

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gregor ŽABČIČ

**PRIMERJAVA OBDELAVE MIZNE PLOŠČE IZ MASIVNE
HRASTOVINE Z LAKOM NA OSNOVI ORGANSKIH TOPIL IN Z
VODNIMA LAKOMA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**COMPARISON OF TREATMENT OF A TABLE TOP MADE OF SOLID
OAK WOOD WITH A SOLVENT BORNE VARNISH AND WITH TWO
WATER BORNE VARNISHES**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija lesarstva. Izvedeno je bilo v laboratoriju za obdelavo površin na Katedri za lepljenje, lesne kompozite in obdelavo površin, Oddelek za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja določil prof. dr. Marka Petriča, somentor asist. dr. Matjaž Pavlič, za recenzentko pa doc. dr. Ido Poljanšek.

Mentor: prof. dr. Marko Petrič

Somentor: asist. dr. Matjaž Pavlič

Recenzentka: doc. dr. Ida Poljanšek

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela: Gregor ŽABČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 630*829.17
KG	premazi za les/vodni sistemi/odpornostne lastnosti/uredba HOS
AV	ŽABČIČ, Gregor
SA	PETRIČ, Marko (mentor)/POLJANŠEK, Ida (recenzentka)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2013
IN	PRIMERJAVA OBDELAVE MIZNE PLOŠČE IZ MASIVNE HRASTOVINE Z LAKOM NA OSNOVI ORGANSKIH TOPIL IN Z VODNIMA LAKOMA
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 62 str., 31 pregl., 9 sl., 15 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Ugotavljali smo, če je v manjšem lesarskem obratu možno zamenjati površinski sistem na osnovi organskih topil s površinskim sistemom na vodni osnovi, ter s tem zmanjšati vnos hlapnih organskih spojin v okolje. Testirali smo poliuretanski (PU) lak ter enokomponentni (V1) in dvokomponentni (V2) vodni lak. Za zamenjavo PU laka je najpomembneje, da zagotavlja lak, s katerim ga bomo zamenjali, primerljive lastnosti obdelanih površin. Vse sisteme smo nanegli z navadnim zračnim razprševanjem na masivne širinsko lepljene hrastove plošče. Vsi 3 površinski premazi so bili zračno sušeni. Ugotovili smo, da bi PU sistem lahko zamenjali z obema vodnima sistemoma, vendar so bili pri laku z oznako V2 rezultati boljši kot pri drugem laku (V1). Izračun zmanjšanja hlapnih organskih spojin, ob predpostavljeni proizvodnji, pokaže, da bi z zamenjavo PU sistema z vodnim sistemom zmanjšali emisije hlapnih organskih spojin za slabi 2 toni letno.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*829.17
- CX wood coatings/water borne systems/resistance properties/VOC Decree
- AU ŽABČIČ, Gregor
- AA PETRIČ, Marko (supervisor)/POLJANŠEK, Ida (co-supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2013
- TI COMPARISON OF TREATMENTS OF A TABLE TOP MADE OF SOLID OAK WOOD WITH A SOLVENT BORNE VARNISH AND TWO WATER BORNE VARNISHES
- DT Graduation thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 62 p., 31 tab., 9 fig., 15 ref.
- LA sl
- AI sl/en
- AB The aim of the research was to establish the possibility for a small joinery workshop to replace wood coating systems on the basis of organic solvents with waterborne varnishes to reduce emissions of volatile organic compounds into the environment. We compared a solvent borne polyurethane (PU) wood coating with 1- and 2-component waterborne coatings. To replace a solvent borne PU wood coating its most important that the alternative waterborne wood finishes assure comparable properties on the treated surfaces. All tested coating systems were applied by a conventional air spraying process on single-layer solid oak wood panels. All 3 surface coatings were air dried. It was found out, that the solvent borne PU coating system could be replaced with both tested waterborne systems. However, the results of the waterborne coating with a V2 label were better than those of the V1 coating. Calculation of the reduction of volatile organic compound emissions for the assumed production shows that the replacement of the solvent borne PU system with the water borne coating systems could reduce emissions of volatile organic compounds for almost 2 tons per year.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
1 UVOD	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA	2
2.2 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVIH LASTNOSTI	3
2.2.1 Kiti	3
2.2.2 Lužila	4
2.2.2.1 Vodna lužila	4
2.2.2.2 Lužila na osnovi organskih topil	5
2.2.2.3 Kemična lužila	5
2.2.3 Temeljne barve	6
2.2.4 Laki	7
2.2.4.1 Nitrocelulozni laki	8
2.2.4.2 Polikondenzacijski laki s kislim utrjevalcem	9
2.2.4.3 Poliuretanski laki	9
2.2.4.4 Poliestrski laki	10
2.2.4.5 Akrilni laki	11
2.2.4.6 Vodni laki	11
2.2.4.7 Drugi laki	12
2.3 NANAŠANJE PREMAZNEGA SREDSTVA	14
2.3.1 Zračno razprševanje	15
2.3.2 Brezzračno (airless) razprševanje	15
2.3.3 Kombinirano zračno brezračno (airmix) razprševanje	16
2.3.4 Razprševanje HVLP	16
2.3.5 Razprševanje z rotacijskimi napravami	16
2.3.6 Elektrostatsko razprševanje	16
2.3.7 Toplo in vroče razprševanje	17

2.3.8	Robotizirano razprševanje	17
2.3.9	Valjčno nanašanje	17
2.3.10	Polivanje	18
2.3.11	Potapljanje	19
2.3.12	Oblivanje	19
2.4	UTRJEVANJE PREMAZOV	20
2.4.1	Fizikalno utrjevanje	20
2.4.2	Kemijsko utrjevanje	22
3	UREDBA O EMISIJAH HLAPNIH ORGANSKIH SPOJIN IZ NAPRAV, KI UPORABLJAJO ORGANSKA TOPILA (»UREDBA HOS«)	23
3.1	NAJPOMEMBNEJŠE DOLOČBE UREDBE HOS	23
3.2	EMISIJE HLAPNIH ORGANSKIH TOPIL	24
3.3	VREDNOTENJE PARAMETROV EMISIJE	26
3.4	MERITVE EMISIJ HLAPNIH ORGANSKIH SPOJIN IN POROČANJE	27
3.5	ROKI ZA IZPOLNITEV ZAHTEV UREDBE IN NAČRT ZMANJŠEVANJA EMISIJ HOS	27
4	MATERIAL IN METODE	29
4.1	MATERIALI	29
4.2	METODE	30
4.2.1	Debelina premaznega sistema	30
4.2.2	Sijaj površinskega sistema	31
4.2.3	Oprijemnost premaznega sistema na podlago	32
4.2.4	Odpornost površinskega sistema proti razenju	33
4.2.5	Odpornost proti udarcem	34
4.2.6	Odpornost proti hladnim tekočinam	35
5	REZULTATI IN RAZPRAVA	37
5.1	NANOS PREMAZNIH SISTEMOV	37
5.2	DEBELINA UTRJENIH FILMOV	39
5.3	SIJAJ POVRŠINSKIH SISTEMOV	40
5.4	OPRIJEMNOST	43
5.5	ODPORNOSTPROTI HLADNIM TEKOČINAM	45
5.6	ODPORNOST PROTI UDARCEM	47
5.7	ODPORNOST PROTI RAZENJU	49

5.8	OCENA ZMANJŠANJA LETNE PORABE Hlapnih organskih spojin, če bi pu lak na osnovi topil zamenjali z vodnim premaznim sistemom	51
6	SKLEPI	57
7	POVZETEK	59
8	VIRI	61
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline – 2005	25
Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij – 2005	25
Preglednica 3: Oznake vzorcev	37
Preglednica 4: Preglednica nanosov površinskih sistemov	38
Preglednica 5: Povprečni nanosi posameznih premaznih sistemov	38
Preglednica 6: Rezultati meritev debeline premaznih sistemov	39
Preglednica 7: Debeline utrjenih filmov za vse tri sisteme	39
Preglednica 8: Sijaj površinskega sistema PU laka	40
Preglednica 9: Sijaj površinskega sistema vodnega laka V1	41
Preglednica 10: Sijaj površinskega sistema vodnega laka V2	42
Preglednica 11: Povprečne vrednosti meritev sijaja vseh treh sistemov	42
Preglednica 12: Oprijemnost PU površinskega sistema	43
Preglednica 13: Oprijemnost vodnega površinskega sistema V1	44
Preglednica 14: Oprijemnost površinskega sistema V2 vodnega laka na površino	44
Preglednica 15: Zbirna preglednica oprijemnosti površinskih sistemov na podlago	45
Preglednica 16: Odpornost PU sistema proti hladnim tekočinam	45
Preglednica 17: Odpornost V2 vodnega sistema proti hladnim tekočinam	46
Preglednica 18: Odpornost vodnega sistema V1 proti hladnim tekočinam	47
Preglednica 19: Zbirna preglednica odpornosti proti hladnim tekočinam	47
Preglednica 20: Odpornost PU površinskega sistema proti udarcem	48
Preglednica 21: Odpornost sistema proti udarcem V1	48
Preglednica 22: Odpornost vodnega sistema V2 proti udarcem	49
Preglednica 23: Zbirna preglednica odpornosti površinskih sistemov proti udarcem	49
Preglednica 24: Odpornost površinskega sistema proti razenju	50
Preglednica 25: Zbirna preglednica odpornosti površinskega sistema proti razenju	50
Preglednica 26: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi s poliuretanskim premaznim sistemom	52
Preglednica 27: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi z vodnim površinskim sistemom V1	53
Preglednica 28: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi z vodnim površinskim sistemom V2	54
Preglednica 29: Izkoristki nanosa premaznih sistemov	55
Preglednica 30: Poraba HOS pri obdelavi m ² površine	55
Preglednica 31: Ocena porabe HOS na leto za predvideno proizvodnjo	56

KAZALO SLIK

Slika 1: Vzorci za določitev debeline premaznega sistema	31
Slika 2: Mikroskopsko določevanje debeline premaznega sistema	31
Slika 3: Določevanje sijaja površinskega sistema	32
Slika 4: Prilepljeni pečati na površinskem sistemu	33
Slika 5: Odtrgovanje pečatov	33
Slika 6: Razenje po površinskem sistemu	34
Slika 7: Testiranje odpornosti proti udarcem	34
Slika 8: Kriteriji ocenjevanja poškodb, po testiranju odpornosti proti udarcu	35
Slika 9: Test odpornosti proti hladnim tekočinam	36

1 UVOD

Les je plemenit naravni material. Ugotovimo lahko, da je les moderen, da doba lesa še traja in da njegove prednosti močno prekašajo negativne lastnosti. Da bi ohranili njegov videz in lastnosti, ga moramo ustrezno zaščititi. Najpomembnejša zaščitna sredstva pred abiotskimi dejavniki, ki imajo tudi pomembno dekorativno funkcijo, so površinski premazi.

Klasični premazi za les vsebujejo organska topila in redčila, oziroma hlapne organske spojine (HOS). Le-te škodljivo vplivajo na zdravje ljudi in na okolje. Tisti, ki se v svoji proizvodnji srečujejo z različnimi topili, že dolgo časa vedo, da morajo izpuste organskih hlapnih snovi v okolje močno omejiti. (Mikuš 2008)

Za področje površinske obdelave lesa je pomembna direktiva, ki ureja emisije HOS v okolje. Ta direktiva je Direktiva Sveta 1999/13/ES o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih dejavnostih in obratih, skrajšano in popularno imenovana tudi direktiva VOC.

Namen naloge je ugotoviti, kateri premazni sistem najbolj ustreza zahtevam površinske obdelave miznih plošč v izbranem proizvodnem oz. mizarskem obratu. Predvidevamo, da bi z zamenjavo laka na osnovi organskih topil z vodnimi laki, emisije HOS v okolje v mizarskem obratu na letni ravni lahko precej zmanjšali. (Direktiva sveta ... ,1999)

2 SPLOŠNI DEL

Povzeto po (Kotnik, 2003).

2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

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 morda tudi s končnim poliranjem ali drugačno obdelavo končne lakirane površine. Spremenimo lastnosti površin, kot so barva, videz, prijetnost na otip, in lesu zagotovimo delno zaščito pred mehanskimi poškodbami in fizikalno-kemičnimi vplivi okolja, ki se pojavijo med uporabo izdelka iz lesa.

Pomen visokokakovostnega pohištva je v medsebojni skladnosti najpomembnejših lastnosti, kot so funkcionalnost, vrsta in kakovost lesnega tvoriva, lepa oblika in natančna izdelava, dekorativni videz, prijetna površina na otip, primerna mehanska obstojnost površine ter odsotnost neprijetnega vonja, ki kaže, da lahko iz lesnega tvoriva ali filma izhlapevajo celo strupene snovi. Zaradi kakršne koli neskladnosti med navedenimi lastnostmi, se pohištvo uvršča v nižji kakovostni razred. Pri tem je pomen površinske obdelave izjemen. Dve skrajnosti predstavljata naslednja primera:

- a) pohištvo, izdelano iz manj kakovostnih tvoriv, je mogoče s primernim, vendar običajno zahtevnejšim postopkom površinske obdelave oplemenititi in s tem uvrstiti v višji razred,
- b) pohištvo, izdelano iz kakovostnih tvoriv, je mogoče s slabo izbrano in nestrokovno izvedeno površinsko obdelavo razvrednotiti v izdelek, ki ga je mogoče prodati le na razprodaji.

Naloge površinske obdelave so:

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

Glede na namen tehnoloških operacij lahko površinsko obdelavo delimo na:

- pripravljalna dela in
- dovršena dela.

S pripravljivimi deli površino obdelovanca pripravimo na nanos površinskega sredstva:

- brušenje,
- odstranjevanje smol in razmaščevaje,
- odstranjevanje različnih madežev,
- odstranjevanje ostankov lepil,
- beljenje in osvetljevanje,
- luženje.

Med dovrševalna dela pa štejemo:

- nanašanje premaza in
- sušenje oz. utrjevanje.

2.2 PREGLED PREMAZOV IN NJIHOVIH LASTNOSTI

Osnovne vrste premaznih sredstev so:

- kiti in polnilci por,
- lužila,
- brezbarvne temeljne ter končne lazure,
- barvne temeljne ter končne lazure,
- brezbarvni temeljni ter končni laki,
- barvni temeljni ter končni laki.

