

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Stanislav MAJNIK

**PRIMERJAVA UČINKOV BELJENJA BUKOVINE Z RAZLIČNIMI
PRIPRAVKI**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF BLEACHING EFFECTS ON BEECHWOOD
USING DIFFERENT AGENTS**

GRADUATION THESIS
Higher Professional Studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v Laboratoriju za obdelavo površin na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin Oddelka za lesarstvo na Biotehniški fakulteti, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je na seji dne 19.05.2016 imenoval prof. dr. Marka Petriča za mentorja diplomskega dela, za somentorja asist. dr. Matjaža Pavliča in za recenzenta prof. dr. Primoža Ovna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga 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.

Stanislav Majnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*829.11
KG beljenje lesa/bukovina/belilo/lužila/
AV MAJNIK, Stanislav
SA PETRIČ, Marko (mentor)/PAVLIČ, Matjaž (somentor)/OVEN, Primož (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2016
IN PRIMERJAVA UČINKOV BELJENJA BUKOVINE Z RAZLIČNIMI PRIPRAVKI
TD Diplomsko delo (visokošolski študij)
OP VIII, 42 str., 19 pregl., 25 sl., 15 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Les se kot naraven material pojavlja v različnih barvnih odtenkih in z raznimi diskoloracijami, kar mu daje poseben čar. Vendar se v praksi večkrat pojavi potreba po posvetlitvi lesa in barvnem poenotenju. Na bukovem lesu smo preizkusili dvokomponentno belilo na osnovi vodikovega peroksida, lužili za premazovanje in brizganje ter lak, obarvan z lužilom. Z lužilom ter z lakom, obarvanim z lužilom, smo želeli doseči podoben učinek kot s klasičnim peroksidnim belilom. S spektrofotometrom smo izmerili barvne razlike med neobdelanim in beljenim lesom. Z metodo odtrgovanja pečatov pa smo preverili, kako beljenje vpliva na oprijem končnega laka. Dvokomponentno belilo ni dalo pričakovanih rezultatov medtem ko so ostala belilna sredstva les posvetlila na različne načine. Oprijemna trdnost zaključnega laka je bila v vseh primerih zadovoljiva. Sklepna ugotovitev je, da vsak način beljenja da drugačen rezultat, ki je v proizvodnji uporaben za določen namen.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*829.11
CX wood bleaching/beechwood/bleach/wood stains
AU MAJNIK, Stanislav
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/PAVLIČ, Matjaž (co-supervisor)/OVEN, Primož (reviewer)
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 BLEACHING EFFECTS ON BEECHWOOD USING DIFERENT AGENTS
DT Graduation thesis (Higher professional studies)
NO VIII, 42 p., 19 tab., 23 fig., 15 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Wood as a natural material can be found in a variety of colour shades and discolourations giving the wood a special charm. However, in woodworking practice there is often a desire for lighter colour shades and higher colour uniformity. Three different bleaching agents were tested on beechwood samples: a two-component bleaching agent based on hydrogen peroxide, wood stains for application by brushing and spraying and a coating, coloured with a wood stain. By experiments with the stains and the coloured coating, we tried to achieve a bleaching effect, comparable to the effect of classic peroxide-based bleaching agent. We measured colour differences between untreated and bleached wood samples with a spectrophotometer. A pull-off test was used to evaluate effects of bleaching process on the adhesion strength of a final coating film of a surface sistem. The bleaching results of the two-component bleaching agent did not meet our expectations, however, the remaining agents resulted in different bleaching effects on wood. Adhesion strength of the coating finish was acceptable in all cases. We achieved a variety of bleaching results using different agents which can be used in woodworking production.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ZGODOVINA BELJENJA	2
2.2 NAMEN BELJENJA LESA	3
2.2.1 Posvetlitev naravne barve lesa	3
2.2.2 Izenačevanje barve na površini obdelovanca	3
2.2.3 Odstranjevanje barvnih napak	3
2.2.4 Odstranjevanje madežev	3
2.2.5 Doseganje posebnih barvnih učinkov	3
2.3 SREDSTVA ZA BELJENJE LESA	4
2.3.1 Vrste belil	4
2.3.1.1 Vodikov peroksid	4
2.3.1.2 Oksalna kislina	5
2.3.1.3 Citronska kislina	5
2.3.1.4 Klorovodikova kislina	6
2.4 PRIPRAVA LESA	7
2.5 POSTOPKI BELJENJA LESA	7
2.6 BELJENJE LESA SVETLEJŠIH DREVESNIH VRST	8
2.7 BELJENJE LESA TEMNEJŠIH DREVESNIH VRST	9
2.8 POSVETLITEV LESA BREZ BELJENJA	9
3 MATERIAL IN METODE.....	10
3.1 MATERIALI	10
3.1.1 Vzorci lesa	10
3.1.2 Sredstva za beljenje	11
3.1.2.1 Dvokomponentno belilo	11
3.1.2.2 Lužilo za premazovanje	12
3.1.2.3 Lužilo za brizganje	12
3.1.2.4 Akrilni dvokomponentni lak	13
3.2 METODE	14
3.2.1 Postopek nanašanja sredstev za beljenje in laka	14
3.2.2 Merjenje količine nanosa	14
3.2.3 Numerično vrednotenje barve in barvnih razlik po CIELAB sistemu	16
3.2.3.1 Spektrofotometer X-Rite SP 62	17
3.2.4 Optično branje površin vzorcev z optičnim bralnikom	18
3.2.5 Določanje oprijemnosti z metodo odtrgovanja pečatov	19
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	20

4.1	BARVNE SPREMEMBE PO BELJENJU IN LAKIRANJU	20
4.1.1	Vzorec 1	21
4.1.1.1	Vzorec 1 - sprememba barve po enem mesecu	23
4.1.2	Vzorec 2	24
4.1.2.1	Vzorec 2 - sprememba barve po enem mesecu	26
4.1.3	Vzorec 3	27
4.1.3.1	Vzorec 3 - sprememba barve po enem mesecu	29
4.1.4	Vzorec 4	30
4.1.4.1	Vzorec 4 - sprememba barve po enem mesecu	32
4.1.5	Vzorec 5	33
4.1.5.1	Vzorec 5 - sprememba barve po enem mesecu	35
4.2	OPRIJEMNOST	36
5	SKLEPI.....	38
5.1	BARVNE RAZLIKE PO BELJENJU IN LAKIRANJU	38
5.2	BARVNE RAZLIKE PO ENEM MESECU	40
5.3	OPRIJEMNOST	40
6	POVZETEK.....	41
7	VIRI.....	42

ZAHVALA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrsta in število nanosov na vzorcih lesa	10
Preglednica 2: Uporabljeni sredstva za beljenje in lakiranje.....	11
Preglednica 3: Kemične in fizikalne lastnosti laka Teknodur top coat ay 330	13
Preglednica 4: Priprava mešanice	13
Preglednica 5: Potrebna oprema, viskoznost in nanos laka	13
Preglednica 6: Čas sušenja	13
Preglednica 7: Postopek nanašanja sredstev za beljenje in laka	14
Preglednica 8: Izmerjene količine nanosov belilnih sredstev in laka	15
Preglednica 9: Vzorec 1, izmerjene vrednosti in ΔE^*	22
Preglednica 10: Vzorec 1 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*	23
Preglednica 11: Vzorec 2, izmerjene vrednosti in ΔE^*	25
Preglednica 12: Vzorec 2 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*	26
Preglednica 13: Vzorec 3, izmerjene vrednosti in ΔE^*	28
Preglednica 14: Vzorec 3 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*	29
Preglednica 15: Vzorec 4, izmerjene vrednosti in ΔE^*	31
Preglednica 16: Vzorec 4 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*	32
Preglednica 17: Vzorec 5, izmerjene vrednosti in ΔE^*	34
Preglednica 18: Vzorec 5 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*	35
Preglednica 19: Oprijemnost premaznega sredstva po metodi odtrgovanja pečatov.....	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Vodikov peroksid (Vodikov peroksid, 2015)	4
Slika 2: Oksalna kislina (Oksalna kislina, 2015)	5
Slika 3: Citronska kislina (Lobachemie, 2015).....	5
Slika 4: Klorovodikova kislina (Coleparmer, 2015)	6
Slika 5: Merjenje količine nanosa	14
Slika 6: CIELAB sistem (Jisc Digital Media, 2015).....	16
Slika 7: Spektrofotometer X-Rite SP 62	17
Slika 8: Optično branje površin vzorcev z optičnim bralnikom	18
Slika 9: Trganje pečatov z napravo Defelsko PosiTest AT Adhesion Tester	19
Slika 10: Vzorec 1 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)	21
Slika 11: Vzorec 1 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)	23
Slika 12: Vzorec 2 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)	24
Slika 13: Vzorec 2 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)	26
Slika 14: Vzorec 3 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)	27
Slika 15: Vzorec 3 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)	29
Slika 16: Vzorec 4 pred lakiranjem (zgoraj), po prvem nanosu (v sredini) in po drugem nanosu (spodaj)	30
Slika 17: Vzorec 4 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)	32
Slika 18: Vzorec 5 pred lakiranjem (zgoraj), po prvem nanosu (v sredini) in po drugem nanosu (spodaj)	33
Slika 19: Vzorec 5 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)	35
Slika 20: Vzorec 5 po trganju pečatov	37
Slika 21: Vzorci od 1-5 (od leve proti desni) po beljenju (zgoraj) in lakiranju (spodaj)	38

1 UVOD

Les je rezultat zapletenih bioloških procesov, ki se odvijajo v drevesu, zato se pojavlja v mnogih barvnih odtenkih in različnih strukturah. Ker drevesa rastejo v nekontroliranem okolju so podvržena raznim zunanjim vplivom kot so različni klimatski pogoji, rastišča se razlikujejo po vsebnosti mineralnih snovi, lega rasti je lahko sončna ali senčna. Vsi ti dejavniki vplivajo tako na barvo kot tudi na strukturo lesa. Prav tako so drevesa podvržena še različnim škodljivcem in mehanskim poškodbam, ki lahko povzročijo napake in diskoloracije v lesu. Prav ta raznolikost barv in struktur daje lesu poseben čar in ga naredi unikatnega.

