Anne Liénardy
Philippe Van Damme

INTER FOLIA

HANDBOEK VOOR DE CONSERVATIE EN DE RESTAURATIE VAN PAPIER

Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium
Brussel

Het originele handboek werd gepubliceerd in het Frans onder de titel: ***Inter Folia, Manuel de conservation et de restauration du papier***. Voorliggende versie is een vertaling.

Anne Liénardy
Philippe Van Damme

INTER FOLIA

HANDBOEK VOOR DE CONSERVATIE EN DE RESTAURATIE VAN PAPIER

Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium
Brussel

Dit handboek is het resultaat van een door het Nationaal Fonds voor Fundamenteel Collectief Onderzoek gesubsidieerd researchprogramma.

Het werd verwezenlijkt in het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium. We danken heel in 't bijzonder Mevrouw Liliane Masschelein, directeur, die ons de nodige werkmiddelen bezorgde.

Onze dank gaat ook naar de medewerkers van het laboratorium, die ons inlichtingen verschaften over onderwerpen aangaande hun specialiteit en naar de fotografische dienst.

Dank zij de vriendelijke toelating van de Heren Ernest Persoons, Algemeen Rijksarchivaris en Martin Wittek, Hoofdconservator van de Koninklijke Bibliotheek, hebben we dit werk kunnen opluisteren met talrijke afbeeldingen.

VOORWOORD

Ons land bezit een buitengewoon patrimonium aan boeken, archieven en grafische kunstwerken. Jammer genoeg bestaat bij ons nog geen enkele infrastructuur die de conservatie ervan mogelijk maakt. In tegenstelling tot de meeste andere landen, met inbegrip van de zogenaamde ,,ontwikkelingslanden'', heeft België geen gespecialiseerd studiecentrum en het aantal bevoegde restaurateurs is onbeduidend vergeleken met de enorme behoeften. Door de toenemende luchtverontreiniging en het gebruik van niet-duurzame materialen (zuur papier, inkten van slechte kwaliteit...) groeit bovendien het gevaar waaraan onze verzamelingen blootgesteld zijn van dag tot dag.

Het is dank zij een ministerieel initiatief van de Heren Bertouille en Coens, de toenmalige ministers van Nationale Opvoeding, dat we hebben kunnen genieten van een toelage van het Nationaal Fonds voor Fundamenteel en Collectief Onderzoek. Gedurende drie jaar hebben twee vorsers, Mevrouw Anne Liénardy, licentiate in kunstgeschiedenis en archeologie en titularis van een certificaat van het ,,Istituto Centrale per la Patologia del Libro'' van Rome en de Heer Philippe Van Damme, licentiaat in chemische wetenschappen en geofysica, de technische gegevens verzameld inzake grafisch materiaal. Ze hebben de voornaamste conservatiemethodes in het laboratorium getest envergeleken: ontzuring, bleking, versteviging.

Dit handboek vat hun opzoekingen samen. Het is bestemd voor al degenen die verantwoordelijk zijn voor verzamelingen boeken en grafische dokumenten. Het doel hierbij is aan belangstellenden essentiële raadgevingen en betrouwbare referenties te geven voor de behandeling van bedreigde kunstwerken.

Het werk moet beschouwd worden als een eerste stap. Het moet noodzakelijk voortgezet worden door een grondige studie van massabehandelingen. Het voortbestaan van talrijke verzamelingen hangt hiervan af.

Ten slotte druk ik de wens uit dat de verantwoordelijke instanties het ter harte zullen nemen ons te helpen om in een nabije toekomst in het kader van het K.I.K., een gespecialiseerde kern op te richten voor de studie en de conservatie van grafische dokumenten. De grote waarde van ons patrimonium rechtvaardigt zeker evenveel belangstelling en evenveel bezorgdheid als de andere vormen van ons kultureel erfgoed.

Liliane Masschelein-Kleiner

INHOUDSTAFEL

INLEIDING

De technische aspecten van de boekconservatie worden dikwijls verwaarloosd en zelfs niet eens vermoed. De praktische in dit werk voorgestelde richtlijnen zijn niet alleen bestemd voor bibliothecarissen, voor conservators of voor restaurateurs: elke boekenliefhebber, lezer of bibliofiel zal er raadgevingen in vinden die, als ze opgevolgd worden, eventuele beschadigingen kunnen voorkomen.

Ten einde het boekenpatrimonium te beveiligen, moet men weten welke de gevaren zijn waaraan het blootgesteld is, en ook, eerst en vooral, de innerlijke samenstelling kennen van het te beschermen voorwerp.

Een boek kan onderverdeeld worden in twee elementen: het boekdeel zelf en de bescherming of boekband. De drager van de tekst was eerst van dierlijke oorsprong, van perkament, vervolgens plantaardig, van papier. De kaft van het boek is soepel of versterkt met houten platten of met kartons overtrokken met huid, leder of perkament. Het tweede deel zal de natuur van het boekenmateriaal beschrijven.

Dit werk zal hoofdzakelijk gericht zijn op de studie van de degradatiefactoren en op de behandeling van gedrukte boeken. Andere grafische dokumenten als manuscripten, dagbladen, kaarten, gravures en tekeningen zijn uiteraard blootgesteld aan dezelfde gevaren: heel wat conservatieprincipes zijn op deze dokumenten toepasselijk.

Boeken zijn samengesteld uit organische stoffen die bijzonder gevoelig zijn voor talrijke fysische, chemische en biologische aanvallen. In het tweede deel zullen de oorzaken van beschadiging beschreven worden. Warmte, zonlicht, vocht en stof beschadigen het papier. Insgelijks worden de weerstand van het papier en de conservatieduur verminderd door gassen, zuren en andere atmosfeerverdervers alsook door de chemische produkten die tijdens de vervaardiging gebruikt worden. Nog andere factoren veroorzaken de beschadiging van boeken: natuurlijke rampen zoals aardbeving of vuur en de daden van de mens zoals vrijwillige vernieling of brutale behandeling.

Men mag er eveneens nog aan toevoegen het gebruik van slechte conservatie- en restauratiemethodes als gevolg ofwel van onvoldoende informatie, ofwel van het gebruik van verouderde methodes of materialen.

Dit theoretisch overzicht is de noodzakelijke inleiding tot alle conservatiewerk.

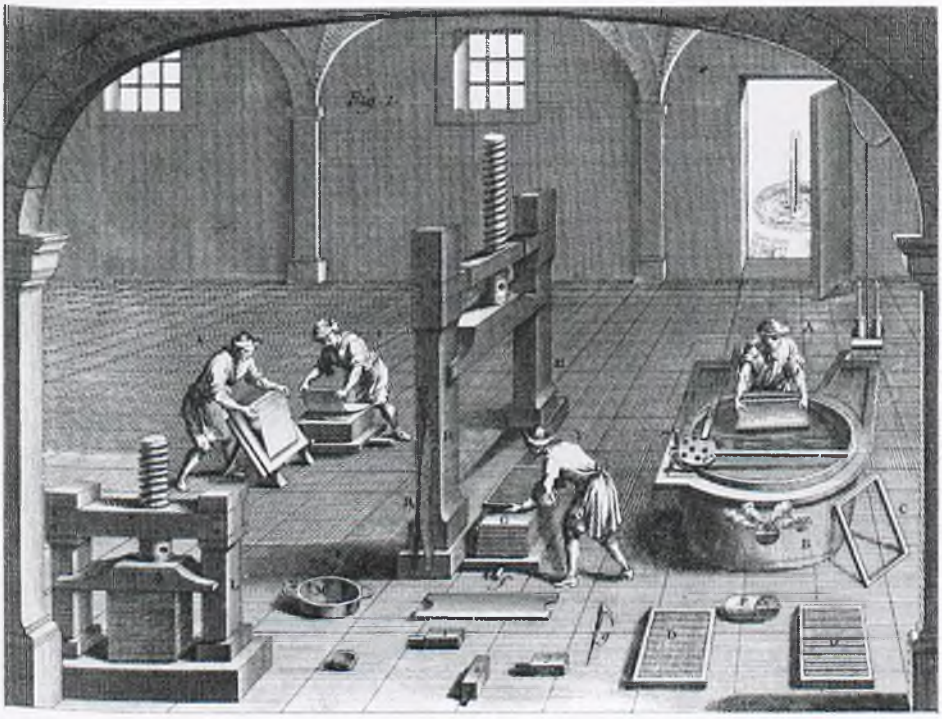
Het derde deel is gewijd aan de voorzorgsmaatregelen of richtlijnen die toelaten alle hierboven vermelde beschadigingen te voorkomen.

Om gunstige condities van conservatie te bekomen kunnen de te nemen maatregelen samengevat worden in enkele eenvoudige principes: tegen licht beschermen, temperatuur en vochtigheid nagaan, regelmatig de boeken onderhouden en ze met zorg hante-

ren. Deze maatregelen worden nochtans zelden getroffen, zelfs al zijn ze klaar en duidelijk. Ze moeten ruim gekend en verspreid worden in het boekenmilieu. Dat deze regels niet gevolgd worden is zeker niet toe te schrijven aan een tekort aan goede wil bij de conservators en bibliothecarissen, want ook zij moeten beter ingelicht worden. Dit deel zal de te vermijden fouten in het licht stellen en vooral praktische richtlijnen geven die onmiddellijk kunnen toegepast worden om de al bestaande toestanden te verbeteren of te veranderen.

Het laatste deel zal meer praktisch zijn. Verschillende restauratiemethodes zullen overwogen worden : ontzuring, bleking.... Na vele in de literatuur voorgestelde behandelingen toegepast te hebben, geven de auteurs de samenvatting van de verkregen resultaten en bevelen ze werkmethodes aan die door restaurateurs uitvoerbaar zijn.

EERSTE DEEL: HET BOEKENMATERIAAL



(© Bibliotheca Regia, Brussel)

HOOFDSTUK I: PAPIER

I. Ontstaan

II. Samenstelling
1. Cellulose grondstoffen
   a. Cellulose
   b. Hemicellulose
   c. Houtstof (lignine)
2. Lijmstoffen
3. Vulstoffen

III. Fabricage
1. Manuele vervaardiging van papier
2. Mechanische vervaardiging van papier
   a. De hollander
   b. De papiermachine
   c. Houtbrij
3. Papierbrij
   a. Mechanische brij
   b. Chemische brij
4. Industriële vervaardiging van papier
5. Geschiedenis van het papier: overzicht

IV. Identificatiemethodes voor de samenstelling van het papier
1. Soorten onderzoek
2. Kleurreagentia
   a. Bereiding
   b. Analysetabel
3. Microscopisch onderzoek
   a. Brij afkomstig van jaarlijkse planten
   b. Houtbrij
   c. Tabellen van de doorsneden van de vezels

I. ONTSTAAN

De Chinezen kwamen het eerst op de gedachte papier te vervaardigen volgens een methode toegeschreven aan Cai Lun, omtrent het jaar 105 van onze tijdrekening. Deze slaagde erin de vezels van oude lompen, touwen en andere plantaardige stoffen (hennep, moerbeziebomenschors, bamboescheuten) van elkaar te scheiden door ze, na verrotting, in een mortier met een stamper te verbrijzelen. De zo bekomen brij werd verdund in een grote bak water. Men trok er daarna de vezels uit door middel van een zeef van fijne bamboestaafjes, dat men verscheidene keren onderdompelde tot de gewenste dikte bereikt werd. De zo verkregen papierbladen werden dan in de zon op grote gladde stenen te drogen gelegd.

In 1957 ontdekte men te Baqiao, in de provincie Shanxi, in een graf uit de 2de eeuw vóór Christus, fragmenten oud papier. Cai Lun zou nochtans een baanbreker geweest zijn door het gebruik van nieuwe grondstoffen en door de verbetering van de fabricagemethode.

Volgens de traditie zou de Chinese werkwijze eeuwenlang geheim gebleven zijn, tot wanneer Chinese papierfabrikanten in de 7de eeuw door Arabieren gevangen werden genomen. De rechtstreekse buren van China genoten nochtans snel van de Chinese techniek: Korea in de 2de eeuw, Japan, Indochina en Centraal Azië in de 3de eeuw, Indië in de 7de eeuw en West-Azië in de 8ste eeuw.

In 751 werden de Chinezen in Turkestan door de Arabieren verslagen. Gevangenen werden meegevoerd naar Samarkand en Perzië en werden verplicht hun beroep uit te oefenen. Sommige papierfabrikanten leverden daar hun kennis uit in ruil voor hun vrijheid. De ontwikkeling van deze nijverheid in Samarkand werd bevorderd door het bestaan van uitgestrekte vlas- en hennepvelden en van irrigatiekanalen die het nodige water aanvoerden. Veertig jaar later, in 792, werd een andere papierindustrie gevestigd in Bagdad; Haroen al-Rachid had er Chinese papierfabrikanten aan 't werk gezet.

In die tijd was de Islam meester van de Middellandse Zee, de beste verbindingsweg tussen het Westen en het Oosten. Dit verklaart waarom het papier meer dan een halve eeuw nodig had om door te dringen tot Europa. Vanuit Perzië kwam het fabricageprocédé over naar Syrië (Damascus), naar Mesopotamië (Bagdad) en eindelijk naar Egypte. Door de Arabische beschaving en meer in het bijzonder door de invasie van de Moren in Spanje werd het papier in de 10de eeuw in Europa ingevoerd. Dank zij de kruistochten, die handelsbetrekkingen met Oosterse havens tot stand brachten, leerden ook de andere Europese landen het papier kennen.

Twee Westerse landen, Italië en Spanje, betwistten elkaar de voorrang, niet voor de uitvinding, maar wel voor het vervaardigen van papier. De grondstof gebruikt om papier te vervaardigen was toen afkomstig van lompen. Deze twee landen bewaren nog heel oude op papier geschreven dokumenten. Maar niets bewijst dat de drager van deze gedateerde oorkonden in Italië of in Spanje werd gefabriceerd. De Arabieren zouden eerder het papier geleverd hebben. Van groter belang is het verschijnen van de eerste papierfabrieken en papiermolens. Men vermeldt dat reeds in de 11de eeuw, waarschijnlijk in 1056, te Xativa (Spanje) een fabriek bestond. In Italië werd pas in 1276 de eerste papiermolen te Fabriano opgetrokken.

Frankrijk voerde vanaf het begin van de 13de eeuw het Spaans papier in en schijnt

pas in de 14de eeuw tot de papiernijverheid te zijn overgegaan. Het departementaal archief van de Aube meldt het bestaan in 1338 van een papiermolen in de streek van Troyes. De molen van Richard-de-Bas zou dagtekenen van 1326. In Duitsland verschijnen de papiermolens omstreeks hetzelfde tijdperk : Mainz 1320, Nurenberg 1390. Wat onze streken betreft vermeldt men een molen in 1401 op een bijrivier van de Molenbeek en een andere in 1405 te Hoei van een zekere Jean l'Espagnol.

Na het perkament te hebben vervangen zal het lompenpapier een lange loopbaan kennen, gaande van de 14de eeuw tot de eerste helft van de 19de eeuw. Toen werd echter de vraag naar papier zo groot dat de lompentoevoer in gebreke bleef en men een andere grondstof moest zoeken. Onder de talrijke vervangingsmaterialen werden ook jaarlijkse planten en hout beproefd. De verbeteringen zullen betrekking hebben op de industrialisatie van het procédé en de bereiding van de brij, o.a. het raffineren van de vezels, de zuivering en het bleken.

II. SAMENSTELLING

De grondstoffen gebruikt voor het vervaardigen van papier kunnen onderverdeeld worden in drie groepen : de cellulosehoudende stoffen, de lijmstoffen en de vulstoffen.

1. CELLULOSE GRONDSTOFFEN

Cellulose wordt rechtstreeks of onrechtstreeks verkregen uit planten. Vezels uit jaarlijkse planten, zoals katoen, vlas, hennep en jute, worden voor het weven van stoffen gebruikt. Deze stoffen leveren daarna de lompen die tot papierbrij omgezet worden. Deze vezels bestaan uit nagenoeg zuivere cellulose daar de andere plantaardige bestanddelen verwijderd werden in de loop van de bewerkingen die leidden tot hun omzetting in textielvezels. Bij de bereiding van papierbrij worden er nochtans andere vezels aan toegevoegd : *alfagras**, ook genoemd *esparto* (gras), of stro van graangewassen zoals tarwe, rogge, gerst of haver.

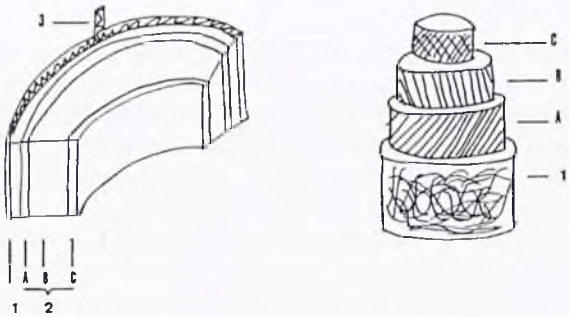
Naaldbomen zoals pijn, cipres, taxus, enz. leveren een grotere hoeveelheid cellulose dan loofbomen als berk, haagbeuk, beuk, populier of esp. Het hout bevat naast zuivere cellulose of α-cellulose een zeker aantal andere bestanddelen waarvan de belangrijkste zijn : de lignine of houtstof en de hemicellulose (ß- en γ-cellulose)

Vooraleer de cellulosemolecule te beschrijven is het aangewezen ze in haar verband te plaatsen : de plantevezel en in het bijzonder de plantecel.

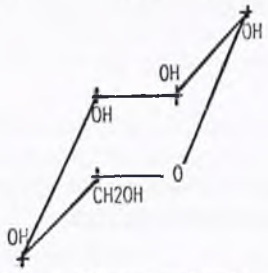
Alle cellen ontstaan door deling van het teeltweefsel of *cambium*. Naargelang van de richting van hun deling onderscheiden we houtcellen (deling naar de kern toe) of *bastcellen* (deling naar de bast toe). De lignine zet zich af in de vezelstructuur, hoofdzakelijk in de primaire celwand en in de middenlamel. Dit gebeurt alleen gedurende de houtvorming, wanneer de cellen zich omvormen tot houtcellen.

In tegenstelling tot de dierencel bezit de volwassen plantecel een wand bestaande uit verschillende lagen (Afb. 1). De meest uitwendige laag of primaire celwand bevat veel lignine, een weinig pectine, hemicellulose en cellulose. Deze laatste komt voor in de vorm

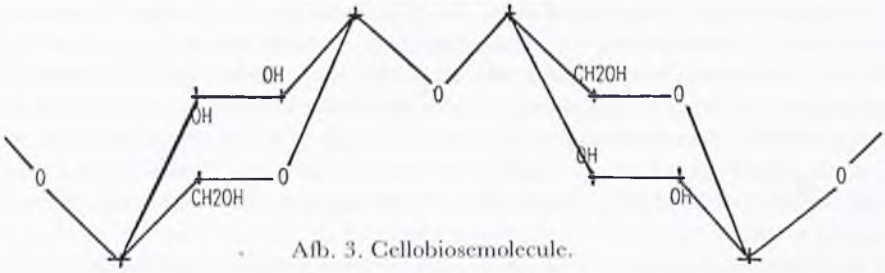
* De verklaring van de schuin gedrukte woorden vindt U in de woordenlijst achteraan.



Afb. 1. Wand van de plantecel: 1. primaire celwand, 2. secundaire celwand; a. uitwendige laag, b. middenlaag, c. inwendige laag, 3. middenlamel.



Afb. 2. Glucosemolecule.



Afb. 3. Cellobiosemolecule.

van verspreide microvezeltjes. De secundaire celwand bestaat uit drie lagen en vormt het geraamte van de plantecel.

De verschillende lagen bestaan uit microfibrillen waarvan de oriëntatie verandert van laag tot laag. De omvangrijkste laag is de *middelste*, die het grootste deel cellulose bevat in de vorm van gerichte vezeltjes. In de middenlaag zijn de cellulosevezeltjes bijna loodrecht gericht op deze van de vorige laag.

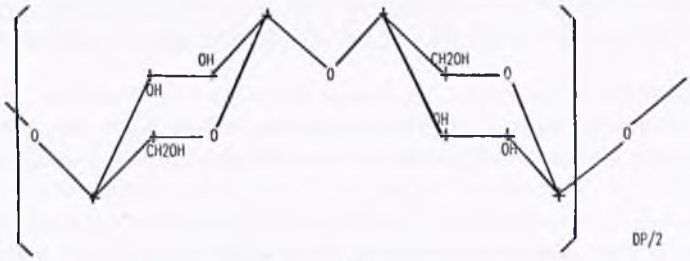
De beschrijving van deze structuur is belangrijk, omdat ze de noodzakelijkheid laat inzien van het raffineren. Tijdens deze bereidingsfase van de brij worden de wanden van de plantevezels verbrijzeld om de cellulosevezeltjes die ze bevatten vrij te maken.

a. *Cellulose*

Cellulose is een natuurlijk *polymeer* waarvan de lange lineaire ketting gevormd is met één enkel monomeer (soms meer dan 2000 maal herhaald), de glucose $C_6H_{12}O_6$ (Afb. 2).

Het dimeer gevormd door de verbinding van twee glucosemoleculen wordt cellobiose genoemd (Afb. 3). Dit dimeer is de werkelijke repetitieve eenheid van cellulose.

De chemische voorstelling van een cellulosemolecule samengesteld met n glucosemoleculen is dan (Afb. 4):



Afb. 4. Cellulosemolecule.

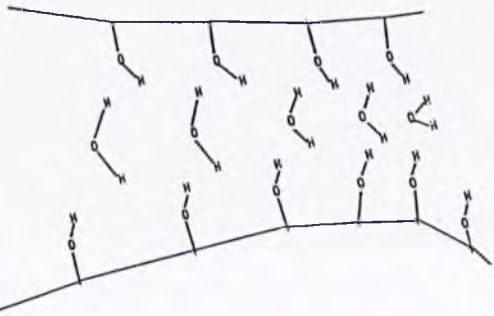
De vele *hydroxylgroepen* van de cellulose kunnen bindingen vormen met andere celluloseketens. Die bindingen noemt men ,,waterstofbruggen''. De agglomeraten van macromoleculen vormen dan bundels: de *micellaire* vezels of filamenten.

Deze laatste vormen, aan elkaar verbonden, meer omvangrijke bestanddelen: de fibrillen die de eigenlijke plantevezels zijn. De waterstofbinding ligt aan de basis van de parallelle groepering van zekere gebieden van cellulosemoleculen en vormen aldus *kristallieten* (Afb. 5).

In deze *kristallieten* is de structuur van de grondstof zo dicht dat de meeste chemische stoffen er niet kunnen binnendringen. Chemische afbraak zal plaats vinden in de meer open gebieden, ook amorfe gebieden genoemd.

De mechanische weerstand van het papier is niet alleen te wijten aan de lengte van de vezels maar ook en vooral aan de waterstofbindingen die zich vormen tijdens het fabricageproces, tijdens het drogen.

Wanneer de vezels zich opstapelen, beginnen de rechtstreekse bindingen tussen fibrillen, die tot nog toe schaars of onbeduidend waren, de bindingen fibrillen-water te vervangen. Deze bindingen tussen fibrillen ontstaan door de *hydroxylgroepen (OH)*, die op andere fibrillen gelocaliseerd zijn. Een blad oud papier kan op die manier versterkt worden alleen maar door het eenvoudig lichtjes nat te maken, zodanig dat de waterstofbindingen tussen de fibrillen weer tot stand komen.



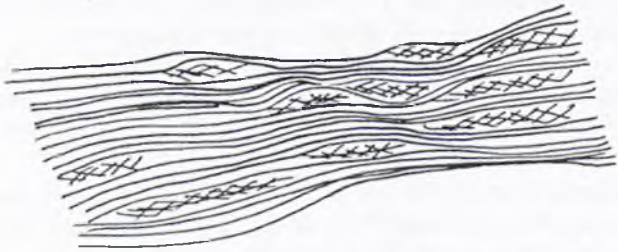
Afb. 5. Waterstofbindingen tussen twee celluloseketens met insluiting van water.

Normaal kan droge cellulose tussen 6 en 8 % water opnemen. Als de brij drastisch uitgedroogd wordt zullen de vezels zich in de breedte intrekken en misschien ook beschadigd worden. Er komen dan te veel bindingen tussen fibrillen tot stand en het papier verliest zijn soepelheid; de mechanische druk uitgeoefend op de fibrillen kan zich niet meer verdelen over de lengte van de fibrillen en daardoor breken deze.

b. *Hemicellulose*

Hemicellulose omvat een reeks bestanddelen die samen met cellulose voorkomen en die bestaan uit glucose en nog andere suikers. De gevormde ketens zijn kort en dikwijls vertakt.

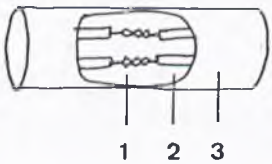
De hemicellulosemoleculen hebben een sterke neiging om waterstofbindingen te vormen. Ze zijn zeer waterabsorberend en kleverig, ze omvatten de *micellaire* filamenten, die ze met elkaar verbinden in het midden van de fibrillen (Afb. 6). In tegenstelling tot de α-cellulosemoleculen lossen hemicellulosen gemakkelijk op in alkali.



Afb. 6. — Cellulosemoleculen, XXXXX Hemicellulosemoleculen.

c. *Lignine*

Lignine of houtstof is een harde natuurlijke stof met lage *polymerisatiegraad*, vooral overvloedig aanwezig in houtvezels (Afb. 7). De chemische samenstelling is nog niet helemaal gekend. Ze is ingewikkelder dan die van α-cellulose. Lignine is een lijmmiddel dat de houtvezels aan elkaar hecht. De fabricagemethodes van papier trachten de lignine uit de papierbrij te verwijderen, hoofdzakelijk om de cellulosevezels vrij te maken en ook omdat de houtstofmoleculen zeer moeilijk de onmisbare waterstofbindingen tot stand brengen; het zijn deze bindingen die de weerstand van het papier uitmaken. Daarenboven ondergaat de lignine zeer sterk de invloed van uitwendige factoren, namelijk van het licht.



Afb. 7. Plantevezel: 1. Cellulose, 2. Hemicellulose, 3. Lignine.

2. LIJMSTOFFEN

De lijmstoffen worden aan het papier toegevoegd om de hydrofiele eigenschappen ervan te beperken. Men moet inderdaad het papier bedekken met een soort lijm die het bedrukken of het beschrijven toelaat. Niet gelijmd papier zuigt te vlug de inkt op en het blad wordt vuil.

Sinds het begin werd papier gelijmd. De Arabieren gebruikten een plantaardige lijmstof op basis van zetmeel. In 1337 voerden de papierfabrikanten van Fabriano het gebruik in van gelatine. Deze soort lijm verkreeg men door het koken van afval van de looierij, van afsnijdsels van huiden of van slachtafval. Deze werkwijze noodzaakte een bijkomende manipulatie van het blad (Afb. 8).

In 1634 maakt men in een handboek over papiervervaardiging voor 't eerst gewag van het gebruik van aluin. Het toevoegen van aluin aan de gelatine had tot doel de viscositeit van de lijm bij verschillende concentraties en temperaturen te stabilizeren, alsook de weerstand tegen het indringen van inkt te verhogen. Reeds in de loop van de 17de eeuw voegde men lijmstof aan de geraffineerde brij toe.

Afb. 8. Lijmen (bestrijken) van papier (uit: J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Parijs, 1761, Afb. XII.).
(© Bibliotheca Regia, Brussel)

Toen in het begin van de 19de eeuw papier met machines als papierrol vervaardigd werd, gebruikte men, in plaats van dierlijke lijm, plantaardige lijm op basis van colofonium. Deze laatste stof werd uit oude boomstronken gehaald of verkregen door pijnbomen te tappen. Er bestaan verschillende harssoorten maar alle zijn gekenmerkt door een hoge zuurtegraad. Ze bevatten zuren met *terpeenstructuur*, waarvan het belangrijkste *abiëtinezuur* is. Een verzeping maakt het hars oplosbaar in water (als natriumzout). Het zout wordt neergeslagen op de cellulosevezels onder toevoeging van aluin (dubbel aluminium- en kaliumsulfaat). Het procédé verspreidde zich eerst in 1830 in de Verenigde Staten. Vanaf 1880 is het aluin dat gebruikt wordt door de papierfabrikanten niet meer het dubbelsulfaat maar wel het aluminiumsulfaat.

Nu nog is ,,aluin-colofonium'' over de ganse wereld het voornaamste produkt voor het lijmen van gewoon papier, hoewel verschillende synthetische harsen (ureum-formaldehyde of melanine-formaldehyde) ook uitstekende resultaten opleveren. Het gebruik van natriumaluminaat in plaats van aluin verhoogt de pH van de brij (definitie van pH : zie tweede deel). Beschadiging door aluin wordt uitgeschakeld door het aanwenden van *polyamiden* die ook bindingen kunnen maken tussen cellulose en colofonium. Andere produkten zoals methylcellulose zijn zeer goede oppervlaktelijmen maar ze zijn erg duur.

Om het gevaar voor verzuring te vermijden stelde W. J. Barrow in 1950 een synthetische alkalische lijm voor. Zulke produkten worden heden geproduceerd en gebruikt voor het vervaardigen van stabiel zuurvrij papier. Hun samenstelling is dikwijls een fabricagegeheim.

3. VULSTOFFEN

Met deze term duidt men minerale, fijn verdeelde stoffen aan die zich komen nestelen in de ruimten tussen de door elkaar gevlochten vezels. Ze worden niet gebruikt om meer gewicht te geven aan het papier, maar wel om er de kwaliteit van te verbeteren, o.a. de witheid en de opaciteit. Bovendien vullen ze de oneffenheden van de papieroppervlakte zodat het drukken vergemakkelijkt wordt. Maar terzelfdertijd vermindert hun aanwezigheid het aantal bindingen tussen de cellulosefibrillen en verzwakt de mechanische weerstand van het papier.

Vulstoffen kunnen natuurlijke maar ook kunstmatige minerale stoffen zijn. Van de natuurlijke vulstoffen wordt kaolien het meest gebruikt. Kaolien werd in 1733 in Engeland ontdekt en vanaf 1870 gebruikt om het papier te vullen. Het gaat om een gehydrateerd aluminiumsilicaat gevormd door de geleidelijke ontbinding van gesteenten op basis van aluminiumoxyde. Kaolien is goedkoop maar niet zeer wit. Tussen 1800 en 1823 gebruikte men voor het eerst gips (calciumsulfaat). De andere natuurlijke, heden nog gebruikte vulstoffen zijn talk (magnesiumsilicaat) en krijt (calciumcarbonaat). Als kunstmatige vulstoffen gebruikt men o.a. titaanoxyde, dat aan het papier een grote opaciteit geeft, kunstmatig calciumcarbonaat en bariumsulfaat.

In tegenstelling tot de vulstoffen, die men rechtstreeks met de brij vermengt, worden de stoffen die de *deklaag* moeten vormen pas toegevoegd wanneer het blad reeds gevormd is. Het aanbrengen van een deklaag was reeds in de 18de eeuw gekend maar pas in de 20ste eeuw werd het op grote schaal toegepast. Sommige deklagen zijn zelfs alkalisch en vormen aldus een *buffer* op papieren die met aluin-colofonium gelijmd zijn en die oorspronkelijk zuur waren (zie tweede deel).

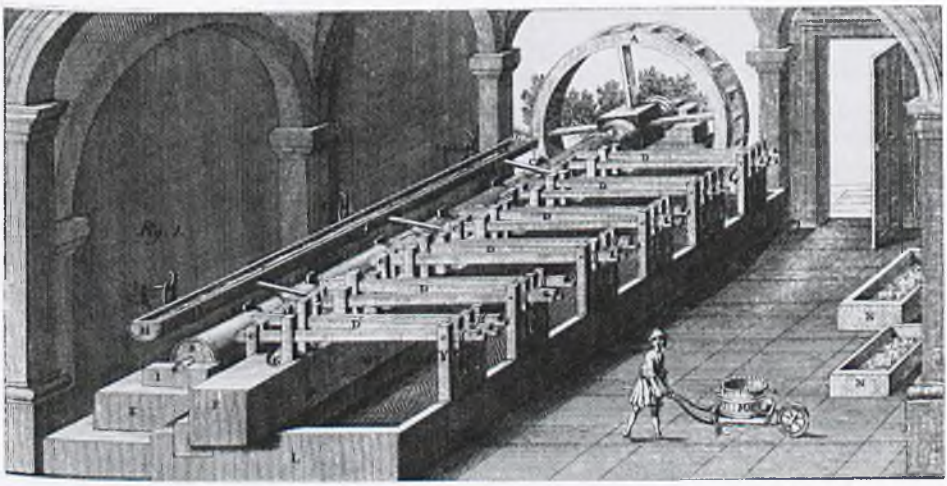
III. FABRICAGE

1. MANUELE VERVAARDIGING VAN PAPIER

Met de hand vervaardigd papier wordt ook ,,handgeschept papier'' of ,,raampapier'' genoemd. Deze twee benamingen worden verklaard door de fabricagemethode. Men moet twee opeenvolgende bewerkingen onderscheiden : eerst de bereiding van de papierbrij en daarna die van het eigenlijke blad.

Voor de bereiding van de brij is het eerste werk het uitzoeken van de lompen. Men sorteert ze naar samenstelling en kleur, en snijdt ze in stukken. Dit noemt men ,,het lompensorteren''. De lompen worden gewassen om vetstoffen en onzuiverheden te verwijderen. Daarna gaan ze naar de rotkuip. Ze worden in grote bakken geworpen en blijven daar twee à drie weken gisten, wat de latere behandelingen vergemakkelijkt. Van de rotkuip gaan de met water doordrenkte lompen naar de hamerbakken. In deze granieten of houten hamerbakken, die ook stamptroggen worden genoemd, vallen beurtelings houten hamers die de lompen tot zeer kleine fragmenten verbrijzelen. De houten hamers zijn opgesteld in stellen van drie of vier en worden opgeheven door tanden die aan een drijfas verbonden zijn. Deze as wordt aangedreven door het schoepenrad van de watermolen. De koppen van de houten hamers zijn voorzien van metalen punten. De behandeling neemt van 18 tot 36 uur in beslag tot men een witte, homogene brij bekomt. Deze giet men dan in een houten kuip waar ze met water verdund wordt bij een vaste temperatuur van 40 tot 60 °C (Afb. 9).

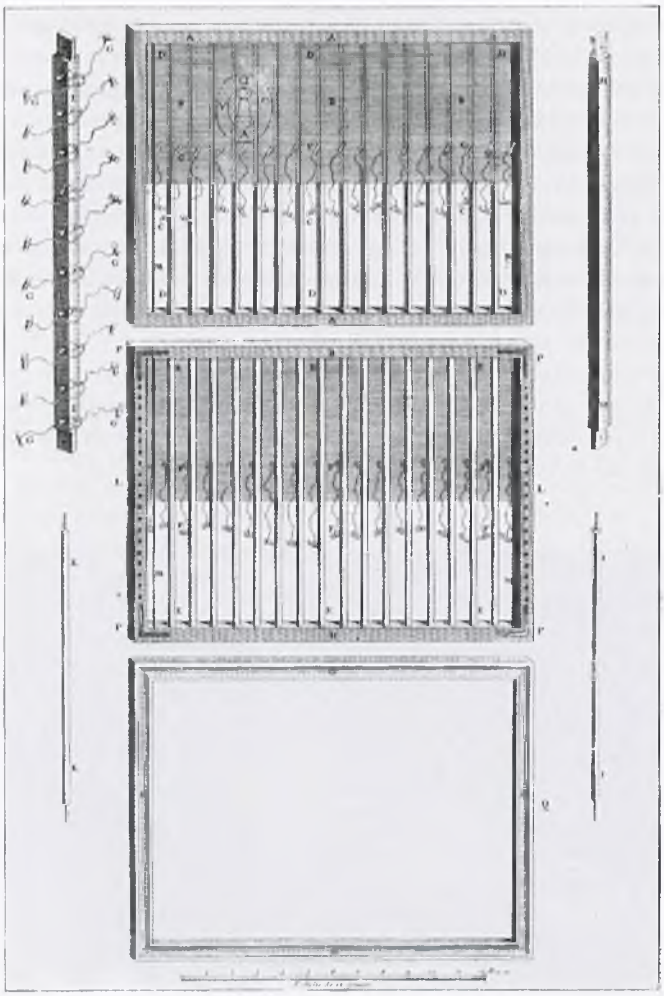
De aldus verkregen brij wordt tot bladen verwerkt. Om dit te verwezenlijken dompelt een man, de schepper, de vorm (of schepzeef) in de kuip en haalt ze er weer uit gevuld met vezelbrij. De oneffen oppervlakte maakt hij glad door een heen-en-weergaande beweging en dan laat hij het water er enkele seconden uitdruipen.



Afb. 9. Papiermolen met stampers (uit : J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Parijs, 1761, Afb. IV.). (© Bibliotheca Regia, Brussel)

De vorm bestaat uit een raam en een deksel. Op het houten raam is een zeef van draden en messingstaafjes gespannen. Het deksel is een rechthoekige afneembare houten lijst die op het raam past en het formaat van het blad bepaalt. Op de plaats van de draden en staafjes is de brij minder dik. Bekijkt men het blad tegen het licht dan ontdekt men het patroon van het netwerk : de *vergures* of *waterlijnen* nagelaten door de draden en de staafjes (Afb. 10).

Het watermerk of filigraan wordt op dezelfde manier verkregen. Het motief wordt getekend door middel van een koperen draad ingelast in de zeef van de vorm. Het water-



Afb. 10. Raam waarmee men de papierbrij schept (uit : J.J. de Lalande, *Art de faire le papier*, Parijs, 1761, Afb. X.).
(© Bibliotheca Regia, Brussel)

merk bevindt zich gewoonlijk in het midden van het gevouwen blad. Het belang van het watermerk is enorm. Het licht ons in over de kwaliteit, de datum, de herkomst en het formaat van het papier.

Wanneer de schepper de vorm enkele seconden heeft laten uitdruppen verwijdert hij het deksel en geeft hij het raam door aan de koetser. Door het raam om te keren laat deze het nog vochtige blad neerkomen op een vilt. Hij herhaalt dit tot hij een stapel van 100 tot 250 bladen verkrijgt, telkens ingelast tussen hun vilten. Zulk een stapel noemt men een ,,pak''. Dit pak komt dan in een schroefpers terecht om het overtollige water te verwijderen. De hoogte van de stapel vermindert bij deze behandeling tot tweederde. De opnemer of heffer maakt elk vel van het vilt los en hangt het aan touwen in een open drooghuis.

Eenmaal gedroogd wordt het papier in de gladkamer gelijmd. Voor deze lijming worden de vellen in een bad dierlijke lijm ondergedompeld. Na een nieuwe droogperiode van 2 à 3 dagen worden ze dan opgehaald en naar de glanspers gedragen, waar men ze opnieuw perst en met een vuur- of agaatsteen glanst. Eindelijk telt men de vellen en worden ze in riemen van 20 boeken van 25 vel vergaard.

2. MECHANISCHE VERVAARDIGING VAN PAPIER

Talrijke technische verbeteringen hebben het vervaardigen van papierbrij of van papier gewijzigd, o.a. de uitvinding van de hollander in 1670, die van de papiermachine in 1798 en het invoeren van houtpap in 1840.

a. *De hollander*

Zoals de naam het zegt waren het Hollandse fabrikanten die het eerst in een stamptrog een cilinder gebruikten in plaats van houten hamers. Deze cilinder is uitgerust met metalen messen en draait in een kuip, de stamptrog, boven een plaat die eveneens van messen is voorzien. De brij gaat over en weer tussen de cilinder en de plaat, op de bodem van de stamptrog; zo wordt ze geraffineerd. Door de uitvinding van de hollander liep het vermalen vlugger en vergde het geen voorafgaande verrotting meer. Daarenboven was het verkregen papier veel mooier, veel witter en van betere kwaliteit.

Nochtans had de hollander het nadeel niet doorlopend te raffineren. Men moest inderdaad de hollander stopzetten als de brij voldoende geraffineerd was, hem leegmaken en hem opnieuw vullen met ruwe brij. Om dat te verhelpen bouwden de Amerikanen Kingsland en Jordan omstreeks 1850 een doorwerkende hollander, bestaande uit een kegel uitgerust met overlangs geplaatste messen, die in een dop draait, eveneens van messen voorzien. De ruwe brij wordt langs de top van de kegel ingevoerd en verlaat de hollander via de basis. Heden worden de hollanders vervangen door combinaties van verschillende raffineurs, bijvoorbeeld schijf- en kegelraffineurs.

b. *De papiermachine*

Een Fransman, Nicolas-Louis Robert, kwam op de gedachte een zeefdoek zonder eind te gebruiken boven de papierkuip. Een schoepenrad haalde er de brij uit en legde ze op het zeefdoek. De brij werd geschud om het uitdruipen te versnellen en vervolgens meegesleept tussen de twee rollen van een zwengel die het resterende water verwijderde. Deze

machine kon bladen vervaardigen van 10 tot 12 meter lang. De uitvinding van Robert werd verbeterd, namelijk in Engeland in 1803 door Bryan Donkin met de financiële steun van de gebroeders Fourdrinier. Ze zal haar definitieve vorm krijgen onder de naam van ,,langzeefmachine'' of ,,Foudrinier-machine'' (Afb. 11).

Afb. 11. Papiermachine van N.L. Robert.
(© Musée national du Papier, Malmédy)

c. *Houtbrij*

De ontwikkeling van de papiervervaardiging werd beïnvloed door de omwenteling in de drukkunst. Gutenbergs uitvinding van de losse letterstaafjes was een aanzienlijke verbetering die een bredere verspreiding van de ideeën en een grote culturele bloei mogelijk maakte. Het verbruik van papier steeg zeer snel. Daarenboven hebben de hollander en de papiermachine door de produktiemogelijkheden te vermenigvuldigen, de problemen van de voorziening van grondstoffen, d.w.z. van lompen, scherp in het licht gesteld. In de middeleeuwen waren lompen betrekkelijk overvloedig dank zij het dragen van ondergoed in vlas en hennep. Maar het vergaren ervan stelde stilaan problemen.

Na verscheidene proeven bleek het hout het meest lonende produkt te zijn. Keller ontdekte in 1844 een methode om hout te ontvezelen door het te raspen met een molensteen in waterig milieu. Deze nieuwe techniek werd geïndustrialiseerd in 1867 door Völter. Terzelfdertijd bracht men verschillende chemische methodes tot stand met het doel de nutteloze bestanddelen van de houtbrij uit te schakelen. De techniek met gebruik van soda, uitgevonden door H. Burguess en C. Watt, werd in 1854 gepatenteerd en verspreidde zich vanaf 1860. Enkele jaren later vindt Tilgham het procédé met *bisulfiet* uit, dat na verbetering commercieel gebruikt wordt in de Verenigde Staten vanaf 1882. Tenslotte verschijnt in diezelfde jaren '80 het procédé met sulfaat, bedacht door C.F. Dahl, dat toelaat de produktie van uiterst stevig papier te verwezenlijken: het pakpapier (*kraft*). Het wordt in dienst gesteld in Canada vanaf 1909. Heden komt hout voor 95 % als grondstof in aanmerking voor het vervaardigen van papier in de wereld. Lompen hebben er nog slechts een miniem aandeel in: minder dan 0.5 %. Wat overblijft is samengesteld uit andere plantevezels.

3. PAPIERBRIJ

Alvorens de industriële werkwijzen van de vervaardiging van papier te beschrijven moeten we nog nagaan welke verschillende soorten papierbrij bestaan.

a. *Mechanische brij*

De traditionele mechanische brij, bereid volgens de methode van Keller, verkrijgt men door ontschorst blokhout te raspen tegen een cementen molensteen in aanwezigheid van water. Onzuiverheden en opeenhopingen van vezels worden verwijderd dank zij de zeef. Na de tweede wereldoorlog verschenen de ontbindingsmachines die met schijven werken en waarin het hout in de vorm van schaafkrullen en niet meer als stukken blokhout ingevoerd wordt. Met deze methode bereikt men een rendement van 95 %, hetgeen betekent dat de droge stof in de brij 95 % bedraagt van het aanvankelijk gewicht van het hout.

Deze techniek heeft tot nadeel dat ze de lengte van de vezels inkort en dus ook de sterkte van het papier vermindert. Daarom wordt de mechanische brij zelden alleen gebruikt voor het vervaardigen van drukpapier maar altijd vermengd met een zekere hoeveelheid chemische brij. De mechanische brij komt voor 80 % voor in de samenstelling van krantenpapier, hetgeen de snelle aantasting en de vergeling ervan verklaart. Dit soort papier heeft inderdaad, wegens de beperkte lengte van de vezels, een zwakke mechanische weerstand en het heeft een neiging om bros te worden. Anderzijds is de lignine, die niet verwijderd werd, gevoelig voor licht en verantwoordelijk voor de vergeling.

Sinds 1970 is een nieuwe werkwijze bijgewerkt: de thermo-mechanische vervaardiging die in waterdamp gekookte schaafkrullen gebruikt. De lignine wordt hierdoor weker en de mechanische behandeling duurt minder lang. Het rendement ligt rond 80 %. De vezels zijn langer dan bij de zuiver mechanische brij. Het zo verkregen papier heeft een grotere weerstand en kan gebruikt worden zonder toevoer van chemische brij.

b. *Chemische brij*

In de chemische brij scheidt men de cellulose van de lignine die de plantevezels samenbindt. De lignine wordt verwijderd door oplossen met chemische stoffen onder hoge temperatuur en druk. De twee meest verspreide methodes gebruiken sulfaat en *bisulfiet*. Het rendement is laag, van 45 tot 55 % droge stof van het oorspronkelijk ontschorste hout, maar men verkrijgt brij die toelaat papier en karton met groot weerstandsvermogen te vervaardigen. De brij is ongebleekt ; een bijkomende behandeling zal de bruine en beige natuurlijke kleur wegnemen.

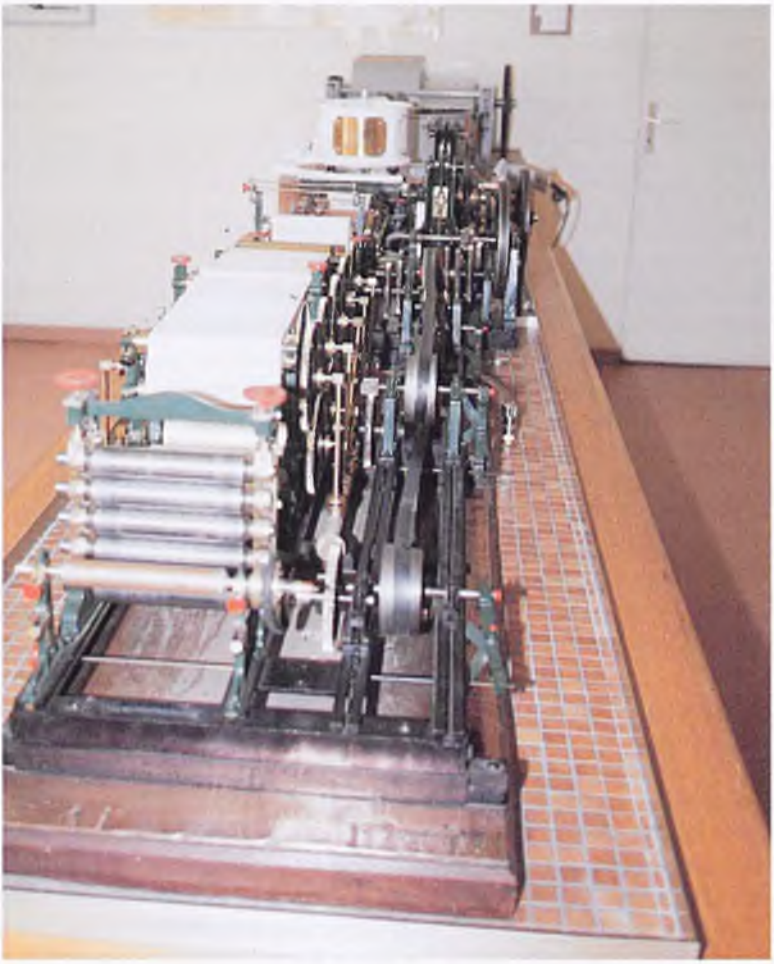
Vooraleer men over chemische reagentia beschikte (chloor werd pas in 1774 door K. Sheel ontdekt) bestond de enige techniek om papier te bleken erin het nog vochtig aan de zonnestralen bloot te stellen. Dank zij de produktie van stabiele chloorhoudende verbindingen werd het bleken van de brij, in het begin van de 19de eeuw, vrij algemeen. Men gebruikte namelijk ,,chloorkalk'' ook ,,bleekpoeder'' geheten, of calciumhypochloriet, $Ca(OCl)_2$, en natriumhypochloriet, NaOCl, beter bekend onder de naam ,,javel'' of ,,bleekwater''. Na de tweede wereldoorlog verscheen een nieuwe reeks bleekmiddelen : de peroxydes, bv. waterstofperoxyde (H_2O_2). *Reductiemiddelen* worden eveneens gebruikt om de brij te bleken, hoofdzakelijk natriumhydrosulfiet of natriumdithioniet ($Na_2S_2O_4$).

4. DE INDUSTRIËLE VERVAARDIGING VAN PAPIER

De industriële vervaardiging van papier is een systematisering van de oude techniek. De brij wordt geleverd door gespecialiseerde fabrieken. Ze wordt opnieuw aangelengd met water en krijgt bijkomende stoffen (kleef- en vulstoffen) toegevoegd. De brij wordt gemengd en geraffineerd alvorens naar de continupapiermachine gebracht te worden. Op dat moment bevat ze ongeveer 99 % water.

De vezels die in suspensie in het water verkeren worden op een metalen zeef zonder eind gegoten. De zeef kan tot 10 meter breed zijn. Onmiddellijk begint de brij uit te lekken. Door een overlangse translatiebeweging en door de werking van opzuigkassen wordt het uitlekken grotendeels vergemakkelijkt. Na enkele meters is het blad papier reeds gevormd. Wanneer het blad papier de zeef verlaat, bedraagt het nog 85 % water. De volgende behandelingen moeten dit watergehalte verlagen. Zo wordt het blad door verschillende paren walsen geleid, waarbij nog 20 % vocht uitgeperst wordt. Het papier is dan nog niet voldoende droog maar louter mechanisch kan men het niet verder drogen.

Dit gebeurt dan in de droogkamer, waar het watergehalte teruggebracht wordt tot een waarde tussen 5 en 10 %, waarde die vereist is voor zogenaamd droog papier. De droogkamer bestaat uit een reeks gietijzeren walsen die verwarmd worden met waterdamp. Het in dat stadium verkregen papier wordt ,,ongesatineerd'' genoemd. Men kan het een glad uitzicht geven door middel van kalanders (rolvormige persen van gepolijst gietijzer). Het papier wordt dan opgerold tot bobijnen die daarna bewerkt worden tot het gewenste formaat (Afb. 12).



Afb. 12. Continupapiermachine.
(© Musée national du Papier, Malmédy)

5. GESCHIEDENIS VAN HET PAPIER : OVERZICHT

105	Waarschijnlijke datum van de uitvinding van papier door de Chinees Cai Lun
751	Slag bij Samarkand : het fabricageprocédé, tot dan toe geheim gehouden, wordt overgebracht aan de Arabieren
1050	Eerste papierfabriek in Europa, te Xativa in Spanje
1276	Eerste papierfabriek in Italië, te Fabriano
1282	Het oudste gekende filigraan
1320	Eerste papiermolen in Duitsland te Mainz

1337 Invoer van het lijmen met gelatine te Fabriano
1338 Eerste papiermolen in Frankrijk in de streek van Troyes
1401 Vermelding van een molen in België op een bijrivier van de Molenbeek
1670 Eerste gebruik van de hollander in Holland
1799 Uitvinding in Frankrijk van de papiermachine door N.L. Robert
1806 Invoer van de plantelijm met colofonium, op basis van dubbelsulfaat van aluminium en kalium
1806-7 In Engeland, octrooi voor de verbeterde papiermachine van de gebroeders Fourdrinier en B. Donkin
1807 Gebruik van kaolien als vulstof
1822 Eerste machine van Fourdrinier voor Canson te Annonay geplaatst (Frankrijk)
1823 Voor de eerste maal gebruik van gips als vulstof
1830 Gebruik van colofonium als lijmmiddel in de Verenigde Staten
1844 Gebruik van houtbrij door A. Keller
1860 Verspreiding van het procédé op basis van soda
1867 Industrialisering van de mechanische brij door Völter
1880 De aluin wordt aluminiumsulfaat
1882 Commercialisatie van het procédé met *bisulfiet*
1884 Uitvinding van het procédé met sulfaat
1950 Aanmaning tot een neutrale lijming door W.J. Barrow in de Verenigde Staten

IV. IDENTIFICATIEMETHODES VOOR DE SAMENSTELLING VAN PAPIER

De samenstelling van papier is een van de factoren die de bestendigheid ervan bepalen. De bewaringsmaatregelen, zelfs al worden ze strikt nageleefd, kunnen degradatie van papier van slechte kwaliteit niet verhinderen. In de loop van de eeuwen werden voor de vervaardiging van papier hoe langer hoe meer grondstoffen van verschillende aard gebruikt. De steeds stijgende vraag naar papier en het zoeken naar een goedkope grondstof leidden tot een daling van de kwaliteit. Dit geldt vooral voor de papiersoorten die sinds 1850 werden geproduceerd en namelijk vanaf het invoeren van houtpulp. Het is dus nodig de samenstelling te kennen van de vezels van het papier wanneer men een boek onderzoekt dat door verschillende degradatiefactoren beschadigd werd waarvan het moeilijk is de specifieke rol in te schatten. Dit onderzoek kan uitmaken of de eerste oorzaak van de beschadiging gebonden is aan de samenstelling van het papier en kan de maatregelen bepalen om de bewaring te verbeteren.

1. SOORTEN ONDERZOEK

Om de samenstelling van de vezels van papier te bepalen kan men een vlugge proef uitvoeren met een kleurreagens. Door vergelijking met de hieronder voorgestelde tabel duidt de verkregen kleur het soort gebruikte brij aan. Deze methode heeft het nadeel destructief te zijn in die mate dat ze een kleurvlek op het te ontleden blad papier nalaat, tenzij men een los fragment kan gebruiken dat zich tussen de bladen bevindt. Enkele

van de oppervlakte van het papier afgeschraapte vezels kunnen soms volstaan indien men vervolgens het afgenomen staal met een microscoop kan ontleden.

2. KLEURREAGENTIA

Vele kleurreagentia laten toe de vezelstructuur van papier na te gaan. Onder hen zullen we meer in het bijzonder de bereidingswijze onderzoeken van het reagens van Herzberg, en die van floroglucinol. Voor al de andere verwijzen we naar de werken in de bibliografie, bv. B.L. BROWNING en L. VIDAL.

a. *Bereiding volgens de norm AFNOR 03 001 (*)*

1° Kleurstof van Herzberg of zinkchloorjood reagens

Volgende oplossing bereiden: 40 g puur zinkchloride en 20 ml gedestilleerd water. Na afkoeling volgende oplossing voorzichtig toevoegen: 4,2 g kaliumjodide, 0,2 g jodium en 10 ml gedestilleerd water. Laten bezinken gedurende één dag.

Het reagens kleurt:

— roodbruin: alle vezels uit zuivere, natuurlijke cellulose: katoen, vlas, hennep, *ramie*, moerbei (Kodzo).

— geel: stoffen opgebouwd uit lignine en cellulose: mechanische pulp, niet gebleekte jute, niet gebleekt stro.

— geel, geelgroen: Oosterse vezels: gampi en mitsumata.

— paarsachtig blauw: chemische houtpulp en andere chemisch bewerkte stoffen opgebouwd uit lignine en cellulose: gebleekte jute, stro, alfagras en bamboe.

Indien de verkleuring te bleek is, dan is het reagens onvoldoende geconcentreerd. Men moet er zinkchloride aan toevoegen dat zich stilaan zal oplossen en zo nodig enkele kristallen jodium. Indien het reagens alle vezels blauw kleurt, zelfs lompen, moet men voorzichtig, druppel na druppel, water bijvoegen.

Alvorens het verse reagens te gebruiken kan men het testen op drie test-eenheden: α-cellulose, mechanische houtpulp en chemische houtpulp. Dit reagens ontbindt bij ononderbroken blootstelling aan het licht of aan de lucht. Het moet dus bewaard worden in een bruine hermetisch afgesloten fles.

2° Floroglucinol

1 g floroglucinol in 50 ml alcohol à 90°. Aan deze oplossing 25 ml zoutzuur (d = 1,19) toevoegen.

Dit reagens laat toe de aanwezigheid te ontdekken van mechanische houtbrij of van andere sterk verhoute, niet gereinigde vezels zoals ongebleekte jute of stro.

Het is kleurloos als het juist bereid wordt maar vergeelt na enkele weken zonder nochtans veel van zijn kleuringsvermogen te verliezen. Men bewaart het best in een gesloten fles en in het donker.

b. *Analysetabel*

Op lompenbrij geeft de kleurstof van Herzberg een bordeauxrode tint. De aanwezigheid van lignine en dus van houtbrij wordt onmiddellijk aangetoond met de floroglucinoltest, die een rode tint geeft.

(*) *Recueil des normes françaises. Papiers, cartons et pâtes*, tome I: 4de uitg., Parijs, 1985, p. 126-127.

Deze kleur is donker wanneer het gaat om mechanische houtbrij en bleek, soms zelfs bijna onzichtbaar, wanneer het papier met een mengsel van chemische en mechanische brij vervaardigd is.

TABEL 1

Resultaten verkregen met de kleurreagentia

	Herzberg	*Florogl.*
Zuivere cellulose katoen, vlas, *ramie* hennep, kodzo	bordeaux donkerrood	kleurloos
Ligno-cellulose mechanische brij ongebleekte jute en stro	geel	magentarood
Niet gebleekte chemische brij: naaldbomen, loofbomen; sulfaat en *bisulfiet* Gebleekte chemische brij	paarsblauw	kleurloos

3. MICROSCOPISCH ONDERZOEK

Voor de identificatie van vezels van planten of bomen verwijzen we naar de beschrijvingen in de atlassen die in de papiernijverheid gebruikt worden. We zullen nochtans een kort overzicht geven van de kenmerken van de voornaamste vezels. Als voorbeeld van iconografische verwijzing vermelden we: Wilfred A. COTE, *Papermaking Fibers Atlas, A Photomicrografic Atlas*, en Louis VIDAL, *L'analyse microscopique des papiers*, Parijs, 1939 (zie bibliografie).

a. *Brij afkomstig van jaarlijkse planten*

Deze brij is afkomstig van oude lompen, van afval van de textielindustrie, van touwwerk of rechtstreeks van planten.

1° Katoen (Gossypium var.)

Van de vrucht van de katoenstruik gebruikt men in de papiernijverheid enkel het dons (de *linters*). Al deze vezels zijn afkomstig van oude lompen. Ze zijn betrekkelijk ondoorschijnend (15 à 18μ), cilindervormig of afgeplat als een lint, dikwijls verwrongen (20 à 30μ). Deze laatste eigenschap is niet eigen aan de katoenvezel maar het is haar meest voorkomende kenmerk. De vliezige wand bezit evenwijdige groeven die geen knobbels en geen buigingsplooien vertonen.

2° Vlas (Linum usitatissumum)

Doorzichtige regelmatige vezels (15 à 18μ) met spitse uiteinden. De wand is dik en eenvormig. De buitenkant is glad, soms licht gegroefd met knopen of dwarsstrepen die het uitzicht geven van een bamboestok. Deze groeven of buigingsplooien zijn een kenmerk van bastvezels. Die vezels vormen compacte bundels en bezitten vaak losse of vastzittende fibrillen.

3° Hennep (Cannabis sativa)

Vezels waarvan de dikte varieert (van 12 à 30μ, gemiddeld 20μ). Ze vertonen groeven en zeer dikwijls losse of vastzittende fibrillen. De uiteinden van de vezels zijn breed afgeplat. Ze vormen compacte bundels met fijne overdwarse merktekens. Deze vezels zijn moeilijk te onderscheiden van die van het vlas, gezien hun structuur, hun kleurreacties en zelfs hun chemische samenstelling.

4° Ramie (Boehmeria var.)

Vezels van onregelmatige vorm en lengte, soms cilindrisch, glad of gegroefd, soms ook afgeplat. De uiteinden van de vezels zijn afgerond, spatelvormig of speervormig. Deze vezels zijn veel breder dan al de andere vezels: van 12 à 82μ. Aanwezigheid van longitudinale kloven.

5° Jute (Corchorus capsularis)

Bijna cilindervormige vezels (16 à 20μ doorsnede) en afgeplat in compacte bundels. Jute vertoont heel wat barsten. De uiteinden zijn over 't algemeen spitsvormig. Deze vezels zijn gekenmerkt door vernauwingen van het *lumen*, zonder dat de dikte van de vezels erdoor gewijzigd wordt.

6° Stro

De meest gebruikte soorten stro zijn die van rogge (Secale cereale), tarwe (Tritium sativum), haver (Avena sativa), gerst (Hordeum vulgare) en rijst (Orysa sativa). Ze bevatten vele verschillende elementen waaronder ook niet-vezelige stoffen. De vezels zijn uiterst dun en kort (10 à 20μ doorsnede) met een dikke wand. De barsten en de knobbels zijn weinig gemerkt. De uiteinden lopen geleidelijk op een punt uit. Onder de niet-vezelige stoffen onderscheidt men lange of korte houtcellen. Ze zijn zeer hard en kunnen zelfs vlekken vormen in het papier. Men treft ook opperhuidcellen aan, afkomstig van bladeren. Ze zijn rechthoekig, getand, en klein van afmeting.

b. *Houtbrij*

1° Onderscheid tussen naald- en loofbomen

De cellulose van de naaldbomen bestaat bijna uitsluitend uit vezelige elementen: de tracheïden. Deze veranderen van vorm volgens de jaargetijden. De tracheïden van zomer- of lentehout, aanwezig in overwegende proporties, zijn breed (van 50 à 60μ), afgeplat, met dunne wanden en spitse of afgeronde uiteinden. De vezels van herfsthout zijn smaller (30 à 40μ) met scherpe uiteinden en dikke wanden. Dit element staat in voor de twee voornaamste functies van de stengel: het sap vervoeren en de boom steunen.

De tracheïden van naaldbomen zijn gekenmerkt door de aanwezigheid van cirkelvormige poriën of stippels opgesteld in de lengte en omringd door cirkelvormige inzinkingen of kernen. Deze soorten vezels zijn tevens gekenmerkt door de rechthoekige mergcellen die hars bevatten.

De twee meest gebruikte soorten zijn de spar (Picea var.) en de den (Pinus var.). Hun vezels gelijken fel op elkaar. De stippels van de spar zijn gevormd door twee concentrische cirkels (hofstippels): de vezels van de den hebben vensters met één enkele rand.

In tegenstelling tot de naaldbomen zijn de loofbomen gevormd uit twee soorten cellen die in verband staan met hun functie. De vezels moeten dienen om te steunen, ze zijn kort, fijn en spoelvormig (van 20 à 27μ). Vele onder hen zijn breed in het middengedeelte, en opeens dun uitlopend aan de twee uiteinden.

Deze soorten cellen zijn onmiddellijk te herkennen door de aanwezigheid van zeer brede vaten met uiterst dunne wanden. Deze houtvaten zijn open aan de twee uiteinden en zitten vol poriën geschikt in mooie patronen die soms toelaten de boomsoort te herkennen waaruit de pulp bereid werd.

De meest gebruikte boomsoorten zijn de populier (Populus var.) en de tamme kastanjeboom (Castanea var.).

2° Onderscheid tussen mechanische en chemische brij

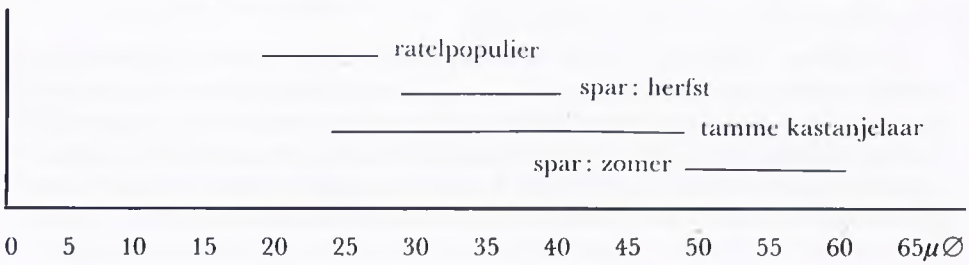
De mechanische houtpulp onderscheidt zich van de chemische houtpulp door het feit dat ze bereid wordt uit alleen mechanisch bewerkte bomen of houtblokken. Deze brij is zeer onzuiver. De vezels zijn kort en broos. Ze worden zelden ongeschonden en alleenstaand aangetroffen. Men vindt ze hetzij in verminkte fragmenten, hetzij in gebroken aggregaten van verschillende vezels samengehouden door overlangse banden: de mergstralen.

