

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Janez ERČULJ

**VPLIV BRUŠENJA PODLAGE NA LASTNOSTI
RAZLIČNIH POVRŠINSKIH SISTEMOV**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Janez ERČULJ

**VPLIV BRUŠENJA PODLAGE NA LASTNOSTI RAZLIČNIH
POVRŠINSKIH SISTEMOV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**INFLUENCE OF SUBSTRATE SANDING ON PROPERTIES OF
VARIOUS SURFACE SYSTEMS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2007

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v laboratoriju za površinsko obdelavo in v laboratoriju za mehansko obdelavo na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete je za mentorja visokošolske diplomske naloge imenoval prof. dr. Marka Petriča, za recenzenta pa doc.dr. Bojana Bučarja.

Mentor: prof. dr. Marko Petrič

Recenzent: doc. dr. Bojan Bučar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Janez Erčulj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.19
KG	površinska obdelava/brušenje/hrapavost površine/lak/poliuretanski/akrilni/sijaj/ oprijemnost/debelina filma
AV	ERČULJ, Janez
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/BUČAR, Bojan (recenzent)
KZ	SI-1000, Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2007
IN	VPLIV BRUŠENJA PODLAGE NA LASTNOSTI RAZLIČNIH POVRŠINSKIH SISTEMOV
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 34 str., 18 pregl., 12 sl., 2 pril.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Proučevali smo vpliv brušenja na lastnosti različnih površinskih sistemov. Raziskovali smo lastnosti akrilnega in poliuretanskega laka na javorjevi in bukovi podlagi. Merili smo hrapavost površine po skobljanju in 2 načinih brušenja, debelino utrjenega lak filma, sijaj laka in oprijemnost laka na podlago. Ugotovili smo, da z večanjem hrapavosti površine narašča oprijemnost laka na podlago; sijaj laka in debelina lak filma pa naraščata z manjšanjem hrapavosti površine.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
DC UDC 630*829.19
CX surface finishing/sanding/surface roughness/coating/polyurethane/acrylic/gloss/
adhesion/film thickness
AU ERČULJ, Janez
AA PETRIČ, Marko (supervisor)/BUČAR, Bojan (co-supervisor)
PP SI-1000, Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science
and Technology
PY 2007
TI INFLUENCE OF SUBSTRATE SANDING ON PROPERTIES OF VARIOUS
SURFACE SYSTEMS
DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
NO IX, 34 p., 18 tab., 12 fig., 2 ann.
LA sl
AL sl/en
AB Thesis discusses the influence of substrate sanding on properties of various surface
systems. Some characteristics of acrylic and polyurethane coatings on maple and
beech wood are determined. The roughness of wooden surfaces after planing and
2 different ways of sanding was measured, so as thickness of the dried coatings,
gloss of coatings and their adhesion. It was found out that the adhesion of coatings
enlarged by increasing of surface roughness. By reducing the roughness of wooden
surfaces gloss of coatings and film thickness were increased.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA	2
2.2 BRUŠENJE IN BRUSILNA SREDSTVA	2
2.2.1 Splošno o brušenju	2
2.2.2 Cilji brušenja	3
2.2.3 Sredstva za brušenje	3
2.3 HRAPAVOST POVRŠINE	3
2.4 LAKI	5
2.4.1 Sestavine lakov in njihove lastnosti	6
2.4.1.1 Vezivo	6
2.4.1.2 Topila in redčila	6
2.4.1.3 Pigmenti in polnila	7
2.4.2 Poliuretanski laki (PU)	7
2.4.2.1 Vrste poliuretanskih lakov	7
2.4.3 Akrilni laki (A)	8
2.5 OPRIJEMNOST (ADHEZIJA)	9
2.6 SIJAJ	9
4 MATERIALI IN METODE	11
4.1 PRIPRAVA TESTNIH VZORCEV	11
4.2 DOLOČANJE DEBELINE UTRJENEGA FILMA	12
4.2.1 Mikroskopska metoda	12
4.3 OPRIJEMNOST (ADHEZIJA)	12
4.3.1 Metoda s križnim rezom	12
4.3.2 Metoda z odtrgovanjem pečatov	13
4.4 SIJAJ	13
4.4.1 Metoda po Langeju	13
4.5 HRAPAVOST POVRŠINE	14
5 REZULTATI	15
5.1 DEBELINA UTRJENEGA FILMA	15

5.2 OPRIJEMNOST	15
5.2.1 Metoda s križnim rezom.....	15
5.2.2 Metoda z odtrgovanjem pečatov.....	16
5.3 SIJAJ	18
5.4 HRAPAVOST	23
8 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	28
8.1 RAZPRAVA	28
8.2 SKLEPI	30
9 POVZETEK.....	31
10 VIRI	33
10.1 CITIRANI VIRI	33
10.2 DRUGI VIRI	34
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Rezultati merjenja debeline filma.....	15
Preglednica 2: Ocena oprijemnosti.....	15
Preglednica 3: Oprijemnost (MPa) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi (adhezijski lom (A)).....	17
Preglednica 4: Oprijemnost akrilnega laka (MPa) na javorjevi podlagi (adhezijski lom površinskega sistema (A S)).....	17
Preglednica 5: Oprijemnost (MPa) poliuretanskega laka na bukovi podlagi (adhezijski lom (A)).....	18
Preglednica 6: Oprijemnost (MPa) akrilnega laka na bukovi podlagi (adhezijski lom površinskega sistema (A S)).....	18
Preglednica 7: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.....	19
Preglednica 8: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.....	19
Preglednica 9: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.....	20
Preglednica 10: Stopnja sijaja akrilnega laka (%) na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.....	20
Preglednica 11: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.....	21
Preglednica 12: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.....	21
Preglednica 13: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.....	22
Preglednica 14: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.....	22
Preglednica 15: Hrapavost, izmerjena na bukovih vzorcih velikosti 20 cm x 20 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.....	24
Preglednica 16: Hrapavost, izmerjena na javorjevih vzorcih velikosti 20 cm x 20 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.....	24
Preglednica 17: Hrapavost, izmerjena na bukovih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.....	24
Preglednica 18: Hrapavost, izmerjena na javorjevih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.....	25

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Shematski prikaz parametra R_a	4
Slika 2: Shematski prikaz parametra R_z	5
Slika 3: Shematski prikaz parametra R_{max}	5
Slika 4: Priprava vzorcev.....	11
Slika 5: Merjenje hrapavosti s tipalnim merilnikom Mitutoyo »surftest 221«.....	14
Slika 6: Sijaj akrilnega laka.....	23
Slika 7: Sijaj poliuretanskega laka.....	23
Slika 8: Hrapavost bukovih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm, glede na način obdelave lesa.....	25
Slika 9: Primerjava med oprijemnostjo in hrapavostjo (merjeno pravokotno na lesna vlakna) na javorjevih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm.....	25
Slika 10: Primerjava med oprijemnostjo in hrapavostjo (merjeno pravokotno na lesna vlakna) na bukovih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm.....	26
Slika 11: Hrapavost javorjevih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm, glede na način obdelave lesa.....	26
Slika 12: Primerjava hrapavosti javorjevih in bukovih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm pri merjenju pravokotno na lesna vlakna.....	27

KAZALO PRILOG

Priloga A: Rezultati meritev hrapavosti na zunanjem robu vzorcev velikosti 20 cm x 20 cm.

Priloga B: Rezultati meritev hrapavosti na zunanjem robu vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm.

1 UVOD

Površinska obdelava ima v lesni industriji velik pomen, saj obsega faze tehnološkega procesa, v katerem površino oplemenitimo z brušenjem in glajenjem, nanašanjem najrazličnejših premaznih sredstev, z utrjevanjem le-teh ter včasih z obdelavo končno lakirane površine. S tem površino zaščitimo in ji dodamo estetsko vrednost. To pa vpliva tudi na višjo ceno končnega izdelka.

Ena pomembnejših faz površinske obdelave je brušenje, saj napake, ki jih naredimo pri brušenju, težka odstranimo s še tako dobrimi premaznimi sredstvi. Brušenje vpliva tako na izgled kot tudi kakovost površinskega sistema. Na kakovost površinskega sistema pa vplivata tudi izbira premaznega sredstva ter izbira načina nanosa.

Naša naloga je bila raziskati vpliv brušenja na hrapavost podlage ter na debelino, oprijemnost in sijaj akrilnega in poliuretanskega laka na masivni bukovi in javorjevi podlagi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA

Pojem »površinska obdelava« obsega vse faze tehnološkega procesa, v katerem po določenem sistemu površino izdelka oplemenitimo z brušenjem in glajenjem, nanašanjem najrazličnejših tekočih ali pastoznih, barvnih ali brezbarvnih premaznih sredstev, s sušenjem oziroma utrjevanjem in morebiti tudi s končnim poliranjem ali drugačno obdelavo končno lakirane površine. S tem dosežemo, da dobi površina izdelka želene in potrebne dekorativne lastnosti kot so barva, videz, otip in do neke mere zaščitne lastnosti proti mehanskim poškodbam in fizikalno kemijskim vplivom okolja, ki se pojavijo med uporabo pohištva. (Kotnik, 2003)

2.2 BRUŠENJE IN BRUSILNA SREDSTVA

2.2.1 Splošno o brušenju

Brušenje in glajenje predstavljata eno najpomembnejših priprav podlage na nanos površinskega premaznega sredstva. Brušenje je v bistvu odrezovanje zelo majhnih delcev materiala oziroma lesa. Brusilno sredstvo vsebuje veliko delcev abraziva, ki so nepravilnih oblik, njihovi robovi pa so zelo ostri.

Brušenje je delovna operacija, ki poteka večstopenjsko. Pri začetnem brušenju s papirji granulacije od 40 do 100 gre še za končno operacijo oblikovanja obdelovanca, saj z močnejšim odrezovanjem po vsej površini izenačujemo značilne dimenzije, zmanjšujemo valovitost površine in odstranjujemo nečistoče. Z nadaljnjim finejšim brušenjem, ki ga opravimo v več stopnjah z vedno finejšo zrnatostjo brusilnega sredstva (vmesno brušenje z granulacijami 80 do 150, končno pa s 120 do 220), dosežemo še fino izravnavanje in odstranjevanje prostih, prerezanih ter dvignjenih lesnih vlaken, ki bi se pri luženju intenzivneje obarvala, povečala pa bi tudi hrapavost temeljnega lak filma. Razlika v zrnatosti med zaporednima stopnjama ne sme biti prevelika, saj je globlje reze, ki nastanejo na ta način, s finim brušenjem nemogoče ali le težko odstraniti.