2.2.1 Kiti

Kiti so visoko viskozna, tiksotropna, pastozna premazna sredstva, ki jih uporabljamo za izravnavanje površine lesa z zapolnjevanjem površinskih vdolbin. Kitanje poteka z nanašanjem debelejšega filma in naknadnim vtiskovanjem v vdolbine ter glajenjem celotne površine z lopatico ali valjem. Vsebujejo eno ali dvokomponentno vezivo, raztopljeno v

organskih topilih ali dispergirano v vodi. Starejši tipi kitov za ročno in strojno kitanje, izdelani na osnovi nitroceluloznega, alkidnega ali oljnega veziva, ki se sušijo le z oddajanjem

topil ali z oksidativnim utrjevanjem, se vse hitreje umikajo iz uporabe. Nadomeščajo jih sodobnejše vrste, izdelane na osnovi poliuretanskih, polikondenzacijskih ali poliestrskih veziv, predvsem pa UV-utrjujočih poliestrskih in akrilnih smol.

Po tehniki nanašanja se kiti delijo v dve skupini:

- kiti za lopatico, ki rabijo še za ročna lokalna popravila napak,
- kiti za valjni nanos, ki se nanašajo z valjčnim strojem za kitanje.

2.2.2 Lužila

Lužila so najpomembnejša dekorativna sredstva za polepšanje in oplemenitenje površine lesnih izdelkov. Z njimi zmanjšamo preveliko ali povečamo premajhno barvno raznolikost, poživimo teksturo lesa in povečamo obstojnost oziroma trajnost barve izdelka. Lužila so premazna sredstva, ki vsebujejo barvila, mikronizirane barvne ali kovinske soli (npr. kalijev dikromat, železov klorid, kromov sulfat, kobaltove in bakrove soli), raztopljene ali dispergirane v vodi ali organskih topilih. Običajno vsebujejo tudi majhne količine veziva.

2.2.2.1 Vodna lužila

Vodna lužila so disperzije sintetičnih barvil z dodatkom transparentnih pigmentov in v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva. Vsebujejo tudi pomožna sredstva za izboljšanje dispergiranja, za zmanjšanja usedanja in za upočasnitev biološkega razkroja. Vodna lužila dobavljajo proizvajalci v prahu, ki ga pred uporabo po navodilih raztopimo v hladni vodi. Zelene barvne učinke dosežemo z uporabo ustrezne vrste lužila in tehnike nanašanja.

Prednosti vodnih lužil:

- ekonomičnost,
- manjše onesnaževanje okolja,
- zelo dobro barvanje in doseganje različnih barvnih slik,
- enostavno čiščenje nanašalne opreme.

Pomanjkljivosti vodnih lužil:

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

2.2.2.2 Lužila na osnovi organskih topil

To so raztopine sintetičnih barvil ali disperzije transparentnih pigmentov v zelo razredčeni raztopini veziva v organskih topilih, z dodatki različnih pomožnih sredstev. Večinoma jih že dobavljajo pripravljene za nanašanje ali jih izdelajo v višji koncentraciji, nato jih pred uporabo po potrebi razredčimo. Z medsebojnim mešanjem različnih tonov istovrstnih lužil je mogoče pripraviti vmesne in individualne odtenke. Izdelujejo jih v številnih različnih vrstah kot so:

- pigmentna lužila za enakomerno in čisto barvanje trdega lesa, ki imajo manj izrazito teksturo,
- oljna lužila za rustikalno obarvanje hrasta z oljnim vezivom in s topili, ki zelo malo dvigajo lesna vlakna,
- alkoholna lužila, zelo primerna za luženje kosovnih izdelkov iz masivnega lesa, hitro se sušijo in malo dvigajo vlakna.

2.2.2.3 Kemična lužila

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

2.2.3 Temeljne barve

Temeljne barve so po sestavi različna premazna sredstva, ki jim je skupna lastnost, da omogočajo dekorativno barvanje površine lesa. Pri tem je obdelava s temeljnimi barvami nekoliko lažja kot z lužili, seveda pa se od teh razlikujejo tudi po doseženih barvnih učinkih. Temeljne barve so sestavljene iz topnih organskih in netopnih anorganskih pigmentov, veziv, organskih topil ali zmesi organskih topil in vode ter pomožnih sredstev. Za nanašanje je primerna večina znanih postopkov. Večja vsebnost veziva v sestavi temeljnih barv kot v lužilih povzroča znatne razlike v sistemu obdelave in doseženi barvni sliki:

- zmanjša različnost vpijanja barve na delih površine lesa, kjer je brušenje izvršeno v prečni smeri ali na čelnem rezu in daje bolj izenačeno barvno sliko,
- zadovoljivo barvanje dosežemo celo na pomanjkljivo pripravljenih delih površine ali na delih površine, pripravljenih s kitanjem,
- možno je nanašanje celo na lesno površino, predhodno impregnirano ali lakirano s tanjšim nanosom temeljnega laka,
- manj dviga lesna vlakna,
- film temeljne barve omogoča po sušenju učinkovito glajenje s finimi brusnimi krtačami ali celo z brusilnimi papirji, kar omogoča zmanjšanje porabe laka,
- z nižjo koncentracijo pigmentov je možno transparentno obarvanje površine,
- z razprševanjem na del površine izdelka pred končnim lakiranjem je omogočeno senčenje,
- čistost barve in izrazitost teksture lesa pa je običajno slabša kot pri lužilih.

Po svoji sestavi in namenu uporabe se temeljne barve delijo na več osnovnih skupin:

- Nitro temeljne barve,
- Temeljne barve za poliester,
- poliuretanske temeljne barve,
- oljne temeljne barve,
- vodne temeljne barve.

2.2.4 Laki

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

- nitrocelulozni,
- polikondenzacijski s kislim utrjevalcem,
- poliuretanski,
- poliestrski,
- akrilni,
- vodni,
- drugi laki.

Glede na fazno stanje, v katerem je vezivo v topilu, se ločijo laki na:

- raztopinske,
- disperzijske.

Po prilagojenosti tehniki nanašanja na obdelovanec se laki uvrščajo v eno ali več skupin, ki jih določajo specifične aplikacijske lastnosti, to so:

- laki za razprševanje,
- laki za valjanje,
- laki za polivanje,
- laki za umakanje,
- laki za oblivanje.

Po načinu sušenja ali utrjevanja se razvrščajo v skupine za:

- fizikalno sušenje pri normalnih razmerah,
- fizikalno sušenje pri povišani temperaturi,
- fizikalno-kemijsko sušenje vodnih lakov v sušilniku s toplim zrakom in absorpcijskim izločanjem vode,
- fizikalno sušenje v naraščajočem temperaturnem režimu in utrjevanje z ultravijoličnim sevanjem,
- utrjevanje izključno z ultravijoličnim segrevanjem,
- utrjevanje izključno z infrardečim sevanjem,
- utrjevanje izključno z elektronskim sevanjem,
- sušenje z mikrovalovnim segrevanjem.

2.2.4.1 Nitrocelulozni laki

Vezivo pri nitroceluloznih lakih je nitroceluloza, ki jo dobimo z nitriranjem naravnega polimera celuloze. Ker gre za derivat naravnega polimera, se to pozna tudi na lastnostih nitroceluloznih premazov. Po kvaliteti jih lahko uvrščamo med premaze na osnovi naravnih smol in premaze na osnovi sintetičnih veziv.

Nitrocelulozni laki kot topila in redčila vsebujejo aceton, etilacetat, butilacetat in še različne druge organske snovi.

Utrjevanje je fizikalno in poteka z izhlapevanjem topila.

Prednosti so:

- hitro sušenje,
- relativno lahko čiščenje opreme,
- možnost nanašanja z različnimi tehnikami, relativno dobra odpornost proti svetlobi,
- odpornost proti nekaterim nepolarnim topilom (petrolej, bencin).

Pomanjkljivosti so:

- slabša kvaliteta obdelane površine v primerjavi z ostalimi laki,
- visoka vsebnost hlapnih organskih topil,
- negativen vpliv na okolje.

Uporaba nitroceluloznih lakov se zmanjšuje predvsem zaradi varovanja okolja, vendar se bodo najverjetneje za določene namene uporabljali tudi v prihodnje.

2.2.4.2 Polikondenzacijski laki s kislim utrjevalcem

Omenjene lake poznamo pod imenom »kislinski laki«. Kot vezivo vsebujejo aminoplaste in/ali fenoplaste, ki nastanejo s polikondenzacijo med formaldehidom in fenoli ali amini.

Katalizatorji, ki pospešijo reakcijo zamreženja, so različne organske kisline. Sami so trdi in krhki, zato jim pogosto dodajajo tudi alkidne, nitrocelulozne ali druge smole. Poznamo enokomponentne in dvokomponentne kislinske trdeče premaze. Njihova bistvena prednost so dobre mehanske lastnosti.

Poraba teh lakov se zmanjšuje in se bo še zmanjševala iz ekoloških razlogov. Zaradi ugodne cene in lastnosti pa se bodo uporabljali kot nadomestek za nitrocelulozne lake tudi v prihodnje.

Za sodobne polikondenzacijske lake s kislim utrjevalcem je pomembno, da med sušenjem in po utrjevanju film ne sprošča prostega formaldehida ali utrjevalca, ki je zdravju škodljiv in ima neprijeten vonj. Ta lastnost je odločilna za nadaljnjo uporabo KU lakov.

2.2.4.3 Poliuretanski laki

Nastanejo z reakcijo med izocianatnimi skupinami ter spojinami, ki vsebujejo OH-skupine, tudi z vodo. Od števila funkcionalnih skupin, ki so na voljo za reakcijo, je odvisna stopnja zamreženja oz. termoplastne ali duroplastne lastnosti poliuretanskega laka.

Prvi proizvajalec je bila firma Bayer, ki je proizvajala dvokomponentne poliuretanske lake, katerih komponenti sta se imenovali Desmophen in Desmodur. Od tod tudi poimenovanje DD laki, ki velja za klasične dvokomponentne poliuretanske lake. Danes poznamo klasične DD poliuretanske lake, transparentne poliuretanske lake, pri katerih so OH-skupine na poliakrilatnih verigah (vendar to niso pravi akrilni laki), poliuretanske lake z visokim deležem suhe snovi, ki med utrjevanjem reagirajo z vlago iz zraka ter pigmentirane poliuretanske sisteme.

Prednosti so:

- trajna elastičnost,
- dobra oprijemnost,
- trajnost,
- visoka odpornost proti vlagi in kemikalijam,
- dobra vezava pigmentov.

Žal pa so mnogi poliuretanski laki nagnjeni k rumenenju pod vplivom UV-svetlobe. Poraba poliuretanskih lakov narašča, predvsem za izdelavo kvalitetnega pohištva, omejevalni faktor pa je njihova relativno visoka cena.

2.2.4.4 Poliestrski laki

So polikondenzati, ki nastanejo z reakcijo med polialkoholi in karboksilnimi kislinami. Za lesne premaze uporabljamo nenasičene poliestre, kar pomeni, da vsebujejo dvojne vezi. Le-te omogočajo zamreženje, tako kot pri naravno sušičih oljih. Razlika od naravnih olj pa je v tem, da reakcije s kisikom iz zraka ne želimo, saj bi vodila do slabo utrjenih, lepljivih površin. Zato dodajamo v reakcijsko zmes stiren, ki omogoča zamreženje. Konkurenčno reakcijo s kisikom pa preprečimo z dodatkom parafina, ki izplava na površino in prepreči dostop zraka v film. Po končani utrditvi moramo parafin odbrusiti s površine. Kasneje so izdelali tudi neparafinske poliestrske lake. Reakcijo zamreženja poliestrov s stirenom lahko sprožimo s segrevanjem (od 60°C do 100 °C) ali z UV-sevanjem. Poliestrski laki so klasična preizkušena skupina lakov v številnih različnih sestavah, ki se uporabljajo za raznovrstne obdelave lesa.

Prednosti so:

- dobra oprijemnost na podlago, razen pri temnih drevesnih vrstah, lesovih z mastno ali smolnato površino, kjer kot temeljni nanos uporabljamo poliuretanske temeljne lake,
- dobra trdota in elastičnost filma,
- dobra kemijska odpornost,
- velik delež suhe snovi.

Pomanjkljivosti so:

- slaba svetlobna odpornost, zato je omejena obdelava svetlih in belih tonov lesa,
- ekološka oporečnost.

2.2.4.5 Akrilni laki

Akrilni laki predstavljajo nekoliko novejšo skupino lakov. Glavna sestavina v teh lakih je akrilna (poliakrilatna) smola, ki je lahko zelo različno sestavljena. Čiste akrilne smole so polimeri akrilnih ali metakrilnih spojin, običajno estrov. Polimer akrilne kisline je mehkejši od polimera metakrilne kisline. Trdota polimera je odvisna od dolžine in razvejanosti alkohola v estru. S primerno kombinacijo monomerov je mogoče izdelati zelo raznovrstne poliakrilate. Nizko molekularne akrilne smole se uporabljajo v obliki raztopin v organskih topilih. So termoplastne in sposobne samozamreženja pri povišani temperaturi ali z dodatkom kisline. V dvokomponentnih lakih se kot reakcijska komponenta v utrjevalcih uporabljajo melaminske smole ali izocianati. Z dodatkom ustreznega monomera in fotoiniciatorja se izdelujejo zelo reaktivni barvni in brezbarvni laki za utrjevanje z UV-sevanjem, ki vsebujejo zelo malo hlapnih sestavin (od 3 % do 10 %). Akrilni laki se po sedANJI porabi uvrščajo (predvsem pri UV-utrjujočih sistemih) v vodilno skupino. Zaradi majhnih emisij se bo poraba še povečevala. K temu bodo pripomogle tudi nove naprave za UV-utrjevanje prostorskih obdelovancev (utrjevanje z UV-sijalkami na večji razdalji v inertni (CO₂) atmosferi).