De vezels verkregen door een chemische methode zijn lang, maar toch korter dan die van katoen of vlas. Ze zijn breed, afgeplat en soms gewrongen.

c. *Tabellen van de doorsneden van de vezels*

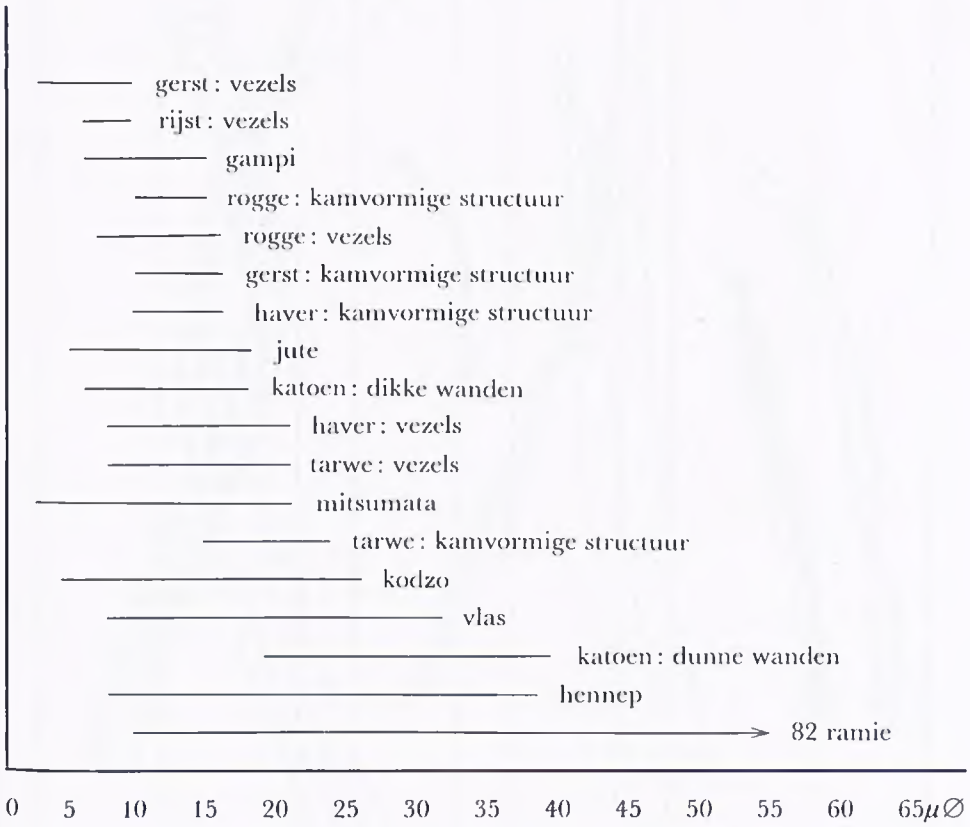
TABEL 2

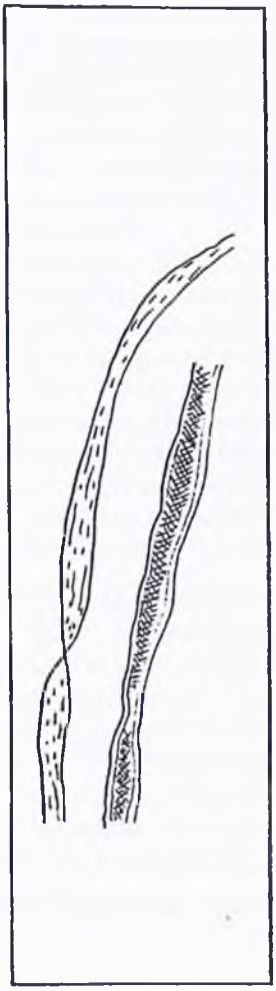
Houtbrij



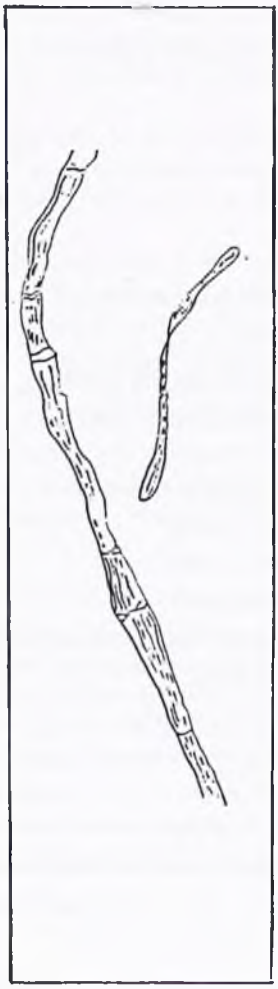
TABEL 3

Jaarlijkse planten

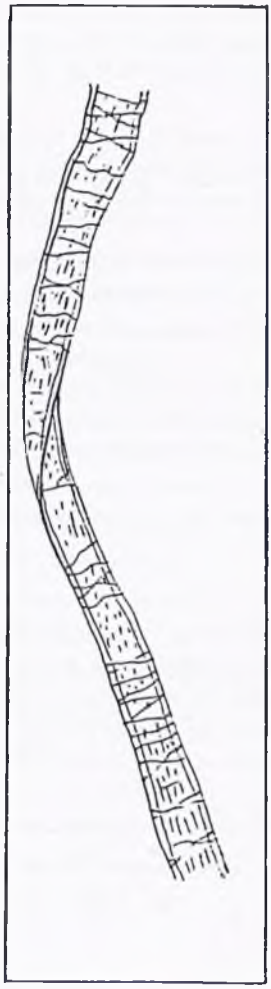




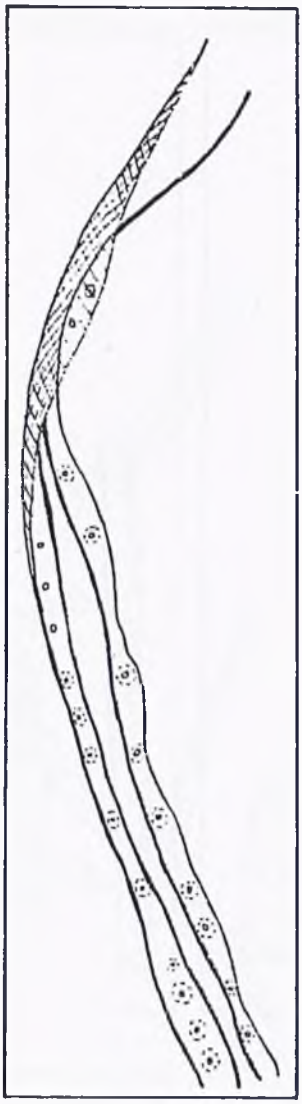
Afb. 13.
Gossypium var.
NL: katoen
GB: cotton
D: Baumwolle
F: coton
I: cotone
Vezels van katoen
300 X
Gewrongen vezels



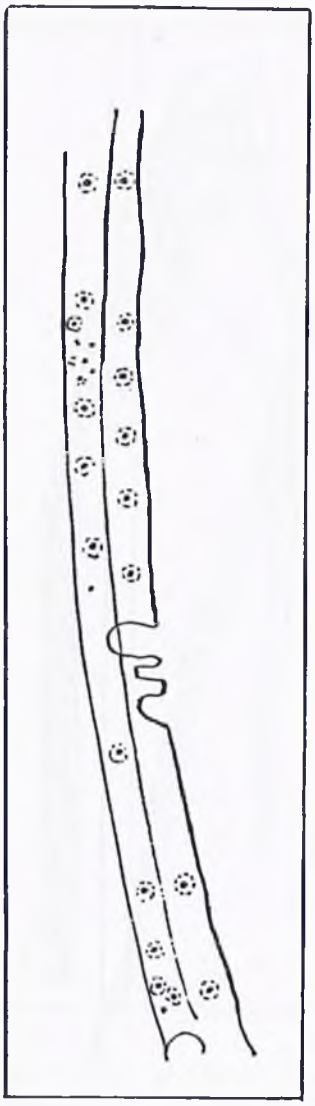
Afb. 14.
Linum usitatissumum
NL: vlas
GB: flax
D: Flachs
F: lin
I: lino
Vezels van vlas
150 X



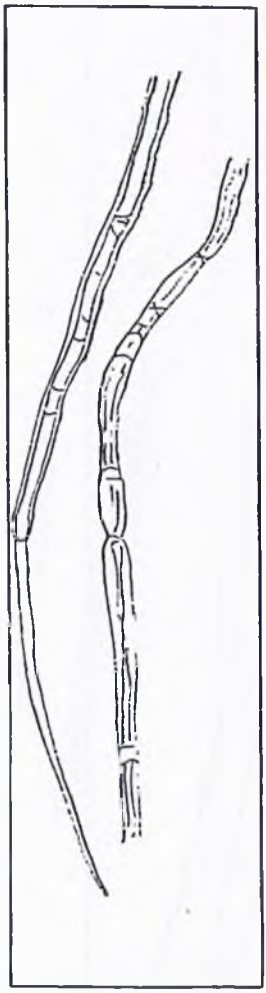
Afb. 15.
Boehmeria var.
NL: ramie
GB: ramie, China grass
D: Ramie
F: ramie
I: ramiè
Vezel van ramie
120 X



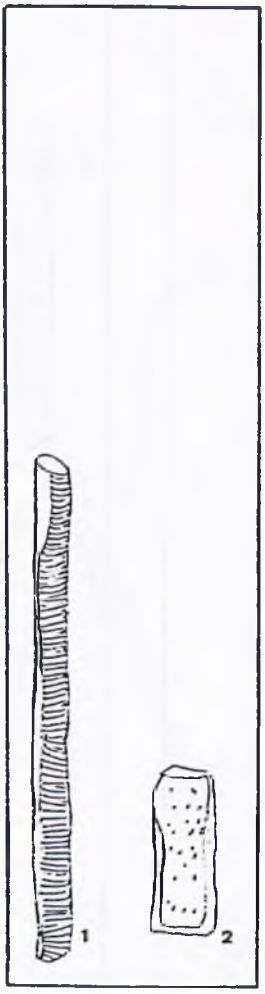
Afb. 16.
Abies var.
NL: spar
GB: spruce
D: Tanne
F: sapin
I: abete
Tracheïde van spar
250 X



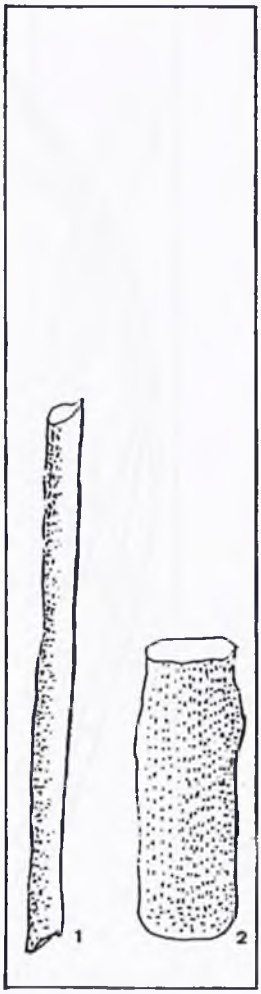
Afb. 17.
Pinus var.
NL: den
GB: pine
D: Kiefer
F: pin
I: pino
Tracheïde van den
250 X



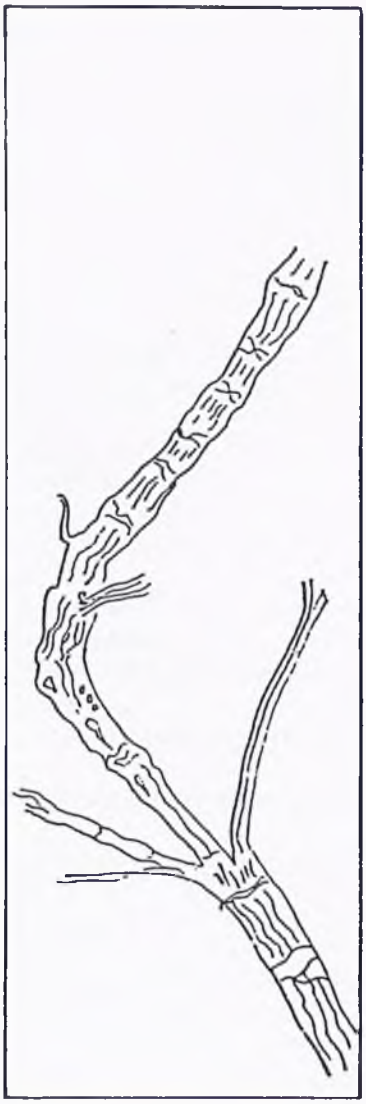
Afb. 18.
Corchorus capsularis
NL: jute
GB: jute
D: Jute
F: jute
I: iuta
Vezels van jute
150 X



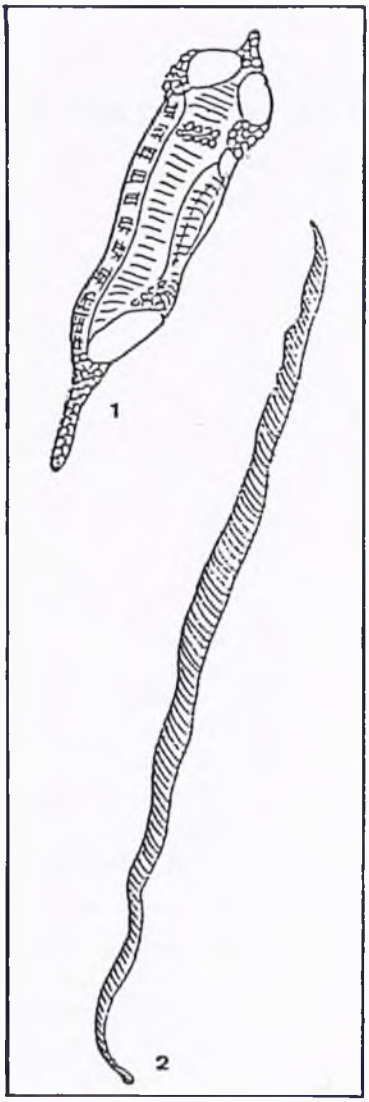
Afb. 19.
Orysa sativa
NL: rijst
GB: rice
D: Reis
F: riz
I: riso
Rijststro
250 X
1. vat



Afb. 20.
Triticum sativum
NL: tarwe
GB: wheat
D: Korn
F: blé
I: grano
Tarwestro
250 X
2. *parenchymeel*



Afb. 21.
Cannabis sativa
NL: hennep
GB: hemp
D: Hanf
F: chanvre
I: canapa
Vezels van hennep
330 X



Afb. 22.
Populus var.
NL: esp
GB: aspen
D: Espe
F: peuplier
I: pioppo
Vezel en vat van populier 120 X
1. vat 2. vezel

HOOFDSTUK II: PERKAMENT EN LEDER

I. Huiden
   1. Samenstelling
   2. Mechanische weerstand

II. Perkament
   1. Geschiedenis
   2. Vervaardiging

III. Leder
   1. Geschiedenis
   2. Vervaardiging
      a. Bewerking in de rivier
      b. Looiing
      c. Lederbereiding en afwerking

IV. Verschil tussen leder en perkament

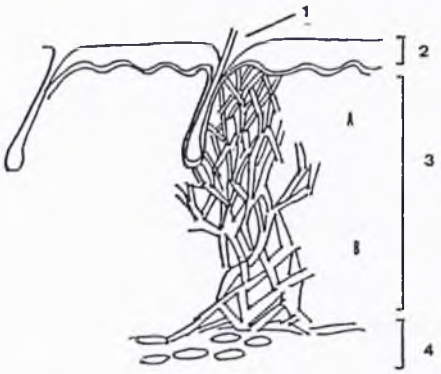
V. Kenmerken van enkele gewone huiden en ledersoorten
   1. Runderen
   2. Schapen
   3. Geiten
   4. Varkens

I. HUIDEN

1. SAMENSTELLING

Huiden zijn de grondstof voor het vervaardigen van leder en perkament. Ze hebben een stevig en elastisch weefsel dat een regelende en bufferende functie heeft tegenover de omringende atmosfeer. In een dwarsdoorsnede van de huid kan men verschillende lagen onderscheiden : de opperhuid of epidermis (dun gelaagd *epithelium* dat vooral dient tot mechanische verdediging), de lederhuid of corium (vezelachtig weefsel dat de opperhuid voedt en dat verschillende structuren bevat zoals spieren, vet, zenuwen, bloedvaten en klieren) en de onderhuid of hypodermis.

Tijdens de vervaardiging van het leder worden haren en opperhuid verwijderd. De haarzakjes maken eveneens deel uit van de opperhuid, maar de inplanting van de haren zal zichtbaar blijven en aan het leder zijn korrelig aspect geven, eigen aan het dier en ook aan de herkomst op het dier. De onderhuid, rijk aan vetstof, zal eveneens verwijderd worden. Hetgeen dan overblijft voor het vervaardigen van het leder of van het perkament is de lederhuid of corium.



Afb. 23. Doorsnede van de huid : 1. haar, 2. opperhuid, 3. lederhuid, a. papillaire laag, b. reticulaire laag, 4. onderhuid.

De voornaamste bestanddelen van de lederhuid zijn vezels uit collageen, de overvloedigste proteïnen van de dierlijke organismen. Volgens de structuur van de collageenvezels kan men in de lederhuid twee zones onderscheiden waartussen geen duidelijke overgang bestaat : de papillaire laag (nerfzijde) en de reticulaire laag (Afb. 23). Tot aan de basis van de inplantingen van de haarzakjes is de vezelstructuur fijn en eerder gelijklopend gericht ten opzichte van de korrelige oppervlakte. In de diepe laag van de lederhuid, het vlees, worden de vezels dikker en vormen ze een echt driedimensionaal netwerk. De oppervlakte van het vlees tegen de onderhuid is samengesteld uit vezels die eerder gelijklopend gericht zijn met deze oppervlakte.

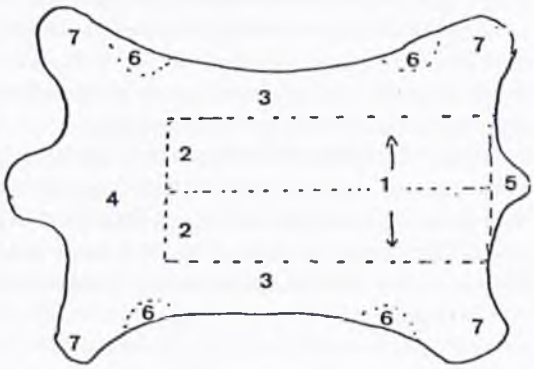
Dank zij deze vezelige structuur van de lederhuid en de sterkte van de collageenweefsels zelf, zijn de huid en het leder dat eruit verkregen wordt uiterst elastisch en gekenmerkt door een grote weerstand tegen het scheuren. Verbonden met collageen vindt men, vooral in de papillaire laag, een andere elastische proteïne, de elastine, die tot 300 % gerekt kan worden en die heel waarschijnlijk bijdraagt tot de uitgesproken korrelige structuur van het afgewerkte leder.

2. MECHANISCHE WEERSTAND

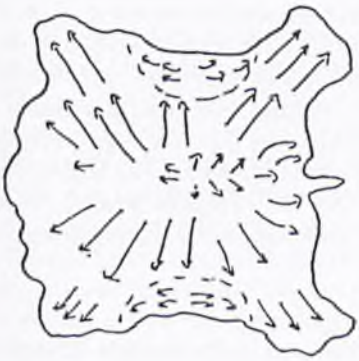
Kop, poten en staart worden verwijderd vóór de bewerking van de huid. De natuurlijke oriëntatie van de vezels en de vastheid van de driedimensionale structuur die er het gevolg van is, verschillen niet alleen in functie van de dikte van de huid maar ook naar gelang van de herkomst op het dier. Het meest compacte en het dikste deel is de rughuid (zonder kop- en buikgedeelte), het is ook dit deel dat de meeste waarde heeft. Het halsstuk en vooral de flanken zijn minderwaardig qua dikte, vastheid en homogeniteit. De oksels vertonen de minst compacte structuur (Afb. 24).

De natuurlijke spanningen in de huid zijn het gevolg van wijzigingen van de vezelstructuur. Deze spanningen zijn vooral belangrijk voor het bewerken van de huiden, in de boekbinderij bijvoorbeeld. Indien de rug van het boek in de richting van de rug van het dier gesneden werd zullen ze het vouwen van het leder vergemakkelijken, namelijk rondom de hoeken en de opening van het boek (Afb. 25).

De voornaamste richting van de elasticiteit kan gemakkelijk waargenomen worden door met de hand even aan de huid te trekken. Bij uitvoering van fysische tests op leder is het zeer belangrijk de herkomst van de monsters nauwkeurig aan te duiden en stipt de voorschriften van de overeenkomende norm te volgen.



Afb. 24. Crouponeren: 1. rug, 2. croupon, 3. flanken, 4. halsstuk, 5. staart, 6. oksels, 7. poten.



Afb. 25. Oriëntatie van de vezels.

II. PERKAMENT

1. GESCHIEDENIS

Het woord ,,perkament'', in het Latijn ,,pergamena'', is afgeleid van de stad Pergamon (stad nabij Izmir in Klein-Azië). Het woord kwam echter vóór de 4de eeuw van onze tijdrekening in gebruik.

Volgens Plinius de Oude (1ste eeuw na Christus) zou de ontdekking van het perkament aan koning Eumenes II van Pergamon (197-159 vóór Christus) toegeschreven zijn. Deze zou het uitgevonden hebben om de papyrus te vervangen in de vermaarde bibliotheek van Pergamon toen de Egyptische farao Ptolemaios IV de uitvoer van papyrus verbood met het doel de uitbreiding van de bibliotheek te verhinderen. Deze mening is heden opgegeven. Naar FORBES zou men eerder moeten overwegen dat in Pergamon de reeds gekende kunst om dierenhuiden te bereiden verbeterd werd ten einde er schriftdragers van te maken. In 1969 vond men in Jordanië dokumenten terug die volgens de paleografie uit de 8ste en de 9de eeuw vóór Christus dagtekenen en waarvan bleek dat de drager perkament was afkomstig van kameelhuiden.

De gebruikte werkwijze in Pergamon bestond uit de ontharing van de huiden, een langdurige reiniging en gladschuring. Tenslotte werden de huiden gedroogd in open lucht. Het valt op te merken dat het gebruik van kalk voor de ontharing nergens vermeld wordt in de literatuur van de Egyptische, Griekse of Romeinse Oudheid. Men gebruikte slechts plantextracten om op *enzymatische* wijze te ontharen. De verschillende soorten ,,kalk'' verschijnen pas in de 8ste eeuw en het is waarschijnlijk dat deze techniek ingevoerd werd door de Arabieren.

Alhoewel perkament veel moeilijker te bereiden is, en dus veel duurder is, vertoonde het tegenover papyrus het voordeel een groter weerstandsvermogen te bezitten, in het bijzonder tegenover het vochtige Middellandse-Zeeklimaat. Geleidelijk werd perkament de gewone drager van het geschrift en het werd ingevoerd te Rome in de 2de eeuw vóór Christus. Het werd in rechthoeken gesneden die men aaneen naaide en men vormde zo een lange band die men vervolgens oprolde. Het codex of boek uit bladen perkament samengesteld verschijnt in de 2de eeuw van ons tijdperk. Het perkament verspreidde zich in het Noord-Westen van Europa dank zij het christendom en werd de voornaamste schriftdrager in de middeleeuwen, tot in de 12de eeuw.

Het papier verscheen in Europa vanaf de 11de eeuw en verdrong langzamerhand het perkament. Nochtans wordt dit laatste verkozen voor sommige waardevolle manuscripten en luxe-uitgaven. Het perkament was en is nog veel gebruikt in de boekbinderij, o.a. als kaft, als boekband of ook voor het versterken van de rug van de boekdelen. Het is ook de drager van kostbare dokumenten zoals oorkonden, getuigschriften of diploma's. Tegenwoordig komt het nog voor dat men een beroep doet op velijn, om luxe-werken uit te geven. Velijn is een fijne soort perkament verkregen van kalfshuiden of van lammeren die doodgeboren zijn of die in de eerste dagen na hun geboorte geslacht worden. Ten slotte komt het perkament ook in aanmerking voor de bouw van muziekinstrumenten.

2. VERVAARDIGING

Drie middeleeuwse recepten voor het vervaardigen van perkament zijn ons bekend:

dat van het manuscript van Lucas (8ste eeuw) dat van de monnik Theofiel (begin 12de eeuw) en dat van Konraad de Moor (einde 13de eeuw).

Voor het vervaardigen van perkament gebruikt men gewoonlijk huiden van geiten, schapen of kalveren. De huiden worden te week gelegd in stromend koud water om ze te reinigen. De volgende bewerking bestaat erin de huiden gedurende drie tot tien dagen in kalkwater te leggen. Volgt de ontharing met een bot mes en het reinigen van de huid, die dan vastgehecht wordt op een houten raam. Men verkiest hout boven ijzer, daar dit laatste blauwe, slecht uit te wissen vlekken zou kunnen veroorzaken. Volgens hoger vermelde bronnen waren de ramen meestal cirkelvormig, maar rechthoekige ramen waren eveneens in gebruik. De huid werd erop vastgehecht met koorden die men gelijkmatig onder spanning bracht. De kwaliteit van het perkament hing af van het toezicht waaraan het tijdens het drogen op het raam onderworpen werd.

De huid wordt gedeeltelijk gedroogd en opnieuw gewassen. Ze wordt soepel gemaakt met het gebruikelijke halfcirkelvormige mes. De huid wordt opnieuw gewassen en aan de kant van het vlees gepuimd tot een gladde oppervlakte verkregen wordt. Nadat de spanning op de koorden bijgesteld is, laat men het perkament volledig drogen. Dit is de voornaamste fase van het vervaardigen van perkament. Tijdens het drogen wordt gips ($CaSO_4$) of krijt ($CaCO_3$) toegevoegd om vocht en vet te verwijderen (vooral voor geitehuiden) of om de witheid te verhogen. Ondanks deze bewerking is het nog mogelijk de vleeskant van de haarkant te onderscheiden door de ruwe structuur en de donkere kleur van deze laatste.

Aanvankelijk werd het perkament gebruikt in de oorspronkelijke dikte. Heden wordt de huid gesplitst en gebruikt men slechts de vleeszijde. De overblijvende korrelige zijde dient voor het vervaardigen van fijn leder bestemd voor de boekbinderij. De moderne vervaardigingsmethode van perkament kent nog het gebruik van het mes, maar de huid wordt vlug onthaard met natriumsulfiet. Het wordt met een machine doorgezaagd en onder druk gedroogd in een oven. Indien de huid na de ontharing niet onmiddellijk kan afgewerkt worden, geeft men haar een lichte looiing met formaldehyde ten einde ze in haar vochtige toestand te stabiliseren.

III. LEDER

1. GESCHIEDENIS

De vervaardiging van leder is gekend sinds eeuwen, practisch vanaf de oorsprong van de mens. De oudste getuige van geschrift op leder zou teruggaan tot de 30ste eeuw vóór Christus, tot de 4de dynastie van Egypte (2900-2750 vóór Chr.). Te Berlijn worden dokumenten op leder bewaard: rollen van de 12de dynastie (ongeveer 2000 vóór Chr.) en het British Museum bezit een werk uit de 17de eeuw vóór Christus. De huiden ondergingen de werking van rook (looiing met *aldehyden*) om ze bestand te maken tegen bederf en werden vervolgens gepuimd met kalk.

In de 8ste eeuw van ons tijdperk voerden de Arabieren de looiing met aluin in Europa in. Van de 10de tot de 19de eeuw kwamen er geen andere wijzigingen meer in het principe van het vervaardigen van leder. De drie basis-werkwijzen bleven de behandeling met olie of zeemlooiing, de behandeling met aluin en de behandeling met plantextracten.

Op voorstel van Colbert deed de Koninklijke Academie van Frankrijk opzoekingen over alle ,,arts physiques'' (fysische kunsten), opdat elke nieuwe ontdekking publiek eigendom zou worden. Jerôme de La Lande werd belast de wetenswaardigheden aangaande leder te verzamelen. Hij moest daarom de manuscripten in de bibliotheken onderzoeken en ook bij de ambachtslieden zoveel mogelijk inlichtingen inwinnen, in het bijzonder aangaande de technieken die steeds, naar oude gewoonte, beroepsgeheimen waren en van de ene generatie op de andere overgingen. De La Lande kon zo de manuscripten van de Archieven van de Academie inzien, waaronder die van Des Billettes (1708) over de bereiding van leders en die van M. Jaugeon (1719) over het inbinden van boeken. Nadat hij deze dokumentatie vergaderd had gaf hij verscheidene werken uit, o.a. ,,L'Art du tanneur''[1] (1744-1767), ,,L'Art du corroyeur''[2], ,,L'Art du mégissier''[3], enz. In het eerste werk wordt met een overvloed aan bijzonderheden de vervaardiging van leder beschreven: de conservatiemiddelen, het weken van huiden, de ontharing met kalk en de manier om looistoffen te gebruiken.

Op het einde van de 18de eeuw stelde Armand Seguin aan de Nationale Conventie een vlugwerkend procédé voor om huiden te looien, procédé dat de duur van de bewerking van 12 maanden tot 3 à 4 weken herleidde. Deze techniek, die oplossingen van schors gebruikte, werd nochtans gauw opgegeven wegens de te hoge kosten en ook omdat de bekomen ledersoorten van mindere kwaliteit waren.

Vanaf de 19de eeuw nemen de navorsingen over de vervaardiging van leder aanzienlijk toe ten einde de kwaliteit van het leder te verhogen en er de productie van te bespoedigen. De Italiaanse leerlooiers Durio lieten in 1892 een procédé patenteren voor het gebruik van geconcentreerde looiingsbaden in een draaiende ton bij een temperatuur van 35 tot 45 °C. De volledige looiing werd zodoende verkregen in 2 à 3 dagen.

De duur van het looien werd verminderd met het verschijnen van looiingsextracten. Vóór 1850 gebruikte men aluin of plant- en boomextracten bekend onder de algemene naam van plantaardige looistoffen. In de tweede helft van de 19de eeuw legde men de laatste hand aan het looien met minerale zouten op basis van chroom. De eerste onderzoekingen werden gedaan door Cavalin in 1853. De hedendaagse methodes berusten op het looiingsoctrooi met twee baden van A. Schultz (1884) en het looiingspatent met één bad van M. Dennis (1892).

In de 20ste eeuw werd de looiingsmethode bijgewerkt met synthetische looimiddelen (1910) evenals met zirkoniumzout (1933), vervangingsmiddelen voor de natuurlijke plantaardige looistoffen.

2. VERVAARDIGING

Het looien van leder heeft tot doel de lederhuid van dierenvellen om te vormen tot onrotbare grondstoffen die een zekere weerstand bieden aan de werking van water. Naast bederfwerendheid moet leder fysische eigenschappen bezitten al naar gelang van de bestemming. Volgens de natuur van de huid onderscheiden de bedrijven zich in looierijen voor de huiden van runderen en paardachtigen en in zeemleerfabrieken voor de huiden van schapen en geiten. De opeenvolgende bewerkingen in een leerlooierij werden niet gewijzigd

[1] ,,De kunst van de looier.''
[2] ,,De kunst van de leerbereider (of leertouwer).''
[3] ,,De kunst van de zeemleerbereider (of zeemtouwer).''

in de loop van de tijd. De behandeling van de huiden kan verdeeld worden in vier stappen : het werk in de rivier, het werkelijke looien, de leerbereiding en het afwerken.

Voor deze verschillende bewerkingen bestaat er één gemeenschappelijke en belangrijke variabele : de zuurtegraad (of de pH ; zie tweede deel) van het waterige milieu van elke behandeling. Met een pH van 7,3 heeft het collageen geen electrische lading, zijn oplosbaarheid is dan minimaal. Er bestaat dan ook een grote moleculaire aantrekkingskracht tussen de fibrillen. Ver van deze neutrale pH, d.w.z. in zuur milieu (pH < 5) of alkalisch milieu (pH > 9), is er een overschot aan respectievelijk positieve of negatieve ladingen. Dit gaat gepaard met een intensere hydratatie, een opzwellen van de weefselstructuur en een grotere toegankelijkheid voor chemische reagentia zoals looistoffen.

a. *Bewerking in de rivier*

Vóór om het even welke behandeling moeten de huiden die in de zon of met zout gepreserveerd werden, opnieuw nat gemaakt worden om ze terug soepel te maken en de zouten te verwijderen.

Het weken vergemakkelijkt het opnieuw opzwellen van de vezels alsook het verwijderen van zout en van oppervlakkig vuil. Deze eerste bewerking duurt 12 tot 96 uur in water bij een temperatuur van 16 °C.

De structuren van de opperhuid, haren inbegrepen, worden losgemaakt van het corium (de lederhuid) door de werking van kalk waaraan, in de moderne procédés, additieven worden toegevoegd om het proces te versnellen. Tevoren kunnen oplosbare proteïnen verwijderd worden door de werking van *enzymen* (proteïnasen). Vervolgens worden de structuren van de opperhuid weggenomen door zuivere mechanische behandelingen. Tijdens de ontharing verwijdert men de overblijfsels aan de nerfzijde terwijl men daarentegen bij het slichten (of ontvlezen) de vet- en spierweefsels wegneemt.

Vooraleer met het eigenlijke looien te beginnen is het noodzakelijk de alkalische stoffen te verwijderen die zouden kunnen reageren met zuurhoudende looistoffen. Tijdens de ontkalking neutraliseert men die alkalische stoffen. Na de ontkalking is de pH nog licht alkalisch (pH = 8). Vóór 1850 werd de *alkaliteit* verminderd met een verdund organisch zuur : azijnzuur of melkzuur, maar de pH van deze zuren is niet laag genoeg om de kalk te verwijderen. Tegenwoordig wordt de *alkaliteit* van huiden verminderd door het gebruik van ammoniumzouten en zout water. Deze oplossing heeft een pH dat laag genoeg is om practisch alle sporen van kalk in de huiden te doen verdwijnen. Jammer genoeg kunnen overblijfselen van zuur het collageen *hydrolyseren* en het leder na een zekere tijd beschadigen.

Een bijkomende bewerking om soepel leder te bekomen, is het beitsen. Het doel van deze bewerking is het verwijderen van structuren van de huid, met inbegrip van het collageen, die de soepelheid van het leder kunnen beperken. Het is een van de meest kritieke behandelingen in de vervaardiging van leder want de duur en de intensiteit ervan bepalen het resultaat. Tijdens deze bewerking heeft de pH een waarde van 7,5. De natuurlijke beitsmiddelen, zoals uitwerpselen, werden vervangen door gedoseerde bereidingen van *enzymen*, meestal afkomstig uit pancreasextracten. De ware biochemische werking ervan is nog niet gekend. Het beitsen geeft aan het leder een grote soepelheid en een fijnere korrel.

b. *Looiing*

De looiing bestaat uit drie essentiële fasen : het zwellen van het collageen, het binnen-

dringen en de fixatie van de looistof. Onder de looistoffen onderscheidt men plantaardige, minerale en synthetische looistoffen die ledersoorten van verschillende hoedanigheid voortbrengen.

1° Plantaardige looiing

Looistoffen worden gewonnen uit verschillende delen van planten : de schors van de eik (Quercus var.) of van de dividivi (Caesalpinia coriaria), het hout van de tamme kastanjeboom (Castanea var.) of van de *quebracho* (Schinopsis var.), alsook de bladeren van de sumak (Rhus var.). Sommige vruchten geven ook looistoffen. Myrobolanen zijn vruchten van planten van de soort Terminalia. Valonea napjes zijn vruchten van de Velani-eik (Quercus aegylops). De galnoten van China en Turkije, voortgebracht door insektenbeten op eikebladeren, bevatten eveneens een grote hoeveelheid looistof.

In chemisch opzicht kan men ze onderverdelen in twee groepen : de hydrolyseerbare en de gecondenseerde looistoffen. Soms komen bestanddelen van deze beide groepen voort uit hetzelfde deel van de plant en dikwijls worden ze vermengd om de kwaliteit van het leder te verbeteren. De oude methodes bewerkten de huiden in bakken met een zure oplossing. Tussen de huiden werden schorsen gelegd. Deze behandeling duurde verscheidene weken. Leder van zeer goede kwaliteit werd bekomen door het langzame indringen en de doeltreffende interactie van de looistoffen. Daar die methode weinig economisch was, werd ze vervangen door impregnatie in steeds meer geconcentreerde looisappen bij hogere temperatuur en met een steeds aangepaste pH. Zulk een looiing voltrekt zich in 24 uur. De toevoeging van synthetische looistoffen (van polyaromatische structuur) versnelt het inwerken van plantaardige looistoffen ; deze doden de bacteriën en leveren licht en helder leder. Ze worden nooit alleen gebruikt.

2° Minerale looiing

Om leder met een zachte nerf te verkrijgen gebruikt men minerale looistoffen : zouten van aluminium, zirconium en vooral van chroom.
De looiing op basis van chroom, in één of twee baden, is zowel toe te passen op dik als op dun leder. Het looien in twee baden geeft aan het leder een regelmatige en fijne korrel. De behandeling duurt in het geheel 24 uur. Het gebruik van chroomzouten met hoog alkalisch gehalte en sterke concentratie herleidt de duur van de looiing tot 6 à 8 uur tijd. Dit soort leder is zeer bestand tegen water, licht en warmte, maar de mechanische eigenschappen van het plantaardig gelooide leder ontbreken.

Het leder gelooid op basis van ijzer of aluminium biedt geen weerstand tegen water en verliest zijn looistof bij het wassen. De looiing op basis van aluin of witlooierij wordt niet beschouwd als een eigenlijke looiing omdat de aluin door het wassen van de huiden verwijderd kan worden en ook omdat de chemische bindingen met de proteïnen weinig doeltreffend zijn. Heden wordt het in de witlooierijen vervaardigde zeemleder enkel nog maar gebruikt voor handschoenen en bont. Na bewerking bekomt men een wit soepel leder.

c. *Lederbereiding en afwerking*

Na de looiing wordt het leder gewassen, gedroogd en afgewerkt volgens zijn specifieke bestemming : toevoegen van kleur, vetten en oliën, aanbrengen van een beschermende of waterafwerende laag, mechanisch afwerken van de oppervlakte, impregnatie van een tekening, enz.

IV. VERSCHIL TUSSEN LEDER EN PERKAMENT

Hoewel ze allebei bereid worden uit de lederhuid, zijn leder en perkament heel verschillende stoffen die hun eigen kenmerken bezitten.

Het voornaamste verschil tussen leder en perkament ligt niet, zoals men vaak gelooft, in het feit dat dit laatste niet gelooid is. Er bestaan inderdaad perkamenten waarvan beide zijden een plantaardige looiing ondergingen. In werkelijkheid ligt het onderscheid in de wijze waarop het materiaal gedroogd wordt.

De huid die bestemd is om perkament te worden ondergaat de werking van spanning en uitdroging. De vezelstructuur afkomstig van de lederhuid (ongerichte structuur) wordt omgevormd tot een geordende gelamelleerde structuur. De vezels worden in een parallel geheel gedwongen, waardoor het perkament gemakkelijk in fijne lamellen kan gesplitst worden. Het resultaat is een stijf blad, dat onvermijdelijk een zekere neiging tot breken vertoont.

Door de werking van de looistoffen is de driedimensionale structuur van het collageen niet alleen gehandhaafd maar zelfs gestabiliseerd en beveiligd. Dit verhoogt de weerstand van het leder tegen water en hoge temperaturen, terwijl het perkament zijn typische vezelachtige structuur verliest in aanwezigheid van grote hoeveelheden water en dan opnieuw een gewone huid wordt.

Een ander kenmerk van het perkament als gevolg van de vervaardigingswijze, is de aanwezigheid van een zekere alkalische reserve. Dit teveel aan calciumcarbonaat kan door neutralisering de verspreiding van plaatselijke zuurte voorkomen die bv. veroorzaakt is door zuurhoudende inkt. Dank zij deze alkaliteit biedt het perkament een betere weerstand dan het leder tegen de omringende zuurvormende atmosfeer.

V. KENMERKEN VAN ENKELE GEWONE HUIDEN EN LEDERSOORTEN

Het microscopisch onderzoek van de oppervlakte van het leder kan zelfs bij geringe vergroting de diersoort bepalen. De studie van de dwarsdoorsneden kan ook helpen bij deze determinering maar vereist ingewikkelder middelen en technieken. Het herkennen van een ledersoort is op zichzelf een specialisatie die veel ervaring vereist. Het werk wordt niet vergemakkelijkt door het bestaan van gekruiste rassen, van nerftekeningen aangebracht op mechanische wijze zelfs boven de oorspronkelijke en ook door afwerkingslagen die de fijne structuur vertroebelen of gans verbergen. Wat de boekbanden betreft wordt daarenboven de moeilijkheid nog vergroot door de conservatiestaat van de korrelige laag. Nochtans kunnen enkele algemene aanwijzingen gegeven worden. Ze zullen toelaten enkele soorten huiden te herkennen door middel van een binoculair.

1. RUNDEREN

De haren zijn min of meer gelijkmatig verspreid over de oppervlakte van de huid. Er zijn geen groeperingen. Soms kan men licht golvende lineaire structuren herkennen. De alleenstaande haren dringen de dikke huid tot op 1/3 binnen. De haarzakjes van de kalveren staan korter bijeen vermits hun aantal niet verhoogt gedurende de groei van het dier.

2. SCHAPEN

Het voornaamste doel van de talrijke hedendaagse kruisingen is het verkrijgen van een grotere massa wol en ook de verbetering van haar kwaliteit.

Dit gebeurt ten nadele van de huid. Het grote aantal zweetklieren in de onbewerkte huid geeft na hun verwijdering leder dat als ,,leeg leer'' gekwalificeerd wordt. Door de vezelachtige en netvormige structuur van de nerflaag, bestaande uit uiterst fijne vezels die overwegend horizontaal liggen, kan dit soort leder gemakkelijk gesplitst worden.

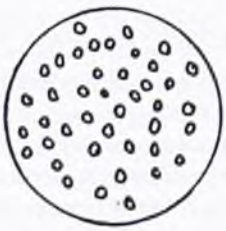
De haarzakjes zitten in groepjes van 4 of 5; één onder hen is een weinig groter dan de andere (primaire en secundaire haren). Op een doorsnede zijn de haarzakjes zelden in hun geheel zichtbaar, want ze hebben de vorm van een spiraal.

3. GEITEN

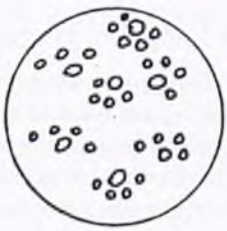
De haren zijn tot in het midden van de lederhuid ingeplant. De collageenvezels zijn vast, zelfs in de korrelige laag. De haarzakjes liggen in groepjes van 3 tot 4 met nagenoeg dezelfde diameter. De diameter kan verschillen van groep tot groep.

4. VARKENS

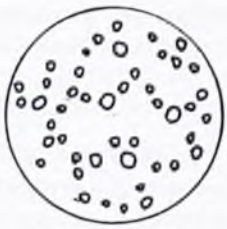
De haarzakjes hebben een zeer grote diameter en doordringen de lederhuid volledig, zodat er geen verschil meer bestaat tussen de korrel- en de vleeslaag. Ze liggen in groepjes van 3: één hoofdhaar en twee kleinere. Door de fijne en regelmatige structuur is varkensleder soepel, elastisch en zeer geschikt voor de handschoenennijverheid en de boekbinderij. De aanwezigheid van vetstoffen in de lederlaag is nochtans een belangrijk nadeel.



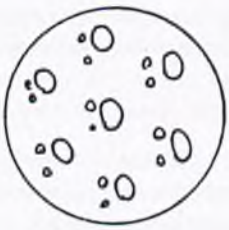
Afb. 26. Opstelling van de haarzakjes bij runderen.



Afb. 27. Opstelling van de haarzakjes bij schapen.



Afb. 28. Opstelling van de haarzakjes bij geiten.



Afb. 29. Opstelling van de haarzakjes bij varkens.

HOOFDSTUK III: INKTEN

I. Oude handschriftinkten
   1. Zwarte inkten
      a. Roetinkten
      b. Galinkten
      c. Gemengde inkten
   2. Gekleurde inkten
      a. Bisterinkt
      b. Sepia-inkt
      c. Rode inkt

II. Moderne handschriftinkten

III. Drukinkten
   1. Oude inkten
   2. Moderne inkten
   3. Schrijfmachine-inkten

I. OUDE HANDSCHRIFTINKTEN

1. ZWARTE INKTEN

Tot in de 19de eeuw werden twee soorten inkt gebruikt: de roetinkten en de galinkten. We zullen ze achtereenvolgens beschrijven. De oudste opschriften met zwarte inkt zijn bewaard op Egyptisch aardewerk uit het 4de millennium vóór Christus.

a. *Roetinkten*

Volgens de overlevering zou de uitvinding van de inkt teruglopen tot de regering van Huang Di in China, tussen 2697 en 2597 vóór Christus. Deze inkt werd waarschijnlijk vervaardigd door verbranding van *sumak*-lak. Uit de ontleding van de inkt op beschreven Egyptische papyrussen uit de jaren 2500 vóór Christus blijkt dat die inkt samengesteld is uit fijne koolstofdeeltjes gesuspendeerd in Arabische gom. Wat het Westen betreft dagtekenen de eerste teksten uit de 1ste eeuw na Christus: Vitrivius, Dioskorides en Plinius hebben het over een inkt met roet als basisproduct.

De roetinkt bestaat dus uit zwarte kleurstof (verkoolde stoffen of roetzwart in suspensie in een bindmiddel). Naar gelang van de periodes en de streken, werden de kleurstoffen verkregen door de verbranding van verschillende stoffen: verbranding van lak of van naaldhout in China, en roetzwart verkregen door verbranding van kaarsen of olie in de 15de eeuw in het Westen. De bindmiddelen kunnen koolhydraten zijn: gom (*slijmachtige* stoffen gewonnen uit zekere bomen), honig; ze kunnen ook eiwitten zijn: gelatine, huid- of vislijm, wit van ei of ook nog vetstoffen zoals olie. De roetinkt kwam voor in vaste staat in de vorm van staafjes en werd opgelost in water net voor het schrijven.

Door de inerte natuur van koolstof reageren zulke inkten niet met het papier. Eenmaal gedroogd wordt de koolstof niet aangetast door het licht of door bleekmiddelen. Daarenboven zouden volgens zekere auteurs de componenten van het bindmiddel (Arabische gom,...) niet schadelijk zijn voor het papier.

De eigenschappen van deze inkt hangen af van verschillende factoren zoals: de fijnheid van het roetzwart dat des te beter tussen de vezels dringt als het fijn is, de aard van de drager waarin de kleurstoffen min of meer diep indringen en de additieven die dikwijls in de samenstelling van de kleurstoffen voorkomen. Het gebeurt meermaals dat het mengsel van koolstof en bindmiddel niet in de textuur van de drager, papier of perkament, doordringt, maar aan de oppervlakte blijft. Langdurig krabben kan dan het geschrift doen verdwijnen.

b. *Galinkten*

De bereiding van galinkten werd al beschreven in de 3de eeuw van onze tijdrekening in de Papyrus V van Leiden. Het was een mengsel van galnoten, vitriool en gom. Vanaf de 7de eeuw verspreidde hun gebruik zich in het Westen. In de 12de eeuw schrijft de monnik Theofilus zijn technologische handleiding ,,Schedula diversarum Artium''. Hij beschrijft er de vervaardiging van inkt op grond van looistof en ijzersulfaat. Het gebruik van galinkten veralgemeent zich in het Westen vanaf de 14de eeuw. Ze zullen de roetinkten, die niet altijd genoeg kleefden aan de drager, verdringen. Ze worden verkregen door vermenging van verschillende bestanddelen: plantextracten, metaalzouten en een bindmiddel.

1° Plantextracten of looistoffen

Deze worden verkregen door plantaardige stoffen af te koken of te weken in water of in een andere vloeistof. De galnoot is de natuurlijke grondstof die het meest vermeld wordt in de recepten.

2° Metaalzouten

Aan het zo verkregen afkooksel voegt men een metaalzout toe, ijzersulfaat (groene vitriool) of kopersulfaat (blauwe vitriool). Met het ijzersulfaat vormt zich een bruinzwarte neerslag van ijzerlooicomplex.

3° Bindmiddel

Het meest gebruikte bindmiddel is de Arabische gom die deel uitmaakt van de bindmiddelen op basis van koolhydraten. Oorspronkelijk werd de gom verzonden via Arabische havens, wat haar naam verklaart. Ze wordt gewonnen uit de acacia. Ze verhoogt de viscositeit van de inkt en houdt de neerslag van het ijzerlooicomplex in suspensie.

De galinkten kleven beter aan de drager dan de roetinkten maar met de tijd worden ze bruin door het licht en door de overblijfselen van de blekingsmiddelen in het papier. Er zal opnieuw gesproken worden over dat probleem in het tweede deel : oorzaken van beschadiging, chemische factoren. Deze inkten zijn dikwijls invretend door het vrijkomen van zwavelzuur bij de reactie tussen ijzersulfaat en looistoffen. Dit zuur diffundeert naar de delen van het papier waar geen inkt voorkomt. Het papier wordt dan bros en bruin. Deze reactie verklaart eveneens de bruine boord van sommige bladen in oude met de hand geschreven dokumenten.

c. *Gemengde inkten*

De twee vooraf beschreven categorieën zijn niet de enige. Men heeft ook getracht de eigenschappen van de roetinkten te verbeteren door toevoeging van plantaardige looimiddelen of van ijzersulfaten. Op deze wijze werden gemengde inkten gevormd.

2. GEKLEURDE INKTEN

De gekleurde inkten waren oorspronkelijk samengesteld met natuurlijke kleurstoffen, van plantaardige (blauwe indigo, safraan), minerale (*cinnaber*, menie, roodkrijt) of dierlijke afkomst (het zwart van de inktvis) in suspensie in het bindmiddel. Heden worden de verschillende tinten van inkten chemisch verkregen met synthetische produkten.

a. *Bisterinkt*

Bisterinkt is een bruine inkt die reeds vanaf de 14de eeuw in voege was en die of door verbranding van hars of op basis van beukenroet verkregen wordt. Het roet wordt verbrijzeld, in water gedompeld, met gom vermengd en gefiltreerd. De kleur gelijkt op die van oude galinkt.

b. *Sepia-inkt*

Inkt van bruine kleur maar donkerder, warmer dan bisterinkt. Hij wordt vervaardigd door oplossing van het pigment voortgebracht door de inktvis. Deze inkt wordt weinig aangetast door het licht en door de blekingsproducten. Hij werd veel gebruikt in de 19de eeuw.

c. *Rode inkt*

Het pigment gebruikt om rode inkt te maken kan uit planten of dieren verkregen worden. Het purper uit Tyrus wordt gewonnen uit een schaaldier (Murex var. trunculus). Rode pigmenten worden ook uit insekten gewonnen zoals de kermesschildluis (Kermes vermilio) en de cochenilleluis (Dactylopuis coccus), uit wortels zoals *meekrap* (Rubia tinctorum) of uit hout zoals *campêchehout* (Hoematoxylon campechianum).

II. MODERNE HANDSCHRIFTINKTEN

Tot omstreeks 1860, tijdstip waarop de uitvinding van de anilinekleurstoffen voor het vervaardigen van inkten een totale ommekeer betekende, was het gebruik van galinkten noodzaak. De inkten op basis van aniline waren nochtans weinig stabiel tegenover de lucht en het licht. De aniline werd eerst afgezonderd door destillatie van indigo. Tegenwoordig wordt ze verkregen door de reductie van nitrobenzeen. Ze wordt gebruikt voor de vervaardiging van kleurstoffen zoals het synthetisch indigo of anilineblauw.

De kogelpeninkt bestaat uit kleurstoffen die tamelijk goed weerstaan aan het licht, en die opgelost zijn in een olieachtig solvent. Deze inkt vertoont nochtans twee nadelen: hij lost gemakkelijk op in alcohol of in andere niet-waterige solventen en hij blijft aan de oppervlakte van het papier liggen.

De andere moderne handschriftinkten worden vervaardigd op basis van metaalzouten of andere synthetische kleurstoffen oplosbaar in water en zeer gevoelig voor licht.

Daardoor moeten de hedendaagse handschriften bijzonder beschermd worden tegen het licht om niet zeer vlug beschadigd te worden.

III. DRUKINKTEN

1. OUDE INKTEN

De eerste drukinkten waren een mengsel van koolstof of roet en gekookte lijnolie. Ze waren eerder verf dan inkt. Nochtans gaven ze als resultaat een duurzaam geschrift of beeld, want naast de stabiliteit van de koolstof speelt ook de lijnolie een rol. Deze is geoxydeerd en *gepolymeriseerd* tot minder oplosbare componenten en verbindt het pigment met het papier.

In vele oude gedrukte boeken kan men tussen de gedrukte lijnen een vergeling van het papier waarnemen alsook een verlies aan weerstand van de drager. Deze aantasting zou volgens G.M. CUNHA toe te schrijven zijn aan het feit dat de eerste drukkers de lijnolie vervingen door visolie of andere onvaste componenten of dat ze aluin aan de olie toevoegden om het drogen te bespoedigen.

2. MODERNE INKTEN

Onder de grondstoffen kan men opnoemen: de zonder siccatieven of droogmiddelen gekookte lijnolie, de harsolie, het colofonium, de verzeepte harsen, het roetzwart en verschillende kleurstoffen. In de moderne drukinkten wordt de te dure lijnolie dikwijls ver-

vangen door minerale oliën en koolwaterstoffen. De pigmenten zijn kleurstoffen in poedervorm zoals lakken uit alininekleurstoffen. Wegens haar lage prijs is koolstof nog steeds de basisgrondstof van de moderne inkten, maar synthetische kleurstoffen komen eveneens voor in hun samenstelling. Heel dikwijls voegt men aan deze inkten stoffen toe die het drogen versnellen. De moderne drukinkten zijn minder standvastig, alhoewel de ontwikkeling van synthetische organische kleurstoffen het toevoegen toelaat van briljant gekleurde inkten die kleurvaster zijn.

3. SCHRIJFMACHINE-INKTEN

De linten van de schrijfmachines zijn katoenen of zijden stoffen doordrongen met olie en onoplosbare pigmenten. De zwarte inkt is op basis van koolstof gemaakt en dus duurzaam. Hij dringt langzaam in het papier en weerstaat na één of twee dagen aan het uitgommen. De rode inkt bevat onvaste kleurstoffen en ook een zekere hoeveelheid koolstof om er de opaciteit van te verhogen.

BIBLIOGRAFIE

I. Papier
II. Perkament en leder
III. Inkten

I. PAPIER

BARROW, W.J., *Paper*, in John P. BAKER en Marguerite C. SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 25-35.

Dit hoofdstuk is getrokken uit het boek: ,,Manuscripts and Documents'' verschenen in 1972. Na aan de etappen van het vervaardigen van papier herinnerd te hebben en op basis van de resultaten van analysen verricht in de Verenigde Staten, komt de auteur tot de conclusie dat zekere soorten papier goed werden behouden dank zij de aanwezigheid van alkalische componenten. Daarentegen werden andere beschadigd door een te aanzienlijk zuurgehalte, te wijten aan de aanwezigheid van aluin in de lijming.

BASANOFF, Anne, *Itinerario della carta dall'Oriente all'Occidente e sua diffusione in Europa*, Milaan, s.d., 91 p.

Een twintigtal Europese landen vormen de etappen van dit itinerarium. Op te merken zijn enkele regels over de oudste in België gekende papieren. Het werk bevat een groot aantal afbeeldingen van watermerken.

BATTAILLE, Joseph, *Le papier. Son histoire et sa fabrication*, Brussel, 1916, F.35-38, p. 637-667.

Historische terugblik over het vervaardigen van papyrus en perkament. Beschrijving van de elementen die een rol spelen in de bereiding van het papier: brij van lompen, van de meest verschillende planten, van hout. De manuele en industriële fabricage worden erin afgebeeld.

BEAUNE, Joseph en René PONOT, *Qui a ramassé la plume d'oie?*, Parijs, 1979, 334 p.

Onder deze zeer originele titel vinden we een handboek voor grafische kunsten. De eerste hoofdstukken geven enkele algemene inlichtingen in betrekking met de manuele en industriële fabricage van het papier.

BLUM, André, *Les origines du papier, de l'imprimerie et de la gravure*, Parijs, 1935, 252 p.

Het eerste deel brengt ons enkele historische gegevens: uitvinding in China, verspreiding vanuit het Oosten naar het Westen.

BLUM, André, *La route du papier*, Grenoble, 1946, 80 p.

De auteur beschrijft de grote etappen van de reis van het papier door het Aziatisch werelddeel en de Middellandse zee.

* BROWNING, B.L., *Analysis of Paper*, 2de uitg. New York, 1977, 366 p.

Handboek voor de identificatie van papier: vezels, kleefstoffen, vulstoffen en andere componenten: stro, lignine, proteïnen... Een hoofdstuk is besteed aan de zuurte en aan de alkaliteit. Veel chemische reagentia worden beschreven en ook de niet-destructieve analysemethodes.

* Die werk kunt u in het K.I.K. raadplegen.

* CALABRO, Giuseppe, *La carta : Storia e vicissitudine attraverso i secoli*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 241-251 en in *PACT*, 12(1985), p. 185-191 (Engels).
Historisch en technisch overzicht van de grote etappen van de evolutie van het papier. Korte inleiding over de papyrus.

CHIAVERINA, Jean, *Analyse microscopique des charges du papier*, in *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S., nr 548, Parijs, 1974, p. 95-101.
Beschrijving van de methode ingesteld om de verschillende vulstoffen te determineren en te herkennen.

CHIAVERINA, Jean, *Détermination de la composition fibreuse des papiers*, in *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S., nr 548, Parijs, 1974, p. 135-140.
De microscopische ontleding laat toe de natuur van de papiervezels te bepalen : de vorm van de vezels en die van de bijkomende elementen geven dikwijls de kenmerken aan van de brij. Daarentegen wordt de bereidingswijze van de vezels bepaald door gekleurde reageermiddelen.

CLAPPERTON, Georges, *La fabrication pratique du papier. Manuel à l'usage des techniciens de la papeterie suivi de tables de constantes pratiques*, 3de uitg., uit het Engels vertaald door Georges DADAY, Parijs, 1933, 182 p.
Bereiding van de brij van lompen, van houtcellulose, van alfagras en van stro. Industriële vervaardiging van papier, maar de uitrusting is natuurlijk verouderd.

COTE, W. A., *Papermaking Fibers Atlas. A Photomicrographic Atlas*, New York, 1980, 216 p.
17 figuren stellen de voornaamste elementen voor waaruit plantevezels bestaan. 70 platen geven de verschillende vezels weer die gebruikt worden bij het vervaardigen van papier : vezels van naaldbomen, loofbomen, jaarlijkse planten.

CROSS, C.F. en E.J. BEVAN, *A Textbook of Papermaking*, 5de uitg., Londen, 1920, 422 p.
Men vindt er een hoofdstuk over de fysische structuur van de vezels (hoofdstuk II), over de diagnose en de chemische ontleding van de bestanddelen van de planten (hoofdstuk III) alsook een verslag over de kenmerken van de voornaamste grondstoffen.

* *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers. Tome XI : N-PARI*, Neufchastel, 1765, nieuwe facsimile-druk van de 1ste uitgave van 1751-1780, boekdeel 11, Stuttgart, 1966, p. 834-845.
Uitvoerige beschrijving van de manuele vervaardiging van papier als verklaring van de beroemde platen.

ESCOURROU, René, *Le papier*, in de verzameling Armand Colin (section de chimie) nr 229, Parijs, 1948, 224 p.
Deze uitgave en de volgende hebben dezelfde inhoudstafels : de cellulose, de bereiding van de brij, de vervaardiging van papier. het boek van Gérard MARTIN is actueler.

ESCOURROU, René, *La fabrication du papier*, in de verzameling Armand Colin (section de chimie) nr 326, Parijs, (1958), 223 p.
Zie hierboven.

GRANT, Julius, *Cellulose Pulp and Allied Products*, Londen, 1958, 512 p.
Fysisch-chemische ontleding van de cellulose in de pulptoestand. Methodes om ze te verkrijgen uit verschillende planten. Kort hoofdstuk over het gebruik van cellulose in de papiernijverheid.

HUNTER, Dard, *Papermaking : The History and Technique of an Ancient Craft*, New York, 1978, 611 p.
Historisch en technisch handboek over de vervaardiging van papier vanaf zijn oorsprong tot in 1945. Chronologisch overzicht van de belangrijke data van de vervaardiging van het papier. 200 bibliografische verwijzingen over het papier in het Oosten en het Westen en over de watermerken. 320 afbeeldingen.

LALANDE, J.J. de, *L'art de faire le papier, suivi de l'art du cartonnier et de l'art du cartier*, Parijs, 1761, 150 p., 14 Afb.

Uitvoerig commentaar over het vervaardigen van papier naar afbeeldingen van het gebruikte materiaal. Verklarende lijst van al de grondstoffen die kunnen voorkomen in de samenstelling van het papier en nota's over het papier in China en Japan.

* LEE, H.N., *Established Methods for Examination of Paper*, in *Technical Studies in the Fields of Fine Art*, IV(1935), p. 3-14.

Microscopische methodes om de vezels te herkennen na kleuring met gekleurde reagentia waarvan men de bereidingswijze verklaart. Herkennen van de additieven : kleefstoffen enz. 8 microfoto's van vezels.

* LEE, H.N., *Improved Methods for the Examination of Paper*, in *Technical Studies in the Fields of Fine Art*, IV(1935), p. 93-106.

Beschrijving van andere gekleurde reageermiddelen die toelaten de chemische brijen uit elkaar te herkennen en veranderingen aangebracht aan tests voorgesteld in vorig artikel. 14 microfoto's van doorsneden van papier.

MARTIN, Gérard, *Le papier*, verzameling ,,Que sais-je?'' nr 84, Parijs, 1976, 128 p.

In enkele woorden leidt de auteur het onderwerp op historisch gebied in en noemt de voornaamste grondstoffen op. Hij geeft een goed overzicht van de bereidingstechnieken van de brijsoorten en van hun omzetting tot papier. Tenslotte beschrijft hij de oppervlakkige behandelingen en de verschillende hoedanigheden van het verkregen papier.

RANGE, H.F., *Handbook of Paper science. Vol 1 : The Raw Materials and Processing of Papermaking*, Amsterdam-Oxford-New York, 1980, 298 p.

De vijf hoofdstukken van dit handboek zijn opgesteld door verschillende auteurs die elk een aspect van de vervaardiging van het papier beschrijven : eigenschappen van de cellulose, grondstoffen van het papier, bereiding van de brijen.

* *Recueil des planches sur les Sciences, les Arts libéraux, et les Arts mécaniques, avec leur explication*, Neufchastel, 1765, facsimile van de eerste uitgave 1751-1780, boekdeel 26, Stuttgart, 1967, 14 afbeeldingen.

VIDAL, Louis, *L'analyse microscopique des papiers*, Parijs, 1939, 145 p.

Zeer nuttig werk om de componenten van het papier te ontleden en te herkennen. De vezels van verschillende plantesoorten alsook van houtbrijen worden beschreven en geïllustreerd.

II. PERKAMENT EN LEDER

* BERARD, Jacques en Jacques GOBILLIARD, *Cuirs et peaux*, verzameling ,,Que sais-je?'' nr 258, Parijs 1951, 128 p.

Werk dat, ondanks zijn ouderdom, een goede benadering toelaat van de voornaamste technieken van looiing.

* CHAHINE, Claire, *Identification des cuirs et parchemins anciens à l'aide du microscope*, in *Icom Committee for Conservation*, Venezië, 1975, 75-15-6, 14 p.

Leders of perkamenten, onderzocht bij zwakke vergroting, x40 of x100, kunnen geïdentificeerd worden door de manier waarop de haarzakjes opgesteld zijn. Beschrijving van de techniek tot de voorbereiding van dit onderzoek, in parallelle of dwarse doorsnede ; geen duidelijke kenmerken die een identificatie toelaten. Men meldt er de samenstelling van een catalogus van leders en perkamenten, een steekkaartensysteem van referenties.

* FORBES, R.J., *Studies in Ancient Technology*, Boekdeel 5, Leiden, 1966, p. 1-67.

Bondige terugblik op de verschillende technieken van omwerking van huiden in leder. Chronologische beschrijving van de vervaardiging van leder gedurende de voorhistorische tijden, in Egypte, in de Semitische maatschappij en in de klassieke wereld (Griekenland en Rome). Korte verwijzing naar het perkament.

HAINES, B.M. en J.R. BARLOW, *Review: the Anatomy of Leather*, in *Journal of Materials Sciences*, 10 (1975), p. 525-538.

Onderzoek met de electronische microscoop van monsters uit verschillende huiden. Volgens de dikte van de papillaire laag en van het corium kan men het soort dier identificeren.

* HAINES, Betty, *Struttura del cuoio e suo deterioramento*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 215-240 en in *PACT* 12 (1985), p. 163-184 (Engels).

Veel foto's en vergrotingen, beschrijving van de structurele kenmerken van de huiden, verloop en principes van omzetting van de huiden. Heden is het zeker dat de beschadiging van leder en perkament afhankelijk is van de luchtvervuiling. De schrijver legt er de mechanismen van uit.

* REED, Donald, *Ancient Skins, Parchment and Leathers*, in *Studies in Archeological Science*, London-New York, 1972, 331 p.

Beschrijving van de structuur van de huid, lederhuid, opperhuid, kenmerken van de voornaamste diersoorten, verloop van de omvorming van huid in leder, in perkament, restauratie van voorwerpen in leder of perkament, chemische en fysische ontledingen.

RYDER, Michael, *Parchment, its History, Manufacture and Composition*, in John P. BAKER en Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 85-90.

Historisch overzicht van het vervaardigen van perkament. Beschrijving van het procédé en van zijn wijzigingen in de loop van de tijd.

* SAXL, H., *A Note on Parchment*, in *A History of Technology*, uitgegeven door Charles SINGER, E.J. HOLMYARD, A.R. HALL en Trevor I. WILLIAMS, Boekdeel II, Oxford, 1956, p. 187-190.

Zeer kort overzicht over het fabriceren en het gebruik van perkament.

* STAMBOLOV, T., *Manufacture, deterioration and preservation of leather. A literature survey of theorical aspects and ancient techniques*, in *ICOM Committee for Conservation*, Amsterdam, 1969, 98 p.

Bewerking van leder, perkament, velijn en bont. Fysische, chemische en biologische beschadigingsfactoren en enkele preventieve en curatieve maatregelen voor het behoud. Meer dan 200 bibliografische referenties terzake voor verdere navorsing.

WATERER, John W., *The Nature of Leather*, in John P. BAKER en Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 79-84.

Beschrijving van de looiingsprocédés: plantaardige, minerale, met olie (zeemlooiing), gemengde en ten slotte de afwerking.

* WATERER, John W., *Leather*, in *A History of Technology*, uitgegeven door Ch. SINGER, E.J. HOLMYARD, A.R. HALL en Trevor I. WILLIAMS, bookdeel. II, Oxford, 1956, p. 147-187.

Dit artikel is meer gericht naar de evolutie van het lederambacht. De vervaardigingstechniek gaat tot de middeleeuwen.

III. INKTEN

BARROW, W.J., *Inks*, in John P. BAKER en Marguerite SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), p. 36-52.

Technische en historische beschrijving van koolstofinkt, galinkt, rode en blauwe inkt. Galinkt is zeer gevaarlijk voor het papier maar duurzaam bij normale conservatievoorwaarden.

DE PAS, Monique, *La composition des encres noires*, in *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S., nr 548, Parijs, 1974, p. 119-132.

Beschrijving van de samenstelling van koolstofinkt, galinkt en gemengde inkten aan de hand van oude teksten.

* DE PAS, Monique, *La fabrication des encres noires d'après les textes*, in *Codicologica*, V, 1980, p. 52-58.

Zie hierboven

CHAMPOUR (de) en MALEPEYRE, *Nouveau manuel complet de la fabrication des encres de toutes sortes*, Parijs, 1895, 388 p.

Recepten voor zwarte en gekleurde inkten, stempelinkten en drukinkten.

DE KEGHEL, Maurice, *Les encres, les cirages, les colles et leur préparation*, Parijs, 1922, 384 p.

Recepten voor galinkten, alizarine, aniline-inkten. Het laatste hoofdstuk onderzoekt hoe men de oudheid van geschriften kan bepalen uitgaande van de inkt. Het handelt ook over de regeneratie van uitgewiste of verbleekte inkten.

FORBES, R.J., *Studies in Ancient Technology*, boekdeel 3, Leiden, 1965, p. 236-239.

Kort overzicht van de vervaardiging en de samenstelling van zwarte inkten in de Oudheid.

MARGIVAL, François, *Encres spéciales. Plus de 500 formules pour encres sympathiques, typographiques et lithographiques, encres pour linge, métaux, celluloïd, emballages*, Parijs, 1928, 180 p.

Recepten voor zwarte en gekleurde inkten, stempelinkten en drukinkten.

MARGIVAL, François, *Les encres*, Parijs, (1912), 162 p.

Zie hierboven

* ZERDOUN BAT-YEHOUDA, M., *Les encres noires au Moyen Age (jusqu'en 1600)*, Parijs, C.N.R.S., 1983, 437 p.

Evolutie van de vervaardiging van inkten doorheen de verschillende kulturele tradities: in het Verre-Oosten, in het Middellandse zeebekken in de Oudheid (Egypte en Grieks-Romeinse wereld), in het Europa van de 4de tot de 7de eeuw. Handboek van recepten gerangschikt volgens het land en volgens het tijdperk, gevolgd door verklarende nota's over de genoemde stoffen. Inhoudstafel van vroegere auteurs. Referten over de ontleding van de inkten of over sommige van hun bestanddelen en over de restauratieproeven van door inkten beschadigde manuscripten.

TWEEDE DEEL: OORZAKEN VAN BESCHADIGING

HOOFDSTUK I: FYSICO-CHEMISCHE FACTOREN

I. Voornaamste beschadigingsmechanismen
   1. Hydrolyse door zuren
   2. Oxydatie
   3. Fotochemische aantasting

II. Klimatologische factoren
   1. Hygrometrische principes
   2. Werking op het papier
      a. Fysische aantastingen
      b. Chemische aantastingen
      c. Biologische aantastingen

III. Licht
   1. Samenstelling
   2. Bronnen
      a. Natuurlijke bronnen
      b. Kunstmatige bronnen
   3. Werking op het papier
      a. Inwendige factoren
      b. Uitwendige factoren

IV. Chemische factoren
   1. Inwendige bronnen
      a. Aluin
      b. Lignine
      c. Metalen bestanddeeltjes
      d. Chemische stoffen
   2. Luchtvervuiling
      a. Zwavelverbindingen
      b. Stikstofverbindingen
      c. Ozon
      d. Vaste deeltjes
   3. Inkten en pigmenten

De beschadiging van grafische dokumenten is dikwijls het resultaat van menigvuldige aantasting. In dit verslag zullen we eerst de fysico-chemische factoren van vernieling onderscheiden : vocht, temperatuur, licht, luchtbevuiling en inwendige schadelijke stoffen ; de biologische factoren, zwammen, insekten en knaagdieren ; de natuurlijke rampen en om te eindigen de fouten van de mens.

Wat men natuurlijke veroudering van het papier noemt is vooral het resultaat van de langzame werking van de fysico-chemische factoren. Het specifieke en het betrekkelijk belang van de mechanismen van deze aantasting zijn nog maar weinig gekend ; nochtans mogen we ze schematisch rangschikken in drie groepen : de hydrolyse door zuren, de oxydaties en de fotochemische reacties.

I. VOORNAAMSTE BESCHADIGINGSMECHANISMEN

Om deze verschillende mechanismen te begrijpen moet men zich de structuur van de cellulose herinneren zoals die beschreven is in het begin van dit werk.

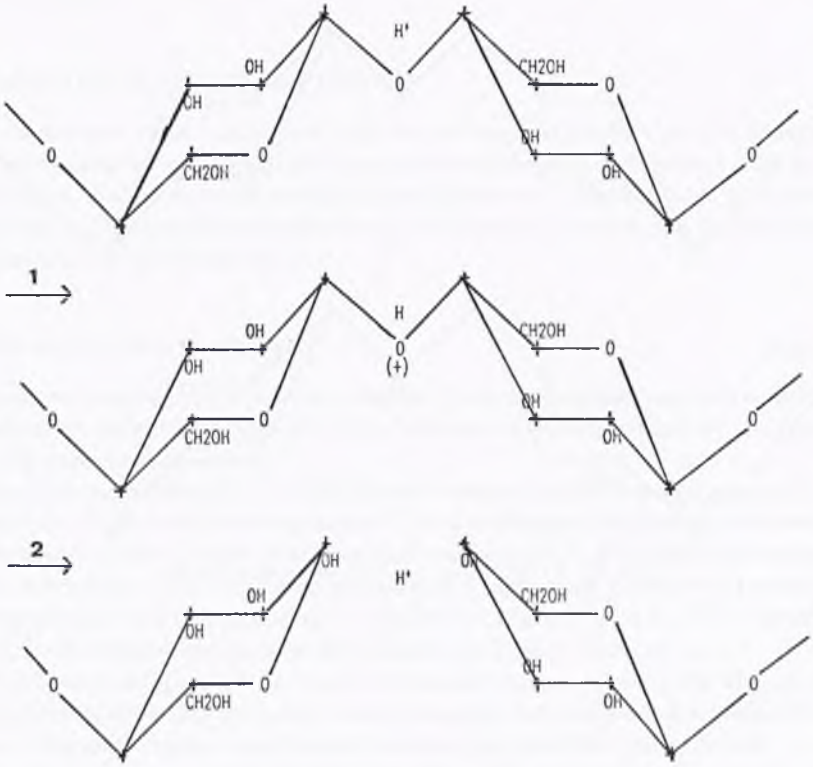
1. HYDROLYSE DOOR ZUREN

In aanwezigheid van water en zuur ontbindt cellulose door *hydrolyse*. De papierafbrekende zuren ontstaan uit de luchtvervuiling of uit inwendige bestanddelen van het papier. De zuurte is gekenmerkt door de aanwezigheid van waterstof-ionen, en wordt uitgedrukt door de pH, bepaald als het *cologaritme* van de waterstof-ionenconcentratie. De pH-schaal gaat van 0 tot 14. Eén pH-eenheid komt overeen met een factor 10 in waterstofionenconcentratie (H^+) (Afb. 30). De waarde 7 duidt de neutraliteit aan. Elke waarde hoger dan 7 duidt de basiciteit aan, elke waarde lager dan 7, de zuurtegraad. De verschillende manieren om de zuurtegraad te meten zullen samen met de methodes van ontzuring beschreven worden.

De zuren werken op katalytische wijze op de cellulose in. Eerst en vooral vormt zich snel een complex tussen een H^+-ion en een atoom zuurstof van een glycosidische binding. Vervolgens komt er een langzame splitsende reactie van deze binding met vrijstelling van een H^+-ion.

Het zuur kan gemakkelijk de amorfe delen binnendringen en de *polymeerketens* breken. Door hydrolyse is er beschadiging van de structuur en verlies aan mechanische weerstand. In de cellulose van een blad papier schommelt het aantal glucosemoleculen tussen 500 en 1500 terwijl het natuurlijke polymeer, of zuivere cellulose, ongewijzigd blijft ondanks de bewerking en 10 000 eenheden kan bevatten. Indien het aantal *monomeren* onder 200 tot 250 daalt, desintegreert het papier bij het aanraken.

Wijzigingen van de pH zijn eveneens belangrijk voor de beschadiging van leder. Bij een pH $\leqq 3$ (en een relatieve vochtigheid van meer dan 60 %), breekt door hydrolyse de keten van collageenmoleculen. Dit betekent dat er een wijziging van structuur is en dat de vezels het water gemakkelijker zullen doorlaten. De snelheid van de hydrolyse door zuren hangt af van het soort looiing. Leder gelooid met plantaardige stoffen, dat meestal gebruikt wordt in de boekbinding, wordt gerekend tot de ledersoorten die het vlugst aangetast worden (katalyse door de looistoffen).

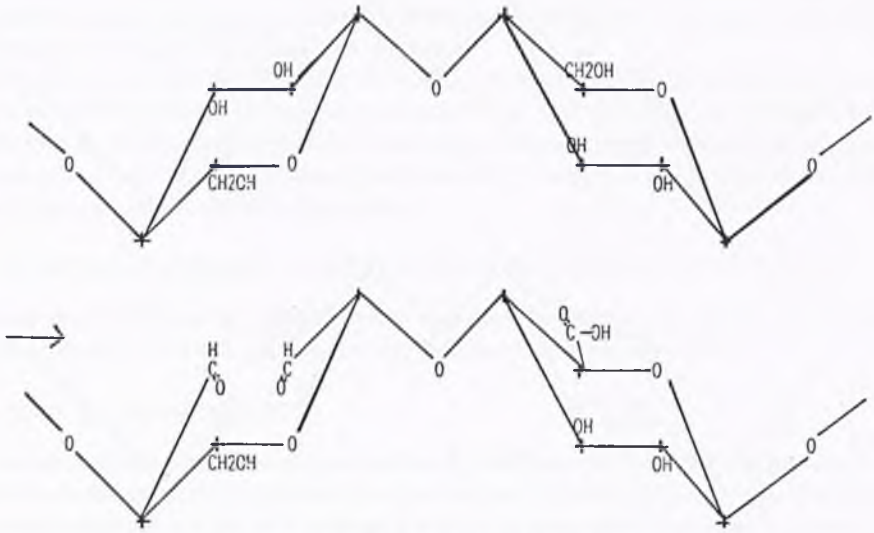


Afb. 30. Hydrolyse van cellulose door zuren: een snelle reactie (1) gevolgd door een langzame (2).

