

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Žiga CIMERMAN

**VPLIV POVRŠINE IVERNE PLOŠČE NA  
OPRIJEMNOST DEKORATIVNEGA PAPIRJA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Žiga CIMERMAN

**VPLIV POVRŠINE IVERNE PLOŠČE NA  
OPRIJEMNOST DEKORATIVNEGA PAPIRJA**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**INFLUENCE OF PARTICLEBOARD SURFACE  
ON ADHESION OF DECORATIVE PAPER**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za žagarstvo in lesna tvoriva, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Potreben material za izvedbo diplomske naloge smo dobili iz industrijske proizvodnje LESNE Tovarne ivernih plošč Otiški Vrh.

Senat Oddelka za lesarstvo BF je za mentorja diplomskega dela imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzenta pa prof. dr. Marka Petriča.

Mentor: doc. dr. Sergej Medved

Recenzent: prof. dr. Marko Petrič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Žiga CIMERMAN

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 630*862.2
KG	iverna plošča/FT-IR spektroskopija/kontaktni kot/vrednost pH/lastnosti površine/otrdelost/para/substance
AV	CIMERMAN, Žiga
SA	MEDVED, Sergej (mentor)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2008
IN	VPLIV POVRŠINE IVERNE PLOŠČE NA OPRIJEMNOST DEKORATIVNEGA PAPIRJA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	VII, 42 str., 5 pregl., 29 sl., 16 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Raziskovali smo vpliv površine iverne plošče na oprijemnost dekorativnega papirja. Vpliv smo ugotavljali na nebrušeni in brušeni 3-slojni iverni plošči debeline 18 mm, obloženi z belim dekorativnim papirjem gramature 70 g/m <sup>2</sup> . V laboratorijski stiskalnici smo obložili 5 nebrušenih in 5 brušenih ivernih plošč in jih po kondicioniranju analizirali. Analizirali smo tudi surovo nebrušeno in brušeno iverno ploščo. Ugotovili smo, da imata vlaga in visoka temperatura v fazi stiskanja velik vpliv na površino plošče. Z FT-IR spektroskopijo smo ugotovili, da pride do največjih kemijskih sprememb med valovnima številoma od 1155 cm <sup>-1</sup> do 1731 cm <sup>-1</sup> . Kemijske spremembe imajo vpliv na kontaktni kot destilirane vode in vrednost pH. Vrednosti kontaktnega kota so bile pri nebrušeni iverni plošči okoli 90°, pri brušeni pa okoli 50°. Meritve vrednosti pH so pokazale, da se pH lesa s časom spreminja. Na oblepljenih ploščah smo izvedli test čvrstosti površine, otrdelosti, odpornosti proti vodni pari in test odpornosti proti substancam. Dobljeni rezultati so bili boljši na zgornji strani obeh tipov ivernih plošč, razen pri testu otrdelosti površine. Pokazali so, da je bila v našem primeru nebrušena iverna plošča v primerjavi z brušeno boljša.

### KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 630*862.2
CX	particleboard/FT-IR spectroscopy/contact angle/pH value/surface properties/steam/hardness degree/stain
AU	CIMERMAN, Žiga
AA	MEDVED, Sergej (supervisor)/PETRIČ, Marko (reviewer)
PP	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2008
TI	INFLUENCE OF PARTICLEBOARD SURFACE ON ADHESION OF DECORATIVE PAPER
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	VII, 42 p., 5 tab., 29 ann., 16 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	<p>Our aim was to find influence of particleboard surface on adhesion of decorative paper. We compared non-sanded and sanded particleboards. We used 3-layer particleboard (18 mm thick) and white impregnated decorative paper (70 g/m<sup>2</sup>). 5 non-sanded and 5 sanded particleboards were pressed on a laboratory press. Raw non-sanded and sanded particleboards were also analysed. It was found out that moisture and high temperature in the pressing phase have influence on particleboard surface. Using FT-IR spectroscopy we found out that the largest chemical changes are on wave range from 1155 cm<sup>-1</sup> to 1731 cm<sup>-1</sup>, having influence on contact angle and pH value. The non-sanded particleboard had contact angle of water around 90°, and the sanded one around 50°. Measurements of pH value showed that pH value changes after few days. Surfaced particleboards were tested on surface hardness, the degree of hardening, resistance of steam and resistance of stain. It was found out that the upper side of both types of particleboards is better than lower, except in the case of hardening degree. The results show that non-sanded particleboards are better than sanded ones.</p>

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija .....	III
Key words documentation .....	IV
Kazalo vsebine .....	V
Kazalo preglednic .....	VI
Kazalo slik .....	VII
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA .....	2
1.2 CILJ NALOGE .....	2
<b>2 SPLOŠNI DEL .....</b>	<b>3</b>
2.1 PREGLED LITERATURE .....	3
2.2 FAZA BRUŠENJA .....	6
2.3 POSTOPEK IZDELAVE OBLOŽENIH PLOŠČ .....	7
<b>3 MATERIALI IN METODE .....</b>	<b>8</b>
3.1 MATERIALI .....	8
3.1.1 Iverna plošča .....	8
3.1.2 Dekorativni papir .....	8
3.2 METODE .....	9
3.2.1 Izbira parametrov stiskanja .....	9
3.2.2 Oblaganje plošč in izžagovanje vzorcev .....	9
3.2.3 Oznake ivernih plošč .....	9
3.2.4 FT-IR analiza .....	10
3.2.5 Merjenje kontaktnega kota .....	13
3.2.6 Ugotavljanje vrednosti pH .....	15
3.2.7 Čvrstost površine .....	16
3.2.8 Otrdelost površine .....	17
3.2.9 Odpornost proti vodni pari .....	18
3.2.10 Odpornost proti substancam oz. nastanku madežev .....	19
<b>4 REZULTATI .....</b>	<b>20</b>
4.1 FT-IR ANALIZA POVRŠINE IVERNIH PLOŠČ .....	20
4.2 KONTAKTNI KOTI .....	22
4.3 UGOTAVLJANJE VREDNOSTI pH .....	25
4.4 TEST ČVRSTOSTI POVRŠINE .....	26
4.5 TEST OTRDELOSTI POVRŠINE .....	28
4.6 TEST ODPORNOSTI PROTI VODNI PARI .....	30
4.7 TEST ODPORNOSTI PROTI SUBSTANCAM .....	32
<b>5 RAZPRAVA .....</b>	<b>34</b>
<b>6 SKLEPI .....</b>	<b>38</b>
<b>7 POVZETEK .....</b>	<b>39</b>
<b>8 VIRI .....</b>	<b>41</b>
ZAHVALA	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Oznake uporabljenih plošč .....	9
Preglednica 2: Trakovi v nihajnih (FT-IR) spektrih lesa .....	12
Preglednica 3: Opis posamezne ocene pri testu določanja odpornosti proti vodni pari .....	18
Preglednica 4: Opis posamezne ocene pri testu določanja odpornosti proti substancam....	19
Preglednica 5: Izmerjene vrednosti pH .....	25

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shematični prikaz oblaganja .....	7
Slika 2: Instrument Spectrum One za merjenje nihajnih (FT-IR) spektrov .....	10
Slika 3: Plastični vložek za napravo Spectrum One .....	11
Slika 4: Posredno merjenje kontaktnega kota.....	13
Slika 5: Laboratorijska oprema za merjenje kontaktnega kota.....	14
Slika 6: Prikaz poteka filtracije .....	15
Slika 7: Preizkušavec vpet v trgalni stroj .....	16
Slika 8: Prikaz intenzitete madeža za posamezno oceno.....	17
Slika 9: Testiranje vzorca na stopnjo otrdelosti površine.....	17
Slika 10: Testiranje vzorca na odpornost proti vodni pari.....	18
Slika 11: Testiranje vzorca na odpornosti proti substancam .....	19
Slika 12: Prikaz FT-IR spektra iverne plošče A (zelena krivulja), B (rdeča krivulja) in E (črna krivulja) .....	20
Slika 13: Rezultati meritev kontaktnega kota pri ivernih ploščah A in B .....	22
Slika 14: Kapljica na spodnji strani pri iverni plošči A v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu.....	22
Slika 15: Kapljica na zgornji strani pri iverni plošči A v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu.....	23
Slika 16: Kapljica na spodnji strani pri iverni plošči B v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu.....	23
Slika 17: Kapljica na zgornji strani pri iverni plošči B v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu.....	24
Slika 18: Prikaz rezultatov testa čvrstosti površine na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah A, C in D.....	26
Slika 19: Zadosten spoj pri iverni plošči C .....	27
Slika 20: Nezadosten spoj pri iverni plošči D .....	27
Slika 21: Odvisnost stopnje otrdelosti od spodnje in zgornje strani pri ivernih ploščah C in D .....	28
Slika 22: Premajhna otrdelost površine na spodnji strani iverne plošče D .....	29
Slika 23: Prevelika otrdelost površine na zgornji strani iverne plošče D.....	29
Slika 24: Odpornost proti vodni pari na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah C in D .....	30
Slika 25: Preizkušavec po končanem testu določanja odpornosti proti vodni pari (spodnja stran iverne plošče D).....	31
Slika 26: Odvisnost odpornosti proti substancam na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah C in D .....	32
Slika 27: Preizkušavec po končani klimatizaciji po testu določanja odpornosti proti substancam (spodnja stran iverne plošče D).....	33
Slika 28: Primerjava hitrosti vpijanja destilirane vode pri iverni plošči A in B.....	35
Slika 29: Primerjava rezultatov testov obloženih površin pri iverni plošči C in D.....	36



## 1 UVOD

Iverne plošče so relativno nov material, ki se je pojavil v začetku dvajsetega stoletja. Izdelane so iz lignoceluloznih materialov, po večini je to lesna surovina. Les v iverni plošči sestavljajo naslednje najpomembnejše kemijske komponente: celuloza, hemiceluloza in lignin. V manjših količinah se pojavljajo še ekstraktivi in mineralne snovi. Nove tehnologije omogočajo izdelavo ivernih plošč z manjšo nadmero in uporabo višje temperature v fazi stiskanja. Zaradi visoke temperature med procesom izdelave vplivamo na kemijske sestavine, ki so zaradi tega deležne določenih sprememb. Posledice teh sprememb se odražajo tudi v fazi oblaganja ivernih plošč.

Na začetku so bile iverne plošče enoslojne, sestavljene pretežno iz grobega iverja. Zaradi tega je bila njihova površina dokaj hrapava, kar je oteževalo nadaljnjo površinsko obdelavo. Z nadaljnjim razvojem so začeli izdelovati trislojne iverne plošče, ki imajo oba zunanja sloja iz finega iverja, v srednjem sloju pa je grobo iverje.

Osnovno vodilo pri izdelavi iverne plošče, je čim bolj celovita izraba lesnih ostankov in manj kakovostnega lesa v iverje in stiskanje le tega v ploščato lesno tvorivo. Prav zaradi ploskovitosti, homogenosti in dimenzijske stabilnosti je iverna plošča vsestransko uporabno lesno tvorivo, pri čemer je zelo pomemben tudi njen izgled.

Za doseganje ustreznega izgleda plošč je pomembna kvalitetna površinska obdelava, s katero zagotovimo dober oprijem med površino iverne plošče in raznimi dekorativnimi papirji, folijami ter furnirji. V proizvodnji se za končno obdelavo površine plošč uporablja brušenje. Z brušenjem izravnamo površino plošč in zmanjšamo njihovo hrapavost, vendar je ta postopek pogojen z dodatnimi stroški. Poleg dodatnega materiala, ki ga v fazi brušenja odbrusimo in ga je potrebno kasneje ustrezno skladiščiti oz. uporabiti, potrebujemo še stroje za brušenje, brusilne trakove, dodaten čas in pa delovno silo. Zaradi teh dodatnih stroškov, ki nastanejo v fazi brušenja, bomo poskušali ugotoviti, kakšna je oprijemnost dekorativnega papirja na nebrušenih površinah ivernih plošč.