2.2.4.6 Vodni laki

So skupina z vodo razredčljivih lakov, pri katerih se uporabljajo najrazličnejše vrste veziva. Imajo manjšo vsebnost organskih topil ali so celo brez njih in so dispergirana v vodi. Najpogosteje se uporabljajo akrilna, poliuretanska, nenasičena poliestrska, akril-stiren kopolimerna ter akril-poliuretan kopolimerna veziva. Prednost vode kot topila je v nizki ceni, okoljski primernosti ter zmanjšani nevarnosti požarov in eksplozij v proizvodnji.

Prednosti so:

- vsebujejo visok delež suhe snovi,
- ne mehčajo spojev, zlepljenih s termotalilnimi ali polivinilacetatnimi lepili,
- izkazujejo boljši oprijem na lesu iglavcev,

- slabše poživljajo naravno barvo lesa, kar je ugodno pri nekontrastni obdelavi neluženih furniranih površin.

Pomanjkljivosti so:

- hrapavost obdelanih površin zaradi močnejšega dvigovanja lesnih vlaken,
- embalaža in nanašalna oprema morata biti iz nerjavečih materialov,
- zahtevnejše čiščenje opreme in odpadnih vod.

Poraba vodnih lakov je bila pri nas do nedavnega omejena le na posebne sisteme obdelave. V zadnjih letih pa njihova poraba zaradi zahtev ostre okoljevarstvene zakonodaje hitro narašča. Pričakujemo lahko nadaljnji razvoj vodnih lakov, primernih za širšo industrijsko porabo (predvsem z ekološkega vidika), za obdelavo visoko kvalitetnih izdelkov z visoko dodano vrednostjo.

2.2.4.7 Drugi laki

PU in PU-akrilni lak s protibakterijskim delovanjem

Film laka je zdravstveno neoporečen, obdrži pa trajno lastnost, da se na njegovi površini nerazvijajo bakterije in plesni. Ostale lastnosti so enake kot pri drugih poliuretanskih lakih. Uporabljajo se za obdelavo pohištva in opreme bolnišnic, šol, jedilnic, vrtcev itd.

Laki za utrjevanje z elektronskim sevanjem

Za utrjevanje v snopu primerno pospešenih elektronov (od 150 kV do 300 kV) so primerni vsi polimerizacijski laki, vendar se zaradi večje reakcijske hitrosti in zelo dobre kvalitete utrjenega filma v ta namen uporabljajo prilagojeni brezbarvni in barvni poliakrilatni laki. Laki so brez topil in fotoiniciatorja, nanašamo pa jih z valji ali polivanjem. Po kratkotrajnem razlivanju poteče trenutno utrjevanje z obsevanjem v tunelu z inertno atmosfero. Tako obdelana površina je podobna ali enaka kot pri UV-utrjujočih lakih.

Celulozno estrski laki za UV-utrjevanje

Ti laki so se pojavili na tržišču v ZDA v letu 1985 in so imenovani »super finiš«. Nanašanje in fizikalno sušenje je podobno kot pri nitroceluloznih lakih, z naknadnim UV obsevanjem pa se izvede kopolimerizacijsko utrjevanje filma, ki povzroči znatno izboljšanje oprijema na podlago, trdote, mehanske in kemične odpornosti. Takšen film postane v topilih netopen. S temi laki obdelujemo predvsem prostorsko oblikovane izdelke iz masivnega lesa.

Ti laki omogočajo zelo kvalitetno površinsko obdelavo, njihovo uporabo pa upočasnjuje cena. Pomembna prednost tega sistema je v tem, da omogoča z vgradnjo tunela za UV-utrjevanje v obstoječe lakirnice bistveno izboljšanje kakovosti površine.

Laki za »Vapocure« postopek utrjevanja

Vapocure ali VIC je v Avstraliji patentiran postopek utrjevanja posebnih visoko reaktivnih poliuretanskih lakov, ki ne vsebujejo pospeševalca. Lake razpršujejo z zračno ali kombinirano visokotlačno zračno pištolo za dvokomponentne lake. Zraku, ki ga uporabljamo za razprševanje, se dodaja določena količina pospeševalca v obliki pare terciarnega amina. Tako pospeševalec vmešamo v lak, ki vsebuje tudi manjšo količino organskih topil. Sušenje in utrjevanje teh lakov poteče pri normalni ali povišani temperaturi v zelo kratkem času (nekaj minut pri nanosu 100 g/m²). Utrjen film ima lastnosti sodobnih poliuretanskih lakov.

Laki na osnovi celuloznega acetata in acetobutirata

Celulozni acetat in celulozni acetobutirat, sta v organskih topilih topna estra, ki pomenita vezivo za novejšo skupino lakov, ki tvorijo kvalitetne, težko gorljive in svetlobno zelo obstojne filme. Ostale lastnosti so podobne ali enake lastnostim nitroceluloznih lakov. Zaradi svetlobne obstojnosti se uporabljajo v sistemih z vodnimi lužili v svetlih in pastelnih barvnih tonih. Zamenjava nitroceluloznih lakov je uspešna, upočasnjuje jo le cena.

Laki za sušenje / utrjevanje v visokofrekvenčnem elektromagnetnem polju

Visokofrekvenčno elektromagnetno valovanje povzroči hitra nihanja delcev v snovi, kar povzroči trenje teh delcev. Snov se zato hitro in enakomerno segreva »od znotraj« kot

posledica dielektričnih izgub. Proces segrevanja traja le toliko časa, dokler so navzoče polarne molekule. Ko te izhlapijo ali pa se s kemično reakcijo vežejo v polimer, se segrevanje samodejno konča.

Za sušenje ali utrjevanje po tem postopku so primerni:

- visokofrekvenčni sušilnik, ki deluje s frekvenco 27 MHz,
- mikrovalovni sušilnik s frekvenco 2,45 GHz.

Za ta namen so primerni enokomponentni vodni laki in nekateri dvokomponentni laki na osnovi organskih topil. Sušilniki tega tipa so že na tržišču.

Praškaste barve in laki

Lake v prahu že dolgo poznamo za obdelavo kovin in drugih izdelkov. Za uporabo na lesu so se razvile posebne barve, ki jih elektrostatično napršimo na les, nato pa utrdimo na naslednje načine:

- termoaktivne praške utrdimo pri temperaturi od 120 °C do 140 °C z infrardečim sevanjem,
- UV utrjujoče praške, ki jih za kratek čas segrevamo v tunelu z vročim zrakom in infrardečim sevanjem, da se raztalijo in zlijejo v film, nato pa jih z UV-sevanjem dokončno utrdimo.

Praškasti laki so izdelani iz epoksidnih, poliestrskih, uretanskih, akrilnih in kopolimernih smol, so brez topil in vsebujejo 100 % suhe snovi. Uporabljamo jih za obdelavo elementov iz MDF, vendar imajo ti izdelki značilen strukturiran izgled in otip površine. Film ima zelo dobre mehanske in kemične lastnosti.

2.3 NANAŠANJE PREMAZNEGA SREDSTVA

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

- geometrije izdelka,
- vrste in vlažnosti lesa,
- priprave površine,
- mogočih načinov nanašanja in vrste nanašalne opreme,
- vrste premaznega sredstva,
- razmer v lakirnici.

Poznanih je več načinov nanašanja premaznih sredstev:

- polivanje,
- valjanje,
- potapljanje,
- razprševanje, ki je lahko:
 - zračno,
 - brezračno (airless),
 - kombinirano (airmix),
 - HVLP (high volume –low pressure),
 - toplo in vroče
 - z rotacijskimi napravami,
 - elektrostatsko,
 - robotizirano z zgoraj navedenimi načini.

2.3.1 Zračno razprševanje

Pri zračnem razprševanju iz pištrole razpršimo premazno sredstvo s pomočjo stisnjenega zraka. Skozi srednjo šobo izteka premazno sredstvo, ki se dovaja pod manjšim nadtlakom iz posode za premaz. Velikost običajnih šob je od 0,8 mm do 2,5 mm, odvisno od vrste premaznega sredstva (1,2 mm za lužila, 1,5 mm za končne premaze, do 2,5 mm za zelo viskozne premaze). Tlak stisnjenega zraka je od 3 do 5 bar, hitrost zraka od 150 m/s do 300 m/s. Možna količina nanosa premaznega sredstva znaša od 50 g/m² do 150 g/m², izkoristek pa je od 30 % do 50 %.

2.3.2 Brezračno (airless) razprševanje

Pri brezračnem razprševanju je premaz v sistemu pod določenim tlakom (od 200 bar do 400 bar). Premazno sredstvo potiska do pištrole visokotlačna črpalka. Do razpršitve pride, ko premazno sredstvo pod visokim tlakom udari iz pištrole v mirujoč zrak. Hitrost premaznega sredstva na izhodu je od 120 m/s do 160 m/s. Premer šobe znaša od 0,2 mm do 1,2 mm. Za

najboljšo kvaliteto razprševanja je priporočljiva oddaljenost pištole od obdelovanca od 300 mm do 500 mm. Izkoristek nanašanja znaša od 50 % do 60 %.

2.3.3 Kombinirano zračno brezračno (airmix) razprševanje

Pri tem postopku gre za podoben princip kot pri brezračnem razprševanju, le da ima pištola dodaten zračni kanal. Zaradi mešanja premaznega sredstva s stisnjenim zrakom, ki v curek prihaja iz stranskih šob, se premaz boljše razprši. Tlak premaznega sredstva znaša od 20 bar do 60 bar. Zaradi manjšega delovnega tlaka prihaja do manjše obrabe šob in boljšega izkoristka, ki znaša do 75 %.

2.3.4 Razprševanje HVLP

HVLP je razprševanje pri nizkem tlaku in velikem volumnu stisnjenega zraka. Tlak pri razprševanju znaša od 0,7 bar do 2,5 bar. Poraba stisnjenega zraka je posledično višja. Zaradi delovanja pod nižjim tlakom dosežemo boljše penetracijo v pore in zato manjše izgube laka. Izkoristek nanašanja je od 65 % do 75 %. Priporočena oddaljenost od obdelovanca je od 150 mm do 200 mm.

2.3.5 Razprševanje z rotacijskimi napravami

Pri razprševanju z rotacijskimi napravami se razprševalni disk ali razprševalna čaša vrtita okrog svoje osi z veliko hitrostjo (do 50.000 obratov/min). Premaz priteka na sredino diska in se po spodnji strani razleze po disku, na ostrem robu diska pa se raztrga in odleti. Razprši se zaradi centrifugalne sile in trenja z okoliškim zrakom, razpršene delce pa obvezno usmerjamo z elektrostatiko. Ta sistem se vedno uporablja le za avtomatizirano lakiranje.

2.3.6 Elektrostatsko razprševanje

Ta sistem nanašanja se lahko kombinira z vsemi razprševalnimi sistemi. Pri tem postopku ustvarimo električno polje med razprševalno napravo in obdelovancem, kar povzroči, da se razpršeni delci premaznega sredstva usmerijo proti obdelovancu. razprševalna pištola je

nabita negativno, obdelovanec pa pozitivno. Minimalna vlažnost obdelovanca je 8 %. Premaz mora biti neprevoden. Izkoristek sistema je od 65 % do 95 %.

2.3.7 Toplo in vroče razprševanje

Toplo in vroče razprševanje se prav tako lahko uporablja pri vseh postopkih razprševanja. Segrevanje lakov povzroči zmanjšanje viskoznosti, podobno kot redčenje z redčilom. Temperatura segretega laka znaša med 30 °C in 80 °C. Manjša, kot je vsebnost topil, več je suhe snovi in višja temperatura nanašanja je potrebna. Pri segrevanju laka se zniža iztočni čas. Podoben učinek dosežemo pri 20 % razredčenju.

2.3.8 Robotizirano razprševanje

Sodobni avtomatski stroji za razprševanje reliefnih plošč imajo gladek transportni trak s posebnim načinom brisanja odvečnega laka. Ta stroj ima izpopolnjen krmilni sistem, ki s fotocelicami odčita zapolnjenost "x, y" ravnine in prek mikroprocesorja vodi razprševalne pištole. Običajno imajo stroji od 8 do 16 pištol, ki se pomikajo večinoma krožno v obliki elipse ali prečno na transportni trak, odvisno od proizvajalca strojev. Ker obdelovanci ležijo na transportnem traku, ni zapraševanja spodnje strani obdelovanca. Avtomatski stroji omogočajo večje delovne kapacitete, boljšo kakovost obdelave, nižje stroške lakiranja, boljši izkoristek lakov itd.

2.3.9 Valjčno nanašanje

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

Postopek valjčnega nanašanja temelji na dvofaznem principu:

- v prvi fazi se na nanašalnem valju oblikuje film zelene debeline,
- v drugi pa se ta film po stiku nanašalnega valja s površino obdelovanca prenese nanj, pri čemer je za oblikovanje filma pomembno relativno razmerje hitrosti in smeri gibanja valja in obdelovanca na dotikalni površini.

Pospešeni razvoj valjčnih strojev temelji na zahtevah:

- možnost nanašanja zelo tankih in enakomernih temeljnih in končnih lak filmov,
- možnost nanašanja debelejših in gladkih temeljnih filmov, ob dobrem zapolnjevanju por,
- možnost nanašanja visoko viskoznih UV-PE, UV-A in V lakov, ki imajo manj ugodne reološke lastnosti.

Glede na smeri vrtenja, namen in premazno sredstvo poznamo več vrst valjčnih agregatov.

2.3.10 Polivanje

Postopek temelji na oblikovanju tankega, enakomernega in stabilnega filma premaza, ki prosto pada v obliki navpične zavese, prečno po vsej delovni širini transportnega traku. Obdelovanci se pomikajo z nastavljivo hitrostjo in med seboj razmaknjeni skozi zaveso filma premaza.

Na oblikovanje zavese filma premaza vplivajo naslednji faktorji:

- začetni pogoji na iztočni reži ali prelivnem robu,
- sila težnosti,
- viskoznost in površinska napetost laka,
- gibanje zraka v okolici zavese.

