

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan GRAMC

**PRIMERJAVA NARAVNEGA IN UMETNEGA POSPEŠENEGA
STARANJA LAZURNIH PREMAZOV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL ACCELERATED
AGEING OF STAINS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Eksperimentalno delo je bilo izvedeno v:

- Laboratorijih Katedre za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
- Zunanjih prostorih podjetja Tanin Sevnica, Kemična industrija d.d, Sevnica

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja imenoval prof. dr. Marka Petriča ter za recenzenta prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Član:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Boštjan Gramc

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.1
KG	lazura/naravno staranje/umetno pospešenostaranje/oprijemnost/sijaj/barva/prepustnost za vodo
AV	GRAMC, Boštjan
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	PRIMERJAVA NARAVNEGA IN UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA LAZURNIH PREMAZOV
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 46 str., 11 pregl., 22 sl., 21 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Za površinsko zaščito lesa, ki je namenjen zunanji uporabi, so se uveljavili lazurni premazi z akrilnim vezivom na vodni osnovi. Izdelki so med uporabo, skupaj s premaznim sistemom, izpostavljen različnim vremenskim vplivom - staranju. Vplive staranja na površinski sistem lahko ugotavljamo tako z naravnim, kot z bistveno hitrejšim umetnim pospešenim staranjem. Da bi ugotovili vplive staranja na lastnosti premazov in med seboj primerjali naravno in umetno pospešeno staranje, smo obema postopkom staranja izpostavili devet različnih akrilnih lazurnih sistemov. Premazni sistemi so se razlikovali v barvnem tonu, številu slojev filmov premaza, tehniki nanašanja ter po vsebnosti različnih vrst UV absorberjev. Pred, med in po staranju smo preučevali sijaj, barvo, pojav napak, oprijemnost premaza, določeno po metodi z odtrgovanjem pečatov in mokro oprijemnost, določeno z metodo križnega zarezovanja. Ugotavljeni smo še prepustnost premaznega sistema oz. absorpcijo vode preko filma v premazane preskušance. Rezultati so pokazali, da imata oba postopka staranja podoben vpliv na testirane površinske sisteme, kar še posebej velja za barvo in sijaj. Barvno stabilnost in majhne spremembe sijaja med staranjem lahko zagotovimo s pravilno izbiro UV absorberja. Izkazalo se je tudi, da ima debelina premaznega sistema pomemben vpliv na njegovo oprijemnost in prepustnost za tekočo vodo. Povezav med nastankom napak na premaznem sistemu pri umetnem pospešenem in pri naravnem staranju nismo potrdili, verjetno zaradi prekratkega časa izpostavitve vremenskim vplivom med postopkom naravnega staranja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*829.1
CX stain/natural ageing/artificial accelerated ageing/adhesion/gloss/colour/water permeability
AU GRAMC, Boštjan
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TI COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL ACCELERATED AGEING OF STAINS
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 46 p., 11 tab., 22 fig., 21 ref.
LA sl
AL sl/en
AB For the surface protection of wood, intended for outdoor use, stain coatings with water-based acrylic binders have been established. During the use, so products as well as a coating system are exposed to weathering—ageing. The effects of ageing on a surface system can be determined with natural as well as with a significantly faster artificial accelerated ageing. To determine the effects of ageing on characteristics of coatings and to compare the natural and artificial accelerated ageing, we subjected nine various acrylic stain systems to both ageing procedures. The coating systems differed in hue, the number of layers of coating films, application technique, and content of various UV absorber types. Before, during and after ageing we therefore examined gloss, colour, defect occurrence, adhesion of a coating determined using the pull-off test method, and wet adhesion determined using the cross-cut test method. We also determined the permeability of a coating system, i.e. water absorption through a film into the coated test pieces. The results showed that both ageing procedures have similar effects on the tested surface systems, which is especially true for colour and gloss. Colour stability and small changes in gloss during ageing can be achieved with the right choice of an UV absorber. Additionally, the thickness of a coating system has been shown to have a significant effect on its adhesion and liquid water permeability. The links between the occurrence of defects on a coating system in the artificial accelerated and natural ageing were not confirmed, probably due to a too-short weathering period during the natural ageing procedure.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
1 UVOD	1
1.1 UVOD IN PREDSTAVITEV PROBLEMA	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 LAZURE	2
2.2 SESTAVA LAZURNIH PREMAZOV	3
2.3 UTRJEVANJE PREMAZOV	5
2.3.1 Fizikalno utrjevanje	5
2.3.2 Kemično utrjevanje	5
2.4 LASTNOSTI PREMAZNEGA SREDSTVA	5
2.5 STARANJE PREMAZOV	6
2.5.1 Naravno staranje	6
2.5.2 Umetno pospešeno staranje	6
3 MATERIAL IN METODE	10
3.1 PRIPRAVA VZORCEV	10
3.1.1 Premazni sistemi Tanin Sevnica d.d.	10
3.1.2 Oznake vzorcev	10
3.2 METODE	15
3.2.1 Umetno pospešeno staranje vzorcev	15
3.2.2 Naravno staranje vzorcev	17
3.2.3 Določanje sijaja površine vzorcev	18
3.2.4 Določanje barve površine vzorcev	18
3.2.5 Ugotavljanje pojava napak	20
3.2.6 Določanje prepustnosti premazov za vodo po standardu	21
3.3 OPRIJEMNOST	21
3.3.1 Določanje oprijemnosti s postopkom odtrgovanja pečatov	22
3.3.2 Določanje vlažne oprijemnosti s križnim zarezovanjem	22
3.3.3 Določanje debeline suhega filma	24
4 REZULTATI	25
4.1 VPLIVI STARANJA NA SIJAJ PREMAZNIH SISTEMOV	25
4.1.1 Vpliv UPS na sijaj premaznih sistemov	25
4.1.2 Vpliv naravnega staranja na sijaj premazov	26

4.2	VPLIV STARANJA NA BARVO	27
4.2.1	Vpliv UPS na barvo	27
4.2.2	Vpliv naravnega staranja na barvo	28
4.3	POJAV NAPAK	30
4.3.1	Napake zaradi izpostavitve UPS	30
4.3.2	Napake pri naravnem staranju	31
4.4	VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA OPRIJEMNOST PREMAZA (PO METODI Z ODTRGOVANJEM PEČATOV)	31
4.5	VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA MOKRO OPRIJEMNOST	32
4.6	VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA PREPUSTNOST PREMAZOV ZA NAVZEM VODE	34
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	36
5.1	RAZPRAVA	36
5.1.1	Primerjava spremembe sijaja po izpostavitvi UPS in naravnemu staranju	36
5.1.2	Primerjava spremembe barve po izpostavitvi UPS in naravnemu staranju	38
5.1.3	Primerjava napak zaradi izpostavitve UPS in naravnemu staranju	39
5.1.4	Oprijemnost premaznih sistemov	40
5.1.5	Prepustnost premaznih sistemov	40
5.2	SKLEPI	41
6	POVZETEK	43
7	VIRI	45
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Postopek staranja po UPS (standard SIST EN 927-6:2007)	9
Preglednica 2: Oznake in opis raziskovalnih vzorcev	11
Preglednica 3: Podrobni pregled oznak in opis vzorcev	11
Preglednica 4: Premazni sistemi in njihove osnovne značilnosti	14
Preglednica 5: Spremembe vrednosti barvnih koordinat zaradi UPS po 1007 ciklusu	28
Preglednica 6: Spremembe vrednosti barvnih koordinat in barve po naravnem staranju	29
Preglednica 7: Razpoke (R) na premaznih sistemih po 51. ciklih UPS	30
Preglednica 8: Ocena mehurjenja - preboj smole po 51 ciklih UPS	31
Preglednica 9: Relativne spremembe sijaja po 504 ciklusih UPS	37
Preglednica 10: Relativne spremembe sijaja po 1007 ciklusih UPS	38
Preglednica 11: Prepustnost premaznih sistemov za vodo pred/po UPS-u	41

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Vzorec (bor in surova deska), pripravljeni za izpostavitev	15
Slika 2: Vzorci (quebracho in surova deska), pripravljeni za izpostavitev	15
Slika 3: Naprava za UPS na BF v Ljubljani - faza mirovanja	16
Slika 4: Primer naravnega staranja premaznih sistemov (foto: M. Pavlič)	17
Slika 5: Primer meritve sijaja na vzorcih	18
Slika 6: Primer meritve barve na vzorcih	20
Slika 7: Izpostavitev vzorcev prepustnosti za vodo	21
Slika 8: Nalepljeni pečati na vzorce	22
Slika 9: Na zarezane rešetke postavljene prepojene bombažne krpe	23
Slika 10: Na prepojene zarezane rešetke nalepljen lepilni trak	23
Slika 11: Ocenjevanje oprijemnosti po SIST EN ISO 2409	23
Slika 12: Sijaj v odvisnosti od števila ciklov UPS	25
Slika 13: Relativna sprememba sijaja po izpostavitvi UPS, glede na sijaj pred izpostavitvijo	26
Slika 14: Relativna sprememba sijaja pri naravno staranih površinsko obdelanih vzorcih	27
Slika 15: Sprememba barve po izpostavitvi UPS	28
Slika 16: Sprememba barve zaradi naravnega staranja	29
Slika 17: Vpliv izpostavitve UPS na oprijemnost premaznih sistemov, določeno z metodo odtrgovanja pečatov	32
Slika 18: Kontrolni vzorci, testirani na mokro oprijemnost pred staranjem	33
Slika 19: Premazni sistemi, starani po metodi UPS, testirani na mokro oprijemnost po zaključku UPS	34
Slika 20: Primerjava absorpcije vode na vzorcih pred in po UPS-u	35
Slika 21: Primerjava vplivov UPS in naravnega staranja na relativno znižanje sijaja	37
Slika 22: Vplivi UPS-a in naravnega staranja na barvo testnih sistemov	39

KAZALO PRILOG

- Priloga A: Meritve sijaja po ciklih UPS-a
- Priloga B: Meritve sijaja na vzorcih naravnega staranja
- Priloga C: Meritve barvnih vrednosti po ciklih UPS-a
- Priloga D: Meritve barvnih vrednosti na vzorcih naravnega staranja
- Priloga E: Pojav napak po ciklih UPS-a
- Priloga F: Oprijemnost z metodo odtrgovanja pečatov pred staranjem
- Priloga G: Oprijemnost z metodo odtrgovanja pečatov po UPS staranju
- Priloga H: Vlažna oprijemnost po metodi s križnim zarezovanjem (pred in po UPS staranju)
- Priloga I: Navzem vode na vzorcih pred UPS - staranjem
- Priloga J: Navzem vode na vzorcih po UPS - staranju

1 UVOD

1.1 UVOD IN PREDSTAVITEV PROBLEMA

Les je organski material, zato je zaradi vpliva zunanjih dejavnikov, med katerimi ločimo biotske in abiotske, izpostavljen procesom razgradnje. Med najpomembnejšimi abiotskimi dejavniki razgradnje lesa so vremenski vplivi (ultravijolično sevanje - UV, oksidacija, vlaga, spremenljive temperature), mehanske poškodbe in kemikalije. Na te zunanje dejavnike lahko vplivamo s pravilno izbiro zaščite lesa. Med površinska zaščitna sredstva za les pred abiotskimi dejavniki razgradnje uvrščamo tudi lazure.

Odpornost lazurnih premazov za les pred vplivi vremena, in s tem tudi lesa pod lazurnimi premazi, je možno izboljšati z različnimi UV zaščitnimi dodatki (pigmenti, UV absorberji, lovilci prostih radikalov,...). Prav tako na trajnost premazov, ki so v uporabi na prostem, vpliva tudi barva premaza, postopek površinske obdelave, debelina filma, ipd. Preden pridejo novi premazi na trg, morajo biti preizkušeni s postopkom naravnega staranja oziroma izpostavitev vremenskim vplivom. Ker pa je naravno staranje zelo dolga faza v razvoju premazov, se je razvila tehnika laboratorijskega umetnega pospešenega staranja (UPS). Laboratorijska tehnika staranja je najboljši približek naravnemu staranju, saj ciklično v hitrih zaporednih fazah posnema staranje v naravi. Pri tem se postavlja vprašanje, kakšno povezavo imajo rezultati, ki jih dobimo z naravnim staranjem in rezultati po UPS.

V obdobju izvajanja procesov staranja po obeh metodah, so bili akrilni vodni lazurni premazi na tržišču razmeroma novi. Danes se ti lazurni premazi vedno bolj uveljavljajo in izpodrivajo alkidne premaze za zunanjou zaščito stavbnega pohištva. Pomen raziskovanja zaščite in trajnosti premaza je zato velik, saj je le od sestave premaznega sredstva odvisno, kako kvalitetno je, kar je pomemben dejavnik izbire lazure pri končnih uporabnikih. Na prodajni uspeh lazurnega premaza vsekakor ne vplivata izključno kvaliteta osnovnih sestavin in kvaliteta premaza, vseeno pa ima kvaliteta pomemben delež v končni prodajni formuli za uspeh premaza na trgu.

Slovenski proizvajalec Tanin Sevnica d.d. je pripravil premaze za eksterier, ki so vsebovali različne UV zaščitne dodatke, testni vzorci so bili površinsko obdelani z dvema postopkoma - s premazovanjem s čopičem ali s potapljanjem. Izvedli smo naravno izpostavitev vremenskim vplivom ter UPS v laboratoriju in ugotavljal primerljivost obeh postopkov staranja. Cilj naloge je bil ugotoviti korelacije med obema postopkoma staranja in določiti, kateri premaz med vsemi preskušanimi je najbolj odporen proti vremenskim vplivom.

2 PREGLED OBJAV

2.1 LAZURE

Lazure so sestavljene iz zmesi različnih smol in dodatkov. Zelo pogosto so to alkidne smole, ki so raztopljene v organskih topilih. V kolikor pa so lazure izdelane na vodni osnovi, običajno vsebujejo polikrilatna veziva. Po tej definiciji se lazure ne razlikujejo od klasičnih lakov. Vendar pa se odlikujejo z različnimi specifičnimi lastnostmi, na osnovi katerih jih na področju površinske obdelave lesa (POD) lahko razvrstimo v posebno skupino premazov za les. Glede na debelino filma razlikujemo lazure (tanjši filmi) in lak lazur (debelejši filmi). Osnovne lastnosti lazur so (Pečenko, 1987):

- Lazure so v glavnem obarvane, zaradi dodatka manjše količine zelo drobnih pigmentov in barvil. Z njim se oblikujejo neprozorni filmi, ali veliko bolj pogosto transparentni filmi, tako da tekstura lesa ostane vidna.
- Lazurne premaze najbolj pogosto uporabljajo za obdelavo (zaščito) proizvodov, ki so izpostavljeni atmosferskim vplivom. To pa ne pomeni, da jih ne uporabljam za obdelavo proizvodov, ki jih so v uporabi v zaprtih prostorih.
- Lazure v prvem nanosu lahko nanašamo z najenostavnejšimi postopki, ročno s čopičem, z gobo, s potapljanjem in oblivanjem. Naslednje plasti lahko nanesemo po istih postopkih. Nanašanje lak lazur je bolj zahtevno, a še vedno manj kot je nanašanje klasičnih lakov in barv.
- Pigmentirane lazure za prvi nanos lahko uporabimo za barvanje lesa, tako da v tem pogledu lahko zamenjajo lužila, kar ima pomembne prednosti pred klasičnim luženjem. Z lazurami formiramo film, pri luženju lesa pa ne. Lazure zelo dobro penetrirajo v les in omogočajo zaščito lesa tako, da ohranijo teksturo lesa vidno, ali pa le-to celo poudarijo.
- Po prvem nanosu lazure je običajno film na leseni površini tako tanek, da njegove debeline ne moremo izmeriti. Namen prvega nanosa je v tem, da prodre čim globlje v površinski sloj lesa in utrdi površinski sloj lesa za bolj uspešen nanos drugega in/ali nadaljnjih slojev premaza. Dobro penetracijo lazure v površinski sloj lesa omogočajo nizka viskoznost, dobra sposobnost omakanja in razlivanja, majhna molekularna masa raztopljenih smol in majhna vsebnost suhe snovi (15 % - 18 %). Vsekakor je penetracija odvisna tudi od vrste lesa.
- Lazuram so zelo pogosto, a ne vedno, dodana insekticidna in fungicidna sredstva, ki načeloma prodirajo globlje v les od ostalih snovi v lazuri - smol in pigmentov.
- Lazure so lahko tudi neobarvane (brez pigmenta), kar uporabljam praviloma samo za prvi nanos. Po osušitvi prvega sloja s finim ročnim (nežnim) brušenjem odbrusimo dvignjena lesna vlakna, s čimer izboljšamo kvaliteto lesne površine za naslednje nanose. V zadnjem času se potrošniki radi odločajo za popolnoma brezbarvne lazurne površinske sisteme (vključno z drugim in morda tretjim slojem), vendar taki sistemi les slabo zavarujejo pred škodljivim delovanjem UV svetlobe. To predstavlja velik izziv za proizvajalce površinskih premazov za les.

V trgovinah je na voljo širok nabor lazur najrazličnejših blagovnih znamk, kot so npr. Sadolin, Belton, Beltop, Sigmalife vs acryl, Sigmalife ds acryl, Xyladekor, Bondeks in podobno. Ti nazivi označujejo proizvajalca oz. blagovno znamko in jih

kupci v pogovornem jeziku v primerjavi z izrazom »lazura« veliko bolj pogosto uporabljajo. Proizvajalci lazur kupcem zagotavljajo informacije o načinu uporabe in prednostih zaščite lesa z lazurami, osnovne informacije o kemijski sestavi pa so na voljo na zahtevo kupcev in so deloma razvidne tudi iz tehničnih in varnostnih listov. Lazure utrjujejo samo fizikalno (izparevanje hlapnih snovi), ali kombinirano, fizikalno-kemijsko. Proses utrjevanja je odvisen od vrste veziva. Tako fizikalno kot kemijsko utrjevanje poteka hitreje pri višjih temperaturah. Pri višji temperaturi se tudi zmanjša nevarnost nastanka napak med sušenjem. Vseeno pa je potrebno zelo paziti, da temperatura med sušenjem ni previsoka, oz. da sušenje / utrjevanje ni prehitro.

Obdelava lesa z lazurami je dandanes nepogrešljiva pri površinski obdelavi stavbnega pohištva (okna in vrata) in pri zaščiti elementov lesenih objektov in konstrukcij, ki so v teh objektih izpostavljeni vremenskim vplivom.

Najboljšo zaščito dosežemo s trikratnimi nanosom lazurnega premaza. V tem primeru izvedemo trikratni nanos lazure tako, da za prvi nanos izberemo brezbarvno lazuro, nato pa sledita dva sloja tankoslojne ali debeloslojne obarvane lazure. Vsak naslednji nanos sledi po sušenju predhodnega. Taka obdelava je v praksi poznana pod nazivom »top-cut« in omogoča maksimalno zaščito, ki jo lahko zagotovijo lazurni premazi. V drugem primeru izvršimo zaščito le z devma slojema lazurnega premaza.

Razlika med temo dvema načinoma je naslednja:

- V prvem primeru na površini ustvarimo relativno debel film, zato je trajnost zaščite večkratno povečana. Vendar proces obnavljanja zaščite ni enostaven.
- V drugem primeru na površini ustvarimo tanek film merljive debeline, vendar trajnost zaščite ni dolgotrajna. Zaščitno plast pa lahko po določenem času izpostavljenosti vremenskim vplivom zelo preprosto obnovimo z ročnim nanašanjem. Če se pojavijo drobne površinske razpoke, z obnovo le te zapremo in obnovitvena plast na mestu razpok prodre v nezaščiten les. Lazure bi morali praviloma obnavljati na vsakih 3 do 5 let.

2.2 SESTAVA LAZURNIH PREMAZOV

Lazurni premazi so sestavljeni iz naslednjih komponent (Kovač, 1997):

- vezivo,
- pigmenti,
- topila,
- fungicidne in insekticidne snovi,
- hidrofobne snovi,
- sušila,
- sredstva proti nastanku kože,
- snovi za dispergiranje ter
- matirna sredstva

Veziva so lahko alkidne in akrilne smole, kopolimeri in mešani sistemi. Delež veziv v premazu znaša od 10 % do 70 %. Količina veziva vpliva na globino penetracije premaznega sredstva in na debelino suhega filma premaza. Večja količina veziva pa zmanjuje difuzivnost premaza.

Delež pigmentov v lazurah znaša med 1 % in 10 %, velikost delcev pa od 10 µm do 50 µm. Pigmenti morajo biti v premazu dobro dispergirani. Pigmentirani premazi dajejo negativno sliko tekture lesa, zaradi večjega vpijanja v ranem lesu. Les zaščitijo pred UV-sevanjem in omilijo barvne spremembe lesa, vendar pa so po drugi strani temneje obarvane površine bolj topotno obremenjene, kar lahko povzroči pokanje premaza.

Tekoča faza premaznega sredstva (topilo, redčilo in razredčilo) zagotavlja mobilnost sistema v proizvodnji, vpliva na reološke lastnosti premaza za optimalno nanašanje in omogoča transport suhe snovi premaza na obdelovane površine med postopkom nanašanja. V zračno sušečih premazih na osnovi dolgoljnih alkidnih smol kot glavno komponento topilne zmesi uporabljajo alifatska topila, kot je bencin in druge frakcije bencina. Če lazuro nanašamo z brizganjem, njeno viskoznost optimiramo z manjšim dodatkom aromatskih topil, npr. ksilena (Žepič, 1993). Glede na vrsto topila ločimo lazure na osnovi organskih lazur oz. topilne lazure (kot so že omenjene lazure z alkidnimi smolami) in lazure na vodni osnovi oz. vodne lazure.

Biocide vsebujejo predvsem impregnacijske lazure. Njihova naloga je zaščititi les pred glivami in insekti.

Hidrofobne snovi povečajo vodoodbojnost površine utrjenega premaznega filma, ki tako postane bolj odporna proti vremenskim vplivom in manj prepustna za vodo. Najpogosteje v ta namen uporabljamo emulzije voska.

Ena od osnovnih funkcij lazurnih filmov je preprečevanje prehoda tekoče vode v notranjost – v podlago, saj imajo izrazito vodoodbojno površino. Proizvajalci trdijo, da so prepustne za vodno paro (permeabilne), in da zato omogočajo lesu »dihanje«. Ta lastnost je v nasprotju s slabo paropropustnostjo klasičnih barv in lakov, kjer se lahko tekoča voda, ki je prišla v les čez razpoke v premazu, ujame v lesu, pod slabo propustnimi sloji površinskega sistema. Akumulacija vlage v lesu povzroča slabjenje adhezijske povezave les-premaz, odstopanje premaznega filma in ugodne razmere za razvoj gliv. Permeabilnost premaza pa ima tudi slabe strani. Vsebnost vlage v lesu niha mnogo bolj, kot pod neprepustnimi premazi, tako da je zaradi tega često potrebno ustrezno spremeniti konstrukcijo lesenega elementa ali objekta.