## 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Nove tehnologije omogočajo izdelavo ivernih plošč z manjšo nadmero in uporabo višje temperature v fazi stiskanja. Temperatura je v fazi stiskanja okoli 220° C in vpliva na kemijske spremembe (prihaja do razgradnje celuloze, hemiceluloze, lignina in ekstraktivov) ter na zgostitev materiala na površini. Posledično se spremeni vrednost pH, kar ima vpliv na oprijemnost dekorativnega papirja na površini.

Zaradi hidrotermično obdelane površine se spremenijo tako lastnosti površine plošče (vrednost pH, kontaktni kot), kot tudi lastnosti obloge oz. celotnega površinskega sistema (stopnja otrdelosti, odpornost proti vodni pari in odpornost proti različnim substancam).

Zaradi tega smo se odločili, da bomo v laboratoriju poskušali ugotoviti vpliv lastnosti površine iverne plošče na oprijemnost dekorativnega papirja na nebrušeni in brušeni iverni plošči.

## 1.2 CILJ NALOGE

Cilj diplomske naloge je ugotoviti vpliv lastnosti površine iverne plošče na oprijemnost dekorativnega papirja. Ugotoviti želimo razlike med nebrušeno in brušeno iverno ploščo, z vidika oprijemljivosti dekorativnega papirja in možnosti uporabe nebrušene iverne plošče v proizvodnji.

## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 PREGLED LITERATURE

Lenič (1974) je raziskoval vpliv nosilnega materiala na kvaliteto obložene površine. Ugotovil je, da je kakovost nosilnega materiala zelo pomembna za doseganje kvalitetne površine plošče, obložene z dekorativnimi papirji, impregniranimi z melaminsko smolo. Navaja tudi, da nižja vrednost pH plošče lahko povzroči predčasno kondenzacijo smole, s katero je impregniran dekorativni papir, kar povzroči prekomerno krčenje smole in s tem pojav razpok na površini oplemenitene plošče.

Lenič (1977) je raziskoval hrapavost površine pred oblaganjem z različnimi papirnimi filmi in po njem. Poskušal je oceniti vpliv hrapavosti surove površine plošče na hrapavost oplemenitene. Ugotovil je, da pri oblaganju ivernih plošč z relativno tankimi dekorativnimi papirji obstaja nevarnost, da se določena stopnja hrapavosti, ki jo ima nosilna plošča, prenese na površino obložene iverne plošče.

Medved in sodelavci (1997) so raziskovali vpliv različnih drevesnih vrst v zunanjem sloju ivernih plošč na hrapavost površine le-teh. Ugotovili so, da je najnižja hrapavost dosežena pri ploščah, ki imajo zunanji sloj sestavljen iz iverja smreke in topola. Ugotovili so tudi, da je hrapavost zgornje strani plošče veliko večja, kot pa hrapavost spodnje strani. Ta razlika nastane zaradi natresanja iverja na različne podlage. Med natresanjem in prenosom pogače do stiskalnice finejše iverje pada proti dnu. To padanje je možno zaradi praznih prostorov, ki nastanejo med natresanjem. Zaradi zapolnitve praznih prostorov na spodnjem zunanjem sloju je le-ta tudi manj hrapav v primerjavi z zgornjim zunanjim slojem. Ker ima spodnja stran večjo količino finega iverja, je ta stran bolj zaprta in tudi bolj gladka ter ima višjo prostorninsko maso v prvih dveh desetinkah mm debeline.

Tolar (1998) navaja, da so izkušnje pokazale, da nastanejo pri oblaganju velike težave, če vrednost pH pade pod 5, ker se tedaj pospeši hitrost utrjevanja melaminske smole v oblogi. Raziskoval je tudi vpliv kondicioniranja na kvaliteto obložene iverne plošče. Ugotovil je, da je površina obložene iverne plošče bolj kvalitetna po kondicioniranju oziroma, ko je plošča ohlajena, kot pa pri svežih ploščah, oziroma pri ploščah, analiziranih takoj po stiskanju.

Medved (1999) je preučeval zvezo med hrapavostjo nebrušene površine iverne plošče in gostoto ter vrstno sestavo iverja v zunanjem sloju. Ugotovil je, da z brušenjem dosežemo nižjo hrapavost površine plošče. Hrapavost se zmanjša za 20 % ali 60 %, odvisno od uporabljene lesne vrste v zunanjem sloju.

Medved (2001) je preučeval vplive vrste prekrivnega sredstva, debeline papirja, oblepljenega z melaminsko smolo in časa izpostavitve reagenta na odpornost oplemenitenih plošč proti reagentom. Ugotovil je, da so plošče, oplemenitene z debelejšim papirjem, oblepljenim z melaminsko smolo, bolj odporne proti reagentom, kot pa plošče, oplemenitene s tanjšim papirjem.

Tišler in Malnarič (2002) sta raziskovala vpliv vrednost pH lesa. Ugotovila sta, da je vrednost pH lesa zelo pomemben dejavnik pri predelavi in uporabi lesa. Večina lesov izkazuje kisel značaj, kar predstavlja problem pri združevanju lesa z drugimi materiali. Na vrednost pH vpliva tudi temperatura, relativna zračna vlažnost, razni organizmi itd. Vrednost pH lesa ima tudi velik vpliv na lepljenje. Težave se pojavijo predvsem pri smolah, ki so občutljive na pH. Nizek pH deluje kot katalizator in pospešuje zamreževanje, medtem ko višji pH zavira utrjevanje in ga lahko tudi popolnoma zaustavi. Nizek pH vpliva na stopnjo polimerizacije in čas utrjevanja pri urea-formaldehidnih in fenol-formaldehidnih smolah.

Sinn in sodelavci (2004) so preučevali kemijske in morfološke spremembe na površini smrekovih in bukovih vzorcev, ki so jih zbrusili s papirji štirih različnih granulacij. Ugotovili so, da brušenje lesne površine z brusnimi papirji različnih granulacij ne vpliva samo na morfologijo površine (hrapavost), ampak tudi na kemično sestavo. Fino zbrušene površine so bolj kisle od grobo zbrušenih.

Hudolist (2005) je raziskoval, kako na lastnosti obložene površine iverne plošče vplivajo parametri stiskanja. Ugotovil je, da temperatura in čas stiskanja znatno vplivata na kvaliteto obložene iverne plošče, saj se na te spremembe odziva večina lastnosti površine. Ugotovil je tudi, da sprememba specifičnega tlaka ne vpliva na spremembo stopnje otrdelosti in odpornosti proti vodni pari, se pa ti dve lastnosti približno enako odzivata na spremembe temperature in časa stiskanja.

Kalčič (2006) je raziskoval vpliv kontaktnega kota na omočitev. V svojem delu navaja, da če je kontaktni kot večji od  $90^\circ$  lahko v fazi lepljenja, ko pride do prenosa lepila, nastanejo zračni mehurčki. Le-ti lahko v fazi stiskanja povzročijo, da na mestih z ujetim zrakom lepilni spoj ni dober. Navaja tudi, da je omočljivost s tekočino tem boljša, čim manjši je kontaktni kot.

Dolinšek (2007) je preučeval kemijsko zgradbo ivernih plošč z metodo FT-IR sprektroskopije. Uporabil je plošče različnih proizvajalcev. Ugotovil je, da na spremembe celuloze, hemiceluloze in lignina pri izdelavi ivernih plošč vplivamo s temperaturo sušenja, temperaturo stiskanja in tlakom stiskanja. Ugotovil je tudi, da imata temperatura in tlak stiskanja na iverje v zunanjem sloju drugačen vpliv na kemijske komponente, kot na iverje srednjega sloja.

## 2.2 FAZA BRUŠENJA

Iverne plošče so relativno vroče, ko zapustijo stiskalnico. Zaradi tega je potrebno plošče najprej ohladiti, nato pa sledi še kondicioniranje. Pred površinsko obdelavo se ploščati materiali pripravijo z brušenjem.

Z brušenjem izravnamo površino plošč in zmanjšamo njihovo hrapavost, vendar je ta postopek pogojen z dodatnimi stroški, ki nastanejo v procesu izdelave ivernih plošč. Kvaliteta površine ivernih plošč je odvisna tudi od tehnike brušenja in od velikosti brusnih zrn pri končni obdelavi plošč. Pravokotno na smer brušenja je hrapavost plošč večja. Brušenje s finejšimi brusnimi trakovi pa prispeva k manjši hrapavosti površine. Cilj vseh proizvajalcev ivernih plošč je izdelati gladko ploščo.

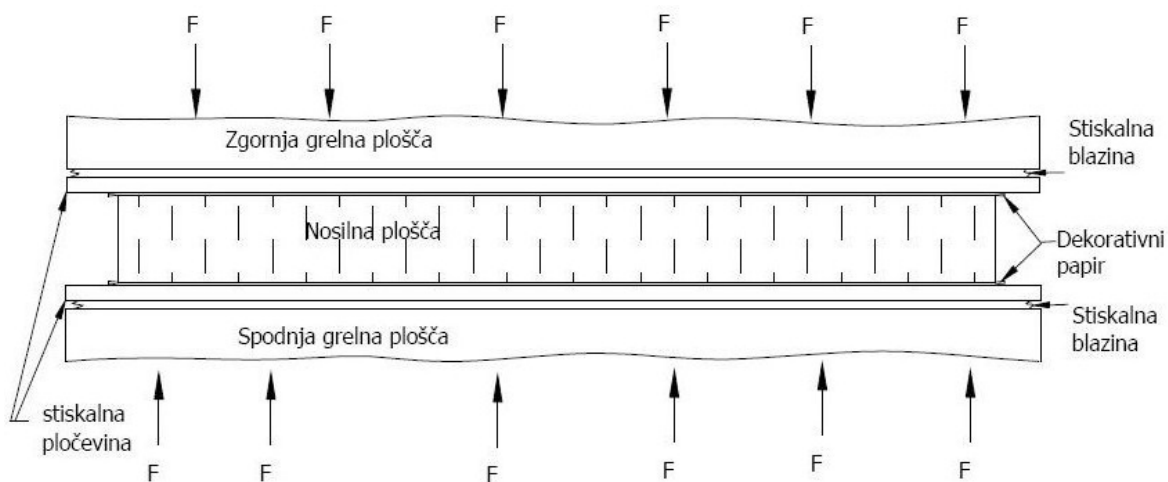
Stroški, ki so povezani s brušenjem so relativno visoki. Za brušenje plošč debeline 16 mm - 18 mm, ki so izdelane v večetažnih stiskalnicah, se upošteva nadmera 1,7 mm, kar znese 0,17 m<sup>3</sup> dodatnega materiala na ploščo. Poleg dodatnega materiala so tu še stroji za brušenje, brusilni trakovi, dodaten čas, delovna sila in pa odbrušen material, ki ga je potrebno ustrezno skladiščiti oz. uporabiti. Če uporabimo odbrušen material za kurjavo predstavlja to velik ekološki problem, saj je ta material poln lepil, ki v okolju spuščajo prosti formaldehid, ki je kancerogen (Medved, 2006, cit. po Luin, 2006).