2. OXYDATIE

De cellulosemoleculen zijn eveneens gevoelig voor de oxyderende stoffen: bv. zuurstof uit de lucht, residuele produkten van bleking op basis van chloor, enz. Samenstellingen met koper, ijzer, kobalt kunnen als katalysator werken en de reactiesnelheid verhogen. De oxydatie kan de opening en de breuk van een glucosemolecule tot gevolg hebben terwijl door hydrolyse, en dus door de breuk van glycosidische bindingen, de keten zelf verbroken wordt (Afb. 31).

Nochtans kunnen de glycosidische bindingen naar gelang van de localisering van de oxydatie op de keten verzwakt worden en gemakkelijk breken, zelfs in gunstige omstandigheden van conservatie. In sommige gevallen van ernstige oxydatie kunnen de glycosidische bindingen zelf gebroken worden.



Afb. 31. Voorbeelden van oxydatie van cellulose.

3. FOTOCHEMISCHE AANTASTING

De meeste bestanddelen van modern papier kunnen zowel zichtbare als ultraviolette stralingen absorberen. Op moleculair niveau wordt een quantum licht opgenomen door een molecule. De door deze absorptie veroorzaakte opname van energie kan de verbinding tussen de atomen breken met vorming van radicalen. Over 't algemeen is de verbinding die breekt verantwoordelijk voor de absorptie van het licht. Ten slotte kan de verkregen molecule reacties met de naburige moleculen doen ontstaan. De afbraakprodukten die zo tot stand komen zijn dikwijls zeer complex. De fotochemische reacties zijn de oorzaak van ontkleuring en aantasting van het papier. Elk deel dat in aanraking met warmte en vocht komt kan nadien oxyderen of hydrolyseren. Het papier wordt dan erg bros en vergeelt.

LAUNER en WILSON hebben vastgesteld dat het licht waardoor het papier aangetast wordt, samengesteld is uit golflengten begrepen tussen 330 en 440 nanometer (nm). Alhoewel de ultraviolette stralen het papier oxyderen, hebben ze geen rechtstreekse werking op de cellulose-moleculen. Integendeel werkt het ultraviolette licht eerst op de andere bestanddelen en op de onzuiverheden van het papier (lignine, gekleurde afbraakprodukten, lijm...) die trouwens beter absorberen. Aanvankelijk vormen deze onzuiverheden dus een bescherming van de cellulose tegenover het licht. Het produkt van deze reactie tast dan de cellulose aan, breekt de moleculaire ketens af en verzwakt de stof.

Onder invloed van warmte kunnen infrarode stralingen oxydatie en afbraak van de materialen veroorzaken. Hun thermische uitwerking brengt ook een dehydratie van de structuur teweeg.

II. KLIMATOLOGISCHE FACTOREN

De temperatuur en de vochtigheid zijn zeer belangrijke parameters die onherroepelijke schade kunnen veroorzaken aan boekenmateriaal zodra ze de geoorloofde grenzen overschrijden. Papier is hoofdzakelijk samengesteld uit cellulosevezels en is dus zeer hygroscopisch. De fysische en chemische eigenschappen ervan hangen dus vooral af van het watergehalte van de atmosfeer.

1. HYGROMETRISCHE PRINCIPES

Tussen vochtigheid en temperatuur bestaat een nauwe samenhang: het is inderdaad het relatieve vochtigheidsgehalte dat moet beschouwd worden en niet de absolute hoeveelheid aanwezige waterdamp.

De absolute vochtigheid (A.V.) is het gewicht waterdamp bevat in een gegeven volume vochtige lucht, bij een zekere temperatuur. Deze vochtigheid kan niet eindeloos toenemen. Boven een zekere grens bereikt men de verzadiging (A.V.V) en het teveel aan waterdamp condenseert in de vorm van vloeistof. De maximale hoeveelheid waterdamp varieert in functie van de temperatuur: bij 20 °C: 17g/m^3 en bij 25 °C: 23g/m^3. Hoe hoger de temperatuur hoe meer waterdamp de lucht kan bevatten.

De relatieve vochtigheid (R.V.) is de verhouding tussen de hoeveelheid damp bevat in een gegeven volume bij een zekere temperatuur en de maximale hoeveelheid waterdamp die datzelfde volume zou kunnen bevatten bij diezelfde temperatuur.

Eenvoudiger bepaalt men de relatieve vochtigheid door de verhouding, in procent uitgedrukt, tussen de absolute vochtigheid en de absolute vochtigheid bij verzadiging van een zelfde volume bij dezelfde temperatuur.

$$\text{R.V.} = \frac{\text{A.V.}}{\text{A.V.V.}} \times 100\,\% \text{ voor T °C}$$

Indien de hoeveelheid waterdamp in een gesloten ruimte onveranderd blijft en de temperatuur verhoogt, dan vermindert de relatieve vochtigheid: men verwijdert zich van de verzadiging. Wanneer de temperatuur daarentegen stijgt dan verhoogt de relatieve vochtigheid: men nadert de verzadiging. Om de relatieve vochtigheid onveranderd te behouden in een bibliotheek of een bewaarplaats moet men dus waterdamp toevoegen wanneer de temperatuur stijgt.

Dat is de functie van een luchtbevochtiger, geplaatst op een radiator. Wanneer men bij een gegeven temperatuur verzadiging bereikt is er gevaar voor condensatie op een koude wand zoals b.v. een metalen rek. Als de temperatuur daalt, verhoogt integendeel het relatieve vochtigheidsprocent en men moet waterdamp verwijderen. Temperatuur en vochtigheid werken dus in tegengestelde richting.

2. WERKING OP HET PAPIER

Wat conservatie betreft is de controle van de relatieve vochtigheid hoofdzaak want ze duidt de uitwisseling van vochtigheid tussen de bewaarde voorwerpen en de lucht aan. Papier is zeer hydrofiel: indien de vochtigheidsgraad stijgt, zal het gemakkelijk waterdamp absorberen maar als de vochtigheidsgraad daalt zal het de neiging hebben om waterdamp vrij te maken. Papier en andere organische stoffen zoals hout, leder, perkament en geweven stoffen reageren zodanig dat de vochtigheid die ze bevatten in evenwicht verkeert met de waterdamp aanwezig in de omringende lucht.

Het blootstellen, zelfs van korte duur, aan een hoge temperatuur veroorzaakt de vergeling en de brosheid van het papier. Een lage temperatuur daarentegen vertraagt de veroudering. De invloed van de temperatuur is bijzonder schadelijk als ze samen gaat met vochtigheid. De vochtigheid mag niet onafhankelijk van de temperatuur beschouwd worden en een gelijktijdige wijziging van de twee parameters is gevaarlijker dan een hoge of een onvoldoende graad van één van de twee factoren.

a. *Fysische aantastingen*

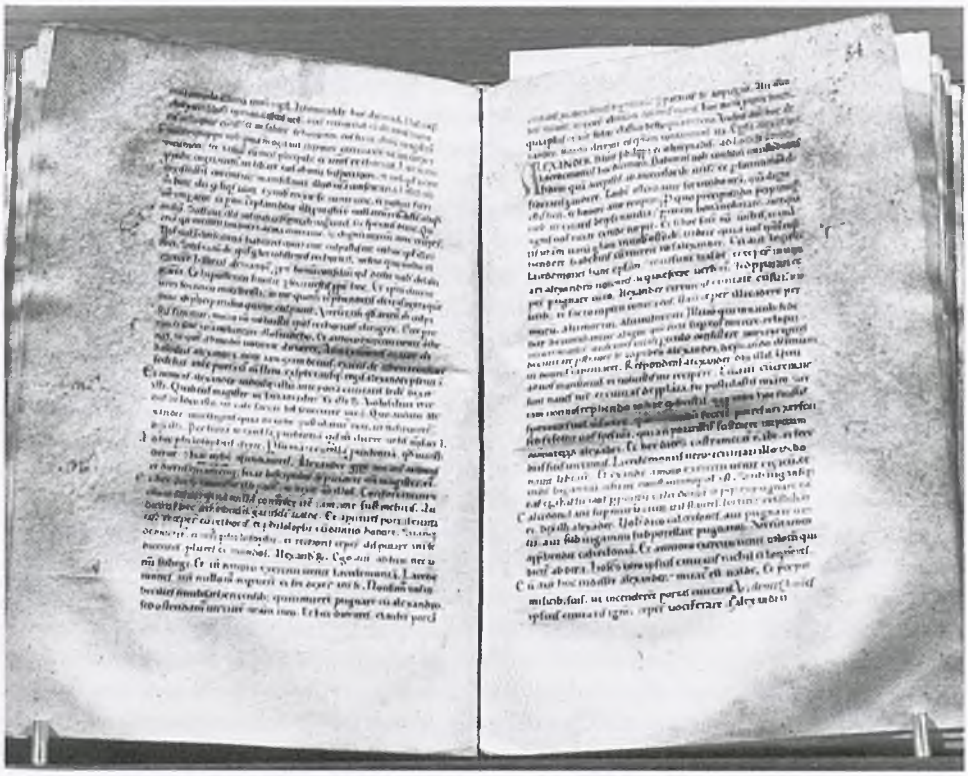
Papier en perkament zijn hygroscopisch, ze zwellen wanneer ze vocht absorberen en krimpen wanneer ze vocht verliezen. Op de duur verliest het papier zijn elasticiteit en zijn sterkte.

Normaal papier komt voor in de vorm van een blad, dat een laag dooreengeweven vezels is. Tijdens het vervaardigen van papier verspreiden de vochtige cellulosevezels zich en na droging vormen ze een sterk en coherent blad. Dit zal verschillen in oppervlakte naar gelang van de achterblijvende vochtigheid in de vezels. Het met de hand vervaardigd papier zet bijna evenveel in de breedte als in de lengte uit want de vezels zijn zonder voorkeurrichting geschikt. Het mechanisch vervaardigd papier zet uit of krimpt het meest, en wel loodrecht op de afrolling van de brij (machinerichting) omdat de vezels bij voorkeur in die richting geschikt zijn. Deze richting heeft ook een invloed op de plooi- en draaisterkte van het papier en vraagt zekere voorzorgsmaatregelen bij het plooien en lijmen in boekbindings- of restauratiewerken. Voor een variatie van 10 % R.V. kunnen de afmetingen van tekenpapier toe- of afnemen met 0,6 % in de breedte en met 0,1 % in de lengte.

Door een teveel aan vochtigheid verliest papier zijn vorm en wordt het week. Terwijl een teveel aan vochtigheid te vermijden is, is een te grote droogte even schadelijk. Papier heeft een vochtigheidsgraad van 50 % nodig om zijn soepelheid en zijn elasticiteit te bewaren. Een tekort aan vochtigheid brengt dehydratie teweeg van de structuren en maakt het papier bros. De lijmen verdrogen en worden eveneens broos. Een lage relatieve vochtigheid maakt het perkament stijver en vermindert de mechanische weerstand van de banden.

b. *Chemische aantastingen*

De vochtige warmte versnelt de hydrolyse door zuren van de cellulosemoleculen en van het collageen. Papier wordt bros en verliest zijn mechanische weerstand. Hetzelfde geldt voor leder. De temperatuur versnelt in feite al de beschadigingsmechanismen van de cellulose: hydrolyse, oxydatie en fotochemische uitwerkingen. Een lage temperatuur



Afb. 32. Perkament bewaard in te droge omstandigheden.

vertraagt de snelheid van de beschadiging: papier blootgesteld aan het licht vergeelt minder als het op een lage temperatuur gehouden wordt. Veel boekenmateriaal zou een langere levensduur hebben indien het ingevroren kon worden. BARKER citeert het geval van een boek dat kapitein Scott in 1911 aan de zuidpool achtergelaten heeft en dat in uitmuntende toestand in 1956 door sir Vivian Fuchs teruggevonden werd.

c. *Biologische aantastingen*

De relatieve vochtigheidsgraad en de temperatuur spelen een overwegende rol in de levenscyclus van zwammen en bacteriën die aanwezig zijn in boeken of in de atmosfeer. De gunstigste voorwaarden van temperatuur en vochtigheid voor hun groei zijn: een temperatuur van 22 tot 25 °C en een relatieve vochtigheid hoger dan 65 %. De te grote vochtigheid verzwakt het papier en bevordert de ontwikkeling van micro-organismen die zich voeden met cellulose, van de lijm van het papier en van de boekbanden, en van de produkten toegevoegd aan leder. Een relatieve vochtigheid hoger dan 70 % maakt het perkament gevoeliger voor de aanvallen van micro-organismen.

III. LICHT

1. SAMENSTELLING

Het zonlicht bestaat uit elektromagnetische golven waarvan de golflengte (gemeten ter hoogte van de zeespiegel) gelegen is tussen 290 en 2400 nm (1 nm = 10^{-9} m). Het oog van de mens ziet enkel de golflengten begrepen tussen 400 en 750 nm: het zijn de zichtbare stralen die al de kleuren van de regenboog omvatten, van violet tot rood (Afb. 33).

De stralen van hogere of lagere golflengte zijn onzichtbaar. De ultraviolette stralen hebben een golflengte van minder dan 400 nm. Ze zijn zeer energetisch en hebben een vernielende fotochemische invloed op de grondstoffen. Boven een golflengte van 700 nm vindt men de warmtestralen of infrarode stralen.

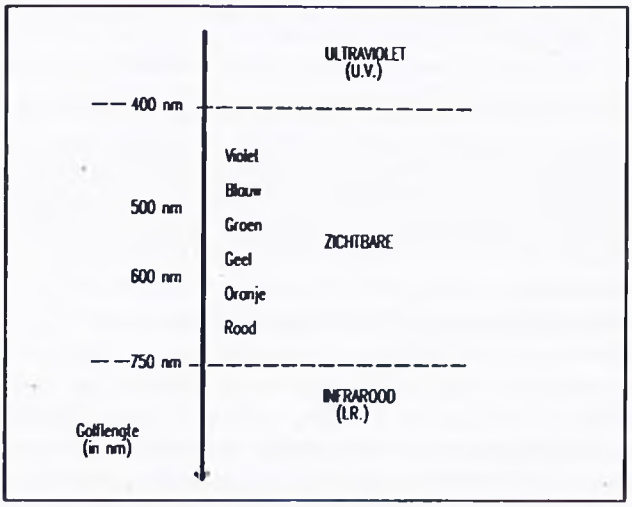
2. BRONNEN

Een natuurlijke of kunstmatige lichtbron brengt naast zichtbaar licht ook onzichtbare stralen voort: infrarode en ultraviolette.

a. *Natuurlijke bronnen*

De zon is de voornaamste natuurlijke lichtbron. De weerkaatsing van het licht door de wolken en de stofdeeltjes en de absorptie door de atmosfeer (O_2, O_3, CO_2 en H_2O) verklaart dat 47 % van het zonlicht de grond bereikt: 22 % in de vorm van rechtstreekse zonnestralen en 25 % in de vorm van diffuse stralen (hemel, wolken en stofdeeltjes).

De hoeveelheid ultraviolette stralen die de oppervlakte van de aarde bereikt vertegenwoordigt slechts 9 % van de ultraviolette zonnestralen. Alleen de ultraviolette stralen van een golflengte hoger dan 320 nm dringen door gewoon vensterglas: dit vertegenwoordigt 5 %.



Afb. 33. Spectrale samenstelling van het licht.

b. *Kunstmatige bronnen*

Er bestaan twee soorten van kunstmatige lichtbronnen: de gloeilampen en de fluorescentiebuizen. Hun spectrale samenstelling is zeer verschillend.

De gewone electrische lampen verlichten door gloeiing. Wanneer men een wolfraamgloeidraad op zeer hoge temperatuur brengt (tot 2800 °C), verkrijgt men een hel licht dat, des te witter is naarmate de temperatuur hoger is. De lamp mag geen zuurstof bevatten: deze zou de gloeidraad verbranden. Men vult ze met een inert gas, argon, gemengd met stikstof, of krypton. Buiten de zichtbare stralingen (7 tot 12 %), vooral gele en rode, brengen deze lampen vele infrarode stralingen voort (68 tot 72 %) en weinig ultraviolette stralingen (<0,1 %).

In de gloeilampen die men wolfraamlampen of lampen met jodium noemt, is het inert gas gemengd met sporen verstoven jodium. Men kan de temperatuur van de gloeidraad verhogen en aldus witter licht bekomen zonder de gemiddelde levensduur van de lamp te verminderen. Over 't algemeen is die leeftijd groter dan die van een gewone lamp. Deze lampen hebben een fel licht maar ontwikkelen terzelfdertijd een grote warmte, hetgeen hun omhulsel in kwarts verklaart (kwarts is beter bestand tegen hoge thermische schommelingen). Ze brengen dus veel infrarode stralingen voort tenzij ze voorzien zijn van tweekleurige spiegels die minder warmte uitstralen.

De fluorescentiebuizen maken gebruik van zekere componenten die licht voortbrengen als ze onderworpen worden aan ultraviolette stralingen. De buis is gevuld met kwikzilverdamp onder lage druk en haar wand is bedekt met fluorescent poeder. Dit poeder brengt een zichtbaar licht voort als het geraakt wordt door de ultraviolette stralen van een elektrische vonk binnen in de buis. Deze UV-stralen worden geabsorbeerd indien de fluorescente stoffen een voldoende dikte hebben. De kleurtemperatuur van de fluorescentie-buizen is over het algemeen hoger dan die van de gloeilampen, hun tinten zullen dus kouder zijn.

Deze buizen produceren minder infrarode stralen (35 %) en meer UV-stralingen dan gloeilampen (0,3 tot 0,7 %). De uitstraling in het zichtbaar deel van het spectrum bedraagt gemiddeld 35 %. De fluorescentiebuizen brengen meer energetische stralingen voort dan de gloeilampen. De schadelijke invloed ervan is nochtans geringer dan die van het natuurlijk licht.

Compacte fluorescentielampen, ook bespaarders van energie genoemd, worden geproduceerd door verschillende firma's. Het zijn lampen met kwikzilverdamp onder lage druk die gelijken op dikke gloeilampen. Hun levensduur is onbetwist langer en hun verbruik veel miniemer. Er bestaan ook mini-fluorescentiebuizen. Voor een lichtsterkte gelijk aan deze van traditionele buizen is het energieverbruik verlaagd tot 75 %.

3. WERKING OP HET PAPIER

a. *Inwendige factoren*

Inwendige factoren die de vernielende invloed van het licht bepalen zijn onder meer: de intensiteit van de straling (het belichtingsniveau), de belichtingstijd, de spectrale kenmerken van de straling. Het licht veroorzaakt een depolymerisatie door breking van de

interatomaire bindingen van het polymeer. De geoxydeerde papierdeeltjes kunnen daarna hydrolyseren. Het papier wordt bros.

De spectrale kenmerken van het licht zijn van overwegend belang. De ergste beschadigingen worden veroorzaakt door de UV-stralen omdat deze een grote fotochemische werking hebben. De infrarode stralingen hebben een zeer belangrijke thermische werking en beschadigen de voorwerpen door ze te verdrogen.

Volgens FELLER en HON werkt het UV-licht, met een golflengte van minder dan 385 nm, vergelend op papier dat mechanische pulp bevat terwijl het zichtbaar licht een blekende invloed heeft. Men denkt dat de bleking te wijten is aan de werking van het zichtbaar licht op de aldehyden van de naaldbomen die alleen in houtpulp voorkomen. Daarentegen zou de vergeling te wijten zijn aan de oxydatie van de fenolgroep van de lignine.

Wanneer het papier eenmaal blootgesteld is geweest aan licht gaat de beschadiging voort, zelfs indien men het nadien in de duisternis bewaart. De beschadiging gaat langzamer dan bij verdere blootstelling maar toch vlugger dan indien het papier nooit blootgesteld was. Het papier is kwetsbaarder geworden tegenover de andere aantastingsfactoren. De geoxydeerde cellulose ontkleurt sneller in het donker.

b. *Uitwendige factoren*

De ontkleuring van papier wordt eveneens beïnvloed door verscheidene uitwendige factoren zoals de temperatuur, de aanwezigheid van zuurstof of waterdamp alsook door de soort grondstof waaruit het samengesteld is.

Naar LAUNER en WILSON is de ontkleuring het gevolg van de samengevoegde inwerking van temperatuur en licht. Ze hebben bewezen dat papier vergeelt als het blootgesteld wordt aan het licht en tevens verwarmd wordt maar dat het bleekt als men het op lage temperatuur houdt. Het eindresultaat hangt af van de overwegende rol van de temperatuur of van het licht. Papier waarvan de vergeling door de temperatuur begonnen is kan gebleekt worden door blootstelling aan het licht.

Men heeft ook bewezen dat de vergeling en het bros worden van het papier (blootgesteld aan de zichtbare en de UV-stralen) gestopt kan worden door ontzuring. Papier dat dus bestraalde lignine bevat en zich in een zuurstofloze atmosfeer bevindt zal bleken, terwijl het vergeelt in de vrije lucht bij afwezigheid van een warmtebron. Uitzonderlijke dokumenten worden soms opgeborgen in een inerte atmosfeer. Dat is het geval voor de Onafhankelijksverklaring en de Grondwet van de Verenigde Staten, bewaard in een inerte atmosfeer van helium.

Men heeft ook vastgesteld dat waterdamp de beschadigende invloed van het licht op katoencellulose versnelt. Op houtpulp integendeel zou hij die invloed vertragen.

Papier uit lompen kan bij normale temperatuur bleken in de plaats van vergelen. Papier uit chemische pulp is eveneens minder gevoelig voor licht. Dagbladpapier wordt sterker aangetast door het licht zoals ook papier met een minimaal ijzergehalte, met onvoldoende gezuiverde cellulose of met een grote hoeveelheid colofonium. In dalende volgorde van weerstand kan men ze schikken als volgt: lompenpulp (katoen, vlas, hennep), chemische pulp (met sulfiet en met sulfaat) en krantenpapier op basis van mechanische pulp. Onzuiverheden zoals metaal-ionen en additieven zoals aluin, lijm of gelatine spelen de rol van katalysators.

Afb. 34. Vergeling veroorzaakt door licht.

In het geval van met chroom gelooid leder bv. veroorzaakt het zonlicht de vergeling van de olie die gebruikt werd om het leder bij het einde van de bereiding te voeden.

IV. CHEMISCHE FACTOREN

Cellulose en collageen worden langzaam aangetast door zuren, zelfs bij de gunstigste voorwaarden van conservatie. In vele gevallen worden leder en papier verzuurd tijdens hun vervaardiging en de beschadiging van de vezels is reeds begonnen vooraleer de

gedrukte of handgeschreven boeken zich onder de verantwoordelijkheid van de conservator bevinden. De afbraak gaat dan verder door de werking van uitwendige factoren. Zelfs met de hand vervaardigd papier van uitzonderlijke kwaliteit en door plantaardige looiing bekomen leders ontsnappen niet aan de aanvallen van zwavelzuur.

De hydrolytische ontbinding van cellulose is te wijten aan de reactie van zure stoffen die van het begin af in het papier aanwezig kunnen zijn of in de grondstoffen die gebruikt werden bij de vervaardiging (aluin) of die naderhand bijgevoegd werden (inkten en kleurstoffen). De absorptie van uitwendige vervuilende elementen, zwaveldioxyde en stikstofdioxyde is een andere bron van verzuring. De afbraakstoffen ontstaan door oxydatie van cellulose, hemicellulose en lignine, door licht of door hoge temperaturen. Ze zijn dikwijls zuur en dragen bij tot de volledige verzuring van het papier.

Nochtans zijn sommige oude papiersoorten heel goed bewaard en hun pH-waarde bedraagt 6 of zelfs meer. Dit is hoofdzakelijk te wijten aan calcium- en magnesiumcarbonaten. Deze aardalkalicarbonaten werden er waarschijnlijk aan toegevoegd bij de bleking van de lompen door middel van houtextracten of tijdens de reiniging met water waarin zich calcium- of magnesiumbicarbonaten bevonden of ook nog omdat kalk gebruikt werd.

1. INWENDIGE BRONNEN

Onder de inwendige oorzaken van de verzuring van papier kan men noemen : aluin, lignine, ijzer- en koperpartikels en ook blekingsresten zoals chloriden.

a. *Aluin*

Aluin, aluminium- en kaliumzout worden gebruikt om zowel plantaardige (colofonium) als dierlijke (gelatine) lijming te versnellen en haar kleefvermogen op de vezels te bevorderen. Aluin heeft eveneens een schimmelbestrijdende werking door de ontwikkeling van bacteriën en zwammen te verhinderen. Om die reden is men soms geneigd geweest de nodige hoeveelheid te overschrijden bij wijze van voorzorgsmaatregel.

Dit zuurzout kan, in contact met het water dat altijd aanwezig is in het papier, als reactie zwavelzuur opleveren. Men heeft sporen van hydrolyse door zuren aangetroffen op papieren uit de 17de eeuw, hydrolyse veroorzaakt door de aluin die toegevoegd werd om dierelijm te verharden en het papier geschikter te maken voor het drukken.

Vanaf de 19de eeuw werd aluin gebruikt om het lijmen (bestrijken) met colofonium te versnellen. De reactie tussen aluminiumsulfaat en natriumresinaat veroorzaakt hoofdzakelijk een neerslag van aluminiummonoresinaat. De aluin die niet gereageerd heeft en het monoresinaat kunnen hydrolyseren en H^+-ionen voortbrengen. Men heeft pH-waarden van 4,2 tot 5 gemeten op papieren die gelijmd werden met colofonium en aluin en 5,5 tot 6,5 op papieren gelijmd met gelatine.

b. *Lignine*

Het papier dat vanaf de jaren 1860-70 geproduceerd wordt is bijzonder zuur omdat het met colofonium gelijmd is maar ook omdat het houtpulp bevat. Het is zwak wegens de kleine hoeveelheid pure cellulose in verhouding tot de niet-cellulose elementen zoals lignine. Dat papier heeft een zeer korte levensduur : 15 à 20 jaar voor krantenpapier beschermd tegen het licht en slechts enkele weken als het blootgesteld is aan lucht en licht.

c. *Metalen bestanddeeltjes*

Zulke metalen onzuiverheden kunnen b.v. afkomstig zijn van de messen en de metalen punten van de hamers van de hollanders of in het water van de molen aanwezig zijn. De metaal-ionen katalyseren de oxydatie van het zwaveldioxyde in zwaveltrioxyde en waarschijnlijk sommige reacties van de cellulose. De oxydatiemiddelen ontkleuren de pigmenten, verzwakken papier en perkament en kunnen ze zelfs verbruinen.

d. *Chemische stoffen*

De resten van de chemische behandelingen welke de papierbrij of het papier ondergingen gedurende hun bereiding kunnen schadelijk zijn. Na de bleking van de pulp zouden nagelaten sporen van chloor kunnen reageren met de aluin in aanwezigheid van vocht.

De produktie van pulp door chemische procédés heeft de hoeveelheid lignine aanzienkijk verminderd of zelfs uitgeschakeld. De industriële zuiveringsmethodes van houtcellulose met oxydatiemiddelen bij hoge temperatuur zijn zeer drastisch. De verkregen produkten kunnen reeds aangetast en dus onstabiel zijn.

2. LUCHTVERVUILING

De luchtvervuiling is zeker de eerste uitwendige bron van chemische aantasting. Haar voornaamste effect is een verhoging van de zuurtegraad. Nochtans moet men de conservator erop wijzen dat andere materialen die zeer dikwijls in een bibliotheek aanwezig zijn, ook zuur kunnen voortbrengen. Aldus houten rekken, kartons op basis van hout, onstabiel plastic of zure lijmmiddelen. De overbrenging gebeurt door contact.

Lucht is normaal samengesteld uit een mengsel van gassen en van fijn verdeelde vaste bestanddelen. Van de verontreinigende gassen komen sommige voort uit de verbranding van aardolieprodukten. Ze zijn min of meer zuur of oxyderend. Onder de gevaarlijkste vindt men de zwavelverbindingen zoals zwaveldioxyde en zwaveltrioxyde en de stikstofverbindingen zoals stikstofoxyde. Onder de oxydeermiddelen is ozon het schadelijkst. Deze gassen zijn vooral aanwezig in de steden en in de industriegebieden. Door hydrolyse of katalyse tasten ze de eigenschappen van het papier aan. Ze hebben vochtigheid en een vrije luchtcirculatie nodig om in te werken. Geen enkel grafisch materiaal is bestand tegen luchtvervuiling, noch op het platteland, noch aan de kust, hoewel men opgemerkt heeft dat het papier van boeken zuurder is in stadszones dan op het platteland.

a. *Zwavelverbindingen*

Zwaveldioxyde SO_2 is één van de meest verspreide produkten die het milieu verontreinigen. 48 % van de SO_2 in de atmosfeer wordt geproduceerd door de natuur zelf. De bacteriële vernietiging brengt waterstofsulfide H_2S voort, die spoedig tot SO_2 oxydeert (vooral in de hoge atmosfeer). De overblijvende 52 % komen dus voort van atmosferische vervuiling (verbranding van stookolie en kolen). SO_2 is de voornaamste verontreiniger voortgebracht door de bezigheden van de mens in de steden. Het brengt ook de meeste schade toe hoewel het op zichzelf niet schadelijk is voor papier, leder of perkament. Alleen in geoxydeerde toestand is het agressief. Het reageert langzaam met de lucht tot zwaveltrioxyde (SO_3): $2\ SO_2 + O_2 \rightarrow 2\ SO_3$. Dit reageert op zijn beurt met de vochtigheid van de lucht en vormt zwavelzuur: $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$.

Temperatuur en vochtigheid spelen een belangrijke rol in deze achtereenvolgende reacties die dus eng verbonden zijn met de klimatologische omstandigheden. Een hoge relatieve vochtigheid bespoedigt de reactie.

De samenstelling van het papier is ook een belangrijk element. Lompenpapier blijft heel goed bewaard zelfs in industriële of bewoonde zones terwijl papier van mindere kwaliteit heel vlug, soms na 10 jaar, tekens van veroudering vertoont, namelijk bruin en bros wordt. De grootste absorptie van SO_2 gebeurt aan de rand van de bladen hetgeen verklaart waarom de randen van een boek vlug geschonden zijn terwijl het midden van de bladen over 't algemeen gedurende lange tijd in goede staat blijft.

De rode verrotting van het leder, ,,red rot'', is te wijten aan het zwaveltrioxyde SO_3 dat zich omvormt tot zwavelzuur H_2SO_4 volgens de hierboven reeds beschreven reactie. Eerst wordt het leder zacht en absorberend, vervolgens sponsachtig en broos over heel zijn structuur. In het laatste stadium geschiedt de totale ontbinding van het leder. Deze gang van vernietiging kan niet naar behoren gestopt worden. Nochtans weerstaan ledersoorten beter dan andere dragers aan de atmosferische verontreiniging omdat ze minerale zouten bevatten die als buffer werken.

b. *Stikstofverbindingen*

Het stikstofoxyde (NO) en het stikstofdioxyde (NO_2) zijn voor een kleine hoeveelheid aanwezig in de atmosfeer, weliswaar met een hoger gehalte in de steden. In de natuur is de voornaamste bron van deze verbindingen de afbraak van het distikstofoxyde (N_2O) in de hoge atmosfeer. Deze verbindingen zijn eveneens voortgebracht door de inwerking van bacteriën op de nitrieten NO_2^- en de nitraten NO_3^- aanwezig in de grond en in de oceanen. De bliksem, de stralingen van de zon, de hoog energetische kosmische stralingen, de stratosferische vluchten produceren eveneens NO en NO_2. In de steden worden deze stikstofoxyden voortgebracht door de vereniging bij hoge temperatuur van zuurstof en stikstof. Zo kunnen ze ontstaan door het verbranden van stookolie.

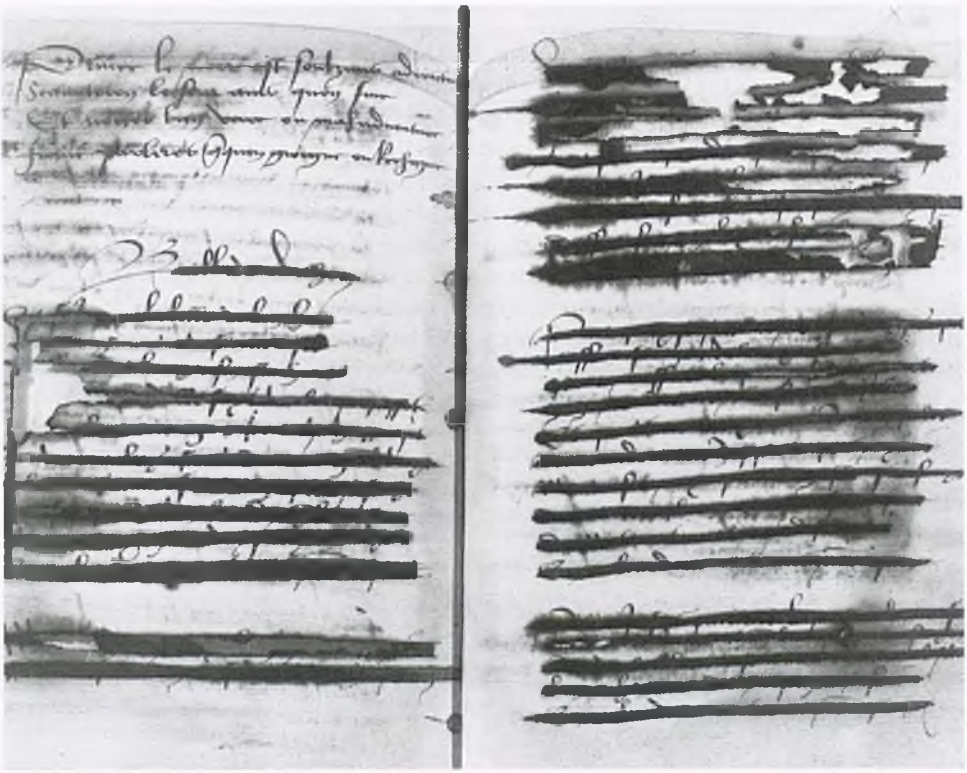
Ze zijn allebei uiterst schadelijk. Stikstofdioxyde is evenals zwaveldioxyde oplosbaar in water en brengt zuren voort, salpeterigzuur (HNO_2) en salpeterzuur (HNO_3):
$2\ NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$.

Salpeterigzuur is een zwak, onstabiel zuur dat zich ontbindt in salpeterzuur en stikstofoxyde. De totale reactie leidt tot de produktie van salpeterzuur HNO_3, dat een sterk zuur is.

c. *Ozon*

Ozon komt grotendeels voort uit de stratosfeer door de inwerking op de zuurstof van de UV-stralen van zeer korte golflengte (200 nm). Het kan ook voortgebracht worden door de werking van de UV-stralen op het stikstofdioxyde dat ontstaat uit de verbranding van stookolie.

Ozon is een zeer sterk oxydatiemiddel dat de dubbele bindingen breekt tussen de koolstofatomen. Organische produkten zoals diere- of plantelijm en ook het leder kunnen beschadigd worden. Vochtige cellulose is bijzonder aantastbaar door ozonconcentraties die normaal in vervuilde lucht aangetroffen worden. Na langdurige blootstelling verliezen papier en geweven stoffen hun weerstand, de kleuren van de boekbanden verbleken maar de ontkleuring is minder aanzienlijk dan deze veroorzaakt door licht.



Afb. 35. Zure reactie van de inkt die het papier heeft doorboord.

d. *Vaste deeltjes*

In de lucht zwevende stofdeeltjes (aërosols) worden aangetroffen in de atmosfeer van de steden en de industriezones. Het zijn minerale of organische partikels: ijzeroxyde, aluminiumsulfaat, siliciumdioxyde, magnesiumcarbonaat, vezelfragmenten of ook natriumchloride (in de nabijheid van de zee).

Aërosols zijn bijzonder doordringend en hebben een veelvuldige actie. Stof is niet inert, de zuurradicalen alsmede de metaal-ionen die het bevat bevorderen het beschadigingsverloop.

Deze partikels zijn dikwijls hydrofiel en weerhouden water in voldoende hoeveelheid om de groei te begunstigen van micro-organismen waarvan kiemcellen of *sporen* aanwezig zijn in de atmosfeer. Het stof is op deze wijze een oorzaak van biologische besmetting maar het is eveneens een voedingsbodem door de minerale en organische verbindingen die het bevat.

Daarbij moet men nog opmerken dat aërosols een eroderende werking hebben op de boekbanden.

Deze chemische stoffen zijn dus op zichzelf reeds corrosief, maar hun vermogen om schade te berokkenen is nog groter wanneer ze samen aanwezig zijn in de atmosfeer.

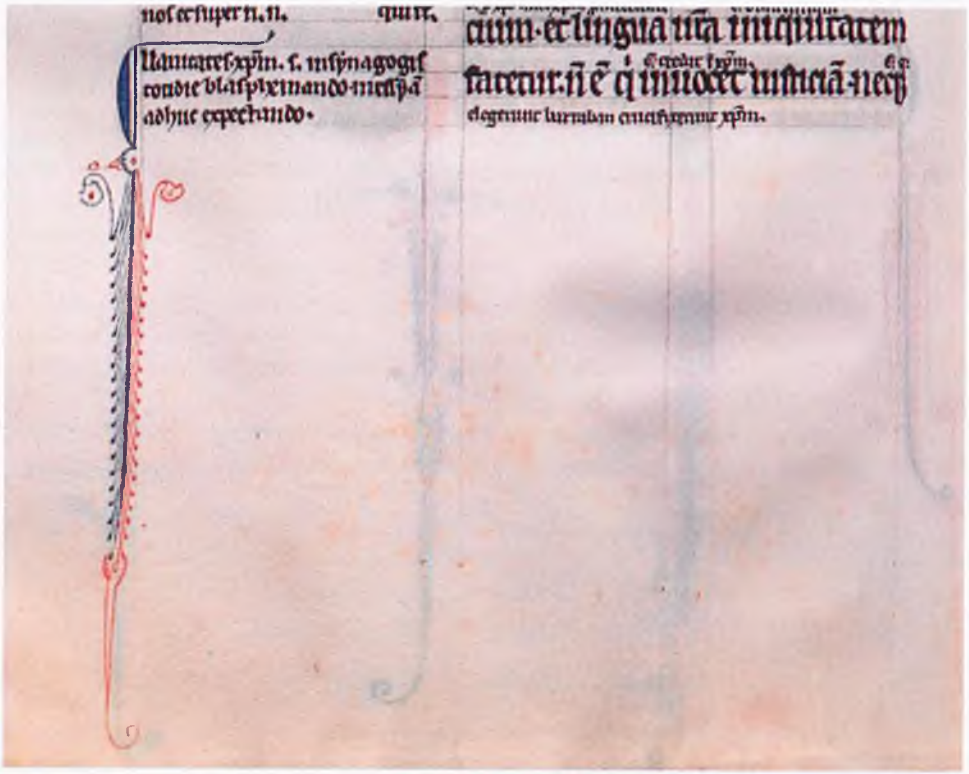
3. INKTEN EN PIGMENTEN

In een te vochtige omgeving kan het ijzer- of kopersulfaat in galinkten hydrolyseren en zo zuur voortbrengen. Dit zuur tast het papier of het perkament aan. Bovendien laat ijzer, zowel als koper een gekatalyseerde oxydatieve beschadiging van de cellulose toe die naast de inwerking van de zuren optreedt.

Deze beschadiging beperkt zich tot het geschrift zelf en manifesteert zich door een verbruining aan de achterkant van het blad op de plaats van de tekst. In uiterste gevallen is de drager totaal vernietigd en de tekst onleesbaar. Het blad is omgevormd tot kant.

De groene pigmenten gebruikt voor de verluchting van manuscripten bevatten koper en zijn niet stabiel. In een vochtige atmosfeer migreren ze in de vezels van de cellulose (papier) of van het collageen (perkament). Door oxydatie worden de groene pigmenten bruin en de vezels worden ontbonden. Fragmenten kunnen zich losmaken van de drager.

De aantasting en de gaten veroorzaakt door inkten en pigmenten zijn onomkeerbaar.



Afb. 36. Beschadiging veroorzaakt door migratie van pigmenten.

HOOFDSTUK II: BIOLOGISCHE FACTOREN

I. Bacteriën
   1. Definitie
   2. Symptomen van besmetting
   3. Soorten
   4. Groeifactoren
   5. Giftigheid

II. Zwammen
   1. Definitie
   2. Symptomen van besmetting
   3. Soorten
   4. Infectie
   5. Groeifactoren
      a. Temperatuur en vochtigheid
      b. Licht
      c. Stofdeeltjes
      d. Andere
   6. Schade
   7. Giftigheid
   8. Foxing

III. Insekten
   1. Definitie
   2. Symptomen van aantasting
   3. Oorsprong
   4. Soorten
      a. Orde van de Thysanura
      b. Orde van de Dictyoptera
      c. Orde van de Psocoptera
      d. Orde van de Coleoptera
      e. Orde van de Isoptera
      f. Orde van de Diptera

IV. Knaagdieren

V. Identificatie van de soorten naar gelang van de aangebrachte schade

De biologische factoren zijn verantwoordelijk voor de meest voorkomende en ook de meest uitgebreide schade aan boeken. Zwammen tasten papier en ook boekbanden aan. Ze ontbinden ze en de pigmenten die ze afscheiden laten gekleurde vlekken achter. De schade veroorzaakt door insekten is nogal gemakkelijk te herkennen: doorboringen of galerijen. Met zekerheid het insekt bepalen dat verantwoordelijk is voor de schade is een ander probleem.

I. BACTERIËN

1. DEFINITIE

Het zijn plantaardige unicellulaire organismen, niet zichtbaar met het blote oog. Hun grootte ligt rond één mikron (0,001 mm). Bacteriën bezitten een diffuse kern en geen chlorofyl.

De beschadiging van het papier is vooral te wijten aan aërobe bacteriën, d.w.z. die zich alleen ontwikkelen met behulp van vrije zuurstof. Andere zijn anaëroob, ze hebben geen zuurstof nodig. Onder deze laatste zijn er mesofiele bacteriën (optimale ontwikkeling tussen 30 en 40 °C) en thermofiele bacteriën (tussen 50 en 65 °C).

2. SYMPTOMEN VAN BESMETTING

De aanwezigheid van bacteriën is eerst niet waarneembaar. Vervolgens verschijnen discrete alleenstaande vlekken van geelachtige kleur. Deze verspreiden zich in bruine, rode, zwarte of blauwachtige zones volgens de soort. In dit stadium vormen de beschadigde zones samen met hun vertakkingen een min of meer dik dons.

3. SOORTEN

De meerderheid van de bacteriën die men gewoonlijk op het papier aantreft behoort tot twee van de vier vertakkingen van de bacteriënwereld. Het gaat hier om eubacteriën of echte bacteriën (eubacteriales), zonder verwantschap met de dierlijke of plantaardige micro-organismen en de schimmelbacteriën, bacteriën verwant met de zwammen. In deze tweede vertakking heeft men slechts cellulose-afbrekende soorten geïdentificeerd in de klasse van de actinomyceten of straalzwammen (actinomycetales) en myxobacteriën of slijmbacteriën (myxobacteriales).

4. GROEIFACTOREN

Bacteriën ontwikkelen zich even goed in het donker als in het licht en hun groei wordt begunstigd door warmte en vocht. Bacteriën zijn gevoelig voor hoge temperaturen en sommige sterven af bij een temperatuur hoger dan 40 °C. Zoals we gezegd hebben ontwikkelen de thermofielen zich nochtans het best bij een temperatuur van 50 tot 65 °C. Met een relatieve vochtigheidsgraad lager dan 65 % wordt het metabolisme van de bacteriën fel vertraagd. Het optimale procent bevindt zich omstreeks 100 %.

Bacteriën kunnen leven met een pH van 1 tot 12 maar het merendeel onder hen ontwikkelt zich het best in licht alkalische omstandigheden wanneer de pH tussen 7,2 en 7,5 schommelt.

Wat de voeding betreft, behoren de bacteriën die de bestanddelen van papier (cellulose, hemicellulose, zetmeel en andere organische stoffen als collageen) ontbinden, tot de kategorie van de *heterotrofe* bacteriën. Hun vermogen om cellulose te hydrolyseren is veranderlijk volgens de soort. Zekere onder hen gebruiken uitsluitend de cellulose als bron van koolstof: het zijn de strikt cellulose-afbrekende bacteriën; andere hebben verschillende soorten koolhydraten nodig: het zijn de facultatief cellulose-afbrekende bacteriën. Hun voeding bestaat uit cellulose, uit klevende bestanddelen of uit bestanddelen van dierlijke oorsprong.

Het ontbinden van cellulose geschiedt door cellulasen. Dit zijn *enzymen* die cellulose ontbinden in cellobiose moleculen. De proteolytische bacteriën brengen proteolytische *enzymen* of collagenasen voort die op proteïnen inwerken (en dus op het collageen) en gelatinasen die specifiek op gelatine inwerken.

5. GIFTIGHEID

Het is bewezen dat boeken die in aanraking komen met personen lijdend aan besmettelijke ziekten zoals longontsteking, difterie, tyfuskoorts, hersenvliesontsteking of andere, eveneens besmet worden. De bacteriën overleven verschillende dagen, termijn gedurende dewelke het nodig is het boek uit de omloop te houden en het te ontsmetten (KOWALIK).

II. ZWAMMEN

1. DEFINITIE

Zwammen zijn lagere plantaardige organismen waarvan het vegetatieve apparaat noch wortels, noch stengel, noch bladeren heeft en geen bladgroen bevat. Het is een *thallus* bestaande uit filamenten of hypha (zwamdraden) die het mycelium vormen. Daar ze onbekwaam zijn om de fotosynthese tot stand te brengen voeden ze zich met organische stoffen die ontstaan uit de ontbinding van plantaardige of dierlijke overblijfselen.

2. SYMPTOMEN VAN BESMETTING

Bij het onderzoek van oude papieren met het vergrootglas of met het blote oog ontdekt men dikwijls vlekken waarvan het centrum donker is terwijl de intensiteit geleidelijk vermindert naar de randzone toe. Die vlekken hebben dikwijls, bij het aanvoelen, een licht merkbaar reliëf. Sommige onder hen bestaan uit organische overblijfselen zoals lignine of anorganische stoffen zoals ijzer. Andere gekleurde vlekken, van verschillende grootte, kunnen een aanduiding zijn van besmetting van de drager door micro-organismen. Het zijn zwammen die kunnen aangroeien in gunstige omstandigheden. De vlekken van micro-organismen bestaan uit twee delen: een gewoonlijk puntvormig midden, min of meer donker, dit is de schimmel, en een bijna cirkelvormige lichter gekleurde ringzone. Deze laatste, waarvan de tint geleidelijk afneemt, is samengesteld uit de papiervezels waarin de afscheidingen van de zwam zich verspreid hebben. De randzone is dikwijls zichtbaar op de twee vlakken van het blad. De kleur van het pigment en de vorm van de vlek veranderen al naar gelang van het type van de zwam.

F. GALLO beweert dat het onmogelijk is de verschillende zwammen alleen volgens hun kleuring te herkennen. De enige zekere oplossing bestaat erin een kleine hoeveel-

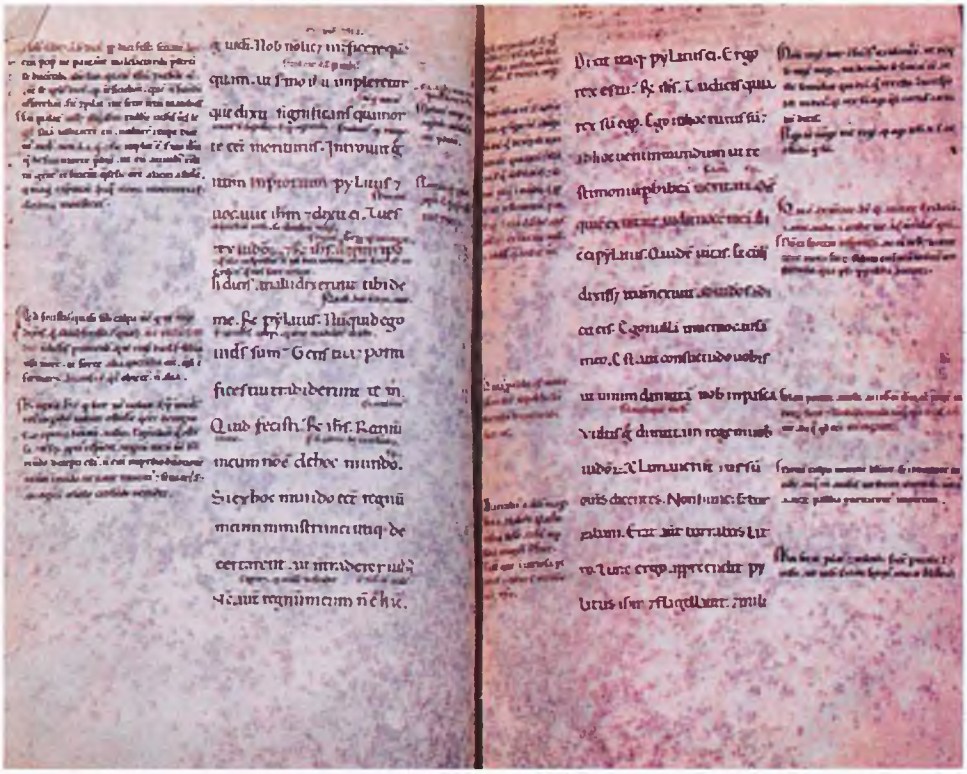
heid ervan op een geschikte voedingsbodem te kweken. Men onderzoekt na de ontwikkeling de uitslagen met de microscoop. De factoren die de kleur van de stalen bepalen zijn veelvuldig: de duur van het proces, het soort papier, diens vervaardigingswijze, de zuurtegraad, de aanwezigheid van metalen zoals ijzer of koper, de samenleving met andere soorten zwammen of ook nog de omstandigheden waarin de besmetting ontstaan is. Meer dan de kleur of de vorm van de vlek, laten de specifieke morfologische karaktertrekken van de papierzwammen de determinering toe.

3. SOORTEN

Sinds verschillende zoekers de systematische studie ondernomen hebben van micro-organismen in boeken, heeft men meer dan 200 cellulose-afbrekende soorten afgezonderd. De meest voorkomende soorten zijn Aspergillus, Penicillium, Cladosporium en Fusarium.

4. INFECTIE

Het is moeilijk met zekerheid het soort zwam te herkennen. De besmetting kan gebeurd zijn op het ogenblik van het vervaardigen van de brij: men spreekt in dat geval van pri-



Afb. 37. Vlekken veroorzaakt door micro-organismen.

maire infectie. De zwammen komen voort uit het gebruikte materiaal: gewassen, hout, planten of lijmen toegevoegd tijdens de bereiding. Ze kunnen maandenlang inactief blijven en zich ontwikkelen wanneer gunstige omstandigheden van temperatuur en vochtigheid hun groei bevorderen.

Wanneer de micro-organismen het boekenmateriaal aantasten na de vervaardiging, spreekt men van secundaire infectie. De oorzaken van infectie zijn veelvuldig: door aanraking met besmet materiaal bij overstroming bv. Het stof is ook een voortdurende bron van besmetting door de sporen die het vervoert.

5. GROEIFACTOREN

De groei van micro-organismen wordt beïnvloed door verschillende factoren waarvan temperatuur en vochtigheid zeker de voornaamste zijn.

a. *Temperatuur en vochtigheid*

Sporen en *conidiën* van zwammen ontwikkelen zich zowel bij temperaturen van nabij 0 °C als bij temperaturen van 50 tot 60 °C. Sommige soorten verdragen lang temperaturen van minder dan 0 °C of hoger dan 100 °C en ze ontwikkelen en vermenigvuldigen zich slechts wanneer in archiefzalen en bibliotheken een gunstige temperatuur en nog andere condities hun groei toelaten.

Onder 65 % relatieve vochtigheid is hun groei gering. Rond 80 tot 90 % is die aanzienlijk en boven 95 % geweldig. Het verband tussen temperatuur en relatieve vochtigheid is zeer belangrijk. De gunstigste voorwaarden voor de groei van de zwammen is een temperatuur tussen 24 en 30 °C, een relatieve vochtigheid tussen 65 en 80 % en een licht zure pH, ongeveer 5,5 (4,8-5,6).

b. *Licht*

Alhoewel zekere UV-golflengten tussen 310 en 400 nm de verschijning van conidiën bevorderen bij enkele soorten zwammen, werken de zonnestralen inhiberend of zelfs steriliserend op vele soorten. Wat de onzichtbare stralen betreft hebben de UV-stralen een dodende en heel wat intensere werking dan de infrarode stralen.

c. *Stofdeeltjes*

De minerale en organische elementen die de aërosols vormen brengen zouten en organische stoffen aan die de zwammen nodig hebben: koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof, zwavel, kalium, magnesium en fosfor. De cellulose, die een koolhydraat is, is voor de zwammen een uitstekende bron van koolstof.

d. *Andere*

Nog andere gunstige factoren voor de groei van de micro-organismen zijn: gebrek aan verluchting, stampvolle bewaarplaatsen en ook bepaald materiaal gebruikt voor het vervaardigen of voor de restauratie van boeken. De micro-organismen worden bijzonder aangetrokken door zekere stoffen die aanwezig zijn in het papier: het zetmeel, de dextrine of de *caseïne*. Papier vervaardigd uit houtpulp zou meer aantastbaar zijn dan lompenpapier.

6. SCHADE

De werking van de papierzwammen is tweevoudig : ze kunnen tegelijk schimmelvlekken veroorzaken en het papier vernietigen.

Tijdens de groei dringt het mycelium tussen de vezels van het papier en valt het aan dank zij een verteringsproces. Dit kan langzaam verlopen : soms duurt het twee maanden vooraleer men de schade opmerkt. Wil men een idee hebben van de omvang van de aantasting, dan moet men overgaan tot de meting van het weerstandsverlies t.o.v. het plooien.

De door micro-organismen vrijgestelde enzymen vallen cellulose, proteïnen of looistoffen aan. De cellulasen verzwakken het papier, dat zacht en broos wordt, maar dat nog mag gehanteerd worden zonder dat het stuk gaat. De proteasen vallen de collageenvezels aan, breken ze en maken perkament poreus. Ze doorboren het leder van banden en ribben en maken het dunner. De tannasen ontkleuren inkten, in het bijzonder de galinkten. KOWALIK wijst erop dat de schimmel Penicillium vooral galinkten beschadigt.

Sommige zwammen doorboren het papier niet maar scheiden een pigment af dat de vezels kleurt. Daarom ontstaan spikkels die in het papier vlekken vormen van verschillende kleur en intensiteit. De produkten van het metabolisme van micro-organismen zijn zuren en veroorzaken de karakteristieke beschadigingen van zuren.

Afb. 38. Vlekken met dons veroorzaakt door micro-organismen.

7. GIFTIGHEID

Papierzwammen zoals Penicillium, Fusarium, Aspergillus, Chaetomium of Trichoderma worden vaak aangetroffen op boekdelen of archiefdokumenten.

Deze zwammen kunnen prikkeling van de longen veroorzaken. Men heeft eveneens symptomen van astma en irritatie van de huid waargenomen.

8. FOXING

Kleine vlekjes komen vaak voor op papieren uit de 18de en 19de eeuw. De verzamelaars zeggen dat het papier bespikkeld is. Deze aantasting wordt ook aangeduid met de term ,,foxing'' (als toespeling op de rosse kleur van de vlekken zoals de pels van de vos: foxy?). Men onderscheidt twee soorten vlekken naar gelang ze een donker midden van geelbruine kleur hebben of niet. Bij afwezigheid van een donker midden noteert men dat de rand onregelmatig is. De vlekkenzones kunnen de ganse beschreven oppervlakte van het blad bedekken.

De vorsers zijn er nog niet in geslaagd de juiste oorzaak van deze spikkels te bepalen. In de twee artikels van M. HEY die als referte aangeduid zijn, worden de standpunten samengevat van de voorstanders van de twee meest gangbare hypothesen: microbiologische aanvallen of activering van ijzerdeeltjes.

Voor sommigen, nl. MEYNELL en NEWSAM, is er een rechtstreeks verband tussen micro-organismen en ,,foxing'', ondanks de afwezigheid van dons. Bij een onderzoek van die vlekken met de microscoop, bij een vergroting van X500, kan men zwamdraden waarnemen langs de cellulosevezels. De micro-organismen ontwikkelen zich in aanwezigheid van vochtigheid in zones rijk aan voedingstoffen: gedrukte gedeelten (inkt en oliehoudende produkten) of gedeelten bevuild door de handen van de lezer. De ontwikkeling van de zwamdraden komt voor op de lijming en niet op de cellulosevezels zelf. Als men het blad bevochtigt worden eerst die zones nat; ze zijn waterabsorberend geworden. Aantastingsprodukten die verantwoordelijk zijn voor deze bruine kleur zouden er zich opstapelen.

Volgens NOL et al. zou het verantwoordelijke micro-organisme een Aspergillus terrus aureus zijn. ARAI heeft twee andere variëteiten van Aspergillus gevonden.

De ontwikkeling van de micro-organismen geschiedt niet alleen zeer langzaam maar treedt ook met tussenpozen op. Als de voorwaarden van temperatuur of vochtigheid niet optimaal zijn houdt de groei op.

Enkel de voortplanting gaat verder, maar zonder overwoekering. Dit zou de afwezigheid van dons kunnen verklaren, alsook de zeer gelocaliseerde vlekken en het feit dat het papier zelden doorboord is.

Voor IAMS en BECKWITH is de aanwezigheid van ijzer een overwegende factor. De organische zuren afgescheiden door de micro-organismen in hun stofwisselingsproces reageren met de sporen van ijzer aanwezig in het papier en vormen zouten die zich ontbinden in ijzeroxyde en ijzerhydroxyde. Deze zijn verantwoordelijk voor die roestbruine verkleuring.

IJzersporen kunnen ontstaan uit verschillende bronnen: uit de planten zelf of uit het hout, uit het ijzerhoudend water gebruikt voor de vervaardiging, uit de hollander door erosie van de metalen delen, uit vulstoffen of ook nog uit kleefstoffen. De ontleding van

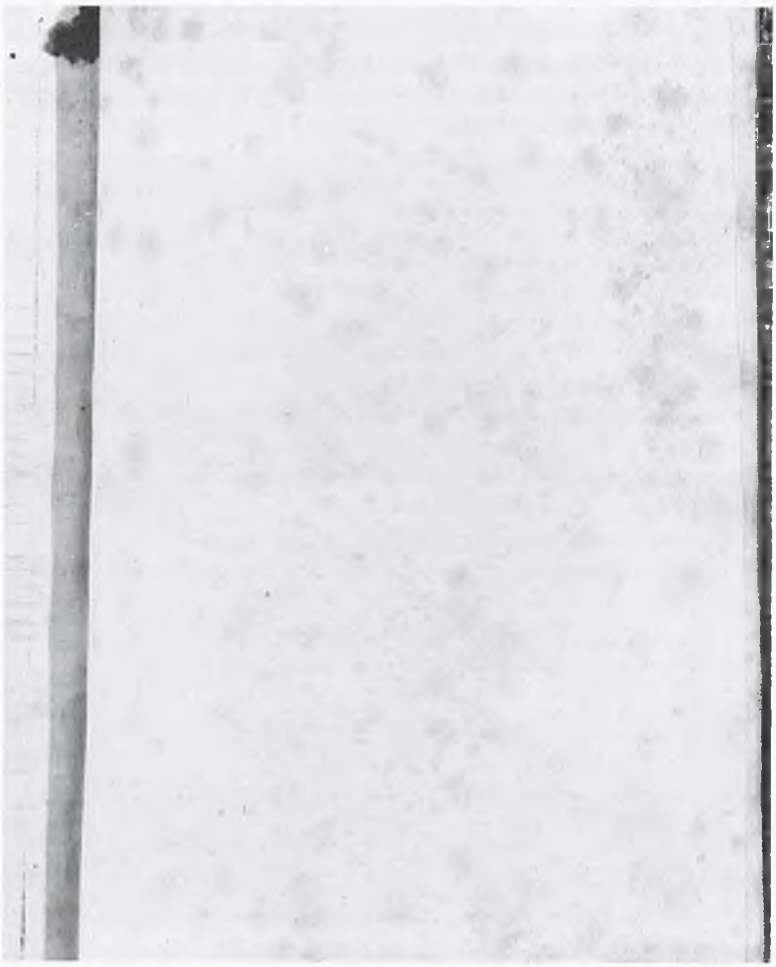
papier van gedrukte boeken vanaf het einde van de 15de eeuw tot de 20ste eeuw heeft de relatie aangetoond tussen de vervaardigingsmethode en de uitbreiding van ,,foxing''.

Voor MEYNELL en NEWSAM is er niet meer ijzer in de vlekken van ,,foxing'' aanwezig dan in het omringende papier.

Enkele kenmerken van deze vlekken: hoge zuurtegraad, geoxydeerde cellulose, hydrofiel papier, fluorescente vlekken onder UV-licht, positieve reactie in de test van ninhydrine (aanwezigheid van proteïnen), overeenkomst tussen fluorescente zones en zones die positief zijn met ninhydrine met een oppervlakte groter dan deze van de eigenlijke vlekken.

Het is belangrijk op te merken dat het relatieve vochtigheidsgehalte nodig voor het verschijnen van foxing, lager ligt dan wat gewoonlijk nodig is voor de ontwikkeling van zwamsoorten (70 %).

Papieren met gelatine of colofoniumlijming, verhard door aluin, zijn minder blootgesteld: aluin speelt de rol van remstof. Dit zou ook verklaren waarom men weinig moderne papieren aantreft die ,,foxing'' vertonen.



Afb. 39. Vlekken bekend onder de naam ,,foxing''.

III. INSEKTEN

1. DEFINITIE

Insekten zijn meercellige dieren die behoren tot de groep van de geleedpotigen en die een klasse vormen gekenmerkt door volgende elementen: zes poten, een lichaam bestaande uit drie delen : de kop , het borststuk en het achterlijf. De kop draagt een paar antennen. Het borststuk draagt gewoonlijk vleugels. Slechts enkele insekten van deze zeer bevolkte klasse vallen de verschillende boekenmaterialen aan. Ze behoren tot de volgende orden : Thysanura, Dictyoptera, Psocoptera, Isoptera, Coleoptera en Diptera.

2. SYMPTOMEN VAN AANTASTING

Verschillende symptomen wijzen op de aanwezigheid van schadelijke insekten in het materiaal dat bewaard wordt in de bibliotheken. Eerst en vooral kan men het insekt zelf zien, dood of levend, in de verschillende stadiën van zijn ontwikkeling: eitjes, larven, overblijfselen van vervelling. Uitwerpselen of andere afval laten eveneens toe de activiteit van de verschillende soorten na te gaan. De houtetende insekten laten hoopjes houtstof achter op het meubilair. Andere insekten werpen kleine korrels af, gelijkend op zand. Uiteindelijk verraadt de schade aangericht aan de boeken zelf, de aantasting. Deze insekten hebben verbrijzelende monddelen. Ze doorboren het papier of graven kronkelige galerijen.

3. OORSPRONG

De insekten dringen de bewaarplaatsen of de bibliotheken binnen op verschillende manieren. Ze kunnen er een toegang vinden door vensters die ofwel open blijven, ofwel onvoldoende hermetisch zijn of niet voorzien zijn van een fijn muggennet. Boeken afkomstig uit andere bibliotheken, publieke of private, kunnen eitjes of larven van insekten overbrengen die zich vervolgens zullen ontwikkelen. Het materiaal gebruikt voor het vervoer of de verpakking van boekdelen kan eveneens een bron zijn van biologische besmetting.

4. SOORTEN

Om conservators, bibliothecarissen en zelfs privé-personen toe te laten de verschillende insekten te herkennnen zullen we deze bondig beschrijven. Voor een meer uitgebreide studie bestaan handboeken over dierkunde zoals die van HOULBERT of van LEPESME. Maar het is belangrijk dat de personen die geïnteresseerd zijn in conservatie, de insekten zouden kunnen herkennen, niet alleen naar het uiterlijk, maar ook afgaande op hun beschadigingsprofiel.

a. *Orde van de Thysanura*

In deze orde is het meest gekende insekt het zilvervisje (Lepisma saccharina L.) of suikergast, dat behoort tot de familie van de Lepismatidae.

Het is een vleugelloos insekt met een langwerpig afgeplat lichaam van glanzende, grijze kleur. Het heeft op het lichaam gekleurde schubben die een karakteristieke metaalachtige glans geven. Het meet 8 tot 10 mm en heeft antennen die zo lang zijn als het lichaam.

De segmenten van het achterlijf zijn voorzien van kleine aanhangsels of staartverlengingen. Zilvervisjes zijn kosmopolitisch : men treft ze aan over gans de wereld. Ze verplaatsen zich snel maar verbergen zich gedurende de dag. Ze zijn lichtschuw. Ze leggen hun eieren bij voorkeur in duistere plaatsen achter de boeken.

Ze voeden zich met koolhydraten : zetmeel (bloempap), cellulose (vlas, katoen) of proteïnen (dierlijke lijm en zelfs fotografische gelatine). Men noemt ze oppervlakte-eters : ze tasten de oppervlakte van het papier aan door de lijming af te knagen : ze beschadigen eveneens behangpapier. De samenstelling van het papier heeft een invloed op de eetlust van het zilvervisje : de chemische pulp is vlug verslonden terwijl pulp bestaande uit meer dan 50 % mechanische houtpulp praktisch onaangetast blijft.

De optimale voorwaarden voor de ontwikkeling van de zilvervisjes zijn een temperatuur begrepen tussen 16 en 24 °C bij een relatieve vochtigheid van 90 %. Dat zijn jammer genoeg klimatologische toestanden die zich kunnen voordoen in bibliotheken. We moeten dus besluiten dat de verspreiding van de zilvervisjes in bewaarplaatsen heel snel kan gaan. Volgens de gegeven omstandigheden schommelt hun levensduur van 1 tot 3 jaar.

Hun aanvallen onderscheiden zich door de afwezigheid van galerijen en door oppervlakkige aanvretingen met onregelmatige randen op de papierbladen, op karton, en op de etiketten van boekbanden. Ze zijn schadelijk zowel in het larvenstadium als in het volwassen stadium.

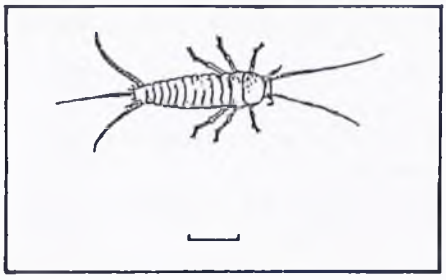
b. *Orde van de Dictyoptera*

Een kenmerk van de Dictyoptera is de aanwezigheid van een groot pronotum dat bijna heel de kop verbergt. De best gekende soorten die ons interesseren in deze studie zijn de kakkerlakken. Ze behoren tot de familie van de Blattidae.

Ze hebben een langwerpig afgeplat lichaam, lange fijne poten en twee paar vleugels waarvan de voorste hard zijn (dekschilden) en gans het lichaam bedekken. Het achterlijf loopt uit op een paar korte maar zichtbare aanhangsels. In onze streken treft men de Germaanse kakkerlak (Blattella germanica) aan, die van 11 tot 13 mm meet en lichtbruin is.

De kakkerlakken verbergen zich overdag en zijn actief gedurende de nacht. Ze leggen hun eieren in donkere, warme en vochtige plaatsen. De eieren zijn ingesloten in een omhulsel, de eicocon, waarvan de aanwezigheid een teken van besmetting is.

Ze voeden zich met stoffen van plantaardige of dierlijke oorsprong : papier, leder, perkament of geweven stof. De optimale levensvoorwaarden van de kakkerlakken zijn een temperatuur tussen 25 en 30 °C en een relatieve vochtigheid hoger dan 70 %. Ze hebben een levensduur van 1 à 3 jaar.



Afb. 40.
Orde : Thysanura
Familie : Lepismatidae
Soort : Lepisma saccharinum L.
NL : Zilvervisje
GB : Silver Fish
D : Silberfish
F : Poisson d'argent
I : Pesciolino d'argento

Afb. 41. Oppervlaktegalerijen geboord door wormen.

Ze maken geen werkelijke galerijen maar vreten aan de oppervlakte van de verschillende delen van het boek : de bladen en vooral de banden (leder en kleefstof). Ze beschadigen ook de voorwerpen door ze te bevuilen met hun vloeibare uitwerpselen. Ze zijn schadelijk zowel in het larvenstadium als in het volwassen stadium.

c. *Orde van de Psocoptera*

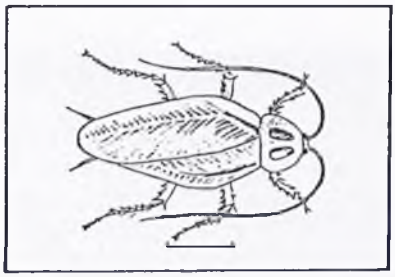
Tot deze orde behoren de boekenluizen (Liposcelis terricolis, familie van de Liposcelidae).

Het zijn vleugelloze insekten met een afgeplat achterlijf en lange antennen. Ze hebben een tamelijk dikke kop, stevige monddelen en zeer kleine ogen. Ze zijn klein (1 tot 3 mm lang). Hun kleur gaat van grijsachtig wit tot bruin naargelang van de soort. Met het blote oog zijn ze maar weinig zichtbaar.

Ze leven bij voorkeur in het donker, in vochtige of slecht verluchte plaatsen.

De boekenluizen voeden zich met zwamdraden en *sporen* die zich aan de oppervlakte van boeken bevinden maar ook met bestanddelen eigen aan het boek zoals lijm, leder of kunstleer.

Een snelle groei vergt vochtigheid en warmte. Ze ontwikkelen zich overvloedig bij een temperatuur van 25 °C en een relatieve vochtigheid van 80 tot 90 %. Zulke voorwaar-



Afb. 42.
Orde: Blattoidae
Familie: Blattidae
Soort: Blatella germanica L.
NL: Kakkerlak, Bakkerstor
GB: Cockroach, black Beetle
D: Schabe
F: Blatte, cafard
I: Scarafaggio, Blatta

den van temperatuur en vochtigheid zijn eveneens gunstig voor de groei van zwammen en schimmels. Ze hebben een levensduur van 6 maanden. Na de eerste maand bereikt de larve haar volwassen afmetingen.

De aantastingen door deze insekten veroorzaakt zijn meestal kleine snippers, beperkt tot de delen van de band nabij de rug, waar de lijm overvloedig is.

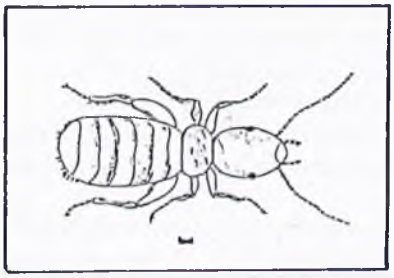
d. *Orde van de Coleoptera*

De orde van de Coleoptera, de meest verspreide insekten van deze klasse, verdeelt zich voor de studie van de schadelijke insekten ten opzichte van grafische dokumenten in twee groepen. Deze indeling steunt op hun voedingswijze. De Anobiidae en de Lyctidae voeden zich met plantaardige stoffen terwijl de Dermestidae en de Ptinidae stoffen van dierlijke oorsprong benutten, leder en perkament.

In deze orde zijn eveneens de larven het actiefst. Ze graven diepe en kronkelende galerijen. Ze zijn witachtig en alleen een microscopisch onderzoek van hun structuur laat toe de soort te bepalen. De volwassen insekten zijn meestal onschadelijk. De hele cyclus speelt zich af binnenin het boek. Op het einde van deze cyclus laten de volwassen insekten alleen maar een uitgangsopening aan de rugkant van het boek achter. Men kan eveneens deze gaten waarnemen aan de oppervlakte van houten rekken, op leder, perkament en soms zelfs op plexiglas.

