

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Ivan DOLINŠEK

**UPORABA FT-IR SPEKTROSKOPIJE ZA KARAKTERIZACIJO
IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**USAGE OF FT-IR SPECTROSCOPY FOR PARTICLEBOARDS
CHARACTERIZATION**

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2007

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.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval doc. dr. Sergeja Medveda, za recenzentko pa prof. dr. Vesno Tišler.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Ivan DOLINŠEK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK UDK 630*862:630*813
- KG iverne plošče/kemijska zgradba/FT-IR spektroskopija
- AV DOLINŠEK, Ivan
- SA MEDVED, Sergej (mentor)/TIŠLER, Vesna (recenzent)
- KZ SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2007
- IN UPORABA FT-IR SPEKTROSKOPIJE ZA KARATERIZACIJO IVERNIH PLOŠČ
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP VIII, 34 str., 11 pregl. 17 sl., 17 vir.
- IJ sl
- Jl sl/en
- AI Namen naloge je ugotoviti kemijsko zgradbo ivernih plošč s pomočjo FT-IR spektroskopije. Analiza temelji na presevanju vzorcev s svetlobo v valovnem številu med 400 cm^{-1} in 4000 cm^{-1} , pri čemer merimo prepustnost oz. količino absorbirane svetlobe v odvisnosti od valovne dolžine. Meritve spektrov smo opravili z DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) tehniko, katera je najpogostejša za analiziranje prašnih delcev (v našem primeru zmlatega iverja). Uporabili smo iverne plošče proizvajalcev iz Rusije, Slovenije in Italije. Ena iverna plošča je bila zlepljena z melamin-formaldehidnim, ostale pa z urea-formaldehidnim lepilom. V dobljenem spektru med 400 cm^{-1} in 4000 cm^{-1} smo se osredotočili na valovni pas od 650 cm^{-1} do 1750 cm^{-1} , koder se nahajajo funkcionalne skupine celuloze, hemiceluloze in lignina v lesu. Ugotovili smo, da lahko z FT-IR metodo določimo kemijsko zgradbo iverne plošče oz. funkcionalne skupine celuloze, hemiceluloze in lignina. S primerjavo FT-IR spektrov ivernih plošč smo ugotovili, da na spremembe deleža celuloze, hemiceluloze in lignina vpliva različna uporaba lepila (MF, UF), proces izdelave ivernih plošč, drevesna vrsta, ter ionizirajoče sevanje.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC UDC 630*862:630*813
- CX particleboard/chemical structure/FT-IR spectroscopy
- AU DOLINŠEK, Ivan
- AA MEDVED, Sergej (supervisor)/TIŠLER, Vesna (reviewer)
- PP SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2007
- TI USAGE OF FT-IR SPECTROSCOPY FOR PARTICLEBOARDS CHARACTERIZATION
- DT Graduation thesis (University studies)
- NO VIII, 34 p., 11 tab., 17 fig., 17 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Our aim was to find chemical structure of particleboards using FT-IR spectroscopy. Analysis based on shining through samples with light wave frequency from 400 cm^{-1} to 4000 cm^{-1} by measuring transparency or quantity of absorbed light, depending on the wave length. Spectra were measured using DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) technique, which is most frequent for dust analysis (in our example ground particle). We used particleboards from Russia, Italy and Slovenia. One particleboard sample was glued together with melamine-formaldehyde, others with urea-formaldehyde glue. In receiving spectra from 400 cm^{-1} to 4000 cm^{-1} , we concentrated on wave range from 650 cm^{-1} to 1750 cm^{-1} . In that range, functional group cellulose, hemi-cellulose and lignin in wood occur. Using FT-IR spectroscopy we determined chemical structure in particleboards or functional group cellulose, hemi-cellulose and lignin. It was found out that by comparing FT-IR spectra of particleboards the ratio of cellulose, hemi-cellulose and lignin is changed, influenced by different use of glue (MF, UF), process of making particleboards, tree species and ionizing radiation.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VI
Kazalo slik	VII
Okrajšave in simboli	VIII
1 UVOD	1
1.1 SPLOŠNO	1
1.2 POVOD ZA DELO	2
1.3 HIPOTEZE	2
1.4 CILJ	2
2 PREGLED OBJAV	3
3 MATERIAL IN METODE	7
3.1 MATERIALI	7
3.1.1 Priprava vzorcev	7
3.2 METODE DELA	9
3.2.1 Fourier Transform Infrared (FT-IR), analiza vsebnosti ter sprememb kemijskih komponent v lesu	9
4 REZULTATI	13
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	22
5.1 RAZPRAVA	22
5.2 SKLEP	30
6 POVZETEK	31
7 VIRI	33
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Vsebnost Lignina po Klasonu v iverju	4
Preglednica 2: Razvrstitev ivernih plošč glede na vrsto lepila, vrsto lesa in izvora.	7
Preglednica 3: Trakovi v nihanjih (FTIR) spektrih lesa	9
Preglednica 4: Za vzorec A izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	15
Preglednica 5: Za vzorec B izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	16
Preglednica 6: Za vzorec B-II. izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 894 cm ⁻¹	17
Preglednica 7: Za vzorec C izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	18
Preglednica 8: Za vzorec D izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	19
Preglednica 9: Za vzorec E izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	20
Preglednica 10: Za vzorec F izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm ⁻¹	21
Preglednica 11: Sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$) v določenem pasu, glede na referenčno K-M (RK-M) v odvisnosti od tipa iverne plošče	23

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Spreminjanje deleža celuloze v lesu bora, bukve, hrasta in smreke zaradi delovanja žarkov γ v vodnem in v alkalnem ekstraktu	5
Slika 2: Spremembe na celuloznih vlaknih zaradi delovanja žarkov γ	5
Slika 3: Spreminjanje deleža lignina v lesu bora, bukve, hrasta in smreke zaradi delovanja žarkov γ v vodnem in v alkalnem ekstraktu	6
Slika 4: UV spektri absorbcije β -aril etra obsevanega z žarki γ	6
Slika 5: FT-IR, Fourier Transform Infrared (Spectrum One®)	12
Slika 6: Nihajni (FT-IR) spektri vzorcev	13
Slika 7: Detajl nihajnih (FT-IR) spektrov vzorcev med valovno dolžino 1750 cm^{-1} do 650 cm^{-1}	13
Slika 8: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca A, ki je bila izdelana iz mešanega lesa, ter uporabljeno melamin-formaldehidno lepilo	15
Slika 9: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca B, ki je bila izdelana iz mešanega lesa, ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	16
Slika 10: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče, absolutno suhega vzorca B-II, ki je bila izdelana iz mešanega lesa, ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	17
Slika 11: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca C, ki je bila izdelana iz mešanega lesa, ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	18
Slika 12: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca D, ki je bila izdelana iz juvenilnega lesa (glede na barvo bi lahko ocenili, da je to topol), ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	19
Slika 13: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca E, ki je bila izdelana iz mešanega lesa, ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	20
Slika 14: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca F, ki je bila izdelana iz recikliranega lesa, ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo	21
Slika 15: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah celuloze	25
Slika 16: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah hemiceluloze	26
Slika 17: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah lignina	27

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

FTIR- Fourier Transform Infrared

DRIFT- Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform

1 UVOD

1.1 SPLOŠNO

Drevesa v gozdovih vsrkavajo hrano iz zemlje, kar vpliva na spremembe v kemijski zgradbi lesa.

Na živ organizem lahko učinkujejo tudi ionizirajoče sevanje, pri lesu to povzroča, da ni več takšen kakršen je bil na začetku.

Les v iverni plošči sestavljajo glavne kemijske komponente: celuloza, hemiceluloza in lignin. Z različnimi postopki jih lahko spreminjamo. Na primer, s hidrotermično obdelavo lesa lahko vplivamo na spremembe v kemijski zgradbi lesa, s tem povzročimo mehčanje lesa. Med izdelavo ivernih plošč delujemo na celulozo, hemicelulozo in lignin. Na spremembe vplivamo že pri sušenju iverja različnih velikosti. Začetna vlažnost iveri je okoli 60 %. S pomočjo temperature povzročamo spremembe v kemijskih komponentah. Na njihovo spremembo vplivamo tudi pri obleplanju iveri. Različna lepila vplivajo različno na kemijske komponente lesa. Dodatne spremembe povzroča stiskanje iverne plošče. Pri tem s pomočjo temperature stiskalnih plošč v odvisnosti od tlaka in časa stiskanja vplivamo na dodatne spremembe v kemijskih komponentah.

1.2 POVOD ZA DELO

V Sloveniji so se pojavile iverne plošče iz različnih držav. Nekatere med njimi so bile proizvedene iz lesa za katerega menimo, da je bil obsevan z γ -žarki. Znano je, da ionizirajoče sevanje močno vpliva na les in s tem na kvaliteto plošč. Ker na lastnosti iveri vpliva rastišče, smo se odločili preveriti njegov vpliv v odvisnosti od pH tal. Poleg tega predvidevamo močan vpliv γ -sevanja, kar nameravamo z analizo potrditi.

1.3 HIPOTEZE

Predpostavljamo, da postopek izdelave ivernih plošč, predvsem temperatura stiskanja ter različna uporaba lepil, vpliva na kemijske komponente lesa.