Vendar se v praksi večkrat pojavi potreba po spreminjanju naravne barve lesa. Ko je potrebno les posvetliti, poenotiti barvo celotne površine pred lakiranjem ali odpraviti oz. prikriti barvne diskoloracije, je eden od načinov tudi beljenje lesa. Pri tem postopku površina lesa posvetli zaradi kemične reakcije oksidacije ali redukcije med belilnim sredstvom in lesom. Beljena površina predvsem svetlejših vrst, kot sta javorovina in jesenovina je podvržena porumenitvi. Z uporabo lakov z UV filtrom lahko porumenitev upočasnimo, ne moremo pa je v celoti odpraviti. Les lahko posvetlimo tudi z uporabo lužil in lakov z dodanimi pigmenti oz. barvili. Tako posvetljen les je tudi manj podvržen porumenitvi.

Odločili smo se, da preizkusimo, kako različna sredstva posvetlijo bukov les, kakšna bo barvna sprememba površine lesa po enem mesecu in če imajo sredstva za beljenje vpliv na oprijemnost površinskega premaza. Preizkusili smo dvokomponentno belilno sredstvo na osnovi vodikovega peroksida, lužili za premazovanje in brizganje ter dvokomponentni akrilni lak z dodanim lužilom za brizganje.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZGODOVINA BELJENJA

Beljenje materialov je staro skoraj kot človeška civilizacija. Beljenje so poznali že 5000 let pred našim štetjem. Prvo znano belilo je bilo sonce. Ljudje so belili materiale tako, da so jih navlaževali in izpostavljali sončni svetlobi. Največji mojstri naj bi bili stari Egipčani, tak postopek beljenja pa so uporabljali tudi v Aziji in v Evropi. V tretjem tisočletju pred našim štetjem so že poznali pripravek iz lesnega pepela, ki je imel alkalen učinek s katerim so lahko odstranjevali različna obarvanja. Tehnologija beljenja se nato dolgo ni bistveno spreminjala. Nizozemska je v 11. in 12. stoletju izpopolnila postopek beljenja in postala na tem področju vodilna v Evropi. Razvili so postopek beljenja tkanin z lugom, izpostavljenostjo soncu in kislim mlekom, ki je deloval kot mehčalec. Postopek je bil zelo uspešen. Njegovo skrivnost pa so skrbno skrivali, saj so na nek način postali monopolisti. Tkanine so na Nizozemsko vozili na beljenje celo s Škotskega. Slaba lastnost tega postopka je bila njegova dolgotrajnost. Postopek je trajal osem mesecev. Leta 1746 je John Roebuck začel za beljenje uporabljati razredčeno žveplovo kislino in trajanje postopka razpolovil na štiri mesece.

Prvi večji preskok na področju beljenja je leta 1774 pomenilo odkritje kemijskega elementa klor. Več let so zaradi njegove agresivnosti neuspešno poskušali uporabljati klor za beljenje, dokler niso leta 1799 odkrili kalcijev hipoklorit $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, ki se še vedno uporablja, znan je kot belilni prašek.

Leta 1818 je Louis Jacques Thénard odkril vodikov peroksid. Pripravil ga je z obdelavo barijevega peroksida z dušikovo kislino. V dodelani različici postopka je namesto dušikove uporabil klorovodikovo kislino, s kasnejšim dodatkom žveplove kisline pa se je iz reakcijske zmesi oboril stranski proizvod barijev sulfat. Thénardov postopek se je uporabljal od konca 19. do sredine 20. stoletja. Leta 1936 so odkrili in leta 1939 patentirali antrakinonski postopek po katerem proizvajajo vodikov peroksid še danes. V štiridesetih letih prejšnjega stoletja je bilo prijavljenih tudi več patentov, ki so opisali postopke in naprave za beljenje lesa z vodikovim peroksidom (UKessays, 2015).

2.2 NAMEN BELJENJA LESA

2.2.1 Posvetlitev naravne barve lesa

Iz dekorativnih in trendovskih razlogov se pojavlja potreba po posvetlitvi naravne barve lesa. Belimo lahko tako svetlejše vrste, kot so javorovina, kot tudi temnejše npr. hrastovina, bukovina, orehovina.

2.2.2 Izenačevanje barve na površini obdelovanca

Furniranim površinam, lepljenemu lesu in vsem ostalim obdelovancem, pri katerih ni zaželen barvna raznolikost lahko s tem postopkom izenačimo barvo.

2.2.3 Odstranjevanje barvnih napak

Pri jesenovini in jelševini se pogosto pojavi diskoloriran les, pri bukovini rdeče srce. Kadar so diskoloracije moteče jih lahko odpravimo s postopkom beljenja.

2.2.4 Odstranjevanje madežev

Z različnimi postopki beljenja lahko odstranjujemo oksidativne madeže, obledelost, madeže na površini hrastovine, ki so posledica stika z železom, modrenje pri lesu rdečega bora.

2.2.5 Doseganje posebnih barvnih učinkov

S postopki beljenja z belili, lužili ali barvami lahko dosežemo posebne barvne učinke, kot so poudarjen rani les, videz negativne teksture dosežemo, ko poudarimo kasni les, videz starega lesa.

2.3 SREDSTVA ZA BELJENJE LESA

2.3.1 Vrste belil

Sredstva za beljenje les belijo na osnovi kemijske reakcije oksidacije, lahko pa tudi redukcije, zato belila na grobo delimo v dve skupini:

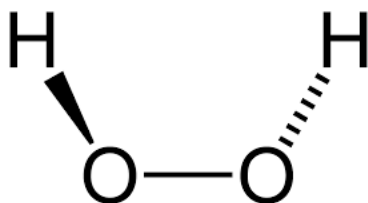
- REDUCENTI
- OKSIDANTI

Med oksidanti je najbolj razširjen vodikov peroksid, ki je zelo primeren za beljenje lesov s fino strukturo kot so na primer les javorja, breze, bukve, jelše, češnje, hruške.

Reduenti so kisline. Najbolj razširjene so oksalna, citronska in klorovodikova kislina, ki so primerne predvsem za beljenje lesov, ki vsebujejo veliko čreslovin, kot sta na primer les hrasta ali mahagonija (Polanc, 1999).

2.3.1.1 Vodikov peroksid

Vodikov peroksid (slika 1) je anorganska kemijska spojina s formulo H_2O_2 .



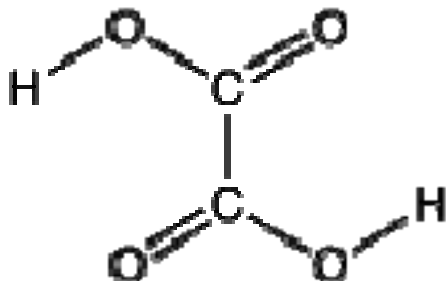
Slika 1: Vodikov peroksid (Vodikov peroksid, 2015)

Je najenostavnejši peroksid, spojina z enojno vezjo med kisikovima atomoma. Čisti vodikov peroksid je tekočina modrikaste barve z malo višjo viskoznostjo od vode. Zaradi varnosti je običajno dostopen v vodnih raztopinah z različno koncentracijo. Za beljenje lesa se običajno uporablja od 30% do 35% raztopina.

Vodikov peroksid je zaradi svojih dobrih lastnosti najbolj razširjeno belilo. Je zelo močan oksidant, ki skoraj povsem razgradi barvila, cenovno dostopen in najpomembnejše je okolju prijazen. Pri reakciji brez ostankov razpade na aktivni kisik in vodo. Vodikov peroksid pred predčasnim razpadom lahko zavarujemo z dodatkom stabilizatorja fosforjeve kisline. Shranjen mora biti v temnih steklenih posodah ali v posodah iz umetne snovi (Brenčič, Lazarini, 1995; Vodikov peroksid, 2015).

2.3.1.2 Oksalna kislina

Oksalna kislina (slika 2) je organska kemijska spojina s formulo $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

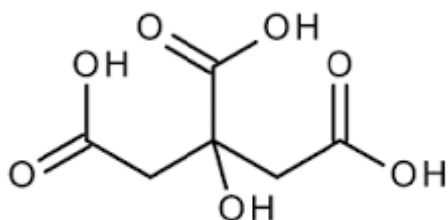


Slika 2: Oksalna kislina (Oksalna kislina, 2015)

Oksalna kislina je zelo močan reducent, približno 3000 krat močnejši od očetne kisline. Je brezbarvna trdna kristalna snov, ki se raztaplja v vodi. Običajno se pojavlja kot dihidrat s formulo $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Oksalna kislina je okolju neprijazna in strupena, vsako zaužitje, skozi kožo ali oralno, je nevarno (Brenčič, Lazarini, 1995; Oksalna kislina, 2015).

2.3.1.3 Citronska kislina

Citronska kislina (slika 3) je šibka organska kislina s formulo: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$

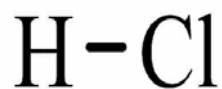


Slika 3: Citronska kislina (Lobachemie, 2015)

Po svoji sestavi je podobna vitaminu C. Vsebuje jo večina sadja, največ citrusi. V prehrambeni industriji se uporablja kot naravni konzervans. Pri sobni temperaturi je citronska kislina bel kristalen prah. Ta lahko bodisi obstaja v brezvodni obliki ali kot monohidrat. Zaradi svoje prijznosti do okolja je kot belilo za les zelo dobra alternativa oksalni kislini (Brenčič, Lazarini, 1995; Citronska kislina, 2015).

2.3.1.4 Klorovodikova kislina

Klorovodikova kislina (slika 4), znana tudi kot solna kislina, je vodna raztopina vodikovega klorida s formulo HCl.



