

Fizikalni procesi razgradnje vanjskih premaza na bazi vode i otapala*

PHYSICAL PROCESSES OF DETERIORATION OF WATER-BORNE AND SOLVENT-BORNE EXTERIOR FINISHES

Dr. J. Bodner, dipl.inž.

O. Janotta, dipl.inž.

G.H. Indome, dipl.inž.

Osterreichisches Holzforschungsinstitut, Wien

UDK: 674.07

Prispjelo 01. rujna 1991.

Prihvaćeno: 22. ožujka 1993.

Izvorni znanstveni rad

Sažetak

Uzorci drva smreke, bora i merantija premazani su s deset različitih sustava premaza na bazi vode i otapala, s različitim udjelom pigmenta, te izloženi djelovanju vremenskih činitelja tijekom dvije godine.

Summary

Specimens of two softwoods and one hardwood were prepared with 10 different "pretreatments" and finished with the same amount of finishing systems (acrylic and alkyd latex paint) with various pigment concentrations. These specimens were exposed outdoors over a period of two years.

1. UVOD

Postojanost premaza na vremenske utjecaje dosada se uglavnom procjenjivala utvrđivanjem vizualno prepoznatljivih promjena površine, uz uobičajene rutinske postupke ispitivanja, npr. određivanja sjaja i gubitka boje, elasticiteta, tvrdoće, čvrstoće prijanjanja itd. Ti kriteriji ocjenjivanja, provedeni većinom tijekom višegodišnjeg izlaganja atmosferskim utjecajima i primjenjivani za cjelokupnu ocjenu, orijentacijska su pomoć odnosno sredstvo kontrole kvalitete. Time se potrošačima, odnosno proizvođačima, u specifičnim uvjetima tretiranja potvrđuje vijek trajanja određenog sustava premaza.

Opisana kontrola premaza za vanjsku uporabu izravno ne uključuje nijedan parametar u ispitivanje. Ispitivanje otpornosti prema vremenskim utjecajima sastoji se od povremene kontrole fizikalnih svojstava premaza, koja se temelji na vizualnoj kontroli premaza na mjestu izlaganja, iz čega se onda zaključuje o njegovoj funkcionalnoj trajnosti.

Na osnovi tih razmišljanja možemo postaviti slijedeća pitanja:

- Je li moguće mikroskopski odrediti procese starenja i početka odvajanja premaza uzimanjem u obzir fizikalne utjecajne činitelje i vrste drva?

- Postoje li razlike u trajnosti premaza na drvu smreke, bora i merantija?

- Kako dodatak pigmenta utječe na proces odvajanja premaza od podloge?
- Kakav je utjecaj površinske pripreme na trajnost premaza?
- Ima li razlike u trajnosti alkidnih i akrilnih lazura nanesenih u debljem sloju?
- Kako položaj godova (bubrenje i utezanje drva) utječe na proces odvajanja premaza?
- Promjena fizikalnih svojstava premaza zbog djelovanja različitih ekstremnih utjecaja (izlaganje utjecaju klimatskih činitelja u Beču i zapadnoj Austriji na 1500 metara nadmorske visine)?

2. MATERIJAL ZA ISPITIVANJE I PROVEDBA

Za provedbu ispitivanja izabrano je deset različitih sustava premaza, pri čemu je izbor proizvođača za ispitivanje proveden u suradnji s austrijskim proizvođačima lazura koji su ispitivačima stavili svoje proizvode na raspolaganje. Pojedini sustavi lazurnih premaza za ispitivanje na otvorenome nanoseni su na daščice dimenzija 50 x 10 x 2 cm. Kao podloga za premaz poslužili su uzorci smreke, bora i merantija. Za laboratorijsko ispitivanje UV-zrakama upotrijebljeni su uzorci dimenzija 5 x 8 x 2 cm. Probne daščice za ispitivanje u uvjetima djelovanja vanjskih klimatskih uvjeta fiksirane su nagnute pod kutom 45° prema jugu na pokusnom polju Instituta za istraživanje drva u

*Članak je objavljen u časopisu "Holzforschung und Holzverwertung" 41 (4) 1989. Tekst je s njemačkog preveo dr. Stjepan Petrović, uz odobrenje autora i redakcije časopisa, na čemu zahvaljuje i uredništvo "Drvene industrije".