Predpostavljamo, da pH vrednost rastišča drevesa vpliva na kemijsko strukturo lesa.

Predpostavljamo, da ionizirajoče sevanje spreminja strukturo lesa tako na makro- kakor tudi v mikrostrukturi, hkrati pa povzroča spremembe v kemijski sestavi lesa.

1.4 CILJ

Cilj naloge je ugotoviti kemijsko zgradbo iveri in spremembe kemijskih komponent, kot so celuloza, hemiceluloza ter lignin v kontaminiranem lesu v primerjavi z nekontaminiranim lesom.

2 PREGLED OBJAV

Iverna plošča je izdelana iz lignoceluloznih materialov, v večji meri je to lesna surovina. Les, kot glavna komponenta iverne plošče, ima tudi določeno kemijsko zgradbo. Osnovne kemijske sestavine lesa so celuloza, hemiceluloza in lignin. V manjših količinah pa nastopajo še akcesorne sestavine in mineralne snovi. Med procesom izdelave ivernih plošč so kemijske sestavine, kot so celuloza, hemiceluloza ter lignin, deležne neke spremembe.

V raziskavi so Pirkmaier, Tišler, Žagar (1994) pokazali, da so kemijske spremembe v iverju posledica delovanja visokih temperatur oziroma, toplote potrebne za sušenje in procesa stiskanja.

Z vročevodno in alkalno ekstrakcijo so prepoznavali in določevali kemijske spremembe v vzorcih iverja v zunanem in srednjem sloju. Meritve so pokazale, da je kljub različnim načinom sušenja iverja, v iverju zunanjega sloja vsebnost vodotopnih in alkalnih ekstraktov (natrijev hidroksid-NaOH) v odvisnosti od vseh frakcij manjše, v primerjavi z iverjem srednjega sloja.

Alkoholno ekstrakcijo so uporabili za prepoznavanje in določevanje kemijskih sprememb v iverju zunanjega in srednjega sloja po procesu stiskanja. Rezultati alkoholne ekstrakcije so pokazali, da je v iverju zunanjega sloja vsebnost alkoholnih ekstraktov v odvisnosti od vseh frakcij manjše, v primerjavi z iverjem srednjega sloja. Vsebnost alkoholnih ekstraktov je v zunanem sloju iverne plošče manjša, zaradi dodatnega sušenja oziroma dodatnega vpliva toplote (temperature) preko vročih stiskalnih plošč.

Po alkoholni ekstrakciji so določili vsebnost lignina po Klasonu v frakciji med 0,2 mm in 0,63 mm. Rezultati sprememb vsebnosti lignina v iverju so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Vsebnost lignina po Klasonu v iverju (Pirkmaier, Tišler in Žagar, 1994)

Sloji iverja	Vsebnost lignina (%)
Sveže iverje za zunanji sloj	28,6
Posušeno iverje z šobnimi cevmi za zunanji sloj	29,3
Iverje za zunanji sloj, posušeno v šobnem sušilniku in stisnjen za srednji sloj	30,5
Iverje za zunanji sloj, posušeno v šobnem sušilniku in stisnjen za oba zunanja sloja	31,1
Sveže iverje za srednji sloj	28,5
Iverje za srednji sloj, posušeno v sušilniku z vrtečo cevjo	29,5
Iverje za srednji sloj, posušeno v sušilniku z vrtečo cevjo in stisnjeno za srednji sloj	30,8

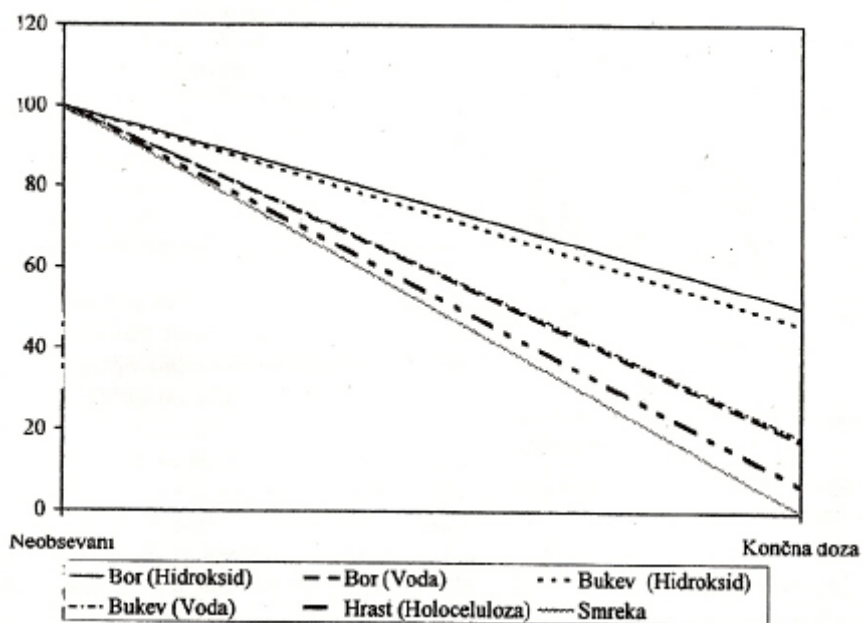
Človek se je prvič zavedal naravnih ionizirajočih sevanj pred približno 100 leti in pri tem spoznal tri različne vrste radioaktivnih žarkov. Žarki α so helijeva jedra, ki z veliko hitrostjo izhajajo iz razpadlega atomskega jedra. Žarki β so močna ionizirajoča emisija elektronov, pri številnih umetnih radionuklidih tudi pozitivno nabitih pozitronov. Žarki γ so kratkovalovno, elektromagnetno valovanje z veliko energijo, ki jo oddajajo vzbujena atomska jedra ob prehodu v nižje energijsko stanje. Za te žarke je značilno, da so zelo prodorni.

Dosedanje raziskave so pokazale, da žarki γ spreminjajo strukturo lesa tako na makro- kakor tudi v mikrostrukturi, prav tako pa povzročajo spremembe v kemijski sestavi lesa. Posledično zaradi sprememb v sami strukturi se pojavijo spremembe v mehanski in fizikalnih lastnostih lesa. Učinek sprememb v kemijski strukturi lesa zavisi predvsem od doze, jakosti sevanja, pomembna je drevesna vrsta in njena občutljivost na γ žarke.

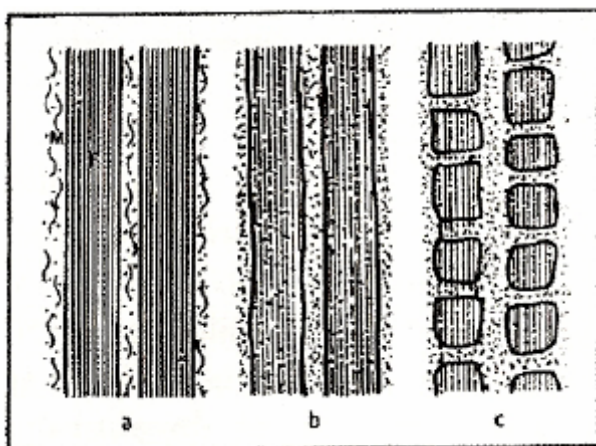
Seifert je leta 1964 predstavil rezultate raziskave vpliva žarkov γ na lesove smreke, bukve in bora. Kot izvor je uporabil izotop kobalta Co 60. Ugotovil je, da je večji delež razgradnje celuloze v primerjavi z ligninom.

V preteklosti, leta 1977 so bili predstavljeni rezultati raziskave delovanja γ žarkov na les belega hrasta. Ugotovili so, da se je delež lignina spremenil zelo malo, močno se je pa spremenil delež holoceluloze. (Cutter B., McGinnes Jr. 1980; Tabirih in sod. 1977)

Rezultati teh raziskav so razvidni na slikah 1, 2, 3, in 4.

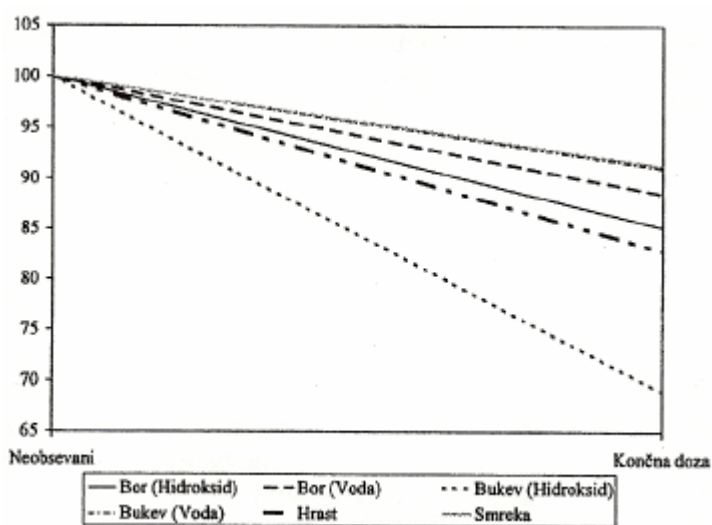


Slika 1: Spreminjanje deleža celuloze v lesu bora, bukve, hrasta in smreke zaradi delovanja žarkov γ v vodnem in v alkalnem ekstraktu (Tišler in Medved, 1997)



