

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matjaž BOLTA

**UPORABA INFRARDEČE SPEKTROSKOPIJE ZA
PREISKAVE TRADICIONALNIH PREMAZNIH
SISTEMOV ZA LES**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matjaž BOLTA

**UPORABA INFRARDEČE SPEKTROSKOPIJE ZA
PREISKAVE TRADICIONALNIH PREMAZNIH
SISTEMOV ZA LES**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**APPLICATION OF INFRA-RED SPECTROSCOPY FOR
INVESTIGATIONS OF TRADITIONAL WOOD
FINISHING SYSTEMS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za pohištvo Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. FT-IR spektre smo posneli v laboratoriju Katedre za patologijo in zaščito lesa Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Marka Petriča, za recenzentko pa prof. dr. Vesno Tišler.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matjaž Bolta

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.1
KG	lesni premazi/naravni premazi/FT-IR spektroskopija/primerjalna metoda/identifikacija
AV	BOLTA, Matjaž
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/TIŠLER, Vesna (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2007
IN	UPORABA INFRARDEČE SPEKTROSKOPIJE ZA PREISKAVE TRADICIONALNIH PREMAZNIH SISTEMOV ZA LES
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 63 str., 5 pregl., 48 sl., 32 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AL	Za pravilno in uspešno obnovo ali rekonstrukcijo površinsko obdelanih lesnih izdelkov ali objektov naše kulturno-zgodovinske dediščine je na teh predmetih treba identificirati originalne, površinske premaze. Na vzorcih raznega stavbnega in notranjega pohištva, pridobljenih iz Restavratorskega centra Ljubljana, smo preverili možnost identifikacije premazov ter vpliv staranja na le-te z infrardečo (FT-IR) spektroskopijo, ki je v primerjavi s klasičnimi analiznimi postopki hitrejša. Iz vzorcev smo posneli nekaj spektrov originalnih premazov in jih primerjali z na novo pripravljenimi in staranimi premazi ter s spektri istih vrst premazov iz literature. Ugotovili smo, da se trakovi starih premazov razlikujejo od novih premazov, ter da s primerjalno analizo lahko predvidimo, kateri premazi se nahajajo na originalnih vzorcih. Za rutinsko uporabo infrardeče spektroskopije za identifikacijo starih premazov bi bilo treba zgraditi primerno veliko bazo podatkov ter tehniko uporabljati v kombinaciji z drugimi fizikalno-kemijskimi analiznimi tehnikami.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vn
DC UDC 630*829.1
CX wood coatings/natural finish/FT-IR spectroscopy/fingerprint method/identification
AU BOLTA, Matjaž
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/TIŠLER, Vesna (reviewer)
PP SI-1000 LJUBLJANA, Rožna dolina, c. VII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2007
TI APPLICATION OF INFRA-RED SPECTROSCOPY FOR INVESTIGATIONS OF TRADITIONAL WOOD FINISHING SYSTEMS
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO X, 63 str., 5 pregl., 48 sl., 32 vir.
LA sl
AL sl/en
AB For proper and successful restoration and reconstruction of surface finished wooden products or buildings of our heritage, it is necessary to identify the sort of original coatings on these objects. On the samples, acquired from different building parts and interior furniture obtained from the Restoration centre in Ljubljana, we checked out the possibility of coating identification and the influence of aging by the infra-red (FT-IR) spectroscopy, being faster than methods of classical analysis. . Some spectra of original coats from the samples were recorded and compared to those that were prepared and artificially aged recently, and with spectra of the same sort of coatings, obtained from literature. We found out that the spectra bands of old coatings differ from the new finishes, and that it is possible to anticipate the coating type on original samples by the comparative analysis. For the routine use of infra-red spectroscopy to identify old coatings, it would be necessary to build up an appropriately large data base, and to use the techniques in the combination with other physical-chemical methods of analysis.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
1 UVOD	1
1.1 POSTAVITEV PROBLEMA	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	2
1.3 CILJ NALOGE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PRVI ZAČETKI ZAŠČITE IN POVRŠINSKE OBDELAVE LESA	3
2.2 VOSKI	4
2.2.1 Čebelji vosek	5
2.3 SMOLE	7
2.3.1 Šelak	7
2.3.2 Mastiks	11
2.3.3 Damar	12
2.4 OLJA	13
2.4.1 Laneno olje	14
2.4.2 Tungovo olje	17
2.4.3 Terpentin	19
2.5 VPLIV DELOVANJA UV SVETLOBE NA RAZLIČNE MATERIALE	21
3 MATERIALI IN METODE	24
3.1 PRIPRAVA VZORCEV	24
3.1.1 Vzorci s tradicionalnimi premazi z objektov kulturno-zgodovinske dediščine	24
3.1.2 Priprava vzorcev z novimi premazi, za primerjavo	25
3.1.3 Staranje vzorcev	30
3.2 SNEMANJE NIHAJNIH SPEKTROV	31
3.2.1 Osnove vibracijske (FT-IR) spektroskopije	31
3.2.2 Priprava vzorcev za FT-IR analizo	32
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	33
4.1 SPEKTRI NA NOVO PRIPRAVLJENIH NARAVNIH PREMAZNIH SREDSTEV	33
4.1.1 Spektri naravnih pigmentov	33
4.1.2 Spektri nekaterih olj in smol	37
4.1.3 Spekter mastiksa	38
4.1.4 Spekter šelaka	39

4.1.5	Spektri damarja, ter damarja z različnimi pigmenti	39
4.1.6	Spektri lanenega olja ter lanenega olja z različnimi pigmenti	43
4.2	SPEKTRI PREMAZOV Z OBJEKTOV KULTURNO ZGODOVINSKE DEDIŠČINE	48
5	SKLEPI	56
6	POVZETEK:	57
7	VIRI	59
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: FT-IR spekter čebeljega voska	6
Slika 2: FT-IR spekter šelaka	11
Slika 3: FT-IR spekter smole damar v terpentinu	13
Slika 4: FT-IR spekter lanenega olja	17
Slika 5: FT-IR spekter tungovega olja	20
Slika 6: Sončevo sevanje: ultravijolična (UV), vidna in infrardeča (IR) svetloba, pripadajoče energije in valovne dolžine ter vpliv svetlobe na snovi (Arhiv republike Slovenije):	22
Slika 7: Utrjeni premazi na steklu	27
Slika 8: Laneno olje s sikativi	28
Slika 9: Tungovo olje	28
Slika 10: Čebelji vosek	28
Slika 11: Antični vosek	28
Slika 12: Naravni pigmenti (z leve proti desni: BRETONSKA zelena zemlja, UMBRA žgana – kavna, UMBRA žgana – fina, TERRA ROSSA, SIENA rumena)	29
Slika 13: Laneno olje	29
Slika 14: Smola damar	30
Slika 15: Neraztopljen šelak	31
Slika 16: Z leve proti desni: KBr, nosilec, nosilec za mešanico prahu, lij ter terilnica	33
Slika 17: FT - IR spekter pigmenta BRETONSKA ZELENJA ZEMLJA	35
Slika 18: FT - IR spekter pigmenta UMBRA ŽGANA – FINA	35
Slika 19: FT - IR spekter pigmenta SIENA RUMENA	36
Slika 20: FT - IR spekter pigmenta UMBRA ŽGANA – KAVNA	36
Slika 21: FT - IR spekter pigmenta TERRA ROSSA	37
Slika 22: FT - IR spektra antičnega voska	38
Slika 23: FT - IR spektra čebeljega voska	38
Slika 24: FT - IR spektra tungovega olja	38
Slika 25: FT - IR spektra mastiksa	39
Slika 26: FT - IR spektra šelaka	40
Slika 27: FT - IR spektra damarja	41
Slika 28: FT - IR spektra damarja s SIENA RUMENA	41
Slika 29: FT - IR spektra damarja s TERRA ROSSA	42
Slika 30: FT - IR spektra damarja z UMBRA ŽGANA – KAVNA	42
Slika 31: FT - IR spektra damarja z UMBRA ŽGANA – FINA	43
Slika 32: FT - IR spektra damarja z BRETONSKA ZELENJA ZEMLJA	44

Slika 33: FT - IR spektra lanenega olja s sikativi	45
Slika 34: FT - IR spektra lanenega olja	45
Slika 35: FT - IR spektra lanenega olja z BRETONSKO ZELENKO ZEMLJO	46
Slika 36: FT - IR spektra lanenega olja s SIENA RUMENA	47
Slika 37: FT - IR spektra lanenega olja s TERRA ROSSA	47
Slika 38: FT - IR spektra lanenega olja z UMBRA ŽGANA – KAVNA	48
Slika 39: FT - IR spektra lanenega olja z UMBRA ŽGANA – FINA	49
Slika 40: FT - IR spekter vzorca S3	50
Slika 41: FT - IR spekter vzorca S4	50
Slika 42: FT - IR spekter vzorca S11	51
Slika 43: FT - IR spekter vzorca S12	52
Slika 44: FT - IR spekter vzorca S13	52
Slika 45: FT - IR spekter vzorca S18	53
Slika 46: FT - IR spekter vzorca S24	54
Slika 47: FT - IR spekter vzorca S25	54
Slika 48: FT - IR spekter vzorca S16	55

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Značilnosti tipičnih olj	14
Preglednica 2: Sestava maščobnih kislin v lanenem olju	15
Preglednica 3: Lastnosti lanenega olja	16
Preglednica 4: Okvirna klasifikacija materialov glede na svetlobno obstojnost	24
Preglednica 5: klasifikacija starih premazov	55

1 UVOD

Človek in gozd sta bila vedno tesno povezana. Tako ljudje že od nekdaj uporabljamo obnovljiv vir, ki ga ustvarja narava – to je les. Že naši predniki so se zavedali, da je za boljši izgled in podaljšanje življenjske dobe izdelka iz lesa potrebno le-tega primerno zaščititi. Ščitili so ga na več možnih načinov:

- pravilna priprava in izbira lesa
- obdelava površine
- konstrukcijske rešitve
- druge metode

Pravilna priprava in izbira lesa pomeni pravilno odločitev za pravo drevesno vrsto glede na njeno uporabo, ter pravi čas sečnje. Prav tako je poudarek na izbiri jedrovine, saj je le-ta bolj trpežna in odporna kot beljava.

Med obdelavo površine štejemo postopke kot so dimljenje, pooglenitev površine, nanašanje premazov v obliki rastlinskega olja ter živalskega loja, katerim so primešali živalsko kri, uporabo šelaka, firneža, voska in nenazadnje modernejših površinskih in globinskih zaščitnih sredstev 20. in 21. stoletja (Benko, 2005).

Pri konstrukcijskih rešitvah je pomembno, da preprečimo močenje površine lesa, v kolikor pa do vlaženja pride, mora konstrukcija izdelka omogočiti odvajanje vlage, da se les čim prej posuši. Pri stavbnem pohištvu (vrata, okna, balkoni,...) je pomembno, da je pravilno vgrajeno in da ne prihaja do stalne izpostavitve vlagi.

1.1 POSTAVITEV PROBLEMA

Pred pojavom sintetičnih polimernih veziv za lesne premaze so v tradicionalnih premazih uporabljali različna naravna veziva, kot so npr. laneno olje, različni voski, šelak in druge naravne smole, ipd. Restavracija starega pohištva je zaradi slabega stanja artefaktov mnogokrat onemogočena in nadomestne lesene elemente iz recentnega lesa je v takih

primerih potrebno obdelati s premazi enake sestave kot so bili originalni. Vendar pa je identifikacija tradicionalnih premazov z metodo FT-IR spektroskopije (kar je potrebno za pravilno izbiro novega premaza) lahko zelo otežena, saj se klasični naravni premazi med izpostavitvijo starajo oz. kemijsko spreminjajo.

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Več stoletno staranje naravnih premazov povzroči kemijske spremembe le-teh, zato bi se nihajni (FT-IR) spektri zelo starih premazov lahko razlikovali od spektrov sveže utrjenih premazov istega tipa. Poznavanje teh sprememb lahko služi za pomoč pri hitri identifikaciji vrste premaza na starih lesenih izdelkih z metodo FT-IR spektroskopije

1.3 CILJ NALOGE

Iz Restavratorskega centra v Ljubljani bomo dobili lesne vzorce s starimi tradicionalnimi premazi, ki jih bomo proučili z metodo nihajne (FT-IR) spektroskopije. Pripravili bomo tudi nove vzorce z nanovo utrjenimi filmi tradicionalnih premazov, katere bomo umetno pospešeno starali in proces staranja prav tako spremljali z metodo nihajne spektroskopije. FT-IR spektre različnih starih tradicionalnih (naravnih) premazov na vzorcih originalnega, starega pohištva, bomo primerjali z nanovo nanesenimi in utrjenimi tradicionalnimi premazi enakega tipa. Podatki meritev oz. primerjava bodo olajšali identifikacijo vrste tradicionalnega premaza na tudi več sto let starih lesenih objektih naše kulturno-zgodovinske dediščine.

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRVI ZAČETKI ZAŠČITE IN POVRŠINSKE OBDELAVE LESA

Zelo star način zaščite lesa je poogljjevanje njegove površine z obžiganjem. Tako zaščiten les so uporabljali v stiku z zemljo. Strešne konstrukcije so pred lesnimi škodljivci zaščitili z dovajanjem dima v ostrešje. Pozneje so se pojavili premazi iz govejega loja ali rastlinskih olj, ki so jim primešali živalsko kri. Tako zaščiten les je imel tipično rdečerjavo barvo. Strop z omenjeno zaščito z začetka 16. stoletja je ohranjen v kmečki hiši na Srednjem vrhu nad Martuljkom (Benko, 2005)

Za končno zaščito lesa so bili pred uveljavitvijo francoske politure v uporabi naslednje snovi (Pirnat, 2000):

- živalska maščoba
- klej
- firnež in terpentin
- firnež in olja (citronsko, pomarančno olje)
- firnež in smole (mastiks, damar)
- barve (kazeinske, oljne, klejnate)
- alkohol in smole
- voski
- kitajski laki

O zgoraj navedenih premazih se zelo malo ve, saj so se recepture prenašale iz roda v rod v glavnem z ustnim izročilom. Kljub temu je zapisanih precej receptur, vendar je nemogoče izdelati in uporabljati enake premaze kot nekoč, saj že osnovni gradniki, ki jih imamo na voljo, niso enaki tistim, ki so jih uporabljali nekoč. Prav tako je težko oceniti količino dodatkov, saj so za mere uporabljali nenatančne stare merske enote (pest, ščepec, pol velike posodice,...).

Udovič (1994) navaja, da je bil šelak v Evropi poznan že v 16. in 17. stoletju, pa vendar so do sredine 18. stoletja za površinsko obdelavo pohištva največ uporabljali le laneno olje in voske. Politiranje s šelakom pa se je kot najpogostejše uporabljena metoda površinske obdelave luksuznega pohištva ohranilo do konca 19. stoletja.

2.2 VOSKI

Izraz "vosek" v ožjem pomenu besede pomeni snov, ki jo proizvajajo čebele in jo tudi uporabljajo za izdelavo satja. Drugače so voski naravnega in sintetičnega izvora in ustrezajo naslednjim tehnološkim zahtevam (Wikipedia, 2005):

- pri sobni temperaturi so gnetljiva do lomljiva snov
- pri temperaturi med 40 °C – 45 °C se taliijo, vendar se ne razkrajajo (kar jih loči od maščob in olja)
- nad tališčem imajo relativno nizko viskoznost
- netopni v vodi
- hidrofobne molekule

Voski so estri višjih maščobnih kislin in nasičenih alkoholov, vsebujejo pa še nekatere proste višje kisline in alkohole ter višje ogljikovodike. V vodi se ne raztapljajo, topni so v organskih topilih, terpentinu in bencinu. Najbolj pogosto uporabljena voska za površinsko obdelavo sta čebelji vosek in karnauba vosek, zelo pogosto pa se, zaradi nižje cene, pojavlja sintetični parafin (Weissenfeld, 1988).

Voski so zelo razširjeni, saj jih izločajo skoraj vse rastline, z namenom da zaščitijo organizem pred vremenskimi vplivi (soncem in vlago). Pri površinski obdelavi se uporabljajo za politure, premaze, kot vezivo za lake, zidne barve, lazure, ali kot dodatek za matiranje lakov.

2.2.1 Čebelji vosek

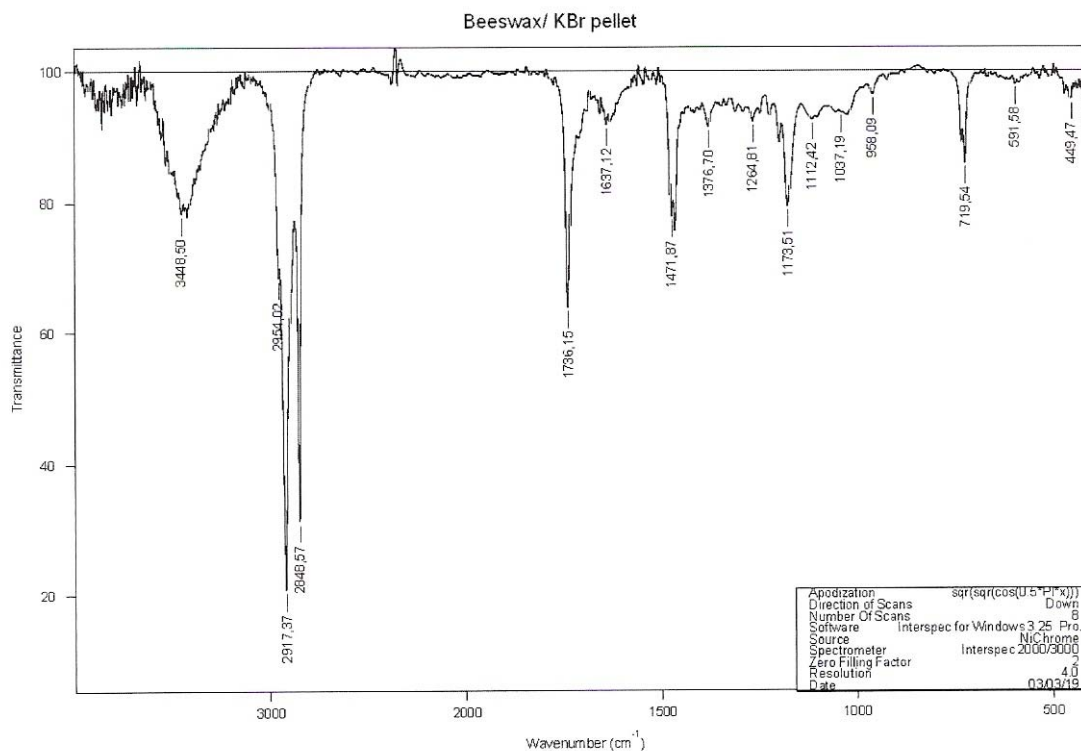
Čebelji vosek je najbolj znan in za površinsko obdelavo lesa največkrat uporabljen naravni vosek. Vosek nastane, ko se med presnavlja v maščobnih celicah, povezanih z voskovnimi žlezami, in se tako pretvori v čebelji vosek. Surov čebelji vosek je rumenkaste do rdečkasto-rjave barve, kar je predvsem odvisno od čebelje paše. S čiščenjem in beljenjem pa je mogoče dobiti tudi čebelji vosek bele barve. Barva voska je odvisna tudi od količine barvil, ki vanj pridejo iz cvetnega prahu. Voskane površine so zmerno odporne na različne tekočine, reagente (voda, etanol, olivno olje, kava) in toploto, vosek pa ne predstavlja zaščite pred glivam in insekti. Pri 32 °C - 35 °C je plastičen in upogljiv ter se z lahkoto gnete, pri malo nižji temperaturi (25 °C – 30 °C) pa je zelo močan. Tali se pri približno 60 °C. V vodi je netopen, topen pa v toplem alkoholu, ogljikovem tetrakloridu, kloroformu, etru ter mnogih drugih organskih topilih. Zaradi nizkega tališča voska lahko njegove prevleke na površini hitro postanejo lepljive.

Sestava voska še ni čisto raziskana, doslej pa so v njem določili vsaj 290 različnih sestavin. Povečini vsebuje estre nasičenih maščobnih kislin z enovalentnimi alifatskimi alkoholi. Ena od pomembnih spojin v vosku je tudi palmitinski ester miricilnega alkohola. Vseh estrov maščobnih kislin z alkoholi je 70 % do 74 %, 13 % do 15 % je prostih maščobnih kislin in 12 % do 15 % alifatskih ogljikovodikov. Poleg tega vsebuje še barvne in aromatične snovi. V vosku je zelo malo rudninskih snovi, vsebuje pa precej vitamina A.

Kemijska sestava voska (Wikipedia 2005):

- 35 % monoestrov
- 14 % diestrov
- 14 % ogljikovodikov
- 12 % prostih kislin
- 8 % hidroksilnih skupin poliestra
- ostalo (alkoholi, kisline poliestrov,...)