Sušila pospešujejo oksidacijo in polimerzacijo alkidne smole. Najučinkovitejši so kobaltovi, svinčevi, magnezijevi in kalcijevi naftenati. Kot sredstva proti tvorbi kožice na površini premaznega sredstva uporabljajo oksime. Snovi za dispergiranje povečujejo stabilnost sistema in preprečujejo sedimentacijo ter flokulacijo pigmentov. Matirna sredstva uporabljajo za uravnavanje sijaja.

2.3 UTRJEVANJE PREMAZOV

Utrjevanje/sušenje premaza pomeni pretvorbo premaza, ki smo ga nanesli na podlago, iz tekočega v trdno agregatno stanje oz. v utrjen film. Izraz sušenje običajno uporabljamo, ko mislimo na fizikalni proces nastanka utrjenega filma z odparevanjem tekoče faze, izraz utrjevanje pa pogosteje takrat, ko mislimo na kemijske spremembe v tekočem premazu, ki vodijo do utrditve filma. Vendar pa pri površinski obdelavi lesa izraza uporabljamo dokaj enakovredno in v literaturi večkrat zasledimo, da avtorji pojma, »utrjevanje« kakor tudi »sušenje«, uporablja za opis procesa nastanka utrjenega filma, ne glede na mehanizem.

2.3.1 Fizikalno utrjevanje

Fizikalno utrjevanje je proces nastanka utrjenega filma samo z odparevanjem tekoče faze (topil, redčil in razredčil). Polimerna veziva se kemijsko ne spremenijo, saj se polimerne molekule ne zamrežijo. Filmi, ki nastanejo s procesom fizikalnega sušenja, so termoplastni (npr. celulozo nitratni premazi, poliuretanske vodne disperzije, itd.), kar pomeni, da se pri povišani temperaturi zmehčajo. V primerjavi z zamreženimi filmi so manj krhki oz. bolj elastični.

2.3.2 Kemično utrjevanje

Pri kemičnem utrjevanju lahko nastane film, če:

- a) polimerna veziva med reakcijo utrjevanja šele nastanejo (npr. s polikondenzacijo), kar je manj pogosto, ali pa
- b) poteče premreženje molekul veziva

Zamreženi filmi so v primerjavo s termoplastnimi filmi bolj trdi in krhki. Odpornost proti obrabi, npr. pri premazih na talnih oblogah, je večja, po drugi strani pa so taki premazi lahko bolj nagnjeni k pokanju oz. k nastanku razpok. Značilni premazi, ki utrujujejo kemično, so naravna olja.

2.4 LASTNOSTI PREMAZNEGA SREDSTVA

Premazi na lesu so neprestano izpostavljeni spreminjajoči se klimi, ki se ji morajo s svojimi fizikalnimi lastnostmi stalno prilagajati. Najpomembnejše lastnosti suhih premaznih filmov so:

- debelina suhega premaznega filma,
- oprijemnost oz. adhezija,
- prožnost oz. elastičnost,
- trdota premaznega sistema,
- odpornost proti udarcem,
- odpornost proti tekočinam,
- prepustnost za vlago in vodo.

2.5 STARANJE PREMAZOV

Z razvojem premazov so se zaradi procesov staranja, ki so jim premazi izpostavljeni med uporab, v industriji premaznih sredstev začeli ukvarjati tudi s tem problemom. Premazi so namreč večino svoje življenjske dobe podvrženi procesom staranja, kar močno vpliva na njihove lastnosti. Velika večina veziv premazov pod vplivom staranja kaže porast v stopnji zamreženja polimera, o čemer poročajo številni raziskovalci (Ljuljka, 1990). Nekateri avtorji so opazili tudi začasno rast prepustnosti za vlago po nekaj sto urah umetnega pospešenega staranja, kar pripisujejo učinku plastifikacije veziva zaradi absorbirane vode. Eden pomembnejših problemov, ki je povezan s kakovostjo zunanjih premazov, je prav pojav razpok po daljem času. Le te se pojavi ravno zaradi slabše prožnosti premaza. Vsekakor prepustnost premaza za vodno paro narašča z naraščanjem pokanja premaza. Vplivi pokanja in končnega luščenja lahko zdaleč presežejo pojav upadanja prepustnosti, zaradi sprememb v vezivu premaza (Gorenšek, 2007).

S spremeljanjem staranja premaznih sistemov ugotovljamo in primerjamo spremembe trajnosti in zaščitne sposobnosti le teh. Testiranje je tako izredno pomembno za proizvajalca, ponudnika in seveda potrošnika. S spremeljanjem staranja premaznih sistemov se tako pokažejo lastnosti filma premaza v določenem času uporabe. Na podlagi tega lahko proizvajalec izbere vsebnost posameznih snovi v premazu in s tem izboljša njihovo funkcionalno vrednost.

Poznamo tri vrste testov staranja premaznih sistemov, in sicer naravno, polumetno in UPS. Medtem ko sta naravno in polumetno staranje (pospešeno naravno staranje) dolgorajni in primerni pri bazičnih raziskavah premazov, pa ima za prakso večji pomen testiranje premazov s pomočjo UPS, katerega lastnost je, da ustvarja obremenitve v relativno kratkem časovnem obdobju (Kričej, 1974).

2.5.1 Naravno staranje

Naravno staranje je popolnoma naraven proces in traja daljše obdobje. V tem času nastopa več dodatnih spremenljivk, kot pri UPS, saj poleg biotskih dejavnikov nastopijo tudi vplivi vetra, snega, žleda, kislega dežja, večjih temperturnih nihanj itd. Standarda SIST EN 927-3 in SIST EN ISO 2810:2005 določata preizkušanje premaznih sistemov za zunano uporabo s staranjem v naravnih razmerah. Staranje poteka 1 leto in tako izpostavlja preskušance celoletnim klimatskim pogojem, ki se v dani periodi močno spreminja. Taka izpostavitev je bolj celovita in najboljši približek dejanskemu stanju.

2.5.2 Umetno pospešeno staranje

Princip metode UPS je v tem, da vzorce v kratkih časovnih intervalih in v določenem zaporedju izpostavimo velikim razlikam v vlažnosti, povišani temperaturi in UV sevanju. Po nekaj 100 urah pospešenega in intenzivnega delovanja vlažnosti, povišane temperature in UV sevanja se spreminjajo lastnosti premaza in zaščitenega lesa v obsegu, ki ustrezava naravnemu staranju premazov v času nekaj let.

Obstaja več naprav in postopkov UPS, ki se kljub temu, da služijo istemu namenu, med seboj razlikujejo (Kričej, 1974).

Postopki UPS se razlikujejo med seboj predvsem v času trajanja posameznih faz (umetni dež, sevanje, mirovanje), njih intenzivnosti in v času trajanja celotnega staranja. Osnovne faze UPS - umetni dež, UV in IR sevanje ter mirovanje, ki posnemajo naravne obremenitve, so pri nekaterih postopkih dopolnjene še s fazo, v kateri so vzorci izpostavljeni plinom SO_2 , CO_2 in kislinam, ki se tvorijo pri kemični reakciji teh plinov s prosto vodo ter s fazo zmrzovanja. Za umetni dež se uporablja destilirana voda ali destilirana voda z dodano kislino, sončno svetlobo pa posnemajo ultravijolične sijalke, sijalke z obločno svetlobo ter infrardeča sevala (Kričej, 1974).

Film premaza je v fazi umetnega dežja izpostavljen ohlajevanju, zaradi vpijanja vode pa raztezanju in nabrekanju – mehčanju. V fazi obsevanja z IR žarki je zaradi izhlapevanja vode izpostavljen krčenju in strjevanju. Posledica UV sevanja je razkrojevanje premaza. Propustnost filma premaza omogoča prodiranje vode v les in s tem raztezanje lesa. Toplotni učinek IR žarkov povzroči gibanje vode v nasprotni smeri in s tem sušenje in krčenje lesa (Kričej, 1974).

Pomemben je prehod faze UV in IR sevanja, v kateri se površina premaza zelo segreje, v fazo umetnega dežja, ki povzroči hiter in velik padec temperature na površini premaza (temperatura destilirane vode je med 15 °C in 20 °C). V filmu premaza se pojavijo v tem trenutku velike napetosti, katerih posledica je zmanjšanje kohezijske trdnosti in pokanje filma premaza (Kričej, 1974).

Primerjanje lastnosti premazov (absorpcija, debelina, hrapavost površine filma premaza, trdota, elastičnost, sijaj) na neizpostavljenih in UPS izpostavljenih vzorcih ter beleženje nekaterih poškodb (razpoke, odstopanje filma premaza, izpiranje premaza, sprememba barve, pojavi mikroorganizmov itd.) v času UPS, omogoča oceno o sposobnosti premaza, da zaščiti les pred zunanjimi klimatskimi vplivi in trajnosti premaza (Kričej, 1974).

Naprave za UPS so v preteklosti - zaradi razmeroma lahke izdelave - razvijali različni laboratorji glede na svoja razvojna dognanja. V Združenih državah Amerike je Forest Products Laboratory, Madison razvil napravo z zaprto kadjo, kjer so v notranjosti v istem prostoru nameščene razpršilne šobe, ki razpršujejo destilirano vodo (umetni dež), ksenonove sijalke (umetna sončna svetloba) in merilni instrumenti (termometer s termostatom, selenska foto celica za kontrolo UV sevanja, kontaktni termometer za blaženje temperature na površini vzorcev). Vsi ti pogoji omogočajo stalno kontrolo umetno ustvarjene klime. Vzorci, katerih velikost ni omejena, so nameščeni na koritastem dnu naprave ter tako nagnjeni proti izvoru umetnega dežja in umetne sončne svetlobe pod kotom 45°. Čas umetnega staranja je 1000 ur s ciklusi po 24 ur. V enem ciklusu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (Kričej, 1974):

umetni dež	4	ure
sevanje s svetlobo ksenonove sijalke (65 °C)	4	ure
umetni dež	4	ure
sevanje s svetlobo ksenonove sijalke (65 °C)	4	ure
mirovanje	8	ur
SKUPAJ	24	ur

Podjetje Atlas slovi še danes kot eden od vodilnih ponudnikov naprav za UPS. Kot eni od prvih so razvili napravo »Atlas Weather-Ometer«, ki ima v svoji zaprti komori boben z vertikalno osjo. Vzorci velikosti $76\text{ mm} \times 152\text{ mm}$ se pritrdijo v dveh vrstah na notranjo stran bobna. V središču bobna so nameščene ksenonove in klasične UV sijalke ter šobe za razprševanje vode. V komori so še grelni in hladilni elementi ter šobe za dovajanje plina. Glede zahtev umetno ustvarjene klime je »Atlas Weather-Ometer« najbolj izpopolnjena naprava za umetno pospešeno staranje premazov. Čas umetnega staranja je 168 ur s ciklusi po 100,8 minut. V enem ciklusu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (Kričej, 1974):

umetni dež	18,5	min
100 % vlažnost	3,0	min
sevanje s kombinirano svetlobo	9,0	min
segrevanje ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $70\text{ }^{\circ}\text{C}$)	2,0	min
umetni dež	6,5	min
100 % vlažnost	2,5	min
segrevanje ($60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $70\text{ }^{\circ}\text{C}$)	10,5	min
UV sevanje	8,0	min
umetni dež	4,8	min
zmrzovanje ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)	9,6	min
učinkovanje SO_2	26,4	min
SKUPAJ	100,8	min

Naprava za UPS »Gardner-Rad« sestavlja: kolo s horizontalno osjo, ki je značilni element te naprave, ima premer 1500 mm in 355 mm široko platišče, na katerega zunanjou stran se pritrdijo vzorci, namenjeno umetnemu staranju. Z vrtenjem kolesa so vzorci zaporedoma izpostavljeni umetnemu dežju, segrevanju, umetni sončni svetlobi in ohlajevanju. V spodnji legi kolesa so vzorci izpostavljeni umetnemu dežju. Ko se zavrtijo za 45° , so izpostavljeni IR sevanju ter pri spremembri lege še za 180° UV sevanju in nato v spodnji legi umetnemu dežju. Velikost vzorcev, namenjenih umetnemu staranju je omejena s širino platišča in s premerom kolesa.

Čas umetnega staranja je 672 ur s ciklusom po 30 minut. V enem ciklusu se zvrstijo po vrstnem redu naslednje faze (Kričej, 1974).:

umetni dež	3	min
mirovanje	3	min
IR sevanje	7	min
mirovanje	8	min
UV sevanje	6	min
mirovanje	3	min
SKUPAJ	30	min

UPS je bilo standardizirano v letu 2007, ko je stopil v veljavo nov standard SIST EN 927-6:2007. Standard določa izpostavo premazov za les umetnemu staranju s fluorescentnimi UV svetilkami in vodo. Postopek po tem standardu naj bi bil najboljši približek naravnemu staranju. Standard določa meritve vseh parametrov, ki so bistveni za ugotavljanje sprememb na premaznem sloju. Test se opravlja na vzorcih rdečega bora, ki morajo imeti čim bolj enakomerno rast brez napak. Vzorci so zračno suhi in dimenzijsko določeni z dolžino (150 ± 2) mm, širino (74 ± 1) in debelino (18 ± 1) mm.

Vzorci imajo točno določeno obdelavo s premaznimi filmi in se po utrditvi premaznega sloja izpostavijo naslednjim fazam (preglednica 1):

Preglednica 1: Postopek staranja po UPS (standard SIST EN 927-6:2007)

Faza	Funkcija	Temperatura	Trajanje	Pogoji
1	Kondenzacija	(45 ± 3) °C	24 ur	
2	Menjavanje faze 3 in 4		48 × Cikel traja 3 ure (menjavanje faze 3 in 4)	
3	UV	(60 ± 3) °C	2,5 ure	(0,89 ± 0,1) W/m ² nm pri 340 nm
4	Umetni dež		0,5 ure	6 l/min do 7 l/min, brez UV

Celotni cikel traja 168 ur (1 teden) in se ponovi v 12 tednih (2016 ur). Po koncu vsakega tedenskega cikla izmerimo sijaj, sicer pa vzorce po koncu celotnega cikla 7 dni kondicioniramo pri normalnih pogojih ter nato na premaznem filmu določimo (po standardih) naslednje lastnosti in poškodbe: barvo, sijaj, oprijemnost, luščenje, pokanje, mehurjenje in kredenje.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 PRIPRAVA VZORCEV

Za testiranje smo uporabili vzorce lesa smreke (*Picea abies* L.) in jelke (*Abies alba* Mill) v dimenzijah 250 mm × 100 mm × 20 mm. Površina desk je bila poskobljana in obrušena. Branike so bile enakomerne velikosti (1-2) mm, kot branik na prečnem prerezu pa ni presegal 45°. Vzorci so bili brez vidnih napak, grč in razpok. Vse testne vzorce je pripravilo podjetje Tanin Sevnica d.d., in so bili obdelani z akrilnimi premaznimi sistemi Biotan. Skupaj smo testirali 9 premaznih sistemov (PS) oziroma (skupaj s kontrolnimi vzorci) 68 testnih vzorcev. Vsi vzorci so bili obdelani z enkratnim nanosom temeljnega premaznega sistema Protektan, ki je predstavljal osnovno zaščito, namenjeno preventivni zaščiti lesa pred napadom bioloških škodljivcev kot so glive, plesni in insekti. Vsi ostali nanosi pa so bili naneseni po principu tankoslojne in debeloslojne akrilne lazure. Prečna radialna površina vzorcev je bila na vseh testnih vzorcih zatesnjena z malo prepustnim dvokomponentnim epoksidnim lakom.

3.1.1 Premazni sistemi Tanin Sevnica d.d.

Protektan je sredstvo, namenjeno za preventivno zaščito lesa pred lesnimi škodljivci, kot so glive, plesni in insekti. Sestavljen je iz sodobnih biocidov, ki so emulgitirani v vodi.

Biotan zaščitni premaz za les je tankoslojna lazura, izdelana na osnovi akrilne disperzije v vodi. Namenjena je za dekoracijo in zaščito lesa v bivalnih prostorih in na prostem, za manj izpostavljene lesene elemente.

Biotan akrilna lak lazura z UV zaščito je debeloslojna lazura z UV filtri in UV absorberji in daje odlično zaščito pred soncem in vremenskimi vplivi. Uporablja se za notranja, predvsem pa za zunanjia dela.

Zaščitni premaz Biotan in akrilno lak lazuro z UV zaščito Biotan izdelujejo v 15 barvnih odtenkih, katero lahko med sabo poljubno mešamo. Pastelne odtenke dobimo, če mešamo osnovne odtenke z belim Biotanom (Tanin Sevnica d.d., 2014).

3.1.2 Oznake vzorcev

Zaradi večjega števila vzorcev, glede na različne premazne sisteme, tehnike nanašanja, barvne tone in vrste izpostavitve, je bilo potrebno zagotoviti pravilno sledljivost in preglednost vzorcev, kar prikazuje preglednica 2.

Preglednica 2: Oznake in opis raziskovalnih vzorcev

PREMAZNI SISTEM	Barvni ton	Za UPS			Za NVT
1	bor	1, 2;	kontrola:	19, 20;	21, 46, 47.
2	quebracho	3, 4;	kontrola:	22, 23;	24, 50, 51.
3	bor	5, 6;	kontrola:	25, 26;	27, 54, 55.
4	bor	7, 8;	kontrola:	28, 29;	30, 58, 59.
5	quebracho	9, 10;	kontrola:	31, 32;	33, 62, 63.
6	bor	11, 12;	kontrola:	34, 35;	36, 66, 67.
7	bor	13, 14;	kontrola:	37, 38;	39, 70, 71.
8	quebracho	15, 16;	kontrola:	40, 41;	42, 74, 75.
9	bor	17, 18;	kontrola:	43, 44;	45, 78, 79.
surovi	bor	od 82 do 86.			

*NVT – naravni vremenski test

Podrobni pregled oznak in opisov vzorcev je podan v preglednici 3.

Preglednica 3: Podrobni pregled oznak in opis vzorcev

Vzorec	Sistem/ barvni ton	Premazni sistem osnovna zaščita / tankoslojna lazura / debeloslojna lazura z UV absorberjem (1, 2, 3 in 4)	Način nanosa	Izpostavitev
1	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS
2	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS
19	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
20	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
21	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
46	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
47	1/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
3	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS
4	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS

Nadaljevanje preglednice 3

22	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
23	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
24	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
50	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
51	2/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
5	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS
6	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	UPS
25	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
26	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	kontrola
27	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
54	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
55	3/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura za potapljanje/ 2 × debeloslojna lazura z UV 1	potapljanje/čopič	NVT
7	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	UPS
8	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	UPS
28	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	kontrola
29	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	kontrola
30	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
58	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
59	4/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
9	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	UPS

Nadaljevanje preglednice 3

10	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	UPS
31	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	kontrola
32	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	kontrola
33	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
62	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
63	5/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 1	čopič	NVT
11	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	UPS
12	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	UPS
34	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	kontrola
35	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	kontrola
36	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	NVT
66	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	NVT
67	6/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 2	čopič	NVT
13	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	UPS
14	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	UPS
37	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	kontrola
38	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	kontrola
39	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT
70	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT
71	7/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT
15	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	UPS
16	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	UPS
40	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	kontrola
41	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	kontrola
42	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT
74	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT

Nadaljevanje preglednice 3

75	8/ quebracho	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 3	čopič	NVT
17	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	UPS
18	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	UPS
43	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	kontrola
44	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	kontrola
45	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	NVT
78	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	NVT
79	9/bor	1 × Protektan/2 × tankoslojna lazura/ 1 × debeloslojna lazura z UV 4	čopič	NVT
82		vzorec brez premaznega sistema, s čelno zaščito		
83		vzorec brez premaznega sistema, s čelno zaščito		
84		vzorec brez premaznega sistema, s čelno zaščito		
85		vzorec brez premaznega sistema, s čelno zaščito		
86		vzorec brez premaznega sistema, s čelno zaščito		

* Protektan/2 – temeljna zaščita za les s fungicidi in insekticidi

**UV1, UV2, UV 3 in UV 4 so različne vrste UV absorberjev

V preglednici 4 so navedeni premazni sistemi in njihove osnovne karakteristike (preglednica 4).

Preglednica 4: Premazni sistemi in njihove osnovne značilnosti

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič	sistem 1			
	1 / 2 / 1				
	potapljanje/čopič	sistem 3			
	1 / 2 / 2				
	čopič	sistem 4	sistem 6	sistem 7	sistem 9
	1 / 2 / 1				
Quebracho	potapljanje/čopič	sistem 2			
	1 / 2 / 1				
	čopič	sistem 5		sistem 8	
	1 / 2 / 1				

Procesu staranja smo izpostavili 6 različnih premaznih sistemov z barvnim tonom bora (slika 1) in tri različne premazne sisteme z barvnim tonom quebracho (slika 2).



Slika 1: Vzorec (bor in surova deska), pripravljeni za izpostavitev



Slika 2: Vzorci (quebracho in surova deska), pripravljeni za izpostavitev

3.2 METODE

3.2.1 Umetno pospešeno staranje vzorcev

UPS vzorcev smo izvedli v testnih prostorih Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Po standardnih metodah smo pred in po izpostavitvi UPS, izmerili naslednje lastnosti filma: barvo, sijaj, mokro oprijemnost, oprijemnost po standardu SIST EN ISO 4624:2004, prepustnost za vodo po standardu SIST EN 927-5:2001 in ocenili napake: mehurjenje po standardu SIST EN ISO 4628-2:2004, razpoke po SIST EN ISO 4628-4:2004 ter luščenje po SIST EN ISO 4628-5:2004. Po opravljenih meritvah smo iz vsakega sistema vzeli po dva vzorca, ki smo ju izpostavili procesu

UPS. Naprava za UPS, ki je bila narejena na takratni Katedri za pohištvo, Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, je prostorsko razdeljena na dva dela (slika 3). V prvem so vzorci izpostavljeni delovanju umetnega dežja, v drugem pa ultravijoličnem (UV) in infrardečem (IR) sevanju. Izmenično izpostavljanje vzorcev umetnemu dežju in sevanju je omogočeno s pomicnim vozičkom, ki vzorce avtomatično, glede na fazo umetnega staranja, transportira v prvi ali drugi del naprave (Kričej, 1974). Za umetni dež smo uporabljali destilirano vodo, sončno svetlobo pa posnemajo UV sijalke z dodatnimi IR greci ki dvigajo temperaturo na površini vzorcev (slika 3).



Slika 3: Naprava za UPS na BF v Ljubljani - faza mirovanja

Ciklus, ki traja 60 minut, vključuje naslednje faze:

- umetni dež 22 minut
- mirovanje..... 9 minut
- UV in IR sevanje..... 3 minute
- UV sevanje..... 21 minut
- UV in IR sevanje..... 3 minute
- mirovanje..... 2 minute

Ciklus UPS je sestavljen na podlagi poprejšnjih preskusov in usklajevanja s programi tujih inštitutov.