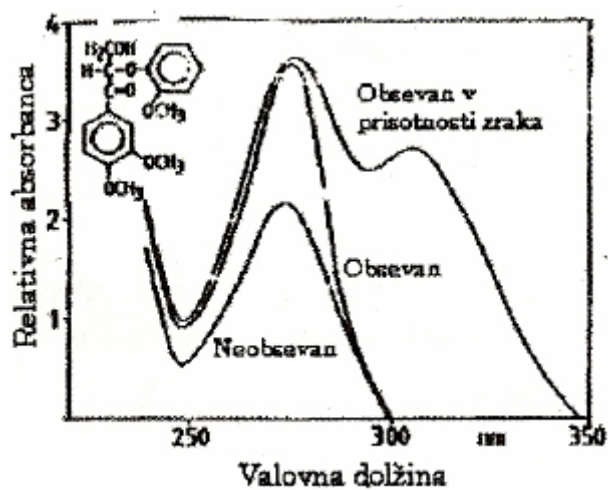
Slika 2: Spremembe na celuloznih vlaknih zaradi delovanja žarkov γ (Tišler in Medved, 1997)

- a neobsevan vzorcem,
- b obsevan vzorec,
- c obsevan in obdelan z ultrazvokom



Slika 3: Spreminjanje deleža lignina v lesu bora, bukve, hrasta in smreke zaradi delovanja žarkov γ v vodnem in v alkalnem ekstraktu (Tišler in Medved, 1997)

Slika 4 prikazuje UV spektre modelne substance lignina, ter spremembo, ki jo na ligninu povzročijo γ žarki.



Slika 4: UV spektri absorbcije β -aril etra obsevanega z žarki γ (Tišler in Medved, 1997)

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

Pri eksperimentu smo uporabili vzorce komercialnih produktov, in sicer, iverne plošče lepljene z melamin-formaldehidnim lepilom, ter urea-formaldehidnim lepilom. Vzorci ivernih plošč so bili pretežno iz različnih drevesnih vrst, samo v enem primeru bi lahko rekli, da gre za juvenilni les, po oceni, glede na barvo, je bil topol.

Izvor ivernih plošč je od proizvajalcev iz Slovenije, Italije in Rusije. Vse iverne plošče so bile dimenzije 1 m×1 m, debeline 15 mm.

Preglednica 2: Razvrstitev ivernih plošč glede na vrsto lepila, vrsto lesa in izvora

Plošča	Debelina plošč (mm)	Vrste lepila	Vrste lesa	Izvor plošč
A	15 mm	MF-lepilo	mešan les	Slovenija
B	15 mm	UF-lepilo	mešan les	Slovenija
C	15 mm	UF-lepilo	mešan les	Italija
D	15 mm	UF-lepilo	juvenilni les-topol	Italija
E	15 mm	UF-lepilo	mešan les	Rusija
F	15 mm	UF-lepilo	recikliran- mešan les	Italija

- MF- melamin-formaldehidno lepilo
- UF- urea-formaldehidno lepilo

3.1.1 Priprava vzorcev

Iz vsake iverne plošče (A, B, C, D, E, F) velikosti 1 m × 1 m smo s krožnim žagalnim strojem razžagali vzorce na dimenzije 25 mm × 25 mm. Razžagane vzorce (25 mm × 25 mm) smo posamično med seboj pomešali in iz vsake skupine razžaganih plošč (A, B, C, D, E, F) naključno izbrali 5 vzorcev. Izbrane vzorce (5 vzorcev) iz skupin razžaganih ivernih

plošč (A, B, C, D, E, F) smo posamično dali v laboratorijski mlin in jih fino zmleli. Posamično fino zmlete delce smo dali v sušilnik in jih posušili do absolutno suhega stanja. Po posušitvi smo iz vzorca B (fino zmletih delcev, posušenih do absolutno suhega stanja) vzeli polovico zmletih delcev in ga označili kot vzorec B-II., na to smo jih dali v merilnik gostotnega profila ter 24 ur obsevali z Americijem (Am^{241}). Namen tega je bil doseči spremembo v kemijski strukturi lesa. Nato smo vse vzorce analizirali s FT-IR spektroskopijo.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Fourier Transform Infrared (FT-IR), analiza vsebnosti ter sprememb kemijskih komponent v lesu

Za določanje vsebnosti kemijskih komponent v lesu in spremembo le-teh smo uporabili nihajno spektrometrijo (FT-IR - Fourier Transform Infrared). Analiza temelji na presevanju vzorcev s svetlobo z valovnim številom med 400 in 4000 cm^{-1} , pri čemer merimo prepustnost oziroma količino absorbirane svetlobe v odvisnosti od valovnega števila oziroma valovne dolžine. Energijo svetlobe določene valovne dolžine absorbirajo določene kemijske funkcionalne skupine. Pri izpolnjenem resonančnem pogoju zanihajo vezi v funkcionalni skupini (krčenje, raztezanje, vibriranje, rotacija, itd.), pri čemer se absorbira energija IR svetlobe. V spektru prepuščene svetlobe zaznamo absorbcijo energije in tako dobimo informacijo o prisotnosti različnih funkcionalnih skupin v molekuli.

Preglednica 3: Trakovi v nihanjih (FTIR) spektrih lesa (Humar, 2002)

Valovno število (cm^{-1})	Prisoja
680	Upogibno nihanje COH skupine pri celulozi
775	Nihanja v galaktanu pri hemicelulozi
809	Nihanja 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 asimetrično nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1230	Nihanje v siringilnih enotah lignina ali nihanje C=O skupin ksilana
1263	C-O valenčno nihanje pri ligninu in hemicelulozi
1275	Nihanje v gvajacilnih enotah lignina

1315	Kolebno nihanje CH ₂ skupin pri celulozi
1325	Kolebno nihanje CH ₂ skupin pri celulozi
1330	OH deformacijsko nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1370	CH ₂ upogibno nihanje pri celulozi in hemicelulozi
1425	CH ₂ strižno nihanje pri celulozi, C=C nihanje pri aromatskih skupinah lignina
1453	Valenčno nihanje aromatskega obroča in CH ₂ nihanja pri celulozi
1460	CH ₃ deformacijsko nihanje pri ligninu in CH ₂ 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 obročom
1730	C=O valenčno nihanje pri ksilanu
2900	C-H valenčno nihanje
3300	Valenčno nihanje

V našem primeru smo meritve spektrov opravili z DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform) tehniko. Uporaba te tehnike je najpogostejša za analiziranje prašnih delcev. Posebnost te metode je, da pri snemanju spektrov z DRIFT tehniko pride do odboja od površine fino zmletega vzorca (v našem primeru zmletega iverja). Žarek se reflektira od površine, ki pa je naključno orientirana. Pri naključno orientirani površini se odbije v katerokoli smer.

Model, ki kvantitativno opisuje intenziteto sevanja pri difuzni refleksiji, sta razvila Kubelka in Munk in je podana z enačbo:

$$F(R) = \frac{(1-R)^2}{2 \cdot R}$$

kjer je:

- R intenziteta refleksije vzorca glede na KBr
- F(R) relativna intenziteta odboja oz. K-M vrednost

Spektri dobljeni z DRIFT tehniko se prikažejo v K-M enotah glede na valovno število.

V primeru uporabe DRIFT tehnike moramo vzorce predhodno fino zmleti in zmešati s KBr prahom. V terilniku smo nato zmešali fino zmleto iverje s KBr prahom. Vzorec pripravljen na tak način smo nato stresli v majhno posodico premera 4 mm, kot referenčno ozadje pa smo uporabili čisti KBr prah, ki smo ga prav tako natresli v (drugo) posodico. Pri vsaki analizi vzorca smo posneli 16 ponovitev (meritev), iz katerih smo s pomočjo programa za analizo spektrov izračunali povprečen spekter.

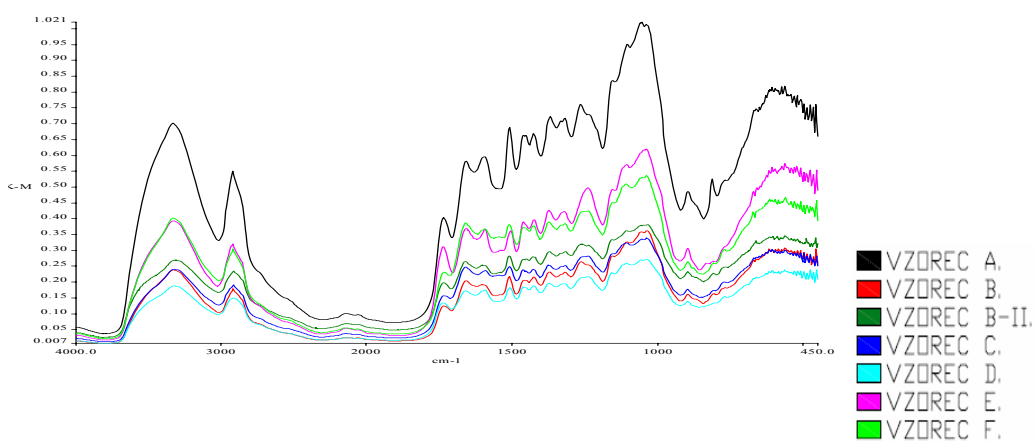
V povprečnih spektrih smo pri kontaminiranem iverju identificirali trakove, ki se razlikujejo od traka nekontaminiranega iverja. Poiskali smo tudi trakovne značilnosti za kemijske komponente, kot so celuloza, hemiceluloza, lignin in referenčni trak, ki je neodvisen od kontaminiranega iverja. S primerjavo intenzitete referenčnega traku in traka značilnega za kontaminirano iverje, smo ugotovili spremembo kemijskih komponent v lesu posameznega vzorca ter ga primerjali s trakom nekontaminiranega iverja.