1° Familie van de Anobiidae

De kleine boorkever (Anobium punctatum De Geer) ook het doodskloppertje of klopkevertje genoemd is de best gekende, en is zo genoemd naar de vorm van de gaten die hij boort. De dikke boorkever (Xestobium rufovilosum), ook de doodgraver of bonte klopkever genoemd, valt alleen het hout aan.



Afb. 43.
Orde: Psocoptera
Familie: Liposcelidae
Soort: Liposcelis divinatorius Müll
NL: Boekenluis, gewone stofluis
GB: Book Louse
D: Bücherlaus, Holzlaus
F: Poux des livres
I: Pidocchi dei libri

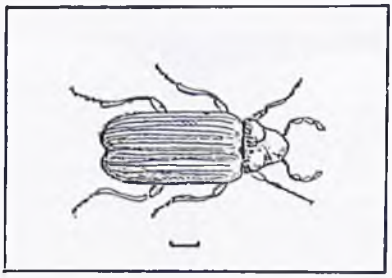
Deze insekten zijn over 't algemeen van donkere roodbruine kleur. Het volwassen insekt heeft een ovaal, van 3 tot 4 mm lang lichaam. De kop is bijna helemaal verborgen onder het borststuk. De witachtige larve kan een lengte van 5 mm bereiken.

Boorkevers in het larvestadium voeden zich uitsluitend met plantaardige bestanddelen, men noemt ze in dat stadium houtwormen.

Ze ontwikkelen zich bij voorkeur bij een temperatuur tussen 24 en 28 °C en een relatieve vochtigheid van 80 tot 90 %. Ze kunnen weerstaan aan lage temperaturen, ongeveer 8 tot 9 °C en aan hoge temperaturen rondom 40 °C. Hun vitale cyclus duurt van 1 tot 3 en soms 4 jaar.

De wormvormige larve graaft volmaakt cirkelvormige galerijen in de boeken. Die galerijen zijn soms zeer kronkelend en talrijk. Ze doorlopen het boek in alle richtingen. Hun weg loopt onregelmatig. De doorsnede van de galerijen is niet altijd dezelfde, ze vergroot naarmate de larve vooruitgaat. De afscheidingen van de speekselklieren van de larve lijmen kleine stukjes papier samen, waardoor de beschadigde bladen aan elkaar blijven plakken.

De volwassene boort in de rug of in de platten van het boek gaten zoals die welke hij in het hout boort wanneer hij verveld is en zijn cocon verlaat.



Afb. 44.
Orde: Coleoptera
Familie: Anobiidae
Soort: Anobium punctatum De Geer
NL: Klopkevertje, doodskloppertje
GB: Common furniture Beetle
D: Gewöhnlicher Nagekäfer
F: Vrillette domestique
I: Tarli

2° Familie van de Lyctidae

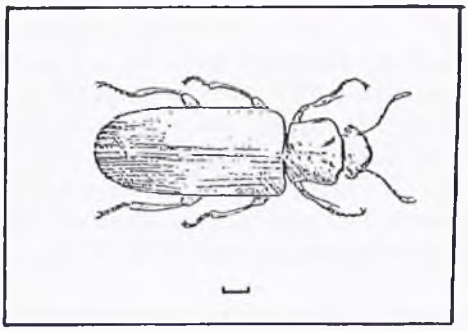
Deze insekten zijn min of meer verwant met die van de vorige familie maar ze zijn slanker en hun antennes lopen uit op een knotsvormige massa bestaande uit twee leden. De Lyctus brunneus Steph. is de meest gekende kosmopolitische soort.

Ze hebben eveneens een donkere kleur, een cilindrische vorm met een lengte van 3 tot 5 mm. Hun kop is niet verborgen door het borststuk, in tegenstelling tot de Anobiidae en de Ptinidae.

Ze zijn vruchtbaarder dan de Anobiidae en veroorzaken grotere schade dan de boorkevers.

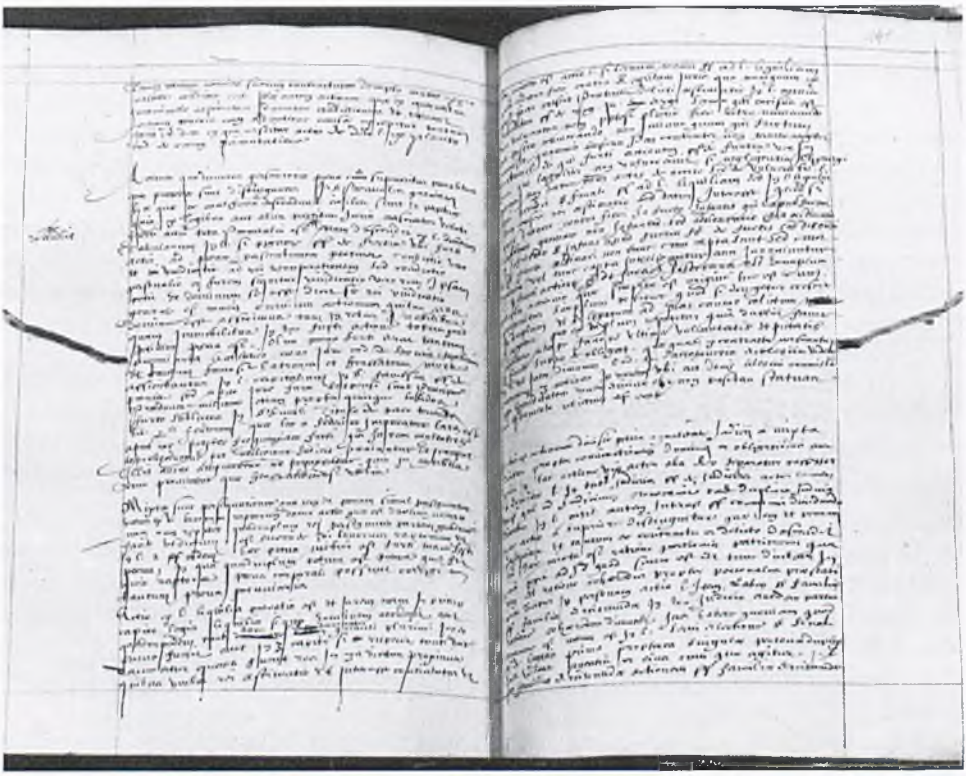
De houtkevers voeden zich vooral met hout. Ze graven galerijen die altijd evenwijdig lopen met de houtvezels. In het papier volgen deze galerijen een onregelmatige weg.

Ze hebben een levenscyclus van 1 jaar.



Afb. 45.
Familie: Lyctidae
Soort: Lyctus brunneus Steph.
NL: Houtkever

GB: Powder Post Beetle
D: Parkettkäfer
F: Lycte
I: Tarli



Afb. 46. Galerijen door boorkevers geboord.

3° Familie van de Dermestidae

De Dermestidae hebben eveneens een donkere kleur maar soms vormen haren of schubben min of meer sterk gekleurde, heldere vlekken of lijnen. De larven zijn behaard. Onder de verschillende soorten vindt men de langwerpige spektor (Dermetes lardarius, lengte 6 tot 8mm) en de museumkever (Anthrenus verbasci) die ronder en kleiner is (2 tot 3 mm).

De Dermistidae, in tegenstelling tot de Anobiidae, zijn geen permanente gasten van het boek. Ze leven buiten het boek en op het gepaste ogenblik leggen de wijfjes hun eieren binnenin de boekbanden of op de randen die in aanraking zijn met de rekken. De larven kruipen dan naderhand in de boeken.

Ze tasten organische stoffen aan, vooral pelzen, pluimen, huiden maar ook boekbanden in leder of perkament en dierenlijm. Ze graven zeer onregelmatig getekende galerijen in de diepte van het materiaal.

De levenscyclus hangt af van de soort.

4° Familie van de Ptinidae

Deze insekten zijn gekenmerkt door twee lange antennes en een donker bolrond lichaam. De larven zijn van het kevertype.

Ze leven onophoudelijk binnenin de boeken in de nabijheid van de band waar ze zich voeden met dierenlijm.

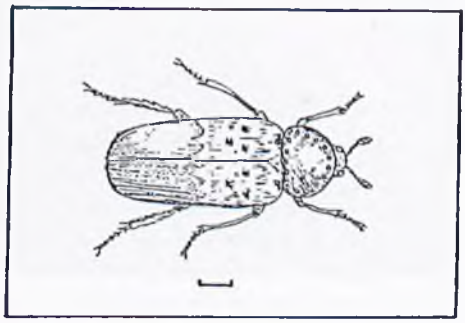
Ze graven altijd lange geulen op de lederen kaften.

e. *Orde van de Isoptera*

Men weet dat de termieten, voornaamste vertegenwoordigers van deze orde, uiterst schadelijk zijn voor houten constructies en dat ze in tropische streken leven. Het is nochtans niet overbodig ze hier te vermelden, niet alleen omdat ze heden aangetroffen worden ten zuiden van de Loire, maar tevens omdat ze soms ook boeken aanvallen.

Twee soorten zijn gekend in de gematigde streken, namelijk in Frankrijk, in de Charente Maritime, in de Provence en in Italië: Reticulitermes lucifugus Rossi (Rhinotermitidae) en Calotermes flavicollis (Kalotermitidae).

De termieten hebben een zekere gelijkenis met de mieren (van daar hun tweede naam: witte mieren) maar ze zijn ook verschillend: de witte kleur, twee paar vleugels van gelijke lengte, de vorm van de antennes en een verschillende ontwikkeling.



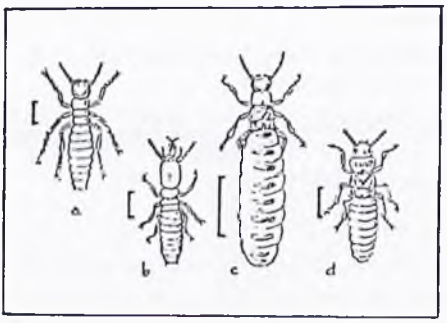
Afb. 47.
Familie: Dermestidae
Soort: Dermestes lardarius
NL: Spektor
GB: Larder Beetle
D: Speckkäfer
F: Dermeste du lard
I: Tarli

Ze leven in maatschappijen die zeer gehiërarchiseerd zijn en verdeeld in kasten : soldaten, geslachtloze werkers en geslachthebbende individuen. De werkers hebben tot functie gans de kolonie te voorzien van voeding. Ze zijn de enige die de cellulose kunnen verteren en zij vallen dus de boeken aan en ook ander materiaal dat cellulose bevat : bomen, balken, meubels, kledingstukken...

Die insekten zijn lichtschuw en houden van vochtigheid. De optimale voorwaarde voor hun ontwikkeling is een temperatuur tussen 26 en 30 °C.

De aanwezigheid van Termieten in een bewaarplaats kan opgemerkt worden door drie signalen : de erosievorm in het hout of in de boeken, hun uitwerpselen of hun karakteristieke buisvormige galerijen.

In de boeken beperkt hun werking zich niet tot enkele galerijen of gaten, de werkers graven de ganse boekenmassa uit en laten alleen het omhulsel ongedeerd. Hun tussenkomst kan zo onbemerkt blijven tot men het boek opent.



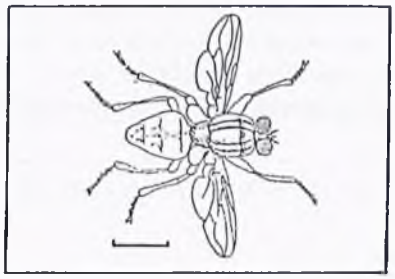
Afb. 48.
Orde : Isoptera
Familie : Rhinotermitidae
Soort : Reticulitermes lucifugus
a : werkster
b : soldaat
c : koningin
d : koning

NL : Termieten, witte Mieren
GB : White Ants
D : Termiten, Weisse Ameisen
F : Termites, Fourmis blanches
I : Termite, Formiche bianche

f. *Orde van de Diptera*

Tot de familie van de Muscidae behoren de vliegen. Deze vermenigvuldigen zich snel na de ontluiking van de in vochtige organische stoffen gelegde eitjes.

De volwassen vliegen zijn wegens hun uitwerpselen de gevaarlijkste. Deze laatste zijn niet alleen onaangenaam maar ook bijtend en ze laten vlekken na op het papier en andere oppervlakken. Vele uitgestalde en niet door een ruit beschermde pentekeningen of dokumenten vertonen die vliegendrek.



Afb. 49.
Orde: Diptera
Familie: Muscidae
Soort: Musca domestica

NL: Huisvlieg
GB: Fly
D: Flieg
F: Mouche
I: Mosca

IV. KNAAGDIEREN

Knaagdieren richten belangrijke schade aan in bewaarplaatsen. Ze vallen het papier op mechanische wijze aan - soms tot 20 % van het boekenmateriaal, zonder er veel van op te nemen en zelfs zonder dat de papierdeeltjes in aanraking komen met de mondvliezen. Het gebruik van giftstoffen is dan vruchteloos.

Afb. 50. Beschadigingen waarschijnlijk door knaagdieren veroorzaakt.

De schade door knaagdieren aangebracht is gemakkelijk te ontdekken dank zij de sporen van hun tanden en de aanwezigheid van hun uitwerpselen op de bladen. Ratten of muizen kunnen aan museumstukken knabbelen of ze in het geheel verscheuren. De knaagdieren gebruiken ook papierflarden om hun nest op te bouwen.

V. IDENTIFICATIE VAN DE SOORTEN NAAR GELANG VAN DE AANGEBRACHTE SCHADE

A. Uitwerpselen, vlekken
- 1° alleen — VLIEG
- 2° met galerijen — KAKKERLAK

B. Aantasting van het papier of het hout
- 1° geen galerijen: oppervlakkige aantastingen met onregelmatige randen
  - a. in het papier — ZILVERVISJE
  - b. in het leder — DERMESTES
  - c. in beide — KAKKERLAK
- 2° galerijen
  - a. cirkelvormig onregelmatige loop — BOORKEVER
  - b. ovaal en evenwijdig — HOUTKEVER

C. Aantasting van het papier
- 1° weinig belangrijk beperkt tot de rug — BOEKENLUIS
- 2° belangrijk soms tot volledige vernieling van het boek — TERMIET, KNAAGDIER

HOOFDSTUK III: RAMPEN EN DADEN VAN DE MENS

I. Rampen
   1. Water
   2. Vuur
   3. Aardbevingen
   4. Oorlogen

II. Daden van de mens
   1. Conservator
   2. Lezer
   3. Restaurateur

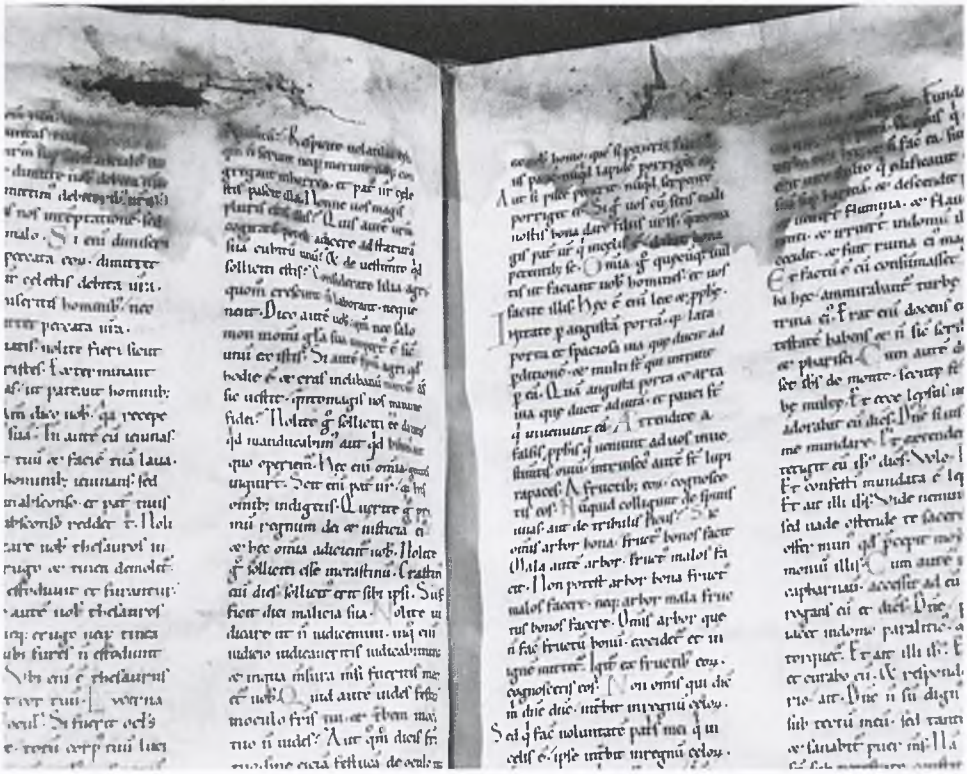
I. RAMPEN

Een grote hoeveelheid grafische werken werd dikwijls beschadigd door rampen zoals vuur, overstroming, aardbeving of bombardement.

1. WATER

De schade veroorzaakt door water is aanzienlijk. Ze kan het gevolg zijn van natuurrampen zoals overstromingen van rivieren, storm en onweer. Men kan als voorbeeld noemen: de betreurenswaardige en beruchte overstroming van Florence in 1966 veroorzaakt door de buiten zijn oevers getreden Arno. Het water kan eveneens toevallig binnenlopen in bewaarplaatsen en bibliotheken door breuk van kanaliseringen of leidingen, lekke daken, scheuren in muren of door het blussen van een vuur.

Met water doordrongen papier neemt een bruingele kleur aan die te wijten is aan de onzuiverheden aanwezig in het water en aan het binnendringen van stofdeeltjes in het boek zelf. Het water kan ook de kleefstoffen oplossen die, na droging, de bladen doen samenkleven en zo een compact blok vormen.



Afb. 51. Beschadigingen veroorzaakt door overstroming of waterlek.

2. VUUR

Het vuur brengt aan het boekenmateriaal beschadigingen toe die verschillen volgens de natuur van het materiaal en de omstandigheden waarin het zich bevind.

Deze beschadigingen zijn meestal onherroepelijk. Papier en papyrus branden gemakkelijker dan perkament en andere grondstoffen gebruikt bij het boekbinden : karton, weefsel en leder.

De snelheid van de verbranding hangt af van de vochtigheid van de boeken, van hun ligging, van de omgevende luchtomstandigheden en van de natuur van de voorwerpen. Vochtig papier biedt meer weerstand tegen hoge temperaturen dan droog papier maar het ondergaat vervormingen en aancenhechtingen. Afzonderlijke bladen zijn vlug opgebrand terwijl de bladen van boeken door hun compactheid de ergste beschadigingen op de randen en minder schade binnenin ondergaan. Houten rekken bevorderen de uitbreiding van vuur in de bibliotheken.

Afb. 52. Sporen van verbranding.

3. AARDBEVINGEN

Boeken teruggevonden in het puin van bibliotheken die een aardbeving ondergingen lijden aan belangrijke beschadigingen: verwrongen banden, afgerukte ruggen, geplooide of gescheurde bladen. Vooral horizontaal neergelegde boeken kunnen sporen vertonen van puinbestorting, sporen die diep kunnen ingedrukt zijn door de hevigheid van de schok.

4. OORLOGEN

De beschadigingen veroorzaakt door oorlogsdaden kunnen dezelfde zijn als die ontstaan door vuur of aardbevingen. Men moet er nog de vervormingen aan toevoegen die te wijten zijn aan de hevige druk bij luchtverplaatsingen en die alle boeken in éénzelfde richting vervormen. Ten slotte, laten projectielen die een boek doorboord hebben, vele diepe scheuren achter met onregelmatige randen.

Afb. 53. Inscheuringen veroorzaakt door een verloren kogel.

II. DADEN VAN DE MENS

Van zodra een boek in een bibliotheek opgenomen wordt, is het aan talrijke manipulaties onderworpen. Tijdens de inventarisatie, de klassering of het gebruik ervan, kan het dokument, opzettelijk of niet, slecht behandeld worden.

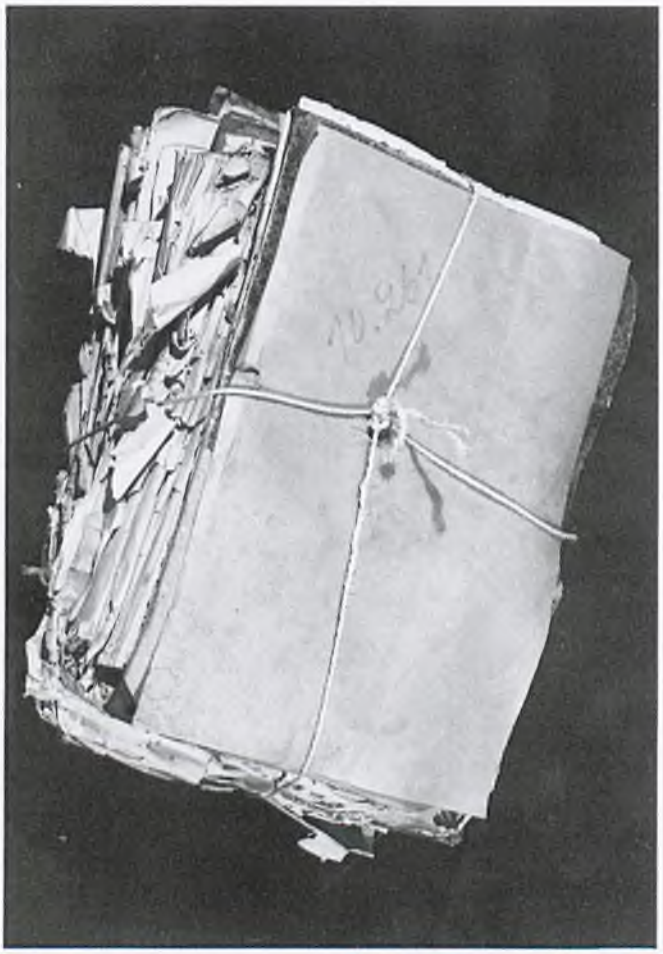
1. CONSERVATOR

De bestempeling van dokumenten wordt te dikwijls verricht met onaangepaste inkten en op slecht gekozen plaatsen. De etiketten, in het bijzonder de zelfklevende etiketten die het referentienummer van het dokument dragen, kunnen in zekere gevallen een plaatselijke beschadiging veroorzaken op de banden. Bovendien hebben deze etiketten zelden een neutrale, niet-zure drager.

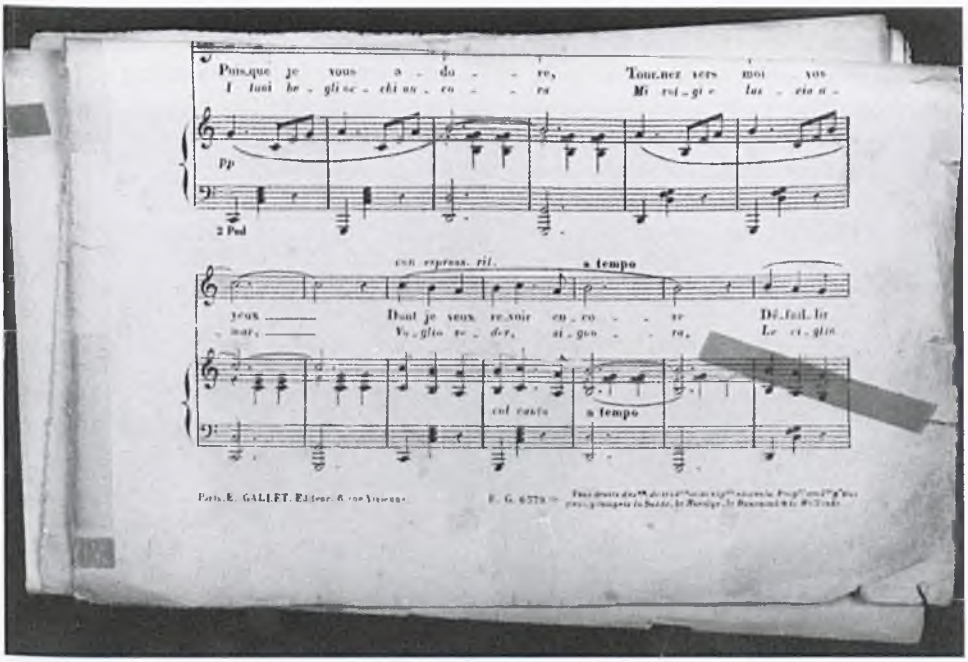
Afb. 54. Weinig esthetische plaats voor een stempel.

De boeken zijn soms slecht gerangschikt op de rekken. Indien ze te dicht op elkaar staan, kunnen ze scheuren op het ogenblik dat men ze uit de rekken neemt. Als ze niet gesteund worden over hun ganse breedte en aan beide kanten, buigen ze door en de platten van de boekbanden vervormen zich. Tijdschriften en dagbladen worden soms samengebundeld volgens het jaartal. Dat systeem veroorzaakt scheuren op de sneden van de bundels. Bovendien dringt het stof er gemakkelijker binnen. De niet behandelde boekbanden drogen uit en de platten komen los van de ruggen. We vermelden ook het gebrek aan zorg van sommige magazijnmeesters die de boeken beschadigen door ze te ruw te behandelen.

De conservator of de bibliothecaris is soms verplicht inderhaast in te grijpen en het initiatief tot een amateuristische restauratie te nemen. Jammer genoeg zijn deze herstellingen dikwijls gebrekkig en ook schadelijk voor de boeken.



Afb. 55. Slechte rangschikking.



Afb. 56. Noodrestauratie.

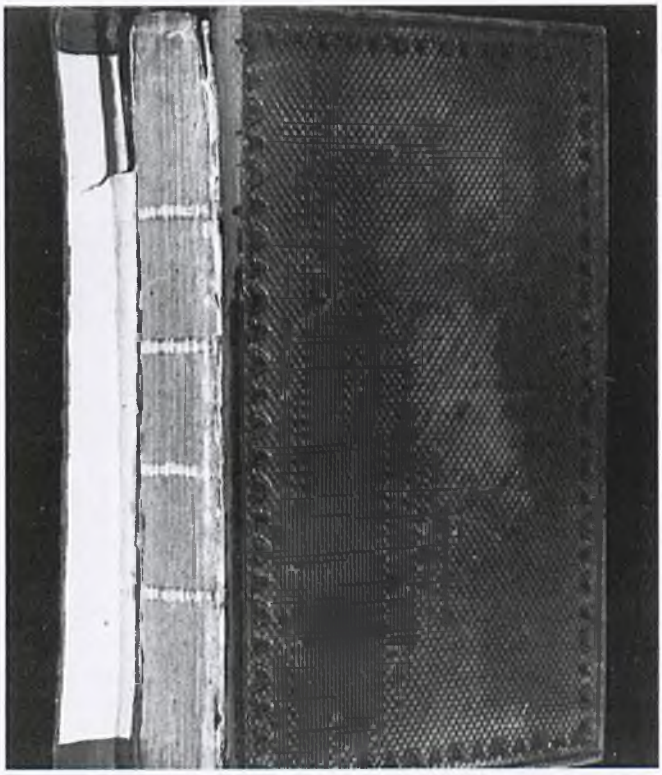
Dit is namelijk het geval met het gebruik van plakbanden. Deze zouden nooit moeten gebruikt worden. Ze zijn samengesteld uit twee elementen : de drager, meestal cellofaan of cellulose-acetaat, en een zelfklevende acryllijm. Het aankleven geschiedt door aandrukking en is definitief. Onder invloed van licht en warmte verlaat de kleefstof haar drager en dringt totaal tussen de vezels door. De chemische stoffen waaruit de kleefstof bestaat kleuren het papier met een kastanjegele kleur die niet meer kan uitgewist worden wanneer ze doordringt tot op de andere zijde van het blad. Waar de vlekken zich bevinden wordt het papier broos en scheurt het gemakkelijk. Synthetische kleefstoffen zoals vinyllijmen worden gebruikt om beschadigde boeken te herstellen, om kaften te bevestigen of om leder te versterken ; deze produkten vormen zeer sterke banden tussen de vezels die niet meer te scheiden zijn.

2. LEZER

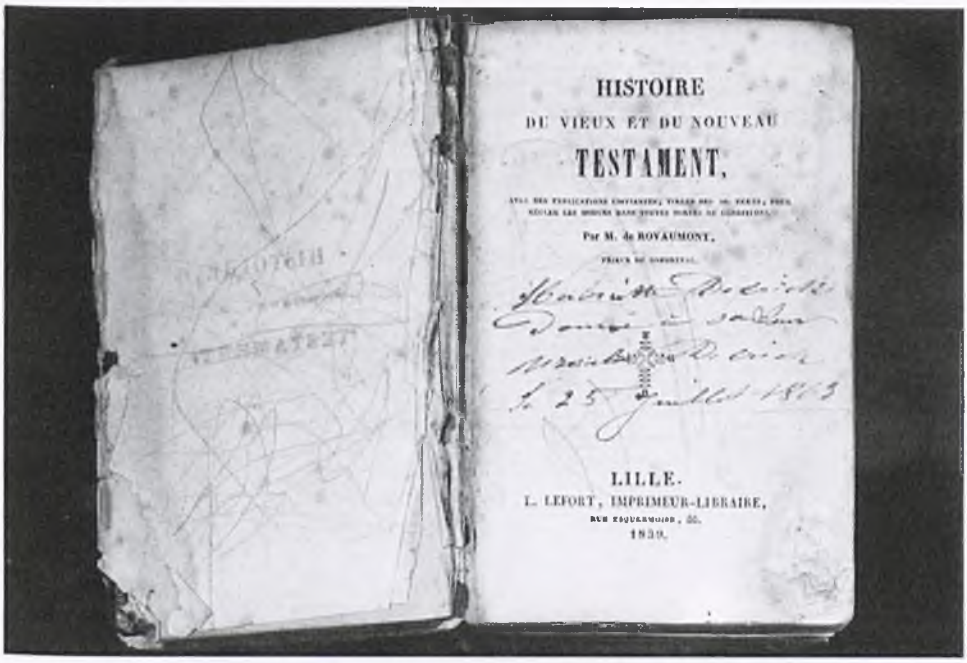
Eens in de handen van de lezer ondergaat het boek nog min of meer ernstige beschadigingen die het resultaat zijn van slordigheid of onverschilligheid. De behandeling, het vervoer, of de herhaalde raadplegingen van de werken veroorzaken heel wat schade.

Als slechte behandeling van boeken kan men vermelden : het gebruik van om het even welke papiersnijder die onregelmatige afscheuringen aan de randen toebrengt; het gewelddadig openen van het boek zodat de knepen eronder bezwijken en rug en platten uiteenvallen ; het aanbrengen van merktekens of het onderstrepen met potlood of met inkt.

Vlekken veroorzaakt door aanraking, wrijving, doordrenking of projectie komen veel voor. Zekere onder hen zijn slechts een afzetting aan de oppervlakte van het papier (potloodlijnen, sporen van as), andere dringen in het papier binnen (inkten, vetten), andere ten slotte veranderen er het uitzicht en de structuur van (zuren, alkaliën).



Afb. 57. Verlies van het achterste plat.


HISTOIRE
DU VIEUX ET DU NOUVEAU
TESTAMENT,
Par M. de ROYAUMONT.
LILLE.
L. LEFORT, IMPRIMEUR-LIBRAIRE,
1839.

Afb. 58. Beschadigingen veroorzaakt door een potlood.

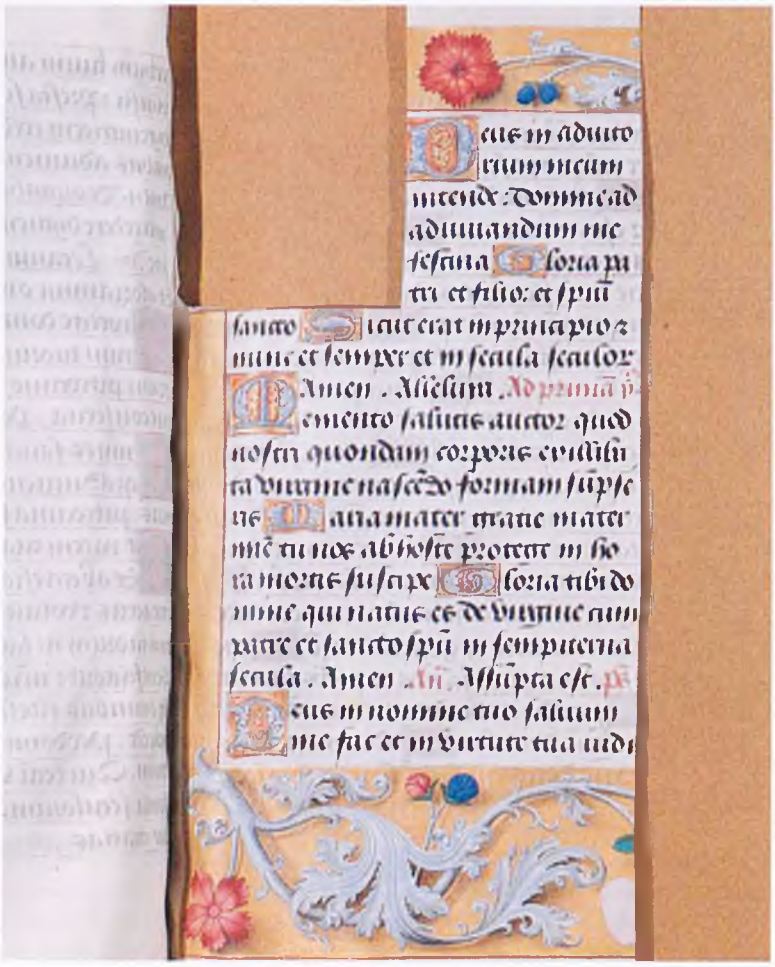
Papierfragmenten van mindere kwaliteit die men tussen de bladen van het boek legt en waarvan de kleur en de samenstelling snel zijn aangetast, laten sporen van hun ontbinding op de bladen achter. Hetzelfde gebeurt met bladeren of bloemen te drogen gelegd in een boekdeel. Al drogend laten ze op het papier gekleurde vlekken na en soms insektenetjes of mycelium van zwammen.

Men moet ook de beschadigingen of verminkingen vermelden gepleegd uit vernielzucht : diefstal van prenten, miniaturen en gravures, afscheuren van bladen uit boeken of manuscripten.

Tenslotte is het steeds groter gebruik van het fotokopieerapparaat een nieuwe bron van schade. De aktuele modellen, met een horizontale ruit, veroorzaken bij de kopie een overdreven druk op de boeken. De knepen van de banden zijn geknakt en breken op de duur. Langzamerhand ontlijmen of ontnaaien de katernen zich en de bladen komen los.

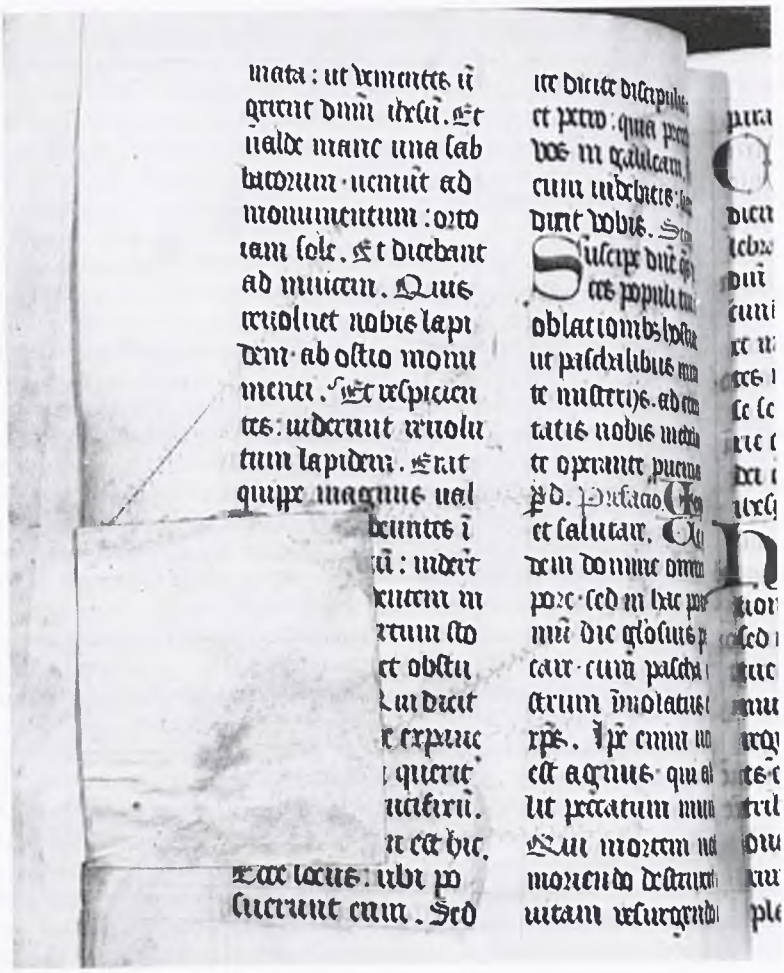
3. RESTAURATEUR

Men kan niet genoeg de nadruk leggen op de schade aangebracht door onaangepaste restauratie. De kartonnering en de innaaiing verwezenlijkt met karton op basis van houtpulp veroorzaken meer schade dan stof of licht. De afbraakprodukten van de lignine die de mechanische pulp bevat zijn zeer zuur. In contact met het karton of het papier gaat de zuurheid vlug over in de organische stof. Hetzelfde gebeurt met gravures of tekeningen gemonteerd op karton van slechte kwaliteit.



Afb. 59.
Verminkingen.

Het lamineren wordt soms verkeerd toegepast. Hierbij legt men het blad van het dokument bij hoge temperatuur en onder hevige druk vast tussen twee folies cellulose-acetaat of plastic. Die behandeling kan aanvaardbaar schijnen voor het versterken van archiefstukken of van broze dokumenten. Indien het papier echter vooraf niet ontzuurd werd zal het ingesloten zuur nochtans zijn vernielende werking voortzetten.



Afb. 60. Vernielende restauratie.

BIBLIOGRAFIE

I. Fysico-chemische factoren
II. Biologische factoren
III. Rampen en daden van de mens

I. FYSICO-CHEMISCHE FACTOREN

ABADIE-MAUMERT, F.A. en V. LORAS, *Le jaunissement des papiers. Un effet superficiel*, in *La papeterie*, 6(1978), p. 257-262.

Het vergelen van papier is een oppervlakkig effect dat een dubbele uitwerking heeft : vergeling en verbleking. Daarenboven dringt de vergeling naargelang van de samenstelling van het papier, er min of meer diep in.

AGRAWAL, O.P., *Environment and Preservation of Paper*, in *Conservation of Cultural Property in India*, 10(1977), p. 15-29.

De auteur beschouwt alleen de vochtigheid, de temperatuur, het licht en de luchtverontreiniging. Hij beschrijft in het kort de aard van elke factor en zijn inwerking op papier. Practische maatregelen geeft hij alleen maar tegen de aantasting door licht.

* BARKER, John, *L'ambiente umano*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI (1980), p. 43-52 en in *PACT*, 12 (1985), p. 31-37, (Engels).

Algemene overwegingen aangaande de rol van de mens voor de bescherming van het boek in al de stadia van diens bestaan : als fabrikant, boekverkoper, conservator, lezer, restaurateur...

* BRIGGS, James R., *Environmental Control of modern Records*, in *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, Londen, 1987, p. 297-305.

Algemene overwegingen over de voorwaarden van temperatuur en relatieve vochtigheid en beschrijving van de conditioneringsystemen, totale of gedeeltelijke klimatisatie, controle van de kwaliteit van de lucht en controle van het licht.

* CHAHINE, Claire en Martine LEROY, *Effet de la pollution atmosphérique sur le cuir et le parchemin*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/6, 12 p.

Mededeling over de waarnemingen na gesimuleerde luchtverontreiniging en blootstelling in situ van monsters : het zwaveldioxyde is één van de voornaamste verantwoordelijken voor de beschadiging van leders en perkamenten. Enkel chemische ontledingen werden gedaan.

* CHAHINE, Claire en Martine LEROY, *Effet de la pollution atmosphérique sur le cuir et le parchemin*, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation*, C.N.R.S, Parijs, 1980-81, p. 71-92.

Zie hierboven.

* CLAPP, Werner W., *The story of durable book paper 1115 - 1970*, in *Restaurator*, supplement nr 3, 1972, 51 p.

Verschillende vernieuwde technieken die de geschiedenis van de papiervervaardiging gemerkt hebben, gevolgen die ze gehad hebben op de kwaliteit zelf van het papier. Problemen van zuur-

heid in papieren uit de 19de eeuw. Opzoekingen gedaan tussen 1930 en 1970 om een duurzaam papier tot stand te brengen.

* FELLER, R.L., *The deteriorating effects of light on museum objects*, in *Museum News*, 43(1964), p. I-VIII.
Fotochemische principes van de aantasting door het licht, uitwerking op vernis, verf en papier.

* FELLER, R.L., *Contrôle des effets détériorants de la lumière sur les objets de musée*, in *Museum*, XVII(1964), p. 57-94. (Frans-Engels)
Kenmerken van het licht : samenstelling, invloed. Factoren die de schadelijke werking van licht beïnvloeden : intensiteit van de belichting, controle van de spectrale verspreiding, belichtingstijd, inwendige eigenschappen van de materialen, temperatuur, relatieve vochtigheid, zuurstof. Geen beschrijving van de verschillende lichtbronnen noch van de meet- of controletoestellen.

* FELLER, R.L., *Control of deteriorating effects of light on museum objects*, in *Museum News*, (1968), p. 39-47.
Gevolgen van de verhoging van de temperatuur veroorzaakt door te sterke belichting

* FELLER, Robert L., Sang B. LEE en John BOGAARD, *Concerning the exposure of paper to light : discoloration of handsheets of known initial lignin and hot-alkali-soluble content*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/4, 8 p.
Door blootstelling aan zichtbare en onzichtbare stralingen heeft de lignine een neiging om te bleken terwijl de geoxydeerde cellulose (hot-alkali-soluble matters) de neiging heeft te vergelen. Bleking en vergeling treden concurrerend op.

FELLER, Robert L., S.B. LEE en John BOGAARD, *The darkening and bleaching of paper by various wavelengths in the visible and ultraviolet*, in *Postprints of American Institute for Conservation*, Milwaukee, 1982, p. 65-80.
Rol van de golflengte en van de samenstelling van het papier in de verschijnselen van bleking en vergeling. Het zichtbare licht bleekt, het UV-licht vergeelt ; de twee samen bleken en vergelen.

* FELLER, Robert L., S.B. LEE en M. LURRAN, *Three fundamental aspects of cellulose deterioration*, in *Art and Archeology Technical Abstract*, 22(1985), p. 277-354.
Beschadigingsmechanismen, invloed van hemicellulose en ,,hot-alkali-soluble'' stoffen als maat voor de kwaliteit van het papier. Overvloedig toegelichte bibliografie : 162 bronvermeldingen.

* GALLO, Fausta, C. MARCONI en M. MONTANARI, *Indagine sul contenuto microbico dell'aria di alcuni ambienti della Biblioteca Nazionale di Roma*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV (1976-77), p. 105-127.
De proeven gedaan in de Nationale Bibliotheek van Rome hebben de aanwezigheid bewezen van sporen en zwammenbacteriën in de stofdeeltjes. De sporen zijn potentieel gevaarlijk voor infectie maar berokkenen slechts schade als de voorwaarden van temperatuur en relatieve vochtigheid zekere bepaalde grenzen overschrijden.

HON, David N.S., *Yellowing of modern paper*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1981, p. 119-141.
Analyse van de vergeling van modern papier : mechanische of chemische brij. Beschadiging beschouwd als oxydatie van de cellulose, de hemicellulose en de lignine. Beschrijving van de effecten van zichtbare en onzichtbare stralingen en van de gedane opzoekingen om de kleur van het papier te stabiliseren door fotochemische en fotofysische procédés.

LAUNER, Herbert F. en William K. WILSON, *Photochemical stability of papers*, in *Journal of the National Bureau of Standards*, 30(1943), p. 55-74.

LEE S.B. en John BOGAARD, *Bleaching of Paper by Ultraviolet and Visible Radiation*, Final report to the National Museum of Art, Pittsburgh, 1980, 32 p.
Analyse van het effect van UV- en zichtbare stralingen op papier dat lignine bevat. Verband tussen vergeling en de hoeveelheid oplosbare stoffen in de warme alkaliën en tussen bleking en de hoeveelheid lignine.

* *Museum Climatology, Preprints of the Contributions to the London Conference*, 18-23 september 1967, uitgegeven door G. THOMSON, Londen, 1967, 237 p.

Mededelingen over museaproblemen waarmee conservators of verantwoordelijken van tentoonstellingen geconfronteerd worden: controle van vochtigheid en temperatuur, invloed van licht, gevolgen van de luchtvervuiling, presentatie en bescherming van kunstwerken in uitstalramen.

* PADFIELD, Timothy, *The deterioration of cellulose, a literature review, the effects of exposure to light ultraviolet and high energy radiation*, in *Problèmes de conservation dans les musées*, Parijs-Londen, 1969, p. 119-164.

Theoretisch verslag over de beschadigingsmechanismen van het licht en de uitwendige factoren die deze beïnvloeden: temperatuur, relatieve vochtigheid, zuurstof, vervuilende lucht. Ontleding van de inwendige factoren/samenstelling: pigmenten, kleuren, zuren, onzuiverheden.

* SEELEY, Nigel J., *Aspetti chimici del deterioramento e della conservazione della carta*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 251-261 en in *PACT*, 12 (1985), p. 193-199 (Engels).

Gevolgen van de aciditeit en technieken van ontzuring.

* THOMSON, Garry, *Museum Environment*, Londen-Boston, 1978, 270 p.

Eerste deel: negatieve effecten van vochtigheid, licht en luchtverontreiniging. Het tweede deel gaat nader in op sommige reeds behandelde noties. Naslagwerk voor al de klimatologische aspecten van conservatie.

WESSEL, Carl J., *Environmental factors affecting the permanence of library materials*, in *Deterioration and preservation of library materials*, uitgegeven door H.W. WINGER, en R.D. SMITH, Chicago-Londen, 1970, p. 34-84.

Overzicht van de verschillende beschadigingsfactoren van grafische dokumenten: temperatuur, vochtigheid, verontreinigingsfactoren, licht, biologische factoren en te treffen maatregelen om hun invloed te verminderen. Uitgebreide bibliografie.

WILLIAMS, John, *A review of paper quality and paper chemistry*, in *Library Trends*, 30(1981), p. 203-224.

Produkten of procédés die bijdroegen tot de chemische beschadiging van het papier (door de eeuwen heen).

ZAPPALA PLOSSI, Maria-Grazia, *Inquinamento e materiali librari. Aspetti chimici del problema*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII (1982-83), p. 93-102.

Beschrijving van de voornaamste milieubedervers op basis van zwavel, stikstof en ozon en schade veroorzaakt op papier en leder.

II. BIOLOGISCHE FACTOREN

AMBLER, H.R. en C.F. FINNEY, *Brown stain formed on wet cellulose*, in *Nature*, 179(1957), p. 1141.

Enkele regels over het vormen van bruine vlekken op vochtige cellulose, vlekken die volgens de auteur door oxydatie ontstaan uit beschadigingsprodukten en niet door metalen.

* ARAI, Hideo, *Microbiological studies on the conservation of paper and related cultural properties. Part 1 Isolation of fungi from the foxing on paper*, in *Science for Conservation*, 23(1984), p. 33-39.

Onbetwistbaar verband tussen foxing en micro-organismen. De auteur slaagde erin staaltjes uit bruine vlekken te kweken: twee soorten Aspergillus werden herkend.

BAYNES-COPE, A.D., *Some observations on foxing at the British Museum Research Laboratory*, in *International Biodeterioration Bulletin*, 12(1976), p. 31-33.

Beschrijving van foxing: bruine vlek waarschijnlijk van biologische oorsprong, onder UV-licht gekenmerkt door een oranjebruine zone (overeenstemmend met de bruine vlek) omringd door een bleekblauwe zone die overblijft na bleking door oxydatie.

* BRAVI, Lamberto, *Catalogo degli insetti e artropodi amici e nemici delle biblioteche, degli archivi e dei musei*, in *Bollettino dell'Istituto di Patologia del libro*, XXVII(1968), p. 3-28.

Alfabetische lijst met bondige beschrijving van verschillende soorten insekten. Bestaan er ,,boekvriendelijke'' insekten?

CAIN, Eugene C. en Barbara A. MILLER, *Proposed classification of foxing*, in *American Institute for Conservation*, Milwaukee, 1982, p. 29-30.

Dichotomische sleutel voor de determinering van verschillende soorten vlekken op papier en geassimileerd aan foxing: met een donker midden of niet, regelmatige omtrek of niet...

CHINERY, Michael, *Les insectes d'Europe en couleurs*, Parijs-Brussel, (1976), 384 p.

Morfologie, sociale gewoonten en voeding worden beschreven voor de verschillende orden van Europa. Meer dan 1000 illustraties in kleuren voor de determinering van insekten.

* DVORIACHINA, Z.P., *Certains traits de la biologie des insectes nuisibles aux matériaux des bibliothèques*, in *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, Brussel, 1972, p. 77-89.

Lijst van de schadelijke insekten gevonden in het Europees gedeelte van USSR. Gegevens over de levenswijze, het voedingsregime, de groei van verschillende insekten en over de schade die ze aanbrengen.

* GALLO, Fausta, *Facteurs biologiques de dégradation du papier*, ICCROM, Roma, 1986, 151 p., (Frans-Engels).

Duidelijke synthese van de biologische gevaren waaraan boeken blootgesteld zijn.

* HEIM, Roger, Françoise FLIEDER en Jacqueline NICOT, *Comment lutter contre les moisissures qui se développent sur les biens culturels en climat tropical?*, in *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Parijs, 1969, p. 43-53 (tevens in het Engels en in het Spaans).

Conservatieproblemen in de tropische zonen. Een bijlage stelt een classificatie voor, per soort, van de verschillende schimmels.

HEY, Margaret, *Foxing: some unanswered questions*, in *Antiquarian Book Monthly Review*, 10(1983), p. 340-343.

Gegronde vragen die aantonen dat talrijke problemen nog niet helemaal opgehelderd zijn: begrensde vlekken, voortbrenging van zuurheid, fluorescentie... en vooral oorsprong van foxing: zwammenaanval of activering van het ijzer.

* HEY, Margaret, *Foxing: un problema da affrontare*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 73-78.

Dit artikel herneemt, met enkele varianten, vorige publikatie.

HOULBERT, Constant, *Les insectes ennemis des livres. Leurs moeurs. Moyens de les détruire*, Parijs, 1903, 270 p.

Beschrijving van 67 soorten insekten die kunnen leven ten koste van de boeken: morfologische karaktertrekken van het volwassen insekt, de larve, de nimf en voor elke orde, preventieve middelen tegen en vernietiging van deze insekten.

HOULBERT, Constant, *Les insectes, anatomie et physiologie générales, introduction à l'étude de l'entomologie biologique*, Parijs, 1910, 372 p.

Voor meer uitvoerige inlichtingen aangaande de morfologie en de ontwikkeling van de verschillende soorten insekten.

HOULBERT, Constant, *Les coléoptères d'Europe, France et régions voisines. Anatomie générale, classification et tableaux génériques illustrés*, 3 boekdelen, Parijs, 1921-22, 332 p., 340 p. en 297 p.

Zie hierboven.

HOULBERT, Constant, *Thysanoures, dermoptères et orthoptères de France et de la faune européenne*, Parijs, 1924-27, 2 boekdelen, 382 en 355 p.

Zie hierboven.

IAMS, Thomas M. en T.D. BECKWITH, *Notes on the causes and prevention of foxing in books*, in *Library Quarterly*, 5(1935), p. 407-418.

Verband tussen enkele karaktertrekken van foxing en lijming, zuurheid, aanwezigheid van ijzer, weersomstandigheden, samenstelling en vervaardigingswijze van papier.

* KOWALIK, Romuald, *Microbiodeterioration of library materials*, Hoofdstukken 1-3, in *Restaurator*, 4(1980), p. 99-114; Hoofdstuk 4, in *Restaurator*, 5(1983), p. 135-220; Hoofdstukken 5-9, in *Restaurator*, 6(1984), p. 61-115.

Beschrijving van de voornaamste bijzonderheden van micro-organismen die boekenmateriaal zoals papier, kleefstoffen, stempels, inkten, miniaturen, metalen versieringen aantasten. Opmerkelijk laatste hoofdstuk waarin de auteur het boek beschouwt als een bacteriëndrager van ernstige ziekten.

* LAMBIN, S. en A. GERMAIN, *Précis de microbiologie. Tome I Technique microbiologique. Microbiologie générale*, Parijs, 1969, 669 p.

Om de enkele begrippen aangaande micro-organismen te vervolledigen, in het bijzonder de bacteriën.

LEPESME, P., *Protection des bibliothèques et des musées contre les insectes et les moisissures*, Parijs, 1943, 16 p.

Bondige beschrijving van insekten schadelijk voor boeken. De gebruikelijke soorten en ook de Lepidoptera (allerlei soorten motten) die een gevaar kunnen zijn voor herbariums. Verslag over de preventieve en curatieve fysische, chemische en mechanische methoden.

* MEYNELL, G.G., *Notes on foxing, chlorine dioxide bleaching and pigments*, in *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 30-32.

Foxing is een besmetting door schimmels welke men kan wegnemen door een plaatselijke bleking met chloordioxyde gas.

MEYNELL, G.G. en R.J. NEWSAM, *Foxing: a fungal infection of paper*, in *Nature*, 274(1978), p. 466-468.

Kenmerken van de foxing, verschil met schimmels, factoren van groei en preventie.

MEYNELL, G.G. en R.J. NEWSAM, *Foxed paper and its problems*, in *The New Scientist*, 17(1979), p. 567.

Verband tussen foxing en besmetting door schimmel, oplossing te vinden in de controle van de klimatologische omstandigheden. Voor het verwijderen van de vlekken wordt, eerder dan een corrosieve chemische bleking, het wassen aangeraden.

* MONTANARI, M., *Agenti biologici che daneggiano i materiali librari ed archivistici*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 163-193 en in *PACT*, 12 (1985), p. 119-145, (Engels).

Korte beschrijving van de morfologie, de levenstrant, het voedingsregime, de factoren van groei en van schade veroorzaakt door de voornaamste boekenvretende insekten.

NAIR, S.M., *Biodeterioration of Paper*, in *Conservation of Cultural Property in India*, 1977, p. 22-28.

Lijst van de voor de boeken schadelijke insekten, fungi en bacteriën in de vochtige tropische zonen van Indië.

NOL, Lea, Y. HENIS en R.G. KENNETH, *Biological factors of foxing in postage stamp paper*, in *International Biodeterioration Bulletin, (1983), nr 1, p. 19-25.*

Identificatie van zeven soorten zwammen uitgaande van het microscopisch onderzoek van gekleurde vlekken. De aanwezigheid van ijzer is niet noodzakelijk, maar het maakt de kleuren heviger.

* *NYUKSHA, Y.P., Some special cases of biological deterioration of books*, in *Restaurator*, 5(1983), p. 177-182.

Betreft de Aspergillus flavus Link., een veel verspreide schimmel in het boekenmateriaal en die een grotere schimmeldodende dosis vergt.

PRESS, R.E., *Observation on the foxing of paper*, in *International Biodeterioration Bulletin*, 12(1976), nr 1, p. 27-30.

Analyse van verschillende bevlekte papieren en ontdekking van ijzer, doch in kleine hoeveelheid. Foxing zou beginnen met de groei van een levend organisme dat zelf fluorescent is of dat fluorescentie veroorzaakt onder de UV-stralingen.

SEE, Pierre, *Les maladies du papier piqué. Les champignons qui les provoquent. Les modes de préservation*, Parijs, 1919, 168 p.

Zeer volledige studie over de verschillende microbiologische aanvallen waaraan het papier blootgesteld is.

* SZENT-IVANY, J.J. H., *L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre*, in *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Parijs, 1969, p. 53-70, (eveneens in het Engels en het Spaans).

De auteur beschrijft in het bijzonder de tropische soorten. Enkele soorten zijn kosmopolitisch. Bevat nuttige inlichtingen alsook een goed overzicht van de preventieve en curatieve maatregelen voor elke insektenorde.

III. RAMPEN EN DADEN VAN DE MENS

ADAMS, Randolph G., *Librarians as enemies of books*, in *Library Quarterly*, 7(1937), p. 317-331.

Fouten die een bibliothecaris niet mag begaan bij de inrichting van zijn bewaarplaats, of om zijn verzameling tentoon te stellen.

* BEAUMONT-MAILLET, Laure, *Le patrimoine des bibliothèques. Mesures préventives à la Bibliothèque Nationale*, in *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 15-25.

Verscheidene practische maatregelen om de benadering van waardevolle boeken te beperken en te kanaliseren.

GALLO, Alfonso, *Patologia e terapia del libro*, Roma, 1951, p. 55-69.

Opsomming van de slechte behandelingen waaraan een boek kan blootgesteld worden.

* HOWATT-KRHAN, Ann, *Mauvais numérotage des pièces de musée*, in Museum, XXXIV(1982), nr 1, p. 58-59.

Waarmee, hoe en waar nummeren of etiketteren? Een probleem dat zich eveneens stelt in de bibliotheken.

* KEMP WEIDNER, M., *Damage and deterioration of art on paper due to ignorance and the use of faulty materials*, in *Studies in Conservation*, 12(1967), nr 1 p. 5-25.

Voorbeelden van schade aan gravures wanneer de zuurtegraad van het bij de montage gebruikte papier en karton over 't hoofd wordt gezien. De auteur pleit voor een grotere toegankelijkheid tot de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek.

LEWIS, H.F., *The deterioration of book paper in library use*, in *American Archivist*, 22(1959), p. 309-322.

* MANGANELLI, Franca, *L'utilisation abusive du ruban adhésif*, in *Museum*, XXXIV(1982), nr 1, p. 60-61.

Men zal niet genoeg de onherroepelijke gevolgen van dit misbruik beklemtonen.

* PARRINI, P., G. RIGHI en M. MELOCCHI, *Studi sulla conservazione di materiali cartacei mediante laminazione*, in *Problemi di Conservazione*, uitgegeven door G. URBANI, Bologna, 1973, p. 513-525.

Bij de keuze van een restauratiemethode zou de restaurateur de verschillende gebruikte technieken moeten bestuderen en vooral de omkeerbaarheid en de gebeurlijke latere veranderingen van het gebruikte materiaal nagaan.

URSO, Tomaso, *L'antilibro, o dei nemici del libro*, in *Accademie e Biblioteche d'Italia*, XLIV (27 ns), (1976), nr 1, p. 19-23.

De meest gevreesde vijanden van de boeken zijn de mensen. Waarom schenden ze de boeken? Wat gedaan tegen die boekenvijanden? Men vergeet dikwijls dat de censuur ook een collectieve vernietiging van boeken tot gevolg had.

DERDE DEEL: PREVENTIEVE MAATREGELEN

De beschrijving van de verschillende beschadigingsfactoren vraagt een onderzoek naar de nuttige remedies. Hierbij echter een belangrijke opmerking: men kan inderdaad de schade herstellen door curatieve methodes, d.w.z. door restauratiewerken, maar men kan eveneens de nodige voorzorgsmaatregelen leren treffen ten einde zulke aanvallen te vermijden. Het spreekt vanzelf dat restauratiewerken een uitzondering zouden zijn indien de principes voor de bewaring geëerbiedigd en toegepast werden in bibliotheken en bewaarplaatsen. Het is beter de oorzaken van beschadiging te voorkomen, toezicht te houden op de bewaringsomstandigheden van dokumenten, dan restauratiewerken te moeten ondernemen op verzamelingen die daardoor gedurende een zekere tijd niet meer beschikbaar zijn. Niettemin zullen we in het vierde deel het probleem van de restauratietechnieken behandelen.

Al die hinder zou kunnen vermeden worden dank zij de nodige vorming van het personeel van de bibliotheken en van het publiek. Maar dat is nog een vrome wens. Ook de huidige ekonomische beperkingen eisen dat meer aandacht wordt besteed aan de basisprincipes voor de conservatie van dokumenten. Hun restauratie wordt een weelde die nog maar weinige bibliotheken zich zullen kunnen veroorloven en dan wel ten koste van hun uitbreiding.

De conservatie vraagt dus kennis en navolging van sommige regels waarvan de voornaamste zijn: de regulering van temperatuur en relatieve vochtigheid, de verluchting van de lokalen en het verwijderen van stof in de magazijnen, de controle van de belichting en de biologische condities, de bescherming tegen diefstal en vuur, de aanpassing van de uitrusting en de voorzorgen tegen fysische schade.

De preventieve maatregelen moeten aangepast worden naargelang het een uitleenbibliotheek betreft of een bewaarplaats voor archieven of voor zeldzame boeken. Naast de bestemming van de beschouwde bibliotheek moet ook met haar relatieve belangrijkheid rekening gehouden worden. Een nationale of universitaire bibliotheek beschikt normaal over meer middelen dan een lokale bewaarplaats voor archieven of dan een gemeentelijke bibliotheek. Voor een privé-bibliotheek is de toestand nog verschillend. We zullen trachten met deze factoren rekening te houden en na te gaan hoe elke instelling de conservatieprincipes kan aanpassen in functie van haar behoeften en haar middelen. De inlichtingen en maatregelen die in dit derde deel uiteengezet worden hebben vooral betrekking op boeken en archieven ondergebracht in bewaarplaatsen. Zoals we erop gewezen hebben in de inleiding kan men ze evenwel aanpassen aan de behandeling van grafische dokumenten van bv. doorlopende of tijdelijke tentoonstellingen in musea.

HOOFDSTUK I: CONTROLE VAN DE KLIMATOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN

I. Normen

II. Meetinstrumenten
   1. Temperatuur
   2. Relatieve vochtigheid
      a. Psychrometer
      b. Hygrometer
      c. Hygrograaf en thermohygrograaf
      d. Andere

III. Controle van de temperatuur en van de relatieve vochtigheid
   1. Meting van de parameters
   2. Wijzigingen
      a. Complete klimaatregeling
      b. Gedeeltelijke klimaatregeling

I. NORMEN

Over 't algemeen raadt men voor de bewaring van boeken in een leeszaal een temperatuur aan van 18 °C en een relatieve vochtigheid tussen 50 en 55 %. Deze parameters zijn onder andere aanbevolen door de IFLA, de International Federation of Library Association.

Theoretisch zou de temperatuur in een boekenbewaarplaats moeten behouden blijven op 15 °C. Nochtans moet men rekening houden met de gezondheid en het comfort van de mensen die in de leeszalen werken. Om deze reden is een constante temperatuur van 20 °C aan te nemen. Deze versnelt niet buitenmate de schadelijke chemische reacties en is dus ekonomisch aanvaardbaar. In magazijnen en reserves waar geen personeel aanwezig is kan men zelfs een temperatuur van 14 °C aanraden.

De mens kan grote schommelingen van vochtigheid verdragen, maar daar organische stoffen heel gevoelig zijn voor zulke fluctuaties moet de relatieve vochtigheid constant blijven. Een gehalte van 50 %, op 2 % na, is wenselijk. Dit hoog percentage zal veel problemen oplossen voor materiaal dat uitdroogt en bros wordt, en is laag genoeg om de uitbreiding van zwammen en insekten te vermijden.

De voornoemde normen zijn alleen geldig voor gedrukte boeken, manuscripten en andere grafische dokumenten. De eisen zijn strenger voor nieuwe dragers zoals foto's, dia's, films, negatieven, microfilms en andere, die hoe langer hoe meer hun intrede doen in de bibliotheken. De bewaring van dia's en films eist een grote bestendigheid van de relatieve vochtigheid waarvan de variaties niet hoger mogen zijn dan 5 %. Een andere regel betreft de gekleurde dokumenten: hoe lager de temperatuur, hoe langzamer de ontkleuring.

TABEL 4

Aanbevolen temperatuur en relatieve vochtigheid

	Temperatuur	*Relatieve vochtigheid*
Lees- of consultatiezaal	20 °C	50 ± 2 %
Boeken	15 °C	45 ± 2 %
Perkament, velijn	15 – 20 °C	40 ± 50 %
Foto's op papier, zwart/wit of kleur	< 20 °C	40 ± 10 %
Negatieven: polyester en acetaat zwart/wit kleur	 < 20 °C ≦ 2 °C	 40 ± 10 % 40 ± 10 %
Film acetaat zwart/wit kleur Zilvernitraat	12 °C < 0 °C 2 °C	50 ± 10 % 30 ± 10 % 50 + 10 %
Dia's	2 °C	4 ± 10 %
Microfilms	15 °C	35 ± 5 %

Deze nieuwe dragers brengen ook problemen met zich mee, namelijk wat klassering en manipulatie betreft. Verdere bijzonderheden hieromtrent gaan echter ons bestek te buiten. Hun bewaring in een lokaal of in een geïsoleerd meubelstuk binnen de aanbevolen grenzen van temperatuur en relatieve vochtigheid, zou onnodige ongevallen kunnen voorkomen.

In de tabel 4 worden de grenzen aangegeven tussen dewelke temperatuur en relatieve vochtigheid zouden moeten behouden blijven voor grafische en audiovisuele dokumenten.

II. MEETINSTRUMENTEN

Ten einde met de grootst mogelijke nauwkeurigheid de klimatologische omstandigheden in een lokaal, een bibliotheek of een bewaarplaats voor archieven te kennen zal men deze gedurende een bepaalde tijd moeten meten met het geschikte instrumentarium en steeds in dezelfde condities. We noemen hier slechts de gebruikelijkste instrumenten, van het eenvoudigste tot het meest complexe.

1. TEMPERATUUR

Deze wordt gemeten met een kwikthermometer (nauwkeurigheid ± 1 °C) van standaardmodel en uitgedrukt in graden Celsius.

Andere apparaten om de temperatuur te meten zijn de bimetaalthermometers, gebaseerd op het verschil van de thermische dilatatiecoëfficient van metalen. Heden gebruikt men steeds meer elektronische sondes gebaseerd op het verschil in elektrisch geleidingsvermogen van zekere halfgeleiders in functie van de temperatuur. De aflezing gebeurt meestal digitaal en is eveneens uitgedrukt in graden Celsius.

2. RELATIEVE VOCHTIGHEID

a. *Psychrometer*

De psychrometer is een instrument samengesteld uit twee thermometers. Het glazen buisje van één van hen is omhuld met een stuk katoen dat vochtig gehouden wordt, daar het in een reservoir met gedestilleerd water hangt. De temperatuurwaarde op deze thermometer is uiteraard altijd lager dan die op de droge thermometer. Hoe groter het verschil is tussen de twee, hoe droger de lucht is. Een psychrometrische tafel laat toe de relatieve vochtigheid te berekenen (voor de definitie van de R.V., zie Deel II, Hoofdst. 1, § II). Het is noodzakelijk dat de lucht in beweging blijft rondom het reservoir. Volgens het model wordt deze luchtstroming verzekerd door een kleine ventilator of, eenvoudiger, moet men de psychrometer in de lucht rondzwaaien. Voor een R.V. lager dan 25 % is de opname weinig precies. Het voordeel van dit instrument is dat geen ijking nodig is.

b. *Hygrometer*

Het principe van dit apparaat is gebaseerd op het feit dat een haarlok verlengt wanneer de vochtigheid toeneemt en korter wordt wanneer de vochtigheid vermindert. De lengteveranderingen van de haarlok worden overgebracht op een naald. Dit instrument geeft waarden aan van 0 tot 100 % R.V. maar de grootste nauwkeurigheid ligt tussen 30 en 80 %. Het ideale zou zijn dat die hygrometers elke maand met een psychrometer zouden geijkt worden. De wandapparaten geven terzelfdertijd de temperatuur aan door middel van een bimetaalthermometer.

De papierhygrometer bestaat uit een papierstrookje op een reepje licht metaal gerold. Die hygrometer is niet betrouwbaar en moet dikwijls geijkt worden.

c. *Hygrograaf en thermohygrograaf*

De hoger beschreven instrumenten dienen voor afzonderlijke en plaatselijke metingen die de regelmatige tussenkomst van personeel vergen om de opnamen te doen en ze over te brengen op een tabel. Andere apparaten laten toe de variaties van temperatuur en relatieve vochtigheid te meten en automatisch te noteren.

Wanneer de hygrometer voorzien is van een registreersysteem, een schrijfnaald bv., spreekt men van een hygrograaf. Als hij terzelfdertijd de temperatuur meet, gewoonlijk met een bimetaal, is het een thermohygrograaf. Voor de relatieve vochtigheid gaan de waarden van 0 tot 100 % en voor de temperatuur, naargelang van het model, van -30 of -15 tot 40 °C. Zulke hygrometers zijn voorzien van een cilinder met een blad waarop de resultaten opgetekend worden door twee schrijfnaalden en van een horlogemechanisme dat continu voor de beweging zorgt. De rotatieduur van de trommel kan een dag, een week of een maand zijn.

Hun afstelling moet regelmatig nagegaan worden met een psychrometer. Indien men niet over dit apparaat beschikt kan men het volgende doen : door de haarbundel te doordrenken met gedestilleerd water of door het instrument met een nat doek gedurende één uur te overdekken moet het instrument een relatieve vochtigheid van 100 % aanduiden.

d. *Andere*

Ten slotte bestaan er ingewikkelder en ook duurdere instrumenten. Het zijn de elektronische thermometers, hygrometers of thermohygrometers met digitale lezing. Een kalibreerkit wordt over 't algemeen geleverd met het apparaat. Sommige modellen zijn speciaal ontworpen om de reële vochtigheid van het papier te meten. Ze waren oorspronkelijk bestemd voor personen die in de papierindustrie werkzaam zijn.

Kortom, volgens het budget waarover de betrokken inrichting beschikt kan men specifieke aankopen aanraden. Voor een klein budget zullen een slingerpsychrometer, een hygrometer met haar en een thermometer volstaan. Voor een middelmatig budget kan men een thermohygrograaf, een psychrometer met geforceerde ventilatie en een thermometer kiezen. Voor een groter budget kunnen verscheidene thermohygrografen en thermohygrometers in de verschillende zalen geplaatst worden of ook een automatisch controlesysteem met receptoren.

Afb. 61. Thermohygrograaf.

III. CONTROLE VAN DE TEMPERATUUR EN VAN DE RELATIEVE VOCHTIGHEID

1. METING VAN DE PARAMETERS

De opmetingen zullen iedere dag en gedurende lange periodes op verschillende plaatsen van de bewaarplaats gebeuren ten einde met de seizoenenvariaties rekening te houden. Het ideale zou zijn een meetinstrument te hebben in elke tentoonstellingszaal of bewaarruimte. Men zal iedere maand de staat nagaan van elk instrument en dit met een psychrometer of met een kalibreerkit voor de elektronische apparaten. In elk geval zal men ervoor zorgen dat de receptoren niet beïnvloed worden door de klimatisatie-installatie.

Nochtans, zelfs wanneer men alle mogelijke metingen doet, en met de meest ingewikkelde apparaten werkt, mag men niet nalaten een regelmatige visuele controle op de boeken zelf uit te oefenen. Dit blijft de beste voorzorg.

Met een voldoende aantal opmetingen en na analyse van de verkregen cijfers kan men deze vergelijken met tevoren vastgestelde normen. Men zal bijzonder aandachtig zijn

voor regelmatige afwijkingen van de temperatuur in de loop van de dag (verwarming gedurende de dag en afkoeling 's nachts), volgens de jaargetijden (vochtigheidsgraad onvoldoende 's winters) of in direct verband met de buitenlucht (opengebleven deur, gebroken ruit, defekte klimatisering). Naargelang van deze waarnemingen zal men de temperatuur of de relatieve vochtigheid wijzigen.