Slika 4: Klorovodikova kislina (Coleparmer, 2015)

Je zelo korozivna močna mineralna kislina, ki v vodi popolnoma disociira in ima široko rabo v industriji. Od šestih najpogostejših močnih mineralnih kislin je klorovodikova kislina najmanj podvržena oksidacijsko-redukcijskim reakcijam. Je ena od najmanj zahtevnih močnih kislin za ravnanje, ker kljub kislosti vsebuje nereaktiven in netoksičen kloridni ion. Zmerno koncentrirane raztopine klorovodikove kisline so med skladiščenjem dokaj stabilne. Večina industrijske klorovodikove kisline je dostopna v koncentracijah od 30% do 34% (Brenčič, Lazarini, 1995; Klorovodikova kislina, 2015).

2.4 PRIPRAVA LESA

Za uspešno beljenje mora biti obdelovanec primerno pripravljen - obdelan. Hlodevine in rezanega lesa ne moremo beliti. Obdelovanec mora biti torej dokončno obdelan poskobljan in obrušen na končno dimenzijo. Če lakiramo sestavljen izdelek oz. ko je po sestavljanju izdelka potrebno dodatno brušenje, lahko belimo tudi končni izdelek.

Obdelovanec ali izdelek mora biti pred beljenjem očiščen, na njem ne sme biti smolnih in mastnih madežev ter prahu. Kadar pride belilno sredstvo v stik s kovinskimi delci ali nečistočami se pri beljenju lahko pojavijo napake.

Pri beljenju se les večkrat omoči in osuši in pri tem se dvignejo lesna vlakna, zato je potrebno obdelovanec po končanem beljenju, ko se les dokončno posuši, pobrusiti s finim brusnim papirjem, da porežemo dvignjena vlakna (Kotnik, 2003; Polanc, 1999; Jaić, 2000).

2.5 POSTOPKI BELJENJA LESA

Postopki beljenja lesa se razlikujejo glede na vrsto lesa, belilno sredstvo, želen učinek, namen beljenja in obseg proizvodnje. Za beljenje svetlejših drevesnih vrst je najbolj primeren vodikov peroksid, za temnejše vrste, ki vsebujejo več čreslovin, pa so bolj primerne kisline. Za beljenje v manjšem obsegu, npr. posameznih desk, kosov furnirja ali za odstranjevanje madežev, se belilo nanaša s čopičem, krtačo ali gobico. V večjem obsegu pa belilo lahko nanašamo z brizganjem. Pazljivi moramo biti, da ne uporabljamo kovinskega pribora oz. mora biti le-to iz nerjavečega jekla, čopiči in krtače morajo biti sestavljeni iz sintetičnih vlaken in ne smejo imeti kovinskih obročev. Beljenje mora v vsakem primeru potekati v dobro zračnem prostoru s primernimi klimatskimi pogoji (Polanc, 1999; Jewitt, 1998).

2.6 BELJENJE LESA SVETLEJŠIH DREVESNIH VRST

Za beljenje svetlejših drevesnih vrst je najbolj razširjeno belilo vodikov peroksid. Praviloma za beljenje lesa uporabljamo od 30% do 35% koncentriran vodikov peroksid. Nekateri priporočajo, da raztopini te koncentracije dodamo enkratno do dvakratno količino vode. Pred uporabo dodamo vodikovem peroksidu 10% vodne raztopine amonijaka (20% do 25% koncentracije), da pospešimo kemijsko reakcijo in s tem hitrejši razpad na aktivni kisik in vodo. Tako pripravljeno belilo moramo takoj porabiti. Vodikov peroksid lahko dodajamo tudi lužilu. Tako lahko dosežemo enak učinek vendar le pri enkratnem nanosu. Zaradi čim boljšega učinka mora reakcija potekati v čim večji meri na lesni površini. Popoln razkroj na vodo in kisik poteče na lesni površini pri 20°C šele v 24 urah. Razpad pospešimo z dodajanjem amonijaka, lahko tudi s toploto oz. s segrevanjem obdelovanca. Zaradi sproščanja kisika se na površini obdelovanca pojavljajo mehurčki. Veliko pene na površini pomeni, da večja količina kisika nekoristno izhaja s površine lesa, ostanki kisika v lesni površini pa lahko ovirajo prehitro lakiranje lesa.

Pri beljenju večjih površin lahko najprej nanesemo vodikov peroksid in, ko se vpije, nato nanesemo še 2% raztopino amonijaka. Po štirih urah površino še enkrat omočimo z raztopino amonijaka. S tem dosežemo, da preostanek vodikovega peroksida hitreje razpade in tako močno skrajšamo čas pred nadaljnjo obdelavo. Po končanem sušenju površino lesa vedno umijemo s toplo vodo, ki ji lahko dodamo 5g natrijevega bisulfita na liter vode. Z umivanjem odstranimo ostanke peroksida in tako preprečimo pojav svetlih lis po luženju.

Če bi vodikovemu peroksidu dodali preveč amonijaka, bi bila reakcija prehitra in les bi lahko porjavel. To lahko preprečimo tako, da les umijemo s 5% očetno kislino.

Aktivni kisik, ki se razvija med beljenjem, najeda organska tkiva in tudi kovinske dele, zato moramo biti pri delu pazljivi, da uporabljamo steklene posode ter čopiče in krtače s sintetičnimi vlakni brez kovinskih delov. Pri pripravi belilnega sredstva in beljenju lesa moramo nositi zaščitno obleko, rokavice in očala ter kapo, da preprečimo beljenje las. Previdnost velja tudi pri odstranjevanju krp in gob, ki so prepojena z vodikovim peroksidom, saj lahko pride do samovžiga (Polanc, 1999; Jewitt, 1998; Forest Products Laboratory, 1967).

2.7 BELJENJE LESA TEMNEJŠIH DREVESNIH VRST

Lesovi temnejših drevesnih vrst običajno vsebujejo več čreslovin oz. taninov. Za beljenje takšnega lesa so najbolj primerna redukcijska belila. Najbolj razširjena so oksalna, citronska in klorovodikova kislina.

Oksalna kislina je učinkovito belilno sredstvo, vendar je strupena. Oksalna kislina je dobavljiva v obliki kristalov. Za beljenje lesa je primerna koncentracija od 30g do 35g kristalov oksalne kisline na liter vode. V nekovinski posodi zmešamo kristale z vročo vodo. Raztopino lahko uporabimo šele po 10 minutah. Beljenje je uspešnejše, če uporabljamo zelo vročo raztopino, ki jo nanesemo na površino lesa s čopičem iz umetnih vlaken v smeri lesnih vlaken in pustimo, da deluje nekaj minut. Nato površino temeljito izperemo s toplo vodo, da kasneje nebi nastala neželena obarvanja na lesu. Postopek lahko večkrat ponovimo, da dosežemo želen učinek. Na tako beljeni površini kasneje ne smemo uporabljati dimnih lužil. Oksalna kislina se za beljenje lesa zaradi svoje strupenosti uporablja le še izjemoma oz. se uporablja predvsem za odstranjevanje temnih madežev na površini hrastovega lesa, ki so nastali iz spojin železa s čreslovinami.

Citronska kislina je nestrupena in okolju prijazna ter omogoča dobre rezultate beljenja, zato je splošno uporabna za beljenje lesa temnejših drevesnih vrst. Uporablja se podobno kot oksalna kislina. V nekovinski posodi raztopimo od 30g do 35g citronske kisline v litru vroče vode. Raztopino nanesemo na površino lesa s čopičem ali brizganjem, temeljito vrtačimo in pustimo da deluje 10 do 20 minut. Nato površino temeljito izperemo s toplo vodo. Površina lesa, beljena s citronsko kislino, se dobro ujema s kasnejšo površinsko obdelavo, luženjem in lakiranjem (Polanc, 1999; Jewitt, 1998; Forest Products Laboratory, 1967).

2.8 POSVETLITEV LESA BREZ BELJENJA

Posvetlitev lesa je hitrejša in cenejša alternativa beljenju. Obstaja več tehnik posvetlitve, najbolj pogosto se les posvetli z lužili ali obarvanimi laki. S postopkom barvanja in brušenja lahko dosežemo učinek staranega lesa.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Vzorci lesa

Za vzorce smo izbrali bukov les. Pripravili smo 5 vzorcev dimenzije 600 mm × 130 mm × 20 mm. Vzorci lesa so bili brez vidnih napak, kondicionirani pri temperaturi 20°C in relativni zračni vlažnosti (50±5)%. Vsak vzorec smo prerezali na polovico, tako smo dobili 5 parov vzorcev, na katere smo v nadaljevanju nanесли različna sredstva za beljenje, kot je prikazano v preglednici 1.

Preglednica 1: Vrsta in število nanosov na vzorcih lesa

VZOREC	1.NANOS	2.NANOS	3.NANOS
1.1.	Dvokomponentno belilo		
1.2.	Dvokomponentno belilo	Brezbarvni akrilni lak	Brezbarvni akrilni lak
2.1.	Lužilo za premazovanje		
2.2.	Lužilo za premazovanje	Brezbarvni akrilni lak	Brezbarvni akrilni lak
3.1.	Lužilo za brizganje		
3.2.	Lužilo za brizganje	Brezbarvni akrilni lak	Brezbarvni akrilni lak
4.1.	Akrilni lak z lužilom	Akrilni lak z lužilom	
4.2.	Akrilni lak z lužilom	Akrilni lak z lužilom	Brezbarvni akrilni lak
5.1.	Brezbarvni akrilni lak		
5.2.	Brezbarvni akrilni lak	Brezbarvni akrilni lak	

Pred prvim nanosom in po prvem nanosu laka smo vzorce pobrusili z brusnim papirjem granulacije 150.

3.1.2 Sredstva za beljenje

Sredstva, ki smo jih uporabili za beljenje in lakiranje, so predstavljena v preglednici 2.

