

Vlatka Jirouš-Rajković, Hrvoje Turkulin

Svojstva drva i prevlake koja utječu na trajnost izloženog drva

WOOD AND COATING PROPERTIES THAT AFFECT DURABILITY OF EXTERIOR WOOD

Pregledni rad • Review paper

Prispjelo - received: 25. 02. 2002. • Prihvaćeno - accepted: 07. 06. 2002.

*UDK 630*829.1*

SAŽETAK • Svojstva drva kao što su tekstura, gustoća, vlažnost, sadržaj ekstraktivnih tvari, hrapavost drva te duljina izlaganja nezaštićenog drva atmosferskim utjecajima prije nanošenja zaštitnih prevlaka utječu na trajnost cijelog sustava prevlaka - drvo. Od dobre prevlake za drvo izloženo vanjskim klimatskim utjecajima zahtijeva se da ima dobru adheziju, elastičnost, da dobro štiti drvo od tekuće vode i da ima dobru paropropusnost te da dobro štiti drvo od utjecaja mikroorganizama i UV zračenja.

U radu su skupljene informacije o utjecaju svojstava drva i prevlaka na trajnost cijelog sustava prevlaka - drvo.

Ključne riječi: svojstva drva, svojstva prevlaka, trajnost sustava prevlaka – drvo, izlaganje vremenskim utjecajima, adhezija

SUMMARY • Wood properties such as texture, density, content of extractives, surface roughness and pre-weathering, affect the durability of the whole wood-coating system. The principal properties of a successful wood coating are: long-term elasticity, good adhesion, barrier against liquid water with sufficient vapour permeability, resistance to attack by microorganisms, and protection from sunlight.

This article attempts to bring together research related to the influence of wood and coating properties on the whole wood-coating system.

Key words: wood properties, coating properties, durability of wood-coating system, weathering, adhesion

1. UVOD

1. INTRODUCTION

U površinskoj obradi drva izloženog vanjskim utjecajima cilj nam je postići što trajniji sustav prevlaka - drvo. Trajnost tog sustava ponajprije ovisi o vrsti i kvaliteti drva, o sastavu i kvaliteti prevlake, o tehnici nanošenja prevlake i programu njezina obnavljanja, o obradi drva prije nanošenja prevlake, o stupnju zaštite od atmosferskih utjecaja (konstrukcijska zaštita), te o klimatskim i lokalnim utjecajima za trajanja izlaganja. Da bi se mogao dizajnirati i izabrati optimalan sustav prevlaka - drvo treba što bolje poznavati svojstva drva i svojstva prevlake koja mogu utecati na trajnost tog sustava. Upravo je to cilj ovog rada.

2. SVOJSTVA DRVA KOJA UTJEČU NA TRAJNOST SUSTAVA PREVLAKE - DRVO

2. WOOD PROPERTIES THAT AFFECT DURABILITY OF WOOD-COATING SYSTEM

Browne je još 1958. godine detaljno izvijestio o svojstvima drva koja utječu na trajnost prevlaka. On ističe da drvo ima vrlo mali utjecaj na svojstva prevlake sve dok je prevlaka u dobrom stanju i dok ne pokazuje znakove starenja. Tada postaju važna ova svojstva drva: gustoća i tekstura, sadržaj smola i ulja, sadržaj vode u drvu i greške drva kao što su kvrge. Sandermann i Puth (1965) ističu da na različitu trajnost vanjskih premaza najviše utječu vlažnost drva, struktura drva i ekstraktivne tvari. Tome bismo na osnovi novijih istraživanja, mogli pridodati i način obrade drva prije nanošenja prevlaka, te vrijeme izloženosti atmosferskim utjecajima prije površinske obrade.

2.1. Struktura drva

2.1. Structure of wood

Za površinsku obradu drva četinjača veliku važnost ima udio i raspodjela zona kasnog drva. Nova prevlaka dobro prijanja i na rano i na kasno drvo, ali stara prevlaka, koja postane krta, gubi adheziju mnogo prije na glatkim površinama kasnog drva nego na hrapavim zonama ranog drva. Zbog toga je drvo s uskim zonama kasnog drva najbolje za površinsku obradu. Širina zone kasnog drva ovisi o gustoći drva, širini godova i teksturi. Blistače su zbog toga pogodnije od bočnica jer imaju uže zone kasnog drva.

Poroznost drva može imati različit utjecaj na prijanjanje premaza. Adhezija je površinska pojava koja ovisi o Van der

Waalsovih silama i kemijskim reakcijama premaza i drvene tvari, a penetracija u rano drvo samo vrlo ograničeno doprinosi "usidranju" ili "efektu čepića", tj. mehaničkom povezivanju prevlake i drva (Rijckaert i sur.,2001). Struktura drva više utječe na mokru adheziju, a ta je pogotovo slabija na kasnom drvu (Turkulini i sur.,2000). Prijanjanje na mokrom kasnom drvu znatno je slabije za vodotopljive premaze nego za one na organskoj osnovi. De Meijer (1999) je tako utvrdio da adhezija na mokrom drvu ipak znatno ovisi o mehaničkom "usidrenju".

Za drvo listača veliku važnost pri površinskoj obradi imaju veličina i raspored pora koje mogu stvarati poteškoće ukoliko su velike kao na hrastovini. Ako se takve pore ne zapune, na tim mjestima u prevlaci ostaju male, nevidljive rupice koje su uzrok ranoj pojavi grešaka na površini prevlake. Zbog toga su najpogodnije listače za površinsku obradu one male do srednje gustoće, s porama ne većim nego u bukovine, npr. američki tulipanovac (*Liriodendron tulipifera*) i američka lipa (*Tilia Glabra*). U SAD-u su sve vrste drva za primjenu u graditeljstvu podijeljene u 5 skupina s obzirom na prikladnost za površinsku obradu (Browne,1962). **Prvu skupinu** čine vrste drva na kojima dolazi do vrlo polagane dezintegracije prevlake. To su četinjače poput goleme tuje (*Thuja plicata*), običnog taksodija (*Taxodium distichum*), obalne sekvoje (*Sequoia sempervirens*), Lavsonova pačempresa (*Chamaecyparis lawsoniana*), nutkanskoj pačempresa (*Chamaecyparis nootkantensis*), na kojima prevlake različite vrste i kvalitete pokazuju dobru trajnost. U **drugoj** su **skupini** vrste drva poput vajmutovca (*Pinus strobus L.*), šećernog bora (*Pinus lambertiana Dougl.*) i američkoga bijelog bora (*Pinus monticola Dougl.*), za koje je bitan pažljiv odabir impregnacijskog temelja (primer). U **trećoj** su **skupini** vrste drva poput koloradske jele (*Abies concolor Engelm.*), kanadske čuge (*Tsuga canadensis Carr.*), žutog bora (*Pinus ponderosa Laws.*), Engelmannove smreke (*Picea engelmannii Engelm.*) i sitkanske smreke (*Picea sitchensis*) od četinjača te drvo američke jasike (*Populus tremuloides*), američke lipe (*Tilia americana*), kalifornijske topole (*Populus deltoides*), magnolije (*Magnolia L.*), američkog tulipanovca (*Liriodendron tulipifera L.*) od listača, koje su mnogo zahtjevnije glede izbora temeljnoga i završnog premaza i obnavljanja nego one u drugoj skupini, ali ipak manje zahtjevne od vrsta u četvrtj skupini. **Četvrtu skupinu**

čine vrste za koje treba osobito pažljivo birati sustav površinske obrade. Tu ubrajamo obalnu duglaziju (*Pseudotsuga taxifolia*), zapadnoamerički ariš (*Larix occidentalis* L.), američku bukvu (*Fagus grandifolia*), brezu (*Betula* sp.), američki likvidambar (*Liquidambar styraciflua* L.) i javor (*Acer* sp.). U **petu skupinu** ubrajaju se vrste kojima treba zapuniti pore prije nanošenja laka. To su npr. hrastovina, jasenovina, kestenovina, brjestovina, američka orahovina i različite vrste karije neprikladne za zaštitu uobičajenom površinskom obradom (Browne, 1962).