Kontinuirane stiskalnice omogočajo izdelavo ivernih plošč z manjšo nadmero. Nadmere so v tem primeru od 0,3 mm do 0,5 mm, kar je bistveno manj kot pri večetažnih stiskalnicah. Posledica tega je manj odbrušenega materiala, kar je z ekološkega vidika bolje.

Alternativna metoda brušenju je zmanjšati hrapavosti že v predhodnih fazah izdelave ivernih plošč. Seveda pa kljub majhni hrapavosti, ki jo dosežemo z uporabo finih frakcij iveri ne moremo zagotoviti tako ravne in gladke površine, kot jo dobimo pri brušenju. Zaradi tega je brušenje za izravnavo površine ivernih plošč še zmeraj potrebno.

### 2.3 POSTOPEK IZDELAVE OBLOŽENIH PLOŠČ

Proces oblaganja lahko poteka v enoetažni stiskalnici brez povratnega hlajenja, ki jo v praksi imenujemo kratkotaktna stiskalnica (slika 1), zaradi zelo kratkega časa izdelovalnega ciklusa. Temperatura grelnih plošč znaša od  $170^{\circ}\text{C}$  -  $220^{\circ}\text{C}$ , čas stiskanja pa od 15 s do 70 s.



Slika 1: Shematični prikaz oblaganja (Hudolist, 2005)

Pri oblaganju s kratkotrajnim postopkom želimo čimprej doseči maksimalni tlak, ko položimo ploščo na vročo stiskalno pločevino, saj želimo, da se papir čimbolj prilega površini plošče, še preden začne smolna mešanica utrjevati. Zaradi ekonomskih vidikov so se pojavile težnje po krajših proizvodnih časih, zato so se začele uporabljati bolj reaktivne smole, ki pri enaki temperaturi začnejo utrjevati hitreje. Vzporedno so napredovale tudi stiskalnice, predvsem zaradi hitrejšega zapiranja stiskalnice in doseganja tlaka. Maksimalni tlak mora biti dosežen, preden začne smolna mešanica utrjevati.

### **3 MATERIALI IN METODE**

#### **3.1 MATERIALI**

##### **3.1.1 Iverna plošča**

Uporabili smo trislojno iverno ploščo, ki smo jo dobili z linije za proizvodnjo ivernih plošč v podjetju LESNA Tovarna ivernih plošč Otiški Vrh. Iverno ploščo, formata 5500 mm × 2070 mm × 18 mm smo razrezali na manjše formate, dimenzije 500 mm × 500 mm. Prostorninska masa plošče je bila cca. 0,650 g/cm<sup>3</sup>.

##### **3.1.2 Dekorativni papir**

Za oblaganje surovih ivernih plošč smo uporabili bel dekorativni papir, impregniran z melaminsko smolo, gramature 70 g/m<sup>2</sup>. Uporabljen papir je proizvedlo podjetje FunderMax GmbH iz Avstrije.



## 3.2 METODE

### 3.2.1 Izbira parametrov stiskanja

Iverne plošče smo oblagali v laboratorijski stiskalnici. Laboratorijske pogoje smo želeli čimbolj približati proizvodnim. Zaradi tega smo uporabili enake parametre stiskanja, kot jih uporabljajo pri oblaganju v podjetju LESNA Tovarna ivernih plošč Otiški Vrh.

Temperatura stiskanja:	188° C
Tlak stiskanja:	2,3 N/mm <sup>2</sup>
Čas stiskanja:	20 s

### 3.2.2 Oblaganje plošč in izžagovanje vzorcev

Pri zgoraj navedenih parametrih smo obložili pet nebrušenih in pet brušenih plošč, vendar v različnih časovnih obdobjih. Tako smo nebrušene plošče obložili naslednji dan po stiskanju, medtem, ko smo brušene obložili po dvajsetih dneh. V tem času smo plošče pustili zoreti.

Obložene iverne plošče smo po oblaganju razrezali na manjše preizkušance. Iz plošč smo naključno izrezali osem preizkušancev dimenzije 50 mm × 50 mm, preostali preizkušanci pa so bili dimenzije 100 mm × 100 mm.

### 3.2.3 Oznake ivernih plošč

Pri preizkusih smo uporabili več vrst ivernih plošč. V preglednici 1 so prikazane oznake posameznih ivernih plošč, ki jih bomo uporabljali v nadaljevanju.

Preglednica 1: Oznake uporabljenih plošč

Tip plošče	Oznaka plošče
surova nebrušena iverna plošča	A
surova brušena iverna plošča	B
obložena nebrušena iverna plošča	C
obložena brušena iverna plošča	D
brušena iverna plošča (dekorativni papir)	E

### 3.2.4 FT-IR analiza

Namen preizkusa je bil določiti kemijsko zgradbo ivernih plošč z metodo FT-IR spektroskopije in ugotoviti kemijske spremembe na površini, ki so nastale zaradi vlage in visoke temperature v fazi stiskanja.

Preizkus smo izvajali z instrumentom Perkin Elmer FT-IR Spectrum One (slika 2). Ta spektrometer omogoča snemanje spektrov v valovnem območju od  $450\text{ cm}^{-1}$  do  $4000\text{ cm}^{-1}$  v različnih tehnikah: transmisijski, refleksijski (DRIFT) in ATR. Vsaka tehnika zahteva specifično pripravo vzorcev.



Slika 2: Instrument Spectrum One za merjenje nihajnih (FT-IR) spektrov

Spektre smo posneli v refleksijski (DRIFT – Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) tehniki. Uporabili smo posebne brusne papirčke, ki so služili kot mediji, s katerimi smo vzorce prahu izpostavili v IR spektrometer.

Brusni papirček, okrogle oblike, premera 10 mm (slika 3), smo trikrat previdno in enakomerno potegnili po površini iverne plošče. Pri tem smo pazili, da površine papirčka nismo kontaminirali z nečistočami. Brusni papir smo postavili na plastični vložek, s katerim smo ga nato vstavili v FT-IR spektrometer. Za vsako ploščo smo opravili po eno meritev.



Slika 3: Plastični vložek za napravo Spectrum One

Spektre smo analizirali s pomočjo programske opreme podjetja Perkin Elmer in prisoj, predstavljenih v preglednici 2.

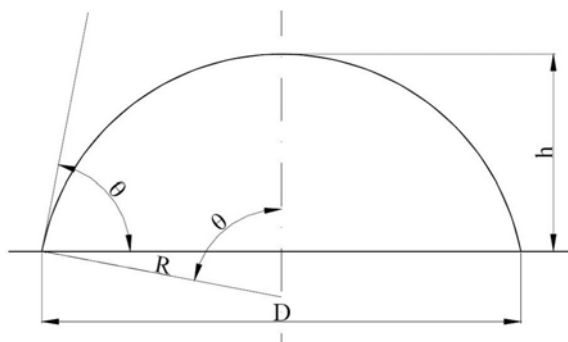
Preglednica 2: Trakovi v nihajnih (FT-IR) spektrih lesa (Humar, 2002)

<b>Valovno število [cm<sup>-1</sup>]</b>	<b>Prisoja</b>
680	Upogibno nihanje C-OH skupine pri celulozi
775	Nihanje v galaktanu pri hemicelulozi
809	Nihanje v mananu pri hemicelulozi
810	Upogibno nihanje v 1,3,4 substituiranih benzenovih obročih lignina
870	Upogibno nihanje v 1,3,4 substituiranih benzenovih obročih lignina
895	Nihanja skupin na C1 atomih v celulozi in hemicelulozi
1050	C-O valenčno nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1110	Trak O-H skupin pri celulozi in hemicelulozi
1160	C-O-C valenčno nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1230	Nihanje v siringilnih enotah lignina ali nihanje skupin C=O skupin ksilana
1263	C-O valenčno nihanje pri ligninu in hemicelulozi
1275	Nihanje v gvajacilnih enotah lignina
1315	Kolebno nihanje skupin CH <sub>2</sub> pri celulozi
1325	Kolebno nihanje skupin CH <sub>2</sub> pri celulozi
1330	OH deformacijsko nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1370	CH <sub>2</sub> upogibno nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1425	CH <sub>2</sub> strižno nihanje pri celulozi, C=C nihanje pri aromatskih skupinah lignina
1453	Valenčno nihanje aromatskega obroča in CH <sub>2</sub> nihanja pri celulozi
1460	CH <sub>3</sub> deformacijsko nihanje pri ligninu in CH <sub>2</sub> upogibno nihanje pri ksilanu
1505	Valenčno nihanje aromatskega obroča pri ligninu
1600	Valenčno nihanje aromatskega obroča pri ligninu
1643	H-O-H deformacijsko nihanje v absorbirani vodi
1660	Nihanje v keto-karbonilne skupine konjugirane z benzenovim obročem
1730	C=O valenčno nihanje pri ksilanu
2900	C-H valenčno nihanje
3300	O-H valenčno nihanje

### 3.2.5 Merjenje kontaktnega kota

Kontaktni kot je kot, ki ga oklepata tangenta na površino kapljice in podlaga, na katero je kapljica nanescena.

Poznamo neposredno in posredno merjenje kontaktnega kota. Uporabili smo posredno merjenje kontaktnega kota, ki temelji na merjenju višine in širine kapljice tekočine, v našem primeru destilirane vode (slika 4). Ta način merjenja je manj subjektiven, saj lahko višino in širino kapljice natančno določimo. Za širino kapljice vzamemo dolžino, ki je v stiku s trdno snovjo. Pri tej metodi predpostavljamo, da ima kapljica sferično obliko.



Slika 4: Posredno merjenje kontaktnega kota

**Enačba za izračun kontaktnega kota:**

$$\theta = 2 \arctan\left(\frac{2h}{D}\right),$$

kjer je:

h ... višina kapljice

D ... širina kapljice

Kontaktni kot smo merili na nebrušeni in brušeni iverni plošči. Pri obeh ploščah smo merili kontaktni kot tako na spodnji, kot tudi na zgornji strani. Kontakti kot smo izmerili po 0 s, 5 s in 20 s po nanosu kapljice. Pri vsaki plošči smo opravili po dvanajst meritev, šest za spodnjo in šest za zgornjo stran plošče. Za meritev kontaktnega kota smo uporabili destilirano vodo pri sobni temperaturi.

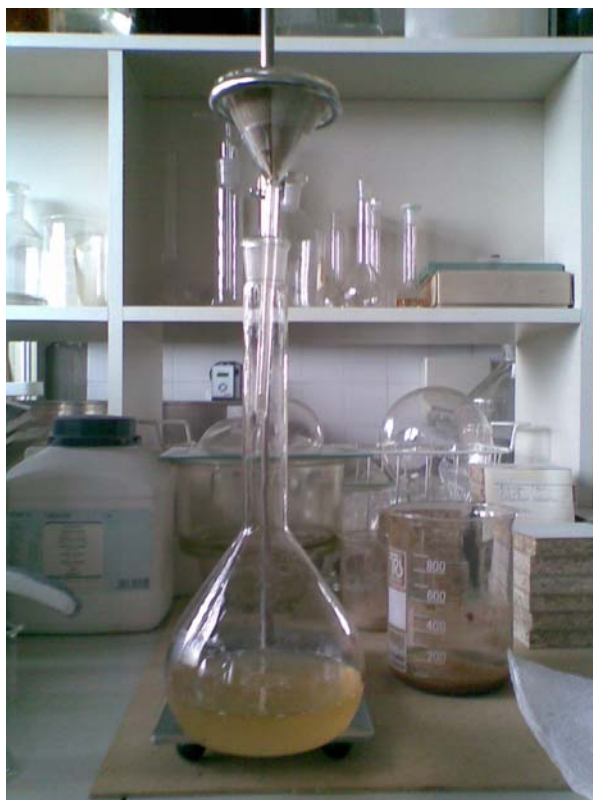
Pri merjenju smo si pomagali s digitalnim fotoaparatom, ki shrani 12 slik na sekundo; mikroskopom z lučko, katerega povečava je 25-kratna ter injekcijo, s katero smo nanесли kapljico na površino (slika 5).