Umetno pospešeno staranje vzorcev je po programu UPS trajalo skupaj 1007 ciklusov:

- umetni dež.....369,2 ur
- UV in IR sevanje.....453,2 ur
- mirovanje.....184,6 ur

Pred začetkom in po ciklih: 50, 148, 300, 504 in 1007, smo na vzorcih merili spremembo sijaja, barve in ocenjevali napake.

3.2.2 Naravno staranje vzorcev

Naravno staranje smo izvedli po standardu SIST EN ISO 2810:2005, SIST EN 927-3:2001 na lokaciji podjetja Tanin Sevnica d.d. (primer prikazan na sliki 4). Vzorce smo namestili v posebej za to pripravljena stojala. Vzdolžni rob vzorca je bil postavljen v horizontalno lego, zgornja testna površina pa je bila pod kotom 45° obrnjena proti jugu. Med vzorci je bil zagotovljen 3 cm odmik, tako da meteorna voda z zgornjih vzrocev ni tekla na spodnje. Stojala so bila postavljena na travnato sončno lego (brez sence) in od tal dvignjena za 50 cm. Po dokončni utrditvi premaznega sistema smo na vzorcih pred začetkom in po koncu naravnega vremenskega testa (NVT) izmerili barvo in sijaj ter ocenili napake: mehurjenje po standardu SIST EN ISO 4628-2:2004, razpoke po SIST EN ISO 4628-4:2004 ter luščenje po SIST EN ISO 4628-5:2004. Izpostavitev vzorcev naravnemu staranju je skupaj trajala 96 dni.



Slika 4: Primer naravnega staranja premaznih sistemov (foto: M. Pavlič)

3.2.3 Določanje sijaja površine vzorcev

Sijaj definiramo kot lastnost površine materiala, da simulira odbojno moč idealnega ogledala. Površina premaza ni popolnoma gladka ampak hrapava, poleg tega pa so premazi vsebovali pigmente, kar odbojnost še poslabša. Pravilna ocena sijaja površine zajema opredelitev oblike in svetlosti odbite optične slike. Površine premazov niso optično ravne, zato na oba omenjena dejavnika vplivajo tudi spremembe v strukturi površine.

Sijaj smo - pred staranjem in po njem - merili z inštrumentom AcuglossTM TRI (X-Rite) po SIST EN ISO 2813:1999 (slika 5). Kot vpadne svetlobe na meritni glavi je 60° . Na posameznem vzorcu smo izvedli po 9 meritev. Rezultat smo podali v relativnih enotah (pri čemer je vrednost sijaja na črni stekleni plošči enaka 100) in z navedbo kota.



Slika 5: Primer meritve sijaja na vzorcih

3.2.4 Določanje barve površine vzorcev

Barva je vidna zaznava določenega dela vidnega polja, ki ga z enim nepremičnim očesom ločimo od istočasno opazovanega mejnega (sosednjega) področja enake površinske strukture.

Za nastanek barve izdelkov so pomembni vir svetlobe, remisivnost objekta in spektralna občutljivost očesa. Ko svetloba pada na površine nekih izdelkov, se del svetlobe odbije (reflektira), del svetlobe predmet vpije (absorbira), del svetlobe pa prehaja skozi predmete (transmisija).

Absolutno črno telo absorbira vso vpadlo svetlogo, absolutno belo telo pa vso vpadlo svetlogo odbija (Kristan, 2004).

Tribarvni sistem $L^*a^*b^*$ (Kristan, 2004)

Glede na kompleksnost vizualnega sistema nudi dobro osnovo za uporabo v tehniki t.i. Young-Helmholzova teorija, imenovana tudi »tribarvna teorija«.

Najbolj izpopolnjen za vrednotenje barve je $L^*a^*b^*$ sistem

$L^*a^*b^*$ je definiran kot:

- trideminzionalni prostor, v katerem so prisotne vse površinske barve,
- razdalja med točkama, ki predstavlja barvi dveh vzorcev, je proporcionalna barvni razliki med vzorcema,

- osi imajo skalo, tako da je že še komaj opazna barvna razlika določena z enoto razdalje.

L^* (faktor svetlosti); vertikalna os, ki predstavlja svetlost, ima vrednost 0, ki pomeni popolnoma črno, do 100, ki pomeni popolnoma belo barvo,

a^* (barvna os); koordinata, pravokotna na L^* os; pozitivne vrednosti določajo rdeče barve, negativne vrednosti pa zelene barve,

b^* (barvna os); koordinata prav tako pravokotna na L^* os, pozitivne vrednosti določajo rumene barve, negativne pa modre barve.

BARVNE RAZLIKE

Vsaka barva je natančno določena in ima svoj barvni prostor. Celotna barvna razlika med standardom in vzorcem, ΔE^* , je odvisna od razlik vrednosti koordinat v vseh treh smereh barvnega sistema in jo izračunamo po enačbi (1):

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

(1)

ΔE^* je najpomembnejša lastnost, ki poda spremembo barve. Če je enaka nič, potem sprememb barve ni.

Razlika svetlosti (ΔL^*)

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^*_{\text{vzorca}} - L^*_{\text{po staranju}} \\ &+ \Delta L^* - \text{pomeni svetleje} \\ &- \Delta L^* - \text{pomeni temneje} \end{aligned}$$

Razlika barvne koordinate nasičenosti (Δa^*)

$$\begin{aligned} \Delta a^* &= a^*_{\text{vzorca}} - a^*_{\text{po staranju}} \\ &+ \Delta a^* - \text{pomeni bolj rdeče oz. manj zeleno} \\ &- \Delta a^* - \text{pomeni bolj zeleno oz. manj rdeče} \end{aligned}$$

Razlika barvnega tona (Δb^*)

$$\begin{aligned} \Delta b^* &= b^*_{\text{vzorca}} - b^*_{\text{po staranju}} \\ &+ \Delta b^* - \text{pomeni bolj rumeno oz. manj modro} \\ &- \Delta b^* - \text{pomeni bolj modro oz. manj rumeno} \end{aligned}$$

Barvo smo numerično ovrednotili v CIE-L*a*b* sistemu. Meritve smo izvajali s spektrofotometrom X-Rite serije SP60 (slika 6). Pred vsakim merjenjem smo inštrument najprej umerili na beli in črni podlagi. Izvedli smo po 9 meritev na vzorec. Barvo smo merili pred začetkom UPS / naravnega staranja in po 50, 148, 300, 504 in 1007 ciklusih umetnega pospešenega staranja ter na koncu naravnega staranja.



Slika 6: Primer meritve barve na vzorcih

3.2.5 Ugotavljanje pojava napak

Vizualno določljive napake, kot so mehurjenje, razpokanje in luščenje, smo ocenjevali pred začetkom UPS / naravnega staranja in po 50, 148, 300, 504 in 1007 ciklusih UPS ter na koncu naravnega staranja. Ocenjevanje smo opravili po navodilih in s pomočjo slikovnih predlog, ki se nahajajo v standardih za posamezno napako.

- Mehurjenje smo ocenjevali po standardu SIST EN ISO 4628/2:2004. Ocena mehurjenja je sestavljena iz dveh delov, kot sledi primer iz standarda: 2 S3. V prvi oceni je definirana obsežnost (0 – ga ni, 1 – manj kot nekaj, 2 – nekaj, 3 – srednje, 4 – srednje gosto, 5 – gosto), z drugo oceno pa velikost (z oceno od 1 do 5 se določi velikost na podlagi vizualne primerjave z referenčnimi slikami iz standarda)
- Razpoke smo ocenjevali po standardu SIST EN ISO 4628/4:2004. Ocena pokanja je sestavljena iz treh delov, kot sledi primer iz standarda: 2 S3 c. V prvi oceni je definirana obsežnost (0 – ga ni, 1 – manj kot nekaj, 2 – nekaj, 3 – srednje, 4 – srednje gosto, 5 – gosto), z drugo oceno je definirana velikost (1 – vidne samo pri 10-kratni povečavi, 2 – komaj vidne s prostim očesom, 3 – razločno vidne s prostim očesom, 4 – vidne razpoke širine do 1 mm, 5 – zelo velike razpoke s širino nad 1 mm) in s tretjo oceno se definira globina pokanja, ob predpostavki da je to seveda možno (a – površinske razpoke, vrhnji sloj ni v celoti razpokan, b – vrhnji sloj je v celoti razpokan, spodnji sloj večinoma nepoškodovan, c – razpokan celoten premazni sistem).
- Luščenje smo ocenjevali po standardu SIST EN ISO 4628/5:2004. Ocena luščenja je sestavljena iz treh delov, kot sledi primer iz standarda: 2 S3 b. V prvi oceni je definirana skupna velikost odluščene površine (0 – luščenja ni, 1 – odluščeno več kot 0,1% površine, 2 – odluščeno od 0,3% do 1%, 3 – odluščeno od 1% do 3%, 4 – odluščeno od 3% do 15% površine, 5 – odluščeno več kot 15% površine), z drugo oceno je določena povprečna dolžina odluščenih površin (1 – do 1 mm, 2 – do 3 mm, 3 – do 10 mm, 4 – do 30 mm, 5 – nad 30 mm) in s tretjo oceno je definirano mesto luščenja (a – vrhnji sloj se lušči od spodnjega, b – lušči se celoten premazni sistem od podlage).

3.2.6 Določanje prepustnosti premazov za vodo po standardu

Znano je, da se pri nekaterih premazih prepustnost vode pri izpostavitvi vodi v relativno kratkem času lahko zelo spremeni. Zaradi tega standard SIST EN 927-5:2001 predpisuje, da se vzorci pred pričetkom postopka določevanja prepustnosti "predkondicionirajo". Tako smo vse vzorce $2 \times$ predkondicionirali po naslednjem postopku:

- 24 h plavanja vzorcev na gladini vode s testno površino obrnjeno navzdol
- 3 h sušenja pri $T = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ in $\varphi = (65 \pm 5)\%$
- 3 h sušenja pri $T = 50^\circ\text{C}$
- 18 h sušenja pri $T = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ in $\varphi = (65 \pm 5)\%$

Po predkondicioniranju smo vzorce ponovno klimatizirali v standardizirani klimi do njihove konstantne mase.

Nato smo vzorce (kontrolne in predkondicionirane) stehitali in jih postavili na gladino deionizirane vode s testno površino obrnjeno navzdol (slika 7). Posode s tako plavajočimi vzorci smo postavili v prostor s standardizirano klimo. Po 72 h plavanja smo vzorce obrisali s papirnatimi brisačami in jih ponovno stehitali.



Slika 7: Izpostavitev vzorcev prepustnosti za vodo

Vrednost vpojnosti (WA 72) 175 g/m^2 , se v standardu SIST EN 927-2:2001 uporablja kot zgornja mejna vrednost za premaze, namenjene za stabilno področje uporabe v eksterierju, kjer se zahteva minimalno gibanje podlage. Ostali manj stabilni področji uporabe pa dovoljujeta uporabo za vodo bolj prepustnih sistemov.

3.3 OPRIJEMNOST

Primerna oprijemnost je prvi pogoj, da je premazno sredstvo uporabno. Na oprijemnost premaznega sredstva neposredno vpliva debelina filma. Debelejši je film, manjša je oprijemnost. Dobra oprijemnost je v veliki meri odvisna od razmerja med kohezijskimi silami v notranjosti utrjenega filma in adhezijskimi silami med premazom in podlago. Kadar so kohezijske sile v filmu premaza močnejše od adhezijskih, je oprijemnost na površino slabša. Zato sledi, da se oprijemnost tanjšega ali debelejšega filma istega premaznega sredstva med seboj razlikujeta. Zato ni nujno, da so debelejši utrjeni filmi tudi kvalitetnejši. Ponavadi so ti navadno bolj krhki, poleg tega pa za njihovo izdelavo

porabimo preveč materiala. Po drugi strani pretanki filmi ne morejo ustvariti kvalitete, ki bi ustrezala vsem zahtevam končne obdelave.

Hrapavost površine prav tako vpliva na oprijemnost premaznega sredstva. Znano je, da se premaz boljše oprime na hrapavih kot na gladkih površinah. Zato moramo vedno pripraviti optimalno brušeno površino (Kristan, 2004).

Na oprijemnost vplivajo različni dejavniki:

- vrsta premaznega sredstva,
- tehnika nanašanja,
- debelina filma,
- vrsta in obdelava podlage,
- starost filmov,
- reakcija med podlago in filmom,
- vlažnost podlage (z naraščajočo vlažnostjo oprijemnost pada),
- relativna zračna vlažnost.

3.3.1 Določanje oprijemnosti s postopkom odtrgovanja pečatov

Oprijemnost smo merili direktno s trgalno napravo po standardizirani metodi SIST EN ISO 4624:2004, z odtrgovanjem pečatov, nalepljenih na površinske sisteme (slika 8). Meritve smo na vzorcih izvajali pred UPS in po njem. Po utrditvi lepila (24 h) smo film laka okoli pečata zarezali vse do podlage in na ta način omejili površino merjenja na površino pečata.

Za proučevanje mokre oprijemnosti smo zarezovanje okoli pečata izvršili nekoliko globlje v podlago. V ta utor smo nato injicirali deionizirano vodo, ki je omočevala lesno podlago pod nalepljenim pečatom. Po dveh urah močenja smo vse, tudi pečate z nenamočeno podlago, s trgalno napravo odtrgali od podlage in na ta način določili maksimalno silo, ki je bila za to potrebna. Tako smo dobili razslojno trdnost oz. oprijemnost filma premaznega sistema v MPa. Pri vsakem lomu smo ocenili tudi njegovo naravo (kohezijski lom podlage – KLP, adhezijski lom med filmom in podlago – AL in delež kohezijskega loma znotraj premaznega sistema – KLS).



Slika 8: Nalepljeni pečati na vzorce

3.3.2 Določanje vlažne oprijemnosti s križnim zarezovanjem

Za določanje tako imenovane vlažne oprijemnosti smo uporabili priporočila Inštituta za okensko tehniko iz Rosenheima (Institut für Fenstertechnik e.V., 1999) in izkušnje na

podlagi sodelovanja našega laboratorija v okviru EN standardizacije. Pri tem smo uporabili klasično metodo merjenja oprijemnosti s križnim zarezovanjem SIST EN ISO 2409:1997. Na zarezane rešetke, ki smo jih že ocenili za suho oprijemnost, smo za 2 uri postavili z deionizirano vodo prepojene bombažne krpe (slika 9). Po tem času smo površine obrisali, na rešetke pa nalepili lepilni trak (slika 10), ki smo ga po 5 min odstranili pod približnim kotom 60° . Po odstranitvi traku smo odluščenost rešetk ponovno ocenili (slika 11) po enakem sistemu kot pri suhi oprijemnosti. Lepilne trakove z nalepljenim odluščenim filmom smo prihranili za dodatno vizualno ponazoritev odluščenosti filma.



Slika 9: Na zarezane rešetke postavljene prepojene bombažne krpe



Slika 10: Na prepojene zarezane rešetke nalepljen lepilni trak

Ocena:	0	1	2	3	4	5
Odluščenost:	0 %	do 5 %	do 15 %	do 35 %	do 65 %	nad 65 %

Slika 11: Ocenjevanje oprijemnosti po SIST EN ISO 2409

3.3.3 Določanje debeline suhega filma

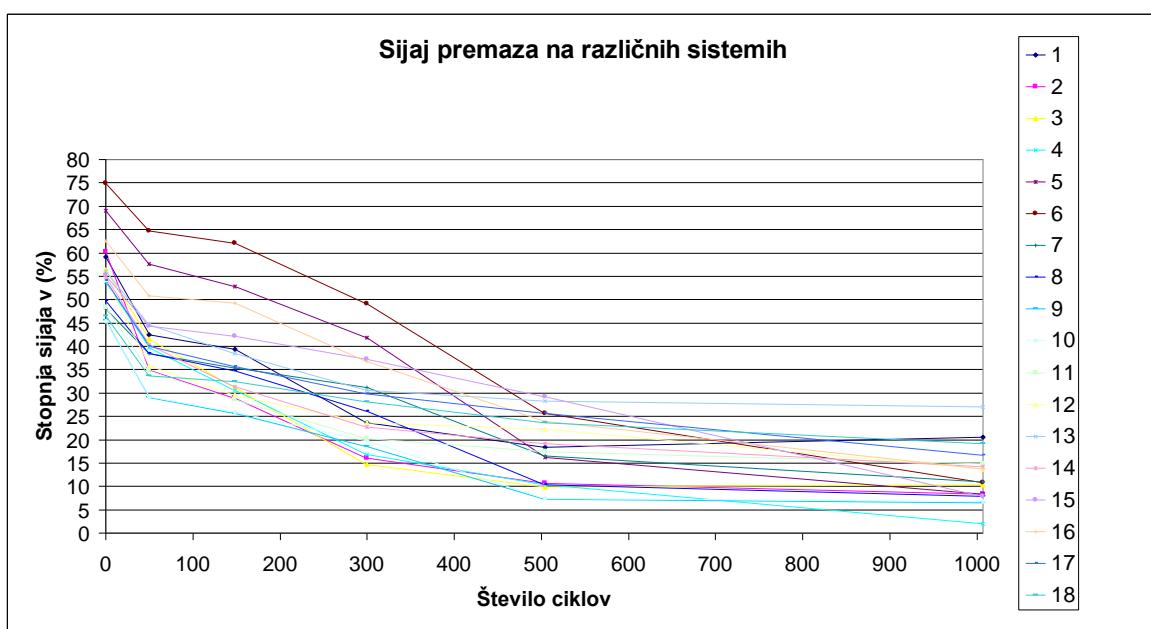
Debelino premaznih sistemov smo izmerili po standardu SIST EN ISO 2808:1999. Za meritev debeline suhega filma so uporabili po dva vzorca dimenzij $40\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ za vsak sistem, ki smo jih uporabili pri testiranju oprijemnosti s pečati. Z ostrim rezilom smo na prečnem delu vzorcev pod kotom odstranili del lesa s premazom, tako da smo dobili ravno prečno površino. Tako pripravljene vzorce smo opazovali pod svetlobnim mikroskopom (znamke Olympus), pri $120\times$ povečavi. Dobljeni rezulati iz meritev so podani v mikrometrih (μm) in ovrednoteni od najmanjše do največje vrednosti.

4 REZULTATI

4.1 VPLIVI STARANJA NA SIJAJ PREMAZNIH SISTEMOV

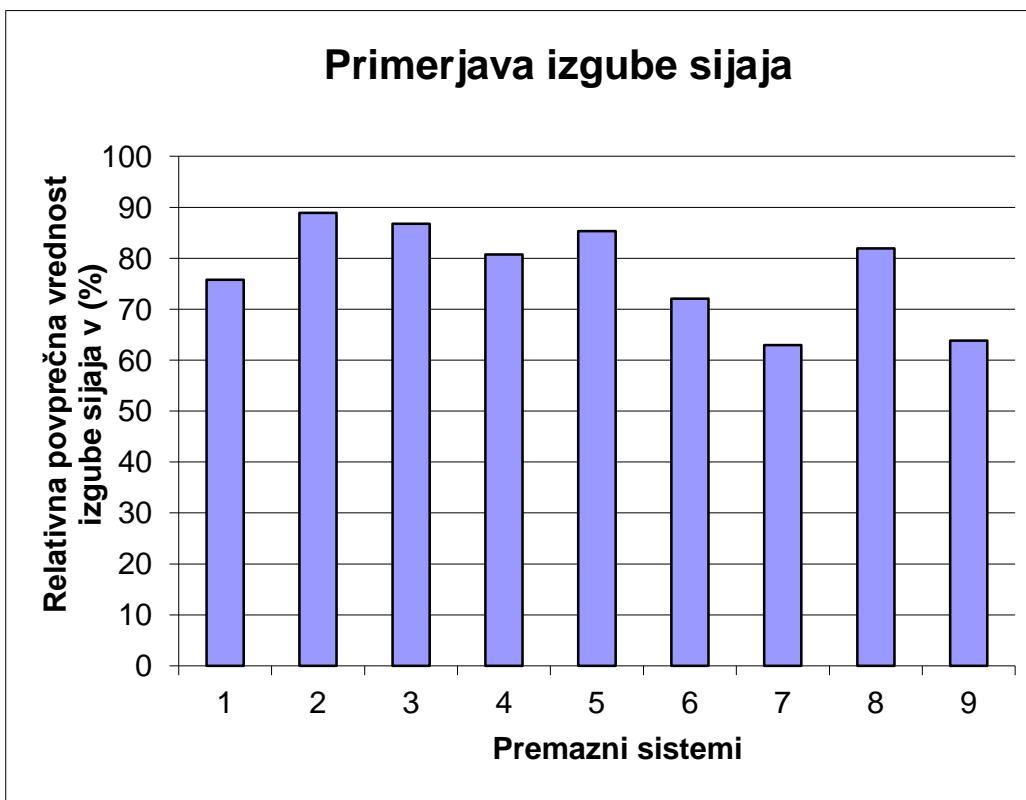
4.1.1 Vpliv UPS na sijaj premaznih sistemov

Pri vseh vzorcih smo po izpostavitvi UPS zaznali največji padec sijaja med 0. in 51. ciklom meritev (slika 12). Znatno upadanje sijaja se je nato nadaljevalo vse tja do 300. cikla, pri nekaterih primerih pa tudi do 507. cikla.