Sandermann i Puth (1965) ispitivali su utjecaj strukture drva i akcesornih sastojaka drva na trajnost prozirnih lakova. Na osnovi rezultata ispitivanja, oni vrste drva, glede prikladnosti za površinsku obradu, dijele u tri skupine: vrste na kojima prevlake imaju dugu trajnost, npr. četinjače koje ne sadrže smolu, poput goleme tuje (*Thuja plicata*), običnog taksodija (*Taxodium distichum*), obalne sekvoje (*Sequoia sempervirens*), te listače sitnih pora koje ne sadrže smolu, npr. ipe (*Tabebuia serratifolia*). U drugoj su skupini vrste na kojima prevlake imaju osrednju trajnost. Među takve ubrajaju listače srednjih i krupnih pora koje ne sadrže smolu, npr. afrormosia (*Afrormosia elata*), mansonija (*Mansonia altissima*), pitomi kesten (*Castanea sativa*), hrast lužnjak (*Quercus robur* L.). Sve ostale vrste drva koje sadrže smolu i na kojima prevlake imaju malu trajnost ubrajaju se u treću skupinu.

U Institutu za prozore u Rosenheimu (Institut für Fenstertechnik, Rosenheim) vrste drva za površinsku obradu prozora i vanjskih vrata razvrstavaju u tri skupine (I, II, III). U prvoj su skupini četinjače bogate smolom kao npr. bor (*Pinus sylvestris*), duglazija (*Pseudotsuga menziesii*), srževina smolastog bora (*Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa*). Prilikom površinske obrade drva ovih vrsta tamnijim tonovima premaza može doći do grešaka uzrokovanih izlučivanjem smole. U drugoj su skupini četinjače siromašnije smolom, npr. sitkanska smreka (*Picea sitchensis*), obalna sekvoja (*Sequoia sempervirens*). U trećoj su skupini listače kao npr. sipo (*Entandrophragma utile*), meranti (*Shorea pauciflora*), tik (*Tectona grandis*), hrast (*Quercus* sp.).

2.2. Ekstraktivne tvari

2.2. Extractives in wood

Ako je drvo suho, smole i ulja imaju manji učinak na površinsku obradu nego što se općenito misli (Browne, 1962). Najčešći rezultat negativnog djelovanja ekstraktivnih tvari jest diskoloracija prevlake. Vodotopljive ekstraktivne tvari mogu, zajedno s vlagom, izbiti na površinu drva i prouzročiti diskoloraciju prevlake (Black i Mraz, 1974; Laughnan, 1959). Kestenovina, na primjer, izlučuje znatno više tanina od hrastovine, pa kod vlaženja ovakvog drva nastaju neugledna obojenja na neobrađenom ili propusno obrađenom drvu. Bijele prevlake i prevlake svjetlih boja na srževini žutog bora (*Pinus ponderosa*) i američkoga bijelog bora (*Pinus monticola*) mogu požutjeti ili posmeđiti zbog obojenih supstancija u smoli srževine. Ta je pojava češća ako drvo pri lakiranju nije dovoljno suho (Browne, 1962).

Vodotopljive ekstraktivne tvari obalne sekvoje (*Sequoia sempervirens*) i goleme tuje (*Thuja plicata*), ulja u običnom taksodiju (*Taxodium distichum*) te tanini u hrastovini usporavaju otvrdnjavanje prevlaka (Browne, 1958). Ekstraktivne masne tvari izbijaju na površinu pri stajanju na otvorenom, čak i pri ambijentalnim temperaturama, pa djeluju na povećanje kuta kvašenja, a time i na smanjenje adhezije (Kalnins i Knaebe, 1992). Sastav i raspodjela smola u američkome crvenom boru (*Pinus resinosa*) i američkom borovcu (*Pinus strobus*) uzrokuju diskoloraciju i ljuštenje boje (Hse i Kuo, 1988; citirano prema Levitinu, 1962). Međutim, nisu svi učinci ekstraktivnih tvari negativni. Tako ekstraktivne tvari obalne sekvoje (*Sequoia sempervirens*) i običnog taksodija (*Taxodium distichum*) usporavaju otvrdnjavanje prevlaka, ali ujedno poboljšavaju njezinu trajnost (Browne, 1958). Vodotopljive ekstraktivne tvari koje se nalaze u staničnim stijenkama smanjuju utezanje i bubrenje površine drva i tako pridonose adheziji prevlake. Neke fenolne ekstraktivne tvari u golemoj tuji (*Thuja plicata*) djeluju kao prirodni antioksidansi na drvnoj površini i stabiliziraju film laka (Hse i Kuo, 1988).

2.3. Sadržaj vode u drvu

2.3. Moisture content

Browne (1962) navodi da je najpovoljniji sadržaj vode pri nanošenju prevlaka onaj koji se može očekivati u upotrebi. Prevlake nanosene na vrlo suho drvo manje su trajne, a ako sadržaj vode u drvu za vrijeme površinske obrade prelazi

25%, velika je mogućnost pojave grešaka mjehuranja i ljuštenja prevlake. Štoviše, vrste poput goleme tuje (*Thuja plicata*) i obalne sekvoje (*Sequoia sempervirens*), koje sadrže vodotopljive ekstraktivne tvari, mogu prouzročiti obojenje prevlake ako se ona nanosi na mokro drvo. Vlažno drvo sa sadržajem vode većim od 20% može sprečavati otvrdnjavanje prevlaka na bazi organskih otapala. Visok sadržaj vode u drvu negativno utječe na sustav prevlaka – drvo jer osigurava uvjete nužne za razvoj mikroorganizama koji pridonose povećanju poroznosti drva i osjetljivosti na vlagu. Zbog vlažnosti drva dolazi do dimenzionalnih promjena na drvu koje izazivaju mehaničko naprezanje u prevlaci, što rezultira smanjenjem adhezije, posebice starijih prevlaka.

Miller (1987) ističe da je za uspješnu primjenu drva u građevnoj stolariji presudno važno da drvo ostane suho. Iskustvo posljednjih godina pokazalo je da za permeabilne četinjače sustav zaštitno sredstvo-prevlaka nije dovoljan da održi drvo suhim. Postupkom zapunjavanja čelnih presjeka na kutnim spojevima može se uvelike smanjiti longitudinalna permeabilnost i povećati trajnost ugrađenog drva (Miller i Boxall, 1987, Boxall i dr., 1992).

2.4. Hrapavost površine drva 2.4. Surface roughness of wood

Osim vrste drva, na trajnost prevlake može utjecati i način obrade drva prije nanošenja prevlake.

Richter i sur. (1994) ispitivali su utjecaj hrapavosti površine drva na trajnost prevlaka i ustanovili da je brušenje površine najbolja priprema za kasniju prevlaku. Hrapave površine obrađene lazurama pokazuju dobru trajnost za vrijeme dugotrajnih prirodnih izlaganja uglavnom zbog velike količine materijala koja je potrebna da bi se površina prekrila, ali ako je nanosena jednaka količina materijala kao i na glatke površine, vrlo će se brzo pojaviti greške.

2.5. Vrijeme izloženosti drva atmosferskim utjecajima prije nanošenja prevlake

2.5. Preweathering

Izloženost drva atmosferskim utjecajima prije površinske obrade pridonosi kemijskim i fizikalnim promjenama na drvnoj površini koje oslabljuju buduće sučelje prevlaka - drvo. Boxall (1977) je na uzorcima bijelog bora (*Pinus sylvestris*) koji su sedam mjeseci

prije površinske obrade bili izloženi vanjskim uvjetima ispitivao adheziju različitih impregnacijskih temeljnih premaza (primera) i uspoređivao je s adhezijom istih premaza na uzorcima koji nisu bili prethodno izlagani vanjskim utjecajima. Ustanovio je mnogo manju adheziju temeljnih premaza na prethodno izlaganim uzorcima i lom pri mjerenju adhezije uvijek na samom sučelju prevlaka - drvo, dok je lom pri mjerenju adhezije na neizlaganim uzorcima bio kohezivan, unutar filma ili unutar drva.

Williams i dr. (1991) ističu da izlaganje drva vremenskim utjecajima prije površinske obrade smanjuje trajnost prevlaka te preporučuje da nezaštićeno drvo maksimalno dva tjedna prije površinske obrade bude izloženo vanjskim vremenskim utjecajima. Arnold i sur. (1991) objavili su rezultate po kojima se nakon kratkog vremena izlaganja (do 24 sata) prijanjanje na svježe obrađenom drvu može malo i povećati, no ipak, glavni trend djelovanja svjetla i atmosferske vlage ima negativni značaj za adheziju prevlaka.

