



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



**Rapport**

**R19:1978**

**Inventering av läget  
beträffande väder-  
beständighet av färg-  
och plastprodukter**

**Mats Foghelin  
Carel Pattyranie**

**Byggforskningen**

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND  
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN  
BIBLIOTEKET

R19:1978

INVENTERING AV LÄGET BETRÄFFANDE VÄDER-  
BESTÄNDIGHET AV FÄRG- OCH PLASTPRODUKTER

Mats Foghelin  
Carel Pattyranie

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 700735-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Statens provnings-  
anstalt, Stockholm

Nyckelord:

plastfärger  
beständighet  
utomhus  
accelererad provning

UDK 667.6

R19:1978

ISBN 91-540-2823-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1978 850834

1.	Inledning .....	5
2.	Klimattyper .....	7
3.	Utomhusfaktorer som inverkar på nedbrytning av olika material .....	9
3.1.	Solljus .....	9
3.2.	Temperatur .....	11
3.3.	Syre och ozon .....	12
3.4.	Luftföroreningar .....	15
3.5.	Vatten .....	15
4.	Metoder för utomhusprovning .....	18
4.1.	Konventionell utomhusprovning .....	18
4.2.	Accelererad utomhusprovning .....	19
5.	Apparater för accelererad ljusnedbrytning .....	21
5.1.	Kolbågsapparatur .....	21
5.2.	Xenonbågsapparatur .....	22
5.3.	Kvicksilverlampor .....	23
5.4.	Fluorescerande UV-ljuskällor .....	23
5.5.	Argonlampor .....	23
5.6.	Kombinationer av olika lampor .....	24
6.	Mätning av UV-ljusets energi .....	25
6.1.	Fysikaliska metoder .....	25
6.2.	Kemiska metoder (kemiska aktinometrar) .....	26
7.	Evalueringsmetoder .....	29
8.	Matematiska modeller för egenskapsförändringar och korrelation mellan olika åldringsmetoder .....	31
9.	Standarder .....	36
9.1.	Standard för utomhusåldring .....	36
9.2.	Standard för accelererad åldring .....	37
9.3.	Standard för evalueringsmetoder .....	39
	Bilaga: Litteraturreferenser .....	41
	Sammanfattning .....	68



## 1 INLEDNING

Föreliggande undersökning bygger huvudsakligen på litteratur från de senaste 10 åren som har insamlats genom en litteratursökning av en datamaskin som har gjort en grovsortering där intressanta artiklar utvalts ur några mycket stora register. Sedan har särskilt intressanta artiklar utvalts och anskaffats och till slut redovisas de viktigaste i litteratursammanställningen. Slutsatser och generaliseringar bygger på de redovisade artiklarna.

Material som används eller lagras utomhus utsätts för påverkan av vädret, som vanligtvis försämrar materialets egenskaper. Det är därför av stor vikt att utveckla material som förutom andra önskvärda egenskaper har stor resistans mot nedbrytning genom vädrets inverkan och att i förväg veta väderbeständigheten hos material som skall användas utomhus.

Det bästa sättet att prova ett materials väderbeständighet vore givetvis att låta det fylla sin avsedda funktion i sin naturliga miljö och sedan avögra hur länge det är funktionsdugligt, men detta tar i allmänhet orimligt lång tid, för byggnadsmaterial t ex flera decennier. Det är också svårt att dra bestämda slutsatser av praktiska fall på grund av att man saknar kännedom om vilka skadliga faktorer materialet utsatts för samt att jämförelser mellan material försvåras av att de inte utsatts för samma betingelser. Därför genomförs prov under hårda och kontrollerade betingelser, dels utomhus där vädret registreras, dels i laboratoriet där sk accelererade test genomförs. Även om utomhustestet genomförs så att materialet utsätts för betydligt större nedbrytning än i sin naturliga miljö så tar även dessa prov lång tid i anspråk, oftast flera år innan man når säkra resultat. Vid utveckling av nya material kan man naturligtvis inte vänta så länge, liksom inte heller om man vill jämföra material för ett visst ändamål om de inte testats tidigare. Man tillgriper då accelererade test som vanligtvis utförs inomhus i laboratorier. För att kunna utveckla accelererade test som på kort tid ger upplysningar om hur ett material upp-



träder i praktiken fordras kännedom om de väderfaktorer som förorsakar nedbrytning av materialet. Det är därför av intresse att först undersöka hur klimatet och därigenom vädret varierar över jorden och sedan undersöka vilka enskilda faktorer i vädret som inverkar på polymerers egenskaper och hur dessa faktorer samverkar.

Vid accelererade provningar i laboratorier eftersträvar man inte att exakt kopiera de skadliga faktorerna i vädret, eftersom man då inte får någon acceleration utan försöker skärpa betingelserna inom de naturliga gränserna, främst genom höjning av temperaturen och intensifiering av den ultravioletta strålningen. Man bör dock inte höja temperaturen över den högsta som förekommer i naturen eller bestråla proverna med strålning som är energirikare än solstrålningen eftersom man då får andra nedbrytnings-effekter än de i naturen förekommande. Naturligtvis är det eftersträvansvärt att den artificiella åldringen enbart accelererar den naturliga så att samma förändringar åstadkommes på väsentligt kortare tid, men detta mål tycks inte vara uppnåeligt. Intressanta är de försök som gjorts att etablera ett matematiskt samband mellan nedbrytningstiden i artificiell och naturlig åldring, men man tvingas vanligen begränsa sig till en egenskap. Korttidsprovningar i laboratoriet är en viktig metod vid utveckling av nya material och vid jämförelser mellan material, men kan inte ersätta långtidstest utomhus.

Vid utvärdering av test är det av vikt vilka egenskaper som mäts. Helst bör naturligtvis de egenskaper som har störst inverkan på materialets funktion mätas, men detta kan ibland medföra problem, t ex genom att antalet provkroppar blir för stort om förstörande prov används eller att man önskar jämföra materialet med tidigare provade material. Rangordningen av material i ett test kan helt omkastas om en annan egenskap mäts. Ofta önskar man använda snabba och enkla evalueringsmetoder, vilket gör att t ex mekaniska test undviks i vissa fall.



## 2 KLIMATTYPER

De viktigaste faktorer som omfattas av väder och klimat är temperatur, nederbörd och fuktighet, och i mindre omfattning även vindar, lufttryck, solsken, molnighet och dimma.

Dessa faktorer tillsammans bildar de olika väder- och klimat-typerna eller regionerna.

Väder är summan av dessa atmosfäriska förhållanden i ett givet område för en kort tidsperiod, medan klimat är generalisering av variationen av dag till dagväderförhållanden.

Det finns många klimattyper på jorden. Enligt Trewartha (A1) har många klimattyper föreslagits, men bara två har hittills accepterats, nämligen den av Köppen och den av Thornwaite (A2, A3). Köppens klassifikation är baserad huvudsakligen på års- och månadsmedelvärde av temperatur och nederbörd. Thornwaites klassifikation skiljer sig ej mycket från Köppens.

Det finns inga skarpa gränser mellan olika klimattyper, övergången mellan områden med olika klimattyper sker långsamt och kontinuerligt.

De olika huvudklimat-typerna kan indelas enligt följande:

- Typ 1 tropiskt regnigt klimat
- 2 torrt klimat
- 3 fuktigt mesotermiskt klimat
- 4 fuktigt mikrotermiskt klimat
- 5 arktiskt klimat
- 6 odefinierat höglandsklimat

Huvudtyperna kan indelas vidare i sub-typer.

Klimattyp 1 är den största av alla typer och omfattar ca 20 % av jordens landyta och 43 % av havsytan. Ingen av månaderna har en medeltemperatur understigande 18°C. Nederbörden är riklig och relativa luftfuktigheten hög.

Klimattyp 2 utgörs av de områden där vattenavdunstningen överstiger nederbörden och indelas i subtyperna öken- och stäppklimat. De torraste och varmaste områdena på jorden finns i områden med ökenklimattyp. Temperaturen i dessa områden är hög. Variationerna mellan dag och natt är mycket stora. (Yumah i Arizona, USA, ligger i detta område).

Klimattyp 3 omfattar områden där kallaste månaden är mellan  $0^{\circ}\text{C}$  och  $18^{\circ}\text{C}$  och indelas i medelhavsklimat, fuktigt subtropiskt klimat och marint västkustklimat.

Klimattyp 4 har en kallaste månad med temperaturen under  $0^{\circ}\text{C}$  och en varmaste över  $10^{\circ}\text{C}$  och indelas i fuktigt kontinentalt klimat och subarktiskt klimat. Sverige ligger inom klimattyp 4, utom fjällen. Södra Sverige ligger inom det kontinentala och norra inom det subarktiska klimatområdet.

Klimattyp 5, arktiskt klimat, finns i områden mellan polerna och polcirkelarna.

Områden med högländsklimat är områden som ligger ca 1800 m och högre ovanför havsytan. Här är solljusförhållandet annorlunda än i lågländsområden. Till följd av att luften i detta område innehåller mindre damm, vattenånga och andra partiklar som reflekterar och absorberar solljus är solljusintensiteten och andelen ultraviolett ljus större i detta område än i lågländsområden.

### 3 UTMOMHUSFAKTORER SOM INVERKAR PÅ NEDBRYTNING AV OLIKA MATERIAL

Av de faktorer som inverkar på nedbrytningen av färg och lacker samt plaster, är solljus, värme, fukt och luftens syre de viktigaste.

#### 3.1 Solljus

Solen är källan till strålningsenergi vid exponering utomhus.

Med strålningsenergi menas elektromagnetisk strålning, som allmänt uppfattas som en vågrörelse fortplantad med ljushastigheten  $c$ .

När en kropp upptar eller avger strålningsenergi av en viss frekvens  $\nu$ , kan enligt Planck detta endast ske i form av en hel multipel av en minsta energikvantitet som kallas kvantum.

Energien  $E$  hos ett kvantum är proportionell mot strålningens frekvens, d v s

$$E = h\nu$$

där  $h$  är en naturkonstant, Plancks konstant.

Enligt Einstein måste strålningen själv bestå av kvanta. Ju kortare våglängden är hos strålningen, desto större är dess frekvens och energin hos de kvanta som bildar strålningen.

För att en kemisk reaktion skall kunna komma till stånd måste först ljuskvanta absorberas. Absorptionen behöver dock ej leda till en kemisk reaktion. Det kan ibland endast leda till höjning av temperaturen hos polymeren, fluorescens etc. Å andra sidan kan de mest stabila bindningar som  $C \equiv C$  och  $C \equiv N$  påverkas av en relativt mild bestrålning med kulörförändring som följd.

Det anses allmänt att den del av solljus som har störst aktinisk effekt på material är ultraviolett ljus mellan 270 nm och 400 nm. Dess andel utgör endast en liten del, mellan 1-5 %, av det totala solljuset som träffar jorden beroende på årstid (R29). Motsvarande värden för synligt ljus är på vintern 39-53 % och på sommaren 60-42 %.

Ultraviolett ljus med våglängden 3500 Å har energin 82 kcal/mol och vid 2800 Å är energin ca 110 kcal/mol (E2). Detta är tillräckligt för att spjälka många bindningar i polymerer, färg och lacker. Undersökningar av små organiska molekyler har visat att energin som erfordras för att spjälka dessa molekyler till atomer ligger mellan 50 och 100 kcal/mol (A5, A6).

Detta innebär att en polymer som innehåller grupper eller föroreningar som absorberar ljusenergi från ljus med våglängd mellan 2800 och 4000 Å, med tiden kommer att brytas ned. Karbonylgrupper är mycket sårbara enär de absorberar ljus med våglängd kring 2800 Å.

Reaktioner som uppstår vid ljusnedbrytning kan anta olika former: bildning av radikaler genom dissociation, molekyläromfördelning eller spjälkning till molekyler, fotoisomerisation och fotojonisation.

Bland de olika fotokemiska reaktioner som kan äga rum är spjälkning och tvärbinding av största intresse för nedbrytning av polymerer (L20).

Spjälkning innebär förkortning av huvudkedjan och leder till molekylviktsreducering. Vid tvärbinding reagerar två monomerer, som från början tillhör olika kedjor. Tvärbinding leder alltså till en ökning av polymerens medelmolekylvikt. En utpräglad tvärbinding hos polymeren kan förorsaka gelatering. Förändringen i molekylvikt och molekylviktsfördelning inverkar på materialets mekaniska egenskaper (G5).

