

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Uroš Dolar

**PRIMERJAVA KAKOVOSTI IN CENE DVEH SISTEMOV  
POVRŠINSKE OBDELAVE NOTRANJIH VRAT**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF QUALITY AND PRICE OF TWO SYSTEMS FOR  
INTERIOR DOOR FINISHING**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2005

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Naloga je bila opravljena na Oddelku za lesarstvo in v podjetju LIP Bled, PC Notranja vrata.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval izr. prof. dr. Marka Petriča, za recenzenta pa doc. dr. Leona Oblaka.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Uroš Dolar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs  
DK UDK 65:674.07  
KG površinska obdelava/vrata/kakovost/cena  
AV DOLAR, Uroš  
SA PETRIČ, Marko (mentor)/OBLAK, Leon (recenzent)  
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34  
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo  
LI 2005  
IN PRIMERJAVA KAKOVOSTI IN CENE DVEH SISTEMOV POVRŠINSKE  
OBDELAVE NOTRANJIH VRAT  
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)  
OP VIII, 47 str., 25 pregl., 18 vir.  
IJ sl  
JI sl/en  
AI V lesnoindustrijskem podjetju želijo s spremembo postopka površinske obdelave znižati stroške izdelave notranjih vrat. Sedanji postopek površinske obdelave je tak, da obdelovanci skozi lakirno linijo potujejo dvakrat. Po novem bi, ob največjem možnem izkoristku, vrata prek valjčne nanašalne linije potovala le enkrat. S tem bi se stroški izdelave znižali, kakovost pa ostala nespremenjena ali pa bi se celo izboljšala. Primerjali smo rezultate obeh različnih sistemov nanašanja in ugotovili, da tehnološka sprememba površinske obdelave z enim prehodom skozi lakirno linijo ne poslabša kakovosti površinske obdelave vrat. Tudi stroški izdelave so pri novem sistemu nižji kot pri obstoječem tehnološkem postopku.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 65:674.07
- CX wood finishing/door/quality/price
- AU DOLAR, Uroš
- AA PETRIČ, Marko (supervisor)/OBLAK, Leon (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2005
- TI COMPARISON OF QUALITY AND PRICE OF TWO SYSTEMS FOR INTERIOR DOOR FINISHING
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO VIII, 47 p., 25 tab., 18 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Wood processing industrial enterprise wants to cut down costs of interior door manufacturing by changing the finishing process. The current finishing procedure consists of 2 passages through the roller coating installation. In the new procedure, only 1 passage would be performed, with a maximum possible effectiveness, reducing the production costs. In this way, the quality would remain unchanged or even improved. The results of the both application procedures were compared. It was concluded that the proposed technological change with a single passage through the roller coating installation does not affect the quality of the surface coating system. Manufacture costs of the new system are also lower than those of the current technological process.

## KAZALO VSEBINE

	str
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2 SPLOŠNI DEL</b>	<b>3</b>
2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA	3
2.1.1 <b>Pojem površinske obdelave</b>	3
2.1.2 <b>Pomen površinske obdelave lesa</b>	3
2.1.3 <b>Naloge površinske obdelave lesa</b>	3
2.1.4 <b>Delitev tehnoloških operacij</b>	4
2.2 PRIPRAVA POVRŠINE ZA NADALJNJO OBDELAVO	4
2.2.1 <b>Brušenje lesnih površin</b>	4
2.2.2 <b>Brušenje filmov</b>	5
2.2.3 <b>Čiščenje površine in odsesavanje prahu</b>	6
2.3 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVE LASTNOSTI	7
2.3.1 <b>Delitev premaznih sredstev</b>	7
2.3.2 <b>Lužila</b>	7
2.3.2.1 Vodna lužila	8
2.3.2.2 Lužila na osnovi organskih topil	8
2.3.2.3 Kemična lužila	9
2.3.3 <b>Laki</b>	9
2.3.3.1 Nitrocelulozni laki (CN)	9
2.3.3.2 Poliuretanski laki (PU)	9
2.3.3.3 Poliestrski laki (PE)	10
2.3.3.4 Poliakrilatni laki (A)	10
2.3.3.5 Vodni laki (V)	11
2.4 NAČINI NANAŠANJA PREMAZNIH SREDSTEV	12
2.4.1 <b>Valjanje</b>	13
2.4.1.1 Agregat s sosmernim (relativnim) vrtenjem valjev	13
2.4.1.2 Agregat z delno nasprotnosmernim (reverznim) vrtenjem valjev	13
2.4.1.3 Agregat s popolnim nasprotnosmernim (reverznim) vrtenjem valjev	14
2.4.1.4 Tipični valjčni nanašalniki	14
2.4.1.5 Valjčni stroji za nanos lužila	15
2.5 UTRJEVANJE PREMAZOV	15

<b>2.5.1</b>	<b>Kemično utrjevanje</b>	15
<b>2.5.2</b>	<b>Fizikalno utrjevanje</b>	15
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b>	16
3.1	TEHNOLOŠKI PROCES LAKIRNE LINIJE	16
3.2	MATERIALI	18
<b>3.2.1</b>	<b>Materiali pri obstoječem površinskem sistemu</b>	18
<b>3.2.2</b>	<b>Materiali pri predlaganem površinskem sistemu</b>	19
<b>3.2.3</b>	<b>Podlaga</b>	20
3.3	PRIPRAVA PRESKUŠANČEV	20
<b>3.3.1</b>	<b>Obstoječi postopek površinske obdelave furnirja</b>	20
3.3.1.1	Obstoječi postopek, prvi prehod	20
3.3.1.2	Obstoječi postopek, drugi prehod	20
<b>3.3.2</b>	<b>Postopek površinske obdelave po predlaganem sistemu</b>	21
<b>3.3.3</b>	<b>Priprava vzorcev za oceno</b>	22
3.4	MERITVE	22
<b>3.4.1</b>	<b>Določanje deleža suhe snovi</b>	23
<b>3.4.2</b>	<b>Določanje suhega filma laka z mikroskopsko metodo</b>	23
<b>3.4.3</b>	<b>Določanje oprijemnosti z metodo križnega reza</b>	23
<b>3.4.4</b>	<b>Določanje prožnosti z metodo po Petersu</b>	23
<b>3.4.5</b>	<b>Določanje odpornosti proti razenju</b>	24
<b>3.4.6</b>	<b>Odpornost proti suhi toploti</b>	24
<b>3.4.7</b>	<b>Odpornost proti udarcem</b>	25
<b>3.4.8</b>	<b>Odpornost proti tekočinam (tekočim reagentom)</b>	25
<b>3.4.9</b>	<b>Merjenje sijaja</b>	26
<b>3.4.10</b>	<b>Merjenje barve</b>	26
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	26
4.1	NANOS PREMAZA	26
<b>4.1.1</b>	<b>Nanos pri obstoječem sistemu površinske obdelave</b>	26
4.1.1.1	Nanos pri prvem prehodu	26
4.1.1.2	Nanos pri drugem prehodu	27
<b>4.1.2</b>	<b>Nanos pri novem postopku nanašanja</b>	28
4.2	LASTNOSTI TEKOČIH PREMAZOV IN UTRJENIH FILMOV	29
<b>4.2.1</b>	<b>Delež suhe snovi (telesnina)</b>	29
<b>4.2.2</b>	<b>Debeline suhega filma laka (mikroskopska metoda)</b>	30
<b>4.2.3</b>	<b>Oprijemnost, določena s križnim rezom</b>	30
<b>4.2.4</b>	<b>Prožnost (metoda po Petersu)</b>	30
<b>4.2.5</b>	<b>Odpornost proti razenju</b>	31
<b>4.2.6</b>	<b>Odpornost proti suhi toploti</b>	31
<b>4.2.7</b>	<b>Odpornost proti udarcem</b>	31
<b>4.2.8</b>	<b>Odpornost proti tekočinam (tekočim reagentom)</b>	32
<b>4.2.9</b>	<b>Sijaj</b>	33

<b>4.2.10</b>	<b>Barva</b>	35
4.3	<b>OCENA STROŠKOV POVRŠINSKE OBDELAVE</b>	36
<b>4.3.1</b>	<b>Poraba energije na enoto proizvoda</b>	36
4.3.1.1	Poraba energije na enoto proizvoda po obstoječem sistemu	37
4.3.1.2	Poraba energije na enoto proizvoda po novem sistemu	38
<b>4.3.2</b>	<b>Stroški delovne sile na ena vrata</b>	38
4.3.2.1	Stroški dela na ena vrata po obstoječem sistemu	38
4.3.2.2	Stroški dela na ena vrata po novem sistemu	39
<b>4.3.3</b>	<b>Poraba materialov</b>	39
<b>4.3.4</b>	<b>Poraba površinskih premazov</b>	41
4.3.4.1	Poraba površinskih premazov po obstoječem sistemu	41
4.3.4.2	Poraba površinskih premazov po novem sistemu	41
<b>4.3.5</b>	<b>Lastna cena izdelka</b>	42
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	43
5.1	RAZPRAVA	43
5.2	SKLEPI	45
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	45
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	46

**ZAHVALA****KAZALO PREGLEDNIC**

	str
Preglednica 1: Definicija ocen prožnosti po metodi po Petersu.	24
Preglednica 2: Ocenjevanje poškodb pri testu po SIST EN 12722.	24

Preglednica 3: Ocenjevanje poškodb po SIST ISO 4211-4.	25
Preglednica 4: Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam.	25
Preglednica 5: Količine nanosa pri obstoječem sistemu površinske obdelave; prvi prehod skozi lakirno linijo	26
Preglednica 6: Količine nanosa pri obstoječem sistemu površinske obdelave; drugi prehod skozi lakirno linijo	27
Preglednica 7: Količine nanosa pri novem sistemu nanašanja	28
Preglednica 8: Delež suhe snovi v lužilu	29
Preglednica 9: Debelina suhega filma	30
Preglednica 10: Oprijemnost, določena z metodo križnega reza	30
Preglednica 11: Prožnost	30
Preglednica 12: Odpornost proti razenju	31
Preglednica 13: Odpornost proti suhi toploti	31
Preglednica 14: Odpornost premaznega sistema na vzorcu A2 (stari sistem) proti udarcem	31
Preglednica 15: Odpornost premaznega sistema na vzorcu B2 (novi sistem) proti udarcem	32
Preglednica 16: Odpornost proti tekočinam na vzorcu A1 (po obstoječem sistemu) in B1 (po novem sistemu)	32
Preglednica 17: Sijaj na vzorcu A1 (po obstoječem sistemu)	33
Preglednica 18: Sijaj na vzorcu B1 (novi sistem)	34
Preglednica 19: Rezultati meritev barve	35
Preglednica 20: Instalirana električna moč za stroje	36
Preglednica 21: Poraba materialov za vratna krila	39
Preglednica 22: Materiali za površinsko obdelavo po obstoječem sistemu	41
Preglednica 23: Materiali za površinsko obdelavo po novem sistemu	41
Preglednica 24: Lastna cena pri obstoječem postopku	42
Preglednica 25: Lastna cena pri novem postopku	42



## 1 UVOD

Podjetje LIP Bled je bilo ustanovljeno leta 1948. V petdesetih letih svojega razvoja je podjetje preraslo v enega največjih in najuspešnejših lesnopredelovalnih podjetjih v Sloveniji. V začetnem obdobju se je podjetje ukvarjalo s predelavo hlodovine v žagan les, začetki izdelave končnih izdelkov pa segajo v šestdeseta leta. Najprej je podjetje LIP Bled začelo s proizvodnjo opažnih plošč in kasneje še s proizvodnjo vrat.

Delniško družbo LIP Bled danes sestavljajo naslednje enote oziroma profitni centri:

- Tovarna vrat Rečica; kjer izdelujejo notranja vrata,
- Tovarna plošč in pohištva Bohinj; tu izdelujejo opažne gradbene plošče, spalnice, jedilnice in mladinske sobe iz masivnega lesa,
- Direkcija na Rečici; opravlja vodstvene in druge skupne funkcije podjetja.

Sodobne tržne razmere z vse večjo konkurenco narekujejo investicije, s katerimi podjetje lahko sledi sodobnim evropskim in svetovnim trendom in si zagotavlja tržni delež. Tako je podjetje v letu 1997 z investicijo v novo linijo za robno obdelavo vratnih kril postalo edini proizvajalec notranjih vrat z zaobljenimi robovi t.i. soft line v Sloveniji.

Tovarna vrat Rečica je najbolj opremljena enota delniške družbe LIP Bled. Proizvaja vratna krila in podboje, ki so najpomembnejši prodajni izdelek podjetja. V tovarni je zaposlenih 245 ljudi. Na leto izdelajo 204.000 kosov vratnih kril in 122.000 kosov podbojev. Ta proizvodnja enota velja za enega večjih proizvajalcev vratnih kril in podbojev v Sloveniji. Notranjo organiziranost Tovarne Rečica sestavljajo oddelki:

- Vrata
- Furnirnica,
- Lakirnica,
- Krila,
- Montaža,
- Suhomontažni podboji,
- Masiva,
- Delavnica za posebna naročila,
- Strokovne službe.

Površinska obdelava je zelo pomembna tehnološka faza v lesarstvu, saj so od nje odvisne dekorativne in zaščitne lastnosti površine izdelka. Neposredno vpliva tudi na oblikovanje tržne vrednosti izdelka. Njena naloga je poudarjanje naravne lepote lesa (barva, tekstura), zaščita površine pred vlago, mehansko obrabo, kemičnimi reagenti ipd., obenem pa omogoča lažje in enostavnejše čiščenje ter vzdrževanje izdelka.