Slika 12: Sijaj v odvisnosti od števila ciklov UPS

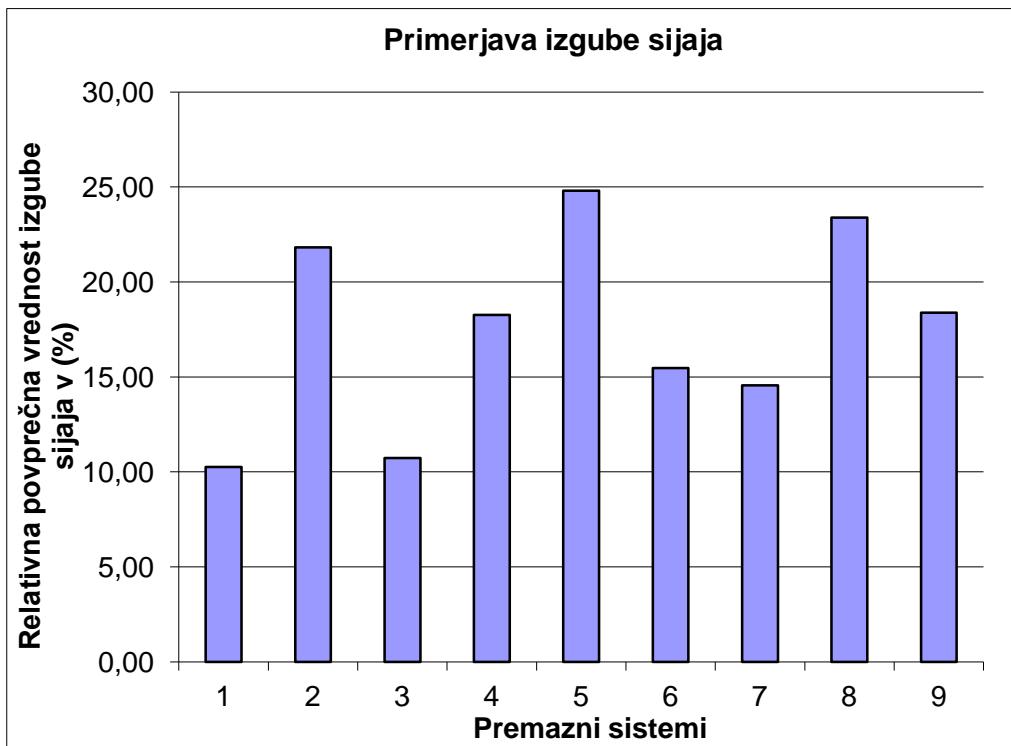
Do največjega relativnega padca sijaja zaradi izpostavitve postopku UPS (glede na prvotno vrednost pred staranjem) je prišlo pri PS 2 (quebracho/vzorec št. 3. in 4.). Nekoliko manjše, a še vedno visoke relativne padce sijaja smo zaznali tudi pri PS 3 (bor/vzorec št. 5. in 6.), 4 (bor/vzorec št. 7. in 8.), 5 (quebracho/vzorec št. 9. in 10.). in 8 (quebracho/vzorec št. 15. in 16.). Če povežemo te rezultate z barvami premazov lahko ugotovimo, da so temnejši PS bolj nagnjeni k izgubi sijaja. Najmanjše izgubo sijaja pa smo zabeležili pri PS 7 (bor/vzorec št. 13. in 14.) in 9 (bor/vzorec št. 17. in 18.). Na površinah vzorcev, obdelanih s tema dvema sistemoma, smo po UPS opazili tudi najmanj napak. Zaradi premajhnega števila vzorcev pa ni možno ugotoviti ali ima na padec sijaja kakšen vpliv način nanosa premaza (slika 13).



Slika 13: Relativna sprememba sijaja po izpostavitvi UPS, glede na sijaj pred izpostavitvijo

4.1.2 Vpliv naravnega staranja na sijaj premazov

Histogram na sliki 14 prikazuje relativne padce sijaja, do katerih je prišlo po naravnem staranju premaznih sistemov. Le-ti so bili največji pri sistemih 2 (quebracho/vzorec št. 24./50./51.), 5 (quebracho/vzorec št. 33./62./63.) in 8 (quebracho/vzorec št. 42./74./75.), najmanjši pa pri sistemih 1 (bor/vzorec št. 21./46./47) in 3 (bor/vzorec št. 27./54./55.) in sicer dobrih 10 %. Relativno nizke izgube so nastale zaradi intenzivnosti in obdobja izpostavitve, saj je bilo naravno staranje izvedeno v jesenskem in začetnem zimskem obdobju, ko je jakost UV sevanja ponavadi manjša (slika 14).

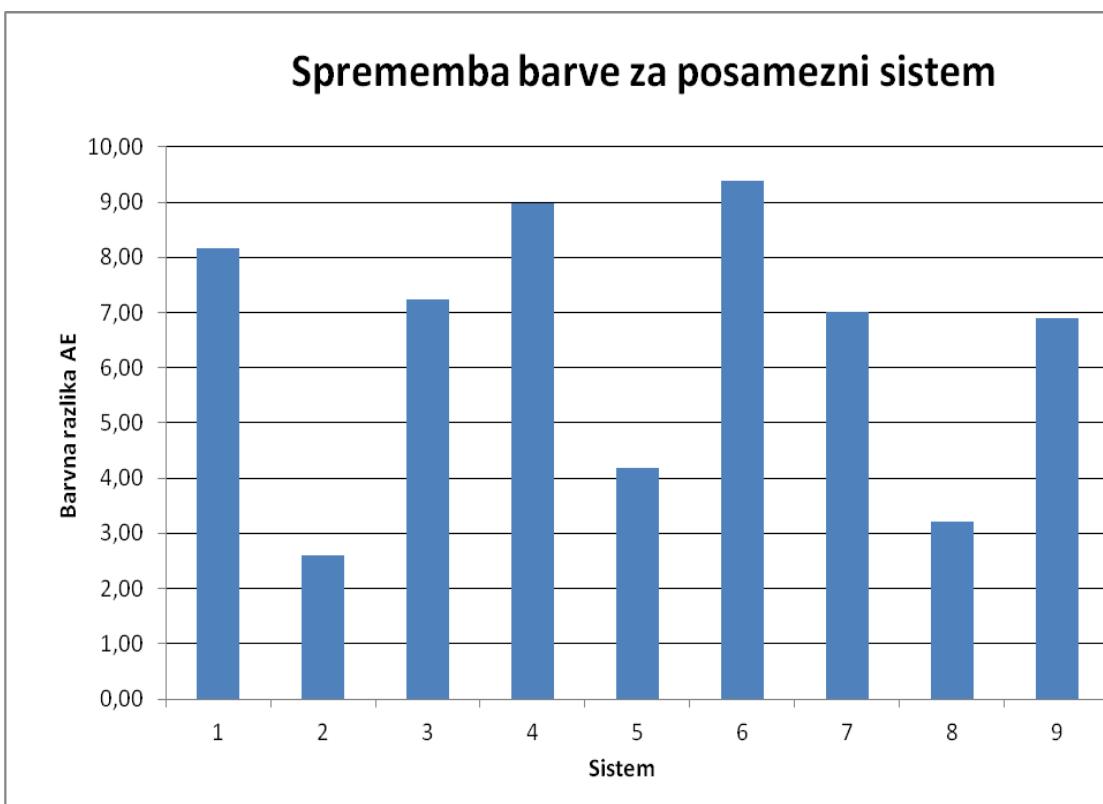


Slika 14: Relativna sprememba sijaja pri naravno staranih površinsko obdelanih vzorcih

4.2 VPLIV STARANJA NA BARVO

4.2.1 Vpliv UPS na barvo

Največjo spremembo barve ΔE^* smo zabeležili pri PS 6 ($\Delta E^* = 9,39$) (bor/vzorec št. 11./12.) in 4 ($\Delta E^* = 8,98$) (bor/vzorec št. 7./8.). Nekoliko manjše so bile barvne spremembe pri ostalih sistemih z nianso bora (ΔE^* je med 6 in 8), vendar še vedno bistveno večje kot pri sistemih z nianso quebracho. Pri teh sistemih je barvna sprememba ΔE^* znašala med 2 in 4. Najnižjo spremembo barve, zaradi izpostavitve UPS, smo zaznali pri sistemu 2 ($\Delta E^* = 2,6$) (quebracho/vzorec št. 3./4.). Pri vseh sistemih je zaradi izpostavitve UPS, prišlo do posvetlitve vzorcev (negativne vrednosti ΔL^*). Najvišjo spremembo svetlosti smo zabeležili pri sistemih 4 ($\Delta L^* = - 5,42$) in 6 ($\Delta L^* = - 5,07$). Nižje spremembe v primerjavi s spremembami pri sistemih barvne nianse bor smo zaznali pri niansi quebracho, najmanjšo pri sistemu 2 ($\Delta L^* = - 1,48$). Barvna koordinata (a^*): vsem sistemom je skupno to, da je njihov barvni ton postal manj rdečkast. Najmanjšo spremembo koordinate a^* smo zabeležili pri sistemu 1 ($\Delta a^* = - 0,52$) in največjo pri sistemu 6 ($\Delta a^* = - 2,02$) in 5 ($\Delta a^* = - 2,00$). Barvni ton b^* : barva vseh sistemov se je po barvni osi b^* pomaknila k modrikastim tonom, najmanjše spremembe smo zabeležili pri sistemih quebracho (sistem 2) ($\Delta b^* = - 1,65$), najvišjo pa pri sistemu 6 ($\Delta b^* = - 7,63$) (preglednica 5 in slika 15).



Slika 15: Sprememba barve po izpostavitvi UPS

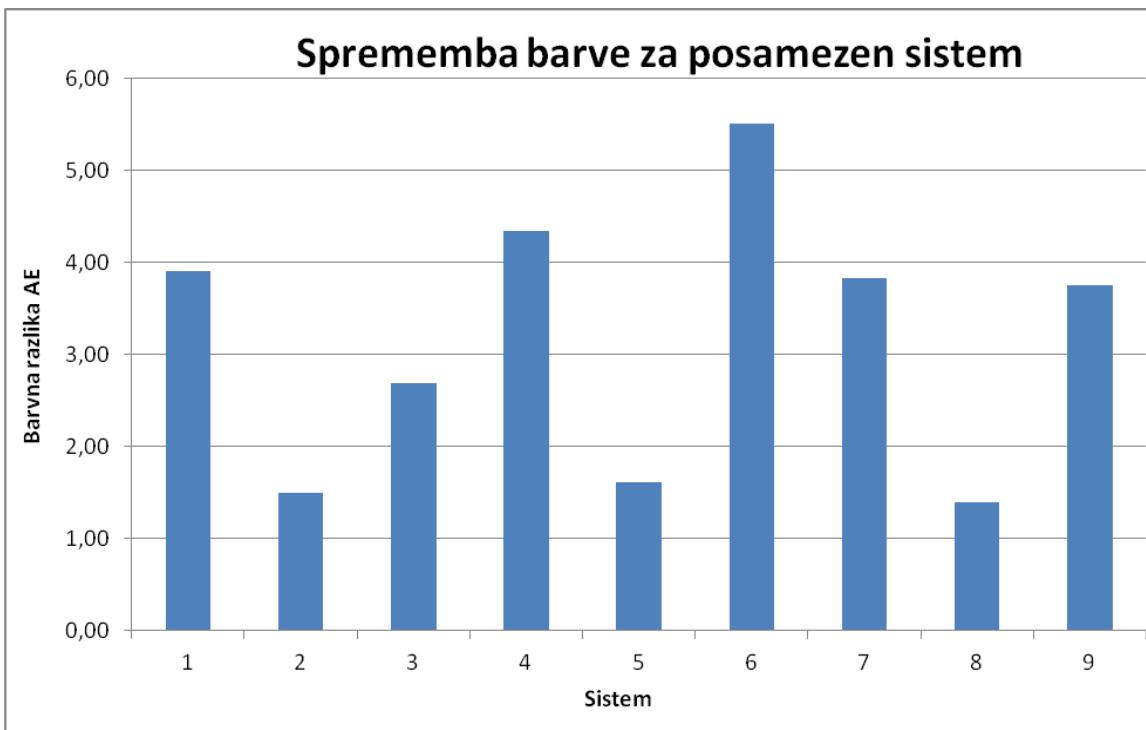
Preglednica 5: Spremembe vrednosti barvnih koordinat zaradi UPS po 1007 ciklusu

PS	Barvni ton	Št. nanosov	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
1	bor	1/2/1	-4,63	-0,52	-6,70	8,16
2	quebracho	1/2/1	-1,48	-1,14	-1,65	2,60
3	bor	1/2/2	-3,83	-1,01	-6,06	7,24
4	bor	1/2/1	-5,42	-1,04	-7,08	8,98
5	quebracho	1/2/1	-1,69	-2,00	-3,27	4,19
6	bor	1/2/1	-5,07	-2,02	-7,63	9,39
7	bor	1/2/1	-3,55	-1,75	-5,80	7,02
8	quebracho	1/2/1	-1,75	-1,55	-2,20	3,21
9	bor	1/2/1	-3,50	-1,43	-5,77	6,90

4.2.2 Vpliv naravnega staranja na barvo

Naravno staranje je prav tako povzročilo barvne spremembe testiranih sistemov. Največjo spremembo barve smo zabeležili pri sistemih 4 ($\Delta E^* = 4,34$) (bor/vzorec št. 30./58./59.) in 6 ($\Delta E^* = 5,51$) (bor/vzorec št. 36./66./67.). Nekoliko manjše so bile barvne spremembe pri ostalih sistemih z nianso bora (ΔE^* je med 2,5 in 4), vendar še vedno bistveno večje kot pri sistemih quebracho. Pri teh sistemih so znašale spremembe barve okrog $\Delta E^* = 1,5$. Najnižjo spremembo barve smo zabeležili pri sistemu 8 (quebracho/vzorec št. 42./74./75.), $\Delta E^* = 1,4$. Koordinata svetlosti (ΔL^*): vsi sistemi

quebracho so potemneli, še najbolj sistem 2 ($\Delta L^* = 0,81$) (quebracho/vzorec št. 24./50./51.). Najvišjo spremembo svetlosti - svetlitev pa smo zabeležili pri sistemih nians bora 6 ($\Delta L^* = -1,97$) in 4 ($\Delta L^* = -1,63$). Barvna koordinata (a^*): vsem sistemom je skupno to, da se je njihov barvni ton na rdeče – zeleni barvni osi premaknil v smeri zelene. Barvni ton b^* : barva vseh sistemov se je na rumeno – modri osi pomaknila proti modrikastim tonom (preglednica 6 in slika 16).



Slika 16: Sprememba barve zaradi naravnega staranja

Preglednica 6: Spremembe vrednosti barvnih koordinat in barve po naravnem staranju

Sistem	Barvni ton	Št. nanosov	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
1	bor	1/2/1	-1,02	-1,24	-3,55	3,91
2	quebracho	1/2/1	0,81	-0,68	-1,04	1,49
3	bor	1/2/2	-0,62	-1,10	-2,37	2,69
4	bor	1/2/1	-1,63	-1,55	-3,71	4,34
5	quebracho	1/2/1	0,55	-0,82	-1,26	1,61
6	bor	1/2/1	-1,97	-2,05	-4,72	5,51 (maks.)
7	bor	1/2/1	-1,27	-1,39	-3,34	3,83
8	quebracho	1/2/1	0,48	-0,76	-1,06	1,39 (min.)
9	bor	1/2/1	-1,08	-1,79	-3,07	3,75

4.3 POJAV NAPAK

4.3.1 Napake zaradi izpostavitve UPS

Že po prvem ciklu (51 ur) izpostavitve UPS je bilo zaznanih največ napak, ki so take tudi ostale do konca. Samo pri enem vzorcu smo lahko opazili tudi pojav razpok, ki smo jih lahko ovrednotili in sicer pri vzorcu 12 (sistem 6/bor.). Na nekaterih vzorcih sistemov 5 (quebracho/vzorca 9./10.), 6 (bor/vzorec 11.), 7 (bor/vzorca 13./14.) in sistema 8 (quebracho/vzorec 15.) so se pojavile globlje razpoke v lesu, tako da takih razpok nismo vrednotili po standardu SIST EN ISO 4628/4: 2004 (preglednica 7). Pri vseh sistemih, razen pri sistemu 7, pa se je pojavilo mehurjenje (SIST EN ISO 4628/2:2004) v obliki smolnih mehurčkov. Najbolj izrazito so se mehurčki pojavili pri sistemu 4 (bor/vzorec št. 7./8.), prav tako pa je bilo mehurjenje dokaj izrazito tudi pri sistemih 2(quebracho/vzorec št. 3./ 4.), 8 (quebracho/vzorec št. 15./16.), in 9 (bor/vzorec št. 17./18.), (pri obeh vzporednih vzorcih). Pri sistemih 1 (bor/vzorec št. 1./ 2.), 3 (bor/vzorec št. 5./ 6.), 5 (quebracho/vzorec št. 9./10.) in 6 (bor/vzorec št. 11./ 12.) pa so se smolni mehurčki pojavili le na po enem vzporednem vzorcu (preglednici 8). Menimo, da je do izločanja smole na površino prišlo zaradi visoke temperature, ki so jim vzorci izpostavljeni med cikli obsevanja z IR svetlobo (60 °C). Na nobenem vzorcu pa ni prišlo do luščenja (SIST EN ISO 4628/5:2004) premaznega sistema.

Preglednica 7: Razpoke (R) na premaznih sistemih po 51. ciklih UPS

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič	-			
	1 / 2 / 1				
	potapljanje/čopič	-			
	1 / 2 / 2				
	čopič	-	R	R	-
Quebracho	1 / 2 / 1				
	potapljanje/čopič	-			
	1 / 2 / 1				
	čopič	R		R	
	1 / 2 / 1				

*R-pojav razpok na površinskih sistemih

Preglednica 8: Ocena mehurjenja - preboj smole po 51 ciklih UPS

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič	2(S3)			
	1 / 2 / 1				
	potapljanje/čopič	0			
	1 / 2 / 2				
	čopič	3(S2)	3(S3)	0	2(S2)
Quebracho	1 / 2 / 1	3(S2)			
	čopič				
	1 / 2 / 1	2(S2)		2(S3)	

*2(S3): ocena obsežnosti mehurjenja 2 (nekaj) in velikosti mehurjenja 3 (od 1 do 5, glede na referenčne slike iz standarda)

**2(S2): ocena obsežnosti mehurjenja 2 (nekaj) in velikosti mehurjenja 2 (od 1 do 5, glede na referenčne slike iz standarda)

***3(S3): ocena obsežnosti mehurjenja 3 (srednje) in velikosti mehurjenja 3 (od 1 do 5, glede na referenčne slike iz standarda)

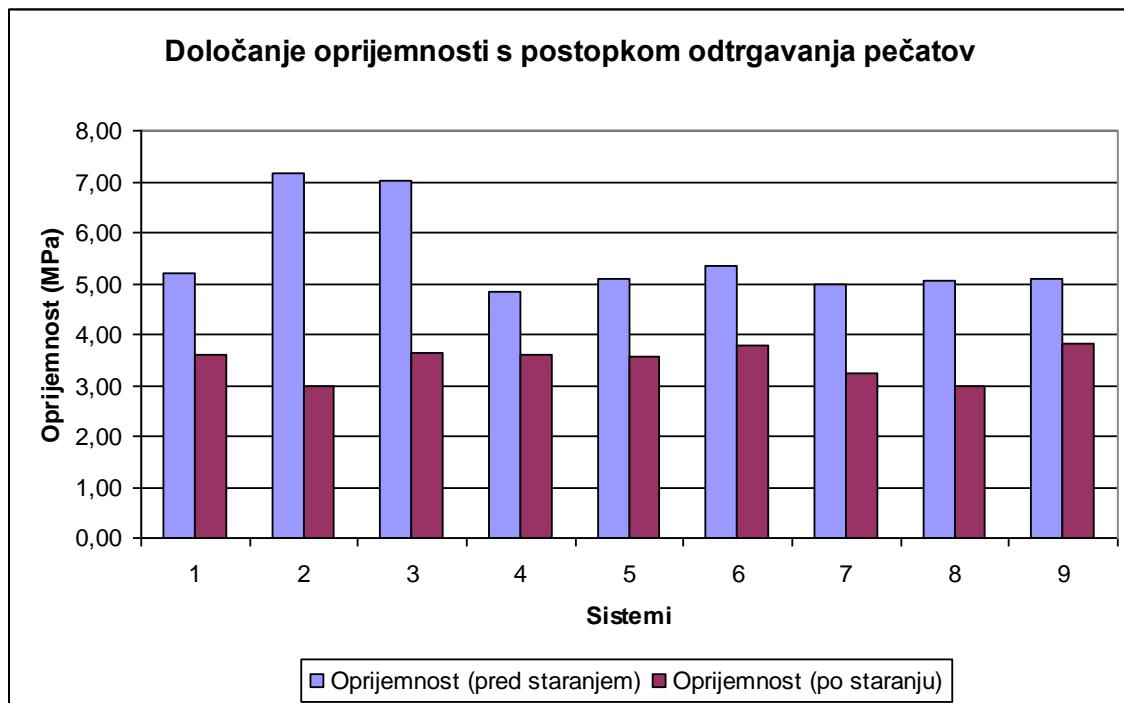
4.3.2 Napake pri naravnem staranju

Na vzorcih, ki so bili izpostavljeni naravnemu staranju, nismo zaznali nobenih napak, saj je bil čas izpostavite kratek (96 dni). Zaradi izpostavite v zimskem času je bil na vzorcih med izpostavitvijo nekaj časa tudi sneg, v splošnem pa je bilo v času izpostavite relativno malo padavin. Vzorci niso bili izpostavljeni tako ekstremnim pogojem (visoka temperatura in vlaga), kot vzorci pri UPS.

4.4 VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA OPRIJEMNOST PREMAZA (PO METODI Z ODTRGOVANJEM PEČATOV)

Vpliv UPS na oprijemnost premazov smo določevali z odtrgovanjem pečatov. Pri tem moramo izpostaviti, da rezultati ne povedo veliko o oprijemnosti premaznih sistemov na podlago, saj smo v vseh primerih po staranju zabeležili kohezijski lom podlage (slika 17). To pomeni, da smo v bistvu izmerili kohezijsko trdnost podlag, ne pa trdnosti spoja premaznih sistemov s podlago. Natančno sicer ne vemo ali se je oprijemnost

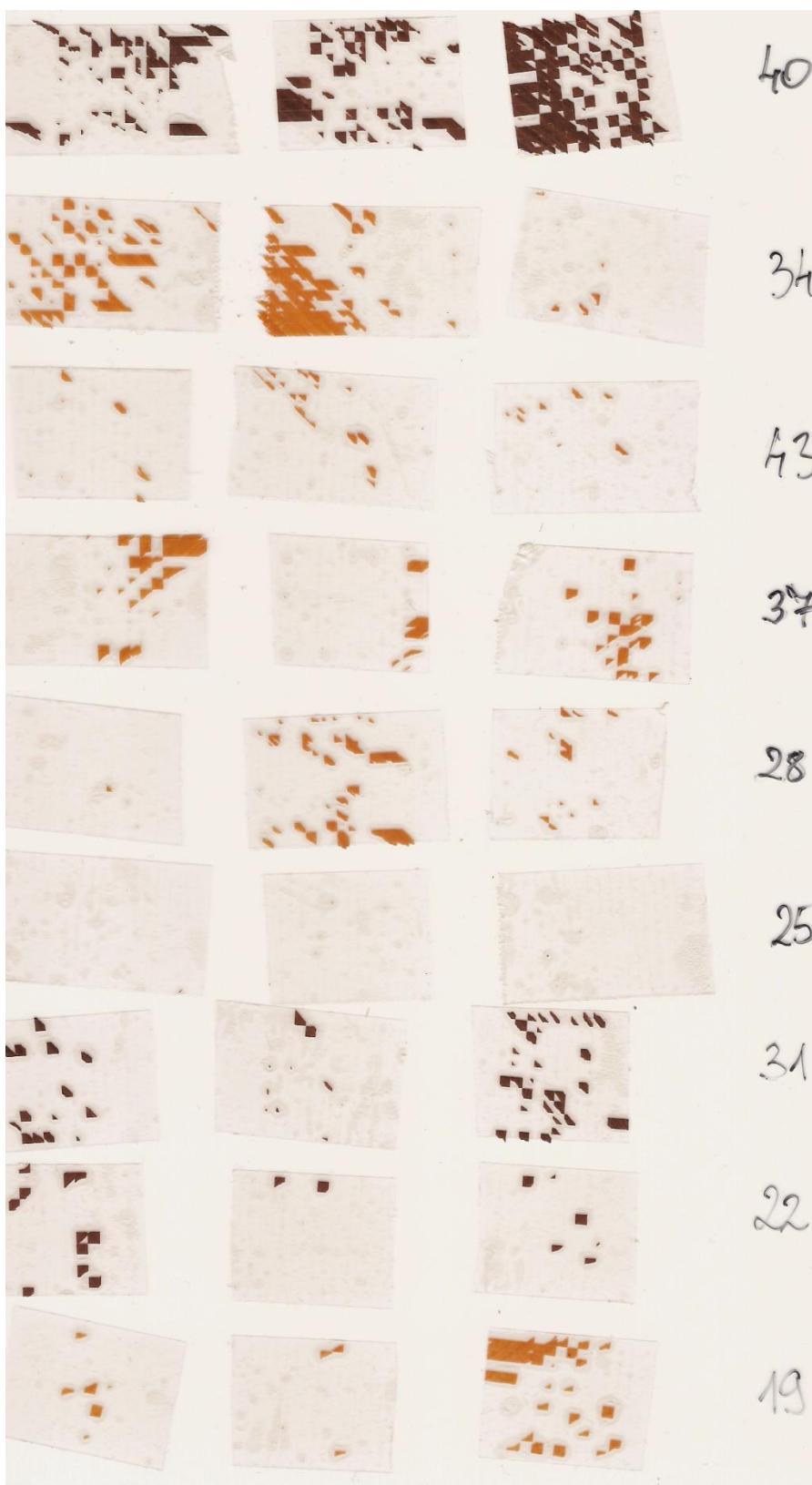
premaznega sistema zmanjšala, se je pa znižala kohezijska trdnost površinskega sloja substrata, zaradi sprememb v lesu, ki so nastale med staranjem.