Ker je čebelji vosek najbolj pogosto uporabljena vrsta voska za površinske premaze, je v literaturi možno dobiti že posnet FT-IR spekter, eno izmed meritev so izvedli tudi na Estonski Fakulteti v Tartu-ju s tehniko KBr (slika 1)



Slika 1: FT-IR spekter čebeljega voska (Tartu, 2003)

Vosek lahko uporabljamo v trdni obliki kakor tudi v obliki paste ali tekočega pripravka. Vosek je v rabi že iz starih časov. Uporabljali so ga za balzamiranje trupel, voskanje raznih površin in za izdelavo anatomskih preparatov. Vosek se je uporabljal tudi pri pečatenju. Na Slovenskem so vosek izdelovali že v 13. stoletju; zapisan je bil med urbanimi dajatvami. Čebelji vosek največkrat raztapljamo v terpentinskem olju (Kregar 1956). Vosek najprej raztalimo, nato dodamo terpentinsko olje in dobro premešamo. Z večanjem koncentracije raztopine se povečuje tudi njena viskoznost pri sobni temperaturi (10 % - 12 % raztopina voska bo pri sobni temperaturi relativno tekoča, pri višjih koncentracijah pa postane mazilu podobna snov). Nanos raztopine na lesu mora mirovati 1 dan, nato lahko nanašamo drugo plast. Nanašanje na rahlo ogreto površino poteka s kratko povezanim čopičem ali pa s culo iz volne. Nanos naj bo čim bolj enakomeren, nato po 24-ih urah površino zdrgnemo z

žimo, da dosežemo zelen lesk. Najkvalitetnejšo površino dosežemo, če raztopino nanašamo v tankih nanosih in vtremo v lesne pore s pomočjo lopatice.

2.3 SMOLE

Za izdelavo površinskih premazov lahko uporabljamo tudi različne vrste smole. To so viskozne, prozorne snovi, ki ne tvorijo kristalov. Pri sobni temperaturi so trdne, pri povišani temperaturi se zmehčajo. V vodi so netopne. Njihovo uporabo so poznali že Egipčani, danes pa jih nadomeščajo in izpodrivajo boljše in cenejše umetne snovi.

Smole delimo na naravne in umetne. Smolkova (2000) navaja delitev naravnih smol na: recentne smole, ki se pridobivajo s smolarjenjem; recentno fosilne smole, ki so fosilni ostanki bivših vegetacij, ter na okamenele – fosilne smole (jantar). Kregar (1956) pa deli pomembne naravne smole (kopale) na smole, pridobljene od živih rastlin (recentne) in na izkopane smole (fosilne). Recentne smole je možno raztopiti v običajnih topilih, fosilne pa se topijo le s segrevanjem.

2.3.1 Šelak

Z razvojem novih trgovskih prekomorskih poti z daljnim vzhodom se je v 1. stoletju v Evropi pojavil tudi šelak.

Gre za smolo živalskega porekla, ki jo izločajo ščitaste uši (*Kerria lacca*, *Collus lacca*, *Tacharrdia lacca* Kerr.), ki se prehranjujejo s smolo različnih drevesnih vrst kot so (*Croton lacciferum*, *Euphorbiacea*, *Ficus religiosa*, *Artocapea*), predvsem v vzhodni Indiji, na Sri Lanki in na Antilih.

Surov šelak se nabira na drevesnih vejah kot 3 mm – 8 mm debela skorja, v kateri se nahajajo številne samice ščitastih uši. Domačini ga zbirajo, drobijo in izpirajo z vodo. Tako odstranjujejo lesovino, sladkorje, v vodi topne soli in rdeče barvilo »lac dye«. Šelak nato segrevajo, filtrirajo skozi tkanino in tako dobljeno maso ročno raztegujejo, podobno kot testo, v čim tanjše plasti. Ko se shladi, ga ročno ali strojno drobijo v lističe različnih velikosti ali meljejo v prah.

Filtriran in mleti šelak vsebuje do 5 % voska. Glede na drevesno vrsto in njegovo geografsko lego, se šelak razlikuje po barvi. Najznačilnejši predstavniki so:

- lemon (rumene barve)
- orange (oranžno rjave barve)
- rubin (rdečkasto rjave barve)

Za polituro s posebno visokim sijajem se uporablja

- razbarvan šelak brez voska (v tankih slojih, skoraj brezbarven oziroma rahlo rumenkast)

Možna uporaba šelaka: okvirji slik, škatlice, nakit, zobne plombe, stilno pohištvo,... (Wikipedia, 2005).

2.3.1.1 Priprava šelaka

Za pripravo politure šelak raztopimo v etanolu oz. kombinaciji alkoholov.

Za najkvalitetnejše politure se šelakovi raztopini dodajajo tudi različne druge naravne smole kot na primer mastiks (smola *Pistacie lenticus* s Kiosa - Grčija), kopal (fosilna smola iz Zaira ali smola z živih dreves *Trachylobium*, *Hymenaea courbaril* z Zanzibarja, iz Mozambika, Avstralije).

Običajna koncentracija šelaka v topilu je 12 % - 20 %. Raztopino pustimo stati preko noči, nato jo prefiltriramo. Tako pripravljeno polituro lahko hranimo le nekaj mesecev, ker se zaradi hidrolize časi sušenja politure podaljšujejo.

2.3.1.2 Politiranje

Izdelava kvalitetne politure zahteva kar nekaj spretnosti in izkušenj.

Postopek lahko strnemo v naslednje faze:

- grundiranje -vtiranje razredčene politure
- polnjenje por
- pokrivno politiranje
- glajenje: izpolitiranje, prepolitiranje

Površino pred politiranjem obrusimo z brusnim papirjem 600 ali 800 oz. z jekleno volno 000. Najpomembnejši pripomoček za politiranje je culo. Naredimo jo iz vate ali volne, ki jo zavijemo v krpo iz lanenega platna. Za grundiranje in polnjenje por uporabimo grobo laneno platno, za pokrivno politiranje in glajenje pa finejše. Cule hranimo v dobro zaprti stekleni posodi.

2.3.1.3 Grundiranje

Culo namočimo v močno razredčeno polituro, ki je v plitvi posodi in jo z vzdolžnimi in prečnimi gibi vtremo v površino lesa. Pustimo, da se temeljito posuši preko noči.

2.3.1.4 Polnjenje por

Lahko uporabimo culo, s katero smo grundirali. Zdaj uporabimo nerazredčeno polituro, pod culo pa naneseemo oz. dodamo mleti plovec. Plovec je kamenina vulkanskega izvora, z mikroporozno strukturo in se uporablja kot blago abrazivno sredstvo. Lesna moka, ki se tvori pri brušenju, plovčev prah in raztopljeni šelak tvorijo polnilno zmes, ki jo moramo s culo vtreti v lesne pore. Pazimo, da ne dodamo preveč plovca, ker sicer postanejo pore sive barve. Sušimo vsaj 1 uro. Površino nato obrusimo s finim brusilnim papirjem.

2.3.1.5 Pokrivno politiranje

Oblikujemo trdno culo, namakamo jo v nerazredčeno polituro in z vzdolžnimi in prečnimi nanosi, najprej z močnejšim, kasneje pa z vse šibkejšim pritiskom obdelujemo les. Culo 1 do 2-krat zamenjamo. Pazimo, da s culo ne vlečemo po še mokri površini oz. da ne trgamo že nastalega politurnega filma. Pri tem si pomagamo z nekaj kapljami polirnega olja, s katerim s spodnje strani ovlažimo polirno culo. Če se prične spodnja stran cule lesketati, je to znak, da je platno zamašeno. Tako platno moramo oprati z alkoholom. Z zadnjo culo moramo polirati dokler ni popolnoma suha. S tem spravimo na površino ostanke polirnega

olja. Sušimo vsaj 2-3 ure. Ponovno rahlo obrusimo s finim brusnim papirjem 600-800, ali s plovčevo moko.

2.3.1.6 Glajenje izpolitiranje

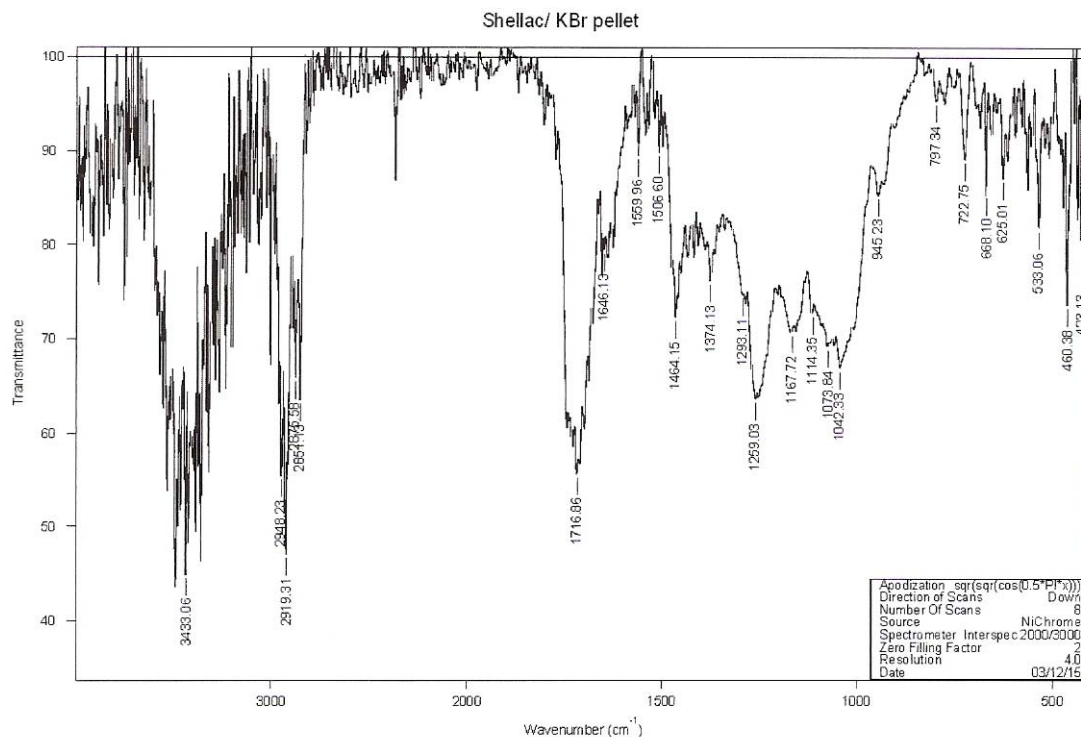
Uporabimo culo s fino laneno krpo v kombinaciji s šelakovo polituro z nekaj kapljicami polirnega olja. S polirno culo delamo hitre, krožne gibe. Pustimo, da se posuši preko noči. Nato obrusimo samo še pomanjkljivo oz. slabše obdelana mesta s plovčevo moko. Pustimo, da se po možnosti suši 2-3 dni.

2.3.1.7 Glajenje prepolitiranje

Pripravimo svežo culo z najfinejšim lanenim platnom. Uporabimo močno razredčeno polituro in nekaj kapljic polirnega olja in poliramo z rahlimi, krožnimi gibi. Nazadnje dodajamo samo še alkohol, tako da "izvlečemo" zadnje ostanke polirnega olja. Pri tem večkrat zamenjamo laneno krpo, tako da ostanki olja ponovno ne zameglijo površine. Politura je suha po najmanj 60 urah.

Tudi če je šelakova politura pravilno izvedena, je površina relativna občutljiva na vodo, vročino in topila. Kljub temu ima šelakova politura poseben estetski učinek in še vedno predstavlja visoko stopnjo mojstrstva obdelave lesenih površin.

V literaturi smo našli FT-IR spekter, ki je bil posnet na Estonski fakulteti v Tartuju. Posneli so spekter šelakove politure s tehniko KBr. Na spektru na sliki 2 so razvidni prisojeni (assignirani) trakovi, ki so značilni za šelak.



Slika 2: FT-IR spekter šelaka (Tartu 2003)

2.3.2 Mastiks

Je dišeča, rumeno ali zelenkasto obarvana smola, ki jo pridobivajo z zarezovanjem skorje grma *Pistacie leutiscus* na grškem otoku Kios. Topen je v etru, alkoholu in terpentinovem olju. Smola vsebuje:

- 50 % aromатов,
- 38 % mastikovske kisline,
- 4 % masticivske kisline,
- 0,5 % mastikolske kisline
- 2 % eteričnega olja.

Uporaba:

- -za aromatiziranje slaščic in pijač
- -za žvečenje
- -za izdelavo janeževega olja

- -fiksativ za parfume, za prilepljanje brk
- v medicini za izdelavo zobnega cementa in za lepljenje gaze na kožo
- Egipčani so ga uporabljali kot kadilo, dišavo, zdravilo

2.3.3 Damar

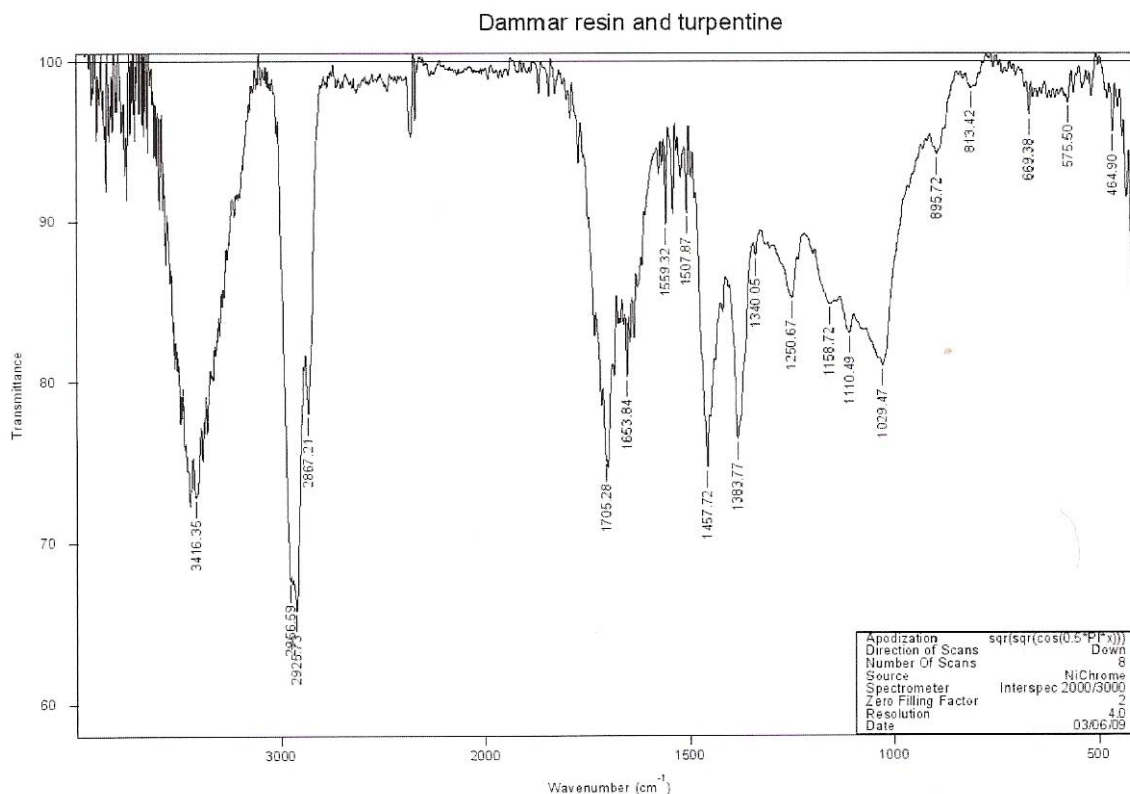
Damar je prozorna rumena smola, ki jo pridobivajo z zarezovanjem debel dreves rodov (*Shorea*, *Hopea*, *Balanocarpus* in *Vateria*) v zahodni Indiji. Zmehča se pri 75 °C, tali pa pri 150 °C. Topen je v terpentinskem in drugih oljih. V alkoholu in etru ni topen.

Smola damar vsebuje:

- do 40 % v alkoholu topnega alfa damarorezena,
- do 25 % v alkoholu netopnega beta damarorezena,
- do 23 % damarolske kisline
- nekaj eteričnega olja.

Uporabljajo ga za izdelavo lakov, obližev, trajnih mikroskopskih preparatov in v fotografski tehniki.

V literaturi je veliko že posnetih FT-IR spektrov damarja, kot primer navajamo spekter damarja, ki so ga posneli na Estonski Fakulteti v Tartuju s tehniko KBr (slika 3).



Slika 3: FT-IR spekter smole damar v terpentinu (Tartu 2003)

2.4 OLJA

Olja so naravne (ali sintetične) tekoče snovi rastlinskega, živalskega ali mineralnega izvora. Z vodo se ne mešajo, topijo se v bencinu, acetonu in drugih organskih topilih (Smolko, 2000). Osnovna lastnost vsakega olja je njegova sposobnost sušenja. Glede na to ločimo:

- sušeka olja (sojino, sončnično, laneno, makovo,...)
- pol sušeka olja (koruzno, sezamovo, bombažno,...)
- nesušeka olja (ricinusovo, oljčno, kikirikijevo,...)

Glede na stopnjo nenasičenosti pa lahko utemeljimo tudi naslednjo delitev (Sensir, 1999):

- sušeka olja: visoko nenasičeni materiali, jodovo št. od 140 do 180
- pol sušeka olja: podobno kot nesušeka, vendar z manjšo nenasičenostjo, jodovo število je od 100 do 140

- nesusēča olja: ponavadi vsebujejo mononenasičene sestavine, jodovo število je pod 100

Preglednica 1: Značilnosti tipičnih olj (Sensir, 1999)

Rastlinsko olje	Ledišče (°C)	Jodovo število
Ricinovo olje	-18	86
Lešnikovo olje	3	93
Žitno olje	-20	122
Laneno olje	-24	179
Tungovo olje	-2,5	168

Kemijsko gledano, kot navajata Petrič in Tišlerjeva (2000), so naravna olja triestri glicerola in maščobnih kislin – trigliceridi. Pogoji, da poteče oksidativno zamreženje, je prisotnost nenasičenih, dvojnih kemijskih vezi v kislinskem delu trigliceridov. Število in medsebojna razporeditev dvojnih vezi nam povesta, ali bo utrditev dokončna (sušēča olja), ali bo polovična, tako da ostane na površini lepljiva zmes (polsušēča), ali pa olje ostane tekočina (nesušēča olja). Smolkova (2000) opisuje sušenje v štirih fazah. Olje se v prvi fazi zgosti (nesušēča olja ne dosežejo te faze), v drugi postane lepljivo, v tretji fazi ni več lepljivo (polsušēča olja dosežejo drugo ali tretjo fazo), v zadnji fazi pa nastane trd in suh film (sušēča olja). Za površinske premaze uporabljamo sušēča olja in pol sušēča olja, slednja le če so v kombinaciji s hitro sušēčimi olji, ali z dodatkom sikativov za sušenje.

Nanos oljnega premaza na površino lesa se vrši s pomočjo krpice (Deroko in sod., 1996). Krpico pomočimo v olje in vlečemo po lesu. Olja ne smemo nalivati na obdelovanec in nato razmazati, saj potem na nekaterih mestih les vpije več olja in nastane neenakomerno naoljena površina. Nanos naj bo čim tanjši in enakomeren. Pri delu z lanenim oljem je dobro uporabljati zmes z eno tretjino terpentinovega olja.

2.4.1 Laneno olje

Laneno olje je najstarejše in najbolj poznano naravno olje za površinsko obdelavo lesa in spada med sušēča olja, kar pomeni, da se suši zaradi reakcije s kisikom iz zraka. Sušenje lanenega olja je zelo počasno. Laneno olje uporabljajo že mnogo stoletij in je eden od

najbolj preizkušenih površinskih premazov. Pridobivamo ga s stiskanjem ali ekstrakcijo zrelih semen lana (*Linum usitatissimum* L.). Prvič zabeležena uporaba sega v 14. stoletje, vsesplošna uporaba pa se je razvila v 17. in 18. stoletju (Allback in Allback, 2004).

Hladno stiskano olje je primerno kot dodatek prehrani (ne za pečenje), saj je bogato z omega-3-maščobnimi kislinami, ki delujejo antilipogenično (blokirajo shranjevanje maščobe v telesu), antikatabolično (zavirajo razgradnjo mišičnega tkiva), povečajo beta oksidacijo (izgorevanje maščob) in povečujejo senzitivnost za inzulin v mišičnih celicah (Grom, 2004).

Iz semena lana dobimo 36 % - 40 % olja motno rumene do rumeno zelene barve. Sestava je odvisna od izvora semena lana in njegove zrelosti (Smolko, 2000):

- 34 % - 45 % linolne kisline
- 22 % - 60 % linolenske kisline
- 15 % - 20 % oleinske kisline
- 7 % - 10 % nasičenih kislin (palmitinska, stearinska)

Preglednica 2: Sestava maščobnih kislin v lanenem olju (Van den Berg in sod. 2005)

Maščobna kislina:	% od vseh maščobnih kislin			
	Evropa	Kanada	Argentina	Indija
Linolenska kislina	56-71	54-61	45-53	50-61
Linolna kislina	12-18	14-16	15-24	13-15
Oleinska kislina	10-22	19-20	19-21	10-21
Stearinska kislina	2-3	3-4	5-6	7-8
Palmitinska kislina	4-6	5-6	4-5	9-10

Od sestave olja so odvisne tudi lastnosti lanenega olja.