Učinek brušenja je odvisen od naslednjih dejavnikov:

- smer brušenja glede na smer lesnih vlaken (učinek je pri enakih pogojih večji v prečni smeri kot vzdolž lesnih vlaken),
- hitrost gibanja brusilnega telesa,
- pritisk brusilnega telesa na površino,
- velikost in razpored brusnega zrnja

- drevesna vrsta,
- itd.

2.2.2 Cilji brušenja

Cilji brušenja so:

- egaliziranje, to je izravnavanje neravnin, nastalih pri predhodnih obdelavah,
- kalibriranje, to je debelinsko izenačevanje, zlasti ploskovnih obdelovancev,
- oblikovanje, to je dokončno oblikovanje različnih vrst izdelkov, še posebej profiliranih,
- čiščenje in glajenje, to je doseganje želene gladkosti obdelovancev.

2.2.3 Sredstva za brušenje

Po obliki poznamo toga brusilna sredstva, deformabilna brusilna sredstva ter prosta brusilna sredstva. Med toga brusilna sredstva spadajo različni brusni kamni, ki jih v glavnem največkrat uporabljamo za brušenje orodja. Deformabilna brusilna sredstva so dobila ime po podlagi, ki je nosilka brusnih zrn. Podlaga mora biti prožna, da se lahko prilagaja obliki izdelka. Podlaga je lahko papirnata, platnena ali iz vulkaniziranih vlaken. Deformabilna brusilna sredstva so za obdelavo lesa največkrat uporabljena. Prosta brusilna sredstva pa so v bistvu polirne paste, kjer so zrna najmanjše granulacije vgneten v bolj ali maj viskozno zmes.

Kot abraziv za obdelavo lesa se najpogosteje uporabljajo granit, korund, kremen in steklo. Material, ki se uporablja za abraziv, mora biti trd in krhek, da se med brušenjem ves čas lomi. Na ta način se ustvarjajo novi ostri robovi. Zelo trdi in krhki materiali ne otopijo, se pa hitro izrabijo. Da bi preprečili hitro obrabo, mora biti ta material dovolj žilav. Žilavi materiali pa hitro otopijo, zato je potreben kompromis med krhkostjo in žilavostjo.

2.3 HRAPAVOST POVRŠINE

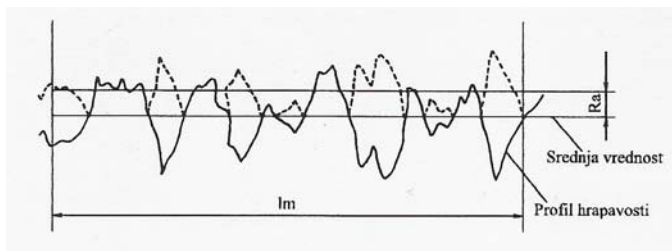
Hrapavost površine lesa ni odvisna samo od postopkov in načina obdelave, temveč tudi od anatomske zgradbe lesa. Najznačilnejše in najpogostejše strukturne neravnine so tako imenovane pore. Pri zelo poroznih drevesnih vrstah so lahko strukturne neravnine (pore) večje od neravnin, povzročenih z obdelavo lesa. Če bi hoteli izmeriti hrapavost površine, ki nastane kot posledica postopkov obdelave, bi morali iz rezultatov meritev izločiti strukturne neravnine. Če pa so dimenzije por v mejah ali manjše od neravnin, povzročenih z obdelavo, jih tako rekoč ni možno odkriti in jih tudi ni treba izločati iz rezultatov meritev.

Hrapavost se meri pravokotno na smer obdelave, pri lesu se torej skoraj izključno meri pravokotno na lesna vlakna. (Alić, 1998)

Za prikaz hrapavosti lahko uporabljamo tri znane parametre in sicer R_a , R_z , in R_{max} .

R_a (slika 1) predstavlja aritmetično sredino absolutnih vrednosti odstopanja profila od srednje vrednosti znotraj poti merjenja l_m in je podana z enačbo:

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |f(x)| dx \quad \dots(1)$$



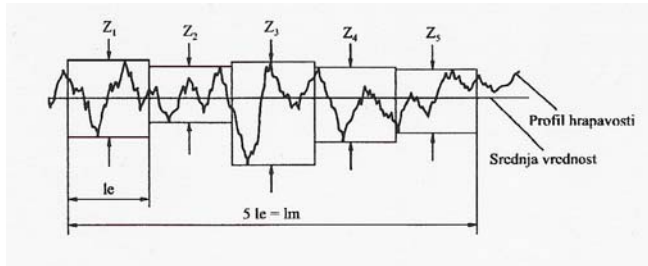
Slika 1: Shematski prikaz parametra R_a . (Medved in Pirkmaier, 2000)

Tako definiran parameter ne daje prave slike o karakteristiki profila. Ta parameter ne označuje globine hrapavosti ampak samo aritmetično sredino odstopanj profila od srednje vrednosti, pri tem pa ne dobimo nobene informacije o obliki in nepravilnosti profila. Parameter R_a zaradi tega ni najbolj sprejemljiv za prikazovanje hrapavosti površine. Pri popolnoma različnih R_{max} lahko dobimo enake vrednosti R_a .

R_z (slika 2) je aritmetična sredina maksimalnih razdalj med vrhovi in dolinami na petih odsekih. Izračun parametra R_z je prikazan v naslednji enačbi:

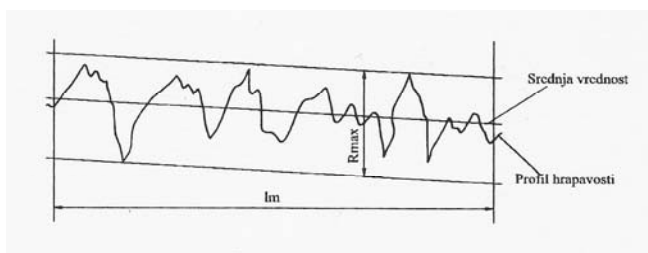
$$R_z = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)}{5} \quad \dots(2)$$

Na celotni dolžini l_m se za posamezno »cut off« dolžino določi maksimalna amplituda. Iz petih izmerjenih amplitud se nato izračuna povprečna vrednost. Parameter R_z predstavlja tudi srednjo višino neravnine. (Medved in Pirkmaier, 2000)



Slika 2: Shematski prikaz parametra R_z . (Medved in Pirkmaier, 2000)

R_{max} (slika 3) predstavlja razliko med najvišjim vrhom in najnižjo dolino na merjeni površini (na izmerjeni poti), kar je prikazano na sliki 3.



Slika 3: Shematski prikaz parametra R_{max} . (Medved in Pirkmaier, 2000)

2.4 LAKI

Laki, ki jih danes uporabljajo za površinsko obdelavo pohištva iz lesnih tvoriv, so tekoča filmogena premazna sredstva, ki jih po svojem dekorativnem učinku – barvi, ki jo izkazuje suh lak film na obdelani površini, lahko razdelimo v osnovne skupine kot so:

- brezbarvni laki
- transparentni ali lazurni laki
- barvni laki

Po vrsti veziva, ki prevladujejo vpliva na potek sušenja ali kemijske reakcije utrjevanja pri nastajanju polimera v suhem filmu, uvrščamo lake v osnovne skupine, ki so:

- nitrocelulozni
- polikondenzacijski s kislim utrjevalcem
- poliuretanski
- poliestrski
- akrilni
- drugi laki

Po načinu sušenja in/ali utrjevanja v grobem delimo lake na :

- Fizikalno se sušeče lake, ki tvorijo film le z izparevanjem topil, brez kemijske reakcije.
- Kemijsko utrjujoče lake, katerih utrjen film je posledica različnih kemijskih reakcij, s katerimi se povečajo in v prostorsko mrežo povezujejo molekule veziva.
- Fizikalno – kemijsko sušeče se lake. (Kotnik, 2003)

2.4.1 Sestavine lakov in njihove lastnosti

Osnovne sestavine so: vezivo, topila in redčila, pigmenti in polnila ter številna pomožna sredstva (za brusnost, za motnenje, za boljše dispergiranje, za povečanje površinske trdote, katalizatorji in pospeševalci utrjevalne reakcije itd).

2.4.1.1 Vezivo

Lastnosti lakov so v največji meri odvisni od veziva, zato lake tudi največkrat razvrščamo v skupine po prevladujoči vrsti polimera, ki ga vsebuje lak. Vse filmogene snovi, ki se uporabljajo kot vezivo v lakih, so bolj ali manj polimerne. Lastnosti polimera so odvisne od strukture in velikosti makromolekule.

2.4.1.2 Topila in redčila

Topila so hlapne organske tekoče spojine in njihove zmesi, v katerih se polimerna veziva fizikalno raztapljajo. Čim močnejše je topilo, tem nižjo viskoznost ima raztopina polimera enake koncentracije.

Redčila so hlapne organske tekoče spojine ene vrste ali mešanice, ki same polimera ne topijo, so pa primerne za razredčenje raztopin, pri čemer se pogosto pokažejo tudi ugodni učinki pri sušenju, ker često hitreje izparijo od pravih topil. Pri visoki stopnji razredčenja pa lahko postane vezivo netopno in se izloči iz raztopine. To je treba upoštevati pri redčenju in čiščenju nanašalne opreme.

Različne vrste lakov vsebujejo različne mešanice topil in redčil. V pohištvnih lakih so najpogostejše: acetatni estri, ketoni, alkoholi, aromatski ogljikovodiki in alifatski ogljikovodiki.

2.4.1.3 Pigmenti in polnila

Pigmenti so trdne, praškaste, sintetične ali naravne barvne spojine, ki so netopne v sestavinah lakov, ki jim dajejo barvo in kritnost. Ločimo organske in anorganske pigmente.

Anorganski pigmenti so lahko mineralnega izvora (kreda, dolomit), vendar pa so danes pomembnejši sintetični (titanov dioksid, litopon, železovi oksidi, cinkovo belilo). Med te spadajo tudi kovinski pigmenti za filme s kovinskim in bisernim videzom.

Organski pigmenti so trdne barvne organske spojine, ki so vedno pomembnejši za doseganje čistih, živih barvnih tonov. Saje so najpomembnejši črn pigment organskega izvora.