Preglednica 2: Uporabljena sredstva za beljenje in lakiranje

	Naziv	Proizvajalec
Dvokomponentno belilo	GP AU Sbiancante	I.V.E. S.r.l. Seregno, Italija
Lužilo za premazovanje	Teknostain PS 87 universal	Teknos Helsinki, Finska
Lužilo za brizganje	Teknostain	Teknos Helsinki, Finska
Akrilni lak, brezbarvni	Teknodur top coat ay 330	Teknos Helsinki, Finska
Akrilni lak z lužilom	Teknodur top coat ay 330 + 10% teknostain za premazovanje	Teknos Helsinki, Finska

3.1.2.1 Dvokomponentno belilo

Uporabili smo dvokomponentno belilo Sbiancante proizvajalca I.V.E. S.r.l. na osnovi vodikovega peroksida. Belilo je sestavljeno iz komponent A in B.

Komponenta A: GP-AU 011 SBIANCANTE A je 35% do 50% raztopina vodikovega peroksida

Komponenta B: GP-AU 012 SBIANCANTE B je 10% do 12% raztopina natrijevega karbonata

Pred uporabo komponenti zmešamo v razmerju 1:1. Pripravljeno belilo je uporabno eno uro. Belilo se nanaša z gobico ali čopičem. Obvezna je uporaba zaščitnih sredstev, rokavice iz lateksa, zaščitna očala in oblačila. Uporabljeno orodje ne sme imeti kovinskih delov oz. morajo biti ti iz nerjavečega jekla. Orodje moramo po uporabi takoj umiti pod tekočo vodo (IVE, 2015).

3.1.2.2 Lužilo za premazovanje

Uporabili smo lužilo Teknostain PS 87 UNIVERSAL

Lužilo je koncentrirano in se ga po potrebi, glede na to kakšno jakost obarvanja želimo doseči, lahko redči tako z vodo kot tudi z redčilom. Lužilo je bolj transparentno in se ga uporablja, ko želimo, da struktura lesa ostane vidna. Nanaša se s čopičem, valjčkom ali gobico. Čas sušenja je odvisen od uporabljenega redčila. V primeru, ko lužilo redčimo z vodo, čas sušenja znaša minimalno dve uri. Lužilo je uporabno tudi za obarvanje laka. Glede na zelen učinek lahko laku dodamo 10% do 15% lužila (Teknos Group, 2016).

3.1.2.3 Lužilo za brizganje

Uporabili smo lužilo Teknostain PUR SERIE MC-za brizganje

Lužilo je koncentrirano in se ga po potrebi, glede na to kakšno jakost obarvanja želimo doseči, lahko redči s standardnim redčilom Teknosolv 302, z acetonom za hitro sušenje ali z redčilom Teknosolv 320 za počasno sušenje. Lužilo je primerno tako za ročno kot avtomatsko brizganje. Uporabno je, ko želimo, da bo struktura lesa bolj prikrita (pokrivni ton lužila, enoten in bolj plastičen izgled površine). Nanaša se v enem nanosu pri tlaku od 3 bar do 4 bar. Priporočen premer šobe za brizganje znaša 1,2mm do 1,6mm. Hitrost sušenja je odvisna od uporabljenega redčila (Teknos Group, 2016).

3.1.2.4 Akrilni dvokomponentni lak

Uporabili smo akrilni dvokomponentni lak Teknodur top coat ay 330, ki je dobro svetlobno obstojen končni lak posebno primeren za odprtoporozne drevesne vrste in svetle lesove. Odlikujejo ga odlično razlivanje, dobra vertikalnost izredna transparentnost, odlična mehanska odpornost in zelo dobra kemična odpornost (Teknos Group, 2016).

Ostali tehnični podatki so prikazani v preglednicah 3 do 6.

Preglednica 3: Kemične in fizikalne lastnosti laka Teknodur top coat ay 330

Kemična sestava	Mešanica akrilnih smol
Barva	Brezbarven
Viskoznost	(60 ± 6) s (CF4 pri 20°C)
Uporabni čas	12 mesecev originalno zaprto
Delovna temperatura	18°C do 35°C

Preglednica 4: Priprava mešanice

Lak	Tekodur top coat ay 330	100%
Utrjevalec	Teknodur hardener 10	10%
Redčilo	Teknosolv thinner 214	40%
Uporabni čas mešanice	> 2 uri pri 20°C do 25°C	

Preglednica 5: Potrebna oprema, viskoznost in nanos laka

HVLP pištola za brizganje	Nizek zračni tlak
Zračni tlak	4 bar
Šoba	1,6 mm
Viskoznost	od 12 s do 14 s (DIN 4)
Nanos	od 100 g/m ² do 150 g/m ²

Preglednica 6: Čas sušenja

Prašno suh	≈ 40 minut
Suh na otip	≈ 100 minut
Suh za zlaganje	8 ur
Dokončno suh	7 dni

3.2 METODE

3.2.1 Postopek nanašanja sredstev za beljenje in laka

Za nanos sredstev smo uporabljali HVLP (high volume low pressure) pištolo za brizganje, čopič ali gobico iz poliuretanske pene. Natančen opis uporabe je zapisan v preglednici 7. Oprema za brizganje HVLP oz. parametri nanašanja z brizganjem so podrobneje prikazani v preglednici 5.

Preglednica 7: Postopek nanašanja sredstev za beljenje in laka

Vzorec	Sredstvo	Način nanosa
1.1.	Dvokomponentno belilo	Gobica
1.2.	Dvokomponentno belilo	Gobica
2.1.	Lužilo za premazovanje	Čopič
2.2.	Lužilo za premazovanje	Čopič
3.1.	Lužilo za brizganje	HVLP pištola za brizganje
3.2.	Lužilo za brizganje	HVLP pištola za brizganje
4.1.	Akrilni lak z lužilom	HVLP pištola za brizganje
4.2.	Akrilni lak z lužilom	HVLP pištola za brizganje
5.1.	Brezbarvni akrilni lak	HVLP pištola za brizganje
5.2.	Brezbarvni akrilni lak	HVLP pištola za brizganje

3.2.2 Merjenje količine nanosa

Vsak vzorec lesa smo stehali pred nanosom sredstva in po njem in tako izmerili točno količino nanosa v gramih (slika 5).



Slika 5: Merjenje količine nanosa

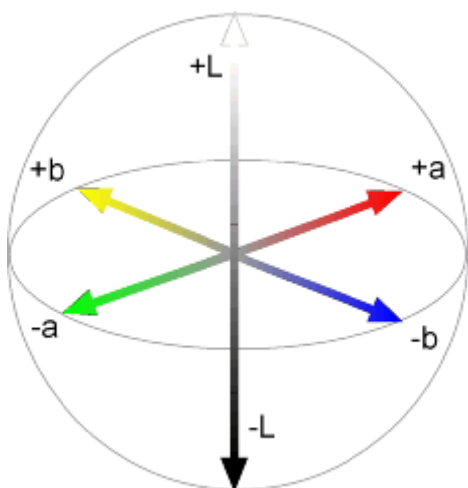
V preglednici 8 so podani izmerjeni nanosi belilnih sredstev in laka v g/m²

Preglednica 8: Izmerjene količine nanosov belilnih sredstev in laka

VZOREC	1. NANOS	2. NANOS	3. NANOS
VZOREC 1.1	dvokomponentno belilo 63,8 g/m ²		
VZOREC 1.2	dvokomponentno belilo 63,8 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 102,8 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 100,3 g/m ²
VZOREC 2.1	lužilo za premazovanje 136,7 g/m ²		
VZOREC 2.2	lužilo za premazovanje 136,7 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 103,9 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 94,1 g/m ²
VZOREC 3.1	lužilo za brizganje 83,3 g/m ²		
VZOREC 3.2	lužilo za brizganje 83,3 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 94,9 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 84,6 g/m ²
VZOREC 4.1	akrilni lak z lužilom 92,6 g/m ²	akrilni lak z lužilom 103,4 g/m ²	
VZOREC 4.2	akrilni lak z lužilom 92,6 g/m ²	akrilni lak z lužilom 101,3 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 93,9 g/m ²
VZOREC 5.1	brezbarvni akrilni lak 95,2 g/m ²		
VZOREC 5.2	brezbarvni akrilni lak 95,2 g/m ²	brezbarvni akrilni lak 89,3 g/m ²	

3.2.3 Numerično vrednotenje barve in barvnih razlik po CIELAB sistemu

Pred prvim nanosom in po vsakem nanosu smo vzorcem izmerili barvo po sistemu CIELAB, ki je najbolj izpopolnjen in najpogosteje uporabljan sistem za numerično vrednotenje barve. Z osjo L^* in koordinatama a^* in b^* je definiran kot trodimenzionalni barvni prostor (slika 6).



Slika 6: CIELAB sistem (Jisc Digital Media, 2015)

Sistem CIELAB predstavlja matematično kombinacijo kartezijskega in cilindričnega koordinatnega sistema. Barva je opredeljena s tremi osnovnimi vrednostmi (Golob in Golob, 2001):

- L^* pomeni svetlost barve in zavzema vrednosti od 0 (absolutno črno) do 100 (absolutno belo)
- a^* določa lego barve na (+) rdeče – (-) zeleni osi
- b^* določa lego barve na (+) rumeno – (-) modri osi

Barvne razlike so izražene z vrednostjo ΔE^* in jih izračunamo po naslednji enačbi (1):

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

Zaradi velike barvne nehomogenosti lesa smo, da bi dobili čim bolj objektivne rezultate, na vsakem vzorcu barvo merili na desetih mestih in se pri tem izogibali nereprezentativnim predelom.

3.2.3.1 Spektrofotometer X-Rite SP 62

Barvo vzorcev smo numerično ovrednotili s spektrofotometrom X-Rite SP 62 (slika 7). Instrument laično imenujemo kolorimeter. Uporaben je za numerično vrednotenje barve in barvnih razlik po različnih standardiziranih sistemih. V laboratoriju za obdelavo površin na Oddelku za lesarstvo ga uporabljajo za merjenje barve površinsko obdelanega in neobdelanega lesa, prav tako je uporaben za merjenje barve kakršnekoli ravne površine.