Slika 5: Laboratorijska oprema za merjenje kontaktnega kota

### 3.2.6 Ugotavljanje vrednosti pH

S testom ugotavljamo kislost površine iverne plošče. Uporabili smo metodo po Subramanianu (Subramanian s sod., 1983) in sicer ekstrakcijo z destilirano vodo. Z iverne plošče smo odbrusili približno 40 g prahu, katerega smo posušili do absolutne suhosti. V čašo smo zatehtali natanko 25,0 g prahu ( $H = 0\%$ ) in ga prelili s 300 ml destilirane vode ( $T = 20^\circ\text{C}$ ) ter zmešali. Po preteku 24 ur je sledila filtracija. Skozi lijak, v katerem je bil filter papir, smo počasi zivali mešanico prahu in destilirane vode (slika 6). Kasneje smo postopek izpiranja ponovili tako, da smo prah še štirikrat izprali s 175 ml destilirane vode. V bučko smo dolili destilirano vodo do 1000 ml in s pomočjo pH lističev določili vrednost pH.



Slika 6: Prikaz poteka filtracije

### 3.2.7 Čvrstost površine (SIST EN 311)

S testom merimo silo, pri kateri pride do odtrganja med površino iverne plošče in pečatom. Iz vsake plošče smo naključno izrezali po osem preizkušancev dimenzije 50 mm × 50 mm in označili spodnjo ter zgornjo stran. S talilnim lepilom smo na preizkušance prilepili pečate. Pri tem smo morali paziti, da smo lepilo nanесли po celotni površini, da med trganjem ni popustila vez med preizkušancem in pečatom. Po preteku 24 ur smo začeli z testiranjem in določevanjem sile, ki je potrebna za razslojitev preizkušancev (slika 7). Pri tem smo upoštevali dva pogoja in sicer: čas do loma mora biti (60 ± 30) s in do loma mora priti na sredini preizkušanca. Če pride do loma med podstavkom in preizkušancem, rezultata ne upoštevamo.

**Enačba za izračun čvrstosti površine:**

$$SS = \frac{F_{loma}}{A},$$

kjer je:

- $F_{loma}$  ... sila loma v N  
 $A$  ... površina loma (1000 mm<sup>2</sup>)

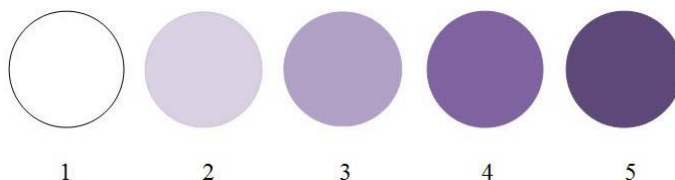


Slika 7: Preizkušanec vpet v trgalni stroj



### 3.2.8 Otrdelost površine

S testom določamo otrdelost melaminskega filma. Poda nam zelo dobro oceno utrjenosti filma, zaradi česar ga v praksi zelo pogosto uporabljamo. Iz vsake plošče smo naključno izrezali po tri preizkušance dimenzije 100 mm × 100 mm in označili spodnjo ter zgornjo stran. Uporabili smo 1M HCl, ki smo jo obarvali s kitionom zaradi lažje določitve intenzitete madeža. Na testirano površino smo kanili kislino v velikosti kovanca in jo pokrili z urnim steklom, da kislina ni izhlapela (slika 9). Kislino smo pustili delovati 20 minut, nato smo površino obrisali do suhega in ocenili intenziteto madeža. Večja intenziteta je pomenila večje vpitje kisline v površino zaradi večje poroznosti površine. Oceno smo podali z ocenami od 1 do 5 (slika 8).



Slika 8: Prikaz intenzitete madeža za posamezno oceno

Ocena 1 pomeni slabo viden oziroma neviden madež, kar je posledica prevelike otrdelosti (struktura je bolj zamrežena). Močno viden madež pomeni oceno 5, kar pomeni premajhno otrdelost (struktura je manj zamrežena). Pri oceni 5 pride do vpivanja kisline zaradi prevelike poroznosti. Optimalna ocena je med 2 in 3.



Slika 9: Testiranje vzorca na stopnjo otrdelosti površine

### 3.2.9 Odpornost proti vodni pari (SIST EN 14323)

V erlenmajerico s širokim vratom kapacitete 250 ml smo natočili 200 ml destilirane vode in jo postavili na kuhalnik ter počakali, da je voda v njej zavrela. Na vrat erlenmajerice smo nato položili preizkušanece dimenzije 100 mm × 100 mm in ga z utežjo obtežili, da med testom ni odpadel (slika 10). Testirano stran smo obrnili navzdol. Vzorce smo pustili izpostavljeni 1 uro, nato smo jih s filter papirjem obrisali in ocenili izgled površine.

Po 24-urnem kondicioniranju smo opazovali nastale spremembe na površini s prostim očesom in pri 6-kratni povečavi. Oceno smo podali s stopnjami od 1 do 5. Opis posamezne ocene je predstavljen v preglednici 3.

Preglednica 3: Opis posamezne ocene pri testu določanja odpornosti proti vodni pari

Ocena	Opis
5	ni vidnih sprememb
4	majhne spremembe v sijaju in/ali barvi, vidne le pod nekaterimi koti
3	zmerne spremembe v sijaju in/ali barvi
2	močne spremembe v sijaju in/ali barvi
1	vidni mehurčki in/ali delaminacija papirja



Slika 10: Testiranje vzorca na odpornost proti vodni pari

### 3.2.10 Odpornost proti substancam oz. nastanku madežev (SIST EN 14323)

Iz vsake plošče smo izrezali po šest preizkušancev dimenzije 100 mm × 100 mm. Tri smo uporabili za testiranje zgornje in tri za testiranje spodnje površine. Na preizkušance smo v majhnih količinah nanесли substance. Vse substance smo prekrili z urnim steklom, da smo preprečili izhlapevanje (slika 11). Uporabili smo sledeče substance: rdeče vino, kava, čaj in ribezov sok. Obe substanci, razen kave in čaja, sta imeli pri nanašanju sobno temperaturo, medtem, ko je bila temperatura kave in čaja pri nanašanju 80° C. Po 16 urah smo preizkušance očistili s čistilnim sredstvom in jih še 24 ur klimatizirali v klimi 20° C / 65 % vlage.

Po preteku 24 ur smo preizkušance ocenili z ocenami od 1 do 5. Opis posamezne ocene je predstavljen v preglednici 4.

Preglednica 4: Opis posamezne ocene pri testu določanja odpornosti proti substancam

Ocena	Opis
5	ni vidnih sprememb
4	majhne spremembe v sijaju in/ali barvi, vidne le pod nekaterimi koti
3	zmerne spremembe v sijaju in/ali barvi
2	močne spremembe v sijaju in/ali barvi
1	poškodovana površina in/ali mehurčki



Slika 11: Testiranje vzorca na odpornosti proti substancam

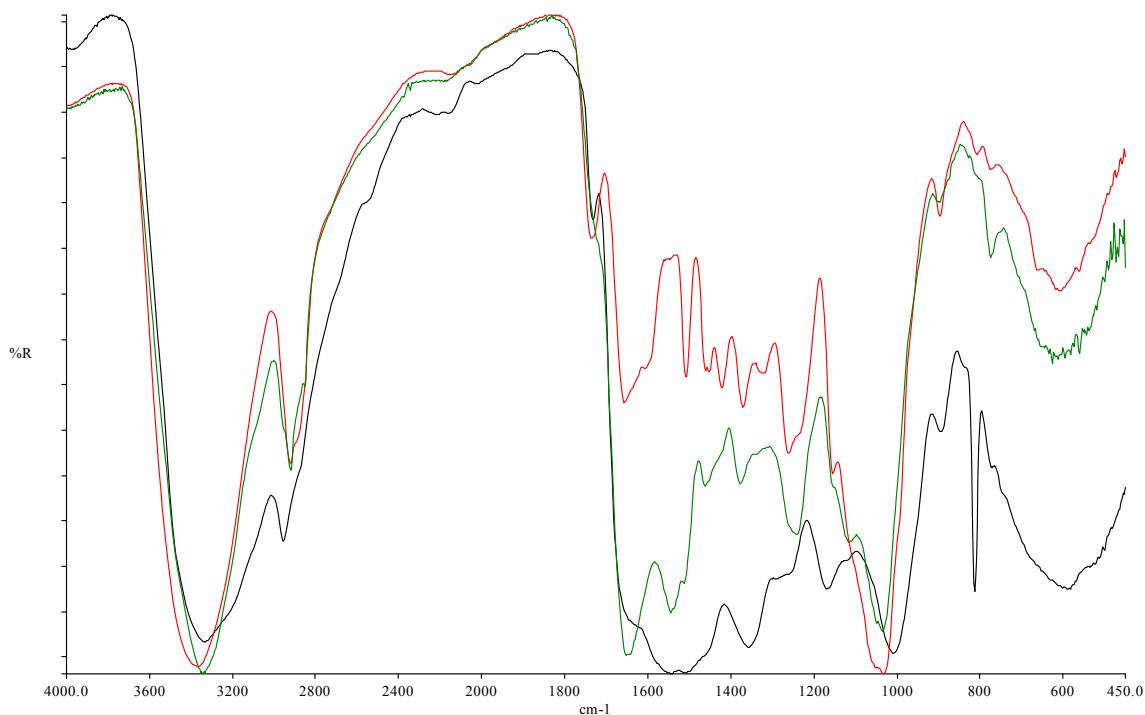
## 4 REZULTATI

### 4.1 FT-IR ANALIZA POVRŠINE IVERNIH PLOŠČ

Iverna plošča je izdelana iz lignoceluloznih materialov, po večini je to lesna surovina. Les v iverni plošči sestavljajo glavne kemijske komponente: celuloza, hemiceluloza in lignin. V manjših količinah pa nastopajo še akcesorne sestavine in mineralne snovi.

Med procesom izdelave iverne plošče s pomočjo vlage in visoke temperature ( $T = 220^{\circ}\text{C}$ ) vplivamo na kemijske komponente. S tem povzročimo neke vrste termično modifikacijo lesa. Kemijske spremembe v lesu lahko spremljamo z metodo infrardeče spektroskopije.

Meritve smo izvajali s FT-IR analizo na treh različnih tipih ivernih plošč. Med seboj smo primerjali iverne plošče A, B in E (slika 12).



Slika 12: Prikaz FT-IR spektra iverne plošče A (zelena krivulja), B (rdeča krivulja) in E (črna krivulja)

Iz slike 12 je razvidno, da je prišlo do največjih sprememb med valovnima številoma  $1155\text{ cm}^{-1}$  in  $1731\text{ cm}^{-1}$ . V tem področju na spektrih vidimo različna nihanja v celulozi, hemicelulozi in ligninu. Do sprememb je prišlo v fazi stiskanja. Takrat pride do vpliva vlage in visoke temperature, ki je pri kontinuiranih stiskalnicah okoli  $220^\circ\text{C}$ . Posledice teh dveh dejavnikov so vidne v razgradnji kemijskih komponent (celuloze, hemiceluloze, lignina).

