

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Martin ZUPANC

**VPLIV STARANJA NA POLIURETANSKE PREMAZNE SISTEME IN
SINTETIČNE POLIMERNE FOLIJE V INTERIERU**

MAGISTRSKA NALOGA
Magistrski študij – 2. stopnja

**IMPACT OF AGING ON POLYURETHANE COATING SYSTEMS
AND SYNTHETIC POLYMERIC SHEETS IN INTERIOR**

M. Sc. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija lesarstva – 2. stopnja na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Izvedeno je bilo v laboratorijih Katedre za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin ter Delovne skupine za patologijo in zaščito lesa Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je dne, 12. 6. 2014 odobril naslov magistrskega dela in za mentorja imenoval prof. dr. Marka Petriča, za somentorja dr. Matjaža Pavliča, za recenzentko pa doc. dr. Ido Poljanšek.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Martin Zupanc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Du2
DK UDK 630*829.1
KG poliuretanski lak/akrilna folija/interier/pospešeno staranje/sprememba barve/sprememba sijaja/odpornostne lastnosti/FT-IR/
AV ZUPANC, Martin
SA PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/POLJANŠEK, Ida (recenzentka)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2015
IN VPLIV STARANJA V INTERIERJU NA POLIURETANSKE PREMAZNE SISTEME IN SINTETIČNE POLIMERNE FOLIJE
TD Magistrsko delo (Magistrski študij – 2. stopnja)
OP VIII, 48 str., 14 pregl., 26 sl., 30 vir
IJ sl
JI sl/en
AI Proučevali smo izbrane lastnosti 2 površinskih sistemov v 2 barvah, ki ustvarjajo videz visokega sijaja. Največji poudarek je bil na vplivu umetnega pospešenega staranja na barvo in sijaj ter mehanske lastnosti poliuretanskega premaznega sistema in akrilne folije pred staranjem in po njem. Poleg tega nas je zanimala primerjava lastnosti teh 2 površinskih sistemov, ker se pogosto uporabljata v praksi. Izmerjene spremembe barve in sijaja so bile po izpostavitvi umetnemu pospešenemu staranju zelo majhne. To smo potrdili še z raziskavami z metodo FT-IR spektroskopije. Spremembe lastnosti površinskega sistema so bile majhne tudi po primerjavi rezultatov mehanskih testov staranih in nestaranih vzorcev. Opazna razlika je bila samo pri preskušanju odpornosti proti udarcem. Ugotovili smo tudi, da vrsta pigmenta vpliva na odboj UV svetlobe in absorpcijo toplote. Končni rezultati kažejo na to, da so lakirane površine bolj odporne in s tem primernejše za uporabo, vendar pa so razlike majhne in zato lahko trdimo, da sta oba testirana površinska sistema primerna za uporabo v pohištveni industriji.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2
DC UDC 630*829.1
CX polyurethane coating/acrylic sheet/interior/accelerated ageing/colour change/gloss change/resistance properties/FT-IR/
AU ZUPANC, Martin
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/POLJANŠEK, Ida (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2015
TI IMPACT OF AGING IN INTERIOR ON POLYURETHANE COATING SYSTEMS AND SYNTHETIC POLYMERIC SHEETS
DT M. Sc. Thesis
NO VIII, 48 p., 14 tab., 26 fig., 30 ref
LA sl
AL sl/en
AB The test subjects were researched regarding selected properties of 2 surface systems in 2 different colours creating high gloss appearance. The main focus was put on testing the influence of the accelerated ageing process on the colour and gloss. We also focused on the mechanical properties of the polyurethane coating system, and the acrylic sheet before and after the accelerated ageing process. We were interested in comparing the properties of the 2 surface systems often used in practice. After the exposure to an accelerated ageing process the measured changes were very small. This fact was further confirmed in researching with the Fourier transform infrared spectroscopy method. The changes in properties of the surface systems were also minimal after comparing the mechanical test results of the aged and non-aged specimens. One noticeable change was only observed in testing resistance against impact. We also found out that the type of pigment affects the reflection of UV light and absorption of heat. The final results show that varnished surfaces are more resistant, and as such better suitable for use. Nonetheless, considering the fact the differences are so minimal, we can confirm that both tested surface systems are suitable to be used in furniture industry.

KAZALO VSEBINE

str.

Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic.....	VII
Kazalo slik.....	VIII

1	UVOD	1
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2	CILJI NALOGE	1
1.3	DELOVNE HIPOTEZE	1
2	PREGLED OBJAV	2
2.1	POLIURETANSKI LAKI	2
2.1.1	Lastnosti PU lakov	2
2.1.2	Uporaba PU lakov	3
2.2	AKRILNE PLOŠČE	4
2.3	ZALOGE VREDNOSTI	4
2.4	STARANJE POVRŠNSKIH PREMAZOV	5
2.5	SIJAJ	5
2.5.1	Spremembe sijaja zaradi staranja premazov	6
2.6	SVETLOBA	6
2.6.1	Fiziološko zaznavanje svetlobe	7
2.7	ABSORPCIJA, PREPUŠČANJE IN SIPANJE SVETLOBE	9
3	MATERIAL IN METODE.....	10
3.1	MATERIALI	10
3.1.1	Izbira vzorcev	10
3.1.2	Priprava vzorcev	10
3.1.3	Pojasnitev poimenovanja in oznak vzorcev	11
3.2	METODE	12
3.2.1	Umetno pospešeno staranje v napravi Atlas	13
3.2.2	Merjenje barve	14

3.2.3	Merjenje sijaja	16
3.2.4	Nihajna (FT-IR) spektroskopija	17
3.2.5	Merjenje debeline utrjenega filma	18
3.2.6	Določanje odpornosti proti udarcem	18
3.2.7	Določanje odpornosti proti mikro razenju	20
3.2.8	Določanje odpornosti proti hladnim tekočinam	20
3.2.9	Določanje odpornosti proti suhi toploti	21
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	23
4.1	BARVA	23
4.2	SIJAJ	24
4.3	PRIMERJAVA NIHAJNIH SPEKTROV FOLIJ ZA NAŠO RAZISKOVO S SPEKTRI POLIAKRILATNIH MATERILOV, KI SO DOSEGLJIVI V LITERATURI	28
4.4	SPREMLJANJE VPLIVA STARANJA Z METODO INFRARDEČE SPEKTROSKOPIJE	30
4.4.1	Debelina suhega filma	34
4.4.2	Odpornost proti udarcem	35
4.4.3	Odpornost proti mikro razenju	38
4.4.4	Določanje odpornosti proti hladnim tekočinam	39
4.4.5	Odpornost proti suhi toploti	40
4.5	UMETNO POSPEŠENO STARANJE V KORELACIJI Z NARAVNIM STARANJEM	41
5	SKLEPI	42
6	POVZETEK.....	44
7	VIRI.....	46

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Opisi in oznake vzorcev	11
Preglednica 2: Nastavitve programa za umetno pospešeno staranje v komori za UPS	13
Preglednica 3: Časovni intervali UPS in doziranje energije po intervalih.....	13
Preglednica 4: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti udarcem po standardu SIST ISO 4211-4:1995	19
Preglednica 5: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti hladnim tekočinam po standardu SIST EN 12720:2009+A1:2014	21
Preglednica 6: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti suhi toploti po standardu SIST EN 12720:2009+A1:2014.....	22
Preglednica 7: Povprečne vrednosti spremenljivk L^* , a^* , b^* pred staranjem in po staranju.	23
Preglednica 8: Povprečne vrednosti spremembe barve ΔL^* , Δa^* , Δb^* in ΔE^*	23
Preglednica 9: Sijaj pred staranjem in po njem ter spremembe sijaja po izpostavitvi umetnemu pospešenemu staranju, pod vpadnim kotom 20°	25
Preglednica 10: Debelina suhega filma premaza in folije.....	34
Preglednica 11: Odpornosti proti udarcem	36
Preglednica 12: Odpornost proti mikro razenju	38
Preglednica 13: Odpornosti proti hladnim tekočinam	39
Preglednica 14: Odpornost proti suhi toploti	40

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vidni del elektromagnetnega valovanja in njegove spektralne barve (Kaiser, 2005 , ct. po Kričej 2007)	7
Slika 2: Shematski prikaz očesne mrežnice s tribarvnimi čepki in paličicami na zadnji steni mrežnice (Kolb in sod., 2001, ct. po Kričej 2007).....	7
Slika 3: Spektralne krivulje absorpcije svetlobe v čepkih, ki so občutljivi na rdečo, zeleno in modro svetlobo (Les espaces de couler, 2006 , ct. po Kričej 2007)	8
Slika 4: Naprava ATLAS, Suntest XXL+	14
Slika 5: Spektrofotometer SP62 proizvajalca X-Rite GmbH - OPTRONIK™	14
Slika 6: CIELAB sistem.....	15
Slika 7: Merilec sijaja X – Rite AcuGloss	16
Slika 8: Levo - nosilec v katerega smo vstavili vzorce, desno - spektrometer Spectrum One	17
Slika 9: Stereomikroskop Olympus SZH z dodatno osvetlitvijo	18
Slika 10: Naprava za določanje odpornosti proti udarcu	19
Slika 11: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti udarcem po standardu SIST ISO 4211-4:1995	19
Slika 12: Naprava za določanje odpornosti proti mikro razenju	20
Slika 13: Papirnati diski, pokriti s standardiziranimi čašami	21
Slika 14: Aluminijski diski na vzorcih	22
Slika 15: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu MDF ...	26
Slika 16: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu MDF 2	26
Slika 17: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu AKRIL 1	27
Slika 18: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu AKRIL 2	27
Slika 19: FTIR spekter akrilne folije.....	29
Slika 20: FTIR spekter PMMA (Guorong Duan in sod. 2008).....	29
Slika 21: FT-IR spekter starane (rdeča krivulja) in nestarane (zeleno krivulja) bele akrilne folije (AKRIL 1)	30
Slika 22: FT-IR spekter starane (rdeča krivulja) in nestarane (modra krivulja) rumenkaste akrilne folije (AKRIL 2)	31
Slika 23: FT-IR spekter staranega (modra krivulja) in nestaranega (črna krivulja) belega poliuretanskega premaza (MDF 1)	32

Slika 24: FT-IR spekter staranega (črna krivulja) in nestaranega (modra krivulja) rumenkastega poliuretanskega premaza (MDF 2)	33
Slika 25: Poškodbe na poliuretanskem površinskem sistemu povzročeni z udarci z višine 400 mm	37
Slika 26: Udarci na akrilnem površinskem sistemu povzročenih iz višin 25 mm, 50 mm in 100 mm	37

1 UVOD

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V pohištveni industriji se za končno obdelavo izdelkov pogosto uporablja učinek visokega sijaja. Najbolj pogost način za doseganje videza visokega sijaja je v praksi lakiranje masivnega lesa, furnirja in različnih plošč z visoko sijajnimi premazi ter, če je potrebno, še naknadno poliranje obdelanih površin. Drugi, novejši način je oblepljanje ivernih plošč z visoko sijajnimi polimernimi folijami.

Pojavlja se vprašanje, kateri od omenjenih načinov obdelave je bolj primeren za uporabo pri pohištvu v interieru. Ni znano, kako se v primerjavi z lakiranimi ploščami s časom spreminjata sijaj in barva folij ter ali se s folijami obdelanim površinam zaradi staranja spremenijo fizikalne in mehanske lastnosti. Oba načina obdelave se med seboj tudi stroškovno precej razlikujeta. O polimernih folijah za oblepljanje podlag iz lesa in lesnih kompozitov, za doseganje visokega sijaja, je na splošno relativno malo znanega in v znanstveni literaturi o tem ni moč najti prav veliko podatkov.

1.2 CILJI NALOGE

Primerjali bomo površinska sistema (lakirane površine, polimerne folije – obe z videzom visokega sijaja) dveh različnih barvnih odtenkov (bel, rumenkast) in ugotavljali, kako na izbrane lastnosti (barva, sijaj, kemijske spremembe v sestavi, mehanske lastnosti) vpliva umetno pospešeno staranje. Prav tako bomo naredili primerjavo rezultatov mehanskih testov med obema možnima izvedbama. Predlagali bomo, kateri površinski sistem je bolj priporočljiv za uporabo v praksi.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

- Umetno pospešeno staranje (UPS) najverjetneje različno vpliva na izbrane lastnosti (barva, sijaj, mehanske lastnosti) lakiranih površin in folij.

- Pričakujemo, da bodo vplivi staranja lakiranih površin in folij odvisni od barve premaza oz. folije.

2 PREGLED OBJAV

Površinski sistem je material, ki ga nanesemo na površino, kjer tvori film z namenom polepšanja in/ali zaščite površine. Med premaze štejemo materiale kot so zaključni laki, barve, utrjevalci, polnila, pigmentirani laki, raznobarvni laki in tonerji, ipd. (Kotnik, 2003).

Zadnjih nekaj let se v pohištveni industriji v vedno večji meri pojavljajo nadomestki premazov. Primer le-teh so polimerne folije, ki jih še danes predstavljajo kot novost na tržišču. K temu so pripomogle tudi smernice k obdelavi površin z videzom visokega sijaja. Proizvajalci videz visokega sijaja z omenjenimi folijami sicer dosegajo, vendar zaradi kratkega časa take površinske obdelave potrošniki v obdelavo s folijami oz. v kvaliteto le-te še ne zaupajo, v nasprotju z že preverjeno izvedbo – s površinsko obdelavo s poliuretanskimi laki.

2.1 POLIURETANSKI LAKI

Prvi proizvajalec poliuretanskih lakov (PU) je bilo podjetje Bayer. Proizvajalo je PU lake s komercialnima imenoma Desmodur in Desmophen za obe reakcijski komponenti. Od tod tudi pogosto ime DD laki za dvokomponentne PU lake. Ločimo enokomponentne in dvokomponentne PU lake. Enokomponentni sistemi reagirajo z vodo (vlago) v lesu ali v zraku. Pri dvokomponentnih sistemih pa izocianati reagirajo z –OH skupinami drugih komponent (Čermak, 2002).

2.1.1 Lastnosti PU lakov

Vsem poliuretanskim premazom je skupen trd in hkrati elastičen utrjen film, odporen proti obrabi in kemikalijam ter dobra sposobnost adhezije z nanašalno površino. Izrazita prednost premazov, ki utrjujejo z reakcijo izocianatov, je sposobnost utrjevanja tudi pri temperaturi 0 °C (Bentley in Turner, 1998).

Prednosti:

- ustvarjajo trde in hkrati elastične filme,
- zelo dobra adhezija na nanašalno površino,
- odpornost filmov proti udarcem, obrabi, vremenskim vplivom in kemikalijam,
- lahko tvorijo debelejšje filme, kar omogoča kakovostno obdelavo z manjšim številom nanosov,
- pogojno okoljsko ugodnejša vrsta premazov, zaradi visoke vsebnosti suhe snovi,
- razmeroma kratek čas utrjevanja (od ene ure do štirih ur v normalnih razmerah),
- omogočajo doseganje različnih stopenj sijaja,
- možnost lakiranja na zaprte in odprte pore,
- dobra vezava pigmentov,
- dobra trajnost utrjenih filmov,
- poudarijo teksturo lesa.

Slabosti:

- čas uporabe mešanice znaša samo od dveh do osem ur,
- občutljivost izocianatne komponente na zračno vlago, kar je potrebno upoštevati pri skladiščenju,
- nekoliko slabša sposobnost razlivanja,
- nagnjenost filma k rumenenju,
- relativno visoka cena.