Slika 7: Spektrofotometer X-Rite SP 62

Instrument ima integrirano (spektrofotometrično) kroglo z usmerjeno osvetlitvijo. Pri meritvah lahko usmerjeno odbito komponento vključimo (SPIN; Specular-Included) ali izključimo (SPEX; Specular-Excluded). Vrednosti meritev instrument izračuna z upoštevanjem 2° ali 10° zornega kota standardiziranega opazovalca. Nekatere druge pomembnejše tehnične lastnosti instrumenta so:

- Geometrija merjenja: $d/8^\circ$
- Velikost merilne odprtine: $D = 20 \text{ mm}$
- Svetilo: plinsko polnjena volframova žarnica
- Možnost uporabe različnih standardiziranih svetlob: C, D50, D65, D75, A, F2, F7, F 11 in F12.

Za merjenje barve površinsko obdelanega in neobdelanega lesa se najpogosteje uporabljajo naslednji parametri: geometrija merjenja $d/8^\circ$, 10° standardizirani opazovalec, usmerjeno odbito komponenta vključena (SPIN; Specular-Included), standardizirana svetloba D 65 (Pavlič, Kričej in Petrič, 2008). Le-te smo uporabili tudi pri naših meritvah.

3.2.4 Optično branje površin vzorcev z optičnim bralnikom

Površine vseh vzorcev lesa smo tudi optično prebrali, in sicer pred prvim nanosom in nato po vsakem nanosu. Za optično branje smo uporabili optični bralnik proizvajalca Canon model CanoScan LiDE 110 (slika 8) in programsko opremo MP Navigator EX 4.0.

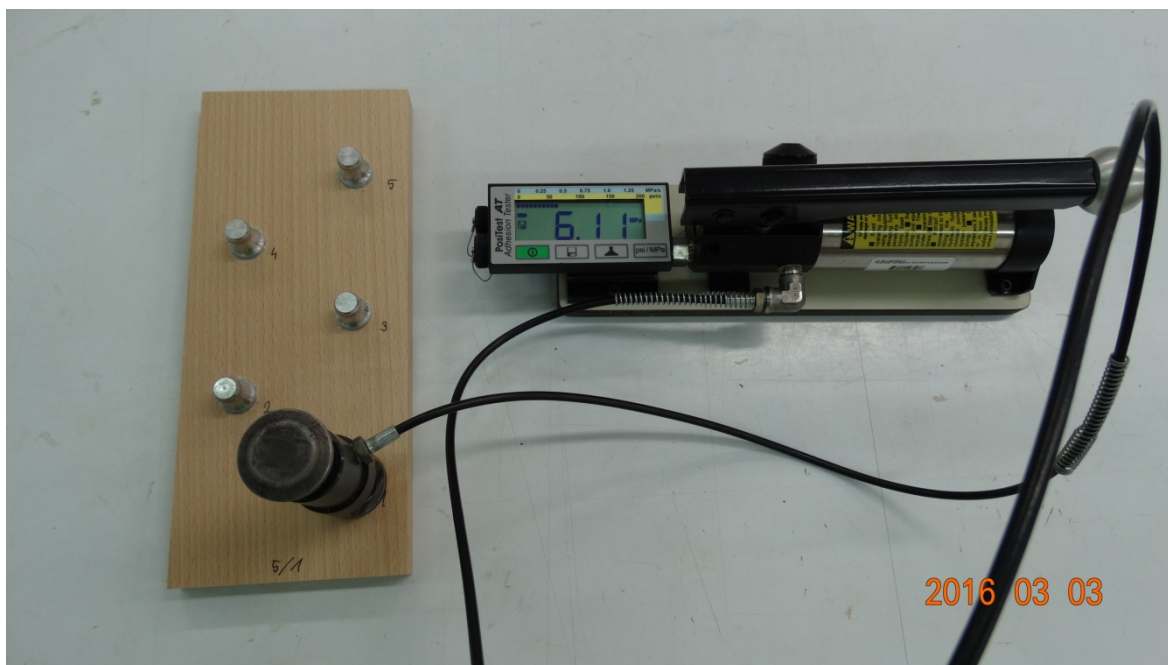


Slika 8: Optično branje površin vzorcev z optičnim bralnikom

Z optičnim branjem smo zajeli digitalno fotografijo resolucije 3496×2552 točk in 24 bitno globino.

3.2.5 Določanje oprijemnosti z metodo odtrgovanja pečatov

Oprijemnost premaznih sredstev na podlago smo določili po metodi odtrgovanja pečatov po standardu (SIST EN ISO 4624:2004). Pred lepljenem pečatov smo vse pečate očistili in pobrusili, prav tako smo na vzorcih pobrusili površino na mestih lepljenja in jo očistili. Na vsak vzorec smo prilepili po pet pečatov s premerom 20mm. Za lepljenje smo uporabili dvokomponentno epoksidno lepilo, ki je po 24 urah dokončno utrdilo. Pred trganjem smo s kronskim rezilom okrog pečatov prerezali film laka in s tem testne površine ločili od ostalih. Za trganje pečatov smo uporabili trgalno napravo Defelsko PosiTest AT Adhesion Tester (slika 9). Na pečat smo pritrdili čeljusti trgalne naprave in ga s pravokotno delujočo silo odtrgali od vzorca. Ob trganju pečata smo določili potrebno silo za trganje, ki je bila preračunana v zlomno trdnost, izraženo v MPa. Poleg zlomne trdnosti smo določili tudi vrsto loma pečata, ki je lahko adhezijski (lom med dvema stikajočima se površinama) ali kohezijski (lom znotraj določenega sistema).



Slika 9: Trganje pečatov z napravo Defelsko PosiTest AT Adhesion Tester

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 BARVNE SPREMEMBE PO BELJENJU IN LAKIRANJU

Barvna sprememba vsakega od petih vzorcev je predstavljena tako vizualno kot tudi številsko.

Na slikah 10-18 je predstavljen vzorec tako, da je slika sestavljena iz treh optično prebranih slik vzorca.

Zgornji vzorec na vsaki sliki je surov vzorec pred beljenjem, srednji vzorec je vzorec po nanosu belilnega sredstva in tretji vzorec je vzorec po končanem lakiranju.

Kvantitativno je barvna sprememba izražena z vrednostjo ΔE^* , ki se jo na podlagi meritev s spektrofotometrom izračuna po enačbi 1 (poglavje 3.2.3)

Večja kot je vrednost ΔE^* , večja je bila barvna sprememba.

4.1.1 Vzorec 1

Prvi vzorec smo pobelili z dvokomponentnim belilnim sredstvom Sbiancante proizvajalca I.V.E. S.r.l. na osnovi vodikovega peroksida.



Slika 10: Vzorec 1 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)

V preglednici 9 so navedene izmerjene povprečne barvne vrednosti in barvna razlika ΔE^* za vzorec 1

Preglednica 9: Vzorec 1, izmerjene vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. surov vzorec	74,771	7,183	18,703	
Pov. v. po beljenju	78,408	3,535	19,192	
Pov. v. po lakiranju	76,119	4,761	23,755	
Razlike po beljenju	3,637	-3,648	0,489	5,17
Razlike med beljeno in lakirano površino	-2,289	1,226	4,563	5,25
Razlike po končanem lakiranju	1,348	-2,422	5,052	5,76

Tako vizualno kot kvantitativno lahko ugotovimo, da so barvne razlike po beljenju in lakiranju majhne. Vrednost L^* se je zvišala, vzorec je po beljenju rahlo posvetlil. Vrednost a^* se je zmanjšala, kar je vizualno opazno kot manj poudarjen rdeč odtenek. Sprememba vrednosti b^* je zanemarljiva. Rahlo je poudarjena razlika med ranim in kasnim lesom. Rani les je bolj posvetlil kot kasni les. Zaradi lakiranja se je vrednost L^* zmanjšala, vzorec je rahlo potemnel. Vrednost a^* se je zvišala, vzorcju se je delno povrnil rdečkast odtenek. Občutno se je povečala vrednost b^* , vzorec je opazno porumenel. Rani les je ostal rahlo poudarjen. Barvna razlika ΔE^* med surovim in beljenim vzorcem je znašala 5,17. Le-ta se je s končnim lakiranjem še malenkost povečala (5,76)

4.1.1.1 Vzorec 1 - sprememba barve po enem mesecu

Na sliki 11 je vzorec 1 po takoj lakiranju in po enem mesecu.



Slika 11: Vzorec 1 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)

Preglednica 10: Vzorec 1 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. po lakiranju	76,119	4,761	23,755	
Pov. v. po enem mesecu	76,114	4,515	23,083	
ΔE^*	-0,005	-0,246	-0,672	0,71

Vizualno sprememba barve po enem mesecu ni bila opazna prav tako so tudi izmerjene vrednosti komponent barve in vrednost ΔE^* pokazale, da so spremembe minimalne.

4.1.2 Vzorec 2

Drugi vzorec smo pobelili z lužilom za premazovanje Teknostain proizvajalca Teknos. (slika 12).



Slika 12: Vzorec 2 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)

V preglednici 11 so navedene izmerjene povprečne barvne vrednosti in barvna razlika ΔE^* za vzorec 2.

Preglednica 11: Vzorec 2, izmerjene vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. surov vzorec	73,258	7,668	18,897	
Pov. v. po beljenju	80,842	4,288	10,331	
Pov. v. po lakiranju	80,24	4,95	12,16	
Razlike po beljenju	7,584	-3,38	-8,566	11,93
Razlike med beljeno in lakirano površino	-0,602	0,662	1,829	2,04
Razlike po končanem lakiranju	6,982	-2,718	-6,737	10,08

Vzorec 2 je po premazovanju z belilnim lužilom opazno posvetlil, kar potrjuje tudi izmerjena vrednost L^* , ki se je po premazovanju povišala. Vrednosti a^* in b^* sta se znižali, vzorcu se je zmanjšal rdeč in rumen odtenek. Močno je opazna razlika med ranim in kasnim lesom. Rani les je posvetlil močnejše od kasnega lesa. Zaradi lakiranja je vzorcu narasla vrednost b^* in je rahlo porumenel. Vrednost L^* se je rahlo znižala, vrednost a^* rahlo povišala. Vizualno je opazna razlika pri kasnem lesu, ki je še nekoliko potemnel in postal bolj poudarjen. Barvna razlika ΔE^* med surovim in beljenim vzorcem je znašala 11,93. Le-ta se je s končnim lakiranjem malenkost zmanjšala (10,08).

