

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Gregor KEBE

**VPLIV TEMPERATURE SUŠENJA NA ODPORNOSTNE
LASTNOSTI RAZLIČNIH VODNIH PREMAZNIH SISTEMOV**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**IMPACT OF DRYING TEMPERATURE TO RESISTANCE
PROPERTIES OF DIFFERENT WATER COATINGS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek dodiplomskega visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v Tovarni pohištva Brest, Cerknica in na Katedri za pohištvo Oddelka za lesarstvo.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomske naloge imenoval prof. dr. Marka Petriča in za recenzentko prof. dr. Vesno Tišler

Mentor: prof. dr. Marko Petrič,
Recenzenka: prof. dr. Vesna Tišler

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Gregor Kebe

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs

DK UDK 630*829.17:829.12

KG premazi/vodni sistemi/sušenje/temperatura/odpornostne lastnosti

AV KEBE, Gregor

SA PETRIČ, Marko (mentor)/TIŠLER, Vesna (recenzentka)

KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

LI 2008

IN VPLIV TEMPERATURE SUŠENJA NA ODPORNOSTNE LASTNOSTI
RAZLIČNIH VODNIH PREMAZNIH SISTEMOV

TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)

OP XII, 46 str., 18 pregl., 22 sl., 21 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI V tovarni Brest Pohištvo, d.o.o. Cerknica pri površinski obdelavi z brizganjem, zaradi okoljevarstvene zakonodaje, uvajajo vodne lakirne sisteme. Uvedba le-teh zahteva tudi investicijo v toplozračni sušilnik. Vprašanje je, kako vpliva pospešeno sušenje vodnih premazov na njihove odpornostne lastnosti in kateri premazi so najprimernejši. Raziskavo smo izvedli na 48 furniranih hrastovih vzorcih. Tretjino preizkušancev smo polžili s svetlim vodnim lužilom, tretjino s temnim, tretjine pa nismo lužili. Polovico preizkušancev iz vsake skupine smo površinsko obdelali s sistemoma 2 različnih sijajev, prvo polovico z enokomponentnim in drugo z dvokomponentnim vodnim lakirnim sistemom. Različno obdelane vzorce smo sušili pri sobni temperaturi in pri povišanih temperaturah: 45 °C, 55 °C in 65 °C. Po 24 urah smo kvaliteto površin preizkusili po standardu R2 skupine Ikea. Temperatura sušenja vodnih premaznih sistemov ni vplivala na njihove odpornostne lastnosti. Prav tako na odpornostne lastnosti površinskih sistemov ni vplivala predhodna obdelava podlage. Na proučevane lastnosti pa je bistveno vplivala vrsta laka oziroma stopnja sijaja. Sistemi z nižjim sijajem so izkazali boljšo kvaliteto.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 630*829.17:829.12
- CX coatings/water-borne systems/drying/temperature/resistance properties
- AU KEBE, Gregor
- AA PETRIČ, Marko (supervisor)/TIŠLER, Vesna (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina c. VIII/34
- PB University of Ljubljani, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY 2008
- TY IMPACT OF THE DRYING TEMPERATURE ON RESISTANCE PROPERTIES OF DIFFERENT WATER COATINGS
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- DT XII, 46 p., 18 tab., 22 fig., 21 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Because of environmental legislation demands, the furniture producer “Brest Pohištvo, d.o.o. Cerknica”, is introducing water-borne coating formulations for spraying applications. Consequently, a new drying oven should be installed. The questions are, how the forced drying influences the resistance properties of water-borne coating systems, and which systems are the most suitable ones. Our research was performed on 48 veneer oak panels. One third of the samples was stained with a bright water-borne stain, the other third with a dark one, and the rest remained unstained. High gloss one-component water-borne surface finishing system was applied on half of the samples from each group, and a low gloss two-component water-borne coating on the other halves. The samples were dried at room temperature, and at 45 °C, 55 °C and 65 °C. After 24 hours the surfaces according to R2 standards of the Ikea group were tested. The drying temperature as well as preceding staining did not influence resistance properties of water-borne coatings. However, the investigated properties were highly dependant on the type of the surface system. The low gloss coatings exhibited better resistance properties.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO SLIK	XI
SEZNAM OKRAJŠAV	XII
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	1
2 SPLOŠNI DEL	2
2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA	2
2.1.1 Operacije površinske obdelave lesa	3
2.2 HLA PNA ORGANSKA TOPI LA	3
2.2.1 Razlogi za uvedbo direktive HOS	4
2.2.2 Pomen evropske direktive VOC za industrijo	5
2.3 LUŽILA	5
2.3.1 Načini nanašanja lužil	6
2.3.2 Vrste lužil	6
2.3.2.1 Vodna lužila	6
2.3.2.2 Vodna lužila z akrilnim vezivom	6
2.4 POVRŠINSKI PREMAZI	7
2.4.1 Lastnosti površinskih premazov	8
2.4.2 Vrste lakov	8
2.4.2.1 Laki s fizikalnim utrjevanjem	8
2.4.2.2 Laki s kemičnim utrjevanjem	9
2.4.2.3 Vodni laki	9
2.4.2.3.1 Dejstva pri formulaciji industrijskih površinskih sistemov na vodni osnovi	11
2.4.2.3.2 Sestavine vodnih sistemov	12
2.4.2.3.2.1 Vezivo	12
2.4.2.3.2.2 Demineralizirana voda	12

2.4.2.3.2.3	Zamreževalci	13
2.4.2.3.2.4	Emulzija voska in dodatki za določanje sijaja	14
2.4.2.3.2.5	Protipenilci	15
2.4.2.3.2.6	Sredstvo za zgoščevanje	15
2.4.2.3.2.7	Vlažilna sredstva	15
2.4.2.3.3	Najpogosteje uporabljeni vodni sistemi	16
2.4.2.3.3.1	Akrilne polimerne emulzije	16
2.4.2.3.3.2	Poliuretanske disperzije	17
2.4.2.3.3.3	Uretansko-akrilni laki	19
2.4.2.3.4	Slabosti vodnih lakov	19
2.4.2.3.4.1	Površinska napetost	19
2.4.2.3.4.2	Dvigovanje lesnih vlaken	20
2.4.2.3.4.3	Delež suhe snovi	21
2.4.2.3.5	Zmesi vodnih lakov	22
3	MATERIALI IN METODE	23
3.1	MATERIALI	23
3.1.1	Podlage	23
3.1.2	Premazna sredstva	23
3.2	METODE	24
3.2.1	Priprava preizkušancev za površinsko obdelavo	24
3.2.2	Luženje	25
3.2.3	Lakiranje s temeljnim lakom	25
3.2.4	Brušenje temeljnega laka	25
3.2.5	Lakiranje s končnim lakom	25
3.2.6	Sušenje končnega laka	26
3.3	KONTROLA KVALITETE POVRŠINSKE OBDELAVE	26
3.3.1	Odpornost površine proti suhi toploti (SIST EN 12722)	26
3.3.2	Odpornost površine proti hladnim tekočinam (SIST EN 12720)	27
3.3.3	Odpornost površine proti olju na razi (SS 83 91 22)	28
4	REZULTATI	30
4.1	LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI SOBNI TEMPERATURI	29

4.1.1	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti tekočinam	30
4.1.2	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti olju na razi	31
4.1.3	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost na suho toploto	31
4.2	LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 45° C	32
4.2.1	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti tekočinam	32
4.2.2	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti olju na razi	32
4.2.3	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri 45 °C – odpornost na suho toploto	33
4.3	LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 55° C	34
4.3.1	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti tekočinam	34
4.3.2	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti olju na razi	34
4.3.3	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost na suho toploto	35
4.4	LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 65° C	36
4.4.1	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti tekočinam	36
4.4.2	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti olju na razi	36
4.4.3	Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost na suho toploto	37
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	38
5.1	RAZPRAVA	38
5.1.1	Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti tekočinam	38
5.1.2	Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi	39
5.1.3	Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti suhi toploti	40

5.1.4 Vpliv temperature sušenja na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov	40
5.2 SKLEPI	41
6 POVZETEK	42
7 VIRI	43

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Poraba pohištenih premazov v Evropi po državah	11
Preglednica 2: Primerjava prednosti uporabe akrilnih emulzij in poliuretanskih disperzij	19
Preglednica 3: Opis podlag, na katere smo nanašali premazne sisteme	25
Preglednica 4: Temperature sušenja končnih lakov	26
Preglednica 5: Ocene odpornosti površine proti toploti	27
Preglednica 6: Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam	28
Preglednica 7: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti tekočinam	30
Preglednica 8: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti olju na razi	31
Preglednica 9: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost na suho toploto	31
Preglednica 10: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri 45 °C – odpornost proti tekočinam	32
Preglednica 11: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti olju na razi	33
Preglednica 12: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost na suho toploto	33
Preglednica 13: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti tekočinam	34
Preglednica 14: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti olju na razi	35
Preglednica 15: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost na suho toploto	35
Preglednica 16: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti tekočinam	36

Preglednica 17: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost
proti olju na razi 37

Preglednica 18: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost na
suho toploto 37

KAZALO SLIK

Slika 1: HOS in njihovi deleži izpustov v letih od 1990 do 2004	4
Slika 2: Poraba površinskih premazov v pohištveni industriji v Evropi leta 2000	7
Slika 3: Površinska obdelava lesenih izdelkov	7
Slika 4: Tri najpomembnejše lastnosti premaza	8
Slika 5: Napoved letne rasti trga premazov v Z.Evropi	10
Slika 6: Delež sestavin v laku v odstotkih	12
Slika 7: Molekule nepravilnih oblik	14
Slika 8: Vloga zamreževalca - poveže molekule med seboj	13
Slika 9: Shematski prikaz fizikalnega sušenja akrilnega vodnega laka	17
Slika 10: Shematski prikaz fizikalno kemičnega sušenja poliuretanskega laka	18
Slika 11: Hrastov les, obdelan z vodnim sistemom	21
Slika 12: Hrastov les, obdelan z nitroceluloznim sistemom	21
Slika 13: Borov les, obdelan z vodnim sistemom	21
Slika 14: Borov les, obdelan z nitroceluloznim sistemom	21
Slika 15: Aluminijast valj za testiranje suhe toplote	27
Slika 16: Preskušane odpornosti površine proti hladnim tekočinam	28
Slika 17: Širina prodora olja skozi разо v lesno podlago	29
Slika 18: Odpornost vodnih sistemov pri izpostavljenosti na vodo	38
Slika 19: Odpornost vodnih sistemov pri izpostavljenosti na alkohol	38
Slika 20: Odpornost vodnih sistemov pri izpostavljenosti na olje na razi	39
Slika 21: Odpornost vodnih sistemov pri izpostavljenosti proti suhi toploti	40
Slika 22: Vsote ocen kvalitete vodnih sistemov	40

SEZNAM OKRAJŠAV

HOS	hlapne organske snovi
UV	ultravijolična
HDI	heksametilen diizocianat
DMPA	dimetilolpropionska kislina
NMP	N-metil-2-pirolidon
TEA	trietanolamin
DMEA	N,N-dimetiletanolamin
EDA	etilendiamin
MDF	medium density fiberboard (vlaknena plošča srednje gostote)
GB	lužilo Goldbraun
GO	lužilo Gray oak

1 UVOD

1.1 NAMEN DELA

V tovarni pohištva Brest Cerknica sem zaposlen kot tehnolog za površinsko obdelavo lesa. Uvedba direktive VOC Sveta Evrope 1999/13/ES in njen sprejem v slovensko zakonodajo (Ur. list RS 46/2002) sta tudi naše podjetje prisilila k razmišljanju o zamenjavi premazov z visokim deležem hlapnih komponent. Za brizganje robov ter neravnih elementov uporabljamo poliuretanske lake ter nitrocelulozne lake. Za obe skupini lakov velja, da vsebujeta velik delež hlapnih organskih topil (HOS).

Te skupine lakov v svetu uspešno zamenjujejo laki na vodni osnovi, ki ne vsebujejo HOS, zato se je tudi naše podjetje odločilo za zamenjavo obstoječih lakov z visokim deležem HOS z vodnimi, okolju prijaznejšimi površinskimi premazi. Ker pa bi bilo sušenje vodnih lakov z obstoječo tehnologijo sušenja pri sobni temperaturi predolgo, smo predvideli namestitev in uporabo toplozračnega sušilnika. Za izbiro pravega režima sušenja pa je potrebno raziskati vpliv povišane temperature sušenja na končni izgled površine ter na odpornostne lastnosti utrjenega filma.

V diplomski nalogi smo preskušali različne vodne sisteme, nanešene z različnimi postopki, njihovo sušenje pri različnih temperaturah in pri tem želeli ugotoviti, kateri vodni sistem bo najprimernejši za obdelavo v toplozračnem sušilniku.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 POVRŠINSKA OBDELAVA LESA

Površinska obdelava lesa je tehnološki proces v katerem po določenem sistemu les oplemenitimo z brušenjem, glajenjem in nanašanjem različnih tekočin ali past – barvnih ali brezbarvnih – ter s tem izdelek do določene mere zaščitimo pred mehanskimi poškodbami in fizikalno kemijskimi vplivi okolja, ki se pojavljajo med uporabo. Z njo dosežemo, da dobi površina izdelka zelene in potrebne dekorativne lastnosti. Torej je funkcija površinske obdelave lesa dekorativna in zaščitna. S površinsko obdelavo lesa izboljšamo izgled lesa, poudarimo lepoto in zakrijemo razne pomanjkljivosti v lesu. Dekorativna funkcija površinske obdelave je podvržena modi. Zaščitna funkcija pa je odvisna od namena uporabe površinsko obdelanega lesa. Les zaščitimo pred UV svetlobo, nihanjem vlage, kemikalijami, visokimi temperaturami, mehanskimi poškodbami in pred biotskimi dejavniki (glive, alge). Zaprta površina je nujna pri tropskih lesovih in pri ivernih ploščah, katerih hlapne sestavine lahko vplivajo na zdravje ljudi. (Mikuljan, 2005)

Površinska obdelava lesa skoraj vedno obsega kvalitetno brušenje vhodnih elementov, luženje, nanos osnovnega laka, brušenje le-tega ter nanos končnega laka. K površinski obdelavi moramo pristopiti celovito, kar pomeni, da se moramo dobro zavedati pomena kakovosti površinske obdelave svojih izdelkov. Kako pomembna je kvalitetna obdelava v predhodnih fazah za lažjo ter kakovostnejšo končno površinsko obdelavo priča tudi rek: „Dobra predhodna obdelava je že polovica površinske obdelave“!