Zavesa filma je najdebelejša takoj po izteku iz polivalnega agregata, zmanjšuje pa se sorazmerno s povečanjem hitrosti padanja, saj ostane pretok konstanten. Višja, kot je zavesa, tanjši je film. Viskoznost in površinska napetost laka se upirata tanjšanju filma, na robovih pa se zaradi njiju rob zavese sorazmerno odebeli. Nečistoče, nehomogen lak (neenakomerna viskoznost), zračni mehurčki, gibanje zraka v okolici in podobne nepravilnosti pa lahko povzročijo neenakomerno debelo, raztrgano zaveso ali pa neenakomeren nanos (predvsem zaradi nihanja zavese). Zaradi velike proste površine zavese in odprte površine prestrezalnega korita je izparevanje topil in s tem spreminjanje viskoznosti znatno.

Poznamo več tipov polivalnih strojev z različnimi polivalnimi agregati:

- zaprta glava z iztočno režo,
- odprta prelivna glava,
- valjčno polivalna glava.

2.3.11 Potapljanje

Potapljanje je zelo racionalen postopek nanašanja premaznih sredstev na obdelovance paličastih oblik, rešetkastih konstrukcij in na galanterijske izdelke. Izdelke večjih dimenzij potapljamo posamezno, manjše pa obešamo ali nabadamo v sete. S tem povečamo hitrost dela in izkoristek prostora v sušilnikih. Potapljamo predvsem v lužila in impregnacije, lahko pa tudi v barvne in brezbarvne lake. Ker je gostota lesa manjša od gostote premaznih sredstev, je pri potapljanju potrebno potiskanje elementov v tekoče sredstvo, pri čemer je za nanos brez napak (predvsem neobdelana mesta zaradi zračnih žepov) pomembna hitrost potapljanja. Za enakomeren nanos je potrebna tudi hitrost izvleka obdelovancev, kar je posebej pomembno pri potapljanju v srednje in višje viskozne lake. Pri nepravilni hitrosti izvleka se lahko pojavijo različne debeline filma premaza (predvsem pri daljših obdelovancih) ali pa na površini ostanejo sledi odcejanja laka (kapljice).

Potapljamo lahko:

- ročno v nizko viskozne premaze,
- ročno v srednje viskozne lake,
- mehanizirano v visoko viskozne lake.

2.3.12 Oblivanje

Po tem postopku premazna sredstva nanašamo v obliki slabo razpršenega curka predvsem na masivne obdelovance najrazličnejših oblik. Odvečno premazno sredstvo odteče z obdelovanca in se prek filtrov vrne v posodo s premazom. Posebej racionalen je ta način pri nanašanju na obdelovance večjih dimenzij, pri katerih bi za potapljanje potrebovali zelo velike kadi.

Oblivanje v polodprtih napravah

Poznamo različne načine:

- oblivanje v tunelu,
- oblivanje v kadi s saržnim načinom,
- oblivanje v kadi s kontinuiranim pretokom,

Komora je namenjena za nanašanje lužil in lakov na dolge obdelovance (letve različnih presekov, stenske obloge). V komori črpalka vzdržuje podtlak, kar preprečuje premazu, da bi iztekel skozi vstopno ali izstopno odprtino. Letvice, ki jih transporter potiska skozi komoro, se med prehodom omočijo s premaznim sredstvom (v kopeli ali pod prho). V izstopni maski, v kateri je odprtina malo večja od preseka letve, se v nastali reži ustvari hiter tok zraka v smeri v notranjost komore, ki odstranjuje prebitek premaznega sredstva. Količino nanosa reguliramo s podtlakom v komori in z velikostjo izstopne maske. Način je primeren za oblivanje impregnacij, lužil ali barvnih premazov na letve. V prvem delu obdelovanec oblijemo iz večjega števila šob, v drugem pa s krtačami odstranimo presežek premaza, ki se zbira na dnu komore in se prefiltriran vrača v obtok.

2.4 UTRJEVANJE PREMAZOV

S pojmom utrjevanje opišemo proces prehoda premaznega sredstva iz tekočega v trdno agregatno stanje. Pri tem nastane na površini obdelovanca film. Poznamo tri vrste utrjevanja:

- fizikalno utrjevanje,
- kemično utrjevanje,
- kombinirano (fizikalno in kemično) utrjevanje.

2.4.1 Fizikalno utrjevanje

Premaze, ki utrjujejo z odparevanjem topil, lahko utrjujemo tudi pri sobni temperaturi. Vendar pa je to za masovno proizvodnjo prepočasno, zato odparevanje pospešimo s segrevanjem. Ta način imenujemo pospešeno toplozračno konvekcijsko sušenje. S segretim zrakom, ki se giblje nad obdelovanci, pospešimo odparevanje. Med procesom utrjevanja poteka več faz, ki jim je prilagojen tehnološki postopek:

- v prvi fazi – fazi razlivanja, ki poteka takoj po nanosu, se na površini tvori film laka, iz katerega intenzivno izhlapevajo topila, da se debelina filma hitro manjša,
- v drugi fazi konvekcijskega sušenja se na površini že tvori tanka utrjena plast filma, v kateri se pojavljajo notranje napetosti, ki pa se še sproti sproščajo,
- v tretji fazi, ki je najdaljša, je film že utrjen, iz njega z difuzijo izhajajo hlapne komponente,
- sledi faza ohlajanja, v kateri vzpostavimo v obdelovancih čim bolj normalno temperaturo.

Sušenje izvajamo v toplozračnih sušilnikih. Režim sušenja je odvisen od kemične sestave premaza, vsebnosti hlapnih sestavin premaza ter od količine nanosa.

Temperaturo v sušilnikih višamo postopoma, saj lahko previsoka temperatura v začetni fazi povzroči hude napake, ki jih ni mogoče popraviti. Previdnost je potrebna tudi pri sušenju debelejših filmov.

Sušilna linija ima več elementov (naprav), od katerih so najvažnejši:

- odsesovalnik, kjer se premaz razliva in iz njega intenzivno izhlapevajo topila,
- umirjevalni tunel, kjer je premaz še vedno v fazi razlivanja, intenzivnost sušenja pa je še vedno minimalna, čeprav ventilatorji skrbijo za zadosten pretok zraka nad obdelovanci, ki odstranjuje topila, ki izhlapijo,
- odparjevalnik, kjer se topel zrak giblje v nasprotni smeri od gibanja obdelovancev, poteka pa konvektivno sušenje premaza, pri katerem je izhlapevanje topil zelo intenzivno,
- sušilnik s toplim zrakom (obtočni sušilnik), kjer poteka konvekcijsko-difuzijska faza sušenja, v kateri sta temperatura in gibanje zraka lahko višja,
- šobni sušilnik s toplim zrakom, kjer poteka zadnja faza utrjevanja – difuzijska faza, v kateri je hitrost zraka velika, piha pa direktno na obdelovanec,
- hladilniki, v katere z veliko hitrostjo vpihujemo hladen zrak in tako premaz hladimo.

Energijo za proces sušenja lahko dovajamo tudi na druge načine:

- z obsevanjem z IR-svetlobo,
- s sušenjem v visokofrekvenčnem električnem polju,
- z obsevanjem z mikrovalovi.

2.4.2 Kemijsko utrjevanje

Za kemijsko utrjevanje se je najbolj uveljavilo utrjevanje z obsevanjem z UV-svetlobo, ki je elektromagnetno valovanje različnih valovnih dolžin. Premazi za utrjevanje z UV-obsevanjem vsebujejo fotoinicijatorje, ki pod vplivom UV-svetlobe hitro razpadejo v radikale, ki sprožijo proces polimerizacije in zamreženja. Utrjevanje z UV-svetlobo poteče zelo hitro, površine pa so po izstopu iz UV-linije že ohlajene in primerne za nadaljnjo obdelavo ali manipulacijo.

UV-linija vsebuje naslednje elemente:

- UV-svetila (nizkotlačne, srednjetačne ali visokotlačne Hg-žarnice),
- reflektorje (iz poliranega ali eloksiranega aluminija), ki usmerjajo svetlobo na obdelovanec,
- elektro napajalno opremo, ki je pomembna za racionalno in varno obratovanje UVcevi, ki se napajajo z izmenično visoko napetostjo,
- hladilni sistem, ki znižuje temperaturo sistema in odstranjuje manjšo količino topil, kise sproščajo med utrjevanjem.

Prednosti postopka utrjevanja z UV-svetlobo so hitrost, majhna emisija topil v ozračje, možna takojšnja nadaljnja obdelava, relativno majhna poraba energije v primeru z drugimi načini utrjevanja. Pomanjkljivosti pa so predvsem v veliki požarno-eksplozijski nevarnosti, dražjih premazih, velikih investicijskih stroških, daljšem času utrjevanja debelejših in pigmentiranih filmov premaza ter nevarnem sevanju za človeka.

3 UREDBA O EMISIJAH Hlapnih Organskih Spojin iz Naprav, ki Uporabljajo Organska Topila (»UREDBA HOS«)

3.1 NAJPOMEMBNEJŠE DOLOČBE UREDBE HOS

Za vse naprave, ki uporabljajo hlapne organske spojine, Uredba HOS, ki je bila povzeta po »Direktiva sveta Evrope 1999/13/ES« (*Ur. l št. 85-0013/1999 z vsemi spremembami*) predpisuje:

- mejne vrednosti koncentracij hlapnih organskih spojin v odpadnih plinih,
- mejne količine nezajetih in celotnih emisij hlapnih organskih spojin,
- mejne vrednosti koncentracij rakotvornih, mutagenih in za reprodukcijo strupenih hlapnih organskih spojin,
- merila za odobritev načrta zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin,
- vrednotenje emisije hlapnih organskih snovi in ugotavljanje čezmerne obremenitve,
- obseg obratovalnega monitoringa in
- ukrepe v zvezi z zmanjšanjem tveganja za zdravje ljudi, ki ga povzročajo.

Določbe te Uredbe veljajo za obratovanje naprav, pri katerih je poraba hlapnih organskih spojin večja od najmanjše letno dovoljene (15 ton na leto). Glede na emisije hlapnih organskih spojin pa je potrebno prijaviti vsako napravo, ki ima porabo nad 15 ton letno. Uredba HOS ne velja pri uporabi organskih topil z vsebnostjo halogeniranih organskih spojin, če je le-ta večja ali enaka 1 % celotne mase organskih topil, saj take primere obravnava druga uredba.

Nekaj najpomembnejših definicij izrazov v Uredbi HOS:

Hlapna organska spojina je katerakoli organska spojina s parnim tlakom večjim od 0,01 kPa pri temperaturi 293,15 K ali spojina z enako hlapnostjo pri določenih pogojih uporabe.

Organska spojina je vsaka spojina, ki vsebuje vsaj element ogljik in enega ali več naslednjih elementov: vodik, katerikoli halogen, kisik, žveplo, fosfor, silicij ali dušik, razen ogljikovih

ksidov ter anorganskih karbonatov in bikarbonatov. Organsko topilo je katerakoli hlapna organska spojina, ki se uporablja sama ali skupaj z drugimi snovmi, ne da bi se pri tem kemijsko spremenila, za raztapljanje surovin, izdelkov ali odpadnih snovi ali se uporablja kot čistilno sredstvo za raztapljanje nečistoč, kot sredstvo za raztapljanje, disperzni medij, sredstvo za uravnavanje viskoznosti ali površinske napetosti, plastifikator ali kot zaščitno sredstvo. Emisija je kakršenkoli izpust hlapnih organskih spojin iz naprave v okolje. Nezajete emisije so emisije hlapnih organskih spojin v zrak, tla ali vodo, ki niso zajete v odpadnih plinih, in če ni drugače določeno s to uredbo, tudi topila v katerih koli izdelkih. Med nezajete emisije so vključene tudi difuzne emisije, ki se izpuščajo v okolje skozi okna, vrata, zračnike in podobne odprtine. Zaprti pogoji so pogoji, v katerih naprava deluje tako, da se hlapne organske spojine, ki se sproščajo pri izvajanju dejavnosti, zbirajo in odvajajo nadzorovano skozi odvodnik odpadnih plinov ali iz naprave za čiščenje odpadnih plinov in tako niso povsem nezajete.

Naprave so napeljave in oprema, ki so nepremična tehnična celota, v kateri se izvaja ena ali več dejavnosti, ki lahko vplivajo na emisije hlapnih organskih spojin. Za eno napravo se šteje tudi več istovrstnih naprav na posameznem funkcionalno zaokroženem območju v posesti istega upravljavca, vključno s pripadajočo ali z njimi povezano infrastrukturo in tehnološkimi postopki, v katerih se uporabljajo organska topila. (Bajde 2008)

3.2 EMISIJE HLAPNIH ORGANSKIH TOPIL

Pri načrtovanju, rekonstrukciji in gradnji ter obratovanju naprave ne sme biti presežena nobena od določenih mejnih vrednosti. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin je bilo potrebno zagotoviti, da od 1. novembra 2007 ni presežena ciljna emisija. Upravljavec mora zagotoviti varnostne ukrepe, ki zagotavljajo čim manjše emisije hlapnih organskih spojin tudi med zagonom in zaustavitvijo naprave. Če upravljavec ali izvajalec meritev ugotovi presežene mejne vrednosti (preglednica 1 in preglednica 2) (*Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2005.Ur. l. RS št. 112-4927*) je potrebno takoj obvestiti inšpektorja, pristojnega za okolje. V kolikor ta oceni, da koncentracija onesnaževanja lahko preseže predpisane ciljne vrednosti mora prepovedati obratovanje naprave. (Frumen 2007)

Preglednica 1: Mejne koncentracije hlapnih organskih spojin za zajete očiščene odpadne pline – 2005

(Uredba..., 2005)

Poraba topil (t/leto)	Mejna koncentracija (mg C/m ³)	Opombe
15-25	100	velja za postopke premazovanja in sušenja pri zaprtih prostorih
več kot 25	50	velja za postopke sušenja premaznega sredstva pri zaprtih pogojih
	75	velja za postopke nanašanja premaznega sredstva pri zaprtih prostorih
	20	velja pri naknadnem termičnem sežigu.

Preglednica 2: Mejne količine nezajetih emisij – 2005

(Uredba..., 2005)

Poraba topil (t/leto)	Mejna količina, izražena v % vnosa organskih topil	Opombe
15–25	25	Pri zaprtih pogojih, hlapne organske spojine, vsebovane v zajetih neočiščenih odpadnih plinih, se prištevajo k nezajetim emisijam
več kot 25	20	

Pri mejnih vrednostih je še posebej določena mejna koncentracija za vse najbolj škodljive snovi. To so snovi, ki lahko:

- povzročijo raka (R45),
- povzročijo delne genetske okvare (R46),
- povzročijo raka pri vdihavanju (R49),
- škodujejo plodnosti (R60),
- škodujejo nerojenemu otroku (R61).