Beču. Ista je kombinacija uzoraka izložena djelovanju klimatskih uvjeta na nadmorskoj visini 1500 m u zapadnoj Austriji. Na jednom dijelu uzoraka urezan je utor kako bi se ubrzala pojava šteta kao posljedica prodora vode izvana. Pokusno polje na visini od 1500 m trebalo je, uz ostalo, objasniti različito djelovanje jačeg UV-opтереćenja na pojavu odvajanja pojedinih vrsta premaza. Nadalje, varirana je vrsta površinske obrade (brušenje i fino blanjanje), i boja premaza. Pri izboru uzoraka od četinjača, namjerno su uzeti uzorci iz bočnica da bi se time ispitivanjem obuhvatilo jače bubrenje utezanje. Ispitivanje elektronskim mikroskopom s rasterom provedeno je u Centru za elektronsku mikroskopiju u Grazu. Radi analize procesa odvajanja mikroskopom provedeno je kontinuirano ispitivanje fizikalnih karakteristika premaza: provodljivosti na vodene pare, tvrdoće, elasticiteta te razgradnje debljine sloja i to na obje lokacije. Paralelno tome, provedeno je kratkotrajno izlaganje pojedinih uzoraka u UV-uredaju u trajanju 1 500 sati, pri čemu su uzorci prije i nakon tog vremenskog trajanja podvrgnuti mikroskopskom ispitivanju.

3. DOSADAŠNJE SPOZNAJE

Promjene na nezaštićenim površinama drva izloženim djelovanju vremenskih činitelja imaju svoje uzroke u fotokemijskoj, fizikalnoj, mehaničkoj i biološkoj vrsti djelovanja (EMPA, 1972). Mehaničkim djelovanjem udarne kiše erodira vanjska tvar stanične stijenke koja je oslabljena djelovanjem UV-zračenja (Sell i Leukens, 1971). Pritom u drvu četinjače brže propada poroznije rano drvo nego gušće kasno drvo. Na taj se način može, na primjer, objasniti nazubljeni profil površine piljenica ili šindre od četinjača koje su dugo vremena izložene vremenskim utjecajima (EMPA, 1972). Pigmentiranjem postignuta zaštita od zračenja primarna je pretpostavka dobrog prijanjanja premaza (Hochweber i Sell, 1968). Što je pigmentiranje kompaktnije, to je u nekim granicama i premaz izdržljiviji. U svakom slučaju, taj porast djeluje suprotno pojačanom zagrijavanju, koje je to veće što su tamniji tonovi boje (Sell, 1985).

Zagrijavanje premaza, a istodobno i drvene podloge, uvelike pridonose skraćnju trajnosti premaza. Bitna klimatska veličina koja utječe na promjenu temperature u građevinskom elementu tijekom vremena jest globalno zračenje (Sell, 1985. i 1984).

Površine drvenih prozora imaju, ovisno o pripremi u tvornici (brušenje ili fino brušenje), više ili manje glatku površinu, pri čemu se kao utjecajni činitelj moraju uzeti u obzir vlakanca i drvena prašina. U skladu s neravnomjernosti površine, različite su i čvrstoće prijanjanja, koje pokazuju jasnu ovisnost (Vogt i Seifert, 1977; Hantschke, 1980).

Dugoročne promjene sadržaja vode u crno i bijelo obojenim prozorima, mjerene u sredini poprečnog presjeka, pokazale su znatno drugačije vrijednosti nego promjene temperature drva. Zato između mjernih

podataka o dugoročnim promjenama klimatskih utjecaja i vlage u drvu nije uspostavljen jednostavan korelacijski odnos (Meierhofer i Sell, 1978).

Kratkoročne promjene vlage u drvu, odnosno promjene zbog utezanja i bubrenja pokazuju jasnu dnevnu periodičnost koja je, međutim, u odnosu prema globalnom zračenju podosta fazno pomaknuta (Simpson, 1971).

U stručnoj je literaturi posljednjih godina vrlo mnogo izvještavano o kratkotrajnom izlaganju premaza utjecaju vremenskih činitelja. Za umjetno starenje premaza, što je u mnogim slučajevima potvrđeno, odlučujuće značenje ima spektralna raspodjela energije izvora zračenja. U njemu su najvažniji udjeli u UV-području između 200 i 400 nm, jer su ti dijelovi najodgovorniji za razgradnju premaza. Pritom je prijeko potrebna točna simulacija prirodne sunčane svjetlosti. Nije važna samo karakteristika filtra, koji se u većini slučajeva postavlja između uzorka i izvora zračenja. Pokusima u ekstremnim uvjetima sasvim je moguće skratiti trajanje umjetnog starenja. Uglavnom rezultati su, s obzirom na izlaganje djelovanju vremenskih utjecaja u vanjskim uvjetima, jedva usporedivi (Trubiroha i Fuhrmann, 1972; Matthaei, 1983).

