odvisna od njihove kemične sestave.

V preglednici 8 so podani podatki o kemičnih sestavinah v lesu posameznih drevesnih vrst. S primerjavo bomo prišli do povezave med vrsto lesa in emisijo prostega formaldehida.

Preglednica 8: Kemijske sestavine in formaldehid glede na drevesno vrsto (Čufar, 2001)

Vrsta plošče	U	HCHO	Celuloza	Lignin	Polioza holoceluloza	Ekstraktivi
	%	Mg HCHO/kg	%	%	%	%
Industrijska (kontrolna)	8,49	7,45	/	/	/	/
Vrba (<i>Salix Alba</i>)	7,20	9,043	50	25	19 cca 68	2
Bukev (<i>Fagus Syl.</i>)	7,86	7,65	33,7–46,4	11,6–22,7	17,8–25,5 cca 70	2
Hrast (<i>Quercus</i>)	8,19	8,042	39,5–42,8	24,9–34,3	19–25,5 cca 62	3
Smreka (<i>Picea Abies</i>)	8,06	8,243	40,6–44,1	28–29,9	8–13,3 cca 65	4

Od vseh vrst lesa, ki smo jih uporabili pri izdelavi ivernih plošč, ima bukev najnižjo emisijo prostega formaldehida (7,65 mg HCHO/kg). Razlog je v njeni kemični sestavi, ki se razlikuje od ostalih treh vrst lesa. V primerjavi z ostalimi vrstami lesa ima dokaj nizek delež celuloze, v lesu jo je od 33,7 do 46,4 %. Prav tako vsebuje majhen delež lignina, od 11,6 do 22,7 %. Tako celuloza kot lignin sta pomembna dela, ki s svojimi kemičnimi učinki vplivata na emisijo formaldehida. Raziskave so pokazale, da ima celuloza višjo emisijo formaldehida kot lignin in hemiceluloza. S tem, ko je celuloze v lesu bukve manj, je manjša tudi emisija samega formaldehida. Plošča, izdelana iz lesa bukve je imela tudi nizko vlažnost (7,86 %) – pomanjkanje vode v posušenem lesu oziroma lesni plošči zmanjša emisijo formaldehida preko vodnih molekul, saj se veže na molekule hidroksilnih skupin lesnih polimerov.

Les bukve vsebuje tudi veliko ekstraktivov polifenolne narave, ki reagirajo s formaldehidom in s tem posledično vplivajo na njegovo emisijo.

Pri iverni plošči narejeni iz lesa hrasta, ki ima drugo najnižjo emisijo, se večji delež lignina (24,9–34,3 %) še dodatno poveča z velikim deležem ekstraktivnih snovi – predvsem čreslovin, ki tudi zadržujejo izhajanje prostega formaldehida. V lesu bukve in hrasta je tudi veliko manj že v lesu nastalega prostega formaldehida – v primerjavi z ostalimi drevesnimi vrstami. Lignin listavcev vsebuje več metoksilnih oziroma OCH_3 skupin ter več ksiloznih enot in acetilnih skupin, ki tudi vplivajo na emisijo prostega formaldehida.

Raziskava je pokazala, da je lesna plošča, narejena iz iveri vrbe, emitirala najvišjo količino formaldehida. Razlog je v njeni kemični sestavi – velik delež celuloze (povprečno 50 %, lahko pa tudi več) in hemiceluloze, ki odločilno vplivata na emisijo. Tudi sama gostota izdelane plošče je bila nižja od vseh ostalih, znano pa je, da višja gostota pomaga pri zadrževanju formaldehida znotraj plošče.

5.2 SKLEPI

V diplomski nalogi smo potrdili tezo, da različne vrste lesa, ki se uporabljajo za izdelavo lesnih plošč, emitirajo v okolje različne količine formaldehida. Tako smo najnižje rezultate vsebnosti prostega formaldehida dobili pri plošči izdelani iz ind. pripravljenega iverja (75 % iglavcev in 25 % listavcev) in ploščah, izdelanih iz lesa listavcev (bukev in hrast).

Manjši kot so delci iverja, večja je aktivna površina, ki je sposobna sprejeti lepilo. Velikost delcev iverja pa je odvisna od lesne vrste in njenih anatomskih lastnosti oziroma sestave.

Na izhajanje prostega formaldehida ima vpliv tudi kemična sestava lesa. Fenoli reagirajo s formaldehidom in tako zmanjšujejo vsebnost prostega formaldehida. Na vsebnost prostega formaldehida in posledično njegove emisije iz plošč vplivata tudi celuloza in hemiceluloza. Višja kot je vsebnost celuloze in hemiceluloze, več prostega formaldehida emitira iz lesnih plošč.

V lesu prav tako obstaja manjša količina naravnega formaldehida, ki variira v odvisnosti od lesne vrste. Tako imajo iglavci običajno več formaldehida kot listavci, razlika v količini že v lesu nastalega formaldehida pa je tudi med jedrovino in beljavo.