Alvorens na te gaan hoe men de klimatologische condities van conservatie in een bibliotheek of een bewaarplaats kan verbeteren herinneren we eraan dat er een nauwe relatie bestaat tussen temperatuur en relatieve vochtigheid. Een verhoging van de temperatuur vermindert de relatieve vochtigheidsgraad en omgekeerd. Dit is een fundamenteel principe dat men nooit uit het oog mag verliezen.

We moeten nog vermelden dat zelfs in een bibliotheek of een archiefbewaarplaats van geringe grootte, de papiermassa over 't algemeen de rol van regelaar zal spelen door de relatieve vochtigheid constant te houden. De wisselingen tussen de omringende lucht en de boeken gebeuren langzaam maar leiden tot een zeker evenwicht tussen het waterdampgehalte in de atmosfeer en in de boeken. Dit evenwicht gebeurt steeds ten koste van de organische stoffen : deze nemen vochtigheid op wanneer het gehalte van die vochtigheid hoog is of ze verdrogen wanneer het laag is. Een klimatisatiesysteem heeft tot doel het evenwicht papier/atmosfeer te handhaven door de bewaarplaats af te zonderen van de buitenlucht. Men moet ervoor zorgen een constante te verwezenlijken en alle uitwisselingen papier/buitenlucht te vermijden.

2. WIJZIGINGEN

a. *Complete klimaatregeling*

Bij het bouwen kan men in een kompleet systeem van luchtregeling voorzien dat, behalve dat het automatisch de temperatuur en de relatieve vochtigheid regelt, eveneens luchtfiltratie toelaat. Indien de vochtigheid van de lucht te laag is kan deze mechanisch bijgewerkt worden. Een teveel aan vochtigheid kan verminderd worden door condensatie of door uitdroging. In dit geval zal men een beroep doen op specialisten om de verschillende eisen te bepalen waaraan de installatie zal moeten voldoen. Een bekwaam vakman zal aangesteld worden om het systeem te onderhouden tenzij men een onderhoudscontract laat opmaken bij de firma die verantwoordelijk is voor de installatie.

Een volledige klimaatregeling van het gebouw is gewoonlijk financieel onmogelijk, want over 't algemeen heeft men te doen met gebouwen die te oud of ongeschikt zijn.

b. *Gedeeltelijke klimaatregeling*

Wanneer een volledige installatie voor luchtregeling niet mogelijk is zal men zich beperken tot een gedeeltelijk systeem en de gepaste apparaten installeren in functie van de resultaten van de controles.

Zo bevat bv., een klimaatregeling van het wintertype geen afkoelingssysteem. In onze streken wordt een temperatuur van 25 °C slechts enkele weken per jaar overschreden en de gedwongen afkoeling van de lucht is niet onontbeerlijk. Men kan reeds de verhoging van de binnenhuistemperatuur tegengaan door de aan de zon blootgestelde vensters af te schermen.

1° Controle van de temperatuur

Om een constante temperatuur van 20 °C in de leeszalen te behouden is het in onze streken van gematigd klimaat nodig 's winters te verwarmen. Alle soorten verwarming zijn aanvaardbaar, op voorwaarde dat ze niet gevaarlijk zijn voor vuur of overstroming.

In lokalen die uitsluitend gebruikt worden voor de bewaring van dokumenten (magazijnen, kelderverdiepingen) en waar slechts zelden iemand gaat werken, is centrale verwarming niet noodzakelijk. Het volstaat er een klein elektrisch verwarmingstoestel te plaatsen wanneer het nodig is.

In een privé verzameling of in een woning zal men erover waken dat de rekken niet geplaatst worden tegen een muur die blootgesteld is aan de warmtestraling van de zon of van een radiator. We zullen ook spreken over de nodige voorzorgen om de boeken te beschermen tegen licht. Insgelijks is het plaatsen van rekken in een lokaal waar een open vuur brandt af te keuren.

2° Relatieve vochtigheid

Ten einde bevredigende resultaten te bekomen is het onontbeerlijk dat vensters en deuren gesloten zijn (automatische sluiting). Wanneer de vochtigheid *te groot* is, zal men eerst nagaan of het niet gaat om een tijdelijke of toevallige stijging veroorzaakt door infiltraties of door lekken. De herstelling zal een nieuwe indringing van vochtigheid voorkomen maar men zal daarom niet uit het oog mogen verliezen dat het opgenomen vocht moet verwijderd worden door ventilatie gedurende een bepaalde periode.

Buiten zulke ongevallen is het soms nodig de lucht van de lokalen van overtollig vocht te ontdoen. In de gematigde streken gebeurt dit bv. in de lente. In dat geval zal men ontvochtigingsapparaten met koeling installeren. Die condenseren de vochtigheid van de lucht tegen een koude wand. Het verkregen water wordt dan naar buiten verwijdert. In een bibliotheek die alleen dient als bewaarplaats is het beter ontvochtigingsapparaten met koeling te plaatsen dan de lokalen te verwarmen. We kennen heel goed de schadelijke gevolgen van een te hoge temperatuur. Nochtans kunnen deze apparaten bij te hoge vochtigheidsgraad niet de vochtigheid absorberen die zich binnenin boeken of dokumenten bevindt. In het begin zal het soms nodig zijn de boeken in waaiervorm open te leggen. De ontvochtigingsapparaten door dehydratie benutten de sneldrogende eigenschappen van chemische produkten zoals silicagel. Wanneer het silicagel zijn absorberende kracht verloren heeft (roze kleur), wordt het onmiddellijk hersteld met warme en droge lucht (blauwe kleur). Deze installatie werkt onafgebroken.

In een kleine verzameling of in een privé-woning waar boeken bewaard worden in éénzelfde ruimte, kan men de relatieve vochtigheidsgraad verlagen eenvoudig door de temperatuur wat te verhogen (wel te verstaan binnen de reeds hierboven aangehaalde grenzen). Ten einde de ventilatie te vergemakkelijken zal men de rekken of de uitstalkasten liefst open laten. Men zal er bovendien voor zorgen dat deze niet tegen een vochtige buitenmuur geplaatst worden.

Voor ruimten van kleine afmetingen en voor uitstalkasten kan men ook brede, platte bakken gebruiken met drogende produkten zoals silicagel.

Een *onvoldoende* vochtigheidsgraad is meestal het gevolg van overdreven kunstmatige verwarming gedurende de winter. Men kan beginnen met deze te verminderen reke-

ning houdend met het menselijk comfort (≦20 °C). Men zal eveneens de natuurlijke verwarming, namelijk de zonnestralen, vermijden. Indien de relatieve vochtigheid ondanks deze maatregelen te laag is, kan men een of ander systeem kiezen voor luchtbevochtiging.

Bij het gebruik van de diffusor verstuift men water in fijne druppeltjes die dan verdampen. Dit apparaat heeft een nadeel : tenzij men gedestilleerd of gedeïoniseerd water gebruikt, verspreidt het in de lucht de zouten die in het water aanwezig zijn (30-1000ppm). De waterdruppels zijn elektrisch geladen en trekken het stof aan behalve indien het apparaat een neutralisatiesysteem bezit. Bovendien is het apparaat weinig betrouwbaar wanneer het niet voorzien is van een automatische regelaar van de vochtigheid. Indien deze regelaar buiten werking raakt gaat de wateratomisatie ongestoord verder.

Een andere oplossing is het elektrisch opwarmen van het water om de verdamping te bespoedigen. Deze installatie moet gepaard gaan met een ventilator om er geen microklimaat rond te scheppen.

Momenteel is het uitverkoren model voor tentoonstellingszalen dat met verdamping door versnelde ventilatie. In tegenstelling tot het eerste type verstuift het geen water in de atmosfeer maar absorbeert het het water doorheen een steeds bevochtigde spons. Zelfs in geval van defekt zou met dit model de relatieve vochtigheidsgraad niet hoger zijn dan 70 %. Bij gebruik van leidingwater is een regelmatige reiniging van de spons nodig ; met gedestilleerd water is de onderhoudstermijn langer. Hoewel het zeer duur is, is dit systeem het best geschikt voor lokalen voor archieven of bibliotheken. De kracht van het apparaat moet natuurlijk gekozen worden naar gelang van het volume van het lokaal.

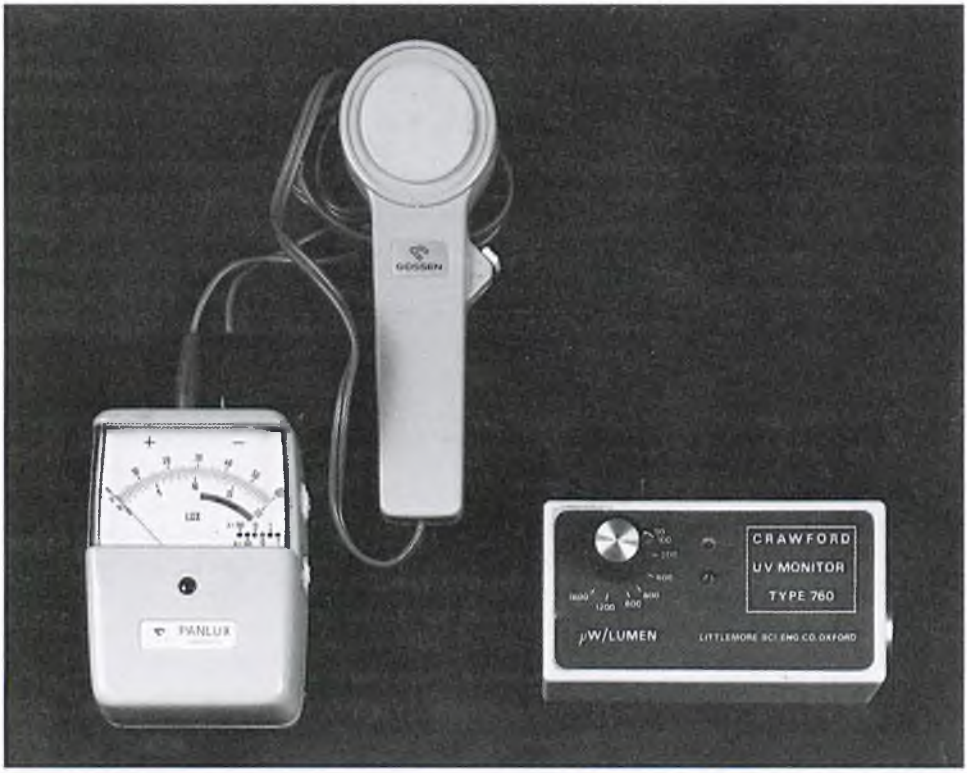
In kleine ruimten bekomt men reeds een zeker resultaat door bakken water op een warmtebron te plaatsen. Wanneer men een waardevol exemplaar moet tentoonstellen zonder mogelijkheid van een zelfs gedeeltelijke klimaatregeling van het lokaal, zal men een gesloten uitstalkast gebruiken waarvan de vochtigheidsgraad gecontroleerd wordt door geconditioneerd silicagel.

HOOFDSTUK II:
CONTROLE VAN HET BELICHTINGSNIVEAU

I. Normen

II. Meetinstrumenten

III. Veranderingen in de belichtingsvoorwaarden
   1. Bescherming tegen natuurlijk licht
      a. Vermindering van de belichtingsduur
      b. Vermindering van de lichtintensiteit
      c. Verwijdering van schadelijke stralen
   2. Bescherming tegen kunstlicht
      a. Vermindering van de belichtingsduur
      b. Vermindering van de lichtintensiteit
      c. Verwijdering van schadelijke stralen



Afb. 62. UV-meter en luxmeter.

De schadelijke gevolgen van het licht werden hoger beschreven. Herinneren we eraan dat de zon, behalve het zichtbaar licht, ook veel UV-stralen en veel infrarode stralen uitzendt. Gloeilampen geven weinig UV-stralen maar meer warmte dan neonlampen. Deze laatste daarentegen zenden al naar gelang van het model min of meer UV-stralen uit.

I. NORMEN

Voor de veiligheid van de verzamelingen moet men ultraviolette stralen vermijden, infrarode stralen en ook het zichtbaar licht verminderen.

Voor zichtbare stralen (golflengte begrepen tussen 380 en 750 nm) drukt men het belichtingsniveau uit door de densiteit van de lichtstroom uitgedrukt in lux of lumen/m^2. Voor de ultraviolette en de infrarode stralen mag men deze eenheid, die eigen is aan het zichtbaar licht, niet gebruiken. Men drukt de hoeveelheid UV uit met betrekking tot de hoeveelheid zichtbaar licht : de eenheid is het microwatt/lumen (μW/lm).

Een eerste regel die overal zou moeten gevolgd worden is nooit een dokument bloot te stellen aan zonlicht, want dit is bijzonder agressief.

In een leeszaal zou het licht de 100 lux niet mogen overschrijden. De belichting van de rekken in een magazijn moet een intensiteit hebben tussen 50 en 100 lux. Voor de grafische dokumenten bij tentoonstellingen zal men er heel bijzonder over waken dat het belichtingsniveau de 50 lux niet overschrijdt voor gekleurde dokumenten : aquarellen, pastellen, tekeningen, foto's of geïllumineerde perkamenten en 150 lux voor de zwartwitte dokumenten : gravures, foto's, tekeningen, archieven, niet versierde perkamenten en boekbanden. De belichting van de dokumenten mag niet permanent zijn.

De UV-stralen uitgezonden door fluorescent licht mogen niet 75 μW/lm overschrijden. Boven deze grens zal men UV-stralen moeten uitschakelen.

II. MEETINSTRUMENTEN

De waarneembare stralingen worden met een luxmeter gemeten. Het principe is dat van de cellen gebruikt door fotografen. Men zal ervoor zorgen dat het gekozen apparaat gevoelig genoeg is om lage lichtintensiteiten te meten van 25 tot 50 lux. Ter inlichting, een voorwerp in volle zon krijgt 60 000 lux van mei tot augustus.

Om de UV-stralen te meten bestaan er verschillende apparaten onder dewelke het UV Light Monitor Type 760 Littlemore Engineering. N.B. : de zon verspreidt ongeveer 400 μW/lm.

III. VERANDERINGEN IN DE BELICHTINGSVOORWAARDEN

Voor meer inlichtingen raadplege men het zeer interessante boek *Code de bonne pratique de l'éclairage des oeuvres d'art et d'objets de collection*, Brussel, 1984.

De intensiteit van de belichting, de belichtingstijd en de kwaliteit van het licht zijn de in aanmerking te nemen factoren.

1. BESCHERMING TEGEN NATUURLIJK LICHT

Het probleem van de bescherming tegen natuurlijk licht is verschillend voor leeszalen, zalen voor tentoonstellingen en magazijnen.

a. *Vermindering van de belichtingsduur*

Gedurende de sluitingsperioden zal men beletten dat het licht in de leeszalen binnendringt. De vensters zullen voorzien zijn van linnen stores of van lichtdichte gordijnen. Dit is vooral belangrijk gedurende de lange zomerdagen, 's morgens en 's avonds.

In de toonzalen zal deze regel permanent zijn : men moet het natuurlijk licht uitschakelen door het plaatsen van gordijnen. De uitstalkasten met boeken of andere papieren dokumenten zullen kunstmatig belicht worden.

Men zal trouwens de voorgelegde boeken en manuscripten niet altijd op dezelfde bladzijde openslaan en regelmatig de vertoonde dokumenten afwisselen. Hier stelt zich een ander probleem : hoe een boek openhouden ? We komen verder hierop terug. De galinkten, die oorspronkelijk purper zijn, worden bruin door blootstelling aan de lucht. Deze ontkleuring gaat door wanneer het dokument blootgesteld is aan licht, in het bijzonder aan UV-stralen. Sommige inkten op basis van synthetische pigmenten die op het einde van de 19de eeuw in de lithografie gebruikt werden, zijn eveneens gevoelig. Elk teken van ontkleuring in zulke omstandigheden zal bijzondere preserverende maatregelen opeisen. Zekere grafische inkten van kunstenaars werden soms aangebracht (einde 19de - 20ste eeuw) op papieren van zeer slechte kwaliteit (houtpulp). Ze zijn bijzonder lichtgevoelig en zullen dus aan een beperkte belichting onderworpen worden.

In bewaarplaatsen of magazijnen van bibliotheken waar weinig mensen continu werken zou de afwezigheid van vensters de beste oplossing zijn. Deze laten niet alleen de zichtbare maar ook de niet-zichtbare stralen binnen. Daarenboven brengen ze de warmte over bij mooi weder, en bij koud weder beslaat de condensatie van de lucht de koude ruit en vormt ze waterdruppels die neersijpelen en vervolgens de muren bevochtigen. In bewaarplaatsen zal men dus openingen vermijden, in het bijzonder die welke naar het zuiden gericht zouden zijn. Indien vensters al bestaan zal men ze verduisteren om vooral de UV-stralen te verminderen. Nochtans kan een volledige donkerte de vorming van micro-organismen bevorderen.

b. *Vermindering van de lichtintensiteit*

In de leeszalen kan men persiennes aanbrengen of luiken die het binnendringen van het natuurlijk licht regelen. Een gecentraliseerde electrische besturing zal het wijzigen van het systeem vergemakkelijken naargelang van de lichtschommelingen in de loop van de dag en volgens de seizoenen.

In de magazijnen zullen de rekken bij voorkeur loodrecht staan tegenover muren met vensters. Men kan ook de kostbaarste boekdelen beschermen door ze in dozen op te bergen. Het opbergen van archieven in kartons of in dozen is bevredigend maar praktisch onmogelijk in grote bewaarplaatsen.

c. *Verwijdering van schadelijke stralen*

De spectrale kwaliteit van natuurlijk licht zal verbeterd worden door de verwijdering of de vermindering van de schadelijke stralen (UV). Daarom is de keuze van een geschikte beglazing zeer belangrijk.

De UV-straling is sterk verzwakt door glas of synthetisch materiaal dat bewerkt is aan de oppervlakte of in de massa. Onder het glasmateriaal hebben we het helder glas, het *niet-actinisch*, het UV-weerspiegelende glas en het melkglas. Het gewoon glas stopt in grote mate de UV-stralen van golven korter dan 350 nm. Het *niet-actinisch* glas bevat oxyden die de UV-stralen absorberen. Meer dan 30 % van de UV-stralen die gewoon glas doorlaten, worden op deze wijze uitgeschakeld.

Om een bestaande installatie te veranderen zonder de beglazing te vervangen kan men een beschermende vernislaag aanbrengen. Haar doeltreffendheid is niet altijd totaal, noch onbeperkt. Die vernissen hebben een levensduur van 10 jaar maar ze zijn soms

de enige economisch mogelijke oplossing. Nochtans vergt hun onderhoud speciale zorg omdat de aangebrachte laag uiterst dun is.

Plastic grondstoffen hebben eveneens de eigenschap de UV-stralen tegen te houden. Sommige kunnen zelfs alle stralen van een golflengte van minder dan 400 nm tegenhouden. Daaronder hebben we de acrylfoliën en -platen, de foliën cellulose-acetaat, de stores uit polyvinylchloride of ook de platen uit polycarbonaat die zeer goed tegen schokken bestand zijn.

Ten slotte absorberen zekere verfsoorten de UV-stralen. Het gaat om verf op basis van zinkwit of titaandioxyde. Het uitzicht zal bij voorkeur mat zijn om het licht te verspreiden.

2. BESCHERMING TEGEN KUNSTLICHT

Afhankelijk van de bedrijvigheid in magazijnen of bewaarplaatsen, zal het nodig zijn kunstlicht te gebruiken, wat dezelfde voorzorgsmaatregels vergt als voor het natuurlijk licht. Dit geldt ook voor permanente of tijdelijke tentoonstellingen van grafische dokumenten.

a. *Vermindering van de belichtingsduur*

Deze maatregel kan alleen toegepast worden in bewaarplaatsen want het comfort van de lezer vraagt een behoorlijke verlichting. In magazijnen verlicht men alleen de rangschikkingszones waar het boek moet teruggezet of ontleend worden. De verschillende boekenrekken zullen afzonderlijk verbonden zijn aan schakelaars.

Dank zij die schakelaars moet de belichting van tentoongestelde dokumenten kunnen geregeld worden door de bezoeker zelf.

b. *Vermindering van de lichtintensiteit*

Ook deze maatregel kan alleen toegepast worden in magazijnen. Zo mogelijk zullen de rekken in het donker blijven en alleen de gangen zullen diffuus verlicht zijn. In elk geval zullen de doorgangen tussen de rekken altijd minder verlicht zijn dan de hoofdgang, uitgenomen wanneer het personeel boeken moet halen of wegleggen. Dan zal de verlichting gericht zijn naar de rekken en de schaduwzones ertussen zullen vermeden worden. Men kan ook het aantal en de sterkte van de lampen verminderen.

Men zal ervoor zorgen nooit een gravure of om het even welk dokument direkt bloot te stellen aan de stralen van een lamp of een spot.

c. *Verwijdering van schadelijke stralen*

Dit punt is bijzonder belangrijk voor leeszalen die men praktisch onophoudelijk kunstmatig moet verlichten. Men kan dezelfde materialen gebruiken als die aanbevolen voor natuurlijk licht. De omhulsels in cellulose-acetaat op de fluorescentielampen zijn zeer efficiënt maar moeten vervangen worden na 7 à 10 jaar. Voor de andere lampen of spots bestaan in alle maten filtreerglazen die men kan aanbrengen vóór de lichtbron.

Een verlichting met gloeilampen brengt niet zoveel problemen mee want die zenden weinig UV-stralen uit. Anderzijds is de warmte die ze uitstralen onbeduidend in grote ruimten zoals magazijnen. Het stijgen van de temperatuur is meer verontrustend in een

gesloten ruimte of in een uitstalkast. Dit is een reden te meer om de lichtbron buiten de kast te plaatsen.

Fluorescentielampen verbruiken minder energie en hebben een langere levensduur. Om de gepaste fluorescentielampen te kiezen moet men rekening houden met de technische gegevens die de fabrikant vermeldt.

De *kleurtemperatuur* (Kelvin): hoe hoger ze is, hoe blauwer en kouder de tint. Om een betere weergave van kleur (IRC > 85) te bekomen zal men een buislamp kiezen met een hoge *kleurtemperatuur*. De UV-straling (μW/lm) is zelden aangeduid door de fabrikant, maar we hebben gezegd hoe ze te meten. Al deze gegevens alsook hun waarde voor 114 buislampen zijn gegeven door R.H. LAFONTAINE, *Les lampes à fluorescence*, Ottawa, 1982.

Het U.S. National Bureau of Standards, Amerikaans instituut van normalisering, heeft enkele jaren geleden een procent van beschadiging (B) ingevoerd, gebaseerd op de vergeling van papier van slechte kwaliteit van het type dagbladpapier. Dit procent werd als volgt berekend voor verschillende lichtbronnen.

TABEL 5

Procent van beschadiging voor verschillende lichtbronnen

	Procent B	*T (Kelvin)*	*IRC*
Heldere hemel	2,39	—	—
Heldere hemel doorheen ruit	1,60	110000	—
Betrokken hemel	0,83	—	—
Betrokken hemel doorheen ruit	0,70	6400	—
Buis 40W daglicht	0,32	6500	77
Buis 40W wit/luxe	0,27	3800	85
Buis 40W wit/warm	0,15	3000	53
Gloeilamp	0,14	2850	—
Buis 40W speciaal wit/luxe	0,095	4200	93
Spot 150W normaal	0,073	2700	100
Buis 40W wit/warm/luxe	0,061	3000	85
Spot 150W met dichroïtische reflector	0,045	2700	100
Buis 40W speciaal wit/warm	0,043	2700	94

De speciale buislampen met dubbele laag luminescent poeder zijn het geschikst voor de belichting van gevoelige voorwerpen: zwakke beschadigingsfactor, goede weergave van de kleuren, zwakke infrarode stralen. Deze buislampen zenden niet méér ultraviolette stralen uit dan de gloeilampen. Het kleurtype is gewoonlijk vergezeld van de aanduiding ,,luxe'' of ,,speciaal''.

HOOFDSTUK III:
CONTROLE VAN DE KWALITEIT VAN DE LUCHT

I. Luchtfiltrering
II. Verluchting
III. Stofbestrijding

I. LUCHTFILTRERING

Informatie aangaande de vervuiling van de buitenlucht kan men inwinnen bij een instelling voor milieubescherming en zo de concentratie kennen van de verschillende luchtverontreinigende stoffen. Zelfs al zijn de verstrekte gegevens niet te vergelijken met de omstandigheden binnenshuis, zullen ze toch de luchtverontreinigingsproblemen van de streek aantonen.

Grote instellingen kunnen beschikken over een airconditioningssysteem waar gewoonlijk een filtratie-eenheid is ingebouwd. Om vaste stofdeeltjes te verwijderen gebruikt men filters in glaswol. Een eliminatie van 95 % van de partikels van 1μ ∅ en van 50 % van de partikels van 0,5μ ∅, is redelijk. Met een hoger percentage stijgen de kosten aanzienlijk.

De absorptie van verontreinigende gassen (SO_2, NO_2, O_3) wordt verkregen door filters met aktieve kool of met keramische korrels. Welk het gebruikte systeem ook zij, de doeltreffendheid zal afhangen van een goede controle en van een regelmatige vervanging van de filters.

II. VERLUCHTING

In de grote bewaarplaatsen voor archieven en de magazijnen van bibliotheken is de luchtstroming van groot belang. Het gebrek aan verluchting kan condensatie van vocht teweegbrengen vooral op metalen rekken of op metselwerk. Het kan eveneens de groei van micro-organismen bevorderen. Men heeft inderdaad opgemerkt dat de vitaliteit van *sporen* van zwammen aanzienlijk vermindert wanneer ze aan tocht blootgesteld zijn. Een degelijk ventilatiesysteem is dus nodig om het vormen van stagnerende lucht te voorkomen en om de lucht vrij tussen de rekken te laten stromen.

Voor een kleine verzameling volstaat een goede luchtverversing indien de atmosfeer weinig verontreinigd is. Maar wanneer er risico bestaat, in een industriële atmosfeer bv., is het beter de boeken in een gesloten meubel te bewaren.

III. STOFBESTRIJDING

Men kan het probleem van het stof oplossen door het aantal openingen tot een minimum te herleiden en door de lokalen regelmatig schoon te maken. Elke bewaarplaats voor archieven of boekenmagazijn van een bibliotheek zou moeten beschikken over een dienst voor stofbestrijding die ten minste eens per jaar met een stofzuiger tussen de boeken de rekken zou schoonmaken. Inderdaad moet het stof niet verplaatst maar wel opgezogen worden.

Deze poetsbeurt zal liefst in de lente gebeuren, periode die overeenstemt met het ontwaken van het ongedierte en dus het begin van hun beschadigingswerk. Men zal draagbare stofzuigers gebruiken maar ervoor waken dat de zuigkracht niet te sterk is. Na deze eerste beurt zal het soms nodig zijn met de hand verder schoon te maken. Fragiele dokumenten mogen alleen van stof ontdaan worden met de hand.

In bewaarplaatsen voorzien van airconditioning met filtratie is het probleem ten dele opgelost. Indien de organisatie van zo een dienst onmogelijk is, zou men kunnen de medewerking vragen van vrijwilligers, b.v. van studenten in de universitaire bibliotheken.

HOOFDSTUK IV:
BESCHERMING TEGEN BIOLOGISCHE FACTOREN

I. Preventieve maatregelen
II. Bescherming tegen de uitbreiding

I. PREVENTIEVE MAATREGELEN

Het eenvoudigste middel om schade door biologische factoren te vermijden is te verhinderen dat deze in de bewaarplaatsen binnendringen. De insekten komen op verschillende manieren de bibliotheken binnen. De vliegende insekten komen door open vensters. De kruipende insekten graven galerijen of sluipen binnen langs de leidingen. Ze kunnen ook binnengebracht worden op de kledij van de bezoekers, in de verpakking van boeken, in ruilverkeer of gewoon via oude boeken in de vorm van eitjes of larven.

In grote goed uitgeruste bewaarplaatsen zouden alle nieuwe aanwinsten ontsmet en insektenvrij gemaakt moeten worden door ze te onderwerpen aan fumigatie. Voor een privé-persoon zal een nauwgezette en volledige schoonmaak met een penseel de mogelijke eitjes of *sporen* verwijderen en zo de risico's verminderen.

Maar men kan ook bepaalde voorzorgsmaatregelen nemen bij de bouw van de bewaarplaats. Tegen vliegende insekten moeten alle openingen, vensters of verluchtingsroosters voorzien worden van zeer fijn traliewerk of nylonweefsel gespannen over vaste kaders. Men zal ook vermijden insekten aan te trekken met voedsel. Dit geldt zowel voor het personeel als voor de lezers.

II. BESCHERMING TEGEN DE UITBREIDING

Bij inachtneming van de vroeger beschreven voorzorgsmaatregelen worden de gevaren voor een biologische aantasting sterk verminderd. We herhalen : het gaat hier om nauwgezette controle van de thermohygrometrische waarden. De relatieve vochtigheidsgraad moet lager zijn dan 50 %, zo niet ontwikkelen zich micro-organismen (vanaf 60 % relatieve vochtigheid bedraagt het watergehalte van het papier 5 tot 8 %, waarden die het kiemen van sporen veroorzaken). De verlichting moet nauw onder toezicht gehouden worden. De volledige afwezigheid van licht bevordert de ontwikkeling van micro-organismen maar een teveel aan licht brengt inwendige reacties van ontbinding teweeg. Het compromis is, zoals reeds gezegd, een niveau van 50 à 100 lux voor de bewaarplaatsen. Het verwijderen van stof in lokalen en boeken is een voorzorgsmaatregel. Men weet dat stof dikwijls beladen is met sporen van micro-organismen en zelfs met eitjes van insekten. De verluchting voorkomt de vorming van een gunstig microklimaat voor de groei van micro-organismen. Vooral de boekdelen die te dicht bij elkaar staan of kort bij de grond, de muren of de zoldering zijn aan zulke aantasting blootgesteld.

Buiten deze maatregelen zal men, om een gezonde sfeer in de bewaarplaatsen en magazijnen te bekomen en te behouden, materialen kiezen die uiteraard duurzaam zijn of die een preventieve behandeling ondergaan hebben. Dit voorschrift betreft niet alleen het meubilair, waarover we het achteraf zullen hebben, maar ook de produkten gebruikt voor de bescherming of de restauratie van dokumenten en boeken : papier, leder, draad, lijm enz.

Dank zij een nauwgezet en regelmatig toezicht op de boeken, zonder de binnenkant te verwaarlozen, kan men van het begin af een eventuele infectie ontdekken en vlug de nodige maatregelen treffen.

Indien men ondanks deze voorzorgsmaatregelen de aanwezigheid vaststelt van schimmel of van beschadigingen veroorzaakt door insekten moet men de aangetaste boeken en ook de lokalen ontsmetten. De gepaste behandeling zal moeten bepaald worden door een specialist, afhankelijk van de geïdentificeerde zwamsoort, van de mogelijke chemische reacties van het boekenmateriaal en van de toxiciteit van het produkt voor de mens.

TABEL 6

Methodes van ontsmetting

	Gebruikswijze	*Bestemming*
INSEKTICIDEN EN FUNGICIDEN		
Ethyleenoxyde	Fumigatie	Dokumenten
Zwavelfluoride	Fumigatie	Dokumenten
Caequartyl BE + Lindaan	Verstuiving	Lokalen
Diepvriezen		
Microgolven		Dokumenten
Gammastralen		Dokumenten
INSEKTICIDEN		
Methylbromide	Fumigatie	Dokumenten en lokalen
Lindaan	Sublimatie	Dokumenten en lokalen
Paradichloorbenzeen	Sublimatie	Dokumenten
Xylofeen	Inspuiting	Rekken
Pyretrum	Inspuiting	Rekken
Pentachloorfenol	Bestrijking	Rekken
Gammexaan	Inspuiting	Rekken
Silicagel	Bestrijking	Rekken
FUNGICIDEN		
Formaldehyde	Fumigatie	Dokumenten
	Sublimatie	Dokumenten en lokalen
Thymol	Sublimatie	Dokumenten
	Verstuiving	Lokalen
	Impregnatie	Vloeipapier
Caequartyl BE	Verstuiving	Dokumenten en lokalen
	Bestrijking	Rekken
Paraformaldehyde	Sublimatie	Lokalen
Triëthoxy-ammoniumdiborolactaat decahydraat	Verstuiving	Lokalen
Preventol	Verstuiving	Lokalen
Pentachloorfenol	Verstuiving	Dokumenten
mpregnatie	Vloeipapier	
Orthofenylfenol	Verstuiving	Dokumenten
	Impregnatie	Lijmen

De ontsmetting van het boekenmateriaal en van de archieven moet aan verschillende eisen voldoen. Zwammensporen, larven en insekteneitjes moeten vernietigd worden. Het binnendringen van chemische produkten in boeken of in bundels eist een krachtige aanpak met luchtledige autoclaven.

Een vergelijkende studie van de verschillende methodes van ontsmetting en insektenbestrijding hebben wij in het raam van deze studie nog niet verwezenlijkt. We geven nochtans een tabel met de produkten die gewoonlijk gebruikt worden in bibliotheken en bewaarplaatsen en waarvan de gebruikswijze dikwijls beschreven wordt in de literatuur.

De behandeling met ethyleenoxyde werd lang beschouwd als de beste voor de vernietiging van insekten en zwammen. Ethyleenoxyde wordt nochtans sterk geabsorbeerd door proteïnisch materiaal, leder en perkament, welke het chemisch wijzigen. Het is daarenboven *mutageen*, kankerverwekkend en toxisch voor de mens. De hoeveelheden ethyleenoxyde toegelaten in fumigatiezones zijn heel laag. Daarom zijn veel conservatiecentra overgegaan tot andere niet-toxische methodes zoals diepvriezen. Zwavelfluoride is als fumigatieprodukt op het ogenblik ter studie in de Verenigde Staten.

HOOFDSTUK V : BESCHERMING TEGEN FYSISCHE SCHADE

I. BESCHERMING TEGEN BRAND EN DIEFSTAL

1. BESCHERMING TEGEN BRAND

De bescherming tegen het gevaar voor brand blijft een van de voornaamste zorgen bij de opbouw en de inrichting van een bibliotheek: gebruik van vuurvaste materialen, heel betrouwbare elektrische installatie. Binnenin moet de discipline streng nageleefd worden en sommige maatregelen voor de zekerheid zijn noodzakelijk: brandmuur, deuren die automatisch sluiten, rookverbod in de magazijnen, verbod papier of brandbaar materiaal op te stapelen op de grond.

Er bestaan verschillende systemen voor branddetectie: door optisch meten van het licht of door veranderingen in de ionisatie. De meest geperfectioneerde systemen reageren bij detectie van rook in verband met de detectie van temperatuurstijging.

Een brandschel verbonden met de naastbijgelegen brandweerdienst zal moeten geplaatst worden.

De bekendste blusapparaten zijn de ,,sprinklers'' of automatische blussers met water. Hun nadeel is het gevaar voor overstroming en de schade die het water veroorzaakt aan de boeken. Andere systemen gebruiken koolzuurgas of een halogeengas om vlug het vuur te overmeesteren. Het Halongas 1301, bijvoorbeeld, is halogeenkoolwaterstof samengesteld uit broomtrifluormethaan dat geen overblijfsels achterlaat in de boeken en niet giftig is. Verder zijn er nog verschillende commerciële blusapparaten: met verstoven water, met koolstofdioxydesneeuw of met droog poeder.

2. BESCHERMING TEGEN DIEFSTAL

De bescherming tegen diefstal is grotendeels een kwestie van discipline. Enkele voorzorgen kunnen nochtans genomen worden bij de inrichting van de bibliotheek of de bewaarplaats: traliewerk, staven, luiken of onbreekbaar ruitenglas, alarm.

In de leeszalen met rechtstreekse toegang worden boeken en tijdschriften voorzien van gemagnetiseerde plaatjes of linten die het alarm aanslaan zodra men voorbij de detectiestraal bij de uitgang komt. Dit systeem is uitstekend voor zover de lezer het plaatje niet afrukt om zijn gestolen voorwerp ongemoeid mee te nemen. De conservator moet ervoor zorgen magnetisch materiaal op een onschendbare plaats te kleven en dit zonder het boek te beschadigen.

II. VERANTWOORDELIJKHEID VAN DE CONSERVATOR

Het ligt aan de conservator om vast te stellen welke practische reglementering zal toegepast worden in zijn bibliotheek of bewaarplaats. Deze reglementering richt zich enerzijds tot het technisch personeel om zijn werkmethode te bepalen en anderzijds tot de lezer die men moet inlichten, maar ook opvoeden.

1. HET MEUBILAIR

Zoals we het reeds verklaarden moeten de boeken niet te dicht naast elkaar staan om de beschadiging van de banden te vermijden en om de luchtstroming te verbeteren. Ze

zullen nochtans genoeg moeten ondersteund zijn om niet vervormd te worden. Het is eveneens belangrijk dat de boeken gemakkelijk glijden als men ze uit de rekken neemt. Wanneer men verschillende boeken uit de magazijnen moet halen zal men een karretje gebruiken.

a. *Algemene opmerkingen*

Men moet ervoor zorgen dat het bewaarsysteem een maximale bescherming verleent aan de dokumenten. De rekken en consoles mogen geen scherpe hoeken vertonen die de boeken zouden kunnen beschadigen. Het eerste en het laatste boek van elk rek moet beschermd worden door middel van een blad neutraal karton tegen de eventuele aanwezigheid van nagels of bouten. Boekensteunen in de vorm van winkelhaken, waarvan een gedeelte onder het boek wordt geschoven, zijn niet aan te bevelen. Het rechtstaande deel ervan moet in alle geval voldoende dik en zichtbaar zijn om te vermijden dat boeken erdoor gescheurd worden.

Voor wat het plaatsen van de boekenrekken betreft zal men ervoor zorgen ze niet tegen buitenmuren of fundamenten te plaatsen. Men zal ze ook niet op verwarmingstoestellen of rechtstreeks op de vloer zetten. Omwille van de luchtstroming zal men dus een ruimte laten achter of onder de boeken. Ze zullen eveneens evenwijdig geplaatst worden in de richting van de geventileerde lucht en loodrecht op de bestaande vensters, om zo de luchtstroming rondom de rekken toe te laten.

b. *De rekken*

De vraag wordt dikwijls gesteld: metalen of houten rekken? Beide modellen hebben hun eigenschappen maar geen van beide geeft volledige voldoening.

In oude gebouwen werden rekken van gewoon hout lang verboden. Ze zijn brandbaar en vooral een gemakkelijke prooi voor insekten. De moderne technieken laten toe ze onbrandbaar te maken en ze te behandelen met fungiciden en insekticiden. De houten rekken weren de condensatie en zijn hygrometrische regelaars. Ze mogen gebruikt worden op voorwaarde dat ze overdekt worden met twee tot drie lagen vernis of acrylverf ten einde de boeken te beschermen tegen de afbraakprodukten van de lignine en andere stoffen die zouden kunnen migreren.

De stalen rekken moeten een aantal perforaties hebben om de verluchting te verzekeren en de condensatie te verhinderen. Ze moeten geverfd zijn, bij voorkeur geëmailleerd, om roest te vermijden. De boekenrekken zijn bijna altijd aarvormig geplaatst met dubbel uitzicht. Het is aangeraden eenvoudige dwarshouten te gebruiken tussen de elementen in plaats van volle platen. Dit nog eens om de luchtstroming te vergemakkelijken.

c. *De boekenkasten*

In de privé-bibliotheken zijn de boeken soms opgeborgen in kasten of in gesloten uitstalramen. Deze zijn af te raden want ze laten geen voldoende luchtstroming toe. Een mogelijke oplossing is luchtgaten te maken die voorzien zullen zijn van een filter of een prop watten.

Kostbare boeken en sommige dokumenten moeten soms opgeborgen worden in brandkasten. In zulke omstandigheden is de verluchting en de thermohygrometrische controle practisch onmogelijk. Men moet in zulke uiterste gevallen de plaats conditioneren en eventuele hygroscopische veranderingen voorkomen door de aanwezigheid van silicagel.

d. *De „compactus"*

Een nieuw model van boekenrek verscheen enkele jaren geleden op de markt. Het gaat om een bewegend systeem gemonteerd of opgehangen aan een rail. Dank zij dit systeem wordt de oppervlakte van de magazijnen door afschaffing van de doorgangen maximaal gebruikt. Nochtans is dit systeem zeer duur en nogal fragiel. De studie van de klimatologische omstandigheden binnen in deze compactussen toont een constant behoud aan van temperatuur en relatieve vochtigheid. Ze bieden eveneens een goede bescherming tegen vuur en biologische aanvallen. Hun voornaamste nadeel is de zwakke of niet bestaande verluchting.

2. ZORG VOOR DE VERZAMELINGEN

a. *Enkele aparte gevallen*

Volgens het soort dokument zal men het rangschikkingssysteem moeten aanpassen of wijzigen en ook ingrijpen voor de beveiliging.

1° Kostbare boeken

Voor kostbare boeken bekomt men een grotere bescherming door ze te bewaren in niet-zuurhoudende dozen of gewoonweg in etuis. Maar deze laatste geven minder voldoening want de ruggen van de boeken zijn er niet door beveiligd. Bij elk in- of uitschuiven ondergaan de boeken een schadelijke wrijving. Theoretisch zouden alle oude en kostbare boeken in dozen moeten bewaard worden. Dat is practisch onmogelijk. De werken waarvan de restauratie om ekonomische of technische redenen onmogelijk is, hebben de voorrang.

Wanneer deze behandeling onmogelijk is of in afwachting van de restauratie, zal men ergere beschadigingen of het verlies van een deel van de boekband vermijden door deze te hechten aan het boekdeel. Daartoe zal men een vlassen of katoenen lint gebruiken dat het boekdeel aan de vier kanten samenhoudt, zonder een te grote druk erop uit te oefenen. De knoop van het lint zal men aan de holle snede van het boek plaatsen om geen spoor na te laten in de kaft. Kostbare boeken waarvan de platten versierd zijn met sluitingen of bouten moeten ingewikkeld worden om de werken die er tegenaan staan niet te beschadigen. Al de boeken waarvan de boekband fragiel is alsook de reeds gerestaureerde banden zouden moeten bewaard worden in dozen.

2° Archiefdokumenten

De categorie archiefdokumenten bestaat uit een ruime keus dokumenten : briefwisseling, wetteksten, financiële teksten en dgl., die gewoonlijk zeer verschillend van formaat zijn en zelden ingebonden, in het beste geval ingebundeld worden. Om ze te beschermen tegen licht en stof en om hun klassering te vereenvoudigen zullen archiefdokumenten in dozen opgeborgen worden.

De kwaliteit van het materiaal van deze dozen is zeer belangrijk. Het karton moet neutraal of licht alkalisch zijn en geen mechanische houtpulp bevatten. Deze archievendo-

Afb. 63. Conservatie van kostbare boeken.

zen zijn in de handel verkrijgbaar, in allerlei afmetingen en vormen.

De dokumenten zullen van elkaar gescheiden worden door inlegvellen van zuurvrij papier. Dozen of opbergmappen voor archieven die verkocht worden onder de benaming ,,zonder zuur'', zijn niet goedkoop. Daarom zal men veelvuldig gebruik maken van deze inlegvellen, zodat de dokumenten niet in aanraking komen met de map. De dozen zullen horizontaal geplaatst worden op de rekken, vooral als de dokumenten in een gevorderde staat van ontbinding en broosheid verkeren.

3° Grote formaten

Voor boeken van zeer groot formaat gebruikt men diepere rekken waarvan de planken van mekaar voldoende verwijderd zijn. Zeer brede boekdelen worden liggend

bewaard, en wel zó dat ze niet uit de rekken steken. Andere dokumenten zoals aanplakbiljetten, kaarten, tekeningen van architekten e.a. worden over het algemeen niet ingebonden en gezien hun ongewoon formaat moeten ze noodzakelijk liggend of opgerold opgeborgen worden.

Dokumenten die liggend bewaard moeten worden zullen geschikt worden in grote, platte dozen voorzien binnenin van neutraal papier of in meubels met laden speciaal daartoe ontworpen. Men legt er zo ten hoogste 10 à 12 op elkaar, met tussenbladen van neutraal papier van het formaat van de laden.

Bij dokumenten die mogen opgerold worden gebeurt dit op een stevige kartonnen rol vooraf overtrokken met een beschermend blad papier van de breedte van de dokumenten. Wanneer deze opgerold zijn worden ze overdekt met een ander papier dat breed genoeg is om aan de uiteinden geplooid te kunnen worden naar de binnenkant van de

Afb. 64. Conservatie van boeken van groot formaat.

Afb. 65. Voorbeeld van drager voor het tentoonstellen van boeken.

rol. Men kan ook een blad neutraal lompenpapier op het dokument leggen alvorens het op te rollen. Dit zal dienen als tussenlegger. De rollen worden liggend bewaard op een hangrek of bovenop een meubel met laden, maar nooit verticaal in een kast of staande op de vloer.

4° Kunstwerken op papier

In deze categorie vindt men tekeningen, gravures, pastels, houtskooltekeningen, aquarellen en andere grafische werken op papier.

Vooraleer deze werken op te bergen verwijdert men het stof over gans de oppervlakte. Alle onzuiverheden worden tegelijkertijd weggenomen want deze kunnen migreren en aldus onherroepelijk het kunstwerk besmetten. De enveloppen, mappen en passe-partouts in zuur karton zullen verwijderd worden. De gedroogde kleefbanden, paperclips en nietjes zullen zorgvuldig losgemaakt worden.

De eenvoudigste manier is bladen neutraal papier tussen de dokumenten te leggen alvorens ze in een bewaardoos of in een lade op te bergen. Een blad in tweeën geplooid waar men het werk tussenschuift is een nog betere bescherming.

Voor gravures en tekeningen die dikwijls tentoongesteld worden gebruikt men passepartouts van neutraal karton. Men kiest enkele standaardformaten in verband met het formaat van de opbergdozen. Inzake dozen geeft men de voorkeur aan het model genaamd ,,Solander'', dat zeer sterk en practisch is. Wanneer deze doos open is rusten deksel en rug helemaal in het verlengde van elkaar zodat men de passe-partout gemakkelijk uitneemt.

b. *Fotokopieën*

De beschadigingen veroorzaakt aan boeken door fotokopieerapparaten zouden kunnen vermeden worden door de originelen te vervangen door fotografische facsimiles of door een fotokopie van uitstekende kwaliteit (verwezenlijkt door ervaren personeel). Heden bestaan er nieuwe fotokopieertoestellen voorzien van een draaischijf waarop het boekdeel geplaatst wordt, geopend op de gewenste bladzijde en in een hoek van 90°. De schijf verheft zich naar de reproductiebron die zich zodoende, volgens dezelfde hoek, in het boek komt plaatsen. Een enkele bladzijde wordt telkens gecopieerd. Na kopie en draaien van de schijf wordt het tweede blad zo nodig gereproduceerd.

Op deze manier zouden zeldzame en kostbare boeken slechts bereikbaar zijn indien de raadpleging van het originele werk noodzakelijk is voor een codicologische of bibliologische ontleding.

c. Tentoonstellingen

Oorspronkelijke of zeldzame grafische dokumenten zullen nooit permanent tentoongesteld worden : 30 dagen is een maximum! Daarenboven zal de conservator er zich van vergewissen dat de dokumenten voorgesteld worden overeenkomstig de normen van klimaatregeling en verlichting. Als het boek geopend is op de eerste of de laatste bladzijde zal men er bijzonder voor waken de knepen van de boekband niet te forceren maar integendeel het overhangend plat te ondersteunen. Om een boek ten toon te leggen dat in het midden geopend is zal men een drager gebruiken in V-vorm, van plexiglas of van geverfd hout, overtrokken met zuurvrij karton. De twee bladzijden kunnen in stand gehouden worden door een dun lint van doorschijnend polyester.

3. OPVOEDING VAN DE LEZER

De conservator of de bibliothecaris zou een zeker aantal waarschuwingen kunnen verzamelen die gedrukt zouden worden op neutraal papier en in de vorm van bladwijzer aan de lezer overhandigd zouden worden op het ogenblik van de ontlening. Deze aanmaningen zullen handelen over het transport en het behandelen van de boeken, het verbod erin te schrijven, enz...ten einde de medewerking van de lezers te verkrijgen om het patrimonium van de bibliotheek te beschermen. De conservator kan ook een korte nota opstellen (in een strenge of humoristische stijl), om de lezers aan te manen de boeken met zorg te behandelen. Dergelijke nota wordt goed zichtbaar in de lokalen en op de tafels aangebracht.

Aan enkele elementaire regels zou kunnen herinnerd worden door tekeningen : de boeken uit de rekken nemen zonder de *kapitaalbanden* af te rukken, zonder de *besteekbanden* te scheuren, zonder de ruggen los te maken, niet méér boeken verplaatsen dan men met volle zekerheid kan dragen...

II. VERANTWOORDELIJKHEID VAN DE RESTAURATEUR

De restauratie van boeken vergt een kennis, een handigheid en een ondervinding die niet alleen in boeken kan aangeleerd worden. Alle restauratiewerken moeten toevertrouwd worden aan een gespecialiseerde dienst.

Noodbehandelingen zijn dikwijls schadelijker dan nuttig. Plakband is te verwerpen, hoewel het gebruik ervan onvermijdelijk schijnt. Verschillende zogezegde neutrale folies verschenen deze laatste jaren op de markt onder de naam ,,Filmoplast P'' en ,,Aslan''. De drager bestaat uit papier dat 100 % chemisch en zuurvrij is. De kleefstof is een acrylhars waaraan een alkalische reserve toegevoegd werd: calciumcarbonaat. Alvorens ze te gebruiken of aan te prijzen, zou men ze eerst moeten ontleden, hun weerstand en hun onschadelijkheid nagaan.

In afwachting is de eenvoudigste en de minst gevaarlijke want omkeerbare oplossing het gebruik van plantaardige lijm en strookjes Japans papier. Wanneer men materiaal moet plakken kan men bij voorkeur stijfselpap gebruiken of een synthetische lijm op basis van cellulose bekend onder de naam Tylose. De andere soorten lijm zoals de witte vinyllijmen zijn af te raden voor restauratiewerken want ze zijn niet omkeerbaar. Zo zal men ook voor andere materialen zoals papier en karton de voorschriften navolgen om een optimale conservatie mogelijk te maken.

Voor het leder bv. beïnvloedt de manier van looien in grote mate de gevoeligheid van het leder voor biologische agenten: het leder gelooid met chroom is sterker dan dat gelooid met plantaardige middelen.

III. VERANTWOORDELIJKHEID VAN DE LEZER

Ten slotte zal men niet genoeg de lezers, en vooral de toekomstige lezers aanmanen een minimum aan eerbied en netheid te hebben in hun omgang met boeken.

Ook kunnen ze samenwerken met het bestuur van de bibliotheek door de beschadigingen te melden die ze opmerken in de boeken. Ze moeten met aandrang verzocht worden de enkele regels in acht te nemen waaraan ze herinnerd worden door aanplakbiljetten, nota's of bladwijzers in de boeken zelf. Men zal o.a. aanraden het materiaal met zorg te behandelen, de boeken niet uit de rekken te halen door ze bij de besteekband te nemen, niet te eten of te drinken bij het raadplegen van dokumenten, niet te schrijven in de boeken, te fotokopiëren alleen als dit noodzakelijk is en dan zonder de boekbanden plat te drukken, elke schade onmiddellijk te melden opdat ze zou kunnen hersteld worden, de boeken niet in de handen van kleuters te geven of ze in de buurt van huisdieren te laten liggen.

BIBLIOGRAFIE

I. Controle van de klimatologische omstandigheden
II. Controle van het belichtingsniveau
III. Controle van de kwaliteit van de lucht
IV. Bescherming tegen biologische factoren
V. Bescherming tegen fysische schade

I. CONTROLE VAN DE KLIMATOLOGISCHE OMSTANDIGHEDEN

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, in *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

De auteur herneemt de normen voorgesteld door verschillende inrichtingen, Library of Congress, Britisch Museum Library. Rekening houdend met de eisen van het menselijk komfort en met zijn ervaring beschrijft hij de beste voorwaarden.

* BRIGGS, James R., *Environmental control of modern records*, in *Conservation of Library and Archives Materials and the Graphic Arts*, Londen, 1987, p. 297-305.

Overzicht van de verschillende apparaten die toelaten de klimatologische omstandigheden na te gaan om de temperatuur en de vochtigheid van de lucht te verhogen of te verlagen. De auteur vergelijkt de doeltreffendheid van elk apparaat alsook het rendement in de loop van het jaar.

* BUCK, Richard D., *A specification of museum air conditioning*, in *Museum News Technical Supplement*, XXXXIII(1964), nr 6, p. 53-57.

De auteur vergelijkt de eisen van een museumverzameling bij die van levende wezens: temperatuur voor komfort, verluchting.

* *Climatologie et conservation dans les musées*, in *Museum*, XIII(1960), p. 203-241 (Frans), p. 242-278 (Engels), p. 279-289 (bijlagen).

Klimatologische principes (lucht, temperatuur en relatieve vochtigheid). Beschrijving van de meetinstrumenten, van de controle-apparaten en praktische raadgevingen voor het onderhoud.

DE CANDIDO, Robert en Grace Anne DE CANDIDO, *Micro-preservation: conserving the small library*, in *Library Resources and Technical Services*, 29(1985), nr 2, p. 151-160.

Raadgevingen voor conservatie aangepast voor een kleine verzameling en dus een klein budget.

DEFRISE, P. en A. DE RIDDER, *Pour comprendre la prévision du temps et les bulletins météorologiques*, Documentation météorologique, Koninklijk Meteorologisch Instituut, Brussel, 1978, 78 p.

Klaar en precies verslag over de opmeting van de temperatuur en de relatieve vochtigheid.

* DE GUICHEN, Gael, *Biblioteche, archivi e prevenzione contro gli agenti fisici*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 53-69 en in *PACT*, 12 (1985), p. 39-38, (Engels).

Klimatologische risico's waaraan de verschillende dragers van kunstwerken en meetinstrumenten blootgesteld zijn en controletechnieken van fysische factoren.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

Technische en organisatieproblemen voor magazijnen: temperatuur, vochtigheid, verluchting, luchtverontreiniging, rekken, bestrijding van brand.

* Institut Canadien de Conservation, *Note 2.4. Trousse de vérification du milieu ambiant*, Ottawa, 1983, 1 p.

Praktische steekkaart voor de uitvoering van de controles van de kameratmosfeer.

JAYOT, F., *L'humidité dans les dépôts d'archives: instruments et méthodes de mesure*, in *Nouvelle gazette des archives*, (1983), nr 123, p. 232-245.

Beschrijving van de meetinstrumenten (thermometer, psychrometer, hygrometer, enz.), controle van de klimatologische omstandigheden na een overstroming. Noodzakelijkheid om de evolutie van temperatuur en vochtigheid gedurende het drogen na te gaan.

* KECK, Caroline K., Huntington T. BLOCK, Joseph CHAPMAN, John B. LAWTON en Nathan STOLOW, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.

Verschillende problemen aangaande de conservatie worden overwogen: veiligheid, zekerheid van de omgeving, controle van het licht. Vanuit het standpunt van de museumconservator.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.

Beschrijving van de instrumenten voor de controle van de klimatologische condities: temperatuur, vochtigheid, licht, luchtverontreiniging. Volgens de financiële mogelijkheden van de instituties stelt de auteur de onmisbare instrumenten voor.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.

Samenvatting van de normen toegepast in archievendepots. Buiten enkele normen van temperatuur en vochtigheid eigen aan dat land, zijn de normen voor licht en verluchting toepasselijk op onze streken.

* *Licht en klimaatbeheersing in musea*, Uitg. Provinciaal Museum voor religieuze Kunst, Sint-Truiden, 1980, 45 p.

Elementaire regels voor de klimaat- en lichtregeling in musea. Katalogus van een rondreizende tentoonstelling van de ICCROM.

* MAC LEOD, K.J., *Relative Humidity: its Importance, Measurement and Control in Museum*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 15 p.,

Relatieve vochtigheid, meten van het waterdampgehalte van de lucht, hoe dit organische materialen aantast, relatieve vochtigheid geoorloofd in musea. Enkele regelingsmethodes worden bondig beschreven.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Algemene conservatieregels voor bibliothecarissen: temperatuur, licht, verluchting en raadgevingen voor het onderhoud (besmetting, meubilair, rangschikking). Problemen betreffende de conservatie, het onderhoud en ook nog de restauratie van sommige types van boekenbanden in leder, perkament, weefsel, en suèdeleer.

* NAVACELLE, Christine, de, *Conservazione dei documenti audiovisivi*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 113-128 en in *PACT*, 12 (1985), p. 81-106 (Engels).

Conservatieregels (temperatuur, vochtigheid) voor niet-bewegende beelden (foto's, dia's), voor bewegende beelden (nitraat-, acetaat- en kleuren films) en voor de magnetische dragers (videobanden).

Principles of Conservation and Restoration in Libraries, in *IFLA Journal*, V(1979), nr 4, p. 292-300.

De internationale Federatie van de Bibliotheken heeft conservatie- en restauratieprincipes kenbaar willen maken in nauwkeurige maar toch begrijpbare termen voor bibliothecarissen en conservators van archieven. De besproken factors zijn klimaatregeling, verlichting, onderhoud, meubilair, gebruik. Deze principes zouden dus moeten gekend en toegepast worden.

* SCHWARZ, Danièle, *Conservation des images fixes*, Parijs, 1977, 167 p.
Handboek dat al de problemen beschouwt in verband met de conservatie van foto's: beschadiging, behandeling, conditionering van negatieven en papieren.
* THOMSON, Garry, *Museum Environment*, Londen, 1978, 270 p.
Cf. biblio. Deel II, § I

II. CONTROLE VAN HET BELICHTINGSNIVEAU

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, in *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.
Cf. biblio. Deel II, § I
* *Climatologie et conservation dans les musées*, in *Museum*, XIII(1960), p. 203-241 (Frans), 242-278 (Engels), 279-289 (bijlagen)
Cf. § I
* *Code de bonne pratique de l'éclairage des oeuvres d'art et objets de collection*, Ministère de la Communauté française, Brussel, 1984, 80 p.
Problemen aangaande de verlichting in musea en galerieën. Raadgevingen voor het tentoonstellen van verscheidene soorten voorwerpen.
DAVID, Jonathan, *Light in museums*, in *Museums Journal*, 85(1986), p. 203-215.
De schrijver geeft achtereenvolgens de verschillende types van verlichting: gloeilampen, fluorescentiebuizen, halogeen-wolfraamlampen op lage spanning, enz.
* DE CANDIDO, Robert en Grace Anne DE CANDIDO, *Micro-preservation: conserving the small library*, in *Library Resources and Technical Services*, 29(1985), nr 2, p. 151-160.
Cf. § I
DE GUICHEN, Gael, *Biblioteche, archivi e prevenzione contro gli agenti fisici*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 53-69 en in *PACT*, 12 (1985), p. 39-48 (Engels).
Cf. § I
DEL GRECO, Giorgio, *Problemi Bibliotecnici dei magazzini librari*, in *Accademie e Biblioteche d'Italia*, LI (34 ns)(1983), nr 6, p. 409-430.
Systemen voor het opbergen en het transport in de magazijnen van bibliotheken, verlichting en air-conditioning.
DUCHEIN, M., *La protection des archives contre la lumière solaire*, in *Bulletin d'information sur la pathologie des documents et leur protection aux archives de France*, (1961), nr 1, p. 47-56.
Oplossing aangenomen in Frankrijk voor de vermindering van het zonnelicht: kwantitatief gesproken, bij het bouwen of de inrichting van archieven; kwalitatief, door het filtreren van schadelijke stralingen.
GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.
Cf. § I
* Institut Canadien de Conservation, *Note 2.1. Filtres anti-ultraviolets pour les lampes à fluorescence*, Ottawa, 1983, 2 p.
Praktische steekkaart voor het uitvoeren van controles op de omgeving.
* KECK, Caroline K., Huntington T. BLOCK, Joseph CHAPMAN, John B. LAWTON en Nathan STOLOW, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.
Cf. § I
* LAFONTAINE, Raymond L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.
Cf. § I

* LAFONTAINE, Raymond L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.
Cf. § I

* LAFONTAINE, Raymond L. en Patricia A. WOOD, *Les lampes à fluorescence*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1982, 11 p.
Beschrijving van technische kenmerken van de fluorescentiebuizen, raadgevingen voor de keuze van een kunstmatige verlichting met inachtneming van de UV-straling (114 lampen werden getest, maar het is moeilijk deze modellen te identificeren in de katalogussen voorhanden in België).

* *Licht- en klimaatbeheersing in musea*, Provinciaal Museum voor religieuze Kunst, Sint-Truiden, 1980, 45 p.
Cf. § I

* *La lumière et la protection des objets et spécimens exposés dans les musées et galeries d'art*, ICOM, Parijs, 1977, 43 p.
Beschrijving van het licht en van de beschadigingsfactoren. Bescherming van de kunstwerken : talrijke voorbeelden. Voor een meer recente benadering zie *Code de bonne pratique de l'éclairage*.

* LUSK, Caroll B., *The invisible danger of visible light*, in *Museum News*, (1975), p. 22-23.
De schrijver herinnert aan de beschadigingen veroorzaakt door zichtbaar en onzichtbaar licht en beschrijft enkele preventief te gebruiken materialen.

* MAC LEOD, K.J., *Museum Lighting*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 13 p.
Algemene grondbeginselen aangaande het licht : samenstelling, bronnen, beschadigingen naar gelang van het type licht. Aanvaardbare verlichtingsniveaus en methodes om de lichtintensiteit te temperen of schadelijke stralingen te verwijderen.

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.
Cf. § I

* PERKINSON, Roy, *On conservation : the problem of lighting works of art on paper*, in *Museum News*, 53(1974), nr 3, p. 5-7.
Vragen en antwoorden over precieze problemen ondervonden bij tentoonstellingen : moeilijkheden veroorzaakt door verschillende inkten.

Principles of Conservation and Restoration in Libraries, in *IFLA Journal*, V(1979), nr 4, p. 292-300.
Cf. § I

* STANFORTH, Sarah, *Les mauvais éclairages*, in *Museum*, XXXIV(1982), nr 1, p. 53-54.
Practische en elementaire raadgevingen ter bescherming tegen de uitwerkingen van het licht bij tijdelijke of permanente tentoonstelling.

III. CONTROLE VAN DE KWALITEIT VAN DE LUCHT

Zie § I

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, in *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

BUCK, Richard D., *A specification of museum air conditioning*, in *Museum News*, Technical supplement, XXXXIII(1964), nr 6, p. 53-57.

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Recommended Environmental Monitors for Museums, Archives and Art Galleries*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1975, 20 p.

* LAFONTAINE, Raymond L., *Normes relatives au milieu pour les musées et les dépôts d'archives canadiens*, Institut Canadien de Conservation, Ottawa, 1981, 4 p.

Principles of Conservation and Restoration in Libraries, in *IFLA Journal*, V(1979), nr 4, p. 292-300.

IV. BESCHERMING TEGEN BIOLOGISCHE FACTOREN

* GALLO, Fausta, *La lutte contre les micro-organismes dans les bibliothèques et les dépôts d'archives*, in *ICOM Committee for Conservation*, Moskow-Leningrad, 1963, 31 p.

Preventieve maatregelen : klimaatregeling, reiniging, duurzame materialen. Procédés en produkten voor ontsmetting.

GALLO, Fausta en Piero GALLO, *Insetti e microorganismi nemici dei libri*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVI(1967), p. 143-190.

Zie hierboven

* GALLO, Fausta, Carla MARCONI en Mariasanta MONTANARI, *Saggi sulla sensibilità ai microorganismi di carte trattate con i raggi gamma e con l'ossido di etilene*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale par la Patologia del libro*, XXXV(1978-79), p. 63-73.

Vergelijking tussen ontsmettingsproeven met gammastralen en ethyleenoxyde.

* GALLO, Fausta, *Disinfezione e desinfestazione : problematiche ed esperienze*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del libro*, XXXIX(1984-85), p. 75-96.

Enkele chemische methodes van ontsmetting worden beschreven, de uitslagen van ontsmettingstests met ethyleenoxyde worden besproken.

HOULBERT, Constant, *Les insectes ennemis des livres. Leurs moeurs. Moyens de les détruire*, Parijs, 1903, 270 p.

Cf. biblio. Deel II, § II

* Institut Canadien de Conservation, *Note 8.1. Examen de dépistage des insectes*, Ottawa, 1986, 3 p.

Practische steekkaart om de aanwezigheid van insekten in bewaarplaatsen op te sporen.

LEPESME, P., *Protection des bibliothèques et des musées contre les insectes et les moisissures*, Parijs, 1943, 16 p.

Cf. biblio. Deel II, § II

* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarian*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.

Cf. § I

* NESHEIM, Kenneth, *The Yale non-toxic method of eradicating book-eating insects by deep-freezing*, in *Restaurator*, 6(1984), p. 147-164.

Gebruik van een diepvriestechniek als voorzorgsmaatregel voor de ontsmetting van nieuwe aanwinsten.

* NYUKSHA, J.P., *Biological principles of book keeping conditions*, in *Restaurator*, 3 (1979), p. 101-108.

Verband tussen het absolute vochtigheidsgehalte van het papier en de ontwikkeling van zwammen in een bibliotheek.

* SZENT-IVANY, J.J. H., *L'identification des insectes nuisibles et la manière de les combattre*, in *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Parijs, 1969, p. 53-70.

Cf. biblio. Deel II, § II

V. BESCHERMING TEGEN FYSISCHE BESCHADIGING

* ADDARIO, Arnaldo d', *Documenti conservati negli archivi*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 37-43 en in *PACT*, 12 (1985), p. 25-28 (Engels).

Compromis tussen consultatie en conservatie, restauratie : rol van de conservator-archivaris.

BANKS, Paul N., *Environmental standards for storage of books and manuscripts*, in *Library Journal*, 95(1974), p. 339-343.

Cf. biblio. Deel II, § I

* BEAUMONT-MAILLET, Laure, *Le patrimoine des bibliothèques. Mesures préventives à la Bibliothèque Nationale*, in *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 15-25.

Cf. biblio. Deel II, § III

* COSTANTINI, Arnoldo, *Proposte di custodie per la conservazione di particolare materiale librario*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV(1976-1977), p. 163-175,

Voorbeeld van etui-kistje dat toelaat een gerestaureerd werk te beschermen en de oude band te behouden.

* CRESCENZI, Victor, *Il microfilm come mezzo de conservazione negli archivi*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 96-105 en in *PACT*, 12 (1985), p. 71-76 (Engels).

Betreft de microfilms.

* CRESPO-NOGUEIRA, Carmen, *La fotografia come mezzo sostitutivo per la conservazione*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 83-95 en in *PACT*, 12 (1985), p. 61-69 (Engels).

Facsimile-uitgaven, fotografische reprodukties, reprodukties door micro-films en andere alternatieven waar de conservator een beroep kan op doen in het geval van bijzonder fragiele en kostbare boeken.

DEL GRECO, Giorgio, *Problemi bibliotecnici dei magazzini librari*, in *Accademie e Biblioteche d'Italia*, LI(34 ns) (1983), nr 6, p. 409-430.

Cf. § II

* FALLOTIN, Pierre, *Les systèmes d'alarme incendie*, in *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 186-193.

Cf. § II

* GALLO, Michelangelo, *Argomenti di edilizia bibliotecaria*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIII(1954), p. 110-112.

Cf. § I

* GALLO, Michelangelo, *Gli scaffali metallici*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIV(1955), p. 143-151.

Raadgevingen aangaande modellen van rekken, hun plaatsing in magazijnen en bewaarplaatsen.

* GALLO, Michelangelo, *Le scaffalature mobili ed alcune osservazioni sul calcolo dello spazio nei magazzini*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XV(1956), p. 36-44.

Opmerkingen aangaande compacte modellen van rekken.

* GALLO, Michelangelo, *Gli scaffali metallici nelle loro parti costruttive*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVI(1957), p. 221-237.

Raadgevingen aangaande modellen van rekken, hun plaatsing in magazijnen en bewaarplaatsen.

* GALLO, Michelangelo, *Le scaffalature nelle sali di lettura*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVII(1958), p. 38-46.

Zie hierboven

HENDERSON, James W. en Robert G. KRUPP, *The librarian as conservator*, in *The Library Quarterly*, 40(1970), nr 1, p. 176-191.

* ICC, *Note 11.1. Contenants protecteurs pour le rangement des livres et autres objets en papier*, Ottawa, 1983, 4 pag.

* ICC, *Note 11.2. La mise en réserve des oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986,4 pag.

* ICC, *Note 11.3. Verres et plastiques pour l'encadrement des oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986, 4 pag.

* ICC, *Note 11.4. Colle d'amidon de blé*, 1986, Ottawa, 2 pag.

* ICC, *Note 11.5. Passe-partout standard pour les oeuvres sur papier*, Ottawa, 1986, 4 pag.

* ICC, *Note 11.7. Le soin des reliures en cuir*, Ottawa, 1987, 4 pag.

* ICC, *Note 11.8. Soutien des livres exposés*, Ottawa, 1987, 2 pag.

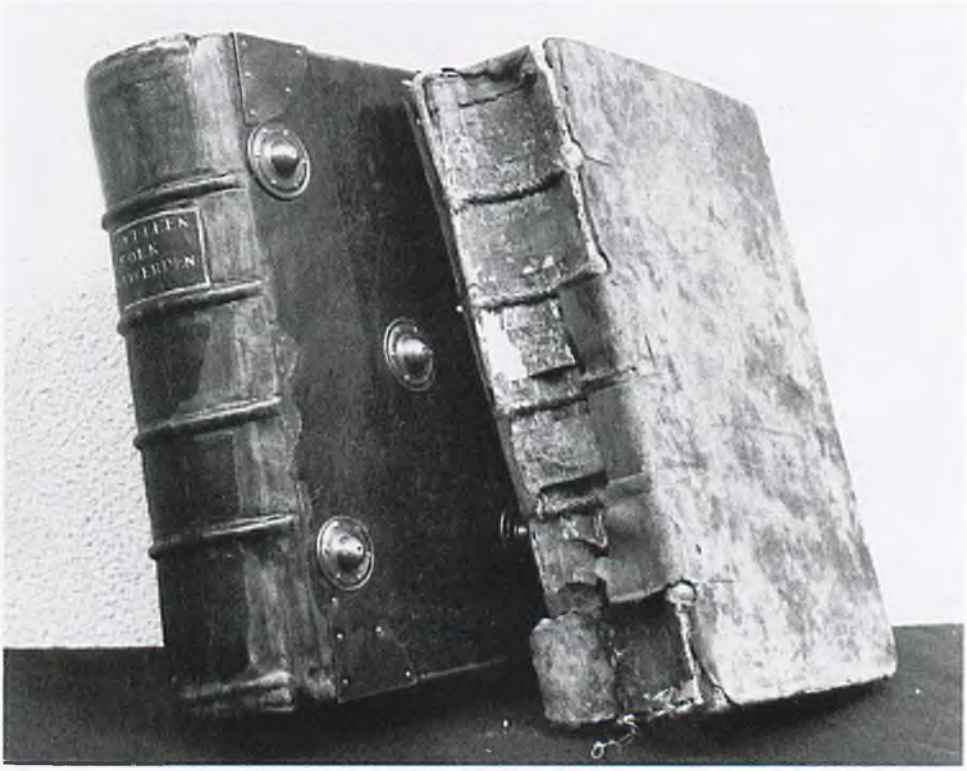
Al deze nota's geven nuttige raadgevingen en oplossingen van vele concrete problemen.