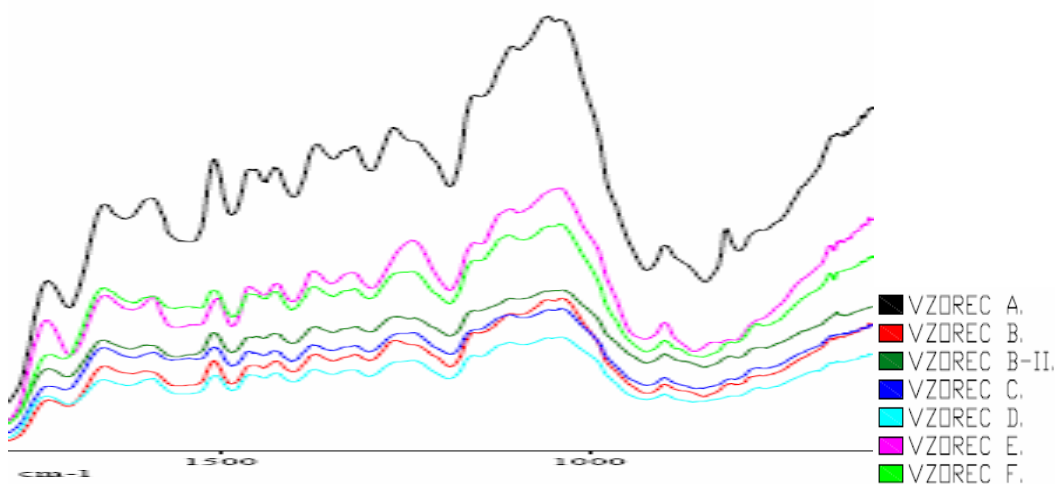
Slika 5: FT-IR, Fourier Transform Infrared (Spectrum One®)

4 REZULTATI

Razlike sprememb kemijskih komponent v odvisnosti od nekontaminiranega in kontaminiranega lesa smo ugotovili s primerjavo FT-IR spektrov pridobljenih z DRIFT tehniko.



Slika 6: Nihajni (FT-IR) spektri vzorcev



Slika 7: Detajl nihajnih (FT-IR) spektrov vzorcev med valovno dolžino 1750 cm⁻¹ do 650 cm⁻¹

S pomočjo sprememb nihajnih (FT-IR) spektrov vzorcev kontaminiranega in nekontaminiranega lesa lahko sklepamo na kemijske spremembe v zgradbi iverne plošče.

V primerjavi z združenimi spektri vzorcev ter analizo teh, smo ugotovili spremembe med valovnima številoma od 650 do 1750 cm^{-1} . Med valovnima številoma med 1750 do 4000 cm^{-1} nismo ugotovili nobenih drugačnih neenakih nihanj v spektrih.

Za vsak vzorec smo poleg pridobljenih FT-IR spektrov, poskušali poiskati funkcionalne skupine določenih kemijskih komponent lesa, s pomočjo valovnih števil (cm^{-1}) značilnih za njih (Preglednica 3). Iz sprememb nihajnih spektrov, določenih valovnih dolžin funkcionalnih skupin lesa smo izračunali spremembo teh nihanj.

Spremembo nihanj ($\Delta K-M$) smo izračunali na način, da smo sprva določili ob določeni valovni dolžini funkcionalnih skupin lesa odčitano vrednost v K-M ter to število delili z referenčno vrednostjo (v enotah K-M) posameznega vzorca.

$$\Delta K - M = \frac{O_{K-M}}{R_{K-M}}$$

kjer je:

- O_{K-M} je odčitana vrednost K-M pri določeni valovni dolžini značilni za funkcionalne skupine lesa
- R_{K-M} je referenčna vrednost K-M

Referenčno vrednost K-M smo poiskali s primerjavo spektrov vseh vzorcev. Ugotovili smo, da so razlike v K-M najmanjše pri valovni številu 897 cm^{-1} , ki je značilno za nihanje skupin C1 v atomih celuloze in hemiceluloze.

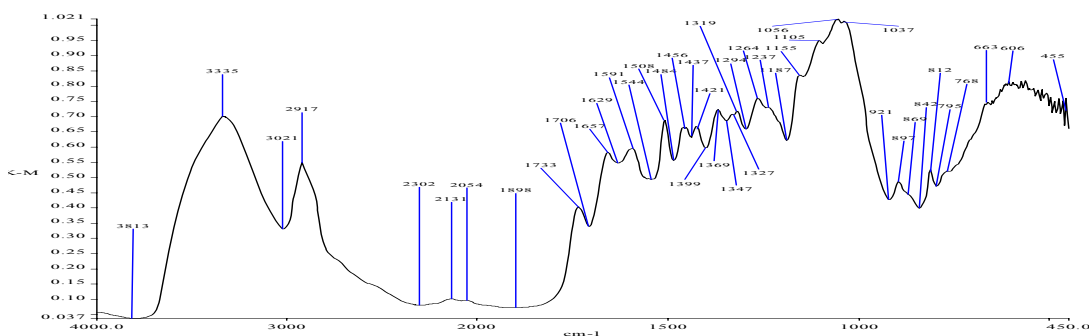
Glede na spektre vzorcev je opazno, da ponekod pride do majhnega zamika na osi valovnega števila (cm^{-1}), zato se pojavijo majhna odstopanja pri valovnih številih značilnih za funkcionalne skupine lesa.

V preglednicah so izračunane spremembe ($\Delta K-M$) ob določenem valovnem številu (cm^{-1}) značilnem za funkcionalne skupine lesa.

Preglednica 4: Za vzorec A izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec A.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1733	0,40	0,83
lignin	1657	0,58	1,21
lignin	1591	0,59	1,23
lignin	1508	0,69	1,44
celuloza	1456	0,66	1,38
celuloza, lignin	1421	0,67	1,40
celuloza, hemiceluloza	1369	0,73	1,52
celuloza, hemiceluloza	1327	0,71	1,48
celuloza	1319	0,72	1,50
lignin, hemiceluloza	1264	0,76	1,58
lignin, hemiceluloza	1237	0,73	1,52
celuloza, hemiceluloza	1155	0,83	1,73
celuloza, hemiceluloza	1105	0,95	1,98
celuloza, hemiceluloza	1056	1,021	2,13
celuloza, hemiceluloza	1037	1,01	2,10
celuloza, hemiceluloza	897	0,48	1,00
lignin	812	0,53	1,10
hemiceluloza	768	0,52	1,08
celuloza	663	0,74	1,54

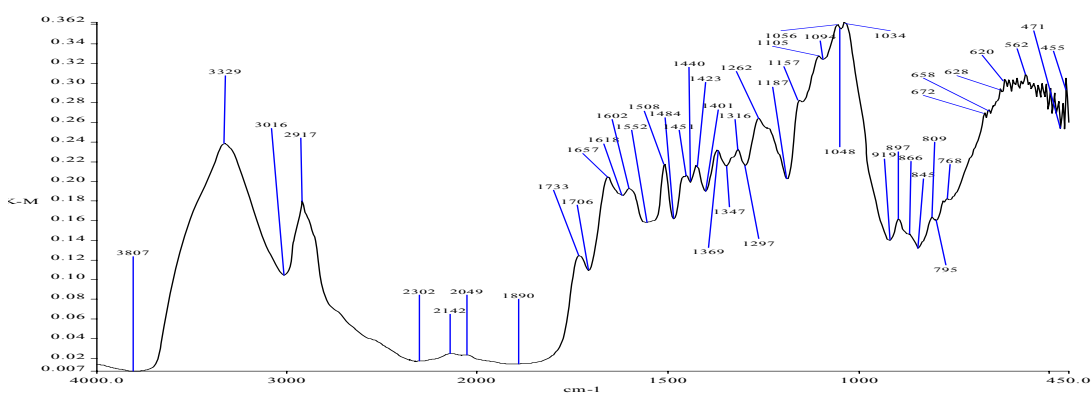


Slika 8: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca A, ki je bila izdelana iz mešanega lesa ter uporabljeno melamin-formaldehidno lepilo

Preglednica 5: Za vzorec B izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec B.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1733	0,125	0,78
lignin	1657	0,202	1,26
lignin	1602	0,19	1,19
lignin	1508	0,215	1,34
celuloza	1451	0,205	1,28
celuloza, lignin	1423	0,215	1,34
celuloza, hemiceluloza	1369	0,23	1,44
celuloza, hemiceluloza	1327	0,223	1,39
celuloza	1316	0,23	1,44
lignin, hemiceluloza	1262	0,26	1,63
celuloza, hemiceluloza	1157	0,281	1,76
celuloza, hemiceluloza	1105	0,328	2,05
celuloza, hemiceluloza	1056	0,36	2,25
celuloza, hemiceluloza	1034	0,362	2,26
celuloza, hemiceluloza	897	0,16	1,00
hemiceluloza	809	0,163	1,02
hemiceluloza	768	0,179	1,12
celuloza	672	0,27	1,69
celuloza	658	0,30	1,88