Andra förändringar som kan äga rum är erosion samt för färg och lacker även glansminskning och kritning.

Synligt ljus har en blekande effekt på kulört material (N18) och förhindrar gulning av rutil-pigmenterade alkydfärger (I3).

På grund av dess långvågighet tränger infrarött ljus djupare in i materialet och förorsakar sprickning och krympning av materialet (A8, C2). Vid högre temperatur inträder även nedbrytande kemiska reaktioner.

### 3.2 Temperatur

I likhet med solens energi uppvisar utomhustemperatur årstids- och dagsvariationer (A4) som dessutom är beroende av höjd över havet och latitud. Variationen är minst i området kring ekvatorn där medeltemperaturen ligger omkring  $28^{\circ}\text{C}$  medan variationen är störst i Sibirien, upp till  $67^{\circ}\text{C}$ . Temperaturvariationen under nattetid är mindre än under dagtid.

Värme eller kyla är faktorer som har både kemisk och fysikalisk effekt på olika material.

Termisk mjukning, smältning och andra fasomvandlingar är reversibla fysikaliska egenskaper hos polymerer.

Bortsett från att mycket material undergår fasomvandlingar vid uppvärmning eller vid borttagande av värme är dimensionsändringen kanske den viktigaste fysikaliska effekten. Med mycket få undantag expanderar allt material vid upphettning och krymper vid kylning. Enär många produkter ej enbart består av komponenter av ett enda material, utan av komponenter av flera olika material, kan temperaturvariationen ge upphov till betydande mekanisk nedbrytning. Dessutom kan vid lokala temperaturvariationer hos ett enda material eller på grund av olika värmeutvidgningskoefficienter uppstå inre spänningar som kan orsaka fassparation, krakelering, lossning och annan mekanisk nedbrytning av materialet.

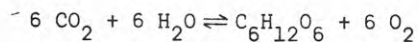
Värme kan också orsaka irreversibla eller permanenta kemiska förändringar i material. Värmestabilitet hos polymera material i frånvaro av andra aktiva substanser står i relation till dissociationsenergierna av dess olika kemiska bindningar.

Kulören hos ett material har en utpräglad effekt på differensen mellan omgivningens temperatur och materialets yttemperatur.

Under extrema exponeringsbetingelser utomhus kan ett provstycke av plast anta en temperatur av omkring 77°C (H3). Emellertid är denna temperatur ej tillräckligt hög för att åstadkomma kedjeklyvning i strukturen hos någon av i handeln förekommande plastsorter. Den huvudsakliga roll som värmen spelar vid nedbrytning av utomhus exponerade plaster är att förstärka eller accelerera de på annat sätt uppkomna processer såsom hydrolys, (E1), sekundära fotokemiska reaktioner (H2) eller oxidation av spår av föroreningar som hydrokinin (M18). En enda förändring som kan observeras hos ett utomhusexponerat plastmaterial, kan ofta ha orsakats av vilken som helst av de nämnda faktorerna.

### 3.3 Syre och ozon

Syre upptar ca 21 volymprocent av luften. Trots att syre förbrukas vid olika processer, hålles syrekoncentration konstant genom naturens balanssystem.



Vid denna oxidativa nedbrytning spelar luftens syre en viktig roll. En polymer med dubbelbindning oxideras mycket snabbare än polymerer utan dubbelbindningar, som vid rumstemperatur i frånvaro av UV-ljus vanligtvis reagerar så långsamt att några mätbara förändringar knappast kan iakttagas.

Allmänt följer den oxidative nedbrytningen den av Bolland (A10) föreslagna mekanismen enligt följande:



1.  $RH \rightarrow R\cdot + (H)$  initiering
2.  $R\cdot + O_2 \rightarrow RO_2\cdot$
3.  $RO_2\cdot + RH \rightarrow ROOH + R\cdot$  utbredning
4.  $ROOH \rightarrow RO\cdot + HO\cdot$
5.  $RO\cdot + RH \rightarrow ROH + R\cdot$
6.  $HO\cdot + RH \rightarrow HOH + R\cdot$  kedjeförgrening
7.  $RO_2\cdot + RO_2\cdot \rightarrow$
8.  $RO_2\cdot + R\cdot \rightarrow$  olika inerta produkter slutfas
9.  $R\cdot + R\cdot \rightarrow$
10.  $ROO\cdot + AH \rightarrow ROOH + A\cdot$
11.  $RO\cdot + AH \rightarrow ROH + A\cdot$  inhibering
12.  $HO\cdot + AH \rightarrow HOH + A\cdot$

RH är en polymermolekyl och AH en inhibitormolekyl. Initieringen av den oxidativa nedbrytningen sker genom värme eller genom ljusenergi. Oxidationshastigheten bestäms vanligen genom bestämning av syreupptagning hos materialet. Andra metoder att uppskatta oxidationsgraden är bestämning av ökningen i karbonylhalt, hydroperoxidkoncentration samt ökning av hydroxylgrupper.

Vid oxidationens början sker en viss nedbrytning av polymeren till mindre kedjor. Kristallisation av dessa kedjor eller grupper medför ökning i densitet hos materialet.

Prov med polyetylen visade att syreupptagningen ökar med uppvärmning och med stigande begynnelsestemperatur (N19). Ökande syreupptagning medför ökad densitet hos polyetylen (M19).



Oxidationen hos organiska material är mycket beroende av spår av vissa element eller föreningar som kan fungera katalytiskt. Exempelvis är koppar känd för sin katalytiska verkan på den oxidativa nedbrytningen hos gummi.

Även spår av föroreningar har en accelererande effekt på den oxidativa nedbrytningen, troligen genom att främja bildningen av peroxider och därmed efterföljande bildning av radikaler.

Oxidationsnedbrytning orsakar missfärgning, snabb minskning av mekaniska- och dielektriska egenskaper.

Genom sin större reaktivitet är polymerer mycket känsliga även för mycket små mängder ozon. Ozon produceras kontinuerligt i luft genom bl a bestrålning av syre i den yttre luftatmosfären samt genom elektriska urladdningar.

Till skillnad från syre varierar ozonets koncentration från noll till några tiondels ppm - med latitud, årstid, lokala väderförhållanden o dyl.

Ozon angriper polymerer med dubbelbindningar (särskilt gummi) vid samtidig påverkan av dragspänningar (A9). Molekylkedjorna bryts och polymeren spricker vinkelrätt mot dragspänningarna.

Syre i luften är mycket viktigt vid torkning av många färger. Fortsatt oxidation leder till nedbrytning av färgerna.

Naturligtvis skiljer sig de olika lackerna, oljorna och mjukgöraren som används i organiska ytskydds-material från varandra vad beträffar motstånd mot syreangrepp men oxidation av dessa material accelereras genom bestrålning av solljus. Enär vid oxidation av komplexa organiska material såsom färg- och lack-filmer bildas oxidationsprodukter som är vattenlösliga, kommer dessa att tvättas bort av nederbörden. På det sättet bildas ständigt nya färska ytor, som oxideras vidare.

### 3.4 Luftföroreningar

Luftföroreningars inverkan på målnings- och polymermaterial är inte lika väl utforskat som andra skadliga faktorer. De i detta sammanhang viktigaste luftföroreningarna är  $\text{NO}_2$  och  $\text{SO}_2$ . En låg halt av dessa gaser finns alltid i luften ( $\text{SO}_2$  kommer bl a från vulkanutbrott), men i industriområden mångfaldigas halten. Både färger och plaster bryts ned snabbare i t ex Arizona utan förhöjda halter av  $\text{SO}_2$  eller  $\text{NO}_2$  än i europeiska industriområden, vilket visar att solljuset har en väsentligt större inverkan på nedbrytningen än  $\text{NO}_2$  och  $\text{SO}_2$ . Luftföroreningar har en mycket skiftande inverkan på olika material. Enligt Jellinek m fl (P35) angrips polyetylen och polypropylen endast om solljus, syre och  $\text{SO}_2$  samverkar medan  $\text{NO}_2$  har liten effekt även tillsammans med solljus och syre.  $\text{NO}_2$  har däremot en skadlig inverkan på PMMA (polymetylmetakrylat). Medan polyacrylonitril är resistent, förlorar PVC klorid i närvaro av  $\text{SO}_2$  eller  $\text{NO}_2$ . Nylon angrips starkt av  $\text{NO}_2$ , mindre av  $\text{SO}_2$ . Elastomerer angrips mycket starkt av  $\text{SO}_2$  och  $\text{NO}_2$ .

Även för färg varierar luftföroreningarnas inverkan. Enligt Campbell m fl (U4) inverkade en  $\text{SO}_2$ -koncentration på 1,0 ppm starkt på en oljefärg för hus, moderat på en latexfärg och hade inte någon väsentlig inverkan på en alkydfärg för industribruk och vissa typer av billacker.

### 3.5 Vatten

I luften förekommer vatten i ångform. Dess absoluta mängd och relativa mätnadsgrad är beroende av tryck och temperatur samt av tillgängligt flytande vatten. När temperaturen sjunker, kondenserar vatten, och dagg eller regn bildas beroende på hur mycket temperaturen har sjunkit och om detta gäller över ett större område eller endast lokalt. Under inflytande av solens värme, avdunstar vatten kontinuerligt tills luften blir mättad igen vid rådande temperatur.

Enär allt material absorberar eller avger fukt beroende på temperatur och relativ luftfuktighet i omedelbara omgivningen,

kan fuktens koncentration i luften spela en stor roll vid nedbrytning av materialet.

Vatten kan fungera som mjukgörare och orsaka svällning av material med mekanisk nedbrytning som följd. Det kan exempelvis förstöra bindningen mellan polymer och filler, som glasfiber eller pigment, vilket resulterar i krittning eller resning av fiber. Vid torr luft kan avdunstning av vatten orsaka sprickor i materialet. Vid låga temperaturer kan vatten i sprickor frysa och orsaka sprängskador.

I tillräcklig mängd tvättar vatten bort vattenlösliga nedbrytningsprodukter från ytan. Om nedbrytningsprodukterna är av sådan sammansättning att de katalyserar nedbrytningsprocessen har vatten en stabiliserande inverkan på materialet. Tvätt-effekten är dock till nackdel för exempelvis tunna filmer som innehåller vattenlösliga UV-stabilisatorer eller antioxidanter.

Polymerer som innehåller hydrolysbara grupper som amider, estrar, acetaler, nitriler och vissa ketoner bryts ned av vatten genom hydrolys. Nedbrytning genom hydrolys leder vanligen till spaltning av molekylkedjor med försämring av draghållfasthet som följd. Enligt Kuhn (A9) är hydrolys en slumpvis kedjebrytningsprocess ur vilken följande formel har härletts (J5).

$$\ln \left( \frac{P_o - 1}{P_o} \right) - \ln \left( \frac{P_t - 1}{P_t} \right) = kt$$

där  $k$  är hastighetskonstant för kedjenedbrytning av molekylkedjorna,  $P_o$  resp.  $P_t$  är initial resp. polymerisationsgrad vid tiden  $t$ .

För stora värden på  $P_t$  kan formeln förenklas till

$$\frac{1}{P_t} - \frac{1}{P_o} = kt$$

Polyestrar och polyamider är bland de polymerer som mest berörs av hydrolytisk nedbrytning. Mekanismen och hydrolyshastigheten

är vanligen beroende på pH vid vilken hydrolysen sker.

McMahon och andra (E1) som med hjälp av IR-analys och viskositetsmätningar studerade hydrolys av filmer och trådar av polyetylentereftalat vid olika relativa fuktigheter och temperaturer fann att tätheten hos materialen ökade med ökad grad av hydrolys. De fann också att till en viss hydrolysgrad den dielektriska egenskapen hos filmerna ej förändrats nämnvärt. Hydrolyshastigheten var lägre hos tjocka än tunna filmer, vilket förklarades med att diffusionshastigheten var lägre hos den tjocka än hos den tunna filmen. Ravens och Sisley (J5) ansåg att detta hängde samman med löslighet i vatten och vattenmängden i polymeren.

Vid kontakt med vatten eller fukt, diffunderar vatten i färgskiktet och färgskiktet sväller.

Diffusionen kan också leda till att vatten samlas mellan färgskiktet och underlaget (P36) med blåsbildning och försämrad vidhäftning som följd.

Kritning hos färger påverkas även av vatten.

#### 4 METODER FÖR UTMOMHUSPROVNING

Det mest tillförlitliga testet för att undersöka ett materials väderbeständighet är att exponera materialet utomhus i det området där materialet kommer att användas. Det finns olika metoder för utomhusprovning av ett material.