* KECK, Caroline K., Huntington T. BLOCK, Joseph CHAPMAN, John B. LAWTON et Nathan STOLOW, *A Primer on Museum Security*, New York, 1966, 85 p.

Cf. § I

* KEMP WEIDNER, M., *Damage and deterioration of art on paper due to ignorance and the use of faulty materials*, in *Studies in Conservation*, 12(1967), nr 1, p. 5-25.
Cf. biblio. Deel II, § III
* KING, Antoinette, Wynne PHELAN en Wauren E. FALCONER, *On the choice of paper for lining works of art on ground woodpulp supports*, in *Studies in Conservation*, 18(1973), nr 4, p. 171-174.
Voorbeeld van onderzoek van de gebruikte materialen voor een restauratie. Test om een kunstwerk op houtvezelspapier te doubleren, met papieren van verschillende pH's.
LABARRE, Albert, *Problèmes de conservation à la Bibliothèque nationale de Paris*, in *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 50(1979), p. 163-173.
LYDENBERG, Harry M. en John ARCHER, *The Care and Repair of Books*, New York, 1960, 122 p.
Marking Manuscripts, Library of Congress, Preservation leaflet, nr 4, Washington D.C., 1977.
* METCALF, K.D., *The design of book stocks and the preservation of books*, in *Restaurator*, 1(1979), nr 2, p. 115-125.
* MIDDLETON, Bernard C., *Book preservation for the librarians*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 1-23.
Cf. § I
Newsprint and its Preservation, Library of Congress, Preservation leaflet, nr 5, Washington D.C., 1981.
* NEIRYNCK-DE SCHAEPDRYVER, *Enkele elementaire maatregelen voor een goede bewaring van boeken en grafische documenten*, in *Monumenten en Landschappen*, 2 (1983), nr 3, p. 47-54.
* NYUKSHA, J.P., *Biological principles of book keeping conditions*, in *Restaurator*, 3 (1979), p. 101-108.
Cf. IV
* ORMANNI, Enrica, *La prevenzione nei confronti degli archivi su nuovi supporti*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 107-112 en in *PACT*, 12 (1985), p. 77-80 (Engels).
Betreft de magnetische bandopnamen.
* PHILIPS, D.C., *Permanence of photocopies*, in *Museums Journal* (1980), nr 2, p. 106.
Methodes gebruikt voor de reproduktie van dokumenten. Modellen van fotokopieerapparaten waarvan het procédé het minst schadelijk is.
POOLE, Frazer G., *Some aspects of the conservator problems in archives*, in *The American Archivist*, 40(1977), p. 163-171.
Principles of Conservation and Restoration in Libraries, in *IFLA Journal*, V(1979), nr 4, p. 292-300.
Cf. § I
* SANDWITH, Hermione en Sheila STAINTON, *The National Trust Manual of House-Keeping*, Harmondsworth-New York, National Trust, 1986, 273 p.
Zie algemene bibliografie
* VERGNE, M., *Musée et sécurité ou réconcilier l'inconciable*, in *Rencontres internationales pour la protection du patrimoine culturel*, Avignon, 1985, p. 26-41.

VIERDE DEEL: CURATIEVE METHODES



HOOFDSTUK I: ONTZURING

I. Meten van de zuurtegraad
   1. Gekleurde indicatoren
   2. pH-meter

II. Werkwijze
   1. Inventaris van ontzuringsmethodes
   2. Evaluatie

III. Wassen
   1. Toetsing
   2. Conclusie

IV. Methodes voor ontzuring in waterig midden
   1. Calciumhydroxyde
   2. Bariumhydroxyde
   3. Natriumhydroxyde
   4. Methode van Barrow met twee baden
   5. Calciumbicarbonaat
   6. Magnesiumbicarbonaat
   7. Natriumbicarbonaat
   8. Borax
   9. Calciumchloride/ammoniumcarbonaat
   10. Alkalizouten

V. Methodes voor ontzuring in niet-waterig midden
   1. Magnesiumacetaat
   2. Calciumacetaat
   3. Calciumformiaat
   4. Regnal 7^{d} en Regnal 7^{p}
   5. Bariumhydroxyde
   6. Magnesiummethoxyde
   7. Methylmagnesiumcarbonaat

I. METEN VAN DE ZUURTEGRAAD (pH)

Het begrip zuurtegraad werd bepaald in de uiteenzetting over de voornaamste beschadigingsmechanismen (zie deel II, Hoofdst. 1). De meting van de zuurtegraad wordt gedaan op verschillende manieren, door middel van gekleurde indicatoren of van de pH-meter.

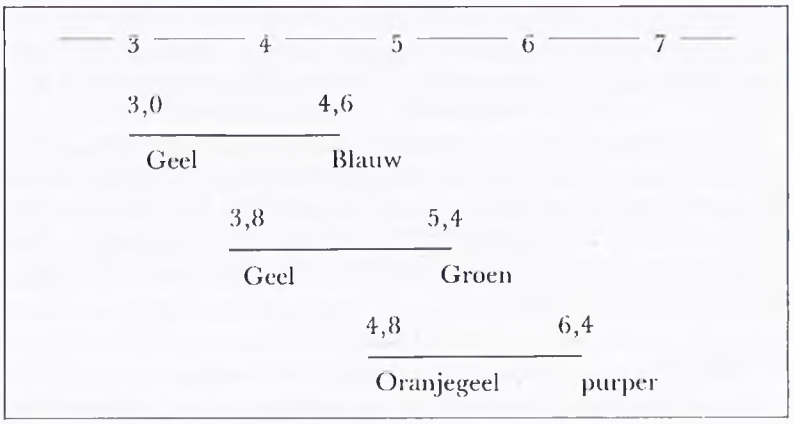
1. Gekleurde indicatoren

Gekleurde indicatoren zijn stoffen die door kleurverandering de zuurtegraad of de basiciteit van een oplossing aanwijzen. De geschiktste indicatoren voor wat papier betreft zijn chloorfenolrood, broomcresolgroen en broomfenolblauw. Elke indicator slaat om tussen heel nauwkeurige pH-waarden die het omslaggebied vormen. Door een systeem van micro-vlekken kan men de pH van het papier bepalen met een voor restaurateurs voldoende nauwkeurigheid. In het laboratorium hebben we deze pH-determinering met succes getest. De vlekken zijn heel klein en onopvallend en worden waargenomen met een binoculair.

Er bestaan eveneens indicatoren uit papier: papier doordrenkt met één of meer indicatoren. Ter informatie vermelden we de universele indicatoren (0-14) van de firma Merck. Door vergelijking met een kleurenschaal laten universele indicatoren de bepaling toe van de pH tot op één eenheid na. Ze gaan geleidelijk over van rood naar paars, van het zuur naar het alkalisch gebied, de hele pH-schaal aflopend. Hoewel door verscheidene auteurs aangehaald, is deze techniek nochtans weinig overtuigend in de praktijk [1-5] *. Tijdens onze tests hebben we vastgesteld dat de kleur van deze indicatoren haast niet gewijzigd wordt door de verschillende waarden van de pH: het is moeilijk met deze methode een precieze relatieve waarde van de zuurtegraad te bekomen.

TABEL 7

Enkele omslaggebieden van gekleurde indicatoren



* De cijfers tussen rechte haakjes verwijzen naar de bronvermeldingen. Deze zijn gerangschikt naargelang de volgorde van de hoofdstukken van dit deel.

Een stift is eveneens te verkrijgen in de handel onder de naam „Archivist's pen". Deze gebruikt het broomcresolgroen als gekleurde indicator (groen 5,4 - blauw 4,5 - geel 3,8). De waarnemingen worden gedaan 1 tot 5 minuten nadat het papier gemerkt werd. Deze methode geeft een goede schatting van de pH aan de oppervlakte in vergelijking met metingen bekomen met de contact-elektrode of de micro-vlekken van de gekleurde indicatoren [21]. Jammer genoeg blijft op het papier een vlek achter die moeilijk te verwijderen is.

2. pH-METER

De pH-meter is een toestel om de pH van een oplossing te meten. Het gaat hier in hoofdzaak om een potentiometer die men verbindt met twee elektroden waarvan de ene van glas is en gevoelig is voor de concentratie van H^+-ionen. In modernere systemen zijn de twee elektroden verenigd in één enkele met plat grondvlak. Men kan aldus de pH van de oppervlakte meten [61]. Vóór de eerste meting moeten ze gekalibreerd worden door middel van *buffer*oplossingen met gekende pH's.

Deze methode is niet destructief maar kan soms een geelachtige kring nalaten op oude papieren. In de praktijk legt men met een pipet een druppel gedestilleerd water op het papier. De elektrode met plat vlak wordt op de vochtige vlek geplaatst. De pH wordt afgelezen na 3 minuten. Het gemiddelde van 3 aflezingen wordt berekend op 0,1 na.

Een nauwkeuriger meting bekomt men door warme of koude extractie: men legt een papiermonster in gedestilleerd water te weken en meet de pH van de aldus verkregen oplossing. Deze methode heeft één nadeel: ze vereist het gebruik van een papierfragment en is dus destructief. Voor deze twee wijzen van meting volgt men gewoonlijk de Franse normen (AFNOR) of de Amerikaanse (TAPPI).

II. WERKWIJZE

1. Inventaris van de ontzuringsmethodes

Het eerste deel van ons werk bestond erin een bibliografische opzoeking te doen om informatie te verzamelen over alle technieken die in de verschillende restauratielaboratoria van de wereld ontwikkeld en getest werden. Onder de voornaamste in de literatuur beschreven methodes werden sommige uitgesloten omdat ze in de praktijk reeds opgegeven werden, of ondoeltreffend op lange termijn bleken.

Deze methodes kunnen gerangschikt worden in drie groepen. De eerste omvat dokumenten die een behandeling in water kunnen doorstaan. In de tweede groep rangschikt men kunstwerken uitgevoerd met pastels, aquarellen, houtskool of oplosbare inkten: men moet een beroep doen op andere solventen om ze te behandelen. Ten slotte bestudeert men hoe langer hoe meer op grote schaal methodes die gebruik maken van gasachtige of halfgasachtige procédés.

2. Evaluatie

Het doel van deze opzoekingen is duidelijk: aan de restaurateurs methodes van ontzuring aanbevelen die op grond van de proefnemingen en het onderzoek van de resultaten, efficiënt, eenvoudig te gebruiken, onschadelijk en niet toxisch zijn.

Door ontzuring tracht men een of verscheidene van de volgende objektieven te bereiken: de neutralisatie van zuur, de verwijdering of de extractie van zure stoffen uit het papier en het toevoegen van een alkalische reserve van 400 tot 600 meq/kg [19].

Om de waarde van een gegeven ontzuringsmethode in te schatten onderzoekt men de volgende punten: de invloed op de pH en de alkalische reserve (ook na veroudering), de invloed op de mechanische weerstand van het papier (de weerstand tegen plooien en trekken) de *polymerisatiegraad* (ook na veroudering), de vergeling (ook na veroudering), de ontkleuring of het oplossen van zekere inkten en pigmenten en eindelijk de giftigheid van de produkten.

Talrijke parameters komen tussenbeide bij de ontzuring: de aard van de ontzuringsoplossing, haar concentratie, de wijze van behandeling (onderdompeling, besproeiing), de samenstelling van het papier (lompen, chemisch of hout) zowel als de staat van conservatie (pH, ouderdom). Gemakshalve zullen we het uit chemische houtpulp samengesteld papier uitsluitend aanduiden met de naam ,,chemisch papier'' en het papier dat een belangrijk percentage mechanische houtpulp bevat met de term ,,houtpapier''. Alle resultaten in de grafieken werden bekomen na droge of vochtige kunstmatige veroudering.

Een artikel dat op nauwkeurige wijze onze opzoekingen over dit onderwerp voorstelt zal weldra onder de titel *Practical deacidification* verschijnen in het tijdschrift *Restaurator*.

III. WASSEN [10-17-19-35-40-41-46]

Vooraleer de verschillende ontzuringsmethodes voor te stellen moeten we het wassen van papier bespreken. Die behandeling mag niet beschouwd worden als een ontzuring want niet alle zure stoffen worden erdoor verwijderd en niet alle zure groepen worden geneutraliseerd. Bovendien ontbreekt de vorming van een alkalische reserve. We hebben de weerslag gemeten van het wassen op de resultaten van een ontzuring daarna verricht.

1. Toetsing

We hebben een reeks tests uitgevoerd op papieren van verschillende samenstelling. Verschillende temperatuurwaarden, alcoholconcentraties en onderdompelingstijden werden beproefd. We hebben zo proefondervindelijk een ideale wasmethode (zie § VIII) opgesteld.

Tijdens de natuurlijke veroudering van het papier vormen zich waterstofbindingen tussen de vezels zodat die als het ware samengekleefd worden. De soepelheid vermindert, het papier verhardt en wordt stilaan breekbaar want de mechanische spanningen kunnen zich niet meer verdelen over de hele lengte van de vezels.

Dank zij de wassing worden de bindingen tussen de vezels stilaan vervangen door lossere bindingen tussen vezels en moleculen water. De papiervezels zwellen in het water en schikken zich opnieuw op een lossere manier bij het drogen. Het papier vindt een zekere soepelheid terug. Het wassen alleen is nochtans niet voldoende om de mechanische weerstand van het papier na veroudering te verbeteren. De plooiweerstand van papier dat vóór ontzuring gewassen wordt is groter dan die van papier dat alleen maar ontzuurd werd (Afb. 66). Over 't algemeen verbetert een wassing de pH, hetgeen

normaal is vermits men de zure stoffen verwijdert. De uitwerking is nochtans niet erg indrukwekkend (ontzuurd pH 8, gewassen en ontzuurd pH 8,5). De alkalische reserve neemt eveneens toe.

Door wassing bleken lompenpapier en chemisch papier. Stof, vuil alsook zekere afbraakprodukten worden weggespoeld door het wassen. Papier dat houtpulp bevat vergeelt daarentegen onbetwistbaar. Het is ook zeker dat afbraakprodukten, stof en vuil eveneens verwijderd worden voor dat type papier. Maar het staat ook vast dat produkten afkomstig van lignine vergelen in een basisch milieu ; leidingwater is licht basisch (pH 7,8), hetgeen de vergeling verklaart.

2. Conclusie

Het wassen verbetert de fysico-chemische kwaliteit van het papier. Een lichte vergeling geschiedt bij het wassen van houtpulppapier met leidingwater. Het spreekt vanzelf dat wassen vóór een ontzuringsbehandeling grotendeels de weerstand tegen het verouderen van het papier vermeerdert, zowel voor wat de mechanische weerstand betreft als voor de pH en de witheid. In de mate van het mogelijke zal men altijd het papier wassen alvorens het in waterig milieu te ontzuren. De doeltreffendste manier om dit te doen zal verder worden uitgelegd (zie § VIII).

De resultaten van onze opzoekingen aangaande het wassen van papier werden samengebundeld in een artikel onder de titel *The washing of paper*. Dit artikel verschijnt eerlang in *The Paper Conservator*.

IV. METHODES VOOR ONTZURING IN WATERIG MIDDEN

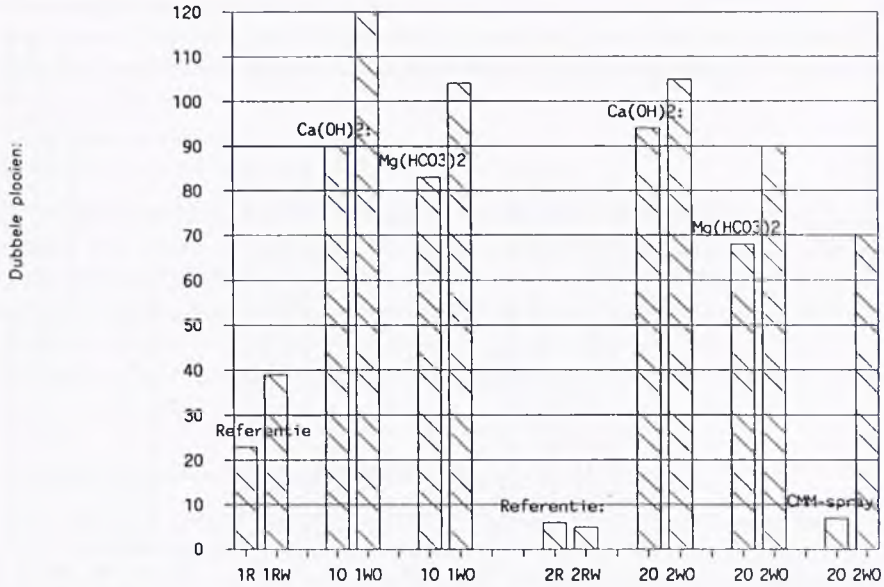
Zes technieken werden niet beproefd daar ze reeds in de praktijk werden opgegeven of daar ze op lange termijn ondoeltreffend, schadelijk of zelfs gevaarlijk waren.

Vier methodes werden behouden ten einde die uit te kiezen die voldoening zouden geven door hun doeltreffendheid en hun onschadelijkheid. Het gaat om behandelingen met calciumhydroxyde, calciumbicarbonaat, magnesiumbicarbonaat en borax.

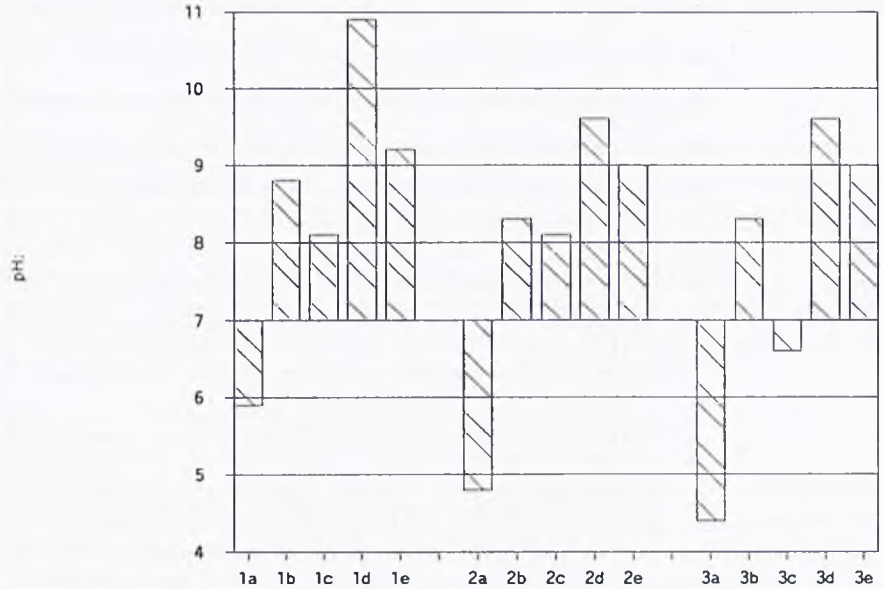
1. Calciumhydroxyde $Ca(OH)_2$ [10-17-27-40-41-47]

Men merkt volgende punten op : verzwakking van de plooiweerstand voor zekere soorten papier, lichte depolymerisatie na een droge veroudering (DV), nog hoge pH's na veroudering. Deze behandeling vergeelt het lompenpapier niet. De pH van de oplossing is zeer hoog en kan de organische kleurstoffen en sommige galinkten verkleuren. Deze oplossing is gemakkelijk te bereiden maar ze is weinig stabiel in aanwezigheid van lucht : het calciumhydroxyde reageert met de CO_2 van de lucht en bezinkt in de vorm van $CaCO_3$.

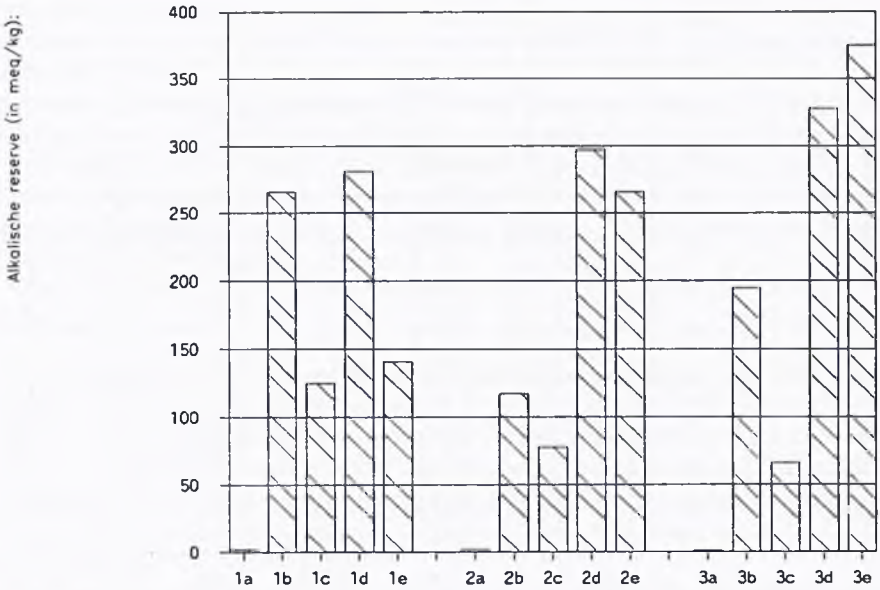
Toetsing. Na een eerste reeks tests hebben we besloten dat het calciumhydroxyde voldoening gaf, afgezien van een zwakke alkalische reserve. Na veroudering blijft de pH hoger dan 7. We hebben een goede mechanische weerstand van al onze geteste papieren opgemerkt na behandeling en kunstmatige veroudering. Het lompenpapier is niet onmiddellijk vergeeld na behandeling, maar wel het chemisch papier en het houtpapier.



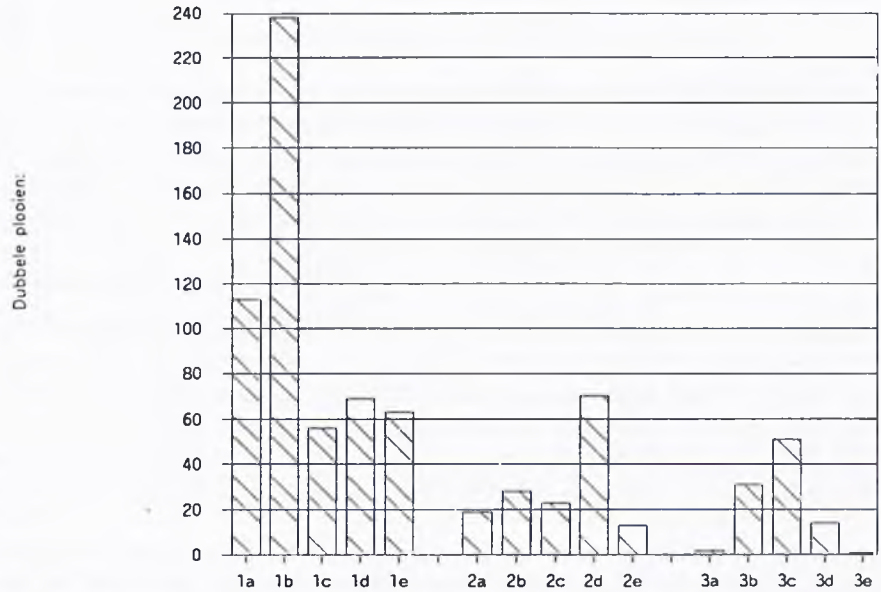
Afb. 66. Uitwerking van de wassing, vóór ontzuring, op de plooiweerstandvan chemisch papier (1) en houtpapier (2) na versnelde veroudering: (R) referentie, (W) gewassen, (O) ontzuurd, (WO) gewassen en ontzuurd.



Afb. 67. pH van een extract van lompenpapier (1), chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ca(OH)_2$ (c) $Ca(HCO_3)_2$ (d) $Mg(HCO_3)_2$ (e) $Na_2B_4O_7$.



Afb. 68. Alkalische reserve van lompenpapier (1) chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ca(OH)_2$ (c) $Ca(HCO_3)_2$ (d) $Mg(HCO_3)_2$ (e) $Na_2B_4O_7$.



Afb. 69. Plooiweerstand van lompenpapier (1) chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ca(OH)_2$ (c) $Ca(HCO_3)_2$ (d) $Mg(HCO_3)_2$ (e) $Na_2B_4O_7$.

De vergeling echter vertraagt gedurende de kunstmatige veroudering (KV). Men bekomt betere resultaten als de behandeling voorafgegaan wordt door een wassing in alcohol. We hebben ook opgemerkt dat het lompenpapier een licht reliëf aan de oppervlakte vertoonde (microscopische neerslag van wit poeder).

2. Bariumhydroxyde $Ba(OH)_2$ [10]

Bariumhydroxyde is beter oplosbaar in water dan calciumhydroxyde maar het is toxisch. Het wordt dikwijls gebruikt in een methanol-oplossing (zie §V) maar het zou ook kunnen gebruikt worden in een water-oplossing. Nochtans zou dat weinig interessant zijn in vergelijking met het niet-giftige en gemakkelijk te bereiden calciumhydroxyde.

Verwerping. Door gemis aan technische inlichtingen hebben we deze methode niet getest.

3. Natriumhydroxyde NaOH [10-15-18-22]

Het natriumhydroxyde of bijtend natron is een sterke base [10]. Het verandert de kleur van schrijfinkten, van sommige aquarelpigmenten en van enkele drukinkten [15]. Het is duidelijk dat deze techniek niet te gebruiken is voor manuscripten geschreven met inkten die in water oplosbaar of voor sterke basen gevoelig zijn. Het grote nadeel van die behandeling is dat de bladen papier krimpen [22].

Verwerping. Bijtend natron is een te sterke base om gebruikt te worden in de behandeling van papier. Oude papieren zijn om chemische redenen bijzonder gevoelig voor alkaliën.

4. Methode van BARROW met twee baden [10-13-19-35-41]

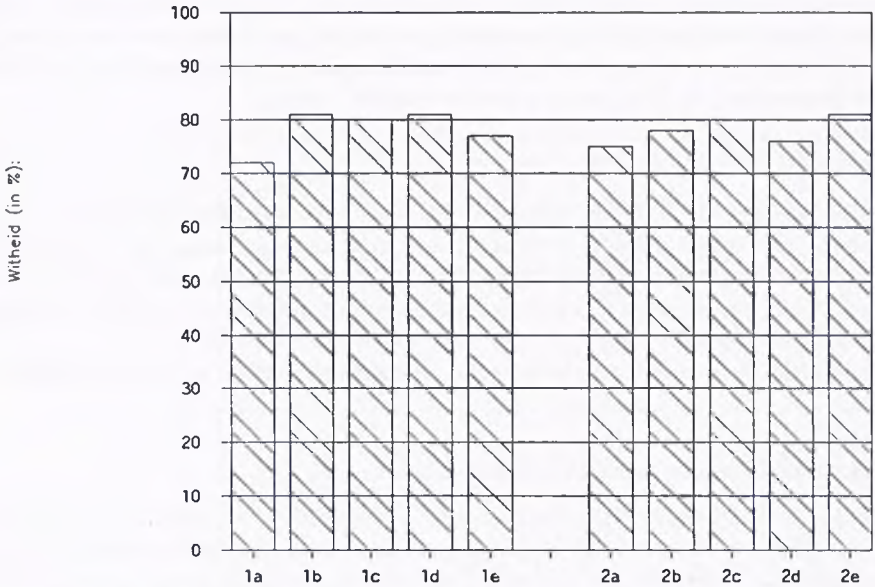
Deze behandeling bestaat uit een bad met calciumhydroxyde gevolgd door een onderdompeling in calciumcarbonaat. De mechanische weerstand is goed na behandeling en veroudering. De pH-waarden zijn bevredigend en het papier vergeelt niet [13]. Nochtans blijft de alkalische reserve laag na één enkele volledige behandeling. Ze is lager dan de reserve verkregen door de methode met één enkel bad van $Mg(HCO_3)_2$ [19]. Zeven behandelingen zouden nodig zijn om de reserve te verhogen tot 400-600 meq/kg.

Verwerping. Deze behandeling is langdurig vergeleken met het resultaat dat men er kan van verwachten en we hebben ze dus niet beproefd.

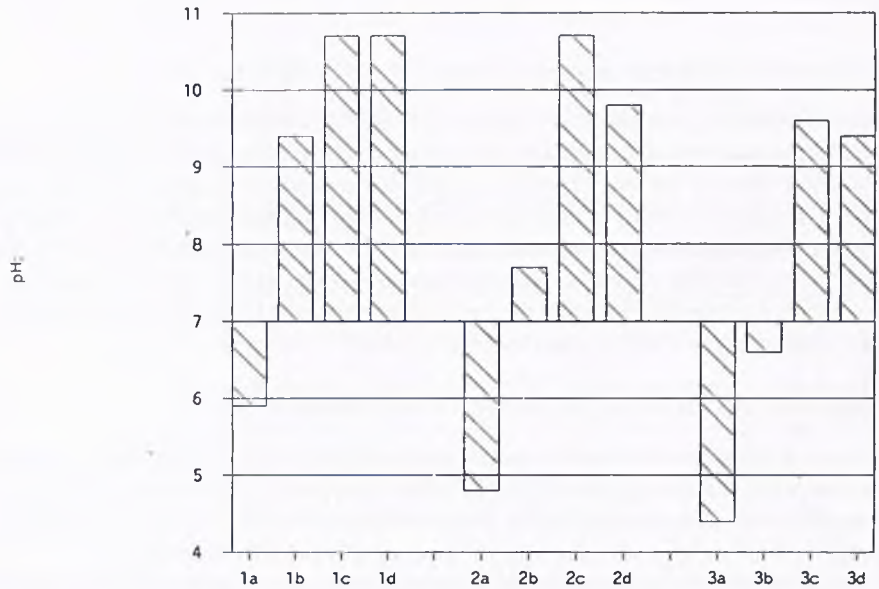
5. Calciumbicarbonaat $Ca(HCO_3)_2$ [10-13-19-27-30-35-41]

Volgens de bronvermeldingen zou deze methode de hydrolyse en de oxydatie van cellulose vertragen. Deze vertraging werd geschat door meting van de *polymerisatiegraad* en van de plooi- en breukweerstand [30]. De pH stijgt heel weinig. Zelfs bij verhoging van de concentratie van de oplossing zijn de resultaten niet bevredigend [13].

Toetsing. We hebben opgemerkt dat de pH van het papier minder stijgt na behandeling met calciumbicarbonaat dan na behandeling met $Ca(OH)_2$. Na veroudering is hij lager dan 7 voor houtpapier. De alkalische reserve is zeer laag, het is de laagste reserve



Afb. 70. Witheid van lompenpapier (1), chemisch papier (2) en houtpapier(3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ca(OH)_2$ (c) $Ca(HCO_3)_2$ (d) $Mg(HCO_3)_2$ (e) $Na_2B_4O_7$.



Afb. 71. pH van een extract van lompenpapier (1), chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ba(OH)_2$ (c) MMC_{ond} (d) MMC_{spray}.

verkregen met een behandeling in water. Houtpapier vergeelt. Na veroudering is de plooiweerstand meestal slecht. Gezien de resultaten hebben we besloten dat de behandeling met calciumbicarbonaat niet bevredigend is en we raden ze niet aan.

6. Magnesiumbicarbonaat $Mg(HCO_3)_2$ [7-10-13-17-18-19-27-30-35-41-44-46]

Verscheidene oplossingen op basis van magnesium zoals magnesiumacetaat, - carbonaat en -bicarbonaat werden getest in de literatuur. Alle verbeteren de plooiweerstand van het papier. Magnesiumbicarbonaat geeft de beste resultaten : stijging van de plooiweerstand, van de polymerisatiegraad en van de viscositeit van de cellulose. De pH verhoogt duidelijk na behandeling en blijft hoog na kunstmatige veroudering [13]. De alkalische reserve van oude behandelde papieren is laag en vermindert na veroudering. Dit type van behandeling is doeltreffend op korte termijn maar onvoldoende op lange termijn [17]. Het papier vergeelt lichtjes [13-30]. Men merkt soms na de behandeling een licht reliëf op aan de oppervlakte van het papier (microscopische neerslag van wit poeder). Na volledig drogen bezinkt het bicarbonaat onder de vorm van kristallen magnesiumcarbonaat (,,gritting''). Pogingen om de concentratie te reduceren hebben de vorming van ,,gritting'' niet verhinderd, zelfs al is die minder zichtbaar. Het is begrijpelijk dat het gevaar voor ,,gritting'' groter wordt naarmate de concentratie stijgt [17].

Toetsing. Over 't algemeen hebben we opgemerkt dat de mechanische weerstand van de verschillende soorten papier na veroudering beter is. De pH is na behandeling hoog, vermindert weinig na droge veroudering en veel na vochtige veroudering. De alkalische reserve is goed en stabiel. De vergeling van de behandelde stalen is na veroudering een weinig sterker dan die van de referenties. We hebben geen ,,gritting'' waargenomen. Gezien de zeer goede weerstand van het papier na veroudering bevelen we deze methode aan.

7. Natriumbicarbonaat $NaHCO_3$ [10-13-15-36-40]

De natriumcarbonaten en -bicarbonaten hebben chemische eigenschappen die zeer gelijken op die van natriumhydroxyde : ze zouden inkten en pigmenten kunnen ontkleuren [15]. Met deze behandeling vermindert de mechanische weerstand, de alkalische reserve is laag en het papier vergeelt.

Verwerping. Gezien de resultaten vermeld in de literatuur hebben we deze methode niet getest.

8. Borax $Na_2B_4O_7$ [10-13-14-15-17-18-27-32-41]

De fysico-chemische tests tonen aan dat nieuw papier na behandeling een lichte vermindering van de plooi- en scheurweerstand heeft ondergaan. Na kunstmatige veroudering is de weerstand van dat papier goed [13]. Volgens SANTUCCI vermindert de polymerisatiegraad van de cellulose voor de helft na vochtige veroudering, vergeleken met papier bewerkt met $Ca(OH)_2$ [32]. HEY wees ook op een daling van de polymerisatiegraad bij vochtige veroudering in aanwezigheid van ijzer [15-17]. HEY en FLIEDER stelden een vergeling vast [13-15-17].

De keuze van de boraxconcentratie is belangrijk. Bij 2 % vermeerdert de alkalische reserve maar 4 tot 5 % zijn nodig om een voldoende waarde te bereiken [13]. De borax-oplossing

is alkalisch en kan de kleur van inkten wijzigen, galinkten verbleken tot bruingeel, aquarellen en ook kleurstoffen voor drukinkten wijzigen. Deze reacties hangen af van de concentratie van de oplossing [15].

Toetsing. We raden het gebruik van borax ten strengste af voor houtpapier. Het verlies aan weerstand is totaal, reeds onmiddellijk na de behandeling. Deze vaststelling scheen ons voldoende om borax ook uit te sluiten voor mechanische pulp. Deze papiersoort werd niet getest in de geraadpleegde publikaties. Voor de andere papieren is deze behandeling uit mechanisch oogpunt voldoende na kunstmatige veroudering. De pH is hoog zelfs na veroudering en de alkalische reserve blijft heel goed. We noteerden een vertraging van de vergeling na droge veroudering. De door FLIEDER en HEY gemeten vergeling werd vastgesteld na vochtige veroudering.

In verscheidene studies en opzoekingen werd de nadruk gelegd op een heel sterke aantasting van cellulose na vochtige veroudering. We hebben proeven gedaan met zuivere cellulose, waarvan de plooiweerstand na vochtige veroudering gemeten werd. Het blijkt dat borax beter is dan $Ca(OH)_2$: de resultaten zijn 2 tot 10 maal beter. Na deze nieuwe proeven, en tot bewijs van het tegendeel, kunnen we het gebruik van borax voor de ontzuring van lompen- of chemisch papier noch uitsluiten noch afraden.

Besluit : deze methode is af te wijzen voor houtpapier maar ze voldoet voor andere soorten.

9. Calciumchloride / Ammoniumcarbonaat $CaCl_2/(NH_4)_2CO_3$ [44]

Deze behandeling bestaat uit twee baden: een calciumchloride- en een ammoniumcarbonaat-oplossing. Er vormt zich een neerslag van calciumcarbonaat in het papier. Er wordt geen enkele verdere informatie gegeven door WILLIAMS [44].

Verwerping. We hebben deze behandeling verworpen wegens gebrek aan technische gegevens. Overigens, de kans op residu's van ammoniumchloride is voor ons een gevaar : bijkomende behandelingen zijn nodig om deze residu's te verwijderen.

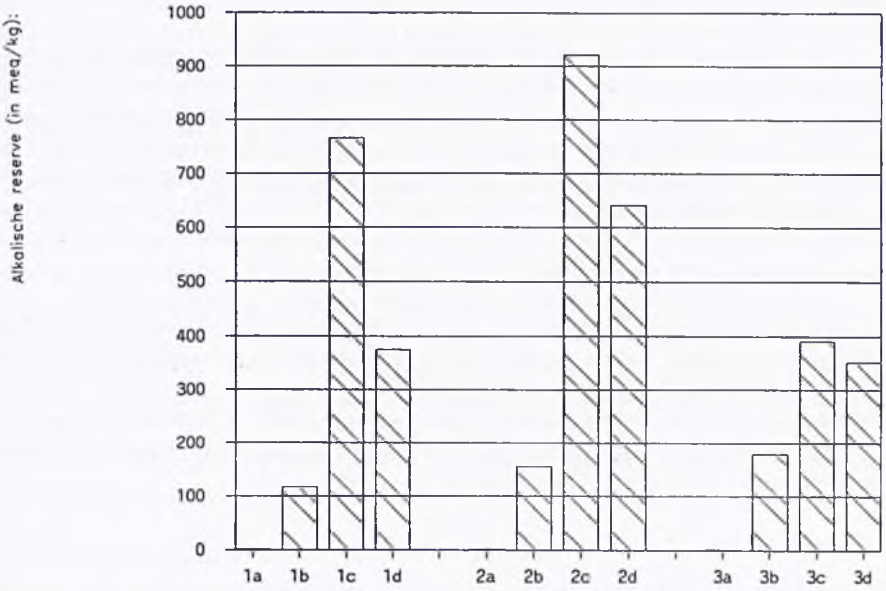
10. Alkalizouten [10-27]

De door Russische vorsers geteste *buffer*methode heeft tot doel de zuurheid in het papier te neutraliseren en de pH te behouden tussen 6,5 en 7,5 [10]. Volgens de geplubiceerde resultaten bereikt de pH zelden een waarde hoger dan 7 [27]. Geen enkele meting van de alkalische reserve werd verricht in de Russische studie.

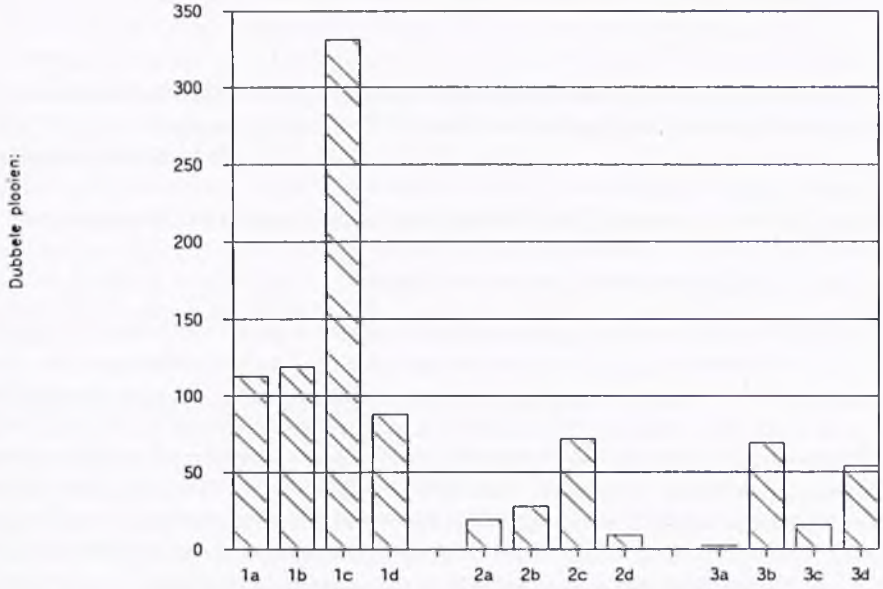
Verwerping. We hebben deze behandelingen verworpen daar het doel ervan verschillend was en aan het papier geen voldoende alkalische reserve gaf, gezien de pH-waarden.

V. METHODES VOOR ONTZURING IN NIET-WATERIG MIDDEN

We hebben drie behandelingen getest uit de zeven die uit de literatuur werden opgenomen : calciumacetaat, bariumhydroxyde en methylmagnesiumcarbonaat.



Afb. 72. Alkalische reserve van lompenpapier (1), chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ba(OH)_2$ (c) MMC_{ond} (d) MMC_{spray}.



Afb. 73. Plooiweerstand van lompenpapier (1), chemisch papier (2) en houtpapier (3) na ontzuring en veroudering: (a) referentie (b) $Ba(OH)_2$ (c) MMC_{ond} (d) MMC_{spray}.

1. Magnesiumacetaat [13-16-29-31]

Voor SANTUCCI veroorzaakt die behandeling een aanzienlijke vergeling en een belangrijke aantasting na vochtige veroudering [29-31]. Door hydrolyse brengt het achterblijvend magnesiumacetaat azijnzuur voort dat de cellulose aantast [16]. FLIEDER had deze methode verworpen omdat de pH van een extract uit de behandelde papieren lager bleef dan 7 [13].

Verwerping. De adviezen zijn eensluidend om deze methode af te wijzen en ze wordt dus ook definitief afgeraden.

2. Calciumacetaat [12-16-28-33]

Proeven werden gedaan in Italië met verscheidene solventen : de resultaten zijn zeer verschillend naargelang van de manier waarop de behandeling werd toegepast [28-33]. De pH vermindert in de loop van de tijd [12-28].

Toetsing. Van deze behandelingen werd geen volledige studie gedaan, alleen een meting van de pH van de oppervlakte. Enige proeven tonen aan dat de pH-waarden verkregen na verschillende dagen veroudering, nog te laag zijn.

3. Calciumformiaat [28]

De met deze methode verkregen resultaten zijn niet overtuigend. Na een behandeling door onderdompeling van 24 uur zijn 14 dagen nodig opdat het extract pH 7 zou bereiken. De andere manieren van toepassing, penseel of besproeiing, geven nog minder bemoedigende resultaten [28].

Verwerping. De opgegeven resultaten zijn niet bevredigend.

4. Regnal 7^D / 7^P [13-41]

Deze produkten zijn in de handel gebracht door de World Patent Corporation en zijn samengesteld op basis van magnesiumacetaat (7^P) of van bariumhydroxyde (7^D) [41]. FLIEDER heeft deze produkten uitgesloten omdat de pH van het behandelde papier lager dan 7 bleef [13].

Verwerping. Deze produkten zijn niet efficiënt om zuur papier te neutraliseren.

5. Bariumhydroxyde $Ba(OH)_2$ [3-9-13-19-31-35]

Volgens de waarnemingen opgetekend in de literatuur geeft deze behandeling goede resultaten met betrekking tot de mechanische weerstand na behandeling en na veroudering [13]. De pH stijgt en handhaaft zich na veroudering [31]. De gemeten alkalische reserve is zwak [19]. Door de sterke alkaliteit van de oplossing is er gevaar voor wijziging van de tint van pigmenten en inkten [3-9-19]. Bariumhydroxyde is giftig en moet behoedzaam gebruikt worden. Praktisch is het heel moeilijk een heldere bariumhydroxyde-oplossing te verkrijgen. Het CO2 van de lucht kan gedeeltelijk het hydroxyde omzetten in carbonaat. Men moet altijd een heldere oplossing gebruiken [31].

Toetsing. De mechanische weerstand van de monsters na behandeling en veroudering is beter dan die van de referenties, voor om het even welke samenstelling van het papier. De pH van de oppervlakte is hoog en handhaaft zich na veroudering. Het papier ver-

geelt in de loop van de behandeling maar deze vergeling vertraagt tijdens de veroudering (vergelijking met de referentie). De witheid is beter dan bij behandeling met methylmagnesiumcarbonaat.

6. Magnesiummethoxyde [13-19-20-31-35-36]

De behandeling met magnesiummethoxyde kan uitgevoerd worden met een handelsprodukt verkocht door Wei T'o Corporation en vervaardigd naar de methode van R.D. SMITH, of met zelf geproduceerd methoxyde [13-19-25-]. De methode met gebruik van de spray van de Wei T'o Corporation moest opgegeven worden. De sproeiopening raakt verstopt wanneer de vochtigheid te hoog is en het magnesiummethoxyde zet zich om tot oxyde onder de vorm van een witte gel [13-19]. Deze methode heeft nog andere nadelen : uitlopen van inkten, verkleuring [19]. De behandeling vermindert een weinig de witheid, maar na veroudering zijn de behandelde papieren witter dan de referenties [13-31].

Verwerping. Dit produkt werd beproefd, maar we verkozen het stabielere methylmagnesiumcarbonaat te testen.

7. Methylmagnesiumcarbonaat MMC [14-20-25-35]

De behandeling met methylmagnesiumcarbonaat elimineert de moeilijkheden ondervonden met het magnesiummethoxyde, dank zij de grotere stabiliteit in vochtige lucht. De stabiliteit verhindert een voortijdig neerslaan en vermindert de afzetting aan de oppervlakte van het papier [20-35]. KELLY noteert dat deze behandeling na veroudering aan het papier een goede mechanische weerstand geeft. De metingen van de witheid zijn eveneens bevredigend. Na veroudering is de pH lichtjes verhoogd, tot minstens 9. De alkalische reserve is stabiel [14]. Deze reserve komt voor in de vorm van magnesiumcarbonaat en staat bekend als duurzaam, niet giftig en onschadelijk voor het papier [25]. Deze behandeling kan uitgevoerd worden door onderdompeling, met een penseel of met een manuele pompverstuiver.

Toetsing. De resultaten van de mechanische proeven waren heel goed na behandeling en veroudering. Alleen de papieren met mechanische pulp hebben een weinig hun plooiweerstand verloren. De pH van een extract is hoog en stabiel. De alkalische reserve is groot : de gemeten waarden zijn veel hoger dan die van de andere procédés. We hebben een vergeling vastgesteld na behandeling, voornamelijk bij papier van mechanische pulp.

VI. METHODES VOOR MASSA-ONTZURING

Massa-ontzuring is heden een van de meest bestudeerde onderwerpen. Deze techniek biedt belangrijke voordelen : ze laat toe honderden boeken tegelijkertijd te behandelen zonder deze uiteen te nemen. Papieren van het einde van de 19de en van de 20ste eeuw zijn het zuurst en ook het talrijkst.

Daar deze behandelingen bijzondere technische uitrustingen vereisen was het niet mogelijk ze naar waarde te schatten in reële toepassingsvoorwaarden. We hebben de methode getest met methylmagnesiumcarbonaat door verstuiving. We hebben eveneens

een commerciële oplossing getest. De grondige studie en het vergelijkend onderzoek betreffende de technieken van massa-ontzuring is voor de nabije toekomst in het K.I.K. gepland.

1. Magnesiummethoxyde [13-14-35-37-39-51-53-54-56]

Met deze methode gebruikt men een magnesiummethoxyde-oplossing in freon 12 (dichloordifluormethaan). Ze wordt onder druk in een autoclaaf gestuurd, waarin zich de te behandelen boekdelen bevinden [11-14-37-39]. Dat systeem vertoont hetzelfde nadeel als bij de onderdompeling: mogelijk uitlopen van inkten en kleuren [35].

2. Morfoline [14-42-53]

Dit procédé is niet bevredigend op lange termijn en levert grote risico's op voor moderne papieren die een tamelijk grote hoeveelheid mechanische pulp bevatten.

3. Ammoniak [13-19]

Deze ontzuringsmethode is niet bevredigend: het effect is niet duurzaam wegens de vluchtigheid van de ammoniak.

4. Cyclohexylaminecarbonaat [23-53]

Dit produkt is eveneens vluchtig en verdwijnt snel. Daarenboven is het heel giftig. Het carbonaat wordt gehydrolyseerd door de vochtigheid van de lucht en zou cyclohexylamine vormen, die mogelijk kankerverwekkend en mutageen is en irritaties van ogen en huid veroorzaakt.

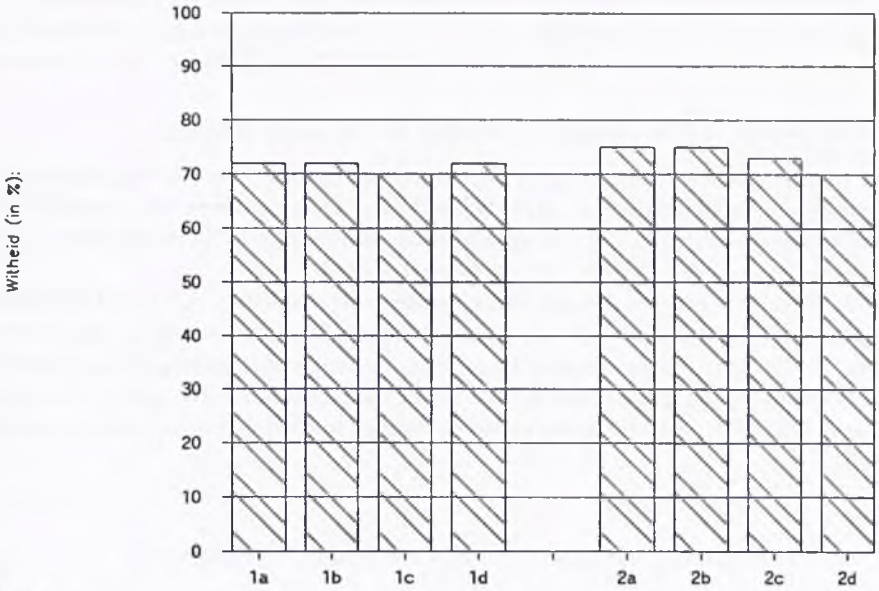
5. Diëthylzink [8-20-35-49-51-53-54-56-58]

Deze methode wordt getest in de Library of Congress in Washington. Ze biedt talrijke voordelen: een goede vluchtigheid, geschikte chemische eigenschappen en een redelijke prijs. Het gebruikte basisprodukt is echter erg ontplofbaar.

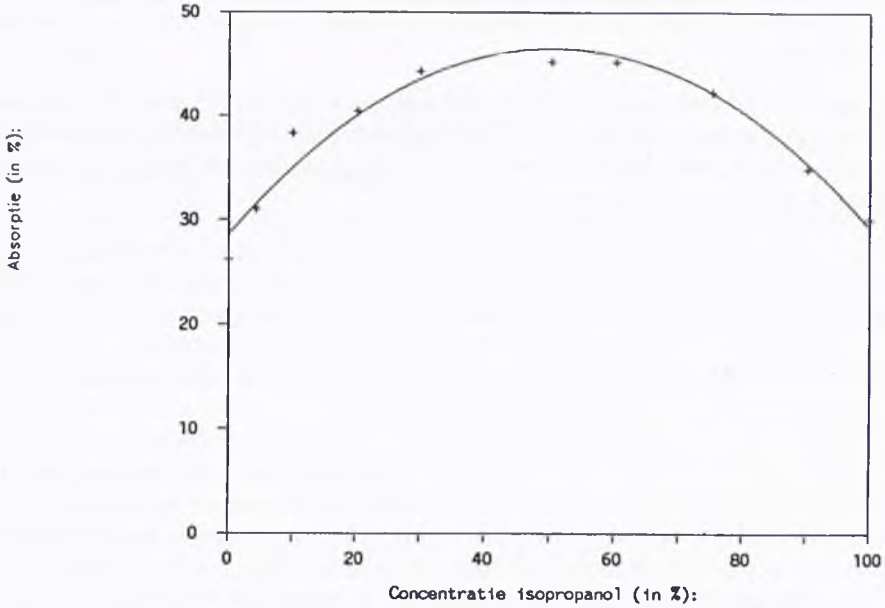
6. Methylmagnesiumcarbonaat (spray) MMC-spray [8-14-26-38-39-48-49-51-53-55-56]

De MMC-oplossing wordt aangelengd met freon. De resultaten zijn zeer goed: voldoende alkalische reserve [14], geen vergeling en geen neerslag van wit poeder [8-26-37-39]. Dit systeem wordt toegepast in Canada en in Frankrijk.

Toetsing. We hebben methylmagnesiumcarbonaat getest door verstuiving en hebben de resultaten vergeleken met die van een in de handel verkochte spray (Paper Treatment Spray nr 2: 0,033 M). De beste resultaten qua mechanische weerstand worden bekomen met de concentraties 0,02 en 0,03 M. Papier van mechanische pulp vergeelt minder dan door onderdompeling. Een minimale concentratie van 0,02 M is nodig opdat de pH hoger zou zijn dan 7. Slechts boven 0,02 M is de alkalische reserve groter dan 200 meq/kg papier. Rekening houdend met het beste rendement alkalische reserve/plooiweerstand hebben we de 0,025 M oplossing gekozen. De resultaten met deze concentratie



Afb. 74. Witheid van lompenpapier (1) en chemisch papier (2) na ontzuring en veroudering: (a) referentie, (b) $Ba(OH)_2$, (c) MMC_{ond} en (d) MMC_{spray}.



Afb. 75. Uitwerking van de concentratie van isopropanol op de totale extractie.

zijn beter dan die met PTS nr2. Dit wordt verklaard door de grotere hoeveelheid oplossing geproduceerd door de manuele verstuiver. Met een atomizer is het verlies in de lucht groter en het debiet kleiner. Geen enkele neerslag of ,,gritting-effect'' werd vastgesteld.

7. Behandeling voor ontzuring en consolidatie [49-52-53-59-60]

Te Wenen worden de ingebonden dagbladen (alleen de kaft wordt weggenomen) ontzuurd en geconsolideerd in één enkele behandeling. De oplossing bevat methylcellulose en calciumhydroxyde [49-53] of magnesiumbicarbonaat [59]. Na behandeling worden de boekdelen door een diepvriestechniek gedroogd.

In de British Library experimenteert men met een consolidatiemethode bestaande uit een mengsel van ethylacrylaat en methylmethacrylaat dat wordt blootgesteld aan γ -stralen. De ontzuringsoplossing bevat dimethylaminoëthylmethacrylaat [49-52].

In Leipzig (DDR) ligt een systeem ter studie dat de dokumenten splitst en na ontzuring met $Ca(OH)_2$ in water een nieuwe drager uit katoen*linters* tussen de delen inlast [49-60].

VII. SECUNDAIRE GEVOLGEN VAN DE BEHANDELINGEN

1. Oplossen van inkten en pigmenten

De invloed van ontzuringsoplossingen werd getest op veschillende inkten en pigmenten (Tabel 8). Oude dokumenten zijn meestal opgemaakt met galinkten. Moderne inkten van verschillende tinten werden eveneens getest, alsook kogelpeninkt en enkele pastellen. Vijftien minerale pigmenten en drie organische pigmenten werden getest.

2. Giftigheid

Geen enkel produkt schijnt echt gevaarlijk te zijn in zijn finale vorm. De restaurateur zal nochtans aandacht schenken aan de waarschuwingen aangaande het gebruik van bariumhydroxyde en methylmagnesiumcarbonaat. Men bedenke ook dat isopropanol minder toxisch is dan methanol of ethanol.

TABEL 8

Het oplossen van inkten en pigmenten

	Galinkten	*Schrijfinkten*	*Kogelpen*	*Pastellen*	*Minerale pigmenten*	*Organische pigmenten*
$Ca(OH)_2$						
ond.	——	——	0	0	——	——
drijv.	0	—	0	0	—	0
$Mg(HCO_3)_2$						
ond.	—	——	0	0	——	——
drijv.	0	—	0	0	—	0
Borax						
ond.	0	—	0	0	—	—
drijv.	0	0	0	0	0	0
$Ba(OH)_2$						
ond.	0	—	—	0	0	0
drijv.	0	0	0	0	0	0
MMC						
ond.	0	—	0	0	0	0
spray	0	0	0	0	0	0
PTS nr2	0	0	0	0	0	0

—— inkt lost op, galinkten worden bruin ; — inkt lost lichtjes op, galinkten verbleken, pigmenten lopen uit ; 0 geen invloed ; ond. : onderdompeling in de oplossing ; drijv. : het papier drijvend op de vloeistof.

VIII. BESLUIT : AANBEVOLEN METHODES

1. Welke behandeling voor welk papier ?

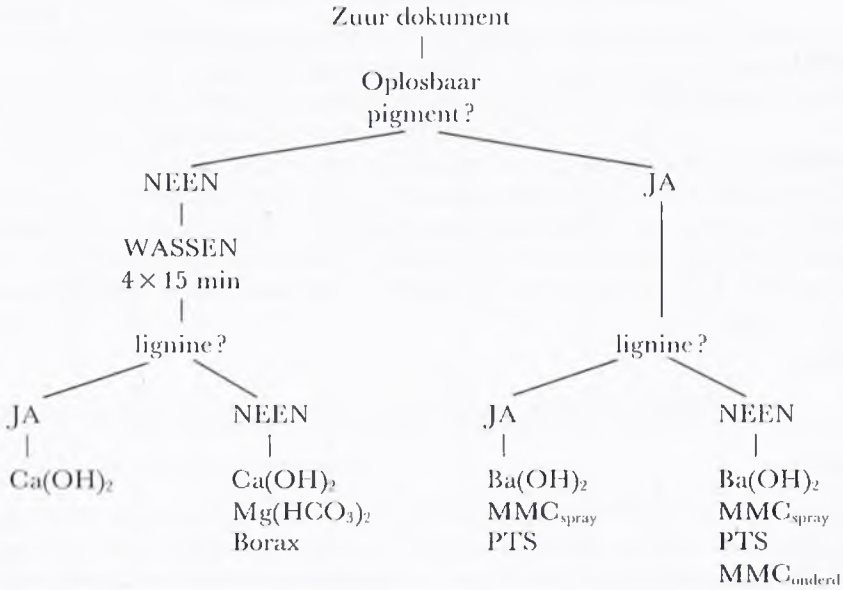
Zeven behandelingen voor ontzuring werden uitgevoerd en de eindprodukten werden aan verschillende testprocédés onderworpen. Twee behandelingen werden verworpen bij het einde van de proeven : calciumbicarbonaat en -acetaat. De pH is te laag en de alkalische reserve is te zwak. We herinneren nogmaals aan de grote depolymerisatie van cellulose in houtvezelpapier bij het gebruik van borax.

Alvorens de restauratiebehandelingen aan te vangen is het noodzakelijk de dokumenten als volgt te testen :

* Zuurtegraad meten (Zie § 1)
* Oplosbaarheid van inkten toetsen :
  een druppel water met een micro-pipet opbrengen en na opslorping een tweede druppel opbrengen. Als een repel vloeipapier die men op de vochtige zone drukt, na enkele seconden ongekleurd blijft, is de inkt of de kleurstof onoplosbaar in water. Men moet al de aanwezige tinten nagaan en niet één enkele. Voor de behandelingen in niet-waterig midden moet deze test uitgevoerd worden met het solvent (methanol).

* De aanwezigheid opsporen van lignine met het reagens op basis van floroglucinol (Zie deel I, Hoofdst. I, § IV).

Volgens de verkregen resultaten zal men de passende methode kiezen.



2. Wassen

Alvorens tot de ontzuring in waterig midden over te gaan moet men het papier goed wassen. Een eerste stap is het stofvrij maken van het dokument en het mechanische verwijderen van de onzuiverheden. Deze behandeling kan gebeuren door afborstelen met een penseel, door uitvegen met een soepel, zacht en zuiver gommetje of ook nog door afkrabben met een scalpel in geval van incrustatie.

De ideale methode bestaat erin het papier te wassen in een mengsel van lauw water en alcohol. Isopropanol, ethanol of methanol kunnen gebruikt worden. De kleuring van het water is een teken dat toelaat de duur van het wassen in te schatten. Zolang de beschadigingsprodukten oplossen en het water kleurt moet het wassen voortgezet worden.

Na verscheidene proefnemingen raden we een wassing met lauw water aan, tussen 30 en 40 °C. De proeven tonen aan dat de drie voornoemde alcoholen een even grote efficiëntie hebben. De grootste extracties van gekleurde stoffen worden verkregen met concentraties van 30 tot 60 % alcohol. Een concentratie van 30 % mag als voldoende beschouwd worden. Door de wasvloeistof om het kwartier te vervangen mag men aannemen dat na een uur een grote hoeveelheid gekleurde stoffen werd opgelost en verwijderd.

De minimum tijdspanne zal dus zijn : 15 min water 40 °C / 30 % isopropanol en driemaal 15 min water 40 °C.

3. Ontzuring in waterig midden

Calciumhydroxyde

Een verzadigde calciumhydroxyde-oplossing wordt verkregen door 1,5 g $Ca(OH)_2$ op te lossen in 1 liter gedestilleerd of gedemineraliseerd water. Men verdunt deze verzadigde oplossing volgens de verhouding 1 : 1 met water. De concentratie van de ontzuringsoplossing is dan 0,01 M. Deze oplossing is gemakkelijk te bereiden maar ze is weinig stabiel in aanwezigheid van lucht : het calciumhydroxyde reageert met het koolstofdioxyde (CO_2) van de lucht en bezinkt onder de vorm van calciumcarbonaat ($CaCO_3$).

De bladen worden in de oplossing gedurende 30 min gedompeld.

Magnesiumbicarbonaat

De magnesiumbicarbonaat-oplossing wordt verkregen door 4 g basisch magnesiumcarbonaat ($4.MgCO_3.Mg(OH)_2.5H_2O$; bevat 25 % Mg) op te lossen per liter water : men laat er koolstofdioxyde (CO_2) doorborrelen tot de oplossing klaar en doorzichtig is. De concentratie van de ontzuringsoplossing is dan 0,04 M $Mg(HCO_3)_2$.

De papieren worden in deze oplossing ondergedompeld gedurende 30 min.

Borax

De borax-oplossing wordt verkregen door 30 g borax op te lossen in één liter water.

De papieren worden gedurende 20 min in deze oplossing ondergedompeld.

4. Ontzuring in niet-waterig midden

Bariumhydroxyde

Een 1 % oplossing wordt verkregen door 10 g bariumhydroxyde ($Ba(OH)_2$) op te lossen in één liter methanol. Praktisch gezien is een klare bariumhydroxyde-oplossing heel moeilijk te verkrijgen. Het koolstofdioxyde (CO_2) van de lucht kan het hydroxyde gedeeltelijk omvormen tot carbonaat ($BaCO_3$).

De papieren worden gedurende 20 min in deze oplossing ondergedompeld.

Het is noodzakelijk op de giftigheid van barium te wijzen. Men moet werken met handschoenen en onder een afzuigkap.

Methylmagnesiumcarbonaat (0,025 M)

Men plaatst 1,46 g magnesium en 120 ml methanol in een kolf voorzien van een bolkoeler. Om de reactie te starten warmt men de kolf voorzichtig op via een verwarmmantel. Deze reactie moet verricht worden onder een afzuigkap en ver van om 't even welke vlam, want er is vorming van waterstof ! Men moet op ieder ogenblik de kolf kunnen afkoelen voor het geval dat de reactie op hol slaat. Men bekomt aldus een 4,32 % magnesiummethoxyde-oplossing (magnesiummethanolaat). Men carboniseert 100 ml van deze oplossing gedurende twee uur door koolstofdioxyde (CO_2) te laten doorborrelen. Deze oplossing wordt verdund met trichloortrifluorethaan (TCTFE) tot 2 l. De concentratie aan methylmagnesiumcarbonaat is dan 0,025M.

De bladen worden ondergedompeld gedurende 10 min of tweemaal besproeid met een handsproeier met fijne verneveling. Men kan eveneens een kant-en-klare oplossing

gebruiken, verkrijgbaar in Frankrijk en in Nederland (zie adressen). Volgens onze tests is 1 liter oplossing nodig voor 1 m^2 papier van gemiddeld gramgewicht (gewicht per vierkante meter), recto verso. De prijs is ongeveer 1400 BEF per liter.

HOOFDSTUK II: BLEKING

I. WERKWIJZE

Vooraleer we dit hoofdstuk beginnen moeten we de restaurateur waarschuwen tegen bleking als zodanig. In dit stadium zullen de te behandelen dokumenten reeds optimaal gewassen en ontzuurd zijn. Er moet dan beslist worden of bleking werkelijk noodzakelijk is voor de leesbaarheid van de tekst of voor de waarneming van het beeld. Is het verantwoord alleen om esthetische redenen het risico te lopen beschadigende stoffen in te voeren en op het dokument residu's van de bleking achter te laten?

1. Inventaris van de blekingsmethodes

De blekingsmethodes kunnen in vier kategorieën ondergebracht worden naargelang van de chemische reactie die de ontkleuring veroorzaakt. De synthese van literatuurgegevens over de eigenschappen en de resultaten van blekingsmethodes werd door ons uitgegeven onder de titel *A Bibliographical Survey of the Bleaching of Paper*, in *Restaurator*, 9(1988), p. 178-198.

De verbindingen die het meest gebruikt worden zijn de oxydatiemiddelen, vooral chloorverbindingen: natriumhypochloriet, calciumhypochloriet, chloordioxyde, chlooramine en chlorigzuur. Andere oxydatiemiddelen zijn kaliumpermanganaat, natriumperboraat, waterstofperoxyde en ozon.

Reductiemiddelen worden ook gebruikt, maar de duurzaamheid van de behandelingen wordt betwijfeld wegens het risico van heroxydatie door licht. Het gaat hier om natriumhydrosulfiet, natriumformaldehydesulfoxylaat, natrium-, tetraëthylammonium- en tetramethylammoniumboorhydride en kaliummetabisulfiet.

De derde kategorie omvat verschillende zuren, voornamelijk gebruikt om inktvlekken te verwijderen: oxaalzuur, citroenzuur en zoutzuur.

De laatste kategorie ten slotte betreft een bijzonder interessante techniek wegens de afwezigheid van chemische produkten: blootstelling aan natuurlijk licht of kunstlicht.

2. Evaluatie

Evenals voor de ontzuring is het doel van deze studie duidelijk. Het gaat erom veilige en efficiënte methodes te ontwikkelen waarvan de toepassing kan aanbevolen worden aan restaurateurs.

Het doel van de bleking is de vernietiging en de verwijdering van gekleurde bestanddelen van het papier. Deze bestanddelen ontstaan door de natuurlijke afbraak van het papier, de micro-organismen of de residu's van watervlekken. Elke methode bleekt in verschillende mate. Zuren zijn het minst efficiënt.

De factoren die de resultaten van de bleking beïnvloeden zijn talrijk: de natuur van de blekende oplossing (oxyderend of reducerend), de concentratie van het bleekmiddel, de duur van de behandeling, de samenstelling van het papier (lompen, chemisch of hout) alsook de aard van de vlek of de soort vergeling.

Men moet ook rekening houden met de voorafgaande en nakomende behandelingen, vermits bleken beschouwd wordt als een (eventueel) onderdeel van een behandeling die bestaat uit meerdere stadia. De aangenomen werkwijze voor de tests bedraagt volgende

fasen : wassen met water op 40 °C, waaraan 30 % alcohol werd toegevoegd, ontzuring met halfverzadigd calciumhydroxyde ($Ca(OH)_2$) gedurende 30 min, bleken op zicht, spoelen, antichloor of neutraliserend bad, opnieuw spoelen, ontzuren.

De blekingsmethodes worden geselecteerd volgens objectieve criteria : meting van de verkregen witheid en van haar stabiliteit, afwezigheid van residu's van blekingsprodukten door controle van de overbleking (bleking die voortduurt ondanks het stopzetten van de behandeling), ook na veroudering, en inschatten van de aantasting van de vezels door meting van de plooiweerstand, ook na veroudering, de giftigheid van de produkten, het zwellen van het papier (of blistering). De resultaten van onze tests zijn verzameld in een artikel getiteld *Résultats de recherches expérimentales sur le blanchiment du papier* te verschijnen in *Studies in Conservation*.

We hebben de op zuren gebaseerde methodes niet getest. Volgens de gegevens uit de literatuur geven ze geen voldoening. Onder de reductiemiddelen hebben we vooral het natriumboorhydride getest waarvan het gebruik veelbelovend lijkt. Wat de chloorverbindingen betreft hebben we het probleem bestudeerd van eventuele beschadigingen veroorzaakt door residu's en we hebben de meest efficiënte oplossing gezocht voor de neutralisering.

II. OXYDATIEMIDDELEN

a. *Chloorverbindingen*

1. Natriumhypochloriet NaOCl
[3-6-10-13-17-18-20-21-27-28-30-31-34-37-39-41-43-44-47-48]

Natriumhypochloriet, gewoonlijk Javelwater of bleekwater genoemd, is een krachtig bleekmiddel. In de literatuur worden verschillende werkwijzen vermeld voor zijn toepassing op papier, met of zonder antichloorbehandeling [13-18-28-31-39-41-44-48]. Het gebruik van dit produkt wordt over 't algemeen afgeraden omdat het de cellulose aantast [28-30-31-44-45].

Toetsing. We verkregen de beste resultaten voor wat betreft witheid met de methode beschreven door BURGESS [13]. NaOCl verwijdert al de foxing en maakt het papier op gelijke wijze wit. Voor lompenpapier mag men aannemen dat een behandeling van 2 à 5 minuten volstaat. Houtpapier vergeelt zodat deze behandeling hier niet kan toegepast worden. Zonder een antichloorbehandeling wordt de beschadiging van papier tijdens de kunstmatige veroudering een echte ramp. Slechts $NaBH_4$ geeft goede resultaten. BURGESS had dit ook opgemerkt [18]. Een spoeling met een waterige citroenzuur- of natriumthiosulfaat-oplossing is onvoldoende om de chloorresidu's te elimineren.

De sterke alkaliteit van de blekende oplossing doet de vezels van het lompenpapier zwellen. Dit heeft tot gevolg dat blazen veroorzaakt door de produktie van gas (waterstof) zich gemakkelijker vormen gedurende de antichloorbehandeling door onderdompeling. Wanneer $NaBH_4$ met een penseel aangebracht wordt kunnen deze vervormingen vermeden worden. De mechanische weerstand is dan hoger dan die van de referentie (zelfs na kunstmatige veroudering).

Als slot kan, en dit enkel voor lompenpapier, een gecombineerde behandeling aangeraden worden van verdund NaOCl, gevolgd door $NaBH_4$ aangebracht met het penseel.

2. Calciumhypochloriet $Ca(OCl)_2$ [3-21-26-27-28-30-31-37-48]

Calciumhypochloriet is een zwakker oxydatiemiddel dan natriumhypochloriet. De pH ligt tussen 9,5 en 10,5. In tegenstelling tot natriumhypochloriet zou calciumhypochloriet niet altijd reageren met houtpulp wegens de lagere pH-waarde. Soms komen er blazen te voorschijn, die te wijten zijn aan het ontstaan van gassen in de bladstructuur [31].

Toetsing. Calciumhypochloriet is een goed bleekmiddel: het verwijdert gekleurde stoffen en vlekken van foxing. Voor lompenpapier volstaat een bleking van 10 minuten maar voor houtpapier kan dit tot 40 minuten oplopen. Zoals voor NaOCl is slechts natriumboorhydride efficiënt als antichloormiddel. Voor lompenpapier neemt men een sterke vermindering van de mechanische weerstand waar, zoals ook met natriumhypochloriet gevolgd door $NaBH_4$, maar we hebben in dit geval geen vorming van blazen opgemerkt. Na vochtige kunstmatige veroudering behoudt alleen houtpapier een grotere mechanische weerstand in vergelijking met de referentie.