4. REZULTATI

4.1. Statističke analize

Rezultati statističkih analiza (analiza varijance s indikator-varijablama) zapravo daju usporedbu lazura na bazi akrilnih s onima na bazi alkidnih smola, pri čemu se moraju uzeti u obzir razlike između različitih vrsta drva smreke, bora i merantija kao nositelja premaza. Kao indikator varijable poslužili su različiti klimatski utjecaji i pigmentiranje.

Primijenjene varijable u statističkoj analizi

Tablica 1.

Variables used in randomized block design statistical analysis

Table 1

BA :	indikator-varijabla - vrsta izlaganja
	S (izlaganje na poligonu Instituta - Arsenal)
	H (izlaganje na nadmorskoj visini 1500 m)
PG :	indikator-varijabla - pigmentiranje
SH :	debljina odvojenog sloja obloge (u mm)
HV :	čvrstoća prema Vickersu (u N/mm ²)
EL :	elasticnost na utiskivanje kugle
WD :	propusnost vodene pare

Statističke analize koje su sažeto prikazane u tablicama 1. i 4. u osnovi ne pokazuju nikakve razlike za tri ispitivane vrste drva.

F-vrijednosti iz analize varijance s Block-Design (smreka) **Tablica 2.**F-values in variance analysis (randomized design) (spruce) **Table 2**

Varijabla	Indikator-Varijabla	F-vrijednosti	
		Alkidna lazura	Akrilna lazura
SH	PG	5,10*	6,20*
	BA	2,72	1,93
	PGxBA	6,32*	4,53*
HV	PG	2,84	3,29
	PGxBA	11,42**	16,33**
EL	PG	4,22*	1,78
	BA	11,70**	3,19
	PGxBA	27,11**	3,87
WD	BG	1,34	0,89
	BA	2,98	2,83
	PGxBA	5,59*	2,04

*Signifikantno (0,05).

**Vrlo signifikantno (0,01).

F-vrijednosti iz analize varijance s Block-Design (meranti) **Tablica 4.**F-values in variance analysis (randomized design) (meranti) **Table 4**

Varijabla	Indikator-varijabla	F-vrijednosti	
		Alkidna lazura	Akrilna lazura
SH	PG	6,04*	5,98*
	BA	3,71	0,42
	PGxBA	5,82*	6,01*
HV	PG	1,24	2,76
	BA	8,84**	7,84**
	PGxBA	17,31**	13,24**
EL	PG	3,88	0,97
	BA	7,74*	2,46
	PGxBA	18,22**	1,81
WD	BG	2,75	2,38
	BA	3,28	2,91
	PGxBA	6,12*	2,80

*Signifikantno (0,05).

**Vrlo signifikantno (0,01).

F-vrijednosti iz analize varijance s Block-Design (bor) **Tablica 3.**F-values in variance analysis (randomized pine) **Table 3**

Varijabla	Indikator-varijabla	F-vrijednosti	
		Alkidna lazura	Akrilna lazura
SH	PG	4,98*	4,74*
	BA	1,92	2,37
	PGxBA	5,78*	5,17*
HV	PG	2,12	2,89
	BA	5,02*	7,83**
	PGxBA	8,93**	13,41**
EL	PG	5,03*	2,03
	BA	9,62**	1,82
	PGxBA	21,24**	3,41
WD	BG	0,63	2,89
	BA	0,98	1,47
	PGxBA	4,71*	3,70

*Signifikantno (0,05).

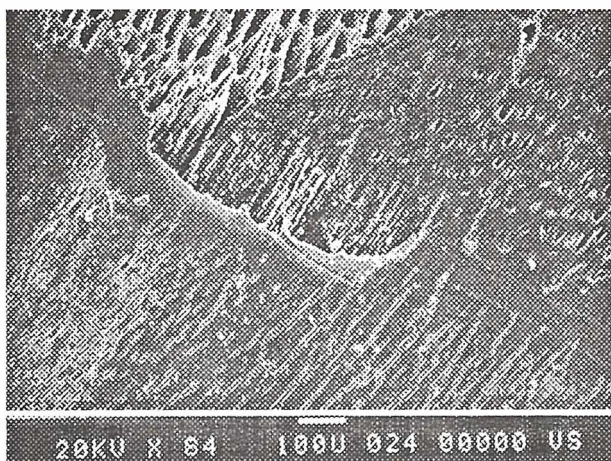
**Vrlo signifikantno (0,01).