##### 4.1 Konventionell utomhusprovning

1. Exponering på ett fast stativ i vertikalt läge, öppet, med provytan vettande mot ekvatorn
2. Exponering på ett fast stativ med 45-graders vinkel, vettande mot ekvatorn  
Vid denna exponeringsvinkel får provytan ca 50 % mer solstrålning än vid exponering i vertikalt läge.
3. Exponering på ett fast stativ med 45-graders vinkel, vettande mot ekvatorn, under glas  
Nytt glas släpper igenom ca 85 % av den totala strålningen och ca 70 % av den ultravioletta strålningen. Efter en kort tid släpper fönsterglasets igenom endast 50 % av den ultravioletta strålningen.
4. Exponering i horisontellt läge, med och utan underlag, särskilt för billacker  
Denna typ av exponering skall simulera biltak eller motorhuv.
5. Exponering på ett fast stativ med 5-graders vinkel mot horisontalplanet, vettande mot ekvatorn, med och utan underlag  
Skillnaden i mängd infallande strålning med exponering i horisontellt läge är obetydligt, men däremot tvättas damm och andra smutspartiklar av från ytan vid regn.
6. Vid exponering på ett stativ kan provplåtarna fästas på ett sammanhängande träunderlag eller på smala träribbor. I detta fall hänger provplåtarnas baksidor fria i luften. Man har konstaterat att ett sammanhängande underlag höjer provpanelernas temperatur och verkar accelererande på nedbrytningen. Även färgen hos underlaget inverkar på temperaturen hos proverna. Sålunda har man vid 45-graders exponering i sydlig riktning uppmätt temperaturskillnader på mellan 10 och 15°C hos provpaneler liggande på ljust eller mörkt underlag, då provpanelerna vid exponeringen ordnats så att de ej helt avskärmar underlaget.

#### 4.2 Accelererad utomhusprovning

Konventionell utomhusexponering är ganska tidskrävande. Det kan dröja flera år innan man kan få fram något resultat. För att förkorta exponeringstiden har man i Amerika utvecklat följande metoder för utomhusexponering med vilka man kan få snabbare nedbrytning av polymerer och målningsmaterial.

##### 1. EEK-apparat: "Follow the sun-stativ" (H4)

Apparaten består av ett automatiskt, i alla riktningar vridbart stativ, på så sätt att provpanelernas yta hela tiden är vänd mot solen medan solen är uppe. Med hjälp av en Eppley-Pyrheliometer, monterad på stativet, registrerades på provpanelerna total infallande solstrålning. På EEK-apparaten får proverna 30 % mera solstrålning än på ett fast, i 45-graders vinkel, mot ekvatorn vettande stativ.

Denna apparat har dock ej fått någon större användning.

##### 2. EEKQUA-apparat

Denna exponeringsanordning är en EEK-apparat försedd med dysor för vattenbesprutning av proverna (8 minuters vattenbesprutning per timme).

Trots att denna apparat har använts sedan en tid tillbaka, finns ej något resultat publicerat.

##### 3. EMMA-apparat (equatorial Mount of Mirrors for acceleration) (F2, F3)

Apparaten är försedd med 10 st speglar av aluminium. Spegelarna är anordnade på så sätt att de reflekterade solstrålarna koncentreras på en yta av 13 x 140 cm. Genom att speglarna reflekterar mer än 80 % av solljuset får prover som exponeras på denna yta 8 ggr så stor ljusmängd som prover monterade på en EEK-apparat och ungefär 10 ggr större ljusmängd än vid 45-graders mot ekvator-exponering.



Proverna kan vid klart solsken få en yttertemperatur av ca 150°C, varför en kraftig luftström över och under proverna behövs för att minska temperaturen.

I allmänhet brukar man hålla ungefär samma temperatur som hos prover exponerade på ett fast stativ, med 45-graders lutning mot ekvatorn.

4. EMMAQVA-apparat, är en EMMA-apparat, försedd med anordning för besprutning av proven med destillerat vatten (8 min. besprutning per timmes belysning). Det finns ca 160 EMMAQVA-apparater i drift i Amerika.

Garner och Papillo (H3) fann att det finns god korrelation mellan resultat av exponering i EMMAQVA-apparat och exponering i 45-graders vinkel vettande mot ekvatorn för 3 olika lacksystem. Beroende på receptet var nedbrytningen 2-3 ggr snabbare i EMMAQVA-apparaten än vid exponering i 45-graders vinkel.

Caryl och Rheineck (J6) exponerade husfärger och billacker på 45-graders syd-stativ i Florida, Delaware, Nord Dakota, Arizona och Kalifornien och jämförde med exponering på EMMAQVA-apparat i Phoenix. De fann att 14 veckors exponering i EMMAQVA-apparaten motsvarar 3 års exponering i 45-graders vinkel syd i Phoenix.

Kennedy och Beardsley (M19) fann för dispersionsfärger på polyvinylakrylatbas följande korrelation vad beträffar färgbeständighet och kritningsmotstånd: 60 dagars exponering i EMMAQVA-apparat i Florida motsvarar 15-17 månaders exponering på ett 45-graders syd-stativ på samma ställe.

Kestler (P36) fann för polyvinylfluoridprover från Dupont att en månads exponering i EMMAQVA-apparat motsvarar 1 1/4 års exponering på en vertikal husvägg, vettande mot söder.

I Sverige finns ett fåtal exponeringsstationer spridda över hela landet, bl a en på Bohus-Malmön på västkusten.



## 5 APPARATER FÖR ACCELERERAD LJUSNEDBRYTNING

En rad olika typer av apparater för accelererad åldring genom ljusnedbrytning finns ute i marknaden. Apparaterna kan indelas efter den belysningskälla som användes. Dessutom finns apparater där en kombination av flera belysningskällor användes.

### 5.1 Kolbågsapparater

De mest kända apparaterna med kolbågslampa som belysningskälla är Fade-Ometer och Weather-Ometer.

Den första Fade-Ometern konstruerades år 1918, i första hand för att prova textiliers ljusbeständighet. Användningsområdet utökades snart till andra industrier såsom för boktryckssvärta, pappers-, cellulosa-, färg- och plastproduktion.

Det finns en mängd utföranden av dessa apparater i olika storlekar, med eller utan temperatur- och fuktkontroll. Weather-Ometerapparaterna är även försedda med dysor för vattenbesprutning av proverna.

Två olika typer av kolbågslampor användes, dels den slutna typen, den så kallade "Enclosed Violet Carbon Arc Lamp" och dels den öppna typen, den så kallade "Sunshine Carbon Arc Lamp".

#### Enclosed Carbon arc-typen

Apparaten med kolbågslampor av den slutna typen finns i utförande med en eller två lampor. Lampan av den slutna typen innebär, att luft uteslutes från ljusbågen, varigenom man får en joniserad atmosfär, som ger kolstavarna relativt lång livslängd och ger ett minimum av sotnedslag på insidan av glaskupan. Kolstavarna byts varje dygn medan kupan av Pyrex-glas bör bytas efter ca 2000 driftstimmar. Pyrex-glaset filtrerar bort ljus med våglängder kortare än 275 nm, som ej förekommer i solljus. I modellen med två lampor är dessa monterade på olika höjd, så att strålningen blir så jämn som möjlig på proverna. I modellen med en lampa

är denna placerad i centrum av trumman. För att få en så jämn exponering som möjligt bör proverna skifta plats eller vändas upp och ner med jämna mellanrum.

Atlas Weather-Ometer har en eller två slutna kolbågslampor och dessutom utrustning för programmerad befuktning. Atlas Fade-Ometer har en slutna kolbågslampa.

I de nya modellerna finns anordningar för temperatur- och fuktighetsreglering och för att koppla bort ljuskällan periodiskt, vilket enligt uppgift medger en bättre simulering av betingelserna utomhus, där befuktningen huvudsakligen sker genom kondensation.

Spektralfördelningen för enclosed Carbon arc lamporna överensstämmer dåligt med solljuset.

#### Open arc-typen

Den öppna lamptypen består av 3 par specialimpregnerade kolelektroder. En luftström passerar kolelektroderna och för bort förbränningsprodukter från ljusbågen. Lamporna kan användas med eller utan filter (Corex D). Filtret skär ned intensiteten av ljus med våglängder kortare än 280 nm.

Weather-Ometrar med den öppna lamptypen kan förses med utrustning för programmerad befuktning.

De öppna lamptyperna emitterar ljus över ett något bredare våglängdsområde än de slutna och kommer därigenom närmare solljusets spektrum.

#### 5.2 Xenonbågsapparat

En annan typ av strålningskälla är xenonbågslampor. Xenonbågslampan består av en brännare och ett filterhus sammansatt av ett yttre och ett inre filter. Mellan filtren cirkulerar vatten, som kyler lampan och filtrerar bort långvågigt infrarött ljus. Spektralenergifördelningen hos xenonbågslamporna överensstämmer mycket bättre med solljusets än vad kolbågslamporna

gör i det ultraviolettera och synliga våglängdsområdet. Xenonlampornas ljusintensitet minskar ju längre de har brunnit, vilket kompenseras genom att lamporna får brinna en tid innan de levereras och genom att de byts ut efter en av tillverkaren rekommenderad tids användning samt på vissa apparater genom att spänningen över lampan successivt höjs.

Atlas har Weather-Ometrar och Fade-Ometrar vilka är försedda med xenonbågslampor på 2500 eller 6500 W. Xenon Weather-Ometrarna kan förses med anordningar för fukt- och temperaturreglage samt med anordning för programmerad befuktning av proverna. I en Weather-Ometertyp kan man även utföra provning i atmosfär, som innehåller gaser såsom svaveldioxid, kväveoxider och ozon, vilka förekommer som luftöfroföreningar. Ett annat känt märke är xenotestapparaterna från Quartzlampen G.m.b.H., Hanau, Västtyskland. Dessa apparater utrustas med 1500 eller 4500 watts xenonlampor och i en nyare modell finns tre stycken 4500 watts xenonlampor.

### 5.3 Kvikksilverlampor

Kvikksilverlampor ger inte något kontinuerligt spektrum som de andra typerna av ljuskälla utan ger stark strålning för vissa våglängder i UV-området. Lamporna anses ge osäkra resultat beroende på om materialet absorberar de utsända våglängderna, och kvikksilverlampor används sällan numera.

### 5.4 Fluorescerande UV-ljuskällor

Fluorescerande sollampor utstrålar ljus enbart i UV-området. Dessa lampor används i kommersiella apparater t ex Climatest från Mectron (Frigistor) Ltd., där 16 sollampor, som byts ut efter hand, utgör ljuskällan. Material som bryts ned av ljus med längre våglängd än 360 nm ger inte tillförlitliga resultat med sollampor.

### 5.5 Argonlampor

Argonlampor har börjat användas för åldring av polymerer och färg.

## 5.6 Kombinationer av olika lampor

Både kvicksilverlampor och fluorescerande lampor har kombinerats, dels med varandra, dels med andra ljuskällor för att ge ett så naturtroget spektrum som möjligt.

## 6 MÄTNING AV UV-LJUSETS ENERGI

Metoder för mätning av UV-ljusets energi kan huvudsakligen indelas i:

1. fysikaliska metoder
2. kemiska metoder (kemiska aktinometrar)

### 6.1 Fysikaliska metoder

Fysikaliska metoder för mätning av strålningsintensiteten är främst baserade på fotoelektriska och termoelektriska principer.

1. Vid fotoelektrisk mätning används fotoelement, fotoceller eller fotomultiplikatorer. Dessa komponenter åldras emellertid snabbt och är dessutom mindre känsliga i det ultraviolette området. De används därför endast i mindre omfattning.
2. Vad beträffar åldringen är termostapeln, ett seriekopplat termoelement, betydligt säkrare. Genom ljusabsorption, oberoende av våglängd, blir elementet uppvärmt och alstrar därmed termoelektrisk spänning.

Dessa seriekopplade element finns i s k Pyrheliometer, vilken används utomhus för mätning av den totala strålningsenergin.

Nackdelen med denna metod är att den mäter den totala ljuspektralfördelningens intensitet. För mätning av enbart UV-delen av ett spektrum med denna metod måste våglängder inom det synliga och infraröda området filtreras bort och detta har hittills berett stora svårigheter. En annan nackdel med denna metod är att det behövs dyrbara anordningar för att mäta mycket svaga termospänningar.