Za vse zgoraj navedene hlapne organske snovi je mejna koncentracija emisij, ki je enaka ali večja od masnega pretoka 10 g/h, enaka 2 mg/Nm³. Mejna koncentracija halogeniranih hlapnih organskih spojin z možno nevarnostjo trajne okvare zdravja (R40) pa je pri emisiji hlapnih organskih spojin, ki je enaka ali večja od masnega pretoka 100 g/h, enaka 20 mg/h. Če je v odpadnih plinih iz posamezne naprave več takih hlapnih organskih snovi, veljata masni pretok in mejna koncentracija za vsoto le teh. Pri manjših obratih, ki porabijo med 15 ton in 25 ton topil letno, je potrebno opremo in lake prilagajati sodobnemu stanju tehnike, kar naj ne bi predstavljalo nerešljivega problema. Prilagoditev zahtevam zakonodaji pa je oz. je bila bistveno težja v večjih obratih, ki porabijo več kot 50 ton topil letno. Prilagoditev zahtevam Uredbe HOS povzroča velike spremembe tehnologije in cene površinske obdelave ter s tem tudi proizvodne strategije. (Bajde 2008)

3.3 VREDNOTENJE PARAMETROV EMISIJE

Koncentracija hlapnih organskih spojin se izraža v g ali mg na m³ suhega odpadnega plina pri normalnih pogojih (T = 273,15 K, P = 101,3 DPA). Koncentracija hlapnih organskih spojin se ugotavlja v zajetih odpadnih plinih iz naprav, ki so razredčeni toliko, kot je tehnično in obratovalno nujno. Količine dovedenega zraka za redčenje ali hlajenje se ne upoštevajo pri določanju koncentracije hlapnih organskih spojin v zajetem odpadnem plinu. Količina in koncentracija hlapnih organskih spojin se določa posebej za vsoto organskih spojin R40, R45, R 49, R60 in R61 in posebej za preostale hlapne organske spojine. Koncentracija in količina se določata pri polni obremenitvi in na vseh izpustih odpadnih plinov posamezne naprave na podlagi izmerjenih vrednosti. Iz izmerjenih vrednosti koncentracij in pretoka odpadnih plinov se nato izračunajo urne povprečne vrednosti hlapnih organskih spojin. Vsebnost hlapnih organskih spojin v premaznih sredstvih (v nadaljevanju HOS) se izraža v g/l. Vrednost HOS se določa za premazno sredstvo, ki je že pripravljeno za uporabo, vključno z redčenjem po priporočilih proizvajalca.

Vrednost HOS se za premazna sredstva za les izračuna po formuli:

$$\text{Vrednost HOS} = ((100 - nfa - mw) / 100) * \rho_s$$

Pri čemer je:

ρ_s : gostota premaznega sredstva v g/l

nfa : delež nehlapnih snovi, izražen v odstotkih mase premaznega sredstva

mw : delež vode, izražen v odstotkih mase premaznega sredstva

3.4 MERITVE EMISIJ Hlapnih organskih spojin in poročanje

Uredba HOS predpisuje trajna in občasna merjenja. Trajne meritve so obvezne za odpadne pline iz naprave, opremljene z napravo za čiščenje dimnih plinov, če na njenem izpustu povprečna vrednost masnega pretoka emisije hlapnih organskih spojin presega mejno vrednost masnega pretoka 10 kg/h, izraženo v kg celotnega organskega ogljika. Občasne meritve so potrebne pri napravah z napravo za čiščenje dimnih plinov, v katerih ni presežena mejna vrednost masnega pretoka hlapnih organskih spojin in za naprave brez naprav za čiščenje dimnih plinov. Občasne meritve se izvajajo enkrat letno, izvesti pa je potrebno najmanj tri enourna merjenja. Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) lahko dovoli opustitev občasnih meritev, če so za uporabo organskih topil v posamezni napravi uporabljene tehnologije, ki omogočajo doseganje mejnih vrednosti brez uporabe čistilnih naprav za odpadne pline. Dovoljenje za opustitev trajnih meritev pa lahko izda ARSO v okoljevarstvenem dovoljenju, če je z drugim trajnim merjenjem parametrov delovanja same naprave ali naprave za čiščenje odpadnih plinov zagotovljen enakovreden nadzor nad parametri emisij. Ministrstvo mora najpozneje devet mesecev po koncu vsakega triletnega obdobja poslati poročilo o izvajanju Direktive sveta 1999/13/ES (*Ur. l št. 85-0013/1999 z vsemi spremembami*) Evropski komisiji. Poskrbeti morajo tudi za javno dostopnost tega poročila. Prvo poročevalsko obdobje je bilo od leta 2004 do leta 2006. Nadzor nad izvajanjem uredbe HOS opravljajo inšpektorji za varstvo okolja. Za nespoštovanje te uredbe sledijo denarne kazni ali celo zaprtje lakirnice.

3.5 ROKI ZA IZPOLNITEV ZAHTEV UREDBE IN NAČRT ZMANJŠEVANJA EMISIJ HOS

Pri načrtovanju, rekonstrukciji in gradnji ter obratovanju naprav ne sme biti presežena nobena od določenih mejnih vrednosti. Z načrtom zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin, ki je

ena od možnosti za prilagoditev zahtevam Uredbe, je bilo potrebno zagotoviti, da od 1. novembra 2007 ni presežena ciljna emisija HOS. Ker predvsem za površinsko obdelavo hrastovega lesa in tudi v nekaterih drugih primerih še ni bilo na voljo ustreznih tehnoloških rešitev in materialov, je zakonodajalec končni rok za zagotovitev skladnosti emisij s tistimi, ki so predpisane v Uredbi, podaljšal za tri leta. V vmesnem obdobju (po letu in pol po 1. novembru 2007) morajo podjetja s strokovno oceno o napredku poročati Agenciji Republike Slovenije za okolje. Za napravo, ki uporablja hlapne organske spojine, je potrebno pridobiti dovoljenje za obratovanje. Ena od možnosti za pridobitev obratovalnega dovoljenja je, da upravljalec naprave Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO) predloži načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin. (Frumen 2007)

Z načrtom zmanjševanja emisij HOS je potrebno:

- prikazati, da so predvideni ukrepi zmanjševanja uporabe taki, da je po njihovi izvedbi letna emisija manjša ali enaka mejni vrednosti,
- izračunati in razložiti vrednost emisije za katero upravljavec zagotavlja, da jo bo naprava dosegala po izvedbi ukrepov za zmanjšanje emisij,
- izračunati in razložiti vrednost emisije, ki jo povzroča naprava na začetku izvajanja ukrepov zmanjševanja emisij, v obliki bilance uporabljenih organskih topil,
- prikazati časovni potek zmanjševanja uporabe hlapnih organskih spojin za vsako leto posebej za vse obdobje trajanja izvajanja ukrepov zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin.

Če je prišlo do spremembe obratovanja ali obnove naprave, je potrebno k vlogi za pridobitev dovoljenja predložiti tudi poročilo o obratovalnem monitoringu za preteklo leto in bilanco uporabljenih topil. ARSO odobri načrt za zmanjševanje emisij hlapnih organskih spojin, če iz izračunov, podatkov v njem in poročila o prvih meritvah izhaja, da bo naprava zadostila vsem zahtevam uredbe HOS. V kolikor načrt zmanjševanja emisij hlapnih organskih spojin ne izpolnjuje vseh zahtev, ga ministrstvo lahko zavrne ali pa zahteva njegovo dopolnitev. ARSO v načrtu za zmanjšanje emisij HOS odobri obratovanje obstoječih naprav tako, da je izpolnjevanje zahtev glede zmanjšanja emisij pri obratovanju obstoječe naprave zagotovljeno z:- uporabo trenutno najboljših razpoložljivih tehnik premazovanja,

- preverjanjem skladnosti z najboljšimi razpoložljivimi tehnikami nanašanja najmanj vsakih 18 mesecev,
- sprotnim prilagajanjem obratovanja obstoječih naprav novemu stanju tehnike.

(Frumen 2007)

4 MATERIAL IN METODE

Za pripravo vzorcev smo izbrali masivni les hrastovine, ki smo ga širinsko zlepili. Vzorce smo površinsko obdelali in polakirali z enim površinskim sistemom poliuretanskega (PU) laka na osnovi organskih topil in z dvema vodnima sistemoma. Vse standardne preizkuse smo izvedli v Laboratoriju za obdelavo površin na Oddelku za lesarstvo na Biotehniški fakulteti v Ljubljani.

4.1 MATERIALI

Vzorce smo pripravili iz masivnega hrastovega lesa, zlepjenega na topi spah iz elementov naključnih dimenzij. Pripravili smo 9 vzorcev dimenzij 630 mm x 630 mm x 40 mm, za vsak površinski sistem po tri vzorce. Vzorci so bili pred površinsko obdelavo končno brušeni z brusnim papirjem granulacije 150.

Uporabili smo premaza dveh proizvajalcev in sicer Renner ter Salchi. Od proizvajalca Renner smo izbrali površinski sistem PU laka na osnovi organskih topil (temelj FL-M002 + končni FO-xxM003) in sistem na vodni osnovi (temelj YL-M663 + končni YO 20M863). Od proizvajalca Salchi smo uporabili drugi vodni sistem (temelj HW620260 + končni dvokomponentni HW640544).

Izdelava vzorcev je potekala v več fazah, in sicer:

- sušenje lesa,
- razžagovanje lesa na elemente,
- poravnavanje elementov,
- debelinjenje elementov na nadmero,
- širinsko lepljenje,
- debelinjenje na točno mero,
- razrez vzorcev na točne dimenzije,
- brušenje,
- nanos temeljnega laka,
- zračno sušenje temeljnega laka,
- brušenje temeljnega laka,

- nanos končnega laka,
- zračno sušenje končnega laka.

Vsi vzorci so bili lakirani s klasičnim zračnim razprševanjem s pištolo RAZOR s šobo 1,8 mm, pri tlaku 3 bar.

4.2 METODE

Odločili smo se, da bomo vzorce z različnimi površinskimi sistemi okarakterizirali z določitvijo naslednjih lastnosti:

- debelina premaznega sistema,
- sijaj površinskega sistema,
- oprijemnost premaznega sistema na podlago,
- odpornost površinskega sistema proti hladnim tekočinam,
- odpornost površinskega sistema proti udarcem,
- odpornost površinskega sistema proti razenju.

4.2.1 Debelina premaznega sistema

Za merjenje debeline suhega filma smo uporabili mikroskopsko metodo (SIST EN ISO 2808:2007). Iz preizkušanca (slika 1) smo najprej izžagali (prečno na potek vlaken) približno 1 cm širok vzorec, ki smo ga odžagali 5 cm od roba preizkušanca. S stereo lupo smo določili debelino suhega filma premaza v prečnem prerezu. Izvedli smo po 5 meritev na reprezentativnih delih celotnega filma. Rezultate smo izrazili v μm ter izračunali povprečno vrednost.



Slika 1: Vzorci za določitev debeline premaznega sistema



Slika 2: Mikroskopsko določevanje debeline premaznega sistema

4.2.2 Sijaj površinskega sistema

Stopnjo sijaja oziroma motnosti merimo pri popolnoma suhih (utrjenih) filmih končnih lakov. Sijaj smo merili po metodi (SIST EN ISO 2813:1999) z ročnim merilcem (slika 3), ki nam avtomatsko poda vrednost sijaja. Merili smo pri vpadnem in odbojnem kotu 60° . Na vsakem vzorcu smo izvedli po 10 meritev.



Slika 3: Določevanje sijaja površinskega sistema

4.2.3 Oprijemnost premaznega sistema na podlago

Oprijemnost premaznega sistema na podlago smo določili po standardni metodi z odtrgovanjem pečatov (SIST EN ISO 4624: 2004). Najprej smo površino vzorca in pečata pobrusili, da smo dobili čisto površino. Nato smo pripravili dvokomponentno lepilo blagovne znamke Uhu, s katerim smo na lakirano površino prilepili pečate (slika 4), premera 2 cm. Pečati so ostali prilepljeni na vzorcih 24 ur, da je lepilo dokončno utrnilo. Potem smo s posebnim nožem (kronsko rezilo) obrezali premazni sistem vse do podlage. Nato smo z enakomernim pritiskom na vzvod povečevali tlak olja v batu, kar je povzročilo premik bata in s tem odtrganje pečata. Napetost (v MPa), ki je bila za to potrebna, smo odčitali s prikazovalnika naprave.



Slika 4: Prilepljeni pečati na površinskem sistemu



Slika 5: Odtgovanje pečatov

4.2.4 Odpornost površinskega sistema proti razenju

Odpornost proti razenju smo določili po metodi (SIST EN ISO 1518:2001). Uporabili smo tako imenovani vzmetni svinčnik (slika 6), v katerem je vstavljena igla s poloblasto konico premera 1 mm. Obremenitev na to konico je lahko različna, kar nastavljamo s premikanjem drsnega obročka, s katerim stiskamo ali raztegujemo vstavljeno vzmet. Razili smo prečno na potek vlaken (do 10 cm). Trdoto preizkušene površine definiramo s silo, ki je bila nad zaokroženo iglo potrebna za tvorbo sledi, pri kateri je premazni sistem popokal.



Slika 6: Razenje po površinskem sistemu

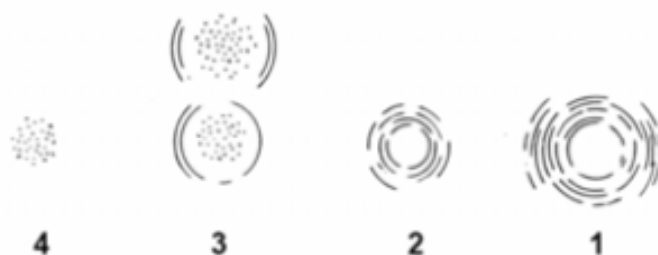
4.2.5 Odpornost proti udarcem

Odpornost proti udarcem smo izvedli po standardni metodi (SIST ISO 4211-4:1995). Utež, ki je tehtala 500 g, smo spuščali z dveh različnih višin (10 mm in 25 mm) na jekleno kroglico premera 14 mm (slika 7). Na vsakem vzorcu smo izvedli po 5 ponovitev preizkusa. Linija udarcev je potekala pravokotno na potek vlaken. Po opravljenih preizkusih smo površino pazljivo pregledali in ocenili odpornost proti udarcem s številčnimi vrednostmi (slika 8).