Za premaze na bazi alkidnih smola na sve tri vrste drva uočena je signifikantna razlika u debljini sloja u ovisnosti o pigmentiranju, koja ne ovisi o vremenskim utjecajima, a time ni o UV-zračenju. Nasuprot tome, čvrstoća prema Vikersu, neovisno o pigmentiranju, ipak je signifikantno različita glede vrste vremenskih utjecaja, a time i bitno ovisna o UV-zračenju. Statističke analize elastičnosti kod sve tri vrste drva pokazuju signifikantne, odnosno visokosignifikantne razlike, kako s obzirom na pigmentiranje, tako i u ovisnosti o vrsti vremenskih činitelja. U ispitivanju propusnosti vodene pare uočena je samo jedna signifikantna razlika pri uključivanju indikator-varijable, tj. pigmentiranja i vrste vremenskih utjecaja.

Potpuno drukčiju sliku dale su statističke analize akrilnih lazura. Premda ni u tom slučaju na tri upotrijebljene vrste drva nisu uočene nikakve razlike, analize su pokazale, osobito u pogledu elastičnosti i propusnosti vodene pare, potpuno drukčiju sliku. Promjena elastičnosti neovisna je o pigmentiranju i vrsti vremenskih utjecaja odnosno UV-zračenja. Nasuprot tome, promjena debljine sloja neovisna je o vrsti vremenskih činitelja, no signifikantno je različita s obzirom na vrstu pigmentiranja. Pri promjenama čvrstoće prema Vikersu dobiveni su suprotni rezultati. Ustanovljena je signifikantna razlika obzirom na vrste vremenskih utjecaja, ali ne i u ovisnosti o pigmentiranju.

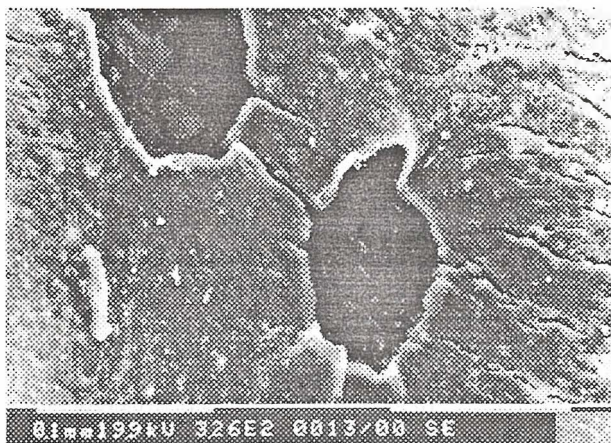
4.2. Fizikalna svojstva

Razgradnjom vezivnog sredstva i erozijom pigmenta smanjuje se debljina obloge. Pokušamo li stalnim uvjetima u smislu karakteristika vezivnog sredstva



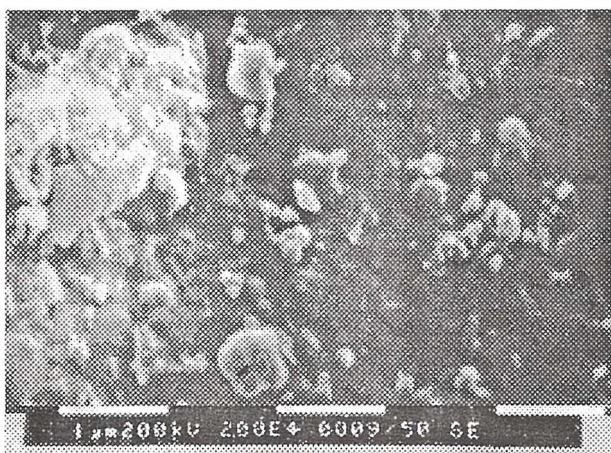
Slika 1. Odvajanje lazure na granici kasnoga i ranog drva s mikropukotinama nakon dvije godine izlaganja vremenskim utjecajima (alkidna lazura)