3. En metod att kombinera fotoelement och en kemisk reaktion som orsakas av den i fotoelementet alstrade spänningen, tillämpas i Xenometer av Original Hanau. Den elektriska energin som alstras i ett åldringsbeständigt silicium-

fotoelement får passera ett elektrolysbad innehållande kvicksilverjodidlösning och kvicksilver som anod. Vid katoden fälls kvicksilvermetallen ut samtidigt som kvicksilver går ut i lösningen vid anoden. Mängden av utfällt kvicksilver är mått på den mängd ljusenergi som träffar fotoelementet.

## 6.2 Kemiska metoder (kemiska aktinometrar).

Dessa metoder grundar sig på väldefinierade, irreversibla och fullständiga reaktioner orsakade av absorption av elektromagnetisk strålning.

Vid dessa reaktioner aktiveras reagerande molekyler genom upptagande av kvanta. Enligt den fotokemiska ekvivalenslagen (Einstein 1912) är kvantutbyte, d v s antalet reagerande molekyler per absorberat kvantum = 1.

Oftast finner man dock avvikelser. Exempelvis kan en aktiverad molekyl avge energi innan den hinner reagera. Hos komplicerade molekyler kan det hända att någon del av molekylen, som inte deltar i reaktion absorberar ett kvantum. I sådana fall blir kvantutbytet mindre än 1.

Den kemiska aktinometri är en integrerande metod för strålningsmätning. Förutsättning för att denna metod kan användas är att strålningen som träffar aktinometern absorberas av denna och att den fotokemiska reaktionen som sker därefter är proportionell mot strålningen som träffar aktinometern. Det fordras att kvantutbytet  $Q$ , d v s antalet reagerande molekyler per absorberat ljuskvantum, skall vara konstant inom mätområdet. Genom val av lämpliga fotokemiska reaktioner och genom att anpassa koncentrationer av de i reaktionen ingående reaktionskomponenterna samt tjockleken av lösningen i kuvett, kan man åstadkomma kemiska aktinometrar för mätning vid olika våglängdsområden.



1. För mätning av UV-strålning mellan 200 och 500 nm används bl a känsliga detektorer bestående av fotografiska plattor. För tillförlitligt resultat krävs noggrann kontroll vid belysning och framkallning av det fotografiska materialet.

För mätning med 10 procents noggrannhet av UV-strålning rekommenderas papper som är behandlat med benzoazurin eller färglös trifenylmetan-derivater. Vid UV-ljusabsorption sker en färgförändring i papperet och med hjälp av standardprover kan man bestämma absorberat kvanta.

2. Som aktinometer används också svärtning av zinksulfid.
3. I meteorologin användes tidigare en metod som grundar sig på nedbrytning av aceton genom bestrålning med ljus med våglängd under 320 nm. Mängden nedbrytningsprodukter bestämdes sedan med hjälp av en färgindikator, metylenblått.
4. En mycket känslig aktinometer är den med malachitgrön-leukocyanid. Man kan med denna aktinometer mäta så låga energimängder som  $6 \cdot 10^{14}$  kvanta.
5. Dekafluorbenzofenon i isopropanol används också som kemisk aktinometer. Genom absorption av ljus i våglängdsområdet 290-370 nm sker en reduktion till dekafluorbenzohydrol, som kan bestämmas gaskromatografiskt. Ljuset får ej innehålla våglängder mindre än 290 nm, då annars kedjereaktioner kan förstöra proportionaliteten.
6. Inom textilprovning används vid ljusäkthetsprovning blåylleskala. Skalan består av ylleprover, som är färgade med åtta, olika ljusäkta, färger. Ur de enskilda ylleprovernas blekning kan man få ett relativt mått på den vid exponeringen absorberade strålningsmängden. Denna blåylleskala kan vid exponeringen påverkas av temperatur och luftfuktighet så att ordningsföljden av de enskilda ylleprovernas blekning kan bli omkastade.

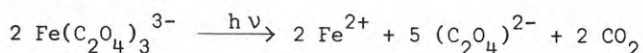


De åtta olika ljusäkta färgerna påverkas olika av olika spektralfördelningar, varför det är omöjligt att jämföra testresultaten från apparater med olika belysningskällor. Likaså är det omöjligt att jämföra resultaten från utomhus-test som påbörjas vid olika tidpunkter på året.

7. Uranyloxalat-aktinometer är en av de mest kända kemiska aktinometrar för mätning av UV-ljusets strålning. Den bildade oxalsyran är mått på det absorberade UV-ljusets energi. Mängd oxalsyra bestäms genom titrering med permanganat vid 80°C och svag belysning. Denna metod är standardmetod enligt ASTM D 749-43T för kontroll av belysningskälla vid provning av gummimaterial. Metoden har även använts av Eastman Company, Tennessee, för mätning av ljusmängd vid utomhusexponering.

På senare tid har man genom fotometriska och gaskromatografiska metoder förenklat bestämningen av oxalsyra.

8. Som lätthanterlig och tillförlitlig UV-aktinometer är också den sedan länge kända fotoreduktionen av kaliumjärn(III)-oxalat i svavelsyra. Genom absorption av UV-strålning inom våglängdsområdet från ca 250 till 450 nm reduceras järn(III)-jonen till järn(II)-jon enligt reaktionsformeln



Den bildande järn(II)-jonen överförs därefter till färgkomplexet Fe(II)-1.10-fenantiolin som fotometriskt vid 510 nm kan bestämmas kvantitativt.

Denna fotoreaktion har rekommenderats som en känslig precisionsaktinometer för bestämning av UV-strålning.

Med hjälp av varierande filterglas kan dessa aktinometrar användas för mätning av olika UV-våglängdsområden. Även Cu- och Co-saltlösningar av olika koncentrationer har använts i stället för filterglas.

Järnoxalataktionmetern lämpar sig också för mätningar av strålning från mycket smala områden av ett spektrum.

## 7 EVALUERINGSMETODER

När ett material har åldrats i ett test måste graden av nedbrytning på något sätt bestämmas och helst bör naturligtvis evalueringsmetoden ge utslag för sådana egenskaper som påverkar materialets användbarhet i praktiken. Valet av evalueringsmetod har ofta mycket stor inverkan på testresultatet och kan t ex helt omkasta rangordningen mellan material om olika egenskaper väljs. Den enklaste metoden är att bara visuellt besiktiga proven, vilket har fördelen att vara en snabb och icke förstörande metod. Förutom de uppenbara nackdelarna med den mänskliga faktorn ger metoden bara upplysningar om förändringar på ytan, vilket emellertid åtminstone tidigare ansågs tillräckligt för färg.

Bland evalueringsmetoderna märks särskilt: mekaniska provningar, viktsförlust, viskositet, vattenupptagning, kemiska förändringar, glans, kulör, blåsbildning och korrosionsbeständighet.

Mekaniska provningar ger ofta nödvändiga upplysningar om sådana egenskaper hos material som är väsentliga för deras praktiska användningstid. Eftersom provningarna är förstörande krävs ett mycket stort antal provkroppar om åldringen av ett material skall följas under en lång tid. De vanligast mätta mekaniska egenskaperna hos plast är brottöjning och draghållfasthet. Andra viktiga egenskaper är rivhållfasthet, hårdhet, böjfasthet, tryckhållfasthet. På färg mäts oftast slagfasthet och vidhäftning.

För vissa plaster ger viktsförlust, viskositet och vattenupptagning intressanta upplysningar, men dessa egenskaper används sällan ensamma som kriterier på åldring. Kritning har ofta använts för att uppskatta graden av åldring hos färg, men detta har kritiserats, dels på grund av svårigheten att uppskatta graden av kritning, dels uppträder kritning först sedan en betydande mängd bindemedel försvunnit. Vid provningar i W.O.M. där proven vattengjuts eller utomhus där det regnar kan graden av erosion inte bestämmas genom kritning eftersom pigmentpartiklarna tvättas bort. Man har därför ansett (U2) att bestämning av viktsförlust hos färgskiktet ger snabbare och säkrare resultat.

Kemiska förändringar hos ett material kan bestämmas genom NMR, IR- eller UV-spektroskopi. En svårighet är att kemiska förändringar ofta är svåra att relatera till förändringar av materialets praktiska egenskaper. IR-spektroskopi används således mest på vissa särskilt lämpade material som polyeten där tillväxten av karbonylbandet ( $1720 \text{ cm}^{-1}$ ) följs (S7, P21, T4). På senare tid har den vanliga IR-tekniken förbättrats genom införandet av ATR (attempted total reflectance). NMR, kärns핀- resonans, ger utslag för protoner och ger därför information om hur väteatomer är bundna till kolkedjan eller funktionella grupper i polymermolekylen. NMR kan inte användas på torra färgskikt.

För genomskinliga plaster och lacker ger transmission av synligt ljus information om mörkning och repor. Elektriska egenskaper är sällan av särskilt stort intresse utom för elektriskt isolatormaterial, men impedansen kan användas för att bestämma åldring hos färg (D1).

Förändringar på ytan av material är oftast väsentliga och för färg alltid avgörande. Tidigare har man ofta nöjt sig med en visuell bedömning av ytan, vilken man numera kompletterar med instrumentella mätningar. En viktig egenskap hos ytor är glansen som mäts med en glansmeter som mäter reflektionen i olika vinklar  $20^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$  och  $85^\circ$ . Kulörförändringar bestäms antingen genom jämförelse mellan proven och någon standard eller instrumentellt med t ex "tristimulus colorimeter". För vita och ofärgade material är gulning en viktig åldringsegenskap. Vid noggrannare studier av ytan används mikroskop eller elektronmikroskop. Vid undersökningar av åldringen hos material har huvudsakligen svepelektronmikroskop (SEM) kommit till användning. Djupet av nedbrytningen kan bestämmas med SEM genom att ytan successivt slipas av. Det är oftast svårt att få kvantitativa mått med elektronmikroskop, varför de mest används för forskningsändamål. För färg utgör blåsbildning och korrosion av underliggande material väsentliga egenskaper som uppskattas visuellt. En ny metod att mäta ytförändringar är ERA (evaporate rate analysis) där avdunstningen av ett radioaktivt preparat från ytan analyseras. Metoden är snabb och användbar på både plast och färg. Våtvinkel-mätningar med olika vätskor ger också information om ytförändringar.

8 MATEMATISKA MODELLER FÖR EGENSKAPSFÖRÄNDRINGAR  
OCH KORRELATION MELLAN OLIKA ÅLDRINGSMETODER

Ett mycket stort antal data har insamlats om åldring av plast och färg. både för accelererad och naturlig åldring. Man har därför försökt uppställa modeller för åldringen och för korrelation mellan naturlig och accelererad åldring. Huvudsyftet är att efter relativt kort tid kunna dra slutsatser om hur ett material skulle påverkas under längre tid, antingen genom att extrapolera egenskapsförändringar eller genom att fastställa hur många timmar accelererad åldring som motsvarar t ex ett år utomhus. Vid anpassningen av de teoretiska kurvorna till de experimentella tas i allmänhet datorer till hjälp. Svårigheten att använda sig av matematiska modeller inom detta område är att en modell oftast endast är giltig för en viss egenskap hos ett visst material. Några försök till mer allmängiltiga modeller anges här.

Kemiska förändringar i ett material kan beskrivas i en modell av följande typ (R10):

$$Y = A (1 - e^{-kt})$$

Y = reaktionsprodukternas koncentration (vid tiden t)

A = reagensets ursprungskoncentration

t = tiden

k = avtagskonstant

Ändringar i egenskaper beskrivs av Kamal (Q25) genom ekvationen

$$Y = Ae^{B(t - C)}$$

Y = egenskapsvärdet vid tiden t

A, B och C = konstanter

För rödreflektion hos färger fann Daiger & Madson (M9) följande sammanhang:

$$Y = k - Ae^{-Bt^2}$$

Y = rödrelektion vid tiden t

A, B och k är konstanter

I en modell av Weibull ger egenskapsvärde som funktion av variabler i vädret för utomhusåldring.

$$b_i = C_{ij} \cdot W_j$$

där  $b_i$  = egenskaper

$W_j$  = vädervariabler

$C_{ij}$  = konstanter

t ex

$$b_i = C_i + C_{iL}L + C_{iU}U + C_{iH}H + C_{iR}R + C_{iT}T + E_i$$

L = langleys (totalstrålningens energi)

U = UV-strålningen (Coblentz langleys)

H = relativ luftfuktighet

R = nederbörden

T = temperaturen

E = restvariation

För att slippa problem med sorter standardiserar man vädervariablerna

$$W = \frac{W^1 - \bar{W}}{S}$$

W = standardiserad vädervariabel

$W^1$  = betraktad vädervariabel

$\bar{W}$  = genomsnittsvärde för vädervariabeln under observations-tiden

S = standardavvikelse

Leikina et al (R18) har ställt upp en liknande modell där även vädervariablernas samverkan undersöks för accelererad åldring.