V podjetju LIP Bled, PC Notranja vrata poteka površinska obdelava v lakirni liniji. Tehnologija sestoji iz brusilnega dela in nanašalnih valjev. Sušenje poteka z UV sevanjem. Odločili so se, da bi izboljšali kvaliteto površinske obdelave vrat, hkrati pa bi tudi znižali stroške izdelave. To bi dosegli tako, da bi obdelovance obdelali samo z enkratnim prehodom skozi lakirno linijo.

Cilj raziskave je torej, s primerjavo dveh različnih sistemov površinske obdelave, ugotoviti, kateri sistem zagotavlja višjo končno kvaliteto in nižje stroške površinske obdelave.

## 2 SPLOŠNI DEL

### 2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

#### 2.1.1 Pojem površinske obdelave

Pojem površinska obdelava (Kotnik, 2003) 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 končne 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.

#### 2.1.2 Pomen površinske obdelave lesa

Odlika visoko kakovostnega pohištva (Kotnik, 2003) je v medsebojni skladnosti najpomembnejših lastnosti, kot so funkcionalnost, vrsta in kakovost lesnega tvoriva, lepa oblika in natančna izdelava, dekorativen videz, prijeten otip površine ter primerna mehanska obstojnost površine ter odsotnost neprijetnega vonja, ki kaže, da iz lesnega tvoriva ali filma izhlapevajo običajno celo strupene snovi. Zaradi kakršnekoli neskladnosti med navedenimi lastnostmi se pohištvo nujno uvršča v nižji kakovostni razred. Pri tem je pomen površinske obdelave izjemen. Dve skrajnosti predstavljata naslednja primera:

- pohištvo, izdelano iz manj kakovostnih tvoriv, je možno z uporabo primerne, vendar običajno zahtevnejšega postopka površinske obdelave, oplemenititi in s tem uvrstiti v višji kakovostni in cenovni razred.
- pohištvo, izdelano iz manj kakovostnih tvoriv, je mogoče s slabo izbrano in nestrokovno izvedeno površinsko obdelavo razvrednotiti v izdelek, ki najde kupca le na razprodaji.

#### 2.1.3 Naloge površinske obdelave lesa

Naloge površinske obdelave (Mihevc, 1992) so naslednje:

- poudarjanje naravne lepote lesa (tekstura, barva)
- zaščita površin pred klimatskimi, mehanskimi in kemičnimi vplivi
- povečanje tržne vrednosti izdelkov
- lažje čiščenje in vzdrževanje izdelkov

## 2.1.4 Delitev tehnoloških operacij

Glede na namen tehnoloških operacij, lahko površinsko obdelavo delimo na:

- pripravljalna dela
- dovrševalna (finalna) dela

S pripravljalnimi deli površino obdelovanca pripravimo na nanos površinskega sredstva:

- brušenje
- odstranjevanje smol in razmaščevanje
- odstranjevanje raznih madežev
- odstranjevanje ostankov lepil
- beljenje in osvetljevanje
- kitanje
- luženje

Med dovrševalna oz. finalna dela sodijo:

- nanašanje premaza in njegovo sušenje ali utrjevanje
- postopki dodatne obdelave površinske plasti, kot je npr. poliranje

## 2.2 PRIPRAVA POVRŠINE ZA NADALJNJO OBDELAVO

Pri površinski obdelavi pohištvenih elementov (Kotnik, 2003) so poleg nanašanja in sušenja posameznih sredstev za doseganje kakovostne površine zelo pomembne operacije brušenje, glajenje in odpraševanje, ki jih opravljamo v različnih fazah obdelave:

- fino brušenje in odpraševanje lesnih površin na začetku procesa;
- glajenje luženih površin pred lakiranjem;
- brušenje, glajenje in odpraševanje filma temeljnega laka (ta operacija se lahko tudi večkrat ponovi, če je v sistemu izvedenih več nanosov temeljnega laka);
- brušenje in poliranje končnega filma na visok sijaj;
- fino brušenje končnega filma na zeleno motnost.

### 2.2.1 Brušenje lesnih površin

Brušenje lesa in lesnih tvoriv (Kotnik, 2003) je zahtevno tehnološko področje. Za racionalno in kvalitetno brušenje je potrebno dobro poznavanje značilnosti lesa ter zmogljivosti razpoložljive strojne opreme. Brusimo večstopenjsko. Pri grobem predbrušenju lesa gre še za končno operacijo oblikovanja obdelovanca, saj z močnejšim odrezovanjem po vsej površini izenačujemo značilne dimenzije, zmanjšamo valovitost površine in odstranimo nečistoče. Z nadaljnjim finejšim brušenjem, ki ga opravimo v več

stopnjah z vedno finejšo zrnatostjo brusilnega sredstva, dosežemo še fino izravnavanje in odstranjevanje prostih prerezanih ter dvignjenih lesnih vlaken, ki bi se pri luženju intenzivno obarvala, povečala pa bi tudi hrapavost temeljnega filma. Razlika v zrnatosti med zaporednima stopnjama ne sme biti prevelika, saj je globlje raze, ki nastanejo na ta način, s finim brušenjem nemogoče ali le težko odstraniti. Brusimo pretežno v smeri lesnih vlaken. Izjemoma na ravnih površinah opravimo predzadnje, zelo fino brušenje, v prečni smeri, saj se na ta način dobro izenači sposobnost lesa za vpijanje lužila.

Običajno število brušenj lesnih površin, granulacije brusnega papirja ali platna in smer brušenja so naslednje:

- za lakiranje na odprte pore, brez luženja
  - 1 x 80 (100)                      vzdolžno
  - 1 x 120 (150)                    vzdolžno
  - 1 x 150 (180)                    vzdolžno
- brušenje za luženje in lakiranje na odprte pore z izenačeno barvno sliko
  - 1 x 100 (120)                    vzdolžno
  - 1 x 150 (180)                    vzdolžno
  - 1 x 320 (400)                    prečno
  - 1 x 220 (240)                    vzdolžno
- brušenje za lakiranje na zaprte pore
  - 1 x 100 (120)                    vzdolžno
  - 1 x 150 (180)                    vzdolžno
- brušenje za kit ali barvne lake na iverni ali vlaknjeni plošči
  - 1 x 100 (120)                    vzdolžno
  - 1 x 150 (180)                    vzdolžno

Najprimernejše hitrosti brusnih trakov za brušenje lesnih površin so odvisne od vrste in trdote lesa in znašajo od 8 m/s pri mehkih do 24 m/s pri trdih lesovih.

### 2.2.2 Brušenje filmov

Temeljne in končne filme brusimo na različne načine (Kotnik, 2003) in z različnimi nameni. Ravnanje površine filma je omejeno na odrezovanje mikroizboklin, ki segajo nad nek povprečni nivo (stožci laka ob stoječih lesnih vlaknih, mehurčki zraka, delci prahu, ki so se usedli na polsuho površino filma itd.) Možna stopnja ravnanja je odvisna od debeline filma laka, ki znaša pri različnih sistemih obdelave od 5  $\mu\text{m}$  do 50  $\mu\text{m}$  pri temeljnih lakih in od 100  $\mu\text{m}$  do 350  $\mu\text{m}$  pri končnih lakih za poliranje. Odvzemanje znaša pri brušenju, npr. valjčnega nanosa nitroceluloznega temeljnega laka laka (CN) do 2  $\mu\text{m}$ , pri valjčnem nanosu nitroceluloznega laka (CN) in polivretanskega laka (PU) ter pri nanosu teh lakov s polivanjem pa do 10  $\mu\text{m}$ . Pri brušenju filma v obdelavi na visoki sijaj je potrebno popolno

ravnanje do nivoja najnižjih delov neravnin. V tem primeru znaša odbrušenje tudi do 100  $\mu\text{m}$ .

Običajno število brušenj lakiranih površin, granulacije in vrste brusilnih sredstev je:

- za brušenje temeljnih lakov
- brezbarvni 1 x 220 do 280
- barvni 1 x 180 do 220
- PE kit 1 x 180 do 220
- za dobro brušenje PE lakov za dodelavo na visoki sijaj
  - 1 x 280 (320)
  - 1 x 360 (400)
  - 1 x 500
  - 1 x 600
- za motnenje z brušenjem končne površine filmov
- papir, platno 400 do 600
- brusilna krtača 360 do 400
- brusilno tkivo (valj, krpe) 400 do 600

Primerne hitrosti brusilnih trakov za brušenje laka so:

- za bolj termoplastne filme 2 m/s do 12 m/s,
- za manj termoplastne filme 10 m/s do 25 m/s.

Upoštevanje specifične lastnosti obdelovancev in brusilnih strojev je priporočljivo uporabiti podoben stroj za fino brušenje furnirja (lesa) in za brušenje temeljnega laka, seveda z ustrežno kakovostjo in granulacijo brušenega traku.

### 2.2.3 Čiščenje površine in odsesavanje prahu

Brušenju lesa in temeljnega laka (Kotnik, 2003) vedno sledi odstranjevanje brusnega prahu s površine, iz por in utorov, saj ta prah na razne načine škodljivo vpliva na kvaliteto nadaljnje obdelave:

- prah na površini poveča hrapavost naslednjega filma;
- prah nekaterih reakcijskih lakov se ne vgradi optično popolno v naslednji film, zaradi česar povzroča motnost ali sivino;
- lesni prah v večjih porah močno vpija lužilo, lahko pa tudi zadržuje zračne mehurčke pri lakiranju, kar ima za posledico nastajanje večjih, vidnih mehurčkov zraka ali par topil iz lužila, ki se razvijejo v porah šele v fazi

sušenja pri povišani temperaturi in povzročajo na temno luženih površinah zelo vidno in praktično nepopravljivo napako (ribja očesa v porah).

Pri odpraševanju lesnih površin je pomembna debelina vlaken, ki sestavljajo krtačo. Če je ta debelina večja od premera oz. širine lesnih por, je čiščenje slabo, ker ostaja prah v porah.

Na brusilnih strojih se naprave za odpraševanje obdelovane površine dograjujejo za agregati za brušenje. V uporabi so predvsem sledeče:

- vrtljiva brusilno gladilna krtača s tankim, mehkim in daljšim brusilnim vlaknom, ki dobro čisti pore, pri višjem številu vrtljajev pa pore tudi poveča in gladil površino;
- vrtljiva ali trakasta čistilna krtača z naravnimi ali z mešanico naravnih in sintetičnih vlaken, za čiščenje površine, ker manj statično nabija obdelovance;
- ionizacijska letev, dograjena tik nad potjo pomika obdelovancev (še bolje nad njim in pod njim), ki rabi za razelektritev obdelovanca;
- izpihovalna glava, kjer iz ozke prečno postavljene šobe ali iz vrste turbinskih šob piha na površino obdelovanca z veliko hitrostjo curek stisnjenega zraka, ki mu potreben tlak zagotavlja kompresor ali visokotlačni ventilator;
- krtače iz elektroprevodnih vlaken (baker, medenina, grafit, novo srebro) se uporabljajo za odvajanje elektrostatičnega naboja z izdelkov na transportnih trakovih, pri čemer so pritrjene prečno nad transporterjem in dobro ozemljene.

## 2.3 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVE LASTNOSTI

### 2.3.1 Delitev premaznih sredstev

Osnovne vrste premaznih sredstev (Kotnik, 2003) so:

- lužila,
- temeljne barve,
- kiti in polnilci por,
- brezbarvni temeljni in končni laki,
- brezbarvni in lazurni temeljni ter končni laki.

### 2.3.2 Lužila

Lužila so najpomembnejša dekorativna sredstva (Kotnik, 2003) za polepšanje in oplemenitenje površine lesnih izdelkov. Z njimi zmanjšamo preveliko ali povečamo premajhno barvno raznolikost, poživimo teksturo lesa in povečamo obstojnost oz. trajnost

barve izdelka, in sicer zaradi obstojnosti lastne barve ter zaščitnega delovanja na lesno površino pred škodljivim delovanjem svetlobe (UV sevanja).

Lužila so premazna sredstva, ki vsebujejo barvila, mikronizirane barvne pigmente ali kovinske soli (npr. kalijev dikromat, železov klorid, kromov sulfat, kobaltove in bakrove soli), raztopljene ali dispergirane v vodi in/ali organskih topilih. Običajno vsebujejo tudi majhne količine veziva.

### 2.3.2.1 Vodna lužila

Vodna lužila (Kotnik, 2003) so disperzije sintetičnih barvil (5 % do 10 %), ev. z dodatkom transparentnih pigmentov in v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva. Vsebujejo tudi pomožna sredstva za izboljšanje dispergiranja, za zmanjšanje usedanja in za upočasnenje biološkega razkroja.

Vodna lužila dobavljajo proizvajalci v prahu, ki ga pred uporabo po navodilih raztopimo v hladni ali vroči vodi. Zelene barvne učinke dosežemo z uporabo ustrezne vrste lužila in tehnike nanašanja.

Prednosti vodnih lužil:

- ekonomičnost (topilo je voda),
- manjše onesnaževanje okolja,
- zelo dobro barvanje in doseganje različnih barvnih slik,
- enostavno čiščenje nanašalne opreme (voda).

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

- kratkotrajna uporabnost pripravljenih lužil;
- močno dvigajo lesna vlakna in povečujejo hrapavost, s tem pa tudi potrebno brušenje temeljnega laka;
- slaba oprijemnost laka, če obdelovancev po luženju ne osušimo dovolj;
- pogosto slabša svetlobna obstojnost barve;
- posode in delovne naprave morajo biti iz nerjavečega jekla ali plastike.