Slika 7: Testiranje odpornosti proti udarcem

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



Slika 8: Kriteriji ocenjevanja poškodb, po testiranju odpornosti proti udarcu

(Pavlič, 2009)

4.2.6 Odpornost proti hladnim tekočinam

Odpornost proti tekočinam smo določili na podlagi standarda (SIST EN 12720:2009). Filtrirni papir z gramaturo 450 g/m² in premerom 25 mm smo za 30 s pomočili v izbrano preizkusno tekočino. Izbrane tekočine so bile voda, vodna raztopina alkohola (48%), olje in kava.

Po 30 s smo papir s pinceto vzeli iz tekočine, rahlo obrisali in položili na površino, ki smo jo testirali. Papir smo takoj pokrili s stekleno čašo s premerom 40 mm in višino 25 mm (slika 9). Po pretečenem času, ki smo ga določili za izpostavitvev, smo vse skupaj odstranili, preostanek tekočine pa popivnali z vpojnim papirjem. Po pretečenem času (od 16 do 24 ur) smo površino očistili z rahlim drgnjenjem. Uporabili smo papirnate brisačke, ki smo jih pri prvem čiščenju omočili v raztopini predpisanega čistilnega sredstva, pri drugem pa samo v vodo. Na koncu smo površino samo še obrisali s suho krpo. Pol ure po končanem čiščenju smo površino temeljito pregledali in na podlagi poškodb, nastalih na podlagi, številčno ocenili poškodbe.

Kriteriji za določitev poškodb so:

- 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 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 se filtrirni papir lepi na površino



Slika 9: Test odpornosti proti hladnim tekočinam

5 REZULTATI IN RAZPRAVA

V preglednici 3 so prikazane oznake vzorcev, ki smo jih uporabili pri naših preizkusih.

Preglednica 3: Oznake vzorcev

Naziv	Oznaka vzorca
POLIURETANSKI LAK VZOREC 1	PU 1
POLIURETANSKI LAK VZOREC 2	PU 2
POLIURETANSKI LAK VZOREC 3	PU 3
VODNI LAK 1K VZOREC 1	V1-1
VODNI LAK 1K VZOREC 2	V1-2
VODNI LAK 1K VZOREC 3	V1-3
VODNI LAK 2K VZOREC 1	V2-1
VODNI LAK 2K VZOREC 2	V2-2
VODNI LAK 2K VZOREC 3	V2-3

5.1 NANOS PREMAZNIH SISTEMOV

Pri PU temeljnem laku je povprečni nanos znašal 118 g/m^2 , priporočljiv nanos po navedbah proizvajalca znaša do maksimalno 200 g/m^2 . Končni nanos pa je bil manjši, in sicer 116 g/m^2 . Priporočljiv nanos po navedbah proizvajalca pa je maksimalno 150 g/m^2 .

Količina nanosa vodnega 1K sistema je bila pri temelju 142 g/m^2 , priporočljiva količina nanosa pa je od 80 g/m^2 do 140 g/m^2 . Končni nanos premaznega sredstva pa je znašal 140 g/m^2 . Proizvajalec ima predpisan razpon nanosa od 80 g/m^2 do 130 g/m^2 .

Pri V2 vodnem laku je bil nanos temelja 132 g/m^2 , nanos končne plasti pa je bil večji, in sicer 142 g/m^2 . Tudi ti nanosi so bili v okviru predpisanih vrednosti proizvajalca.

Če gledamo povprečje na posamezni sistem temeljnega ter končnega laka imamo pri PU najmanjši nanos, in sicer 117 g/m^2 . Sledi mu V2 vodni lak s povprečjem 137 g/m^2 . Največji nanos pa smo dobili pri V1 vodnem laku, s povprečno vrednostjo 141 g/m^2 .

Do različnih nanosov je prišlo zaradi različne sestave premaznih sredstev ter posledično zaradi različnih viskoznosti.

Preglednica 4: Preglednica nanosov površinskih sistemov

PU temelj				Povprečje	Povprečje na sistem
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		
NANOS (g/m ²)	125	117	111	118	
PU končni					
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		116
NANOS (g/m ²)	121	111	115	116	
VODNI 1 temelj					
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		141
NANOS (g/m ²)	142	148	136	142	
VODNI 1 končni					
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		140
NANOS (g/m ²)	129	152	138	140	
VODNI 2 temelj					
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		137
NANOS (g/m ²)	127	127	143	132	
VODNI 2 končni					
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3		142
NANOS (g/m ²)	149	148	130	142	

Preglednica 5: Povprečni nanosi posameznih premaznih sistemov

Nanos	
Površinski sistem	Povprečni nanos na površinski sistem
PU	117 g/m ²
V1	141 g/m ²
V2	137 g/m ²

5.2 DEBELINA UTRJENIH FILMOV

Pri debelini utrjenega filma smo rezultate zaokrožili na 5 μm , ker vmesne vrednosti težko odčitamo (preglednici 6 in 7). Pri vodnem laku V2 in PU sistemu smo izmerili 80 μm , pri sistemu V1 pa 70 μm . Načeloma je tako, da če imamo večji nanos, debelejši je kasneje suhi film. Vendar imamo pri V2 manjši nanos kot pri V1. To pa zaradi deleža suhe snovi, ki je pri V2 nekoliko večji kot pri V1. Enako je pri V1 in PU laku. PU lak ima 43 % suhe snovi, V1 pa 35 % suhe snovi.

Preglednica 6: Rezultati meritev debeline premaznih sistemov

Debelina utrjenega filma (μm)			
št./vzorec	PU	V1	V2
1	80	75	80
2	75	75	90
3	80	75	80
4	75	70	90
5	80	75	80
povprečje na lak	80	70	80

Preglednica 7: Debeline utrjenih filmov za vse tri sisteme

Debelina utrjenega filma (μm)			
vzorec	PU	V1	V2
povprečje na lak	80	70	80

5.3 SIJAJ POVRŠINSKIH SISTEMOV

Povprečne vrednosti sijaja, izračunane iz 10 meritev, so prikazane v preglednicah 8-11.

Preglednica 8: Sijaj površinskega sistema PU laka

POLIURETANSKI LAK			
št. meritev/vzorec	PU-1	PU-2	PU-3
1	24,4	21,4	19,5
2	23,3	21,3	21,3
3	21,3	19,2	22,3
4	21,1	20,1	23,7
5	21,9	21,0	23,5
6	23,3	22,1	25,1
7	24,1	22,7	24,7
8	22,7	23,1	26,1
9	22,0	22,6	24,9
10	20,5	21,9	24,9
povprečje na vzorec	22,5	21,5	23,6
povprečje za lak	22,5		

Povprečni sijaj površinskega sistema PU laka je 22,5. Povprečje pri posameznih vzorcih variira od 21,5 do 23,6. Najmanjšo povprečno vrednost sijaja smo izmerili pri vzorcu PU-2 in sicer 21,5 največjo pa pri PU-3, 23,6. Rezultati posameznih meritev so se gibali med 21,0 in 24,9.

Preglednica 9: Sijaj površinskega sistema vodnega laka V1

V1 VODNI LAK			
št. meritev/vzorec	V1-1	V1-2	V1-3
1	29,9	30,0	27,6
2	29,5	34,2	29,6
3	29,5	34,7	32,7
4	30,4	33,9	32,4
5	24,8	32,8	31,6
6	32,2	31,4	31,6
7	34,4	33,3	31,6
8	30,7	32,6	31,0
9	31,9	32,7	29,2
10	27,6	28,7	29,2
povprečje na vzorec	30,1	32,4	30,7
povprečje za lak	31,1		

Povprečni sijaj površinskega sistema vodnega laka V1 je 31,5. Sijaj se je pri različnih vzorcih gibal povprečno v območju od 30,1 do 32,4. Najmanjšo povprečno vrednost sijaja smo izmerili pri vzorcu V1-1, 30,1, največjo pa pri V1-2, 32,4. Vse meritve variirajo od 24,8 do 34,7. Zanimivo je, da je bil sijaj poliuretanskega laka na osnovi topil nižji od sijaja vodnega površinskega sistema. Pričakovali bi obratno, saj je znano, da se problemi z nedoseganjem zadostnega sijaja pojavljajo pri vodnih lakih in ne pri lakih na osnovi topil, poleg tega pa na sijaj vpliva tudi debelina površinskega sistema, le-ta pa je bila prav pri laku z najvišjim sijajem med vsemi tremi premazi najnižja. Zato je bil zelo verjeten vzrok za razliko v sijaju drugačna sestava vodnega enokomponentnega laka od sestave PU premaza.

Preglednica 10: Sijaj površinskega sistema vodnega laka V2

V2 VODNI LAK			
št. meritev/vzorec	V2-1	V2-2	V2-3
1	22,3	22,7	19,6
2	21,1	22,9	20,3
3	21,5	24,5	20,1
4	23,0	23,3	22,2
5	21,1	22,7	24,7
6	24,1	23,0	23,5
7	22,3	23,0	20,5
8	21,6	22,5	21,7
9	19,6	21,3	21,0
10	20,2	19,6	20,0
povprečje na vzorec	21,7	22,6	21,4
povprečje za lak	21,9		

Preglednica 11: Povprečne vrednosti meritev sijaja vseh treh sistemov

SIJAJ			
vzorec	PU	V1	V2
povprečje na površinski sistem	22,5	31,1	21,9

Povprečje sijaja površinskega sistema vodnega laka V2 je 21,9. Povprečje po vzorcih pa je v območju od 21,4 do 21,7. Vse meritve variirajo od 19,6 pa do 24,7. Najmanjše povprečje smo dobili pri vzorcu V2-3 in sicer 21,4 največje pa pri V2-1 s povprečjem 21,7.

Dvokomponentni vodni premaz je imel enako debelino filma kot PU premaz in po drugi strani nizko vrednost sijaja, primerljivo s sijajem PU laka. Vzrok za opažene razlike v sijaju med vsemi tremi laki je tako gotovo v različni sestavi testiranih premazov.

5.4 OPRIJEMNOST

Pri vseh meritvah je med odtrgovanjem pečata prišlo do adhezijskega (A) tipa loma, torej do ločitve premaznega sistema od podlage. To pomeni, da izmerjene vrednosti odražajo dejanske vrednosti oprijema sistema na podlago. Iz preglednice 7 je razvidno, da se povprečje oprijemnosti PU površinskega sistema na podlago giblje med 5,04 MPa in 5,59 MPa. Povprečje za površinski sistem pa je 5,25 MPa. Najboljšo oprijemnost smo izmerili pri vzorcu PU-1.

Preglednica 12: Oprijemnost PU površinskega sistema

POLIURETANSKI LAK			
pečat/vzorec	PU-1 (MPa)	PU-2 (MPa)	PU-3 (MPa)
1	6,00	6,03	5,75
2	5,83	5,61	5,47
3	5,61	4,53	4,88
4	5,37	4,29	4,01
5	5,13	5,18	5,08
povprečna vrednost	5,59	5,13	5,04
povprečna vrednost za sistem	5,25		

Pri vseh meritvah oprijemnosti premaznega sistema V1 (preglednica 13) je med odtrgovanjem pečata prav tako prišlo do adhezijskega (A) tipa loma. Iz preglednice 13 je razvidno, da se povprečje oprijemnosti vodnega premaznega sistema V1 na podlago giblje med 5,61 MPa in 5,99 MPa. Povprečje za premazni sistem je 5,84 MPa. Najboljšo oprijemnost smo določili pri vzorcu V1-1. Oprijemnost tega premaznega sistema je bila nekoliko večja, a podobna, kot oprijemnost PU laka. V splošnem lahko trdimo, da sta oprijemnosti obeh premaznih sistemov zelo dobri.

Preglednica 13: Oprijemnost vodnega površinskega sistema V1

V1 VODNI LAK			
pečat/vzorec	V1-1 (MPa)	V1-2 (MPa)	V1-3 (MPa)
1	5,16	5,68	6,83
2	6,32	5,77	5,39
3	6,91	5,74	6,07
4	6,02	5,66	4,58
5	5,54	6,72	5,17
povprečna vrednost	5,99	5,91	5,61
povprečna vrednost za sistem	5,84		

Pri vseh meritvah oprijemnosti dvokomponentnega vodnega premaznega sistema (preglednica 14) je med odtrgovanjem pečata prav tako prišlo do adhezijskega (A) tipa loma. Iz preglednice 14 je razvidno, da se povprečje oprijemnosti vodnega premaznega sistema V2 na podlago giblje med 4,74 MPa in 5,38 MPa. Povprečje za premazni sistem je 4,97 MPa. Najboljšo oprijemnost smo izmerili pri vzorcu V2-3. Oprijemnost tega premaznega sistema je bila nižja od obeh ostalih premaznih sistemov.

Preglednica 14: Oprijemnost površinskega sistema V2 vodnega laka na površino

V2 VODNI LAK			
pečat/vzorec	V2-1 (MPa)	V2-2 (MPa)	V2-3 (MPa)
1	5,09	5,68	5,55
2	5,16	4,64	5,65
3	3,47	3,77	5,86
4	3,91	5,72	5,37
5	6,32	3,88	4,49
povprečna vrednost	4,79	4,74	5,38
povprečna vrednost za sistem	4,97		

Preglednica 15: Zbirna preglednica oprijemnosti površinskih sistemov na podlago

vzorec	oprijemnost (MPa)
PU	5,25
V1	5,84
V2	4,97

Kritična vrednost oprijemnosti površinskega sistema je 2 MPa. Primerjava rezultatov oprijemnosti pokaže, da smo v vseh treh primerih ugotovili zelo ugodne vrednosti. To pa pomeni, da bi z vidika oprijemnosti poliuretanski lak na osnovi organskih topil lahko nadomestili z obema vodnima premaznima sistemoma, ki smo ju testirali.