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_4 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + \\ B_{14}X_1X_4 + B_{23}X_2X_3 + B_{24}X_2X_4 + B_{34}X_3X_4$$

Y = studerad egenskap

$X_1$  = strålningsintensitet på provytan

$X_2$  = yttertemperaturen på provet

$X_3$  = besprutningstiden under 60 minuter

$X_4$  = testtiden

Också här gjordes en ansats för att få dimensionslösa storheter.

$$X_i = \frac{X_i - X_{0i}}{X}$$

$X_i$  = den ovan angivna variabeln

$X_i$  = naturliga värdet av variabeln

$X_{0i}$  = naturliga värdet av mitten av experimentet

X = naturliga värdet på variationsintervallet

En enkel modell för korrelering av utomhustest med accelererade test har föreslagits av Howard & Gilroy (P12).

$$t_a = B + t_n^k$$

$t_n$  = tid i år i utomhustest

B, k = konstanter

En modell för hållfasthetsminskning har presenterats av Singleton & Cook (P11).

$$L = b_0 + b_1E + b_2E^2$$



$E$  = ackumulerad exponering

$L$  = styrkeförlust

$b_0$ ,  $b_1$  och  $b_2$  = konstanter

Verdu (T4) har uppställt en modell för korrelering av en mekanisk egenskap (brottöjning) med en optisk (optisk densitet vid  $1720 \text{ cm}^{-1}$ ) för polyetylen.

$$\frac{\epsilon}{\epsilon_0} = A \frac{DO}{e} + B$$

$\epsilon$  = brottöjning vid tiden  $t$

$\epsilon_0$  = brottöjning vid tiden  $t = 0$

$e$  = tjockleken

$A$  och  $B$  = parametrar

$DO$  = optisk densitet vid  $1720 \text{ cm}^{-1}$

Saxon & Kamal (M18) ger en modell där mätvärdet av en fysikalisk storhet  $P$  kan skrivas

$$P_j = F_j (C, b_j, t)$$

där  $C$  = temperaturen

$b_j$  = konstant

$t$  = tiden

I ett speciellt test i en W.O.M. beskrevs förändringen sålunda

$$\ln P = B_0 + B_1 (t - 250) + B_2 (I - I^0)$$

$P$  är förändringen hos en egenskap

$t$  är exponeringstiden

$I$ ,  $I^0$  är den tillfälliga och genomsnittliga bestrålningsintensiteten respektive

Om  $I$  och  $I^0$  är ungefär lika kan formeln förenklas till



$$\ln P = b_0 + b_1 (t - 250)$$

$b_0$  och  $b_1$  har formen

$$b = C_0 + C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + C_{12} X_1 X_2 + C_{13} X_1 X_3 + C_{23} X_2 X_3 + \\ C_{11} X_1^2 + C_{22} X_2^2 + C_{33} X_3^2$$

med  $X_1 = (1/T - 0,03194 \cdot 10^{-2}) / 0,7073 \cdot 10^{-4}$

$$X_2 = (W - 0,975) / 6$$

$$X_3 = (F - 24,5) / 10$$

$C_{ij}$  = konstanter

där  $T$  är den absoluta temperaturen i  $^{\circ}\text{K}$

$W$  är tiden för den våta delen av cykeln i minuter

$F$  är den del av cykeln, mätt i %, som provet är fuktigt.

## 9 STANDARDER

## 9.1 Standard för utomhusåldring

ASTM D 1435-69 recommended Practice for: Outdoor Weathering Of Plastics. Standarden är avsedd för alla storlekar och former av provföremål, både för hela föremål och för utskurna delar av större föremål. Standarden är avsedd för provning i den tempererade zonen. Testplatsen skall vara öppen (ställningarna får inte heller skugga varandra) och ha en icke-reflekterande yta (gräs eller i öken, sand). Provkropparna skall monteras på ställningar så att de är vända mot ekvatorn (för vissa fall dock från ekvatorn) och sitter horisontellt, vertikalt eller lutar  $45^{\circ}$ . Det nedersta föremålet på ställningen skall vara minst 760 mm över marken. En aluminiumlegering har visat sig lämplig som material i ställningarna (de får inte korrodera och skall inte vara ytbehandlade). Provkropparna skall i allmänhet inte vara täckta på baksidan. Provkroppshållarna skall tillåta dimensionsändringar hos föremålen. Kontrollexemplar skall förvaras i konstantrum under mörker. Ett fast system för rengöring, visuell inspektion och provtagning skall följas. Rapporten skall bl a innehålla: exponeringsvinkel, provkropparnas orientering, exponeringstid och datum för utsättande och intagande, klimat på exponeringsplatsen (nederbörd, procent soltimmar, extrem- och medeltemperatur, extrem och medelfuktighet samt väderstationens placering i förhållande till exponeringsplatsen) och om möjligt solenergidata.

ASTM D 1014-66 Standard Method of: Conducting Exterior Exposure Tests Of Paints On Steel. Testpanelerna skall utgöras av förrostat varmvälsat stål som rengjorts med stålborste eller rent kallvälsat stål. Som material för provställningarna är målat trä lämpligt (om metallställningar används måste panelerna isoleras elektriskt). Proven skall sitta vertikalt eller luta  $45^{\circ}$  och vara vända antingen mot söder eller mot norr. Proven skall evalueras med avseende på blåsbildning, kritning och korrosion.

ISO/ 877-1976 Plastics - Determination of resistance of plastics to colour change upon exposure to daylight.

Proven exponeras under glas.

ISO/R 2810-1974 Paints and varnishes - Notes för guidance on the conduct of natural weathering tests.

DIN 53388 Prüfung von Kunststoffen, Bestimmung der Lichtechtheit gegenüber Tageslicht.

## 9.2 Standard för accelererad åldring

ASTM G 23-69 Recommended Practice för: Operating Light- And Water-Exposure Apparatus (Carbon Arc Type) For Exposure Of Nonmetallic Materials. Exempel på 12 olika apparater och deras viktigaste funktioner anges. "Black panel" termometern beskrivs. Vattnet som sprutas på proverna skall ha ett pH mellan 6,0 och 8,0 och ha en temperatur av  $16 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

En besprutningscykel på 102:18 (102 minuter med bara ljus och 18 minuter med både ljus och eller vatten anges som lämplig. "Black panel" temperaturen skall vara  $63 \pm 5^{\circ}\text{C}$  under den ljusa och torra perioden och  $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$  under den mörka perioden och luftfuktigheten  $50 \pm 5\%$  respektive  $95 \pm 4\%$ . Filter skall rengöras varje dag och bytas efter 2000 h. Rapporten skall bl a innehålla: typ av apparat, typ av ljuskälla, ålder på filter, flödestäthet på panelerna, spektral strålning på panelerna ( $\text{W}/\text{m}^2 \mu\text{m}$ ), exponeringstid, besprutningscykel, "black panel" temperatur, relativ fuktighet, kvaliteten på vattnet, typ av spraymunstycke, schema för provernas omflyttning.

ASTM G 26-70 Recommended Practice for: Operating Light- And Water-Exposure Apparatus (Xenon Arc Type) For Exposure Of Nonmetallic Materials. Två typer av lampor anges vattenkylda (effekt: 2500 eller 6000 W) och luftkylda (effekt: 1500 eller 4500 W). Alla lamporna skall bytas ut efter 1500 timmar utom den på 6000 W som kan användas under 2000 timmar. De yttre filtren skall bytas efter 2000 timmar. Effekten på lamporna skall höjas efter bränntidens längd. Testpanelerna skall omflyttas

varje dag. Trumman skall rotera  $1 \pm 0,1$  varv/minut. Apparaterna går kontinuerligt varför någon mörk period inte läggs in. I övrigt används samma cykel, temperaturer, fuktighet och vatten som i ASTM G 23-69. Rapporten innehåller samma punkter som i ASTM G 23-69.

ASTM D 1501-71 Standard Recommended Practice for: Exposure Of Plastics To Fluorescent Sunlamp. Apparaten skall vara utrustad med 5 fluorescerande sollampor. Proven skall rotera 30-40 varv/minut. Provningsen kan utföras vid rumstemperatur ( $21-25^{\circ}\text{C}$ ), vid förhöjd temperatur ( $55-60^{\circ}\text{C}$ ) eller vid förhöjd temperatur och avbrott för förvaring i dimmkammare sammanlagt 4 timmar varje dygn.

ASTM D 2565-70 Standard Recommended Practice for: Operating Xenon Arc-Type (Watercooled) Light- And Water-Exposure Apparatus For Exposure Of Plastics. Apparaterna och skötsel föreskrifterna är desamma som i ASTM G 26-70 men två provningsmetoder anges varav metod B ger det mest reproducerbara resultatet.

Metod A. Lampa och filter skall vara brända inte mindre än 100 timmar och inte mer än 1000 timmar. Det inre filtret skall bytas var 250:e timme. Allt eftersom lampan åldras höjer man effekten på den.

Metod B. När provningen igångsätts sätts en ny lampa (åldrad 100 timmar), ett nytt innerfilter (åldrat 20 timmar) och ett nytt ytterfilter (åldrat 100 timmar) in. Lampans effekt hålls konstant under hela provperioden som omfattar 1000 timmar. Det inre filtret byts var 250:e timme. Rapporten skall innehålla de punkter som anges i ASTM G 26-70 och dessutom skall proceduren (metod A eller B) och utseendet på proven anges.

B.S. 3900: Part F3:1966

British Standard Methods Of Test For Paints Part F3 Resistance To Artificial Weathering (enclosed carbon arc). Apparaten skall vara utrustad med en roterande trumma (1 varv/20 minut), en innesluten kolbågslampa (effekt 1600 W) som är placerad excentriskt

i förhållande till trumman, anordning för vattenbesprutning av panelerna och en ventilationsfläkt. Panelerna skall luta 10-15° från vertikalen så att hela panelen träffas av samma ljusintensitet. När besprutningsanordningen är i funktion besprutas panelerna en gång under varje varv. Panelerna utsätts för följande 24 timmars cykel.

4	timmar	med	besprutning	på	och	fläkten	av
2	"	"	"	"	av	"	"
10	"	"	"	på	"	"	av
2	"	"	"	av	"	"	på
5	"	"	"	på	"	"	av

I timme är apparaten avstängd för byte av kol och rengöring. Var 7:e dag torkas och undersöks panelerna.

ISO/R 878-1968 Plastics - Determination of resistance of plastics to colour change upon exposure to light of the enclosed carbon arc. Standarden avser apparat som saknar anordning för vattenbesprutning av proverna.

ISO/R 879-1968 Plastics - Determination of resistance of plastics to colour change upon exposure to a xenon lamp.

Standarden avser apparater utan anordning för vattenbegjutning av proverna.

ISO 2809-1976 Paints and varnishes - Determination of light fastness of paints for interior use.

DIN 53389 Prüfung von Kunststoffen, Bestimmung der Lichtechtheit gegenüber Xenonbogenlicht.