### 2.3.2.2 Lužila na osnovi organskih topil

To so raztopine (Kotnik, 2003) sintetičnih barvil (0,5 % do 3 %) in/ali disperzije transparentnih pigmentov (3 % do 10 %) v zelo razredčeni raztopini veziva v organskih topilih, z dodatki raznih pomožnih sredstev. Večinoma jih dobavljajo že pripravljena za nanašanje ali pa jih izdelajo v višji koncentraciji, nakar jih pred uporabo po potrebi razredčimo. Z medsebojnim mešanjem različnih tonov istovrstnih lužil je možno pripraviti vmesne, individualne odtenke. Izdelujejo jih v številnih različnih vrstah, kot so npr.:

- pigmentna lužila za enakomerno in čisto barvanje trdih lesov, ki imajo manj izrazito teksturo;



- oljna lužila za rustikalno obarvanje hrasta, z oljnim vezivom in topili, ki zelo malo dvigajo lesna vlakna;
- alkoholna lužila, zelo primerna za luženje kosovnih izdelkov iz masivnega lesa, hitro se sušijo in malo dvigajo lesna vlakna.

### 2.3.2.3 Kemična lužila

Enokomponentna in dvokomponentna kemična lužila uporabljamo (Kotnik, 2003) za doseganje pozitivne barvne slike na strukturiranih in/ali primerno brušenih izdelkih iz mehkih lesov.

Pri dvokomponentnem lužilu se komponenti nanašata ločeno z brizganjem ali mazanjem; najprej predlužilo, ki vsebuje tanin ali podobne sintetične snovi, nato pa še lužilo, ki vsebuje kovinske soli (Cu, Zn), oksidant (vodikov peroksid) in amoniak. V kemijski reakciji s predlužilom nastaja barvilo na površini lesnih vlaken. Ta lužila se zaradi škodljivosti okolju opuščajo.

Sodobnejša so enokomponentna lužila s pozitivnim barvnim učinkom ali videzom »dimljene« površine, ki jih nanašamo z brizganjem s prebitkom (na mokro) in ne vsebujejo soli težkih kovin. Ker se barvilo pri teh lužilih razvije s kemijsko reakcijo šele na površini izdelka, teh lužil do nekaj ur (3 – 4) ne smemo pospešeno sušiti.

## 2.3.3 Laki

### 2.3.3.1 Nitrocelulozni laki (CN)

Nitroceluloza oziroma celulozni nitrat je celulozni ester dušikove kisline, ki nastane pri nitriranju bombaža ali lesne celuloze. Nitriranje je uvajanje nitro skupine (NO<sub>2</sub>) v organsko substanco z zmesjo koncentrirane dušikove in žveplove kisline. Zaradi krhkosti nitroceluloznega filma tem lakom dodajajo mehčala, dodatno pa CN lake izboljšamo z alkidnimi in tudi drugimi smolami. Prej naštetim sestavinam dodajo še topila in sredstva za povečanje brusnosti, za motnenje laka. Pomembne lastnosti teh lakov so dobro omakanje površine, s čimer poživijo barvo in teksturo lesa, hitrost sušenja, brusnost, enostavnost priprave in enostavnost popravila lakiranih površin. Slabe lastnosti CN lakov pa so, da ne morejo dosegati danes zahtevanega nivoja kvalitete površine in vsebujejo zelo velik delež topil, ki med utrjevanjem izhaja v ozračje.

### 2.3.3.2 Poliuretanski laki (PU)

Poliuretanski laki so danes najbolj pomembna skupina dvo- in enokomponentnih reakcijskih lakov s srednjevisoko vsebnostjo filmotvorne snovi (30 do 60) %. Poliuretanski brezbarvni laki na lesni površini tvorijo polne filme z zelo dobro oprijemnostjo, trajno elastičnostjo, žilavostjo, površinsko trdoto. Motni laki imajo zelo lep, enakomeren lesk in gladek, mehak otip. Temeljni laki se dobro brusijo, sijajni laki imajo zelo visok sijaj, le po trdoti zaostajajo za poliestrskimi laki. Z dvokomponentnimi poliuretanskimi laki obdelujemo najkakovostnejše pohištvo iz furniranih plošč, masivnega lesa in MDF plošč

(sobno in kuhinjsko pohištvo, stole, mizne plošče, mizna podnožja...). Enokomponentni PU laki pa se zaradi enostavne priprave uporabljajo za lakiranje parketa, vrat iz masivnega lesa in v mizarskih delavnicah. V splošnem so PU laki trajno elastični, imajo dobro adhezijo na les, so zelo trajni, nezahtevni za utrjevanje, radi pa porumenijo (UV svetloba), včasih počasi utrjujejo in imajo precej visoko ceno.

PU izolacije so nizkoviskozni brezbarvni laki, z manjšo vsebnostjo suhe snovi, ki 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 oprijem letih na površino.

### 2.3.3.3 Poliestrski laki (PE)

Poliestrski laki so v površinski obdelavi pohištva pomembna skupina reakcijskih lakov, pri katerih nastaja iz nizkoviskoznih izhodiščnih tekočih komponent, ki vsebujejo le malo izparljivih topil, na površini obdelovancev debel, netopen, mehansko in kemijsko zelo odporen film polimera; ta nastane z reakcijo kopolimerizacije. Parafinski tipi poliestrskih (PE) lakov vsebujejo PE smolo, stiren, parafin... Parafin v začetku utrjevanja izplava na površino, kjer tvori tanek, moten parafinski film, ki prepreči dostop zračnega kisika do utrjujočega polimera. Zračni kisik namreč zavira reakcijo utrjevanja, površina filma bi ostala neutrjena, mehka, lepljiva. Parafinski film tudi zmanjša izgubo stirena. Za obdelavo pri različnih temperaturah uporabljajo parafine z različnim tališčem. Pri brezparafinskih poliestrskih lakih so poleg nenasičene PE smole dodana še razna veziva (nitroceluloza), stiren in druga topila ter pomožna sredstva za izboljšanje površinskih lastnosti. Pri teh lakih tvori fizikalno sušeči se del veziva zaščitni film pred zaviralnim delovanjem zračnega kisika na potek reakcije kopolimerizacije in izboljša tudi sijaj filma. Poliestrski laki so sestavljeni podobno kot ostali PE laki, le da imajo poleg PE smol, stirena, polnil... dodan še fotoiniciator, ki pri obsevanju z UV svetlobo povzroči v obsevanem filmu reakcijo kopolimerizacije. Ti laki imajo dobro oprijemnost (razen na nekaterih temno obarvanih lesovih, kot so oreh, mahagoni, palisander ter pri lesovih z mastno (tik) ali smolnato površino (iglavci), ugodne mehanske lastnosti (zlasti trdoto) in kemijske lastnosti. Problematična je le odpornost filma proti svetlobi. Velikokrat se uporabljajo za zelo sijajno pohištvo ali pa se kot barvni filmi nanašajo na lesna tvoriva. Pri večjih nanosih ne smemo postavljati sveže lakirane površine v vertikalni položaj, ker lak odteka.

UV poliestrski kit (Kotnik, 1990) je brezbarven ali sivobelo, transparentno obarvan kit, z visoko vsebnostjo polnil in z morebitnim manjšim dodatkom pigmentov. Ima veliko sposobnost zapolnjevanja in dobro brusnost.

### 2.3.3.4 Poliakrilatni laki (A)

Poliakrilatni laki (kratko akrilni (A) laki) spadajo v novejšo skupino lakov. Uporaba akrilnih in akrilkopolimernih smol v sestavi lakov občutno izboljša tehnične lastnosti. Že pri CN lakih dodatek akrilne smole ali uporaba akrilmodificirane alkidne smole izboljša številne lastnosti filma.

## Sestava in lastnosti A lakov

V A 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 vsebujejo poliakrilatne smole še druge monomere, npr. stiren in viniltouen. Tehnične lastnosti poliakrilatne smole so zelo odvisne od tipa uporabljenih izhodnih snovi. Polimer akrilne kisline je znatno mehkejši od polimera metakrilne kisline. Trdota polimera zavisi od dolžine in razvejanosti alkohola v estru: polimetilmetakrilat je najtrši in v bencinu netopen, polietilheksilmetakrilat pa je mehak, v bencinu topen polimer, ki tvori celo lepljiv film. S primerno kombinacijo monomerov je možno izdelati zelo raznovrstne poliakrilate.

Čisti poliakrilatni 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 poliakrilatne smole se uporabljajo v obliki raztopin v organskih topilih. So termoplastične in sposobne samozamreženja pri povišani temperaturi ali z dodatkom kisline (akrilamidni tipi). V dvokomponentnih lakih pa se kot reakcijske komponente v utrjevalcih uporabljajo melaminske smole ali izocianati. Akrilnosmolne disperzije imajo mnogo nižjo viskoznost od raztopin v organskih topilih. Iz tega razloga je to tudi najpomembnejše vezivo v vodnih lakih, ki jih vse hitreje razvijajo. Z dodajanjem ustreznega monomera in fotoiniciatorja se izdelujejo zelo reaktivni barvni in brezbarvni laki za utrjevanje z UV sevanjem, ki vsebujejo zelo malo izparljivih organskih topil (3 % do 10 %).

### 2.3.3.5 Vodni laki (V)

Vodni laki so skupina z vodo razredljivih lakov, pri katerih se uporabljajo najrazličnejše vrste veziv, z manjšo vsebnostjo organskih topil ali celo brez njih, ki so dispergirana v razredčilu – vodi. Disperzijske lake razredčujemo z vodo. Stopnja razredčenja je pri nekaterih omejena na določeno razmerje, pri drugih pa neomejena. Vsi ti laki vsebujejo v svoji sestavi od 2 % do 10 % težje hlapnih organskih topil, od 30 % do 70 % snovi, ki tvorijo filme, preostalo pa je ceneno in okolju neškodljivo redčilo – voda.

Po velikosti delcev veziva se laki razvrščajo v:

- raztopinske, z velikostjo do  $(1 \times 10^{-9})$  m;
- koloidne disperzije, z velikostjo pod  $(1 \times 10^{-4})$  m;
- emulzijske, z delci nad  $(1 \times 10^{-4})$  m.

V vodnih lakih za površinsko obdelavo lesnih tvoriv, papirja in umetnih mas se najpogosteje uporabljajo naslednje vrste veziv oz. disperzij:

- poliakrilatne,
- poliuretanske,

- akril-stiren kopolimerne,
- nenasičene poliestrske,
- vinil-propionat-akrilne,
- akril-poliuretan kopolimerne,
- polikondenzacijske s kislim utrjevalcem.

Po načinu sušenja in utrjevanja so vodni laki fizikalno se sušeči, z eventualnim nadaljnjim kemijskim ali sevalnim (UV,IR) utrjevanjem. Pri fizikalno se sušečih lakih v prvi fazi sušenja izparevajo organska topila, v drugi fazi pa voda. Ob koncu prve in v začetku druge faze sušenja poteka poleg izparevanja še zelo pomemben proces zlivanja vedno bolj koncentriranih kapljic dispergirane polimernega veziva v homogen film. Za pravilen potek tega procesa je potrebna določena minimalna temperatura laka, zraka in obdelovanca, ki je za večino vodnih lakov 18 °C ali več. Pri nižji temperaturi preostanejo v filmu vključki vode, kar povzroči sivo motnost filma. Zaradi tega dejstva in zaradi znatnega pospeševalnega učinka je zelo primerno sušenje pri povišani temperaturi in s pomočjo IR sevanja. Za hitro sušenje se že uspešno uporablja tunele z mikrovalovnimi (MV) generatorji ali z agregati, ki sušijo zrak v sušilniku na relativno vlažnost pod 10 %. Najprimernejša količina posameznega nanosa znaša med 80 g/m<sup>2</sup> do 100 g/m<sup>2</sup>. Sušenje pri normalnih pogojih traja za posamezni nanos 2 h do 3 h. Pri povečani relativni vlažnosti se hitrost sušenja še zmanjša. Hitrost sušenja se pri normalni in povišani temperaturi znatno poveča, če je površina obdelovanca predhodno segreta na temperaturo 40 °C do 50 °C.

Predgrevanje lesnih obdelovancev ima ugoden učinek tudi v smislu zmanjševanja hrapavosti temeljnega filma, saj se zaradi hitrejšega sušenja prosta lesna vlakna manj dvignejo nad površino, izboljša pa se tudi razlivanje vodnega laka.

## 2.4 NAČINI NANAŠANJA PREMAZNIH SREDSTEV

Nanašanje premaznih sredstev (Kristan, 2004) je pomembna faza površinske obdelave, ki je odvisna od medsebojnega učinka več dejavnikov:

- geometrije izdelka,
- vrste in vlažnosti lesa,
- priprave površine,
- možnih načinov nanašanja in vrste nanašalne opreme,
- vrste premaznega sredstva (zahteve kupca),
- razmer v lakirnici.

Poznanih je več načinov nanašanja premaznih sredstev:

- polivanje,
- valjanje,
- potapljanje,
- oblivanje,

- razprševanje (brizganje) ki je:
  - zračno, brezračno in kombinirano,
  - toplo in vroče,
  - z rotacijskimi napravami,
  - elektrostatično,
  - robotizirano.

## 2.4.1 Valjanje

V sodobnih racionalnih in ekološko ugodnih sistemih obdelave ravnih površin z laki z visoko vsebnostjo filmotvorne snovi za UV utrjevanje, je valjanje najpomembnejša tehnika nanašanja.

### 2.4.1.1 Agregat s sosmernim (relativnim) vrtenjem valjev

Sestavni deli agregata so:

- gladek kovinski dodajalni valj (DV);
- nanašalni valj (NV) z gladko gumeno oblogo različne trdote, z najmehkejšo za lužila in z najtršo za PE lake, oba valja imata običajno skupen pogon;
- obtočni sistem za premazno sredstvo, na novejših strojih z membransko črpalko, na starejših z vijačno;
- za čiščenje nanašalnega valja je pri agregatu za nanos laka lahko prigraven prečno oscilirajoči nož.