Nussbaum (1996) navodi da na svježe obrađenim površinama drva koje se moraju lijepiti ili lakirati vrlo brzo nakon obrade dolazi do transformacijskih procesa poznatih kao inaktivacija površine. Lijepljenje i površinska obrada smrekovine (*Picea abies*) trebale bi se odvijati dva do tri dana nakon obrade kako bi se izbjegla inaktivacija površine koja može negativno djelovati na kvašenje površine i kasniju adheziju prevlake.

2.6. Kvrge i druge greške drva 2.6. Knots and other defects

Kvrge često prouzročuju mrlje na prevlaci i mogu biti uzrokom degradacije prevlake. Čelni presjeci na kvrgama bilo kojeg drva nerijetko apsorbiraju ulje iz premaza, što vodi gubitku sjaja prevlake. I diskoloracija i apsorpcija ulja mogu se spriječiti premazivanjem kvрге otopinom šelaka prije lakiranja, ali uz rizik od prerane degradacije prevlake zbog moguće nepodnošljivosti. Danas se umjesto šelaka za tu svrhu primjenjuju izolirajući temelji. Velike su kvрге sklone pucanju čak i nakon lakiranja, a pukotine mogu biti prevelike da bi se ispunile novim lakom. Općenito, kvrgavo drvo bolje je obrađivati lazurama ili penetrirajućim prirodnim materijalima nego materijalima koji tvore film na površini (Browne, 1962).

Smolne vrećice u drvu negativno djeluju na prevlaku prouzročujući pucanje

ili ljuštenje filma odnosno izlučivanje smole.

Modrilo u bijeli drva može se sakriti pigmentiranom prevlakom tako dugo dok je drvo suho. Kad drvo postane vlažno, aktivirat će se gljive uzročnici modrenja i prodirući prouzročiti diskoloraciju prevlake.

3. SVOJSTVA PREVLAKA KOJA UTJEČU NA TRAJNOST SUSTAVA PREVLAKA - DRVO

3. PROPERTIES REQUIRED FROM WOOD COATING FOR GOOD DURABILITY OF WOOD-COATING SYSTEM

Svojstva koja bi morale imati prevlake za drvo izloženo vanjskim utjecajima kako bi cijeli sustav prevlaka - drvo bio što trajniji jesu (Collins, 1987; Schmid 1988):

- vodo(par)opropusnost,
- adhezija,
- rastegljivost,
- otpornost prema mikroorganizmima
- otpornost prema svjetlosti.

3.1. Vodo(par)opropusnost

3.1. Water(vapour) permeability

Visok sadržaj vode u drvu u uporabi negativno utječe ne samo na drvo nego ima i ozbiljne posljedice za prevlaku (Miller, 1983). Dimenzionalne promjene u drvu prouzročene promjenama vlažnosti rezultiraju mehaničkim naprezanjima u prevlacima, zbog čega slabi adhezija, posebno u starijim krćim prevlakama.

Jedna od najvažnijih funkcija prevlake jest smanjenje promjena u sadržaju vode drva do kojih dolazi kad god je drvo izloženo promjenama vlažnosti. Nijedna prevlaka nije 100% djelotvorna u sprečavanju navlaživanja drva. Drvo će u uvjetima vlažne atmosfere apsorbirati vodenu paru, odnosno desorbirati je u uvjetima suhe atmosfere kroz svaku prevlaku (Suleski, 1984). Sve prevlake ipak smanjuju promjene sadržaja vode u drvu i glavna im je uloga da štite drvo od ekstremno visoke i ekstremno niske vlažnosti. Neke su prevlake u tome vrlo djelotvorne, a neke manje. Nekoliko čimbenika određuje djelotvornost prevlake u sprečavanju navlaživanja drva (Suleski, 1984). Prvi je debljina filma ili broj slojeva na površini. Na svim će prevlakama, osim na onima koje apsorbiraju više vode nego drvo, pri većoj količini nanosa odnosno većoj debljini filma biti sporije promjene u sadržaju vode u drvu (Feist i sur., 1985).

Drugi je činitelj vrsta prevlake. Opće-

nito, pigmentirane su prevlake djelotvornije u zaustavljanju promjena vlažnosti drva nego transparentne. Ljuljka (1983) je ustanovio da se sadržaj vode na površini drva ispod transparentnog PU laka povećao za 2% nakon četiri dana, a ispod pigmentiranog poliuretanskog (PU) laka za 11 dana pri vanjskoj vlažnosti od 97%, a unutarnjoj od 35% uz sobnu temperaturu.

Prevlake u kojima otapalo nije voda djelotvornije su u sprečavanju navlaživanja nego one na bazi vode. Lateksne pigmentirane prevlake (lateksne boje) s pigment-volumnom koncentracijom (PVK) većom od 40% dopuštaju rapidan ulazak vodene pare i osiguravaju slabu zaštitu od kiše kada su nanosene na porozan materijal. I penetrirajuća sredstva, kao laneno ulje, tungovo ulje i lazurni premazi, općenito nisu djelotvorni u sprečavanju navlaživanja drva, čak i kada je nanoseno nekoliko slojeva (Feist i sur., 1985).

De Meijer (1999) navodi da penetrirajući premazi slabije zaštićuju drvo od vode nego premazi koji tvore film na površini. Punjenje pora polimernim materijalom u velikoj mjeri sprečava kapilarni primitak tekuće vode, ali malo utječe na difuziju vodene pare, ravnotežni sadržaj vode u drvu, na bubrenje i utezanje. Šćukanec i Petrić (1987) ispitivali su kretanje vode u drvu zaštićenom lazurnom i ustanovili da je brzina promjene sadržaja vode u zoni ispod površine drva zaštićenog lazurnom desetak puta veća od promjene sadržaja vode u zoni ispod površine drva zaštićenog filmogenim materijalom.

Arnold je (1999) ispitivao promjene u sadržaju vode drva zaštićenoga prevlakama s malim udjelom organskih otapala tijekom prirodnog izlaganja i ustanovio da mnoštvo faktora s brojnim međudjelovanjima utječe na sadržaj vode u drvu. Najvažniji su faktor klimatska kolebanja u pojedinim godišnjim dobima. Moderne vodotopljive akrilne prevlake pokazale su kao i u laboratorijskim ispitivanjima vodopropusnosti (Ahola i sur., 1999) nešto veću propusnost vlage nego konvencionalni alkidni sustavi na bazi organskih otapala, no nema znakova za općenito lošije ponašanje u vlažnim uvjetima.

Treći važan čimbenik je duljina izlaganja. Čak će i prevlake s maksimalnom djelotvornošću u sprečavanju navlaživanja polako gubiti tu svoju djelotvornost. Sve dok je sačuvan originalan izgled i integritet prevlake ona ostaje dugo djelotvorna. Miller (2000) je pokazao da i vodotopljivi premazi (koji se općenito smatraju manje postojećim

od organskih) mogu imati dugotrajnu (preko 25 godina) i potpunu zaštitnu funkciju ukoliko se sastoje od kvalitetne smole i ako su nanešeni u dovoljnoj debljini, da laganom erozijom tijekom godina ne dođe do kritičnog stanjenja prevlake.

Prevlaka ne bi smjela imati ni previsoku ni prenisku permeabilnost. Ako je permeabilnost previsoka, voda može penetrirati kroz film do drva i stvoriti oštećenja od vlage, a ako je preniska, kretanje kondenzirane vode u podlozi i filmu spriječeno je kroz film (Johansson, 1969). Koeficijent permeabilnosti prevlake nije konstantan, nego se mijenja sa starenjem prevlake, a ovisi o temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka (Johansson, 1969). Yaseen i Ashton (1978) komparirali su trajnost različitih prozirnih prevlaka na drvu s njihovom permeabilnošću. Trajnost je rasla kako se permeabilnost smanjivala. Promjene permeabilnosti što ih prouzročuju temperatura i relativna vlažnost zraka ovise o sastavu prevlake i obilježjima pojedinih komponenata u prevlaci.