Polnila so pigmentom podobne snovi, vendar je njihova glavna značilnost, da imajo same le majhno ali nikakršno sposobnost prekrivanja, izboljšajo pa učinek prekrivnosti pigmentov in druge lastnosti lakov (preprečujejo usedanje ali izplavanje pigmentov, omogočajo hitrejšo sušenje itd.).

2.4.2 Poliuretanski laki (PU)

PU laki so vse bolj pomembna skupina dvo- in enokomponentnih reakcijskih lakov s srednjevisoko vsebnostjo suhe snovi (30 % – 60 %).

Vezivo je pri dvokomponentnih PU lakih sestavljeno iz dveh reakcijskih komponent. Prva komponenta so nizkoviskozne raztopine pustih alkidnih ali akrilnih smol z zadostnim številom prostih hidroksilnih skupin. Druga komponenta so raztopine različnih nizko- in srednjemolekularnih izocianatov z določenim številom prostih reakcijskih izocianatnih skupin. Komponenti veziva po mešanju v ustreznem razmerju s kemijsko reakcijo adicije tvorita reakcijski produkt poliuretan, to je prostorsko zamrežen polimer odličnih lastnosti za lakfilme.

2.4.2.1 Vrste poliuretanskih lakov

- **PU izolacije** so nizkoviskozni brezbarvni laki, z manjšo vsebnostjo snovi, ki tvorijo film in jih nanašamo na nekatere vrste lesa pred nadaljnjo obdelavo s poliestrskimi laki. S tem se zmanjša škodljiv vpliv nekaterih sestavin lesa na potek utrjevanja poliestrskih lakov oz. izboljša njihov oprijem na površino.
- **PU brezbarvni laki** na lesni površini tvorijo polne filme z zelo dobro oprijemnostjo, trajno elastičnostjo, žilavostjo in površinsko trdoto. Motni laki imajo

zelo lep, enakomeren lesk in gladek, mehak otip. Temeljni laki se dobro brusijo. Po trdoti zaostajajo za poliestrskimi laki.

- **PU barvni laki** imajo podobne osnovne lastnosti kot brezbarvni laki. Svetlobna obstojnost barve je pri uporabi cenejših in v utrjevanju hitrejših aromatskih izocianatov slabša, zato tak sistem ni primeren za popolnoma belo, modro in druge občutljive barvne tone.
- **PU akrilni laki** se od drugih PU lakov razlikujejo po tem, da vsebujejo namesto alkidne smole akrilno smolo z ustrežno količino -OH skupin, medtem ko se za utrjevanje uporabljajo isti izocianatni utrjevalci. Odlikujejo se po dobrih lastnostih, v katerih prekašajo običajne PU in večino drugih lakov.

2.4.2.2 Področja uporabe PU lakov:

Z dvokomponentnimi PU laki površinsko obdelujemo najkvalitetnejše pohištvo iz furniranih plošč, masivnega lesa in MDF plošč (sobno in kuhinjsko pohištvo, stole, mizne plošče, mizna podnožja itd.).

Enokomponentni PU laki se zaradi enostavne priprave uporabljajo za lakiranje parketa, vrat iz masivnega lesa in v mizarški izdelavi pohištva.

2.4.3 Akrilni laki (A)

V akrilnih lakih je bistvena sestavina poliakrilatna smola, ki je lahko zelo različno sestavljena. Čiste poliakrilatne smole so polimeri akrilnih in/ali metakrilnih spojin, običajno estrov. Pogosto pa poliakrilatne smole vsebujejo še druge monomere, npr. stiren in viniltoluen.

Čisti akrilni filmi so izjemno kemijsko in svetlobno obstojni, saj tako kot pleksi steklo ne absorbirajo UV svetlobe in praktično ne porumenijo. V vodi in alkoholnih medijih ne hidrolizirajo.

Nizkomolekularne akrilne smole se uporabljajo v obliki raztopin v organskih topilih. So termoplastične in sposobne samozamreženja pri povišani temperaturi ali z dodatkom kisline. V dvokomponentnih lakih pa se kot reakcijske komponente v utrjevalcih uporabljajo melaminske smole ali izocianati.

Z dodajanjem ustreznega monomera in fotoiniciatorja se izdelujejo zelo reaktivni barvni ali brezbarvni laki za UV utrjevanje, ki vsebujejo zelo malo izparljivih organskih topil (3 % – 10 %).

2.5 OPRIJEMNOST (ADHEZIJA)

Fizikalno-kemijski pojav medsebojnega oprijema različnih snovi imenujemo adhezija. Nastaja zaradi medmolekularnega privlačevanja ob medsebojnem dotiku različnih teles. Adhezijo razlagamo z različnimi mehanizmi: mehansko sidranje, elektronski privlak, interdifuzija ter različne kemijske vezi. Pri premazih na lesu je prav gotovo najpomembnejše mehansko sidranje. Mehansko sidranje nastane tako, da premaz, ko je še v tekočem stanju, zalije različne neravnine ter porozne anatomske elemente lesa, se tam utrdi in tako usidra na površino lesa.

Na oprijemnost vpliva več dejavnikov, kot so:

- vrsta premaznega sredstva,
- vrsta podlage (glede vpliva podlage na oprijemnost velja splošno pravilo, da se vsako premazno sredstvo boljše oprime na hrapavih kot na gladkih površinah.),
- debelina filma (z naraščajočo debelino filma se oprijemnost zmanjšuje),
- vlažnost lesa,
- čistost lesne površine, itd.

Dobra oprijemnost premaza na podlago je najpomembnejša lastnost kvalitetnega premaza. Če je oprijemnost premaza preslaba, se pojavljajo različne napake kot so npr. mehurjenje, lupljenje, luščenje itd.

2.6 SIJAJ

Sijaj je za naše vidne občutke obnova zrcalnih slik zaradi odboja svetlobe z gladkih površin. Čim razločnejše in jasnejše so te slike, tem večji je sijaj na teh površinah. S svojimi očmi občutimo kot sijaj samo tisti del odbite svetlobe, ki ga odsevajo sijajne površine normalno (vpadni kot je enak odbojnemu kotu svetlobe). Toda če površine niso ravne, nastopa poleg tega še razpršeni sloj svetlobe, ki ima brez dvoma tudi svoj vpliv. Končno ne smemo zanemarjati vpliva na odboj svetlobe ki ga imajo drobni delci pigmentov in ga naši vidni organi ne občutijo kot sijaj.

Ko na lakirano površino pade svetloba, se del te svetlobe odbije od površine, drugi del pa se lomi in prehaja skozi lak film do površine lesa (lak film vpije del te svetlobe). Ko svetloba prispe do lesa, se del svetlobe vpije, del pa se od lesa odbije in ponovno lomi skozi lak film, del odbite svetlobe lak ponovno vpije. Absorpcija svetlobe je posledica tega, da lak ni idealno prozoren. Tako je sijaj transparentnih lak filmov na leseni površini odvisen od odbite svetlobe s površine lak filma in od odbite svetlobe s podlage (les). Stanje

lesene površine ima določen vpliv na sijaj, vendar ne v tolikšni meri, kot sama površina lak filma. Pri neprosojnih premazih, kjer površina lesa ni vidna, le-ta tudi ne vpliva na sijaj premazov. (Alić, 1998)

Za merjenje sijaja pretežno uporabljamo instrumente, sposobne zajemati odbito svetlobo, ki jo kako svetilo meče na merjene površine. Pri teh aparatih se pojavi vprašanje občutljivosti sprejema, ki v raznih območjih barvnega spektra navadno niha. Zaradi tega se utegne zgoditi, da pri opazovanju s prostim očesom pri nekaterih površinah, prevlečenih z laki različnih barvnih tonov, ugotovimo enakovreden sijaj. Če pa jim izmerimo sijaj s kakim fizikalnim instrumentom, bo ta pokazal na istih površinah različne vrednosti. Iz tega sledi, da predmeti z različno osnovno barvo, lakirani z nekim prozornim lakom istega tipa in polirani po istem postopku, utegnejo pokazati v rezultatih merjenja različne vrednosti sijaja. (Mihevc, 1987)

Pri različnih drevesnih vrstah je sijaj lesa različen. Naše drevesne vrste imajo zelo slab sijaj lesa. Zelo dober sijaj imajo nekatere tropske drevesne vrste. Na sijaj pa poleg drevesne vrste vplivajo še vrsta premaza, kemična zgradba, način obdelave, uporabljeno premazno sredstvo, debelina in število nanosov premaznega sredstva, starost in mesto uporabe.

Dejavniki, ki vplivajo na sijaj lesa so:

- trakovi: od anatomskih elementov imajo na sijaj lesa največji vpliv trakovi. Čim večji so in čim več jih je, tem večji je sijaj lesa.
- prerez: ker je v radialnem prerezu površina trakov največja, je tudi sijaj lesa na radialnih ploskvah največji.
- kemična zgradba: kristali smole in še nekatere druge ekstraktivne sestavine povečujejo sijaj lesa.
- način obdelave: čim bolj je les gladko obdelan, tem večji sijaj ima. (Pipa, 1990)

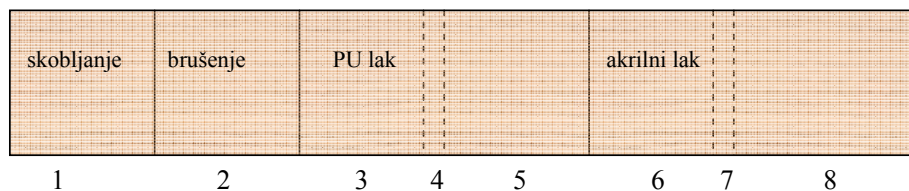
4 MATERIALI IN METODE

4.1 PRIPRAVA TESTNIH VZORCEV

Za pripravo vzorcev smo porabili dve bukovi in dve javorjevi deski. Iz vsake deske smo dobili 8 vzorcev, kot prikazuje slika 4: najprej smo deske poskobljali, po skobljanju pa smo odžagali vzorec 1 (slika 4), za merjenje hrapavosti površine po skobljanju. Nato smo deske brusili, in sicer na dva načina:

- Enkratni prehod skozi kontaktni brusilni stroj (istosmerno vrtenje valjev) z brusnim papirjem granulacije 150 in 180.
- Dvakratni prehod skozi kontaktni brusilni stroj, in sicer smo pri prvem prehodu uporabili brusni papir granulacije 150 in 180, pri drugem prehodu pa smo vzorce zasukali za 180° in ga zbrusili z brusnim papirjem granulacije 220.