### 9.3 Standard för evalueringsmetoder

Färg:	SIS	ASTM	ISO
Vidhäftning	184172	D2197	2409
Glans	184184	D523	2813
Hårdhet	184186	D1474	1522
Krakelering	184195	D661	
Kritning	184197	D659	
Blåsbildning	184193	D714	
Korrosion	185111	D610	

Plast:	ASTM	ISO
Kulörskillnad	D2244	
Gulning	D1925	
Glans	D523, D2457	
Transparens	D1746	
Styvhet	D747	
Hårdhet	D785	2039
Rivningsmotstånd	D1004	
Dimensionsändringar	D1042	
Böj- och sträckegenskaper	D638	R527



11. Referenser

- A
1. Trewartha, G. T., An introduction to weather and climate, ed. 2 New York and London, Mc Graw-Hill 1943
  2. Thornwaite, C. W., Geographical Revue 21 s. 633 - 655 (1931)
  3. Thornwaite, C. W., Geographical Revue 23 s. 433 - 440 (1933)
  4. Pettersen, S., Introduction to meteorology, Mc. Graw-Hill New York (1941)
  5. Houwink, R., Elastomers and Plastomers 1 s. 196, New York Elsevier Publishers, Inc. (1950)
  6. Mark, H. & Tobolsky, A. V., Physical chemistry of high polymeric systems. New York 1950. s. 15 Interscience Publishers Inc.
  7. Haynes, B. C., ASTM Special Technical Publications 87 No. 133 (1952)
  8. Fitzgerald, E. B., ASTM Bulletin 65 No. 207 (1955)
  9. Kuhn, W., Ber. 63, s. 1503 (1930)

- B(1956) 1. Elm, A. C., Principles of paint testing. Official Digest (september 1956)
2. Knuteson, J., Extender pigments in blister-resistant house paints, Official Digest (november 1956)
- C(1957) 1. Rabe, P., Zur Frage der Bestimmung der Lichtecktheit; Reyon, Zellwolle und andere Chemiefasern nr (12 december 1957)
2. Marshall, N. J., Official Digest 29 No. 391
- D(1958) 1. Shaw, P & Twiss, S. B., Impedance measurement applied to organic coatings, Official Digest (Juni 1958)
2. Toepffer, H., Der Xenobrenner XE 1500 als Strahlungsquelle für Lichtecktheitsprüfungen, Melliand Textilberichte 39 (Nov. 1958)
3. Bosch, W., Leadbetter, A. N., Tofte, R. M., Outdoor and weather-ometer exposure of free paint films, The San Fransisco meeting april 1958 18 No. 1
4. Burger, J. H., A comparison of methods of evaluating exterior natural finishes, Forest products journal 8 (okt. 1958)

- E(1959) 1. McMahon, W. et al., Journal of Chemical Engineering  
Data 4 No. 57
2. Coleman, R. A., Modern Plastics 36 No. 117

- F(1960) 1. Saare, E., Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av  
plast, Teknisk Tidskrift 1960 No. 32
2. Caryl, C. R. & Helmick, W. E., US Pat. 2.945.417 (1960)
3. Caryl, C. R., ASTM Bulletin 243 No. 55

- G(1961)
1. Fahrenfort, J., Attenuated total reflection, Spectrochimica Acta 17 s. 698-709.
  2. Scarbrough, A. L., Prediction of the weathering Life of vinyl plastics, SPE RETEC 15/11 1961 New York 1961
  3. Hilliard, D. & Srail, R., Measurement of polymer resistance to U V degradation with the infrared spectrophotometer, Official Digest (sep. 1961)
  4. Jaffe, H. L. & Fickenscher, J. H., Stress strain measurements as correlated with natural exterior exposures on new wood official Digest (mars 1961)
  5. Stephenson, C. V. et al. Journal of polymer science 55 s.451
- H(1962)
1. Shcherbakov, V. M., Weathering resistance of laminated structural materials with light sandwich plies, Soviet plastics (1962) 12
  2. Melchore, J., Industrial Engineering Chemistry Production Research Development 1 s. 232
  3. Garner, B. L. & Papillo, P. J., Industrial Engineering Chemistry Production Research Development 1 s. 249
  4. Gardner, H. A., & Sward, G.G., Paint Testing Manual 12 s.262-263

- I(1963)
1. Toepffer, H., Das Xenotestgerät 150 und die Prüfung der Lichtechtheit gemäss ISO Tentative Test Document 381, Melliand Textilberichte 8/1963
  2. Ellinger, M., Accelerated natural weathering tests; Paint Technology 27 No. 12
  3. Neville, Y. H. J. JOCCA 46 s. 753
- J(1964)
1. anonym, Nature and elements of weather, Materials in design engineering, Jan. 1964
  3. RIBA feasibility study panel, Plastics in building: information, fire performance and weathering, Reinforced Plastics 9 (Nov 1964)
  4. Beaudot, J. E., Film break-through promises protection from weathering, Canadian Plastics No. 12 (Dec. 1964)
  5. Raven, D.A.S. & Sisley, J. E. Chemical Reactions of Polymers, Interscience Publishers, New York
  6. Caryl, C. R. & Rheineck, Official Digest 36 No. 481

- K(1965)
1. Shelton, H. A., The development of an accelerated weathering test for motor vehicle finishes. Transaction of the Institute of metal finishing 43 s. 179 - 185.
  2. Thomas, C. R., Some aspects of heat resistant polymers. British Plastics 38 No. 1
  3. Vancsó-Semericsányi, I. & Paulik, J., Zur termischen Stabilität von Polyesterharzen, Kunststoffe 55.No. 11
  4. Pugh, D. M. & Davis, B. I. D., High temperature plasticizers for PVC. Plastics 30 No. 328
  5. Huth, R., Wärmebeständiges PVC, Kunststoffe 55 No. 5
  6. Blaschke, F., Fortschritte auf dem Weichmachergebiet, Kunststoffe 55 No. 5
  7. Mathews, D. H., Colwill, D. M., Yüge, R., Adhesion tests for bituminous materials, Journal of applied chemistry 15 (sep.1965)
  8. Collins, J. F., The colour temperature of daylight, British journal of applied physics 16 s. 527 - 532
  9. Woebcken, W., Der heutige Stand der Prüf- und Verarbeitungstechnik, Kunststoffe 55 No. 7
  10. Fischer, H., Radikalische Vorgänge bei der Alterung von Kunststoffen, Kunststoffe 55 No. 5
  11. Brindley, S. H., The weather resistance of glass reinforced polyester sheeting, British Plastics 38 No. 4
  12. Moncrieff, R. W., Light stabilization of polypropylene, Plastics 30 No. 328
  13. Novacki, L., An evaluation of various weather-ometers for determining the service life of organic coatings, Official Digest 37:No. 490
  14. Singleton, R. W., Kunkel, R. K., Sprague, B. S., Factors influencing the evaluation of actinic degradation of fibers, Textile Research Journal 35 No. 3



- K(1965) 15. Saffran, G. & Schienbein, S., Die Alterung von Gummi unter Strahlungseinflüssen, jedoch bei Ausschluss von Ozon, Plaste und Kautschuk 12 No. 12
16. Informationsbroschyr från British Titan Products Co. Ltd, Measuring durability
17. Weichert, D. & Bühler, K., Über die Eindringtiefe der Alterung in Plaste bei natürlicher Bewitterung, Plaste und Kautschuk 12 No. 11
18. Culbertson, B. J., Silicone maintenance paints win over weather, Paint and varnish production (okt. 1965)
19. Searl, N. Z. & Hirt, R. C. J. Opt. Soc. Am. 55 s. 1413

- L(1966)
1. British standard methods of test for paints, Part F3  
Resistance to artificial weathering (enclosed carbon arc),  
13.S.3900:Part F3:1966
  2. Vollmert, B., Wärmebeständige Polymere, Kunststoffe 56 No. 10
  3. Jedlinski, Z. & Zagajewska, E., Über ungesättigte Polyester  
mit erhöhter Wärmebeständigkeit, Kunststoffe 56 No. 9
  4. Bell, K. M. & McAdam, B. W., Chlorinated parafins as fire  
retardant additives, Plastics 31 No 349
  5. Nowak, P. & Saure. M., Über Peroxyd-vernetztes Hochdruck-  
Polyäthylen, Kunststoffe 56 No. 6
  6. Patrick, R. L. & Layne, W. S., Interfacial interaction in  
composite structures. The role of water. SPI Reinforced  
Plastics Division 21:st annual technical conference proc.  
section 13-A
  7. anonym. EPDM- det väderbeständiga syntetgummit Plastvärlden  
16 No. 5
  8. Jahn, H., Über die thermische Alterung von Epoxidharzform-  
stoffen auf der Basis von Dian und Tetrabromdian, Plaste und  
Kautschuk 13 No. 5
  9. Hoffman, K. & Luttrupp, H., Lichtbeständigkeitsmessungen an  
hellen Gummimischungen..., Plaste und Kautschuk 13 No. 5
  10. anonym, Neuere Erkenntnisse und Ergebnisse auf dem Gebiet der  
Copolymeren und Polymergemische, Kunststoffe 56 No. 8
  11. Gähde, J. & Wende, A., Infrarotspektroskopische Untersuchungen  
zum Problem der Glasfaser-Harz-bindung, Plaste und Kautschuk  
13 No. 1
  12. Schienbein, S., & Bachmann, H.-J., Der zentrale Bewetterungs-  
stand der Gummiindustrie am Geophysikalischen Observatorium  
Collm, Plaste und Kautschuk 13 No. 4
  13. Martin, K. G., Campbell, P. G., Wright, J. R., Xenon and  
carbon arc weatherometers compared, NBS Technical News  
Bulletin (Jan. 1966)
  14. Stieg, F., Accelerating the accelerated weathering test,  
Journal of Paint Technology 38 No. 492

- L(1966)
16. Papenroth, W. & Bohmann, Th., Einige Erkenntnisse aus der Kurzbewitterung, Fette, Seifen, Anstrichmittel 68 No. 2
  17. Bengtsson, O., Åldring av gummi och åldringsskyddsmedel, Plastvärlden 16 No. 7-8
  18. Fullard, J. E., Twenty years of laboratory accelerated weathering of paints in South Africa, VIII<sup>e</sup> Congrès Fatipeç
  19. Edwards, D. L., von Bramer, P. T., Trent, P. J., Curtis, L. G., Weather resistance of polyester resins, Plastics 31 No. 346
  20. Calvert, J. G. & Pitts, J. N., Photochemistry John Wiley and sons New York (1966)

- M(1967)
1. Clark, J. E. & Harrison, C. W., Accelerated weathering of polymers: Radiation, Applied polymer symposia No.4 s.97 - 100
  2. Thomas, C. R. & Briscall, H., Chemical constitution and properties of cellular plastics, British Plastics 40 No. 8
  3. King, A., Protection of polymers from ultra violet light, Plastics 32 No. 360
  4. Morris, A. C. & Whittal, A. G., Plastics crates material-design-manufacture, Plastics 31 No. 352
  5. Stanton, J., Evaluation of the "Dew cycle" method of accelerated testing, Journal of Paint Technology 39 No. 514
  6. Martin, K. & Rolles, R., Durability of precoated aluminium products, Journal of Paint Technology 39 No. 510
  7. Berg, C., Jarosz, W., Salathe, G., Performance of polymers in pigmented systems, Journal of Paint Technology 39 No. 510
  8. Benesch, W., Coil Coatings, Journal of Paint Technology 39 No.510
  9. Daiger, W. & Madson, W., Chalk-fade evaluation of pigmented finishes by use of instrumentation and computer analysis, Journal of Paint Technology 39 No. 510
  10. Price, T. R. & Fox, R. B., Surface effects in the photodegradation of polymer films, Naval Research Laboratory Report 6563 (5 juli 1967)
  12. Putscher, R. E., Test program on durability of aircraft coatings, AD 65 47 43
  13. Newland, G. C. & Tamblin, J. W., Actinometry of sunlight at Kingsport, Tennessee, Applied Polymer Symposia No. 4 s.119 - 129
  14. Ellinger, M., Accelerated testing of the durability of paints, The Australian Paint Journal (mars 1967)
  15. Schäffer, V., Accelerated light exposure in the Xenotest:..... Applied polymer symposia No. 4
  17. Martinovich, R. J. & Hill, G. R., Practical approach to the study of polyolefin weatherability, Applied polymer symposia No. 4 s. 141 - 154
  18. Kamal, M. R. & Saxon, R., Applied Polymer Symposia No.4 s. 1-28

M(1967) 19. Kennedy, R.J. & Beardsley, H.P., Annual Symposium of  
the Pacific Northwest Society for Paint Technology  
6 Mai 1967