5.5 ODPORNOSTPROTI HLADNIM TEKOČINAM

Pri vzorcih s PU sistemom po testiranju nismo opazili veliko poškodb na površini (preglednica 16). Le po izpostavitvi alkoholu so bile vidne manjše spremembe, saj je bilo mesto postavitve tampona jasno vidno.

Rezultate, ki smo jih dobili s pregledom vzorcev pri običajni laboratorijski svetlobi, smo potrdili tudi s pregledom v temni komori (preglednica 16).

Preglednica 16: Odpornost PU sistema proti hladnim tekočinam

	PU-1	PU-2	PU-3
voda 24	5	5	5
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3	3	3
kava 1	5	5	5
	Ocene po pregledu v temni komori		
voda 24	5	5	5
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3	3	3
kava 1	5	5	5

Vzorci, polakirani z vodnim lakom V2 so glede odpornosti proti tekočinam (preglednica 17) izkazovali podobne rezultate kot smo jih opazili pri PU laku. Po izpostavitvi alkoholu so nastale manjše spremembe na površini, tako pri opazovanju pri običajni svetlobi kot tudi v temni komori. Torej je testiran vodni premazni sistem V2 proti hladnim tekočinam enako odporen kot PU premaz. Zato bi lahko okolju manj prijazen PU premaz brez težav, z vidika odpornosti proti tekočinam, zamenjali s premazom na vodni osnovi.

Preglednica 17: Odpornost V2 vodnega sistema proti hladnim tekočinam

	V2-1	V2-2	V2-3
voda 24	5/4	5/4	5/4
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3	3	3
kava 1	5	5	5
Ocene po pregledu v temni komori			
voda 24	5	5	5
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3	3	3
kava 1	5	5	5

Pri vzorcih z vodnim lakom V1 (preglednica 18) smo dobili podobne rezultate kot pri PU in vodnem laku V2. Po izpostavitvi vodi, olju in kavi ni bilo vidnih sprememb na površini. Po izpostavitvi alkoholu pa je bilo vidno celotno mesto postavitve tampona, pri tem je to mesto postalo bolj svetlo. Enake rezultate je dalo opazovanje izpostavljenih površin v temni komori.

Preglednica 18: Odpornost vodnega sistema V1 proti hladnim tekočinam

	V1-1	V1-2	V1-3
voda 24	5	5	5
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3/2	3/2	3/2
kava 1	5	5	5
Ocene po pregledu v temni komori			
voda 24	5	5	5
olja 24	5	5	5
alkohol 1	3/2	3/2	3/2
kava 1	5	5	5

Testiranje odpornosti proti na hladnim tekočinam je pri vseh treh sistemih dalo primerljive rezultate (preglednica 19). Tako bi PU sistem lahko zamenjali z obema vodnima sistemoma.

Preglednica 19: Zbirna preglednica odpornosti proti hladnim tekočinam

povprečne ocene odpornosti na hladne tekočine				
vzorec	voda	olja	alkohol	kava
PU	5	5	3	5
V1	5	5	3/2	5
V2	5/4	5	3	5

5.6 ODPORNOST PROTI UDARCEM

Odpornost PU površinskega sistema proti udarcem (preglednica 20) smo testirali s spuščanjem uteži z dveh višin (10 mm in 25 mm) in na vsakem vzorcu izvedli po pet ponovitev. Pri višini 10 mm je imel prvi vzorec povprečno oceno vrednosti 2,8, ostala dva pa 2,6. Pri višini 25 mm na vzorcu številka 1 in 3 je bilo povprečje 1,2. Pri vzorcu 2 pa je bilo povprečje 1,6. Povprečna ocena odpornosti proti udarcu pri spustu uteži z višine 10 mm je

bila 2,7, pri spustu z višine 25 mm pa 1,3. Poudariti moramo, da so pri testiranju z višine 25 mm za površinski sistem obremenitve kar velike, zato so bili rezultati pri tej višini slabši.

Preglednica 20: Odpornost PU površinskega sistema proti udarcem

POLIURETANSKI LAK						
št.poizkusov/vzorec	VIŠINA 10 mm			VIŠINA 25 mm		
	PU-1	PU-2	PU-3	PU-1	PU-2	PU-3
1	3	3	3	1	3	1
2	3	2	2	1	1	1
3	3	3	3	1	2	1
4	3	2	2	1	1	1
5	2	3	3	2	1	2
povprečje na vzorec	2,8	2,6	2,6	1,2	1,6	1,2
povprečje za lak	2,7			1,3		

Tudi odpornost vodnega sistema proti udarcu V1 (preglednica 21) smo testirali s spuščanjem uteži z dveh različnih višin. Pri višini 10 mm smo dobili pri 1. in 3. vzorcu oceno povprečno 2. Vzorec 2 pa je imel povprečno oceno 2,2. Pri višini 25 mm je bilo povprečje pri vseh treh vzorcih 1. Povprečje na lak z višine 10 mm je bila ocena 2,1, pri višini 25 mm pa 1. Rezultati pri višini 10 mm so glede na PU sistem za slabo oceno slabši. Pri 25 mm pa enaki, vendar tudi nezadovoljivi, tako kot pri PU sistemu.

Preglednica 21: Odpornost sistema proti udarcem V1

V1 VODNI LAK						
št.poizkusov/vzorec	VIŠINA 10 mm			VIŠINA 25 mm		
	V1-1	V1-2	V1-3	V1-1	V1-2	V1-3
1	2	2	2	1	1	1
2	2	2	2	1	1	1
3	2	2	2	1	1	1
4	2	3	2	1	1	1
5	2	2	2	1	1	1
povprečje na vzorec	2	2,2	2	1	1	1
povprečje za lak	2,1			1		

Odpornost vodnega sistema V2 proti udarcem (preglednica 22): pri višini 10 mm smo ugotovili pri 1. vzorcu je povprečna ocena 3,2. Pri tretjem vzorcu pa je bilo povprečje 3,6. In pri 2. je ocena 3. Pri višini 25 mm je bilo povprečje pri 1. vzorcu 2, sledil mu je 2. vzorec z

oceno 2,2 in 3. vzorec z oceno 2,4. Povprečje na lak pri višini 10 mm je bila ocena 3,3, pri višini 25 mm pa 2,2. V primerjavi z V1 sistemom je ta sistem nekoliko boljši po rezultatih, za eno oceno, pri obeh višina.

Preglednica 22: Odpornost vodnega sistema V2 proti udarcem

V2 VODNI LAK						
št.poizkusov/vzorec	VIŠINA 10 mm			VIŠINA 25 mm		
	V2-1	V2-2	V3-3	V2-1	V2-2	V2-3
1	3	3	3	2	3	2
2	3	3	4	2	2	2
3	3	3	4	2	2	2
4	4	3	4	2	2	3
5	3	3	3	2	2	3
povprečje na vzorec	3,2	3	3,6	2	2,2	2,4
povprečje za lak	3,3			2,2		

Če primerjamo odpornost proti udarcu pri vseh treh sistemih (preglednica 23), ima najboljše ocene sistem V2 in bi ga v tem primeru tudi uporabili namesto PU sistema.

Preglednica 23: Zbirna preglednica odpornosti površinskih sistemov proti udarcem

ODPORNOST POVRŠINSKEGA SISTEMA PROTI UDARCEM		
vzorec	povprečna ocena na površinski sistem z višine 10 mm	povprečna ocena na površinski sistem z višine 25 mm
PU	2,7	1,3
V1	2,1	1
V2	3,3	2,2

5.7 ODPORNOST PROTI RAZENJU

Pri testiranju odpornosti površinskih sistemov proti razenju moramo gledati rezultate z najmanjšimi vrednostmi. To pa zato, ker je sistem le toliko odporen proti razenju kolikor je odporen njegov najšibkejši del. Rezultati so prikazani v preglednici 24. Pri poliuretanskem laku so se pojavile razpoke na razi pri sili 5 N. Pri vodnem laku V1 so se razpoke na razi pojavile pri sili 3 N. Najboljšo odpornost proti razenju je izkazal vodni lak V2, in sicer je bila v tem primeru sila, potrebna za nastanek razpoke kar 11 N.

Preglednica 24: Odpornost površinskega sistema proti razenju

2K POLIURETANSKI LAK		
vzorec	sila (N)	raza (mm)
PU-1	7	razpoke
PU-2	5	razpoke
PU-3	5	razpoke
V1 VODNI LAK		
vzorec	sila (N)	raza (mm)
V1-1	3	razpoke
V1-2	5	razpoke
V1-3	4	razpoke
V2 VODNI LAK		
vzorec	sila (N)	raza (mm)
V2-1	11	0,6
V2-2	11	0,5
V2-3	11	razpoke

V preglednici 25 so podane sile, pri katerih je prišlo do nastanka razpok na površinskem sistemu. Najboljše rezultate je dosegel sistem V2 in sicer je bila sila za več kot 2 krat večja od sile pri PU sistemu. Sistem V1 pa je izkazal slabše rezultate kot sistem PU. Na osnovi omenjenih rezultatov bi sistem PU zamenjal s sistemom V2.

Preglednica 25: Zbirna preglednica odpornosti površinskega sistema proti razenju

odpornost proti razenju		
vzorec	sila (N)	raza (m)
PU	5	razpoke
V1	3	razpoke
V2	11	razpoke

5.8 OCENA ZMANJŠANJA LETNE PORABE Hlapnih Organskih spojin, Če bi PU lak na osnovi topil zamenjali z vodnim premaznim sistemom

V nadaljevanju smo ocenili, za koliko bi bilo v nekem mizarskem obratu možno zmanjšati letno porabo emisij hlapnih organskih spojin (HOS), če bi namesto poliuretanskega laka na osnovi organskih topil za površinsko obdelavo uporabljali vodni premazni sistem. Pri tem smo predpostavili, da bi na dan površinsko obdelali 20 miz s površino po 2 m². Premaze bi na obdelovance nanесли z zračnim razprševanjem. Izkoristki nanosa bi bili enaki tistim, ki smo jih ugotovili pri pripravi vzorcev za različne preizkuse, ki so opisani v tej nalogi.

Iz preglednice 26 lahko razberemo, da je bila vrednost količine nanosa PU temelja 118 g/m², končnega PU sloja pa 116 g/m². Izgube premaza med nanosom so bile velike, v primeru temelja 253 g od 370 g porabljenega laka in 197 g od 312 g porabljenega končnega PU premaza. Poraba HOS na m² površine, obdelane s temeljem je znašala 230 g, s končnim lakom pa 212 g.

Preglednica 26: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi s poliuretanskim premaznim sistemom

PU temelj				Povprečje
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3	
NANOS (g/m ²)	125	117	111	118
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	150	148	143	147
PORABA LAKA NA m ² (g)	378	373	360	370
IZGUBE (g)	253	256	249	253
IZKORISTEK (%)*	33	31	31	32
Vsebnost HOS v laku (%)**	62	62	62	
Poraba HOS na 1 m ² (g)	234	231	223	230
PU končni				
	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3	
NANOS (g/m ²)	121	111	115	116
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	118	120	134	124
PORABA LAKA NA m ² (g)	297	302	338	312
IZGUBE (g)	176	191	223	197
IZKORISTEK (%)*	41	37	34	37
Vsebnost HOS v laku (%)**	68	68	68	
Poraba HOS na 1 m ² (g)	202	205	230	212

* Izkoristek nanosa smo izračunali tako, da smo količino nanosa delili s porabo laka na m²

** Vsebnost HOS v premazu smo povzeli iz podatkov proizvajalca (varnostni list)

Za vodni sistem V1 je bila količina nanosa temelja 142 g/m², končnega sloja pa 140 g/m² (preglednica 27). Za m² obdelane površine smo porabili 253 g temeljnega vodnega laka, kar je v primerjavi s porabo PU temelja veliko manj. Pri končnem nanosu smo določili porabo v vrednosti 266 g in tudi ta je bila v primerjavi s končnim poliuretanskim lakom manjša. Zato so bile izgube pri obdelavi z vodnim lakom v primerjavi z izgubami pri obdelavi s PU sistemom seveda manjše, 111 g/m² pri temelju in pri končnem sloju 126 g/m². Poraba HOS na 1 m² obdelane površine je bila seveda zaradi vode v vlogi tekoče faze bistveno manjša kot pri PU sistemu, le 13 g/m² pri temelju ter 12,8 g/m² pri končnem sloju.

Preglednica 27: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi z vodnim površinskim sistemom V1

VODNI 1 temelj				Povprečje
	VZOREC	VZOREC	VZOREC	
	1	2	3	
NANOS (g/m ²)	142	148	136	142
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	99	116	87	101
PORABA LAKA NA m ² (g)	247	291	220	253
IZGUBE (g)	105	143	84	111
IZKORISTEK (%)*	58	51	62	57
Vsebnost HOS v laku (%)**	5,2	5,2	5,2	5,2
Poraba HOS na 1 m ² (g)	12,7	15,0	11,3	13,0
VODNI 1 končni				
	VZOREC	VZOREC	VZOREC	
	1	2	3	
NANOS (g/m ²)	129	152	138	140
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	104	110	102	105
PORABA LAKA NA m ² (g)	263	277	257	266
IZGUBE (g)	135	125	118	126
IZKORISTEK (%)*	49	55	54	53
Vsebnost HOS v laku (%)**	4,8	4,8	4,8	4,8
Poraba HOS na 1 m ² (g)	12,7	13,3	12,3	12,8

* Izkoristek nanosa smo izračunali tako, da smo količino nanosa delili s porabo laka na m²

** Vsebnost HOS v premazu smo povzeli iz podatkov proizvajalca (varnostni list)

Nanos temelja je pri vodnem sistemu V2 znašal 132 g/m², končnega sloja premaza pa 142 g/m² (preglednica 28). Na m² obdelane površine smo porabili 253 g vodnega temelja, kar je veliko manj od porabe PU temelja. Pri končnem nanosu smo zabeležili porabo v vrednosti 258 g/m², kar je tudi manj od porabe PU končnega premaza. Prav tako so bile pri nanosu tudi izgube vodnega laka V2 manjše od izgub pri PU sistemu: pri temelju 121 g/m² in pri končnem sloju 116 g/m². Poraba HOS je pri obdelavi m² površine pri temelju znašala 12,7 g ter pri končnem sloju 12,9 g. Ti dve vrednosti pa sta bistveno manjši od porabe HOS pri obdelavi s PU sistemom in primerljivi z vrednostmi pri sistemu V1.