Agregat s sosmernim vrtenjem valjev je primeren za nanašanje lužil ter nizkoviskoznih temeljnih lakov in impregnacij, ki se dobro razlivajo, v nanosu  $10 \text{ g/m}^2$  do  $30 \text{ g/m}^2$ . Naneseni film je dokaj neenakomeren, kar je posledica neugodnih enako hitrih istosmernih gibanj na črti oblikovanja filma med DV in NV ter na črti prenosa filma z NV na površino obdelovanca. Če omogoča agregat ločeno nastavitev hitrosti transporta in NV, se v primeru, da je hitrost transporta večja od obodne hitrosti NV, enakomernost filma izboljša, ker se s tem film razteza, nanos pa zmanjša. V nasprotnem primeru se povečata nanos in neravnost filma. Pri različnih hitrostih je obraba nanašalnega valja večja. Nepravilnosti v nanosu na prednjem in zadnjem robu plošče so neznatne.

### 2.4.1.2 Agregat z delno nasprotnosmernim (reverznim) vrtenjem valjev

Sestavni deli agregata so:

- gladek kovinski dodajalni valj (DV) z neposrednim variacijskim pogonom, ki običajno omogoča vrtenje v obe smeri;
- nanašalni valj (NV) z gladko gumeno oblogo različne trdote, z najtršo za PE lake, z variacijskim pogonom;
- oscilirajoči nož (N) na DV in eventualno tudi na NV;

- obtočni sistem za premazno sredstvo, na novejših strojih z membransko črpalko, na starejših z vijačno.

Nekatere novejšje izvedbe imajo med dodajalnim valjem in nanašalnim valjem še en vmesni transferni valj (TV), ki izboljša enakomernost filma.

Vrtenje nanašalnih valjev je sosmerno z gibanjem obdelovanca, vrtenje dodajalnih valjev pa je nasprotnosmerno z nanašalnim valjem. Razmerje hitrosti dodajalnih valjev proti hitrosti nanašalnih valjev je variabilno. Razlike v hitrosti med dodajalnim valjem, nanašalnim valjem in obdelovancem omogočajo variacijo nanosa ob primerni enakomernosti filma premaza.

Agregat je primeren za nanašanje srednje- in visokoviskoznih temeljnih ( $10 \text{ g/m}^2$  do  $30 \text{ g/m}^2$ ) ter nizkoviskoznih končnih lakov ( $10 \text{ g/m}^2$  do  $20 \text{ g/m}^2$ ).

#### 2.4.1.3 Agregat s popolnim nasprotnosmernim (reverznim) vrtenjem valjev

Sestavni deli agregata so:

- gladek kovinski dodajalni valj (DV) z variacijskim pogonom;
- nanašalni valj (NV) z gladko gumeno oblogo različne trdote, z najtršo za PE lake, z variacijskim pogonom;
- obtočni sistem za premazno sredstvo, na novejših strojih z membransko črpalko, na starejših z vijačno;
- oscilirajoči nož (N) na DV in NV.

Vrtenje DV je nasprotnosmerno NV, vrtenje NV pa nasprotnosmerno z gibanjem obdelovanca. Omogoča nanose v velikem razponu od  $10 \text{ g/m}^2$  do  $30 \text{ g/m}^2$ . Zaradi nasprotnosmerne gibanja NV in obdelovanca je obraba NV velika, zato se ta agregat ne uporablja samostojno, ampak le v kombinaciji s predhodnim delno nasprotnosmernim agregatom, ki nanaša osnovni film. Nanašalni valj (NV) agregata s popolnim nasprotnosmernim »reverznim« vrtenjem valjev ima dvojno vlogo: rabi za vtiskovanje predhodnega filma v pore in njegovo ravnanje ter za nanašanje dodatnega filma. Pomanjkljivost tega agregata je, da pri večjih nanosih nekoliko zaliva prednji rob plošče.

#### 2.4.1.4 Tipični valjni nanašalniki

Valjni stroji so sestavljeni iz enega ali več nanašalnih agregatov, variabilnega valjnega ali tračnega transporterja, ki je lahko tudi v podtlačni izvedbi, protipritisnega valja pod nanašalnim valjem, črpalke za obtok premaznega sredstva (klasične vijačne, membranske, batne ali zobniške). Vsak agregat ima lahko svojo črpalko ali pa imajo vsi skupno. Če je stroj postavljen v linijo, je običajno izdelan tako, da je bočno premičen na kolesih po ustreznih tirnicah. Zunaj linije je bolj dostopen za čiščenje. Lahko pa je pred in za strojem dvižno izveden transporter.

#### 2.4.1.5 Valjčni stroji za nanos lužila

Sestava stroja:

Osnovni je nanašalni agregat z istosmernim vrtenjem valjev. Obloga nanašalnega valja je lahko penasta guma za nanos vodnih lužil ali pa mehka guma z ustrezno obstojnostjo proti organskim topilom za vse druge vrste lužil. Nanašalni agregat je pri sodobnih strojih izdelan kot samostojna bočno izvlečna enota. Transporter je običajno trakast, z variacijo hitrosti, teče po daljši mizi, ki dopušča nameščanje dodatnih delovnih agregatov za izboljšanje učinka luženja. Sodobni stroji so izdelani modularno: nanašalni del s svojim transporterjem ter posebej transportna miza z želeno sestavo dodatnih delovnih agregatov.

### 2.5 UTRJEVANJE PREMAZOV

Z utrjevanjem označujemo proces prehoda premaza iz tekočega v trdno agregatno stanje oz. proces nastanka filma na površini.

#### 2.5.1 Kemično utrjevanje

Pri kemičnem utrjevanju polimeri bodisi šele nastajajo (različni procesi polimerizacije, polikondenzacije...) ali pa pride do zamreženja med makromolekulami, ki so bile v premaznem pripravku. V tem primeru so sestave večinoma take, da nastane na površini film, ki ima bolj ali manj izražene lastnosti duromera. To pomeni, da je odporen proti različnim topilom, pri visokih temperaturah se ne stali, temveč razpade, v primerjavi s termoplasti ima višjo trdoto, a je zato bolj krhek. Do utrjevanja lahko pride zaradi reakcije s snovmi, ki niso bile v samem premazu, ampak v zraku ali v lesu. To sta najpogosteje kisik iz zraka ali pa vodna para v zraku ali v lesu. Premazi so lahko sestavljeni tako, da kemično utrjevanje poteče zaradi reakcije med komponentami premaza, ki se sproži šele po nanosu. Pri dvokomponentnih sistemih mešanico pripravimo tik pred nanosom ali celo med postopkom nanašanja. Potrebne sestavine za reakcijo so v obeh komponentah. Premaz je lahko tudi enokomponenten, v tem primeru spremenimo po nanosu zunanje pogoje tako, da sprožimo kemično reakcijo (z dvigom temperature ali pa z obsevanjem z UV svetlobo).

#### 2.5.2 Fizikalno utrjevanje

Fizikalno utrjevanje lahko poteka na več načinov. Praškaste premaze, ki ne vsebujejo topil, po nanosu segrejemo, da se stalijo in razlijejo po površini ter nato ohladimo, pri čemer pride do tvorbe filma. Pri običajnih tekočih premazih pa poteče izparevanje tekočih oz. hlapnih komponent. Pri fizikalnem utrjevanju so komponente veziva (makromolekule) med seboj povezane le s šibkimi fizikalnimi silami – tak način je značilen za termoplaste. Če termoplastni premaz segrevamo, se bo pri določeni temperaturi zmečkal in nato stalil. Poleg tega je pomembno, da so termoplastni premazi velikokrat topni v prvotnih topilih.

### **3 MATERIAL IN METODE**

#### **3.1 TEHNOLOŠKI PROCES LAKIRNE LINIJE**

V obrat Lakirnica pridejo vratna krila iz obrata Krila po prečni talni mehanski transportni napravi. Od tu delavci zložaje vratnih kril, s pomočjo talnih mehanskih transportnih naprav, transportirajo na mehansko transportno napravo. Iverne plošče za podboje se ravno tako dostavijo na to mesto s pomočjo sistema talnih mehanskih transportnih naprav.

Iz mehanske transportne naprave bo pnevmatska transportna naprava obdelovanec predstavila na mehansko transportno napravo. Za transportno napravo bo v lakirni liniji nameščena obračalna naprava. Tej napravi bo sledila mehanska transportna naprava, ki bo služila za povezavo z večtračnim širokotračnim brusilnim strojem. Na tem stroju se bo izvajalo brušenje nelakirane površine vratnih kril in ivernih plošč za podboje, najprej



prečno in nato še dvakrat v vzdolžni smeri, na enak način kot se vrši na obstoječi liniji. Večtračnemu širokotračnemu brusilnemu stroju bo sledila mehanska transportna naprava, nad katero bo nameščeno ogledalo, ki bo pomagalo delavcu pri opravljanju kontrole površine po brušenju. Naslednja naprava v liniji bo stroj za nanašanje lakov z valji, na katerem se bo nanašal sloj UV temeljnega laka. Sledil bo sušilnik za lak – UV modul z enim žarilnikom, ki bo pospešil utrjevanje nanosenega sloja. Naslednja naprava bo stroj za nanašanje UV temeljnega laka. Sledil bo sušilnik za lak – UV modul z enim žarilnikom, ki bo pospešil utrjevanje nanosenega sloja. Naslednja naprava bo stroj za nanašanje UV temeljnega laka z valji z dvema nanašalnima mestoma. Od vrste nanosa in površine, na katero bomo nanašali, bo odvisno, ali se bo nanos vršil na obeh nanašalnih mestih ali samo na enem. Za utrjevanje nanosa nam bo služil sušilnik za lak – UV modul s štirimi žarilniki. Za transport obdelovanca med strojem za nanašanje lakov z valji in sušilnikom za lak – UV modulom bomo imeli nameščeno mehansko transportno napravo. Nato se bo obdelovanec po mehanski transportni napravi pripeljal do večtračne širokotračne brusilke temeljnega laka. Brušenje bo potekalo najprej v prečni smeri in nato dvakrat v vzdolžni smeri. Sledili bodo mehanska transportna naprava in stroja za nanašanje lakov z valji. Na strojih za nanašanje lakov z valji se bo na obdelovance nanašal beli temelj, ki se bo utrjeval zaradi delovanja sušilnika za lak – UV modula s štirimi žarilniki. Nato bodo nameščeni pospeševalna mehanska transportna naprava, kotna mehanska transportna naprava, ki bo smer potovanja obdelovancev spremenila za 180°, ter naslednja mehanska transportna naprava. Tej napravi bo sledil večtračni širokotračni brusilni stroj za nanos lužila ali laka za tonirano površino. Sušenje tega nanosa bosta povzročala odparjalni kanal in šobni sušilnik za lak. Sledil bo nanos pokrivnega laka na stroju za nanašanje lakov z valji. Med sušilnikom za lak – UV modulom s štirimi žarilniki in mestom nanašanja pokrivnega laka bo nameščen odparjalni kanal. Sušilniku za lak – UV modulu s štirimi žarilniki bo sledila mehanska transportna naprava, nakar bo nameščena obračalna naprava. Sledili bosta mehanski transportni napravi. Na mehanski transportni napravi bo zaradi opravljanja kontrole površine nameščeno ogledalo. Od tu bo obdelovanec prišel na mehansko transportno napravo s pozicioniranjem, od koder ga bo pnevmatska transportna naprava preložila na mehansko transportno napravo.

Zložaji ivernih plošč za podboje se bodo s pomočjo talnih mehanskih transportnih naprav in viličarja transportirali v oddelek Suhomontažni podboji.

Vratna krila bodo iz mehanske transportne naprave s pomočjo talnih mehanskih transportnih naprav ročno prepeljana na mehansko transportno napravo. Tako se bo začel drugi prehod vratnega krila, v katerem se bodo postopki obdelave ponovili na drugi strani vratnega krila.

Po drugem prehodu vratnega krila bodo zložaji le-teh iz mehanske transportne naprave po talnih mehanskih transportnih napravah prepeljani v oddelek Montaža.

## 3.2 MATERIALI

### 3.2.1 Materiali pri obstoječem površinskem sistemu

Temelj: beli plantag 71809

- proizvajalec: Plantag weg 34 - 38 D - 32758 Detmold, Nemčija.
- UV akrilni lak, belo pigmentiran
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: belo pigmentiran
- vezivo: ni podatka
- gostota:  $1,52 \text{ g/m}^3$  pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- viskoznost: 120 s - 140 s pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- topnost v vodi: ni topno

Lužilo: plantag 71781

- proizvajalec: Plantag weg 34 - 38 D - 32758 Detmold, Nemčija.
- lužilo, belo pigmentirano
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: belo pigmentiran
- vezivo: ni podatka
- gostota:  $1,26 \text{ g/cm}^3$  pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- viskoznost: 42 s - 45 s pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- topnost v vodi: ni topno

Pri lužilu smo merili delež suhe snovi oz. telesnino. Merjenje smo izvajali zato, ker nismo imeli podatka o količini hlapnih snovi v lužilu. Na lakih pa teh meritev nismo opravljali zaradi tega, ker nam je podatke o deležu suhe snovi že podal proizvajalec.