2.1.2 Uporaba PU lakov

Uporaba PU premazov je še vedno široka, saj le-ti omogočajo visoko kvaliteto obdelave, predvsem tam, kjer so površine zelo obremenjene, zaradi pogoste uporabe določenega izdelka (Alić, 1997). Primeri takšnih izdelkov so kuhinjsko, šolsko, pisarniško, stanovanjsko in laboratorijsko pohištvo ter pohištvo v restavracijah.

Enokomponentni PU laki se uporabljajo kot univerzalni laki, za lakiranje parketa, vrat iz masivnega lesa in v mizarских delavnicah. Dvokomponentne PU lake uporabljamo za lakiranje furniranih plošč, masivnega lesa in vlaknenih plošč srednje gostote (MDF, za razno pohištvo, stole, mize, plošče, podnožja, itd).

2.2 AKRILNE PLOŠČE

Kot navedeno v uvodnem delu te naloge, so literaturni podatki o akrilnih ploščah za doseganje visokega sijaja (oz. folij, kot jih imenujemo v uvodnem delu) izjemno skromni. Plošče z akrilno folijo se na trgu uporabljajo zadnjih nekaj let. Proizvajalci trdijo, da so odporne proti UV svetlobi, temperaturnim spremembam in omejujejo absorpcijo vode v obdelane izdelke. Plošče so enostavne za obdelovanje, edina zahteva je ostro rezilo na obdelovalni žagi. Na trgu lahko dobimo plošče z enostranskim ali z dvostranskim sijajem. Sredica plošče je v večini primerov iverna plošča, lahko pa tudi vlaknena plošča. Zaradi omejitve stroškov se večinoma uporablja sredica iz iverne plošče z enostransko nalepljeno akrilno folijo. Razen plošč s folijami visokega sijaja proizvajalci ponujajo tudi sijajne robne trakove, ki končnemu izdelku še povečajo dodano vrednost.

2.3 ZALOGE VREDNOSTI

Površinski sistemi lahko znotraj posameznih kriterijev zavzamejo različne vrednosti, ki definirajo njihove lastnosti oziroma so odraz lastnosti gradnikov sistema (podlage, premaznega sistema, obloge) in njihove medsebojne skladnosti. Da bo izdelek - površinski sistem služil svojemu namenu, mora imeti take lastnosti, da bo v uporabi prenesel vse predvidene obremenitve, ne da bi se mu pri tem nedopustno zmanjšale estetske (sijaj, barva) in funkcionalne lastnosti (odpornost proti tekočinam, razenju, udarcem, toploti ipd.). Skratka, vrednosti, s katerimi ocenjujemo lastnosti površinskih sistemov, morajo dosegati in presegati kriterije sprejemljivosti oziroma minimalne zahteve, ki so izhodišče za celovito oceno nekega površinskega sistema. Kriteriji sprejemljivosti nastajajo že desetletja na osnovi laboratorijskih raziskav, empiričnih potrditev in se bodo z novimi dognanji še dopolnjevali in spreminjali. Pri vrednotenju in aplikaciji odločitvenega modela se uporablja kriterije sprejemljivosti, ki so pri nas in večinoma tudi v tujini splošno uveljavljeni (Oblak in Kričej, 2005).

2.4 STARANJE POVRŠNSKIH PREMAZOV

V svetu se že dlje časa ukvarjajo s problemi staranja površinskih premazov. Spreminjanje lastnosti premazov med uporabo zaradi različnih vplivov okolja imenujemo naravno staranje. Za ugotavljanje odpornosti premaznih sistemov proti staranju le-tega simuliramo z različnimi postopki. Umetno pospešeno staranje (UPS) je le pospešeno naravno staranje. Naravno staranje je namreč zelo dolgotrajno in večinoma primerno le za temeljne raziskave materialov. Prav zato ima v današnjih časih umetno pospešeno staranje pri razvoju različnih izdelkov in njihovem preskušanju zelo velik pomen. Pri površinski obdelavi je potrebno razlikovati premaze, ki so predvideni za notranjo uporabo od tistih, ki jih uporabljamo na prostem. Pri obeh vrstah je pri izbiri postopka umetnega pospešenega staranja potrebno upoštevati pogoje, ki na premaze vplivajo med uporabo. Princip umetnega pospešenega staranja je v tem, da vzorce v kratkih časovnih intervalih izpostavimo približno isti energiji (svetlobni in toplotni), kot jo material absorbira v določenem časovnem obdobju v naravnem okolju ter vlagi in vodi, čim bližje dejanski obremenitvi v realnih pogojih uporabe.

2.5 SIJAJ

Sijaj je pojav, ki ga lahko opazujemo, ko se svetloba odbija z določene površine. Lahko ga definiramo kot lastnost površine materiala, da simulira odbojno moč idealnega ogledala.

V praksi najdemo le malo idealnih površin in površine premazov oziroma folij ne spadajo mednje. Le-te niso popolnoma gladke ampak so hrapave, poleg tega pa pogosto vsebujejo tudi pigmente, ki še dodatno povečujejo sipanje svetlobe. Odbito svetlobo tako poleg komponent, ki prispevajo k videzu sijaja, sestavlja tudi difuzivna komponenta svetlobe, nastala zaradi delcev pigmenta v premazu in mikro hrapavosti površine. Tako idealna matirana površina, ki je nasprotje visoko sijajni površini, odbija svetlobo v vse smeri, pri čemer prevladujoča smer ni zaznana (Kristan, 2007).

Sijaj z manjkajočim odsevom se meri z napravo za merjenje sijaja pri kotu 60° , površine s čistim sijajem (npr. steklo) pri 20° , površine z majhnim sijajem pa pri 85° vpadnega kota svetlobe.

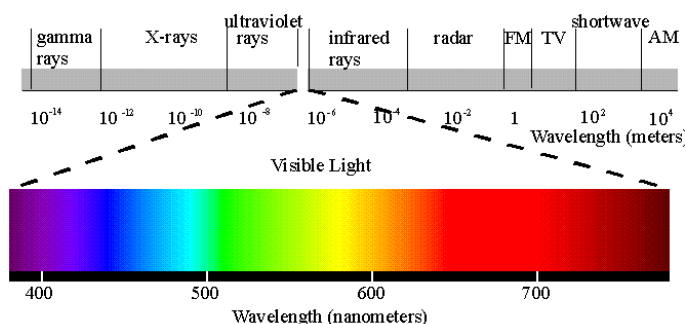
Pravilna ocena sijaja površine zajema opredelitev oblike in svetlosti odbite optične slike. Površine premazov niso optično ravne, zato na oba omejena dejavnika vplivajo tudi spremembe v strukturi površine. Na podlagi iz črnega stekla je profil odbitega žarka podoben profilu vpadnega, le z manjšo jakostjo zaradi absorbirane svetlobe. Pri relativno gladki, vendar hrapavi površini filma premaza oziroma folije sta vidni obe komponenti, sijajna in difuzna, zato je trikotna slika profila odbitega žarka rahlo popačena zaradi uklona svetlobe na mikro delcih. Poteg tega pa nastopi zmanjšanje jakosti slike zaradi enostavnega odboja v kombinaciji z difrakcijo. V tretjem primeru – rahlo valovitega filma premaza, poleg že omenjenih sprememb pride do precejšnje razširitve trikotnega profila odbitega žarka (Kristan, 2007).

2.5.1 Spremembe sijaja zaradi staranja premazov

Sprememba sijaja površin premazov po staranju je predvsem posledica povečane hrapavosti oziroma valovitosti, kar se zgodi zaradi razgrajevanja komponent v premaznem sistemu in različnih kemijsko-fizikalnih procesov na površini, ki je izpostavljena na prostem ali tudi v interieru. S tem kot posledica sprememb v površinskem sistemu naraste delež difuzne podlage in sijaj obdelane površine se zmanjša (Kristan, 2007).

2.6 SVETLOBA

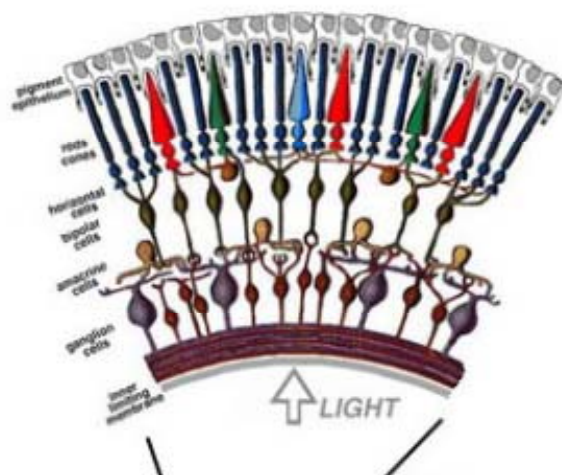
Svetloba je elektromagnetno valovanje, ki ga zaznava človeško oko s svojim vidnim sistemom, očesno mrežnico s 125 milijoni fotoreceptorjev - 120 milijonov paličic in 5 milijonov čepkov (Božič, 2001). Torej predstavlja le človeku vidni del (slika 1) celotnega spektra elektromagnetnega valovanja in zajema valovne dolžine od 400 nm do 700 nm (Sears in Zemansky, 1964), pri človeku z najbolj občutljivim sistemom zaznavanja svetlobe pa od 380 nm do 780 nm (Klanjšek in Gunde, 2001).



Slika 1: Vidni del elektromagnetnega valovanja in njegove spektralne barve (Kaiser, 2005, ct. po Kričej 2007)

2.6.1 Fiziološko zaznavanje svetlobe

Svetloba različnih valovnih dolžin vzbudi v fotoreceptorjih človeškega očesa različni električni potencial, različne električne dražljaje živčnega sistema in s tem različne barvne vtise. Za celotni spekter vidne svetlobe skrbijo tri skupine fotoreceptorjev (slika 2), ki tvorijo tribarvni sistem zaznavanja vidne svetlobe, RGB sistem (R - rdeča (*red* – angl.), G - zelena (*green* - angl), B - modra (*blue* – angl.).

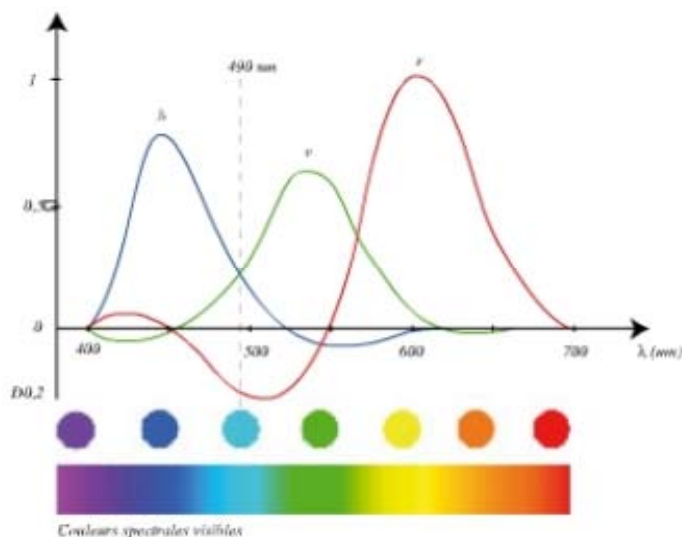


Slika 2: Shematski prikaz očesne mrežnice s tribarvnimi čepki in paličicami na zadnji steni mrežnice (Kolb in sod., 2001, ct. po Kričej 2007)

Vidni pigment rodopsin v fotoreceptorjih (čepkih) prve skupine absorbira rdečo svetlobo z vrhom absorpcije pri ~ 620 nm, druge skupine zeleno svetlobo z vrhom absorpcije pri ~ 550 nm in tretje skupine modro svetlobo z vrhom absorpcije pri ~ 450 nm (slika 3). Celotna

količina svetlobe, ki jo absorbira vsak od treh pigmentov, pomeni delež modre, zelene ali rdeče. Tako oko v principu neskončno število valovnih dolžin v spektru poljubne vidne svetlobe zmanjša le na tri podatke. Z mešanjem svetlobe teh treh barv lahko dobimo svetlobo vseh barv, zato rdečo, zeleno in modro imenujemo primarne (aditivne) ali osnovne barve (Klanjšek in Gunde, 2001).

Če v oko dospe zelena svetloba, vzdraži zelene čepke in predmet vidimo zeleno. Če je barva svetlobe rumena, se vzdražijo rdeči in zeleni čepki in zaznamo rumeno barvo. Če pa je barva svetlobe bela, takrat, ko je svetloba enakomerno porazdeljena po celotnem vidnem delu spektra, se enakomerno vzdražijo vse tri vrste čepkov in vidimo belo (Bizjak, 2002).



Slika 3: Spektralne krivulje absorpcije svetlobe v čepkih, ki so občutljivi na rdečo, zeleno in modro svetlobo (Les espaces de couler, 2006 , cit. po Kričej 2007)

Očesni fotoreceptorji so poleg tega, da so občutljivi na različne valovne dolžine vidne svetlobe, občutljivi tudi na jakost absorbirane svetlobe. Pri dnevni svetlobi, ko so v funkciji barvni čepki (slika 2), je oko najbolj občutljivo na zeleno-rumeno svetlobo z valovno dolžino 555 nm, pri šibki svetlobi in ob mraku, ko prevzamejo funkcijo zaznavanja paličice (slika 2), pa na zeleno-modro svetlobo z valovno dolžino 510 nm. Krivulja očesne občutljivosti se zamakne za 45 nm h krajšim valovnim dolžinam in oko je bolj občutljivo na svetlobo krajših valovnih dolžin in manj na svetlobo daljših valovnih dolžin. Zato

zaznavamo barvo pri svetlobi manjše jakosti kot temnejšo in bolj modro-vijolično (Kričej, 2007).

2.7 ABSORPCIJA, PREPUŠČANJE IN SIPANJE SVETLOBE

Absorpcija je transformacija (pretvorba) svetlobe/energije v drugo obliko energije zaradi vzajemnih učinkov (interakcij) s snovjo, ki energijo vpija (Kumar, 2001).

Skozi prazen prostor potuje svetloba popolnoma neovirano. Kadar trči na kakršnokoli snov, z njo reagira in se spremeni. Način te spremembe je odvisen predvsem od snovi. Ko žarek svetlobe pade na mejo snovi z drugačno optično gostoto, se delno odbije, delno pa lomi. Na poti skozi snov se svetloba absorbira, v heterogeni snovi pa tudi sipa in skozi snov tudi prepusti. Absolutno belo telo odbija vso svetlobo, absolutno črno telo vso svetlobo absorbira. Vsi naštetni optični pojavi so odvisni od spektralne sestave svetlobe in od fizikalnih ter kemijskih lastnosti snovi (Klanjšek in Gunde, 1999).

Delež absorbirane svetlobe je odvisen od vrste in debeline snovi ter od valovne dolžine svetlobe. Prodirajoč skozi snov, se svetlobni tok zaradi absorpcije zmanjšuje. Odvisnost absorbiranega svetlobnega toka in s tem absorbirane energije fotonov od vrste snovi in valovne dolžine svetlobe je podana z absorpcijskim koeficientom (μ) snovi. Prepuščeni svetlobni tok eksponentno upada, če debelina snovi narašča, in sicer tem hitreje, čim večji je absorpcijski koeficient (μ) snovi (Kladnik, 1977).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Izbira vzorcev

Za raziskave smo uporabili vzorce, ki smo jih pripravili v podjetju Mizarstvo Zupanc Antonija s.p., Dolenja vas 70, 4227 Selca. Glede na problematiko, ki se pojavlja pri prodaji pohištva smo se odločili za primerjavo vzorcev štirih različnih sistemov. Dve barvi lakirani na vlakneno ploščo s poliuretanskim lakom in dve barvi folije, nanešeni na iverno ploščo.