Površinska obdelava lesa je zelo kompleksen pojem, pri katerem je velika verjetnost nastanka napak in je končni učinek negotov. Z ustrezno in kvalitetno površinsko obdelavo lahko izdelke iz slabših materialov višje ovrednotimo oziroma jih z neprimerno in slabo obdelavo razvrednotimo.

Da pa lahko dosegamo ustrezno kakovost, moramo vršiti kontrolo vhodnih materialov, kontrolo vsake tehnološke faze in kontrolo kakovosti končno obdelane površine. Le na ta način lahko dosegamo najboljše rezultate. Lahko torej rečemo, da ima preskušanje v površinski obdelavi lesa in lesnih izdelkov veliko vlogo. (Pavlič, 2002)

2.1.1 Operacije površinske obdelave lesa

Operacije površinske obdelave lesa delimo na pripravljalna in dovrševalna dela. Med pripravljalna dela spadajo brušenje, glajenje, razmaščevanje, odstranjevanje različnih smol, madežev in ostankov lepil, zapolnjevanje por, posvetljevanje in beljenje lesa, luženje in spreminjanje električne prevodnosti lesa. Dovrševalna dela pa so nanašanje premaza, utrjevanje tekočih plasti, poliranje ter brušenje laka.

Pri operacijah površinske obdelave lesa moramo vedno dobro poznati lastnosti materialov, ki jih želimo površinsko obdelati (les, lesne plošče, itd). Upoštevati moramo dejstvo, da je kvaliteta površinske obdelave odvisna od predhodne obdelave in priprave površin. Poznati je potrebno sestavo, lastnosti ter uporabo sredstev in sistemov za površinsko obdelavo in obvladati nanašalne tehnike in nanašalno opremo. Izbrati moramo pravilno granulacijo brusnih papirjev, optimalen sistem površinske obdelave in sicer v okviru lastnih tehnoloških in ekonomskih zmožnosti, ob upoštevanju zahtev kupca, okoljevarstvenih predpisov in razvojnih trendov.

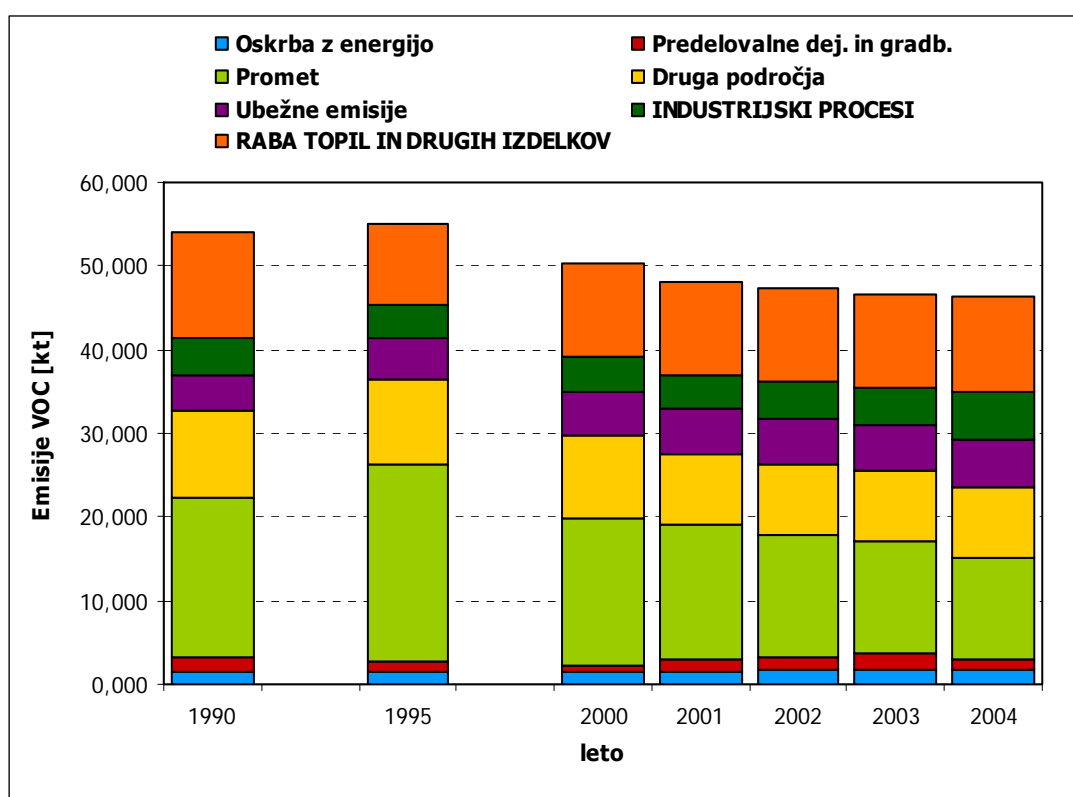
2.2 H LAPNA ORGANSKA TOPILA

Hlapne organske snovi (HOS) so vse organske spojine, ki imajo pri temperaturi 293,15 K parni tlak 0,01 kPa ali več ali organske spojine z ustrezno hlapnostjo pri določenih pogojih uporabe. Za namen Uredbe o emisiji hlapnih organskih spojin iz naprav, ki uporabljajo organska topila (Ur.l. RS. št.46/02) se smatra, da je frakcija kreozota z večjim parnim tlakom pri 293,15 K hlapna organska spojina (Reihlen in sod., 2004).

Pojem HOS torej vključuje širok spekter organskih spojin, nastalih pri človekovih dejavnostih. Zaradi tega je obširen tudi spekter virov teh emisij. Emisije se sproščajo pri nepopolnem izgorevanju goriv, pri pretakanju, distribuciji in skladiščenju bencina, v tehnoloških procesih, v katerih se uporabljajo topila in izdelki, ki vsebujejo topila, pri rabi vrste izdelkov v gospodinjstvih in gradbeništvu, kot so barve, razredčila, lepila, čistila, kozmetika, in pri kemičnem čiščenju (Slika 1). Znotraj sektorja »raba topil in drugih izdelkov« nastane največ emisij zaradi uporabe barv v industriji in domače uporabe topil. (Operativni program doseganja... Vlada RS, 2005)

Hlapne organske spojine v kombinaciji z dušikovimi oksidi tvorijo fotokemične oksidante, ki zvišujejo koncentracijo ozona v atmosferi. Visoke koncentracije troposferskega ozona pa bistveno vplivajo na rastlinski in živalski svet ter na zdravje človeka (Direktiva Sveta 1999/13 /ES).

Emisije HOS v Sloveniji so leta 2004 znašale 46,3 kt (Slika 1). V obdobju 2000–2004 so se zmanjšale za 8 odstotkov. Mejna emisija za leto 2010 pa znaša 40,0 kt. (Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanjega zraka, vlada RS, 2005)



Slika 1: HOS in njihovi deleži izpustov v letih od 1990 do 2004 (Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanjega zraka, vlada RS, 2005)

2.2.1 Razlogi za uvedbo direktive HOS

Direktiva Sveta (1999/13/ES) sprejeta marca 1999, ki omejuje emisijo hlapnih organskih komponent, je za področje celotne EU stopila v polno veljavo konec oktobra 2007. Glavna usmeritev je skozi sledenje emisij na nivoju podjetij znižati emisije HOS iz odvodnikov onesnaženih plinov pod 100 mg organskega C/m³ za uporabnike topilnih sistemov na nivoju 15 t – 25 t letno oziroma pod 20 – 50 mg organskega C/m³ za proizvajalce, pri

katerih letni vnos topil znaša nad 25 t (omenjene zahteve veljajo za dejavnost 9.1 površinska zaščita lesa).

Razlogi za to, da so države Evropske unije sprejele direktivo 1999/13/ES, ki govori o zmanjševanju izpustov HOS v ozračje, so v splošni skrbi za zdravje ljudi in okolje. Emisijam organskih spojin se namreč lahko izognemo ali jih zmanjšamo pri mnogih dejavnostih in v mnogih obratih, saj so potencialno manj škodljivi nadomestki že dostopni ali pa bodo dosegljivi v naslednjih letih. Potrebno je ukrepati preventivno, da se zavaruje zdravje ljudi in okolja pred posledicami posebno škodljivih emisij, nastalih pri uporabi organskih topil, in se s tem državljanom zagotovi pravica do čistega in zdravega okolja (direktiva Sveta 1999/13 /ES).

2.2.2 Pomen evropske direktive VOC za industrijo

Prihodnost premazov za pohištvo je pogojena z dvema dejavnikoma s kvaliteto površinske zaščite in z zakonodajo, ki skrbi za zaščito okolja. V zadnjem času je, skladno s tema pogojema, razvoj novih skupin surovin in naprednih nanašalnih metod, pripeljal do korenitih sprememb oziroma izboljšav na področju lesnih premazov. To pomeni, da bodo ekonomsko in ekološko ustrežnejši sistemi zamenjali stare sisteme na osnovi lahkih topil.

Klasični premazi pretežno temeljijo na nitroceluloznih, kislinsko utrjujočih, poliuretanskih in nenasičenih poliestrskih vezivih. Kot nova sodobna alternativa pridobivajo veljavo vodni in UV utrjujoči premazi, ki pa so trenutno še vedno relativno regionalno omejeni (Evropa). A okoljska politika se bo zaradi ohranjanja našega planeta slej ko prej razširila tudi na kontinente, kjer podobne zakonske omejitve še ne veljajo. S tem pa bo povpraševanje po okoljsko sprejemljivih premazih skokovito naraslo in pričakovati je, da bo padla tudi njihova cena, ki je trenutno še zelo visoka. (Van Ginkel, 2003)

2.3 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, imitiramo različne drevesne vrste, povečamo obstojnost oz. trajnost barve izdelka in zaščitimo površino pred delovanjem svetlobe (UV sevanjem) (Kotnik, 2003).

Lužila so sestavljena iz barvil in/ali obarvanih pigmentov, npr. kovinskih soli ali različnih organskih spojin, raztopljenih ali dispergiranih v vodi ali organskih topilih.

2.3.1 Načini nanašanja lužil

Poznamo več načinov nanašanja lužil: brizganje, valjanje z gumenim valjem, valjanje z valjem s penasto oblogo s krtačenjem za enakomerno teksturo, umakanje, oblivanje in ročno mazanje ter brisanje.

Način oziroma izbira tehnike nanašanja sta odvisna od oblike in zahtevanega končnega videza ter od tehnološke opremljenosti lakirnice. (Kotnik, 2003)

2.3.2 Vrste lužil

2.3.2.1 Vodna lužila

Vodna lužila so disperzije ali raztopine sintetičnih barvil (5 % – 10 %), včasih z dodatkom transparentnih pigmentov, v vodni raztopini zelo razredčenega vezivnega sredstva. Lahko so v prahu in jih po navodilu proizvajalca raztopimo v vodi, ali pa so že pripravljena. Če jih pripravljamo sami, jih moramo pripraviti tik pred uporabo, saj se njihove lastnosti dokaj hitro spreminjajo. Sodobna, že pripravljena vodna lužila, vsebujejo poleg barvnih snovi še razredčeno vezivno sredstvo (največkrat akrilno smolo) in razne dodatke za izboljšanje lastnosti lužil. (Kotnik, 2003)

2.3.2.2 Vodna lužila z akrilnim vezivom

Vodna lužila z akrilnim vezivom so lužila, izdelana iz pigmentnih mešanic, akrilnega veziva, dodatka vode, sredstev za konzerviranje in sredstva proti penjenju. Prednost teh lužil pred navadnimi vodnimi lužili je v tem, da je nabrekanje lesa in dvigovanje vlaken manjše kot pri običajnih vodnih lužilih.

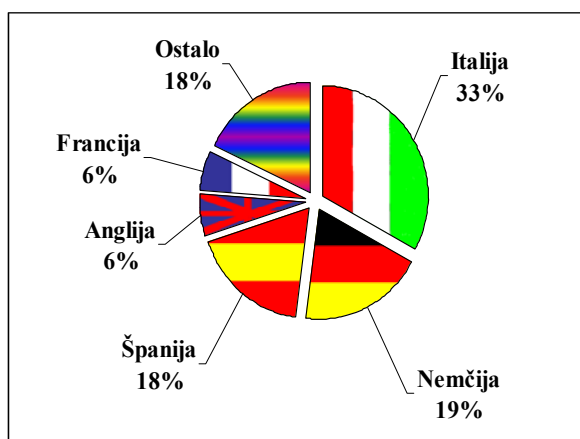
Po sušenju, ki je hitrejšo kot pri klasičnih vodnih lužilih, je film, ki je nastal z nanosom lužila netopen, saj se ne topi niti v vodi niti v lakih. Pridobljen sloj izboljšuje kvaliteto lakiranja, saj je vpijanje v podlago manjše. Tudi paleta barv je pri teh lužilih zelo široka, saj so na voljo razni pastelni odtenki, ki jih pri vodnih lužilih ni moč doseči. Zaradi naštetih pozitivnih lastnosti so ta lužila znatno dražja od navadnih vodnih lužil. (Kovačič, 2002)

Za obe vrsti vodnih lužil pa velja, da so ekonomična (topilo je voda), ekološko prijazna, omogočajo zelo dobro barvanje in doseganje različnih barvnih slik ter enostavno čiščenje nanašalne opreme (voda). Njihove slabe lastnosti so, da dvigajo lesna vlakna in povečajo hrapavost, nujno je daljše in kvalitetnejše sušenje, sicer se pojavijo težave pri lakiranju, slaba oprijemnost premaznega sistema, če obdelovanca po luženju ne osušimo dovolj, pogosto slaba svetlobna obstojnost barve. Posode in vsa nanašalna oprema morajo biti iz nerjavečega jekla ali plastike.