Stupanj permeabilnosti prevlake koji bi najbolje ostvarivao zadovoljavajuću razinu sadržaja vode u drvu nije poznat (Derbyshire i Miller, 1996). Ti su autori ispitivali 12 različitih prevlaka za drvo u vanjskoj primjeni i ustanovili da apsorpcijska svojstva i permeabilnost prevlaka znatno variraju, čak i među prevlakama sličnog tipa. Nakon tri mjeseca prirodnog izlaganja prevlake s višom permeabilnosti imaju povišenu apsorpciju vode. Na prevlake s nižom permeabilnosti prirodno je izlaganje manje djelovalo. Ustanovljeno je da neki vodotopljivi lakovi nakon prirodnog izlaganja imaju povećanu otpornost prema apsorpciji vode.

Prevlake za drvo morale bi, između mnogih, ispunjavati dva zahtjeva. Prvi je spriječiti da drvo apsorbira tekuću vodu u obliku rose, kiše ili snijega, a usto moraju imati određenu propusnost za vodenu paru da bi se, kada je drvo odveć navlaženo (npr. u toploj i vlažnoj unutrašnjoj klimi kuhinja i kupaonica ili direktnim kontaktom drva i tekuće vode kroz oštećenja na filmu), omogućilo da voda izađe.

3.2 Adhezija

3.2 Adhesion

Adhezija je jedno od ključnih svojstava zaštitne prevlake. Neovisno o svim ostalim svojstvima, prevlaka s dobrom adhezijom na podlogu pokazat će bolju trajnost za vrijeme izlaganja vremenskim utjecajima nego prevlaka s lošijom

adhezijom, čak i ako su joj ostala svojstva vrlo dobra (Schmid, 1988). Adhezija ponajprije djeluje na trajnost cjelovitosti filma, a neizravno na trajnost izgleda (Harren i sur., 1977). Cjelovitost filma, osim o adheziji, ovisi i o žilavosti prevlake (tvrdoći/fleksibilnosti) i dimenzionalnoj stabilnosti podloge. Prevlaka mora imati dobru adheziju ne samo na drvo već i na staru prevlaku pri njezinu obnavljanju.

Prema općemu mišljenju, adhezija je posljedica fizikalnih i kemijskih sila koje djeluju na sučelju prevlake i podloge. Adhezijske sile ovise o kemijskoj strukturi polimera (vezivu, pigmentima, aditivima i otapalima), utjecaju apsorpcije vode i permeabilnosti prevlake, hrapavosti i čistoći podloge te o kemijskoj strukturi podloge. Razmatranje adhezije laka na drvu otvara mogućnost djelovanja niza činitelja, među kojima i različitost adhezije:

- raznih vrsta drva
- ranoga i kasnog drva
- pojedinih anatomskih elemenata drva
- pojedinih dijelova stanične stijenke
- različitih kombinacija lakova
- različitih uvjeta nanošenja i otvrdnjavanja te niza drugih uvjeta i okolnosti (Ljuljka, 1990).

Kako bi se mogla formulirati optimalna svojstva sustava prevlaka – drvo, potrebno je poznavati ne samo supstancije koje se rabe za prevlaku nego i podlogu i međudjelovanje podloga – prevlaka. O strukturi i kemijskom sastavu drva postoje mnogi radovi, no malo je informacija o tome na koji način kemizam i struktura drva djeluju s polimernim materijalima i stvaraju sustav prevlaka – drvo.

Većina modernih teorija adhezije objašnjava adhezijsku silu bliskim kontaktom polimera s drvom. Bliski kontakt molekula polimera s vanjskom površinom drva u mnogim slučajevima ne objašnjava ukupnu silu adhezije i zbog toga mnogi vjeruju da važnu ulogu u ukupnoj adheziji ima difuzija molekula polimera u staničnu stijenku. Penetracija molekula premaza u staničnu stijenku nije dokazana (Schneider, 1972). Molekule polimera mogu prodrijeti u staničnu stijenku samo u rijetkim otopinama, u posebnim eksperimentalnim uvjetima, na malim uzorcima i pri vakuum – tlak postupcima (Nussbaum, 1999; Rapp i sur., 1999).

Schneider i Cotte (1967) navode kako postoji penetracija molekula

uretanskih prevlaka u staničnu stijenku, ali se kasnije ustanovilo da su zapravo ostaci otapala bile komponente koje su su penetrirale u materijal stanične stijenke (Schneider, 1972). Schneider je (1970) ustanovio promjene u ultrastrukтури stanične stijenke na površinama obrađenima lanenim uljem i transparentnim prevlakama. Daljnji rad Schneidera i Changa (1972) dokazuje da nema nikakve penetracije uretanske smole u staničnu stijenku. Turkulin je (1997) radio FE-SEM (Field Emission Scanning Electron Microscope) analizu površinski obrađenog drva i nepobitno ustanovio da se na lomnim površinama sučelja drvo - prevlaka nikako ne može zamijetiti prodiranje vodotopljivih lazura ili pigmentiranih naliča u staničnu stijenku. Adhezija prevlake u lumenima stanica, međutim, vrlo je dobra i prevlaka čvrsto prijanja uz S_3 - sloj stanične stijenke.

Najveći utjecaj na gubitak adhezije prevlaka ima apsorpcija vode i permeabilnost organskog filma za vodenu paru. Iako postoje i neki drugi utjecaji, vjeruje se da su molekule vode glavni uzrok slabljenja adhezije. Voda u filmu može stvoriti tanki sloj na sučelju između prevlake i podloge zbog kondenzacije na hladnoj površini podloge ili zbog kapilarnih sila odnosno nekog drugog razloga. Polarne grupe na površini podloge i u prevlaci bit će blokirane molekulama vode i adhezija će se izgubiti. Djelovanjem vode nastaju ove promjene na filmu (Schmid, 1988):

- apsorpcija molekula vode u film
- uključivanje vode u sučelje između filma i podloge
- stvaranje mjehura
- erozija supstrata
- ljuštenje filma.

Dimenzionalna nestabilnost drva također ima velik utjecaj na adheziju prevlake.

Ako je drvo prije nanošenja prevlake bilo izloženo vremenskim utjecajima, može doći do promjena u adheziji. Underhaug i sur. (1983) na uzorcima su smrekovine ustanovili da se adhezija pigmentiranih prevlaka smanjuje s produljenjem izlaganja vremenskim utjecajima prije lakiranja, te da su lateksne pigmentirane prevlake vrlo kratkoga vijeka na drvu koje je bilo izloženo vremenskim utjecajima prije lakiranja. Alkidne prevlake nešto su bolje, ali znatno ispod rezultata koji se postižu lakiranjem neizlaganog drva. Da bi se postigla dobra svojstva adhezije i na drvu koje je bilo izloženo vremenskim utjecajima, potrebno je blanjanjem ukloniti sloj debljine najmanje 1 mm.

Bootle (1973) također ističe da lateksne prevlake nemaju dobru adheziju na površinama koje su prije površinske obrade izlagane vremenskim utjecajima.

Williams i sur. (1987) utvrdili su da drvo ne bi smjelo biti izloženo vremenskim utjecajima prije nanošenja zaštitne prevlake dulje od 14 dana jer dolazi do znatnog smanjenja adhezije. U sljedećem radu (Williams i sur. 1990) utvrđeno je da se adhezijska čvrstoća smanjuje s izlaganjem vremenskim utjecajima prije lakiranja za dvije vrste drva manje gustoće (*Thuja plicata*, *Picea engelmannii*), a povećava za tri vrste drva veće gustoće (*Pinus sp.*, *Pseudotsuga menziesii*, *Liriodendron tulipifera*). Feist i Williams (1991) ističu da, iako životni vijek prevlake ovisi i o podlozi i o vrsti prevlake, izlaganje vanjskim utjecajima 4, 8 i 16 tjedana prije površinske obrade uvijek smanjuje životni vijek prevlake.