Preglednica 3: Lastnosti lanenega olja (Tišler, 1989)

<i>Lastnost</i>	<i>Vrednost</i>
Vrelišče	~ 370 °C
Strdišče	-18 °C do 27 °C
Plamenišče	~ 270 °C
Gostota	0,925 g/cm ³ – 0,931 g/cm ³
Lomni količnik	1,4785 – 1,4820
Viskoznost	46,5 mm ² /s – 50,0 mm ² /s
Jodovo število	170 – 200
Število umiljenja	180 - 196
Neumiljivo	0,5 – 1,5

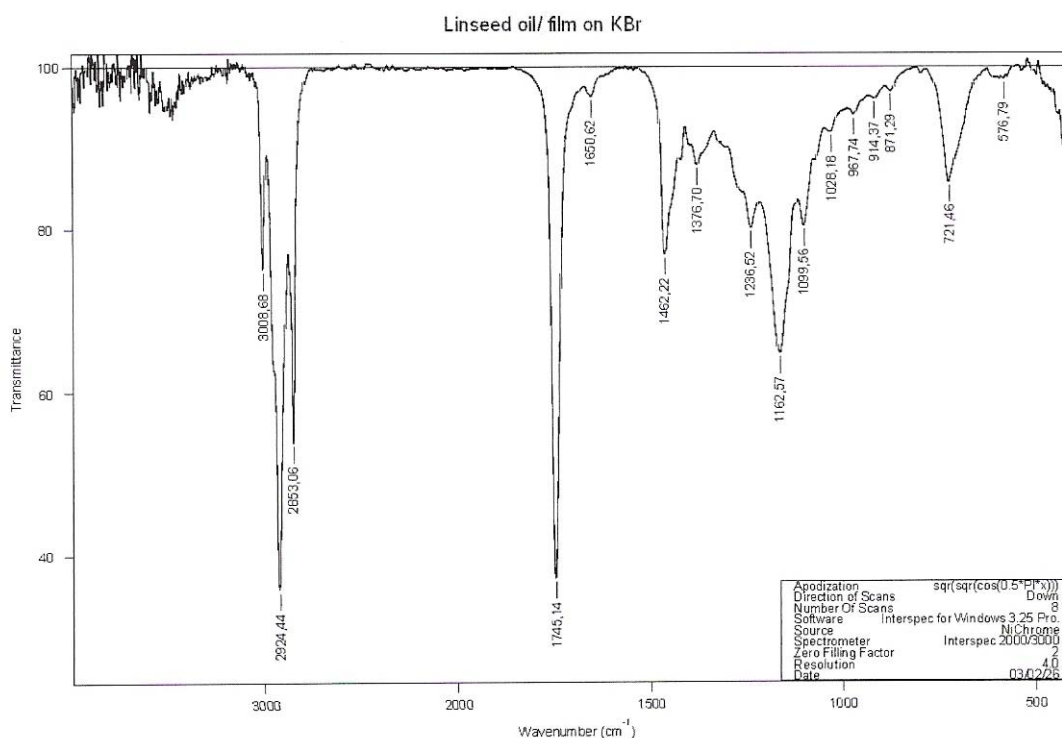
Uporaba lanenega olja kot površinskega premaza sega v zgodovino, ko je človek začel uporabljati les (Bonner, 2003). Vzrok za to, da se je toliko časa uporabljalo prav laneno olje je to, da ja bilo laneno olje edini možni površinski premaz, ki je zaščitil les tako pri uporabi zunaj kot pri zelo obremenjenih izdelkih v notranjih prostorih. Še dandanes se laneno olje uporablja kot tradicionalni premaz batov za kriket, kopita od pušk, pohištvo v kolonialnem slogu, je impregnacijsko sredstvo za kamen, ipd.

Proces utrjevanja pri lanenem olju je kemičen. Sušenje lanenega olja je posledica polimerizacije, ki poteče zaradi kisika v zraku (Russell, 2005). Ta pospeši postopek polimerizacije, ki pa jo lahko še bolj pospešimo z dodajanjem sušil – sikativov (Božičko, 1998), ki vsebujejo težke kovine (svinčev oksid). Surovo laneno olje, brez dodatkov, se suši zelo dolgo: poleti približno 4 dni, pozimi pa 6 dni – odvisno od temperature. Čas sušenja se znatno zmanjša, če s kuhanjem dosežemo delno zamreženje.

Bonner (2003) starodavni recept nanašanja lanenega olja, kot površinskega premaza, opisuje v svojevrstnem slogu:

- nanesi sloj vsako uro v dnevno
- potem enkrat na dan cel teden
- potem enkrat na teden cel mesec
- potem enkrat na mesec celo leto
- potem vsakih 6 mesecev do konca življenja

Na lanenem olju so bile opravljene številne raziskave tudi s tehniko FT-IR spektroskopije. V literaturi smo našli FT-IR spekter, ki je bil posnet na Estonski fakulteti v Tartuju. Posneli so spekter utrjenega lanenega olja s tehniko KBr. Na spektru na sliki 4 so prisojeni trakovi, ki so značilni za laneno olje.



Slika 4: FT-IR spekter lanenega olja (Tartu, 2003)

2.4.2 Tungovo olje

Tungovo olje so kot premazno sredstvo poznali že davno na Kitajskem in Japonskem, ter v vzhodni Aziji in južni, v zadnjem času pa tudi severni Ameriki. Poznano je tudi pod imenom olje kitajskega lesa. Pridobiva se iz semen drevesa tungovca (*Aleuritis forelli* L. družine *Euphorbiaceae*). Semena, ki vsebujejo okrog 50 % olja, stiskajo ali pa olje ekstrahirajo. Olje je pred uporabo potrebno še enkrat ekstrahirati.

Sestava tungovega olja:

- 80 % α -eleostearinske kisline
- 8 % oljne kisline
- 3 % linolenske kisline
- 4 % linolne kisline
- 4 % palmitinske kisline
- 1 % stearinske kisline

Značilnost tungovega olja je visok delež α -eleostearinske kisline, od katere so odvisne lastnosti olja. Barva olja je od svetlo rumene do rdečkastorjave, kar je odvisno od mesta rasti drevesa in postopka predelave olja. Na površini lesa olje tvori trd premaz, ki je bolj vodoodporen kot laneno olje, vendar pri izpostavitvi sončnim žarkom postane krhek, lomljiv in se lušči. Uporablja se kot vezivo v kombinaciji s sušečim in polsušečimi olji ali v kombinaciji z naravnimi smolami in daje dobre oljne lake (Smolko, 2000). V zmesi z lanenim oljem ga lahko uporabimo za talne površinske premaze (Klopčič, 1999). Pri stiku s kožo pa povzroča vnetje – bolezen tungovega olja.

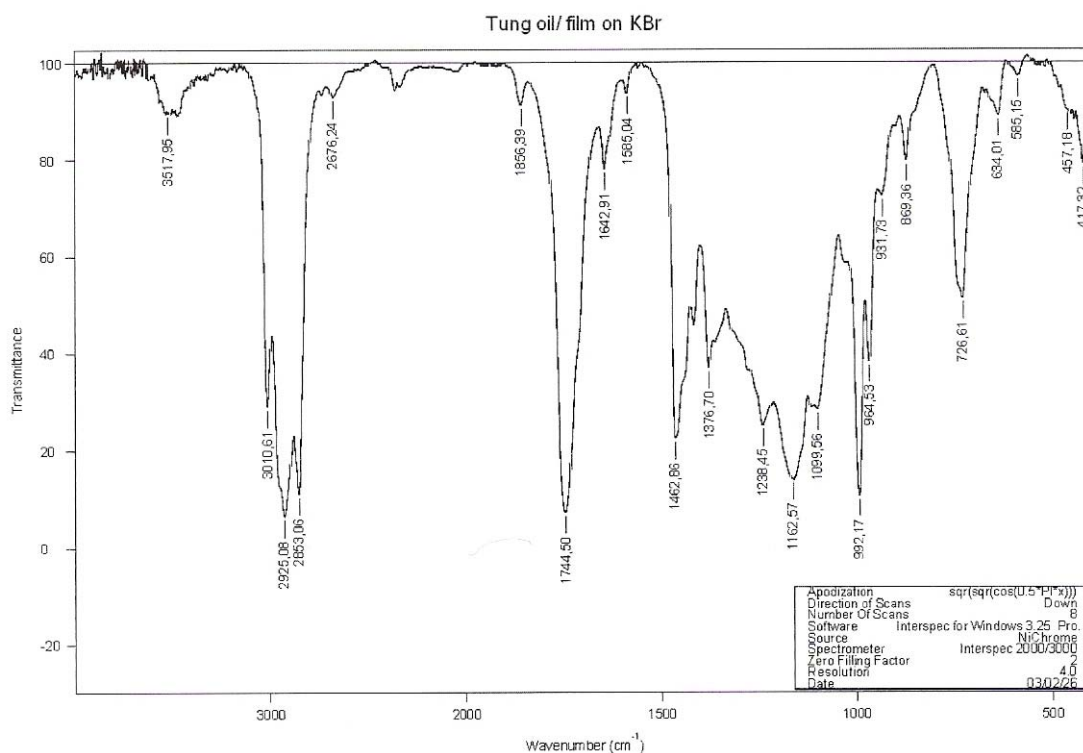
Premaz iz tungovega olja je obstojen pri zunanjih pogojih, zato se uporablja tudi v ekstremnih pogojih, kot so površine, izpostavljene morski vodi (čolni) in v visokogorskih klimatskih pogojih. Za premazovanje čolnov, izpostavljenih morski vodi, priporočajo vsaj osemkratni nanos. Premaz iz tungovega olja je obstojen tudi proti obrabi, zaradi tega je olje primerno za premazovanje parketa, ladijskega poda, lesenih stopnic in ostalih obremenjenih površin.

Olje je možno pigmentirati z lazurnimi transparentnimi ali pokrivnimi pigmenti. Dodatek do 50 g pigmenta / liter oz. približno 10 % ne vpliva na kvaliteto premaza oz. na njegovo obstojnost.

Nanašamo ga z vtiranjem s krpo, čopičem ali s pištolo za brizganje. Za zunanjo zaščito lesa priporočajo 4 nanose, za notranjo uporabo pa zadostujeta že 2 sloja. Zelo pomembno je, da je posamezen nanos tanek. Zato po vsakem mazanju po 10-15 minutah obrišemo odvečno olje, ki ga les ni absorbiral.

Ker ima nizko viskoznost, se lahko uporablja nerazredčen. Poraba je približno $1 \text{ L} / 5\text{-}7 \text{ m}^2$. Pri zelo nevpojnem lesu olje razredčimo z oljem citrusov (ORANOL) ali s terpentinom. Prašno suho je tungovo olje po približno 24 urah. Po tem času je možno nanesti naslednji sloj.

Tudi na tungovem olju so opravljali meritve z FT-IR spektroskopijo. Slika 5 predstavlja spekter utrjenega tungovega olja, posnetega po metodi KBr. Meritve so opravili na Estonski Fakulteti v Tartuju. Porazdelitev trakov in njihova prisoja sta značilni za tungovo olje



Slika 5: FT-IR spekter tungovega olja (Tartu, 2003)

2.4.3 Terpentin

Terpentin je olje, katerega osnova je rastlinska vrsta *Pinus palustris* in druge vrste *Pinus* sp., borovci rastejo po celem svetu. Pridobivajo ga z destilacijo z vodno paro iz surovega aromatičnega rastlinskega izcedka, tega pa iz rastlinskega materiala ekstrahirajo s topili

(oleorezin) in ga nato še izboljšajo. Terpentin je brezbarvna ali blede rumena tekočina, ki jo sestavljajo monoterpeni :

- pinen, (α 45 % - β 95 %),
- 3-karen (α 20 % - β 60 %),
- kamfen,
- dipenten,
- terpinolen,
- mircen,
- felandren
- p-cimen.

Koncentracija posameznih komponent v olju se spreminja; odvisna je od tipa borovca, geografskega izvora, metode izolacije olja.

Terpentin je toksična snov, saj lahko pri nekaterih ljudeh povzroča vnetja kože in alergične reakcije (zaradi vsebnosti pinena, 3-karena in dipentena). Drugi toksični učinki so lahko še glavobol, nespečnost, kašljanje, slabost.

Vseeno olje deluje analgetično in antimikrobno; je antiseptik, ki pospešuje celjenje ran. Uporabljajo ga proti revmatičnim obolenjem, sprošča pa tudi mišične krce. Odvaja vodo in pomaga pri težavah z mehurjem in ledvicami. Pomaga tudi pri boleznih mukoznih membran in težavah z dihanjem, saj lajša izkašljevanje. Terpentin tudi pospešuje strjevanje krvi, deluje blagodejno, poživilja, krepi, je paraziticid in vermucid.

Ob zgoraj naštetih zdravilnih učinkih terpentin torej uporabljajo v mazilih za lajšanje bolečin, ter v preparatih proti kašlju in prehladu. Olje je znano kot odstranjevalec barv in madežev, topilo in insekticid.

V kemijski industriji se uporablja kot izvorni material za sintezo mnogih kemikalij, kot so npr. kafa, mentol, terpin hidrat, terpineol, linalol, citral, geraniol in drugi.

2.5 VPLIV DELOVANJA UV SVETLOBE NA RAZLIČNE MATERIALE

Del energije sončevega sevanja zaznamo z očmi – to je vidna svetloba. Spekter sončevega sevanja vsebuje tudi infrardečo in ultravijolično svetlobo. To sevanje povzroča v snovi različne pojave (slika 6). Ko svetloba pade na snov, se je nekaj odbije, ostala pa se bodisi absorbira bodisi širi dalje v snovi. Količina absorbirane svetlobe je odvisna od snovi in od valovne dolžine svetlobe. Absorbirana svetloba se lahko pretvori v drugo obliko energije, na primer mehansko ali kemično in s tem (Arhiv republike Slovenije):

- povzroči segrevanje snovi,
- povzroči preproste kemijske reakcije npr. ionizacijo ali razpad molekul,
- sproži zapleten niz kemijskih procesov, ki jih imenujemo fotokemijske reakcije.

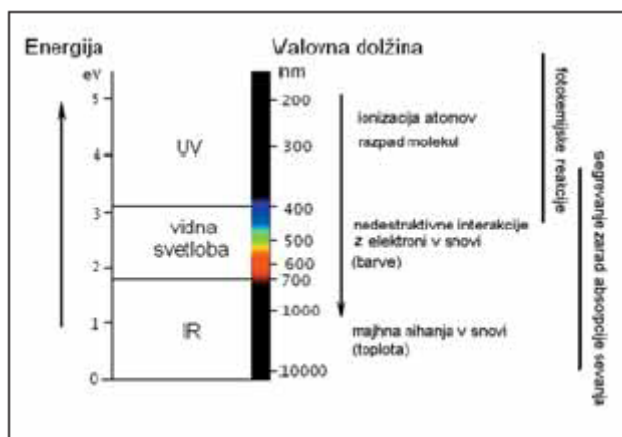
Vidna svetloba povzroča prehajanje elektronov med posameznimi energijskimi stanji v atomih in molekulah snovi. Infrardeča svetloba ima manjšo energijo od vidne, zato povzroča le nihanja gradnikov snovi. Ultravijolična svetloba ima večjo energijo od infrardeče in vidne, ki je tolikšna, da lahko povzroča pomembnejše spremembe v snovi – ionizacijo atomov ali celo razpad molekul. Celokupen efekt svetlobnega obsevanja lahko povzroči fotokemijske reakcije in segrevanje snovi zaradi absorpcije svetlobe.

Fotokemijske reakcije so procesi, pri katerih se molekule kemijsko spremenijo, aktivacijsko energijo pa zagotavlja absorpcija fotona (delca svetlobe). Ta absorpcija je odvisna le od kemijskih lastnosti molekule, niz reakcij, ki sledijo, pa je zelo odvisen od lastnosti okolice, npr. od temperature in vlažnosti. Izdatnost fotokemijske reakcije je odvisna od:

- gostote svetlobnega toka (E_e) (W/m^2),
- časa osvetljevanja (t),
- spektralne porazdelitve svetlobe ($S(\lambda)$),
- aktivacijskega spektra za to reakcijo v danem materialu ($A(\lambda)$).

Prva dva faktorja določata izpostavljenost materiala (H) danemu svetlobnemu viru:

$$H = E_e t \quad [1]$$



Slika 6: Sončevo sevanje: ultravijolična (UV), vidna in infrardeča (IR) svetloba, pripadajoče energije in valovne dolžine ter vpliv svetlobe na snovi (Arhiv republike Slovenije):

Spektralna porazdelitev svetlobe je povezana z možnostjo, da ta svetloba sproži fotokemijsko reakcijo. Svetloba z manjšo valovno dolžino ima večjo energijo (enačba 1 in slika 6). Taka energija lahko že zadošča za aktivacijo molekul ali pa jo celo presega. Z večanjem valovne dolžine svetlobe se energija fotonov manjša. Z njo se manjša tudi sposobnost svetlobe za vzbujanje molekul. Tako lahko s preprostim sklepanjem ugotovimo, da največje poškodbe povzroča ultravijolična svetloba.

Absorpcija svetlobe in spremembe zaradi segrevanja snovi ter spremembe zaradi fotokemijskih reakcij potekajo počasi, v nekaterih primerih tudi zelo počasi, skoraj neopazno, vendar zanesljivo vodijo do poškodb snovi. Poškodbe zaradi obsevanja s sončevo svetlobo se kažejo na različne načine. Papir se lahko razbarva, porumeni ali potemni, pogosto postane krhek in lahko celo razpade. Tisk lahko močno obledi in spremeni barvo. Podobne efekte opazimo tudi na tekstilu in drugih materialih. Vse to so posledice kemijskih sprememb v snovi; energijo zanje zagotavlja svetloba.

Zaradi segrevanja se večina snovi razteza. V predmetih, ki so sestavljeni iz materialov z različnimi razteznostnimi koeficienti, se zato pojavijo strižne napetosti. Efekt segrevanja zaradi obsevanja s svetlobo opazimo tudi pri predmetih, ki so deloma zakriti pred njo (na primer pod okvirjem slike). Ker so spremembe temperature običajno povezane tudi s spremembo vlažnosti v snovi, lahko opazimo tudi dodatne posledice spremembe vlažnosti. Sčasoma pride zato do nastanka različnih poškodb, ki so posledica obsevanja s svetlobo:

površina postane trda in krhka, potečeta razbarvanje in izguba leska, nastanejo površinske razpoke. Ti efekti so posebno izraziti pri materialih rastlinskega ali živalskega izvora ali pri eksponatih, ki so sestavljeni iz slojev različnih snovi.

Eksponati kulturne dediščine so iz različnih materialov. S stališča svetlobne obstojnosti jih klasificiramo v štiri skupine (Preglednica 4) (Arhiv republike Slovenije):

Preglednica 4: Okvirna klasifikacija materialov glede na svetlobno obstojnost :

Občutljivost	Opis
1. Neobčutljivo	Ekspoziti iz neorganskih materialov. Primeri: večina kovinskih in steklenih izdelkov, izdelkov iz kamna, keramike in mineralov.
2. Majhna občutljivost	Predmeti iz materialov z razmeroma veliko svetlobno obstojnostjo. Primeri: slike v oljnatih in tempera tehniki, freske, neobarvano usnje in les, kosti, rogovje, slonova kost, nekatere plastike in laki.
3. Srednja občutljivost	Ekspoziti začasnega značaja s srednjo svetlobno obstojnostjo. Primeri: večina tekstila, vodene barve, potiskani izdelki, rokopisi, akvareli, gvaši, tapete, barvano usnje, predmeti iz narave (botanični vzorci, ptičja peresa, krzno).
4. Zelo velika občutljivost	Predmeti iz svetlobno neobstoječih snovi. Primeri: svila, neobstoječa barvila, časopis.

Nekatere barve (premazi) zaradi vplivov svetlobe ali drugih vzrokov zbledijo, druge potemniijo ali celo spremenijo barvo. Spremembe potečejo tako pri pigmentih kakor tudi na vezivih in drugih komponentah lakov. Anorganski pigmenti so v glavnem mineralne soli ali kovinski oksidi in so z nekaj izjemami na svetlobi obstojni. Tradicionalna organska barvila so pridobivali z ekstrakcijo iz bioloških virov, sintetična barvila in pigmenti so novejšega izvora. Znano je, da so zemeljske barve najmanj občutljive za svetlobo. Vezivo, s katerim so zrnca pigmenta obdana, ima za pigment varovalno vlogo pred delovanjem svetlobe. Izjemno težko je oceniti, kako svetloba poškoduje posamezna veziva, ker se ta v kombinaciji z različnimi pigmenti različno obnašajo. Svetloba vpliva na plasti laka torej na več načinov :

- večina lakov je prvotno prozornih, sčasoma pa porumenijo in s tem spremenijo videz predmeta.

- druga nezaželena sprememba lakov zaradi svetlobe je tako imenovano zamreženje: pod vplivom svetlobe nastanejo med dolgimi molekulami prečne vezi, kar pomeni, da lak ni več enako topen kot na začetku. Na primer, damar je po izpostavljanju svetlobi topen le v polarnih topilih in ne več v nepolarnih kot pri nanašanju.
- svetloba povzroči, da premaz postane krhek, razpoka in tako nima več enake zaščitne funkcije. Zaradi drobnih razpok se lahko začne celo drobiti, spremenijo se tudi njegove optične lastnosti, tako da postane neprosojen.

Kot je bilo že omenjeno, je eden od škodljivih vplivov svetlobe tudi njeno toplotno delovanje. Infrardeči del spektra je tisti, ki predmete najbolj segreva. Nevarnost predstavljajo tako sončna svetloba kakor tudi nepravilno nameščena svetila. Njihovo delovanje je lahko neposredno ali posredno in ima različne škodljive posledice:

- kemijske reakcije se pospešijo zaradi povišane temperature.
- posledice: pokanje, odstopanje in odpadanje plasti, deformacije zaradi izsušitve.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 PRIPRAVA VZORCEV

Za snemanje nihajnih (FT-IR) spektrov v tehniki KBr potrebujemo relativno malo snovi. Za izvedbo zadošča že približno 3 mm³ utrjenega premaza, kar ustreza približno 2 cm² postrgane površine premaza.