Tot besluit kan men stellen dat de bleking met $Ca(OCl)_2$ en $NaBH_4$ slechts op houtpapier kan toegepast worden. De antichloorbehandeling kan verwezenlijkt worden door onderdompelen of door lokaal aanbrengen met een penseel.

3. Chloordioxyde ClO_2 [3-6-11-13-17-18-20-21-27-28-29-30-31-34-37-40-44-48]

Bij behandeling door onderdompeling blijkt ClO_2 een uitstekend bleekmiddel te zijn [27-28-29-30] uitgenomen voor papier dat lignine bevat [18]. Er zou geen aantasting van de cellulose plaats vinden [13-23-28]. $NaBH_4$ wordt aangeraden als antichloormiddel.

De behandeling in de gasfase is eveneens zeer efficiënt [27-28-29-34], maar spoeling met water is dan noodzakelijk [27-28-34].

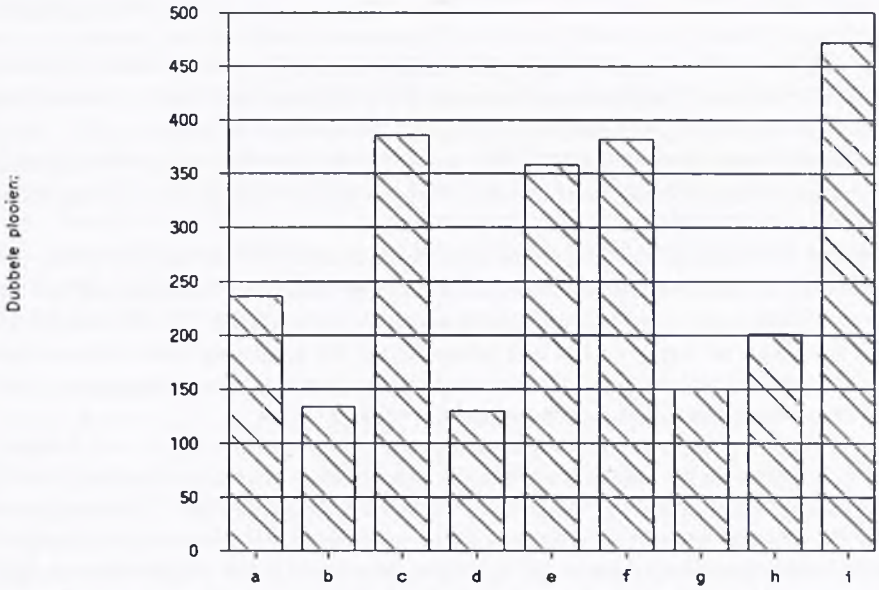
Toetsing. We hebben de efficiëntie nagegaan van ClO_2 bij onderdompeling en bij behandeling in de gasfase, op vlekken ontstaan door foxing. Voor houtpapier noteerden we een grijsachtig aspekt. Na veroudering wordt de vergeling zeer intens voor niet-gespoeld papier. Op het einde van de antichloorbehandeling met $NaBH_4$ bekomen we de hoogste graad van witheid, zelfs na veroudering. Deze waarneming komt overeen met de conclusies van BURGESS [18].

Gezien het verlies aan mechanische weerstand van het papier na onderdompeling, mogen we deze behandeling reeds onmiddellijk elimineren, welk ook het antichloormiddel weze. Anderzijds schijnt het vanzelfsprekend dat een behandeling met gasvormig ClO_2 zonder tussenkomst van een antichloormiddel, en zelfs een eenvoudige spoeling met water, onmogelijk is. $NaBH_4$ gaf het beste resultaat, maar de mechanische weerstand is geringer dan bij gebruik van boorhydride alleen.

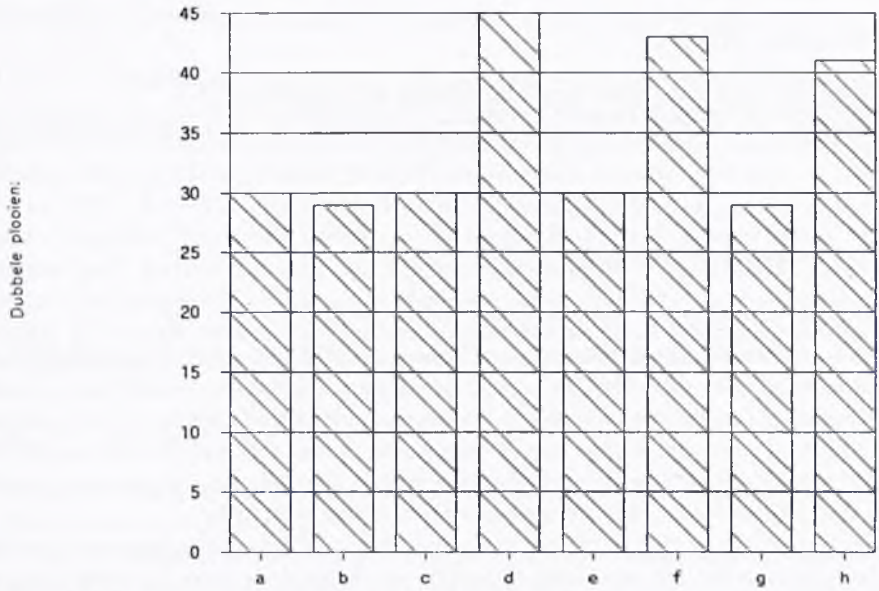
Zo komen we tot het besluit dat een behandeling door onderdompeling geenszins te overwegen valt. Het bleken door fumigatie, gevolgd door een lokaal aanbrengen van $NaBH_4$, kan in overweging genomen worden: de resultaten van de mechanische weerstandsmeting gaven voldoening.

4. Chlooramine [3-6-8-9-10-14-17-18-20-21-26-27-28-30-31-32-34-37-41-43-44-47-48]

Men heeft dikwijls veel goeds gezegd over de behandeling met chlooramine T: eenvoud, efficiëntie, veiligheid [6-8-20-41]. Chlooramine is nochtans onbruikbaar voor



Afb. 76. Plooiweerstand van lompenpapier na bleken: (a) referentie (b) NaOCl + $NaBH_{4ond}$ (c) NaOCl + $NaBH_{4lokaal}$ (d) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4ond}$ (e) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4lokaal}$ (f) ClO_2 + $NaBH_{4lokaal}$ (g) Chlooramine T (h) $NaBH_{4ond}$ (i) $NaBH_{4lokaal}$.



Afb. 77. Plooiweerstand van houtpapier na bleken: (a) referentie (b) NaOCL + $NaBH_{4ond}$ (c) NaOCl + $NaBH_{4lokaal}$ (d) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4ond}$ (e) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4lokaal}$ (f) ClO_2 + $NaBH_{4lokaal}$ (g) $NaBH_{4ond}$ (h) $NaBH_{4lokaal}$.

schimmelvlekken [28] en heeft over 't algemeen een zeer zwakke uitwerking [30]. Gedurende lange tijd vond men dat er geen residu's gevormd werden en dat spoeling dus overbodig was [8-41]. Die veronderstelling is nu helemaal opgegeven en de noodzakelijkheid om het behandeld papier te neutraliseren werd aangetoond [32-44]: er zou eveneens een zeer sterke binding gevormd worden tussen chlooramine en cellulose [31]. Als neutralisatiebad vermeldt men water [7-20-43-44], citroenzuur [31] of natriumthiosulfaat [18]. Alleen de behandeling met boorhydriden zou in staat zijn de overbleking doeltreffend te stoppen [14-18].

Toetsing. We hebben de doelmatigheid van twee soorten behandelingen willen vergelijken: wassen, ontzuren, bleken met chlooramine gevolgd door een spoeling met natriumboorhydride tegenover het boorhydride alleen. Voor houtpulp bekomt men geen voldoend resultaat, zelfs niet na één uur behandeling. De metingen tonen soms zelfs een vergeling aan. Voor lompenpapier dat niet te erg door spikkels is aangetast, was een bewerking van 40 minuten met chlooramine voldoende.

In vergelijking met een behandeling tegen vlekken van foxing die uitsluitend op basis van boorhydride uitgevoerd werd, bekomt men een beter resultaat met een gecombineerde behandeling, maar deze blijft toch onvoldoende. Chlooramine verbetert de globale witheid slechts weinig in vergelijking met een behandeling van dezelfde duur met boorhydride. Er valt op te merken dat het papier sterk aangetast wordt: de plooiweerstand daalt met 30 %, zelfs als men $NaBH_4$ gebruikt als antichloormiddel.

De behandeling met chlooramine hebben we afgewezen.

5. Chlorigzuur [31]

Eén enkele referentie meldt een behandeling bij een pH van 3,6.

Verwerping. We hebben bleking in waterig midden bij een zo lage pH niet willen uitvoeren.

b. *Niet-chloorhoudende verbindingen*

1. Kaliumpermanganaat $KMnO_4$ [3-6-7-10-20-26-27-28-31-37-48]

CUNHA raadt in zijn handboek verschenen in 1972 het gebruik van $KMnO_4$ als bleekmiddel af [20]. Ook HEY ziet ervan af om deze methode te beschrijven, vermits het resultaat te moeilijk te controleren is wegens de donkere kleuring van de oplossing [31]. FLIEDER wijst alle werkwijzen af wegens het verlies aan fysische weerstand [28]. BOUSTEAD had eveneens opgemerkt dat deze manier van bleken het papier meer beschadigde dan hypochloriet, chlooramine of waterstofperoxyde [10].

Toetsing. Uit onze proeven mogen we besluiten dat kaliumpermanganaat een uitstekend bleekmiddel is. De beschadiging van de vezels is echter groot bij lompenpapier: het verlies aan mechanische weerstand is indrukwekkend. Voor wat de bleking van houtpapier betreft zijn de resultaten geenszins bevredigend: er verschijnen bruine vlekken. Deze behandeling is dus eveneens te verwerpen.

2. Natriumperboraat $NaBO_3$ [10-37]

De doeltreffendheid van deze methode is onbetwist geringer dan die met NaOCl [37]. De mechanische weerstand zou verhogen als de bleking gevolgd wordt door ontzuring [10].

Toetsing. Onze proefnemingen gaven geen voldoening voor houtpapier; lompenpapier daarentegen bleekt op een homogene manier en de vlekken verdwijnen. Na kunstmatige veroudering blijkt lompenpapier meer aangetast te zijn dan vermeld in de referentie, terwijl houtpapier lichtjes versterkt wordt. Deze behandeling moet afgewezen worden, voor houtpapier (verlies aan witheid) en eveneens voor lompenpapier (verlies aan mechanische weerstand).

3. Waterstofperoxyde H_2O_2
[3-4-9-10-13-14-17-18-19-20-21-26-27-28-30-31-37-38-41-42-47-48]

De grootste moeilijkheid voor het bleken met H_2O_2 is het gevaar voor blaasvorming. Volgens CLEMENT zijn de blazen onmogelijk te verwijderen [19]. Waterstofperoxyde is onschadelijk voor cellulose [4-19-26-42]. Er zouden geen residu's zijn [20-26-31].

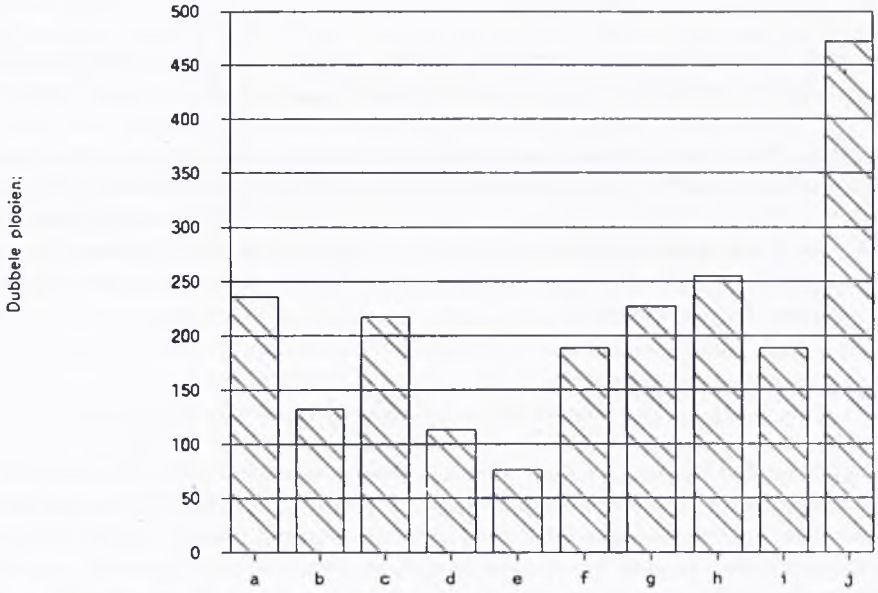
Oud lompenpapier wordt nochtans aangetast door waterstofperoxyde, in tegenstelling tot nieuw lompenpapier [13]. De berichten aangaande de efficiëntie van deze behandeling zijn uiteenlopend. Verscheidene auteurs beweren dat peroxydebleking tamelijk efficiënt is [4-19-26-30-42]. Verder zijn nog andere aspekten in de literatuur vermeld: geen gevaar voor de restaurateur, eenvoudig gebruik, geringe prijs [26], snelheid [42] en het feit dat er geen chloorlignineverbindingen kunnen gevormd worden [13].

Toetsing. Verschillende concentraties werden getest zowel door onderdompeling als door lokaal aanbrengen met een penseel. Tijdens de behandelingen door onderdompeling stelden we blistering vast zowel op sommige houtpapieren als op sommige lompenpapieren. De behandeling met het penseel kan toegepast worden, zelfs met een concentratie van 2 % : de bleking is even efficiënt als door onderdompeling, zonder dat blazen gevormd worden. Over 't algemeen is de verkregen bleking zwak maar stabiel. Lompenpapier geeft slechte resultaten voor wat de mechanische weerstand betreft. De behandeling schijnt goed voor houtpapier en chemisch papier, waarvan de α-cellulose waarschijnlijk beschermd wordt door andere componenten. Deze blekingsmethode door onderdompeling is geschikt voor houtpapier en chemisch papier.

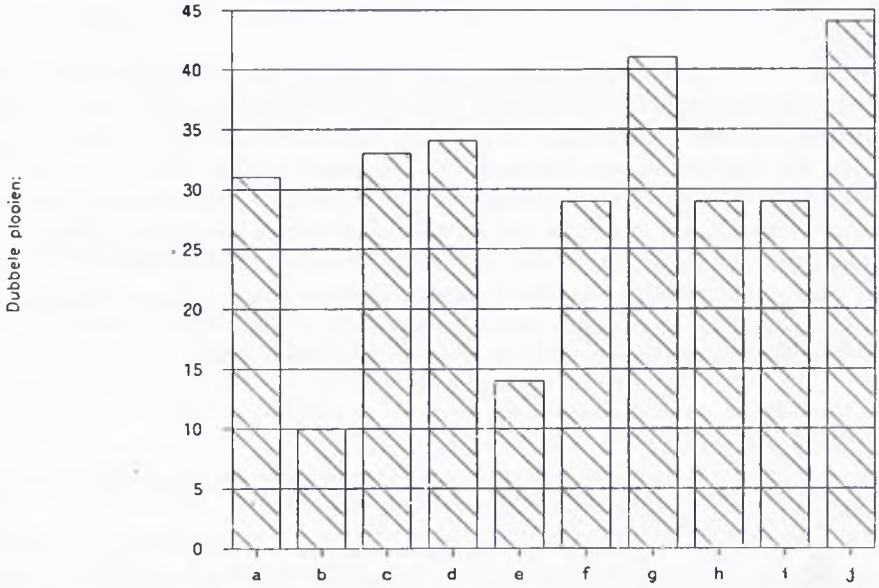
4. Ozon O_3 [22-30-37-42]

Weinige werkwijzen worden vermeld in de literatuur [22-30]. Naar LUCIANI wordt de cellulose niet aangetast [37].

Toetsing. We hebben het ozon getest in zijn gasvorm. De doelmatigheid van deze behandeling hangt af van de vochtigheidsgraad van het papier. Het beste resultaat werd bekomen op monsters bevochtigd tussen twee vloeipapieren. We raden deze blekingsmethode ten zeerste af: met om het even welk papiertype vermindert de mechanische weerstand van de monsters aanzienlijk.



Afb. 78. Plooiweerstand van lompenpapier met niet-chloorhoudende verbindingen na bleking: (a) referentie (b) $KMnO_4$ (c) $NaBO_3$ (d) H_2O_{2ond} (e) $H_2O_{2lokaal}$ (f) Ozon (g) $Dithioniet_{ond}$ (h) $Dithioniet_{lokaal}$ (i) $NaBH_{4ond}$ (j) $NaBH_{4lokaal}$.



Afb. 79. Plooiweerstand van houtpapier na bleking met niet-chloorhoudende verbindingen: (a) referentie (b) $KMnO_4$ (c) $NaBO_3$ (d) H_2O_{2ond} (e) $H_2O_{2lokaal}$ (f) Ozon (g) $Dithioniet_{ond}$ (h) $Dithioniet_{lokaal}$ (i) $NaBH_{4\,ond}$ (j) $NaBH_{4lokaal}$.

III. ZUREN

Verschillende zuren werden getest door FLIEDER : zoutzuur, oxaalzuur, citroenzuur. Geen enkele verbetering werd genoteerd voor vlekken van zwammen [27-28].

Verwerping. We hebben deze methodes niet getest.

IV. REDUCTIEMIDDELEN

1. Natriumformaldehydesulfoxylaat [28]

Blekingsproeven werden verricht, echter zonder resultaat, op vlekken van zwammen.

Verwerping. We hebben deze methodes niet getest.

2. Kaliummetabisulfiet $K_2S_2O_5$ [10]

Deze behandeling gevolgd door ontzuring zou goede resultaten opleveren betreffende de plooiweerstand.

Toetsing. De resultaten van onze proefnemingen waren niet overtuigend. Lompenpapier bleekt nauwelijks, houtpapier in het geheel niet. Deze behandeling werd opgegeven.

3. Natriumhydrosulfiet $Na_2S_2O_4$ [1-2-37]

Bleking met natriumhydrosulfiet (ook natriumdithioniet genoemd) wordt toegepast in de papierindustrie voor de behandeling van pulp [1-2]. Ze werd blijkbaar alleen maar door LUCIANI getest voor restauratiedoeleinden [37].

Toetsing. De behandeling door onderdompeling was heel doeltreffend voor houtpapier. Voor lompenpapier bereikt de witheid maar 3/4 van die bekomen met H_2O_2. Na kunstmatige veroudering vergelen alle papieren. De toestand na bleking is niet stabiel. We hebben deze methode afgewezen gezien het gebrek aan stabiliteit en de vlugge omkeerbaarheid van de vergeling.

4. Boorhydriden [16-31-38-46]

Natriumboorhydride ($NaBH_4$) veroorzaakt chemische reductie van de gekleurde verbindingen die ontstaan uit de oxydatie van het papier in de loop van de tijd. In tegenstelling tot de klassieke bleking met oxydatiemiddelen zou deze behandeling geen afbraak van cellulose teweegbrengen. Integendeel zou ze de weerstand van de vezels verhogen ten opzichte van hydrolyse door zuren, van oxydatie, van alkaliën en van de werking van korte UV-stralen [16]. Door ontbinding van het boorhydride (versneld in zuur milieu) wordt gasachtige waterstof gevormd : het blad drijft aan de oppervlakte van de oplossing en het gas vormt zich tussen de papiervezels. De ontstane blazen beschadigen het papier op mechanische wijze. Men kan dit fenomeen beperken door van werkwijze te veranderen [16-31]. De pH van de oplossing is hoog, tussen 9 en 10 [16-31-46]. De oplossing moet dus voorzichtig gebruikt worden in aanwezigheid van inkten, kleurstoffen of pigmenten [16-31]. Het bleken zou voldoende en stabiel zijn bij veroudering [16]. Deze behandeling schijnt vooral belangwekkend omdat de cellulose niet beschadigd wordt.

Toetsing. We hebben de beste resultaten bekomen door onderdompeling in een oplossing van 1 % of door aanbrengen met een penseel. Eén uur na de behandeling waren de resultaten reeds voldoende zowel voor hout- als voor lompenpapier. In alcoholische oplossing is het resultaat minder goed. Sommige schimmelvlekken (foxing,...) worden onvolledig verwijderd. Men merkt een duidelijke verbetering van de plooiweerstand met deze oplossing. De verhoging van de plooiweerstand is evenredig aan de duur van de behandeling. Dit verschijnsel wordt nooit waargenomen bij oxyderende bleekmiddelen. Voor lompenpapier blijft bij onderdompeling gevaar voor ,,blistering''. We moeten nochtans aandringen op de noodzakelijkheid het papier na de behandeling gedurende 3 à 4 uur vóór de ontzuring zorgvuldig met water te spoelen. Voor het lompenpapier zal enkel het aanbrengen met een penseel in aanmerking komen.

V. LICHT [4-5-11-24-25-33]

De chromofore groepen die verantwoordelijk zijn voor de gele kleur van papier, absorberen fotonen wanneer ze blootgesteld worden aan het licht en worden zo geëxciteerd. Ze kunnen dan tussenkomen in verschillende reacties die zich normaal niet zouden voorgedaan hebben en die hun vernietiging tot gevolg hebben. Om efficiënt te zijn moet de golflengte van het foton begrepen zijn tussen 400 en 550 nm (blauwe stralingen uit het zichtbaar gebied).

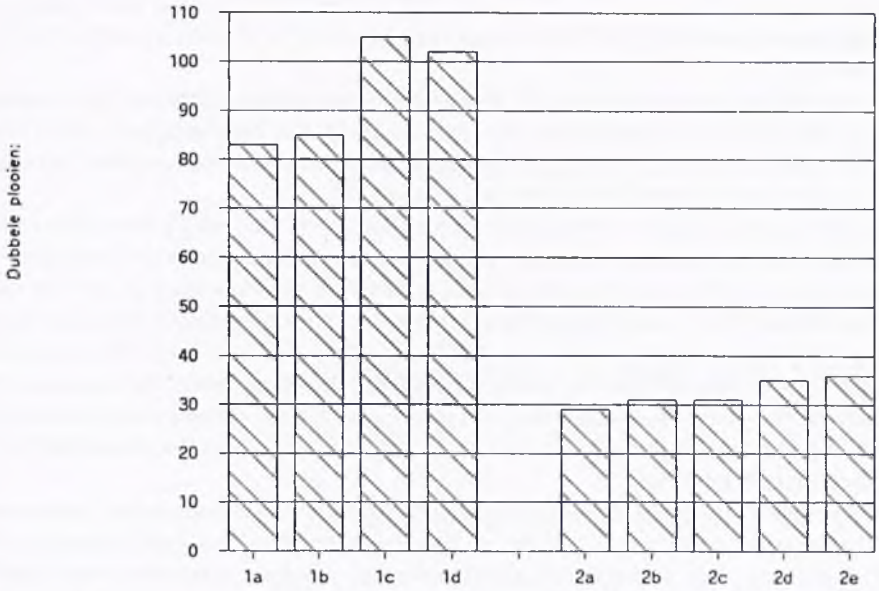
KEYES noteert dat bleken niet zou moeten uitgevoerd worden op papier van na 1850 dat houtpulp bevat. Geen enkele proef werd gedaan met dat soort papier [33]. Het bleken met natuurlijk of kunstmatig licht wordt gewoonlijk verricht door onderdompeling in een alkalische oplossing: het water levert de zuurstof die onmisbaar is voor de oxydatie, het alkali bevordert de verwijdering van de gekleurde en geoxydeerde stoffen, neutraliseert de aanwezige zuren en levert een licht alkalische reserve op [24]. Men gebruikt een $Ca(OH)_2$- of een $Mg(HCO_3)_2$-oplossing.

De duur van de behandeling hangt af van verschillende factoren: het soort vlek, het papier, het seizoen, het uur waarop de bleking gebeurt. Men rekent 2 tot 5 uur voor natuurlijk licht en 8 tot 12 uur voor kunstlicht. Men moet UV-stralen elimineren [5-24-25].

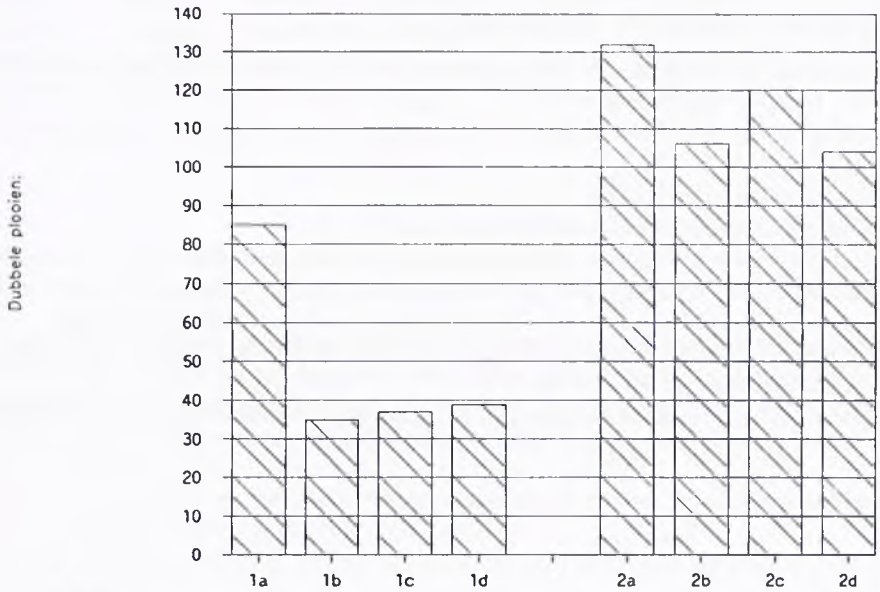
Het bleken is niet doeltreffend voor sommige vlekken: kleefstoffen op basis van proteïnen, schimmels, foxing, roestvlekken [24].

Met een golflengte lager dan 500 nm zou beschadiging van de vezels optreden door inkorting van de moleculaire ketens en vorming van oxycellulose [48]. De uiterste golflengte bevindt zich op 400 nm [24]. BRANCHIK verwijdert om die reden de UV-stralen, maar de uitwerking op de mechanische weerstand van het papier is vooral gebonden aan de samenstelling ervan [11].

Toetsing. We hebben blekingsproeven gedaan met *natuurlijk licht*. Alleen chemisch papier en lompenpapier bleekten merkbaar. Houtpapier vergeelde. Methodes met onderdompeling ($Ca(OH)_2$ pH 8) werken het best omdat UV-stralen verwijderd worden. Het papier moet vooraf bevochtigd worden. Gebleekt chemisch papier is niet stabiel en er is opnieuw algemene vergeling na droge veroudering. Daarom werden de proeven van mechanische weerstand alleen voor lompenpapier uitgevoerd. Deze resultaten waren



Afb. 80. Plooiweerstand van lompenpapier (1) en houtpapier (2) na bleken met $NaBH_{4ond}$, voor verschillende behandelingstijden: (a) referentie, (b) 1 uur, (c) 2 uur, (d) 4 uur, (e) 16 uur.



Afb. 81. Plooiweerstand van lompenpapier na bleken met natuurlijk licht (1) en kunstlicht (2): (a) referentie (b) onderdompeling $Ca(OH)_2$ (c) vochtig zonder UV (d) vochtig met UV.

zeer slecht. Ondanks de verwijdering van de UV-stralen hebben we een sterke aantasting waargenomen: gemiddeld 40 % verlies aan mechanische weerstand in vergelijking met de referentie.

In tegenstelling tot wat men dikwijls leest, is het bleken door zonlicht geen goede behandeling. Zelfs als de UV-stralen worden uitgeschakeld is er beschadiging van de vezels en verlies aan weerstand. De enige proeven vermeld in de literatuur betreffen oud papier dat niet kunstmatig verouderd werd na bleking [11].

Na al onze tests raden we geen enkele blekingsmethode met behulp van zonlicht aan.

Bij *kunstlicht* worden voor chemisch papier en lompenpapier de beste resultaten verkregen met een pH8 $Ca(OH)_2$-oplossing. De toename van de witheid is te verwaarlozen vanaf meer dan 16 uur blootstelling. Houtpapier wordt lichtjes witter maar na ontzuring is dit papier minder wit dan bij het begin van de behandeling. De proeven van mechanische weerstand werden alleen toegepast op lompenpapier. De resultaten zijn heel slecht. Na versnelde veroudering is er sterke aantasting, ondanks de eliminatie van de UV-stralen: gemiddeld een verlies van 15 % van de mechanische weerstand in vergelijking met de referentie.

Het bleken van papier met kunstlicht is ondoeltreffend voor houtpapier en het resultaat is niet stabiel voor chemisch papier en lompenpapier. Zoals voor het bleken met zonlicht werden de enige gekende resultaten verkregen zonder kunstmatige veroudering.

We raden geen enkele blekingsmethode met kunstlicht aan.

VI. BESLUIT: AANBEVOLEN METHODES

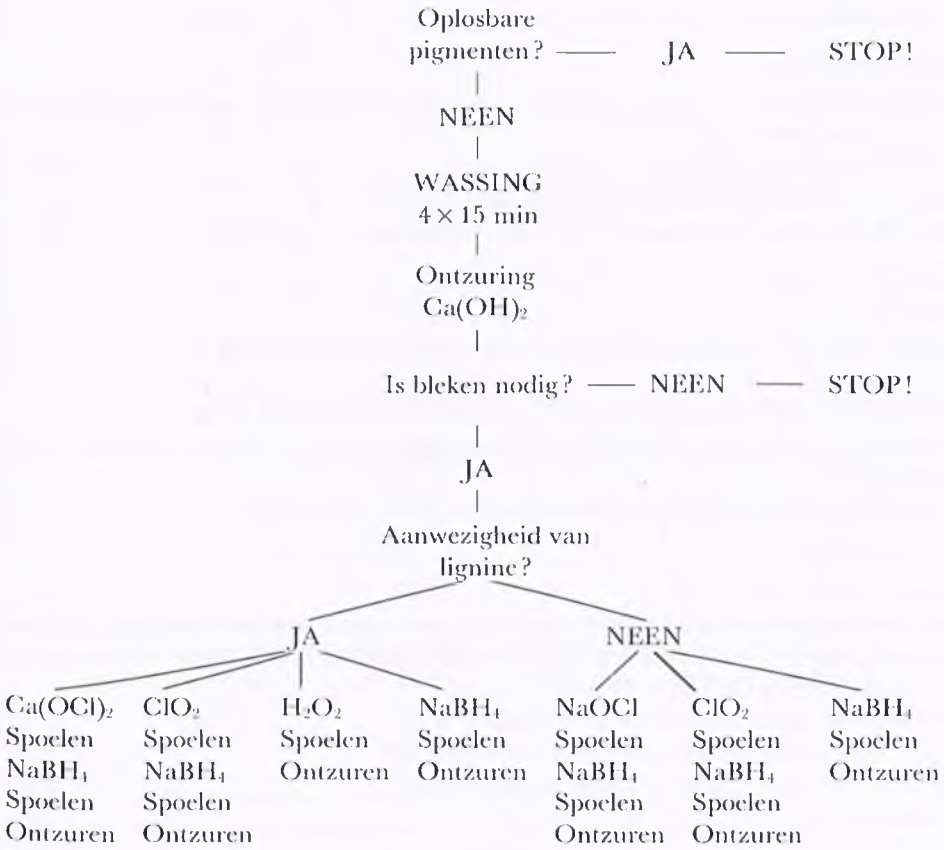
1. Welke behandeling voor welk papier?

Bleking maakt integraal deel uit van een reeks restauratiebewerkingen: wassing - ontzuring - bleking - ontzuring.

Vooraleer met deze bewerkingen te beginnen is het noodzakelijk de dokumenten te testen.

* Zuurtegraad meten (Zie ontzuring)
* Oplosbaarheid van inkten en kleuren testen
  Indien de inkten of de kleurstoffen oplosbaar zijn, kan geen enkele van de vastgestelde methodes worden toegepast. Het gebruik van tijdelijke of definitieve fixeermiddelen zou dit probleem kunnen oplossen. De opzoekingen zijn aan de gang.
* Opsporen van lignine met het reagens op basis van floroglucinol of van het reagens van Herzberg (zie ontzuring).

Volgens de verkregen resultaten kan een aangepaste methode gekozen worden:



Natriumboorhydride aangebracht met penseel wordt aangeraden voor alle papiersoorten. Wanneer nodig kan men deze bewerking laten voorafgaan door een vlugge onderdompeling in een zeer verdunde NaOCl- of $Ca(OCl)_2$-oplossing resp. voor lompen- en houtpapier. Men kan eveneens bleken met gasachtig ClO_2 gevolgd door plaatselijk aangebracht $NaBH_4$.

De onderdompeling in $NaBH_4$ is minder doeltreffend dan het bestrijken met penseel, maar mag uitgevoerd worden bij houtpapier.

De behandeling met H_2O_2 is eveneens aanbevolen voor houtpapier maar ze is minder doeltreffend.

Wij herhalen : geen enkele blekingsmethode met natuurlijk licht of kunstlicht kon in aanmerking komen.

2. Methodes

$NaOCl + NaBH_4$

Wassen. Ontzuren. 0,5 % actief chloor (1,6° chl) NaOCl door onderdompeling gedurende 2 tot 5 minuten.
Spoelen met water gedurende minimum 1 uur.
Een 1 % $NaBH_4$-oplossing aanbrengen met penseel.
Spoelen met water gedurende 3 tot 4 uur. Ontzuren.

$Ca(OCl)_2 + NaBH_4$

Wassen. Ontzuren.
Onderdompelen in een 0,085 % actief chloor-oplossing (0,27° chl.)
$Ca(OCl)_2$.
Spoelen met voortdurend ververst water gedurende minimum 1 uur.
Onderdompelen in een 1 % $NaBH_4$-oplossing gedurende 1 uur of deze oplossing aanbrengen met penseel.
Spoelen met water gedurende minimum 3 tot 4 uur. Ontzuren.

$ClO_2 + NaBH_4$

Wassen. Ontzuren.
Blootstelling gedurende 15 minuten aan uitwasemingen van een 2 % natriumchlorietoplossing ($NaClO_2$) en 2,5 % van 37 % formaldehyde (H_2CO) in water. De concentratie van gasvormig ClO_2 is 4 % v/v.
Overvloedig spoelen met water gedurende 1 uur.
Een 1 % $NaBH_4$-oplossing aanbrengen met penseel.
Spoelen met water gedurende minimum 3 à 4 uur.
Ontzuren.

H_2O_2

Wassen. Ontzuren.
Onderdompelen in een 2 % (6 volumes) oplossing gedurende 1 uur.
Spoelen met water gedurende minimum 1 uur.
Ontzuren.

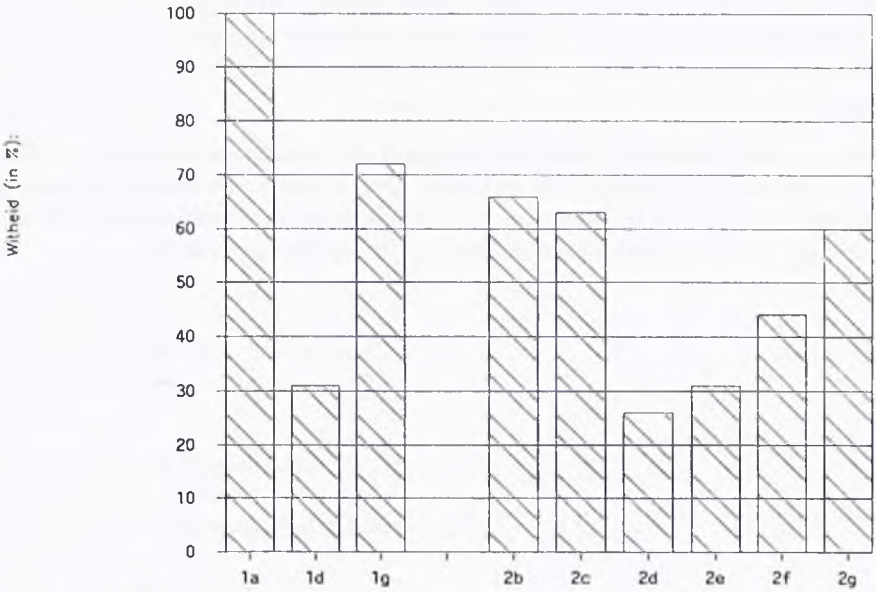
$NaBH_4$

Wassen. Ontzuren.
Onderdompelen in een 1 % oplossing gedurende minimum 1 uur of bestrijken met een penseel.
Spoelen met water gedurende minimum 3 tot 4 uur.

3. Bijlage

NaOCl

Men drukt de concentratie van NaOCl op verschillende manieren uit in de literatuur:
* in % actief chloor (Cl*) of gewicht Cl_2: aantal g/100g oplossing.
* in ° chlorometrische graad of aantal liters Cl_2 verkregen uit 1 kg oplossing.



Afb. 82. Vergelijking van de efficiëntie van de verkozen blekingsmethodes voor lompenpapier (1) en houtpapier (2): (a) NaOCl + $NaBH_{4ond}$ (b) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4ond}$ (c) $Ca(OCl)_2$ + $NaBH_{4lokaal}$ (d) ClO_2 gas + $NaBH_{4lokaal}$ (e) H_2O_{2ond} (f) $NaBH_{4ond}$ (g) $NaBH_{4lokaal}$.

* in $C(Cl_2)$: concentratie in mol aan Cl_2 per liter oplossing (molariteit).

Het verband tussen deze eenheden is : 10 % Cl* = 32° chl. = 1,33 M Cl_2

Wij hebben de concentratie van bleekwater uit de handel gemeten : Loda 10° : 10,6° chl., Lacroix 15° : 18° chl. en Yplon 15° : 16,2° chl.

% actief chl.	*Chlorom. gr.*	*$C(Cl_2)$ in M*
0,5	1,6	0,07
2	6,4	0,27
4	12,8	0,53
5	16,0	0,66
10	32,0	1,33

Om 500 ml oplossing te bekomen die 0,5 % actief chloor (hetzij 1,6° chl.) bevat, neemt men 53 ml bleekwater uit de handel à 15 °chl. en men lengt het aan tot 500 ml (v = 500 ml * 1,6°/15° = 53 ml)

H_2O_2

De concentratie van waterstofperoxyde-oplossingen wordt uitgedrukt in volumes (vol.) of in %. Een 100 vol. oplossing komt ongeveer overeen met 30 % waterstofperoxyde. Om een 1 % (0,3 vol.) oplossing te bekomen uit 30 % H_2O_2, neemt men 33ml van deze

laatste en men vult aan tot 1000 ml. Waterstofperoxyde dat in de handel verkocht wordt is gestabiliseerd met H_2SO_4. Men ontzuurt de verdunde oplossing met ammoniak tot de gewenste pH. (v = 1000 ml * 1 %/30 % = 33ml)

$NaBH_4$

Het is wenselijk vlug water of alcohol op het $NaBH_4$ poeder te gieten, eerder dan het poeder in de vloeistof te storten. In dit laatste geval vormen zich klonters bij een sterke verhoging van de lokale temperatuur zodat het boorhydride snel ontbindt. De omgevingstemperatuur heeft geen grote invloed op de ontbindingsreactie.

HOOFDSTUK III: KLEEFSTOFFEN

I. Werkwijze
   1. Inventaris van de kleefstoffen
   2. Evaluatie

II. Plantaardige kleefstoffen
   1. Lijmen afkomstig van meel
   2. Lijmen afkomstig van zetmeel
   3. Dextrinelijmen
   4. Gommen

III. Dierlijke kleefstoffen
   1. Huidlijm
   2. Vislijm
   3. Perkamentlijm
   4. Gelatine

IV. Celluloselijmen
   1. Cellulosenitraat
   2. Celluloseacetaat
   3. Methylcellulose
   4. Natriumcarboxymethylcellulose
   5. Ethylcellulose
   6. Hydroxyethylcellulose
   7. Hydroxypropylcellulose
   8. Methylhydroxyethylcellulose
   9. Ethylhydroxyethylcellulose

V. Vinyllijmen
   1. Polyvinylacetaat
   2. Polyvinylalcohol
   3. Polyvinylacetaal
   4. Polyvinyl-ethyleen-acetaat

VI. Acrylharsen
1. Methylmethacrylaat
2. Ethylmethacrylaat
3. Butylmethacrylaat
4. Methylacrylaat / Ethylmethacrylaat
5. Ethylacrylaat / Methylmethacrylaat

VII. Koolwaterstoffen
1. Paraffine
2. Rubber
3. Paryleen

VIII. Andere harsen
1. Polyamiden
2. Alifatisch polyurethaan

IX. Besluit: aanbevolen kleefstoffen
1. Welke kleefstoffen?
2. Bereiding
3. Bijlage

I. WERKWIJZE

1. Inventaris van de kleefstoffen

Men gebruikt de term ,,kleefstof'' om natuurlijke of synthetische lijmen aan te duiden die dienen voor de restauratie van leemten of scheuren. Daarin zijn ook de produkten begrepen die gebruikt worden ter versteviging van dokumenten na wassing en tevens de fixeermiddelen voor het poedervormig afzetsel van pastel, houtskool e.a. Ten slotte voegt men er soms nog foliën aan toe die men gebruikt voor het warm of koud lamineren of ook nog voor het doubleren van dokumenten.

Gemakshalve hebben we de talrijke geciteerde produkten volgens hun chemische samenstelling gerangschikt. Vooreerst de natuurlijke kleefstoffen, waaronder de plantaardige lijmen bereid uit meel en zetmeel, en de dierlijke, van huiden, benen, vis, gelatine... Onder de synthetische kleefstoffen telt men cellulose-, vinyl-, acryllijmen, polyamiden en koolwaterstoffen.

Voor al deze produkten geven we een samenvatting van de kenmerken. We verduidelijken eveneens hun toepassing in de restauratie. De recepten zijn veelvoudig en zullen niet opgenoemd worden daar de vermelding van de talrijke concentraties maar weinig interesse biedt. De te testen produkten werden geselecteerd na een nauwkeurig bibliografisch onderzoek volgens de reeds aangenomen regel: algemeen afgekeurde of reeds opgegeven kleefstoffen werden niet behandeld. De lijst is de volgende: tarwemeel (TML), rijstmeel (RML), zetmeel van tarwe (TZM), zetmeel van rijst (RZM), methylcellulose (MCE), natriumcarboxymethylcellulose (CMC), ethylcellulose (ECE), hydroxyethylcellulose (HEC), hydroxypropylcellulose (HPC), methylhydroxyethylcellulose (MHE), Polyvinylacetaat (PVA), Polyvinylalcohol (PVO), methylacrylaat / ethylmethacrylaat (Paraloid) (E/M), gelatine (GEL).

2. Evaluatie

Voor dit derde onderwerp van ons onderzoek over de curatieve methodes ging het er meer om produkten te testen dan een restauratiemethode uit te werken. Uit experimenteel opzicht hebben we ons beperkt tot de kleef- en verstevigingsmiddelen. Na wassen, ontzuren en eventueel bleken is het noodzakelijk het dokument opnieuw in te strijken met lijm.

De criteria voor het evalueren van kleefstoffen zijn bijzonder talrijk en uiteenlopend van aard: hechting, buigzaamheid, neutraliteit, stabiliteit, biologische weerstand, omkeerbaarheid, gebruiksgemak en onschadelijkheid.

Verscheidene tests werden verricht: meting van de pH, witheid, trekweerstand, plooiweerstand. De kleefstoffen werden eveneens onderworpen aan droge zowel als aan vochtige verouderingen. Produkten die slechte resultaten opleverden werden afgewezen.

Herkomst van de geteste produkten:

Tarwemeel: handel
Rijstmeel: handel
Zetmeel van tarwe: Belgolabo
Zetmeel van rijst: Belgolabo
Gelatine USP 250: Vel

Methylcellulose 400, 1500 en 4000 : Vel
Carboxymethylcellulose Tylose C300P : Hoechst
Ethylcellulose Ethocel 5 en 45 : Vel
Hydroxyethylcellulose Tylose 300 P : Hoechst
Hydroxypropylcellulose PM 1000000 : Janssen Chimica
Methylhydroxyethylcellulose Tylose MH 300 P : Hoechst
PVacetaat Mowilith 60 en DHL : Hoechst
PValcohol Mowiol 4-98 en 28-99 : Hoechst
Paraloid B 72 : DLO Chemicals

II. PLANTAARDIGE KLEEFSTOFFEN

1. Lijmen afkomstig van meel [3-8-9-22-29-35-46-55-59-62-72-75]

Meel bevat koolhydraten (zetmeel) en proteïnen (gluten). Deze twee bestanddelen bezitten kleefeigenschappen verschillend van die van zuiver zetmeel[59]. Lijmen afkomstig van meel kleven beter bij het aanbrengen en zetten zich gemakkelijker uit dan lijmen afkomstig van zetmeel, maar de aanwezigheid van gluten maakt ze tevens brozer [43].

Deze lijmen worden gebruikt bij het doubleren of het vullen van leemten. Tarwe- en rijstmeel worden het meest gebruikt.

Hun voornaamste eigenschappen zijn : goede kleefkracht en gebruiksgemak [35-72]. De ontlijming in water gaat gewoonlijk zonder moeite [62]. Men heeft vervormingen van de drager opgemerkt [35-72] evenals verlies aan soepelheid [35-46-72]. De plooiweerstand is goed [46-62]. Deze kleefstof vergeelt bij kunstmatige veroudering [46] en is gevoelig voor micro-organismen [35-72].

Toetsing. We hebben de kleefstof van tarwe- en rijstmeel getest. We hebben ze vlug verworpen : ze vergelen aanzienlijk, ze verbruinen zelfs. De pH's gemeten na kunstmatige veroudering zijn zuur. Voor ons komen zulke lijmen niet in aanmerking.

2. Lijmen afkomstig van zetmeel [1-2-3-9-10-11-14-22-29-31-35-43-46-47-48-49-51-52-54-57-59-62-64-75-78-79-83-84]

Zetmeel bestaat uit twee natuurlijke *polymeren* : amylose en amylopectine [11]. Het lost niet op in koud water en bij verwarming vormt het een gel die kan gebruikt worden als kleefstof (temperatuur van gelatinatie : 55-80 °C) [43]. Deze lijm moet langer koken dan lijm afkomstig van tarwe- of rijstmeel, maar hij is gemakkelijker te verwerken en vormt bij het drogen een soepelere laag [59]. Hij heeft een melkwitte kleur [11].

Deze lijmen gebruikt men meestal als kleefstoffen voor manuele restauratie [3-10-29-46-48-53-59-62-75-83-84]. Zetmeel uit tarwe, rijst, maïs of aardappelen wordt het meest gebruikt [50]. Soms worden ze vermengd met mekaar [1-22-52] of met andere lijmen : dierlijke lijmen [46-62], vinyllijmen [31-84] of celluloselijmen [3-54-59-83].

Hun voornaamste kenmerken zijn : een goede kleefkracht en een voldoende buigzaamheid [62-75]. De omkeerbaarheid in water is goed [46-62]. Men heeft vervormingen van de drager opgemerkt [10]. De plooiweerstand is goed [10-46-62]. Zuiver zetmeel zou niet vergelen [11-46-62].

Toetsing. We hebben goede resultaten bekomen met zetmeel afkomstig van tarwe en rijst. Papier bestreken met zetmeel heeft een grotere mechanische weerstand na veroudering. De pH's geven voldoening. Papier bestreken met zetmeel vergeelt weinig.

3. Dextrinelijmen [8-31-32-35-50-72]

Dextrine is een gomachtig afbraakprodukt van zetmeel bekomen door hydrolyse bij verwarming. Het is een gemakkelijk te bereiden kleefstof, te gebruiken bij manuele restauratie. Men vermeldt een goed hechtvermogen en een voldoende kleurstabiliteit. Deze kleefstof is gevoelig voor micro-organismen. De gevormde film is stijf [35-72].

4. Gommen [35-50-72-73]

Arabische gom is een polysaccharide, vooral gewonnen uit bomen van de acacia soort. Hij is oplosbaar in water bij kamertemperatuur en is hydrofiel [73]. Hij weerstaat aan aanvallen van micro-organismen, heeft een goed hechtvermogen, is kleurstabiel maar vormt zeer stijve films [35-72].

Lakgom komt van bomen van de sumak-soort en wordt gebruikt als definitief fixeermiddel van poederige schetsen. Deze fixering is onomkeerbaar na veroudering en het produkt vergeelt [73].

III. DIERLIJKE KLEEFSTOFFEN

In het celweefsel zijn de proteïnen, waarvan collageen het voornaamste is, aan mekaar gebonden door covalente bindingen en door talrijke waterstofbindingen. Door verwarming lossen de collageenmoleculen op [43]. Dierlijke lijmen stollen snel bij afkoelen (gelatineren). Ze zijn gevoelig voor vochtigheid en weerstaan niet aan druk.

1. Huidlijm [8-30-37-39-50-62-79]

Deze lijm wordt bekomen door extractie van collageen uit konijnenhuiden [30]. Huidlijmen waren de sterkste kleefstoffen vóór het verschijnen van de synthetische lijmen [43]. Ze zijn onoplosbaar in koud water maar betrekkelijk oplosbaar in warm water [30-62]. Ze worden voornamelijk gebruikt als kleefstof in de boekbinderij of wanneer sterke lijming gewenst is [62]. Ze worden ook gebruikt als verstevigingsmiddel van papier [30]. Deze lijmen verouderen slecht : ze vergelen en worden bros [8-62]. Ze zijn ook zeer gevoelig voor micro-organismen [30].

2. Vislijm [30-35-72-79]

Deze lijm wordt verkregen door het koken van huiden en afval van vis in lichtjes zuur water [30]. Hij wordt voornamelijk gebruikt als kleefstof [30-72] of om het papier te lij-

men (te bestrijken) [63]. Hij heeft een goed hechtvermogen, maar is weinig buigzaam [35-72]. Vislijm is zeer gevoelig voor micro-organismen [30-35-72]. Hij is gekleurd [35-72] en hydrofiel. Theoretisch is de lijming omkeerbaar in warm water [30].

3. Perkamentlijm [35-72]

Lijm afkomstig van perkament wordt soms gebruikt als kleefstof van papier. Hij geeft een goede hechting en voldoende buigzaamheid. Hij weerstaat redelijk goed aan micro-organismen, maar zoals de andere dierlijke kleefstoffen vervormt hij de drager [72].

4. Gelatine [17-18-20-21-30-39-42-43-50-52-67-68-76-80]

Gelatine wordt verkregen door zuivering van het proteïnenmateriaal van de dierelijmen [11]. Ze zwelt in koud water en vormt een gel. Bij het opwarmen lost ze op. De oplossing wordt warm aangebracht. Gelatine stolt bij afkoeling en vormt een gel, daarna droogt ze door verdamping van het water. De inkrimping van de film is aanzienlijk [30-43].

Gelatine wordt vooral gebruikt om papier te lijmen (bestrijken) [17-20-39-42-52-67-68-80] of als fixeermiddel [21-31].

Gelatine is echter niet zeer doeltreffend als fixeermiddel want ze zwelt in water [21]. Ze is gevoelig voor micro-organismen [21-31]. De lijming is moeilijk omkeerbaar [31-39]. De mechanische weerstand van papier verstevigd met gelatine is goed maar slechter dan die met polyvinylalcohol [42-67-68-80]. Door veroudering zou de pH van gelatine verhogen [82].

Toetsing. Oude papieren, bestreken met gelatine, vergelen bij versnelde veroudering en hun mechanische weerstand vermindert. De pH is eveneens verlaagd (verzuring). We hebben deze lijm afgewezen.

IV. CELLULOSELIJMEN

De celluloselijmen worden bereid door chemische wijziging van cellulose. Men onderscheidt cellulose*ëesters* (celluloseacetaat en cellulosenitraat) en cellulose*ëthers* (methylcellulose, natriumcarboxymethylcellulose, hydroxyethylcellulose, hydroxypropylcellulose, methylhydroxyethylcellulose, ethylcellulose, ethylhydroxyethylcellulose) [43].

De celluloselijmen lossen over 't algemeen goed op in water en in organische solventen. Dat hangt af van hun substitutiegraad (S.G.), d.w.z. van het gemiddeld aantal *alkylgroepen* gevoegd bij elke eenheid glucose van de keten [10].

1. Cellulosenitraat [34-35-43-72]

Cellulosenitraat wordt bekomen door de cellulose te bewerken met een mengsel van salpeterzuur en zwavelzuur. De S.G. is begrepen tussen 2,0 en 2,2. Het werd gebruikt als fixeermiddel en als kleefstof [35-72]. Het is minder stabiel dan het celluloseacetaat [43]. Het vergeelt door het licht [35-43-72] en vervormt de drager [35-72].

2. Celluloseacetaat [21-32-35-43-72-73-82]

Celluloseacetaat verkrijgt men door reactie tussen cellulose en azijnzuuranhydride bij verhitting. De S.G. ligt tussen 2,4 en 3. Bij kamertemperatuur is er aantasting door oxydatie, de film wordt bros. Deze beschadiging wordt versneld door zuren [43].

Celluloseacetaat werd voornamelijk gebruikt voor het lamineren van dokumenten onder verwarming en druk of voor koude laminering met aceton.

Toetsing. We hebben celluloseacetaat als zodanig niet getest, maar wel papieren die gelamineerd werden met dat produkt. Er is geen vergeling, maar de mechanische weerstand vermindert na veroudering, vooral voor lompenpapier. De pH van al de gelamineerde papieren is gedaald. We raden dit verstevigingsprocédé af.

3. Methylcellulose
[2-3-9-10-11-12-15-17-21-28-43-46-54-59-62-67-68-76-81-82-83-84]

Methylcellulose wordt bereid door reactie tussen alkalische cellulose en methylchloride. De S.G. is begrepen tussen 1,3 en 2,6 [10]. Deze stof is onoplosbaar in warm water, maar oplosbaar in ethanol en aceton [9-10], weerstaat aan micro-organismen [10-11-59], vergeelt niet [12-15-62], bevat meer dan 95 % water en kan vervormingen van de drager veroorzaken [59].

Methylcellulose heeft veel toepassingen : als verstevigingsmiddel [10-11-12-15-56-82], als kleefstof bij manuele restauratie [9-10-11-21-43-54-59-62-81-83-84] en als fixeermiddel [9-76]. Ze wordt soms gemengd met PVA [3-6-62-83-84], plantaardige lijmen [3-54-59-83] of met natriumcarboxymethylcellulose [10].

De mechanische weerstand geeft voldoening [10-12-15-43-62]. De lijming is omkeerbaar in water [10-43-59-62-81]. Na kunstmatige veroudering is de gemeten pH hoger dan 5,6 [81].

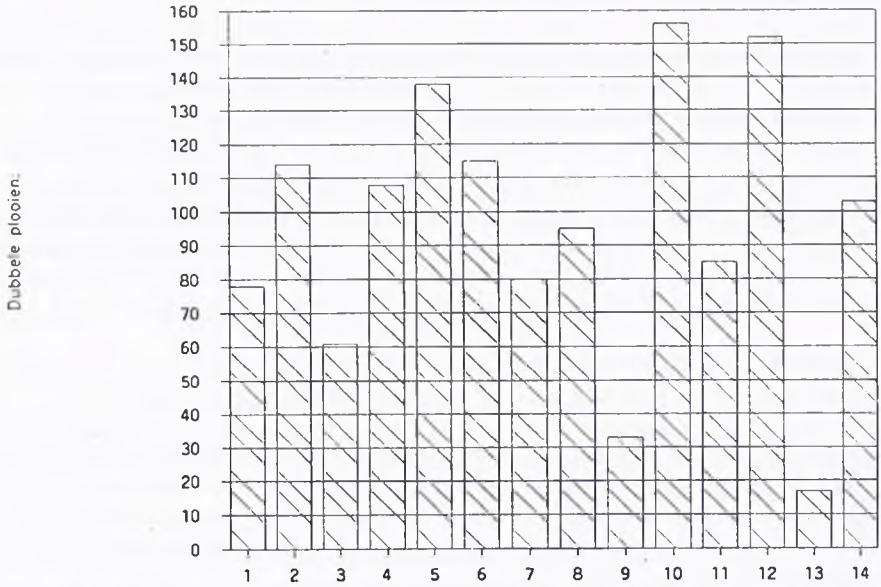
Toetsing. Methylcellulosepreparaten met verschillende viscositeit werden getest (400, 1500 en 4000). Al deze bereidingen hebben goede resultaten opgeleverd met betrekking tot pH en mechanische weerstand. We hebben geen buitensporige vergeling gemeten. MC4000 in een oplossing van methylchloride en methanol (80 :20) gaf ook bevredigende resultaten.

4. Natriumcarboxymethylcellulose [9-10-11-14-17-20-28-42-46-51-59]

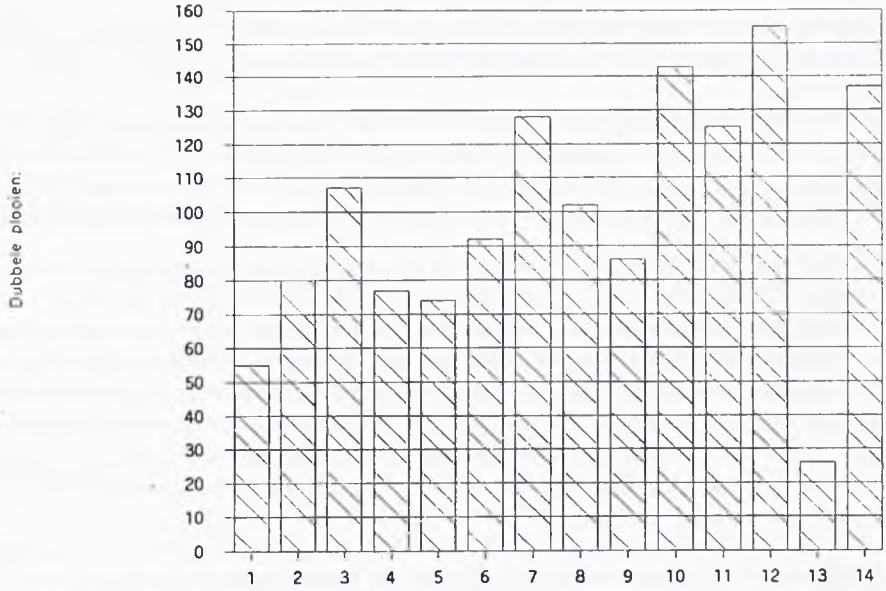
Carboxymethylcellulose wordt bereid door reactie van natriumchlooracetaat met alkalische cellulose. De S.G. ligt tussen 0,4 en 1,4. Ze is oplosbaar in warm en in koud water, in ethanol en aceton [9]. De CMC weerstaat maar weinig aan micro-organismen [43].

Natriumcarboxymethylcellulose heeft talrijke toepassingen : als verstevigingsmiddel [9-10-11-15-20-42] en als kleefstof voor manuele restauratie [9-10-11-43-54]. Op zichzelf is ze een nogal zwakke kleefstof. Men kan ze mengen met methylcellulose maar dit mengsel vergeelt [10].

De weerstand van het papier wordt voldoende geacht na behandeling [17], na veroudering [10-42-43] of soms onvoldoende [15-20]. De kleur is stabiel bij kunstmatige veroudering [20-42-51]. Voor BAKER komt er vergeling voor na vochtige kunstmatige veroudering [10]. De pH is goed na kunstmatige veroudering [43-51]. De omkeerbaarheid in water is goed [43-54].



Afb. 83. Plooiweerstand van lompenpapier bestreken met lijm: (1) TZM (2) RZM (3) GEL (4) MCE 400 (5) MCE 1500 (6) MCE 4000 (7) MCE (8) 4000/solv CMC (9) ECE (10) HEC (11) HPC (12) MHE (13) PVA (14) E/M.



Afb. 84. Plooiweerstand van houtpapier bestreken met lijm: (1) TZM (2) RZM (3) GEL (4) MCE 400 (5) MCE 1500 (6) MCE 4000 (7) MCE 4000/solv (8) CMC (9) ECE (10) HEC (11) HPC (12) MHE (13) PVA (14) E/M.

Toetsing. We hebben zeer goede resultaten bekomen met CMC 300 voor wat betreft de pH, de mechanische weerstand en de witheid (deze laatste slechts voor het houtpapier). Lompenpapier bestreken met lijm vergeelt na droge veroudering en nog veel meer na vochtige veroudering. Het gebruik van CMC lijkt niet aangewezen.

5. Ethylcellulose [28-43-82]

Ethylcellulose verkrijgt men door reactie tussen ethylchloride en alkalische cellulose in een autoclaaf. Ze vormt een soepele en stevige film [28-82]. Ze wordt aangetast door licht en door zuur. Om die reden wordt ze maar weinig gebruikt voor conservatie [28].

Toetsing. We hebben het verlies aan mechanische weerstand gemeten na veroudering en hebben de wijziging van de pH nagegaan voor ethylcellulose 7 en 45 cps. Deze produkten zijn te verwerpen.

6. Hydroxyethylcellulose [28-37-39-43-56-67-68-80]

Deze lijm is oplosbaar in warm en koud water en onoplosbaar in organische solventen [28]. Hij is gevoelig voor micro-organismen [43] maar biedt toch meer weerstand dan dierlijke kleefstoffen, dan lijmen afkomstig van meel en dan polyvinylacetaat [37-39]. Hij wordt gebruikt als verstevigingsmiddel [39-56-67-68-80].

De resultaten van de proeven op mechanische weerstand, witheid en omkeerbaarheid zijn heel goed [67-68-80].

Toetsing. HEC 300 P heeft zeer goede resultaten gegeven bij de proeven op mechanische weerstand, witheid en pH. We raden deze lijm aan.

7. Hydroxypropylcellulose [28-42-43-55-69-73]

Hydroxypropylcellulose wordt bereid door reactie tussen alkalische cellulose en propyleenoxyde. Ze is oplosbaar in water tot 40 °C, in ethanol, methanol, isopropanol en ook in mengsels van solventen [42]. Ze is onoplosbaar in warm water [28-42]. Ze kan met andere lijmsoorten vermengd worden[42]. Door blootstelling aan UV-stralen in zuur milieu zou ze onoplosbaar kunnen worden [28]. Ze zou ook gevoelig zijn voor microorganismen[42].

Als verstevigingsmiddel kan ze gebruikt worden in methanol [42-55], als fixeermiddel in een mengsel van methanol en methylchloride [73] of in ethanol [42].

De reeds aangehaalde proeven op mechanische weerstand, witheid en omkeerbaarheid gaven zeer goede resultaten [42-73].

Toetsing. HPC (MG 1 000 000) gaf zeer goede resultaten bij onze tests van witheid, mechanische weerstand en pH. We raden dit produkt aan.

TABEL 9

Oplosbaarheid van de celluloseëthers

	Koud water	*Warm water*	*Solventen*
MCE	+	→ 80 °C	ethanol aceton
CMC	+	+	ethanol, aceton
ECE	–	–	ethylacetaat, ethyleen-chloride
HEC	+	+	–
HPC	+	→ 40 °C	ethanol, methanol of isopropanol
MHE	+	–	mengsels gechloreerde koolwa- ter stoffen en alcohol
EHE	–	–	gechloreerde koolwaterstoffen en aromatische solventen

8. Methylhydroxyethylcellulose [31-42-43-56-58-63-81]

Methylhydroxyethylcellulose is oplosbaar in koud water: de oplossing is vloeibaar en transparant. Ze is niet oplosbaar in warm water [87]. De mengsels van gechloreerde koolwaterstoffen en alcohol (bv. methylchloride en ethanol 80:20) lossen methylhydroxyethylcellulose op [58-Hoechst].

Ze wordt gebruikt bij het doubleren [31-56-58-81], als verstevigingsprodukt [31-42-56-81] en bij manuele restauratie van leemten [56].

Ze weerstaat nogal goed aan micro-organismen [58]. Haar omkeerbaarheid is goed [58-81]. Ze is stabiel en heeft een goede mechanische weerstand [31-81].

Toetsing. MHE 300 P heeft uitstekende resultaten gegeven bij onze controle op mechanische weerstand, witheid en pH. We raden het gebruik van deze lijm aan.

9. Ethylhydroxyethylcellulose [28-43-82]

Deze lijm is onoplosbaar in water maar oplosbaar in aromatische solventen en gehalogeneerde koolwaterstoffen. De stabiliteit ervan kan vergeleken worden met die van ethylcellulose. Hij is gevoelig voor licht en zuren [28] en weerstaat aan micro-organismen [43].

V. VINYLLIJMEN

1. Polyvinylacetaat [3-6-7-11-12-13-15-17-26-33-34-37-43-54-56-61-62-65-82-83-84]

Dit polymeer wordt verkregen door reactie van citroenzuur met acetyleen in aanwezigheid van kwikoxyde als catalysator. Een polyvinylacetaatfilm is doorschijnend [65]. Polyvinylacetaat is oplosbaar in alcohol, in ketonen en in aromatische koolwaterstoffen [82]. De omkeerbaarheid is zeer beperkt in water [6-7-62-82], ze is beter in solventen: ketonen, aromatische koolwaterstoffen [13-65].

Het wordt gebruikt als kleefstof in manuele restauratie. De dispersie mag als zodanig gebruikt worden [6-7-11-13-26-62] of verdund met water [15-17-54]. Het werd eveneens beproefd als fixeermiddel [82] en als verstevigingsmiddel [65].

De pH van de dispersie is zuur [17-62]. Na kunstmatige veroudering zijn de pH's gemeten op het papier, zuur [6-7-13-15-62]. PVA vergeelt vlug [13-15-43-65]. De plooiweerstand is goed na droge kunstmatige veroudering [7-15] evenals de weerstand tegen micro-organismen [37].

Toetsing. PVA in suspensie (Mowilith DHL) of in oplossing (Mowilith 60) vergeelt op ontzuurd papier. De mechanische weerstand van ons papier is aanzienlijk gedaald na veroudering. We raden het gebruik van dit produkt voor restauratie af.

2. Polyvinylalcohol [4-17-24-28-31-39-51-62-67-68-72-80]

Polyvinylalcohol verkrijgt men door hydrolyse van de acetaatgroepen van polyvinylacetaat met vorming van hydroxylgroepen (OH-). Het percentage aan hydroxylgroepen kan variëren tussen 70 en 100 %. Hoe hoger dit % ligt, hoe beter de polyvinylalcohol oplost in water, maar hoe slechter hij in het papier doordringt [24-40-43].

Hij is oplosbaar in enkele organische solventen [24-43]. Polyvinylalcohol wordt ontbonden bij hoge temperatuur en door vochtigheid [24-43]. Meestal zijn behandelingen met polyvinylalcohol onomkeerbaar [43], vooral na versnelde veroudering [62-80].

Polyvinylalcohol wordt gebruikt als kleefstof [4] en als verstevigingsmiddel [39-67-68-80].

De plooiweerstand is goed [4-62-80], evenals de weerstand tegen micro-organismen [80]. Op papier heeft men een goede kleurstabiliteit waargenomen [62-80], maar ook vergeling [4]. De pH ligt tussen 4,5 en 7 [43] en daalt na veroudering [80].

Toetsing. Onze proeven met polyvinylalcohol (Mowiol 4-98 en 28-99) werden vlug opgegeven wegens de vergeling na versnelde veroudering.

3. Polyvinylacetaal [4-5-62-76]

Polyvinylacetaal (Regnal) bekomt men door reactie van polyvinylalcohol met een *aldehyde* (het ethanal). Het wordt ontbonden door zuren en warmte [43]. Polyvinylacetaal wordt vermeld als verstevigingsmiddel [16-62-76] of als fixeermiddel [76]. Na kunstmatige veroudering is de mechanische weerstand slecht [5-62]. Het produkt vergeelt [4-5] en werd tenslotte afgewezen als verstevigingsmiddel [15].

4. Polyvinyl-ethyleen-acetaat [7-33-73]

Dit copolymeer werd getest als kleefstof [7] en als fixeermiddel voor poederige schetsen [37-73]. Als kleefstof werden goede resultaten geboekt bij de mechanische proefnemingen. Het vergeelt niet. De pH van het behandeld papier is lichtjes zuur. Na kunstmatige veroudering is de omkeerbaarheid niet volkomen, noch in water, noch in tolueen [7]. Wat de kleefstoffen betreft heeft men verlies aan elasticiteit opgemerkt van alle papieren en een vergeling van houtpapier [33-73]. We hebben daarom deze kleefstof afgewezen.

VI. ACRYLHARSEN

1. Methylmethacrylaat [82]

Het is een thermoplastisch polymeer dat een uitmuntende doorzichtigheid en glans bezit. Het heeft een goede weerstand tegen de inwerking van licht, tegen veroudering en verdunde zuren. Het is oplosbaar in aromatische gechloreerde koolwaterstoffen, in alcoholen, *aldehyden* en ketonen. Het kan toegepast worden als verstevigings- en fixeermiddel. Maar het papier verliest zijn soepelheid en krijgt een minder fraai uitzicht [82].

2. Ethylmethacrylaat [33-73]

Het enige hars vermeld als fixeermiddel werd geëlimineerd omwille van zijn slechte omkeerbaarheid [73].

3. Butylmethacrylaat [15-33-69-73-76-77]

Butylmethacrylaat dient als fixeermiddel voor poederige schetsen [33-69-73]. De mechanische weerstand is goed evenals de pH en de omkeerbaarheid [33]. Het is nochtans uitgesloten als fixeermiddel voor pastellen want men heeft opgemerkt dat rode pigmenten uitlopen [69].

4. Methylacrylaat / Ethylmethacrylaat [15-16-21-31-33-38-40-56-58-65-66-70-71-73-80]

Het best gekende van deze harsen is Paraloid B 72, gebruikt als fixeermiddel en als verstevigingsmiddel. Het kan opgelost worden in verscheidene solventen: aceton [21], toluol (of tolueen) [31-65-71-80], ethylacetaat [33-73], xyleen [15] of trichloorethyleen [56].

Als fixeermiddel geven de resultaten voldoening en de omkeerbaarheid is goed [21-56-71]. Als verstevigingsmiddel is de trekweerstand goed, maar de plooiweerstand vermindert [15-65]. Men heeft ook een vergeling opgemerkt na kunstmatige veroudering [15-56-71-80].

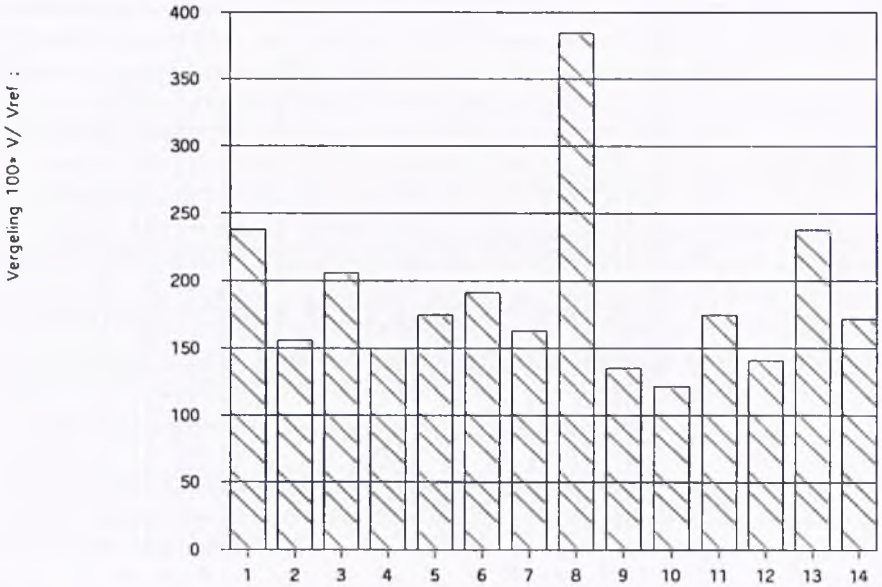
Toetsing. Een 5 % Paraloid-oplossing in tolueen werd getest. De resultaten van de mechanische proeven, de pH en de witheid na veroudering zijn goed. We raden dit produkt als fixeermiddel aan.