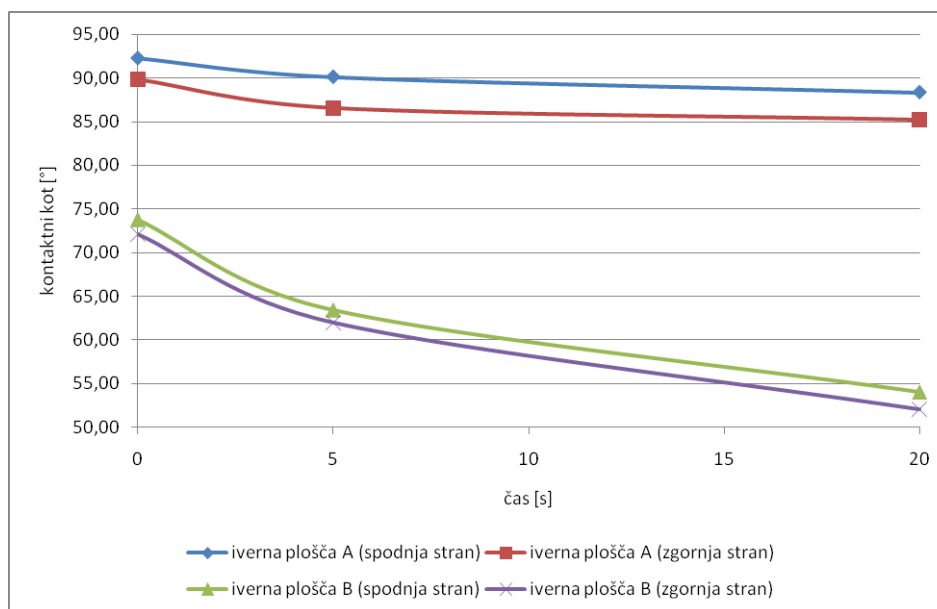
Iz posnetih spektrov in valovnih števil (preglednica 2) smo poskušali ugotoviti, do kakšnih kemijskih sprememb pride na površini plošče. V splošnem lahko rečemo, da so največje spremembe, ki nastanejo zaradi vpliva visoke temperature, predvsem razpadi dolgih polimernih verig na manjše in nastajanje novih vezi. Najbolj je temu podvržena hemiceluloza, ki je termično najmanj obstojna. Visoka temperatura pa vpliva tudi na razpad celuloze in lignina.

Iz slike 12 je tudi razvidno, da je pri brušeni iverni plošči (iverna plošča B) prišlo do manjših kemijskih sprememb. Vzrok za to je v tem, da je zunanji sloj iverne plošče med stiskanjem izpostavljen najvišjim temperaturam. Pri iverni plošči B smo pred opravljenom meritvijo odstranili 1 mm zunanjega sloja. Temperatura stiskalnih plošč, čas in tlak stiskanja sta za vse delce v zunanjem sloju enaka. Prehod temperature iz zunanjega sloja v srednji sloj je počasnejši. Posledično imajo vsi naštetih dejavniki (temperatura, čas in tlak) večji vpliv na zunanji sloj, kot pa na notranji ter na spremembe kemijskih komponent v lesu. Z brušenjem do neke mere odstranimo posledice teh dejavnikov in dosežemo bolj aktivno površino iverne plošče.

Iverna plošča E je bila obložena, vendar se dekorativni papir ni sprejel s površino plošče. Zaradi tega smo ga odstranili. Na površini je ostalo nekaj lepila z dekorativnega papirja (površina plošče je bila bela). S slike 12 je razvidno, da je spekter površine iverne plošče E (črna krivulja) drugačen od spektrov plošč A in B. Predvidevamo, da je to posledica lepila z dekorativnega papirja, ki je ostal na površini.

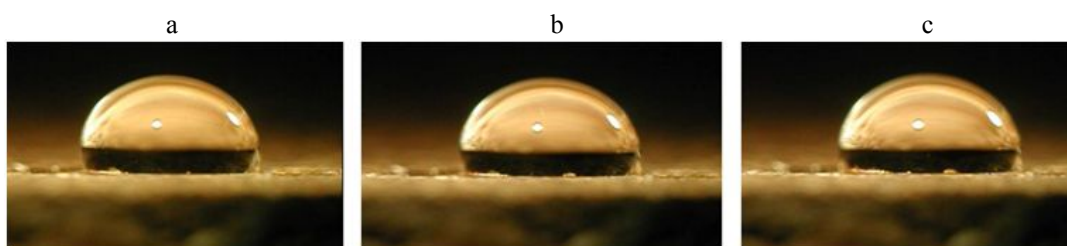
## 4.2 KONTAKTNI KOTI

Slika 13 prikazuje rezultate meritev kontaktnih kotov destilirane vode pri posameznih ivernih ploščah na spodnji in zgornji strani.



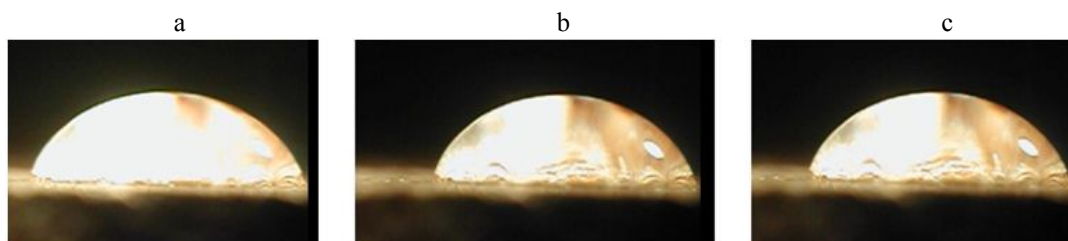
Slika 13: Rezultati meritev kontaktnega kota pri ivernih ploščah A in B

S slike 13 je razvidno, da je na spodnji strani nebrušene iverne plošče (iverna plošča A) po preteku 20 sekund od nanosa, kontaktni kot destilirane vode manjši od  $90^\circ$ , vendar je kljub temu njegova vrednost relativno visoka ( $88^\circ$ ). Predpostavljamo, da je iz kontaktnih kotov destilirane vode možno oceniti tudi omakanje plošč z lepilom. Na podlagi literature (Kalčič, 2006) lahko predpostavljamo, da je prišlo zaradi višjega kontaktnega kota do slabšega spoja med dekorativnim papirjem in površino iverne plošče. Iz slik 13 in 14 je tudi razvidno, da se je kapljica po preteku 20 sekund od nanosa komaj opazno spremenila (kontaktni kot se je spremenil le za  $4^\circ$ ).



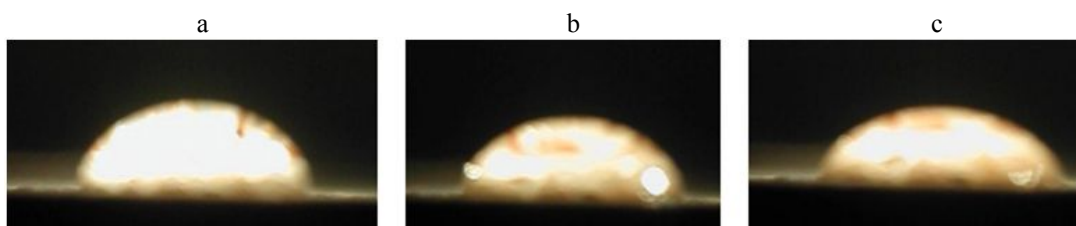
Slika 14: Kapljica na spodnji strani pri iverni plošči A v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu

S slike 13 lahko vidimo tudi, da je bil na zgornji strani iverne plošče A kontaktni kot v času 0 s skoraj  $90^\circ$ . Po preteku 20 sekund kontaktni kot pade na  $85^\circ$ . S slik 13 in 15 je tudi razvidno, da se je kapljica po preteku 20 sekund za malenkost bolj spremenila kot na spodnji strani plošče (kontaktni kot se je spremenil za  $5^\circ$ ).



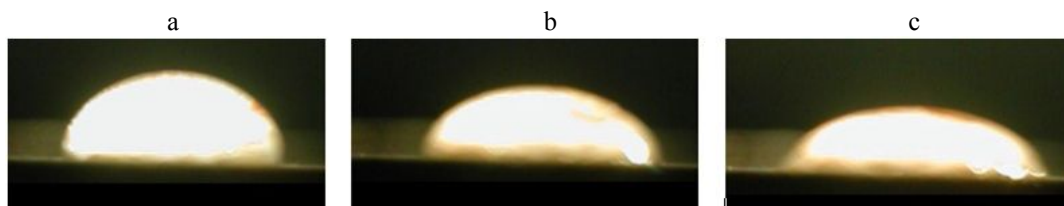
Slika 15: Kapljica na zgornji strani pri iverni plošči A v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu

Ugotovili smo tudi (slika 13), da je na spodnji strani brušene iverne plošče (iverna plošča B) kontaktni kot destilirane vode v času 0 s po nanosu skoraj  $74^\circ$ . Po preteku 20 sekund kontaktni kot pade na  $54^\circ$ . Vidimo še (sliki 13 in 16), da se je kapljica po preteku 20 sekund občutno spremenila (kontaktni kot se je spremenil za  $20^\circ$ ). Na podlagi tega lahko predpostavljamo, da je bilo omakanje dovolj dobro, da je prišlo do zadostnega spoja med dekorativnim papirjem in površino iverne plošče.



Slika 16: Kapljica na spodnji strani pri iverni plošči B v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu

Na zgornji strani iverne plošče B je bil kontaktni kot v času 0 s približno  $72^\circ$  (slika 13). Po preteku 20 sekund kontaktni kot pade na  $52^\circ$ . Ugotovimo lahko tudi (sliki 13 in 17), da se je kapljica po preteku 20 sekund občutno spremenila (kontaktni kot se je spremenil za  $20^\circ$ ). Padec kontaktnega kota je po preteku 20 sekund še nižji kot na spodnji strani iverne plošče B. To pomeni, da je prišlo do dobre omočitve.



Slika 17: Kapljica na zgornji strani pri iverni plošči B v času 0 s (a), 5 s (b) in 20 s (c) po nanosu

Opazili smo, da ima površina iverne plošče velik vpliv na kontaktni kot. Pri iverni plošči B, kjer smo odstranili 1 mm zunanjega sloja, se je kapljica destilirane vode hitreje razlila po površini. Kontaktni kot je na obeh straneh iverne plošče po preteku 20 sekund padel za  $20^\circ$ . To pomeni, da je zaradi bolj odprte površine prišlo do hitrejše penetracije destilirane vode v površino plošče. Ravno obratno se je zgodilo pri iverni plošči A. Površina te iverne plošče je bila hidrotermično obdelana. Zaradi tega je prišlo do zgostitve materiala na površini, površina je postala bolj zaprta. Posledica tega je počasnejša penetracija destilirane vode v površino plošče in komaj opazna sprememba oblike kapljice.



### 4.3 UGOTAVLJANJE VREDNOSTI pH

V preglednici 5 so navedene vrednosti pH, izmerjene po različnih časih od izdelave in pri različnih ivernih ploščah (nebrušena, brušena).