- N(1968)
1. Grünsteidl, W., Anwendungstechnische Erfahrungen mit neuen temperaturbeständigen Kunststoffe 58 No. 11
  2. Menges, G. & Hesselt, F., Beitrag zum Alterungsverhalten von glasfaserverstärkten Kunststoffen. Teil 2. Värmealterung, Kunststoffe 58 No. 8
  3. Blackwell, R. & Carey, R., A modified Ke torsional pendulum for stress and strain relaxation measurements. Journal of Scientific Instruments (okt. 1968) Series 2. 1.
  4. Boboev, T. B., Regel, V. R., Sanfirova, T. P., Chernyi, N. N., Effect of ultraviolet radiation on the life of stressed polymers under vacuum and in air. Polymer mechanics 4 No. 4
  6. Menges, G. & Hesselt, F., Beitrag zum ... Teil 1. Einfluss von natürlicher und künstlicher Bewitterung, Kunststoffe 58 No.7
  7. Skledar, S., The aging of some pigmented polymeric films, Journal of Polymer Science. Part C Polymer Symposia No. 16:6
  8. Franck, A., Die Beständigkeit von Kunststoffen gegen Bewitterung, VDI-Zeitschrift 110 No. 15
  9. Crowder, J. R. & Matthan, J., Weathering of plastics. Plastics 33 No. 372
  11. Shimada, J. & Kabuki, K., The mechanism of oxidative degradation of ABS resin. Part I. The mechanism of thermooxidative degradation. Journal of applied polymer science 12 s. 655 - 669
  12. Shimada, J. & Kabuki, K., The mechanism ... Part II. The mechanism of Photooxidative degradation. Journal of Applied Polymer Science 12 s. 671 - 682
  13. Algra, E. A. H. & v.d. Beck, M. H. B., Einflüsse der natürlichen bzw. künstlichen Alterung auf das mechanische Verhalten glasfaserverstärkten Kunststoffe, Kunststoffe 58 No. 12
  14. Reichert, Vorschlag zur Messung der Klimadaten bei Freibewitterungsversuchen
  16. Alt, B., Erfahrungen beim Bewittern von ungesättigten Polyesterharzen Kunststoffe 58 No. 12



- N(1968) 17. Williams, B. L. & Weissbein, L., Torsional braid analysis of antioxidant activity in elastomer systems. I. Initial studies. Journal of Applied Polymer Science 12 s. 1439 -1447.
18. Bullet, T. R. JOCCA 51 s. 894

- V(1969)
1. Alt, B., Einfluss der Luftinhibierungen während des Nachhärtens auf die eigenschaften ungesättigter Polyesterharze, Kunststoffe 59 No. 12
  2. Zorll, U., Zusammenhänge zwischen molekularen Struktur von Anstrichstoffen und ihren Gebrauchseigenschaften bei Temperaturänderungen, Farbe und Lack 75 No. 2
  3. Zilvar, V., Das Kriechverhalten von glasfaserverstärkten Polyesterharz-Laminaten bei Freibewitterung, Kunststoffe 69 No.12
  4. Anderson, J. L. & O'Connel, E. P., ERA-applied to thermoset automotive acrylic enamels, American Chemical Society div. of Organic Coatings and Plastic Chemistry. The New York Meeting 29 No. 2 (sep. 1969)
  6. Stedman, H. F., Some observations on the weatherability of rigid PVC and other plastic materials, SPE Technical papers V. XV 27:th annual technical conferens (maj 1969)
  7. Dorst, H. G. & Plueger, R., Long-term properties of reinforced nylon 6 and nylon 6.6, SPE Technical papers V XV 27:th annual technical conferens (maj 1969)
  8. Lorenz, H. & Feuerherdt, B., Vergleichende Betrachtungen der Freilager und Wetterkurzprüfung am Beispiel einiger Korrosionsschutzgrundierungen Plaste und Kautschuk 16 No. 11
  9. Kaufmann, G., Organische Pigmente für Kunststoffe, Plastverarbeiter 20 No, 7
  10. Heitz, E., Abgekürzte Bewitterungsversuche mit unterschiedlichen Polyester-Beschichtungen, Plastverarbeiter 20 No. 7-9
  11. Singleton, R. W. & Cook, P.A.C., Factors influencing the evaluation of actinic degradation of fibers Part II Refinement of techniques for measuring degradation in weathering, Textile Research Journal 39 No. 1
  12. Howard, J. B. & Gilroy, H. M., Natural and artificial weathering of polyethylene plastics, Polymer Engineering Science 9 No. 4

- P(1969) 13. Algra, E. A. H. & v.d. Beek, M. H. B., Einflüsse der natürlichen bzw künstlichen Alterung..., referat i Gummi. Asbest. Kunststoffe 22 No. 8
15. Thinius, K., Schröder, E., Helmstedt, M., Mische, W., Bewitterungseffekte an PVC-weich-Folien II Bildung Lokalisierter Abbauzentren auf PVC-weich..., Plaste und Kautschuk 16 No. 10
16. Khozin, V. G. & Voskresenskii, V. A., Ageing of hardened epoxy resins, Soviet Plastics 1969 No. 6
17. Timokhina, S. V., Chizhov, Yu. P. Lantukh, L.V., Atmospheric resistance of high impact polystyrene, Soviet Plastics 1969 No.5
18. Dement'ev, A. G., Nevskii, L. V., Tarakanov, O. G., Filimontsev, V. E., Atmospheric resistance of polyurethane foams, Soviet Plastics 1969 No. 6
19. Reprintseva, G. F., Zabara, M. Ya., Slitenko, N. Ya., Atmospheric ageing of high impact polystyrene which has been reprocessed, Soviet Plastics 1969 No. 2
20. Kelleher, P. G., Boyle, D. J., Miner, R. J., Photooxidation and outdoor aging of ABS plastics, Am. Chemical Soc. Div. Org. Coatings, plastic chem. 29 No. 2
21. Winslow, F. H., Matreyek, W., Trozzolo, A. M., Weathering of polyethylene, Am. Chemical Soc. div. polymer chemistry 10 No. 2
22. Coffino, M., Mechanism and control of efflorescence through paint films, Journal of Paint Technology 41 No. 538
23. Hensley, W. L., Effect of undercuring on durability of siliconized polyester enamels with..., Journal of Paint Technology 41 No. 539
24. Billmeyer, F. W. & Davidson, J. G., A research spectrogoniometer Journal of Paint Technology 41 No. 539
25. Verdu, J., La spectrophotométrie infrarouge dans l'étude de la stabilisation du PVC, Plastiques Modernes et Elastomères 21 No. 7

- P(1969) 26. Vesely, R., Janys, F., Verdu, J., Chatain, M., La degradation des polymères influence des contraintes mecaniques, *Plastiques Modernes et Elastomères* 21 No, 8
28. Chan, M. & Hawkins, W., Internal reflection spectroscopy in the prediction of outdoor weatherability, *American Paint Journal* (sept. 1969)
29. Shur, E. G. & Rubin, H., Accelerated testing of finishes for hardboard, *Journal of Paint Technology* 41 No. 537
31. Hill, E. Testing urethane coatings for yellowing... *Journal of Paint Technology* 41 No. 532
32. Riser, G. & Palm, W., Accelerated light-aging study of plasticized PVC..., *Industrial and Engineering Chemistry* 8 No. 4
33. Geddes, W. C., The mechanism of PVC degradation, *Vinyl technology newsletter* 5 No. 3
34. Niesen, H., Zur Prüfung der Rissbildung von Aussenanstrichen mit Dispersionsfarben, *Farbe und Lack* 75 No. 3
35. Jellinek, H. H. G., Flajsman, F., Kryman, F. J., Reaction of  $SO_2$  and  $NO_2$  with polymers, *Journal of applied polymer science* 13 s. 107 - 166
36. Funke, W., *Werkstoffe und Korrosion* 20 No. 1
37. Kestler, J., *Modern Plastics* 46 (sep. 1969) s. 82-83

- Q(1970)
1. Ellinger, M. L., Durability and mechanical resistance of finishing systems..., The Australian Paint Journal 16 No. 7
  2. Czehovsky, G., Anwendung von wärmebeständigem PVC im Apparatebau, Kunststoffe 60 No. 6
  3. De Vries, Th., Onder Invloed van een temperatuurgradiënt optredende blaarvorming..., Verfkroniek 43 No. 4
  4. Hearst, P. J., Effect of photodegradation on organic coatings, Paper No. 21 Space Simulation NBS Special Publication 336
  5. Evans, C. J., The development of organotin-based anti-fouling paints, Paint Technology 34 No. 8
  6. DiGiacomo, G., Crisci, J.R., Goldspiel, S., An ultrasonic method for measuring crack depth in structural weldments, Material Evaluation (sep 1970)
  7. Severin, P. J., On the Infrared thickness measurement of epitaxially grown silicon layers, Applied optics 9 No. 10
  8. Fenner, O. H., Employment of plastographic analysis techniques in the evaluation of F R P structures and equipment, SPI Reinforced Plastics/Composites div. 25:th annual technical conference (feb. 1970)
  9. Kinmonth, R. A., Saxon, R., King, R. M., Sources of variability in laboratory weathering, Polymer Engineering and Science 10 No. 5
  10. Donohoe, M. J. & Paczkowski, F. N., Degradation of thermal control coatings by vacuum ultraviolet irradiation, Journal of Materials JMLA 5 No. 4
  11. Balabán, L., Majer, J., Rysavy, D., S LÁma, Z., Der Einfluss von Titan verbindungen auf die Stabilität von Polypropylen, Kunststoffe 60 No. 5
  12. Häufiglößner, H. & Woebcken, W., Zeitraffendes Prüfen und Bewerten der Licht- und Alterungsbeständigkeit von Kunststoffen..., Kunststoffe 60 No. 6
  13. Bloch, G., La Coloration des matières plastiques, Plastiques Modernes et Elastomères 22 No. 4

- Q(1970) 15. Nakamura, Y., An improved high-power xenon short-arc lamp, *Journal of spacecraft and rockets* 7 No. 467
16. Schuur, G., Migration of peroxides during light degradation of polymers, *Kolloid-Zeitschrift u. Zeitschrift für Polymere* 242 s. 1212-1213
17. Hervey, J. D., Weathering of polyester gel coats, SPI Reinforced Plastics/Composites div. 250, Annual technical conference section 9 - D
18. Sonnenborn, R. H., Artificial weathering test development by the SPI fiber glass reinforced panel council, SPI Reinforced Plastics/Composites div. 25:th annual technical conference section 9E
19. Palma, G. & Carenza, M., Degradation of poly(vinylchloride) I. Kinetics of thermal and radiation induced dehydrochlorination..., *Journal of appl. pol. science* 14 No. 7
20. Thomas, L., Humphreys, C., Duff, W., Grubb, D., Radiation damage of polymers in the million volt electron microscope, *Radiation effects* 3 No. 1-2
21. Anderson, R., A Continued study of the "dew cycle" method of accelerated testing, *Journal of Paint Technology* 42 No.540
22. Golemba, F. J. & Guillet, J. E., Ultraviolet stabilization of plastics, *SPE Journal* 26 (april 1970)
23. Raciszewski, Z. & Mullins, D. H., Ultraviolet absorbers, The protective ability of aromatic nitro compounds in plasticized PVC. *Journal of applied pol. science* 14 No. 4
24. Fitton, S. L., Haward, R. N., Williamson, G. R., Photochemical degradation of thermoplastics, *British Polymer Journal* 2 No. 5
25. Kamal, M. R. Cause and effect in the weathering of plastics, *Polymer Engineering and Science* 10 No. 2
26. Rückriem, W., Versuche zur Ermittlung optimaler Anstrichsysteme für Mikroklimata der chemischen Industrie, *Plaste und Kautschuk* 17 No. 4



- Q(1970) 27. Zimin, Yu. B., Levin, P. J., Matveeva, E. A., Kozodoi, A. A., Sotnikova, L. M., New light stabilizers for polyolefins, Soviet Plastics 1970 No. 1
28. Sperry, P. R. & Mercurio, A., Exterior durability of  $TiO_2$  pigmented acrylic coatings, Am. Chemical Soc. div. org. coatings plastic chemistry 30 No. 1
29. Freiden, A. S., Sholokova, A. B., Subbotin, S. V., Weather resistance of synthetic bonding agents, Soviet Plastics 1970 No.11
30. Keane, J. D., Wettach, W., Walther, G. D., Painting of cold and wet steel surfaces, Journal of Paint Technology 42 No. 545
31. Desai, R. L., Accelerated weathering of coatings on wood substrates, Journal of Paint Technology 42 No. 545
32. Banks, M. E., A study of protective coatings in a tropical marine environment, Journal of Paint Technology
33. Walker, P., Surface coatings in space, Verfkroniek 43 No. 2
34. Imai, T., Hasegawa, K., Iwanaga, S., Über die Bewertung der farbänderung von Anstrichfilmen, Farbe und Lack 76 No. 4
36. anonym, Fluorocarbon coatings - A review of recent literature, American Paint Journal 55 No. 25
38. Uzelmeier, C., How heat and light affect pigmented polypropylene SPE Journal 26 (maj 1970)
39. Friberg, G., Material och miljö del 4: provning, Plastvärlden 20 No. 9
40. Klöppfer, W., Neuere Vorstellungen über den Mechanismus der uv-stabilisierung von Kunststoffen, Kunststoffe 60 No. 6
41. Rybníkár, F., Röntgenographische Bestimmung der relativen Kristallinität von linearem Polyäthylen und isotaktischen Polypropylen, Kunststoffe 60 No. 6
42. Epple, R., Erhöhung des Wertes von Bewitterungsprüfungen an Lackfarben durch anwendung moderner Planungs- und Auswertungsverfahren, Farbe u. Lack 76 No. 6