Općenito, izlaganje vremenskim utjecajima prije lakiranja uzrok je kemijskih i fizikalnih promjena na drvu koje oslabljuju buduću međuvezu prevlaka - drvo (Williams i Feist, 1993). Uzorci koji su prije nanošenja prevlake bili izlagani vremenskim utjecajima pokazuju greške adhezije na sučelju rano drvo-prevlaka. To upućuje na jaču degradaciju ranog drva za vrijeme izlaganja, što vodi slabljenju adhezije kasnije nanese prevlake. Williams i sur. (1994) navode da adhezijski testovi na uzorcima drva izlaganim vremenskim utjecajima prije nanošenja prevlake mogu biti djelotvorni u predviđanju trajnosti prevlaka samo na nekim vrstama drva manje gustoće.

Adhezija premaza na drvu može se povećati u dva smisla, tako da se poveća njena početna vrijednost i da se osigura dugotrajno održavanje dobrog prijanjanja. To je naročito važno za vodene premaze, jer oni slabije penetriraju u drvo pa im je adhezija općenito nešto slabija, a i vlažnost drva je dodatno umanjuje više nego što je to slučaj s organskim premazima. Povećanje adhezije može uslijediti dodatkom aditiva u vodene disperzije koji stvaraju veći udjel polarno-reaktivnih grupa. Sličan pozitivan efekt može se postići i povećanjem broja reaktivnih grupa na površini drva djelovanjem plazme (Podgorski, 2000). Pri tome plin visoke temperature (plazma) djeluje na površinu kinetički (bombardiranjem ionima i molekulama), toplinski i kemijski (stvaranjem novih iona, radikala i fotona) što ima za posljedicu aktivaciju površine. Slično djelovanje na reaktivnost površine drva ima i fluoriranje pri visokom

tlaku (Lukowsky, 2001), te ozračivanje gama-zrakama (Bogner i sur., 1996). Treći način povećanja adhezije podrazumijeva takvu kemijsku predobradu površine drva da se poveća broj adhezivno – aktivnih površinskih grupa. Turkulin i sur. (2002) pokazali su da se premazivanjem površine izocijanatnim ili rezorcinskim predpremazima postiže znatno bolja mokra adhezija vodotopljivih premaza, čak i na kasnom drvu. Bogner je (1995) postigao povećanje adhezije djelovanjem natrijevog hidroksida na površini drva. Mihulja i sur. (1999) iznijeli su naznake da Turkulinova teorija o povećanju cjelovitosti površinskoga sloja kratkotrajnim djelovanjem UV –svjetla i vlage, može obrazložiti i posljedično poboljšanje adhezije.

2.2. Rastegljivost

2.2. Extensibility

Zbog određenog stupnja permeabilnosti svih prevlaka i grešaka na filmu koje se uvijek događaju, iako s prevlakom rjeđe, određeno kretanje vode u drvu uvijek postoji. Ono je uzrok bubrenja i utezanja drva te povećanja valovitosti površine drva zbog nejednoličnog bubrenja ranoga i kasnog drva. Prevlaka se na površini drva rasteže i istodobno savija te ako nije dovoljno fleksibilna da može slijediti dimenzionalne promjene, dolazi do grešaka. Iz podataka za najčešće korištene vrste drva u vanjskoj primjeni prevlake bi morale imati rastegljivost oko 8% kako bi mogle pratiti dimenzionalne promjene na spojevima (Collins, 1987).

Sva veziva koja oksidacijski otvrdnjavaju, kao što su ulja i uljem modificirani alkidi, umrežavaju se starenjem. Makromolekule u filmu sve se više međusobno povezuju stvarajući čvrstu mrežu, koja gubi svoju elastičnost i postaje krta. To povisuje temperaturu stakljenja polimera sa manje od 0°C sve do 50 °C i više. To znači da pri niskim temperaturama zimi krti film ne može pratiti dimenzionalne promjene na drvu, on mora pucati i gubiti adheziju s podlogom. Samo dugoulni alkidni filmovi s visokim sadržajem polusušivih ulja koja djeluju kao plastifikatori mogu podnijeti te uvjete (Schmid, 1988).

Temperatura stakljenja različitih organskih veziva ima važnu ulogu u trajnosti prevlaka. U određenom području iznad i ispod temperature stakljenja (T_g) polimer je u viskoelastičnom stanju. Pri prelasku iz staklaste u gumastu zonu ne mijenjaju se samo mehanička svojstva

polimera, nego dolazi do povećanja slobodnog volumena i slobodnoga gibanja molekula ili dijelova molekula, što uzrokuje povećanje permeabilnosti molekula za plinove i otopine iona (Bullet, 1983; citirano prema Schmid, 1988). Temperatura stakljenja povisuje se sa starenjem filma, osobito za vrijeme izlaganja vremenskim utjecajima (Schmid, 1987). To je znak povećanja umrežavanja i smanjenja sposobnosti kretanja molekula. Prevlake za drvo izloženo vanjskim utjecajima morale bi imati elastičnost u rasponu temperatura nižih od 0 °C pa sve do 50 °C i više, kakvima je katkad izloženo drvo. Ako je temperatura stakljenja prevlake (T_g) previsoka, viša od 20 °C, dolazi do pukotina i ljuštenja. Prevlake za drvo trebale bi imati (T_g) vrijednost od 0 °C do +10 °C, i to bi se područje trebalo zadržati ne samo kratko vrijeme nakon nanošenja prevlake, već za vrijeme cijeloga životnog vijeka prevlake (Schmid, 1987). Podgorski i sur. (1995) ustanovili su da će trajnost lazura na bazi alkidnih smola biti veća ako temperatura stakljenja ne prelazi 30 °C.

Želimo li udovoljiti zahtjevu da T_g - vrijednost prevlaka za drvo bude u području od 0 °C do +10 °C, u obzir dolaze samo dva sustava: mješavine alkid-ulje ili odgovarajuće meke "disperzije kopolimera". Budući da sve mješavine alkida i ulja tijekom vremena, zbog oksidacijskog umrežavanja, pokazuju povećanje T_g - vrijednosti, u obzir dolazi samo visokomolekularni vinil- kopolimeri ili akril-kopolimeri, koji se razrjeđuju vodom. Budući da oni u praksi pokazuju dva velika nedostatka - tendenciju blokiranja (međusobnog sljepljivanja) zbog termoplastičnosti i problematično obnavljanje, obično se nalazi kompromisno rješenje. Danas se mnogo primjenjuju vanjske prevlake za drvo, koje su kombinacija akril-kopolimera i masnih alkidnih smola s više od 80% sadržaja ulja. Arning (1989) predlaže primjenu masnih alkidnih smola u kombinaciji s viskoelastičnim poliizocijanat-predpolimerima ili primjenu jednodimenzionalnih PU lakova stabiliziranih latentnim otvrdivačima (oksazo-lidinima).

Miller (1983) navodi rezultate ispitivanja rastegljivosti različitih prevlaka prema britanskom standardu BS3900 (dio F3). Razlike u rastegljivosti prevlake prije i nakon laboratorijskog izlaganja ovise o vrsti prevlake. Čak i nakon 1000 sati laboratorijskog izlaganja dvije vrste alkidnih prevlaka pokazale su rastegljivost od 25%, daleko iznad minimuma od 8% nakon 300 sati izlaganja. Svi su temelji

pokazali dobar početni stupanj raste-gljivosti, ali on se za vrijeme izlaganja smanjuje.

Boxall je (1992) utvrdio da između trajnosti pigmentiranih prevlaka i raste-gljivosti postoji signifikantna korelacija i navodi da je raste-gljivost prevlake jedan od glavnih zahtjeva za kvalitetnom prevlakom na drvu izloženom vanjskim utjecajima.

3.4. Otpornost na mikroorganizme 3.4. Resistance to attack by microorganisms

Za dobru trajnost prevlake važno je osigurati da prevlaka bude dobro zaštićena od plijesni, uzročnika estetskih grešaka. Ti organizmi ne napadaju drvo samo iz zraka, nego mogu biti i u drvu i kroz njega doći do prevlake oštećujući tako prevlaku i utječući na njezin izgled (Collins, 1987).

Povećani sadržaj vode u drvu pridonosi razvoju mikroorganizama koji mogu znatno utjecati i na prevlaku. Bakterije i gljive, uzročnici promjene boje, povećavaju permeabilnost prevlake, koja može pridonijeti prevelikoj upojnosti zaštitnih sredstava na bazi otapala za vrijeme tretmana ili vode u upotrebi. Modrilo i plijesni narušavaju estetski izgled površine, a gljive, uzročnici prave truleži (iz roda *Basidiomycotinae*), razgrađuju drvenu površinu i tako pridonose gubitku adhezije i greškama prevlake. Utjecaj svih tih mikroorganizama jači je na vrstama drva manje prirodne otpornosti i veće permeabilnosti.