Po brušenju smo odžagali vzorec 2 (slika 4), za merjenje hrapavosti površine po brušenju. Preostali del deske smo prepolovili. Na eno polovico smo nanесли poliuretanski lak, na drugo pa akrilnega. Nanos laka smo izvajali z brizgalno tehniko (zračno brizganje). Tako smo pripravili 8 različnih površinskih sistemov, ki so se med sabo razlikovali v podlagi, načinu brušenja in uporabljenem premazu. Po nanosu laka smo odžagali še vzorce 3 in 6 za merjenje hrapavosti površine po lakiranju ter 4 in 7 (slika 4) za merjenje debeline lak filma. Vzorca 5 in 8 (slika 4) pa smo uporabili za merjenje sijaja ter oprijemnosti laka na podlago.



Slika 4: Priprava vzorcev

Legenda:

- 1 – merjenje hrapavosti po skobljanju
- 2 – merjenje hrapavosti po brušenju
- 3 in 6 – merjenje hrapavosti po lakiranju
- 4 in 7 – merjenje debeline lak filma
- 5 in 8 – merjenje sijaja in oprijemnosti laka na podlago

4.2 DOLOČANJE DEBELINE UTRJENEGA FILMA

Lastnosti filmov lakov so v veliki meri odvisne od njihove debeline. Tako moramo pri navajanju rezultatov preskušanj različnih lastnosti obenem poznati tudi debelino utrjenega filma laka, saj je le-ta poleg navedbe vrste materialov (lakov in podlage) pomemben podatek, ki dodatno definira površinski sistem. Posebej pomembno pa je tudi to, da je debelina filma enakomerna po celotni ploskvi, saj bomo le takrat dosegli enakomerne lastnosti po celotni površini izdelka.

Debelino utrjenega filma smo na naših vzorcih izmerili z mikroskopsko metodo po SIST EN ISO 2808.

4.2.1 Mikroskopska metoda

Standard: SIST EN ISO 2808. Paint and varnishes – Determination of film thickness (ISO 2808: 1997). 1999: 46s.

Debelino suhega filma premaza določamo pod mikroskopom, zato je bilo potrebno iz vzorčnega kosa izžagati primerno velik košček. Prečno na potek lesnih vlaken smo tako izžagali približno 1 cm dolg in 15 cm širok košček. Na tem koščku smo nato določili debelino suhega filma premaza.

4.3 OPRIJEMNOST (ADHEZIJA)

Oprijemnost smo merili po dveh različnih metodah, in sicer:

- metoda s križnim rezom (SIST EN ISO 2409)
- metoda z odtrgovanjem pečatov (SIST EN 24624)

4.3.1 Metoda s križnim rezom

Standard: SIST EN ISO 2409. Paints and varnishes – Cross cut test (ISO 2409:1992). 1997: 15s

Po standardu lahko uporabimo 2 različna večrezilna noža s šestimi rezili. Za filme debeline do 60 μm naj bi se uporabljal nož z razmikom med rezili 1 mm, za filme debeline od 60 μm do 120 μm pa nož z razmikom med rezili 2 mm. Poleg omejitve uporabe različnih nožev glede na debelino suhega filma standard predpisuje še, da naj bi se pri trdih podlagah uporabljal nož z 1 mm razmikom, na mehkejših, kamor šteje tudi les, pa vedno le

nož z 2 mm razmikom. Mi smo uporabili oba noža, saj je uporaba le enega za primerjalno vrednotenje med različnimi sistemi nezadovoljiva.

Po površini smo zarezali pod kotom 45° glede na potek lesnih vlaken in nato še pravokotno na prejšnji rez. S krtačo smo odstranili zdrobljene in odlučene delce filma. Nastalo mrežo smo primerjali s sliko po standardu ter oprijemnost ocenili s stopnjo največje podobnosti (od 0 do 5).

4.3.2 Metoda z odtrgovanjem pečatov

Standard: SIST EN 24624. Paints and varnishes – Pull-of test (ISO 2624:1978). 1997: 11s

Za izvajanje meritev smo potrebovali: trgalni stroj, kovinsko cevasto rezilo z 2 mm večjim premerom od premera pečatov, 10 okroglih kovinskih pečatov s polirano spodnjo ploskvijo površine 1 cm^2 in lepilo z adhezijsko sposobnostjo večjo od 300 N.

Vzorec smo postavili v vodoravno lego. Mesto lepljenja in pečate smo skrbno očistili in nato pečate nalepili z ustreznim lepilom na izbrana mesta. Po utrditvi lepila smo s kronske rezilom okoli pečatov zarezali film premaza do podlage.

Tako pripravljene pečate smo nato vpeli v trgalni stroj in z natezno silo odtrgali pečat. Sočasno smo odčitali silo, ki je bila za to potrebna.

4.4 SIJAJ

Sijaj neke površine je povezan z načinom odboja svetlobe na njej. Odboj svetlobe na gladkih površinah zaznavamo drugače, kot na hrapavih, saj je videz premaza odvisen tudi od optičnih pojavov na površini.

4.4.1 Metoda po Langeju

Standard: SIST EN ISO 2813. Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint film at 20° , 60° and 85° (ISO 2813: 1994, including Technical Corrigendum 1:1997). 1998: 16 str.

Stopnjo sijaja smo merili na popolnoma suhih/utrjenih filmih akrilnega in poliuretanskega laka. Meritve smo opravili z merilno napravo, delujočo na fotoelektričnem principu. Merilno glavo predhodno umerjenega instrumenta smo postavili na površino vzorca in odčitali sijaj pri vpadnem kotu 60° . Ker so bile izmerjene vrednosti na nekaterih vzorcih

pod 30, smo izvedli meritve še pri vpadnem kotu 85°. Na vsakem vzorcu smo opravili 10 meritev v vzdolžni ter 10 meritev v prečni smeri glede na smer lesnih vlaken. Rezultate smo podali v relativnih enotah in z navedbo kota, pri čemer je vrednost sijaja na črni stekleni standardni ploščici 100.

4.5 HRAPAVOST POVRŠINE

Hrapavost smo merili s tipalnim merilnikom Mitutoyo »Surftest 221« (Slika 5). Osnovni princip delovanja je horizontalno in vertikalno potovanje tipala po površini, ki jo testiramo. Ker na konico deluje majhna sila, le-ta lahko sledi neravnostim površine. Dolžina merjenja (Cut-off) je bila 2,5 cm.

Na začetku smo izvajali meritve na vzorcih velikosti 20 cm x 20 cm, in sicer šest meritev prečno ter šest meritev vzdolžno z vlakni. Ker smo tako dobili le hrapavost na zunanjem robu, smo te vzorce zmanjšali na velikost 10 cm x 10 cm. Postopek merjenja smo ponovili in tako dobili tudi hrapavost na sredini vzorcev.



Slika 5: Merjenje hrapavosti s tipalnim merilnikom Mitutoyo »surftest 221«.

5 REZULTATI

5.1 DEBELINA UTRJENEGA FILMA

Povprečne debeline utrjenega filma smo podali v preglednici 1.

Preglednica 1: Rezultati merjenja debeline filma

Podlaga	Lak	Brušenje	debelina filma [μm]
Bukev	A	150, 180	25
Bukev	A	150, 180, 220	33
Bukev	PU	150, 180	41
Bukev	PU	150, 180, 220	41
Javor	A	150, 180	33
Javor	A	150, 180, 220	41
Javor	PU	150, 180	41
Javor	PU	150, 180, 220	50

Iz rezultatov je razvidno, da je debelina filma na bolj fino obdelani površini nekoliko večja. To bi lahko razložili tako, da pride na bolj grobo obdelani površini do večje penetracije laka v les. Zaradi tega pa je debelina utrjenega filma na tej podlagi nekoliko manjša, kot na bolj fino obdelani površini. Opazili smo tudi razliko v debelini lak filma med drevesnima vrstama. Na javorjevi podlagi je debelina filma nekoliko večja kot na bukovi podlagi. Na debelino utrjenega filma laka pa lahko vpliva tudi različna količina suhe snovi v laku, katere v naši raziskavi nismo merili.

5.2 OPRIJEMNOST

5.2.1 Metoda s križnim rezom

Ocene oprijemnosti, dobljene po metodi s križnim rezom, so podane v preglednici 2.

Preglednica 2: Ocena oprijemnosti

Podlaga	lak	brušenje	OCENA OPRIJEMNOSTI	
			1 mm	2 mm
Bukev	A	150, 180	1	1
Bukev	A	150, 180, 220	1	1
Bukev	PU	150, 180	1	1
Bukev	PU	150, 180, 220	1	1
Javor	A	150, 180	1	1
Javor	A	150, 180, 220	1	1
Javor	PU	150, 180	1	1
Javor	PU	150, 180, 220	1	1

Na vseh testiranih vzorcih smo ugotovili stopnjo oprijemnosti 1. Oprijemnost se po standardu ocenjuje od 0 do 5, s tem da je 0 najboljša ocena, 5 pa najslabša. Iz tega sledi, da imata oba laka, tako poliuretanski kot akrilni, zelo dobro oprijemnost, saj je bila dosežena stopnja oprijemnosti 1. Ker imata oba laka na obeh podlagah stopnjo 1, s to metodo ni bilo mogoče ovrednotiti morebitnih razlik med oprijemnostma obeh vrst lakov na različnih podlagah. Prav zaradi tega je metoda s križnim rezom neprimerna za izdelavo primerjav med tistimi laki, ki imajo podobno oprijemnost, saj lahko dobimo isto stopnjo oprijemnosti, kljub temu, da obstajajo razlike v absolutnih vrednostih oprijemnosti, ki jih lahko dobimo le z metodo odtrgovanja pečatov.

5.2.2 Metoda z odtrgovanjem pečatov

Oprijemnosti poliuretanskega in akrilnega laka na javorjevo in bukovo podlago z dvema različnima postopkoma brušenja so prikazane v preglednicah 3–6.

Pri vseh vzorcih z akrilnim lakom (preglednici 4 in 6) je prišlo do adhezijskega loma površinskega sistema, kar je za preizkušanje nezaželeno, ker so ti rezultati manj informativni, saj nam ne pokažejo oprijema laka na podlago, temveč v našem primeru razslojno trdnost med temeljnim in končnim lakom. Opazili smo, da je prišlo do loma med temeljnim in končnim slojem laka. Vzrok za to bi bilo lahko prefino medfazno brušenje laka, saj smo za to operacijo uporabili brusni papir z granulacijo 400. Tako nam rezultati niso pokazali oprijema laka na podlago temveč oprijemnost končnega laka na temeljni lak. Ker ta oprijemnost znaša v povprečju 3,75 MPa, lahko ocenimo, da ima akrilni lak na vseh podlagah boljšo oprijemnost od izmerjenih 3,75 MPa, torej relativno dobro oprijemnost, saj je po izkušnjah laboratorija za površinsko obdelavo, Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo, spodnja meja za še sprejemljiv izdelek oprijemnost z vrednostjo 2 MPa. Pri vzorcih s poliuretanskim lakom (preglednici 3 in 5), kjer je prišlo do adhezijskega loma, pa je meja 2 MPa prav tako presežena, saj znaša oprijemnost v povprečju 3,79 MPa.