Končni akrilni pokrivni beli lak plantag 71450

- proizvajalec: Plantag weg 34 - 38 D - 32758 Detmold, Nemčija.
- UV akrilni lak, belo pigmentiran
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: belo pigmentiran
- vezivo: ni podatka
- gostota:  $1,48 \text{ g/m}^3$  pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- viskoznost: 90 s - 110 s pri  $20 \text{ }^\circ\text{C}$
- topnost v vodi: ni topno

### 3.2.2 Materiali pri predlaganem površinskem sistemu

Temelj: HELIOS 17128

- proizvajalec: Helios, Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo 2, 1230 Domžale, Slovenija.
- lak na osnovi akrilatnih oligomerov, nenasičenih poliestrskih smol in organskih topil
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: ni podatka
- vezivo: ni podatka
- gostota: (1,19 kg/l - 1,27 kg/l)
- viskoznost: 100 s - 200 s pri 20 °C
- vsebnost suhe snovi: (91 % - 100 %)

Temelj: beli plantag 71809

- proizvajalec: Plantag weg 34 - 38 D - 32758 Detmold, Nemčija.
- UV akrilni lak, belo pigmentiran
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti (belo pigmentiran)
- vezivo: ni podatka
- gostota: 1,52 g/m<sup>3</sup> pri 20 °C
- viskoznost: 120 s - 140 s pri 20 °C
- topnost v vodi: ni topno

Lužilo: plantag 71781

- proizvajalec: Plantag weg 34 - 38 D - 32758 Detmold, Nemčija.
- lužilo, belo pigmentirano
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: belo pigmentiran
- vezivo: ni podatka
- gostota: 1,26 g/cm<sup>3</sup> pri 20 °C
- viskoznost: 42 s - 45 s pri 20 °C
- topnost v vodi: ni topno

Končni prozorni lak HELIOS 17134

- proizvajalec: Tovarna barv, lakov in umetnih smol Količevo 2, 1230 Domžale, Slovenija.
- lak na osnovi akrilatnih oligomerov in monomerov
- način utrjevanja: kemijsko utrjevanje
- pigmenti: ni podatka

- vezivo: polimernega veziva
- gostota: 1,16 kg/l
- viskoznost: 90 s - 120 s pri 20 °C
- topnost v vodi: ni topno
- vsebnost suhe snovi: 100 %

### 3.2.3 Podlaga

Površina, na katero smo nanašali premazna sredstva, je bila vedno beli jesen (*Fraxinus alba Marshall*). Jesenov furnir pa je imel za podlago iverne plošče različnih debelin, te so ponavadi namenjene za podboje in vratna krila. Iverne plošče za podboje so ponavadi debelejšje kot za vratna krila.

## 3.3 PRIPRAVA PRESKUŠANCEV

### 3.3.1 Obstoječi postopek površinske obdelave furnirja

#### 3.3.1.1 Obstoječi postopek, prvi prehod

V furnirnici smo narezali vzorce furnirja belega jesena v velikosti (200 mm x 500 mm x 2 mm), ki smo jih nato z dvostranskim lepilnim trakom nalepili na vratna krila velikosti (1000 mm x 1000 mm). Na ena vratna krila smo nalepili po tri vzorce furnirja. Vratna krila smo prižagali po širini na velikost (1000 mm x 1000 mm). Površine pripravljenih vzorcev smo najprej pripravili z brušenjem za nadaljnjo obdelavo. Princip brušenja brusilke (TAGLIABUE je prečno – vzdolžno – vzdolžno – vzdolžno).

Po prehodu skozi brusilko smo vzorce vzeli z linije, jih odlepili z vratnih kril in jih stehali na dve decimalki natančno.

Kasneje smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila in z valjčno nanašalko z enim valjem nanesli beli UV – temelj z oznako plantag 71809. Po utrjevanju pod eno UV žarnico in tehtanju, je sledilo brušenje (TAGLIABUE, vzdolžno – vzdolžno – vzdolžno) in ponovno tehtanje.

Kasneje smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila in z lužilnim strojem z gumijastim valjem nanesli lužilo (plantag 71781). Vzorce smo nato stehali.

#### 3.3.1.2 Obstoječi postopek, drugi prehod

Po prvem prehodu skozi linijo smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila in z valjčno nanašalko z enim valjem nanesli UV – beli temelj (plantag 71809). Utrjevanju pod štirimi

živosrebrnimi žarnicami je sledilo tehtanje in brušenje temeljnega laka ter ponovno tehtanje. Princip brušenja brusilke (TAGLIABUE) je vzdolžno – vzdolžno – vzdolžno.

Kasneje smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila, z lužilnim strojem nanesli lužilo (plantag 71781), tako kot je bilo že opisano in izvedli tehtanje.

Sledil je nanos UV akrilnega belega laka (plantag 71450) in sicer z enovaljčno nanašalko. Po utrjevanju pod eno žarnico je sledil nanos še ene plasti laka z enovaljčno nanašalko, utrjevanje s štirimi žarnicami in tehtanje.

### **3.3.2 Postopek površinske obdelave po predlaganem sistemu**

Pri predlaganem sistemu nanašanja premaza preizkušanci skozi lakirno linijo potujejo le enkrat.

V furnirnici smo narezali vzorce furnirja jesena velikosti (500 mm x 200 mm x 2mm), ki smo jih nato nalepili z dvostranskim lepilnim trakom na vratna krila velikosti (1000 mm x 1000 mm x 20 mm). Na ena vratna krila smo nalepili po tri vzorce furnirja. Vratna krila smo prižagali po širini tako, da smo dobili velikost (1000 mm x 1000 mm x 20 mm). Površine pripravljenih vzorcev smo najprej z valjčno brusilko pripravili za nadaljnjo obdelavo. Princip brušenja brusilke (TAGLIABUE) je prečno – vzdolžno – vzdolžno – vzdolžno.

Po prehodu skozi brusilko smo vzorce furnirja odlepili z vratnih kril. Obrušenim vzorcem smo določili maso s samim tehtanjem na dve decimalki natančno.

Kasneje smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila in z valjčno nanašalko nanesli temeljni lak z oznako HELIOS 17128. Temeljni lak smo najprej nanašali z valjčno nanašalko z enim valjem. Nato je sledil prehod pod živosrebreno UV žarnico. Sledilo je nanašanje temeljnega laka še na valjčni nanašalki z dvema valjema. Nato je bilo na vrsti utrjevanje s štirimi živosrebrnimi UV žarnicami. Vzorce smo nato vzeli z linije, jih odlepili z vratnih kril in določili maso s tehtanjem na dve decimalki natančno.

Po tehtanju smo vzorce nalepili nazaj na vratna krila in spustili skozi brusilni stroj za temeljni lak. Po prehodu skozi brusilko smo vzorce vzeli z linije in s tehtanjem določili njihovo maso. Princip brušenja brusilke (COSTA) je vzdolžno – vzdolžno.

Kasneje smo vzorce ponovno nalepili na vratna krila in z valjčno nanašalko z enim valjem nanesli beli temelj z oznako plantag 71809. Sledil je prehod pod živosrebrno UV žarnico. Nato smo temelj nanesli še z enim valjem dvovaljčne nanašalke. Na koncu smo izvedli še utrjevanje s štirimi UV žarnicami. Vzorce smo nato vzeli z linije, jih odlepili z vratnih kril in določili njihovo maso.

Po tehtanju smo vzorce nalepili nazaj na vratna krila in spustili skozi brusilni stroj za temeljni lak. Po prehodu skozi brusilko smo vzorce vzeli z linije, jih odlepili z vratnih kril in določili njihovo maso. Princip brušenja brusilke (TAGLIABUE) je vzdolžno – vzdolžno – vzdolžno.

Ko je bilo končano nanašanje temeljev, smo nadaljevali z nanašanjem lužila po temelju ter končnega laka. Z lužilnim strojem smo nanесли lužilo plantag 71781. Lužilo smo nanašali z gumijastim valjem. Po luženju smo, kot v prejšnjih primerih, določili maso vzorcev.

Sledila je še obdelava s končnim prozornim lakom HELIOS 17134:

- nanos na valjni nanašalki z enim valjem
- utrjevanje s živosrebrovo UV žarnico
- nanos laka na nanašalki z enim valjem
- utrjevanje s štirimi UV žarnicami
- tehtanje vzorcev

### 3.3.3 Priprava vzorcev za oceno

Za oceno kakovosti površine smo pripravili preizkušance za vsak sistem posebej po že opisanih postopkih nanašanja in utrjevanja.

Kakovost površine smo ocenjevali na vzorcih velikosti (500 mm x 500 mm), ki so bili nalepljeni na iverno ploščo debeline 22 mm in dimenzije (500 mm x 500 mm). Pripravili smo po šest preizkušancev za vsak sistem posebej, izmed katerih smo za meritve izbrali po dva najboljša, brez odrgnin.

### 3.4 MERITVE

Kvaliteto utrjenih filmov smo ugotavljali iz rezultatov naslednjih meritev oz. preizkusov:

- delež suhe snovi (telesnina)
- debelina suhega filma laka (mikroskopska metoda)
- oprijemnost s križnim rezom
- prožnost (metoda po Petersu)
- odpornost proti razenju
- odpornost proti suhi toploti
- odpornost proti udarcem
- odpornost proti tekočinam
- sijaj

- barva

### 3.4.1 Določanje deleža suhe snovi

Delež suhe snovi smo določili po standardu (SIST EN ISO 3251, 2003). Najprej smo urna stekla dali sušiti v sušilnik in jih po sušenju stehtali. Nato smo na vsako urno steklo natehtali približno 1 g premaza in dali sušiti v sušilnik pri temperaturi 105 °C za eno uro. Izvajali smo po štiri meritve. Po opravljenem sušenju smo vzorce dali v eksikator, da se ohladijo. Nato je sledilo še tehtanje.

Delež suhe snovi smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\text{delež suhe snovi} = (m_s / m_m) \times 100 \% \quad \dots(1)$$

$m_s$  masa suhega sredstva (g)

$m_m$  masa mokrega sredstva (g)

### 3.4.2 Določanje suhega filma laka z mikroskopsko metodo

Debelino suhega filma laka smo merili po mikroskopski metodi (SIST EN ISO 2808, 1999). Iz vzorca smo izžagali (prečno na potek vlaken) približno 5 cm dolg in 1 cm širok manjši vzorec, za vsak sistem po enega. S stereolupo smo določili debelino suhega filma premaza v prečnem prerezu. Izvedli smo nekaj meritev na reprezentativnih delih celotnega filma. Rezultate smo izrazili v  $\mu\text{m}$  in podali povprečno vrednost. Mikroskopska metoda je ena najbolj zanesljivih metod merjenja debeline suhega filma.

### 3.4.3 Določanje oprijemnosti z metodo križnega reza

Postopek s križnim rezom smo izvedli po metodi (SIST EN ISO 2409, 1997). Po tej metodi smo s standardiziranim rezilom križno zarezali po površini površinskega sistema. Pri tem smo uporabili rezili z 1 mm in 2 mm razmikom med posameznimi noži. V površino smo zarezali pod kotom 45° glede na potek lesnih vlaken. Pri tem smo pazili, da smo zarezali vse do podlage. Tako smo dobili mrežo, v kateri je prišlo do eventualnega odluščenja premaza zaradi bočnega izpodrivanja noža. Po zarezovanju smo površino skrtačili in poškodbe ocenili s pomočjo lupe. Oceno od 0 do 5 smo dodelili na podlagi deleža odluščenega filma laka. Opravili smo po 10 meritev za vsak sistem. Poleg oprijemnosti na podlago lahko s to metodo ocenjujemo tudi oprijemnost med posameznimi sloji premazov, sočasno pa še druge tehnične lastnosti, npr. prožnost, trdoto idr.

### 3.4.4 Določanje prožnosti z metodo po Petersu

Prožnost filma laka oz. premaznega sistema smo ugotavljali z metodo po Petersu. Z rezilom smo pod kotom  $30^\circ \pm 10^\circ$  zarezovali utrjeni film vse do podlage. Nastajali so

odrezki oz. struglji različnih oblik in dimenzij. Prožnost filma laka smo ocenili, tako kot je opisano v preglednici 1.

Preglednica 1: Definicija ocen prožnosti po metodi po Petersu.

Ocena	Opis
1	na dolžini vsaj 30 mm je bil odrezan kompakten strugelj (zelo prožen lak);
1.1	strugelj filma laka je kompakten, mehek in se pri zarezovanju ne zavija;
1.2	strugelj se pri zarezovanju zavija, toda dopušča, da ga brez poškodb ponovno izravnamo in zgladimo;
1.3	med zarezovanjem se strugelj zavije v kodre, ki jih ne moremo izravnati, ker se zaradi obremenjevanja lomijo;
2	med zarezovanjem nastajajo delci filma laka velikosti 3 do 30 mm;
3	med zarezovanjem nastajajo delci filma laka manjši od 3 mm, prašnate oblike (neprožen, krhek lak).

### 3.4.5 Določanje odpornosti proti razenju

To lastnost smo določali po metodi (SIST EN ISO 1518, 2001). Uporabljali smo tako imenovani vzmetni svinčnik, v katerem je vstavljena igla s konico poloblaste oblike premera 1 mm. Obremenitev na konico je lahko različna, kar nastavljamo s premikanjem drsnega obroča, s katerim stiskamo ali raztegujemo znotraj vstavljeno vzmet. Razili smo prečno na potek vlaken. Trdoto preizkušene površine definiramo s silo, ki je bila nad zaokroženo iglo potrebna za tvorbo sledi, vidne s prostim očesom.

### 3.4.6 Odpornost proti suhi toploti

Odpornost proti suhi toploti smo izmerili po metodi (SIST EN 12722, 1997). Na površino preizkušanca smo za 20 min položili aluminijast blok, segret v peči na temperaturo 180 °C. Po pretečenem času smo blok odstranili, nastale poškodbe pa ovrednotili, tako kot je prikazano v preglednici 2.