4.1.2.1 Vzorec 2 - sprememba barve po enem mesecu

Na sliki 13 je vzorec 2 takoj po lakiranju in po enem mesecu.



Slika 13: Vzorec 2 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)

Preglednica 12: Vzorec 2 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. po lakiranju	79,245	4,995	11,842	
Pov. v. po enem mesecu	78,845	5,017	11,835	
ΔE^*	-0,4	0,022	-0,007	0,40

Vizualno sprememba barve ni bila opazna, prav tako so tudi izmerjene vrednosti in ΔE^* pokazale, da so spremembe minimalne.

4.1.3 Vzorec 3

Tretji vzorec smo pobelili z lužilom za brizganje Teknostain proizvajalca Teknos.
(slika 14)



Slika 14: Vzorec 3 pred beljenjem (zgoraj), po belenju (v sredini) in takoj po lakiranju (spodaj)

V preglednici 13 so podane izmerjene povprečne barvne vrednosti in barvna razlika ΔE^* za vzorec 3.

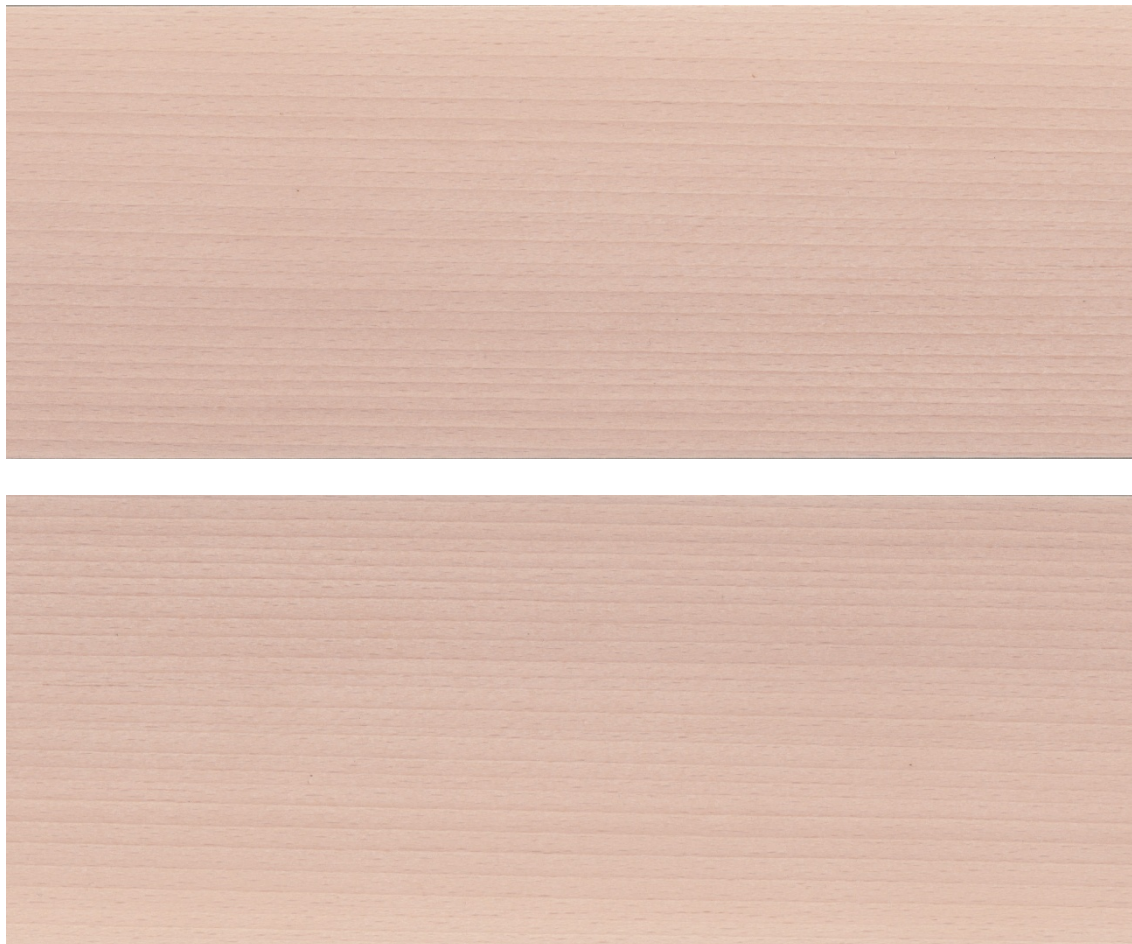
Preglednica 13: Vzorec 3, izmerjene vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. surov vzorec	74,654	7,207	18,832	
Pov. v. po beljenju	79,779	4,658	11,036	
Pov. v. po lakiranju	77,147	5,89	13,775	
Razlike po beljenju	5,125	-2,549	-7,796	9,67
Razlike med beljeno in lakirano površino	-2,632	1,232	2,739	3,99
Razlike po končanem lakiranju	2,493	-1,317	-5,057	5,79

Vzorec 3 je po beljenju z lužilom za brizganje opazno posvetlil, kar potrjuje tudi povišana vrednost L^* . Vrednosti a^* in b^* sta se znižali, zmanjšala sta se rumen in rdeč odtenek. Vzorec 3 je posvetlil nekoliko manj od vzorca 2 vendar je bila površina bolj enakomerno obarvana. Razlika med ranim in kasnim lesom je manj opazna kot pred beljenjem. Zaradi lakiranja se je vrednost L^* zmanjšala, vrednosti a^* in b^* sta se povišali. Vzorec je opazno potemnel, rumen in rdeč odtenek sta se okrepila. Barvna razlika ΔE^* med surovim in beljenim vzorcem je znašala 9,67. Le-ta se je s končnim lakiranjem občutno zmanjšala (5,79).

4.1.3.1 Vzorec 3 - sprememba barve po enem mesecu

Na sliki 15 je vzorec 3 takoj po lakiranju in po enem mesecu.



Slika 15: Vzorec 3 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)

Preglednica 14: Vzorec 3 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. po lakiranju	77,147	5,89	13,775	
Pov. v. po enem mesecu	77,088	5,822	13,637	
ΔE^*	-0,059	-0,068	-0,138	0,165

Vzorec 3 po enem mesecu vizualno ni spremenil barve, to potrjujejo tudi izmerjene vrednosti in vrednost ΔE^* .

4.1.4 Vzorec 4

Četrty vzorec smo polakirali s dvokomponentnim akrilnim lakom, kateremu smo dodali lužilo za premazovanje (slika 16).



Slika 16: Vzorec 4 pred lakiranjem (zgoraj), po prvem nanosu (v sredini) in po drugem nanosu (spodaj)

V preglednici 15 lahko vidimo izmerjene povprečne barvne vrednosti in barvno razliko ΔE^* za vzorec 4.

Preglednica 15: Vzorec 4, izmerjene vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. surov vzorec	72,901	7,627	18,717	
Pov. v. po 1. nanosu laka	77,415	5,623	12,5	
Pov. v. po 2. nanosu laka	82,122	3,5	6,59	
Razlike po 1. nanosu laka	4,514	-2,004	-6,217	7,94
Razlike med 1. in 2. nanosom laka	4,707	-2,123	-5,91	7,85
Razlike po končanem lakiranju	9,221	-4,127	-12,127	15,78

Vzorec 4 je bil dvakratno polakiran z lakom z dodanim lužilom. Vrednost L^* se je povišala tako po prvem kot drugem lakiranju. Z vsakim lakiranjem je vzorec bolj posvetlil. Vrednosti a^* in b^* sta se občutno zmanjšali po vsakem lakiranju, rumen in rdeč odtенок se je močno zmanjšal. Po prvem lakiranju je bila površina neenakomerno obarvana, po drugem lakiranju je neenakomernost izginila. Razlika med kasnim in ranim lesom je neizrazita. Barvna razlika ΔE^* med surovim in prvič lakiranim vzorcem je znašala 7,94. Le-ta se je s končnim lakiranjem občutno povečala (15,78)

4.1.4.1 Vzorec 4 - sprememba barve po enem mesecu

Na sliki 17 je vzorec 4 takoj po lakiranju in po enem mesecu.



Slika 17: Vzorec 4 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)