Preglednica 28: Poraba hlapnih organskih spojin pri obdelavi z vodnim površinskim sistemom V2

VODNI 2 temelj				Povprečje
	VZOREC	VZOREC	VZOREC	
	1	2	3	
NANOS (g/m ²)	127	127	143	132
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	103	89	110	100
PORABA LAKA NA m ² (g)	259	224	276	253
IZGUBE (g)	132	97	134	121
IZKORISTEK (%)*	49	57	52	52
Vsebnost HOS v laku (%)**	5,0	5,0	5,0	5,0
Poraba HOS na 1 m ² (g)	13,0	11,2	13,8	12,7
VODNI 2 končni				
	VZOREC	VZOREC	VZOREC	
	1	2	3	
NANOS (g/m ²)	149	148	130	142
PORABA LAKA NA VZOREC (g)	109	107	91	102
PORABA LAKA NA m ² (g)	276	270	228	258
IZGUBE (g)	127	122	98	116
IZKORISTEK (%)*	54	55	57	55
Vsebnost HOS v laku (%)**	5,0	5,0	5,0	5,0
Poraba HOS na 1 m ² (g)	13,8	13,5	11,4	12,9

* Izkoristek nanosa smo izračunali tako, da smo količino nanosa delili s porabo laka na m²

** Vsebnost HOS v premazu smo povzeli iz podatkov proizvajalca (varnostni list)

Za boljšo preglednost rezultatov so izkoristki nanosa pri posameznih premaznih sistemih prikazani tudi v preglednici 29. Razvidno je, da je bil pri PU sistemu izkoristek nanosa za približno 10 % manjši kot pri obeh vodnih sistemih. Pri sistemu V1 je bil izkoristek nanosa za 1 % boljši izkoristek kot pri sistemu V2. Če razlika ni v okviru eksperimentalne napake, česar nismo preverili, bi bilo zato na dolgi rok, gledano s finančnega vidika, PU sistem smiselno zamenjati z vodnim sistemom V1.

Preglednica 29: Izkoristki nanosa premaznih sistemov

vzorec	izkoristek laka (%)
PU	34,5
V1	54,6
V2	53,8

V preglednici 30 je primerjalno prikazano, kakšna bi bila poraba HOS pri obdelavi m² površine z različnimi premaznimi sistemi. Vidimo lahko, da bi bila vrednost le-te pri nanosu PU sistema za približno 200 g/m² višja kot pri nanosu vodnih sistemov.

Preglednica 30: Poraba HOS pri obdelavi m² površine

vzorec	poraba HOS (g/m ²)
PU	212
V1	12,9
V2	12,8

V nadaljevanju smo ob predpostavki dnevne proizvodnje 20 miz s površino 2 m² ocenili še, kakšna bi bila poraba HOS na letni ravni (preglednica 31). Pri tem smo upoštevali 240 delovnih dni na leto. Vidimo lahko, da bi pri obdelavi miz s poliuretanskim sistemom na leto porabili (in v okolje emitirali) 2035 kg HOS, pri obdelavi z vodnim sistemom V1 pa le 124 kg na leto, in z vodnim sistemom V2 123 kg. To je bistveno zmanjšanje letnega vnosa organskih topil, kar pomeni, da bi s prehodom na vodni površinski sistem močno zmanjšali obremenjevanje okolja s hlapnimi organskimi topili, za slabi 2 t na leto.

Preglednica 31: Ocena porabe HOS na leto za predvideno proizvodnjo

lak	število miz dnevno	obdelana površina na mizo (m ²)	poraba HOS pri obdelavi ene mize (g/m ²)	poraba HOS na dan (g)	poraba HOS na leto (kg)*
PU	20	2	212	8480	2035
V1	20	2	12,9	516	124
V2	20	2	12,8	512	123

*Pri porabi za letno raven smo upoštevali 240 delovnih dni.

6 SKLEPI

Primerjava količin nanosov in končnih debelin utrjenih premaznih sistemov je pokazala, da smo najvišjo vrednost količine nanosa dosegli pri vodnem laku V1 (141g/m^2), debelina končnega filma pa je bila pri tem laku najmanjša ($70\ \mu\text{m}$). Po vrednosti količine nanosa je sledil vodni lak V2 (137g/m^2), z $80\ \mu\text{m}$ debelino končnega filma, kar je enako debelini filma PU sistema. Po drugi strani pa smo prav pri PU laku zabeležili najnižjo vrednost količine nanosa, $117\ \text{g/m}^2$. Omenjene razlike so gotovo posledica zelo različne sestave testiranih premaznih sistemov.

Sijaj površinskega sistema je bil dokaj podoben pri vseh treh vrstah premazov, kar pomeni, da bi z vidika sijaja poliuretanski lak brez težav zamenjali z enim od obeh vodnih lakov, ki smo ju preizkusili. Cilj zamenjave poliuretanskega laka z vodnim površinskim sistemom je zmanjšanje onesnaženja okolja s hlapnimi organskimi snovmi.

Primerjava oprijemnosti premaznih sistemov pokaže, da je bila le-ta najboljša pri vodnem sistemu V1 ($5,84\ \text{MPa}$). Sledili so jim vzorci PU sistema s povprečno vrednostjo oprijemnosti $5,25\ \text{MPa}$ ter vodnega sistema V2 ($4,97\ \text{MPa}$). Spet lahko ugotovimo, da zamenjava poliuretanskega premaznega sistema z vodnim ne bi bila problematična.

Vsi trije sistemi so dobro prestali testiranje odpornosti proti hladnim tekočinam. Pri PU vzorcih je bilo vidno samo mesto postavitve tampona, prepojenega z alkoholom, tako pri naravni svetlobi kot v temni komori. Vzorci, obdelani z vodnim sistemom V2 so izkazovali samo manjše poškodbe na mestu, kjer je bil postavljen tampon z alkoholom. Rezultati so bili enaki tudi v temni komori. Največje poškodbe zaradi izpostavitve alkoholu (pri drugih tekočinah težav ni bilo) smo opazili pri vodnem sistemu V1, saj je bilo vidna celotna površina postavitve tampona z alkoholom. To mesto je postalo nekoliko svetlejšje barve. Torej bi bilo s tega vidika PU lak za obdelavo miz nadomestiti z vodnim sistemom V2 in ne s sistemom V1.

Pri testiranju odpornosti površinskega sistema proti udarcu uteži z višine $10\ \text{mm}$ so izkazali nekoliko slabše povprečne rezultate vzorci vodnega sistema V1 (ocena 2,1). Pri PU in vodnem sistemu s oceno 2,7 in V2 pa smo poškodbe ocenili s povprečno oceno 3,3. Pri padcu uteži z višine $25\ \text{mm}$ smo pri vzorcih vodnega sistema V2 v primerjavi s preostalima premaznima sistemoma ugotovili nekoliko boljšo odpornost (ocena 2,2). Vzorci PU so imeli

nekoliko višjo povprečno oceno (1,3), kot vodni sistema V1 s povprečno oceno 1, kar je slab rezultat. Vendar je za vsakdanjo uporabo relevanten rezultat, ki smo ga dobili pri spuščanju z

uteži z višine 10 mm, zato lahko na osnovi rezultatov testa za določanje odpornosti proti udarcu trdimo, da bi lahko PU premazni sistem nadomestili tako z vodnim sistemom V1 kot V2, raje z V2.

Pri odpornosti površinskega sistema proti razenju so izstopali vzorci vodnega laka V2, saj so razpoke na površini nastale šele pri obremenitvi s silo 11 N. Pri PU sistemu so nastale razpoke pri 5 N, pri vodnem sistemu V1 pa že pri 3 N. Spet bi predlagali zamenjavo PU laka s sistemom V2 in ne z V1.

Izračunali smo tudi, za koliko bi zmanjšali emisije hlapnih organskih spojin v manjšem lesarskem obratu, ki bi po predpostavki na dan izdelalo po 20 miz s površino 2 m², če bi namesto poliuretanskega premaza na osnovi topil uporabili vodni premazni sistem. Obremenitve okolja bi se bistveno zmanjšale, saj bi z uvedbo vodnega sistema zmanjšali emisije HOS kar za slabi dve toni letno.

7 POVZETEK

V diplomski nalogi smo želeli prikazati ali lahko v manjšem lesarskem obratu zamenjamo površinski sistem na osnovi organskih topil s površinskim sistemom na vodni osnovi. To pa zaradi zmanjšanja vnosa hlapnih organskih spojin v okolje.

Pri tem smo testirali poliuretanski lak ter enokomponentni in dvokomponentni vodni lak. Pri zamenjavi PU laka je najpomembnejše, ali ima lak, s katerim ga bomo zamenjali, primerljive lastnosti. Zato smo določili debelino, sijaj, oprijemnost, odpornost proti hladnim tekočinam, odpornost proti udarcem ter odpornost proti razenju.

Vse sisteme smo nanegli z navadnim zračnim razprševanjem na masivne hrastove plošče, ki so bile širinsko lepljene. Vsi trije površinski premazi so bili zračno sušeni.

Glede na debelino premaznih sistemov bi PU sistem lahko zamenjali z vodnim sistemom V2, ki je imel primerljive vrednosti.

Določanje sijaja je pokazalo primerljive rezultate tako pri obeh vodnih sistemih, kot tudi pri PU sistemu. Tako da tudi pri tej primerjavi lahko rečemo, da z zamenjavo ne izgubimo ničesar.

Pri oprijemu površinskega sistema s podlago je lak V1 izkazal najboljše rezultate. Pri vseh odtrganih pečatih pa je prišlo do adhezijskega tipa loma.

Pri meritvah odpornosti proti hladnim tekočinam smo dobili podobne rezultate tako z vodnima sistemoma kot s PU sistemom.

Pri testiranju odpornosti proti udarcem je sistem V2 izkazal nekoliko boljše rezultate od PU sistema.

Pri odpornosti proti razenju pa se je pokazalo, da so rezultati pri sistemu V2 bistveno ugodnejši kot pri PU in V1 sistemu.

Glede na rezultate vseh testov lahko sklenemo, da bi PU sistem lahko zamenjali z obema vodnima sistemoma, vendar so bili pri sistemu V2 rezultati boljši kot pri V1.

Izračun vnosa hlapnih organskih spojin v okolje, ob predpostavljene proizvodnji, je pokazal, da bi z zamenjavo PU sistema z vodnim sistemom zmanjšali emisije HOS v okolje za slabi dve toni letno.

Ena od težav pri prehodu na uporabo vodnih premaznih sistemov je v tem, da povzročajo korozijo na napravah in strojih. To pa se da rešiti z zamenjavo razprševalnih pištol ter vgraditvijo nerjavnih materialov v lakirne kabine. Na dolgi rok je ta rešitev cenejša od uporabe nerjavečih materialov.

8 VIRI

Bajde M. 2008. Uvajanje vodnih premazov v proizvodnjo pohištva iz hrastovine. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 56 str.

Direktiva sveta 1999/13/ES z dne 11. marec 1999 o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe organskih topil v nekaterih dejavnostih in obratih.

<http://eur->

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:04:31999L0013:SL:pdf(17.6.2011)

Frumen P. 2007. Tehnološka prenova lakirnice v lesnem podjetju. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 104 str.

Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v izdelavi pohištva. 2. dopolnjena izdaja. Brezovica, Finitura, 2003, 184 str.

Mikuš P. 2008. Uvedba vodnih premaznih sistemov v lesnopredelovalno podjetje in rekonstrukcija lakirnice za zmanjšanje emisij HOS. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 56 str.

Pavlič M. 2009. Preskušanje materialov v PO odpornostne lastnosti 2.

<http://les.bf.uni->

lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/mpavlic/POVRSINSKA_VAJE/Odpornost_2_IZROC_KI.pdf (12.3.2009)

Petrič M. 2007. Površinska obdelava lesa: Možnosti za zmanjšanje emisij HOS pod ciljne vrednosti do novembra 2007. Strokovna ocena. Ljubljana, BF (osebni vir 23. feb. 2008)

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

SIST EN ISO 2813:1999 - Barve in laki - Določevanje sijaja ne efektnih premaznih sredstev pod koti 20°, 60° in 85° (ISO 2813:1994, vključno s tehničnim popravkom 1:1997).-

Paintsandvarnishes–Determinationofspecularglossofnonmetallicpaintfilms at20°, 60° and85° (ISO 2813:1994, Including Technical Corrigendum 1:1997).

SIST EN ISO 4624:2004 - Barve in laki – Merjenje oprijema z metodo odtrganja filma (Pull-off test) (ISO 4624:2002). Paints and varnishes – Pull-off test foradhesion (ISO4624:2002).

SIST EN 12720:2009 - Pohištvo - Ocenjevanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam - Furniture–Assessment of surface resistance to cold liquids.

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

SIST EN ISO 1518:2001 - Barve in laki - Preskus z razenjem (ISO 1518:1992) –Paints and varnishes - Scratch test (ISO 1518:1992).

Uredba o dopolnitvah in spremembah Uredbe o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2007. UR. l. RS št. 37-1987/07.

Uredba o mejnih vrednostih emisije hlapnih organskih spojin v zrak iz naprav, v katerih se uporabljajo organska topila - 2005. UR. l. RS št. 112-4927/05

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Marku Petriču, somentorju asist. dr. Matjažu Pavliču, recenzentki doc. dr. Idi Poljanšek, knjižničarkam ter Mileni Bizjan za strokovne nasvete, čas in temeljit pregled diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi družini za moralno in finančno podporo med študijem ter dekletu Anji, ki mi je stala ob strani v času študija. Brez njih mi ne bi uspelo.

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gregor ŽABČIČ

**PRIMERJAVA OBDELAVE MIZNE PLOŠČE IZ
MASIVNE HRASTOVINE Z LAKOM NA OSNOVI
ORGANSKIH TOPIL IN Z VODNIMA LAKOMA**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2013