3.1.1 Vzorci s tradicionalnimi premazi z objektov kulturno-zgodovinske dediščine

Originalne vzorce, odvzete z objektov po Sloveniji, smo dobili z Restavratorskega centra (RC) v Ljubljani. Pri odvzetju vzorcev je bil pogoj, da se objektov kulturne dediščine ne poškoduje. Za vzorce odvajamo delce predmetov s površinskim premazom le tam kjer je najmanj opazno. Če se le da, odvajamo skupaj košček lesa in premaza na njem, če ne, zadostuje tudi nekaj koščkov premaza, ki jih pridobimo z rahlim podrgnjenjem po površini.

Seznam vzorcev z objektov kulturne dediščine:

- S3 – premaz na stopnici
- S4 – okno (floder na lesu)
- S11 – barva na vratih
- S12 – lesen tlak, barvan na rjavo
- S13 – lesen tlak, barvan na rjavo
- S16 – omara (barok)
- S18 – okvir slike
- S24 – letvica okvirja
- S25 – baročna omara

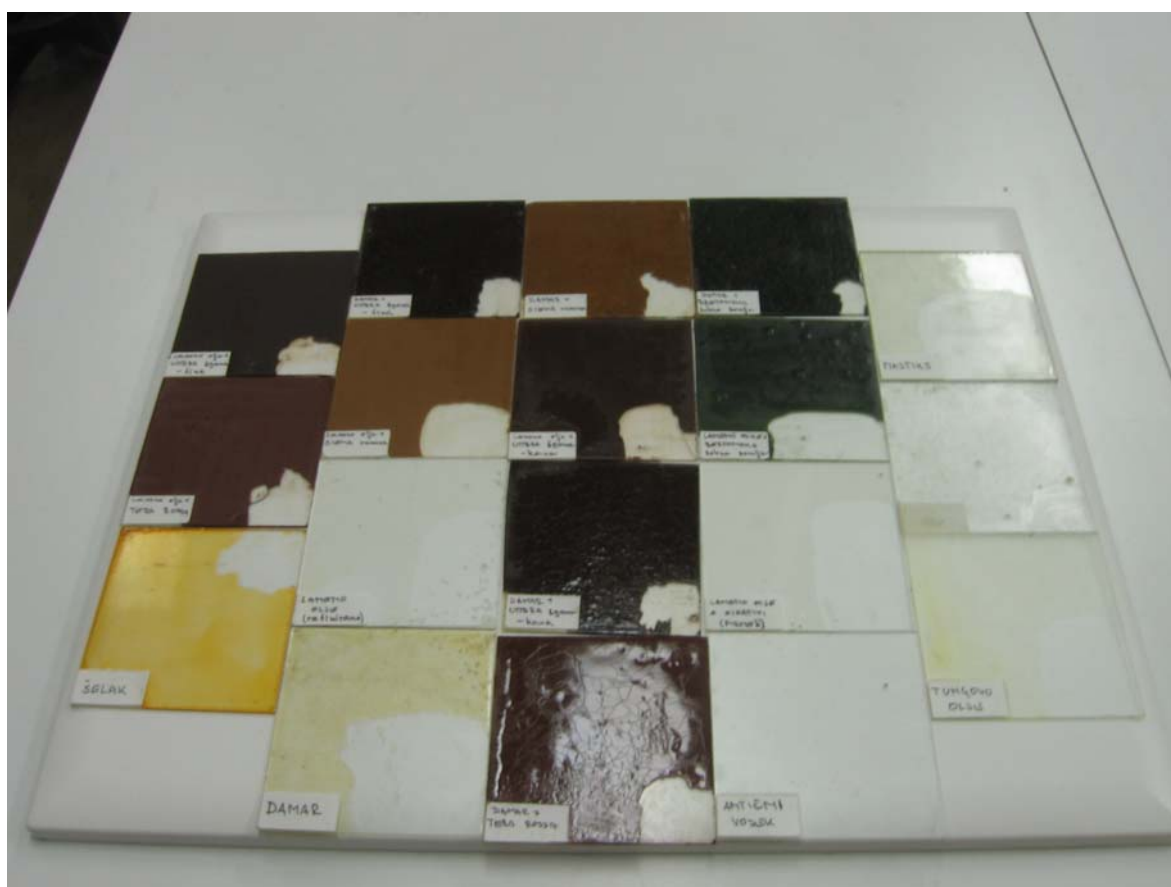
3.1.2 Priprava vzorcev z novimi premazi, za primerjavo

Nove vzorce premazov smo pripravili na steklenih ploščah površine 10 cm x 10 cm. Tako pripravljene filmi utrjenih premazov so služili za izdelavo baze podatkov, za primerjavo s premazi z objektov kulturne dediščine. Vsa premazna sredstva smo nabavili pri slovenskem uvozniku, podjetju Samson iz Kamnika.

Filme za FT-IR preiskave smo pripravili iz naslednjih materialov (slika 7):

- laneno olje s sikativi
- laneno olje
- tungovo olje
- čebelji vosek (natur)
- antični vosek
- damar
- mastiks
- šelak (lemon)
- laneno olje s pigmentom UMBRA žgana – kavna
- laneno olje s pigmentom UMBRA žgana – fina
- laneno olje s pigmentom TERRA ROSSA
- laneno olje s pigmentom SIENA rumena

- laneno olje s pigmentom BRETONSKA zelena zemlja
- damar s pigmentom UMBRA žgana – kavna
- damar s pigmentom UMBRA žgana – fina
- damar s pigmentom TERRA ROSSA
- damar s pigmentom SIENA rumena
- damar s pigmentom BRETONSKA zelena zemlja



Slika 7: Utrjeni premazi na steklu

3.1.2.1 Priprava filmov premazov, ki so bili nabavljeni kot že pripravljeni

Za podlago smo uporabili brušeno steklo (brušeno zaradi boljšega oprijema premaza na podlago), površine 10 cm x 10 cm in ga premazali s sredstvi, ki jih je za nanašanje že pripravil proizvajalec. To so:

- laneno olje s sikativi (slika 8)
- laneno olje
- tungovo olje (slika 9)
- čebelji vosek (slika 10)
- antični vosek (slika 11)



Slika 8: Laneno olje s sikativi



Slika 9: Tungovo olje



Slika 10: Čebelji vosek



Slika 11: Antični vosek

Premaze smo nanесли v dveh slojih, pred nanašanjem drugega sloja smo počakali, da se je predhodni sloj temeljito posušil (to je trajalo od 24 ur do enega mesca – za laneno olje).

3.1.2.2 Priprava oljne barve

Oljno barvo smo pripravili iz naravnih pigmentov (slika 12) in lanenega olja (slika 13). V laneno olje smo vmešali pigment s pomočjo terilnice. Pigment smo vmešavali toliko časa, da smo dobili pastozno zmes olja in pigmenta. Za nanašanje smo to pasto redčili s čistim oljem ter zmesi nanašali na steklene ploščice dimenzij 10 cm x 10 cm.



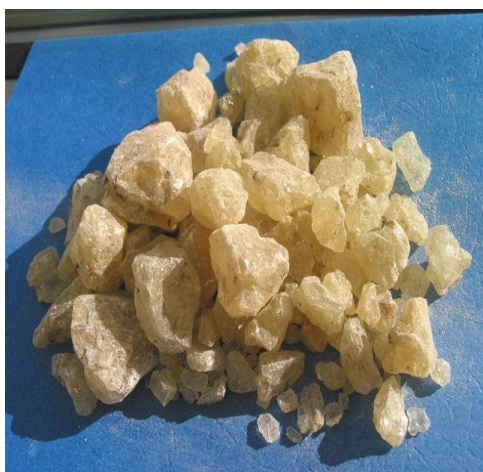
Slika 12: Naravni pigmenti (z leve proti desni: BRETONSKA zelena zemlja, UMBRA žgana – kavna, UMBRA žgana – fina, TERRA ROSSA, SIENA rumena)



Slika 13: Laneno olje

3.1.2.3 Priprava smolne barve

Smolne barve smo pripravljali iz naravnih pigmentov (slika 12) in damarja. Damar smo moral predhodno pripraviti. Pripravili smo ga v obliki 10 % zmesi s terpentinom. Smolo damar (slika 14) smo raztapljali v terpentinu približno en mesec, oz tako dolgo, dokler se ni smola popolnoma raztopila. Preden smo dali smolo v terpentin, smo vsak delček umili s krpo, namočeno v alkohol (da smo na koncu dobili prozorno snov brez primesi umazanije).



Slika 14: Smola damar

Postopek izdelave barve z damarjem je bil podoben izdelavi oljne barve, le da je tu olje zamenjala 10 % raztopina damarja. Ko smo dobili primerno gostoto barvo, smo pričeli z nanašanjem na stekla dimenzij 10 cm x 10cm. Nanesli smo po 2 sloja barve, med obema nanosoma smo počakali, da se je prva plast temeljito posušila.

3.1.2.4 Priprava politure šelaka

Za pripravo politure iz šelaka smo šelak (slika 15) raztopili v etanolu. Naredili smo 20 % raztopino, ki smo jo pustili stati 24 ur, da se je ves šelak raztopil v etanolu. Nato smo jo v dveh slojih nanesli na vzorčna stekla dimenzij 10 cm x 10 cm.



Slika 15: Neraztopljen šelak

3.1.3 Staranje vzorcev

Staranje vzorcev smo izvedli v laboratoriju za površinsko obdelavo lesa. Staranje je potekalo tako, da smo vzorce izpostavili le UV svetlobi v posebej pripravljeni komori, ne

pa tudi segrevanju z IR žarnicami in vlaženju, kot je za umetno pospešeno staranje sicer običajno. Celoten cikel je trajal 500 ur, na vsakih 100 ur obsevanja, smo v KBr tehniki posneli nihajni spekter staranega premaza. Za obsevanje (modifikacijo) vzorcev (slika 7) smo uporabili žarnico OSRAM ULTRA – VITALUX 300 W Sunlamp, ki je bila od vzorcev oddaljena 50 cm.

3.2 SNEMANJE NIHAJNIH SPEKTROV

3.2.1 Osnove vibracijske (FT-IR) spektroskopije

FT-IR (Fourier Transform Infrared) ali nihajna spektroskopija je uveljavljena analitska metoda identifikacije snovi s snemanjem spektrov absorbirane infrardeče svetlobe. Najpogosteje se uporablja za identifikacijo neznanih snovi. Temelji na dejstvu, da molekule absorbirajo infrardeče sevanje (valovne dolžine IR svetlobe so med 2,5 μm in 25 μm), pri valovnih dolžinah oz. frekvencah izpolnjenega rezonančnega pogoja, ko je frekvenca vpadle svetlobe enaka frekvenci nihanja vezi v funkcionalni skupini molekule (Central Connecticut ... , 2006).

Nihajni spekter je grafični prikaz količine absorbirane ali prepuščene IR svetlobe (v %) pri določenih valovnih številih (Volland, 1999). Energije vibracij v organskih molekulah ustrezajo infrardečem valovanju pri valovnih številih med 1200 cm^{-1} in 4000 cm^{-1} . Ta del nihajnega spektra je najpomembnejši za odkrivanje funkcionalnih skupin v organskih spojinah. Pogosto ga imenujemo tudi Področje funkcionalnih skupin. Problematičen del nihajnih spektrov je pri valovnih številih, nižjih od 1600 cm^{-1} , saj je tu običajno veliko trakov, kar je neugodno za analizo. Ravno na to področje moramo biti pri analizi najbolj pozorni, saj je pri vsaki snovi edinstveno ter tako omogoča prepoznavanje snovi (Pine in sod., 1984).

Vzorec v spektrometru je izpostavljen neprestanemu spreminjanju valovnih dolžin infrardečega sevanja, svetlobo pa absorbira, kadar je energija vhodnega sevanja enaka energiji določene molekulske vibracije. Mnoge vezi se pojavljajo na specifičnih mestih v spektru, kar omogoča prepoznavanje snovi (Pine in sod., 1984).

Metodo infrardeče spektroskopije lahko uporabimo na vzorcih v plinastem, tekočem ali trdnem agregatnem stanju (Michigan State ... , 2005).

FT-IR spektrometer snema interakcijo IR sevanja z vzorcem tako, da meri frekvence, pri katerih vzorec absorbira sevanje in intenzitete absorpcij, ter jih prek računalnika in ustrezne programske opreme prikaže v obliki spektra. Intenzitete absorpcij so povezane s koncentracijami sestavin. V interferometru svetloba potuje skozi napravo, ki žarek razdeli na dva dela ter ju ustrezno preusmeri. Prvi žarek se od mirujočega zrcala odbije nazaj v napravo, drugi pa potuje do gibljivega zrcala. Gibanje zrcala opiše celotno dolžino poti proti žarku mirujočega zrcala. V napravi se žarka srečata in ponovno združita, razlika v dolžinah poti pa ustvari navzkrižni vzorec združevanja in razdruževanja, imenovan interferogram. Ponovno združen žarek potuje skozi vzorec, ki absorbira vse različne valovne dolžine, značilne za svoj spekter in odvzame specifične valovne dolžine od interferograma. Detektor prikazuje spremembe energije v odvisnosti od časa za vse valovne dolžine. S pomočjo matematične funkcije, imenovane Fourierova transformacija (od tu izhaja poimenovanje metode) se podatki pretvorijo v končno obliko (Michigan State, 2005).

3.2.2 Priprava vzorcev za FT-IR analizo

Vzorci za analizo smo pripravili tako, da smo pripravili zmes s KBr. Vsak vzorec površinskega premaza smo odstranili s površine, nato smo ga zmešali s KBr v razmerju 1:10 (1 del premaza in 10 delov KBr) in strli v terilnici v prah (Slika 16).



Slika 16: Z leve proti desni: KBr, nosilec, nosilec za mešanico prahu, lij ter terilnica

Poleg metode s KBr smo za snemanje spektrov uporabljali še metodo za tekoče premaze, ki jih nakapljamo v manjši rezervoarček iz natrijevega klorida.

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

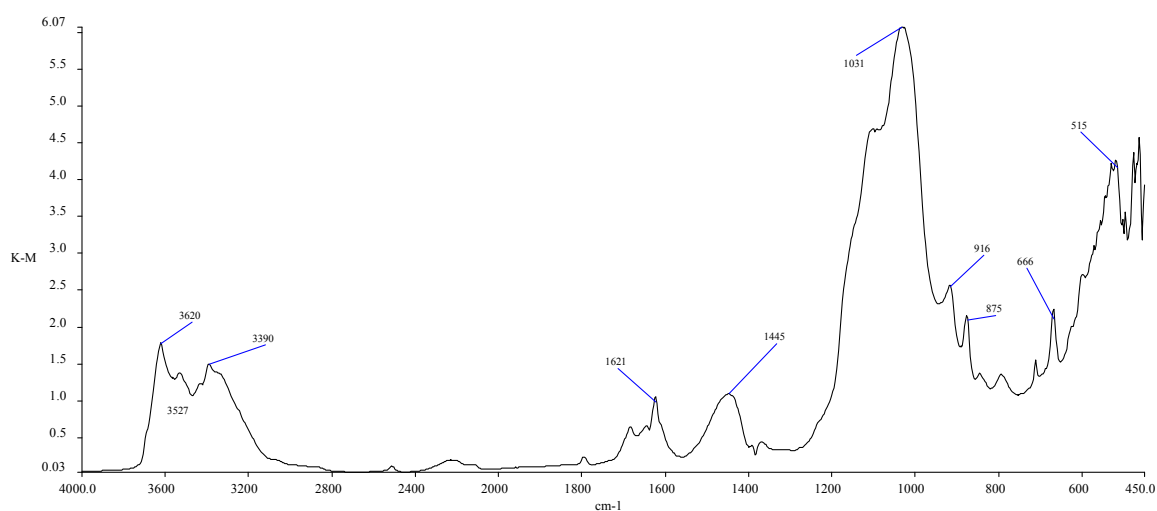
Utrjenim na novo pripravljenim premazom smo posneli FT-IR spektre takoj po utrditvi ter ponovno po 500 urah izpostavitve UV svetlobi v UV komori. Iz razlik smo želeli sklepati o tem, kako UV svetloba vpliva na spektre tradicionalnih premazov za les, kar bi bilo potrebno upoštevati pri primerjavi spektrov na novo pripravljenih premazov s spektri premazov z objektov, ki so bili med uporabo izpostavljeni vremenskim vplivom.

4.1 SPEKTRI NA NOVO PRIPRAVLJENIH NARAVNIH PREMAZNIH SREDSTEV

4.1.1 Spektri naravnih pigmentov

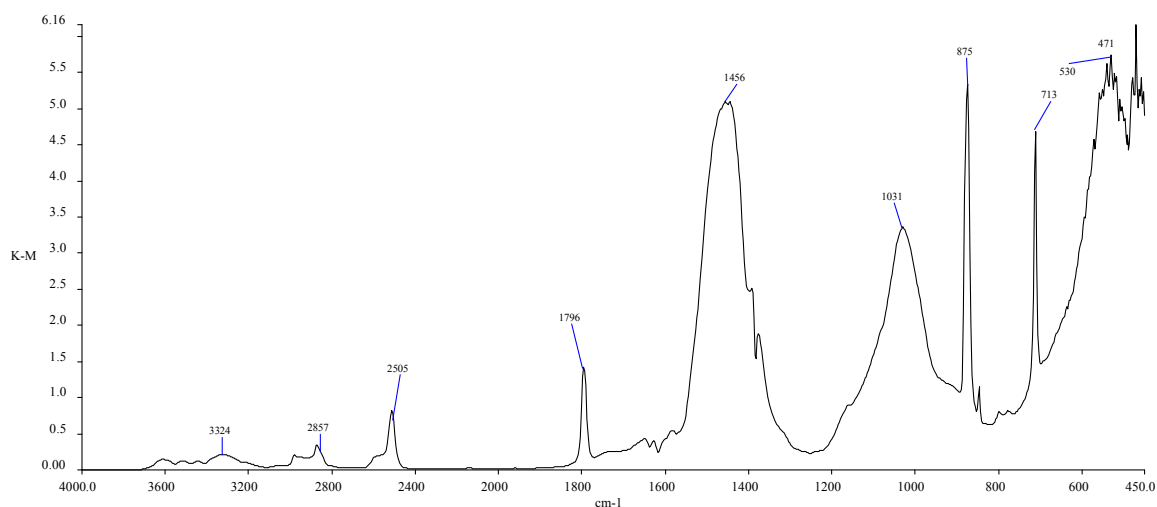
Po KBr metodi smo posneli tudi spektre čistih pigmentov, katere smo vtrli v laneno olje in damar, da smo dobili oljne in smolne barve. Pigmenti so vsi naravnega izvora (zemlja, kamenina) in so jih za obarvanje naravnih premazov najpogosteje uporabljali.

Na sliki 17 je spekter pigmenta Bretonska zelena zemlja, ki izhaja iz Francije in je naraven železov silikat. Ima zelo slabo kritnost, zato je potrebno več nanosov. Ima pa zelo dobro svetlobno obstojnost in temperaturno obstojnost (do 250 °C). Primeren je za mešanje z olji, akrili, apnom, cementom, ipd. Pri mešanju z oljem mora biti njegova koncentracija 60 % - 80 %, (Samson Kamnik).



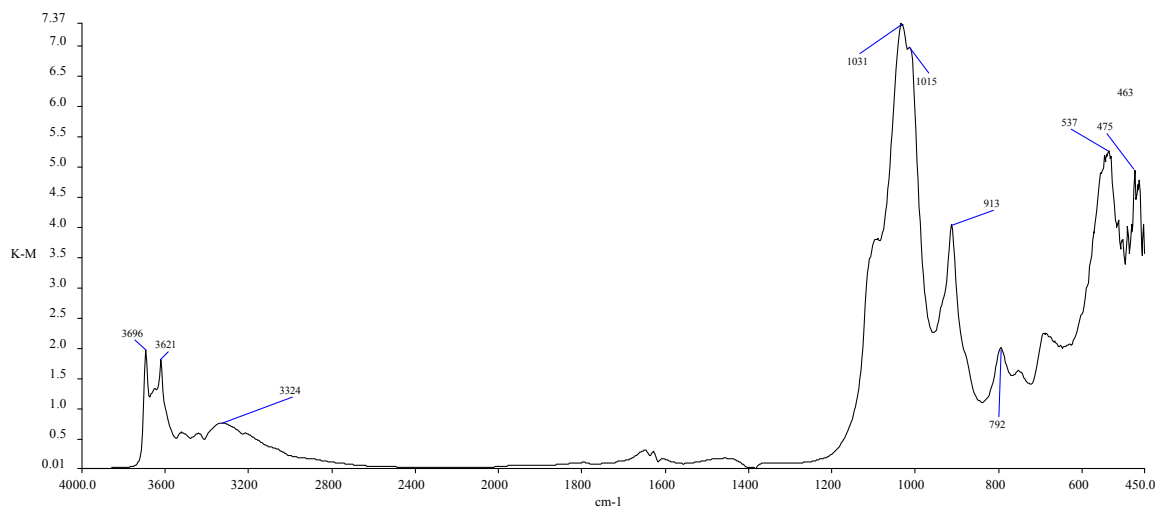
Slika 17: FT - IR spekter pigmenta BRETONSKA ZELENJA ZEMLJA

Na sliki 18 je spekter pigmenta umbra žgana – fina. Ima zelo dobro svetlobno obstojnost ter kritnost, in je obstojen do temperature 250 °C. Primeren je za mešanje z olji, akrili, apnom, cementom, itd. V olje ga vmešamo do 70 % (Samson Kamnik).