Slika 17: Vpliv izpostavitve UPS na oprijemnost premaznih sistemov, določeno z metodo odtrgovanja pečatov

4.5 VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA MOKRO OPRIJEMNOST

Primerjava mokre oprijemnosti pred staranjem in po njem vodi do zanimivih ugotovitev, saj smo višje vrednosti oprijemnosti zabeležili na sistemih po staranju. Najboljšo mokro oprijemnost je izkazal sistem 3 (bor/vzorec št. 25./6.), saj pred staranjem in po njem ni prišlo do luščenja površinskega sistema. Najslabšo mokro oprijemnost pa je izkazal sistem 8 (quebracho/vzorec št. 40./16.), tako pred staranjem in po njem. Tudi ostali sistemi so po staranju izkazali bistveno boljše rezultate mokre oprijemnosti, kar je po vsej verjetnosti posledica naknadnega zamreženja filmov premazov med procesom staranja slika (18 in 19).



Slika 18: Kontrolni vzorci, testirani na mokro oprijemnost pred staranjem



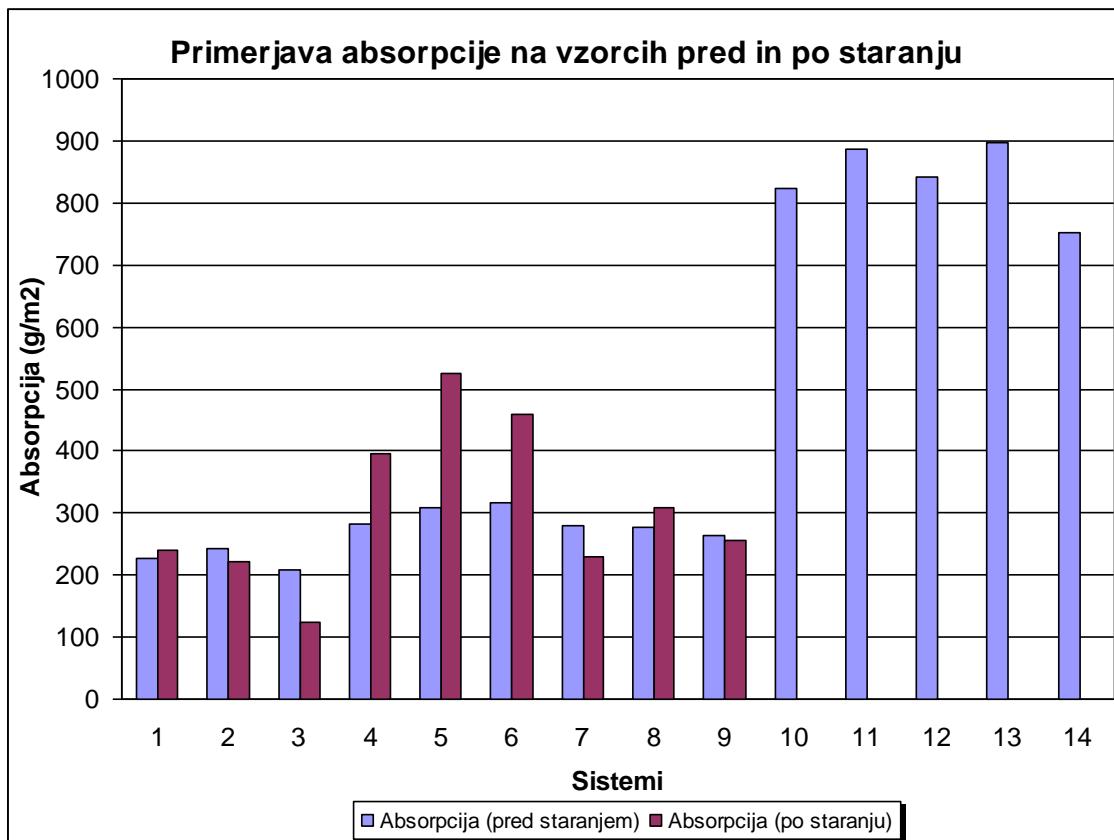
Slika 19: Premazni sistemi, starani po metodi UPS, testirani na mokro oprijemnost po zaključku UPS

4.6 VPLIV UMETNEGA POSPEŠENEGA STARANJA NA PREPUSTNOST PREMAZOV ZA NAVZEM VODE

Iz meritev izhaja, da se je najmanj navlaževal sistem 3 (bor/vzorec št. 6.), tako pred staranjem kot po njem. Rezultat je pričakovan, saj je bilo v tem primeru število slojev največje oz. je bila debelina premaznega sistema največja (slika 20). Tudi pri sistemih 1

(bor/vzorec št. 2.) in 2 (quebracho/vzorec št. 3.) smo opazili nizko navlaževanje, vendar vseeno nekoliko večje kot pri sistemu 3 (bor/vzorec št. 6.), kar je posledica manjših debelin premaznih sistemov v primerjavi z debelino pri sistemu 3.

Nekoliko večjo absorpcijo pa izkazujejo sistemi 4 (bor/vzorec št. 7.), 5 (quebracho/vzorec št. 9.), 6 (bor/vzorec št. 12.), 7 (bor/vzorec št. 13.), 8 (quebracho/vzorec št. 16.) in 9 (bor/vzorec št. 18.). Vsi ti sistemi so imeli sicer en nanos debeloslojne lazure manj. Bistveno višji navzem vode pri sistemih 4, 5 in 6 po staranju je možno utemeljiti tudi z nastankom razpok med staranjem.



Slika 20: Primerjava absorpcije vode na vzorcih pred in po UPS-u

*Premazni sistemi od 1-9

**Surove deske s čelno zaščito, kot sistemi od 10-14

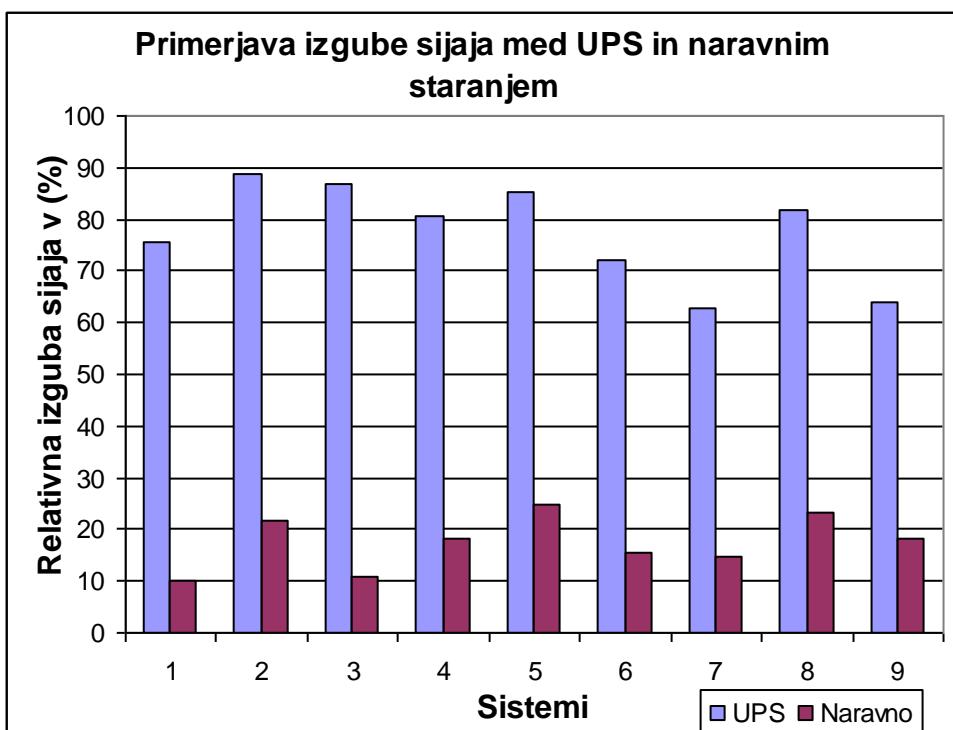
5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

V eksperimentalnem delu smo preizkušali kombinacije premaznih sistemov (PS) od 1 do 9 (preglednica 4), katerim smo določili spremembe nekaterih lastnosti zaradi UPS in naravnega staranja. Posamezni PS so se med seboj razlikovali v načinu nanašanja, v barvnem tonu in dodanemu UV absorberju. Vpliv razlik med sistemi, lastnostmi in trajnostjo premazov je v nadaljevanju obravnavan glede na primerjavo obeh vrst staranja premazov.

5.1.1 Primerjava sprememb sijaja po izpostavitvi UPS in naravnemu staranju

Primerjava med vplivi UPS in naravnega staranja na sijaj PS izpostavljenih vzorcev je prikazana na sliki 21. Iz podatkov, ki izhajajo iz grafa je razvidno, da obstaja povezava med spremembami sijaja po obeh postopkih staranja enakih premaznih sistemov. Pri primerjavi sistemov izstopa le PS 3 (bor/vzorec št. 27./54./55.), razlog pa je najverjetneje v prekratki izpostavitvi naravnemu staranju. Iz rezultatov za sisteme 2 (quebracho/vzorec št. 3./4./24./50./51.), 5 (quebracho/vzorec št. 9./10./33./62./63.) in 8 (quebracho/vzorec št. 15./16./42./74./75.) pa je jasno razvidno, da obstaja povezava med obema postopkom staranja, saj je večja izguba sijaja nastala ravno pri temnejših vzorcih (quebracho). Po daljšem času naravne izpostavitve bi bila sicer povezava med UPS in naravnim staranjem bolj jasna, zato tudi ni moč z gotovostjo trditi, da bi sistema 7 (bor/vzorec št. 13./14./39./70./71.) in 9 (bor/vzorec št. 17./18./45./78./79.) utrpela najmanjše izgube sijaja, kar je sicer pokazala meritev po postopku UPS (slika 21).



Slika 21: Primerjava vplivov UPS in naravnega staranja na relativno znižanje sijaja

Pričakovano se je sijaj PS najbolj zmanjšal na začetku UPS (glej poglavje 4.1.1) in do 504. ciklusa staranja (preglednica 9) kar kaže, da se je večina sprememb v lastnostih površine zgodila prav v tem obdobju. V nadaljevanju staranje do zadnjega ciklusa (1007.) (preglednica 10) sicer ni več bistveno vplivalo na spremembo sijaja površinskih sistemov.

Preglednica 9: Relativne spremembe sijaja po 504 ciklusih UPS

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič	-76%			
	1 / 2 / 1				
	potapljanje/čopič	-71%			
	1 / 2 / 2				
	čopič	-72%	-61%	-57%	-51%
	1 / 2 / 1				
Quebracho	potapljanje/čopič	-82%			
	1 / 2 / 1				
	čopič	-84%		-54%	
	1 / 2 / 1				

Preglednica 10: Relativne spremembe sijaja po 1007 ciklusih UPS

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič				
	1 / 2 / 1	-76%			
	potapljanje/čopič				
	1 / 2 / 2	-87%			
	čopič				
	1 / 2 / 1	-81%	-72%	-63%	-64%
Quebracho	potapljanje/čopič				
	1 / 2 / 1	-89%			
	čopič				
	1 / 2 / 1	-85%		-82%	

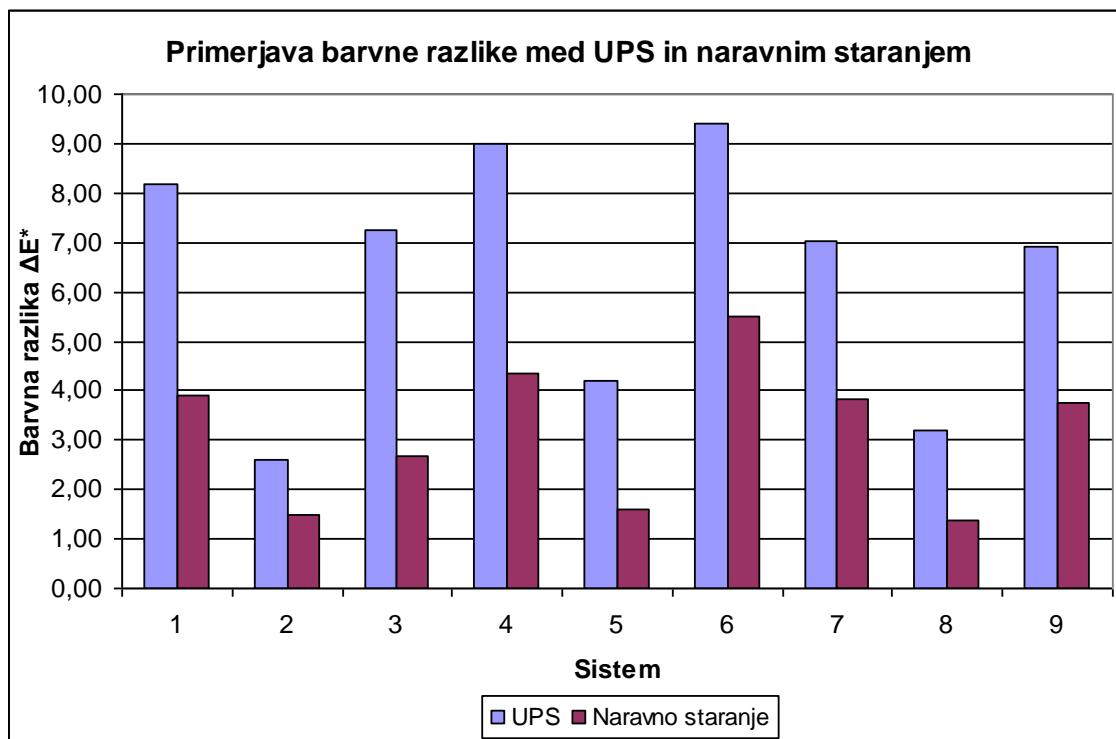
Iz dobljenih podatkov meritev lahko ugotovimo, da na spremembo sijaja ne vplivata tehnika nanosa premaznega sistema in število nanosov, temveč imata velik vpliv izbrani barvni ton in prisotnost ter vrsta UV absorberja (UV1, UV2, UV3 in UV4).

Po 504. in 1007. ciklusih je bila relativna sprememba sijaja večja pri barvnem tonu premaznega sistema Quebracho in manjša pri barvem tonu Bor. Pozitivni vpliv UV absorberja na zmanjšanje sijaja v primerjavi s PS 4 (bor/vzorec št. 7./8.), z absorberjem UV1 je največji pri sistemu 7 (bor/vzorec št. 13./14.) z absorberjem UV 3 in sistemu 9 (bor/vzorec št. 17./18.) z absorberjem UV 4 ter nekoliko manjši pri sistemu 6 (bor/vzorec št. 11./12.) z absorberjem UV2. Pri barvnem tonu premaznega sistema Quebracho se pozitiven vpliv UV absorberja pri sistemu 8 (quebracho/vzorec št. 15./16.) z absorberjem UV3 po 1007 ciklusih praktično izniki in je relativna sprememba sijaja enaka kot pri sistemu 5 (quebracho/vzorec št. 9./10.) z absorberjem UV1 (preglednici 9 in 10).

5.1.2 Primerjava spremembe barve po izpostavitvi UPS in naravnemu staranju

Zaradi krajše izpostavitve PS naravnemu staranju, so se pokazale občutne spremembe v barvnih razlikah, v primerjavi s tistimi, ki smo jih dobili po UPS. V splošnem pa lahko rečemo, da opažene spremembe barve zaradi naravnega staranja potrjujejo rezultate, ki smo jih dobili s postopkom UPS. Izmed vseh sistemov izstopa sistem 6 (bor/vzorec št. 11./12./36./66./67.), pri katerem smo opazili največje spremembe barve, tako pri UPS kot pri naravnem staranju. Ravno tako kot pri meritvah sijaja pa se je pokazalo, da je namanjša barvna razlika nastala pri temnejših vzorcih (quebracho), kar se dobro vidi s slike 21, kjer so PS 2 (vzorec št. 3., 4., 24., 50. in 51.), 5 (vzorec št. 9., 10., 33., 62. in

63.) in 8 (vzorec št. 15., 16., 42., 74. in 75.) dosegli absolutno najmanjše razlike. Precejšnje razlike med obema načinoma staranja so bile tudi med vzorci barvnega tona bora, kjer pa ne moremo z gotovostjo trditi, kateri PS ima najmanjše barvno razliko. Namreč PS 3 (bor/vzorec št. 5./6./27./54./55.), 7 (bor/vzorec št. 13./14./39./70./71.) in 9 (bor/vzorec št. 17./18./45./78./79.) so se izkazali kot sistemi z relativno najmanjšo barvno spremembo (slika 22).



Slika 22: Vplivi UPS-a in naravnega staranja na barvo testnih sistemov

5.1.3 Primerjava napak zaradi izpostavitve UPS in naravnemu staranju

Primerjava napak je bila zaradi krajskega obdobja izpostavitve vremenskemu testu nerelavantna. Vseeno pa je možno sklepati, da bi dobili podobne napake v primeru daljše izpostavitve – nastale po staranju z UPS – tudi pri vremenskem testu. Prav tako ima vpliv na nastanek napak tudi čas izpostavitve in v tem našem primeru je bilo to jesensko obdobje. Iz podatkov po UPS so se največje spremembe na PS pojavile po prvem ciklu (51.) izpostavitve UPS, kar je posledica velike spremembe v izpostavitvi vzorcev visoki temperaturi. Zaradi tega je prišlo do penetracije smole na površino in ravno tako do termičnega raztezanja zgornjega sloja površine lesa. Iz tega sledi mehurjenje v obliki smolnih mehurčkov in razpoke v lesu, ki so pustile tudi posledice na PS. Vsi ti dejavniki so imeli velik vpliv na končno stanje ocenjenih napak, kjer se je najbolje izkazal PS 7 (bor/vzorec št. 13./14./39./70./71.) (najmanj ocenjenih napak), med slabšimi pa so bili PS 2 (quebracho/vzorec št. 3./4./24./50./51.), 4 (bor/vzorec št. 7./8./30./58./59.) in 8 (quebracho/vzorec št. 15./16./42./74./75.).

5.1.4 Oprijemnost premaznih sistemov

Oprijemnost premaznih sistemov smo določevali po dveh metodah, ki sta v praksi najbolj znani in primerni za preizkušanje PS za eksterier. Med rezultati obeh preskusov lahko v osnovi povlečemo vzporednice, saj se je PS 3 (bor/vzorec št. 25./5./6.) po obeh metodah izkazal z najboljšo oprijemnostjo, PS 8 (quebracho/vzorec št. 40./15./16) pa z najslabšo oprijemnostjo. Potrebno pa je vedeti, da relevantne primerjave ni možno postaviti, saj se je pri metodi z odtrgovanjem pečatov v vseh primerih pojavit kohezijski lom podlage. To v bistvu pomeni, da smo izmerili kohezijsko trdnost podlag, ne pa trdnosti spojev PS – podlaga. Vrednosti obremenitve pri porušitvi so bile pri staranih vzorcih nižje kot pri nestaranih in sicer v povprečju kar za 35 %. Glede na prevladujoči kohezijski lom podlage lahko pritrdimo tezi, da je vrednost adhezije pri testiranih PS višja od vrednosti, pri kateri je prišlo do kohezijskega loma spojev PS - podlage.

5.1.5 Prepustnost premaznih sistemov

Premazne sisteme smo preizkusili s testom absorpcije/navzema tekoče vode preko premaznega sistema v preskušance, pred UPS in po njem. Že pred staranjem se je pokazalo, da je bila na vseh PS presežena priporočena zgornja meja vpojnosti vode 175 g/m², kar velja za stabilno področje uporabe v eksterieru, kjer se zahteva minimalno gibanje podlage (preglednica 11).

Že iz hitrega pregleda podatkov v preglednici 11 se vidi, da ima na prepustnost premazov za vodo velik vpliv tehnika nanosa, saj so se vzorci, pri katerih je bila ena od tehnik nanosa potapljanje, bistveno manj navlaževali, kot PS s tehniko nanosa s čopičem. Na višje vrednosti absorbcijske po UPS so bistveno pripomogle tudi razpoke, kar se še najbolj dobro vidi na sistemu 5 (quebracho/vzorec št. 9) in 6 (bor/vzorec št. 12) (preglednica 11).

Da vrednosti vpojnosti vseeno ne moremo primerjati s postopkom pred in po UPS-u, govoriti tudi podatek, da meritve niso bile opravljene na enakih vzorcih istega PS (vendar smo ene vzorce izbrali za meritev pred staranje in druge iz enakega PS za meritev po UPS-u).

Za bolj natančne analize absorpcije pred staranjem in po njem bi potrebovali več enakih vzorcev, kateri bi morali biti tudi čim bolj stabilni (brez napak v lesu, ki bi vplivale na meritve), da ne bi prihajalo do enormnih odstopanj pri meritvah.