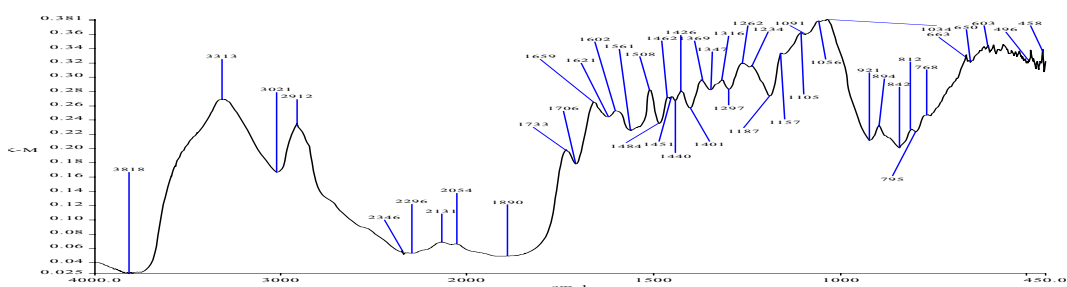


Slika 9: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca B, ki je bila izdelana iz mešanega lesa ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

Preglednica 6: Za vzorec B-II. izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa (Δ K-M), glede na referenčno K-M (RK-M) 894 cm⁻¹

Vzorec B-II.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	Δ K-M
hemiceluloza	1733	0,20	0,87
lignin	1659	0,265	1,15
lignin	1602	0,25	1,09
lignin	1508	0,28	1,22
celuloza	1451	0,27	1,17
celuloza, lignin	1426	0,278	1,21
celuloza, hemiceluloza	1369	0,295	1,28
celuloza, hemiceluloza	1327	0,29	1,26
celuloza	1316	0,295	1,28
lignin, hemiceluloza	1262	0,32	1,39
lignin, hemiceluloza	1234	0,315	1,37
celuloza, hemiceluloza	1157	0,332	1,44
celuloza, hemiceluloza	1105	0,36	1,57
celuloza, hemiceluloza	1056	0,38	1,65
celuloza, hemiceluloza	1034	0,381	1,66
celuloza, hemiceluloza	894	0,23	1,00
lignin	812	0,225	0,98
hemiceluloza	768	0,245	1,07
celuloza	663	0,33	1,43

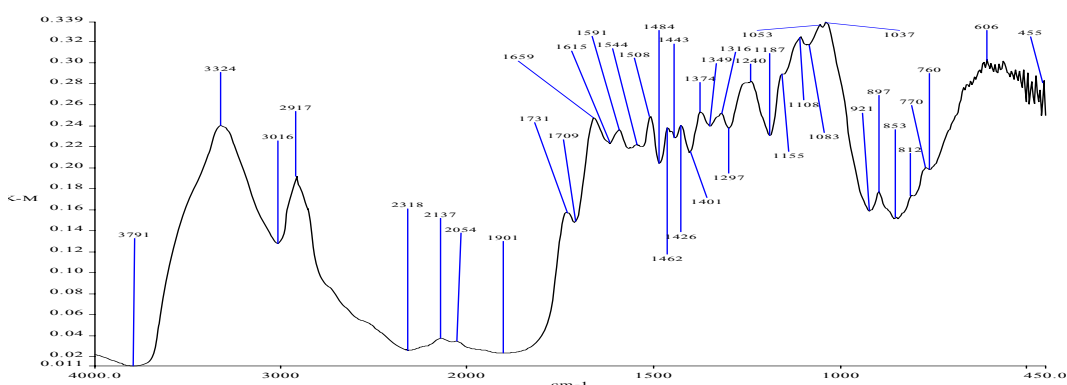


Slika 10: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče, absolutno suhega vzorca B-II, ki je bila izdelana iz mešanega lesa ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

Preglednica 7: Za vzorec C izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec C.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1731	0,158	0,89
lignin	1659	0,245	1,38
lignin	1591	0,235	1,32
lignin	1544	0,22	1,24
lignin	1508	0,247	1,39
celuloza	1462	0,238	1,34
celuloza, lignin	1426	0,24	1,35
celuloza, hemiceluloza	1374	0,252	1,42
celuloza, hemiceluloza	1327	0,247	1,39
celuloza	1316	0,25	1,40
lignin, hemiceluloza	1240	0,28	1,57
celuloza, hemiceluloza	1155	0,289	1,62
celuloza, hemiceluloza	1108	0,322	1,81
celuloza, hemiceluloza	1053	0,335	1,88
celuloza, hemiceluloza	1037	0,339	1,90
celuloza, hemiceluloza	897	0,178	1,00
lignin	812	0,172	0,97
hemiceluloza	770	0,20	1,12
celuloza	658	0,275	1,54

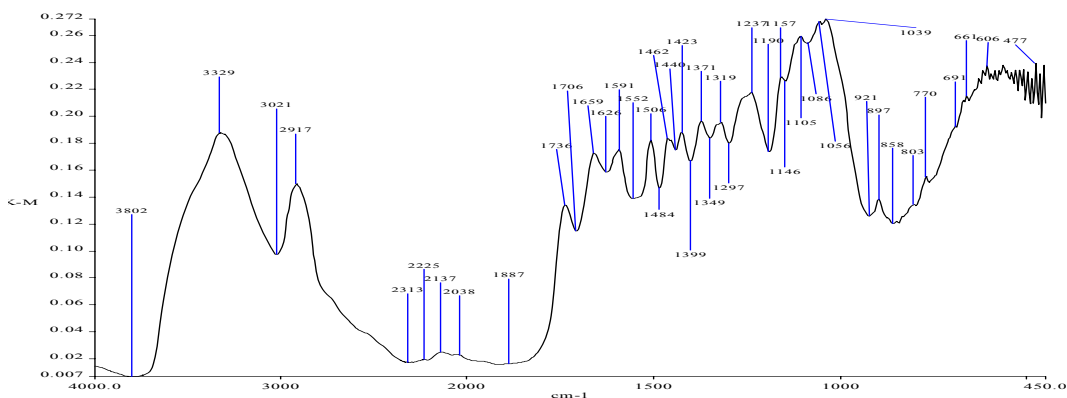


Slika 11: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca C, ki je bila izdelana iz mešanega lesa ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

Preglednica 8: Za vzorec D izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec D.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1736	0,134	0,97
lignin	1659	0,17	1,23
lignin	1591	0,175	1,27
lignin	1506	0,18	1,30
celuloza, hemiceluloza	1462	0,182	1,32
celuloza, lignin	1423	0,187	1,36
celuloza, hemiceluloza	1371	0,197	1,43
celuloza	1327	0,192	1,39
celuloza	1319	0,194	1,41
lignin, hemiceluloza	1237	0,219	1,59
celuloza, hemiceluloza	1157	0,229	1,66
celuloza, hemiceluloza	1105	0,26	1,88
celuloza, hemiceluloza	1056	0,27	1,96
celuloza, hemiceluloza	1039	0,272	1,97
celuloza, hemiceluloza	897	0,138	1,00
hemiceluloza	803	0,134	0,97
hemiceluloza	770	0,155	1,12
celuloza	661	0,214	1,55

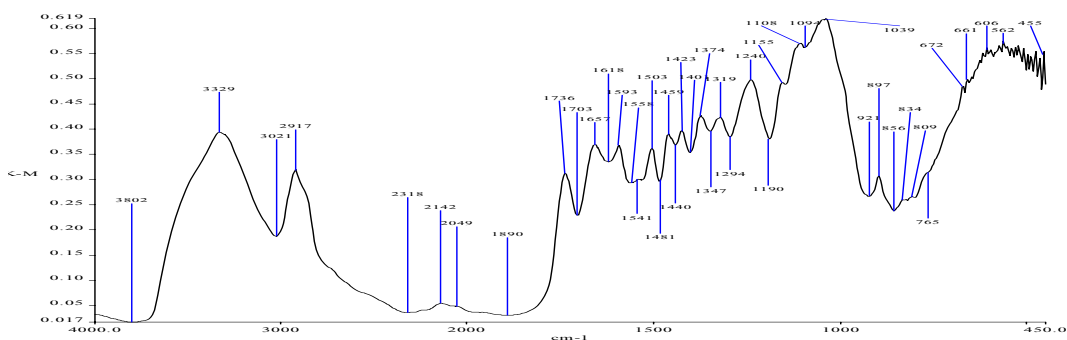


Slika 12: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca D, ki je bila izdelana iz juvenilnega lesa (glede na barvo bi lahko ocenili, da je to topol) ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