Pri izbiri vzorcev so bili odločilni naslednji faktorji:

- trenutni trendi v pohištveni industriji,
- porast povpraševanja po efektu visokega sijaja,
- problematika vzdrževanja plošč z efektom visokega sijaja,
- velike cenovne razlike pri izbiri materialov z efektom visokega sijaja in
- časovna obstojnost visokega sijaja.

3.1.2 Priprava vzorcev

Vlakneno ploščo na katero smo po predhodni obdelavi nanegli testni poliuretanski lak ter s postopkom poliranja dosegli efekt visokega sijaja (v nadaljevanju za plošče uporabljamo kratico MDF), smo razrezali na dimenzije 16 cm × 32 cm. Enake dimenzije smo uporabili za vzorce, katerih osnova je bila iverna plošča na njih pa že tovarniško nameščena akrilna folija.

Vzorci, ki so bili lakirani, so bili pripravljeni po standardnih postopkih, ki jih podjetje uporablja za pripravo efekta visokega sijaja. Podlaga za lakiranje je vlaknena plošča s tovarniško nanešenim prvim slojem bele temeljne barve. Temu sta sledita še dva nanosa bele temeljne barve ter tretji nanos končnega premaza. Pri slednjem določimo končni videz površine z uporabo pigmentnih lakov (bel, rumenkast itd.). Sledi še zadnji nanos

transparentnega končnega premaza ter nato poliranje z uporabo različnih polirnih past. Po vsakem nanosu laka sledi zadosten čas sušenja ter brušenje s primerno granulacijo.

Prav tako so bili vzorci iz akrilne folije skladiščeni in pripravljani po običajnih postopkih in časih, ki se uporabljajo v omenjenem podjetju. Postopek izdelave akrilne folije je poslovna tajnost podjetja Voice Tec S.r.l.. Debelina folije naj bi bila 1,4 mm in je sestavljena iz temeljne in končne folije.

Dimenzije vzorcev smo prilagodili dimenzijam komore za umetno pospešeno staranje in ostalim mehanskim testom, ki smo jih izvedli.

3.1.3 Pojasnitev poimenovanja in oznak vzorcev

Za poimenovanje vzorcev v nadaljevanju zaradi boljše preglednosti uporabljamo samo spodaj navedene oznake (preglednica 1) oziroma komercialen opis materialov.

Preglednica 1: Opisi in oznake vzorcev

OZNAKA	OPIS OZNAKE
MDF 1	MDF beli
MDF 2	MDF rumenkast
AKRIL 1	AKRIL beli
AKRIL 2	AKRIL rumenkast

Dodatna pojasnila k oznakam v preglednici 1 so še:

- MDF: je oznaka za vlakneno ploščo, katero v praksi najpogosteje uporabljamo za osnovo, kamor nanašamo lake. V našem primeru gre za poliuretanske lake, katerim s kasnejšimi obdelavami ustvarimo videz visokega sijaja. Uporabljeni laki so bili znamke Sayerlack. Za podrobnejše informacije se obrnite na avtorja magistrske naloge.
- AKRIL: akrilna plošča je komercialen izraz za plošče, ki so oplemenitene z akrilnimi polimernimi folijami v našem primeru z akrilno folijo (PMMA), kot navaja proizvajalec. Omenjene folije prav tako ustvarjajo videz visokega sijaja. Proizvajalec plošč je Voice Tec S.r.l..

- »beli«: Glede na opravljene meritve (glej poglavje: 3.1 BARVA) poliuretanska bela barva povprečno dosega L^* - 98,4 od možnega L^* - 100. Akrilna folija v povprečju dosega L^* - 94,9 od prav tako možnega L^* - 100. Po RAL lestvici, ki se pogosto uporablja v lesni industriji, gre pri tej barvi za RAL 9010.
- »rumenkast«: Na pogled je premaz rahlo rumenkastega videza. Po RAL lestvici gre za RAL 9001. Prav tako je podobnega rumenkastega odtenka tudi obarvana folija. Lahko bi uporabili tudi izraz manj bel. Glede na meritve, poliuretanska barva z dodanimi pigmenti povprečno dosega L^* - 91,3 od možnega L^* - 100. Akrilna folija z dodanim pigmentom v povprečju doseže L^* - 91,2 od prav tako možnih L^* - 100.

3.2 METODE

V eksperimentalnem delu naloge smo izvedli naslednje teste:

- umetno pospešeno staranje v napravi Atlas (program za simulacijo v interieru),
- merjenje barve pred umetnim pospešenim staranjem in po končanem postopku,
- merjenje sijaja pred in med umetnim pospešenim staranjem in po končanem postopku UPS,,
- snemanje nihajnih (vibracijskih, FT-IR) spektrov nestaranih in staranih površin,
- merjenje debeline utrjenega filma pred in po UPS,
- določanje odpornosti proti udarcem pred in po UPS,
- določanje odpornosti proti mikro razenju pred in po UPS,
- določanje odpornosti proti hladnim tekočinam pred in po UPS in
- določanje odpornosti proti suhi toploti pred in po UPS.

3.2.1 Umetno pospešeno staranje v napravi Atlas

Umetno pospešeno staranje (UPS) smo izvedli v komori ATLAS, Suntest XXL+ (slika 4). Režim umetnega pospešenega staranja v komori smo nastavili v skladu s standardom za staranje v interieru ISO 11341 1A:2004 (preglednica 2).

Preglednica 2: Nastavitve programa za umetno pospešeno staranje v komori za UPS

Moč sevanja / <i>Irradiance</i>	50 W/m ²
Temperatura zraka v komori / <i>Chamber air temperature</i>	38 °C
Temperatura črne plošče / <i>Black-panel temperature</i> (BPT)	65 °C
Relativna zračna vlaga / <i>Relative-air humidity</i>	50 %

Vzorci so bili pogojem umetnega staranja za interier izpostavljeni 170 h v različnih intervalih (preglednica 3). Merjenje barve in ostalih mehanskofizikalnih lastnosti je potekalo pred staranjem in po njem, merjenje sprememb sijaja pa tudi med vsakim intervalom.

Preglednica 3: Časovni intervali UPS in doziranje energije po intervalih

Interval	Čas (h)	Energija (doziranje)
1.	0 - 5	898,3 kJ /m ²
2.	5 - 10	1796,4 kJ /m ²
3.	10 - 40	7189,3 kJ /m ²
4.	40 - 75	13515,1 kJ /m ²
5.	75 - 100	17983,7 kJ /m ²
6.	100 - 170	30.581,8 kJ /m ²



Slika 4: Naprava ATLAS, Suntest XXL+

3.2.2 Merjenje barve

Barvo vzorcev smo izmerili pred izpostavitvijo in po njej, v napravi Atlas. Na vsakem vzorcu smo izvedli po deset meritev (na približno istih mestih po diagonalah vzorca) po standardu ISO/DIS 7724-2:1997. Za to smo uporabili spektrofotometer SP62 proizvajalca X-Rite GmbH - OPTRONIK™ (slika 5), ki smo ga pred začetkom merjenja kalibrirali z belim in črnim standardom, ki je priložen instrumentu. Instrument ima integrirano (spektrofotometrično) kroglo z usmerjeno osvetlitvijo. Vrednosti meritev instrument izračuna z upoštevanjem 2° ali 10° zornega kota standardiziranega opazovalca.



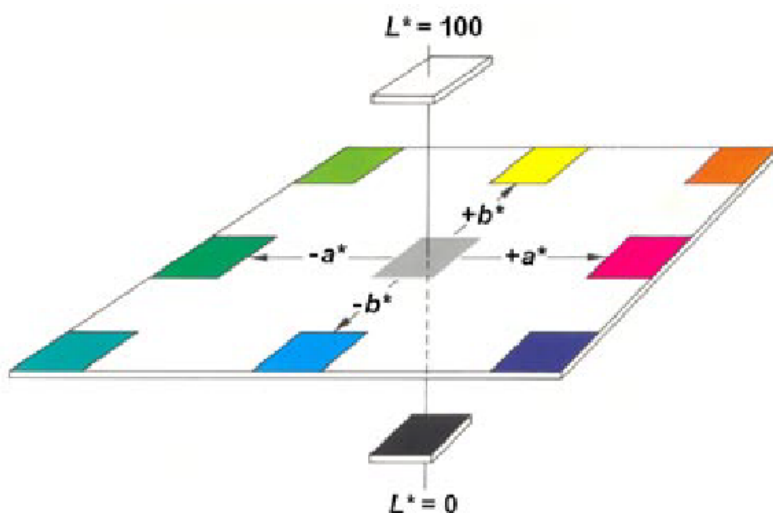
Slika 5: Spektrofotometer SP62 proizvajalca X-Rite GmbH - OPTRONIK™

Za vrednotenje pridobljenih rezultatov smo uporabili najpogostejši in najbolj izpopolnjen sistem: CIELAB sistem (slika 6). Le-ta predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema, kjer je barva opredeljena s tremi osnovnimi vrednostmi:

L^* – določa svetlost barve in zavzema vrednosti od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo),

a^* – določa lego barve na rdeče (+) – zeleni (-) osi,

b^* – določa lego barve na rumeno (+) – modri (-) osi (Pavlič in sod. 2008).



Slika 6: CIELAB sistem

Razliko v barvi ΔE^* med dvema vzorcema izračunamo z enačbo:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \dots(1)$$

3.2.3 Merjenje sijaja

Sijaj vseh barvnih sistemov smo merili po standardu SIST EN 13722:2004. Uporabili smo instrument za merjenje sijaja X – Rite AcuGloss (slika 7). Pred začetkom merjenja smo instrument morali umeriti s pomočjo kalibracijske plošče, ki je priložena. Merili smo pod vpadnim kotom svetlobe 20° . Izvedli smo po deset meritev na vzorec pred in med umetnim pospešenim staranjem in po končanem postopku UPS, na mestih določenih po diagonalah vzorca.

Spremembe sijaja smo izračunali iz razlike povprečnih meritev sijaja pred izpostavljenostjo UPS in po njej.



Slika 7: Merilec sijaja X – Rite AcuGloss

3.2.4 Nihajna (FT-IR) spektroskopija

Z metodo nihajne oz. vibracijske ali infrardeče spektroskopije (FT-IR) smo posneli spektre površin staranih in nestaranih vzorcev. Iz dobljenih spektrov smo razbirali frekvence (oz. valovna števila) nihanj funkcionalnih skupin v premazih in folijah. Morebitne spremembe valovnih števil trakov po staranju, bi nakazale na možnost kemijskih sprememb v sestavinah premazov in folij zaradi izpostavitve umetnemu pospešenemu staranju. Spektre smo posneli s spektrometrom Spectrum One, znamke Perkin Elmer (slika 8), v KBr tehniki. To pomeni, da smo pred merjenjem površino vzorcev z žiletko nastrgali in dobljene struglje, ki smo jih zmešali s KBr, zdrobili v fin prah. Z njim smo nato napolnili odprtino v nosilcu (slika 8), ki smo ga vstavili v spektrometer. Vzorec smo nato izpostavili svetlobi v območju valovnih števil med 400 cm^{-1} in 4000 cm^{-1} . Merili smo prepustnost oziroma količino absorbirane svetlobe v odvisnosti od valovnega števila. Če je frekvenca vpadle svetlobe enaka lastni frekvenci nihanja vezi v funkcionalni skupini, pride zaradi resonance do absorpcije IR svetlobe, kar zaznamo kot signal oz. trak v spektru. Na ta način smo dobili informacijo o prisotnosti določenih funkcionalnih skupin v materialu, ki smo ga analizirali.



Slika 8: Levo - nosilec v katerega smo vstavili vzorce, desno - spektrometer Spectrum One

3.2.5 Merjenje debeline utrjenega filma

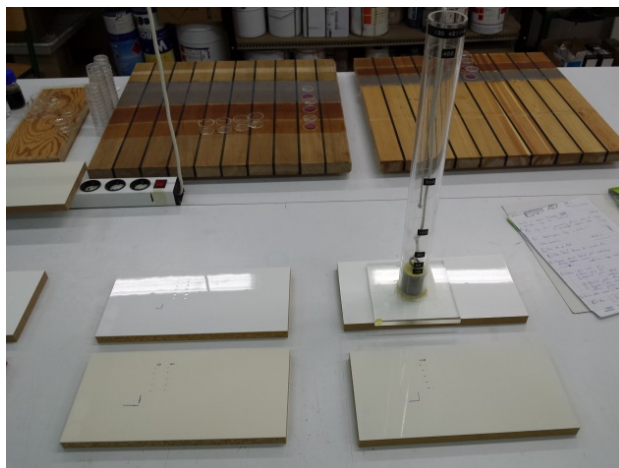
Debelino utrjenega filma smo merili po standardu SIST EN ISO 2808:2007. Iz vzorca smo najprej izrezali manjši vzorec, katerega smo nato še dodatno porezali s skalpelom. Nato smo ga opazovali pod mikroskopom (slika 9) in z dodatno osvetlitvijo izmerili debelino nanosa oziroma debelino folije.



Slika 9: Stereomikroskop Olympus SZH z dodatno osvetlitvijo

3.2.6 Določanje odpornosti proti udarcem

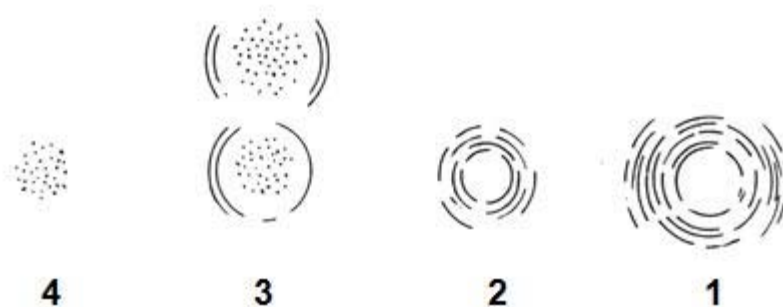
Meritve smo izvedli po standardu SIST ISO 4211-4:1995. Napravo za usmerjeno izvajanje udarcev (slika 10) smo položili pravokotno na površino, nato pa na jekleno kroglico premera 14 mm, ki leži na površini površinskega sistema, prosto spuščali utež mase 500 g s standardiziranih višin (25 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm in 400 mm). Mesto takega udarca na površinskem sistemu smo opazovali in glede na obliko nastale deformacije ocenili njegovo odpornost proti udarcem z oceno od 5 do 1 (preglednica 4, slika 11). Preden smo zabeležili oceno, smo na mesta, kjer je kroglica udarila na površino, nanесли kontrastni medij za lažjo ocenitev poškodb.