Preglednica 5: Izmerjene vrednosti pH

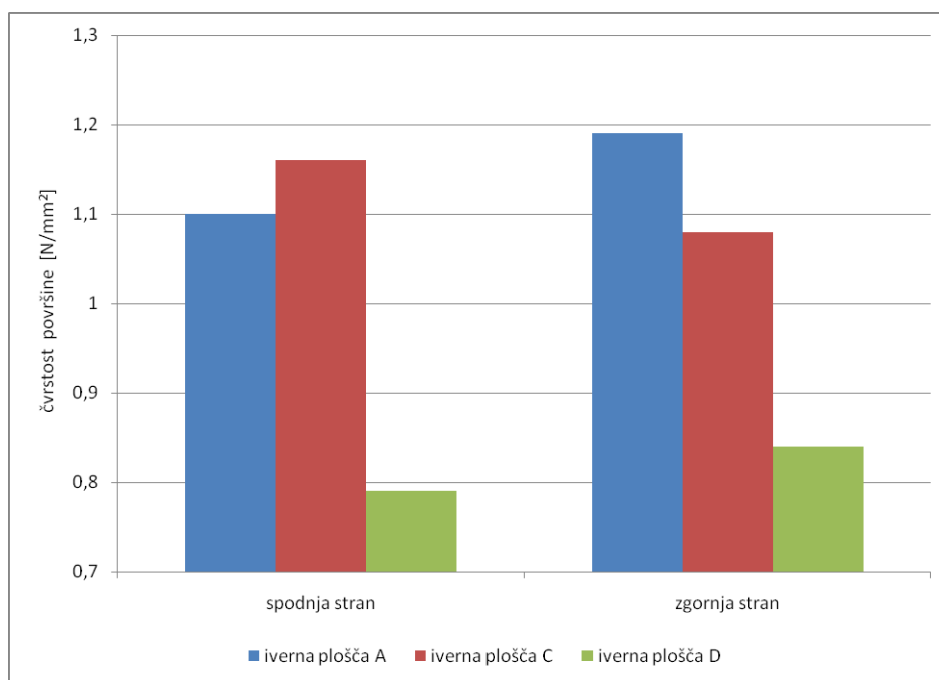
Tip plošče	Čas (dnevi)	Vrednost pH	Opomba
A	2	4,9	Izvedli smo pet meritev vrednosti pH.
A	6	5,2	Izvedli smo eno meritev vrednosti pH.
A	6	5,2	Pred pridobivanjem prahu smo ploščo segreti na 188° C in nato pridobili prah ter izvedli eno meritev vrednosti pH.
B	13	4,7	Plošči smo predhodno na vsaki strani odbrusili 1 mm zunanjšega sloja in nato pridobili prah za eno meritev vrednosti pH.

Pri nebrušeni iverni plošči (iverna plošča A) smo izmerili pH v vrednosti približno 5, kar pomeni, da bi se dekorativni papir moral sprijeti s površino iverne plošče. Kot je razvidno iz preglednice 5, je pH vrednost pri brušeni iverni plošči (iverna plošča B) po preteku trinajstih dni od stiskanja nekoliko padla. Padec vrednosti pH pod 5 je povzročil slabši spoj med dekorativnim papirjem in površino iverne plošče.

Iz podatkov v preglednici 5 lahko sklepamo, da ima vrednost pH površine velik vpliv pri oblepljanju plošč. S časom od izdelave vrednost pH pada, kar povzroči, da površina postane neaktivna. Ugotovili smo tudi, da se vrednost pH ne spremeni, če površino plošče pred brušenjem segrejemo na 188° C.

#### 4.4 TEST ČVRSTOSTI POVRŠINE

Slika 18 prikazuje rezultate testa čvrstosti površine pri posameznih ivernih ploščah na spodnji in zgornji strani.



Slika 18: Prikaz rezultatov testa čvrstosti površine na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah A, C in D

S slike 18 je razvidno, da je bila na zgornji strani ivernih plošč potrebna večja sila za odtrganje pečata s površine preizkušanca. Iz tega lahko sklepamo, da je zgornja stran plošče primerneje pripravljena. Prav tako je razvidno, da so bili rezultati bistveno slabši na obeh straneh pri iverni plošči D. Tej plošči smo na vsaki strani odstranili 1 mm zunanjega sloja in nato površino še dodatno zbrusili s brusnim papirjem P100. Površina je postala bolj odprta. Predpostavljamo, da je lepilo z dekorativnega papirja že pred stiskanjem utrdilo in penetriralo v površino plošče ter posledično ni prišlo do zadostnega spoja med dekorativnim papirjem in površino iverne plošče.

Pri iverni plošči C je zaradi hidrotermično obdelane površine ta bolj zaprta, kar otežuje penetracijo lepila z dekorativnega papirja v površino plošče. Lepilo lahko ostane na dekorativnem papirju in ne penetrira v ploščo, zaradi česa pride do nezadostnega spoja in na otip hrapave površine.

Tudi površina iverne plošče A je bila hidrotermično obdelana. Opazimo lahko precej podobne rezultate kot pri iverni plošči C. Iz tega lahko sklepamo, da je razlika med oblepljeno nebrušeno in surovo nebrušeno iverno ploščo razmeroma majhna.

Temperatura zgornje in spodnje strani je bila pred oblepljanjem 188° C. Ker je spodnja stran plošče dalj časa izpostavljena visoki temperaturi, smo vpliv daljšega časa izpostavljenosti omilili s tem, da smo med spodnjo grelno ploščo in dekorativnim papirjem vstavili pločevino.

Na slikah 19 in 20 sta prikazana preizkušanca po opravljenem testu čvrstosti površine. Na sliki 19 je vidno, da je prišlo do odtrganja površine preizkušanca. Medtem pri preizkušancu na sliki 20 ni prišlo do tega pojava (površina preizkušanca se ni odtrgala skupaj s pečatom).



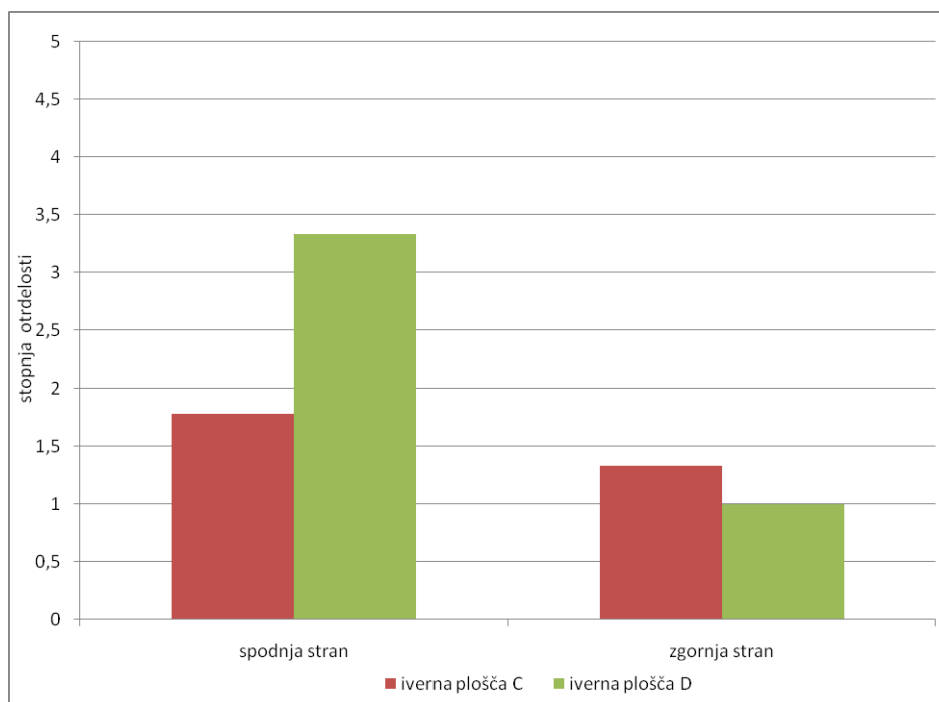
Slika 19: Zadosten spoj pri iverni plošči C



Slika 20: Nezdosten spoj pri iverni plošči D

#### 4.5 TEST OTRDELOSTI POVRŠINE

Slika 21 prikazuje rezultate testa otrdelosti oblepljene površine pri posameznih ivernih ploščah na spodnji in zgornji strani.



Slika 21: Odvisnost stopnje otrdelosti od spodnje in zgornje strani pri ivernih ploščah C in D

S slike 21 je razvidno, da je pri obeh ivernih ploščah do večjega vpijanja kisline na spodnji strani. Do tega je prišlo zaradi prevelike poroznosti površine. Na porozni površini ostane močan madež in tako ostane barva vidna. Močnejše viden madež pomeni premajhno otrdelost (struktura je manj zamrežena).

Na zgornji strani je pri obeh ivernih ploščah prišlo do manjšega vpijanja kisline. Površina na zgornji strani je bolj zaprta in manj prepustna za kislino, kar je posledica bolj zamrežene strukture. Predpostavljamo lahko, da se je lepilo z dekorativnega papirja lepo razlilo po površini in zaradi tega ni prepuščalo kisline. V obeh primerih sta oceni otrdelosti nizki, kar pomeni preveliko otrdelost smole in je zato bolj krhka. Posledica tega je lahko nastanek razpok na površini filma.

Optimalna ocena otrdelosti je med 2 in 3. Tej oceni sta se najbolj približali spodnji strani pri obeh ploščah, vendar nobena ni povsem v tem razponu.

Na slikah 22 in 23 sta prikazana preizkušanca po dvajset minutni izpostavitvi kislini. Na preizkušancu na sliki 22 je viden močan madež vijoličaste barve, kar pomeni premajhno otrdelost površine. Pri preizkušancu na sliki 23 ni vidnih sprememb (prevelika otrdelost).



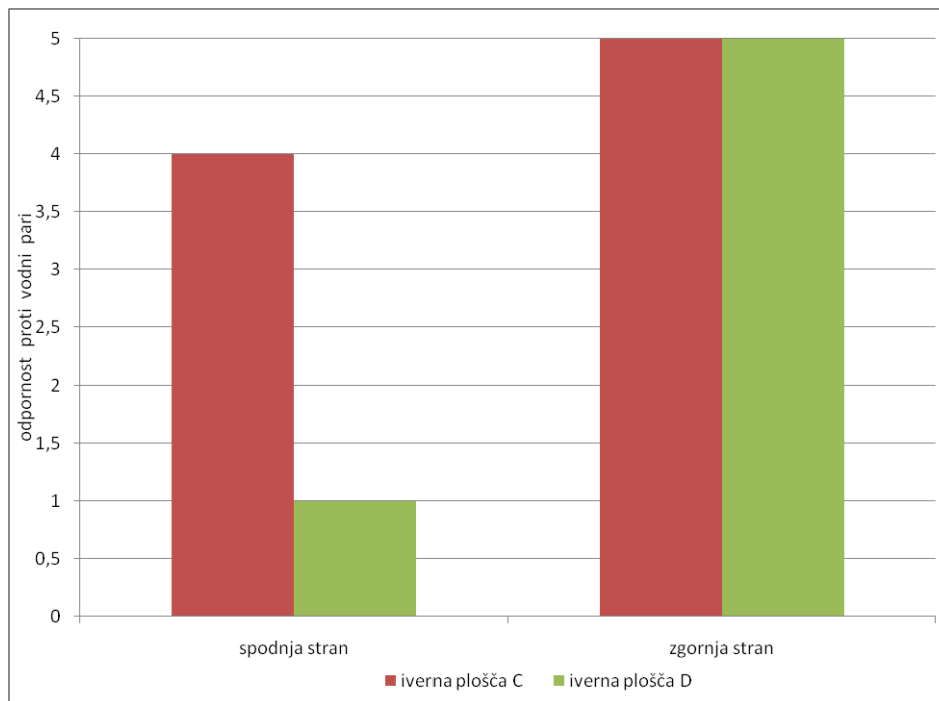
Slika 22: Premajhna otrdelost površine na spodnji strani iverne plošče D



Slika 23: Prevelika otrdelost površine na zgornji strani iverne plošče D

#### 4.6 TEST ODPORNOSTI PROTI VODNI PARI

Slika 24 prikazuje rezultate testa odpornosti površine proti vodni pari pri posameznih ivernih ploščah na spodnji in zgornji strani.