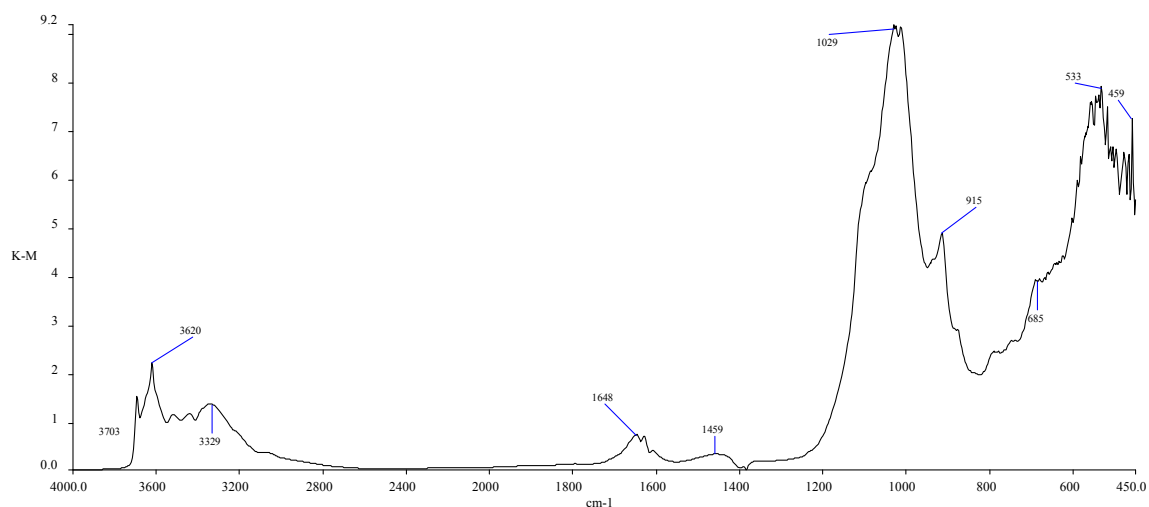
Slika 18: FT - IR spekter pigmenta UMBRA ŽGANA - FINA

Na sliki 19 je spekter pigmenta Siena rumena. Ima povprečno kritnost, zato pa ima zelo dobro svetlobno obstojnost ter je temperaturno obstojen do 250 °C. Primeren je za mešanje z olji, akrili, apnom, cementom, itd. (Samson Kamnik).



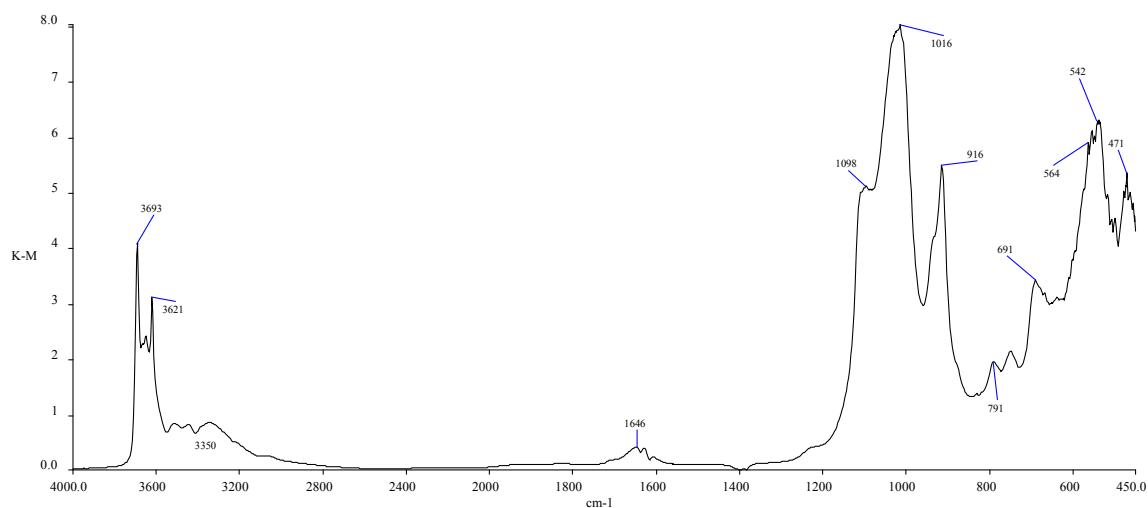
Slika 19: FT - IR spekter pigmenta SIENA RUMENA

Na sliki 20 je spekter Umbra žgana – kavna. Ima zelo dobro svetlobno obstojnost ter kritnost, in je obstojen do temperature 250 °C. Primeren je za mešanje z olji, akrili, apnom, cementom, itd. Pri mešanju z oljem je njegova poraba do 70 %, (Samson Kamnik).



Slika 20: FT - IR spekter pigmenta UMBRA ŽGANA - KAVNA

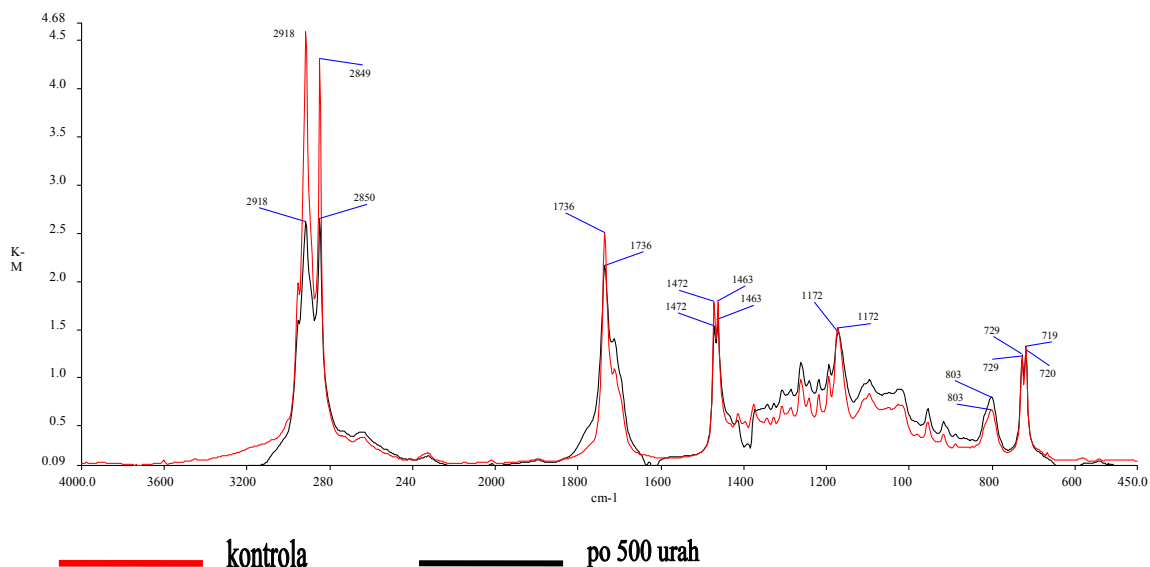
Na sliki 21 je spekter pigmenta terra rossa. Ima zelo dobro svetlobno obstojnost, kritnost je nekoliko slabša kot pri umbra žgana-fina a je kljub temu še zmeraj zelo dobra, pigment pa je obstojen do 250 °C. Primeren je za mešanje z olji, akrili, apnom, cementom,. Pri mešanju z oljem je poraba olja 50 - 60 %.



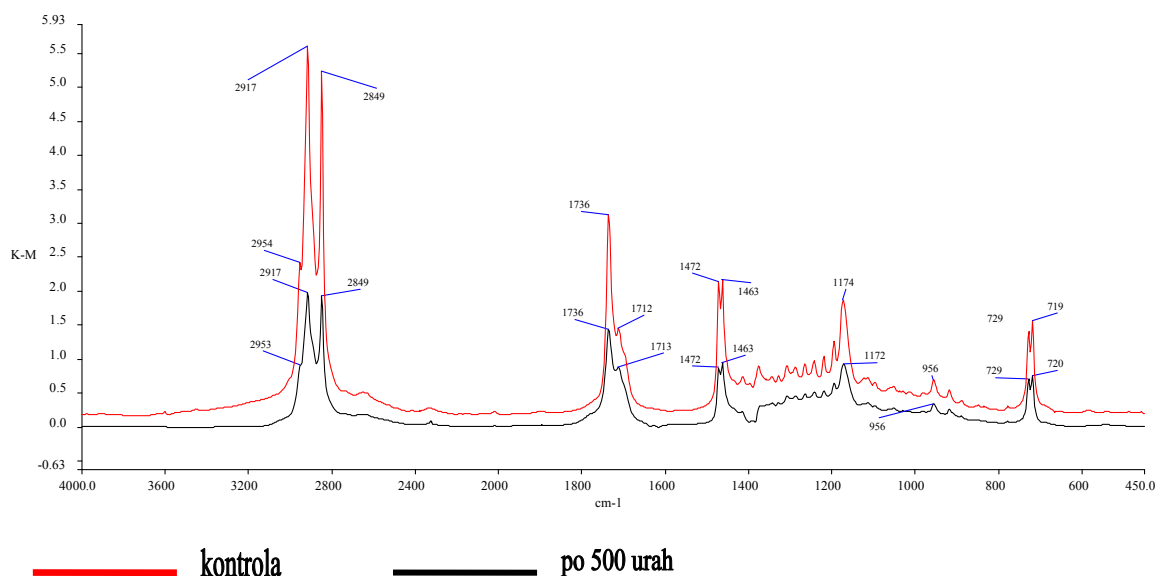
Slika 21: FT - IR spekter pigmenta TERRA ROSSA

4.1.2 Spektri nekaterih olj in smol

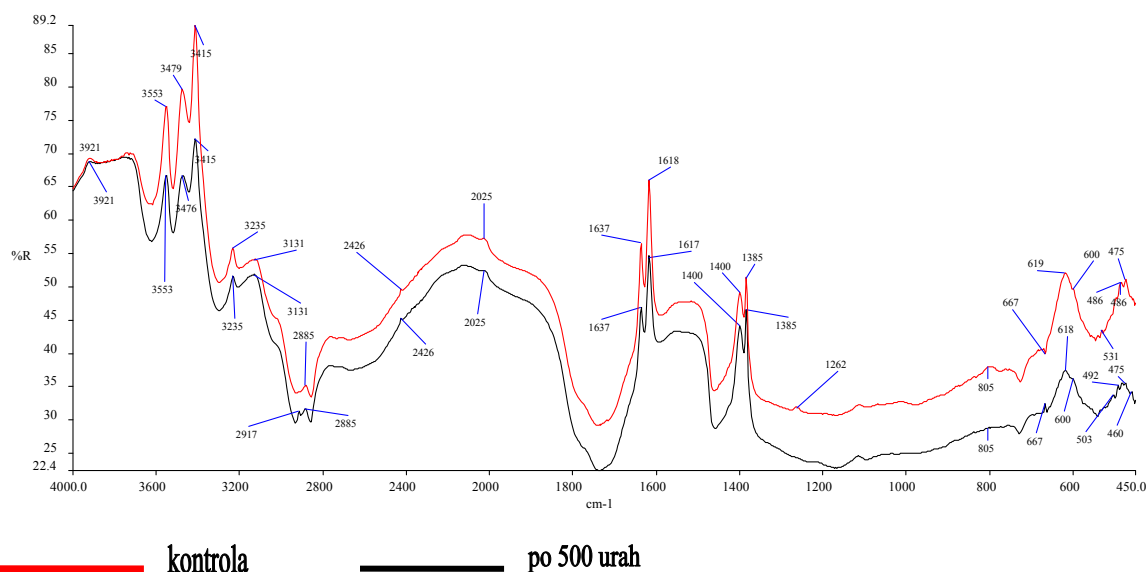
Na slikah 22, 23 in 24 so predstavljeni spektri antičnega voska, čebeljega voska ter tungovega olja pred izpostavitvijo in po 500 urah izpostavitve UV svetlobi. Med spektri iste snovi pred izpostavitvijo in po njej je le nekaj minimalnih razlik.



Slika 22: FT - IR spektra antičnega voska



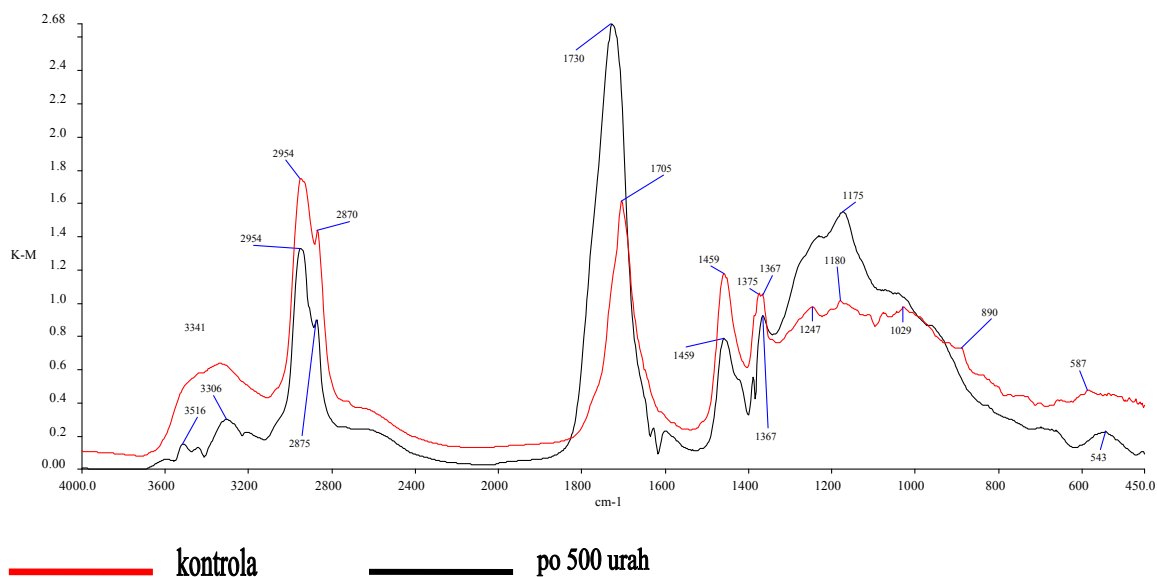
Slika 23: FT - IR spektra čebeljega voska



Slika 24: FT - IR spektra tungovega olja

4.1.3 Spekter mastiksa

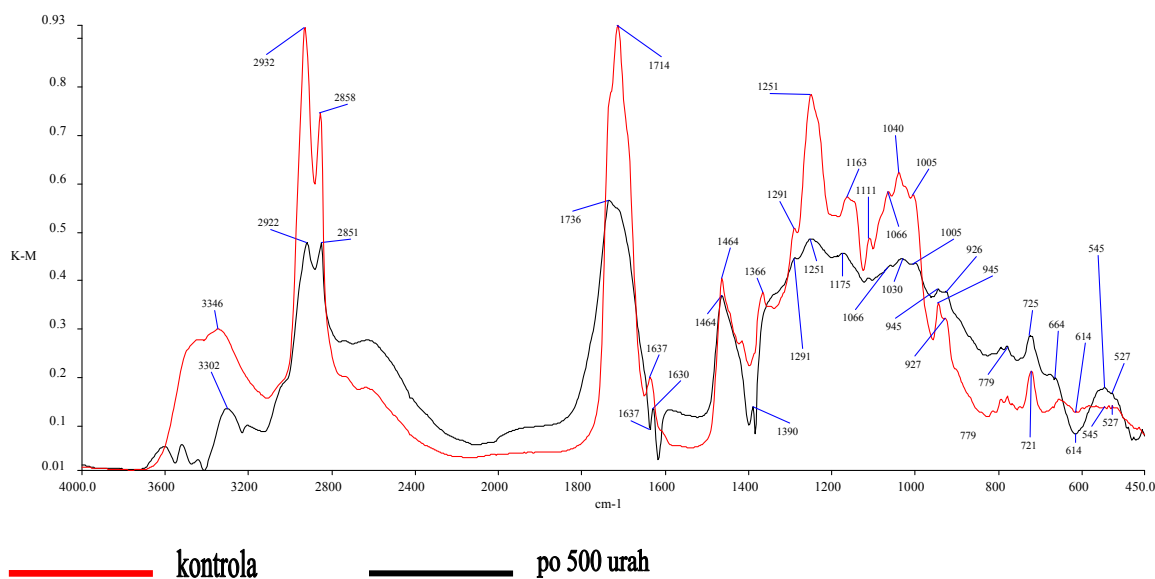
Na sliki 25 sta prikazana spektra smole mastiks pred izpostavitvijo (kontrola) in po 500 urah izpostavitve UV svetlobi. Vidne so spremembe zaradi vpliva UV svetlobe, v območju med 3600 cm^{-1} do 3000 cm^{-1} , med 1800 cm^{-1} do 1600 cm^{-1} ter med 1300 cm^{-1} in 1000 cm^{-1} .



Slika 25: FT - IR spektra mastiksa

4.1.4 Spekter šelaka

Slika 26 predstavlja spektra šelaka pred izpostavitvijo UV svetlobi in po 500 urnem obsevanju. Vidne spremembe zaradi vpliva UV svetlobe se pojavijo v območju med 3700 cm^{-1} do 3000 cm^{-1} , ter v območju med 1600 cm^{-1} do 450 cm^{-1} .

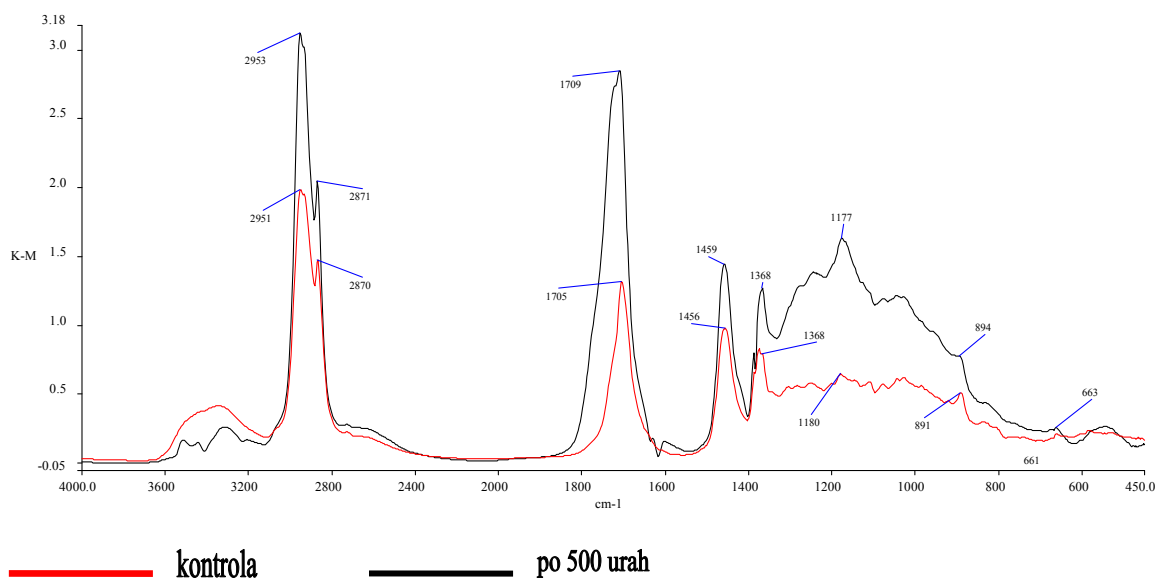


Slika 26: FT - IR spektra šelaka

4.1.5 Spektri damarja, ter damarja z različnimi pigmenti

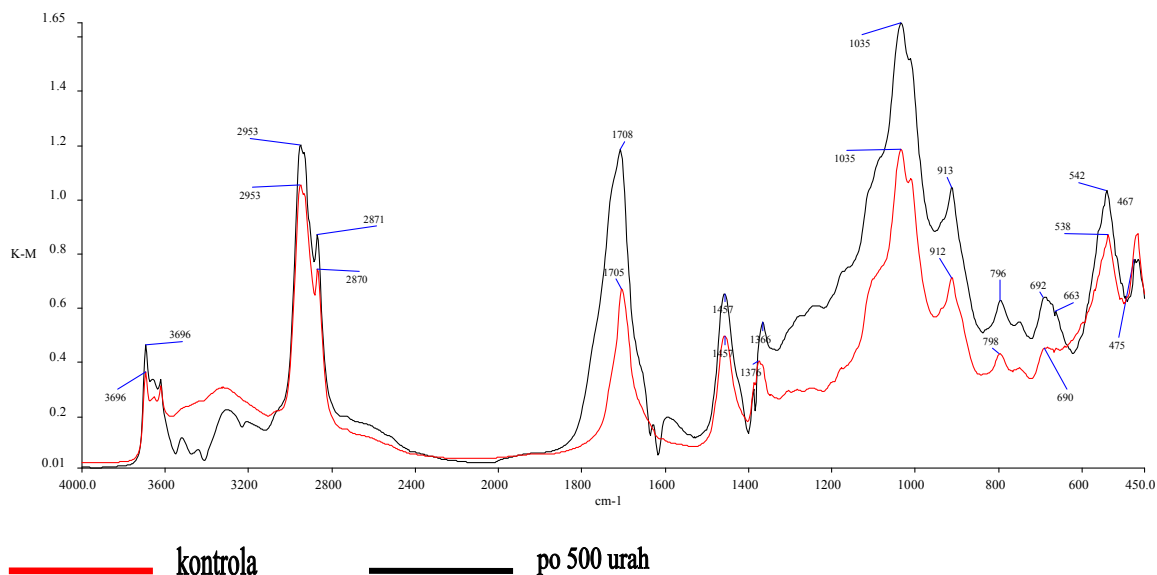
Na splošno gledano se najočitnejše razlike zaradi vpliva UV svetlobe pri spektrih z damarjem pojavijo v območjih od 3600 cm^{-1} do 3100 cm^{-1} , ter v območju med od 1400 cm^{-1} do 450 cm^{-1} .