Pri poliuretanskem laku smo ugotovili različne oprijemnosti glede na tip brušenja. Tako pri bukovi (preglednica 5), kot pri javorjevi podlagi (preglednica 3) smo ugotovili boljšo oprijemnost laka pri brušenju s papirjem granulacije 150 in 180. To lahko razložimo tako, da se z večjo hrapavostjo površine poveča površina stika med podlago in premazom. Tako se povečuje specifični del adhezije, obenem pa se poveča delež mehanskega sidranja, ki ima pri poroznih lesnih podlagah največji doprinos k oprijemnosti premaza na podlago.

Opazili smo tudi različno oprijemnost poliuretanskega laka na javorjevo in bukovo podlago (preglednici 3 in 5). Na to razliko oprijemnosti laka vpliva različna anatomska zgradba drevesnih vrst, kot tudi debelina utrjenega lakfilma. Oprijemnost laka na podlago

je vedno slabša, kadar so v filmu kohezijske sile večje od adhezijskih. Kohezijske sile v vsakem filmu pa naraščajo premosorazmerno z njegovo debelino. Iz tega sledi, da tanek ali debel film istega premaznega sredstva ne bosta imela enake oprijemnosti. Debelina lakfima pri brušenju z brusnim papirjem granulacije 150 in 180 je na javorjevi in bukovi podlagi enaka in sicer 41 μm (preglednica 1). Iz tega lahko sklepamo, da ima poliuretanski lak na javorjevi podlagi boljšo oprijemnost (4,18 MPa), kot na bukovi(3,97MPa).

Preglednica 3: Oprijemnost (MPa) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi (adhezijski lom (A)).

Meritev	JAVOR (PU) (150, 180)	Vrsta loma	JAVOR (PU) (150, 180, 220)	Vrsta loma
1	5,14	A	3,47	A
2	3,67	A	4,17	A
3	3,11	A	3,06	A
4	3,08	A	3,06	A
5	3,81	A	4,14	A
6	4,57	A	4,11	A
7	5,31	A	3,61	A
8	4,48	A	2,82	A
9	4,06	A	3,04	A
10	4,60	A	2,57	A
Povprečje	4,18	A	3,41	A

Preglednica 4: Oprijemnost akrilnega laka (MPa) na javorjevi podlagi (adhezijski lom površinskega sistema (A S)).

Meritev	JAVOR (A) (150, 180)	Vrsta loma	JAVOR (A) (150, 180, 220)	Vrsta loma
1	3,76	A S	3,29	A S
2	3,97	A S	4,77	A S
3	3,76	A S	3,06	A S
4	4,24	A S	3,84	A S
5	2,94	A S	3,72	A S
6	4,19	A S	4,09	A S
7	3,85	A S	4,48	A S
8	3,36	A S	3,35	A S
9	3,64	A S	3,41	A S
10	4,89	A S	3,75	A S
Povprečje	3,86	A S	3,78	A S

Preglednica 5: Oprijemnost (MPa) poliuretanskega laka na bukovi podlagi (adhezijski lom (A)).

Meritev	BUKEV (PU) (150, 180)	Vrsta loma	BUKEV (PU) (150, 180, 220)	Vrsta loma
1	4,37	A	3,49	A
2	4,49	A	3,6	A
3	4,62	A	3,53	A
4	4,62	A	3,21	A
5	3,34	A	3,21	A
6	4,65	A	3,95	A
7	3,19	A	3,77	A
8	3,06	A	4,11	A
9	2,85	A	3,32	A
10	4,55	A	3,66	A
Povprečje	3,97	A	3,59	A

Preglednica 6: Oprijemnost (MPa) akrilnega laka na bukovi podlagi (adhezijski lom površinskega sistema (A S)).

Meritev	BUKEV (A) (150, 180)	Vrsta loma	BUKEV (A) (150, 180, 220)	Vrsta loma
1	3,97	A S	4,04	A S
2	3,33	A S	3,69	A S
3	3,44	A S	3,95	A S
4	2,75	A S	3,84	A S
5	3,03	A S	4,59	A S
6	3,12	A S	4,24	A S
7	3,14	A S	3,53	A S
8	3,33	A S	4,3	A S
9	3,12	A S	4,18	A S
10	3,09	A S	4,84	A S
Povprečje	3,23	A S	4,12	A S

5.3 SIJAJ

Rezultati meritev sijaja poliuretanskega in akrilnega laka na javorjevi in bukovi podlagi z dvema različnima vrstama brušenjema so prikazani v preglednicah 7–14.

Ker na sijaj transparentnih lakov v veliki meri vpliva podlaga, smo izvajali meritve vzdolžno in prečno glede na potek lesnih vlaken. Ugotovili smo, da je sijaj prečno na vlakna slabši kot v smeri vlaken. Razlika med sijajem vzdolžno in prečno na vlakna pa je pri finejši obdelavi površine nekoliko manjša.

Opazili smo, da ima poliuretanski lak na vseh podlagah boljšo sijajnost kot akrilni. Poleg sestave lakov, ki ima tudi določen vpliv na sijaj bi lahko večji sijaj PU laka razložili tudi s tem, da je debelina akrilnega laka manjša kot PU laka. Manjši debelini akrilnega laka bi lahko pripisali tudi večjo razliko med rezultati meritev sijaja prečno in vzdolžno na lesna vlakna, saj površina zaradi premajhne debeline laka filma ni dovolj gladka (slika 6). Na sijaj laka ima določen vpliv tudi drevesna vrsta in način obdelave lesa, na katerega je lak nanesen. Tako smo opazili, da je sijaj obeh testiranih lakov na bukovini slabši kot na javorjevem lesu. Prav tako smo opazili tudi to, da sijaj narašča glede na stopnjo obdelave. In sicer bolj fino je brušena površina, večji je sijaj.

Preglednica 7: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.

JAVOR (PU) 150, 180				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	39,4	63,0	41,1	68,2
2	43,6	71,5	38,3	65,6
3	41,7	70,9	39,7	65,8
4	44,7	69,4	38,9	62,3
5	42,6	70,5	38,7	65,4
6	45,7	72,0	39,1	63,6
7	43,3	71,5	41,6	65,0
8	46,5	70,5	40,2	66,6
9	45,2	73,9	40,8	65,5
10	45,3	74,1	42,8	66,8
Povprečje	43,8	70,7	40,1	65,5

Preglednica 8: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.

JAVOR (PU) 150, 180, 220				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	48,0	79,8	43,7	72,2
2	48,8	76,2	43,5	73,3
3	47,4	78,4	42,5	69,7
4	50,1	76,5	42,3	69,7
5	48,3	75,0	44,1	69,3
6	50,0	78,5	42,3	70,4
7	49,1	79,8	43,7	70,1
8	46,8	75,7	43,3	69,0
9	49,9	79,3	42,2	70,5
10	47,1	79,0	45,4	68,9
Povprečje	48,6	77,8	43,3	70,3

Preglednica 9: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.

JAVOR (A) 150, 180, 220				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	47,5	76,9	32,5	50,6
2	42,5	71,0	36,7	54,4
3	43,5	73,4	35,2	56,9
4	44,0	73,0	29,3	46,8
5	45,1	74,8	29,5	43,3
6	45,0	77,0	29,9	47,2
7	45,9	75,8	31,3	46,9
8	41,3	71,2	31,7	47,6
9	42,0	71,1	30,8	47,1
10	41,0	70,8	25,8	39,8
Povprečje	43,8	73,5	31,3	48,1

Preglednica 10: Stopnja sijaja akrilnega laka (%) na javorjevi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.

JAVOR (A) 150, 180				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	39	67,3	21,4	30,9
2	42,5	72,7	20,4	29,7
3	45,1	73,9	23,8	33,9
4	33,5	56,8	24,4	34,0
5	31,7	59,1	26,0	35,3
6	38,1	67,7	22,7	31,0
7	37,0	62,3	22,4	32,7
8	42,9	71,4	19,5	28,2
9	39,5	66,5	26,5	37,7
10	43,1	73,1	23,2	33,3
Povprečje	39,2	67,1	23,0	32,7

Preglednica 11: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.

BUKEV (PU) 150, 180				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	48,8	77,9	40,8	58,2
2	45,8	73,7	42,7	55,0
3	46,1	75,4	38,5	56,4
4	41,8	74,2	35,0	60,3
5	42,7	73,8	37,9	61,3
6	46,6	76,1	37,3	53,4
7	45,1	75,5	37,6	55,8
8	44,9	72,8	38,3	52,6
9	43,1	74,3	37,7	55,0
10	44,0	74,9	38,1	49,7
Povprečje	44,9	74,9	38,4	55,8

Oblikovano: slovenščina

Preglednica 12: Stopnja sijaja (%) poliuretanskega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.

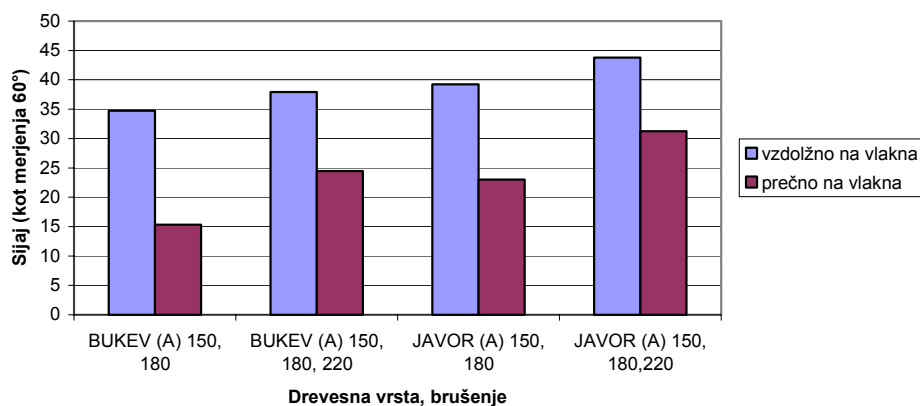
BUKEV (PU) 150, 180, 220				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	44,7	70,6	38,8	56,6
2	45,5	75,7	41,3	64,1
3	45,1	69,2	39,8	57,0
4	44,7	72,8	40,0	64,9
5	46,1	73,5	35,0	59,7
6	44,4	71,9	38,3	61,6
7	45,1	77,8	39,3	65,5
8	46,9	75,6	41,9	66,5
9	48,8	77,9	42,0	64,6
10	48,9	73,6	45,3	62,7
Povprečje	46,0	73,9	40,2	62,3

Preglednica 13: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180.