Preglednica 9: Za vzorec E izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec E.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1736	0,32	1,05
lignin	1657	0,365	1,20
lignin	1593	0,365	1,20
lignin	1541	0,3	0,98
lignin	1503	0,355	1,16
celuloza, hemiceluloza	1459	0,39	1,28
celuloza, lignin	1423	0,395	1,30
celuloza, hemiceluloza	1374	0,42	1,38
celuloza	1319	0,415	1,36
lignin, hemiceluloza	1240	0,495	1,62
celuloza, hemiceluloza	1155	0,49	1,61
celuloza, hemiceluloza	1108	0,57	1,87
celuloza, hemiceluloza	1039	0,619	2,03
celuloza, hemiceluloza	897	0,305	1,00
lignin	834	0,255	0,84
celuloza, hemiceluloza	809	0,26	0,85
cemiceluloza	765	0,31	1,02
celuloza	672	0,485	1,59
celuloza	661	0,495	1,62

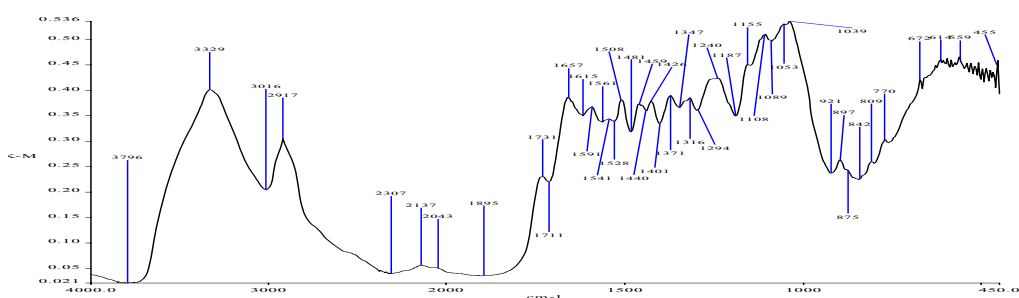


Slika 13: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca E, ki je bila izdelana iz mešanega lesa ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

Preglednica 10: Za vzorec F izračunana sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$), glede na referenčno K-M (RK-M) 897 cm⁻¹

Vzorec F.

Lesne komponente	Valovno število [cm ⁻¹]	K-M	$\Delta K-M$
hemiceluloza	1731	0,23	0,88
lignin	1657	0,385	1,48
lignin	1591	0,37	1,42
lignin	1541	0,34	1,31
celuloza, hemiceluloza	1508	0,38	1,46
celuloza	1459	0,37	1,42
celuloza, lignin	1426	0,375	1,44
celuloza	1371	0,39	1,50
celuloza, hemiceluloza	1327	0,38	1,46
celuloza	1316	0,385	1,48
lignin, hemiceluloza	1240	0,42	1,62
celuloza, hemiceluloza	1155	0,45	1,73
celuloza, hemiceluloza	1108	0,51	1,96
celuloza, hemiceluloza	1053	0,53	2,04
celuloza, hemiceluloza	1039	0,536	2,06
celuloza, hemiceluloza	897	0,26	1,00
hemiceluloza	809	0,255	0,98
hemiceluloza	770	0,30	1,15
celuloza	672	0,42	1,62



Slika 14: Nihajni (FT-IR) spekter iverne plošče vzorca F, ki je bila izdelana iz recikliranega lesa ter uporabljeno urea-formaldehidno lepilo

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Pri sedmih različnih vzorcih rezultati kažejo spremembo nihanj ($\Delta K-M$) funkcionalnih skupin glede na referenčno vrednost K-M (R_{K-M}) v določenih valovnih pasovih. Preglednica nam prikazuje spremembo vrednosti ($\Delta K-M$) nihanj, določenih funkcionalnih skupin kemijskih komponent v vzorcih.

Preglednica 11: Sprememba nihanj funkcionalnih skupin lesa ($\Delta K-M$) v določenem pasu, glede na referenčno

Valovno število [cm^{-1}]	Lesne Komponente	A [$\Delta K-M$]	B [$\Delta K-M$]	B-II. [$\Delta K-M$]	C [$\Delta K-M$]	D [$\Delta K-M$]	E [$\Delta K-M$]	F [$\Delta K-M$]
1731-1736	hemiceluloza	0,83	0,78	0,87	0,89	0,97	1,05	0,88
1657-1659	lignin	1,21	1,26	1,15	1,38	1,23	1,20	1,48
1591-1602	lignin	1,23	1,19	1,09	1,32	1,27	1,20	1,42
1541-1544	lignin				1,24		0,98	1,31
1503-1508	lignin	1,44	1,34	1,22	1,39	1,30	1,16	1,46
1459-1462	celuloza, hemiceluloza				1,34	1,32	1,28	1,42
1451-1456	celuloza	1,38	1,28	1,17				
1421-1426	celuloza, lignin	1,40	1,34	1,21	1,35		1,30	1,44
1369-1374	celuloza, hemiceluloza	1,52	1,44	1,28	1,42	1,43	1,38	1,50
1327	celuloza, hemiceluloza	1,48	1,39	1,26	1,39	1,39		1,46
1316-1319	celuloza	1,50	1,44	1,28	1,40	1,41	1,36	1,48
1262-1264	lignin, hemiceluloza	1,58	1,63	1,39				
1234-1240	lignin, hemiceluloza	1,52		1,37	1,57	1,59	1,62	1,62
1155-1157	celuloza, hemiceluloza	1,73	1,76	1,44	1,62	1,66	1,61	1,73
1105-1108	celuloza, hemiceluloza	1,98	2,05	1,57	1,81	1,88	1,87	1,96
1053-1056	celuloza, hemiceluloza	2,13	2,25	1,65	1,88	1,96		2,04
1034-1039	celuloza, hemiceluloza	2,10	2,26	1,66	1,90	1,97	2,03	2,06
894-897	celuloza, hemiceluloza	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
834	celuloza, hemiceluloza						0,84	
812	lignin	1,10		0,98				
803-809	hemiceluloza		1,02			0,97	0,85	0,98
765-770	hemiceluloza	1,08	1,12	1,07	1,12	1,12	1,02	1,15
672	celuloza		1,69				1,59	1,62
658-663	celuloza	1,54	1,88	1,43	1,54	1,55	1,62	

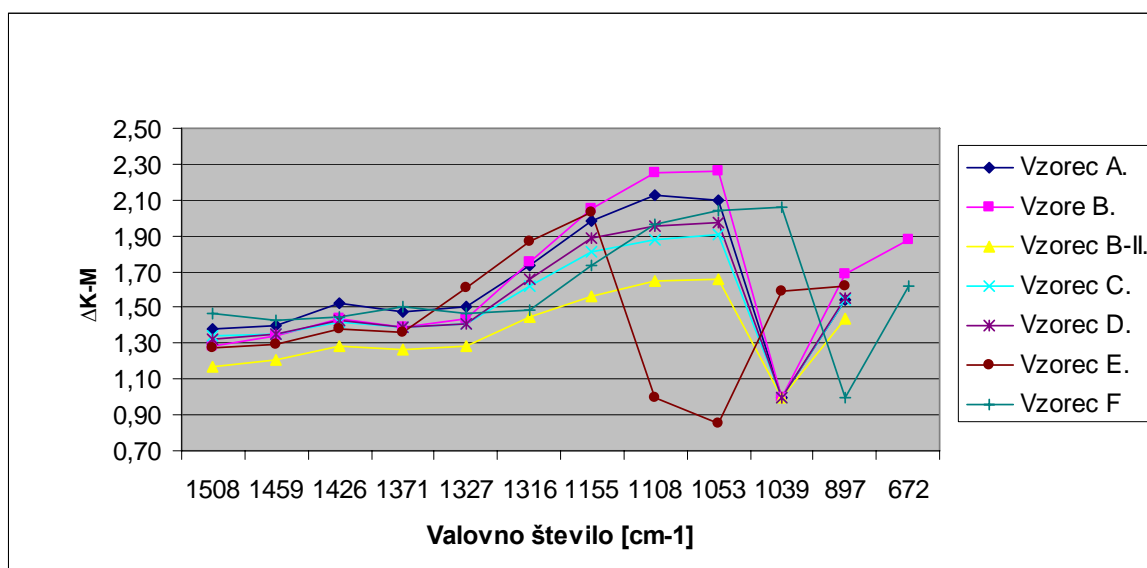
K-M (RK-M) v odvisnosti od tipa iverne plošče

Razberemo lahko, da so določene vrednosti ($\Delta K-M$) vzorca A v določenih valovnih pasovih v primerjavi s preostalimi vzorci (v enakem valovnem pasu) nekoliko višji.