Slika 24: Odpornost proti vodni pari na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah C in D

Iz slike 24 je razvidno, da pri obeh ploščah na zgornji strani ni prišlo do vidnih sprememb (ocena 5). Iz tega lahko sklepamo, da se je lepilo z dekorativnega papirja lepo razlilo po površini in ni prepuščalo vodne pare.

Pri obeh ploščah je na spodnji strani prišlo do nekaterih vidnih sprememb. Pri iverni plošči C je po enurni izpostavitvi vodni pari, prišlo do manjših vidnih sprememb v sijaju, ki pa so bile opazne le pod nekaterimi koti. Občutnejše spremembe so se zgodile pri iverni plošči D. Pri tej plošči so bili vidni mehurčki oziroma je prišlo do delaminacije papirja. Zaradi tega smo vse preizkušance ocenili z oceno 1. Plošča ni bila primerna za uporabo.

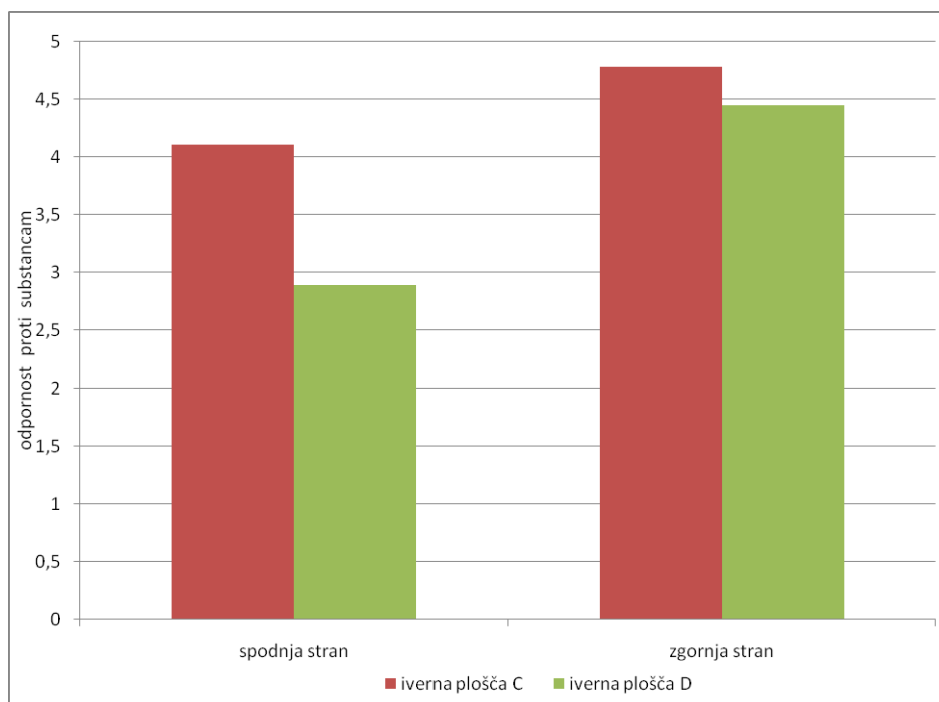
Na sliki 25 je prikazan preizkušanelec po enourni izpostavitvi vodni pari. Na sliki so lepo vidni mehurčki, prišlo pa je tudi do delaminacije papirja.



Slika 25: Preizkušanelec po končanem testu določanja odpornosti proti vodni pari (spodnja stran iverne plošče D)

#### 4.7 TEST ODPORNOSTI PROTI SUBSTANCAM

Slika 26 prikazuje rezultate testa odpornosti površine proti substancam pri posameznih ivernih ploščah na spodnji in zgornji strani.



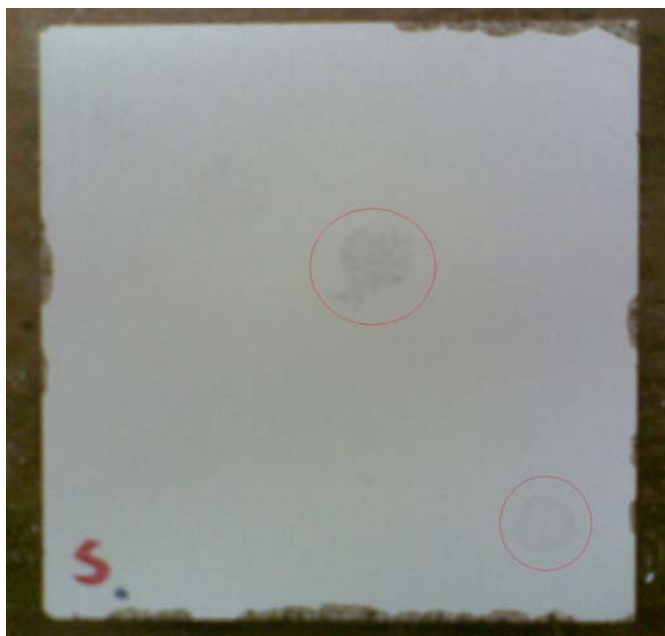
Slika 26: Odvisnost odpornosti proti substancam na spodnji in zgornji strani pri ivernih ploščah C in D

S slike 26 je razvidno, da pri obeh ploščah na zgornji strani ni prišlo do vidnih sprememb. Pri obeh ploščah je bil sicer v dveh primerih viden blag madež rdečega vina in kave, vendar na preostalih preizkušancih ni bilo vidnih nobenih sprememb.

Dobljeni rezultati so pri obeh ivernih ploščah slabši v primeru spodnje strani. Skoraj na vseh preizkušancih so bili tudi po 24-urni klimatizaciji v klimi 20° C / 65 % vlage, še zmeraj vidni madeži.



Na sliki 27 je prikazan preizkušaneec po končani 24-urni klimatizaciji v klimi 20° C / 65 % vlage. Še zmeraj sta vidna madeža rdečega vina in kave (obkroženo z rdečo barvo).



Slika 27: Preizkušaneec po končani klimatizaciji po testu določanja odpornosti proti substancam (spodnja stran iverne plošče D)

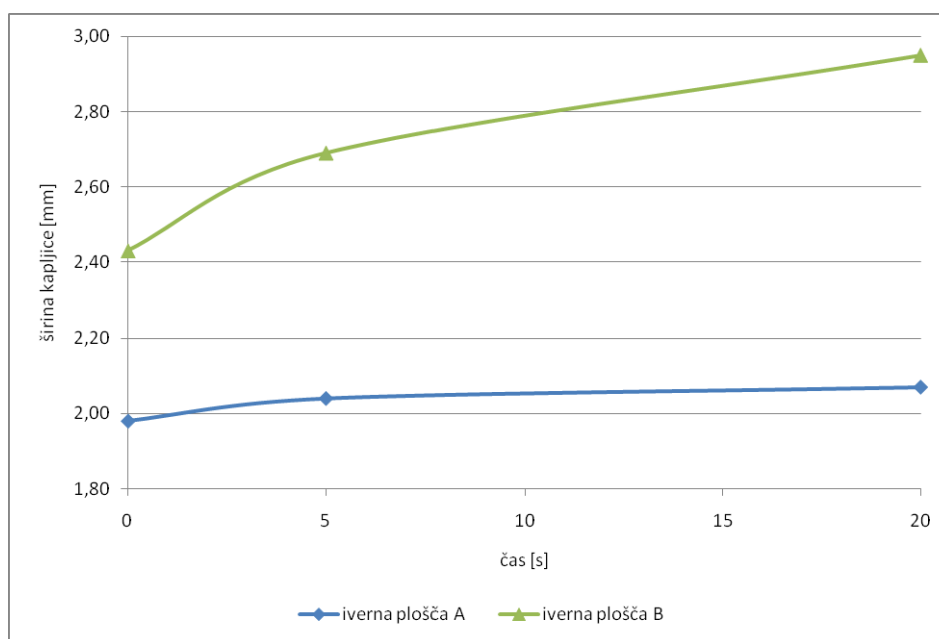
## 5 RAZPRAVA

Z brušenjem spremenimo odstotek neravnosti površine, kar predstavlja pomemben kriterij za opredeljevanje gostote in zaprtosti površine. Medved (1997) je ugotovil, da obstaja med hrapavostjo in prostorninsko maso zunanjih nekaj desetink mm linearna povezava. Z naraščanjem prostorninske mase v zunanjem sloju se hrapavost plošč zmanjšuje. Bolj zaprta površina pa je tudi manj hrapava.

Predpostavili smo, da bo zaradi brušenja prišlo do različnih lastnosti nosilne površine pred oblaganjem. Z analizo surovih nebrušenih (iverna plošča A) in brušenih (iverna plošča B) ivernih plošč smo te predpostavke potrdili. Z brušenjem smo na površini povzročili spremembe, katere so kasneje vplivale na lastnosti in kvaliteto obložene površine.

Z brušenjem smo na vsaki strani iverne plošče B odstranili 1 mm zunanjega sloja, ki je bil v fazi stiskanja najbolj izpostavljen visoki temperaturi in vlagi. Različna intenziteta vpliva teh dveh dejavnikov na površino nebrušene in brušene plošče se je lepo pokazala na FT-IR spektrih. Oba tipa plošč sta bila v fazi stiskanja deležna kemijskih sprememb, vendar so bile te spremembe bolj opazne pri nebrušeni iverni plošči (iverna plošča A). Posledice teh sprememb so se odražale tudi v različnih vrednostih pH, ki smo jih izmerili. Meritve so pri brušeni iverni plošči pokazale vrednost 4,7. V literaturi (Tolar, 1998) avtor omenja, da lahko pride do težav pri oblaganju, če vrednost pade pod 5. Tedaj se pospeši hitrost utrjevanja melaminske smole v oblogi.

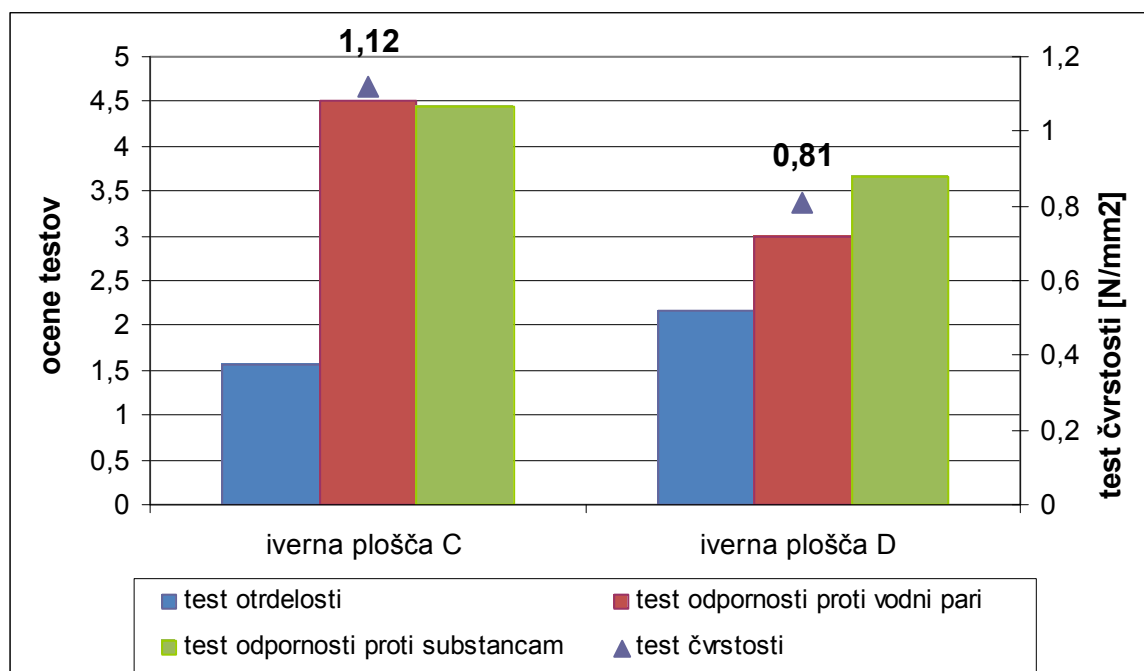
Predpostavili smo, da smo z brušenjem dosegli točko največje prostorninske mase. V tej točki je površina bolj zaprta in tako tudi bolj gladka. Vsekakor pa je površina pri brušenju iverni plošči bolj odprta v primerjavi z nebrušeno. To prikazuje tudi slika 28, iz katere je razvidno, da je pri brušeni iverni plošči prišlo do večjega vpijanja destilirane vode. Kapljica destilirane vode se je hitreje in v večji meri vpila v površino plošče. Medtem pa se oblika kapljice na nebrušeni površini skoraj ni spremenila oziroma je po preteku 20 sekund prišlo do zelo majhne penetracije.