Preglednica 2: Ocenjevanje poškodb pri testu po SIST EN 12722.

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



1	Večja poškodba z jasno vidno spremembo v barvi ali strukturi površine
---	---

### 3.4.7 Odpornost proti udarcem

Odpornost proti udarcem smo izvedli po metodi (SIST ISO 4211-4, 1995). S spuščanjem 500 g uteži z različnih višin (10 mm, 25 mm in 50 mm) na jekleno kroglico premera 14 mm. Z vsake višine smo opravili po 5 udarcev. Linija udarcev z iste višine je potekala pravokotno na usmeritev vlaken.

Po opravljeni nalogi smo površino pazljivo pregledali in ocenili odpornost proti udarcem s številčnimi vrednostmi, kot je to opisano v preglednici 3.

Poleg številčne ocene smo po standardu izmerili še premer nastalih deformacij oz. udrtin.

Preglednica 3: Ocenjevanje poškodb po SIST ISO 4211-4.

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

### 3.4.8 Odpornost proti tekočinam (tekočim reagentom)

Odpornost proti tekočinam (tekočim reagentom) smo določili po metodi (SIST EN 12720, 1997). Filtrirni papir z gramaturo 450 g/m<sup>2</sup> in premerom 25 mm smo pomočili za 30 s v izbrano preizkusno tekočino s temperaturo (23 ± 2 °C). Izbrane tekočine so bile vodna raztopina alkohola (48 %), voda, olje, aceton, bazična, kislina raztopina in čistilno sredstvo. Po 20 s smo papir s pinceto vzeli iz tekočine, narahlo obrisali in postavili na površino preizkušanca. Disk smo takoj pokrili s stekleno čašo z ravnim robom, premerom 40 mm in višino 25 mm. Po pretečenem času izpostavitve smo vse skupaj odstranili, preostanek tekočine pa smo brez drgnjenja popivnali z vpojnim papirjem. Po 2 min do 24 h smo površino z rahlim drgnjenjem očistili. Uporabili smo belo krpo, ki smo jo pri prvem čiščenju omočili v raztopini standardiziranega čistilnega sredstva, pri drugem pa samo v vodi. Na koncu smo površino še obrisali s suho krpo. 30 min po končanem čiščenju smo površino pregledali in na podlagi poškodb s številčnejšimi vrednostmi ocenili njeno odpornost proti izbrani hladni tekočini pri izbranem času izpostavitve (preglednica 4).

Preglednica 4: Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam.

Ocena	Opis
5	ni nobenih sprememb
4	majhne spremembe v sijaju ali barvi, vidne le v soju odbite svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest
3	manjše poškodbe, vidne iz več zornih kotov, npr. vidno celotno mesto izpostavitve filtrirnega tampona ali čaše
2	večja poškodba, struktura površine večinoma nespremenjena
1	večja poškodba s spremenjeno strukturo površine ali popolnoma ali delno odstranjen površinski sloj ali pa se filtrirni papir lepi na površino

### 3.4.9 Merjenje sijaja

Stopnjo sijaja oziroma motnosti merimo pri popolnoma suhih/utrjenih filmih končnih lakov. Merili smo po metodi (SIST EN ISO 2813, 1999). Sijaj smo merili z ročnim merilcem glossmaster pri vpadnem in odbojnem kotu 60°. Merili smo vzdolžno in prečno na vlakna.

Sijaj smo pri vsakem vzorcu izmerili dvajsetkrat prečno in dvajsetkrat vzdolžno.

### 3.4.10 Merjenje barve

Barvo smo merili pri popolnoma suhih/utrjenih površinskih sistemih. Merili smo po CIE-L\*a\*b\* sistemu vrednotenja barv, Colour Difference Measuring Instrument Micro Color. Z merilno odprtino premera 15 mm. Opravili smo po 20 meritev na različnih mestih za vsak sistem posebej. Na koncu smo podali povprečno vrednost (numerične barvne vrednosti L\*a\* in b\*).

Barvne razlike  $\Delta E$  smo izračunali z naslednjo enačbo:

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

## 4 REZULTATI

### 4.1 NANOS PREMAZA

#### 4.1.1 Nanos pri obstoječem sistemu površinske obdelave

##### 4.1.1.1 Nanos pri prvem prehodu

Preglednica 5: Količine nanosa pri obstoječem sistemu površinske obdelave; prvi prehod skozi lakirno linijo

zap.št.	nanos temelja prvi prehod (g/m <sup>2</sup> )	nanos lužila prvi prehod (g/m <sup>2</sup> )
1.1	18,3	4,7
1.2	18,8	4,3
1.3	19,7	3,8
2.1	18,5	4,9
2.2	18,6	4,1
2.3	18,2	4,6
3.1	18,8	5,1
3.2	18,0	4,9
3.3	18,4	4,4
4.1	18,8	4,7
4.2	17,5	4,3
4.3	19,6	4,1
pov.	18,6	4,5
st. odklon	0,6	0,4

#### 4.1.1.2 Nanos pri drugem prehodu

Preglednica 6: Količine nanosa pri obstoječem sistemu površinske obdelave; drugi prehod skozi lakirno linijo

zap.št.	nanos temelja drugi prehod (g/m <sup>2</sup> )	nanos lužila drugi prehod (g/m <sup>2</sup> )	nanos končnega laka (g/m <sup>2</sup> )
1.1	20,6	3,8	5,6
1.2	19,9	4,1	5,1
1.3	19,9	4,5	6,3
2.1	18,7	4,3	6,5
2.2	19,1	4,8	5,9
2.3	19,0	3,9	5,5
3.1	20,1	4,4	7,1
3.2	20,3	4,3	6,7

3.3	19,8	4,9	6,9
4.1	20,0	5,1	5,2
4.2	19,5	4,4	6,2
4.3	19,4	4,8	5,8
pov.	19,7	4,4	6,1
st. odklon	0,6	0,4	0,7

Debeline filmov na površinsko obdelanem belem jesenu po obstoječem sistemu (prvi prehod) so pokazale, da je sipanje rezultatov majhno.

#### 4.1.2 Nanos pri novem postopku nanašanja

Preglednica 7: Količine nanosa pri novem sistemu nanašanja

zap.št.	nanos temelja prvi prehod (g/m <sup>2</sup> )	nanos temelja drugi prehod (g/m <sup>2</sup> )	nanos lužila (g/m <sup>2</sup> )	nanos končnega laka (g/m <sup>2</sup> )
1.1	49,7	66,0	0,6	8,2
1.2	46,3	69,3	4,6	6,7
1.3	48,1	66,1	4,4	6,2
2.1	46,9	68,6	4,5	6,1
2.2	43,9	70,5	3,7	7,3
2.3	47,8	67,6	4,9	5,6
3.1	46,8	68,1	4,7	5,8
3.2	47,2	70,9	4,3	6,4
3.3	46,5	67,2	5,2	6,2

4.1	46,3	67,6	3,7	6,0
4.2	47,0	70,3	4,6	5,2
4.3	47,4	65,9	4,9	5,3
pov.	47,0	68,2	4,2	6,3
st. odklon	1,4	1,8	1,2	0,8

Če primerjamo količino nanosa premaza pri obstoječem in novem postopku površinske obdelave, lahko ugotovimo, da se rezultati bistveno razlikujejo. Takoj lahko opazimo, da je nanos prvega temeljnega laka bistveno manjši pri obstoječem postopku nanašanja kot pa pri novem postopku nanašanja. Razlog je v tem, da pri obstoječem postopku nanašanja nanašamo samo z enim valjem v dveh prehodih. Pri novem postopku pa nanašamo temelj v enem prehodu z več valji. Pojavi se tudi razlika pri nanosu lužila. Nanos le-tega je bil povprečno še enkrat večji kot pri obstoječem postopku, saj ga nanašamo dvakrat. Nanos končnega laka je tako pri obeh postopkih enak.

Količine nanosa premazov na furnir belega jesena po novem postopku so pokazale, da ni nobenega vidnejšega sipanja izmerjenih nanosov; odstopa le vzorec 1.1, ko je pri količini nanosa lužila prišlo do vidnejših razlik. Vzrok takih razlik lahko pripišemo samo nenatančnemu odčitavanju pri tehtanju vzorcev.

## 4.2 LASTNOSTI TEKOČIH PREMAZOV IN UTRJENIH FILMOV

### 4.2.1 Delež suhe snovi (telesnina)

Preglednica 8: Delež suhe snovi v lužilu

zap. št.	$m_1$	$m_2$	$m_3$	delež suhe snovi (%)
1	35,0	34,4	0,4	40,1
2	33,2	32,3	0,6	40,8
3	32,7	32,0	0,4	38,9
4	33,1	32,4	0,4	39,2
pov.	33,5	32,8	0,5	39,8
st. odklon	1,0	1,1	0,1	0,9

$m_1$  – masa urnega stekla in lužila pred sušenjem (g)

$m_2$  – masa urnega stekla in lužila po sušenjem (g)

$m_3$  – masa posušenega lužila (g)

Rezultati so pokazali, da imamo v lužilu presenetljivo velik delež suhe snovi in zelo malo hlapnih snovi. Verjetno zaradi tega, ker je lužilo namenjeno UV utrjevanju.

#### 4.2.2 Debeline suhega filma laka (mikroskopska metoda)

Preglednica 9: Debelina suhega filma

vzorec	debelina suhega filma laka ( $\mu\text{m}$ )
A2	$41 \pm 3$
B2	$25 \pm 3$

Debelina suhega filma laka je na vzorcu A2, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu znašala ( $41 \pm 3$ )  $\mu\text{m}$ , pri vzorcu B2, ki je bil obdelan po novem sistemu, pa le ( $25 \pm 3$ )  $\mu\text{m}$ . To je presenetljiv rezultat, saj smo na vzorcu B2 s tanjšim utrjenim filmom nanесли precej več premaza kot na vzorec A2.

#### 4.2.3 Oprijemnost, določena s križnim rezom

Preglednica 10: Oprijemnost, določena z metodo križnega reza

vzorec	A2		B2	
razmik med rezili	1 mm	2 mm	1 mm	2 mm
povprečna ocena	3	2	2	1

Kot je razvidno iz rezultatov v preglednici 10, ima boljšo oprijemnost premaz na vzorcu B2, ki je bil obdelan po novem sistemu in to določeno tako z rezilom z razmikom 1 mm, kot z rezilom z razmikom 2 mm.

#### 4.2.4 Prožnost (metoda po Petersu)

Preglednica 11: Prožnost

vzorec	ocena
A2	1,3
B2	2

- 1,3 med zarezovanjem se strugelj zavije v kodre, ki jih ne moremo izravnati, ker se zaradi obremenjevanja lomijo;
- 2 med zarezovanjem nastajajo delci filma laka velikosti 3 mm do 30 mm;

Rezultati so pokazali, da je lak na vzorcu A2, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu, bolj prožen kot lak na vzorcu B2, ki je bil obdelan po novem sistemu.

#### 4.2.5 Odpornost proti razenju

Preglednica 12: Odpornost proti razenju

vzorec	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
A1	0,5 mm	
B1		0,6 mm

F<sub>1</sub> pri sili 8 N je širina raze na filmu na vzorcu A1 0,5 mm (brez razpok)

F<sub>2</sub> pri sili 6 N se pojavijo razpoke filma laka na vzorcu B1 s širino 0,6 mm

Pri razenju vzorca A1, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu, so se pojavile razpoke. Vendar pa se razpoke niso pojavile pri vzorcu A1, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu, kar pomeni, da je manj odporen proti razenju, kot pa vzorec B1.

#### 4.2.6 Odpornost proti suhi toploti

Preglednica 13: Odpornost proti suhi toploti

vzorec	ocena
A1	5
B1	5

5 ni nobenih sprememb

Ocena odpornosti pri vzorcu A1 (po starem sistemu) je ravno taka kot pri vzorcu B1 (po novem sistemu). Ocena 5 pri obeh vzorcih pove, da sta odporna proti suhi toploti.

#### 4.2.7 Odpornost proti udarcem

Preglednica 14: Odpornost premaznega sistema na vzorcu A2 (stari sistem) proti udarcem

meritev	višina 10 mm		višina 25 mm		višina 50 mm	
	ocena	premer luknje (mm)	ocena	premer luknje (mm)	ocena	premer luknje (mm)
1	4	2,4	4	3,3	4	3,9
2	4	2,2	4	3,0	4	3,4
3	4	2,4	4	3,1	4	3,8
4	4	2,6	4	2,8	4	3,3

5	4	2,5	4	2,8	4	3,6
povprečje	4	2,4	4	3	4	3,6

Preglednica 15: Odpornost premaznega sistema na vzorcu B2 (novi sistem) proti udarcem

meritev	višina 10 mm		višina 25 mm		višina 50 mm	
	ocena	premer luknje (mm)	ocena	premer luknje (mm)	ocena	premer luknje(mm)
1	4	2,4	4	3,4	4	3,9
2	4	2,5	4	3,5	4	3,8
3	4	2,2	4	3,3	4	3,7
4	4	2,6	4	3,3	4	4,1
5	4	2,4	4	3,4	4	4,0
povprečje	4	2,4	4	3,4	4	3,9

Na vzorcu A2, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu, so reprezentativne ocene enake, ne glede na to, iz katere višine smo spuščali uteži. Ravno tako tudi pri vzorcu B2 (novi sistem). Ocena 4 pri obeh vzorcih pove, da razpok v filmu laka ni, le na mestu udara zasledimo deformacijo v obliki udrtine, ki je vidna v soju odbite svetlobe.