Na sliki 27 je spekter čistega damarja. Razlike med kontrolo (rdeče barve) in po 500 urah obsevanja (črna barva) se pojavijo v začetnem območju od 3600 cm^{-1} do 3100 cm^{-1} ter v območju med od 1400 cm^{-1} do 450 cm^{-1} .



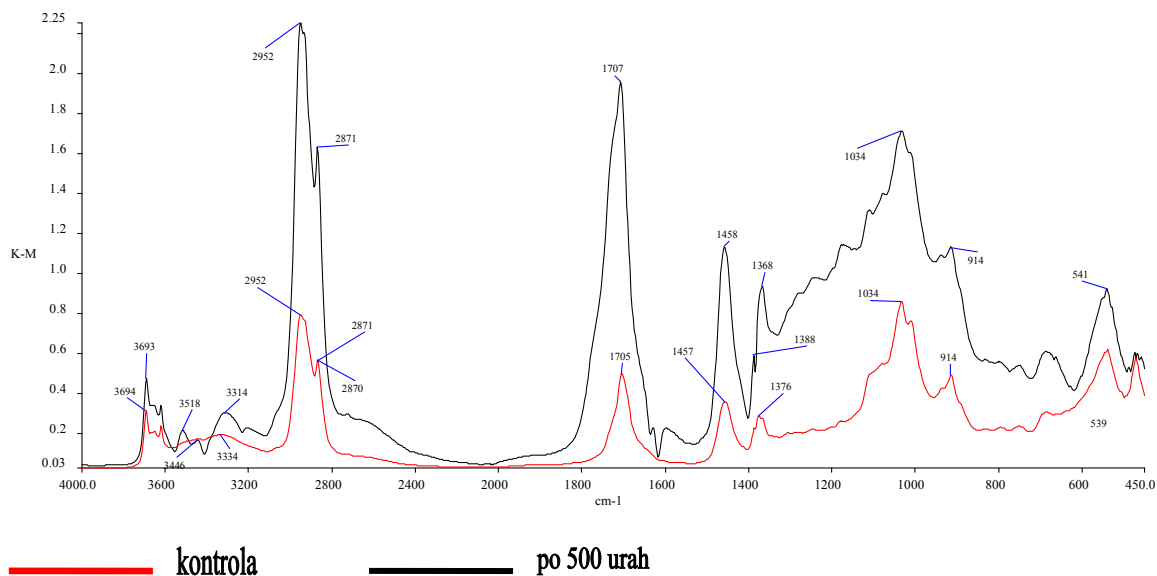
Slika 27: FT - IR spektra damarja

Na sliki 28 sta spektra damarja s pigmentom siena rumena. Razlika med kontrolo in po 500 urah je najbolj očitna v območju od 3600 cm^{-1} do 3000 cm^{-1} , v ostalih delih sta si spektra podobna.



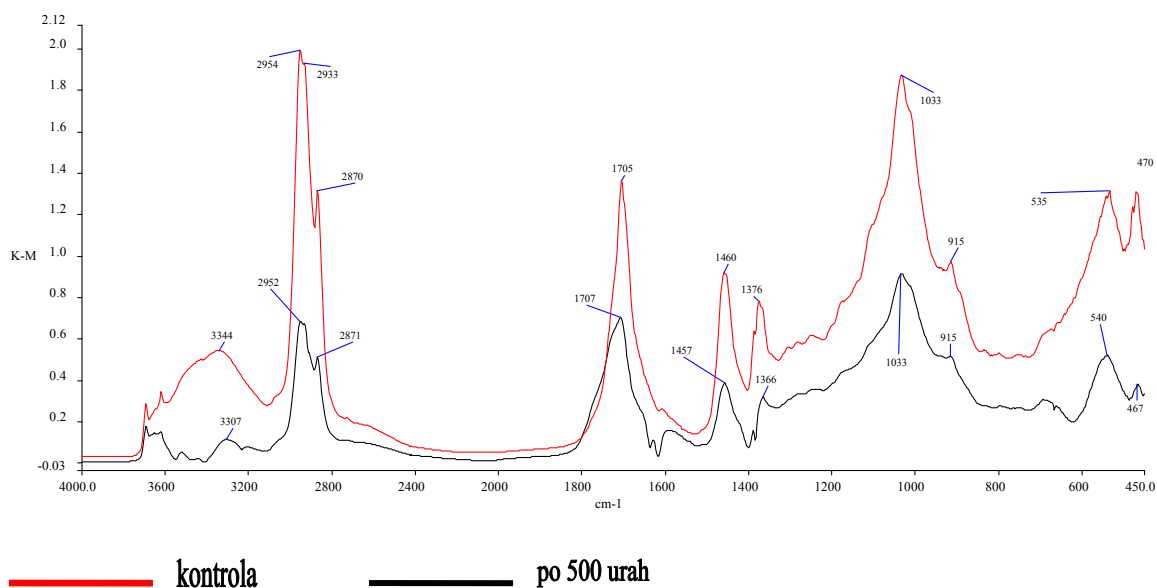
Slika 28: FT - IR spektra damarja s SIENA RUMENA

Na sliki 29 sta spektra damarja s pigmentom terra rossa. Razlike med kontrolo in po 500 urah izpostavitve UV svetlobi so opazne v območju od 3700 cm^{-1} do 3200 cm^{-1} .



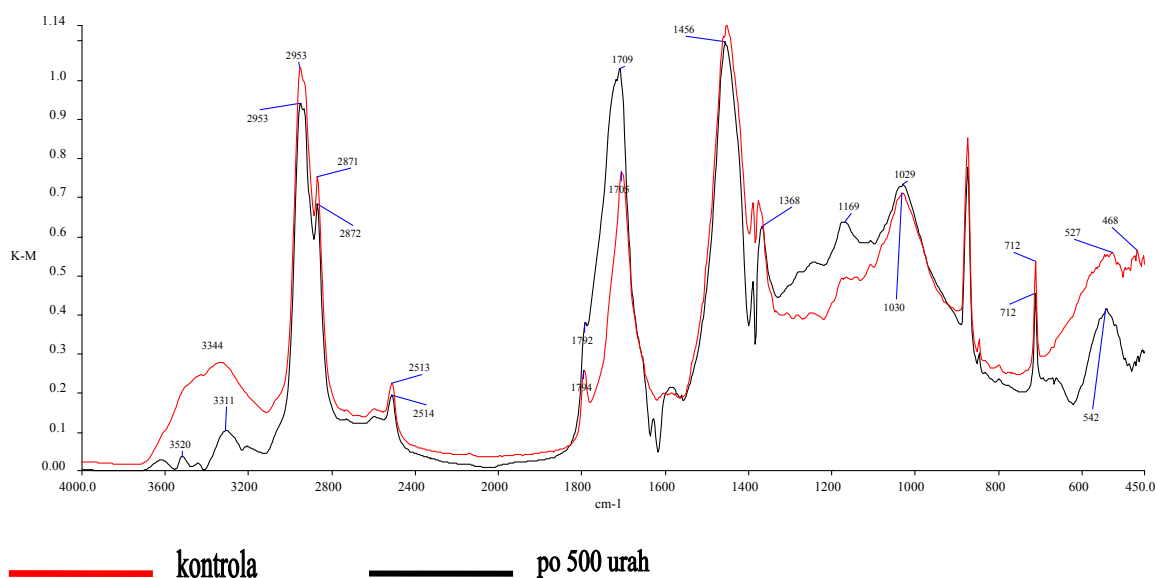
Slika 29: FT - IR spektra damarja s TERRA ROSSA

Na sliki 30 sta spektra damarja s pigmentom umbra žgana – kavna. Razlika med kontrolo in po 500 urah je v območju med 3700 cm^{-1} do 3100 cm^{-1} , v ostalih območjih sta si grafa bolj podobna.



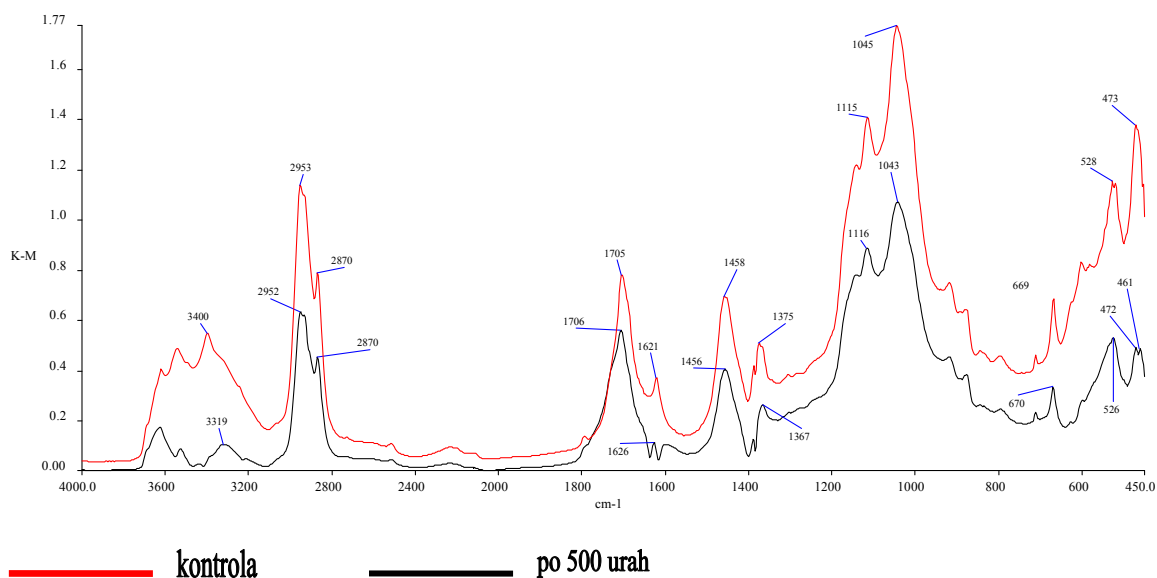
Slika 30: FT - IR spektra damarja z UMBRA ŽGANA - KAVNA

Slika 31 prikazuje spekter damarja s pigmentom umbra žgana – fina, ter spekter te snovi po izpostavitvi UV svetlobi. Razlika med kontrolo in po 500 urah je v območju med 3700 cm^{-1} do 3100 cm^{-1} .



Slika 31: FT - IR spektra damarja z UMBRA ŽGANA - FINA

Slika 32 prikazuje spekter damarja s pigmentom bretonska zelena zemlja, ter posledice 500 urne izpostavitve UV svetlobi. Najbolj očitna sprememba se pojavi v območju med 3700 cm^{-1} in 3200 cm^{-1} .

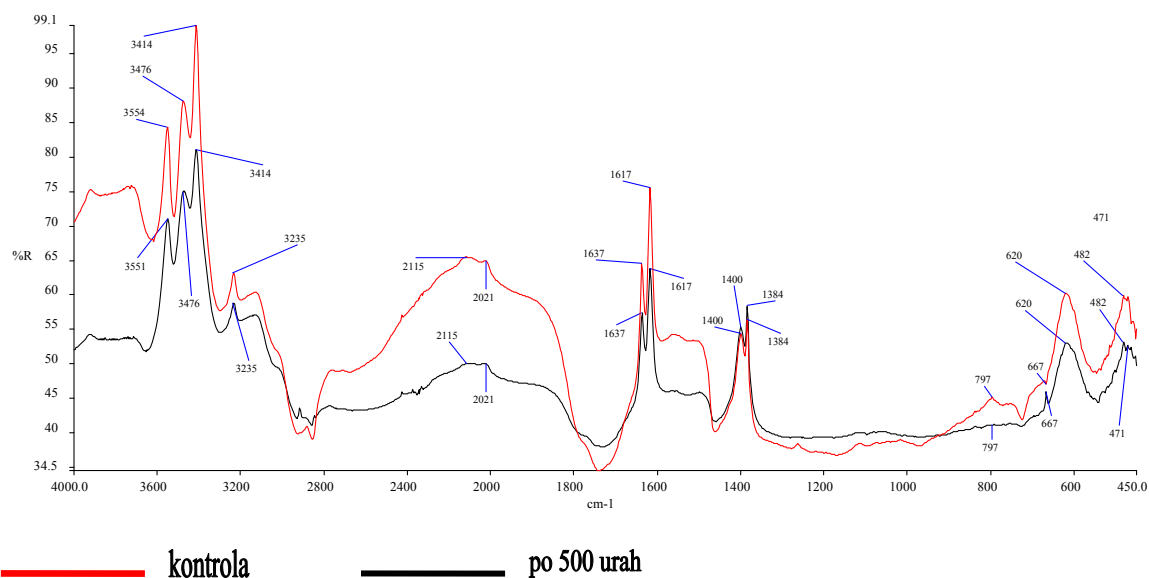


Slika 32: FT - IR spektra damarja z BRETONSKA ZELENA ZEMLJA

4.1.6 Spektri lanenega olja ter lanenega olja z raznimi pigmenti

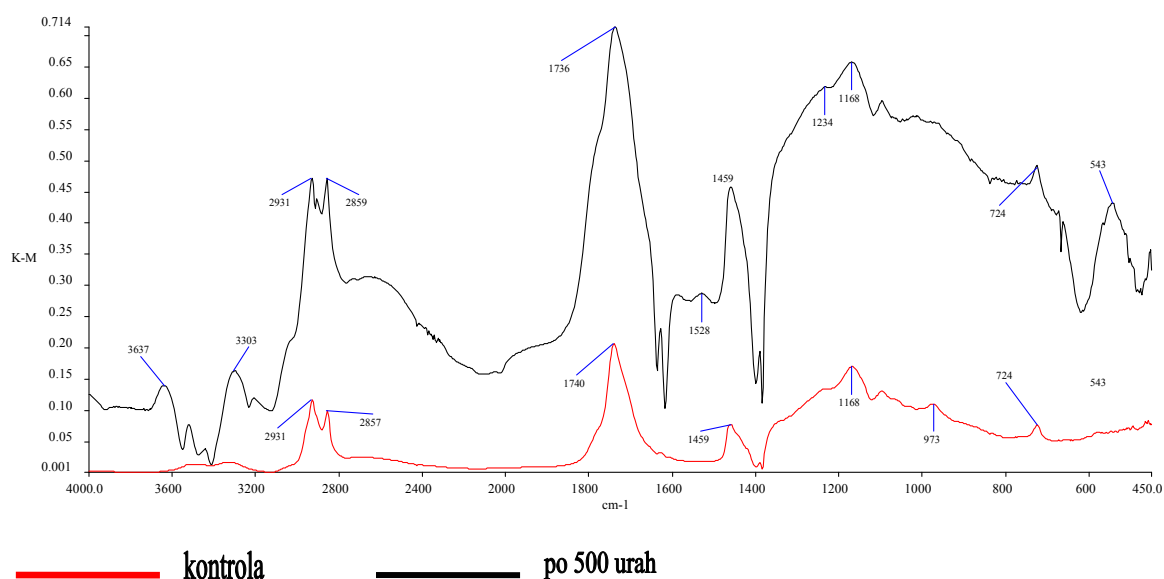
Gledano v celoti, izgleda da so se spektri lanenega olja in oljnih barv (lanenega olja z vtrtim pigmentom) po 500 urah izpostavitve UV svetlobi spremenili bolj kot pri damarju.

Na sliki 33 je spekter čistega lanenega olja s sikativi, njegov spekter se najbolj spremeni po 500 urah izpostavitve UV svetlobi v merilnem območju med 900 cm⁻¹ in 600 cm⁻¹, ter v območju med 2800 cm⁻¹ in 1900 cm⁻¹.



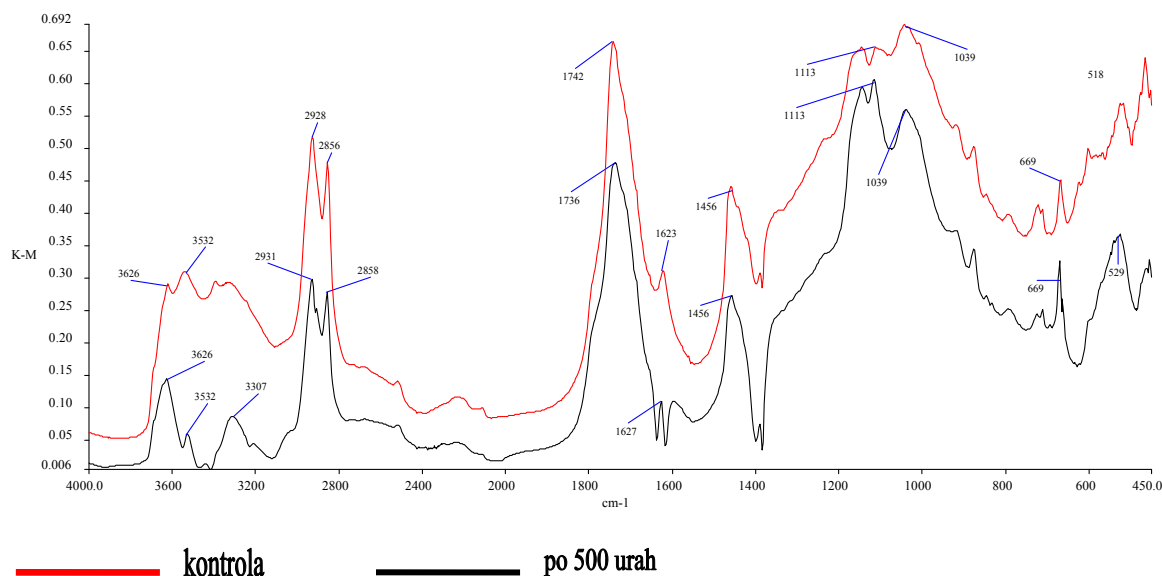
Slika 33: FT - IR spektra lanenega olja s sikativni

Slika 34 prikazuje spekter lanenega olja brez dodatkov pred izpostavitvijo UV svetlobi ter spekter po obsevanju. Spekter se najbolj spremeni v merilnem območju 3700 cm^{-1} do 3100 cm^{-1} , opazna je tudi sprememba v območju med 600 cm^{-1} in 450 cm^{-1} . V vstalih delih sta si spektra bolj podobna.



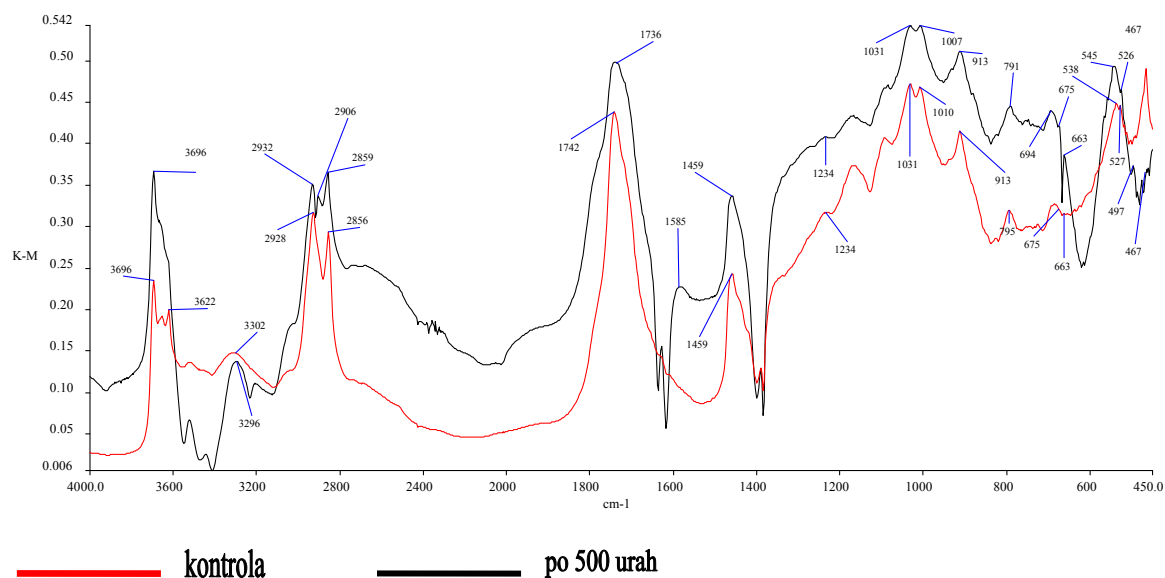
Slika 34: FT - IR spektra lanenega olja

Na sliki 35 sta prikazana spektra lanenega olja s pigmentom bretonska zelena zemlja. Razlike med kontrolo in po 500 urah izpostavitve UV svetlobi, so najbolj opazne v območju med 3500 cm^{-1} in 3200 cm^{-1} .