Fig. 1 - Defects at the latewood-earlywood transition with surface cracks after two years of outdoor exposure (alkyd latex paint)



Slika 2. Mjehurići zraka u lazuri smanjuju potencijalnu debljinu sloja alkidne lazure nakon dvije godine izlaganja vremenskim utjecajima

Fig. 2 - Airpockets reduce the potential thickness of an alkyd latex paint (two years of outdoor exposure)



Slika 3. Erozija pigmenta nakon dvije godine izlaganja utjecaju vremenskih činitelja (akrilna lazura)

Fig. 3 - Pigment erosion after two years of outdoor exposure (acrylic latex paint)

hipotetički smanjiti udio pigmenta, tada se, isključivo računski promatrano, tijekom dvije godine izlaganja vanjskim klimatskim utjecajima razgradi cjelokupna debljina sloja, a time i uništi sustav lazurnog premaza (sl.3).

Dok temeljni sloj, koji nije bitan za aktivnu zaštitu od vremenskih utjecaja, prodire u nekoliko redova stanica, naneseni debeli sloj lazure ponaša se potpuno drukčije. Praktično nema nikakva dubinskog djelovanja, odnosno uklinjavanja premaza unutar zatvorene stanice. Imamo li na umu činjenicu da traheida ranog drva smreke i bora, dimenzije presjeka su približno 40 nm, tada se pri potpunom zapunjenju jedne takve stanice teorijski postiže dubinsko djelovanje od približno 30 nm. Ako se, nasuprot tom primjeru, stavi žila merantija, tada se pri promjeru od oko 250 nm ne pojavljuje praktično nikakvo zapunjenje, zbog čega nastaju slaba mjesta na stijenkama žila, a to prije ili kasnije uzrokuje lom. U ispitivanih četinjača smreke i bora ne postoji problem velikih žila, ali zato postoje razlike između traheida ranoga i kasnog drva, što izaziva smetnje prijanjanja (sl.1).

Mjehurići zraka koji često nastaju za vrijeme nanošenja ili otvrdnjavanja lazurnog sloja, vrlo bitno utječu na trajnost prijanjanja. Pritom se polazi od činjenice da svaki mjehurić znači potencijalno oslabljenje nanesenog sloja lazure (sl.2).

Utjecaj oscilacija u volumnoj masi drva, odnosno udio ranog, tj. kasnog drva ima velik utjecaj na trajnost premaza. Uz pretpostavku da je razgradnja debljine premaza ravnomjerna, nastaju smetnje prijanjanja svih premaza na prijelazu između ranoga i kasnog drva. Ovisno o položaju godova (ležeći ili stojeći), potencijalna mjesta pucanja premaza jače su ili slabije izražena. U stojećih godova zapravo je izraženije radijalno, a u ležećih godova tangencijalno utezanje. Primijeno li tu spoznaju na profil gustoće, koji istodobno obuhvaća premaz i supstanciju drva, onda je za veličinu odvajanja ponajprije odgovorna apsolutna širina kasnog drva, odnosno proširenje gušćega kasnog drva na strani premaza. Brže oscilacije u gustoći, što se često uočava na radijalnim površinama, svojim djelovanjem nisu osobito važne za čvrstoću prijanjanja. Na osnovi takvih razmišljanja, uvođenjem elastičnosti i debljine sloja, izračunana je veličina α kao mjera odvajanja premaza:

$$\alpha = \frac{\sqrt{\text{porast gustoće (u\%)} \times \text{debljina sloja (u } \mu\text{ m)}}}{\text{apsolutna gustoća} \times \text{elastičnost}}$$

Ona daje orijentacijsku vrijednost u ocjeni postupka odvajanja i ne obuhvaća egzogene utjecaje. Naravno, osim te približne metode određivanja toka odvajanja, i drugi činitelji u svezi s pripremom drva također imaju određenu ulogu.

Vrlo dobar spoj premaza i površine drva u području kasnog drva vrlo je rijedak.

Paralelno provedeno kratkotrajno laboratorijsko ispitivanje u UV-uređaju (Suntest) tijekom ispitivanja

u trajanju 1500 sati nije pokazalo signifikantnu razgradnju drva. U svakom slučaju, mikroskopsko je ispitivanje pokazalo vrlo zanimljiva polazišta u odnosu prema pretpostavljenim smetnjama prijanjanja. S povećanjem temperature na površini premaza za vrijeme UV- zračenja uočene su, osobito u jače pigmentiranih premaza, lakše smetnje prijanjanja na manje uklinjenoj površini kasnog drva.