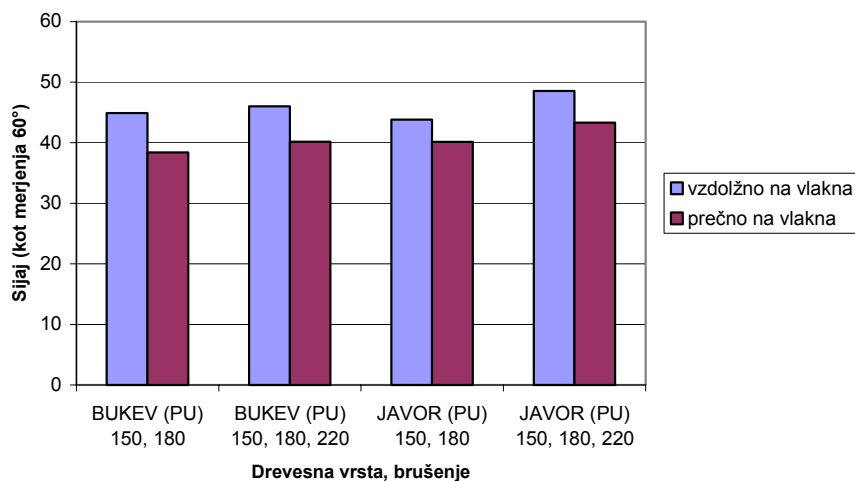
BUKEV (A) 150, 180				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	33,7	65,7	15,6	24,1
2	32,5	64,6	15,0	19,5
3	32,1	62,9	16,5	21,3
4	35,0	66,0	15,7	22,9
5	37,6	67,3	14,6	19,3
6	35,2	67,0	14,4	20,2
7	30,3	62,7	15,8	20,4
8	39,6	72,1	15,1	19,0
9	33,2	63,0	16,3	23,2
10	38,1	65,7	14,1	18,1
Povprečje	34,7	65,7	15,3	20,8

Preglednica 14: Stopnja sijaja (%) akrilnega laka na bukovi podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180 ter 220.

BUKEV (A) 150, 180, 220				
	vzdolžno na vlakna		prečno na vlakna	
Meritev	60°	85°	60°	85°
1	36,6	63,3	25,0	38,2
2	43,7	72,4	24,7	39,3
3	38,9	66,0	22	37,8
4	41,5	72,4	28,5	33,8
5	33,3	61,3	27,6	41,9
6	38,1	66,8	28,5	40,9
7	33,7	61,9	20,4	44,1
8	41,6	73,6	25,0	31,1
9	33,2	64,2	21,4	39,5
10	38,3	70,2	21,4	32,5
Povprečje	37,9	67,2	24,5	37,9



Slika 6: Sijaj akrilnega laka



Slika 7: Sijaj poliuretanskega laka

5.4 HRAPAVOST

Povprečne vrednosti parametra R_a so podane v preglednicah 15 – 18, hrapavost v odvisnosti od načina obdelave pa tudi na slikah 7 in 8. Pri skobljanih vzorcih smo dobili večje vrednosti R_a , pri meritvah, izvedenih vzporedno z lesnimi vlakni. Vzrok za večje vrednosti R_a , izmerjenih vzporedno z vlakni, je v značilnem cikličnem odrezovanju, kjer je ravnina odrezovanja pravokotna na lesna vlakna. Posledica tega odrezovanja je valovita površina, skozi katero je prehajalo tipalo merilne naprave. Pri brušenih in tudi pri lakiranih vzorcih pa smo dobili večje vrednosti R_a , pri merjenju pravokotno na lesna vlakna. Pri

brušenju poteka odrezovanje v smeri lesnih vlaken, posledica tega so neravnine (»kanalčki«) v velikosti brusnih zrn v smeri lesnih vlaken. Merjenje je potekalo pravokotno na lesna vlakna in tako je tipalo merilne naprave prehajalo skozi te neravnine in tudi skozi letnice.

Preglednica 15: Hrapavost, izmerjena na bukovih vzorcih velikosti 20 cm x 20 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.

BUKEV	Pravokotno na vlakna	Vzporedno z vlakni
Način obdelave	R _a [μm]	R _a [μm]
skobljanje	7,31	8,23
150, 180	6,00	3,72
150, 180, 220	5,79	3,89
150, 180 + akrilni lak	1,90	1,13

Preglednica 16: Hrapavost, izmerjena na javorjevih vzorcih velikosti 20 cm x 20 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.

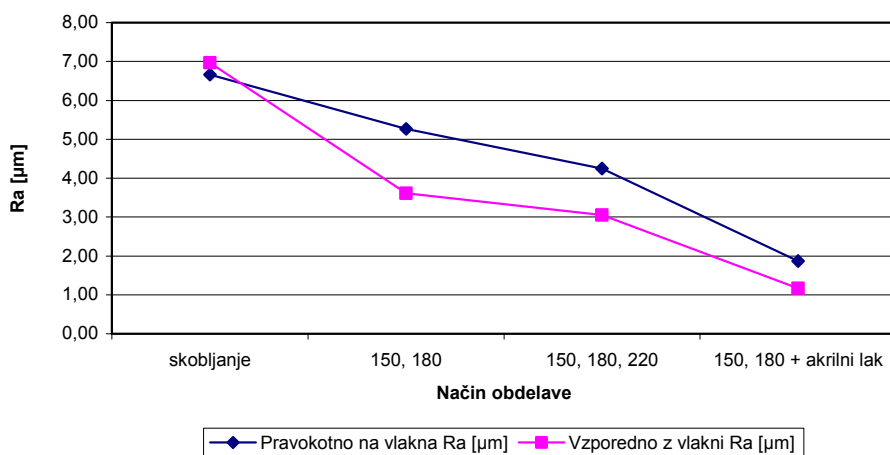
JAVOR	Pravokotno na vlakna	Vzporedno z vlakni
Način obdelave	R _a [μm]	R _a [μm]
skobljanje	4,74	4,82
150, 180	4,97	2,42
150, 180, 220	4,36	1,89
150, 180 + akrilni lak	1,62	1,11

Preglednica 17: Hrapavost, izmerjena na bukovih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.

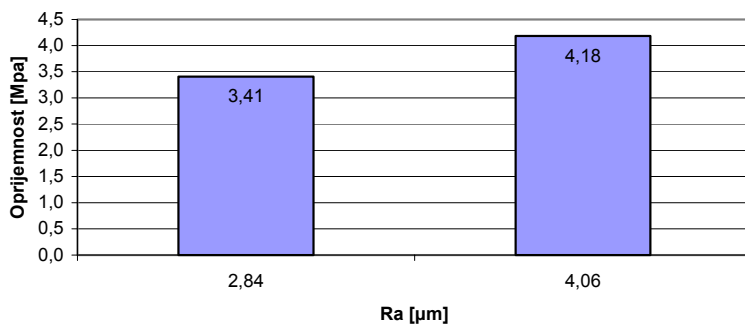
BUKEV	Pravokotno na vlakna	Vzporedno z vlakni
Način obdelave	R _a [μm]	R _a [μm]
skobljanje	6,67	6,97
150, 180	5,27	3,61
150, 180, 220	4,25	3,05
150, 180 + akrilni lak	1,87	1,17

Preglednica 18: Hrapavost, izmerjena na javorjevih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm, pravokotno in prečno na lesna vlakna.

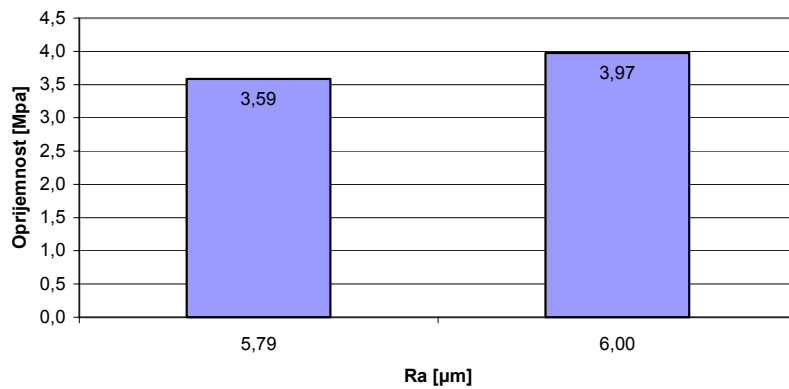
JAVOR	Pravokotno na vlakna	Vzporedno z vlakni
Način obdelave	Ra [μm]	Ra [μm]
skobljanje	4,89	5,61
150, 180	4,06	2,11
150, 180, 220	2,84	2,04
150, 180 + akrilni lak	1,27	0,79



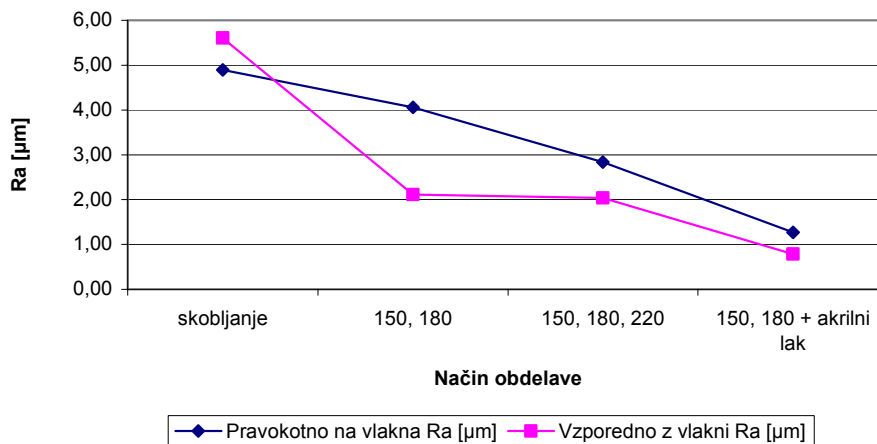
Slika 8: Hrapavost bukovih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm, glede na način obdelave lesa.