6 POVZETEK

Iverna plošča je lesno tvorivo, ki je sestavljeno iz iverja in lepila. Iveri za plošče lahko proizvedemo iz ligno-celuloznih materialov, kar je predvsem les. Iveri so sestavljene iz vlaken oziroma snopov vlaken, katerih značilnosti so odvisne predvsem od drevesne vrste, iz katere so iveri proizvedene. Vpliv posameznih segmentov, oziroma snovi za izdelavo iveri je različen, tako količina biomase vpliva na kvaliteto in lastnosti iveri. Pri ivernih ploščah predstavlja lesna surovina 90 % delež, 10 % pa lepilo in razni drugi dodatki. Delci iveri so komponirani s sintetičnimi lepili, kot so UF, MF, FF, modificirana lepila ali drugimi vezivnimi sredstvi.

Formaldehid je snov, ki jo lahko srečamo v naravi, prav tako pa se lahko sintetično proizvaja. Je brezbarven plin, ki reagira z drugimi snovmi in zelo hitro razpade pod vplivom UV žarkov. Biološka reaktivnost formaldehida povzroča tudi negativno delovanje. Pri ljudeh so dokazana draženja sluznic in pa alergije. S povečano količino formaldehida v ozračju pride do draženja oči, nosne sluznice in grla, oziroma dihalnih poti. Do draženja prihaja že pri koncentracijah večjih od 0,1 ppm. Formaldehid naj bi bil tudi kancerogena snov. Načinov zmanjševanja emisij formaldehida je več, od proizvodnje ustreznih lepil za proizvodnjo lesnih plošč do zniževanja formaldehida v proizvodnji plošč in pohištva.

Danes proizvajamo lepila s katerimi lahko proizvajamo plošče E₁ emisijskega razreda. To so lepila, pri katerih je praviloma molarno razmerje med urea in formaldehidom 1 : 1,1 ali 1 : 1,2. Posledica nizkega molarne razmerja je manjša reaktivnost lepila, ki lahko zahteva tudi podaljšanje časov stiskanja. Takšna lepila pogosto povzročajo tudi padeč mehanskih in fizikalnih lastnosti. Boljše rezultate pa dosegamo z modificiranimi UF lepili. Znižanje formaldehida v proizvodnji plošč dosežemo z uporabo lepil, ki so siromašna s formaldehidom, ustreznim uravnavanjem parametrov v tehnološkem procesu, dodajanjem lovilcev formaldehida v fazi sušenja iverja oziroma oblepljanja in naknadno obdelavo plošč. Med samim tehnološkim postopkom pa vplivajo na zniževanje formaldehida naslednji elementi: vlaga iverja in plošč, vrsta in količina pospeševalca (trdilca), čas in temperatura stiskanja, pogoji ohlajevanja in vrsta lesa.

Na količino emisije formaldehida iz lesnih plošč vplivajo komponente, kot so hemiceluloze-polioze, tanin, lignin in ekstraktivi. Te komponente vežejo nase formaldehid, vendar le do takrat, ko še niso popolnoma nasičene in so še sposobne vezave s formaldehidom in z njim reagirajo.

Lignocelulozne snovi lahko vsebujejo tudi fenole, ki zmanjšujejo emisijo formaldehida iz lesnih plošč. Lignin prav tako vpliva na vsebnost formaldehida, še večji vpliv pa imajo ekstraktivi polifenolne narave, ki reagirajo s formaldehidom. V lesu obstaja že manjša količina formaldehida, ki je že v njem in varira v odvisnosti od lesne vrste. Drevesna vrsta vpliva tudi na velikost delcev iverja, večji delci prenesejo več lepila, majhni delci pa imajo večjo specifično površino, kar pomeni, da s tem vežejo nase več lepila. Pomemben vpliv na emisijo ima tudi vlažnost iverja oziroma plošče. Če je iverje bolj vlažno, iz plošče izhaja več formaldehida že v fazi stiskanja, kasneje posledično izhaja manjša količina prostega formaldehida.

V diplomski nalogi smo dokazali, da vrsta lesa pomembno vpliva na zmanjšanje emisije formaldehida iz lesa oziroma plošče. Kombinacija različnih vrst lesa prispeva k manjši emisiji formaldehida iz lesnih plošč, hkrati pa prispeva k pozitivnim lastnostim – nabrekanje, razslojna trdnost, mehanske lastnosti.... Industrijsko pripravljeno iverje ustreza vsem zahtevam in tako omogoča plošče E1 emisijskega razreda. V prihodnje pa bo zaradi čedalje večje težnje po varovanju okolja potrebno razviti nove tehnologije in postopke, ki bodo omogočali izdelavo plošč brez formaldehida.

7 VIRI

About formaldehyde, Forma Care (2012)

<http://www.formaldehyde-europe.org> (3. 1. 2012)

An introduction to Indoor Air Quality (IAQ) (2012)

<http://www.epa.si/iaq/formalde.html> (3. 1. 2012)

Bučar Gornik D., Medved S. 2000. Ugotavljanje prostega formaldehida v lesnih tvorivih.
Zbornik gozdarstva in lesarstva, 63: 27–46

Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 55
str.