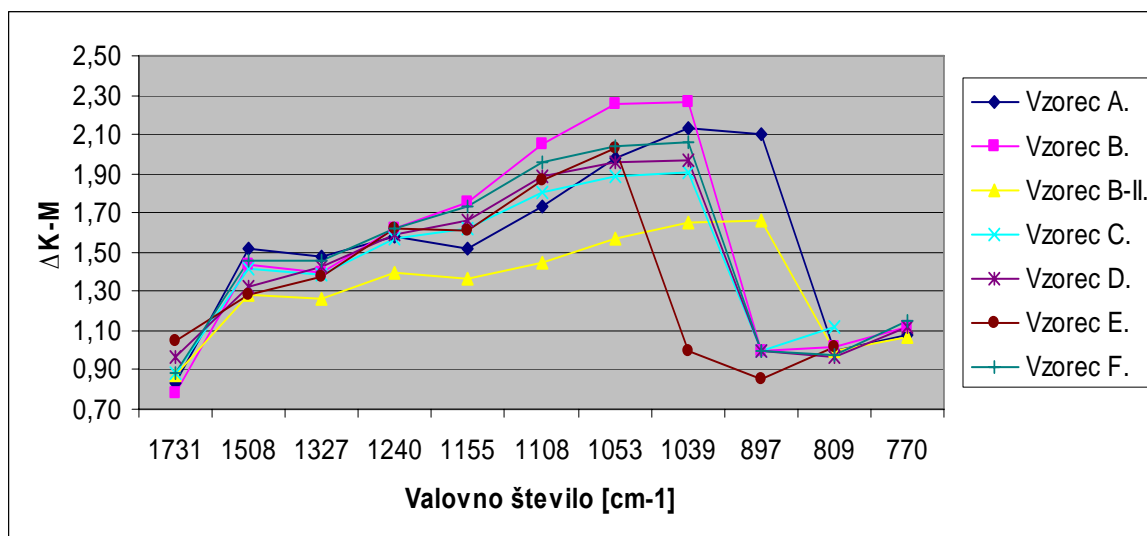
Vzorec A je narejen z melamin-formaldehidnim lepilom, preostali vzorci B, B-II., C., D., E., F. pa z urea-formaldehidnim lepilom. Iz tega lahko sklepamo, da imajo vzorci narejeni z melamin-formaldehidnim lepilom, drugačen vpliv na kemijske komponente lesa, kot so celuloza, hemiceluloza in lignin, ter njenih funkcionalnih skupin, kot pri vzorcih narejenih z urea-formaldehidnim lepilom. Iz preglednice lahko razberemo, da so vrednosti vzorca A v določenih valovnih pasovih v primerjavi s preostalimi vzorci (v enakem valovnem pasu) nekoliko višji. V valovnem pasu $1503-1508\text{ cm}^{-1}$, $1421-1426\text{ cm}^{-1}$, $1369-1374\text{ cm}^{-1}$, 1327 cm^{-1} , $1316-1319\text{ cm}^{-1}$ so vrednosti v vzorcu A višje v primerjavi z ostalimi vzorci. Pri vseh teh valovnih pasovih, so pri vzorcu F vrednosti določenih funkcionalnih skupin kemijskih komponent višje ali pa so vrednosti primerljive z vzorcem E.

Najbolj očitne spremembe so opazne na vzorcih (B-II., E), ki so bili izpostavljeni ionizirajočemu sevanju.

Z obsevanjem vzorca B-II. z Americijem (Am^{241}) smo dosegli spremembo kemijskih komponent celuloze, hemiceluloze, lignina, s čimer smo dokazali podobnost sprememb teh kemijskih komponent pri vzorcu E, ki je bil izpostavljen ionizirajočemu sevanju.

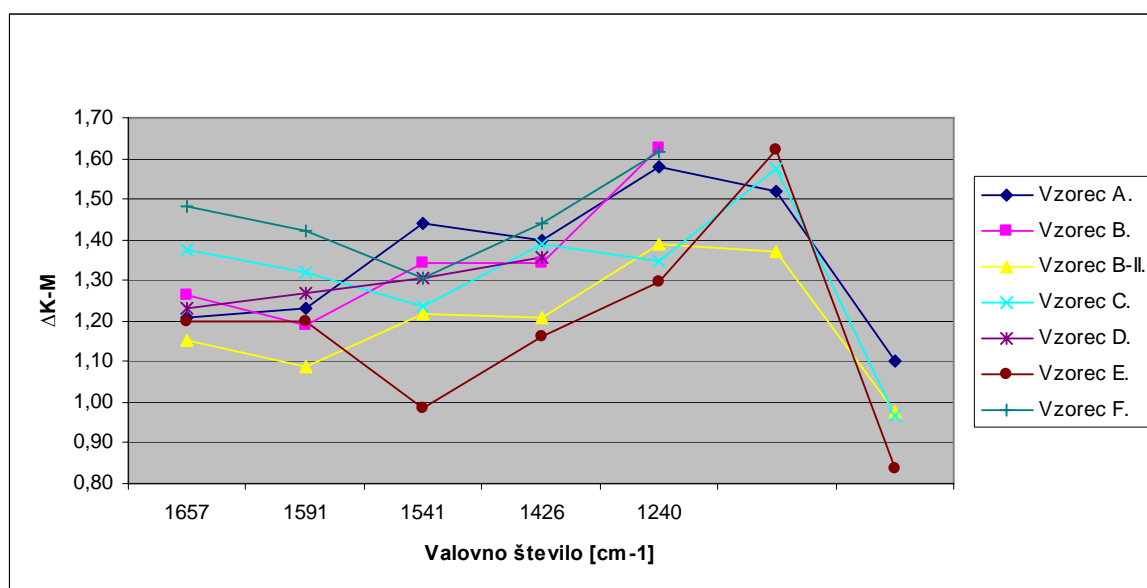
Slika 15: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah celuloze

Na sliki 15 je razvidno, da do valovne dolžine 1327 cm^{-1} ni očitne spremembe na krivuljah, ki predstavljajo funkcionalne skupine celuloze pri določenih valovnih dolžinah. Od valovne dolžine 1327 cm^{-1} naprej se kažejo odstopanja pri vzorcu B-II. in E, od preostalih krivulj, katere predstavljajo neobsevane vzorce (A, B, C, D). Izjema je vzorec F, ki od valovne dolžine 1108 cm^{-1} kaže odstopanje. Iz tega lahko sklepamo da pri vzorcu F, vzet iz iverne plošče narejene iz recikliranega lesa, vsebuje les iz okolja kontaminiranosti.



Slika 16: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah hemiceluloze

Na sliki 16, ki predstavlja spremembo hemiceluloze v vzorcih podvrženi sevanju (B-II., E) in neobsevani vzorci. Vzorec B-II. pri valovni dolžini 1327 cm^{-1} kaže neka odstopanja od preostalih krivulj. Vzorec E pa začne kazati neko spremembo od valovne dolžine 1053 cm^{-1} naprej. Krivulja A (Vzorec A) od 1039 cm^{-1} do 897 cm^{-1} kaže odstopanje, kar ni običajno. Odstopanje lahko pojasnimo s tem, da je vzorec A iz iverne plošče narejene iz mešanega lesa, katerega izvor je različno rastišče. Upoštevati moramo možnost, da lahko na strukturo lesa vpliva rastišče, kar posledično vodi do neke razlike v kemijskih komponentah lesa. Možnost te spremembe lahko tudi pripisujemo vplivu melamin-formaldehidnega lepila, ki je bil uporabljen pri izdelavi te iverne plošče.



Slika 17: Sprememba $\Delta K-M$ glede na valovno dolžino pri funkcionalnih skupinah lignina

Na sliki 17 so predstavljene spremembe lignina med vzorci. Začetki krivulje na valovni dolžini 1657 cm^{-1} in 1591 cm^{-1} so vidna neka odstopanja, pri vzorcih B-II., C. in F. v primerjavi z preostalimi. Sklepamo lahko, da pri valovni dolžini 1657 cm^{-1} in 1591 cm^{-1} opazimo že neke spremembe pri vzorcu B-II. na kemijski komponenti lignina, zaradi vpliva obsevanja z Americijem (Am^{241}).

Pri vzorcu F. lahko sklepamo, da je to posledica zaradi recikliranega lesa, ki lahko prihaja iz okolja kontaminacije in so ga uporabili za izdelavo ivernih plošč.

Vzorec C. prav tako pokaže neko odstopanje. Vzrok za nastalo spremembo je lahko izvor lesa iz različnih rastišč ter posledično z različno nastalo strukturo lesa, kar lahko vpliva na odstopanje.

Vzorec E. začne kazati spremembo lignina od valovne dolžine 1591 cm^{-1} naprej. Lahko potrdimo, da ima plošča oziroma les, ki prihaja iz kontaminiranega okolja, spremembo na kemijskih komponentah lesa, kot so celuloza, hemiceluloza ter lignina.

Vpliv na spremembo kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza, lignin) v lesu, ima tudi rastišče. Drevo iz rastišča črpa vodo z različno vsebnostjo hranljivih snovi, ter z različno pH vrednostjo (odvisno od rastišča).

Dejavnik, ki vpliva na kemijsko strukturo lesa, je tudi pH vrednost zemlje iz katere drevo črpa vodo z hranljivimi snovmi (pH vrednost črpane vode je podobna pH vrednosti zemlje). Z nižjo pH vrednostjo od 7 (kislost- od 7 navzdol) se niža odpornost lesa na delovanje kislin. Vrednosti pH nad 7 (bazičnost- nad 7 navzgor), se poveča učinek baze na les, pričneta se raztapljati hemiceluloza in lignin.

Z postopkom in načinom izdelave iverne plošče vplivamo na spremembe kemijskih komponent, kot so celuloza, hemiceluloza, lignin.

Na spremembe vplivamo že z samim načinom izdelave iverja. Z različnimi načini izdelave iverja oziroma postopki, lahko pridobivamo različne oblike iverja (rezano iverje, drobljeno iverje ter iverno vlaknaste delce), različne velikosti iverja (debelina iverja 0,1-0,3 mm, debelina vlaken 0,1-0,75-0,01 mm). Iverje nato posušimo.