Sa stajališta trajnosti prevlaka najveći su i najčešći problem organizmi koji uzrokuju promjenu boje, posebno na prozirnim prevlakama i vanjskim lazurama. Visoka permeabilnost većine lazura pridonosi tom problemu.

Vodotopljivi temelji obično imaju manju otpornost na plijesni nego oni na bazi otapala kada su nanoseni u debljini od ~25mm, ali mogu biti jednako djelotvorni kada im je debljina udvostručena (Miller, 1983).

Djelotvorna zaštita od uzročnika modrila mora spriječiti njihovu kolonizaciju i na podlozi i na prevlaci. Miller (1983) navodi da su iskustva i testiranja pokazala da su fungicidi kao tri-n-butiltin oksid i bakar-krom-arsen soli, primijenjeni u konvencionalnim postupcima zaštite, samo privremeno djelotvorni protiv modrila u upotrebi, a da su određeni sulfamidi, sulfoni, sulfonamidi, trioftalamidi i karmamati vrlo djelotvorni u sprečavanju kolonizacije.

Za djelotvornu zaštitu drva i prevlake od mikroorganizama, osim kontrole sadržaja vode u drvu, potrebno je u formulaciju prevlake, posebno u penetrirajući temeljni sloj uključiti fungicide. Neki pigmenti također imaju fungicidno djelovanje, npr. oksidi cinka i barij-metaborat (Schmid, 1988). Iako je dodavanje fungicida vanjskim lazurama nužno i normalno, u praksi se pokazuje da bi njihovo uključivanje i u konvencionalne pigmentirane prevlake moglo poboljšati njihovu trajnost (Miller, 1983).

3.5. Zaštita od svjetlosti 3.5. Protection from sunlight

Poznato je da ultraljubičasta svjetlost (UV, prema *ultravioletno*) negativno djeluje i na drvo i na prevlaku. Reakcija svjetlosti i polimernih tvari na drvenoj površini je fizikalno-kemijski proces koji dovodi do diskoloracije i razgradnje drvene površine. Na površini drva dolazi do kemijskih promjena, promjena boje, fizikalnih promjena i strukturnih promjena. Pigmentirane prevlake najbolje će zaštititi drvo od utjecaja svjetlosti jer pigmenti štite polimer apsorbirajući i odbijajući UV zračenje. To, naravno, ovisi i o spektru apsorpcije pigmenta i o tome je li pigment fotokatalizator degradacije polimera. Tamne boje, zajedno s jakom UV apsorpcijom, često daju najveću zaštitu prevlaci. Raspodjela veličina čestica pigmentata, stupanj čistoće, kemijska stabilnost i spektralna svojstva glavna su obilježja pigmentata koje treba uzeti u obzir pri optimiziranju vijeka trajnosti prevlake. Stupanj dispergiranja pigmentata utjecat će na stupanj zaštite polimera. Punila poput CaCO₃ mogu prouzročiti smanjenje trajnosti pri reakciji s kemikalijama (kiselim) u atmosferi i kiši. Volumna koncentracija pigmentata (VKP) također djeluje na trajnost prevlake. Ako je VKP iznad kritičnog VKP (KVKP), postoje šupljine u prevlaci i trajnost je pri vanjskom izlaganju znatno smanjena djelovanjem vode u tim šupljinama. U prevlaci koja je vrlo blizu KVKP mala će degradacija polimera dovesti prevlaku do KVKP i prouzročiti rapidnu degradaciju prevlake. To ipak ne znači da je mali VKP optimalan za trajnost prevlake (Bierwagen, 1987). I u pigmentiranih će prevlaka doći do razgradnje filma, koja počinje raspadanjem gornjeg sloja prevlake u sitne djeliće (kredanje). To je obično inicirano fotokemijskom reakcijom, u kojoj djelovanjem svjetlosti, vode i kisika iz zraka nastaju vrlo reaktivni radikali koji

oksidativno razgrađuju površinu prevlake. Razgradnja prevlake ide sloj po sloj i u tom procesu ne sudjeluje drvo kao podloga (Schlumbom, 1963).

Nedostak pigmentiranih prevlaka jest to što sakrivaju prirodnu boju i teksturu drva. Često arhitekti i vlasnici kuća žele istaknuti prirodnu ljepotu drva rabeći transparentne prevlake. Međutim, otpornost tih prevlaka na fotodegradaciju vrlo je malena, jer je većina transparentnih prevlaka osjetljiva na UV svjetlost i brzo gubi zaštitnu funkciju. Usto, UV svjetlost može prodirati kroz njih i inicirati fotokemijsku reakciju na drvnim površinama, a kao rezultat toga nastaje diskoloracija i smanjenje adhezije između drva i prevlake.

Za zaštitu transparentnih prevlaka od negativnog djelovanja UV svjetlosti danas se najčešće primjenjuju UV apsorberi i HALS spojevi (Hindered Amine Light Stabilizers). Mehanizam djelovanja tih sredstava određuje mogućnosti i granice njihove primjene. Stabilizirajuće djelovanje UV apsorbera očituje se u tome da apsorbera štetno UV zračenje i pretvara ga u toplinsku energiju (toplinu). Djelovanje UV apsorbera ovisi o debljini sloja laka (Böhnke i Hess, 1989). Intenzitet svjetlosti smanjuje se od površine prema dubljim slojevima, ali u površinskim slojevima nije dovoljno smanjen. Prema tome, UV apsorber ne može optimalno zaštititi površinu sloja laka kojemu je dodan već štiti podlogu ispod sloja laka ili dublje slojeve laka pri višeslojnom lakiranju. Veziva u lakovima posebno se oštećuju UV zračenjem valnih duljina između 300 i 320 nm (Böhnke i Hess, 1989). Zbog toga UV apsorberi za stabiliziranje lakova imaju apsorpcijski maksimum u tom valnom području. Kao UV apsorberi za lakove najviše se rabe oksalanilidi, benzotriazoli i benzofenoni.

Kastien je (1989) ispitivao utjecaj UV apsorbera na trajnost transparentnih akrilnih disperzija. Apsorberi na bazi benzofenona i nakon izlaganja vremenskim utjecajima dobro apsorbiraju UV svjetlost, dok je ona u apsorbera na bazi benzotriazola nakon vremenskog izlaganja smanjena. Istraživanja su pokazala da je propusnost od 10% UV svjetlosti dovoljna da ubrza raspadanje lignina u drvu i da rezultati vremenskog izlaganja akrilnih polimera s UV apsorberima nisu zadovoljavajući ako debljina filma nije veća od 100 μm što je, srećom, uobičajeno u alkidnih prevlaka.

Za zaštitu od UV svjetlosti osim UV apsorbera često se rabe i "hvatači radikala".

Njihovo stabilizirajuće djelovanje temelji se na tome da štetne radikale koji nastaju u vezivu za vrijeme izlaganja vremenskim utjecajima učine neškodljivima. Za stabiliziranje lakova danas se većinom upotrebljavaju HALS spojevi čije je zajedničko obilježje tetrametil-piperidin sistem. Za razliku od UV apsorbera, djelovanje HALS spojeva ne ovisi o debljini sloja laka. HALS spojevi djeluju jednako djelotvorno na površini laka kao i u dubljim slojevima. Dok su UV apsorberi preventivna zaštita laka od UV zračenja, HALS spojevi djeluju kad je lak već oštećen i kada su se stvorili radikali.

Ispitivanja novih UV apsorbera i HALS spojeva stalno su u tijeku. Rogez (2000) navodi da su dobre rezultate u zaštiti boje drva postigli primjenom novih UV apsorbera sa apsorpcijskim karakteristikama pomaknutim prema većim valnim duljinama. Novorazvijeni HALS spojevi koji se nanose kao impregnacijsko sredstvo iza čega slijedi transparentni premaz s UV apsorberom pokazali su također dobre rezultate.