Preglednica 11: Prepustnost premaznih sistemov za vodo pred/po UPS-u

Barvni ton	Tehnika in št. nanosov	UV absorber			
		UV1	UV2	UV3	UV4
Bor	potapljanje/čopič 1/2/1	227/240			
	potapljanje/čopič 1/2/2	209/123			
	čopič 1/2/1	283/395	317/458	278/231	263/256
Quebracho	potapljanje/čopič 1/2/1	244/222			
	čopič 1/2/1	308/525		277/308	

*Sprememba mase vzorca v procesu navzema vode, v času 72 ur po izpostavitvi (WA72*v g/m²)

5.2 SKLEPI

Rezultati raziskovalnega dela primerjave med naravnim in UPS akrilnih lazurnih premazov, ki so imeli različna barvna tona, premazne nanose ter smo jih nanesli z različnimi tehnikami, so pokazali naslednje ugotovitve:

- po obeh postopkih staranja so se pokazali veliki vplivi na spremembo sijaja in barvnega tona;
- analize sprememb sijaja in barvnega tona jasno pokažejo korelacijo med umetnim pospešenim in naravnim staranjem;
- pri premaznih sistemih 7 (bor/vzorec št. 13./14./39./70./71.), 8 (quebracho/vzorec št. 15./16./42./74./75.) in 9 (bor/vzorec št. 17./18./45./78./79.) ter delno pri sistemu 6 (bor/vzorec št. 11./12./36./66./67.) smo zaznali vpliv dodanih UV absorberjev na zmanjšano spreminjanje barve in sijaja. Pri premaznem sistemu 7 in 8 se je pokazal pozitiven učinek zaradi uporabe absorberja UV3, ter pri sistemu 9 prav tako, zaradi uporabe absorberja UV4. V manjši meri se je pozitivni učinek UV absorberja pokazal tudi pri sistemu 6 (absorber UV2);
- pri pojavljanju napak med obema postopkoma staranja nismo opazili podobnosti, se je pa pri UPS pokazalo, da ima na pojav napak znaten vpliv povečana temperatura površin premaznih sistemov (zaradi segrevanja površine z IR grelci), saj se je na določenih sistemih pojavit preboj smolnih mehurčkov preko PS. Prav tako so zaradi navlaževanja in sušenja nastajale razpoke v lesu. Za relativne podatke bi sicer morali izvesti meritve na večjem številu preskušancev, da bi tako dobili bolj jasno sliko o spremembah na premaznih sistemih. Napak po naravnem postopku staranja ni bilo opaziti, najverjetneje zaradi relativno kratkega časa naravnega staranja, ki je potekalo v jesensko-zimskem času;
- meritve tako suhe kot vlažne oprijemnosti so pokazale zadovoljive rezultate, pred UPS in po njem. Kohezijski lom podlage pri testu suhe oprijemnosti in

dodatno zamreženje filma premaza pri preskusu mokre oprijemnosti, sta povzročila celo izboljšanje oprijemne trdnosti po končani izpostavitvi UPS;

- absorpcija vode preko vseh premaznih sistemov pred začetkom staranja je bila večja od priporočene zgornje meje vpojnosti za premazne sisteme, namenjene za stabilno področje uporabe v eksterieru. Večje število slojev premaznega sistema je pri tej analizi pokazalo povzročitev manjše vpojnosti. Vendar ima na količino navzete vode v vzorce velik vpliv pojavi napak na lesu in premaza (razpok), ki so bile posledica staranja;
- za bolj natančno analizo premaznih sistemov ter za boljšo primerjavo vplivov naravnega staranja in umetnega pospešenega staranja, bi bilo potrebno za vrednotenje posameznih lastnosti in njihovih sprememb, izbrati večje število vzorcev posameznega premaznega sistema. Tako bi zagotovili bolj temeljito in sistematično analizo.

6 POVZETEK

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti razlike med vplivi naravnega in umetnega pospešenega staranja lazurnih premazov.

Les, ki je vgrajen zunaj, je izpostavljen biotskim kot abiotskim dejavnikom razgradnje in ga je zato potrebno primerno zaščititi s premaznimi sistemi. S pravilno izbiro premaznega sistema tako preprečimo predčasno razgradnjo ter tako upočasnimo razkroj lesa, s čimer mu damo dodano vrednost v obliki podaljšane življenjske dobe. Poleg funkcionalne vrednosti, ki jo ponujajo premazni sistemi je potrebno vedeti, da ima velik pomen tudi estetski vpliv obdelave lesa s premazi, saj je na voljo široka paleta barvnih tonov. Lazure so se tako z leti močno razvile in danes je v uporabi že pretežni delež akrilnih lazurnih premazov na vodni osnovi, ki nadomeščajo še vedno zelo priljubljene alkidne lazurne premaze na osnovi organskih topil.

Od podjetja Tanin Sevnica smo v raziskavo staranja dobili njihove akrilne premazne sisteme. Premazni sistemi so se razlikovali po različni barvi, številu nanosov premaznega filma, vrsti dodanega UV absorberja in načinu nanašanja. Pred začetkom in po koncu staranja smo na vzorcih izmerili sijaj, barvo in napake premaznih sistemov (mehurjenje po SIST EN ISO 4628-2:2004, razpoke po SIST EN ISO 4628-4:2004 ter luščenje po SIST EN ISO 4628-5:2004). Enake teste smo izvedli tako na vzorcih, ki smo jih starali naravno, kot na tistih, ki so bili izpostavljeni UPS. Na vzorcih, namenjenih za UPS, smo preizkusili tudi suho in mokro oprijemnost (metoda z odtrgovanjem pečatov - SIST EN ISO 4624:2004 in metoda za mokro oprijemnost s križnim zarezovanjem - SIST EN ISO 2409:1997) ter absorpcijo vode (SIST EN 927-5:2001). Te tri metode smo tako ponovili še po dokončni izpostavitvi UPS (1007 ciklus). Vzorce za naravno staranje (SIST EN ISO 2810:2005 in SIST EN 927-3:2001) smo izpostavili na primerni lokaciji podjetja Tanin v Sevnici. Umetno pospešeno staranje preskušancev pa smo izvedli na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Naprava za UPS je bila razdeljena na dva dela, kjer na enem delu izpostavljamo vzorce umetnemu dežju, na drugem delu pa UV in IR sevanju.

Ugotavljni smo posledice naravnega in umetnega pospešenega staranja različnih premaznih sistemov in primerjali lastnosti posameznih premaznih sistemov po staranju, s poudarkom na medsebojni primerjavi posledic obeh različnih postopkov staranja. Primerjave sijaja in barve so pokazale korelacije med obema postopkom staranja, medtem ko opazovanje nastalih napak ni pokazalo podobnosti. Izkazalo se je, da je naravno staranje potekalo premalo časa in še v jesensko-zimskem času smo ga izvedli, tako da primerjava obeh postopkov staranja ni pokazala relevantnih rezultatov. Pri meritvah sijaja in barve so se pokazali pozitivni vplivi uporabe UV absorberjev v premaznih sistemih, kar je imelo za posledico manjše izgube sijaja in spremembe barve PS. Pri oprijemnosti premaznih sistemov pa smo ugotovili, da je premazni sistem z največ sloji izkazal najboljšo oprijemnost po obeh metodah določanja oprijemnosti in prav tako najmanjšo absorpcijo vode preko premaznega sistema.

Primerjava med naravnim in umetnim pospešenim staranjem je pokazala določene korelacije med načinom staranja. Pri tem je UPS seveda veliko bolj intenziven za

premazni sistem in se tako negativne posledice staranja na premaznih sistemih pokažejo bistveno hitreje, kot pri naravnem staranju.

Izkazalo se je tudi, da bi z večjim številom vzorcev lahko prišli do bolj celovitih podatkov in tako sistematično primerjali podatke po obeh postopkih staranja. Vsekakor pa lahko že na osnovi tega raziskovalnega dela sklepamo na podobnosti in razlike med obema postopkoma staranja.

7 VIRI

- Gorenšek M. 2007. Lastnosti prostih utrjenih filmov premazov za les. Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 44 str.
- Institut für Fenstertechnik e.V. 1999. R9 Nasshaftung. In: VFF Merkblatt HO.03. Anforderungen an Beschichtungs-systeme von Holzfenster und Hausturen. Frankfurt March 1999. VF: 51-53
- Kovač P. 1997. Vodoodbojna učinkovitost lazurnih premazov na smrekovini. Višješolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 84 str.
- Kričej B. 1974. Postopki umetnega - pospešenega staranja premazov, namenjenih za površinsko obdelavo lesenih konstrukcij, izpostavljenih na prostem. Les, 26, 131-132
- Kristan B. 2004. Pospešeno staranje poliuretanskega premaza na vratih kuhinjskih elementov. Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 42 str.
- Ljuljka B. 1990. Površinska obrada drva. Zagreb, Sveučilišna naklada: 28-45, 216-226
- Pečenko G. 1987. Lazurni premazi za les. Les, 39: 335-337
- SIST EN ISO 2813:1999 - Barve in laki - Določevanje sijaja neefektnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85° (ISO 2813:1994, vključno s tehničnim popravkom 1:1997) - Paints and varnishes - Determination of specular gloss of non metallic paint films at 20°, 60° and 85° (ISO 2813:1994, Including Technical Corrigendum 1:1997).
- SIST EN ISO 2810:2005 - Barve in laki - Naravno staranje premazov - Izpostavitev in ocenjevanje (ISO 2810:2004) - Paints and varnishes - Natural weathering of coatings - Exposure and assessment (ISO 2810:2004).
- SIST EN 927-2:2001 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunano zaščito lesa - 2. del: Specifikacija za vrsto uporabe - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 2: Performance specification.
- SIST EN 927-3:2001 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunano zaščito lesa - 3. del: Preskus s staranjem v naravnih razmerah - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 3: Natural weathering test.
- SIST EN 927-5:2001 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunano zaščito lesa - 5. del: Ocenjevanje prepustnosti vode - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 5: Assessment of the liquid water permeability.

SIST EN 927-6:2007 - Barve in laki - Premazi in premazni sistemi za zunanjou zaščito lesa - 6. del: Izpostava premazov za les umetnemu staranju s fluorescentnimi UV svetilkami in vodo - Paints and varnishes - Coating materials and coating systems for exterior wood - Part 6: Exposure of wood coatings to artificial weathering using fluorescent UV lamps and water.

SIST EN ISO 2409:1997 - Barve in laki - Preskus oprijema z zarezovanjem rešetke (ISO 2409:1992) - Paints and varnishes - Cross-cut test (ISO 2409:1992).

SIST EN ISO 2808:1999 - Barve in laki - Ugotavljanje debeline plasti (ISO 2808:1997) - Paints and varnishes - Determination of film thickness (ISO 2808:1997).

SIST EN ISO 4624:2004 Barve in laki – Merjenje oprijema z metodo odtrganja filma (Pull-off test) (ISO 4624:2004). Paints and varnishes – Pull-off test for adhesion (ISO 4624:2002). 2004: 11 str.

SIST EN ISO 4628-2:2004 - Barve in laki – Ovrednotenje propadanja premazov – Ugotavljanje obsega in velikosti poškodb ter intenzitete enakomernih sprememb videza – 2. del: Ocenjevanje stopnje mehurjenja (ISO 4628-2:2004) - Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance - Part 2: Assessment of degree of blistering (ISO 4628-2:2003).

SIST EN ISO 4628-4:2004 - Barve in laki – Ovrednotenje propadanja premazov – Ugotavljanje obsega in velikosti poškodb ter intenzitete enakomernih sprememb videza – 4. del: Ocenjevanje stopnje razpokanja (ISO 4628-4:2004) - Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance - Part 4: Assessment of degree of cracking (ISO 4628-4:2003).

SIST EN ISO 4628-5:2004 - Barve in laki – Ovrednotenje propadanja premazov – Ugotavljanje obsega in velikosti poškodb ter intenzitete enakomernih sprememb videza – 5. del: Ocenjevanje stopnje luščenja (ISO 4628-5:2004) - Paints and varnishes - Evaluation of degradation of coatings - Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance - Part 5: Assessment of degree of flaking (ISO 4628-5:2003).

Tanin Sevnica d.d.. 2014. Tehnis d.o.o. (17.11.2014).
[http://www.gradbenik.net/katalog_podrobno.asp?napis=abecedni&id_firma=1355&id_opis=2151\(11.avg.2016\)](http://www.gradbenik.net/katalog_podrobno.asp?napis=abecedni&id_firma=1355&id_opis=2151(11.avg.2016))

Žepič R. 1993. Korelacija med akrilnimi in alkidnimi premaznimi sredstvi z ozirom na umetno pospešeno staranje: visokošolska diplomska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 84 str.

ZAHVALA

Prva zahvala gre vsekakor mentorju prof. dr. Marku Petriču, ki me je ves čas vzpodbujal pri dokončanju diplomskega dela. Prav tako gre zahvala tudi prof. dr. Francu Pohlevnu za opravljeno recenzijsko delo.

Pri opravljanju eksperimentalnega dela mi je bil vsekakor v največjo podporo in pomoč strokovni sodelavec Borut Kričej, za kar se mu zahvaljujem. Zahvala gre tudi dr. Matjažu Pavliču pri koordinaciji in strokovni pomoči.

Pri mojem dolgoročnem projektu so trpeli tudi starši in družina, zato se jim ob tej prilžnosti prav tako zahavaljujem za podporo, ki sem jo bil deležen.

PRILOGE

SIJAJ - izmerjene vrednosti

Priloga A: Meritve sijaja po ciklih UPS-a

Sistem/Vzorec(n ckl)	Sijaj									Povp.	Min	Maks.	Standardni odklon
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1/1(0)	66,0	56,3	58,8	60,0	55,5	63,4	59,7	52,9	60,3	59,21	52,9	66,0	3,9989
1/1(51)	45,9	43,0	45,2	44,0	41,9	47,4	41,9	31,6	41,4	42,48	31,6	47,4	4,5565
1/1(148)	37,2	36,9	41,4	41,0	32,4	49,8	38,0	36,5	40,6	39,31	32,4	49,8	4,8289
1/1(300)	21,0	15,7	12,7	26,7	22,0	21,8	31,8	32,4	28,5	23,62	12,7	32,4	6,8198
1/1(504)	13,9	8,3	8,0	23,7	19,0	8,4	25,3	32,5	25,8	18,32	8,0	32,5	9,0829
1/1(1007)	10,4	8,7	10,4	21,8	24,9	15,4	27,3	33,6	31,8	20,48	8,7	33,6	9,5907
Izguba sijaja (%)										38,73			
1/2(0)	55,1	67,3	59,7	65,2	64,9	61,5	58,8	50,3	59,2	60,22	50,3	67,3	5,3200
1/2(51)	26,3	33,6	27,3	35,4	44,2	37,6	32,4	36,3	41,0	34,90	26,3	44,2	5,8402
1/2(148)	14,9	16,3	12,6	32,7	45,1	31,3	28,5	33,3	44,7	28,82	12,6	45,1	12,1047
1/2(300)	7,9	14,2	9,9	12,3	13,5	11,0	18,7	16,1	41,0	16,07	7,9	41,0	9,8948
1/2(504)	6,4	8,5	5,5	9,4	9,0	7,1	17,1	10,9	21,7	10,62	5,5	21,7	5,3602
1/2(1007)	7,8	6,9	5,8	13,1	5,8	6,2	16,3	7,6	5,7	8,36	5,7	16,3	3,7647
Izguba sijaja (%)										51,87			
1/19 (0) kontrola	61,7	62,8	61,5	58,8	61,7	64,1	62,3	50,4	41,2	58,28	41,2	64,1	7,5690
1/19 (1007) kontrola	60,4	62,1	61,5	59,0	62,1	62,4	61,2	56,7	41,2	58,51	41,2	62,4	6,7436
Izguba sijaja (%)										-0,23			
2/3 (0)	48,2	52,1	59,8	51,2	57,2	62,6	51,3	61,8	63,2	56,38	48,2	63,2	5,7534
2/3 (51)	35,8	38,2	43,0	39,8	44,3	46,5	36,5	46,8	42,8	41,52	35,8	46,8	4,1252
2/3 (148)	27,5	27,2	31,9	30,9	32,2	31,5	24,4	34,5	40,6	31,19	24,4	40,6	4,7017
2/3 (300)	6,7	8,6	9,0	8,9	12,0	13,9	13,0	29,4	30,3	14,64	6,7	30,3	8,9274
2/3 (504)	10,6	7,6	9,4	8,8	9,5	10,0	8,5	15,2	8,9	9,83	7,6	15,2	2,1915
2/3 (1007)	8,7	9,4	12,6	10,8	11,4	12,1	10,2	7,3	10,7	10,36	7,3	12,6	1,6771
Izguba sijaja (%)										46,02			
2/4 (0)	57,3	50,2	46,1	55,0	48,7	52,0	62,3	56,0	55,5	53,68	46,1	62,3	4,9376
2/4 (51)	40,6	38,6	33,3	37,6	38,6	41,4	44,2	40,8	42,3	39,71	33,3	44,2	3,1565
2/4 (148)	29,9	32,3	25,0	16,1	19,4	33,1	37,5	38,2	44,1	30,62	16,1	44,1	9,1125
2/4 (300)	10,2	11,0	9,7	15,3	11,6	12,3	31,0	22,4	28,2	16,86	9,7	31,0	8,2165
2/4 (504)	10,1	10,8	12,1	7,9	9,7	6,4	14,6	11,6	10,4	10,40	6,4	14,6	2,3707
2/4 (1007)	1,2	1,2	1,3	1,2	1,4	1,2	5,4	2,3	3,2	2,04	1,2	5,4	1,4354
Izguba sijaja (%)										51,63			
2/22 (0) kontrola	34,5	50,4	61,3	37,2	55,5	60,3	42,1	48,6	51,6	49,06	34,5	61,3	9,5340
2/22 (1007) kontrola	33,2	43,7	59,6	44,1	57,8	58,8	40,0	44,6	49,9	47,97	33,2	59,6	9,2137
Izguba sijaja (%)										1,09			
3/5 (0)	70,3	70,6	71,6	64,3	67,8	71,6	67,2	67,6	70,9	69,10	64,3	71,6	2,5005
3/5 (51)	63,0	63,6	60,2	59,7	62,0	55,8	45,2	51,5	57,5	57,61	45,2	63,6	6,0199
3/5 (148)	57,4	56,8	56,0	59,4	64,8	57,6	23,2	39,9	60,7	52,87	23,2	64,8	13,0525
3/5 (300)	42,6	45,0	41,8	38,6	59,7	40,9	26,8	22,8	58,5	41,86	22,8	59,7	12,2841
3/5 (504)	7,3	9,0	5,6	8,4	14,0	13,0	21,4	19,9	47,6	16,24	5,6	47,6	12,9711
3/5 (1007)	6,9	7,7	5,8	8,3	7,2	7,4	5,8	8,6	17,6	8,37	5,8	17,6	3,5948
Izguba sijaja (%)										60,73			
3/6 (0)	77,5	73,9	78,5	70,8	75,2	73,8	75,2	72,9	76,5	74,92	70,8	78,5	2,3842
3/6 (51)	69,5	67,2	72,0	60,0	68,9	63,5	62,8	52,3	65,5	64,63	52,3	72,0	5,9342
3/6 (148)	64,9	41,8	69,0	62,1	71,6	65,3	52,3	63,3	68,8	62,12	41,8	71,6	9,4233
3/6 (300)	33,9	29,3	45,6	45,8	66,0	53,5	48,9	52,9	66,7	49,18	29,3	66,7	12,6262
3/6 (504)	13,7	11,8	12,0	15,1	48,9	18,0	28,4	35,8	46,4	25,57	11,8	48,9	14,8846
3/6 (1007)	6,8	6,9	7,0	8,5	14,4	14,4	8,4	16,3	14,0	10,74	6,8	16,3	3,9224
Izguba sijaja (%)										64,18			

3/25 (0) kontrola	72,6	71,4	74,5	67,4	70,4	77,3	71,6	66,0	77,4	72,07	66,0	77,4	3,9380
3/25 (1007) kontrola	69,5	69,5	72,0	70,8	63,5	77,4	69,6	60,0	74,2	69,61	60,0	77,4	5,2272
Izguba sijaja (%)										2,46			

4/7 (0)	49,7	44,1	52,0	46,3	45,7	51,0	43,9	52,3	47,3	48,03	43,9	52,3	3,2989
4/7 (51)	37,4	34,3	41,8	40,5	34,9	42,4	35,7	40,7	38,5	38,47	34,3	42,4	3,0533
4/7 (148)	34,2	29,7	38,1	36,8	33,3	39,7	31,7	36,1	38,1	35,30	29,7	39,7	3,3064
4/7 (300)	28,3	24,9	34,7	29,9	27,6	38,5	29,0	31,3	36,1	31,14	24,9	38,5	4,4317
4/7 (504)	18,9	9,1	6,3	18,4	14,9	10,6	22,6	22,7	24,8	16,48	6,3	24,8	6,6151
4/7 (1007)	13,0	7,5	4,7	12,2	9,9	5,8	18,7	12,8	13,4	10,89	4,7	18,7	4,3848
Izguba sijaja (%)										37,14			
4/8 (0)	51,0	45,3	52,0	55,9	47,9	57,3	48,0	39,9	50,9	49,80	39,9	57,3	5,3158
4/8 (51)	39,3	33,1	36,3	41,9	37,0	45,4	40,8	31,7	41,2	38,52	31,7	45,4	4,3999
4/8 (148)	34,4	29,0	33,2	37,1	33,0	41,9	37,9	28,4	37,3	34,69	28,4	41,9	4,3590
4/8 (300)	18,9	20,1	22,0	26,8	28,2	33,1	28,4	25,6	31,4	26,06	18,9	33,1	4,9010
4/8 (504)	5,7	5,3	5,6	8,0	6,7	5,9	17,2	18,9	19,7	10,33	5,3	19,7	6,2827
4/8 (1007)	9,0	7,5	6,0	8,8	7,1	7,8	9,2	8,0	7,3	7,86	6,0	9,2	1,0297
Izguba sijaja (%)										41,94			
4/28 (0) kontrola	44,1	43,4	44,3	50,5	43,1	56,1	47,8	40,3	56,7	47,37	40,3	56,7	5,8879
4/28 (1007) kontrola	43,2	43,9	43,0	47,9	45,4	52,3	48,1	40,4	56,0	46,69	40,4	56,0	4,9549
Izguba sijaja (%)										0,68			