Slika 10: Naprava za določanje odpornosti proti udarcu

Preglednica 4: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti udarcem po standardu SIST ISO 4211- 4:1995

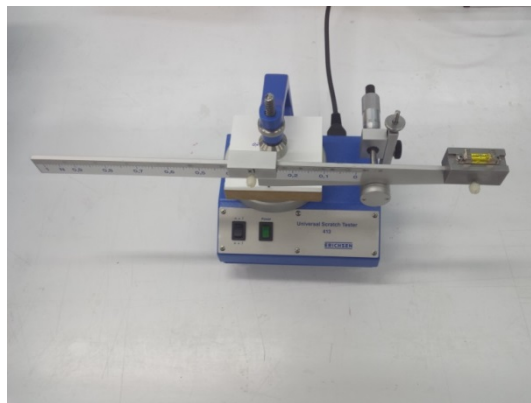
Ocena	Poškodbe
5	Ni nobenih sprememb
4	Razpok v filmu laka ni, na mestu udara zasledimo le deformacijo v obliki udrtine, ki je vidna v soju odbite svetlobe
3	Na površini se pojavijo manjše razpoke (ponavadi ena ali dve), ki so lahko krožne ali polkrožne oblike
2	Pojavi se večje število razpok, ki so omejene znotraj deformacije oz. udrtine
1	Znotraj in zunaj deformacije oz. udrtine se pojavi večje število razpok ali/in prihaja do luščenja filma laka



Slika 11: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti udarcem po standardu SIST ISO 4211- 4:1995

3.2.7 Določanje odpornosti proti mikro razenju

Za določanje odpornosti površin proti mikro razenju smo uporabili metodo po standardu SIST EN 15186. Za vsako površino smo pripravili po en vzorec dimenzije 100 mm × 100 mm. Vzorec smo vpeli v napravo Erichsen Universal Scratch Tester 413 (slika 12) in nanj pod kotom 90° položili konusno diamantno konico s končnim radijem 90 µm. Krožno razenje je potekalo iz zunanjega dela proti notranjosti, z razmikom 2 mm med razami. Za razenje smo uporabili različne sile (od 1 N do 0,1 N). Za vsako silo smo izvedli po eno разо, torej smo izvedli 10 raz na vzorec. Pričeli smo s silo 1 N in zmanjševali po 0,1 N. Ocenjevanje odpornosti proti razenju je potekalo tako, da smo sledi vsake raze preverili s standardizirano šablono na osmih mestih. Kot rezultat odpornosti proti mikro razenju smo navedli najmanjšo silo (v N), ki je bila potrebna, da smo na vsaj šestih opazovanih mestih opazili разо oz. kakršno koli vidno spremembo (npr. lahko tudi samo spremembo v sijaju).



Slika 12: Naprava za določanje odpornosti proti mikro razenju

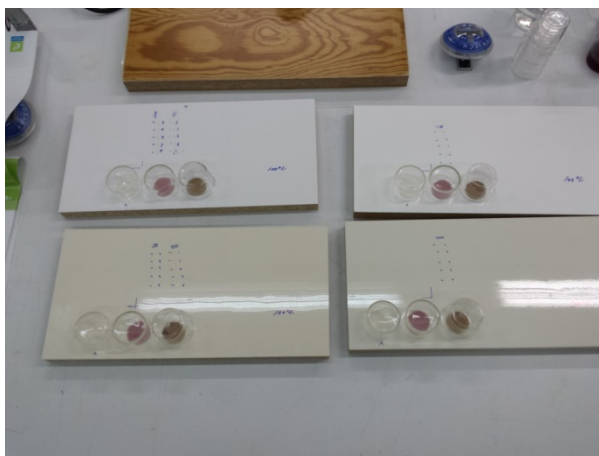
3.2.8 Določanje odpornosti proti hladnim tekočinam

Določanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam smo izvedli po standardni metodi SIST EN 12720:2009+A1:2014. Papirnate diske iz mehkega filtrirnega papirja premera 25 mm smo pomočili za 30 sekund v izbrano tekočino (alkohol, rdeče vino, kava in voda) sobne temperature (23 ± 2) °C, nato pa jih s pinceto položili na površino vzorcev. Tako omočene diske smo pokrili s steklenimi čašami premera 40 mm (slika 13). Po določenem času smo papirnate diske odstranili s površine in po 24 urah od izpostavitve ocenili poškodbe. Pred ocenjevanjem smo površino očistili s standardiziranim čistilom. Ocenjevali

smo z ocenami od 5 do 1 pri sobni svetlobi in v standardizirani črni komori (preglednica 5).

Preglednica 5: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti hladnim tekočinam po standardu SIST EN 12720:2009+A1:2014

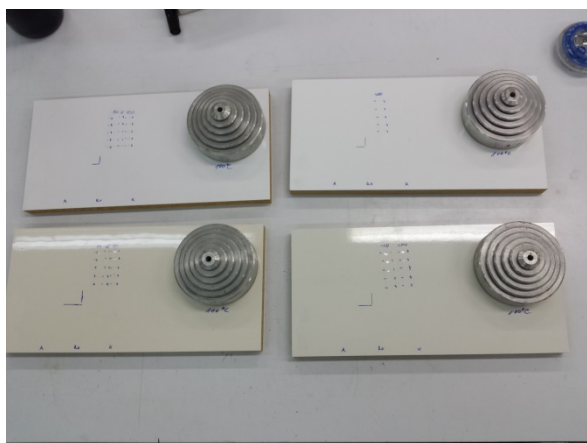
Ocena	Poškodbe
5	Ni nobenih sprememb
4	Majhna sprememba v sijaju ali barvi, vidna le v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest
3	Manjša poškodba, vidna iz večih zornih kotov, npr. vidno celotno mesto izpostavitve filtrirnega tampona ali čaše
2	Večja poškodba, struktura površine večinoma nespremenjena
1	Večja poškodba s spremenjeno strukturo površine ali popolnoma ali delno odstranjen površinski sloj ali pa se filtrirni papir lepi na površino



Slika 13: Papirnati diski, pokriti s standardiziranimi čašami

3.2.9 Določanje odpornosti proti suhi toploti

Določanje odpornosti površine proti suhi toploti smo izvajali po standardni metodi SIST EN 12722:2009+A1:2014. Na površino preskušanca smo za 20 minut položili aluminijast disk, predhodno segret na $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (slika 14). Nato smo ga odstranili, površino pa na suho obrisali z belo mehko vpojno krpo. Po 24 urah smo površino ponovno obrisali in pregledali pri dnevni svetlobi ter v črni komori. Nastale poškodbe oz. odpornost površin proti toploti smo po standardu ocenili z ocenami od 5 do 1 (preglednica 6).



Slika 14: Aluminijasti diski na vzorcih

Preglednica 6: Kriterij za ocenjevanje odpornosti proti suhi toploti po standardu SIST EN 12720:2009+A1:2014

Ocena	Poškodbe
5	Ni nobenih sprememb
4	Majhna sprememba v sijaju ali barvi, vidna le v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest
3	Manjša poškodba, vidna iz zornih kotov, npr. vidno celo mesto izpostavitve diska
2	Večja, razločno vidna poškodba ali manj poškodovana področja s spremembo v barvi ali strukturi površine
1	Večja poškodba z jasno vidno spremembo barve ali strukture površine

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 BARVA

Barve vzorcev pred staranjem smo primerjali z barvami po staranju. Ovrednotili smo jih v CIELAB sistemu, pri čemer smo vsakemu vzorcu določili osnovne tri spremenljivke barvnega koordinatnega sistema (preglednica 7). Spremembe posameznih barvnih komponent (ΔL^* , Δa^* , in Δb^*) in skupne barvne spremembe (ΔE^*) so podane v preglednici 8.

Preglednica 7: Povprečne vrednosti spremenljivk L^* , a^* , b^* pred staranjem in po staranju.

	PRED STARANJEM			PO STARANJU		
Vzorec / sprememba barve	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
MDF 1	98,49	-0,94	1,41	98,47	-0,96	1,33
MDF 2	91,36	-0,02	6,70	91,33	0,03	6,71
AKRIL 1	94,93	-0,72	1,02	94,86	-0,74	0,64
AKRIL 2	91,26	0,49	9,37	91,27	0,40	9,18

Preglednica 8: Povprečne vrednosti spremembe barve ΔL^* , Δa^* , Δb^* in ΔE^*

SPREMEMBE PO 170 h UPS				
Vzorec / sprememba barve	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
MDF 1	-0,02	-0,02	-0,08	0,088
MDF 2	-0,03	0,05	0,01	0,058
AKRIL 1	-0,06	-0,01	-0,38	0,384
AKRIL 2	0,01	-0,09	-0,19	0,211

Če pogledamo spremembo vrednosti L^* (preglednica 8), ki odraža svetlost barve, opazimo, da se je pri staranih vzorcih MDF 1, MDF 2 IN AKRIL 1 le-ta zmanjšala, torej so površine nekoliko potemnele. Povečanje vrednosti ΔL^* pa se po drugi strani nakazuje pri staranem vzorcu AKRIL 2. Vendar pa so vrednosti ΔL^* tako nizke, da jih lahko opredelimo kot zanemarljive.

Vrednost a^* , ki določa lego barve na rdeče (+) - zeleno (-) osi, se je pri staranih vzorcih MDF 1, AKRIL 1 in AKRIL 2 povečala in razlika je negativna, kar pove, da se barva zaradi staranja pomika k zeleni. Nasprotno je pri staranem vzorcu MDF 2, katerega barva se spreminja v smeri rdeče. Najvišja izmerjena razlika je bila -0,09 pri staranem vzorcu AKRIL 2, vendar je ta razlika zanemarljivo majhna. Podobni rezultati veljajo tudi za vrednosti b^* , ki določa lego barve na rumeno (+) - modri (-) osi.

Glede na izmerjene vrednosti lahko vidimo, da izkazujeta vzorca MDF 1 in MDF 2 nekoliko boljše rezultate. Sprememba barve ΔE^* pri MDF 1 je imela vrednost 0,088 pri MDF 2 pa 0,058. Vrednosti se ne približata mejni vrednosti 0,5, v nasprotju z vzorcema AKRIL. Sprememba barve pri vzorcu AKRIL 1 je imela vrednost 0,384 pri AKRIL 2 pa 0,211. To pomeni, da je obstojnost barve folij oz. plošč slabša od stabilnosti barve premazov.

Iz podatkov lahko vidimo tudi, da vzorca MDF 2 in AKRIL 2, ki vsebujeta več rumenkastega pigmenta, v svoji skupini dosegata nižje vrednosti barvnih sprememb. To bi lahko pripisali vrsti pigmentov, ki pozitivno vplivajo na odboj UV svetlobe in so zato poškodbe, ki jih lahko povzroči UV obsevanje manjše (bel pigment bolj absorbira UV svetlobo, kot ne bel).

Rezultati nam še povedo, da sta oba površinska sistema primerna za uporabo v pohištveni industriji, saj so spremembe barve zanemarljive.

4.2 SIJAJ

Iz meritev sijaja pred in med umetnim pospešenim staranjem in po končanem postopku UPS vidimo, da so imeli površinski sistemi zelo visoke vrednosti izmerjenega sijaja, kar je bilo pričakovano. Sijaj vzorcev MDF se je gibal od 96 do 97,4, sijaj vzorcev AKRIL pa od 87,4 do 86,5. Ti podatki nam povedo, da imajo površinski sistemi na vzorcih MDF 1 in MDF 2 večji sijaj od sistemov akrilnih folij.

Iz meritev sijaja pred izpostavitvijo vzorcev umetnemu pospešenemu staranju in po njem ugotavljamo, da je bila sprememba sijaja relativno majhna. Pri obeh sistemih se je sijaj po staranju rahlo zmanjšal (preglednica 9). Iz podatkov ne moremo potegniti vzporednic, oz. ne moremo sklepati o tem, da bi vrsta pigmentnih delcev kaj vplivala na spremembo sijaja oz., da bi bil kakšen sistem zaradi drugačnih pigmentov bolj obstojen od drugega.

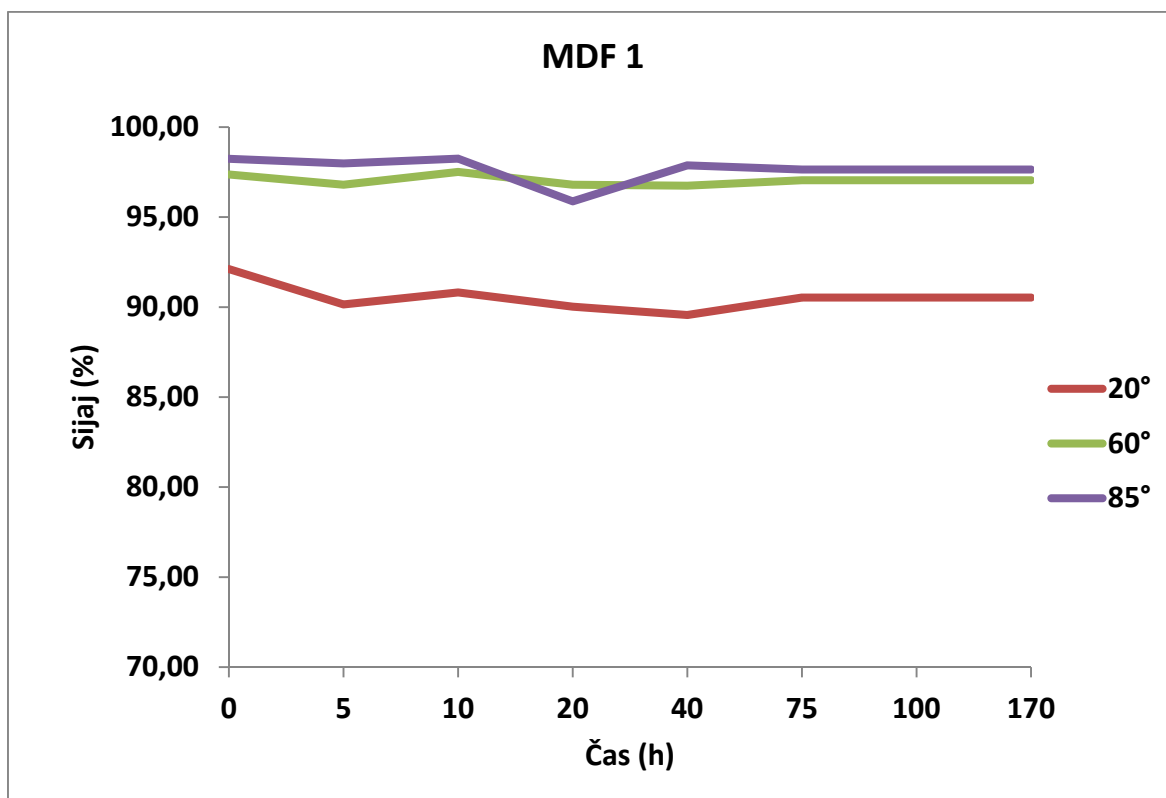
Z napravo za merjenje sijaja lahko merimo le-tega pri treh različnih vpadnih kotih: 20°, 60° in 85°. Visoki sijaj (več ali enako 70, izmerjeno pri kotu 60°) se meri pri kotu 20°, za površine z nizkim sijajem (manj ali enako 10, izmerjeno pri kotu 60°) pa se uporablja kot 85°. V preglednici 9 smo zato izpostavili rezultate merjenja pri vpadnem kotu 20°.

Glede na to, da je sprememba sijaja močno povezana s povečanjem hrapavosti oziroma valovitostjo površine, lahko sklepamo, da so se testirani površinski sistemi odlično obnesli, saj površina po staranju, če sklepamo po sijaju, ostaja gladka.