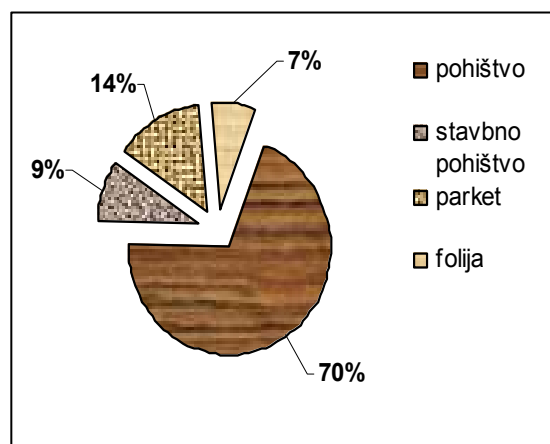
2.4 POVRŠINSKI PREMAZI

Površinski premaz je material, ki ga nanese na površino, kjer tvori film z namenom polepšanja in/ali zaščite površine. Med premaze štejemo materiale kot so zaključni laki, barve, utrjevalci, polnila, pigmentirani laki, raznobarvni laki, tonerji.

Laki, ki se danes uporabljajo v površinski obdelavi pohištva iz lesa ali lesnih tvoriv (Sliki 2 in 3), so tekoča filmogena premazna sredstva. Po svojem dekorativnem učinku – barvi, ki jo izkazuje suh film premaza na obdelani površini, lahko premaze razdelimo v tri osnovne skupine: brezbarvni laki, transparentni ali lazurni laki in barvni pokrivni laki. (Kotnik, 2003).



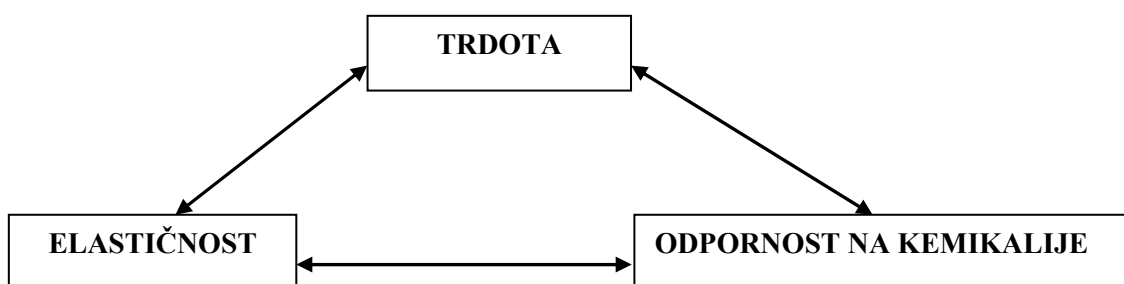
Slika 2: Poraba površinskih premazov v pohištveni industriji v Evropi leta 2000 (Burja, 2003)



Slika 3: Površinska obdelava lesenih izdelkov (Šlibar, 2005)

2.4.1 Lastnosti površinskih premazov

Pri iskanju optimalne kakovosti lakov se vedno gibljemo v trikotniku lastnosti, ki so si po svoje nasprotujoče. Gre za lastnosti, kot so odpornost proti obrabi, odpornost proti kemikalijam, trdota in elastičnost. Bolj trdi filmi so odpornejši proti obrabi. Trdota in elastičnost sta si nasprotujoči lastnosti. Zelo trd film je navadno krhek vendar bolj odporen proti obrabi (Slika 4).



Slika 4: Tri najpomembnejše lastnosti premaza (Podobnik, 2006)

Običajno je potrebno poiskati kompromis med temi lastnostmi ali pa pripraviti končne izdelke s poudarjenimi določenimi lastnostmi, kar pomeni pripravo izdelka za posebne namene.

2.4.2 Vrste lakov

Lake v grobem delimo po načinu sušenja in/ali utrjevanja na fizikalno se sušeče lake, ki tvorijo film le z izparevanjem topil, brez kemijske reakcije, kemijsko utrjujoče lake, kjer je utrjevanje posledica različnih kemijskih reakcij, s katerimi se povečajo in v prostorsko mrežo povezujejo molekule veziva in fizikalno – kemijsko sušeče, kjer je zamreženje kombinacija zgornjih dveh postopkov.

2.4.2.1 Laki s fizikalnim utrjevanjem

Pri običajnih tekočih premazih pride do izhlapevanja hlapnih komponent. Po fizikalnem utrjevanju so komponente veziva med seboj povezane le s šibkimi fizikalnimi silami (termoplastne lastnosti). Če termoplastne premaze segrejemo, se bodo pri določeni temperaturi zmečali in nato stali. Velikokrat so termoplastni premazi tudi topni v prvotnih topilih in redčilih (primer: nitrocelulozni premazi so občutljivi na aceton).

2.4.2.2 Laki s kemičnim utrjevanjem

Pri kemičnem utrjevanju polimeri v filmu nastanejo s polimerizacijo, polikondenzacijo ali pa pride do premreženja med makromolekulami, ki so bile v premaznem sredstvu, kar je tudi najbolj običajno. Sestavine so običajno take, da nastane na površini film, ki ima bolj ali manj izražene lastnosti duromera. To pomeni, da je premaz odporen proti različnim topilom, ima višjo trdoto, je bolj krhek in se pri določeni temperaturi ne stali temveč razpade. Do kemičnega utrjevanja lahko pride tudi zaradi reakcije med snovmi, ki niso bile v samem premazu ampak v zraku ali lesu.

Pri dvokomponentnih sistemih mešanico pripravimo tik pred nanosom ali celo med postopkom nanašanja. Sestavine, ki so potrebne, da pride do reakcije zamreženja pri dvokomponentnih lakih, so prisotne v obeh komponentah. Premaz je lahko tudi enokomponenten. V tem primeru po nanosu spremenimo zunanje pogoje tako, da sprožimo kemično reakcijo.

2.4.2.3 Vodni laki

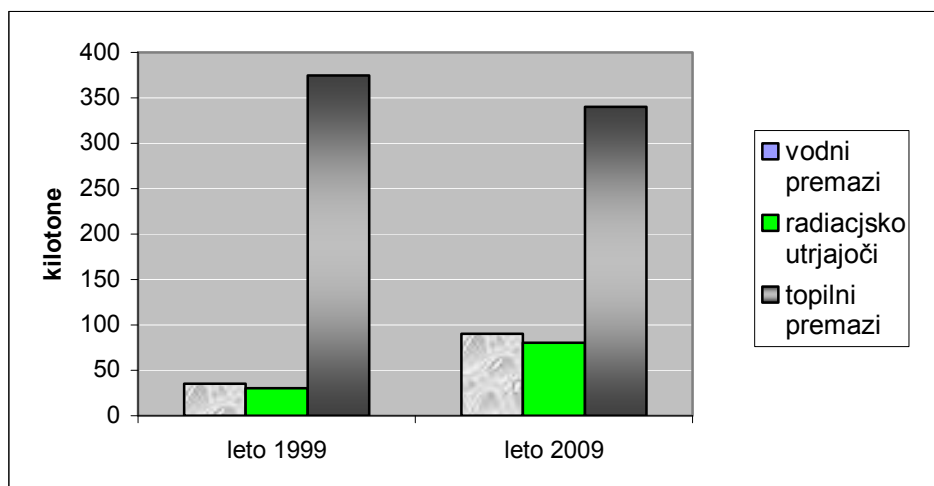
Vodni premazi za zaščito lesa predstavljajo ekološko in zdravju prijaznejšo alternativo v primerjavi s klasičnimi topilnimi sistemi (nitrocelulozni in poliuretanski laki), tako da je zaradi vse višjih zahtev po kemijski odpornosti samih površin, kakor tudi zaradi zahtev Slovenske zakonodaje, vse bližja zamenjava topilnih premazov z vodnimi. Zamenjava se pričakuje tako na industrijskih linijah kot tudi pri manjših uporabnikih, kjer zaradi ekonomskih razlogov ne predvideva vlaganje denarja v UV sušilnike. Ne glede na to, da industrija na splošno še ni pripravljena preiti na modernejše premaze, močno narašča zanimanje za vodne premaze (Slika 5). Razvoj veziv je usmerjen v ekvivalentno zamenjavo topilnih sistemov z vodnimi sistemi. Pričakovana je velika rast uporabe teh sistemov (Preglednica 1) (Burja, 2003).

Premazi na vodni osnovi imajo poleg dobrih lastnosti tudi nekaj slabih. Da bi odpravili ali vsaj izboljšali te lastnosti, so že pred leti pričeli z evropskimi razvojnimi projekti, ki so vključevali raziskovalne inštitute, proizvajalce premazov, opreme in proizvajalce pohištva. Namen je bil razviti premaz na vodni osnovi za pohištvo, ki bo zadostil zahtevam industrije in končnih uporabnikov v smislu nanosa, izgleda in odpornosti. Razvoj pri proizvajalcih veziv in premaznih sredstev poteka predvsem v smeri vodnih eno- in dvo-

komponentnih poliuretanskih lakov, ki naj bi izboljšali osnovne pomanjkljivosti vodnih premazov, npr. slabšo kemijsko odpornost in odpornost proti razenju.

Prednosti, ki jih nudijo premazi na vodni osnovi: so ekološko prijaznejši, eksplozijsko in požarno varnejši, možnost čiščenja in redčenja z vodo, so skoraj pH nevtralni, imajo blag vonj in med staranjem ne porumenijo. Njihove slabosti v primerjavi s konvencionalnimi pa so nizka hlapnost vode v primerjavi z organskimi topili, večje dvigovanje lesnih vlaken in s tem povezano skrbnejše brušenje, skladiščenje pri temperaturah med 5 °C in 40 °C. Posoda za pripravo, embalaža za skladiščenje in orodje za aplikacijo morajo biti iz nerjavečih materialov. Čiščenje nanašalne opreme ter odpadnih vod je zahtevnejše.

Zadnji razvojni dosežki na področju vodnih premazov kažejo, da je slabosti, povezane s sušenjem vodnih premazov v primerjavi s sušenjem konvencionalnega sistema lahko premagati. Rešitev je uvedba sušilnikov različnih vrst. Novost na področju sušenja vodnih lakov predstavlja mikrovalovni sušilnik, ki tako hitro posuši film od znotraj, da se lesna vlakna ne uspejo dvigniti in faza brušenja sploh ni potrebna. Slabost takega sušenja je, da lahko zaradi poznejšega izparevanja vode padejo odpornosti premaza.



Slika 5: Napoved letne rasti trga premazov v Z.Evropi (Burja, 2003)

Preglednica 1: Poraba pohištenih premazov v Evropi po državah -stanje leta 2000 (Burja, 2003)

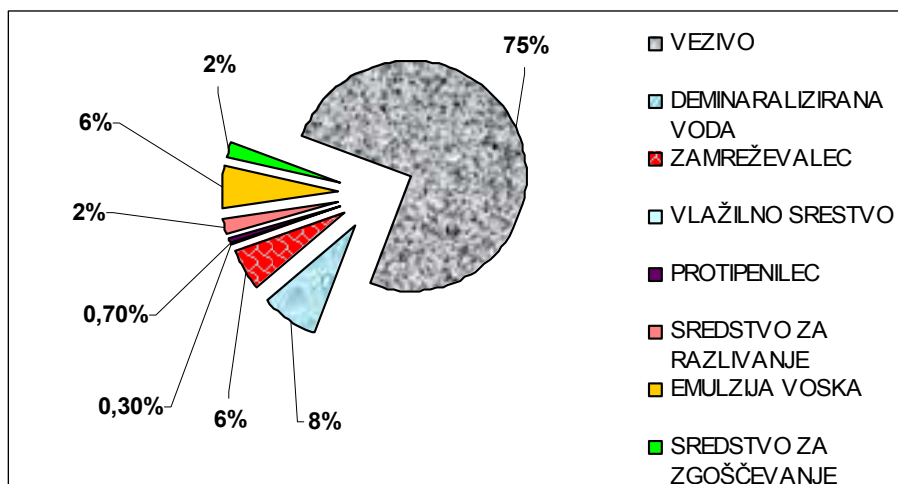
Delež v %	Nitrocelulozni premazi	Kislinski premazi	Poliuretanski premazi	Poliestrski premazi	UV utrjujoči premazi	Vodni premazi
Nemčija	15	3	37	2	25	18
Italija	8	1	58	13	18	2
Francija	47	5	22	4	16	6
Španija	1	4	53	20	10	3
Skandinavija	3	54	2	0	23	17
TREND	↓ ↓	↓ ↓	↓ ↑	↓ ↑	↑ ↑	↑ ↑

2.4.2.3.1 Dejstva pri formulaciji industrijskih površinskih sistemov na vodni osnovi

Kot pri številnih spremembah v tehnologiji, je potrebno določeno časovno obdobje za pridobitev potrebnih izkušenj za pripravo pravilne formulacije in za uporabo visoko kvalitetnih sistemov na vodni osnovi. Pri uporabi sistemov na osnovi topila, se topilo uporablja za raztapljanje veziv in za doseganje končne viskoznosti barve, potrebne za nanos. S tehnologijo na vodni osnovi, v glavnem so to akrilne emulzije in/ali poliuretanske disperzije, se voda kot nosilec veziva uporablja za raztopitev polimernih delcev (Van Ginkel, 2002).