5/9 (0)	42,8	45,1	52,3	47,1	42,7	51,8	37,8	43,9	46,7	45,58	37,8	52,3	4,5691
5/9 (51)	25,1	28,5	33,3	26,5	27,5	36,4	22,9	26,9	33,7	28,98	22,9	36,4	4,4849
5/9 (148)	21,3	24,8	27,6	23,6	25,2	32,0	20,2	25,3	30,2	25,58	20,2	32,0	3,8512
5/9 (300)	12,4	15,3	11,8	18,1	20,5	22,6	19,1	21,2	25,2	18,47	11,8	25,2	4,5530
5/9 (504)	5,6	6,1	5,3	6,9	5,5	4,3	9,6	11,5	10,8	7,29	4,3	11,5	2,6436
5/9 (1007)	3,7	5,9	4,7	5,0	5,4	6,7	5,9	9,7	11,8	6,53	3,7	11,8	2,5889
Izguba sijaja (%)										39,04			
5/10 (0)	38,6	46,4	45,6	40,8	47,9	48,0	44,6	46,4	50,1	45,38	38,6	50,1	3,6259
5/10 (51)	23,8	30,1	25,1	26,7	31,5	31,7	28,5	32,6	33,3	29,26	23,8	33,3	3,4169
5/10 (148)	21,1	26,1	22,1	23,0	29,0	30,1	24,4	28,4	29,8	26,00	21,1	30,1	3,4785
5/10 (300)	15,4	19,7	12,0	18,3	23,1	18,6	21,3	25,3	24,9	19,84	12,0	25,3	4,3772
5/10 (504)	6,2	6,6	5,6	5,5	5,5	5,8	14,0	11,6	6,1	7,43	5,5	14,0	3,1221
5/10 (1007)	4,5	5,4	5,3	6,3	8,0	7,3	10,9	5,6	8,0	6,81	4,5	10,9	1,9726
Izguba sijaja (%)										38,57			
5/31 (0) kontrola	42,0	56,5	59,1	57,5	64,7	61,0	52,9	57,1	60,7	56,83	42,0	64,7	6,4755
5/31 (1007) kontrola	41,4	54,7	58,2	48,7	61,8	59,0	50,0	56,4	59,6	54,42	41,4	61,8	6,5416
Izguba sijaja (%)										2,41			

6/11 (0)	37,0	45,2	51,7	50,1	48,3	53,6	43,0	50,9	55,2	48,33	37,0	55,2	5,7297
6/11 (51)	26,3	34,1	32,9	38,1	36,1	35,2	32,1	39,4	38,6	34,76	26,3	39,4	4,0614
6/11 (148)	22,9	27,9	25,0	28,4	30,4	29,8	26,1	35,7	31,3	28,61	22,9	35,7	3,7850
6/11 (300)	17,2	19,1	16,3	20,0	21,5	20,3	16,3	32,2	19,8	20,30	16,3	32,2	4,8275
6/11 (504)	11,5	16,7	11,0	18,2	20,2	17,8	14,3	26,7	20,1	17,39	11,0	26,7	4,8514
6/11 (1007)	10,8	12,5	13,9	13,5	9,6	16,6	14,9	21,5	19,9	14,80	9,6	21,5	3,9525
Izguba sijaja (%)										33,53			
6/12 (0)	56,1	56,0	53,2	56,8	49,5	56,4	49,2	52,7	59,1	54,33	49,2	59,1	3,4029
6/12 (51)	37,6	34,0	36,0	32,3	33,2	36,2	33,8	36,1	42,8	35,78	32,3	42,8	3,1380
6/12 (148)	28,7	27,8	28,5	30,0	23,8	28,6	26,8	32,8	37,9	29,43	23,8	37,9	3,9809
6/12 (300)	22,7	22,2	20,3	25,2	20,5	18,4	23,3	27,3	33,2	23,68	18,4	33,2	4,4547
6/12 (504)	19,1	23,6	21,7	20,6	18,9	16,7	22,5	25,6	31,9	22,29	16,7	31,9	4,4887
6/12 (1007)	11,5	12,5	10,8	13,4	10,1	6,9	15,8	17,8	24,9	13,74	6,9	24,9	5,2515
Izguba sijaja (%)										40,59			
6/34 (0) kontrola	37,9	33,4	48,9	44,5	40,2	43,1	47,9	47,5	57,7	44,57	33,4	57,7	7,0829
6/34 (1007) kontrola	37,8	33,3	45,8	42,9	33,9	40,9	47,8	43,0	56,4	42,42	33,3	56,4	7,2093
Izguba sijaja (%)										2,14			

7/13 (0)	59,7	53,9	62,6	59,3	52,9	53,2	58,9	53,0	51,0	56,06	51,0	62,6	4,0679
7/13 (51)	46,1	44,9	50,7	47,4	41,4	40,6	47,3	40,1	43,1	44,62	40,1	50,7	3,5954
7/13 (148)	39,0	38,2	44,6	40,8	34,5	35,7	39,6	34,6	39,0	38,44	34,5	44,6	3,2273
7/13 (300)	25,3	27,6	31,8	28,8	31,6	32,0	33,2	29,5	34,9	30,52	25,3	34,9	2,9819
7/13 (504)	22,4	25,5	26,7	29,1	31,2	26,9	32,0	27,3	33,6	28,30	22,4	33,6	3,5178
7/13 (1007)	26,2	23,3	24,8	25,4	29,7	29,4	28,4	24,9	31,2	27,03	23,3	31,2	2,7106
Izguba sijaja (%)										29,02			
7/14 (0)	53,6	57,0	53,4	61,8	54,0	57,9	50,6	48,7	56,6	54,84	48,7	61,8	3,9617
7/14 (51)	40,5	41,1	35,4	41,9	39,3	43,1	38,9	37,4	45,7	40,37	35,4	45,7	3,0737
7/14 (148)	32,4	33,5	27,8	28,5	31,0	31,6	29,6	29,5	37,6	31,28	27,8	37,6	3,0028
7/14 (300)	21,4	25,5	21,0	19,1	23,7	21,6	22,9	24,5	24,9	22,73	19,1	25,5	2,1125
7/14 (504)	11,7	15,3	17,6	19,8	22,5	21,2	22,2	22,9	18,5	19,08	11,7	22,9	3,7469
7/14 (1007)	10,8	12,6	11,8	12,5	14,4	15,4	16,0	18,2	16,3	14,22	10,8	18,2	2,4468
Izguba sijaja (%)										40,62			
7/37 (0) kontrola	48,6	44,7	49,3	47,1	51,8	54,4	51,6	45,9	50,9	49,37	44,7	54,4	3,1249
7/37 (1007) kontrola	44,9	43,3	48,0	51,1	46,6	54,3	50,1	45,7	50,0	48,22	43,3	54,3	3,4680
Izguba sijaja (%)										1,14			

8/15 (0)	54,4	58,9	57,3	57,6	57,7	55,6	55,4	52,4	47,2	55,17	47,2	58,9	3,5843
8/15 (51)	47,6	45,6	45,5	48,9	45,9	42,9	42,1	41,2	39,9	44,40	39,9	48,9	3,0294
8/15 (148)	41,9	45,4	43,8	47,6	44,7	38,7	41,7	37,8	37,4	42,11	37,4	47,6	3,5904
8/15 (300)	31,4	43,0	41,2	40,6	41,8	34,1	38,6	31,2	32,5	37,16	31,2	43,0	4,8172
8/15 (504)	21,9	28,5	31,1	29,3	35,1	23,0	30,9	30,8	31,7	29,14	21,9	35,1	4,2179
8/15 (1007)	6,4	1,8	1,7	5,9	3,2	2,5	17,8	13,7	17,7	7,86	1,7	17,8	6,7159
Izguba sijaja (%)										47,31			
8/16 (0)	58,9	59,1	67,5	62,2	65,1	66,6	59,3	60,8	63,6	62,57	58,9	67,5	3,3068
8/16 (51)	47,3	45,1	54,4	52,3	53,5	58,5	46,4	46,9	52,3	50,74	45,1	58,5	4,5183
8/16 (148)	46,2	45,8	54,7	50,0	52,8	55,7	44,1	44,2	50,2	49,30	44,1	55,7	4,4522
8/16 (300)	26,7	33,8	37,4	31,6	41,9	39,5	36,0	41,1	42,7	36,74	26,7	42,7	5,3106
8/16 (504)	14,6	13,0	20,4	25,4	15,2	27,7	29,7	37,9	31,1	23,89	13,0	37,9	8,5980
8/16 (1007)	5,0	18,8	5,9	1,3	17,7	7,0	9,4	31,5	26,9	13,72	1,3	31,5	10,5283
Izguba sijaja (%)										48,84			
8/40 (0) kontrola	50,3	47,1	38,3	54,5	58,5	56,5	55,5	57,3	49,1	51,90	38,3	58,5	6,4420
8/40 (1007) kontrola	49,1	47,4	36,6	53,6	59,3	52,2	54,0	56,2	51,4	51,09	36,6	59,3	6,4918
Izguba sijaja (%)										0,81			
9/17 (0)	44,0	51,3	55,1	54,0	56,5	55,9	52,6	55,9	60,9	54,02	44,0	60,9	4,6305
9/17 (51)	31,8	38,5	38,5	40,0	40,8	38,3	42,3	43,5	46,1	39,98	31,8	46,1	4,0314
9/17 (148)	28,3	36,9	32,3	34,7	34,8	33,3	38,7	39,9	42,5	35,71	28,3	42,5	4,3042
9/17 (300)	23,8	31,3	26,9	26,7	29,8	30,3	30,2	33,9	35,4	29,81	23,8	35,4	3,6202
9/17 (504)	15,4	24,1	19,2	18,2	27,8	30,2	28,7	33,1	34,4	25,68	15,4	34,4	6,8123
9/17 (1007)	9,9	10,0	12,8	13,7	13,4	18,1	23,1	27,2	22,6	16,76	9,9	27,2	6,2668
Izguba sijaja (%)										37,27			
9/18 (0)	56,6	42,5	48,0	55,3	38,3	50,6	43,1	36,6	47,4	46,49	36,6	56,6	7,0012
9/18 (51)	42,0	29,5	34,4	41,2	27,0	35,4	33,2	26,5	33,4	33,62	26,5	42,0	5,5133
9/18 (148)	42,1	24,6	32,4	39,7	26,7	32,0	31,7	26,4	36,6	32,47	24,6	42,1	6,0721
9/18 (300)	35,6	20,0	27,7	36,1	20,3	29,3	29,5	24,5	30,1	28,12	20,0	36,1	5,7794
9/18 (504)	28,5	14,3	13,6	34,5	21,1	25,8	29,6	22,6	23,0	23,67	13,6	34,5	6,8713
9/18 (1007)	20,6	12,0	12,6	26,3	19,7	19,1	22,0	20,8	19,7	19,20	12,0	26,3	4,4537
Izguba sijaja (%)										27,29			
9/43 (0) kontrola	48,7	42,5	54,1	43,4	35,0	53,1	45,8	38,0	50,8	45,71	35,0	54,1	6,6111
9/43 (1007) kontrola	47,5	41,5	52,7	47,5	35,7	50,7	45,7	37,0	49,8	45,34	35,7	52,7	6,0154
Izguba sijaja (%)										0,37			

Priloga B: Meritve sijaja na vzorcih naravnega staranja

Sistem/vzorec(dni)	Sijaj									Povp.	Min	Maks	Standardni odklon
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1/21(0) 14.10.05	62,2	63,2	66,9	31,4	60,4	64,1	55,6	60,5	62,8	58,57	31,4	66,9	10,6453
1/21(96) 27.1.06	53,6	59,5	61,2	28,5	57,7	55,4	56,6	54,1	61,6	54,24	28,5	61,6	10,0756
Izguba sijaja (%)										4,32			
1/46(0) 14.10.05	37,8	40,0	37,2	45,8	45,6	38,2	40,8	48,6	38,6	41,40	37,2	48,6	4,1809
1/46(96) 27.1.06	36,9	40,0	30,9	36,5	36,8	30,6	35,7	42,7	33,7	35,98	30,6	42,7	3,9233
Izguba sijaja (%)										5,42			
1/47(0) 14.10.05	43,6	48,4	48,2	49,8	50,9	49,3	45,4	41,2	38,9	46,19	38,9	50,9	4,1712
1/47(96) 27.1.06	40,0	42,6	43,7	43,2	42,5	41,8	41,1	40,6	37,4	41,43	37,4	43,7	1,9371
Izguba sijaja (%)										4,76			
2/24(0) 14.10.05	63,5	59,7	52,3	58,2	63,2	59,5	60,5	63,6	52,7	59,24	52,3	63,6	4,2826
2/24(96) 27.1.06	50,4	50,6	43,2	47,6	56,2	53,2	52,4	60,8	52,0	51,82	43,2	60,8	4,9714
Izguba sijaja (%)										7,42			
2/50(0) 14.10.05	53,5	59,7	50,9	47,2	49,1	48,5	38,1	53,3	53,2	50,39	38,1	59,7	5,9100
2/50(96) 27.1.06	44,0	46,7	38,6	27,2	31,6	37,8	25,2	32,5	39,4	35,89	25,2	46,7	7,2941
Izguba sijaja (%)										14,50			
2/51(0) 14.10.05	38,0	31,1	33,3	47,2	40,3	39,4	39,1	30,5	31,6	36,72	30,5	47,2	5,5375
2/51(96) 27.1.06	34,4	34,8	24,8	29,2	28,1	25,2	27,2	25,8	21,1	27,84	21,1	34,8	4,4666
Izguba sijaja (%)										8,88			
3/27(0) 14.10.05	69,7	73,7	72,6	71,9	71,0	68,0	69,8	67,9	68,1	70,30	67,9	73,7	2,1331
3/27(96) 27.1.06	68,3	65,8	66,5	63,0	63,0	66,9	66,8	55,5	67,1	64,77	55,5	68,3	3,9179
Izguba sijaja (%)										5,53			
3/54(0) 14.10.05	72,3	64,9	74,0	70,2	68,4	70,7	66,8	71,5	71,2	70,00	64,9	74,0	2,8355
3/54(96) 27.1.06	63,5	59,0	66,2	61,5	58,3	59,9	52,5	58,1	55,5	59,39	52,5	66,2	4,0864
Izguba sijaja (%)										10,61			
3/55(0) 14.10.05	72,5	68,5	71,2	68,3	71,2	75,2	71,3	72,6	75,4	71,80	68,3	75,4	2,4940
3/55(96) 27.1.06	61,2	62,6	64,1	59,5	63,7	71,8	64,6	66,5	72,9	65,21	59,5	72,9	4,5223
Izguba sijaja (%)										6,59			
4/30(0) 14.10.05	40,3	30,7	46,5	42,5	44,2	54,8	43,1	37,6	53,4	43,68	30,7	54,8	7,4578
4/30(96) 27.1.06	38,7	37,6	38,6	34,1	34,5	44,4	38,0	31,7	44,9	38,06	31,7	44,9	4,4258
Izguba sijaja (%)										5,62			
4/58(0) 14.10.05	39,9	27,8	21,0	36,4	26,7	22,0	30,3	33,7	21,2	28,78	21,0	39,9	6,8691
4/58(96) 27.1.06	35,2	21,9	15,4	26,6	18,7	17,0	21,5	19,4	17,5	21,47	15,4	35,2	6,1192
Izguba sijaja (%)										7,31			
4/59(0) 14.10.05	41,3	34,5	31,8	43,3	37,7	37,4	37,1	41,1	39,8	38,22	31,8	43,3	3,5940
4/59(96) 27.1.06	34,8	31,5	25,9	36,4	29,8	28,4	31,5	35,5	33,3	31,90	25,9	36,4	3,4742
Izguba sijaja (%)										6,32			
5/33(0) 14.10.05	55,8	54,4	60,3	59,3	57,0	53,0	53,9	47,8	45,2	54,08	45,2	60,3	4,9626
5/33(96) 27.1.06	46,3	42,3	48,8	34,8	40,5	40,9	40,7	46,6	44,2	42,79	34,8	48,8	4,2162
Izguba sijaja (%)										11,29			
5/62(0) 14.10.05	39,1	44,1	37,2	38,0	42,1	34,7	39,0	41,6	34,5	38,92	34,5	44,1	3,2656
5/62(96) 27.1.06	27,2	30,1	26,2	22,1	31,9	19,6	30,6	38,5	30,7	28,54	19,6	38,5	5,5958
Izguba sijaja (%)										10,38			
5/63(0) 14.10.05	27,1	25,3	41,1	34,6	29,1	36,4	33,9	28,9	32,5	32,10	25,3	41,1	4,9952
5/63(96) 27.1.06	18,4	17,5	25,6	20,8	21,3	23,0	25,0	31,9	27,8	23,48	17,5	31,9	4,6111
Izguba sijaja (%)										8,62			
6/36(0) 14.10.05	37,6	36,0	39,9	44,0	35,4	44,9	43,5	43,8	55,2	42,26	35,4	55,2	6,0713
6/36(96) 27.1.06	34,8	29,8	36,0	32,5	24,5	35,4	41,6	31,8	41,5	34,21	24,5	41,6	5,4220
Izguba sijaja (%)										8,04			
6/66(0) 14.10.05	32,2	44,9	32,7	35,0	42,3	34,3	32,9	32,7	32,9	35,54	32,2	44,9	4,6952
6/66(96) 27.1.06	26,9	42,0	28,4	27,8	35,1	26,8	28,4	34,6	28,6	30,96	26,8	42,0	5,1808
Izguba sijaja (%)										4,59			
6/67(0) 14.10.05	30,7	31,1	30,5	33,5	31,9	30,9	30,5	32,1	27,2	30,93	27,2	33,5	1,7059
6/67(96) 27.1.06	27,6	26,9	24,7	28,1	26,6	22,9	27,1	27,8	26,5	26,47	22,9	28,1	1,6651
Izguba sijaja (%)										4,47			
7/39(0) 14.10.05	53,9	41,9	60,9	59,9	45,1	54,3	57,7	48,9	60,2	53,64	41,9	60,9	6,9385
7/39(96) 27.1.06	47,7	34,5	54,3	50,9	39,0	50,8	51,7	43,1	51,6	47,07	34,5	54,3	6,7277
Izguba sijaja (%)										6,58			

7/70(0) 14.10.05	44,4	49,5	42,4	42,7	40,0	38,3	37,4	40,9	35,2	41,20	35,2	49,5	4,2308
7/70(96) 27.1.06	35,6	40,4	35,1	27,7	36,1	32,0	30,2	36,3	31,4	33,87	27,7	40,4	3,8594
Izguba sijaja (%)										7,33			
7/71(0) 14.10.05	24,9	30,7	31,5	27,5	38,1	44,2	28,4	30,2	36,9	32,49	24,9	44,2	6,0900
7/71(96) 27.1.06	20,4	25,7	26,7	22,4	25,7	30,8	25,6	37,1	38,2	28,07	20,4	38,2	6,1421
Izguba sijaja (%)										4,42			

8/42(0) 14.10.05	53,3	62,9	53,5	57,5	62,8	57,9	52,6	60,9	55,0	57,38	52,6	62,9	4,0733
8/42(96) 27.1.06	39,8	56,9	47,3	44,2	55,4	44,8	39,6	52,6	40,3	46,77	39,6	56,9	6,7426
Izguba sijaja (%)										10,61			
8/74(0) 14.10.05	30,7	33,4	30,2	28,9	27,8	28,8	32,2	33,3	28,5	30,42	27,8	33,4	2,1200
8/74(96) 27.1.06	22,2	23,8	20,1	25,3	18,6	18,2	21,9	21,8	17,4	21,03	17,4	25,3	2,6594
Izguba sijaja (%)										9,39			
8/75(0) 14.10.05	23,1	24,4	29,6	24,3	23,8	28,7	19,4	24,8	29,1	25,24	19,4	29,6	3,3246
8/75(96) 27.1.06	20,0	19,3	25,3	20,9	16,3	21,6	15,3	19,1	22,1	19,99	15,3	25,3	3,0197
Izguba sijaja (%)										5,26			

9/45(0) 14.10.05	57,2	48,3	52,1	58,6	51,1	61,5	56,4	51,2	61,5	55,32	48,3	61,5	4,8254
9/45(96) 27.1.06	45,9	43,4	40,3	46,2	40,4	48,3	43,0	38,0	50,1	43,96	38,0	50,1	4,0022
Izguba sijaja (%)										11,37			
9/78(0) 14.10.05	44,1	53,5	46,3	40,4	39,9	55,9	43,9	36,7	53,2	45,99	36,7	55,9	6,7940
9/78(96) 27.1.06	33,9	44,0	37,1	29,3	32,0	44,6	34,1	27,6	44,6	36,36	27,6	44,6	6,6282
Izguba sijaja (%)										9,63			
9/79(0) 14.10.05	39,5	49,7	33,9	46,3	44,7	35,6	46,3	46,5	37,1	42,18	33,9	49,7	5,7048
9/79(96) 27.1.06	34,8	45,4	29,0	36,1	38,6	30,4	38,6	43,2	31,6	36,41	29,0	45,4	5,6277
Izguba sijaja (%)										5,77			

- **BARVA** - izmerjene vrednosti

Priloga C: Meritve barvnih vrednosti po ciklih UPS-a

Sistem/vzorec	CIEL*a*b*		
0 ciklov	L*	a*	b*
1/1	58,71	25,11	48,16
1/2	58,05	25,81	47,98
2/3	30,65	10,67	9,22
2/4	30,84	10,66	9,33
3/5	54,90	25,87	42,71
3/6	54,08	26,06	42,34
4/7	56,99	25,97	46,79
4/8	57,57	25,77	47,45
5/9	32,15	11,26	11,50
5/10	32,22	11,48	11,77
6/11	55,36	26,77	44,98
6/12	55,86	27,54	46,92
7/13	52,21	26,49	42,23
7/14	51,44	26,75	41,59
8/15	31,50	10,92	10,56
8/16	30,16	9,14	8,25
9/17	54,94	26,99	46,16
9/18	54,06	26,52	44,69
1/19 kontrola	58,61	25,35	47,97
2/22 kontrola	30,76	11,16	9,78
3/25 kontrola	55,60	25,94	44,74
4/28 kontrola	55,49	26,16	44,60
5/31 kontrola	31,24	31,24	31,24
6/34 kontrola	56,26	26,71	46,62
7/37 kontrola	55,96	26,85	47,96
8/40 kontrola	30,90	9,74	9,37
9/43 kontrola	53,41	26,64	43,94

Sistem/vzorec	CIEL*a*b*						
51 ciklov	L*	ΔL*	a*	Δa*	b*	Δb*	ΔE
1/1	56,88	-1,83	24,48	-0,63	46,06	-2,10	2,85
1/2	57,20	-0,85	25,54	-0,27	46,56	-1,42	1,68
2/3	30,30	-0,35	9,80	-0,87	8,32	-0,90	1,30
2/4	30,70	-0,14	10,11	-0,55	8,61	-0,72	0,92
3/5	53,79	-1,11	25,64	-0,23	41,48	-1,23	1,68
3/6	53,01	-1,07	25,77	-0,29	40,94	-1,40	1,79
4/7	55,52	-1,47	25,36	-0,61	45,03	-1,76	2,37
4/8	56,79	-0,78	25,43	-0,34	46,41	-1,04	1,34
5/9	31,71	-0,44	10,72	-0,54	10,59	-0,91	1,14
5/10	31,62	-0,60	10,88	-0,60	10,74	-1,03	1,33
6/11	54,50	-0,86	26,36	-0,41	43,54	-1,44	1,73
6/12	54,26	-1,60	26,78	-0,76	44,38	-2,54	3,09
7/13	51,52	-0,69	25,89	-0,60	40,87	-1,36	1,63
7/14	50,92	-0,52	26,16	-0,59	40,42	-1,17	1,42
8/15	31,12	-0,38	10,64	-0,28	10,05	-0,51	0,70
8/16	30,10	-0,06	8,94	-0,20	7,90	-0,35	0,41
9/17	54,56	-0,38	26,55	-0,44	44,80	-1,36	1,48
9/18	53,14	-0,92	26,02	-0,50	43,15	-1,54	1,86