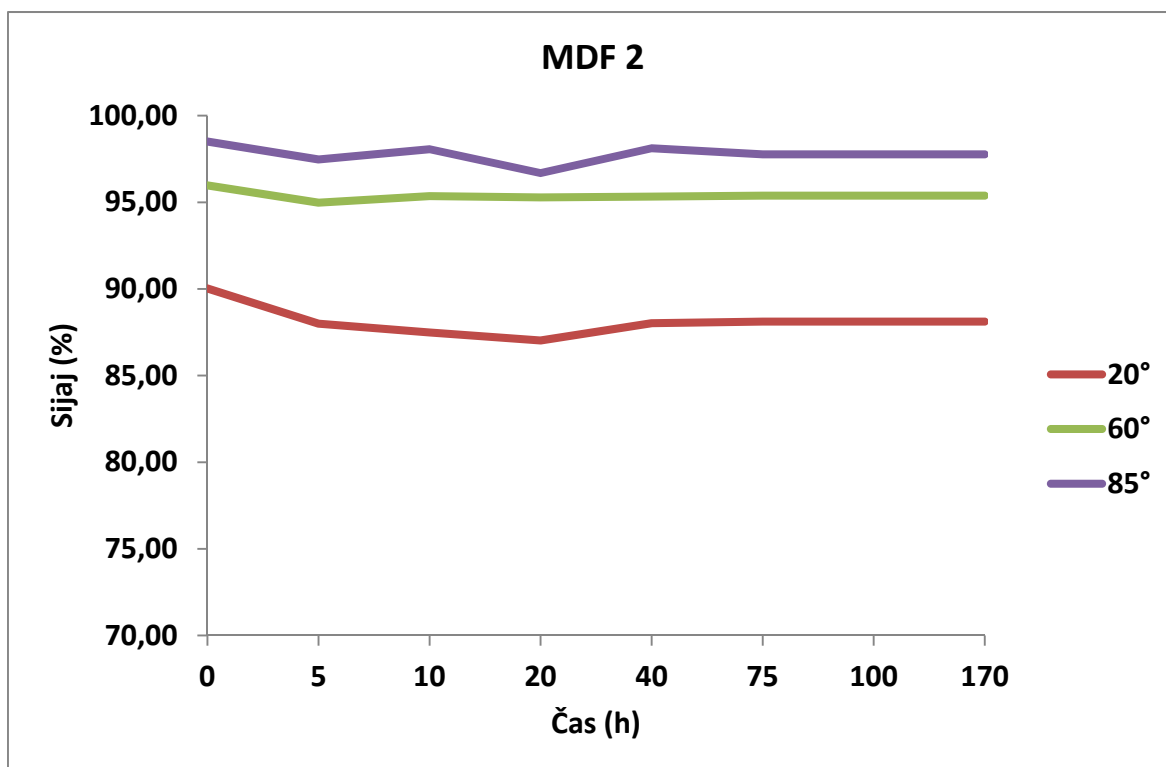
Iz grafov na slikah 15-18 lahko razberemo, da je bilo nihanje vrednosti sijaja pred in med umetnim pospešenim staranjem ter po končanem postopku UPS minimalno. Malenkostno zmanjšanje sijaja glede na prvotne vrednosti pripisujemo učinku UV svetlobe in povišane temperature med UPS. Sicer smo pričakovali večje spremembe sijaja zaradi vpliva staranja, zaradi česar smo izvajali tudi vmesne meritve med staranjem, da bi eventualno zaznali trend spreminjanja le-tega.

Preglednica 9: Sijaj pred staranjem in po njem ter spremembe sijaja po izpostavitvi umetnemu pospešenemu staranju, pod vpadnim kotom 20°

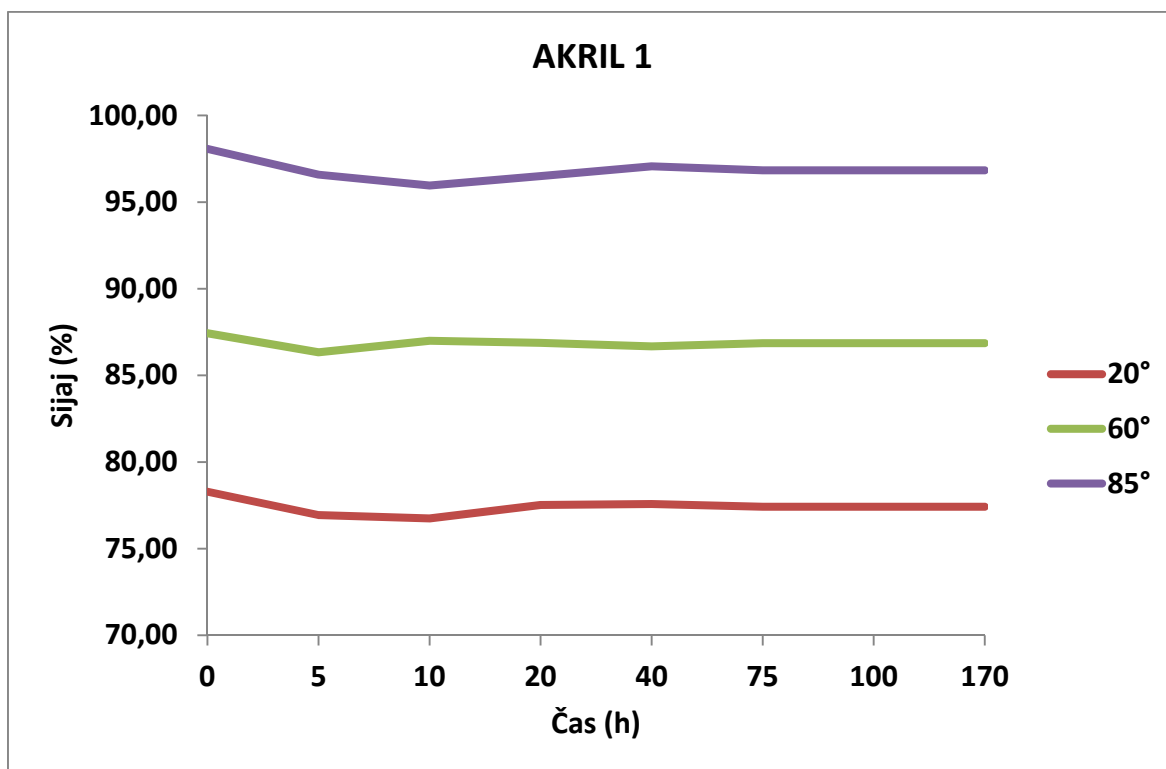
VZOREC	SIJAJ - 20°		
	PRED STARANJEM	PO STARANJU	SPREMEMBA SIJAJA
MDF 1	97,4	96,7	-0,6
MDF 2	96,0	95,3	-0,7
AKRIL 1	87,4	86,7	-0,8
AKRIL 2	86,5	86,2	-0,4



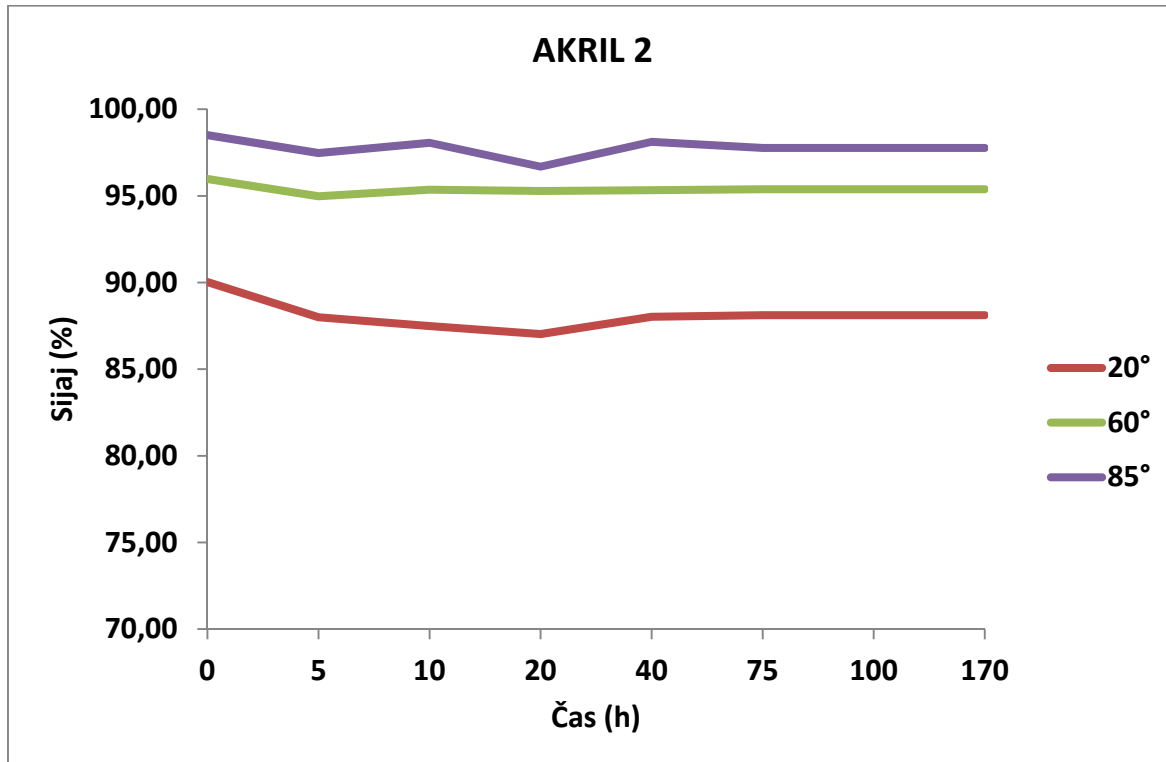
Slika 15: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu MDF



Slika 16: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu MDF 2



Slika 17: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu AKRIL 1

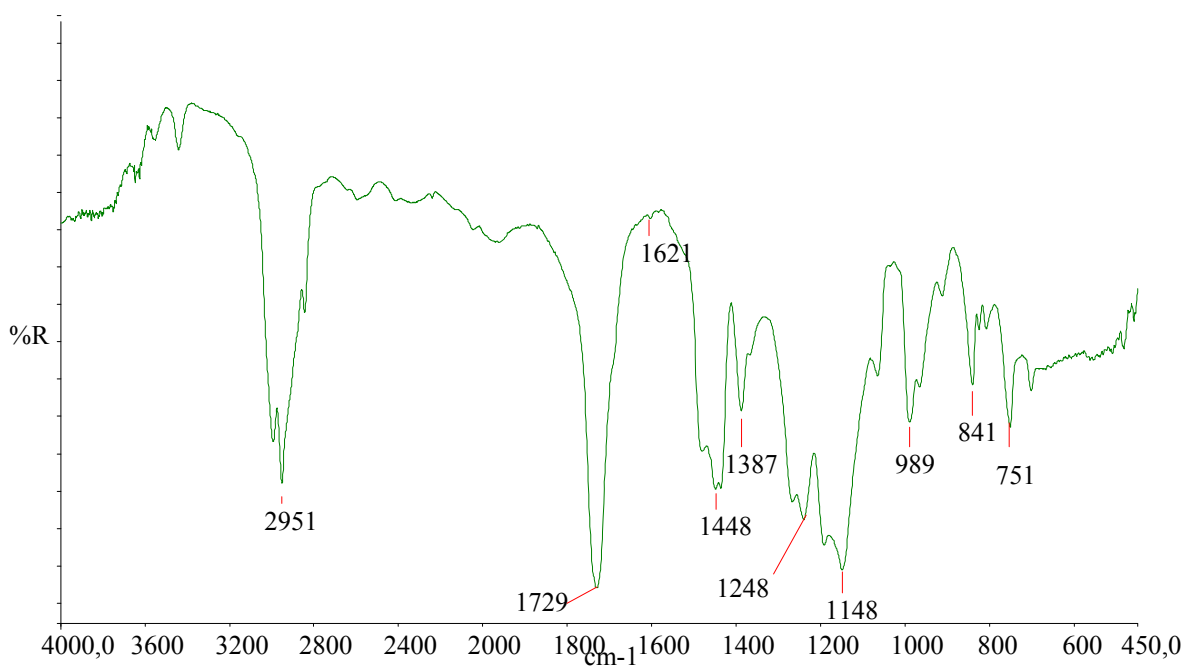


Slika 18: Vrednosti sijaja v odvisnosti od vpadnega kota in časa staranja pri vzorcu AKRIL 2

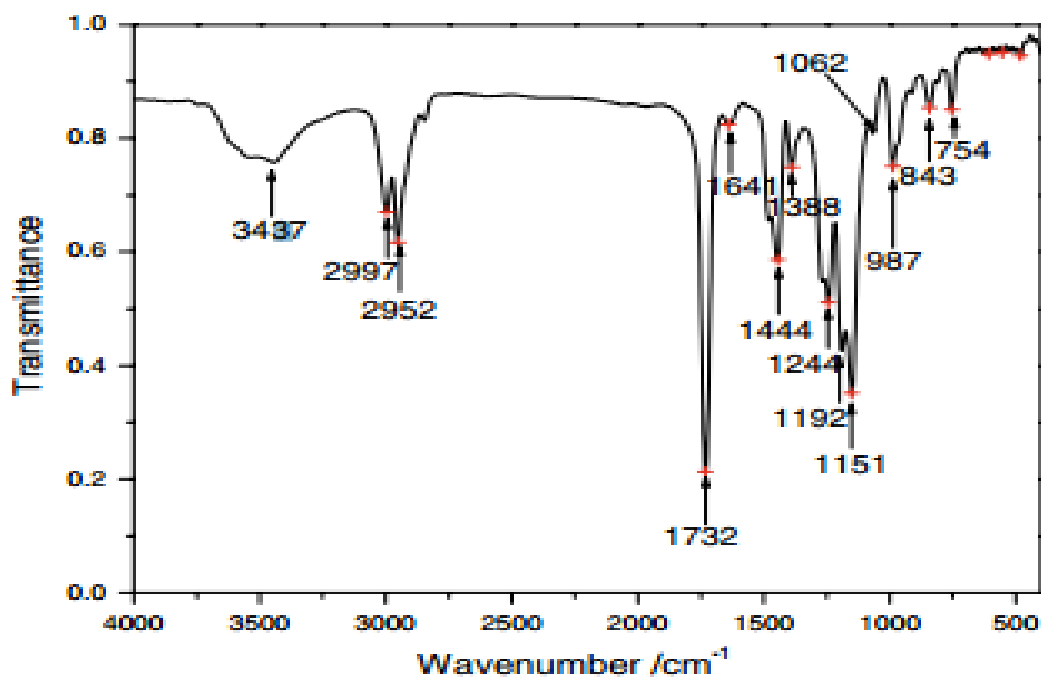
4.3 PRIMERJAVA NIHAJNIH SPEKTROV FOLIJ ZA NAŠO RAZISKAVO S SPEKTRI POLIAKRILATNIH MATERILOV, KI SO DOSEGLJIVI V LITERATURI

Kot že omenjeno, so literaturni podatki o odpornosti akrilnih plošč zelo skromni. Uspeli smo pridobiti le rezultate laboratorijskih testov, ki jih je izvedel proizvajalec plošč, katere smo uporabili kot vzorce v naši nalogi. Dodatno smo želeli tudi ugotoviti, ali gre pravzaprav res za akrilno folijo, saj od proizvajalca podatkov o natančni kemijski sestavi folij nismo dobili. Zato smo naredili primerjavo nihajnih spektrov, ki smo jih posneli sami, s spektri poliakrilatnih materialov iz literature. Podobnega preverjanja za poliuretanske lake nismo izvedli, saj so podatki o sestavi premazov navedeni v varnostnih listih (dodatne informacije dobite pri avtorju naloge).

Primerjava vibracijskega (FT-IR) spektra, ki smo ga posneli (slika 19) in FT-IR spektra iz literature (Guorong Duan in sod. 2008), (slika 20 - PMMA – polimetil metakrilat) je naslednja: Traka pri 1150 cm^{-1} in 1250 cm^{-1} lahko prisodimo C-O-C vibracijam. Dva trakova pri 1388 cm^{-1} in pri 754 cm^{-1} lahko prisodimo vibracijam metilnih skupin. Trak pri 987 cm^{-1} je posledica vibracij, skupaj s trakovoma pri 1062 cm^{-1} in 843 cm^{-1} (R. H. G. Brinkhuis in sod. 1990). Trak pri 1732 cm^{-1} nam kaže prisotnost akrilatnih karboksilnih skupin (C=O). Trak pri 1444 cm^{-1} lahko prisodimo upogibnim nihanjem C-H vezi v skupinah CH_3 . Dva trakova pri 2997 cm^{-1} in 2952 cm^{-1} lahko prisodimo razteznim nihanjem C-H vezi v CH_3 in CH_2 zaporednih skupinah. Poleg tega sta tu še dva signala pri 3437 cm^{-1} in 1641 cm^{-1} ki ju lahko prisodimo nihanjem OH skupin (Guorong Duan in sod. 2008). Spektri folij, ki smo jih posneli sami, so praktično identični oziroma so razlike minimalne od opisanega spektra, za katerega smo dobili podatke v literaturi. Na podlagi tega lahko sklenemo, da sta bili testirani foliji res iz polimetil metakrilata, kar sovпада z navedbami proizvajalca o uporabljenem materialu.