Vodni sistemi se po velikosti delcev veziva razvrščajo v raztopinske z delci velikosti do 1×10^{-9} m, koloidne raztopine z delci velikosti pod 1×10^{-4} m in emulzijske z velikostjo delcev nad 1×10^{-4} m. (Kotnik, 2003)

2.4.2.3.2 Sestavine vodnih sistemov



Slika 6: Delež sestavin v laku v odstotkih (Van Ginkel, 2002)

2.4.2.3.2.1 Vezivo

Vezivo igra pri nastanku filma med nanosom laka in po njem najpomembnejšo vlogo. Od njegove izbire sta odvisna tako kvaliteta in cena filma.

Večinoma se pri vodnih sistemih uporabljajo veziva oz. disperzije akrilnih, poliuretanskih in hibridnih akril-poliuretanskih polimerov. V uporabi so še številni drugi tipi polimerov. Lahko so to v vodi netopni polimeri, v vodi topni ali številne vrste intermediatnih veziv kot so emulzije, topne v alkalijah, mikro geli, v vodi reducibilni polimeri, ipd. Po vrsti veziva, ki ga sistem vsebuje, največkrat poimenujemo tudi lak.

Številne druge sestavine, ki jih dodamo v formulacije lakov, ponavadi odpravijo slabosti v kvaliteti veziv ali pa jih dodamo, da dosežemo določeno spremembo v izvedbi, kot sta npr. viskoznost ali stopnja sijaja. (Van Ginkel, 2002)

2.4.2.3.2.2 Demineralizirana voda

Demineralizirana voda deluje v vodnih sistemih kot redčilo, v nekaterih sistemih pa deluje tudi kot zamreževalec. Stopnja redčenja je pri nekaterih lakih omejena na določeno razmerje, pri drugih pa neomejena. Pri fizikalno se sušočih sistemih v prvi fazi sušenja izpareva voda – postopek sušenja se začne z izločanjem vode.

Reakcija med vodo in izocianatom nastopi kot sekundarna reakcija v dvokomponentnih poliuretanskih vodnih sistemih. Ta reakcija ima velik vpliv na lastnosti filma, saj se s sprostitvijo CO₂ tvori uretanska vez.

Voda v premaznih sistemih je vedno demineralizirana, ker s tem preprečimo možnost nastanka reakcij med mineralnimi snovmi v vodi in ostalimi sestavinami sistema. Z uporabo demineralizirane vode zagotovimo daljšo delovno dobo nanašalne opreme. V fazi sušenja preprečimo nepravilnosti, ki jih lahko prinese uporaba navadne, neprečiščene vode (Van Ginkel, 2002).

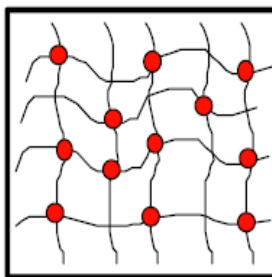
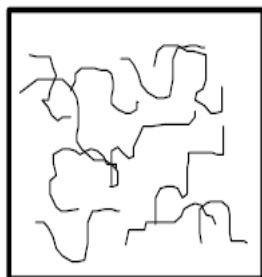
2.4.2.3.2.3 Zamreževalci

Vloga zamreževalca v lakirnem sistemu je povezati molekule med seboj v kompaktne mrežaste strukture (sliki 7 in 8).

Zamreževalci (utrjevalci) so kemično gledano lahko poliaziridi, polikarbodiimidi ali poliizocianati. Pred uporabo se dodajo prvi komponenti in začne se reakcija zamreževanja, zaradi česar je tudi omejen čas uporabe mešanice. V uporabniškem žargonu se to imenuje tudi »pot life« mešanice.

Danes so najpogostejši izocianatni zamreževalci. Obstajata dva tipa poliizocianatov, ki jih lahko uporabimo v vodnih formulacijah. Prvi so konvencionalni poliizocianati, ki so bili razviti za sisteme na osnovi topil. Dobro izvedbo lahko dosežemo le v nekaterih primerih, kar je odvisno od poliola. Drugi so modificirani poliizocianati, ki so hidrofilni.

Izocianatna skupina reagira s prostimi funkcionalnimi skupinami -OH in tudi z vodo. Vmesni produkt so med drugim amini, ki reagirajo naprej z izocianati. Za vodne sisteme je tudi druga komponenta oziroma zamreževalec – to je izocianatna komponenta, v obliki vodne disperzije. Aktivna skupina izocianata je zelo občutljiva na vlago, zato mora tak zamreževalec vsebovati optimalno količino funkcionalnih skupin, da ne pride do polimerizacije že v zamreževalcu. Voda namreč reagira z izocianatom, nastane amino skupina, ki znova reagira z izocianatno skupino, in tako se stehiometrično potrošijo vse reaktivne skupine. To je tudi razlog, da je rok uporabe takega zamreževalca oziroma utrjevalca v primerjavi s prvo komponento precej kratek. Vrsta izocianata ter tudi vrsta diola ali poliola sta za fizikalne lastnosti utrjenih poliuretanskih lakov zelo pomembni.



Slika 7: Molekule nepravilnih oblik (Bell, 2003) **Slika 8:** Vloga zamreževalca - poveže molekule med seboj (Bell, 2003)

Najnovejši zamreževalci, ki se uporabljajo pri uretansko-akrilnih kopolimernih sistemih pa so navzkrižni zamreževalci. Zamreževanje poteče s hitro reakcijo med karbonilnimi in amino skupinami, kjer kislina deluje kot katalizator. Gre za edinstven enostopenjski sistem z odlično dolgoročno stabilnostjo. Padec vrednosti pH je v kombinaciji z odparevanjem vode odgovoren za hitro navzkrižno povezovanje pri sobni temperaturi (Van Ginkel, 2002).

2.4.2.3.2.4 Emulzija voska in dodatki za določanje sijaja

Voske v vodne premazne sisteme dodajamo za večjo trdoto posušenega filma, obenem pa z njimi uravnavamo sijaj. Več kot sistem vsebuje voskov, večja je njegova odpornost proti razenju. Velikost in tvorba delcev voska, ki potujejo proti površini tekočega laka povzročata razprševanje, kar zmanjša sijaj. Zato je potrebno količino voskastega sredstva prilagoditi na zahtevani sijaj.

V uporabi sta dve vrsti voskov, voskaste disperzije in praškasti voski, ki so topni v vodi. Na splošno imajo praškasti voski večji vpliv na končno stopnjo sijaja nanesenega laka. V zadnjem času se veliko uporabljajo disperzije voska na osnovi polietilena (PE), ki ima majhen vpliv na stopnjo sijaja. V uporabi je tudi kombinacija sredstva, ki temelji na silika ali urea formaldehidu, skupaj z matirajočimi voski. Ta povzročata boljšo odpornost proti razenju in boljši izgled sijaja. Tudi pri tem sistemu obstajata problema usedanja silicijevega dioksida na dno ter migracija voska na površino.

Nov razvoj v tehnologiji poliuretanskih disperzij je omogočil zmanjšanje sijaja z dodatkom matirajočega poliuretana k lakom, ki temeljijo na tehnologiji akrilne emulzije. Ta nova metoda zmanjšanja sijaja ima velik vpliv na lažjo pripravo formulacije. Dodatek tekočega

matirajočega sredstva zmanjša čas izdelave. Z njim je lažje delati kot z matirajočim agensom na osnovi silicijevega dioksida, poleg tega pa skoraj izključi vključevanje zraka. Dodatne prednosti uporabe te nove tehnologije za doseganje mat izgleda so: ni usedanja pri barvah z nizko viskoznostjo, ni onesnaževanja s prahom, manj prostora za skladiščenje (Van Ginkel, 2002).

2.4.2.3.2.5 Protipenilci

Protipenilci, včasih imenovani de-aeratorji, so narejeni na osnovi organskih polimerov (polietri, poliakrilati), silikonskih olj, specifično modificiranih polisiloksanov in fluoriranih silikonov.

Ujeti zrak lahko tvori makro ali mikro peno. Mikro pena se težje odstrani iz sistema kot makro pena. Ujeti zrak lahko povzroča številne probleme v zvezi s kvaliteto: manjše vlaženje lesa ali mlečni izgled na lesu, slabše odpornostne lastnosti filma, luknjice in hrapavo površino. Slednje je še bolj očitno, ko so mehurčki zraka ujeti v pore.

Prisotnost pene v laku se lahko pojavi zaradi različnih vzrokov. Tako se lahko zrak ujame v premaz med procesom izdelave ali med procesom aplikacije (med valjanjem, brušenjem, zračnim ali brezračnim brizganjem) ali zaradi kemijskih reakcij v barvi, npr. reakcije med izocianatom in vodo (Van Ginkel, 2002).

2.4.2.3.2.6 Sredstvo za zgoščevanje

Na splošno laki na vodni osnovi potrebujejo prilagoditev viskoznosti ob zaključku formulacije barve. Končno prilagoditev viskoznosti lakov se izvede po določenem času staranja, zaželeno po vsaj 15 urah. To je nujno potrebno zaradi vpliva sredstva, ki tvori film, na nabrekanje polimernih delcev.

V uporabi so akrilna zgoščevala, ki dajejo premaznemu sredstvu tiksotropnost, ali pa poliuretanska zgoščevala, ki uvedejo viskoznost Newtonijske narave. Glede na zahtevane lastnosti je lahko zgoščevalo tudi kombinacija obeh sistemov (Van Ginkel, 2002).

2.4.2.3.2.7 Vlažilna sredstva

Voda, kot močno polarna tekočina, ima veliko površinsko napetost, ki jo sili k tvorbi kapljic na površini, ki jo obdelujemo. Z vlažilnim sredstvom se zmanjša površinska

napetost vode in s tem celotnega sistema, kar omogoči enakomerno vlaženje površine in s tem enakomerno razlivanje.

Sredstva za navlaževanje so lahko hidrofobna ali hidrofilna. Hidrofilne skupine so sulfonatne, karboksilatne, fosfatne, amonijeve in poliolne. Hidrofobni agensi pa so naravne maščobne kisline, olefini, alilbenzeni, alkilfenoli, fluorirani ogljikovodiki, silikoni.

Vlažilna sredstva slabo vplivajo na trdnostne lastnosti filma, odpornost filma proti topilom in vodi. Pravilna količina vlažilnega sredstva je zelo pomembna, ne samo zaradi njegovega vpliva na vlažnost ali suhost laka, ampak tudi zaradi samih odpornostnih lastnosti filma. Zelo pomembno je najti pravo razmerje med obema nasprotujočima se faktorjema, saj slabo razlivanje povsem razvrednoti površinski sistem (Van Ginkel, 2002).

2.4.2.3.3 Najpogosteje uporabljeni vodni sistemi

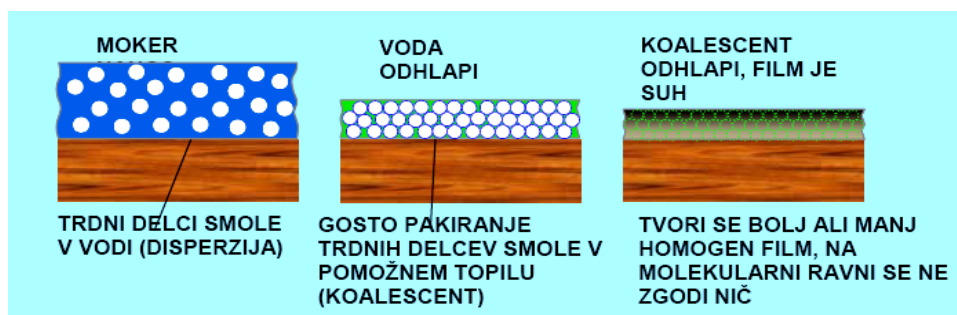
2.4.2.3.3.1 Akrilne polimerne emulzije

Navadno se uporabljajo kot osnovni laki za zapolnjevanje por. Imajo dober oprijem na leseno podlago, se dobro brusijo in hitro sušijo. Kot končni lak se uporabljajo le tam, kjer ni potrebe po kvalitetni lakirani površini z dobro površinsko odpornostjo.

Ti laki sicer dosegajo visoke abrazijske in odpornostne lastnosti, vendar zaradi slabšega fizikalnega zamreževanja sodijo v nižji kakovostni razred. Njihova negativna lastnost je slaba odpornost proti kemikalijam ter vodi. V večini primerov so to enokomponentni sistemi.