Heinskill je (1994) ispitivao mogućnosti zaštite bezbojnih prevlaka za drvo u vanjskoj primjeni od UV svjetlosti. Na osnovi rezultata laboratorijskog ispitivanja nije mogao zaključiti da dodatna UV zaštita prevlaka UV apsorberima i HALS spojevima osigurava bolju trajnost transparentnih prevlaka na bazi alkidnih smola nanesenih na uzorke smrekovine, iako su rezultati propusnosti svjetlosti na slobodnim filmovima pokazali da i nakon laboratorijskog izlaganja u filmu ima dovoljno UV apsorbera. Očito, veliku važnost pritom ima i elastičnost prevlake.

Ashton (1974) ispitivao je trajnost transparentnih prevlaka za vanjsku primjenu na drvu i ustanovio da dodatak UV apsorbera prevlakama na bazi akrilnih smola znatno poboljšava njihovu trajnost. Razlog je vjerojatno visoka propusnost akrilnih smola za UV svjetlost, tako da se sama smola ne razgrađuje pa UV apsorber vjerojatno štiti samo drvo koje je ispod prevlake.

Podgorski i sur. (1996) ustanovili su da dodatak UV apsorbera prevlacima smanjuje temperaturu stakljenja za vrijeme izlaganja i daje prevlacima veću fleksibilnost.

Boxall i sur. (1984) zaključili su da dodatak nekih mineralnih punila transparentnim prevlakama znatno pridonosi UV zaštiti i drva i prevlake. Osim UV svjetlosti signifikantan doprinos degradaciji drva ima i ljubičasto/plavi dio vidljivog spektra. Zbog

toga je očito da postoje konfliktni zahtjevi za optičkim svojstvima transparentnih prevlaka budući da takve prevlake imaju visok stupanj transmitancije u vidljivom dijelu spektra kako bi zadržale prirodan izgled drva. Jedno od rješenja za povećanje trajnosti transparentnih prevlaka jest fotostabilizacija površine drva ili kompromisno rješenje s dodatkom određenog postotka transparentnih anorganskih pigmenta (oksida željeza) i dobivanje tzv. polutransparentnih prevlaka. Njihova je prozirnost dovoljna da bi se vidjela struktura površine drva, a zaštitno djelovanje pigmenta sprečava degradaciju drvene površine. Dokazano je da se dodatkom od 2-3% transparentnih, visokodispergiranih crvenih, smeđih ili žutih sintetskih oksida željeza prozirnim prevlakama postiže 100%-tna apsorpcija UV zračenja. Zanimljivo je da se dodatak titan-dioksida nije pokazao osobito djelotvornim. Čini se da je fotokemijska aktivnost molekula TiO₂ prevelika da bi osigurala željenu zaštitu. Transparentne prevlake mliječnog izgleda neće dati bolju zaštitu od potpuno prozirnih prevlaka (Schmid, 1988). Jirouš (1997) je ustanovila da se na uzorcima obrađenima lazurama u kojoj je kao stabilizator dodan TiO₂ adhezija nakon 16 tjedana ubrzanog izlaganja smanjila za više od 50%.

Feist (1988) ispitivao je ulogu koncentracije pigmenta u polutransparentnim lazurama pri izlaganju vanjskim vremenskim utjecajima. Ustanovio je da dodatak 2,1% pigmenta lazurama na bazi lanenog ulja daje polutransparentne lazure koje smanjuju eroziju drva goleme tuje za 31%, a borovine za 40% u usporedbi s erozijom drva zaštićenoga nepigmentiranom lazurama. Povećanje koncentracije pigmenta na 4,2% smanjilo je eroziju tuje za 58%, a borovine za 43%. Dodatno povećanje koncentracije pigmenta nije bitno utjecalo na smanjenje erozije.

4. ZAKLJUČAK 4. CONCLUSION

Pri izboru prevlaka za drvo u vanjskoj primjeni uvijek treba imati na umu da je drvo heterogen materijal, dimenzionalno nestabilan, porozan, te podložan fotodegradaciji i biodegradaciji. Od prevlaka za drvo u vanjskoj primjeni zahtijeva se određena paropropusnost, elastičnost, dobra adhezija, otpornost na mikroorganizme te otpornost na Sunčevu svjetlost. Za postizanje dobre trajnosti sustava prevlaka – drvo, osim poznavanja

svojstava podloge i prevlake, potrebna je i pravilna konstrukcija proizvoda, dobar način nanošenja i održavanja prevlake.

5. LITERATURA 5. REFERENCES

1. Ahola, P.; Derbyshire, H.; Hora, G.; Meijer, M.de (1999): Water protection of wooden window joinery painted with low organic solvent content paints with known composition, Holz als Roh-und Werkstoff 57:45-50.
2. Arnold, M. (1999): Moisture content of wood painted with low VOC coatings during outdoor exposure tests. International conference "Surface properties and durability of exterior wood building components". Zagreb, 1999.
3. Arnold, M.; Feist, W.C.; Williams, R.S. (1991): Effect of weathering of new wood on subsequent performance of semitransparent stains. Forest Products Journal 42 (3):10-14.
4. Arning, E. (1989): Elastische Bindemittel für Kunstharzlacke und Holzlasuren, Farbe +Lack, 95(4):245-248.
5. Ashton, H.E. (1974): Exterior exposure study of stains and clear finishes, Canadian Paint and Finishing, 48(2):13-16.
6. Bierwagen, G.P. (1987): The science of durability of organic coatings: a foreword, Progress in Organic Coatings, 15:179-195.
7. Black, J.M.; Mraz, E.A.(1974): Outdoor wood weathering and protection. Research Paper FPL 232. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory:Madison, WI.
8. Bogner, A. (1995): Work of adhesion as a criterion for determination of optimum surface tension in adhesives. Drvna industrija 46(4): 187-194.
9. Bogner, A., Ljuljka, B., Grbac, I. (1996): Improving the glued joint strength by modifying the beechwood with gamma rays. Drvna industrija 47(2):68-73.
10. Böhnke, H.; Hess, E. (1989): Lichtschutzmittel in Lacken: Möglichkeiten und Grenzen, Farbe+Lack, 95(10): 715-719.
11. Bootle, K.R. (1973): Current problems in the surface coating of wood products, Australian OCCA Proceedings and News,10(1-2): 12-24.
12. Boxall, J. (1977): Painting weathered timber. Building Research Establishment Information Sheet IS 20/77.
13. Boxall, J. (1992): Factory-applied finishes for timber joinery; an evaluation, JOCCA 8:284-292.
14. Boxall, J. ; Hayess, G.F.; Laidlaw, R.A.; Miller, E.R. (1984): The performance of extender-modified clear finishes on exterior timber, JOCCA 9: 227-233.
15. Boxall, J.; Carey, J.K.; Miller, E.R. (1992): The effectiveness of end-grain sealers in improving paint performance on softwood joinery, Part 3. Holz als Roh-und Werkstoff 50 (1992):227-232.
16. Browne, F.L. (1958): Wood properties that affect paint performance, Forest Products

- Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture, Madison. Rept. No. 1053.
17. Browne, F.L. (1962): Wood properties and paint durability, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Madison, Miscellaneous Publication No. 629.
 18. Collins, P.S. (1987): Coatings for exterior wood. In: Wood and cellulose: Industrial utilisation, biotechnology, structure and properties. Ed: Kennedy. Phillips, Williams: Ch. 62:566-572, Ellis Horwood Limited, New York
 19. Derbyshire, H.; Miller, E.R. (1996): Moisture conditions in coated exterior wood. *Journal of the Institute of wood science* 14(1):40-47.
 20. Feist, W.C.; Little, J.K.; Wennesheimer, J.M. (1985): The moisture excluding effectiveness of finishes on wood surfaces. U.S.D.A. Res. Paper, FPL 462, Forest Products Laboratory: Madison, WI
 21. Feist, W. C. (1988): Role of pigment concentration in the weathering of semitransparent stains, *Forest Prod. J.* 38(2):41-44.
 22. Feist, W.C.; Ross, A.S. (1988): Performance of surface finishes over CCA-treated wood, Executive Summaries; 43rd annual meeting; Reno, NV. Madison, WI: Forest Products Research Society 1988:4-5.
 23. Feist, W.C.; Williams, R.S. (1991): Why bother to paint wood before it weathers. *American Paint & Coating Journal*, November 18.
 24. Harren, R.E.; Mercurio, A.; Scott, J.D. (1977): Weatherability of acrylic coatings, *Australian OCCA Proceedings and News*, October, 1977: 17-23.
 25. Heinskill, J. (1994): Möglichkeiten der UV-Stabilisierung farbloser Holz-Außenanstriche, *Farbe + Lack*, 100 (12): 1011-1015.
 26. Hse, C.-Y.; Kuo, M. (1988): Influence of extractives on wood gluing and finishing - a review, *Forest Prod. J.*, 38(1):52-56.
 27. Jirouš-Rajković, V. (1987): Prilog istraživanjima trajnosti prevlaka na drvu. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu. Šumarski fakultet.
 28. Johansson, F. (1969): Paint films and moisture. Statens institut för byggnadsforskning stockholm. Rapport, 47:1969, 156 p.
 29. Kalnins, M.A.; Knaebe, M.T. (1992): Wettability of weathered wood. *J. Adhesion Sci. Tech.*, 6(12):1325-1330.
 30. Kastien, H. (1989): Einfluß von UV-Absorbern auf die Wetterbeständigkeit farbloser Acryldispersionen, *Farbe + Lack*, 95 (1): 16-19.
 31. Laughnan, D.F. (1959): Durability of finishes, *Forest Product Journal*, 9(2):194-214.
 32. Lukowsky, D. (2001): Verbesserung der Nasshaftung durch Modifizierung der Holzoberfläche. Workshop: Nasshaftung von Beschichtungen auf Holz, Februar 2001. Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut, WKI, Braunschweig.
 33. Ljuljka, B. (1983): Utjecaj drva i njegove vlažnosti na obradu poliuretanskim lakovima. *Glasnik za šum. pokuse* 21:121-177.
 34. Ljuljka, B. (1990): Površinska obrada drva. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet
 35. Meijer, M.de (1999): Interactions between wood and coatings with low organic solvent content. Thesis, Wageningen ISBN 90-5808-134-6.
 36. Mihulja, G.; Bogner, A.; Turkulin, H. (1999): Modificiranje površine bukovine ozračivanjem UV svjetlošću. *Drvena industrija* 50(3): 133-140.
 37. Miller, E.R. (1983): Prediction of performance of exterior wood coatings. *JOCCA*, 10: 308-315.
 38. Miller, E.R. (1987): Effects of weathering on wood-coating systems. Chapter 59. In: *Wood and cellulose*. Kennedy, Phillips and Williams. Ellis Horwood limited. John Wiley & Sons
 39. Miller, E.R.; Boxall, J. (1987): The effectiveness of end-grain sealers in improving paint performance in softwood joinery. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 45 :69-74.
 40. Miller, E.R. (2001): Case study: The Consortium for Method Building, Taunton. *Architects Journal*, April 2001: 55-56.
 41. Nussbaum, R.M. (1996): The critical time to avoid natural inactivation of spruce surfaces (*Picea abies*) intended for painting or gluing, *Holz als Roh-und Werkstoff* 54: 26.
 42. Nussbaum, R. (1998): Microautoradiographic studies of the penetration of coating binders into wood. Conference papers. *Advances in exterior wood coatings and CEN standardisation*, Brussels, 1998, PRA: Teddington, UK.
 43. Podgorski, L.; Merlin A.; Deglise X. (1995): Analysis of the ageing of wood coatings by measurement of the glass transition temperature (T_g), Conference presented during the 11th Congress about Polymer weathering at Bandol, France, 20-22 September 1995.
 44. Podgorski, L.; Merlin A.; Deglise X. (1996): Comparison of different kinds of weathering of a wood coating: Changes in the glass transition temperature (T_g), *Eurocoat 96*, Genova, 18-20 Sept. 1996, Vol I: 215-228.
 45. Podgorski, L.; Schambourg, F.; Maguin, J.; Chevet, B. (2000): Wood waterproofing. A new kind of coating. *Second woodcoatings congress Woodcoatings. Challenges and solutions in the 21st century*. The Hague 2000, PRA: Teddington, UK.
 46. Rapp, A.O., Bestgen, H., Adam, W., Peek, R.-D. (1999): Electron energy loss spectroscopy (EELS) for quantification of cell-wall penetration of a melamine resin, *Holzforschung*, 53:111-117.
 47. Richter, K.; Feist, W.C.; Knaebe, M.T. (1994): The effect of surface roughness on the performance of finishes, *EMPA Research & Work Reports Department 115*,

- Wood, Report 115 / 31: EMPA Dübendorf.
48. Rijckaert, V.; Stevens, M.; Van Acker, J. (2001): Effect of some formulation parameters on the penetration and adhesion of water-borne primers into wood. *Holz als Roh-und Werkstoff* 59, (5):344-350.
 49. Rogez, D. (2000): Colour stabilisation of wood and durability improvement of wood coatings: A new approach to UV light protection for indoor and exterior applications. Second Wood Coatings Congress, Hague, 2000, PRA: Teddington, UK.
 50. Sandermann, W.; Puth, M. (1965): Einfluß von Holzstruktur und Holzinhaltstoffen auf die Witterungbeständigkeit unpigmentierter Lackfilme, *Farbe + Lack*, 71 (1): 13-25.
 51. Schlumbom, F. (1963): Radiation damage to wood surfaces and its prevention, *Moderne Holzverarbeitung*, Beilage zum Holz-Zentralblatt No. 110, September 13, 1963.
 52. Schmid, E.V. (1987): Holzaußenanstriche und Glasumwandlungs-Temperatur, *Farbe + Lack*, 93(12):980-983.
 53. Schmid, E.V. (1988): Exterior durability of organic coatings, FMJ International Publications Limited, Surrey, England
 54. Schneider, M.H.; Cote, W.A. (1967): Studies of wood and coating interactions using fluorescence microscopy and pyrolysis gas-liquid chromatography, *Journal of paint technology*, 39(511):465-471.
 55. Schneider, M.H. (1970): Coating penetration into wood substance studied with electron microscopy using replica techniques, *Journal of paint technology*, 42(547):457-460.
 56. Schneider, M.H. (1972): Wood-coating interactions- a review, *Journal of paint technology*, 44(564): 108-110.
 57. Schneider, M.H.; Chang, P.-C. (1972): Autoradiography of coated wood, *Journal of paint technology*, 44(564):111-115.
 58. Suleski J.C. (1984): How finishes control moisture in wood. US Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, Madison, FS-6200-28a (5/84).
 59. Šćukanec, V.; Petrić, B. (1987): Kretanje vlage u drvu zaštićenom lazurama. *Drvena ind.*, 38(1-2):3-6.
 60. Turkulin, H.; Richter, K.; Sell, J. (2000): Adhesion of waterborne acrylic and hybrid paint on wood treated with primers. Second Wood Coatings Congress, The Hague, 2000, PRA: Teddington, UK.
 61. Turkulin, H.; Arnold M.; Derbyshire H.; Sell J. (2001): Structural and fractographic SEM analysis of exterior coated wood. *Surface Coatings International, Part B*, 84(1):67-75.
 62. Turkulin, H. (2002): Adhesion of waterborne acrylic and hybrid paint on wood treated with primers. *Surface coatings international. Part B. Vol.85, B2*:
 63. Underhaug, A.; Lund, T.J.; Kleive, K. (1983): Wood protection-the interaction between substrate and product and the influence on durability, *JOCCA* 11: 345-350.
 64. Williams, R.S.; Winandy, J.E.; Feist, W.C. (1987): Paint adhesion to weathered wood, *J.Coat. Technol.*, 59(749): 43-49.
 65. Williams, R.S., Plantiga, P.L., Feist, W.C. (1990): Photodegradation of wood affects paint adhesion, *Forest Prod. J.*, 40(1):45-49.
 66. Williams, R.S.; Feist, W.C. (1993): Durability of paint or solid-color stain applied to preweathered wood, *Forest Prod. J.*, 43(1):8-14.
 67. Williams, R.S.; Feist, W.C. (1994): Effect of preweathering, surface roughness, and wood species on the performance of paint and stains, *Journal of Coatings Technology*, 66(828): 109-121.
 68. Yaseen, M., Ashton, H.E. (1978): Water vapor permeation through clear coatings. *Journal of Coatings Technology*, 50(645):50-59.