Sistem/vzorec	CIEL*a*b*						
148 ciklov	L*	ΔL*	a*	Δa*	b*	Δb*	ΔE
1/1	56,77	-1,94	24,58	-0,53	45,04	-3,12	3,71
1/2	56,30	-1,75	25,39	-0,42	44,91	-3,07	3,56
2/3	30,59	-0,06	9,67	-1,00	8,33	-0,89	1,34
2/4	30,76	-0,08	9,86	-0,80	8,46	-0,87	1,19
3/5	53,11	-1,79	25,45	-0,42	40,05	-2,66	3,24
3/6	52,58	-1,50	25,49	-0,57	39,67	-2,67	3,12
4/7	55,26	-1,73	25,40	-0,57	44,41	-2,38	2,99

4/8	56,04	-1,53	25,23	-0,54	45,31	-2,14	2,69
5/9	31,73	-0,42	10,39	-0,87	10,13	-1,37	1,68
5/10	31,67	-0,55	10,66	-0,82	10,46	-1,31	1,64
6/11	54,04	-1,32	26,11	-0,66	42,18	-2,80	3,17
6/12	53,53	-2,33	26,51	-1,03	42,95	-3,97	4,71
7/13	51,03	-1,18	25,59	-0,90	39,73	-2,50	2,90
7/14	50,55	-0,89	26,00	-0,75	39,58	-2,01	2,33
8/15	31,06	-0,44	10,23	-0,69	9,70	-0,86	1,19
8/16	30,12	-0,04	10,79	1,65	7,67	-0,58	1,75
9/17	53,98	-0,96	26,33	-0,66	43,76	-2,40	2,67
9/18	52,53	-1,53	25,70	-0,82	41,88	-2,81	3,30

Sistem/vzorec 300 ciklov	CIEL*a*b*						
	L*	ΔL*	a*	Δa*	b*	Δb*	ΔE
1/1	56,30	-2,41	24,72	-0,39	44,34	-3,82	4,53
1/2	56,01	-2,04	25,57	-0,24	44,80	-3,18	3,79
2/3	30,61	-0,04	9,55	-1,12	7,98	-1,24	1,67
2/4	30,61	-0,23	9,51	-1,15	7,94	-1,39	1,82
3/5	52,87	-2,03	25,50	-0,37	39,54	-3,17	3,79
3/6	52,09	-1,99	25,52	-0,54	39,35	-2,99	3,63
4/7	51,31	-5,68	25,38	-0,59	43,58	-3,21	6,55
4/8	55,04	-2,53	25,25	-0,52	44,23	-3,22	4,13
5/9	31,67	-0,48	10,25	-1,01	9,84	-1,66	2,00
5/10	31,55	-0,67	10,43	-1,05	10,02	-1,75	2,14
6/11	53,70	-1,66	25,86	-0,91	41,21	-3,77	4,22
6/12	53,68	-2,18	26,45	-1,09	42,53	-4,39	5,02
7/13	50,63	-1,58	25,54	-0,95	39,45	-2,78	3,33
7/14	50,08	-1,36	26,02	-0,73	39,06	-2,53	2,97
8/15	30,78	-0,72	9,99	-0,93	9,44	-1,12	1,63
8/16	30,08	-0,08	8,35	-0,79	7,47	-0,78	1,11
9/17	53,37	-1,57	26,17	-0,82	43,08	-3,08	3,55
9/18	52,23	-1,83	25,70	-0,82	41,24	-3,45	3,99

Sistem/vzorec 504 ciklov	CIEL*a*b*						
	L*	ΔL*	a*	Δa*	b*	Δb*	ΔE
1/1	55,25	-3,46	24,56	-0,55	43,04	-5,12	6,20
1/2	55,20	-2,85	25,60	-0,21	43,59	-4,39	5,24
2/3	30,35	-0,30	9,33	-1,34	7,59	-1,63	2,13
2/4	30,15	-0,69	9,47	-1,19	7,64	-1,69	2,18
3/5	51,94	-2,96	25,31	-0,56	37,94	-4,77	5,65
3/6	51,47	-2,61	25,31	-0,75	37,96	-4,38	5,15
4/7	53,43	-3,56	25,39	-0,58	42,21	-4,58	5,83
4/8	54,22	-3,35	25,28	-0,49	42,75	-4,70	5,79
5/9	31,34	-0,81	9,92	-1,34	9,23	-2,27	2,76
5/10	31,54	-0,68	10,03	-1,45	9,41	-2,36	2,85
6/11	53,07	-2,29	25,57	-1,20	40,15	-4,83	5,48
6/12	52,45	-3,41	26,27	-1,27	41,23	-5,69	6,75
7/13	50,10	-2,11	25,23	-1,26	38,32	-3,91	4,61
7/14	49,16	-2,28	25,66	-1,09	37,70	-3,89	4,64
8/15	30,39	-1,11	9,84	-1,08	8,77	-1,79	2,37
8/16	30,12	-0,04	8,21	-0,93	7,27	-0,98	1,35
9/17	52,48	-2,46	26,14	-0,85	42,07	-4,09	4,85
9/18	51,67	-2,39	25,55	-0,97	40,46	-4,23	4,95

Sistem/vzorec 1007 ciklov	CIEL*a*b*						
	L*	ΔL*	a*	Δa*	b*	Δb*	ΔE
1/1	53,71	-5,00	24,47	-0,64	41,23	-6,93	8,57
1/2	53,79	-4,26	25,41	-0,40	41,52	-6,46	7,75
2/3	29,76	-0,89	9,20	-1,47	7,27	-1,95	2,60
2/4	28,77	-2,07	9,86	-0,80	7,98	-1,35	2,59
3/5	50,88	-4,02	24,86	-1,01	36,11	-6,60	7,80
3/6	50,44	-3,64	25,05	-1,01	36,82	-5,52	6,69
4/7	51,23	-5,76	24,78	-1,19	39,47	-7,32	9,39
4/8	52,49	-5,08	24,88	-0,89	40,61	-6,84	8,57

5/9	30,37	-1,78	9,30	-1,96	8,33	-3,17	4,13
5/10	30,61	-1,61	9,44	-2,04	8,40	-3,37	4,25
6/11	50,50	-4,86	24,43	-2,34	37,41	-7,57	9,30
6/12	50,57	-5,29	25,85	-1,69	39,24	-7,68	9,47
7/13	48,64	-3,57	24,66	-1,83	36,32	-5,91	7,14
7/14	47,91	-3,53	25,09	-1,66	35,90	-5,69	6,90
8/15	29,22	-2,28	8,94	-1,98	7,65	-2,91	4,20
8/16	28,93	-1,23	8,02	-1,12	6,77	-1,48	2,22
9/17	50,84	-4,10	25,42	-1,57	39,65	-6,51	7,85
9/18	51,16	-2,90	25,24	-1,28	39,66	-5,03	5,94
1/19 kontrola	58,59	-0,02	25,45	0,10	47,71	-0,26	0,28
2/22 kontrola	30,64	-0,12	10,95	-0,21	9,54	-0,24	0,34
3/25 kontrola	55,35	-0,25	25,70	-0,24	43,86	-0,88	0,94
4/28 kontrola	55,29	-0,20	25,90	-0,26	43,92	-0,68	0,76
5/31 kontrola	31,18	-0,06	10,80	-20,44	10,78	-20,46	28,92
6/34 kontrola	56,27	0,01	26,58	-0,13	46,29	-0,33	0,36
7/37 kontrola	55,87	-0,09	26,75	-0,10	47,46	-0,50	0,52
8/40 kontrola	30,91	0,01	9,54	-0,20	9,15	-0,22	0,30
9/43 kontrola	53,40	-0,01	26,62	-0,02	43,72	-0,22	0,22

Priloga D: Meritve barvnih vrednosti na vzorcih naravnega staranj

Sistem/vzorec 14.10.2005, 0 dni	CIEL*a*b*		
	L*	a*	b*
1/21	58,92	25,32	48,61
1/46	54,88	26,32	44,70
1/47	56,19	25,97	45,97
2/24	29,92	9,71	8,22
2/50	29,07	8,16	7,31
2/51	28,86	7,91	6,79
3/27	55,45	25,87	43,91
3/54	54,32	25,75	42,35
3/55	53,44	26,11	41,59
4/30	57,21	25,75	46,86
4/58	55,27	25,13	44,20
4/59	54,79	25,39	43,94
5/33	31,95	11,30	11,53
5/62	30,29	10,68	9,54
5/63	30,08	10,47	9,20
6/36	57,31	26,89	47,02
6/66	56,41	26,86	47,77
6/67	56,31	26,30	47,47
7/39	53,54	26,90	44,37
7/70	55,06	25,87	45,73
7/71	55,46	25,68	45,71
8/42	29,78	8,53	7,48
8/74	29,50	8,76	7,60
8/75	29,65	8,81	7,60
9/45	54,07	27,35	44,94
9/78	55,10	26,26	45,74
9/79	56,09	26,94	46,70

Sistem/vzorec 27.1.2006, 96 dni	CIEL*a*b*						
	L*	ΔL^*	a*	Δa^*	b*	Δb^*	ΔE
1/21	57,57	-1,35	24,42	-0,90	45,21	-3,40	3,77
1/46	53,99	-0,89	24,90	-1,42	41,05	-3,65	4,02
1/47	55,38	-0,81	24,58	-1,39	42,36	-3,61	3,95
2/24	30,63	0,71	9,08	-0,63	7,35	-0,87	1,29
2/50	30,06	0,99	7,54	-0,62	6,22	-1,09	1,60
2/51	29,60	0,74	7,11	-0,80	5,64	-1,15	1,58
3/27	54,50	-0,95	24,60	-1,27	41,04	-2,87	3,28
3/54	53,60	-0,72	24,70	-1,05	39,93	-2,42	2,73
3/55	53,26	-0,18	25,14	-0,97	39,78	-1,81	2,06
4/30	55,39	-1,82	24,18	-1,57	43,11	-3,75	4,45
4/58	53,40	-1,87	23,39	-1,74	39,91	-4,29	4,99
4/59	53,60	-1,19	24,04	-1,35	40,84	-3,10	3,58

5/33	32,40	0,45	10,49	-0,81	10,20	-1,33	1,62
5/62	30,87	0,58	9,71	-0,97	8,11	-1,43	1,82
5/63	30,71	0,63	9,80	-0,67	8,17	-1,03	1,38
6/36	55,55	-1,76	25,01	-1,88	42,74	-4,28	5,00
6/66	54,45	-1,96	24,73	-2,13	42,76	-5,01	5,79
6/67	54,11	-2,20	24,16	-2,14	42,60	-4,87	5,76
7/39	52,11	-1,43	25,53	-1,37	40,83	-3,54	4,06
7/70	53,79	-1,27	24,48	-1,39	42,61	-3,12	3,64
7/71	54,35	-1,11	24,26	-1,42	42,36	-3,35	3,80
8/42	30,12	0,34	7,94	-0,59	6,74	-0,74	1,01
8/74	29,93	0,43	7,83	-0,93	6,35	-1,25	1,62
8/75	30,31	0,66	8,05	-0,76	6,42	-1,18	1,55
9/45	52,79	-1,28	25,89	-1,46	41,70	-3,24	3,78
9/78	54,09	-1,01	24,85	-1,41	42,69	-3,05	3,51
9/79	55,15	-0,94	24,43	-2,51	43,77	-2,93	3,97

- **POJAV NAPAK – ocenjene vrednosti**

Priloga E: Pojav napak po ciklih UPS-a

Sistem/Vzorec (št.ciklov)	SIST ISO EN 4628-2 (mehurjenje)* OCENA	SIST ISO EN 4628-4 (razpoke) OCENA	SIST ISO EN 4628/5 (luščenje) OCENA
1/1 (0)	0	0	0
1/1 (51)	0	0	0
1/1 (148)	0	0	0
1/1 (300)	0	0	0
1/1 (504)	0	0	0
1/1 (1007)	0	0	0
1/2 (0)	0	0	0
1/2 (51)	2(S3)	0	0
1/2 (148)	3(S3)	0	0
1/2 (300)	3(S3)	0	0
1/2 (504)	3(S3)	0	0
1/2 (1007)	3(S3)	0	0
1/19 (0) kontrola	0	0	0
1/19 (1007) kontrola	0	0	0
2/3 (0)	0	0	0
2/3 (51)	3(S2)	0	0
2/3 (148)	3(S2)	0	0
2/3 (300)	3(S2)	0	0
2/3 (504)	3(S2)	0	0
2/3 (1007)	3(S2)	0	0
2/4 (0)	0	0	0
2/4 (51)	2(S2)	0	0
2/4 (148)	2(S2)	0	0
2/4 (300)	2(S2)	0	0
2/4 (504)	2(S2)	0	0
2/4 (1007)	2(S2)	0	0
2/22 (0) kontrola	0	0	0
2/22 (1007) kontrola	0	0	0
3/5 (0)	0	0	0
3/5 (51)	0	0	0
3/5 (148)	0	0	0
3/5 (300)	0	0	0
3/5 (504)	2(S2)	0	0
3/5 (1007)	2(S2)	0	0
3/6 (0)	0	0	0
3/6 (51)	0	0	0
3/6 (148)	0	0	0
3/6 (300)	0	0	0
3/6 (504)	0	0	0
3/6 (1007)	0	0	0
3/25 (0) kontrola	0	0	0
3/25 (1007) kontrola	0	0	0
4/7 (0)	0	0	0
4/7 (51)	3(S2)	0	0
4/7 (148)	3(S3)	0	0
4/7 (300)	3(S3)	0	0

4/7 (504)	3(S3)	0	0
4/7 (1007)	3(S3)	0	0

4/8 (0)	0	0	0
4/8 (51)	2(S2)	0	0
4/8 (148)	2(S2)	0	0
4/8 (300)	2(S2)	0	0
4/8 (504)	2(S2)	0	0
4/8 (1007)	2(S2)	0	0

4/28 (0) kontrola	0	0	0
4/28 (1007) kontrola	0	0	0

5/9 (0)	0	0	0
5/9 (51)	0	0	0
5/9 (148)	0	0	0
5/9 (300)	0	0	0
5/9 (504)	0	0	0
5/9 (1007)	0	0	0

5/10 (0)	0	0	0
5/10 (51)	2(S2)	0	0
5/10 (148)	2(S2)	0	0
5/10 (300)	2(S2)	0	0
5/10 (504)	2(S2)	0	0
5/10 (1007)	2(S2)	0	0

5/31 (0) kontrola	0	0	0
5/31 (1007) kontrola	0	0	0

6/11 (0)	0	0	0
6/11 (51)	0	0	0
6/11 (148)	0	0	0
6/11 (300)	0	0	0
6/11 (504)	0	0	0
6/11 (1007)	0	0	0

6/12 (0)	0	0	0
6/12 (51)	3(S3)	2(S1)a	0
6/12 (148)	3(S3)	2(S1)a	0
6/12 (300)	3(S3)	2(S1)a	0
6/12 (504)	3(S3)	2(S1)a	0
6/12 (1007)	3(S3)	2(S1)a	0

6/34 (0) kontrola	0	0	0
6/34 (1007) kontrola	0	0	0

7/13 (0)	0	0	0
7/13 (51)	0	0	0
7/13 (148)	0	0	0
7/13 (300)	0	0	0
7/13 (504)	0	0	0
7/13 (1007)	0	0	0

7/14 (0)	0	0	0
7/14 (51)	0	0	0
7/14 (148)	0	0	0
7/14 (300)	0	0	0
7/14 (504)	0	0	0
7/14 (1007)	0	0	0

7/37 (0) kontrola	0	0	0
7/37 (1007) kontrola	0	0	0

8/15 (0)	0	0	0
8/15 (51)	2(S2)	0	0
8/15 (148)	2(S2)	0	0
8/15 (300)	2(S2)	0	0
8/15 (504)	2(S2)	0	0
8/15 (1007)	2(S2)	0	0

8/16 (0)	0	0	0
8/16 (51)	2(S3)	0	0
8/16 (148)	2(S3)	0	0
8/16 (300)	2(S3)	0	0
8/16 (504)	2(S3)	0	0
8/16 (1007)	2(S3)	0	0

8/40 (0) kontrola	0	0	0
8/40 (1007) kontrola	0	0	0

9/17 (0)	0	0	0
9/17 (51)	2(S2)	0	0
9/17 (148)	2(S2)	0	0
9/17 (300)	2(S2)	0	0
9/17 (504)	2(S2)	0	0
9/17 (1007)	2(S2)	0	0

9/18 (0)	0	0	0
9/18 (51)	0	0	0
9/18 (148)	0	0	0
9/18 (300)	0	0	0
9/18 (504)	0	0	0
9/18 (1007)	0	0	0

9/43 (0) kontrola	0	0	0
9/43 (1007) kontrola	0	0	0

- **OPRIJEMNOST** – izmerjene vrednosti
 - Vrednosti oprijemnosti, izmerjene z metodo odtrgovanja pečatov

Priloga F: Oprijemnost z metodo odtrgovanja pečatov pred staranjem

Sistem/št. vzorca	Debelina suh. filma (qm)	Oprijemnost (MPa)	Standardni odklon (MPa)	Prevladujoč tip loma
1/19	29,05 - 49,80	5,20	0,9981	kohezijski lom podlage
2/22	20,75 - 33,20	7,17	0,6577	kohezijski lom podlage
3/25	33,20 - 49,80	7,02	1,0161	kohezijski lom podlage
4/28	8,30 - 16,60	4,82	0,9232	kohezijski lom podlage
5/31	8,30 - 24,90	5,08	1,5225	kohezijski lom podlage
6/34	8,30 - 16,60	5,34	1,0356	kohezijski lom podlage
7/37	16,60 - 20,75	5,00	0,9651	kohezijski lom podlage
8/40	12,45 - 20,75	5,06	1,4412	kohezijski lom podlage
9/43	8,30 - 24,90	5,08	1,0826	kohezijski lom podlage

Priloga G: Oprijemnost z metodo odtrgovanja pečatov po UPS staranju

Sistem, št. vzorca	Debelina suh. filma (µm)	Oprijemnost (MPa)	Standardni odklon (MPa)	Prevladujoč tip loma
1/1	29,05 - 49,80	3,60	0,8422	kohezijski lom podlage
2/4	20,75 - 33,20	3,00	0,8266	kohezijski lom podlage
3/5	33,20 - 49,80	3,62	0,8714	kohezijski lom podlage
4/8	8,30 - 16,60	3,60	0,8092	kohezijski lom podlage
5/10	8,30 - 24,90	3,56	1,0726	kohezijski lom podlage
6/11	8,30 - 16,60	3,80	0,7531	kohezijski lom podlage
7/14	16,60 - 20,75	3,25	0,6847	kohezijski lom podlage
8/15	12,45 - 20,75	2,97	0,4827	kohezijski lom podlage
9/17	8,30 - 24,90	3,82	1,0326	kohezijski lom podlage

- Vrednosti oprijemnosti, izmerjene z metodo križnega zarezovanja

Preglednica H: Merjenje vlažne oprijemnosti s križnim zarezovanjem

Priloga H: Vlažna oprijemnost po metodi s križnim zarezovanjem (pred in po UPS staranju)

Mokri oprijem na vzorcih pred staranjem

Sistem, št. vzorca	Debelina suh. filma (µm)	Meritve		
		1	2	3
1/19	29,05 - 49,80	3	1	3
2/22	20,75 - 33,20	3	3	3
3/25	33,20 - 49,80	0	0	0
4/28	8,30 - 16,60	1	3	1
5/31	8,30 - 24,90	3	3	3
6/34	8,30 - 16,60	3	1	1
7/37	16,60 - 20,75	3	1	3
8/40	12,45 - 20,75	3	3	5
9/43	8,30 - 24,90	1	1	1

Do ocene 4 sprejemljiva (vključno)

Mokri oprijem na vzorcih po staranju

Sistem, št. vzorca	Debelina suh. filma (µm)	Meritve		
		1	2	3
1/2	29,05 - 49,80	0	0	0
2/3	20,75 - 33,20	1	0	0
3/6	33,20 - 49,80	0	0	0
4/7	8,30 - 16,60	0	1	1

5/9	8,30 - 24,90	0	0	0
6/12	8,30 - 16,60	0	1	0
7/13	16,60 - 20,75	0	0	0
8/16	12,45 - 20,75	1	1	0
9/18	8,30 - 24,90	0	0	0

- **PREPUSTNOST ZA VODO (ABSORPCIJA) – izmerjene vrednosti**

Priloga I: Navzem vode na vzorcih pred UPS - staranjem

Sistem/Vzorec	Masa (g)			WA72(g)=M1-M0	WA72(g/m2)
	M ₀	M ₁	M ₂		
1/20	264,79	270,47	269,36	5,68	227,20
2/23	240,14	246,23	244,96	6,09	243,60
3/26	244,94	250,17	249,05	5,23	209,20
4/29	230,51	237,59	235,87	7,08	283,20
5/32	217,71	225,40	223,44	7,69	307,60
6/35	219,62	227,54	225,57	7,92	316,80
7/38	261,23	268,19	266,61	6,96	278,40
8/41	247,78	254,71	253,11	6,93	277,20
9/44	265,14	271,72	270,14	6,58	263,20
82 (N)	240,22	260,81	250,71	20,59	823,60
83(N)	239,33	261,49	250,45	22,16	886,40
84(N)	242,72	263,79	253,47	21,07	842,80
85(N)	194,52	216,97	204,73	22,45	898,00
86(N)	246,85	265,65	256,87	18,80	752,00

Priloga J: Navzem vode na vzorcih po UPS - staranju

Sistem/Vzorec	Masa (g)			WA72(g)=M1-M0	WA72(g/m2)
	M ₀	M ₁	M ₂		
1/2	212,32	218,31	215,73	5,99	239,60
2/3	227,95	233,49	231,39	5,54	221,60
3/6	207,37	210,46	210,46	3,09	123,60
4/7	204,56	214,44	214,44	9,88	395,20
5/9	233,87	246,99	246,99	13,12	524,80
6/12	204,27	215,72	215,72	11,45	458,00
7/13	256,29	262,06	262,06	5,77	230,80
8/16	213,12	220,82	220,82	7,70	308,00
9/18	196,19	202,59	202,59	6,40	256,00

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Boštjan GRAMC

**PRIMERJAVA NARAVNEGA IN UMETNEGA
POSPEŠENEGA STARANJA LAZURNIH PREMAZOV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016