Pri tvorbi filma poteka reakcija polimerizacije. Molska masa polimera v filmu je enaka molski masi polimera v osnovnih delcih disperzije. Med številnimi procesi, ki so na voljo za proizvodnjo polimerov v prisotnosti vode (polimerizacija emulzije, polimerizacija v vodni raztopini, disperzna polimerizacija, polimerizacija v mini emulzijah), je najpogosteje uporabljena tehnologija polimerizacije emulzije. Polimerizacija emulzije temelji na dejstvu, da za polimerizacijo radikalno polimerizirajočih monomerov uporabimo iniciator, ki je v vodi topna zvrst s prostimi radikali, in tako dobimo v vodi netopen polimer. Pogosto se v praksi vgradi še nekatere v vodi topne kisle ko-monomere. Ta metoda polimerizacije ponuja hitro stopnjo polimerizacije in visoko molekulske mase. Viskoznost emulzije pa ni odvisna od molekulske mase. Velikost delcev v takih emulzijah je lahko od 50 nm – 500 nm, stabilnost emulzije pa se doseže z uporabo surfaktantov v povezavi z učinkom nabitih

končnih polimernih skupin: sulfatnih skupin iz persulfatnih iniciatorjev in ionskih skupin iz uporabe ionskih ko-monomerov, kot so karboksilatne skupine iz akrilnih kislin. (Podobnik 2006, van Ginkel 2002)



Slika 9: Shematski prikaz fizikalnega sušenja akrilnega vodnega laka (Podobnik, 2006)

2.4.2.3.3.2 Poliuretanske disperzije

Laki na osnovi poliuretanov imajo zagotovljen prostor v industriji lakov zaradi visoke kvalitete. Poliuretanske premaze so razvili okoli leta 1935 v podjetju Bayer. Barvno stabilne poliuretane so prvič razvili konec šestdesetih let prejšnjega stoletja, po razvoju derivatov heksameten diizocianatov (HDI). Do leta 1970 so že uporabljali paketni poliuretanski lak na osnovi topil v številne industrijske namene kot npr. za lakiranje avtomobilov, in v obliki lakov za železniške tire. V sredini osemdesetih se že pojavijo poliuretanski laki z veliko vsebnostjo suhe snovi. Proti koncu stoletja pa so že razvili prve dvokomponentne poliuretanske lake na vodni osnovi. Zmanjševanje količine topila, ki jo lahko dosežemo z uporabo formulacij z visokim deležem suhe snovi, ima svoje slabe strani in omejitve. Najboljša pot za znatno zmanjšanje HOS pa je uporaba vode kot topila. Rešitev za zmanjšanje HOS bi bila lahko tudi izdelava poliuretanskih disperzij. Ti tvorijo poliuretanski film s fizikalnim utrjevanjem, kjer voda izpari in se delčki povežejo med seboj. Ti filmi ne ponujajo najboljše odpornosti proti vodi in kemikalijam. Če želimo boljše lastnosti filma, je potrebna kemična reakcija med hidroksi-funkcionalnim polimerom in poliizocianatom.



Slika 10: Shematski prikaz fizikalno kemičnega sušenja poliuretanskega laka (Podobnik, 2006)

Dobro poznani procesi produkcije poliuretanskih disperzij so proces z acetonom, proces dispergiranja s topljenjem, keltimin proces in proces mešanja polimerov. Prva stopnja v teh procesih je reakcija diolov ali poliolov s stehiometričnim presežkom izocianata.

Kemijo poliuretanskega vodnega sistema lahko razdelimo na 4 stopnje: predpriprava polimera, nevtralizacija, dispergiranje in ekstenzija (razširitev). V stopnji predpriprave polimera diol ali poliol reagira s stehiometričnim presežkom izocianata, da nastane prepolimer, ki mora biti dovolj hidrofilen. Dimetilolpropionska kislina (DMPA), anion stabilizirajoči agens, se uporablja za vgradnjo funkcionalnih skupin v polimerno verigo. DMPA se z lahkoto vgradi v verigo, ne kaže stranskih reakcij med procesom in ne vpliva na končne lastnosti pri nanosu. N-metil-2-pirolidon (NMP) se uporablja za vgradnjo DMPA. Trietanolamin (TEA) je idealni amin za nevtralizacijo, ker ne reagira z izocianatom. Njegova slaba lastnost je ta, da je močno hlapen in toksičen že v nizkih koncentracijah. N,N-dimetiletanolamin (DMEA) je alternativni nevtralizirajoči agens, a je reaktiven z izocianatom. Proces disperzije je odvisen od viskoznosti prepolimera in prisotnosti kisline. Včasih se za izboljšanje procesa disperzije doda majhne količine emulzificirajočega agensa ali se poviša temperatura vode. Med stopnjo ekstenzije, v kateri sta poznana agensa hidrazin ali etilendiamin (EDA), se molekularna masa poveča od 1000-10000 na več kot 100000. V primerjavi z uretani na osnovi topila, predstavlja večja molekularna masa poliuretanskih disperzij prednost pri odpornosti proti topilom (Van Ginkel, 2002).

Preglednica 2: Primerjava prednosti uporabe akrilnih emulzij in poliuretanskih disperzij (Van Ginkel, 2002)

AKRILNA EMULZIJA	POLIURETANSKA DISPERZIJA
Srednja - velika trdnost	Nizka - srednja trdnost
Srednja-velika velikost delcev	Majhna velikost delcev
UV odpornost	Odpornost proti abraziji
Ekonomičnost (nizka cena)	Manj ekonomična (dragi)
Termoplastičnost	Ni termoplastična

2.4.2.3.3.3 Uretansko-akrilni laki

Želja po boljših lastnostih, kot so odpornost proti butilacetatu in acetonu, je vodila v raziskavo novih polimerizacijskih tehnik. Prišlo je do razvoja nove generacije uretansko-akrilnih polimerov, ki jih sedaj uporabljajo za prosojne in pigmentirane vodne lake za kuhinje, mize, stole. Ponavadi so uretansko-akrilni delci zgrajeni iz uretanske ovojnice in akrilnega jedra, z obema fazama prisotnima v enem delcu, ne pa kot mešanica ločenih uretanskih in akrilnih delcev. Da bi laki imeli še boljše lastnosti, se uporabljajo zunanji navzkrižni zamreževalci.

Uretansko-akrilni proizvodi ponujajo širok spekter izbire uretansko-akrilnega razmerja, kar predstavlja v površinski obdelavi lesa prednost, saj različna razmerja omogočajo zelo specifične obdelave. Sčasoma naj bi uretansko-akrilni sistemi nadomestili kislinsko, ter poliuretansko utrjujoče topilne sisteme. Prav ta lastnost širokega spektra obdelave, v kombinaciji z ugodno ceno, daje uretansko-akrilnim sistemom svetlo prihodnost (Van den Elshout, 2002).

2.4.2.3.4 Slabosti vodnih lakov

2.4.2.3.4.1 Površinska napetost

Razlivanje tekočin na lesu je močno povezano z njihovo površinsko napetostjo, ki je rezultat delovanja medmolekularnih sil v tekočini. Medfazna napetost se pojavlja na mejni površini med dvema različnima kapljevina, med kapljevino in plinom ter med kapljevino in trdno snovjo. Napetost na meji med površino in plinsko fazo (zrakom) imenujemo površinska napetost tekočine. Van der Waalove sile in visoka polarnost silita vodo, da tvori kapljice. Močno polarne tekočine imajo visoko površinsko napetost,

nepolarne tekočine pa ne težijo k tvorbi kapljic. Voda ima, kot pomembna komponenta emulzij in disperzij, vpliv na lastnosti tekočih lakov in je lahko vzrok velikih problemov za proizvajalca. Voda številne substrate slabo omaka. Njeno površinsko napetost, približno 72 mN/m, je potrebno zmanjšati, če želimo doseči dobro omakanje površine in razlivanje tekočih vodnih premaznih pripravkov na substratu.

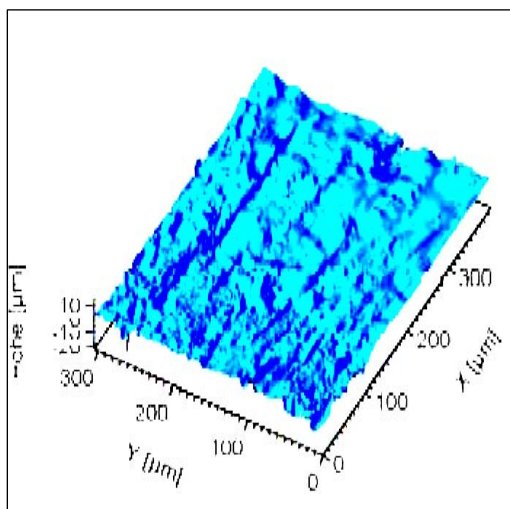
Slabo omakanje, stekanje barve, napaka poimenovana »pomarančna koža« in celo koagulacija veziva, so pogost pojav pri transparentnih lakih na vodni osnovi.

2.4.2.3.4.2 Dvigovanje lesnih vlaken

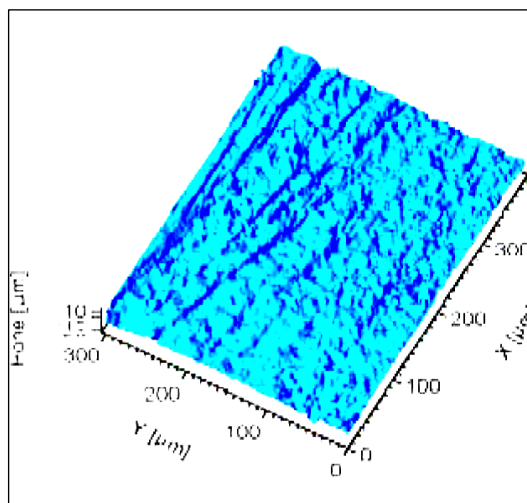
Dvig vlaken lesa zaradi stika z vodo je dobro znan, a nezaželen učinek v lesni industriji. Nabrekanje lesnih vlaken vodi do nastanka hrapave površine, kar zahteva posebno nadaljnjo obdelavo z natančnim ter kvalitetnim brušenjem v najmanj treh fazah pred površinsko obdelavo. V teh treh fazah pa ima velik pomen pravilen izbor granulacije brusnih papirjev. Če lak brusimo premočno ali izberemo brusno sredstvo z nepravo granulacijo, je velika možnost odbrušenja lesnih vlaken. Pri brezbarvni obdelavi je to razmeroma nevidno. Pri obarvani površini pa se z vlaknom odbrusi tudi barva, ki je bila na vlaknu. Na površini je viden bel odbruisek, kar je nesprejemljivo za kupca. S prešibkim brušenjem ali prefinim papirjem pa se vlaken ne pobrusi dovolj, kar prinaša neravno površino.

Tip dviga lesnih vlaken je predvsem odvisen od drevesne vrste (Slike 11-14). Vlakna se najbolj dvigujejo pri hrastu ter jesenu, pri mahagoniju ter boru pa tega učinka skoraj ni zaznati. Vpliv na dvig vlaken imajo tudi topilo v laku, tip in hitrost sušenja laka, viskoznost, topnost polimera, vsebnost trdnih snovi, metoda nanosa.

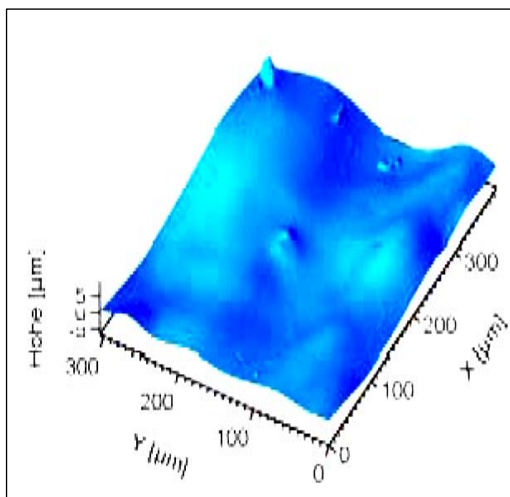
Zaenkrat ni znanih standardnih testnih postopkov niti posebne laboratorijske opreme, s katero bi lahko ovrednotili dvigovanje lesnih vlaken. Kvaliteta lesa in tip lesnih vlaken se preveč razlikujeta v različnih vzorcih, da bi lahko uporabili opremo, ki meri hrapavost lakiranega lesa s pomočjo npr. laserske tehnologije, interferometrije ali konfokalne mikroskopije. Sestava lesa namreč ni dovolj konsistentna in se lahko razlikuje že na površini enega vzorca.(Van Ginkel, 2002)



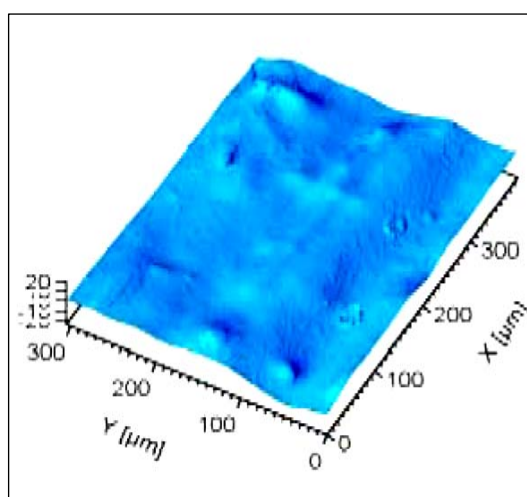
Slika 11: Hrastov les, obdelan z vodnim sistemom
(van Ginkel, 2002)



Slika 12: Hrastov les, obdelan z nitroceluloznim sistemom (Van Ginkel, 2002)



Slika 13: Borov les, obdelan z vodnim sistemom
(van Ginkel, 2002)



Slika 14: Borov les, obdelan z nitroceluloznim sistemom (van Ginkel, 2002)

2.4.2.3.4.3 Delež suhe snovi

Na kakovost zaščitene površine močno vpliva tudi debelina suhega filma. Leseno podlago ščiti prav ta film. Če je pretanek, je bolj občutljiv za mehanske poškodbe in se hitro obrabi. Vodni laki imajo nižjo vsebnost suhe snovi kot laki na osnovi topil. Volumski delež suhe snovi dvokomponentnega poliuretanskega laka na osnovi topil je približno 34 %, pri dvokomponentnem poliuretanskem laku na vodni osnovi pa 26 %. To pomeni, da je treba pri vodnem laku nanesti okoli 25 % debelejši film. To lahko dosežemo z uporabo drugačne

nanašalne opreme ali z dodatnim nanosom vodnega laka. V Sloveniji ni standarda, ki bi predpisoval končno debelino filma, vendar debelina običajno znaša med 95 μm in 120 μm . (Podobnik, 2006)

2.4.2.3.5 Zmesi vodnih lakov

Pomanjkljivosti vodnih lakov lahko kompenziramo s širokim izborom mešanic, ki so vsaka po svoje uspešne na specifičnem področju. Akrilne emulzije s samozamreženjem se uporabljajo za izboljšanje odpornosti proti vodi, kemikalijam in topilom. Uporaba samozamrežujočih emulzij brez prostih surfaktantov zmanjša tvorbo pene med proizvodnjo in izboljša omakanje lesa, transparentnost in razlivanje, uretansko-akrilni polimeri se uporabljajo za povečanje odpornost proti kemikalijam in topilom, odpornost proti kremi za roke in odpornost proti abraziji. Uretansko-akrilni kopolimeri so pogosto uporabljeni za formulacijo enokomponentnih lakov, ki se jih uporablja za obdelavo površin miz ali pisarniškega pohištva, kjer so zahteve po odpornosti velike. Hidroksil-akrilne emulzije se uporabljajo za tvorbo lakov, ki utrjujejo z melaminom ali urea formaldehidom in nekaterimi maščobnimi kislinami, ali s pomočjo dodajanja izocianata. Zagotavljajo visoko odporne lake, ki so uporabni za impregnacijo papirja, ki imitira les ter za kuhinje in pisarniško pohištvo. Poliuretanske disperzije z modificiranimi maščobnimi kislinami in uretansko-akrilne disperzije z modificiranimi maščobnimi kislinami uporabimo za stroge zahteve glede omakanja lesa, zapolnjevanja por in transparentnosti. Modifikacija maščobnih kislin ima za posledico tudi visoko odpornost proti topilom in kemikalijam. Disperzije na vodni osnovi z UV sušenjem uporabljamo za izdelavo filmov visoke odpornosti, in to že takoj po sušenju, ki pa je pri UV tehnologiji utrjevanja zelo kratko (Van Ginkel, 2003).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Podlage

Preizkušanci, testirali smo jih 48, so ostanki nesimetričnih oblik iz proizvodnje, debeline 18 mm ± 0,3 mm. Sredica je bila iz MDF(medium density fiberboard) tvoriva, obojestransko oblepljena s hrastovim furnirjem.