- Q(1970) 43. Hipwood, H. A. & Weaver, W. R., A proposal for the adoption of the British Standard artificial weathering test by ISO. JOCCA 53 No. 5
44. Friberg, G., Så påverkar miljön polymera material, Plastvärlden 20 No. 3
45. Boyce, G. E. & Jones, V. M., Weathering of ABS, British Plastics (Okt 1970)
46. Hearst, P. J., Protective properties of coatings as measured by dew-cycle accelerated weathering, Technical Note N-1071 Naval civil engineering laboratory
47. Seymour, R. B., Plastics, Industrial and Engineering Chemistry 62 No. 9
48. Frick, N. H., Gilbert, H. E., Parker, E. E., Gerhart, H. L., Moderne verven op basis van polymeren (2), Verfkroniek 43 No.11

- R(1971)
1. Zerlaut, G. A., Gilligan, J. E., Ashford, N. A., Space radiation effects in reactively encapsulated zinc ortotitanates and their paints, AIAA 6:th Thermophysics Conferens (1971)
  2. Zorrl, U. & Klinke, E., Untersuchung über die Haftfestigkeit von Lackfilmen auf metallischen und nichtmetallischen Substraten, Farbe und Lack 77 No. 2
  3. anonym. Aus der Tätigkeit des Nordischen Institutes für Farbforschung Farbe und Lack 77 No. 10
  4. Hill, M. R. & Legg, M. J., Accelerated natural weathering of UPVC rainwater goods, Plastic, Rubber, Textiles 2 No. 8
  5. Madson, W. H., Zink oxide and rutile-anatase chalking study in white, exterior latex house paints, Journal of Paint Technology 43 No. 561
  6. anonym, Untersuchung einiger Eigenschaften von glasfaser-verstärkten Polyester-Laminaten mit Oberflächenvliesen, Plastverarbeiter 22 No. 9
  7. Wegener, W. & Hausman, K-H, Eigenschaften natürlich bewitterter glasfaserverstärkter Kunststoffe, Kunststoff-Rundschau 18 No. 5
  8. Singer, R. D. & Williams, G. T., Angerer, G., Ethylene-Propylene terpolymers as paint films, Industrial and Engineering Chemistry, Product Research and Development 10 No. 3
  9. Nass, L. I., Selection guide to accelerated weather testing equipment, Plastics technology 17 No. 10
  10. Clark, J., Die Wetterbeständigkeit von synthetischen Hochpolymeren, Original Hanau Quarzlampen GMBH (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)
  11. Berger, W., Korrelation bei der Licht- und Wetterbeständigkeitsprüfung von Anstrichbindemittel, (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)
  12. Kockot, D., Physikalische Erläuterungen zu zwei neuen Geräten für die Kurzprüfung der Wetterbeständigkeit von Kunststoffen und Lacken, (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)

- R(1971)
13. Papenroth, W., Die Kurzprüfung der Lichtbeständigkeit von anorganisch pigmentierten Anstrichsystemen, (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)
  14. Berger, K., Untersuchung der Lichtbeständigkeit von Kunststoffen in verschiedenen Belichtungsgeräten, (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)
  15. Boysen, M., Vergleichende Prüfung der Wetterechtheit von Hart-PVC in der Freibewitterung und im Xenotest-Gerät (föredrag vid Hanauer Symposium 24 sep. 1971)
  16. Darby, J. R., Sears, J. K., Touchette, N. W., How to combine flame and weather resistance in PVC-part 1, SPE Journal 27 (feb. 1971)
  17. (se R16) Part 2, SPE Journal 27 (April 1971)
  18. Leikina, M. A., Tatevos'yan, G. O., Kuznetsova, I. B., Melkumov, A. N., Use of the mathematical experiment planning method to investigate the influence of artificial weather factors... Soviet Plastics 1971:2
  19. Malyasova, C. A. & Voskresenskii, V. A., Heat resistance of PVC, Soviet Plastics 1971:1
  20. Caryl, C. R., Methoden der Aussenbewitterung, Farbe und Lack 77 No. 6
  21. Bergk, B., Pluhar, P., Reichert, K.-H., Messung der UV-Strahlung bei der Bewitterung von Anstrichfilmen mit Hilfe eines chemischen Aktinometers Farbe und Lack 77 No. 11
  22. Bendel, E., Färgytors glansretention vid artificiell åldring, delrapport från Statens råd för byggnadsforskning (28 april 1971)
  23. Frey, H.-H., Vergleichende Untersuchungen der Zähigkeit and PVC, PVC + ABS und PVC + CPE..., Plastverarbeiter 22 No. 4
  26. Ritter, H. S., Durability of paint films from erosion rate studies, Journal of Paint Technology 43 No. 552

- R(1971) 27. Cosma, G., Sorin, M., Minea, S., Zur Frage der Bewitterung von Aussenanstrichen, Farbe und Lack 77 No. 1
28. Rånby, B., (ordförande), Plast, inom byggnadstekniken, Programskrift 13, Statens råd för byggnadsforskning
29. Yamasaki, R. S., Journal of Paint Technology 43 No. 555

- S(1972)
1. Jellinek, H. H. G., Polymer-gas reaction as function of pressure, UV-light, temperature and morphology—a survey, NBS Special publications No. 357
  2. Trubiroha, P. & Fuhrman, G., Die alterung der optischen Filter in Bewitterungsgeräten, Kunststoffe 62 No. 11
  3. Blaga, A., Long-term weathering can change the complexion of PVC, SPE Journal 28 No. 7
  4. Grimm, G. & Moisel, G., Organisation der Freibewitterungsprüfungen im Institut für Lacke und Farben, Magdeburg, Plaste und Kautschuk 19 No. 3
  7. Zabara, M. Ya., Distribution of carbonyl groups in polyethylene in the course of aging, Soviet Plastics 1972 No. 7
  8. Johnsen, S., Poulsen, K. V., Nielsen, H. K., Application of instrumental analytical techniques in the coatings industry, XIth FATIPEC Congress 1972
  9. Telkes, T., Comportement aux vieillissement accéléré et naturel de quelques systèmes de peintures de polyuréthane, Peintures, Pigments, Vernis 48 No. 9
  10. Schefer, W., Viskosimetrische Bestimmung des Abbaus bei Kunststoffen, Kunststoffe 62 No. 7
  12. Wood, L. A. & Shouse, P. J., Use of standard light-sensitive paper for calibrating carbon arcs..., NBS-special publication 260-41
  13. Goldfein, S., Development of an accelerated weathering test for plastics, S. P. E. 30:th annual conference may 15-18 1972 part 2
  14. Nass, L. I., Election guide to accelerated weather-testing equipment, Plastics Technology (mars 1972)



- T(1973)
1. Zelinger, J., Wolfová, E., Die Alterung von ABS - und ASA-polymeren unter Witterungseinfluss, Kunststoffe 63 No. 5
  2. Irick, G. & Boyd, E. G., Effect of light source on the photodegradation of certain disperse dyes, Textile Research Journal 43 No. 4
  3. Zeronian, S. H., Alger, K. W., Omaye, S. T., Effect of sulfur dioxide on the chemical and physical properties of nylon 66, Textile Research Journal 43 No. 4
  4. Verdu, M. J., Compartiment des films en polyéthylène b. d., Plastique Modernes et Elastomères 25 No. 2
  6. Blais, P., Day, M., Wiles, D. M., Photochemical degradation of poly(ethylene terephthalate). IV. Surface Changes
  7. Determination of resistance of plastics to change upon exposure to laboratory light sources -III Sunshine carbon arc, ISO-förslag
  8. Determination... II Xenon arc, ISO-förslag
  9. Muth, T., Schnellalterung von Plasten unter dem Aspekt der Aussenanwendung der Materialien im Bauwesen, Plaste und Kautschuk 20 No. 5



- U(1974)
1. Baum, B., The weathering degradation of polyolefins, Polymer Engineering and Science 14 No. 3
  2. Paul, F., Beurteilung der Witterungsbeständigkeit von Anstrichen anhand des Schichtdickenabbaues, Farbe und Lack 80 No. 5
  3. Sadowski, F., Die Wetterechtheitsskala der DGL - Idee und stand der Arbeiten, Farbe und Lack 80 No. 1
  4. Campbell, G. G., Schurr, G. G., Slawikowski, D. E., Summary & conclusion of: A study to evaluate techniques of assessing air pollution damage to paints, Atlas Sun Spots 3 No. 6
  5. Davis, A. & Gordon, D., Rapid assessment of weathering stability from exposure of polymer films I. Real and simulated weathering of commercial ABS terpolymers. Journal of applied polymer science 18 s. 1159 - 1171
  6. Mengel, G., Licht und Wetterbeständigkeit von Polyvinylchlorid, Plastverarbeiter 25 No. 3
  7. Frazell, J. D., Internal reflection spectroscopy: application to organic coatings and plastic sheeting JOCCA 57 No. 9
  8. Benjamin, B. S. The weathering of an RP/C roof structure, SPI 29:th annual conference, 1974

- O(odaterade)
1. Berendsohn, O., Quantitative adhesion tests of vacuum deposited thin films, Journal of testing and evaluation
  3. Wagner, H. L., Standard reference materials for polymer characterization at the National Bureau of Standards ACS, Polymer preprints 12 No. 2
  4. Canevskaya, E. A., Yakubovich, S. V., Faiman, M. G., Camenetskaya, T. L., Lokutsievsky, V. A., Investigation of lacquer coating ageing processes under artificid light sources and natural conditions
  5. Zhitetskaya, F. D. m.fl., Light ageing of PE films, Rubber and Plastic Research Association of Great Britain

## SAMMANFATTNING

Vid genomgång och inventering av läget beträffande väderbeständighetsprovning har följande konstaterats:

De viktigaste faktorerna för polymerers nedbrytning utomhus är solljus, temperatur, syre och ozon, luftföroreningar samt vatten. Av dessa faktorer kan solljuset ensamt åstadkomma allvarliga skador medan de andra blir verkligt skadliga först tillsammans med solljus.

När man vill utröna ett materials väderbeständighet provas det utomhus eller i en apparat för accelererad åldring. Utomhustest går oftast till så att provkropparna eller panelerna sätts ut på ställningar som lutar  $45^{\circ}$  och är orienterade mot ekvatorn. För att få snabba resultat förläggs utomhusprovningarna ofta till områden med varmt och soligt klimat, t ex Florida och Arizona. Apparaterna för accelererad åldring har vanligen en xenon- eller kolbågslampa som källa för ultraviolett ljus. Vid undersökningar av färg och plast används mest apparater som besprutar proverna med vatten med regelbundna mellanrum och där temperatur och luftfuktighet kan regleras. Det är naturligtvis av stort intresse att få till stånd en allmängiltig korrelation mellan åldring på en viss utomhusstation och en viss laboratorieapparat, men detta låter sig tyvärr inte göra. Det går emellertid att rangordna material och att uppskatta storleksordningen av åldringsbeständigheten.

På grund av den stora mängd varianter av alla material som existerar kan man inte göra några generella uttalanden om enskilda materialtypers väderbeständighet, dock kan det konstateras att fluorkarboner har en särklassig motståndskraft mot nedbrytning genom väderpåverkan. Graden av åldring hos ett material mäts genom förändringar i de mekaniska och elektriska egenskaperna, analys av kemiska förändringar och ändring av ytans utseende. Ofta mätta ytförändringar är kulörförändringar, glansförlust och sprickbildning.

För att skydda plast och färg mot skadlig UV-strålning används UV-inhibitorer eller pigment. I pigmenterade material används vanligen inte UV-inhibitorer. Det är lättare att framställa svarta eller mörka pigment som skyddar mot UV-strålning än ljusa.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 700735-2 från  
Statens råd för byggnadsforskning till Statens provningsanstalt,  
Stockholm**

**R19: 1978**

**ISBN 91-540-2823-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6600719  
Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 1403  
111 84 Stockholm**

**Cirka pris: 25 kr exkl moms**