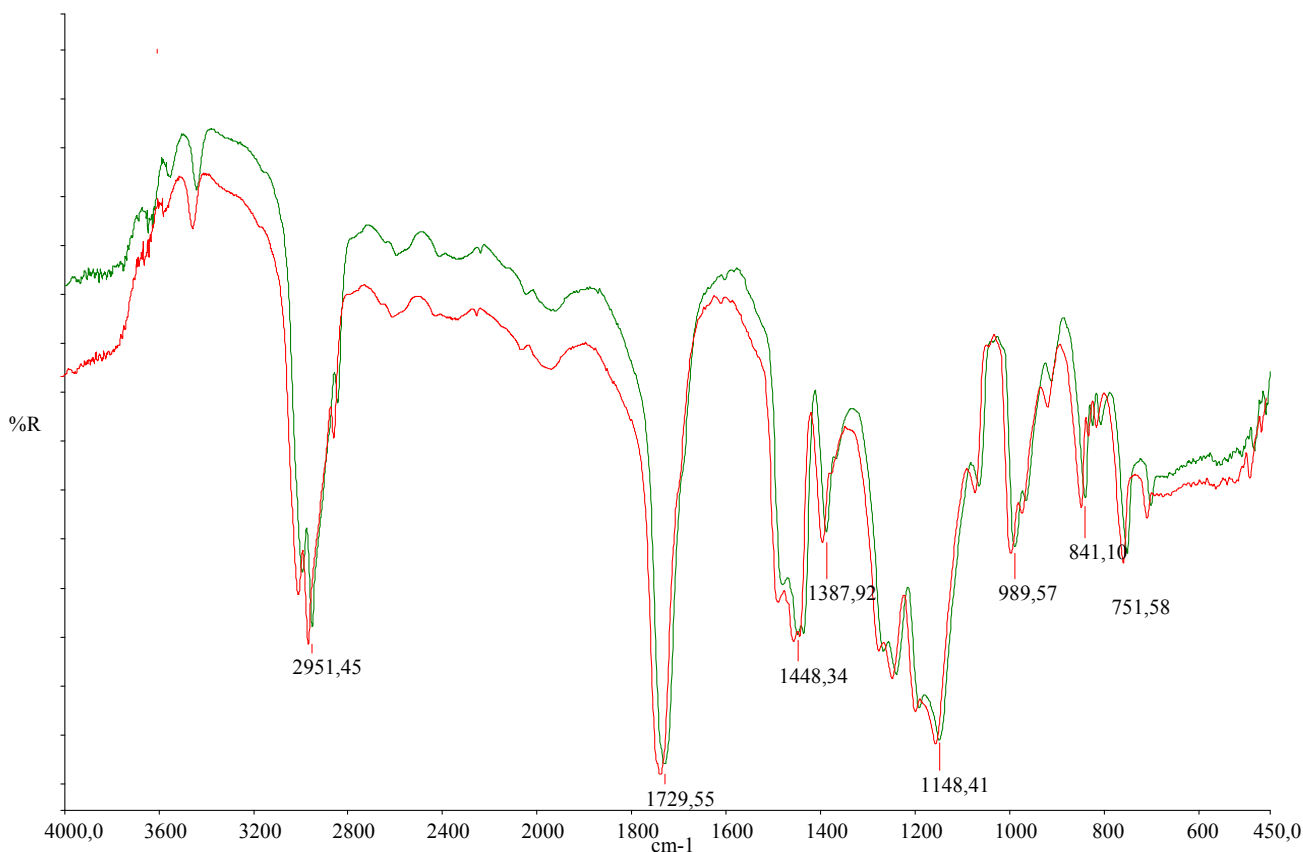
Slika 19: FTIR spekter akrilne folije



Slika 20: FTIR spekter PMMA (Guorong Duan in sod. 2008)

4.4 SPREMLJANJE VPLIVA STARANJA Z METODO INFRARDEČE SPEKTROSKOPIJE

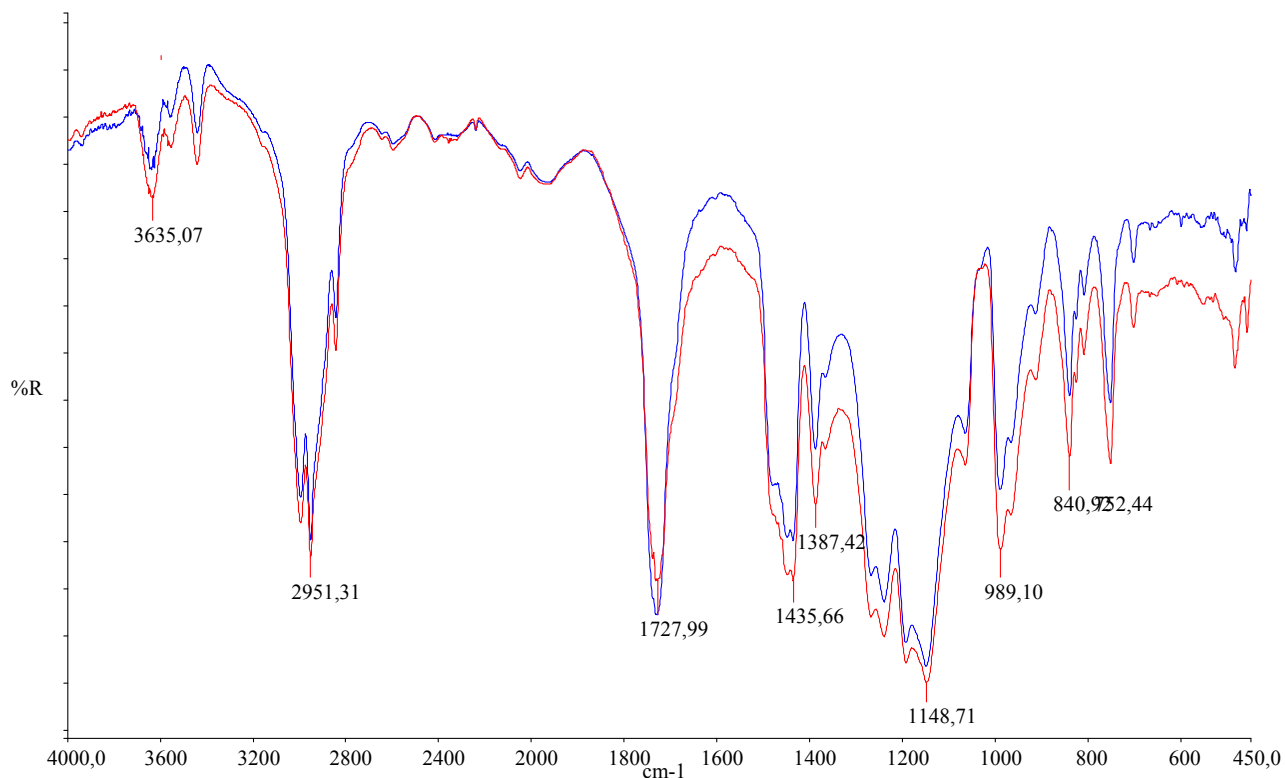
Površine preskušancev: MDF – beli (MDF 1), MDF – rumenkast (MDF 2), AKRIL – beli (AKRIL 1), AKRIL – rumenkast (AKRIL 2), ki smo jih izpostavili 170 - urnemu umetnemu pospešenemu staranju v napravi Atlas, smo preiskali tudi z metodo infrardeče spektroskopijo (FT-IR). Namen preiskav je bil ugotavljanje morebitnih kemijskih sprememb, ki potečejo v zgornjem sloju premaza oziroma folije. Meritve smo opravljali na staranih in nestaranih vzorcih. Glede na zanemarljive spremembe v barvi in sijaju, ki smo jih izmerili pred in med umetnim pospešenim staranjem in po končanem postopku UPS smo predvidevali, da bodo kemijske spremembe prav tako majhne.



Slika 21: FT-IR spekter starane (rdeča krivulja) in nestarane (zelena krivulja) bele akrilne folije (AKRIL 1)

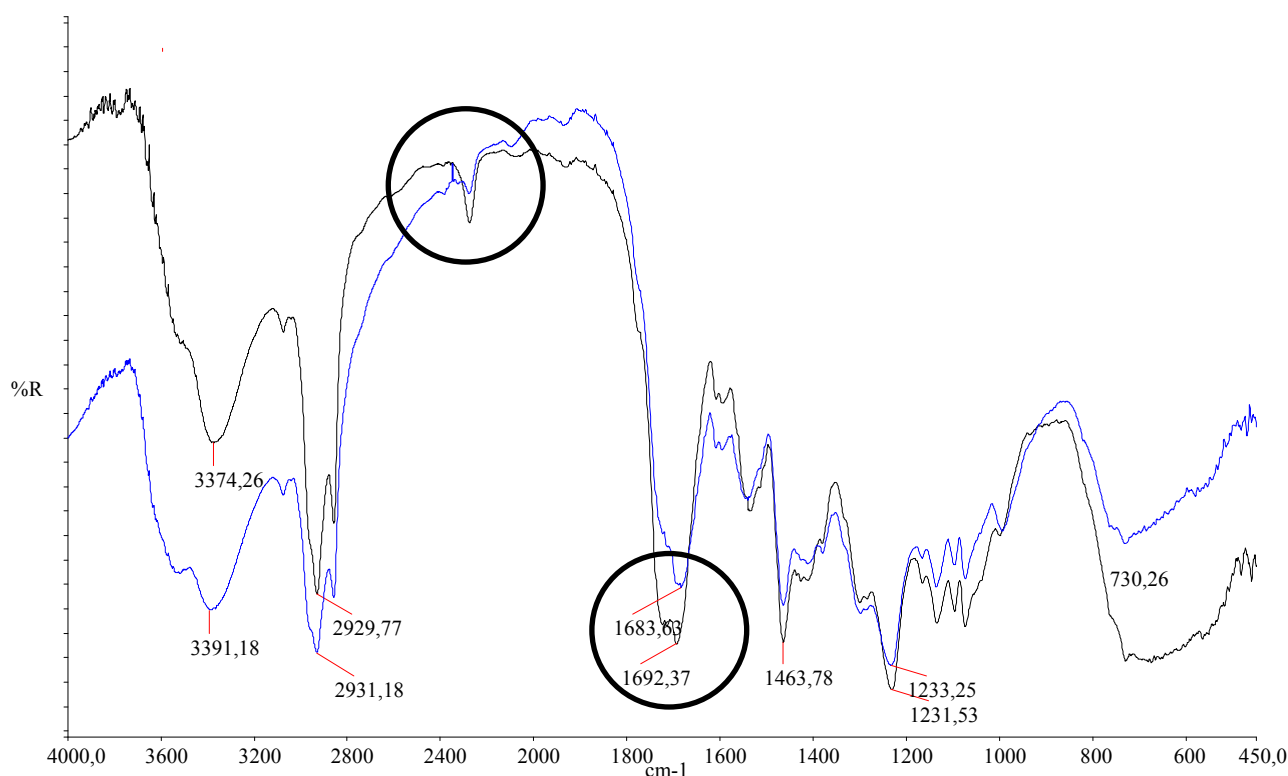
Spektri, na katerih primerjamo starano in nestarano akrilno belo folijo (AKRIL 1) (slika 21) nam pokažejo zanemarljive spremembe v kemični sestavi materiala. Intenziteta nekaterih trakov staranih vzorcev se razlikuje od intenzitete na spektrih nestaranih vzorcev,

vendar je lahko razlogov za tako majhne spremembe več. Ne moremo trditi, da so posledica umetnega pospešenega staranja materiala.



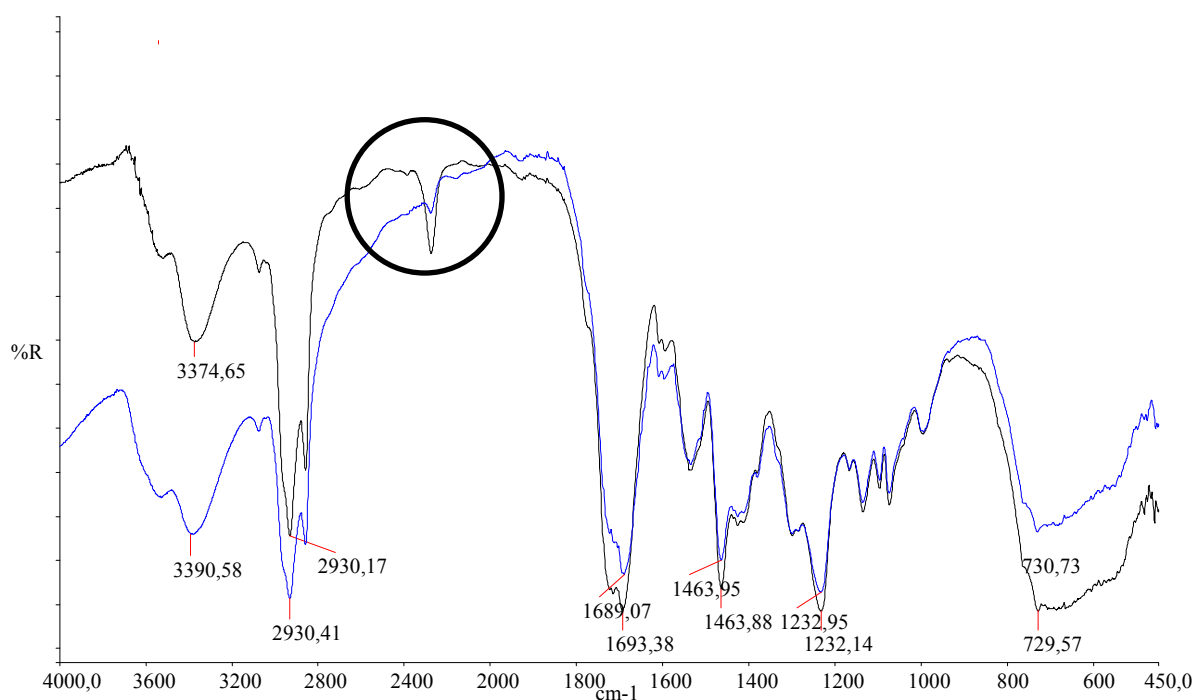
Slika 22: FT-IR spekter starane (rdeča krivulja) in nestarane (modra krivulja) rumenkaste akrilne folije (AKRIL 2)

FT-IR spektri rumenkaste akrilne folije (AKRIL 2) prav tako ne pokažejo sprememb, za katere bi lahko trdili, da so posledica umetnega pospešenega staranja (slika 22), tako kot smo že ugotovili pri beli akrilni foliji (AKRIL 1).