3.1.2 Premazna sredstva

Za obdelavo vzorcev smo uporabili v nadaljevanju opisana površinska premazna sredstva proizvajalca Helios, tovarna barv, lakov in umetnih smol, Količevo d.o.o., Količevo 65, 1230 Domžale. (Helios, 2006)

Lužilo 1 -_Ekohel lužilo Stockholm, brizganje, barva Goldbraun-(GB)

Splošni opis premaza: lužilo na osnovi akrilne disperzije, antipenilca, aditivov, barvil in past v vodi

Vsebnost suhe snovi: 5 % – 10 %

Vsebnost toksičnih snovi: 2-butoksietoksietanol

Lužilo 2 – Ekohel lužilo Gray oak-(GO)

Splošni opis premaza: lužilo na osnovi akrilne disperzije, vode, aditivov, barvil in organskih topil

Vsebnost suhe snovi: 14 % – 20 %

Hlapne organske komponente: 0 % - 2 %

Vsebnost toksičnih snovi: 2-butoksietoksietanol

Temeljni premaz – Hidrohel temeljni lak

Splošni opis premaza: premaz na osnovi disperzije akrilnega polimera v vodi

Vsebnost suhe snovi: 34 % – 37 %

Vsebnost toksičnih snovi: 2-butoksietanol

Končni premaz 1 – Hidrohel univerzalni lak

Splošni opis premaza: lak na osnovi akrilatne disperzije

Vsebnost suhe snovi: 30 % – 33 %

Hlapne organske komponente: 8 %

Vsebnost toksičnih snovi: 2-butoksietanol

Končni premaz 2: Hidrohel končni lak

Splošni opis premaza: lak na osnovi akrilatne disperzije

Vsebnost suhe snovi: 35 % – 39 %

Hlapne organske komponente: 8 % - 10 %

Vsebnost toksičnih snovi: 2-butoksietanol

Končni premaz 3: Hidrohel 2K lak

Splošni opis premaza: lak na osnovi akrilatne disperzije

Vsebnost suhe snovi: 39 % – 42 %

Hlapne organske komponente: 8 %

Vsebnost toksičnih snovi: - nafta (zemeljsko olje)

- 3-butoksi-2-propanol

Priprava zmesi: - 100 utežnih delov hidrohel 2K lak

- 20 utežnih delov hidrohel utrjevalca

- 25 utežnih delov hidrohel redčila

3.2 METODE

3.2.1 Priprava preizkušancev za površinsko obdelavo

Površino preizkušancev smo najprej obrusili na širokotračnem brusilnem stroju, proizvajalca Taglibue, z granulacijami papirja na prečnem traku 120, brusilnega valja 150 in brusilne blazine 180.

3.2.2 Luženje

Elemente smo najprej pobrizgali na mokro, nato pa višek lužila zbrisali z vpojnim papirjem.

Eno tretjino preizkušancev smo lužili z vodnim lužilom Goldbraun (GB), drugo tretjino z vodnim lužilom Gray oak (GO), tretje tretjine preizkušancev pa nismo lužili.

3.2.3 Lakiranje s temeljnim lakom

Vse preizkušance smo pobrizgali s temeljnim vodnim lakom Hidrohel. Brizgali smo z zračno brizgalno pištolo proizvajalca Sata s premerom brizgalne šobe 1,8 mm pri temperaturi 25 °C in relativni zračni vlagi 52 %.

3.2.4 Brušenje temeljnega laka

Temeljni lak smo brusili z brusilno gobico granulacije 360.

3.2.5 Lakiranje s končnim lakom

Dvanajst obdelovancev smo pobrizgali z vodnim enokomponentnim končnim Hidrohel univerzalnim lakom z 10 % sijajem na predhodno obdelano površino, dvanajst obdelovancev z vodnim enokomponentnim končnim lakom Hidrohel s 40 % sijajem na predhodno obdelano površino in dvanajst obdelovancev z vodnim končnim dvokomponentnim lakom Hidrohel z 10 % in 40 % sijajem na predhodno obdelano površino (Preglednica 3). Brizgali smo z zračno brizgalno pištolo proizvajalca Sata s premerom brizgalne šobe 1,8 mm pri temperaturi 25 °C in relativni zračni vlagi 52 %.

Preglednica 3: Opis podlag, na katere smo nanašali premazne sisteme

Število obdelovancev	Vrsta lužila
4	neluženi
4	GB
4	GO

3.2.6 Sušenje končnega laka

Sušenje pri sobni temperaturi smo izvedli v lakirnici podjetja Brest. Sušenje pri ostalih povišanih temperaturah smo izvedli v laboratorijskem sušilniku s hitrostjo zraka 1m/s, v laboratoriju za površinsko obdelavo lesa Biotehniške fakultete. Čas sušenja pri vseh obdelavah je bil 10 minut. Vsak različen končni lak smo sušili po postopkih, prikazanih v preglednici 4.

Preglednica 4: Temperature sušenja končnih lakov

Opis vzorca in temperatura sušenja (°C)		
Podlaga ni lužena	Luženo z lužilom GB	Luženo z lužilom GO
sobna temperatura (21-23)	sobna temperatura (21-23)	sobna temperatura (21-23)
45	45	45
55	55	55
65	65	65

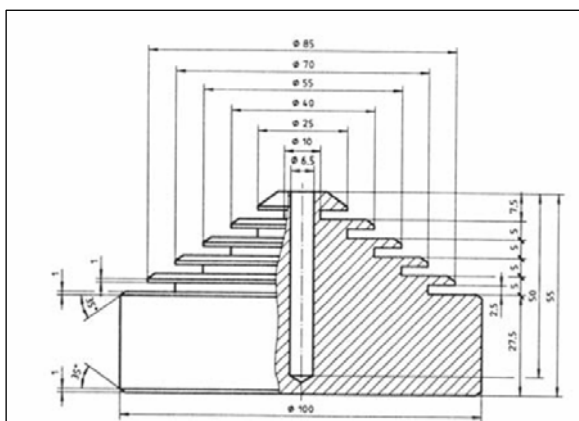
3.3 KONTROLA KVALITETE POVRŠINSKE OBDELAVE

Za uspešno površinsko obdelavo je potrebno vršiti kontrolo procesa v vsaki stopnji od nadzora vhodnih surovin do končne kontrole kvalitete obdelane površine. Preizkušanje materialov v površinski obdelavi lesa lahko razdelimo na tri področja: preskušanje tekočih premaznih sredstev, preskušanje utrjenih filmov premaza (površinskih sistemov) in preskušanje odpornosti premazov proti naravnemu ali umetno posušenemu staranju.

3.3.1 Odpornost površine proti suhi toploti (SIST EN 12722)

Na površino preskušanca smo za 20 minut položili aluminijast disk, predhodno segret na $T = 70\text{ °C}$ (Slika 15). Nato smo ga odstranili, površino pa na suho obrisali z belo mehko vpojno krpo. Po 16 do 24 urah smo površino ponovno obrisali in pregledali pri dnevni ter difuzni umetni svetlobi v posebni standardizirani črni komori.

Nastale poškodbe oz. odpornost površin proti toploti smo po standardu ocenili s številčnimi vrednostmi, ki so prikazane v preglednici 5.



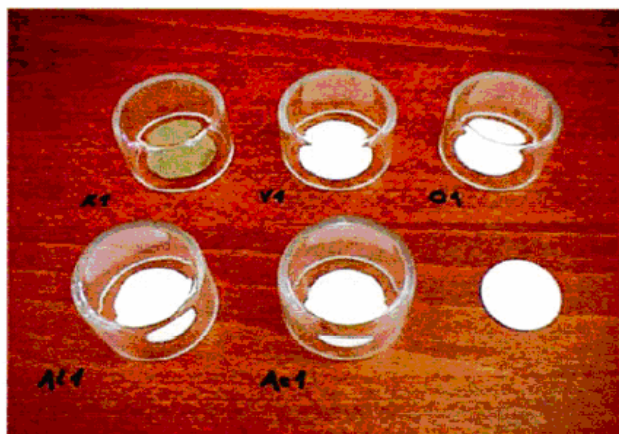
Slika 15: Aluminijast valj za testiranje suhe toplote (Pavlič in sod., 2003)

Preglednica 5: Ocene odpornosti površine proti toploti

Ocena	Opis poškodbe
5	ni sprememb
4	majhna sprememba v sijaju ali barvi, vidna le v soju svetlobe ali nekaj izoliranih manj poškodovanih mest
3	manjša poškodba, vidna iz več zornih kotov, npr. vidno celotno mesto izpostavitve diska
2	večja, razločno vidna poškodba ali manj poškodovana področja s spremembo v barvi ali strukturi površine
1	večja poškodba z jasno vidno spremembo v barvi ali strukturi površine

3.3.2 Odpornost površine proti hladnim tekočinam (SIST EN 12720)

Filtrirni papir z gramaturo 450 g/m^2 in premerom 25 mm smo za 30 s pomočili v izbrano preizkusno tekočino s temperaturo $(23 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$. Izbrani tekočini sta bili vodna raztopina etanola (48 %) in voda. Po 20 sekundah smo papir s pinceto vzeli iz tekočine, narahlo obrisali in postavili na površino preizkušanca. Disk smo takoj pokrili s stekleno čašo z ravnim robom, premera 40 mm in višine 25 mm (Slika 16). Po pretečenem času smo vse skupaj odstranili, preostanek tekočine pa smo brez drgnjenja popivnali z vpojnim papirjem. Po 16 do 24 urah smo površino očistili. Uporabili smo belo krpo, ki smo jo pri prvem čiščenju omočili v raztopini standardiziranega čistilnega sredstva, pri drugem pa samo v vodi. Na koncu smo površino obrisali še s suho krpo. 30 min po končanem čiščenju smo površino pregledali in na podlagi poškodb s številčnimi vrednostmi (Preglednica 6) ocenili njeno odpornost proti izbrani hladni tekočini pri izbranem času izpostavitve.



Slika 16: Preskušane odpornosti površine proti hladnim tekočinam (Pavlič in sod., 2003)

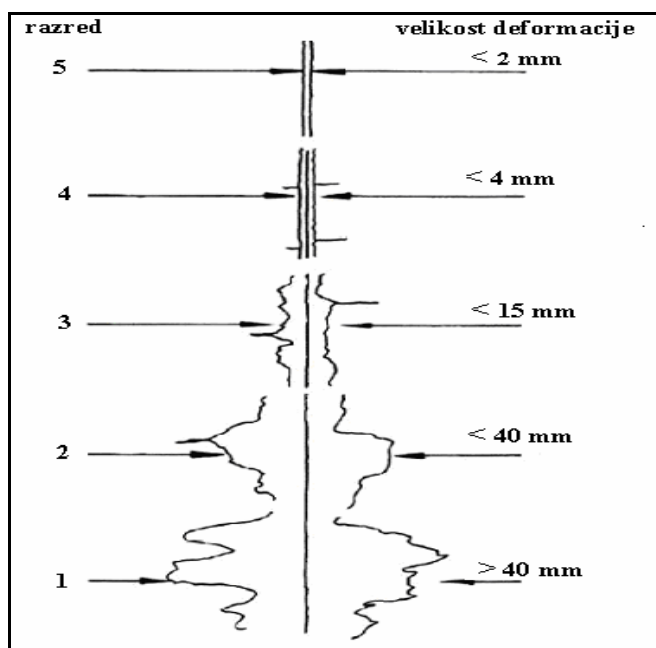
Preglednica 6: Ocene za določanje odpornosti proti tekočinam

Ocena	Opis poškodbe
5	ni sprememb
4	majhne spremembe v sijaju ali barvi, vidne 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 pa se filtrirani papir lepi na površino

3.3.3 Odpornost površine proti olju na razi (SS 83 91 22)

Metoda ugotavljanja odpornosti površine proti olju na razi je kombinacija metode ugotavljanja odpornosti površine proti hladnim tekočinam in metode določanja trdote s preskusom razenja.