Slika 9: Primerjava med oprjemnostjo in hrapavostjo (merjeno pravokotno na lesna vlakna) na javorjevih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm.

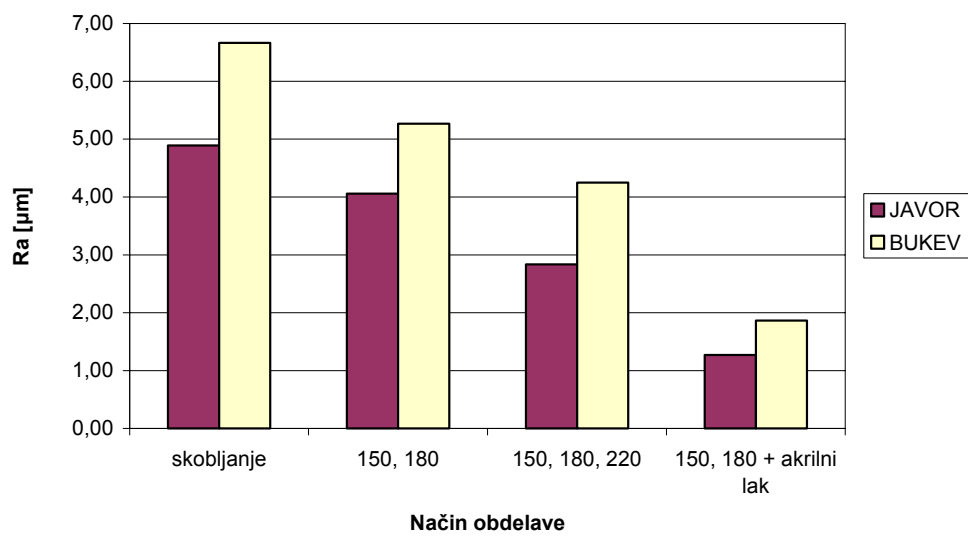


Slika 10: Primerjava med oprjemnostjo in hrapavostjo (merjeno pravokotno na lesna vlakna) na bukovih vzorcih velikosti 10 cm x 10 cm.



Slika 11: Hrapavost javorjevih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm, glede na način obdelave lesa.

Na hrapavost površine poleg načina obdelave vpliva tudi anatomsko zgradba lesa. Pri meritvah hrapavosti smo ugotovili, da ima bukov les večjo hrapavost kot javojev les (slika 12). To lahko razložimo z različno anatomsko sestavo teh dveh drevesnih vrst.



Slika 12: Primerjava hrapavosti javorjevih in bukovih vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm pri merjenju pravokotno na lesna vlakna

8 RAZPRAVA IN SKLEPI

8.1 RAZPRAVA

Ko v lesarstvu govorimo o adheziji premaza, mislimo na njegov oprijem na podlago. Adhezija je fizikalno-kemični pojav medsebojnega oprijema različnih snovi. Nastaja zaradi medmolekularnega privlačevanja različnih teles oz. materialov ob medsebojnem dotiku. Ta tako imenovani specifični del adhezije lahko razložimo z različnimi teorijami, ki adhezijo razlagajo na svoj način, nobena izmed njih pa tega pojava ne razloži v celoti. Dejstvo pa je, da na oprijem lakov na porozne lesne substrate v največji meri vpliva mehanski del adhezije. Med nanosom premazi penetrirajo v porozno strukturo, se v njej utrdijo in tako mehansko usidrajo. Kakšno oz. kolikšno je to usidranje, pa je seveda odvisno tudi od morfologije površine oz. njene hrapavosti, ki je pogojena z vrsto lesa in z njegovo obdelavo, pri kateri ima brušenje nedvomno največji vpliv. Z večjo hrapavostjo površine se poveča površina stika med podlago in premazom. Tako se povečuje specifični del adhezije, obenem pa se poveča delež mehanskega usidranja, ki ima, kot smo že omenili, pri poroznih lesnih podlagah največji doprinos k oprijemnosti premaza na podlago. Tako je za dobro oprijemnost premaza potrebna optimalna hrapavost oz. brušenje lesa. Opisan pomen hrapavosti za oprijem premaznega sistema na podlago je tako lepo razviden tudi iz naših rezultatov. Tako smo na primer opazili, da ima PU lak boljše oprijemnost na podlagi, brušeni s papirjem granulacije 150 in 180, kot na bolj fino brušeni površini (150, 180 in 220).

Oprijemnost premaza pa je odvisna seveda tudi od drugih dejavnikov. Eden izmed najvažnejših in najbolj razvidnih elementov, ki neposredno vplivajo na oprijemnost nanesenega premaza, je tudi debelina filma. Oprijemnost na podlago je vedno slabša, kadar so v filmu kohezijske sile večje od adhezijskih. Kohezijske sile v vsakem filmu naraščajo premosorazmerno z njegovo debelino. (Mihevc, 1987) Iz tega sledi, da tanek ali debel film istega premaznega sredstva ne bosta imela enake oprijemnosti. Z našimi poskusi vpliva debeline na oprijemnost nismo mogli direktno potrditi. Različne debeline enakih premaznih sistemov so namreč predvsem posledica različne hrapavosti podlage. Če bi želeli proučiti vpliv debeline na oprijemnost pa bi morali na podlago enake hrapavosti nanesti različno debele sloje premaznih sistemov. Po drugi strani pa med seboj tudi ne moremo primerjati oprijemnosti PU in A lakov na podlagah iste drevesne vrste in enake hrapavosti, saj tudi vrsta laka bistveno vpliva na oprijemnost.

Glede na to, da ima debelina lak filma tudi določen vpliv na oprijemnost, smo za primerjavo oprijemnosti PU laka na javorjevo in bukovo podlago vzeli vzorce brušene s papirjem 150 in 180. Pri teh dveh vzorcih smo namreč opazili enako debelino lak filma

tako na bukovi kot na javorjevi podlagi (41 μm). Glede na to, da smo pri merjenju hrapavosti podlage ugotovili, da imajo bukovi vzorci večjo stopnjo hrapavosti, bi bilo za pričakovati tudi večjo oprijemnost na bukovi podlagi. Rezultati merjenja oprijemnosti z odtrgovanjem pečatov pa kažejo, da je oprijemnost na vzorcih z enako debelino lak filma boljša na javorjevi podlagi kot na bukovi. Vzrok je gotovo v različnih fizikalno-kemijskih lastnostih obeh vrst lesa.

Na sijaj vpliva poleg vrste laka in drevesne vrste na katero lak nanesimo, tudi način brušenja, ki ga izvedemo pred lakiranjem. Površina, obdelana s papirjem granulacije 150 in 180 ima slabši sijaj kot finejše obdelana površina. Pri bolj grobi površini pride do difuznega odboja svetlobnih žarkov zato je tudi sijaj takega sistema slabši. Kot že rečeno, na sijaj vpliva tudi drevesna vrsta, pri naši raziskavi smo ugotovili boljšo sijajnost lakov na javorjevi podlagi. Ugotovili smo tudi boljši sijaj PU laka, kar je verjetno povezano tudi z večjo debelino PU laka. Zaradi razlike v debelini akrilnega in PU lak filma pa na osnovi naših rezultatov ne moremo z gotovostjo trditi kateri lak daje boljši sijaj.

8.2 SKLEPI

- Brušenje vpliva na oprijemnost laka na podlago, in sicer pri brušenju s papirjem granulacije 150 in 180 smo ugotovili boljšo oprijemnost laka, kot pri brušenju s papirjem granulacije 150, 180 in 220. Primerjava rezultatov meritev hrapavosti in oprijemnosti nam to tudi lepo pokaže. Na javorjevih vzorcih, brušenih s papirjem granulacije 150 in 180 smo ugotovili vrednost parametra R_a za hrapavost, merjeno pravokotno na lesna vlakna (na vzorcih velikosti 10 x 10 cm) 4,06 μm in oprijemnost 4,18 Mpa. Prav tako na javorjevih vzorcih, brušenih s papirjem granulacije 150, 180 in 220 pa smo ugotovili nižjo hrapavost ($R_a = 2,84 \mu\text{m}$) in posledično tudi nižjo oprijemnost (3,41 Mpa).
- Pri vzorcih, brušenih s papirjem granulacije 150 in 180 ter lakiranih s PU lakom smo ugotovili enako debelino lak filma (41 μm). Pri testiranju oprijemnosti PU laka na teh vzorcih smo ugotovili boljšo oprijemnost na javorjevih (4,18 MPa) kot na bukovih (3,97MPa) vzorcih. Iz tega sklepamo, da ima PU lak boljši oprijem na javorjevo kot na bukovo podlago, kar je posledica lastnosti podlage.
- Brušenje vpliva tudi na sijaj površinskega sistema. Površinski sistem, kjer je les pred lakiranjem brušen s papirjem granulacije 150 in 180 ima slabši sijaj kot tisti, kjer je les brušen s papirjem granulacije 150, 180 in 220.
- Ugotovili smo tudi boljšo sijajnost PU laka na vseh testiranih podlagah v primerjavi s sijajnostjo akrilnega laka.
- Na debelino lak filma vpliva tudi brušenje, saj smo ugotovili nekoliko večjo debelino pri površini, brušeni s papirjem granulacije 150, 180, 220. Poleg brušenja pa na debelino lak filma vpliva še drevesna vrsta, na katero je lak nanesen ter vrsta oz. lastnosti laka, ki ga uporabimo. Na javorjevem lesu smo pri ostalih enakih pogojih ugotovili večjo debelino lak filma, kot na bukovem.
- Pri meritvah hrapavosti smo v primerjavi z javorjevim lesom ugotovili večjo hrapavost bukovega lesa pri vseh načinih obdelave.

9 POVZETEK

V pohištveni industriji vlada čedalje močnejša konkurenca, zaradi tega je v boju za kupce vse pomembnejša kvaliteta končnih izdelkov. Na kvaliteto poleg izbire materialov in kvalitetne izdelave v veliki meri vpliva tudi površinska obdelava. Kvalitetna površinska obdelava je zelo pomembna saj kupec najprej opazi kako je površina obdelana. Prav tako pa prihaja največ reklamacija prav na računa napak pri površinski obdelavi.