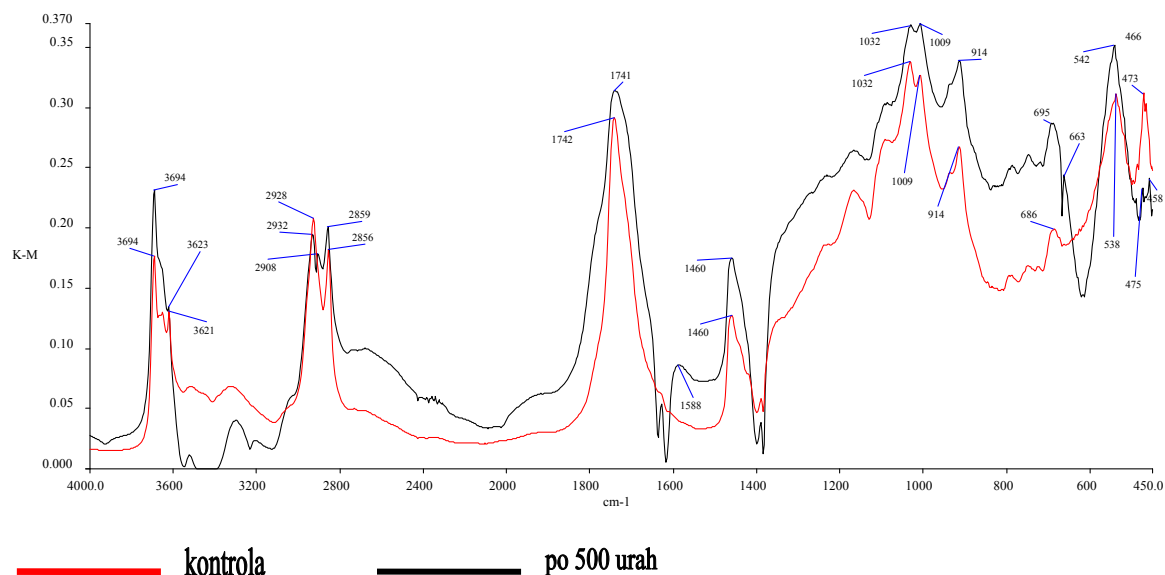
Slika 35: FT - IR spektra lanenega olja z BRETONSKO ZELENKO ZEMLJO

Na sliki 36 sta prikazana spektra lanenega olja s pigmentom siena rumena. Razlika med kontrolnim vzorcem in vzorcem po 500 urah izpostavitve UV svetlobe je opazna v merilnem območju od 4000 cm^{-1} do 3000 cm^{-1} , opazna pa so tudi odstopanja v območju od 1800 cm^{-1} do 1500 cm^{-1} .



Slika 36: FT - IR spektra lanenega olja s SIENA RUMENA

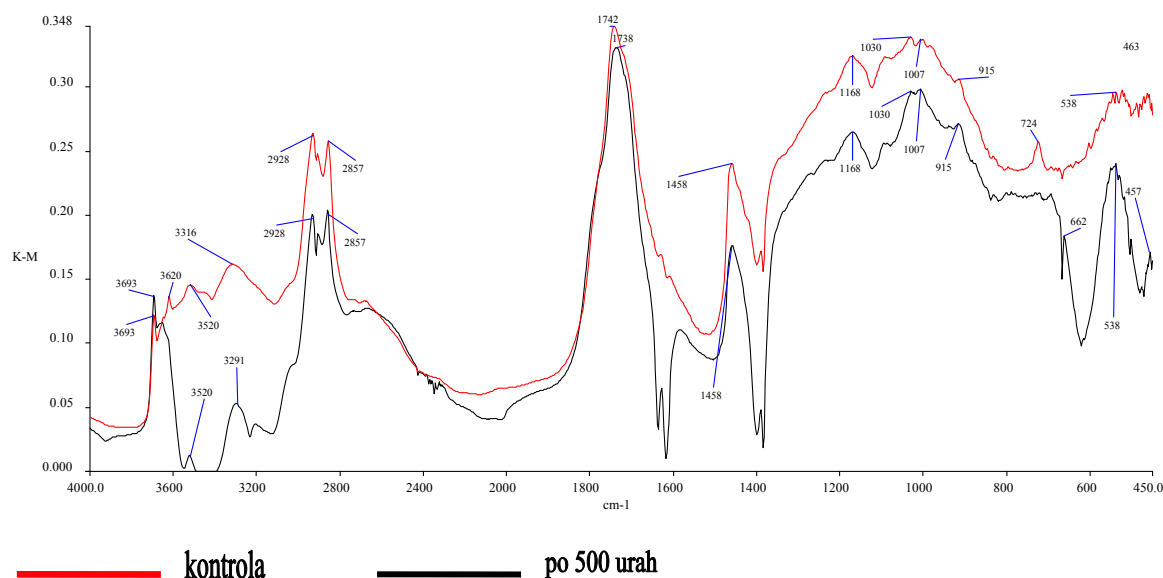
Slika 37 prikazuje spekter lanenega olja s pigmentom terra rossa, ter razlike s spektrom tega pripravka po 500 urah izpostavitve UV svetlobi. Največje spremembe so v merilnem območju od 1800 cm^{-1} do 1500 cm^{-1} , ter v območju med 800 cm^{-1} in 600 cm^{-1} .



Slika 37: FT - IR spektra lanenega olja s TERRA ROSSA

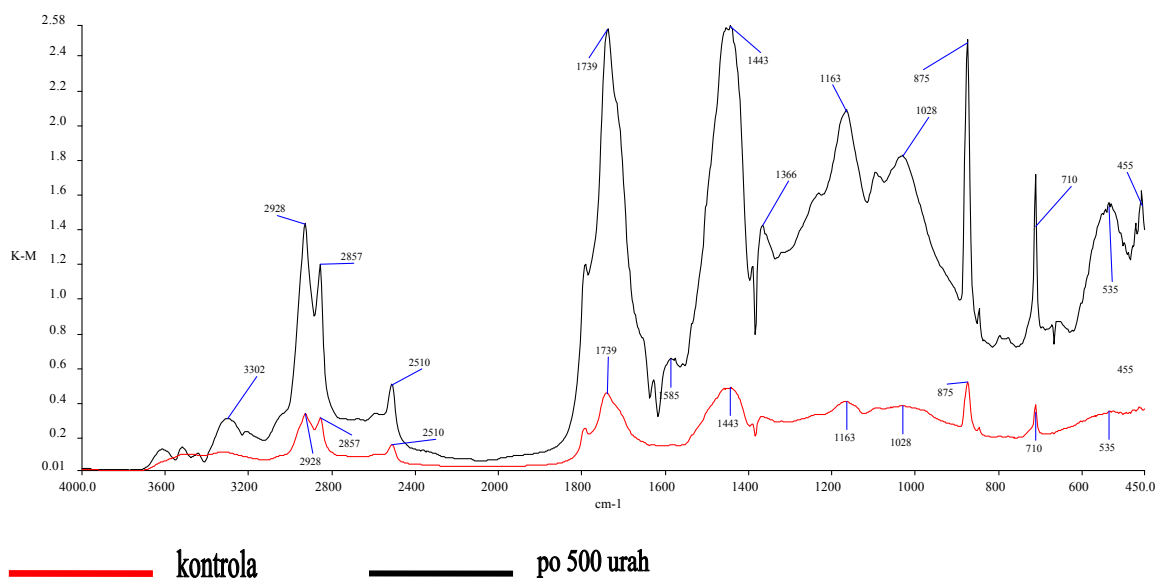
Na sliki 38 sta posnetka spektra lanenega olja s pigmentom umbra žgana – kavna, kjer so vidne spremembe med kontrolnim vzorcem in vzorcem po 500 urah izpostavitve UV

svetlobi. Najbolj izrazite spremembe so v merilnem območjih med 3800 cm^{-1} do 3000 cm^{-1} , naslednje spremembe pa so opazne v območjih od 1800 cm^{-1} do 1500 cm^{-1} in 750 cm^{-1} do 450 cm^{-1} .



Slika 38: FT - IR spektra lanenega olja z UMBRA ŽGANA – KAVNA

Na sliki 39 sta spektra lanenega olja s pigmentom umbra žgana – fina, pred obsevanjem z UV svetlobo in po njem. Spektra se razlikujeta v celotnem merilnem območju med 4000 cm^{-1} do 450 cm^{-1} .

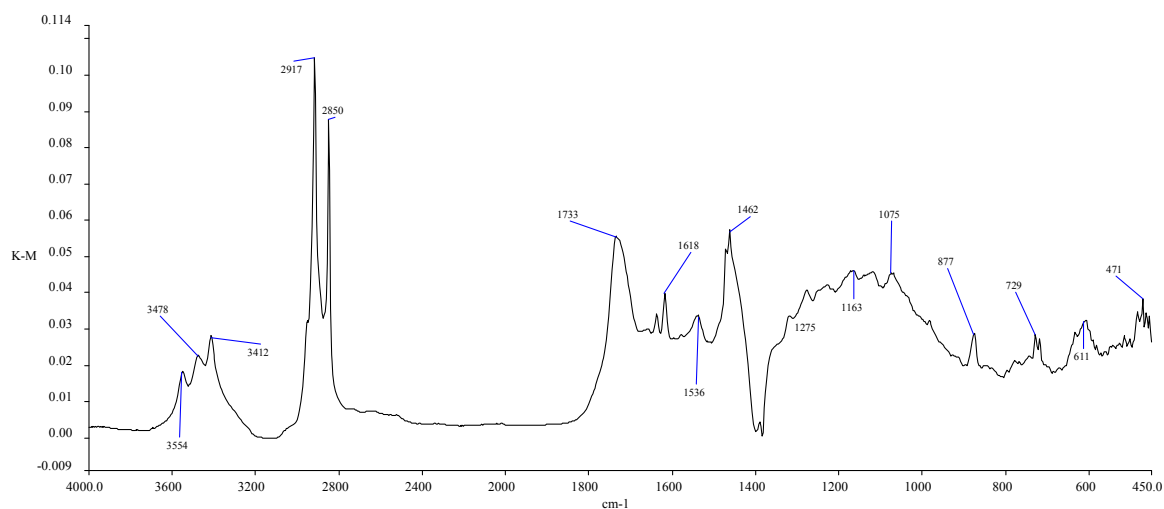


Slika 39: FT - IR spektra lanenega olja z UMBRA ŽGANA – FINA

4.2 SPEKTRI PREMAZOV Z OBJEKTOV KULTURNO ZGODOVINSKE DEDIŠČINE

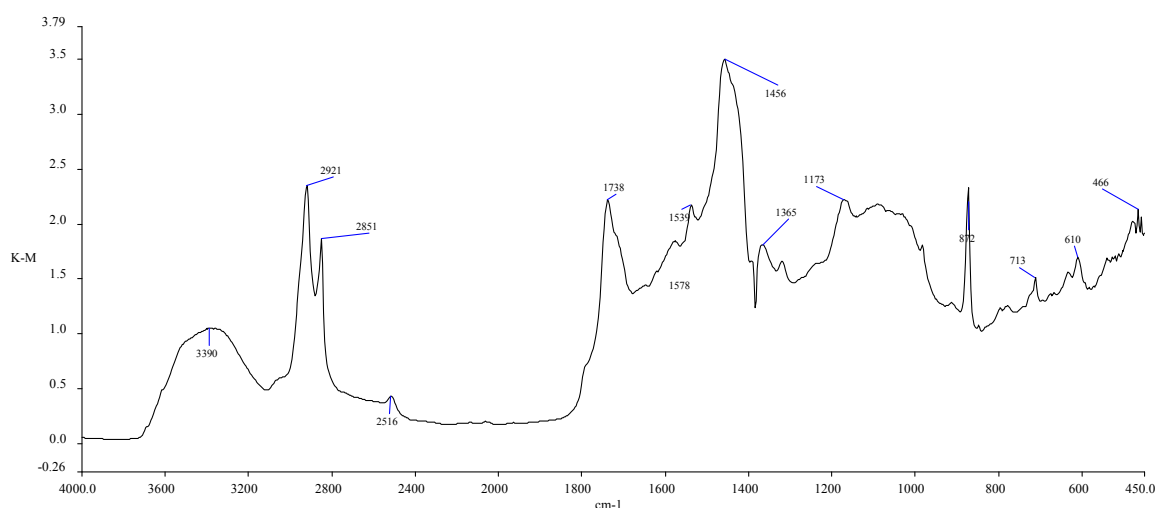
Spektri novih, najpogosteje uporabljenih tradicionalnih premazov pred izpostavitvijo UV svetlobi in po njej, so nam predstavljali majhno bazo podatkov za primerjavo s spektri starih (originalnih) premazov z objektov naše kulturno zgodovinske dediščine. Primerjava FT-IR spektrov na novo pripravljenih premazov s starimi premazi naj bi nam omogočila identificirati vrste premazov na vzorcih s predmetov dediščine. Vendar pa se je izkazalo, da je identifikacija precej nezanesljiva, saj so stari premazi poleg originalnih komponent verjetno vsebovali še mnogo drugih različnih primesi, npr. delce nečistoč ipd.

Premaz vzorca S3 (slika 40) je bil dobljen s starih lesenih stopnic. S primerjavo s spektri novih naravnih premazov, sklepamo, da je bila na vzorcu najverjetneje snov, po sestavi še najbližja »novemu« antičnemu vosku (slika 22), saj se spektra ujemata v naslednjih izrazitih trakovih: 2917 cm^{-1} , 2850 cm^{-1} , 1733 cm^{-1} in 1462 cm^{-1} .



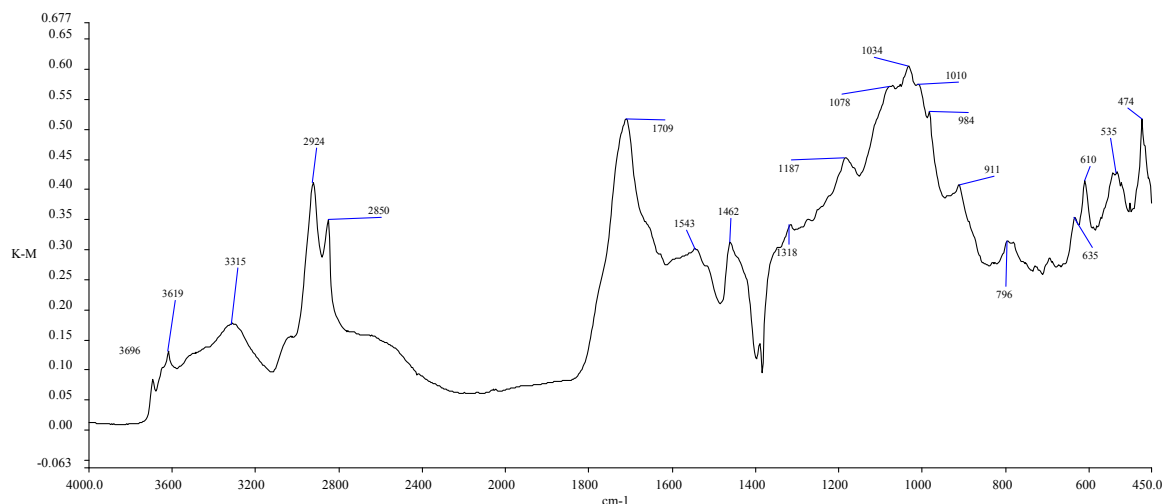
Slika 40: FT - IR spekter vzorca S3

Spekter vzorca S4 (slika 41), ta vzorec je bil vzet z okna, na katerem je bil floder, je po primerjavi s spektri na novo pripravljenih premazov še najbližje spektru »novega« lanenega olja s primesjo pigmenta (UMBRA ŽGANA-FINA) (slika 39). Sklepamo da bi bilo okno s flodrom premazano z lanenim oljem s primesjo omenjenega pigmenta, saj se spektra ujemata v naslednjih trakovih: 2921, 2851, 2516, 1728, 1578, 1456, 1365, 1173, 872, 713 cm⁻¹.



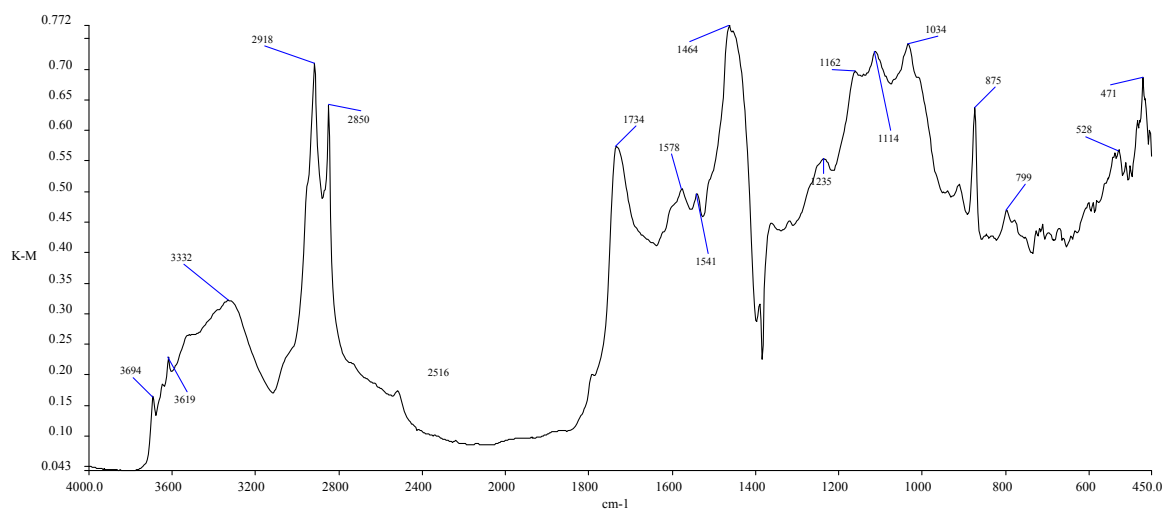
Slika 41: FT - IR spekter vzorca S4

Pri vzorcu S11 (slika 42), ta vzoreček je bil vzet z vrat, po primerjavi s spektri novih naravnih premazov, ki smo jih pripravili posebej za primerjavo, sklepamo, da je bila na vzorcu najverjetneje snov, po sestavi še najbližja »novemu« lanenemu olju s primesjo pigmenta (UMBRA ŽGANA-KAVNA) (slika 38), saj se spektra ujemata z naslednjim trakovi: 3619, 3315, 2924, 2850, 1462, 1034, 1010, 535 cm^{-1} .



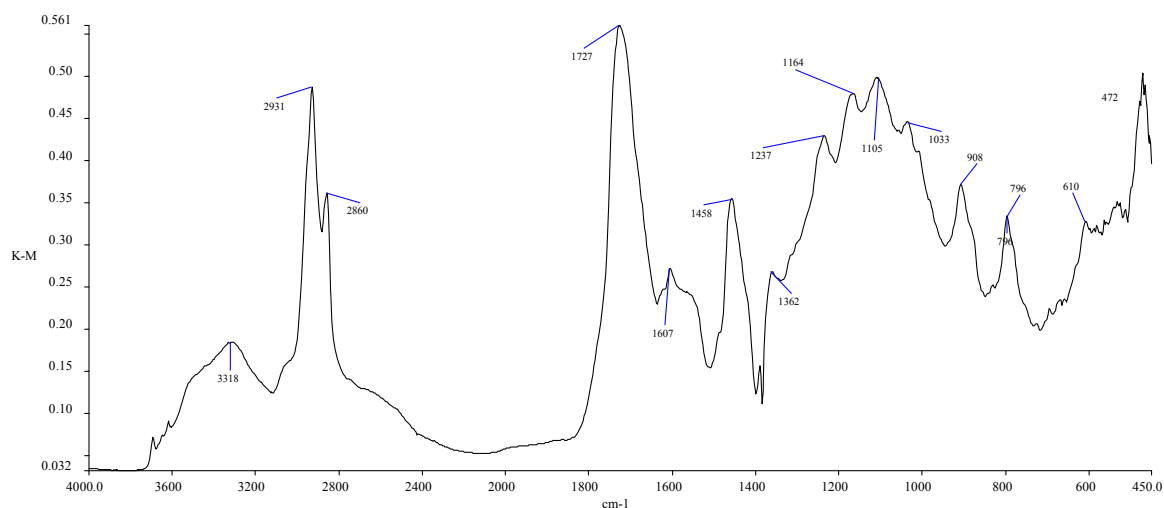
Slika 42: FT - IR spekter vzorca S11

Vzorec S12 (FT-IR spekter je na sliki 43) je bil vzet z lesenega tlaka, ki je bil pobarvan z rjavo barvo. Na osnovi primerjave s spektri novih naravnih premazov bi lahko sklepali, da je bila na vzorcu S12 najverjetneje snov, po sestavi najbližje »novemu« lanenemu olju s primesjo pigmenta (UMBRA ŽGANA-KAVNA) (slika 38), saj se spektra ujemata z naslednjim trakovi: 3694, 3619, 2918, 2850, 1734, 1162, 1034, 528 cm^{-1} .