Površino smo najprej razili z vzmetnim svinčnikom, z obremenitvijo na konico 3N. Na to razo smo postavili v olje predhodno potopljen filtrirni tampon. Le-tega smo pokrili s standardno čašo, po 24 urah smo vse skupaj odstranili in ocenili nastale spremembe. Odpornost proti olju na razi smo ovrednotili s številčno vrednostjo, ki smo jo dodelili glede na izmerjeno širino prodora olja skozi razo v lesno podlago, kot je razvidno s slike 17.



Slika 17: Širina prodora olja skozi razo v lesno podlago (Pavlič in sod., 2003)

4 REZULTATI

4.1 LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI SOBNI TEMPERATURI

4.1.1 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti tekočinam

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov pri izpostavljenosti kavi in enourni izpostavljenosti vodi so bile enake, ne glede na vrsto podlage in preskušane laka (Preglednica 7). Nekoliko slabše se je pri štiriindvajseturni izpostavljenosti vodi izkazal 2K vodni sistem na luženi podlagi GO.

Pri izpostavljenosti na etanol so bile v povprečju odpornostne lastnosti pri enokomponentnem laku boljše kot pri 2K vodnem sistemu, izjemi sta le sistema z nižjim sijajem na luženi podlagi GO in z višjim sijajem na neluženi podlagi.

Preglednica 7: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti tekočinam

PREIZKUŠEVALNI AGENS		VODA	ETANOL	VODA	KAVA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		1 h	1 h	24 h	24 h
LAK	PODLAGA				
10 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5	3	5	5
10 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5	4	5	5
10 % sijaja	lužena GO	5	3	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5	5	4	5
40 % sijaja	nelužena	5	4	5	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
40 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5	2	5	5
40 % sijaja	lužena GO	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5	3	4	5

4.1.2 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti olju na razi

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi so nekoliko boljše pri 2K lakih.

Preglednica 8: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost proti olju na razi

PREIZKUŠEVALNI AGENS		OLJE NA RAZI
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	5
2K 10 % sijaja	nelužena	4
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	4
10 % sijaja	lužena GO	4
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	3
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	4
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.1.3 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost na suho toploto

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov na suho toploto so bile pri vseh sistemih odlične.

Preglednica 9: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri sobni temperaturi – odpornost na suho toploto

PREIZKUŠEVALNI AGENS		SUHA TOPLOTA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.2 LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 45 °C

4.2.1 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti tekočinam

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov pri izpostavljenosti kavi in enourni izpostavljenosti vodi so bile neodvisne od vrste podlage in premaznega materiala. Nekoliko slabše se je pri štiriindvajseturni izpostavljenosti vodi izkazal 2K vodni sistem z višjim sijajem na neluženi podlagi in na podlagi, luženi z lužilom GB.

Pri izpostavljenosti na etanol so bile v povprečju odpornostne lastnosti pri enokomponentnem vodnem sistemu veliko boljše kot pri 2K vodnem sistemu.

Preglednica 10: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri 45 °C – odpornost proti tekočinam

PREIZKUŠEVALNI AGENS		VODA	ETANOL	VODA	KAVA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		1 h	1 h	24 h	24 h
LAK	PODLAGA				
10 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5	4	5	5
10 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5	4	5	5
10 % sijaja	lužena GO	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5	4	5	5
40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5	3	4	5
40 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5	5	4	5
40 % sijaja	lužena GO	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5	4	5	5

4.2.2 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti olju na razi

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi so bile veliko boljše pri 2K lakih na neluženi podlagi, na ostalih podlagah pa so odpornostne lastnosti zadovoljive.

Preglednica 11: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost proti olju na razi

PREIZKUŠEVALNI AGENS		OLJE NA RAZI
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	2
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	2
2K 40 % sijaja	nelužena	4
40 % sijaja	lužena GB	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.2.3 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov utrjenih pri 45 °C – odpornost na suho toploto

Odpornost vodnih sistemov proti suhi toploti je bila pri vseh sistemih odlična.

Preglednica 12: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 45 °C – odpornost na suho toploto

PREIZKUŠEVALNI AGENS		SUHA TOPLOTA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.3 LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 55 °C

4.3.1 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti tekočinam

Tudi v tem primeru odpornostne lastnosti vodnih sistemov pri izpostavljenosti kavi in enourni in štiriindvajseturni izpostavljenosti vodi niso bile odvisne od vrste podlage in od vrste premaznega materiala.

Pri izpostavljenosti na etanol so bile v povprečju odpornostne lastnosti pri enokomponentnem laku veliko boljše kot pri 2K vodnemu lakirnemu sistemu, največja razlika pa je bila pri sistemih z višjim sijajem na luženi podlagi. V tem primeru 2K vodni lakirni sistem ni bil zadovoljiv.

Preglednica 13: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti tekočinam

PREIZKUŠEVALNI AGENS		VODA	ETANOL	VODA	KAVA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		1 h	1 h	24 h	24 h
LAK	PODLAGA				
10 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5	3	5	5
10 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
10 % sijaja	lužena GO	5	4	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5	4	5	5
40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
40 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5	1	5	5
40 % sijaja	lužena GO	5	4	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5	1	5	5

4.3.2 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti olju na razi

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi so bile pri laku z nižjim sijajem boljše pri enokomponentnih sistemih, pri sistemih z višjim sijajem pa je bila odpornost boljša pri 2K vodnemu lakirnemu sistemu.

Preglednica 14: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost proti olju na razi

PREIZKUŠEVALNI AGENS		OLJE NA RAZI
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	4
2K 10 % sijaja	nelužena	3
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	3
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	2
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	4
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.3.3 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost na suho toploto

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov na suho toploto so se pri vseh sistemih izkazale z odliko.

Preglednica 15: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 55 °C – odpornost na suho toploto

PREIZKUŠEVALNI AGENS		SUHA TOPLOTA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.4 LASTNOSTI TESTNIH SISTEMOV, UTRJENIH PRI TEMPERATURI 65 °C

4.4.1 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti tekočinam

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov pri izpostavljenosti kavi in enourni izpostavljenosti vodi so bile neodvisne od vrste podlage in premaznega materiala. Nekoliko slabše se je na štiriindvajseturno izpostavljenost vodi izkazal enokomponentni lak z nižjim sijajem na neluženi podlagi.

Pri izpostavljenosti na etanol, so bile v povprečju odpornostne lastnosti pri enokomponentnem vodnem sistemu veliko boljše kot pri 2K vodnem sistemu, najslabše odpornostne lastnosti pri obeh sistemih pa so bile na luženi podlagi GO z višjim sijajem.

Preglednica 16: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti tekočinam

PREIZKUŠEVALNI AGENS		VODA	ETANOL	VODA	KAVA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		1 h	1 h	24 h	24 h
LAK	PODLAGA				
10 % sijaja	nelužena	5	5	4	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
10 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5	4	5	5
10 % sijaja	lužena GO	5	5	5	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5	3	5	5
40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5	5	5	5
40 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5	5	5	5
40 % sijaja	lužena GO	5	3	5	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5	1	5	5

4.4.2 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti olju na razi

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi so bile zelo neenakomerno razporejene. Pri večini sistemov je bil nekoliko boljši 2K sistem, razen pri sistemu z višjim sijajem na neluženi površini.

Preglednica 17: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost proti olju na razi

PREIZKUŠEVALNI AGENS		OLJE NA RAZI
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	2
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	4
2K 10 % sijaja	lužena GB	4
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	5
2K 40 % sijaja	nelužena	3
40 % sijaja	lužena GB	2
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

4.4.3 Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost na suho toploto

Odpornostne lastnosti vodnih sistemov na suho toploto so se pri vseh sistemih izkazale z odliko.

Preglednica 18: Odpornostne lastnosti vodnih sistemov, utrjenih pri 65 °C – odpornost na suho toploto

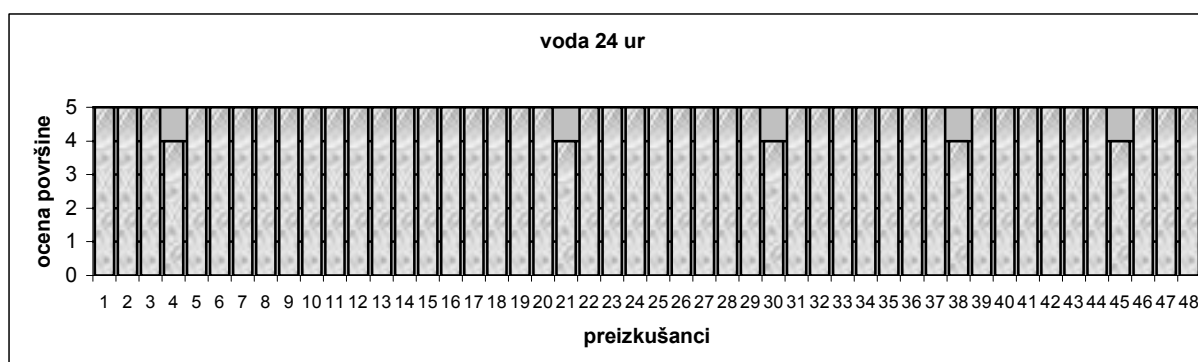
PREIZKUŠEVALNI AGENS		SUHA TOPLOTA
ČAS IZPOSTAVLJENOSTI (h)		24 h
LAK	PODLAGA	
10 % sijaja	nelužena	5
2K 10 % sijaja	nelužena	5
10 % sijaja	lužena GB	5
2K 10 % sijaja	lužena GB	5
10 % sijaja	lužena GO	5
2K 10 % sijaja	lužena GO	5
40 % sijaja	nelužena	5
2K 40 % sijaja	nelužena	5
40 % sijaja	lužena GB	5
2K 40 % sijaja	lužena GB	5
40 % sijaja	lužena GO	5
2K 40 % sijaja	lužena GO	5

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

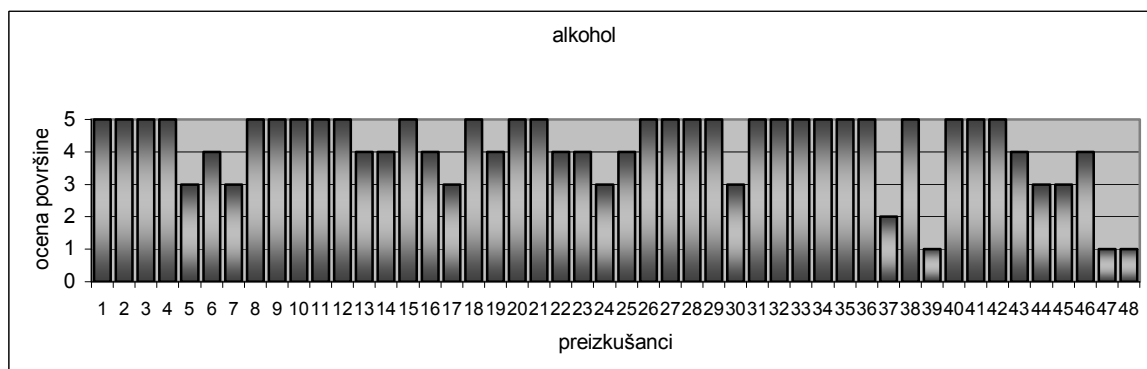
5.1.1 Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti tekočinam

Enourna izpostavljenost vodi ni pri nobenem vodnem površinskem sistemu, ne glede na temperaturo sušenja, pustila vidnih posledic, prav tako ni bilo nobenih vidnih sprememb vodnih sistemov pri določanju odpornosti proti kavi.



Slika 18: Odpornost vodnih sistemov proti vodi (24 ur)

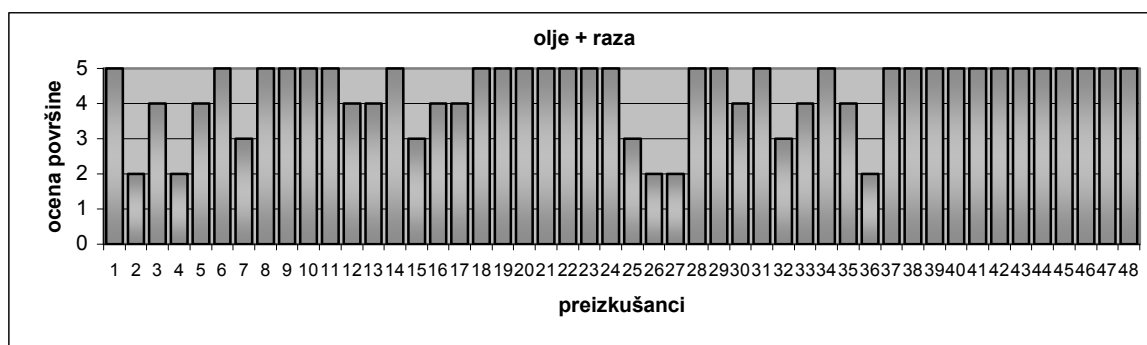
24 urna izpostavljenost vodi je pustila sledi le pri zelo majhnem številu preizkušancev – utrjenih filmov vodnih premaznih sistemov (slika 18). Najslabša ocena poškodb pri izpostavljenosti na vodo je bila 4. To oceno smo zabeležili pri petih sistemih. Štirje premazni sistemi od omenjenih petih so bili dvokomponentni.



Slika 19: Odpornost vodnih sistemov proti etanolu

S slike 19 je razvidno, da je odpornost vodnih sistemov proti topilom slaba, predvsem pri dvokomponentnih vodnih sistemih. Kar 9 preizkušancev (kar je skoraj 20 % od vseh preizkušancev) je imelo oceno tri ali manj, to pomeni srednje ali pa grobo spremenjeno strukturo utrjenega lakirnega filma. Število vseh preizkušancev, na katerih so nastale vidne spremembe, je znašalo 21 – kar je 43 % od vseh sistemov, testiranih na odpornost proti topilom.