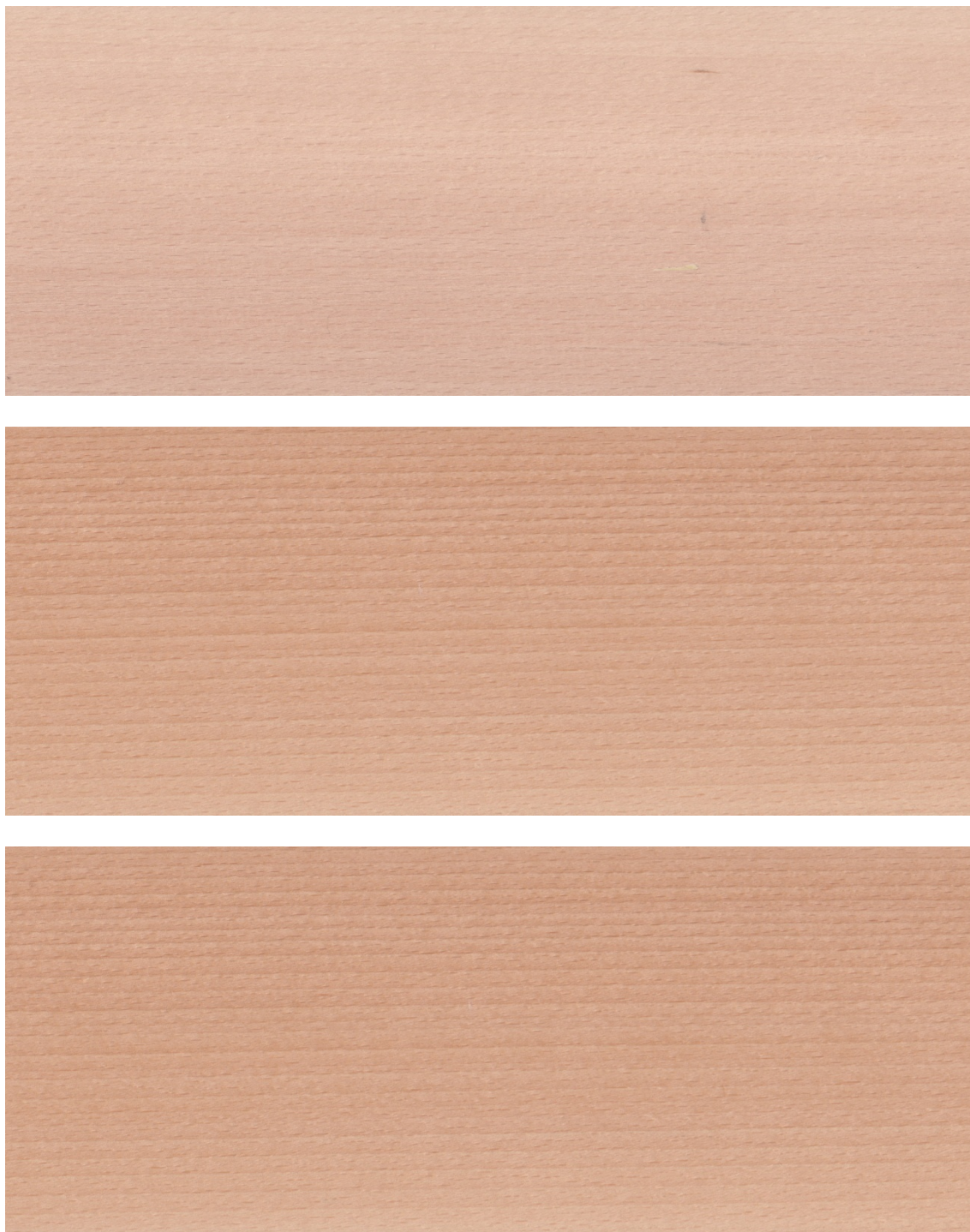
Preglednica 16: Vzorec 4 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. po lakiranju	82,122	3,5	6,59	
Pov. v. po enem mesecu	82,238	3,369	6,487	
ΔE^*	0,116	-0,131	-0,103	0,04

Pri vzorcu 4 vizualno barvne spremembe po enem mesecu niso opazne, tudi meritve potrjujejo, da so bile spremembe barve minimalne.

4.1.5 Vzorec 5

Peti vzorec ni bil beljen, temveč smo ga v dveh nanosih polakirali z dvokomponentnim akrilnim lakom.



Slika 18: Vzorec 5 pred lakiranjem (zgoraj), po prvem nanosu (v sredini) in po drugem nanosu (spodaj)

V preglednici 17 so izmerjene povprečne barvne vrednosti in barvna razlika ΔE^* za vzorec 5.

Preglednica 17: Vzorec 5, izmerjene vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. surov vzorec	74,689	7,164	18,66	
Pov. v. po 1. nanosu laka	71,901	8,704	23,192	
Pov. v. po 2. nanosu laka	71,94	8,678	23,162	
Razlike po 1. nanosu laka	-2,788	1,54	4,532	5,54
Razlike med 1. in 2. nanosom laka	0,039	-0,026	-0,03	0,06
Razlike po končanem lakiranju	-2,749	1,514	4,502	5,49

Vzorcu 5 se je po prvem nanosu laka vrednost L^* zmanjšala, vzorec je potemnel. Rahlo se je povečala vrednost a^* , poudaril se je rdeči odtenek. Opazno se je povečala vrednost b^* , vzorec je porumenel. Po drugem nanosu so bile izmerjene razlike vrednosti minimalne in tudi vizualno niso bile opazne. Barvna razlika ΔE^* med surovim in prvič lakiranim vzorcem je znašala 5,54. Le-ta se s končnim lakiranjem ni signifikantno spremenila (5,49).

4.1.5.1 Vzorec 5 - sprememba barve po enem mesecu

Na sliki 19 lahko vidimo vzorec 5 takoj po lakiranju in po enem mesecu.



Slika 19: Vzorec 5 takoj po lakiranju (zgoraj) in po enem mesecu (spodaj)

Preglednica 18: Vzorec 5 po enem mesecu, izmerjene povprečne vrednosti in ΔE^*

	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Pov. v. po lakiranju	71,94	8,678	23,162	
Pov. v. po enem mesecu	71,635	8,683	22,935	
ΔE^*	-0,305	0,005	-0,227	0,38

Kot pri vseh ostalih vzorcih, tudi pri vzorcu 5 en mesec po lakiranju ni opaznih vizualnih sprememb, izmerjene vrednosti komponent barve in ΔE^* pa so minimalne.

4.2 OPRIJEMNOST

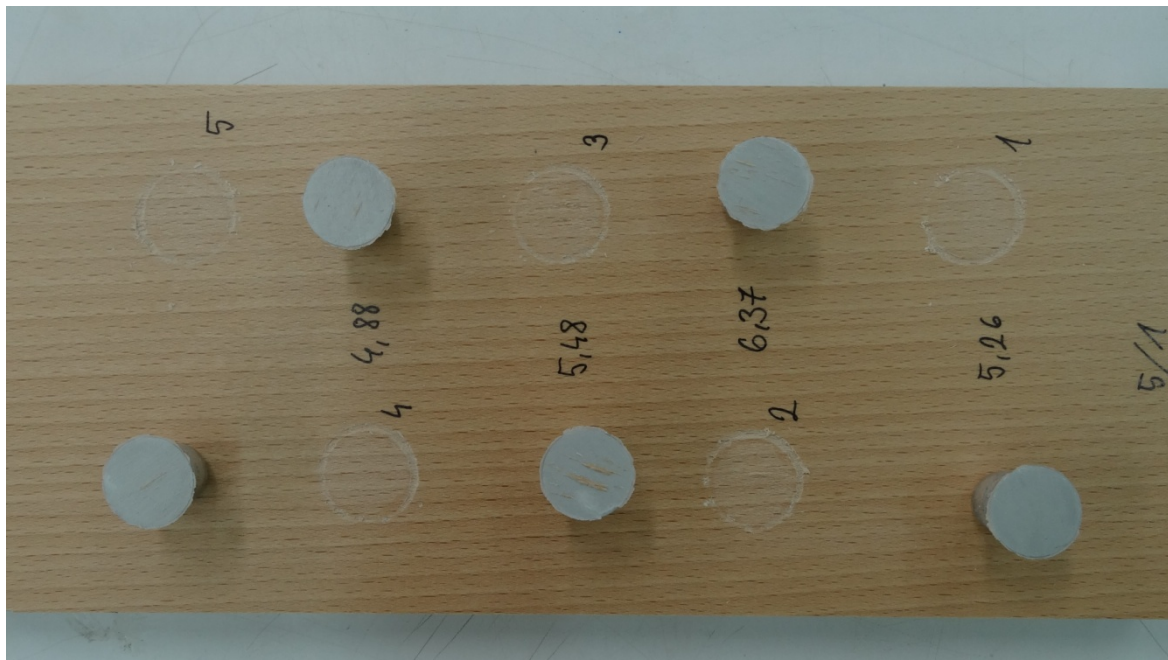
Oprijemnost nam pove, s kolikšnim privlakom sta površina obdelovanca in premazni sistem spojena med seboj. Z metodo odtrgovanja pečatov (slika 20) smo določili oprijemno trdnost. Določili smo tudi vrsto loma, ki je lahko adhezijski ali kohezijski oz. kombinacija obeh. Izmerjene vrednosti odražajo dejanski oprijem filma laka na podlago samo v primeru adhezijskega loma. V preglednici 19 so podane izmerjene vrednosti oprijemne trdnosti, v MPa.

Preglednica 19: Oprijemnost premaznega sredstva po metodi odtrgovanja pečatov

Oprijemnost (MPa)							
Vzorec	1.2	2.2	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2
Pečat 1	5,19	5,38	5,19	4,2	5,92	5,26	5,55
Pečat 2	3,97	5,79	5,18	4,35	5,67	6,37	5,84
Pečat 3	3,13	6,28	5,73	4,58	3,66	5,48	6,43
Pečat 4	4,57	4,92	5,55	4,82	5,88	4,88	6,81
Pečat 5	5,06	6,98	5,03	4,47	6,11	5,32	4,88
Pov. Vr.	4,38	5,87	5,34	4,48	5,45	5,46	5,90

Pri vseh vzorcih je bil prevladujoč lom adhezijski. Pri vsakem vzorcu se je v manjši meri pojavil tudi kohezijski tip loma, vendar kohezijski del ni presegal 20% (ocenjeno glede na površino, na kateri smo opazili tako vrsto loma)

Kot primer je na sliki 20 prikazan vzorec 5 po trganju pečatov. Na sliki se vidi, da je prevladovala adhezijska vrsta loma z izjemo enega pečata, kjer je bil lom delno kohezijski. Glede na vrsto loma, ki je bil pri vseh vzorcih večinoma adhezijski lahko sklepamo, da so izmerjene vrednosti relevantne in odražajo dejansko oprijemnost.



Slika 20: Vzorec 5 po trganju pečatov

Najmanjšo oprijemnost laka smo določili pri sistemu, ki je bil beljen z dvokomponentnim belilom na osnovi peroksida (4,38 MPa). Ne glede na to lahko zaključimo, da kakršen koli postopek beljenja ni bistveno zmanjšal oprijema laka. Po izkušnjah Laboratorija za obdelavo površin Biotehniške fakultete Oddelka za lesarstvo spodnja meja za še sprejemljiv oprijem premaznega sistema znaša 2MPa. Povprečne izmerjene vrednosti od 4,38MPa do 5,90MPa nakazujejo, da je oprijemnost premaznega sistema pri vseh vzorcih dobra.