Slika 28: Primerjava hitrosti vpijanja destilirane vode pri iverni plošči A in B

Predpostavili smo, da se je pri oblaganju zgodilo isto z lepilom z dekorativnega papirja. Drugačne lastnosti brušene nosilne površine so povzročile večjo in hitrejšo penetracijo lepila v podlago. Posledično je na površini ostal pretanek film za zagotovitev kvalitetnega lepilnega spoja. Lepilo je prodrlo pregloboko, tudi do mest, ki ne prispevajo k trdnosti spoja. Na podlagi slednjega in izmerjene nizke pH vrednosti, smo sklepali, da bo pri brušeni iverni plošči (iverna plošča B) prišlo do pustega lepilnega spoja oziroma do slabše kvalitete obložene površine.

Slika 29 prikazuje rezultate testov obložene nebrušene (iverna plošča C) in obložene brušene iverne plošče (iverna plošča D). Razvidno je, da smo višje vrednosti dosegli pri nebrušeni iverni plošči, razen v primeru testa otrdelosti, kjer smo dobili bolj optimalno oceno pri brušeni iverni plošči.



Slika 29: Primerjava rezultatov testov obloženih površin pri iverni plošči C in D

Rezultati testov obloženih površin so potrdili, da se pri brušeni iverni plošči dekorativni papir ni v zadostni meri sprejel s površino. Prišlo je do t.i. pojava pustega lepilnega spoja. Prvi pokazatelj za ta pojav je test čvrstosti površine. Pri tem testu smo dobili relativno nizko silo, potrebno za odtrganje pečata, v primerjavi z nebrušeno iverno ploščo. Obenem pa tudi pri tem tipu plošče ni prišlo do odtrganja površine preizkušanca, ampak zgolj papirja.

Pri testu odpornosti proti substancam in testu odpornosti proti vodni pari je prišlo do prepuščanja le-teh. Na površini so se tudi po končani klimatizaciji poznali madeži, para pa je povzročila delaminacijo papirja. Tudi test otrdelost je nakazal na nekoliko bolj porozno površino, saj je prišlo do večjega vpijanja kisline v primerjavi z nebrušeno iverno ploščo. Vendar smo se pri brušeni iverni plošči bolj približali optimalni oceni, ki je med 2 in 3.

Zaključimo lahko, da sta bistvenega pomena za kvaliteten lepilni spoj vrednost pH površine in odprtost oziroma zaprtost le-te, kar je v veliki meri posledica visoke temperature in vlage v fazi stiskanja ter kasnejše faze brušenja. Rečemo lahko, da smo boljše rezultate dosegli pri nebrušeni iverni plošči (iverna plošča C), ker smo dosegli boljši lepilni spoj med dekorativnim papirjem in površino iverne plošče. Rezultati niso bili povsem optimalni, vendar lahko sklepamo, da bi nebrušeno iverno ploščo, ob enakih pogojih (parametri stiskanja, dekorativni papir, debelina), lahko uporabili v proizvodnji.

## 6 SKLEPI

Na podlagi primerjave rezultatov opravljenih preizkusov lahko ugotovimo naslednje:

- Kontaktni kot destilirane vode na površini nebrušene iverne plošče (iverna plošča A) in brušene iverne plošče (iverna plošča B) je s časom padal. Vrednosti kontaktnega kota so bile pri brušeni iverni plošči nižje.
- Vrednosti pH so bile na površini približno 5. S časom (po preteku štirih dni od izdelave iverne plošče) se je pH vrednost dvignila na 5,2.
- Pri testih čvrstosti površine, odpornosti proti vodni pari in odpornosti proti substancam, smo opazili, da je zgornja stran tako pri nebrušeni (iverna plošča C), kot tudi pri brušeni iverni plošči (iverna plošča D) boljša v primerjavi s spodnjo stranjo. Razen pri testu otrdelosti površine, kjer sta pri obeh ploščah imeli zgornji strani nizke vrednosti, kar nakazuje na bolj zaprto površino (bolj zamrežena struktura).
- Obložena nebrušena iverna plošča (iverna plošča C) je bila v primerjavi z obloženo brušeno iverno ploščo (iverna plošča D) boljša.

## 7 POVZETEK

Raziskovali smo vpliv površine iverne plošče na oprijemnost dekorativnega papirja. Vpliv smo ugotavljali na nebrušeni in brušeni iverni plošči.

Uporabili smo trislojno iverno ploščo, formata 5500 mm × 2070 mm × 18 mm in beli dekorativni papir gramature 70 g/m<sup>2</sup>. Ploščo smo razrezali na format 500 mm × 500 mm. V laboratorijski stiskalnici smo obložili pet nebrušenih in pet brušenih ivernih plošč in jih po kondicioniranju analizirali. Analizirali smo tudi surovo nebrušeno in brušeno iverno ploščo.

Ugotovili smo, da imata vlaga in visoka temperatura velik vpliv na površino iverne plošče. V fazi stiskanja pride do hidrotérmične obdelave površine. S pomočjo FT-IR spektroskopije smo ugotovili, da pride zaradi visoke temperature do razgradnje celuloze, hemiceluloze in lignina. Najbolj je temu podvržena hemiceluloza, ki je termično najmanj obstojna.

Ugotovili smo tudi, da imajo te kemijske spremembe vpliv na kontaktni kot in na vrednost pH površine. Zaradi visoke temperature pride na površini do zgostitve materiala, površina postane bolj zaprta. Z merjenjem kontaktnega kota smo ugotovili, da se kapljica destilirane vode po preteku 20 sekund komaj opazno spremeni. Vrednosti kontaktnega kota so bile okoli 90°, kar nakazuje na slabši lepilni spoj. Z odbrušenjem 1 mm zunanega sloja površine, se je kontaktni kot znižal. Opazna je bila tudi večja sprememba oblike kapljice (kontaktni kot se je spremenil za 20°). Vrednost pH je bila po dveh dneh od stiskanja 4,9, čez štiri dni se je dvignila na 5,2. Opaznejša sprememba se je zgodila po preteku trinajstih dni pri brušeni iverni plošči. Takrat je vrednost pH padla na 4,7. Če vrednost pade pod 5, lahko pride do težav pri oblepljanju površine iverne plošče. Iz rezultatov je razvidno, da se pri tej plošči na spodnji strani dekorativni papir ni sprejel s površino (papir se je luščil).

Za analizo obloženih površin smo izvedli več testov. Opravili smo test čvrstosti površine, test otrdelosti (kislinski test), test odpornosti proti vodni pari in test odpornosti proti substancam. Tako pri nebrušenih, kot tudi pri brušenih obloženih ploščah, smo opazovali nastale spremembe na obloženi površini, po izpostavitvi različnim dejavnikom.

Ugotovili smo, da so bili dobljeni rezultati pri obeh ivernih ploščah boljši na zgornji strani, razen v primeru testa otrdelosti površine, kjer na obeh zgornjih straneh madež kisline ni bil viden (previsoka otrdelost).

Rezultati so pokazali, da je bila v našem primeru nebrušena iverna plošča v primerjavi z brušeno boljša.

Z uporabo nebrušene iverne plošče v proizvodnji bi se znebili stroškov, ki so povezani s brušenjem. Ti stroški so relativno visoki. Poleg dodatnega materiala, ki ga odbrusimo s površine plošče, potrebujemo še stroje za brušenje, brusilne trakove, dodaten čas, delovno silo. Težave se pojavijo tudi z odbrušenim materialom, saj ga je potrebno ustrezno skladiščiti oz. uporabiti. Uporaba odbrušenega materiala za kurjavo predstavlja velik ekološki problem, saj je ta material poln lepil, ki v okolju spuščajajo prosti formaldehid, ki je kancerogen.



## 8 VIRI

- Dolinšek I. 2007. Uporaba FT-IR spektroskopije za karakterizacijo ivernih plošč. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 34 str.
- Hudolist M. 2005. Vpliv parametrov stiskanja na nekatere lastnosti obložene iverne plošče. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 36 str.
- Humar M. 2002. Interakcije bakrovih zaščitnih pripravkov z lesom in z lesnimi glivami. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za lesarstvo: 127 str.
- Kalčič I. 2006. Omočitev in adhezija pri lepljenju hitro rastočih lesnih vrst. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 43 str.
- Lenič J. 1974. Ploskovna lesna tvoriva. Les, 26, 5: 163-171
- Lenič J. 1977. Hrapavost kot parameter površine surovih in oplemenitenih lesnih plošč. Les, 29, 9 – 10: 175-182
- Luin P. 2006. Vpliv velikosti iverja in načina segrevanja na hrapavost ivernih plošč. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 63 str.
- Medved S., Pirkmaier S., Mihevc V. 1997. Vpliv uporabljenih drevesnih vrst na hrapavost površine ivernih plošč. Les, 49, 10: 285-291
- Medved S. 1999. Vpliv lesne vrste na hrapavost zunanjšega sloja in prostorninsko maso brušenih ivernih plošč. Les, 51, 5: 125-130
- Medved S. 2001. Preizkušanje oplemenitenih ivernih plošč na reagente. V: Mladinski raziskovani tabor Bohinj 2000 / Zveza za tehnično kulturo Slovenije, Gibanje znanost mladini in Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Ljubljana: 23-28

Sinn G., Gindl M., Reiterer A., Stanzl-Tschegg S. 2004. Changes in the surface properties of wood due to sanding. *Holzforschung*, 58: 246-251

SIST EN 311. Lesne plošče – Čvrstost površine – Preskusna metoda. 2004: 8 str.

SIST EN 14323. Lesne plošče – Plošče, oplemenitene z melaminom, za notranje prostore – Preskusne metode. 2004: 17 str.

Subramanian R.V., Somasekharan K.N., Johns W.E. 1983. Acidity of wood. *Holzforschung*, 37: 117-120

Tišler V., Malnarič A. 2002. pH vrednosti lesa. *Les*, 54, 10: 320-324

Tolar B. 1998. Preprečevanje razenja površine oplemenitene iverne plošče. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za lesarstvo: 64 str.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Sergeju Medvedu za pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala tudi prof. dr. Marku Petriču za recenzijo, ter podjetju LESNA Tovarna ivernih plošč Otiški Vrh za material.

V veliki meri pa se zahvaljujem tudi svoji družini, ki mi je omogočila študij in me ves ta čas tudi podpirala.