V diplomski nalogi smo ugotavljali vpliv brušenja na lastnosti različnih površinskih sistemov. Ugotavljali smo lastnosti akrilnega in poliuretanskega laka na javorjevi in bukovi podlagi. Površino smo brusili na dva načina, in sicer z enkratnim prehodom skozi kontaktni brusilni stroj z brusnim papirjem granulacije 150 in 180 ter z dvakratnim prehodom skozi kontaktni brusilni stroj, prvi prehod z brusnim papirjem granulacije 150 in 180, pri drugem prehodu pa smo obdelovanec obrnili za 180° in pobrusili s papirjem granulacije 220. Na tako pripravljene površine smo nanесли lak.

Nato smo v laboratoriju za površinsko obdelavo lesa na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani merili sijaj in oprijemnost laka. Sijaj smo merili z merilno napravo, delujočo na fotoelektričnem principu po standardu SIST EN ISO 2813. Ugotovili smo boljši sijaj na površini, brušeni z brusnim papirjem granulacije 150, 180 in 220 ter boljši sijaj poliuretanskega laka napram akrilnemu laku. Oprijemnost laka na podlago smo merili na dva načina in sicer z odtrgovanjem pečatov po standardu SIST EN 24624 ter z metodo s križnim rezom po standardu SIST EN ISO 2409. Pri akrilnem laku je pri vseh vzorcih prišlo do adhezijskega loma premaznega sistema (razslojitve med temeljnim in končnim lakom), zato nismo dobili prave vrednosti oprijema akrilnega laka na podlago. Iz istega razloga nismo mogli izvesti primerjave oprijemnosti med akrilnim in PU lakom. Kljub temu lahko rečemo, da je oprijemnost akrilnega laka zadovoljiva, saj na vseh testiranih vzorcih kljub adhezijskemu lomu premaznega sistema, v povprečju znaša 3,75 MPa. Po izkušnjah laboratorija za površinsko obdelavo lesa, Biotehniške fakultete, Oddelka za lesarstvo pa je spodnja meja za še sprejemljiv izdelek 2 MPa. Pri PU laku je ta meja prav tako presežena, saj oprijemnost znaša v povprečju 3,79 MPa. Poliuretanski lak ima boljšo oprijemnost na podlagi, brušeni z brusnim papirjem 150 in 180.

V laboratoriju katedre za mehanske obdelovalne tehnologije na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani smo merili še hrapavost lesa po skobljanju in brušenju s tipalnim merilnikom Mitutoyo »Surftest 221«. Določali smo parameter R_a in ugotovili večjo hrapavost bukovega lesa pri vseh brušenjih v primerjavi z javorjevim lesom. Hrapavost po skobljanju je bila najvišja, po brušenju z brusnim papirjem granulacije 150 in 180 nekoliko nižja in najnižja po brušenju z brusnim papirjem 150, 180 ter 220. Pri naši

raziskavi smo ugotovili, da hrapavost površine vpliva na debelino utrjenega lak filma, sijaj površinskega sistema ter oprijemnost laka na podlago. Ugotovili smo, da se debelina utrjenega lak filma veča z naraščajočo gladkostjo površine, prav tako z naraščajočo gladkostjo narašča tudi sijaj površinskega sistema. Oprijemnost PU laka na podlago pa je večja na bolj hrapavi površini. Naj omenimo še to, da je pri testiranju oprijemnosti akrilnega laka na podlago prišlo do adhezijskega loma premaznega sistema. Tako nismo imeli dovolj podatkov za izdelavo primerjave med akrilnim in poliuretanskim lakom. Iz istih razlogov ni bilo možno natančno oceniti na katerih različno brušenih podlagah je imel akrilni lak boljši oprijem. Sicer pa smo opazili razlike v oprijemnosti poliuretanskega laka, na javorjevo in bukovo podlago. Ugotovili smo, da ima PU lak boljši oprijem na javorjevo kot na bukovo podlago, kar je posledica lastnosti podlage.

10 VIRI

10.1 CITIRANI VIRI

1. Alić O. 1998. Površinska obrada drveta. Sarajevo, Mašinski fakultet: 285 str.
2. Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2. izdaja. Brezovica, Finitura: 184 str.
3. Medved S., Pirkmaier S. 2000. Praktikum za preskušanje lesnih tvoriv iz dezintegriranega lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 72 str.
4. Mihevec V. 1987. Kontrolne metode lepljenja in površinske obdelave lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, odd. za lesarstvo, Katedra za pohištvo: 179 str.
5. Pipa R. 1990. Anatomija in tehnologija lesa. Ljubljana, Lesarska založba Slovenije: 136 str.
6. SIST EN 24624. Paints and varnishes – Pull-of test (ISO 2624:1978). 1997: 11 str.
7. SIST EN ISO 2409. Paints and varnishes – Cross cut test (ISO 2409:1992). 1997: 15 str.
8. SIST EN ISO 2808. Paint and varnishes – Determination of film thickness (ISO 2808: 1997). 1999: 46 str.
9. SIST EN ISO 2813. Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint film at 20°, 60° and 85° (ISO 2813: 1994, including Technical Corrigendum 1:1997). 1998: 16 str.

10.2 DRUGI VIRI

1. Erčulj J. 2004. Poročilo s praktičnega usposabljanja. (neobjavljeno)
2. Erčulj J. 2004. Zapiski z vaj pri površinski obdelavi lesa.
3. Petrič M. 2001. Tehnologija lesa II. del: Površinska obdelava lesa. (za interno uporabo)
4. Tominc S. 2004. Lastnosti poliuretanskega laka na brušeni bukovini v odvisnosti od zrnatosti brusilnega sredstva: diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 34 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Marku Petriču za vso pomoč in koristne napotke pri izdelavi tega diplomskega dela. Nadalje bi se rad zahvalil recenzentu doc. dr. Bojanu Bučarju opravljeno recenzentsko delo ter za pomoč pri opravljanju testiranj v laboratoriju mehanske in obdelovalne tehnologije na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Prav tako se zahvaljujem asistentu Matjažu Pavliču in tehničnemu sodelavcu Borutu Kričejju za pomoč pri opravljanju testiranj v laboratoriju za površinsko obdelavo lesa ter tehničnemu sodelavcu Dragu Vidicu in mlademu raziskovalcu Bojanu Gospodariču pri opravljanju testiranj v laboratoriju mehanske in obdelovalne tehnologije na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Zahvaljujem se tudi podjetju Mizarstvo Grosuplje, ki mi je omogočilo izdelavo testnih vzorcev.

PRILOGE

Priloga A: Rezultati meritev hrapavosti na zunanjem robu vzorcev velikosti 20 cm x 20 cm.

JAVOR (skobljanje)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	4,89	5,49
2	4,51	4,55
3	4,61	4,61
4	4,85	4,64
5	5,11	4,96
6	4,44	4,64
Povprečje	4,74	4,82

BUKEV (skobljanje)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	6,82	7,78
2	7,79	8,37
3	7,12	7,67
4	7,14	8,46
5	7,86	8,66
6	7,11	8,46
Povprečje	7,31	8,23

JAVOR (brušenje 150 ,180)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	5,61	2,60
2	5,26	2,75
3	5,03	2,70
4	4,72	2,14
5	4,61	2,32
6	4,56	2,00
Povprečje	4,97	2,42

BUKEV (brušenje 150 ,180)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	5,72	3,12
2	5,54	3,64
3	5,99	3,59
4	6,25	3,11
5	6,20	4,84
6	6,31	4,03
Povprečje	6,00	3,72

JAVOR (brušenje 150 ,180, 220)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	4,39	1,38
2	4,61	2,52
3	4,76	1,88
4	4,20	1,41
5	4,24	2,05
6	3,96	2,08
Povprečje	4,36	1,89

BUKEV (brušenje 150 ,180, 220)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	6,26	3,38
2	6,51	4,67
3	5,82	3,55
4	5,87	3,74
5	5,16	3,96
6	5,11	4,04
Povprečje	5,79	3,89

JAVOR (brušenje 150 ,180 + akrilni lak)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	1,63	1,32
2	1,74	1,03
3	1,53	0,90
4	1,87	1,28
5	1,52	0,84
6	1,41	1,28
Povprečje	1,62	1,11

BUKEV (brušenje 150 ,180 + akrilni lak)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	1,64	1,65
2	1,83	1,06
3	1,99	0,90
4	2,07	0,99
5	1,88	1,13
6	1,99	1,06
Povprečje	1,90	1,13

Priloga B: Rezultati meritev hrapavosti na zunanjem robu vzorcev velikosti 10 cm x 10 cm.

JAVOR (skobljanje)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R_a [μm]	R_a [μm]
1	4,30	5,73
2	4,57	5,28
3	5,58	5,87
4	4,71	6,09
5	5,11	6,06
6	5,08	4,61
Povprečje	4,89	5,61

BUKEV (skobljanje)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R_a [μm]	R_a [μm]
1	7,89	7,21
2	6,46	7,33
3	6,67	7,49
4	6,33	6,17
5	6,11	6,00
6	6,53	7,60
Povprečje	6,67	6,97

JAVOR (brušenje 150 ,180)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R_a [μm]	R_a [μm]
1	4,19	1,94
2	3,94	1,99
3	3,95	2,07
4	4,03	2,36
5	4,21	2,25
6	4,03	2,07
Povprečje	4,06	2,11

BUKEV (brušenje 150 ,180)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	5,04	3,47
2	5,14	3,07
3	5,06	3,85
4	5,39	3,94
5	5,24	3,92
6	5,74	3,41
Povprečje	5,27	3,61

JAVOR (brušenje 150 ,180, 220)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	2,84	2,10
2	2,93	1,74
3	2,82	2,05
4	2,95	2,08
5	2,97	1,80
6	2,51	2,48
Povprečje	2,84	2,04

BUKEV (brušenje 150 ,180, 220)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	4,04	3,16
2	4,35	2,03
3	4,24	3,14
4	3,74	3,74
5	3,96	2,61
6	5,16	3,61
Povprečje	4,25	3,05

JAVOR (brušenje 150 ,180 + akrilni lak)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	1,28	0,77
2	1,24	0,69
3	1,06	0,63
4	1,18	1,00
5	1,33	0,89
6	1,54	0,73
Povprečje	1,27	0,79

BUKEV (brušenje 150 ,180 + akrilni lak)		
	pravokotno na vlakna	vzporedno z vlakni
Meritev	R _a [μm]	R _a [μm]
1	2,09	1,43
2	1,92	0,90
3	1,99	1,36
4	1,94	0,87
5	1,79	1,41
6	1,47	1,04
Povprečje	1,87	1,17