S pomočjo temperature sušenja dosežemo spremembe kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza in lignin) v samem iverju (pride do sprememb hemiceluloze, lignina). Na začetku sušenja je temperatura visoka ($T_{vhodna} = 300^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}$), ker želimo odstraniti prosto vodo, nato je temperatura nižja ($T_{izhodna} = 120^{\circ}\text{C} - 140^{\circ}\text{C}$), ker želimo odstraniti vezano vodo. Pojavi se problem, da je temperatura sušenja v sušilniku za vse delce enaka, tako da se manjši delci prej posušijo (lahko tudi vžgejo), kot pa pri malo večjih delcih.

Na spremembo kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza in lignin) v iverju vplivamo tudi z različnimi lepili oziroma njene reakcije na kemijske komponente lesa.

S procesom stiskanja vplivamo na spremembe kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza in lignin) v iverju oziroma lesu.

Problem je, da je temperatura stiskalnih plošč, čas stiskanja in tlak stiskanja enak za vse delce v zunanjem sloju (SL) ter v srednjem sloju (CL) iverne plošče. Prehod temperature iz zunanjega sloja (SL) v srednji sloj (CL) je počasnejši. Zunanji sloj (SL) je zato deležen s pomočjo grelnih stiskalnih plošč, višjih temperatur, višje stisljivosti v primerjavi z srednjim slojem (CL). Posledično vodi do večjega vpliva na iveri zunanjega sloja SL (iveri v zunanjem sloju –SL so manjše, kot iveri v srednjem sloju –CL), ter na spremembe kemijskih komponent v lesu (celuloza, hemiceluloza, lignin).

5.2 SKLEP

Na podlagi primerjave rezultatov - opravljenih raziskav, lahko oblikujemo naslednje sklepe:

- melamin-formaldehidno lepilo v iverni plošči ima drugačen vpliv na kemijske komponente lesa, kot pri iverni plošči izdelani z urea-formaldehidnim lepilom; zaradi različne kemijske sestave lepila in njihovega vpliva na les.
- Z obsevanjem z gama (γ) žarki lahko vplivamo na spremembe kemijskih komponent lesa, kot so celuloza, hemiceluloza in lignin.
- Rastišče z določeno pH vrednostjo tal, ima določen vpliv na kemijske komponente v lesu.
- Na spremembe celuloze, hemiceluloze in lignina pri izdelavi ivernih plošč, vplivamo s temperaturo sušenja, temperaturo stiskanja in tlakom stiskanja. Temperatura in tlak stiskanja imata na manjše delce oziroma iverje zunanjšega sloja (SL) drugačen vpliv na celulozo, hemicelulozo in lignin kot na iverje srednjega sloja (CL).

6 POVZETEK

Raziskovali smo spremembe kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza, in lignin) v lesu in jih primerjali med seboj različnimi vzorci ivernih plošč.

Posebnost med vzorci ivernih plošč je bil vzorec, katerega les je bil obsevan z γ žarki. Med vzorci ivernih plošč smo imeli tudi vzorec, ki je bil narejen z melamin-formaldehidnim lepilom. Preostali vzorci so bili narejeni z urea-formaldehidnim lepilom. Iz vseh vzorcev ivernih plošč velikosti 1 m \times 1 m smo razžagali na 25 mm \times 25 mm majhne kose, iz katerih smo iz vsake skupine ivernih plošč (A, B, C, D, E, F) naključno izbrali 5 kosov (25 mm \times 25 mm). Te naključno izbrane kose smo posamično po skupinah (A., B., C., D., E., F.) vstavili v laboratorijski mlin ter fino zmleli. Fino zmlete delce smo nato dali v sušilnik in jih posušili do absolutno suhega stanja.

Vzorec označen z B-II., smo obsevali 24 h z Americijem (Am^{241}). Namen obsevanja je bil, doseči spremembo v strukturi lesa. Nato smo s pomočjo FT-IR (Fourier Transform Infrared) s tehniko DRIFT (Diffuse Reflectance Infrared) posušenim delcem do absolutno suhega stanja določili vsebnost kemijskih komponent v lesu oziroma funkcionalne skupine.

Dobljene spektre smo razčlenili po kemijskih komponentah, katere so bile prisotne v delcih lesa. Spektre smo nato združili. S pomočjo združenih spektrov smo ugotovili spremembe določenih kemijskih komponent (celuloza, hemiceluloza in lignin), pri valovnih dolžinah značilnih za njih. Spremembe so pokazale razlike v določenih valovnih pasovih med vzorci narejenimi z melamin-formaldehidnim lepilom in urea-formaldehidnim lepilom. Vrednosti vzorca A narejenega z melamin-formaldehidnim lepilom so v določenih valovnih pasovih v primerjavi z preostalimi vzorci (v enakem valovnem pasu) nekoliko višje.

Primerjava vzorca B-II. (obsevanega z Americijem- Am^{241}), ter vzorca E (obsevanega z γ žarki), s preostalimi vzorci (A, B, C, D, F), kažeta neke podobne spremembe od ostalih. Z obsevanjem vzorca B-II. z Americijem (Am^{241}) smo dosegli spremembe v kemijskih

komponentah (celuloza, hemiceluloza in lignin). Spremembe so bile opazne tudi na vzorcu E., ki je bil obsevan z γ žarki.

Prišli smo do ugotovitve, da je les, ki je bil obsevan z γ žarki (kontaminiran les) ter les za izdelavo ivernih plošč na različne načine, deležen spremembe v strukturi lesa.

7 VIRI

- Burmester A. 1979. Zur Vergütung von Holz durch strahlenpolymerisierte Kunststoff-Monomere. Holz als Roh- und Werkstoff, 25, 1: 11-25
- Chawla J. S. 1985. Degradation of Ligno-Cellulose Biomass. Holzforschung und Holzverwertung, 37, 5: 101-105
- Crook F. M., Nelson P. F., Thompson R. G. 1970. Some Effects of High Energy Radiation on the Kraft Pulping of Eucalypts. Holzforschung, 24, 6: 184-190
- Cutter B. E., McGinnes E. A. Jr. 1980. X-ray scattering and X-ray diffraction techniques in studies of gamma-irradiated wood. Wood and Fiber, 11, 4: 228-232
- 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.
- Lala M., Bali H. K., Gupta R. C. 1980. Studies on Wood Plastic Composites. Holzforschung und Holzverwertung, 32, 5: 125-126
- Lawniczak M., Raczkowski J. Wojciechowicz B. 1964. Einfluss der γ -Strahlung auf einige Eigenschaften von Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 22, 10: 372-376
- Lhoneux B., Antoine R., Cote W. A. 1984. Ultrastructural implication of gamma-irradiation of wood. Wood Science and Technology, 18: 161-176
- Medved S. 2004. Vpliva lastnosti iverja in zgradbe zunanjega sloja na lastnosti večslojnih ivernih plošč. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za lesarstvo: 149 str.

Pecina H., Krauss A. 1987. Untersuchungen über die Defibrierbarkeit von mit Gammastrahlen behandeltem Holz. *Holzforschung und Holzverwertung*, 39, 3: 66-69

Pecina H., Kuhne G., Raczkowski J., Krauss A., Lacher P. 1982. Die Wirkung energiereicher Strahlen auf lignocellulose Faserbindungen. *Holztechnologie*, 23, 4: 199-205

Pirkmaier S., Tišler V., Žagar R. 1994. Einfluss des Trocknungs und Pressprozesses auf chemische Veränderungen von Spänen. *Holzforschung und Holzverwertung*, 46, 1: 9-13

Schaudy R., Wändrinsky J., Proksch E. 1982. Holz-Kunststoff-kombinationen hoher Zähigkeit und Feuchteformbeständigkeit. *Holzforschung* 36, 4: 197-206

Šmikovic I., Mlynar J., Alfoldi J., Lubke H., Micko M. M. 1991. Increased Extractibility of Irradiated Wood Meal. *Holzforschung* 45, 3: 229-232

Tabrih P. K., McGinnes E. A. Jr., Kay M. A., Harlow C.A. 1977. A note on anatomical changes of white oak wood upon exposure to gamma radiation. *Wood and Fiber*, 9, 3: 211-215

Tišler V., Medved S. 1997. Spremembe v kemijski zgradbi lesa zaradi delovanja žarkov γ . *Les*, 49, 4: 85-89

Wegener, Fengel, Ditrich. 1989. *Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions*: 364-372

ZAHVALA

Najprej bi se rad zahvalil doc. dr. Sergeju Medvedu za potrpežljivost in mentorstvo pri diplomski nalogi. Zahvala gre tudi prof. dr. Vesni Tišler za recenzijo. Zahvalil bi se tudi univ. dipl. kem. Gregorju Repu za pomoč pri eksperimentalnem delu diplomske naloge. Rad bi se zahvalil ostalim, ki so na kakršenkoli način pripomogli k izdelavi diplomske naloge pa so ostali neimenovani.

Na koncu bi se rad zahvalil še staršema za moralno in gmotno pomoč, ter vso podporo v času študija.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Ivan DOLINŠEK

**UPORABA FT-IR SPEKTROSKOPIJE ZA
KARAKTERIZACIJO IVERNIH PLOŠČ**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2007