#### 4.2.8 Odpornost proti tekočinam (tekočim reagentom)

Preglednica 16: Odpornost proti tekočinam na vzorcu A1 (po obstoječem sistemu) in B1 (po novem sistemu)

tekočina	ocena poškodbe	
	sistem A1	sistem B1
alkohol 48%	5	4
voda	5	5
olje	5	5
aceton	5	5
znoj bazična raztopina	5	5
znoj kisla raztopina	5	5
čistilno sredstvo	5	5

Rezultati odpornosti proti tekočinam (alkohol 48%, voda, olje, aceton, znoj bazična raztopina, znoj kisla raztopina, čistilno sredstvo) na vzorcu A1, ki je bil obdelan po obstoječem sistemu in vzorcu B1, ki je obdelan po novem sistemu, ni razlik. Edino pri vzorcu B1 je prišlo do spremembe pri alkoholu 48%. Splošna ocena pri obeh vzorcih je 5, kar pomeni, da ni nobenih razlik med sistemoma.



#### 4.2.9 Sijaj

Preglednica 17: Sijaj na vzorcu A1 (po obstoječem sistemu)

zap. št.	sijaj (%)	
	vzdolžno	prečno
1	24,6	19,0
2	24,5	18,7
3	24,8	18,8
4	26,4	18,5
5	27,1	19,5
6	27,4	18,6
7	25,4	18,0
8	23,9	18,2
9	25,0	19,5
10	23,8	19,8
11	24,9	18,3
12	24,9	18,3
13	24,6	18,8
14	25,8	19,1
15	25,9	19,1
16	23,0	19,5
17	24,7	19,2

18	24,5	18,3
19	26,0	18,8
20	26,8	18,9
povprečje	25,2	18,8

Preglednica 18: Sijaj na vzorcu B1 (novi sistem)

zap. št.	sijaj (%)	
	vzdolžno	prečno
1	23,4	18,6
2	22,9	18,8
3	23,4	18,8
4	23,3	19,2
5	23,9	19,8
6	24,2	18,8
7	22,9	18,8
8	23,3	18,8
9	23,3	19,2
10	23,3	19,5
11	22,9	18,5
12	22,6	18,9
13	23,3	18,8
14	23,4	19,3
15	23,5	19,5
16	23,4	19,0
17	23,7	18,8
18	22,8	18,8
19	23,5	18,8
20	23,3	18,6

povprečje	23,3	19,0
-----------	------	------

Kot je razvidno iz preglednice 18, je sijaj pri vzorcu A1, izmerjen v vzdolžni smeri, večji kot sijaj pri tem vzorcu v prečni smeri. Ravno tako se pojavlja v vzdolžni smeri večji sijaj pri vzorcu B1. Rezultati so pokazali, da ima vzorec A1 boljše lastnosti oz., da ima večjo sijajnost, kot vzorec B1.

#### 4.2.10 Barva

Preglednica 19: Rezultati meritev barve

	Vzorec A1			Vzorec B1		
	CIE-Lab			CIE-Lab		
	L1	a1	b1	L2	a2	b2
povprečje	94,29	0,20	3,73	93,32	0,49	2,66
st. odklon	0,14	0,11	0,40	0,18	0,22	0,24
KV	0,14	54,72	10,84	0,20	43,70	9,02

KV koeficient variacije

Z meritvami barve smo ugotovili, da barvna razlika med vzorcema A1 in B1 znaša  $\Delta E = 1,41$ .

$$(3) \quad \Delta L = L1 - L2 \quad \dots$$

$$\Delta L = 94,29 - 93,32$$

$$\Delta L = 0,97$$

$$(4) \quad \dots$$

$$\Delta a = a1 - a2$$

$$\Delta a = 0,20 - 0,49$$

$$\Delta a = -0,29$$

(5)

$$\Delta b = b_1 - b_2$$

$$\Delta b = 3,73 - 2,66$$

$$\Delta b = 1,07$$

(6)

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

$$\Delta E = \sqrt{(0,97^*)^2 + (-0,29^*)^2 + (1,07^*)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(0,94) + (-0,08) + (1,14)}$$

$$\Delta E = \sqrt{2}$$

$$\Delta E = 1,41$$

#### 4.3 OCENA STROŠKOV POVRŠINSKE OBDELAVE

##### 4.3.1 Poraba energije na enoto proizvoda

Preglednica 20: Instalirana električna moč za stroje

poz.	naziv opreme	inst.el.moč (kW)
1	mehanska transportna naprava	0,37
2	obračalna naprava	0,75 in 1,30
3	mehanska transportna naprava	0,37
4	večtračni širokotračni brusilni stroj	75,00
5	mehanska transportna naprava	0,37
6	valjčna nanašalka - enojna	2,50
7	sušilnik za lak - UV modul - en žarilnik	17,60
8	valjčna nanašalka - dvojna	4,50
9	mehanska transportna naprava	0,37
10	sušilnik za lak - UV modul – štirje žarilnik	59,00
11	mehanska transportna naprava	0,26

12	večtračni širokotračni brusilni stroj	87,00
13	mehanska transportna naprava	0,37
14	valjčna nanašalka - enojna	2,50
15	sušilnik za lak - UV modul - ena žarilnik	17,60
16	valjčna nanašalka - dvojna	4,80
17	mehanska transportna naprava	0,37
18	sušilnik za lak - UV modul - štiri žarilnik	45,20 in 2 x 2,20
19	mehanska transportna naprava	0,37
20	kotna mehanska transportna naprava	2,00 in 3,00
21	mehanska transportna naprava	0,37
22	večtračni širokotračni brusilni stroj	11,00
23	mehanska transportna naprava	0,37
24	lužilka	10,44
25	sušilni kanal	105,00 in 4,75
26	valjčna nanašalka - dvojna	4,80
27	sušilnik za lak - UV modul - ena žarilnik	17,60
28	valjčna nanašalka - enojna	2,50
29	sušilnik za lak - UV modul - štiri žarilnik	45,20 in 2 x 2,20
30	mehanska transportna naprava	0,37
31	obračalna naprava	1,30 in 0,30
32	mehanska transportna naprava	0,37
33	mehanska transportna naprava	0,37
34	mehanska transportna naprava s pozicioniranjem	0,37
		430

V preglednici 20 so podatki instalirane električne moči za vsak stroj posebej in na koncu še seštevek.

Razsvetljava:

30 kW

#### 4.3.1.1 Poraba energije na enoto proizvoda po obstoječem sistemu

Poraba energije na eno izmeno je 3450 kWh (efektivni delovni čas znaša 450 min)

Na eno izmeno (8 h) naredimo 377 kosov.

Poraba energije na enoto je 9,2 kWh.

Stroški energije na enoto so  $9,2 \text{ kWh} * 17,54 \text{ SIT/kWh} = 161,37 \text{ SIT}$

#### 4.3.1.2 Poraba energije na enoto proizvoda po novem sistemu

Poraba energije na eno izmeno je 3450 kWh (efektivni delovni čas znaša 450 min)

Na eno izmeno (8 h) naredimo 819 kosov.

Poraba energije na enoto je 4,2 kWh.

Stroški energije na enoto so  $4,2 \text{ kWh} * 17,54 \text{ SIT/kWh} = 73,67 \text{ SIT}$

### 4.3.2 Stroški delovne sile na ena vrata

#### 4.3.2.1 Stroški dela na ena vrata po obstoječem sistemu

Število delavcev v eni izmeni: 7

Koliko delavec stane podjetje: 168.925,70 SIT/mesec

Izkoriščenost delovnega časa:

- lakirna linija naredi v eni uri 65 kosov
- menjava brusilnih papirjev 15 min x 2
- nastavitev delovne višine stroja 6,5 min x 2
- kontrola prvega kosa 5 min x 2
- čiščenje linije 45 min
- malica 30 min

Neizkoriščeni delovni čas je 128 min oz. 1,133 h

Efektivni delovni čas je potem 352 min oz. 5,866 h

V 8 h naredijo 381 kosov.

Izkoriščenost delovnega časa:

$381 \text{ kosov} / 7 \text{ delavcev} = 54 \text{ kosov}$

Koliko stane v eni izmeni delavec?

$168.925,70 \text{ SIT/mesec} / 176 \text{ h/mesec} = 959,81 \text{ SIT/h}$

$$959,81 \text{ SIT/h} * 8 \text{ h} = 7.678,48 \text{ SIT/8h}$$

Kolikšni so stroški za delavca na ena vrata po obstoječem sistemu?

$$7.678,48 \text{ SIT/8h} / 54 \text{ kosov/8h} = 142,19 \text{ SIT/ kosov}$$

#### 4.3.2.2 Stroški dela na ena vrata po novem sistemu

Število delavcev v eni izmeni: 7

Koliko delavec stane podjetje: 168.925,70 SIT/mesec

Izkoriščenost delovnega časa:

- lakirna linija naredi v eni uri 130 kosov
- menjava brusilnih papirjev 15 min
- nastavitev delovne višine stroja 6,5 min
- kontrola prvega kosa 5 min
- čiščenje linije 45 min
- malica 30 min

Neizkoriščeni delovni čas je 101,5 min oz. 1,7 h

Efektivni delovni čas je potem 378,5 min oz. 6,3 h

V 8 h naredijo 819 kosov

Izkoriščenost delovnega časa:

$$819 \text{ kosov} / 7 \text{ delavcev} = 117 \text{ kosov}$$

Koliko stane v eni izmeni delavec?

$$168.925,70 \text{ SIT/mesec} / 176 \text{ h/mesec} = 959,81 \text{ SIT/h}$$

$$959,81 \text{ SIT/h} * 8 \text{ h} = 7.678,48 \text{ SIT/8h}$$

Kolikšni so stroški za delavca na ena vrata po novem sistemu?

$$7.678,48 \text{ SIT/8h} / 117 \text{ kosov/8h} = 65,62 \text{ SIT/ kosov}$$

#### 4.3.3 Poraba materialov

Preglednica 21: Poraba materialov za vratna krila

zap.št.	naziv materialov	količina	enote	cena (SIT)	vrednost (SIT)
1	sponke 80/10	0,024	mil	67,3	1,62
2	sponke 90/30	0,0022	mil	231,5	0,52
3	sponke 90/30	0,0067	mil	231,5	1,56
4	les žagan s/j18 mm ii-iv kv.	0,0012	m <sup>3</sup>	24.500,00	29,59
5	folija robna 57 mm jesen	0,95	tkm	34,29	32,58

	be.				
6	fl.robni 57 mm jesen be.lak.	4,4	tkm	102,38	450,47
7	les žagan s/j 48 mm i-iii kv.	0,0002	m <sup>3</sup>	33.000,00	6,06
8	pl.iver. 3 mm 2015x2680 egge	0	m <sup>3</sup>	50.270,40	2,41
9	moka pšenična tip 850	0,035	kg	64	2,24
10	furnir jesen 0.60 v i	7,777	m <sup>2</sup>	381,6	2.967,70
11	lepilo pva mekol 1110	0,0169	kg	324	5,48
12	folija za strojno pak. 490x0,0	0,0491	kg	323	15,87
13	lepilo sf prefere 4133	0,7	kg	82,4	57,68
14	trdilec prefere 5322	0,105	kg	300	31,5
15	pl.vlak. hdf 3,0 mm 2150x2820	0,0087	m <sup>2</sup>	237,6	2,07
16	folija mikroperf. 0,6x2200 mm	0,1533	kg	351	53,81
17	folija mikroperf. 0,6x2100 mm	0,124	kg	351	43,52
18	kit hydro sp 40 3h	0,0017	kg	2.149,85	3,7
19	ločilo trennmittel nflj	0,0004	kg	2.550,00	1,07
20	vrstica za spaj.fur.str.921nh r	0,0002	kg	2.965,00	0,62
21	lepilo pva mekol 1908	0,0004	kg	279	0,11
22	žičniki paletniki 35/80 kalibr	0,0072	kg	254	1,83
23	vrstica za spaj.fur.ročno	0,0004	kg	4.260,00	1,79
24	lepilo talilno termokol 2013 l	0,0407	kg	410	16,69
25	satovje 33,5x950x2100 cartofle	0,7676	kos	177	135,87
26	pokončnik-kr sj 33x35x2015	2	kos	244	488
27	vijak iver. 4,0x30 mm nik. vg.	2	kos	1,97	3,94
28	list spremni - furnir	0,0158	kos	1,8	0,03
29	trak lepilni tesakrepp 6 mm nr	0,0008	kos	6.159,00	5,17
30	lak sprej beli lf4162 3h	0,0014	kos	3.500,00	4,82
31	svinčnik barvni za popravilo	0,0016	kos	1.393,80	2,23
32	etiketa samolepilna krilo 35x2	1	kos	2,88	2,88



33	nasadilo ž del 15 mm nikljano	2	kos	20,4	40,8
34	vosek za popravilo	0,0038	kos	216,78	0,82
35	pl.iver. 3,0 mm 865x2015 egger	2	kos	267,29	534,58
36	sponke 90/18	0,0043	mil	176,3	0,76
37	pl.iver. rs 33 mm 50x1880	2	kos	113,4	226,8
38	ključavnica jus nk siva l	1	kos	319,5	319,5
39	prečnik-kr sj 33x35x1630	1,5	kos	197	295,5
				vsota	5.792,19

V preglednici 21 so navedeni vsi materiali za izdelavo vratnih kril, njihove količine, cene in vrednosti. Manjkajo pa materiali za površinsko obdelavo, po obstoječem (preglednica 22) in predlaganem (preglednica 23) sistemu.