Slika 23: FT-IR spekter staranega (modra krivulja) in nestaranega (črna krivulja) belega poliuretanskega premaza (MDF 1)

Tudi spekter staranega belega poliuretanskega premaza MDF 1 se bistveno ne razlikuje od spektra nestaranega poliuretanskega premaza MDF 1. Spremembo smo opazili pri traku v območju $1680\text{ cm}^{-1} - 1690\text{ cm}^{-1}$, kar je prikazano na sliki 23. Sprememba intenzitete kaže, da je med staranjem v premazu prišlo do kemijskih sprememb. Prav tako smo jih zaznali pri traku v območju $2300\text{ cm}^{-1} - 2400\text{ cm}^{-1}$. Sklepamo, da je prišlo do vibracij ker izocianati v premazu še naprej reagirajo s prostimi skupinami poliolov, kar pomeni, da premaz še naprej zamrežuje.



Slika 24: FT-IR spekter staranega (črna krivulja) in nestaranega (modra krivulja) rumenkastega poliuretanskega premaza (MDF 2)

Slika 24 prikazuje spektre rumenkastega poliuretanskega premaza (MDF 2).. Podobno, kot pri vzorcu MDF 1 opazimo spremembo pri traku v območju $2300\text{ cm}^{-1} - 2400\text{ cm}^{-1}$. To pripisujemo asimetričnemu nihanju izocianatne skupine ($\text{N}=\text{C}=\text{O}$). Izocianati še naprej reagirajo s polioli, kar pomeni, da premaz še naprej zamrežuje. Nihanja niso močno izrazita vendar so opazna. Tak rezultat je bil pričakovan, saj smo vzorce starali s postopkom, ki je simuliral izpostavitve v notranjih prostorih. Običajno so v interieru spremembe barve (ki odražajo tudi kemijske spremembe v sestavi) zelo majhne in če do njih že pride, se to zgodi po več letih ali celo šele po več deset letih uporabe. Rezultati meritev z metodo FT-IR lepo sovpadajo z meritvami barve in sijaja, kjer smo po staranju tudi ugotovili le minimalne spremembe obeh veličin.

4.4.1 Debelina suhega filma

Količina nanosov pri tvorbi posameznega sloja določa debelino suhega filma premaznega sistema. Debelina filma je odvisna tudi od drugih dejavnikov, kot so količina prodora v podlago pri prvem nanosu, delež hlapnih snovi v premazu, ki ga nanašamo, odvzetega volumna zaradi vmesnega brušenja in števila slojev premaza. Od debeline filma premaznega sistema naj bi bili odvisni tudi sijaj, barva ter druge fizikalne, mehanske in kemijske lastnosti obdelane površine.

Rezultati so v preglednici 10, zapisane so povprečne meritve debeline suhega filma nestaranih in staranih vzorcev. Na vsakem vzorcu smo izvedli po 3 meritve. Vidimo, da je debelina filma akrilne folije bistveno večja od debeline filma poliuretanskega laka. Glede na to bi lahko sklepali, da se bodo vzorci z akrilno folijo pri mehanskih testih bolje obnesli vendar se je izkazalo drugače. Upoštevati je potrebno tudi, da gre za dva povsem različna površinska sistema. Prav tako proizvajalec akrilnih plošč navaja, da je debelina filma 1,4 mm, iz meritev, opravljenih po standardu SIST EN ISO 2808:2007 pa vidimo, da je debelina akrilne folije 1,27 mm. Iz podatkov v preglednici 10 je tudi razvidno, da se debeline filmov premaza in folije zaradi staranja niso spremenile.

Preglednica 10: Debelina suhega filma premaza in folije

NESTARANI VZORCI	DEBELINA PREMAZA/FOLIJE (mm)
MDF 1	0,40
MDF 2	0,35
AKRIL 1	1,27
AKRIL 2	1,27
STARANI VZORCI	DEBELINA PREMAZA/FOLIJE (mm)
MDF 1	0,40
MDF 2	0,35
AKRIL 1	1,27
AKRIL 2	1,27

4.4.2 Odpornost proti udarcem

V preglednici 11 so podani rezultati odpornosti proti udarcem, kot ocene poškodb, ki so nastale pri spuščanju uteži z različnih višin na jekleno kroglico. Ocenjevali smo na podlagi navodil iz standarda, pri tem pa smo si pomagali s kontrastnim medijem, da smo poškodbe lažje ocenili. Za večjo natančnost smo za vsako meritev opravili po 5 spustov. Ocene v preglednici so povprečne ocene vseh paralelnih meritev.

Glede na zaloge vrednosti proti udarcem (Oblak in Kričej, 2005) sta v pohištveni industriji sprejemljivi oceni 4 (na mestu udarca je vidna deformacija v obliki udrtine, premazni sistem ali obloga nista razpokana) in 5 (ni sprememb).

Začeli smo pri višini 10 mm, kjer so bili rezultati pričakovani. Pri vseh meritvah so se pojavile manjše udrtine, kar pomeni da ocene 5 ni dobil noben vzorec. Mejni oceni sta tako ostali 4 (sprejemljivo) in 3 (nesprejemljivo).

Iz preglednice 11 lahko vidimo, da so vzorci z akrilno folijo izkazovali bistveno slabše rezultate od vzorcev MDF (plošče, lakirane s poliuretanskim premazom). Pri nestaranih vzorcih AKRIL1 in AKRIL 2 se ocena 3 (nespremenljivo) pojavi že pri višini spusta $h = 100$ mm (slika 26). Nasprotno so nestarani vzorci MDF1 in MDF 2 tudi pri najvišji možni višini $h = 400$ mm še vedno izkazovali oceno 4, ki velja za sprejemljivo (slika 25). Ti rezultati ne odražajo debeline filma oz. folije, kot je bilo že omenjeno, temveč kažejo na to, kako pomembni sta za odpornost proti udarcem kemijska sestava in struktura filmov, ki sta pri poliuretanskem laku in pri foliji prav gotovo popolnoma različni.

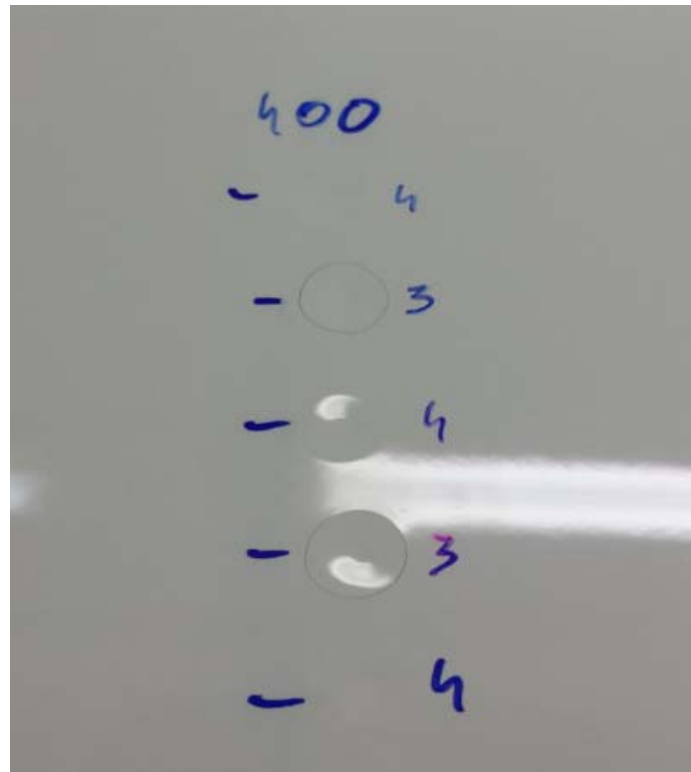
Izpostaviti je potrebno tudi rezultate pri staranih vzorcih. Pri poliuretanskem premazu na vzorcih MDF 1 in MDF 2 ni bilo opazne nobene razlike v odpornosti pred staranjem in po njem. Razlika pa se pojavi pri vzorcih AKRIL 1 in AKRIL 2, kjer je bila po staranju poškodbi dodeljena ocena 3 že pri višini spusta $h = 50$ mm. Torej je staranje vplivalo na odpornost proti udarcem pri površinah z akrilno folijo. To je pomemben rezultat, saj kaže na to, da je folija proti staranju slabše odporna, česar z drugimi prej opisanimi poskusi

nismo ugotovili. Rezultat kaže na to, da so mehanske lastnosti boljši pokazatelj sprememb zaradi staranja od barve in sijaja in spektrov FT-IR.

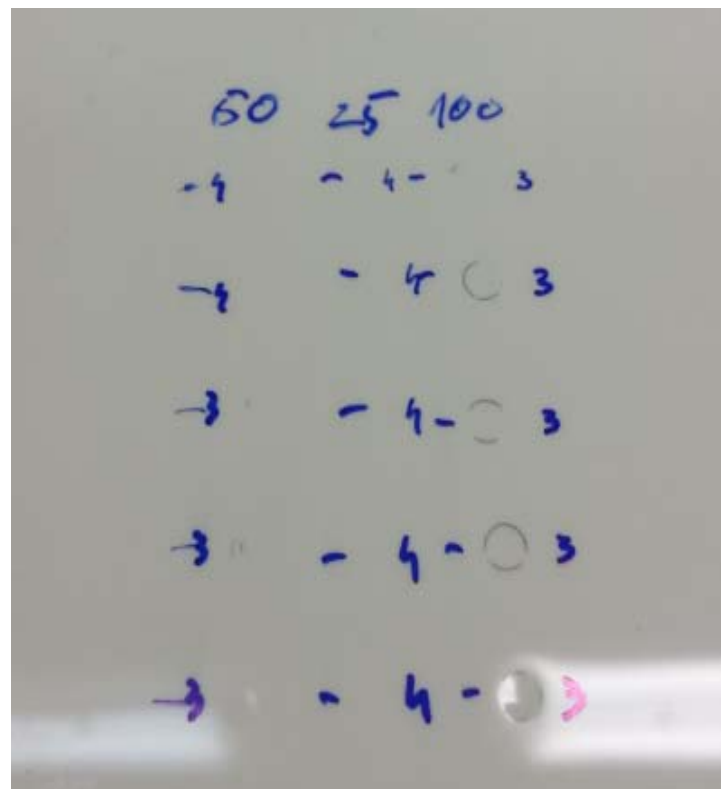
Primerjava rezultatov s tistimi iz literature kaže na to, da sta oba površinska sistema dosegla odlične rezultate. Glede na že objavljene rezultate preskusov (Pavlič in sod. 2003) vidimo, da je povprečna ocena odpornosti proti udarcem z višine 50 mm le 2,7 (površine, premazane s poliuretanskim lakom na podlagah iz iverne in vlaknene plošče).

Preglednica 11: Odpornosti proti udarcem

VZORCI / VIŠINA SPUSTA (mm)	OCENA ODPORNOSTI				
	h = 25	h = 50	h = 100	h = 200	h = 400
NESTARANI VZORCI	OCENA				
MDF 1	4	4	4	4	4
MDF 2	4	4	4	4	4
AKRIL 1	4	4	3	3	3
AKRIL 2	4	4	3	3	3
STARANI VZORCI					
MDF 1	4	4	4	4	4
MDF 2	4	4	4	4	4
AKRIL 1	4	3	3	3	3
AKRIL 2	4	3	3	3	3



Slika 25: Poškodbe na poliuretanskem površinskem sistemu povzročeni z udarci z višine 400 mm



Slika 26: Udarci na akrilnem površinskem sistemu povzročenih iz višin 25 mm, 50 mm in 100 mm

4.4.3 Odpornost proti mikro razenju

Iz rezultatov v preglednici 12 lahko razberemo, da sta oba površinska sistema občutljiva, kar se v praksi najbolj izrazi pri vzdrževanju površin z omenjenima sistemoma oziroma pri čiščenju površin. Podatki so še posebej pomembni za proizvajalce pohištva, zato, da lahko končnim uporabnikom pravilno svetujejo, kako in s kakšnimi materiali naj vzdržujejo površine, da bodo dolgoročno ohranile svoje lastnosti. Mikro raze so namreč zelo tesno povezane tudi s sijajem površin, ki je zelo odvisen od gladkosti površine (glej poglavje 2.5 SIJAJ). Torej, če hočemo, da vgrajeno pohištvo dolgo časa ohrani svoje prvotne lastnosti, moramo pri teh površinskih sistemih še posebno paziti na izbrana sredstva pri vzdrževanju. Kakor koli, vpliva staranja na vzorce MDF 1 in AKRIL 1 in 2 s to metodo nismo opazili, pri vzorcu MDF 2 pa smo opazili celo malenkostno izboljšanje, ker pa gre za zelo majhno spremembo (le 0,1 N) in ker smo imeli le majhno število preskušancev te izboljšave odpornosti proti mikrorazenju zaradi vpliva staranja z zagotovostjo ne moremo potrditi, lahko pa sklepamo, da je to posledica zamreževanja premaza, ki je glede na rezultate FT-IR analize potekalo še med staranjem

Preglednica 12: Odpornost proti mikro razenju

NESTARANI VZORCI	MEJA
MDF 1	0,5 N
MDF 2	0,5 N
AKRIL 1	0,5 N
AKRIL 2	0,8 N
STARANI VZORCI	
MDF 1	0,5 N
MDF 2	0,6 N
AKRIL 1	0,5 N
AKRIL 2	0,8 N

4.4.4 Določanje odpornosti proti hladnim tekočinam

Odpornost proti hladnim tekočinam smo ocenjevali z ocenami od 5 do 1 (5 pomeni zelo dobro in 1 zelo slabo odpornost). Ocenjevali smo v prostoru pri dnevni svetlobi ter v črni komori. Ocene so v preglednici 13 in so ne glede na tekočino ter čas izpostavitve pri vseh površinskih sistemih enake - 5.

To je odličen znak, glede na to, da so testirani materiali namenjeni tudi za kuhinjsko in kopalniško pohištvo, ki je neprestano izpostavljeno različnim tekočinam. S tega vidika so torej vsi obravnavani površinski sistemi primerni za uporabo v omenjenih prostorih. Prav tako se odpornost proti testnim tekočinam zaradi staranja ni spremenila, kar je tudi dober rezultat.

Glede na rezultate preskusov iz literature (Pavlič in sod. 2003), opravljene po enakem standardu vidimo, da je najbolj problematična tekočina alkohol, saj je povprečna ocena samo 3,2. V našem primeru 5. Opazno odstopanje se pojavi tudi pri vodi, kjer je ocena glede na literaturo samo 4,6.

Preglednica 13: Odpornosti proti hladnim tekočinam

SREDSTVO, ČAS IZPOSTAVITVE	OCENA ODPORNOSTI							
	ALKOHOL (40%) 1h		RDEČE VINO 1h		KAVA 1h		VODA 24h	
MESTO OPAZOVANJA	prostor	komora	prostor	komora	prostor	komora	prostor	komora
NESTARANI VZORCI								
MDF 1	5	5	5	5	5	5	5	5
MDF 2	5	5	5	5	5	5	5	5
AKRIL 1	5	5	5	5	5	5	5	5
AKRIL 2	5	5	5	5	5	5	5	5
STARANI VZORCI								
MDF 1	5	5	5	5	5	5	5	5
MDF 2	5	5	5	5	5	5	5	5
AKRIL 1	5	5	5	5	5	5	5	5
AKRIL 2	5	5	5	5	5	5	5	5

4.4.5 Odpornost proti suhi toploti

Odpornostne lastnosti proti suhi toploti so se izkazale za odlične. Edina sprememba, ki jo opazimo (preglednica 14), je na vzorcu MDF 2, kjer smo na nestaranih vzorcih pri opazovanju pod določenim kotom opazili spremembe v sijaju (ocena 4, ki se v praksi še vedno smatra za dopustno). Pri staranih vzorcih te spremembe ni bilo zaznati. Vzrok za to spremembo je po vsej verjetnosti v zamreževanju premaza, ki je potekalo še med staranjem oziroma v vrsti pigmenta, ki je v vzorcih MDF 2 s poliuretanskim površinskim sistemom. Znano je, da vsak pigment, ki ni bel bolje absorbira toploto kar bi lahko privedlo do sprememb v površinskem sistemu.