5.1.2 Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti olju na razi

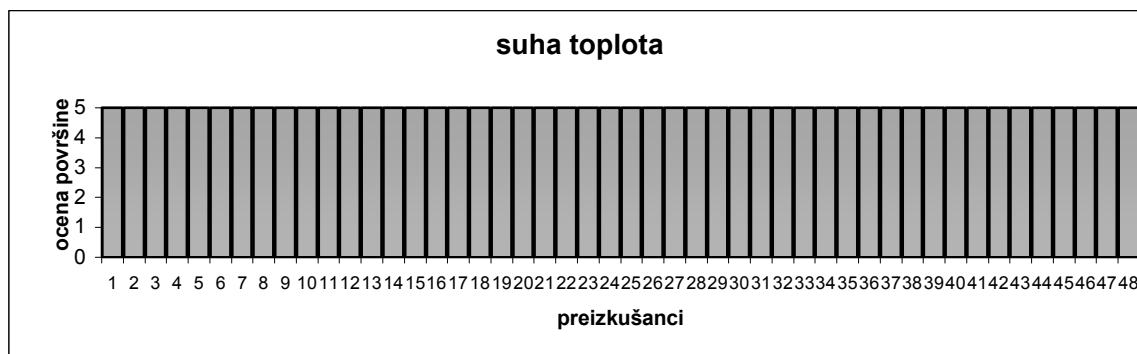


Slika 20: Odpornost vodnih sistemov proti olju na razi

Pri odpornosti vodnih lakirnih sistemov proti olju na razi (slika 20) je 9 preizkušancev dobilo oceno 3 ali slabše (kar je skoraj 20% od vseh preizkušancev). Na 18 preizkušancih so nastale vidne spremembe (38 % od vseh testiranih).

Izpostavljenost vodnih sistemov olju na razi kaže na boljšo odpornost dvokomponentnih lakov. Je pa bila odpornost na olje na razi v nekaterih primerih boljša pri enokomponentnih vodnih sistemih z manjšim sijajem, pri dvokomponentnih vodnih sistemih pa je v večini primerov odpornost boljša pri sistemih z večjim sijajem.

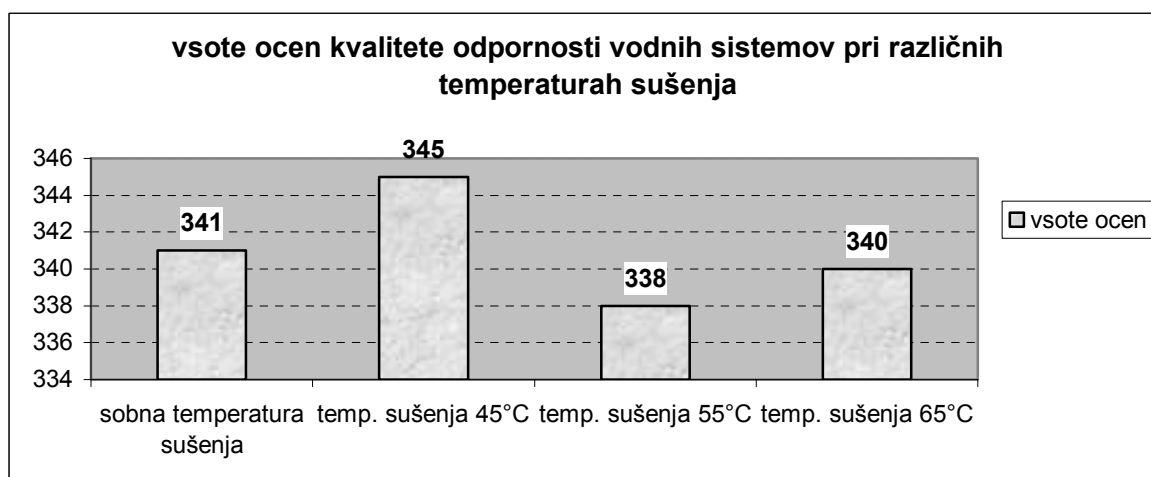
5.1.3 Primerjava odpornostnih lastnosti vodnih sistemov proti suhi toploti



Slika 21: Odpornost vodnih sistemov proti suhi toploti

Izpostavljenost suhi toploti (slika 21) ni pri nobenem preizkušancu povzročilo nikakršnih vidnih sprememb.

5.1.4 Vpliv temperature sušenja na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov



Slika 22: Vsote ocen kvalitete vodnih sistemov

Kot preprosto merilo na vpliv temperature sušenja na odpornostne lastnosti smo vzeli kar vsoto vseh ocen odpornosti na reagente vseh vodnih lakirnih sistemov, sušenih pri enakih temperaturah. To pomeni, da nismo naredili razlik v pomembnosti med posameznimi lastnostmi (enaka »utež« pri izračunu) ter da nismo podrobneje analizirali, kako temperatura sušenja vpliva na vsak posamezen premazni sistem. Izkazalo se je namreč, da so razlike vsot ocen minimalne in ne kažejo na to, da bi se lastnosti utrjenih premaznih vodnih sistemov z različno temperaturo sušenja spreminjale. To pa tudi pomeni, da bi bilo v proizvodnji verjetno smotrno izbrati najvišjo preizkušeno temperaturo sušenja – 65° C.

Tako bi bil čas sušenja najkrajši. Seveda bi bilo pred končno odločitvijo smiselno tudi izračunati, ali k znižanju proizvodnih stroškov več prispeva krajši čas sušenja ali pa manjša poraba energije zaradi nižje temperature sušenja.

5.2 SKLEPI

- Pri preizkušanju vodnih lakirnih sistemov smo ugotovili, da temperatura sušenja ne vpliva na odpornostne lastnosti. Če bi se odločil za čim krajše čase sušenja, bi zato proizvodnji izbrali najvišje možne temperature sušenja, ne da bi s tem poslabšali kvaliteto utrjenih premaznih sistemov.
- Na kvaliteto utrjenih filmov najpomembneje vpliva vrsta izbranega laka, kot je razvidno iz sklepov v nadaljevanju.
- Ugotovili smo zadovoljivo odpornost vodnih lakirnih sistemov proti suhi toploti, enourni izpostavljenosti vodi in štiriindvajset urni izpostavljenosti kavi. Pri štiriindvajset urni izpostavljenosti vodi so odpornosti lakirnih sistemov malce slabše, a še vedno zadovoljive.
- Slabše so se vodni premazni sistemi obnesli pri izpostavljenosti etanolu in olju na razi. Na žalost pa se slabša odpornost tako proti etanolu kot proti olju ne pojavlja pri isti vrsti premaznega sistema; enokomponentni vodni lakirni sistemi so bili slabše odporni proti olju na razi, dvokomponentni sistemi pa proti topilom (etanol).
- Količina dodatkov, ki vplivajo na sijaj, tudi vpliva na odpornostne lastnosti vodnih premaznih sistemov: sistemi z višjim sijajem so bili v povprečju slabše odporni kot sistemi z nižjim sijajem.
- Na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov vrsta podlage ni vplivala. Odpornostne razlike premazov na luženi ali na neluženi podlagi so bile zanemarljive.

6 POVZETEK

Vodni površinski premazni sistemi so v svetu čedalje bolj uveljavljeni in so uspešen okolju prijaznejši nadomestek nitroceluloznim in poliuretanskim lakirnim sistemom. Kljub višji ceni in trenutno še vedno slabšim tehničnim lastnostim je njihova uporaba v porastu.

V tovarni pohištva Brest Cerknica bi zaradi okoljske ozaveščenosti in strogih zakonskih omejitev države in kupcev, radi pri površinski obdelavi z brizganjem čimprej prešli na uporabo vodnih lakirnih sistemov. Glede na to, da kupci zahtevajo enako, če ne boljše kvaliteto, za enako ali celo nižjo ceno, kot je pri uporabi lahkohlapnih sistemov, skuša podjetje z ustreznimi predhodnimi tehnološkimi vlaganji skrajšati cikel obdelave in sušenja vodnih sistemov, ter seveda s tem nekoliko ublažiti njihovo, razmeroma visoko ceno.

Za krajši čas sušenja vodnih sistemov je podjetje načrtovalo uporabo toplozračnih sušilnikov. V diplomski nalogi smo spremljali lastnosti eno in dvokomponentnih vodnih lakirnih sistemov, sušenih pri povišanih temperaturah sušenja, in jih primerjali z enakimi vodnimi sistemi, na enakih podlagah, sušenih pri sobni temperaturi. Skušali smo tudi ugotoviti vpliv podlage (lužena/nelužena) na lastnosti vodnih premaznih sistemov. Vpliv sestave (vrste) laka, ter kako vpliva količina sijaja (nizek/visok) na njegove odpornostne lastnosti. Za merilo odpornosti površine smo izbrali zahteve, izražene v standardih, ki jih pogojujejo kupci.

Ugotovili smo, da temperatura sušenja ne vpliva na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov, kar je za skrajšanje časa sušenja v predvidenem toplozračnem sušilniku razveseljivo dejstvo. Prav tako ni bilo zaznati vpliva podlage (lužena/nelužena) na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov.

Smo pa pri preizkušanju ugotovili slabšo odpornost vodnih sistemov proti topilom in olju na razi. Ker so enokomponentni sistemi slabše odporni proti olju na razi, dvokomponentni sistemi pa proti etanolu, bi bilo smiselno poskusiti z enim sistemom kot osnovnim lakirnim sistemom, z drugim pa kot s končnim lakirnim sistemom.

Zelo pomemben podatek pa je tudi ugotovljen vpliv vrste laka (stopnje sijaja) na odpornostne lastnosti vodnih lakirnih sistemov, saj bo veliko težje doseči zadovoljive rezultate na visoko sijajnih površinah.

7 VIRI

Bell P. 2006. Tehnical articles crosslinking NeoResins ()

http://www.neoresins.com/upload/AfgeschermdeBestanden/Technology_PDF/TechnicalArticles_Crosslin

Burja K. 2003. Vodni laki – korak k bolj zdravi prihodnosti. Barve govorijo, 8: 3

Helios – varnostni listi in tehnični listi lakov in lužil.

Kotnik D. 2003. Površinska obdelava v proizvodnji pohištva. 2. izdaja. Brezovica, Finitura d.o.o.: 16-18, 22, 39

Kovačič R. 2002. Vodna lužila na akrilnem vezivu. Barve govorijo, 2: 3

Mikuljan M. 2005. – površinska obdelava – interni vir podjetja Brest.

Pavlič M. 2002. Vrednotenje kakovosti površinske obdelave lesa in lesnih tvoriv. Les, 54, 11: 396-400

Pavlič M., Kričej B., Tomažič M., Petrič M., 2003. Kakovost površinskih sistemov pohištva slovenskih proizvajalcev, Les, 55, 10: 322-327

Podobnik M. 2006. Vodni laki za parket.

www.ditles.si/Files/DOM_06/Marta_PODOBNIK_vodni%20laki%20za%20parket.pdf

Reihlen A., Tebert C., Jepsen D., Hackmack U. 2004. Priročnik za pomoč pri izvajanju direktive HOS iz naprav, ki uporabljajo hlapna organska topila na osnovi evropske direktive HOS o emisiji topil 1999/13/ES. Hamburg, Ökopol GmbH Nernstweg: 5.

SIST EN 12720. Pohištvo – Ugotavljanje odpornosti površine proti hladnim tekočinam.
Furniture – Assessment of surface resistance to cold liquids (ISO 4211:1979 modified).
1997: 15 str.

SIST EN 12722. Ugotavljanje odpornosti površine proti suhi vročini. *Furniture – Assessment of surface resistance to dry heat (ISO 4211-3: 1993 modified).* 1997: 12 str.

SS 83 91 22. Möbel och inredningsenheter – Bedömning av repade ytos hårdighet mot fett.
Furniture and fittings – Assessment of resistance to fat on surfaces with scratches.
1981: 3 str.

Šlibar M. 2005. Radiacijska tehnologija - Povzetek novosti s konference RadTech. Barve govori, 16, 3.

Uredba o omejevanju emisij hlapnih organskih spojin zaradi uporabe topil v nekaterih dejavnostih in obratih. Ur.l. ES št. 85-1/99

Uredba o emisiji organskih topil iz naprav, ki uporabljajo organska topila. Ur.l. RS št. 46/02.

Van den Elshout A. 2002. Water-borne urethane-acrylic copolymers offer best of both worlds. *Surface Coatings International*, 10: 1-4

Van Ginkel M.J. 2003. New Development in Water Based Polymers for Industrial Wood Coatings. *European coatings*, 2: 21-28

Van Ginkel M.J. 2002. Facts in Formulating Water Based Industrial Wood Coatings,
<http://neoresins.com-Facts in formulating waterbased industrial woodcoatings.pdf>

Vlada republike Slovenije. 2005. Operativni program doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zunanjega zraka/revizija operativnega programa doseganja nacionalnih zgornjih mej emisij onesnaževal zraka, 42.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof.dr. Marku Petriču za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomske naloge in recenzentu prof. dr. Vesni Tišler. Prav tako se zahvaljujem podjetju Brest pohištvo d.o.o. za štipendiranje skozi vsa leta študija ter za vzorce, ki so mi jih pripravili za samo diplomu ter podjetju Helios.d.o.o. za vse lakirne sisteme in posredovano literaturo.

Hvala sošolcu Alenu Pangos za vse skupne ure učenja. Posebna zahvala gre tudi ženi Ani, ki mi je ves čas študija stala ob strani in me neumorno vzpodbujala...Največja zahvala pa gre staršem, ki so mi ta študij omogočili, bili potrpežljivi in razumevajoči tudi v težkih trenutkih.