Formaldehyde, Wikipedia (2012)

<http://en.wikipedia.org/wiki/formaldehyde> (3. 1. 2012)

Formaldehid, informacijsko središče Korak

<http://www.korak.ws/clanki/laminatne-talne-obloge-2> (3. 1. 2012)

Gorišek Ž. 2005. Zgradba in lastnosti lesa – njegova variabilnost in heterogenost, interno
gradivo za predmet Tehnologija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Irle M., Belloncle C., Guezguez B.. 2008. Free formaldehyde-where can i find it? V:
International panel products symposium: 31–37

Kinga L.D., Zeleniuc O., Petrovici V., Sangeorzan L. 2008. Study on the formaldehyde
emission stable state for particleboards by the flask method. V: International panel products
symposium: 41–49

Kim S., Kim H.-J. 2004. Evaluation of formaldehyde of pine and wattle tannin-based
adhesives by gas chromatography. Holz Roh Werkst, 62:101–106

Lehmann W.F., Geimer R.L. 1974. Properties of structural particleboards from Douglas-fir forest residues. *Forest products journal*, 10: 17–25

Melamin, Meldur H97. Varnostni list za melaminsko-sečninsko-formaldehidno lepilo.

Pirkmaier S. 1988. Formaldehid v ploščah, pohištvu in okolju. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Resnik J. 1989. Lepila in lepljenje lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 30–48

Schäfer M., Roffael E. 2000. On the formaldehyde release of wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 58: 259–264

Wagenführ R. 1996. *Holzatlaz*. Leipzig, Fachbuchverlag: 720 str.

Weigl M., Wimmer R., Sykacek E., Steinwender M. 2009. Wood-borne formaldehyde varying with species, wood grade, and cambial age. *Forest products journal*, 59: 88–92

ZAHVALA

Hvala mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za pomoč pri nastajanju in oblikovanju diplomskega dela ter za pomoč pri eksperimentalnem delu diplomske naloge.

Hvala recenzentu izr. prof. dr. Milanu Šerneku za strokovno recenzijo diplomske naloge in prof. dr. Katarini Čufar za pomoč pri iskanju podatkov o drevesnih vrstah.

Hvala staršem, ki so mi omogočili študij ter Eriki Geržina za vzpodbudo in podporo.

Iskrena hvala tudi vsem ostalim, ki so mi bili v oporo in mi pomagali v času izdelave diplomske naloge.

PRILOGE

Pomembnejši podatki, ki so bili pridobljeni pri eksperimentalnem delu v laboratoriju.

Priloga A: Izmerjene in izračunane gostote plošč posameznih drevesnih vrst

Gostota preskušancev iz industrijskega iverja

Vzorec	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Teža (g)	Gostota (g/cm ³)
1	50,11	50,28	16,892	27,2	0,639
2	49,90	50,25	16,550	29,1	0,701
3	49,48	50,23	16,453	29,7	0,726
4	50,12	50,28	16,537	27,4	0,657
5	50,20	50,26	16,699	26,5	0,629
6	50,18	50,23	16,647	26,4	0,629
Povprečna gostota					0,6635

Gostota preskušancev iz iverja bukve

Vzorec	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Teža (g)	Gostota (g/cm ³)
1	50,15	50,22	16,73	27,4	0,650
2	50,12	50,28	16,35	29,7	0,720
3	50,48	50,16	16,34	28,6	0,691
4	50,42	50,20	16,37	28,5	0,687
5	50,32	50,25	16,42	28,4	0,684
6	50,22	50,20	16,34	27,4	0,665
Povprečna gostota					0,682

Gostota preskušancev iz iverja vrbe

Vzorec	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Teža (g)	Gostota (g/cm ³)
1	50,16	50,25	16,75	26,4	0,625
2	50,14	50,26	16,35	26,4	0,641
3	50,26	50,12	16,38	26,1	0,632
4	50,35	50,20	16,35	26,3	0,636
5	50,33	50,28	16,22	25,9	0,631
6	50,17	50,32	16,55	26,1	0,624
Povprečna gostota					0,632

Gostota preskušancev iz iverja hrasta

Vzorec	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Teža (g)	Gostota (g/cm ³)
1	50,36	50,29	16,82	28,5	0,669
2	50,24	50,26	16,45	28,7	0,690
3	50,16	50,32	16,35	28,4	0,688
4	50,35	50,25	16,45	28,2	0,677
5	50,43	50,38	16,32	28,1	0,678
6	50,37	50,26	16,55	28,2	0,673
Povprečna gostota					0,679

Gostota preskušancev iz iverja smreke

Vzorec	Dolžina (mm)	Širina (mm)	Debelina (mm)	Teža (g)	Gostota (g/cm ³)
1	50,26	50,15	16,45	27,4	0,661
2	50,17	50,16	16,35	27,4	0,666
3	50,24	50,22	16,38	27,5	0,665
4	50,34	50,20	16,37	26,9	0,650
5	50,43	50,28	16,39	27,9	0,671
6	50,35	50,32	16,35	27,3	0,659
Povprečna gostota					0,664