#### 4.3.4 Poraba površinskih premazov

##### 4.3.4.1 Poraba površinskih premazov po obstoječem sistemu

Preglednica 22: Materiali za površinsko obdelavo po obstoječem sistemu

	nanos g/m <sup>2</sup>	cena SIT/kg	SIT/m <sup>2</sup>
temelj beli plantag 71809	18,6	1.941,6	36,0
lužilo plantag 71781	4,5	1.216,8	4,8
temelj beli plantag 71809	19,7	1.941,6	38,4
lužilo plantag 71781	4,4	1.216,8	4,8
končni akrilni pokrivni beli lak plantag 71450	6,1	1.958,4	12,0
		vsota	96,0

V preglednici 22 smo izračunali stroške materialov za površinsko obdelavo po obstoječem postopku.

##### 4.3.4.2 Poraba površinskih premazov po novem sistemu

Preglednica 23: Materiali za površinsko obdelavo po novem sistemu

	nanos g/m <sup>2</sup>	cena SIT/kg	SIT/m <sup>2</sup>
prvi nanos temelj HELIOS 17128	47,0	919,2	43,2
drugi nanos temelj beli plantag 71809	68,2	1.941,6	132,0
lužilo plantag 71781	4,2	1.216,8	4,8
končni prozorni lak HELIOS 17134	6,3	1.159,2	7,2
		vsota	187,20

V preglednici 23 smo izračunali stroške materialov za površinsko obdelavo po novem postopku.

Stroški materiala za površinsko obdelavo so pri obstoječem sistemu 96,0 SIT/m<sup>2</sup> (preglednica 22) in pri novem sistemu 187,20 SIT/m<sup>2</sup> (preglednica 23). Sama razlika je 91,20 SIT/m<sup>2</sup>, kar pomeni, da so stroški materiala za površinsko obdelavo pri obstoječem sistemu dvakrat manjši.

#### 4.3.5 Lastna cena izdelka

Preglednica 24: Lastna cena pri obstoječem postopku

naziv stroškov	cena (SIT)
stroški delavca na ena vrata	142,19
poraba energije na enoto	161,37
stroški materiala	5.792,19
stroški površinskih premazov	96,0
vsota	6.191,75

Preglednica 25: Lastna cena pri novem postopku

naziv stroškov	cena (SIT)
stroški delavca na ena vrata	65,62
poraba energije na enoto	73,67
stroški materiala	5.792,19
stroški površinskih premazov	187,20
vsota	6.118,68

V preglednici 24 in 25 imamo izračunane lastne cene izdelkov. Lastna cena pri obstoječem sistemu je 6.191,75 SIT in pri novem sistemu 6.118,68 SIT, kar pomeni, da so stroški pri

novem sistemu manjši s tem pa lahko pričakujemo večji dobiček. Prodajna cena izdelka pa znaša 20.785,00 SIT.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Zaradi zahtev kupcev smo želeli površinsko obdelavo vratnih kril, furniranih s furnirjem belega jesena, izvesti tako, da bi dosegli popolnoma zaprte pore. Hkrati pa bi ob nespremenjeni ali celo boljši kakovosti površinskega premaznega sistema znižali stroške izdelave. Ideja, kako te cilje doseči, je bila, da bi vratna krila preko lakirne linije potovala samo enkrat in ne dvakrat, tako kot doslej.

Pri enkratnem prehodu obdelovanca čez lakirno linijo bi bila lahko debelina površinskega filma premajhna, kar bi lahko neugodno vplivalo na končne lastnosti oz. kvaliteto utrjenega filma. Prav tako bi se lahko zgodilo, da pri jesenu ne bi mogli zapolniti por, tako kot zahteva kupec.

Najprej smo določili nanose premazov. Pri novem sistemu obdelave smo v enem prehodu nanесли več laka, kot pri obstoječem sistemu z dvema prehodoma. Pri luženju pa ravno obratno.

Nato smo preverili osnovne parametre kvalitete površinske obdelave. Delež suhe snovi oz. telesnino smo določili po standardu SIST EN ISO 3251. Samo meritev smo izvajali, ker nam proizvajalec v varnostnem listu ni podal deleža suhe snovi. Pokazalo se je, da imamo v lužilu presenetljivo velik delež suhe snovi in zelo malo hlapnih snovi. Verjetno zaradi tega, ker je bilo lužilo namenjeno utrjevanju z UV svetlobo. Debelino suhega filma laka

smo merili po mikroskopski metodi SIST EN ISO 2808. Rezultati so pokazali, da je debelina premaza pri starem sistemu večja, kot pa pri novem sistemu. Rezultati so nas presenetili, to pa zaradi tega, ker smo pri novem sistemu obdelave nanесли veliko več premaza, kot pri dosedanjem postopku utrjevanja. Vzrok je lahko samo v tem, da se je temeljni lak bolj vpil v pore lesa pri novem sistemu, ker smo temeljni lak nanašali dvakrat zaporedoma, brez vmesne utrditve. Medtem pa smo temeljni lak nanašali pri starem sistemu tudi dvakrat, vendar v dveh prehodih. Tako se je imel temeljni lak po prvem prehodu čas osušiti. Preizkus oprijemosti s križnimi rezom smo izvedli po metodi SIST EN ISO 2409. Iz rezultatov je bilo razvidno, da ima boljšo oprijemnost lak na vzorcih, pripravljenih po novem sistemu, in to merjeno tako z rezilom z razmikom 1 mm kakor z 2 mm. To pa pomeni, da je pri novem sistemu površinske obdelave dosežena boljša oprijemnost laka, kot pa pri obdelavi po starem sistemu. Prožnost filma laka oz. premaznega sistema smo ugotavljali z metodo po Petersu. Vzorec, obdelan po starem sistemu, je dobil oceno 1,3, ki pomeni, da se med zarezovanjem strugelj zavije v kodre, ki jih ne moremo izravnati, ker se zaradi obremenjevanja lomijo. Vzorec, pripravljen po novem sistemu, je pa dobil oceno 2, ki pomeni, da med zarezovanjem nastajajo delci filma laka velikosti 3 mm do 30 mm. Ugotovili smo torej, da je film, nanesen po obstoječem sistemu, veliko bolj prožen od filma, ki smo ga nanесли z novim postopkom. Preizkus trdote smo opravljali po metodi SIST EN ISO 1518. Rezultati so pokazali, da smo pri novem sistemu površinske obdelave dosegli višjo trdoto filma premaza. Odpornost proti toploti (SIST EN 12722) je bila v obeh primerih enaka. Test odpornosti premazov proti udarcem smo izvedli po metodi SIST ISO 4211-4. Vzorci, pripravljeni po starem sistemu, so pokazali enake ocene odpornosti kot vzorci, izdelani po novem postopku površinske obdelave. Test odpornosti premazov proti tekočinam smo izvedli z nekaterimi reagenti, ki so navedeni v standardu SIST EN 12720. Rezultati testa odpornosti proti tekočinam (alkoholu, vodi, olju, acetonu, znoju, čistilnemu sredstvu) so bili zelo dobri, saj na površinah ni bilo nobenih sprememb. Edino na površini, pripravljeni po novem sistemu, je prišlo do spremembe v sijaju zaradi izpostavitve alkoholu. Meritve sijaja so pokazale višji sijaj površin, pripravljenih po novem sistemu, merjeno v vzdolžni smeri. V splošnem pa lahko trdimo, da bistvenih razlik v sijaju površin, pripravljenih po obeh sistemih obdelave, nismo opazili.

Iz rezultatov, ki smo jih dobili za kakovost površine, lahko trdimo, da sta kvaliteti obeh sistemov primerljivi. Novi sistem smo pripravili tako, da smo zapolnili pore, tako kot je zahteval naročnik.

Stroški energije so pri obstoječem sistemu večji kot pri novem sistemu, ravno tako so stroški delavne sile pri obstoječem sistemu večji. Ravno obratno pa je s stroški premaza, ki so pri novem sistemu večji. Stroški materiala so pri obeh sistemih enaki. Tako lahko ugotovimo, da so stroški izdelave vrat nižji pri novem sistemu, enako je nižja lastna cena izdelka.

## 5.2 SKLEPI

Pri novem sistemu površinske obdelave furniranih notranjih vrat (z enim prehodom skozi linijo namesto z dvema prehodoma) porabimo veliko več temelja, kot pa pri obstoječem sistemu obdelave, ravno obratno pa je pri lužilu.

Pri preverjanju osnovnih parametrov kvalitete površinske obdelave se je pokazalo, da je debelina suhega filma laka večja pri vzorcih, obdelanih po obstoječem sistemu, čeprav smo nanесли manj premaza kot pri novem sistemu obdelave. Oprijemnost je boljša pri novem sistemu, prožnost pa je boljša pri obstoječem sistemu. Kar se tiče trdote površinskega sistema, da novi postopek nanašanja laka prav tako boljše rezultate kot obstoječi sistem obdelave vrat. Pri oceni stroškov se je pokazalo, da porabimo manj električne energije pri novem sistemu, ravno tako so tudi stroški delovne sile manjši. Presenetljivo pa je to, da je strošek površinskega premaznega sistema pri novem postopku površinske obdelave večji kot pri obstoječem postopku. Vzrok je v tem, da pri novem sistemu porabimo še enkrat več temelja, kot pri dosedanjem načinu površinske obdelave.

Najpomembnejše je, da tehnološka sprememba površinske obdelave z dvema prehodoma namesto z enim prehodom skozi lakirno linijo, ne poslabša kvalitete površinskega premaza. Stroški izdelave so pri novem sistemu površinske obdelave 6.118,68 SIT/kos, pri obstoječem postopku pa 6.191,75 SIT/kos. Izkazalo se je, da je razlika v lastni ceni med novim in obstoječim sistemom izdelave vratnih kril v prid novemu sistemu, in sicer 73,07 SIT/kos.

## 6 POVZETEK

S poskusi, ki smo jih opravili na preskušancih – furniranih notranjih vratih, površinsko obdelanih po obstoječem sistemu obdelave, in na tistih, pripravljenih po novem tehnološkem postopku, smo izračunali stroške električne energije, delovne sile, premaza in porabljenega materiala za izdelavo ene enote izdelka, hkrati pa določili lastno ceno. Prav tako smo določili lastnosti materiala pri obeh postopkih ter izračunali količino nanosa premaza na vrata.

Vsi testi so bili opravljeni v laboratoriju LIP Bled in v laboratoriju za površinsko obdelavo lesa Oddelka za lesarstvo na BF. Vse podatke in materiale smo dobili v podjetju LIP Bled, v obratu, kjer izdelujejo notranja vrata.

Rezultati so pokazali, da so stroški izdelave vratnega krila nižji pri novem sistemu površinske obdelave kot pri obstoječem sistemu. Sama kvaliteta izdelka je ostala nespremenjena. Cenovno se zato podjetju bolj izplača izdelovati vratna krila po novem sistemu, saj s tem znižajo stroške, ker je potek izdelave cenejši, to pa pomeni večji ustvarjeni dobiček.

## 7 VIRI

- 1 Alić O. 1997. Površinska obdelava drveta. Sarajevo, Mašinski Fakultet Sarajevo, odsek MTD: 284 str.
- 2 ASTM D 2244. Standard Test Method for Calculation of Color Differences From Instrumentally Measured Color Coordinates. 2002: 4 str.
- 3 DIN 53 155. Prüfung von Anstrichstoffen und ähnlichen Beschichtungsstoffen - Spanpprüfung (nach Peters) von Anstrichen. Status. 1971: 2 str.
- 4 Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2 dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura d.o.o: 184 str.
- 5 Kristan B. 2004. Pospešeno staranje poliuretanskega premaza na vratih kuhinjskih elementov. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 42 str.
- 6 Mihevc V. 1987. Kontrolne metode lepljenja in površinske obdelave lesa. Ljubljana, VTOZD za lesarstvo: 179 str.
- 7 SIST EN ISO 2813. Barve in laki - Določevanje sijaja neefektnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85°. 1999: 16 str.
- 8 SIST EN ISO 3251. Barve, laki in plastične mase - Določevanje nehlapnih snovi. 2003: 13 str.
- 9 SIST EN ISO 2409. Barve in laki - Preskus oprijema z zarezovanjem rešetke. 1997: 15 str.

- 10 SIST EN ISO 1518. Barve in laki - Preskus z razenjem 2001
- 11 SIST EN ISO 2808. Barve in laki - Ugotavljanje debeline plasti. 1999: 46 str.
- 12 SIST ISO 4211-4. Pohišstvo - Preskusi površin - 4. del. Ugotavljanje odpornosti proti udarcu. 1995: 7 str.
- 13 SIST EN 12720. Pohišstvo - Ugotavljanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam. 1997: 15 str.
- 14 SIST EN 12722. Pohišstvo - Ugotavljanje odpornosti površine proti suhi vročini. 1997: 16 str.
- 15 Varnostni list – Lackbeize z.Walzen, weiß. Interno gradivo Lip – Bled d.d., 2001: 5 str.
- 16 Varnostni list – UV – Walzlack, weiß. Interno gradivo Lip – Bled d.d., 2001: 5 str.
- 17 Varnostni list – UV – Walzgrund, weiß. Interno gradivo Lip – Bled d.d., 2001: 5 str.

## **8 ZAHVALA**

Mentorju izr. prof. dr. Marku Petriču se iskreno zahvaljujem za koristne nasvete, usmeritve in pomoč pri oblikovanju in izdelavi diplomske naloge.

Doc. dr. Leonu Oblaku se zahvaljujem za recenzijo moje diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi univ. dipl. inž. les. Matjažu Pavliču in g. Borutu Kričejju za pomoč pri izvajanju meritev.

Hvala vsem, ki so mi kakorkoli pomagali in nudili pomoč pri izdelavi diplomske naloge.