Če opažene spremembe povežemo z uporabo v praksi, lahko rečemo, da pri lakiranih površinah nad npr. kuhališčem v kuhinji (omare za napo, okoli nape) kjer se sprošča veliko toplote, so površine z barvnimi pigmenti (ne belimi) manj primerne, saj s časom lahko začnejo spreminjati svojo strukturo. Enako kot pri ostalih lastnostih pri večini površinskih sistemih tudi vpliva staranja na spremembo odpornosti proti staranju nismo opazili.

Odlične rezultate lahko potrdimo še z že objavljenimi podatki (Pavlič M in sod. 2003), kjer je povprečna ocena pri temperaturi 110°C le 3,5. Objavljeni rezultati so bili pridobljeni po istem standardu s podobnimi karakteristikami premaza in podlage.

Preglednica 14: Odpornost proti suhi toploti

VZORCI	OCENA ODPORNOSTI, T = 100°C	
	MESTO OPAZOVANJA	
NESTARANI VZORCI	prostor	komora
MDF 1	5	5
MDF 2	4	4
AKRIL 1	5	5
AKRIL 2	5	5
STARANI VZORCI		
MDF 1	5	5
MDF 2	5	5
AKRIL 1	5	5
AKRIL 2	5	5

4.5 UMETNO POSPEŠENO STARANJE V KORELACIJI Z NARAVNIM STARANJEM

Korelacijo umetnega in naravnega staranja je praktično nemogoče določiti. Primerjave se pripravijo na podlagi absorbirane energije v določenem časovnem obdobju. Vendar, glede na nekatere starejše zapise in raziskave postopkov umetnega pospešenega staranja (Russ in Zumpe, 1974), kjer je veljalo, da 23 dnevno pospešeno staranje pri temperaturi 50°C imitira obremenitev, ki nastopi približno po 5 letni uporabi pohištva v centralno ogrevanem prostoru in vsakodnevni izpostavitvi UV svetlobi v notranjost lahko sklepamo, da 170 h UPS v napravi Atlas pod pogoji, opisani v poglavju »Materiali in metode – umetno pospešeno staranje« imitira 1,5 do 2,5 letno izpostavitvev pogojem v interieru.

5 SKLEPI

Ugotovili smo, da sta področji staranja poliuretanskih premazov v notranji uporabi in področje uporabe akrilnih folij za obdelavo pohištva še zelo neraziskani, zato menimo, da so naši podatki oziroma rezultati pomemben prispevek k razjasnitvi obravnavanih vprašanj.

Glede na vse pogostejšo uporabo učinka visokega sijaja v pohištveni industriji, smo dobili nekaj zelo koristnih rezultatov, ki nam pomagajo pri izbiri površinskega sistema z učinkom visokega sijaja.

Merjenje barve pred umetnim pospešenim staranjem in po njem je pokazalo, da so spremembe barve zaradi staranja, izmerjene v CIELAB sistemu, zelo majhne oziroma zanemarljive. Vseeno lahko izpostavimo, da imata vzorca, kjer je v površinskem sistemu več rumenkastega pigmenta boljše rezultate, po čemer lahko sklepamo, da povišana vsebnost nebelega pigmenta pozitivno vpliva na odboj UV svetlobe ter, da so vsi obravnavani površinski sistemi glede obstojnosti barve primerni za uporabo v pohištveni industriji.

V vseh primerih smo z meritvami potrdili zelo visok sijaj obdelanih površin. Nekoliko višji sijaj je bil izmerjen na poliuretanskem površinskem sistemu. Staranje ni imelo posebnega vpliva na sijaj, kar je odlična informacija za izdelovalce pohištva. Vzorednic z vrsto pigmentnih delcev v premazu oziroma foliji tu ni bilo zaznati. Glede na to, da je sprememba sijaja močno povezana s povečanjem hrapavosti oziroma valovitostjo površine lahko sklepamo, da so se testirani površinski sistemi odlično obnesli, saj površina glede na rezultate meritev sijaja ostaja relativno gladka.

Minimalne spremembe barve in sijaja pred staranjem in po njem potrjujejo tudi nihajni (FT-IR) spektri, ki so pokazali, da kemičnih sprememb v folijah ni, ali pa so bile tako minimalne, da jih s to tehniko nismo mogli zaznati. Drugače se je obnašal poliuretanski premaz, kjer smo opazili očitne spremembe v intenziteti trakov, ki nakazujejo na dodatno

zamreževanje premaza in s tem na kemične spremembe med postopkom staranja. Le-te nimajo bistvenega vpliva na spremembe barve in sijaja.

Z metodo FT-IR spektroskopije smo potrdili, da so bile testirane folije izdelane iz poli (metil metakrilat). Komercialni izraz akril, torej akrilna folija, je zato primeren.

Rezultati mehanskih preskusov pred staranjem in po njem niso pokazali bistvenih razlik. Spremembe smo zaznali le pri odpornosti na udarce, in sicer pri akrilni foliji: odpornost se je zaradi staranja zmanjšala. Opazili pa smo bistvene razlike odpornosti na udarce med poliuretanskimi premazi in akrilnimi folijami. Odpornost slednje je bistveno slabša, zato je le-ta manj primerna za uporabna na mestih, kjer se udarci na površini pogosteje pojavljajo. Glede na podatke v literaturi je bila odpornost testiranega poliuretanskega premaza in preskušene akrilne folije nadpovprečna.

Z merjenjem debeline suhega filma smo opazili, da proizvajalec v svoji dokumentaciji navaja napačne podatke. Navedena debelina filma je 1,4 mm, iz meritev, opravljenih po standardu SIST EN ISO 2808:2007 pa vidimo, da je debelina akrilne folije 1,27 mm. Prav tako debelina filma pri poliuretanskem laku ($d = 0,4$ mm) v primerjavi z debelino akrilne folije ($d = 1,27$ mm) nima nobenega vpliva na odpornostne lastnosti, saj so le-te pri PU premazih bistveno boljše, čeprav je debelina filma manjša. Seveda moramo upoštevati, da gre za dva povsem različna površinska sistema.

Test odpornosti proti mikro razenju je pokazal, da sta oba površinska sistema zelo občutljiva. Staranje je na odpornost poliuretanskih premazov proti razenju imelo pozitiven vpliv, saj se je le-ta izboljšala. Razlog za to je zamreževanje premaza med procesom staranja. Na odpornost akrilnih folij pa ni imelo nobenega vpliva. Enako velja tudi za test odpornosti proti hladnim tekočinam. S tem smo tudi dokazali, da hladne tekočine nimajo bistvenega vpliva na testirane površine.

Izpostavili bi še odpornost proti suhi toploti. Sprememb zaradi staranja ni bilo vidnih, smo pa po izpostavitvi toploti opazili spremembe (sprememba sijaja, vidna pod določenim kotom) na vzorcih z rumenkastim PU premazom. Sklepamo, da je vzrok za spremembo

vrsta pigmenta v teh vzorcih. Pigment, ki ni bel namreč dobro absorbira toploto, kar bi lahko privedlo do zaznanih sprememb v površinskem sistemu. Po primerjavi naših ocen z ocenami iz literature vidimo, da so preskušeni površinski sistemi dosegli nadpovprečne rezultate.

Končni sklep je, da umetno pospešeno staranje nima velikega oziroma ima zanemarljiv vpliv na izbrane lastnosti (barva, sijaj, mehanske lastnosti) lakiranih površin in folij. Prav tako ima zelo majhen vpliv na staranje vrsta pigmenta v premazu oziroma foliji. Glede na vse teste, ki smo jih opravili, pa bi za uporabo v praksi vseeno bolj priporočili lakirane površine z učinkom visokega sijaja.

6 POVZETEK

V nalogi smo testirali izbrane lastnosti dveh površinskih sistemov v dveh barvah, ki ustvarjajo videz visokega sijaja. Najbolj nas je zanimal vpliv umetnega pospešenega staranja na barvo in sijaj ter mehanske lastnosti poliuretanskega premaznega sistema in akrilne folije pred staranjem in po njem. Prav tako nas je zanimala primerjava lastnosti teh dveh površinskih sistemov, ker se pogosto uporabljata v praksi.

Vzorci so bili pripravljeni po standardnih postopkih, ki jih v podjetju uporabljajo v proizvodnji. Na vzorcih smo vplive umetnega pospešenega staranja ugotavljali z naslednjimi testi oziroma merjenji:

- merjenje barve,
- merjenje sijaja,
- snemanje FT-IR spektrov,
- merjenje debeline utrjenega filma,
- določanje odpornosti proti udarcem,
- določanje odpornosti proti mikro razenju,
- določanje odpornosti proti hladnim tekočinam,
- določanje odpornosti proti suhi toploti.

Spremembe barve in sijaja so bile po izpostavitvi umetnemu pospešenemu staranju zelo majhne oziroma zanemarljive. To smo potrdili še z raziskavami z metodo FT-IR spektroskopije, kjer rezultati pokažejo, da so kemijske spremembe pri folijah zelo majhne, ali pa le-teh s to metodo nismo mogli detektirati v večjem obsegu. Zaznali pa smo spremembe v poliuretanskih premazih, ki so med postopkom staranja še vedno zamreževali.

Spremembe lastnosti površinskega sistema so bile majhne tudi po primerjavi rezultatov mehanskih testov staranih in nestaranih vzorcev. Opazna razlika je bila samo pri preskušanju odpornosti proti udarcem. Akrilni foliji so se odpornostne lastnosti poslabšale. Ugotovilo smo, da vrsta pigmenta (rumenkasti) pozitivno vpliva na odboj UV svetlobe, vendar taki premazi bolj absorbirajo toploto in se zato poslabša njihova odpornost proti toploti.

Splošna primerjava premaznih sistemov po izvedenih testih odpornostnih lastnosti kaže na to, da so lakirane površine bolj odporne in s tem primernejše za uporabo. Če pogledamo rezultate v celoti in jih primerjamo s podatki v literaturi, lahko trdimo, da sta oba testirana površinska sistema primerna za uporabo v pohištveni industriji.

7 VIRI

Alić O. 1998. Površinska obrada drveta. Sarajevo, Mašinski fakultet: 285 str.

Bentley J., Turner G. P. A. 1998. Introduction to Paint Chemistry and Principles of Paint Technology. Fourth edition. London, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, Chapman and Hall: 281 str.

Bizjak G. 2002. Svetloba in barva. Gradbenik, 2: 12-15

Božič D. 2001. Fiziologija barvnega čuta. V: Interdisciplinarnost barve. 1. del. V znanosti.

Čermak M. 2002. Poliuretanski laki. Korak, 3: 40-41

Guorong D., Chunxiang Z., Aimei L., Xujie Y., Lude L., Xin W. 2008. Preparation and Characterization of Mesoporous Zirconia Made by Using a Poly (methyl methacrylate) Template. Nanoscale Research Letters, 3, 3: 118-122

ISO/DIS 7724-3. Paints and varnishes – Colorimetry – Part 3: Calculation of colour differences by CIELAB (Revision of ISO/DIS 7724-3:1984). 1997: 5 str

ISO 11341 1A:2004 Paints and varnishes -- Artificial weathering and exposure to artificial radiation -- Exposure to filtered xenon-arc radiation

Kaiser P. K. 2005. The Joy of Visual Perception: A Web Book. York University.
<http://www.yorku.ca/eye/>(6. apr. 2006)

Kladnik R. 1977. Osnove fizike. II. del. Ljubljana, DZS: 342 str.

Klanjšek Gunde M. 1999. Svetloba in barve. V: Strokovni seminar Numerično vrednotenje barve. Jeler S., Kumar M. (ur.). Ljubljana, 15. oktober 1999. DKS: 10 str

- Klanjšek Gunde M. 2001. Svetloba in barve - fizikalni vidik. V: Interdisciplinarnost barve. 1. del. V znanosti. Jeler S., Kumar M. (ur.). Maribor, DKS: 15-55
- Kolb H., Fernandez E., Nelson R. 2001. Webvision. The Organization of the Retina and Visual System. (Feb. 2001).
- Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2 dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura d.o.o: 184 str.
- Kumar M. 2001. Barvnometrične metode in aparature. V: Interdisciplinarnost barve. 1. del. V znanosti. Jeler S., Kumar M. (ur.). Maribor, DKS: 233-266
- Kričej B. 2007. Spreminjanje barve prosojnih površinskih sistemov v interieru, Diplomsko delo. Ljubljana, Visokošolski strokovni študij. Študij lesarstva: 80 str.
- Kristan B. 2004. Pospešeno staranje poliuretanskega premaza na vratih kuhinjskih elementov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Odd. za lesarstvo: 42 str.
- Les espaces de couler. 2006. <http://www.profil-couleur.com/ec/106-espace-couleur-cie-rgb.php> (3. apr. 2006)
- Oblak L., Kričej B. 2005. Vrednotenje površinskih sistemov in izbira premaznega sistema z večkriterijskim odločitvenim modelom.. Zbornik gozd. in les, 76: 147-166
- Pavlič M., Kričej B., Petrič M. 2008. Spektrofotometer – inštrument za numerično vrednotenje barve in barvnih razlik. Les, 60, 1: 22-23
- Pavlič M., Kričej B., Tomažič M., Petrič M. 2003. Kakovost površinskih sistemov pohištva slovenskih proizvajalcev. Les, 55, 10: 322-327

R. H. G. Brinkhuis., A. J. Schouten. 1990. Thin-Film Behavior of Poly(methyl methacrylates). 2. An FT-IR Study of Langmuir-Blodgett Films of Isotactic PMMA. *Macromolecules*, 24: 1496-1504

Russ W., Zumpe W. 1974. Zur Bewertung der Oberflächengüte von Möbeln. *Holztechnologie*, 15: 234-238

Sears F. W., Zemansky M. W. 1964. *University Physics*. 3rd edition. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley publishing company: 1028 str.

SIST EN ISO 2808:2007 - Barve in laki - Ugotavljanje debeline plasti (ISO 2808:1997) - Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:2007).

SIST EN 12720:2009+A1:2014 - Pohištvo - Ocenjevanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam (vključno z dopolnilom A1) - Furniture - Assessment of surface resistance to cold liquids

SIST EN 12722:2009+A1:2014 - Pohištvo - Ocenjevanje odpornosti površine proti suhi toploti (vključno z dopolnilom A1) - Furniture - Assessment of surface resistance to dry heat

SIST EN 13722:2004 - Pohištvo – Ugotavljanje sijaja površine - Furniture – Assessment of the surface gloss

SIST EN 15186:2012 - Pohištvo - Ocenjevanje odpornosti površine proti razenju - Furniture - Assessment of the surface resistance to scratching.

SIST ISO 4211-4:1995 - Pohištvo - Preskusi površin - 4. del: Ugotavljanje odpornosti proti udarcu - Furniture - Tests for surfaces - Part 4: Assessment of resistance to impact.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marko Petriču za njegov čas, znanje in kritike pri izdelavi magistrskega dela in za opravljeno strokovno recenzijo.

Rada bi se zahval tudi za pomoč pri eksperimentalnem delu in za pomoč s strokovnimi nasveti. Hvala.

Iskrena hvala mojim najbližjim za podporo in potrpežljivost pri doseganju zastavljenih ciljev.

Hvala vsem.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Martin ZUPANC

**VPLIV STARANJA NA POLIURETANSKE
PREMAZNE SISTEME IN SINTETIČNE POLIMERNE
FOLIJE V INTERIERU**

MAGISTRSKA NALOGA

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2015