Površine blanjane oštrom nožem dobra su podloga za prijanjanje premaza. Suprotno tome, ako su noževi malo zatupljeni, odnosno ako je pritisak valjka prevelik, površinske se stanice deformiraju. Ove se deformacije uvelike odražavaju na prijanjanje premaza i površine. Na brušenim i dobro otprašenim uzorcima drva prijanjanje je bolje.

Srazmjerno porastu gustoće u % dolazi do povećanja koeficijenta odvajanja, a za to se nalazi kauzalno obrazloženje kod mikroskopskih ispitivanja.

5. ZAKLJUČAK

Vrsta temeljnog sloja nije imala nikakav signifikantan utjecaj na ponašanje lazure tijekom izlaganja. Što je pigmentiranje bilo jače, premaz se pokazao izdržljivijim. U svakom slučaju, tom je razvoju boje postavljena određena granica. Sustavi na bazi vode pokazali su razmjerno malo mikropukotina, koje se najčešće pojavljuju na granici između kasnoga i ranog drva. Razlike u postupku izlaganja triju ispitivanih vrsta drva nisu se mogle ustanoviti.

Pretreatment had no significant effect on finish and substrate performance. However higher amounts of pigments gave better protection to the wood surface, but only up to a certain level. Acrylic latex paint did perform better with regard to elasticity and cracks which occur in most cases at latewood- earlywood transition. The results proved similar weathering charac-

teristics for the three sets of wood samples (Dark red meranti, Pine, European spruce).

LITERATURA

- [1] Bodner, J.: Erforschung von Abblatterungen bei Anstrichen. Unveroeffentliche Studie des Oesterreichischen Holzforschungsinstitutes, 1988.
- [2] Empa: Freiland-Bewitterungsversuche an Holz und Aussenanstrichen fuer Holz. Bericht Nr. 198, 1972.
- [3] Hantschke, B.: Wechselbeziehungen zwischen Holzoberflaechen. Fenster und Fassade, 7, 4, 1980.
- [4] Hochweber, M., Sell, J.: Freiland-Bewitterungsversuche an Aussenanstrichen fuer Holz-Versuchszeitraum 1962 bis 1967. Bericht Nr. 182, 1968.
- [5] Janotta, O.: Die Wasserdampfdurchlaessigkeit von Anstrichen. Teil 2. Holzforschung und Holzverwertung 25/2, 1973.
- [6] Matthaei, L.: Erfahrungen mit Holzschutzlasuren auf Basis waessriger Polyacrylatdispersionen. Farbe und Lack 89, 5, 1983.
- [7] Meierhofer, U., Sell, J.: Phisikalische Vorgaengein wetterbeanspruchten Holzbauteilen. 3. Mittlg.: Traeger mit direkter Wetterbeanspruchung. Holz als Roh- und Werkstoff 37, 1978.
- [8] Papenroth, W.: Die anwendungstechnischen Voraussetzungen fuer eine reproduzierbare Bewitterungspruefung (neue Erkenntnisse und Anregungen). Farbe und Lack 76, 5, 1970.
- [9] Sell, J.: Physikalische Vorgaenge in wetterbeanspruchten Fensterrahmen aus Fichtenholz. Diss. ETH Zuerich, 1984.
- [10] Sell, J.: Physikalische Vorgaenge in wetterbeanspruchten Holzbauteilen. Holz als Roh- und Werkstoff 43, 1985.
- [11] Sell, J., Leukens, U.: Untersuchungen an bewitterten Holzoberflaechen. 2. Mittlg.: Verwitterungserscheinungen an ungeschuetzten Hoelzern. Holz als Roh- und Werkstoff 29, 1971.
- [12] Simpson, W.T.: Equilibrium moisture content prediction for wood. Forest Product J. 21, 1971.
- [13] Trubiroha, P., Fuhrmann, G.: Die Alterung der optischen Filter in Bewitterungsgeraeten. Mitteilung aus der Bundesanstalt fuer Materialpruefung, Berlin, 1972.
- [14] Vogt, H., Seifert, E.: Untersuchung ueber Haftung und Haltbarkeit von Aussenlackierungen auf verschiedenen bearbeiteten Vollholzflaechen. Fenster und Fassade 4, 3 + 4, 1977.