5 SKLEPI

5.1 BARVNE RAZLIKE PO BELJENJU IN LAKIRANJU

Po beljenju z različnimi sredstvi za beljenje in različnimi tehnikami nanosa smo pri vsakem vzorcu dobili drugačen rezultat (slika 21), ki ima glede na način in namen uporabe izdelka lahko tako svoje prednosti kot slabosti.



Slika 21: Vzorci od 1-5 (od leve proti desni) po beljenju (zgoraj) in lakiranju (spodaj)

Pri prvem vzorcu beljenim z dvokomponentnim belilnim sredstvom na osnovi vodikovega peroksida (prvi z leve strani slike 21) beljenje ni uspelo tako izrazito, kot smo pričakovali. Vzorec se je od vseh beljenih vzorcev še najmanj posvetlil, rdeč odtenek je bil manj poudarjen. Po lakiranju je vzorec porumenel in pridobil na rdečem odtenku.

Drugi vzorec smo pobelili z lužilom za premazovanje. Les je v tem primeru še najbolj posvetlil, rani les močnejše kot kasni, zato je kasni les vidno poudarjen. Rdeč in rumen odtenek sta manj izrazita. Po lakiranju je vzorec rahlo potemnel in porumenel. Razlika med kasnim in ranim lesom je bila še bolj poudarjena.

Tretji vzorec, beljen z belilom za brizganje, je posvetlil nekoliko manj od drugega vzorca, vendar sta rani in kasni les enakomerno posvetlila in barvna razlika med njima se je zmanjšala. Rdeč in rumen odtenek sta manj izrazita. Po lakiranju je vzorec rahlo potemnel in porumenel. Tretji vzorec je od vseh vzorcev najbolj enakomerno pobeljen.

Četrty vzorec, polakiran z lakom, kateremu smo dodali lužilo za premazovanje, je tudi močnejše posvetlil. Po prvem lakiranju je bilo obarvanje neenakomerno, po drugem lakiranju je vzorec še posvetlil, neenakomernost ni bila več opazna.

Peti vzorec ni bil beljen in je služil kot kontrolni vzorec za lakiranje. Po pričakovanjih je po lakiranju potemnel in porumenel.

Po končanem eksperimentu lahko zaključimo, da je beljenje uspelo pri vseh vzorcih. Vsako belilno sredstvo in tehnika nanosa ima svoje prednosti. Kadar želimo na bukovem lesu poudariti strukturo lesa, bomo izbrali lužilo za premazovanje. Ko želimo izenačiti barvo lesa ali prikriti barvno diskoloracijo, bomo izbrali lužilo za brizganje ali les polakirali z lakom z dodanim pigmentom oz. lužilom. V primeru, ko želimo v čim krajšem času posvetliti večje površine lesa, je najbolj primerno lakiranje z lakom z dodanim lužilom. S to tehniko beljenja namreč pobelimo obdelovanec v dveh namesto v treh nanosih.

5.2 BARVNE RAZLIKE PO ENEM MESECU

Po enem mesecu smo površine vseh vzorcev ponovno optično prebrali, jim izmerili barvo s spektrofotometrom in vizualno ocenili. Vizualno smo ocenili, da barvne spremembe niso vidne. To so potrdile tudi meritve, ki so pokazale, da so spremembe minimalne in so verjetno posledica barvne raznolikosti lesa. Lahko sklepamo, da je površinski sistem dobro odporen proti staranju in tako primeren za površinsko obdelavo lesenih izdelkov, ki bodo na daljši rok ohranili svoj prvoten videz.

5.3 OPRIJEMNOST

Preizkus oprijemnosti z metodo odtrgovanja pečatov je pokazal, da je v vseh primerih oprijemnost dobra.

Glede na izmerjene rezultate lahko sklepamo, da belilna sredstva le v manjši meri vplivajo na oprijem laka. Pri vseh vzorcih je bila oprijemna trdnost višja od 4 MPa. Najmanjši še sprejemljiv oprijem ima vrednost 2 MPa, zato lahko zaključimo, da je oprijemnost laka kljub beljenju zadovoljiva. Beljenje na kvaliteto površinske obdelave izdelka v našem primeru nima večjega vpliva.

6 POVZETEK

Les kot naraven material se pojavlja v različnih barvnih odtenkih in teksturah, kar ga naredi unikatnega. Pogosto se zaradi izgleda izdelka pojavi potreba po poenotenju barve oz. posvetlitvi lesa.

Na vzorcih iz bukovega lesa smo preizkusili štiri načine beljenja: beljenje na osnovi kemijske reakcije, uporabili smo dvokomponentno belilno sredstvo na osnovi vodikovega peroksida; luženje s premazovanjem; luženje z brizganjem; in lakiranje z obarvanim lakom. Po končnem nanosu belilnih sredstev smo vse vzorce polakirali v dveh nanosih z dvokomponentnim akrilnim lakom. Po vsakem nanosu belilnih sredstev in laka ter nato še enkrat po enem mesecu smo pripravili digitalne slike površin vzorcev z optičnim branjem in jim izmerili barvo s spektrofotometrom. Ko so bile vse meritve barvnih sprememb opravljene, smo izmerili še oprijemnost z metodo odtrgovanja pečatov.

Ugotovili smo, da vsak način beljenja da drugačen rezultat. Beljenje z dvokomponentnim belilnim sredstvom na bukovem lesu je bilo manj uspešno, površina je rahlo posvetlila, rdeč odtenek ni bil več izrazit. Luženje s premazovanjem je površino še najbolj posvetlilo, poudarjena je bila razlika med ranim in kasnim lesom. Tudi luženje z brizganjem je površino posvetlilo, površina je bila bolj poenotene barve, razlika med ranim in kasnim lesom manj izrazita. Površina lesa je posvetlila tudi po lakiranju z obarvanim lakom. Merjenje barve po enem mesecu in vizualna ocena je pokazala, da je lak odporen proti spremembam barve zaradi staranja, saj ni bilo opaznih nobenih sprememb. Rezultati merjenja oprijemne trdnosti so potrdili, da je bila oprijemnost pri vseh preizkušanih sredstvih dobra. Najnižja še sprejemljiva meja oprijemne trdnosti je 2MPa, najnižja izmerjena vrednost pri beljenih vzorcih pa je znašala 4,3MPa.

Po končanem eksperimentu lahko sklenemo, da je beljenje uspelo pri vseh uporabljenih sredstvih. Ugotovili smo, da ima vsako sredstvo in tehnika nanosa svoje prednosti. Kadar želimo na bukovem lesu poudariti strukturo lesa, bomo izbrali lužilo za premazovanje. Ko želimo izenačiti barvo lesa ali prikriti barvno diskoloracijo lesa bomo izbrali lužilo za brizganje ali les polakirali z lakom z dodanim pigmentom oz. lužilom. V primeru, ko želimo v čim krajšem času posvetliti večje površine lesa je najbolj primerno lakiranje z lakom z dodanim lužilom. S to tehniko beljenja namreč pobelimo obdelovanec v dveh namesto v treh nanosih.

7 VIRI

Brenčič J., Lazarini F. 1995. Splošna in anorganska kemija za gimnazije, strokovne in tehniške šole. Ljubljana, DZS: 220 str.

Citronska kislina. 2015. Wikipedia
https://sl.wikipedia.org/wiki/Citronska_kislina (10.okt.2015)

Coleparmer. 2015.
http://www.coleparmer.com/Product/Hydrochloric_acid_5_to_6_N_solution_in_2_propanol_1l/EW-88136-94 (12.okt.2015)

Forest Products Laboratory. 1967. Bleaching wood.
<http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplrn/fplrn165.pdf> (10.nov.2015)

Golob V., Golob D. 2001. Teorija barvne metrike. V: Interdisciplinarnost barve. Del 1. V znanosti. Maribor, Društvo koloristov Slovenije: 199-230

IVE- Italian Styled Coatings for Habitat. 2016.
<http://ive.lechler.eu/it/> (12.jan.2016)

Jaić M. 2000. Površinska obrada drveta. Beograd, Zavod za grafičku tehniko Tehnološko-metalurškog fakulteta: 400 str

Jewitt J. 1998. Using Wood Bleach.
<http://www.woodcentral.com/bparticles/woodbleach.shtml> (14.okt.2015)

Jisc Digital Media. (2016)
<http://www.jiscdigitalmedia.ac.uk/infokit/colour-management/modelling-colour>
(20.jan.2016)

Klorovodikova kislina. 2015. Wikipedia
https://sl.wikipedia.org/wiki/Klorovodikova_kislina (10.okt.2015)

Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. Brezovica, Finitura d.o.o.: 183 str.

Lobachemie. 2015.
<http://www.lobachemie.com/HPLC-Buffer-salts-02859/CITRIC-ACID-MONOHYDRATE-CASNO-5949-29-1.aspx> (12.okt.2015)

Oksalna kislina. 2015. Wikipedia
https://sl.wikipedia.org/wiki/Oksalna_kislina (10.okt.2015)

Pavlič M., Kričej B., Petrič M. 2008. Spektrofotometer. Les, 60, 1: 22-23

Polanc J. 1999. Materiali v lesarstvu. Škofja loka, Srednja lesarska šola: 94 str.

SIST EN ISO 4624. Barve in laki – merjenje oprijema z metodo odtrganja filma. 2004

Teknos Group. 2016.

<http://www.teknos.si/> (9.feb.2016)

UKessays. 2015. Looking at the history of bleaching.

<https://www.ukessays.com/essays/sciences/looking-at-the-history-of-bleaching-science-essay.php> (20.sep.2015)

Vodikov Peroksid. 2015. Wikipedia

https://sl.wikipedia.org/wiki/Vodikov_peroksid (10.okt.2015)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Marku Petriču za potrpljenje in pomoč, asist. dr. Matjažu Pavliču in g. Juretu Žigonu za pomoč pri eksperimentalnem delu naloge, recenzentu prof. dr. Primožu Ovnu in podjetju Teknos, ki je prispevalo uporabljena sredstva.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Stanislav MAJNIK

**PRIMERJAVA UČINKOV BELJENJA BUKOVINE Z
RAZLIČNIMI PRIPRAVKI**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2016