Slika 43: FT - IR spekter vzorca S12

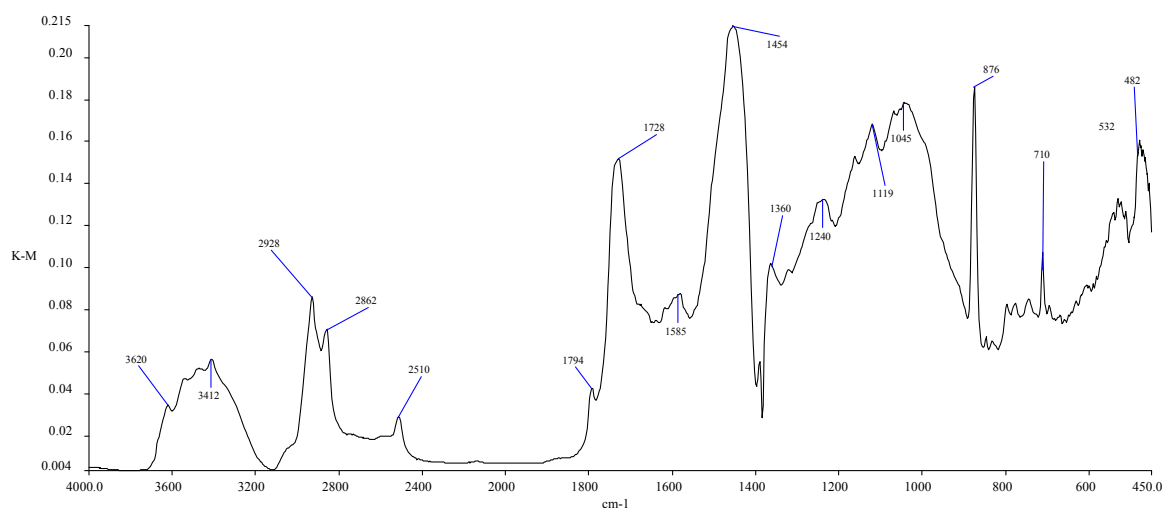
Tudi pri vzorcu S13 (slika 44), ki je bil dobljen z lesenega tlaka, pobarvanega z rjavo barvo, po primerjavi s spektri novih naravnih premazov sklepamo, da je bila na njem najverjetneje snov, po sestavi še najbližje »novemu« lanenemu olju s primesjo pigmenta (UMBRA ŽGANA-KAVNA) (slika 38), saj se spektra ujemata z naslednjim trakovi: 2931, 2860, 1727, 1458, 1164, 1033, 908 cm⁻¹.



Slika 44: FT - IR spekter vzorca S13

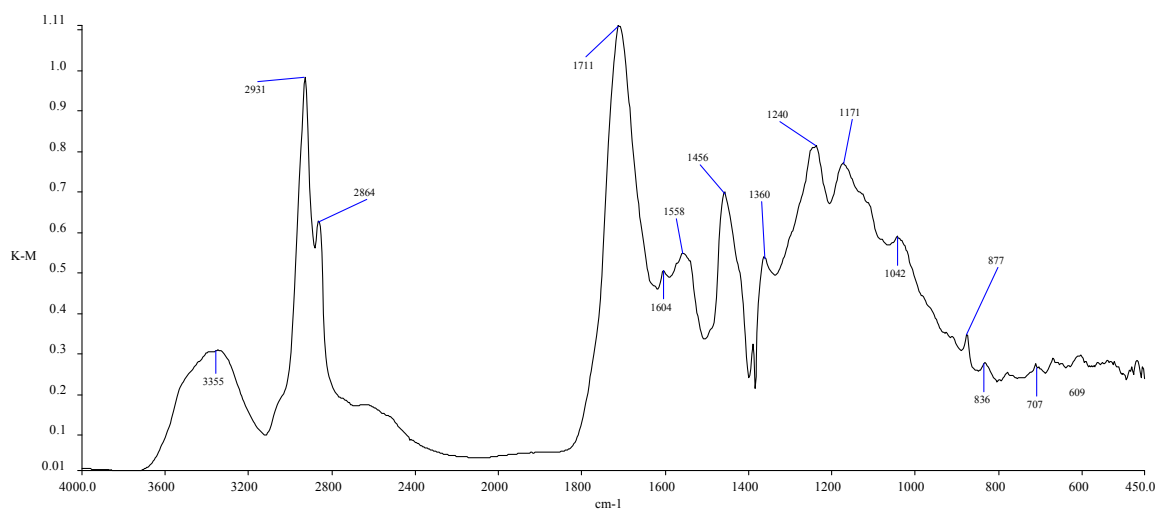
Do drugačne ugotovitve kot v nekaj prejšnjih primerih pa smo prišli pri vzorcu S18 (spekter je na sliki 45), ki je bil pridobljen z okvirja slike. Primerjava s spektri »novih«

naravnih premazov kaže na to, da bi bila na vzorcu lahko snov, ki je po sestavi najbližje »novemu« spektru damarja s primesjo pigmenta (UMBRA ŽGANA-FINA) (slika 31), saj se spektra ujemata z naslednjim trakovi: 2862, 2510, 1794, 1454, 1360, 1045, 876, 710, 532 cm^{-1} .



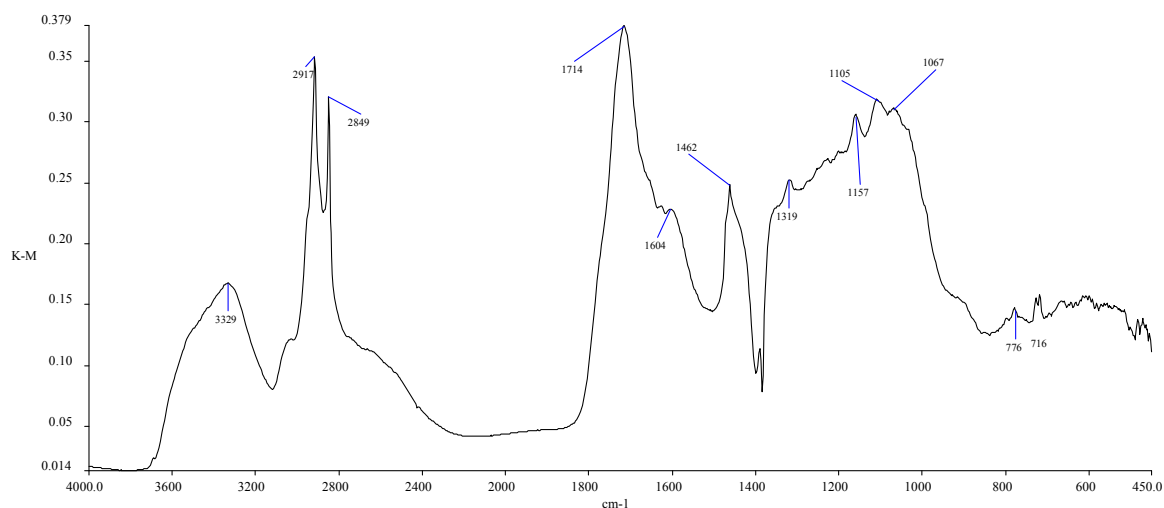
Slika 45: FT - IR spekter vzorca S18

Spekter vzorca S24 (slika 46), ki je bil vzet z letvice, se je najbolj ujemal s spektrom šelaka iz literature (slika 2) in s spektrom na novo pripravljenega premaza spektra šelaka (slika 26). Zato je bila letvica verjetno obdelana s snovjo na osnovi šelaka, saj se spektri ujemajo v naslednjih trakovih: 3355, 2931, 2864, 1711, 1042 cm^{-1} .



Slika 46: FT - IR spekter vzorca S24

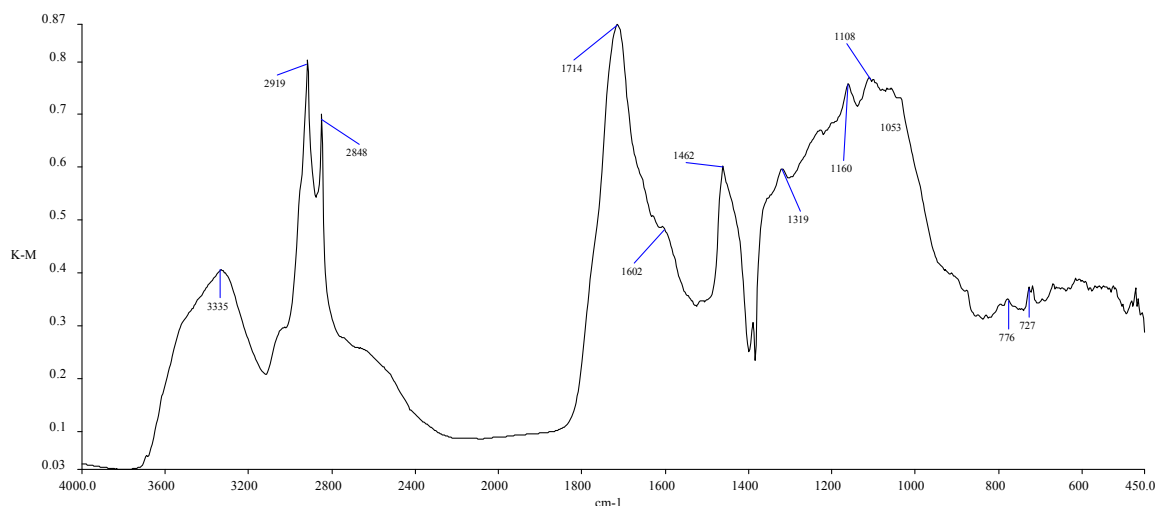
Spekter vzorca S25 (slika 47), ki je bil vzet z baročne omare, se je najbolj ujemal s spektrom šelaka iz literature (slika 2) in s spektrom na novo pripravljenega premaza spektra šelaka (slika 26). Zato sklepamo da je bila baročna omara naj verjetno obdelana s snovjo na osnovi šelaka, saj se spektri ujemajo v naslednjih trakovih: 3329, 2917, 2849, 1714, 1462, 776 cm^{-1} .



Slika 47: FT - IR spekter vzorca S25

Spekter vzorca S16 (slika 48), ki je bil pridobljen s površine baročne omare, se je najbolj ujemal s spektrom šelaka iz literature (slika 2) in s spektrom na novo pripravljenega

premaza spektra šelaka (slika 26). Zato sklepamo da je bila površina baročne omare naj verjetno obdelana s snovjo na osnovi šelaka, saj se spektri ujemajo v naslednjih trakovih: 3335, 2919, 2848, 1714, 1462, 1053, 776, 727 cm^{-1} .



Slika 48: FT - IR spekter vzorca S1

V preglednici 5 so zbrani rezultati naših predvidevanj, s katerimi snovmi so bili najverjetneje obdelani stari predmeti, s katerih smo odvzeli vzorce premazov za analize. Rezultati se zdijo logični: zelo veliko so včasih uporabljali laneno olje (okno, barva na vratih, lesena tla), uporaba voskov za obdelavo stopnic je bila tudi lahko pričakovana, za pohištvo pa je tudi znano, da se je največ premazoval s šelakovimi laki in politurami. Zanimivo je tudi, da se kot pigment pojavlja le UMBRA.

Preglednica 5: Klasifikacija starih premazov:

Oznaka vzorca	Opis vzorca	Slika starega vzorčka	''nova'' snov	Slika novega spektra
S3	Premaz na stopnici	Slika 40	Antični vosek	Slika 22
S4	Okno (floder na lesu)	Slika 41	Laneno olje + UMBRA ŽGANA-FINA	Slika 39
S11	Barva na vratih	Slika 42	Laneno olje + UMBRA ŽGANA-KAVNA	Slika 38
S12	Lesen tlak (rjav)	Slika 43	Laneno olje + UMBRA ŽGANA-KAVNA	Slika 38
S13	Lesen tlak (rjav)	Slika 44	Laneno olje + UMBRA ŽGANA-KAVNA	Slika 38
S16	Omara (barok)	Slika 48	Šelak	Slika 26
S18	Okvir slike	Slika 45	Damar + UMBRA ŽGANA-FINA	Slika 31
S24	Letvica okvirja	Slika 46	Šelak	Slika 26
S25	Baročna omara	Slika 47	Šelak	Slika 26

5 SKLEPI

Z analizo nihajnih spektrov tradicionalnih premazov na osnovi naravnih voskov, smol in olj ter premazov z vzorcev naše kulturno-zgodovinske dediščine smo ugotovili naslednje:

- 500 urna izpostavitve UV svetlobi na novo pripravljenih tradicionalnih premaznih sistemov ni bistveno spremenila njihovih nihajnih spektrov. Na spektrih voskov in tungovega olja pa zaradi obsevanja z UV svetlobo nismo opazili nobenih sprememb,
- za dosego morebitnih večjih razlik na FT-IR spektrih, kot posledico sprememb sestave premazov zaradi delovanja UV svetlobe, bi bilo potrebno daljše izpostavljanje UV svetlobi,
- spektra lanenega olja in lanenega olja z dodatki (firnež), sta si podobna,
- pri vseh spektrih z originalnih oz. starih vzorcev je bilo možno identificirati zelo podobne spektre na novo pripravljenih naravnih premaznih sistemov in zato s precejšnjo verjetnostjo sklepati, katera vrsta premaza je bila na kulturno-zgodovinskem artefaktu. Vendar pa smo povsod opazili tudi precej razlik: spektri starih premazov so vsebovali številne trakove, ki jih nismo mogli prisoditi nihanjem v »novih« tradicionalnih premazih,
- rezultati primerjav spektrov premazov z originalnih vzorcev s spektri na novo pripravljenih naravnih premazov so pokazali, da so bili na proučevanih objektih zelo verjetno laneno olje s pigmentom umbra (okno, vrata, lesene talne obloge), vosek (stopnice) ter naravne smole (damar na okviru slike in šelak na letvi in baročni omari),
- vse primesi v premazih (nečistoče ipd.), ki so bile zajete pri vzorčenju za FT-IR analizo, povečajo razlike med spektri vzorcev z objektov kulturno-zgodovinske dediščine in spektri kontrolnih vzorcev, ki smo jih posebej pripravili za primerjavo oz. s spektri, ki smo jih našli v literaturi.

Z metodo identifikacije z FT – IR spektroskopijo se je izkazalo, da je možno sklepati o tem, kateri premazi se nahajajo na predmetih naše kulturno-zgodovinske dediščine. Za čim boljšo identifikacijo premazov pa bilo potrebno imeti obsežnejšo banko spektrov primerjalnih premazov v primerjavi z zbirko spektrov, ki je bila na voljo za našo raziskavo.

V zbirki bi morali imeti tudi spektre natančno identificiranih premazov s starih vzorcev z dokumentirano zgodovino (z navedbo časovnega obdobja, po možnosti z zabeleženim postopkom površinske obdelave). Poudariti pa je potrebno, da za potrditev vrste premaza na nekem vzorcu samo analiza njegovega FT-IR spektra ne zadošča in moramo izvesti še druge fizikalno-kemijske analize.

6 POVZETEK:

Osnovni cilj našega raziskovalnega dela je bil primerjati FT-IR spektre različnih starih tradicionalnih (naravnih) premazov na vzorcih originalnega, starega pohištva, z nanovo nanesenimi in utrjenimi tradicionalnimi premazi enakega tipa. Podatki meritev oz. primerjava spektrov bodo olajšali identifikacijo vrste tradicionalnega premaza na tudi več sto let starih lesenih objektih naše kulturno-zgodovinske dediščine.

V prvem sklopu smo posneli FT-IR spektre vzorcev, ki smo jih dobili s površin originalnega, starega pohištva. Tem spektrom smo potem iskali podobne spektre, ki bi potrdili prisotnost določenega tipa premaza v površinskem sistemu starega, originalnega pohištva.

V drugem sklopu smo pripravili vzorce novih premazov, ki so po mnenju Restavratorskega centra Ljubljana najbolj ustrezni glede na pogostnost uporabe premazov za les na področju Slovenije v zadnjih nekaj sto letih. Vsem vzorcem smo posneli FT-IR spektre in jih nato primerjali s spektri z originalnih, starih vzorcev.

V tretjem sklopu smo preverili še morebitne spremembe v spektrih 'novih' premazov, zaradi izpostavitve UV svetlobi, ter dobljene spektre premazov, ki so bili za 500 ur izpostavljeni UV sevanju primerjali s spektri istih premazov pred izpostavitvijo.

Pri analizi posnetih spektrov smo ugotovili, da lahko primerjamo spektre premazov, nanesenih na steklo, s spektri iz literature, ter s spektri originalnih, starih premazov. Pigmenti v premazih niso povzročali težav pri interpretaciji spektrov površinskih

premazov. Ugotovili smo tudi, da se zaradi 500 urne izpostavitve UV svetlobi pri večini spektrov premazov, razen pri spektrih premazov iz čebeljega voska, antičnega voska in tungovega olja, niso pojavile pomembne razlike med spektri pred izpostavitvijo in po njej niso pojavile.

Raziskave z nihajno spektroskopijo so sicer z veliko gotovostjo pokazale kaj naj bi se nahajalo na originalnih, starih površinah pohištva, vendar pa je ta metoda za določevanje vrste premaza uporabna le v kombinaciji z drugimi dopolnilnimi metodami ali pa ob podpori obsežne banke spektrov.

7 VIRI

Allback S., Allback H. 2004 Windowcraft – Part two. Journal of arhitectual conservaton, 2:7 – 65

Arhiv republike Slovenije: Svetloba in kulturna dediščina

http://www.arhiv.gov.si/fileadmin/arhiv.gov.si/pageuploads/KONSERVACIJA/publikacija/Svetloba_in_kult_dediscina.pdf (10.5.2007)

Benko R. 2005. Zaščita lesa objektov kulturne dediščine. Ljubljana

<http://www2.arnes.si/aa/benk94si.htm> (8.5.2007)

Božičko I. 1998. Mehanska ureditev in dimenzijska stabilizacija lipovine antikvitet z naravnimi in sintetičnimi sredstvi. Mag. delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 83 str.

Central Connecticut State University. Department of Chemistey. Dr. Neil Glagovich

<http://www.chemistry.ccsu.edu/glagovich/default.html> (8.5.2007)

Čebelji vosek

http://www.slovenski-cebelarji.com/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=109 (8.5.2007)

Deroko H., Deroko I., Đorđević A.S. 1996. Priručnik za zanatlije. Beograd, Radionička za razne zanate i materiale: 528 str.

Grom G. 2004. Maščobe v prehrani: da ali ne? – 2.del: Laneno olje

<http://www.maxximum-portal.com/sport/215.html> (8.5.2007)

Klopčič A. 1999. Fungicidne lastnosti zaščitnih sredstev na osnovi lanenega in konopljinega olja. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehnična fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 60 str.

Kregar R. 1956. Površinska obdelava lesa. 2. knjiga. Ljubljana, Kmečka knjiga: 298 str.

Michigan State University. Department of Chemistry
<http://www.chemistry.msu.edu> (.5.2007)

Mihevc V., Tišler V., Kranjc A. 1994. Odpornost voskanih površin na reagente in toploto.
Les, 46, 1:10-13

Nicolaus K. 1999. The restauration of paintings. Cologne, Konemann: 422 str.

Pine H. S., Hendrickson B.J., Cramm J.D., Hammond S.G. 1984. Organska kemija 2.
promijenjeno izd. Zagreb, Školska knjiga: 1049 str.

Petrič M., Tišler V. 2000. Natural oils and waxes for surface protection of wood.
V:International conference Ecological, biological and medical furniture – fact and
misconception. Grbac I. (ur.). Zagreb, Šumarski fakultet: 39-45

Pirnat M. 2000. Nakup in ocena stilnega pohištva. V: Restavriranje in zaščita pohištva.
Strokovni posvet, Ljubljana, 22.sept. 2000, zbrani referati

Russell S. D. Eurowood Werks Woodturning Studio. The Woodlands, Texas U.S.A
<http://www.sydeneywoodturners.com.au/site/articles/finishing/oils.html>
(8.5.2007)

Sensir 1999. The analysis of natural oils by FT-IR with a micro-ATR. Sensir technologies
<http://www.sensir.com>

Sekundarni metaboliti: Zbornik projektov problemsko orientiranega učenja študentov
prvega letnika študija Biologije 2005/2006
http://www.bf.uni-lj.si/bi/botanika/BIO-1L-0506-POU_Zbornik.pdf (7.5.2007)

Samson Kamnik: Tungovo olje, Šelak, pigmenti.
<http://www.samson-kamnik.si> (10.5.2007)

Smolko K. 2000. Površinska obdelava z olji. Seminarska naloga. Ljubljana, Biotehniška
fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Silverstein R. M., Bassler Clayton G., Morrill C. Terence. 1991. spectrometric identification of organic compounds. New York, John Wiley: 419str.

Tartu 2003. FT-IR spectra of binders and colorats
http://www.ut.ee/katsekoda/IR_spectra/ (7.5.2007)

Tišler V. 1989. Bio površinski premazi. Letno poročilo 1989. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo

Udovič J. 1994: Restavriranje stilnega pohištva. Visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 89-102.

Van den Berg J. D. J., Varmist N.D., Carlyle L., Holčapek M., Boon J.J. 2004. Effects of traditional processing methods of linseed oil on the composition of its triacylglycerols.
<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/107612641/abstract>
(7.5.2007)

Volland W. 1999 Organic Compound Identification Using Infrared Spectroscopy. Bellevue Community College.
<http://www.800mainstreet.com/irsp/eir.html> (8.5.2007)

Weissenfeld P. 1988. Holzschutz ohne gift? Freiburg Okobuch: 190 str.

Wikipedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Penumbra> (7.5.2007)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Petriču in prof. dr. Vesni Tišler za napotke in vso pomoč pri nastajanju pričujočega dela. Prav tako bi se rad zahvalil asistentu Gregi Repu in strokovnemu svetniku Borutu Kričanju za vso pomoč pri izvedbi eksperimentov. Nenazadnje pa bi se rad zahvalil Restavratorskemu centru Ljubljana, ter Samsonu Kamnik pri zbiranju informacij, vzorcev s stavbnega in notranjega pohištva, ter materiala za premaze.