5. Ethylacrylaat / Methylmethacrylaat [16-31-33-54-55-56-73-77]

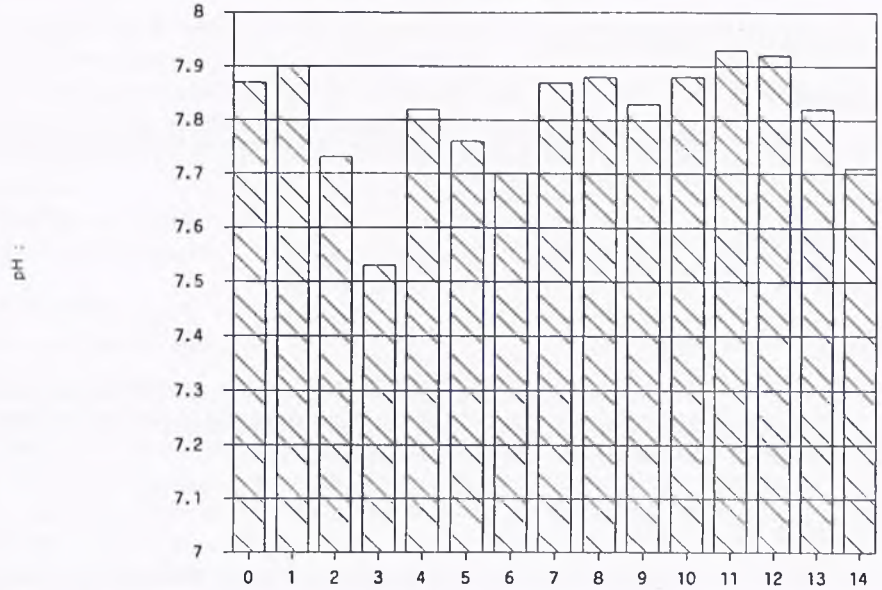
Het best gekende hars in de handel is Primal AC, een suspensie van witte ondoorzichtige kleur [54]. Op papier geeft het een blinkende schijn [54-73]. Het is oplosbaar in alcohol, tolueen, aceton [16].

Primal wordt hoofdzakelijk gebruikt voor het doubleren in niet-waterig midden. Japans papier wordt doordrenkt met Primal en de hechting gebeurt bij lichtjes verhoogde temperatuur en onder zwakke druk. Het gaat dus niet om een werkelijke laminering.

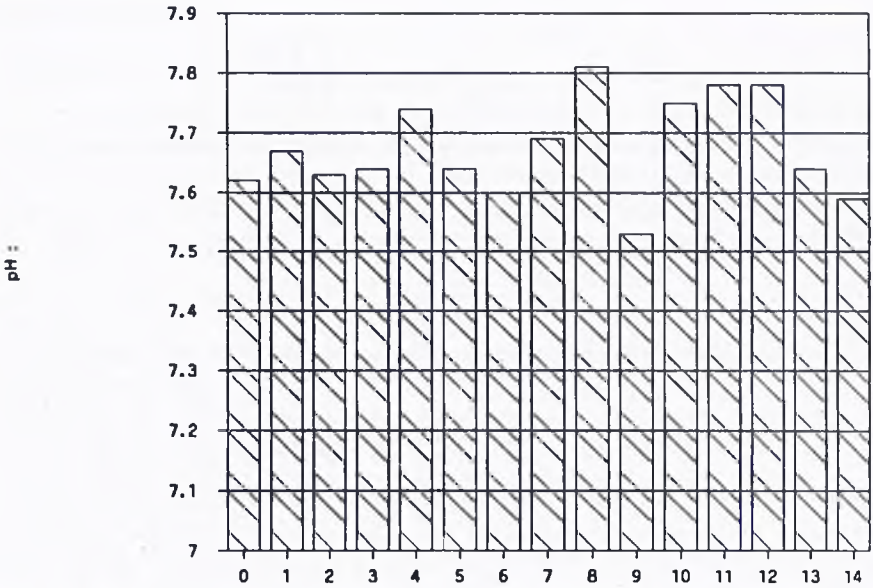
De dispersie wordt zuiver of aangelengd gebruikt [31-54]. Ze wordt ook gebruikt als fixeermiddel [16-56-73] maar de omkeerbaarheid is zeer gering [73]. Met Japans papier is de omkeerbaarheid beter [16-56]. Men gebruikt ethanol of aceton [31].



Afb. 85. Witheid van gelijmd lompenpapier: (1) TZM (2) RZM (3) GEL (4) MCE 400 (5) MCE 1500 (6) MCE 4000 (7) MCE 4000/solv (8) CMC (9) ECE (10) HEC (11) HPC (12) MHE (13) PVA (14) E/M.



Afb. 86. pH van gelijmd lompenpapier: (0) referentie (1) TZM (2) RZM (3) GEL (4) MCE 400 (5) MCE 1500 (6) MCE 4000 (7) MCE 4000/solv (8) CMC (9) ECE (10) HEC (11) HPC (12) MHE (13) PVA (14) E/M.



Afb. 87. pH van gelijmd houtpapier: (0) referentie (1) TZM (2) RZM (3) GEL (4) MCE 400 (5) MCE 1500 (6) MCE 4000 (7) MCE 4000/solv (8) CMC (9) ECE (10) HEC (11) HPC (12) MHE (13) PVA (14) E/M.

VII. KOOLWATERSTOFFEN

1. Paraffine [21]

Een paraffine-oplossing in vloeibare koolwaterstoffen werd getest als fixeermiddel voor pigmenten. De omkeerbaarheid is goed [21].

2. Rubber [8-35-50-72]

Een kleefstof van dit type werd getest en verworpen [8].

3. Paryleen [44-45-60]

Paryleen werd getest als verstevigingsmiddel voor broze papieren. Er is een verbetering merkbaar van de mechanische weerstand van het behandeld papier in vergelijking met de referentie. Deze methode wordt verder onderzocht.

VIII. ANDERE HARSEN

1. Polyamiden [4-15-17-19-20-23-31-33-38-39-40-43-58-62-65-66-69-70-71-73-80]

Oplosbaar nylon komt voor als een onregelmatig gevormde polymere vaste stof of als opgelost gesubstitueerd nylon: n-methoxymethylnylon 6/6 (Calaton, Maranyl). Deze nylons zijn gevoelig voor fotolytische oxydatie [43]. Het n-methoxynylon is oplosbaar

in solventen bij hoge temperatuur. Bij het drogen vormt het een film en trekt het samen. In zuur milieu wordt het onoplosbaar. Het is eveneens gevoelig voor UV-stralen. De niet-gesubstitueerde nylons zijn onregelmatige polymeren en reageren verschillend. Ze vormen een witte ondoorschijnende film die doorschijnend wordt op 80 °C (Zytel 61, Elvamide 8061) [43].

De nylons worden gebruikt als fixeermiddel [31-33-69-71-73] of als verstevigingsmiddel [4-15-20-38-39-62-65-66-80].

De mechanische weerstand van het behandeld papier is zeer goed na kunstmatige veroudering [20-62-80]; voor zekere auteurs is hij echter slecht [4-15]. Oplosbaar nylon verhoogt de weerstand van het papier tegen micro-organismen [78] alhoewel minder dan hydroxyethylcellulose [38]. Na kunstmatige veroudering daalt de pH [15-80]. Er komt geen vergeling [65-66-80]. De behandelingen met *polyamide*harsen worden spoedig onomkeerbaar, [4-26-65-70 -71-73-80] zelfs indien sommigen spreken van omkeerbaarheid in solventen [31-62-80].

2. Alifatisch polyurethaan [33-73]

Polyurethaanhars werd getest als definitief fixeermiddel voor poederige schetsen. Het papier verliest zijn soepelheid.

IX. BESLUIT: AANBEVOLEN KLEEFSTOFFEN

1. Welke kleefstoffen?

De lijmen die de meeste voldoening geven zijn methylhydroxyethylcellulose (MHE 300 P) en hydroxyethylcellulose (HEC 300 P).

Hydroxypropylcellulose (HPC), methylcellulose (MCE 400, 1500 en 4000), zetmeel van tarwe en rijst en Paraloid hebben goede resultaten gegeven.

Ethylcellulose (ECE 7 en 45) en carboxymethylcellulose (Na CMC 300 P) gaven slechte resultaten.

Gelatine en Polyvinylacetaat tasten het meest het papier aan.

Meel en Polyvinylalcohol vergelen en zijn sterk af te raden.

2. Bereiding

Zetmeel van tarwe of rijst

50g/liter gedestilleerd of gedemineraliseerd water

Het zetmeel wegen en het water toevoegen; koud mengen; verwarmen op laag vuur (10 à 15 min); al roerend aan de kook brengen; de bereiding wordt grijsachtig en dikt aan; voortdoen tot een dikke doorschijnende pulp (2-3 min) verkregen wordt; afkoelen; de lijm verschillende malen door een fijne zeef sturen met behulp van een houten spatel. Deze lijm mag aangelengd worden met water tot de gewenste dikte. Deze bereiding kan verscheidene dagen in een luchtdicht recipiënt op kamertemperatuur bewaard worden.

MHE 300 P

30g/liter gedestilleerd water

Het poeder langzaam al roerend in water storten; 24 uur laten rusten.

TABEL 10

Overzicht van de uitslagen

	Plooien	*Witheid*	*pH*
TARWEMEEL		– – –	
RIJSTMEEL		– – –	
ZETMEEL VAN TARWE	–	+	
ZETMEEL VAN RIJST	+	+	
GELATINE	–	–	–
MC 400	+	+	+
MC 1500	+ + +		
MC 4000/H_2O	+ + +	+	
MC 4000/solv	+		
CMC	+	–	+
ECE	–	+	–
HEC	+ + +	+	+
HPC	+	+	+
MHE	+ + +	+	+
PVA	–	– – –	
PVO		– – –	
PARALOID	+	+	+

– – – zeer slecht; – – slecht; + goed; + + + zeer goed.

HEC 300 P

10g/liter gedestilleerd water
Zelfde bereiding als MHE

MCE 400

40g/liter gedestilleerd water
Zelfde bereiding als MHE

MCE 1500

30g/liter gedestilleerd water
Zelfde bereiding als MHE

MCE 4000

30g/liter gedestilleerd water (of in een mengsel methylchloride / methanol 80:20 voor het fixeren)

Paraloid (fixeermiddel)

Methylacrylaat / Ethylmethacrylaat
5 % in zuiver tolueen

BIBLIOGRAFIE

I. Ontzuring
II. Bleking
III. Kleefstoffen

I. ONTZURING

1. * AGRAWAL, O.P., *Conservation of Manuscripts and Paintings of South Asia*, Londen, 1984, p. 171-178.
   Ontzuringstechnieken in water (twee baden met $Mg(HCO_3)_2$) en buiten water (Magnesiummethoxyde, Magnesiummethylmethoxyde en $Ba(OH)_2$).
2. ARNEY, J.S., A.J. JACOBS en R. NEWMAN, *The influence of deacidification on the deterioration of paper*, in *The journal of the American Institute for Conservation*, 19(1980), p. 34-41.
   Positief effect van de ontzuring op de vergeling en de verzwakking van het papier gedurende de kunstmatige veroudering.
3. * BAYNES-COPE, A.D., *The non-aqueous deacidification of documents*, in *Restaurator*, 1(1969), p. 2-9.
   Bariumhydroxyde in methanol.
4. * BOUSTEAD, W.M., *The Surface pH measurement and deacidification of prints and drawings in tropical climates*, in *Studies in Conservation*, 9(1964), p. 50-58.
   Vergelijking van de pH metingen door contactelektroden en door koude extractie.
5. * CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1974, p. 19-20.
   Opmetingen van pH met indicator.
6. COOK, Jan en Heather MANSELL, *The effects of conservation treatments on watercolours*, in *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 7(1981), p. 73-103.
   Beschrijving van de uitwerking van 6 methodes (3 waterige en 3 niet-waterige): afzettingen aan de oppervlakte, beweeglijkheid van de pigmenten naar gelang van de solventen en chemische reacties die de pigmenten aantasten.
7. COUCH, Randall, *Notes on a pressurized system for producing magnesium bicarbonate solutions*, in *Journal of the American Institute for Conservation*, 21(1981), p. 43-48.
   Beschrijving van een apparaat om magnesiumbicarbonaat-oplossingen te bereiden vanaf magnesiumhydroxyde.
8. CUNHA, George M., *Mass deacidification system available to librarians*, in *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 66-67.
   Diëthylzink en magnesiummethylcarbonaat.
9. * DANIELS, Vincent, *Colour changes of watercolour pigments during deacidification*, in *Science and Technology in the Science of Conservation*, IIC, Londen, 1982, p. 66-70.
   Calcium- en bariumhydroxyden veroorzaken de voornaamste kleurveranderingen.

10. * DANIELS, Vincent, *Aqueous deacidification of paper*, in *The Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londen, 1987, p. 109-115.
Calciumhydroxyde en magnesiumbicarbonaat.
11. * DUPUIS, R.N., J.E. KUSTERER en R.C. SPROULL, *Evaluation of Langwell's vapour phase deacidification process*, in *Restaurator*, 1(1970), p. 149-164.
Cyclohexylaminecarbonaat.
12. * FEDERICI, C. en M. HEY, *Problems involved in the restoration of a Mercator atlas*, in *ICOM Committee for Conservation*, Venetië, 1975, 75/15/11, 19 p.
Calciumacetaat.
13. * FLIEDER, Fr., Fr. LECLERC en S. BONNASSIES, *La désacidification des papiers*, in *Bulletin van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium*, XV(1975), p. 151-162.
Magnesiumbicarbonaat en borax als waterige methodes, bariumhydroxyde als niet-waterige.
14. * FLIEDER, Fr., Fr. LECLERC en Ch. GARNIER, *La sauvegarde des documents imprimés à la Bibliothèque Nationale*, in *Les documents graphiques et photographiques : Analyse et conservation*, C.N.R.S., Parijs, 1981, p. 11-30.
Proeven met borax, bariumhydroxyde of magnesiummethylcarbonaat.
15. HEY, M., *Kitchen chemistry. The reasons why not*, in *Abbey Newsletter*, 11(1977), p. 1-2.
Borax en andere derivaten van natrium zouden nooit moeten gebruikt worden voor behandelingen van restauratie.
16. * HEY, M., (*Answer*), in *Paper Conservation News*, 7(1978), p. 4.
Enkele opmerkingen aangaande magnesiumacetaat om aan te tonen waarom deze methode moet verworpen worden.
17. * HEY, M., *The washing and aqueous deacidification of paper*, in *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 66-80.
Praktische vragen over ontzuring met calciumhydroxyde- en magnesiumbicarbonaat-oplossing.
18. * HEY, M., *Deacidification and stabilisation of irongall inks*, in *Restaurator*, 5(1981), p. 24-44.
Borax, calciumhydroxyde, magnesiumbicarbonaat en magnesiummethylcarbonaat.
19. * KELLY, G. B. Jr., *Practical aspects of deacidification*, in *Journal of the American Institute for Conservation*, 13(1972), p. 16-28 en in *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, speciaal nummer van *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 91-105.
Overzicht van waterige, niet-waterige en gasachtige ontzuringstechnieken.
20. * KELLY, G. B. Jr., L. TANG en M. K. KRASNOV, *Methyl magnesium carbonate. An improved nonaqueous deacidification agent*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 62-71.
Vergelijkende studie tussen het magnesiummethoxyde en het magnesiummethylcarbonaat.
21. * KING, A., A. PELIKAN en W. FALCONER, *The use of archivist's pen and universal pH solution for estimating the surface pH of paper*, in *Studies in Conservation*, 15(1970), p. 63-64.
Vergelijkende studie van de zuurmetingen met de ,,archivist's pen'', de gekleurde indicators en de oppervlakte-elektrode.
22. * KOURA, A., *Konservierung und Restaurierung von Papier mit konzentrierter Natronlauge : Bedingungen und praktische Erfahrungen*, in *Malteknik-Restauro*, 4(1983), p. 288-292.
Ontzuringssysteem met verschillende baden : bijtende natron (natriumhydroxyde), zwavelzuur, magnesiumcarbonaat.
23. LANGWELL, W.H., *The vapour phase deacidification of books and documents*, in *Journal of the Society of Archivists*, 3(1966), p. 137-138.
24. * MIHRAM, Danielle, *Paper deacidification : A bibliographic survey*, in *Restaurator*, 7(1986), p. 81-118.
Deze bibliografie vermeldt enkel de boeken en artikels uitgegeven in het Engels. De onderwerpen zijn de volgende : de noodzakelijkheid van ontzuring en de waterige, niet-waterige, gasachtige massamethodes.

25. NORTH, N.A., *Nonaqueous deacidification*, in *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Property*, V(1979), p. 41-42.
Bereiding van magnesiummethylcarbonaat.
26. PIDEK, Jan, *Mass deacidification : operational experience at the Public Archives and the National Library of Canada*, in *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 69.
Magnesiummethylcarbonaat in Canada.
27. PRAVILOVA, T.A. en T.V. ISTRUBTSINA, *Preservation of paper documents by the buffering methods*, in *Preservation of Documents and Papers*, Program for scientific translations, Jerusalem, (1968), p. 72-82.
Bufferoplossingen om het zuurgehalte van drukpapier te neutraliseren.
28. * ROSSI, Luciana, *Studio della deacidificazione non acquosa con acetato e formiato di calcio in soluzioni alcooliche*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, 37(1981) p. 41-54.
Vergelijking van toepassingstechnieken : immersie, penseel, verstuiving en verschillende concentraties in twee solventen.
29. * SANTUCCI, Ludovico, *Paper deacidification procedures and their effects*, in *Les techniques de laboratoire dans l'étude des manuscrits*, Colloque du C.N.R.S., nr 584, Parijs, (1972), p. 197-212.
Magnesiumbicarbonaat en calciumhydroxyde, magnesiumacetaat, bariumhydroxyde, magnesiummethoxyde.
30. * SANTUCCI, Ludovico, *Degradazione della cellulosa in presenza di composti inorganici : I. Influenza dell'umidità sul comportamento di cellulosa contenente carbonati di calcio e magnesio. II. Conseguenze del trattamento con bicarbonati di magnesio e di calcio ai fini della deacidificazione*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXII(1973-74), p. 57-87.
Bedenkingen bij ontzuring met magnesiumbicarbonaat.
31. * SANTUCCI, Ludovico, G. VENTURA en Maria Grazia ZAPPALA PLOSSI, *An evaluation of some nonaqueous deacidification methods for paper documents*, in *Etudes concernant la restauration des archives, des livres et des manuscrits*, speciaal nummer van *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 131-154.
Bariumhydroxyde, magnesiumacetaat en magnesiummethoxyde.
32. * SANTUCCI, Ludovico, *Il ruolo della chimica nella conservazione del Patrimonio librario*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 121-148.
De uitslagen na vochtige veroudering hebben aangetoond dat depolymerisatie van de cellulose behandeld met borax optreedt. Zulke behandeling wordt bijgevolg niet aanbevolen.
33. * SCIMIA, Amelio, *Sperimentazione per una soluzione idroalcoolica deacidifiante. Parte I*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 67-72.
Calciumacetaat-oplossing in een mengsel water-alcohol.
34. * SEBERA, Donald, *Mass deacidification of paper at the Library of Congress*, in *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 68.
Massa-ontzuring met diëthylzink.
35. * SEELEY, Nigel J., *Aspetti chimici del deterioramento e della conservazione della carta*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVI(1980), p. 251-261 en in *PACT*, 12(1985), p. 193-199 (Engels).
Beschrijving van enkele methodes : Barrow met twee baden, bariumhydroxyde, procédé van Langwell, enkele massamethodes : magnesiummethoxyde, diëthylzink en magnesiummethylcarbonaat.
36. * SMITH, Richard D., *New approaches to preservation*, in *Deterioration and Preservation of Library Materials*, uitgegeven door H. WINGER, Chicago, 1970, p. 139-171.
Magnesiummethoxyde en magnesiummethylcarbonaat.
37. * SMITH, Richard D., *Design of a liquified gas mass deacidification system for paper and books*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 149-158.
Magnesiummethylcarbonaat.

38. SMITH, Richard D., *Non aqueous deacidification : its origin, development, status and philosophies*, in *New Directions in Paper Conservation*, Preprints, Oxford, 1986, D. 67.
Magnesiummethylcarbonaat, diëthylzink en dubbele werkwijze die terzelfdertijd het papier verstevigt.
39. * SMITH, Richard D., *Progress in mass deacidification at the Public Archives*, in *Canadian Library Journal*, 36(1979), p. 325-332 en in *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londen, 1987, p. 125-137.
Magnesiummethylcarbonaat.
40. TANG, Lucia C., *Washing and deacidifying paper in the same operation*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, p. 63-85.
Calciumhydroxyde.
41. * WACHTER, Otto, *Restaurierung und Erhaltung von Büchern, Archivalien und Graphiken*, Wenen-Keulen-Graz, 1975, p. 60-69.
Calcium- en magnesiumbicarbonaat en borax.
42. * WALKER, Bernard, *Morpholine deacidification of whole books*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, p. 72-87.
Massatechnieken met een mengsel van water- en morfolinedamp.
43. * WILLIAMS, John C., *Paper permanence, a step in addition to alkalization*, in *Restaurator*, 3(1979), p. 81-90.
Calcium- of magnesiumcarbonaat.
44. WILLIAMS, John C., *A review of paper quality and paper chemistry*, in *Library Trends*, 30-2(1981), p. 203-224.
Waterige, niet-waterige en massa-ontzuringsmethodes.
45. WILSON, William. K., M.C. Mac KIEL, J.L. GEAR en R.H. Mac LAREN, *Preparation of solutions of magnesium bicarbonate for deacidification*, in *American Archivist*, 41(1978), p. 67-70.
Magnesiumbicarbonaat uit het hydroxyde of alkalisch magnesiumcarbonaat.
46. WILSON, William K., Ruth A. GOLDING, R.H. Mac LAREN en J.L. GEAR, *The effect of magnesium bicarbonate solutions on various papers*, in *Preservation of Paper and Textiles of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, p. 86-107.
Magnesiumbicarbonaat: verbeterde fysico-chemische eigenschappen.
47. * ZAPPALA-PLOSSI, Maria Grazia, *Effetto sulla cellulosa di soluzioni acquose di idrossido di calcio*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 29-40.
Ontzuring met calciumhydroxyde.
48. * ARNOULT, Jean-Marie, *Mass deacidification in France*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 100-105.
Bedrijfsklaar massasysteem in Frankrijk, te Sablé, op basis van magnesiummethylcarbonaat.
49. BANIK, Gerhard, *Problems of mass conservation of Newsprint in libraries*, in *International Symposium on Newspaper Preservation and Access*, Wenen, 1987, 7 p.
Weense methode op basis van $Ca(OH)_2$ en MC 40 om dagbladen in één enkele bewerking te ontzuren en te verstevigen.
50. * BANSA, Helmut, *Conservation treatment of rare books*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 140-150.
Algemene discussie over de bewerking van conservatie, waaronder de massa-ontzuring.
51. *Book Preservation Technologies*, Verslag van The Office of Technology Assessment ten behoeve van The Congress of The United States, Washington, (1987), 118 p.
Diëthylzink, Wei T'o, Vapor phase deacidification, Bookkeeper Process.
52. * CLEMENTS, D.W.G., *Emerging technologies. Paper strengthening*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 124-128.
Impregnatie van acrylmonomeren en bestralingen.
53. CUNHA, George M., *Mass deacidification for libraries*, in *Library Technology Reports*, 23(1987), p. 361-472.

Diëthylzink, Wei T'o, ammoniumdampen, cyclohexylaminecarbonaat, morfoline, magnesiummethylcarbonaat, Weense methode.

54. * NORDSTRAND, Ove K., *Conservation treatments*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 133-139.
Diëthylzink en magnesiummethoxyde.

55. * SCOTT, Marianne, *Mass deacidification at the National Library of Canada*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 94-99.
Magnesiummethoxyde en Wei T'o.

56. * SMITH, Richard D., *Deacidifying library collections: Myths and realities*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 69-93.
Diëthylzink en Wei T'o.

57. * SPARKS, Peter G., *Technology in support of preservation*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 65-68.
Chemische versteviging van papier.

58. * SPARKS, Peter G., *Mass deacidification at the Library of Congress*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 106-110.
Diëthylzink.

59. * WACHTER, Otto, *Paper strengthening. Mass conservation of unbound and bound newspapers*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 111-123.
Ontzuring en versteviging in één enkele behandeling: MC 40, $Mg(HCO_3)_2$ en Planatol.

60. * WACHTER, Wolfgang, *Mechanizing restoration work. The Deutsche Bücherei in Leipzig and its role as a regional center for IFLA*, in *Restaurator*, 8(1987), p. 129-132.
Splijting van het papier en aanbrengen van een nieuwe drager.

61. * RUGGIERO, Daniele, *La misura del pH*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XL, 1986, p. 145-155.
Opmetingen van de pH aan de oppervlakte.

II. BLEKING

1. ABADIE-MAUMERT, F.A. en V. LORAS, *Comparaison de la réduction de la blancheur et de la modification de couleur des pâtes mécaniques au cours du vieillissement artificiel accéléré et du vieillissement naturel*, in *Revue de l'Association technique de l'Industrie papetière*, 31(1977), p. 334-342.
Natriumdithioniet en waterstofperoxyde.

2. ABADIE-MAUMERT, F.A., E. BOHMER en V. LORAS, *Pâte mécanique: blancheur et stabilité de la blancheur*, in *Revue de l'Association technique de l'Industrie papetière*, 28(1978), p. 117-127.
Industrieel bleken.

3. * AGRAWAL, O.P., *Conservation of Manuscripts and Paintings of South East Asia*, Londen, 1984, p. 165-171.
NaOCl, ClO_2, $KMnO_4$, chlooramine T.

4. * ANNIS, Z.K. en B.M. REAGAN, *Evaluation of selected bleaching treatments suitable for historic white cottons*, in *Studies in Conservation*, 24(1979), p. 171-178.
Vergelijking tussen kunstmatige (licht) en chemische (H_2O_2) bleking van oude katoenen.

5. BAKER, Cathleen, *Practical methods for sun and artificial light bleaching paper*, in *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p. 14-15.
Natuurlijk of kunstmatig licht met een alkalische $Mg(HCO_3)_2$- of $Ca(OH)_2$-oplossing.

6. * BANKS, Paul N., *Dry cleaning methods*, in *Restaurator*, 1(1969), p. 52-66.
Chlooramine T, NaOCl, ClO_2, $KMnO_4$.

7. * BAYNES-COPE, A.D., *The effect of residues of manganese compounds in paper on the bleaching of prints*, in *The Paper Conservator*, 2(1977), p. 3.
Verbruining van vooraf gebleekt papier met permanganaat en behandeld met hypochloriet.

8. * BHOWMIK, S., *A non aqueous method for the restoration of an Indian miniature painting*, in *Studies in Conservation*, 12(1967), p. 116-123.
Chlooramine T in alcohol-oplossing.
9. * BLANK, Margarita G., Svetlana A. DOBRUSINA en Natalia B. LEBEDEVA, *A search for procedures for restoration and stabilization of 16th and 17th century Netherlands atlases damaged by green paint*, in *Restaurator*, 6(1984), p. 127-138.
Chlooramine B, H_2O_2 in alcohol-oplossing.
10. BOUSTEAD, William, *Strenghtening bleached and oxydised papers by resizing and deacidification*, in *Conservation of Paintings and the Graphic Arts*, Londen, (1972), p. 907-914.
NaOCl, $KMnO_4$, Chlooramine T, kaliummetabisulfiet, natriumperboraat.
11. BRANCHICK, T., K. KEYES en C. TAHK, *A study of the bleaching of naturally aged paper by artificial and natural light*, in *American Institute for Conservation*, Preprints, Milwaukee, 1984, p. 29-39.
Natuurlijk of kunstmatig licht.
12. * BRANNHAL, Günter en Wilhem WILLEMER, *Die restauratorische Nassbehandlung alter Hadernpapiere*, in *Maltechnik Restauro*, 91(1985), p. 52-55.
Chloordioxyde.
13. BURGESS, Helen en James F. HANLAN, *Degradation of cellulose in conservation bleaching treatments*, in *Journal of the International Institute for Conservation*, Canadian group, 4(1979), p. 15-22.
NaOCl, H_2O_2 en gasachtige ClO_2.
14. * BURGESS, Helen D., *The elimination of chlooramine T residues through the use of reducing agent antichlors*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/12, 15 p.
Zes antichloorbehandelingen na chlooramine T.
15. * BURGESS, Helen D., *The use of gel permeation chromatography, investigating the degradation of cellulose during bleaching*, in *Science and Technology in the Service of Conservation*, IIC, Londen, 1982, p. 85-88.
H_2O_2.
16. BURGESS, Helen D. *The bleaching efficiency and colour reversion of three borohydride derivaties*, in *American Institute for Conservation*, Preprints, Milwaukee, 1984, p. 40-48.
Drie boorhydriden.
17. BURGESS, Helen D., *Relationships between colour production in cellulose and the chemical changes brought by bleaching*, in *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p.20-30.
NaOCl, H_2O_2, ClO_2, chlooramine T.
18. * BURGESS, Helen, *The colour reversion of paper after bleaching*, in *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, Londen, 1987, p. 57-70.
NaOCl (met 3 verschillende pH's), gestabiliseerde H_2O_2, ClO_2 (gasachtig en door immersie) en chlooramine T.
19. * CLEMENT, Daniel, *The blistering of paper during hydrogen peroxyde bleaching*, in *Journal of the American Institute for Conservation*, 23(1983), p. 47-62.
Bleking met H_2O_2.
20. * CUNHA, M.J., *Conservation of Library Materials*, Metuchen, 1971, p.154-158 en 274-275.
NaOCl, ClO_2, H_2O_2, Chlooramine T, $KMnO_4$.
21. * DANIELS, Vincent, *The elimination of bleaching agents from paper*, in *The Paper Conservator*, 1(1976), p. 9-11.
Verwijdering van resten van bleking met chlooramine T, ClO_2, NaOCl, $Ca(ClO)_2$, H_2O_2.
22. * DE FULVIO, Silvano en Luigi LONGO, *Applicazione dell'ozono per l'imbiacamento delle carte imbrunite nel campo del restauro librario*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XIX(1960), p. 136-140.
Ozon opgelost in water.
23. * DONNITHORNE, Alan, *Chlorine dioxide: observations on its use in paper bleaching*, in *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 20-29.

Gasachtig ClO_2 (natriumchloriet + formaldehyde): faktoren die de reactie beïnvloeden.

24. * DUHL, Susan en Cathleen BAKER, *Considerations in light bleaching art on paper*, in *Paper Conservation News*, 40(1986), p. 4-6.

Bank van fluorescentiebuizen voor bleking van grafische dokumenten.

25. ELDRIGE, Betsy Palmer, *A sun bleaching project*, in *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p. 52-55.

Blootstelling aan de zon na koud en warm natmaken.

26. FEDERICI, Carlo en Libero ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, Roma, 1983, p. 73-77.

Klare uiteenzetting van de bereiding van de H_2O_2-oplossing en het uitvoeren van de behandeling.

27. * FLIEDER, Françoise, *Etude des blanchiments chimiques de taches de papiers anciens*, in *Bulletin de l'Association technique de l'Industrie papetière*, 1960, p. 173-182.

$KMnO_4$, H_2O_2, $Ca(ClO)_2$, NaOCl, HCl, oxaalzuur, citroenzuur, chlooramine T, ClO_2, ijzeraluin en ammonium.

28. * FLIEDER, Françoise, *La conservation des documents graphiques. Recherches expérimentales*, Parijs, 1969, p. 109-140 en 223-230.

NaOCl, ClO_2 en $Ca(ClO)_2$.

29. * GETTENS, R.J., *The bleaching of stained and discoloured pictures on paper with sodium chlorite and chlorine dioxyde - Blanchiment au chlorite de sodium et bioxyde de chlore de gravures et dessins sur papiers tachés et jaunis*, in *Museum*, 5(1952), p. 116-130.

Chloordioxyde.

30. * GIULIANI, A. en M. LUCIANI, *Imbianchimento e degradazione meccanica della carta nei procedimenti di sbianca*, in *Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe*, 3(1972), p. 73-94.

NaOCl, $Ca(OCl)_2$, ClO_2, chlooramine T, ozon en waterstofperoxyde.

31. * HEY, Margaret, *Paper bleaching: its simple chemistry and working procedure*, in *The Paper Conservator*, 2(1977), p. 10-23.

Calcium- en natriumhypochlorieten, chlooramine T, ClO_2, chlorigzuur, H_2O_2, $KMnO_4$, en natriumboorhydide.

32. * HOFENK DE GRAAFF, Judith, *The effect of chlooramine T on paper*, in *ICOM Committee for Conservation*, Venetië, 1975, 75/15/4, 17 p.

Chlooramine T, $KMnO_4$, NaOCl.

33. * KEYES, Keiko Mizushima, *Alternatives to conventional methods of reducing discoloration in works of art on paper*, in *Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts*, Londen, 1987, p. 49-55.

Bleking in zonlicht in een $Mg(HCO_3)_2$-oplossing.

34. * LECLERC, Françoise en Suzanne BONNASSIES, *Blanchiment des papiers au moyen de bioxyde de chlore gazeux*, in *Documents graphiques et photographiques: analyse et conservation*, C.N.R.S., Parijs, 1981, p. 31-41.

Gasachtig chloordioxyde.

35. * LONGO, Luigi, Franca MANGANELLI en J.L. MARTIN, *Sperimenti su un metodo di pulitura di carte manoscritte imbrunite*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVIII(1959), p. 143-145.

De oplossing bevat zuringzout (oxalaat), natriumhypochloriet, zoutzuur en bijtende natron.

36. * LONGO, Luigi, *Esperimenti ed osservazioni su l'eliminazione elettrolitica dalle carte dell'acido ossalico usato per procedimenti di imbiancamento e di smacchiamento*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXX(1971), p. 89-96.

Bleken met $KMnO_4$ gevolgd door een bad in oxaalzuur.

37. * LUCIANI, Mario en Luciano CORSI, *Effetti dei trattamenti di sbianca da laboratorio su carte invecchiate*, in *Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe*, 3(1972), p. 27-56.
$KMnO_4$, NaOCl, natriumperboraat en natriumdithioniet.
38. * LYALL, Jan, *A preliminary study of chemical methods for stabilizing lignin in groudwood paper*, in *Science and Technology in the Service of Conservation*, IIC, Londen, 1982, p. 79-84.
H_2O_2, boorhydride.
39. MARMIER, Alex en Jean CHIAVERINA, *Lavage des documents anciens sur papier*, in *Bulletin philologique et historique*, 1951-52, p. 319-322.
Natriumhypochloriet.
40. * MEYNELL, Guy, *Notes on foxing, chlorine, dioxide bleaching and pigments*, in *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 30-32.
Bleken van spikkels met chloordioxyde.
41. * PLENDERLEITH, H.J., *La conservation des antiquités et des oeuvres d'art*, uit het Engels vertaald door P. PHILIPPOT, Parijs, 1966, p. 89-96.
NaOCl, Chlooramine T, ClO_2.
42. * POOT, A.H., *Chemical bleaching of ancient techniques*, in *Conservation of Ancient Textiles*, IIC, Londen, 1965, p. 53-63.
Bleking van oude stoffen met H_2O_2, per-zout en ozon.
43. * SANTUCCI, Ludovico, *Resistenza e stabilità della carta: degradazione per trattamento con ossidanti. Effetto sulla laminazione con acetilcellulosa*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXV(1966), p. 51-72.
Natriumhypochloriet met spoeling en chlooramine T met en zonder spoeling.
44. * SANTUCCI, Ludovico, *Degradation of paper treated with oxidants, effects of lamination on the ageing of paper*, in *Problems of Conservation in Museums*, Londen, 1969, p. 187-207.
Zie hierboven.
45. * SANTUCCI, Ludovico en V. GROSSO, *Aspetti chimici dello sbiancamento della carta. Effetti secondari di ipoclorito e clorito di sodio, e ossidanti coesistenti o derivati*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIX(1984-85), p. 165-186.
Verzuurd NaOCl en ClO_2.
46. TANG, Lucia, *Stabilization of paper through sodium borohydride treatment*, in *Historic Textile and Paper Materials. Conservation and Characterization*, Advances in chemistry series 212, Washington, 1986, p. 427-442.
Waterige natriumboorhydride-oplossing.
47. * WACHTER, Otto, *Fixierungsmöglickteiten für Eisengallustinten bei chemischen Instandsetzungsarbeiten*, in *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, speciaal nummer van *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 223-233.
Chlooramine T, NaOCl en H_2O_2.
48. * WACHTER, Otto, *Restaurierung und Erhaltung von Büchern, Archivalien und Graphiken*, Wenen-Keulen-Graz, 1975, p. 114-121.
NaOCl, $Ca(OCl)_2$, Chlooramine T, natriumperboraat, gasachtig ClO_2, H_2O_2, $KMnO_4$.

III. KLEEFSTOFFEN

1. * Anon., *Amidon. Fiche technique n°1*, in *Restauration-Conservation*, nr 2, (1985), p. 20.
Zetmeellijm.
2. * Anon., *Paste formending paper currently in use by conservation analytical lab, Smithsonian Institution. ,,Florence paste (modified)''*, in *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 14(1973), p. 23.
Zetmeel met methylcellulose.

3. Anon., *Various paste formulae* in *First Annual Seminar. Conservation Materials*, Austin, 1982, p. 142-145.
Recepten voor plakstijfsel en zetmeel.
4. * BAER, N.S., N. INDICTOR en A. JOEL, *The aging behavior of impregnating agent-paper systems as used in paper conservation*, in *Restaurator*, 2(1972), p. 5-23.
Drie verstevigingsmiddelen.
5. * BAER, N.S., N. INDICTOR, M. SHELLEY en W. ELEY, *An evaluation of a dip-impregnation treatment for the conservation of deteriorated books*, in *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 13(1972), p. 37-47.
Regnal: PVacetaal.
6. * BAER, N.S., N. INDICTOR en W.H. PHELAN, *An evaluation of poly(vinylacetate) adhesives for use in paper conservation*, in *Restaurator*, 2(1975), p. 121-138.
Tien acryls uit de handel.
7. * BAER, N.S., N. INDICTOR, T.I.SCHWARTZMAN en I.L. ROSENBERG, *Chemical and physical properties of poly(vinylacetate) copolymer emulsions*, in *ICOM Committee for Conservation*, Venetië, 1975, 75/22/5, 20 p.
Acht polyvinyllijmen waarvan drie copolymeren ethyleenacetaat en drie butylacetaat.
8. * BAER, N.S., N. INDICTOR en A. JOEL, *An evaluation of glues for use in paper conservation*, in *Conservation and Restoration of Pictorial Art*, Londen, 1976, p. 182-190.
Vier kleefstoffen van dierlijke, plantaardige en koolwaterstofachtige oorsprong.
9. * BAKER, C.A., *Methylcellulose and sodium carboxymethylcellulose: uses in paper conservation*, in *American Institute for Conservation*, Postprints, Milwaukee, 1984, p. 16-19.
Twee soorten methylcellulose en natriumcarboxymethylcellulose.
10. * BAKER, C.A., *Méthylcellulose et carboxyméthylcellulose sodique: étude par vieillissement accéléré des propriétés pour la conservation du papier*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, p. 53-57.
Cellulose ethers: methylcellulose en natriumcarboxymethylcellulose.
11. BAKER, C.A., *Handout on Adhesives, Sizing Agents, Fixatives and Consolidants and Adhesives. Preparation of Solutions*, (s.l.), 1987, 4 p.
Kenmerken van plantaardige, dierlijke en synthetische (cellulose, acryl en vinyl) lijmen en lijst van de handelsprodukten.
12. BANIK, G., *Problems of mass conservation of newsprint in libraries*, IFLA working group on newspapers, International Symposium on Newspaper Preservation and Access, Wenen, 1987, 7 p.
Versteviging en massa-ontzuring met methylcellulose en calciumhydroxyde.
13. * BANSA, H., *Weisskleim in der Papierrestaurierung*, in *Maltechnik-Restauro*, 83(1977), p. 179-182.
Vergelijkende studie van vijf ,,witte'' lijmen: polyvinylacetaat.
14. * BANSA, H. en G. BARGENDA, *Papieranfasern. Bericht über eine handwerkliche Technik. 1. Teil: Anfaserstrasse, Fehlstellen, Fasern, Färben*, in *Maltechnik-Restauro*, 85(1979), p. 320-325; *2. Teil: Anfasern, Verstärken und Trocknen*, in *Maltechnik-Restauro*, 86(1980), p. 67-72.
Mengsel van kationisch zetmeel (Solvitose) en van natriumcarboxymethylcellulose voor mechanische restauratie.
15. * BASS, S.C., *An Experiment to Determine the Suitability of Six Synthetic Resins as Protective Coatings for Archival Papers*, Kingston Report, 1976, 42 p.
Zes synthetische harsen: methylcellulose, oplosbaar nylon, Jade 403, Elvacite 2044, Acryloïd B 72 en natriumcarboxymethylcellulose gebruikt als verstevigingsmiddel.
16. * BICCHIERI, M., *Protezione temporanea di frammenti, pigmenti, inchiostri solubili in acqua mediante applicazione di velo precollato con Primal AC 33*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1982-83), p. 27-32.
Kenmerken van synthetische hars Primal AC 33.

17. * BLANK, M.G., *The effect of polymer additives on the strength of paper of different compositions*, in *Restaurator*, 2(1978), p. 155-162.
Zes verstevigingsmiddelen: PValcohol, methylcellulose, natriumcarboxymethylcellulose, PVacetaat, gelatine en oplosbaar nylon.
18. * BLUNN, D. en G. PETHERBRIDGE, *Leaf-casting. The mechanical repair of paper artifacts*, in *The Paper Conservator*, 1(1976), p. 26-32.
Carboxymethylcellulose en gelatine.
19. * BOCKHOFF, F., K.M. GUO, G.E. RICHARDS en E. BOCKHOFF, *Etudes à l'infrarouge sur la cinétique de l'insolubilisation du nylon soluble*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, p. 83-88.
Oplosbaar nylon mag niet meer aan te raden zijn omdat hij vlug onoplosbaar wordt.
20. * BOUSTEAD, W.M., *Strenghtening bleached and oxidised papers by resizing and deacidification*, in *Conservation of Paintings and the Graphic Arts*, Londen, 1972, p. 902-914.
Blekingen gevolgd door versterking met een verstevigingsmiddel.
21. * BURGESS, H.D. en G.L. CHARETTE, *The use of fixatives to protect fugitive colourants during conservation treatments*, in *American Institute for Conservation*, Preprints, Baltimore, 1983, p. 129-139.
Kleefstoffen van dierlijke of synthetische oorsprong aangewend als fixeermiddelen: Paraloid B 72, celluloseacetaat en paraffinewas.
22. CLARKSON, C., *Recipes. Bodleian Library*, Oxford, 1985, 1 p.
Plantaardige lijm: met zetmeel van tarwe of met meel.
23. * DE WITTE, E., *Soluble nylon as consolidation agent for stone*, in *Studies in Conservation*, 20(1975), p. 30-34.
Waarschuwing tegen het gevaar voor onoplosbaarheid van het oplosbaar nylon voor de conservatie van steen.
24. * DE WITTE, E., *Polyvinyl alcohol. Some theoretical and practical informations for restorers*, in *Bulletin van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium* , XVI(1976-77), p. 120-129.
Fysische en chemische kenmerken van polyvinylalcoholen.
25. * DE WITTE, E., M. GOESSENS LANDRIE, E.J. GOETHALS en R. SIMONDS, *The structure of ,,old'' and ,,new'' Paraloid B 72*, in *ICOM Committee for Conservation*, Zagreb, 1978, 78/16/3, 9 p.
Ontleding van de nieuwe Paraloid B 72: 2 % methylacrylaat meer dan voordien.
26. * DE WITTE, E. en M. COEN BOGAERTS, *Vergelijkend onderzoek van enkele witte houtlijmen*, in *Bulletin van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium*, XVIII(1980-81), p. 131-142.
Studie van tien witte houtlijmen uit de handel (PVA).
27. * DE WITTE, E., *Resins in conservation: introduction to their properties and applications*, in *Resins in Conservation*, Edinburgh, 1982, p. 1.1-1.6.
Soorten van synthetische harsen.
28. * DE WITTE, E., *Der Gebrauch von modernen Bindemitteln und Fixativen*, in *Internationaler Graphischer Restauratorentag*, Den Haag, 1983, 9 p.
Cellulose-ethers (MCE, CMC, ECE, HEC, EHEC, HPC), polyvinylalcoholen en acrylharsen.
29. * DOLLOFF, F.W. en R.L. PERKINSON, *How to Care for Works of Art on Paper*, Boston, 1971, p. 29-30.
Plakstijfsel met meel en zetmeel van tarwe of rijst.
30. * DOUAI, A., *Les colles animales*, in *Restauration - Conservation*, nr 3, (1985), p. 26-27.
Kenmerken van dierlijke lijmen.
31. FEDERICI, C. en L. ROSSI, *Conservazione e restauro del libro*, Roma, 1983, p. 58-62, 80-91.
Fixeermiddelen: Calaton, Paraloid, gelatine; kleefstoffen: mengsel van PVA, MHE, dextrine en zetmeel; dubbel zetten: MHE of Primal.
32. * FLIEDER, F., *Etude de la résistance biologique des procédés de renforcement des documents graphiques*, in *Recent Advances in Conservation*, IIC, Londen, 1963, p. 65-69.
Dextrine en celluloseacetaat.

33. * FLIEDER, F., R. TALBOT, C. FLIEDER en D. DE REYER, *Etude expérimentale sur les fixatifs des tracés pulvérulents*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/8, 16 p.

Twee natuurlijke harsen, elf synthetische en zestien fixeermiddelen uit de handel.

34. * FLORQUIN, S., E. DE WITTE en A. TERFVE, *Etude comparative de quelques colles universelles*, in *Restauration - Conservation*, nr 7-8, (1986), p. 34-37.

Weinige universele lijmen schijnen betrouwbaar, ze zijn gevoelig voor plotse temperatuurveranderingen.

35. * GAIROLA, T.R., *Pastes and adhesives for paper and textiles*, in *Journal of Indian Museum*, VIII(1952), p. 36-42.

Vijftien lijmen: plantaardige, dierlijke, synthetische. De auteur raadt zetmeel aan.

36. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. I. Saggi sulla colla di farina*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XVIII(1959), p. 1-15.

Studie van vijf schimmelwerende middelen toegevoegd aan plakstijfsel.

37. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. II. Saggi su alcuni adesivi organici e sintetici e considerazioni sulla regolazione dei fattori termoigrometrici ambientali che inibiscono l'attacco microbico*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XX(1961), p. 6-26.

Biologische weerstand van natuurlijke en synthetische kleefstoffen: HEC en PVA zijn het meest weerstandbiedend.

38. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. IV. Saggi sul polivinilpirrolidone, Calaton, Maranyl e Aquapel*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXIII(1964), p. 39-48.

Goede biologische weerstand van vier produkten uit de handel gebruikt als verstevigingsmiddelen.

39. * GALLO, F., *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VI. Saggi su collanti puri o addizionati di fungicidi*, in *Bollettino dell'Istituto centrale per la patologia del libro*, XXVIII(1969), p. 9-47.

Biologische weerstand van vier verstevigingsmiddelen. De uitslagen zijn goed voor PValcohol en HEC.

40. * GALLO, F. en C. MARCONI, *Ricerche sperimentali sulla resistenza agli agenti biologici di materiali impiegati nel restauro dei libri. VII. Saggi su materiali impiegati per la velatura a secco*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 49-60.

Thermoplastische harsen gebruikt met Japans papier of een synthetische stof: nylon en Paraloid B 72.

41. * HEY, M., *Paper conservation processes hazardous to health*, in *The Paper Conservator*, 5-6(1980-81), p. 5-13.

Kleefstoffen vertonen geen gevaar behalve bij gevallen van allergie.

42. * HOFENK DE GRAAFF, J., *Hydroxypropyl cellulose. A multipurpose conservation material*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/9, 17 p.

De uitslagen zijn heel goed met HPC.

43. * HORIE, C.V., *Materials for Conservation: Organic Consolidants, Adhesives and Coatings*, Londen, 1987, 281 p.

Klaar en duidelijk handboek dat alle kategoriëen kleef- en verstevigingsmiddelen voorstelt, zowel natuurlijke als synthetische.

44. * HUMPHREY, B.J., *The application of parylene conformal coating technology to archival conservation*, in *Studies in Conservation*, 29(1984), p. 117-123.

Gasachtige behandeling om papier te verstevigen met paryleen.

45. HUMPHREY, B.J., *Vapor phase consolidation of books with the parylene polymers*, in *Journal of the*

American Institute for Conservation, 25(1986), p. 15-29.
Zie hierboven.
46. * INDICTOR, N., N.S. BAER en W.H. PHELAN, *An evaluation of pastes for use in paper conservation*, in *Restaurator*, 2(1975), p. 139-150.
Plantaardige lijmen, zetmeel en meel met schimmelwerende middelen en celluloselijmen.
47. * Institut Canadien de Conservation, *Notes II/4. Colle d'amidon de blé*, 1986, 2 p.
Recept voor lijm van tarwezetmeel.
48. * KOHLER, S.A., *Preparation of rice starch paste*, in *The Abbey Newsletter*, 5(1981), nr 3, p. 41.
Bereiding en koken van lijm van rijst- of maïszetmeel.
49. * KOHLER, S.A., *How to make and use wheat starch paste*, in *History News*, 36(1981), nr 7, p. 38-39.
Bereiding en koken van lijm van tarwezetmeel.
50. LANGWELL, W.H., *Adhesives*, in *Library Conservation. Preservation in Perspective*, J. BAKER en M. SOROKA, Dowden-Stroudsburg, 1978, p. 53-68.
Voorstelling van soorten kleefstoffen.
51. * LECLERC, F., F. FLIEDER en F. BULLE, *Le colmatage mécanique des documents. Effet de l'incorporation d'un adhésif dans la pâte à papier*, in *ICOM Committee for Conservation*, Sidney, 1987, Boekdeel II, p. 685-695.
Zetmeel, vezels van PValcohol, natriumcarboxymethylcellulose.
52. * MAC AUSLAND, J., *Facsimile paper repairs for works of art on paper*, in *The Paper Conservator*, 3(1978), p. 28-32.
Lijmen van zuiver zetmeel.
53. * MAC AUSLAND, J. en Ph. STEVENS, *Technics of lining for the support of fragile works of art on paper*, in *The Paper Conservator*, 4(1979), p. 33-43.
Zetmeellijm.
54. * MAC INNIS, K., *Two studies in paper conservation practice*, in *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 6(1980), nr 2, p. 33-51.
Methylcellulose, carboxymethylcellulose, rijstzetmeel, PVacetaat en acryl-emulsie. CMC schijnt de beste resultaten te geven.
55. * MAC MULLEN, O., *Paper repair in older printed books*, in *The Paper Conservator*, 3(1978), p. 18-27.
Meellijmen, acrylharsen en hydroxypropylcellulose.
56. * MANGANELLI, F., *Tecnologia di restauro. Atti del convegno. La tutela del patrimonio bibliografico: norme, problemi e prospettive*, in Provincia di Padova. Informazioni, speciaal nummer, XIV(1985), nr14, p. 12-17.
Tabel van de behandelingen en de produkten aanbevolen door het Istituto Centrale per la Patologia del Libro.
57. * MASUDA, K., *Les adhésifs végétaux utilisés dans l'atelier de Hyogushi, restaurateur et monteur de peintures japonaises*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, p. 132-133.
Japanse traditionele kleefstoffen op basis van tarwezetmeel of algen.
58. MONTELATICI, C. en L. ROSSI, *Il documento grafico. Tecnica di salvaguardia: la veiatura*, in *Contributi ai problemi della conservazione: alcuni strumenti*, s.l., 1982, p. 129-148.
Dubbel zetten met methylhydroxyethylcellulose in aceton.
59. * MORRISON, R.C., *Aqueous adhesives for paper conservation*, in *Bulletin of the Institute for the Conservation of Cultural Material*, 6(1980), nr 2, p. 52-68.
Achttien recepten: lijmen van meel, van zetmeel, van methylcellulose en van carboxymethylcellulose.
60. * PASCOE, M.W., *Parylene coatings: some considerations on the reversibility of vapour formed coatings*, in *Studies in Conservation*, 30(1985), p. 100.
Over de omkeerbaarheid van het paryleen.

61. * PHELAN, W.H., N.S. BAER en N. INDICTOR, *Adhesives used in paper conservation. A preliminary evaluation*, in *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 11(1970), p. 29-30.
Onderzoek van kleefstoffen op basis van polyvinylacetaat.
62. * PHELAN, W.H., N.S. BAER en N. INDICTOR, *Adhesives used in paper conservation*, in *Bulletin of the American Institute for Conservation*, 12(1971), p. 58-75.
Drie impregnatiefactoren (Regnal, oplosbaar nylon en polyvinylalcohol), tien soorten polyvinylacetaten, vier methylcellulosen, zeven lijmen op basis van meel of zetmeel, drie dierlijke lijmen.
63. * PIERANTONELLI, L., D. MATE en F. SCALA, *Il restauro dei documenti d'archivio in seta. Prove di resistenza all'attacco biologico di vari adesivi*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIX(1984-85), p. 119-136.
Plantaardige lijmen, cellulose- en vinyllijmen.
64. * POURTALE, L., F. LECLERC, F. FLIEDER, F. BULLE en G. BARBIER, *Le colmatage des papiers détériorés*, in *Documents graphiques et photographiques. Analyse et conservation 1984-85*, Parijs, 1986, p. 11-52.
Kationisch zetmeel.
65. * RESIDORI, L., M. BORTOLANI en P. RONCI, *Indagine comparata sulle caratteristiche del calaton, del Paraloid e del PVA come agenti di rinforzo dei materiali cartacei*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVIII(1982-83), p. 103-120.
Oplosbaar nylon, acryllharsen en een PVacetaat.
66. * ROCHE, A., *Paraloid B 72. Rohm & Haas*, in *Restauration-Conservation*, nr 7-8, (1986), p. 37-38.
Technische steekkaart van het Paraloid.
67. * SANTUCCI, L., *Resistenza e stabilità della carta. III. Effetto dei collanti con particolare riguardo a gelatina e alcool polivinilico*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XX(1961), p. 145-157.
Gelatine, hydroxyethylcellulose en PValcohol.
68. * SANTUCCI, L. en G. MARTINELLI, *Resistenza e stabilità della carta. IX. Collatura con gelatina, alcool polivinilico e ossietilcellulosa. Venti anni dopo*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXVII(1981), p. 55-66.
Zie hierboven.
69. * SCHWARTZ, C., B. GUINEAU, F. FLIEDER, C. LAROQUE en N. FLIEDER, *Les pastels*, in *Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, Parijs, 1984, p. 151-161.
Twee acryllharsen, een cellulosehars en oplosbaar nylon.
70. * SEASE, C., *The case against using soluble nylon in conservation work*, in *Studies in Conservation*, 26(1981), p. 102-110.
Onderzoek van oplosbaar nylon.
71. * SOTO Y GALVEZ, B., R. di TRAPANI en L. SANTUCCI, *Effetti protettivi del Paraloid sulla carta durante il trattamento con ossidanti*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1969), p. 87-96.
Het Paraloid en het oplosbaar nylon werden getest.
72. * STOUT, G.L. en M.H. HORWITZ, *Experiments with adhesives for paper*, in *Technical Studies*, III(1934), nr 1, p. 38-46.
Vijftien eiwitachtige of synthetische kleefstoffen van plakstijfsel werden getest.
73. * TALBOT, R., F. FLIEDER en C. LAROQUE, *Etude sur les méthodes de fixation des tracés pulvérulents*, in *Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, Parijs, 1984, p. 65-117.
Twee plantaardige lijmen, twaalf synthetische harsen en zestien fixeermiddelen uit de handel werden getest.
74. * *Terminologie des adhésifs*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, 30 p.
Franstalige woordenlijst van de kleef- en verstevigingsmiddelen met de overeenstemmende Engelse termen.

75. * VAN STEENE, G. en L. MASSCHELEIN-KLEINER, *Modified starch for conservation purposes*, in Studies in Conservation, 25(1980), p. 64-70.
Het gebruik van gehydrolyseerd zetmeel verhoogt de buigzaamheid van de lijm.
76. * WACHTER, O., *Fixierungsmöglichkeiten für Eisengallustinten bei chemischen Instandsetzungsarbeiten*, in *Etudes concernant la restauration d'archives, de livres et de manuscrits*, speciaal nummer van *Archives et Bibliothèques de Belgique*, 12(1974), p. 223-233.
Gelatine, methylcellulose, Regnal en Plexisol.
77. * WENSKY, A., *Erfahrungen mit Plexigum, Plexisol und Plextol*, in *Internationaler Graphischer Restauratorentag*, Frankfurt, 1980, p. 158-170.
Drie acryllharsen.
78. * WILLS, P., *La fabrication et l'emploi des colles japonaises à base d'amidon de blé dans le traitement des objets d'art pictural d'Extrême-Orient*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, p. 128-131.
Zetmeel in Japan: verse en verouderde lijm.
79. * WINTER, J., *Les adhésifs dans la peinture extrême-orientale*, in *Adhésifs et consolidants*, IIC, Parijs, 1984, p. 122-125.
Plantaardige en dierlijke lijmen in het Verre Oosten.
80. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G. en L. SANTUCCI, *Resistenza e stabilità della carta. VIII. Indagini sulla collatura*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXVIII(1969), p. 97-117.
Vergelijkend onderzoek van vijf verstevigingsmiddelen.
81. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G., *Indagine su adesivi per il restauro di documenti cartacei*, in *Bollettino dell'Istituto Centrale per la Patologia del Libro*, XXXIV(1976-77), p. 35-51.
Vergelijkend onderzoek van celluloselijmen, van hun fysico-chemische eigenschappen, in toepassing op papier na veroudering.
82. * ZAPPALA-PLOSSI, M.G. en P. CRISOSTOMI, *Consolidation de la couche picturale des enluminures avec polymères synthétiques purs*, in *ICOM Committee for Conservation*, Ottawa, 1981, 81/14/7, 15 p.
Vergelijkend onderzoek van vijf synthetische kleefstoffen (cellulose, vinyl en acryl) gebruikt als fixeermiddelen.
83. * CLAPP, A., *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1977, p. 72-76.
Recept voor een lijm van tarwezetmeel en van twee gemengde lijmen, zetmeel + celluloselijm en celluloselijm + vinyllijm.
84. CLAPP, A., *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, New York, 1987, p. 147-151.
Twee recepten voor lijm op basis van zetmeel van tarwe of rijst, een celluloselijm, een methylcelluloselijm alsmede een mengsel van deze laatste met heel weinig PVacetaat.

ALGEMENE BIBLIOGRAFIE

BAKER, John P. en Marguerite C. SOROKA, *Library Conservation. Preservation in Perspective*, Stroudsburg, (1978), 455 p.

Artikels van specialisten op het gebied van conservatie van boeken: aard van het boekenmateriaal (papier, inkt, kleefstoffen, microfilms, leder en perkament), oorzaak van beschadiging van boeken, rol van de boekhandelaar en van de wetenschapper (research over massabehandelingen), bescherming van microfilms en microfiches, rampen en redding en eindelijk nationale beschermingsprojekten.

BARROW, W.J., *Manuscripts and Documents, their Deterioration and Restoration*, Charlottesville, 1955, 86 p.

Twee restauratiebehandelingen worden bondig besproken: de ontzuring en de laminering.

BARROW, W.J., *Deterioration of Book Stocks, Causes and Remedies*, Richmond, 1959, 70 p.

Twee studies: papier gemaakt tussen 1900 en 1941 en stabilisering van modern papier.

BARROW RESEARCH LABORATORY, *Permanence, Durability of the Book, I tot VII*, Barrow Research Laboratory, Richmond, 1963-1974.

Uitslagen van de opzoekingen verricht door het laboratorium BARROW: ontzuring en oorzaken van zuurheid in papier, invloed van de samenstelling en de bereiding van papier verwezenlijkt tussen 1800 en 1899, tijdens de ontbinding ervan, kleurentests om lignine, aluin en colofonium op te sporen en om de pH te meten. Een plaat in kleuren illustreert de uitslagen en de fysische en chemische eigenschappen van papieren vervaardigd tussen 1507 en 1949.

BAYNES-COPE, A.D., *Caring for Books and Documents*, Londen, British Museum, 1981, 32 p.

Raadgevingen aan dilettanten, in beeldrijke en duidelijke taal, en maatregelen om goede klimatologische voorwaarden te scheppen. Concrete en heel praktische raadgevingen.

* CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, Oberlin, 1977, 135 p.

Conservatie van kunstwerken op papier: gravures, tekeningen, pastellen met uitsluiting van het boek. Het grootste deel gaat over het ingrijpen van de restaurateur. Verschillende behandelingen zijn duidelijk beschreven: verwijderen van vlekken, van kleefbanden, ontsmetting.

CLAPP, Anne, *Curatorial Care of Works of Art on Paper*, New York, 1987, 191 p.

Nieuwe uitgave van de voorafgaande. Enkele veranderingen in de recepten.

COLLERAN, Kate, *The Collector's Guide to Preservation. The Care and Preservation of Prints and Watercolors*, Londen, 1981. 13 p.

Brochure waarin de beschadigingsfactoren bondig beschreven worden. Enkele raadgevingen voor het monteren van gravures maar eigenlijk geen concrete preventieve maatregelen.

* *The Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Art*, uitgegeven door Guy PETHERBRIDGE, Londen, 1987, 328 p.

Vijfendertig mededelingen voorgesteld op het congres van het Institute of Paper Conservation in 1980 te Cambridge.

* *La conservation des biens culturels*, Musées et Monuments IX, Unesco, Parijs, 1969, 360 p. (ook in het Engels en het Spaans).

Vermeldenswaard onder de in dit werk verzamelde studies: die over het archievenmateriaal en die over fysische, chemische en biologische factoren.

* CUNHA, George Martin en Dorothy GRANT, *Conservation of Library Materials. A Manual and Bibliography on the Care, Repair and Restoration of Library Materials*, 2de uitgave, 2 boekdelen, Metuchen, 1972, 406 p. (I), 428 p. (II).

In het eerste boekdeel onderzoeken de auteurs de omvang van het probleem, zijn oorzaken, de aard van het boekenmateriaal, de preventieve middelen, de werkwijzen van restauratie en proefnemingen. Verschillende bijlagen benaderen praktische onderwerpen zoals de ontleding van het papier, de inkt, de kleefstoffen, de controle van het licht... Het tweede deel is geheel gewijd aan de bibliografie, volgens hetzelfde plan als het eerste boekdeel (4882 bronvermeldingen).

CUNHA, George M. en Dorothy GRANT, *Library and Archives Conservation, 1980's and beyond*, 2 boekdelen, Metuchen, 1983, 200 p. (I), 415 p. (II).

Bijgewerkt handboek verschenen in 1972: voornaamste programma's van hedendaags onderzoek, vorming, rampen en voorzorgsmaatregelen, recente behandelingen van restauratie. Als bijlage: de IFLA principes, de lijst van de nationale centra in de Verenigde Staten en van de verkooppunten aldaar. Het tweede boekdeel vult de bibliografie van 1972 met 5871 trefwoorden aan.

* DOLLOFF, Francis W. en Roy L. PERKINSON, *How to care of Works of Art on Paper*, 2de uitgave, Boston, 1977, 46 p.

Raadgevingen aan liefhebbers van gravures en tekeningen om hun verzameling te beschermen.

DUCHEIN, Michel en Françoise FLIEDER, *Livres et documents d'archives: sauvegarde et conservation*, Unesco, Parijs, 1983, 90 p.

Technische bijdrage in de serie ,,Musées et Monuments'', ten einde praktische raad te geven aan conservators en restaurateurs van instituties met beperkt inkomen. Aantasting van de materialen, de beschadigingsfactoren, de gebouwen en hun bescherming, de spoedbehandelingen en de principes voor restauratie. Uiteenzetting over de grondbeginselen van de curatieve methodes. Korte bibliografie. In bijlage adressen van de voornaamste conservatie- en restauratiecentra, en ook van internationale, terzake gespecialiseerde organismen.

FEDERICI, Carlo en Libero ROSSI, *Manuale di conservazione e restauro del libro*, Roma, 1983. 260 p.

Alle stadia van de restauratie, vanaf het uit-elkaar-nemen van het boekdeel en het wassen tot het wedersamenvoegen worden achtereenvolgens onderzocht. Duidelijke beschrijving van de methodes. Talrijke verklarende schema's. Technisch glossarium van de produkten, de werktuigen, enz.

* FLIEDER, Françoise, *La conservation des documents graphiques. Recherches expérimentales*, Parijs, 1969, 288 p.

Samenvatting van de verschillende aspekten van de conservatie. Fysicochemisch testen van de besproken methodes. Uitslagen van de opzoekingen gebaseerd op een nauwkeurige studie van de literatuur over verschillende restauratietechnieken, waarvan trouwens verscheidene reeds opgegeven zijn.

GALLO, Alfonso, *Patologia e terapia del libro*, Roma, 1951, 254 p.

Beschadiging van papyrus, perkament en papier, biologische factoren, natuurlijke en andere rampen, restauratietechnieken, opbouw of inrichting van een bibliotheek. Eén van de eerste handboeken, maar verscheidene noties zijn heden voorbijgestreefd.

KATHPALIA, Y.P., *Conservation et restauration des matériaux d'archives*, in *Documentation, librairies et archives. Etudes et recherches*, Unesco, Parijs, 1973, 231 p.

Overzicht van de methodes, technieken en materialen gebruikt voor de conservatie en de restauratie van archieven. Enkele van de overwogen werkwijzen zijn betwistbaar.

* LABARRE, E.J., *Dictionary and Encyclopedia of Paper and Papermaking*, 2de uitgave, Amsterdam, 1969, 488 p.

Beschrijving van voorwerpen en concepten in verband met papier. Historische commentaar en technieken met vertalingen in het Frans, Duits, Nederlands, Italiaans, Spaans en Zweeds.

LANGWELL, W.H., *The Conservation of Books and Documents*, Londen, 1957, 114 p.

Handboek heden een weinig voorbijgestreefd. De oorzaken van beschadiging van boeken en dokumenten worden beschreven evenals de maatregelen voor hun bescherming. Beschrijving van de materialen waaruit grafische dokumenten bestaan en van die welke de boekbinderij gebruikt.

* LOEBER, E.G., *Supplement to the E.J. LABARRE Dictionary and Encyclopedia of Paper and Papermaking*, Amsterdam, 1967, 104 p.

Zelfde voorstelling van mededelingen als in het woordenboek van Labarre. Verduidelijkt sommige beschrijvingen en voegt nieuwe noties toe.

MORROW, Carolyn Clark, *Conservation Treatment Procedures. A Manual Step by Step Procedures for the Maintenance and Repair of Library Materials*, Littleton, 1982, 191 p.

Beschrijving in de vorm van een fotografische reportage van enkele bewerkingen van restauratie en boekbinderij. Dit zal nooit de direkte waarneming van een vakman of een ambachtsman vervangen.

* PLENDERLEITH, H.J., *La conservation des estampes, dessins et manuscrits*, in *Mouseion*, XXIX-XXX(1935), p. 81-104 en XXXIII-XXXIV(1936), p. 199-227.

Inleiding over de samenstellende elementen van grafische dokumenten, beschrijving van de montering van gravures voor hun tentoonstelling en hun wegberging. Verslag over de beschadigingen en hoe ze te herstellen.

* PLENDERLEITH, H.J., *La conservation des antiquités et des oeuvres d'art*, uit het Engels vertaald door P. PHILIPPOT, Parijs, 1966, 390 p.

De voorgestelde behandelingen (waarvan enkele voorbijgestreefd zijn) betreffen slechts tekeningen, gravures, aquarellen. Bron van inlichtingen aangaande de materialen, hun toestand en hun restauratie.

RITZENTHALER, Mary Lynn, *Archives and Manuscripts Conservation. A Manual on Physical Care and Management*, Chicago, 1983, 159 p.

Rol van de conservator in de administratie, de tussenkomsten, de controle van de omgeving. Beschrijving van de basisprincipes, bibliografie, glossarium, lijst van de benodigdheden.

* SANDWITH, Hermione en Sheila STAINTON, *The National Trust Manual of Housekeeping*, Harmondsworth-New York, National Trust, 1986, 273 p.

Voorwaarden van conservatie: licht en atmosferische omstandigheden. In bijlage, praktische inlichtingen: bescherming tegen licht, materialen, adressen van leveranciers. Waardevolle en gemakkelijk te volgen raadgevingen. Bescherming van boeken (Hoofdstuk II), van behangpapier (Hoofdstuk XV).

SWARTSBURG, Susan, *Preserving Library Materials: a Manual*, Metuchen, 1980, 282 p.

Algemeenheden: materialen, vijanden, klimatologische factoren, boekbinderij en afzonderlijke gevallen: foto's, bandopnamen, video, reproduktie door fotokopie, microfilms. Uitgebreide bibliografie.

SWARTSBURG, Susan, *Conservation in the Library: a Handbook of Use and Care of Traditional and non Traditional Materials*, Londen, 1983, 225 p.

Inleiding over de voorwaarden van conservatie en de oorzaken van aantasting. Dragers: papier van manuscripten of van kunstwerken, boeken, en banden, foto's, dia's, microfilms, bandopnamen en videoplaten.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1980-81, Les documents graphiques et photographiques*, C.N.R.S., Parijs, 1981, 148 p.

Beveiliging van de gedrukte dokumenten bewaard in de Bibliothèque nationale de Paris (ontzuring), bleken van de papieren door middel van het gasachtige chloordioxyde, ontbinding van galinkten en chemische regeneratie, gevolgen van de luchtverontreiniging op leder en perkament, invloed van de omgeving op het behoud van moderne grafische dokumenten, synthese van de werken vergaard in de literatuur over de restauratie van foto's in zwart-wit.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1982-83, Analyse et conservation des documents graphiques et sonores*, C.N.R.S., Parijs, 1984, 257 p.

Analyse van oude boekbanden, onderzoek naar de stabiliteit van verschillende vetstoffen gebruikt om leders van boekbanden te voeden ; analyse van de fixeermethodes van poederachtige schetsen ; pastellen : geschiedenis, technologie, ontleding en onderzoek van hun reactie met het licht, met etheenoxyde en tegenover de fixeermiddelen ; conservatie van geluidsopnamen op magnetische banden.

* *Travaux du Centre de Recherches sur la Conservation des Documents graphiques 1984-85, Les documents graphiques et photographiques ; analyse et conservation*, Direction des Archives générales de France, Parijs, 1986, 243 p.

Afdichting van beschadigd papier. Analyse van de aantasting van polyamiden gebruikt voor het lamineren van oude dokumenten, reactie van leder en perkament in stadsomgeving, de aantasting van ossepootolie gebruikt om leders van boekbanden te voeden, reinigen van perkament, ontleding van enkele oranje pigmenten : hun verscheidenheid van tinten en hun gebruik in pastellen, de relatieve veranderlijkheid van het chroomgeel, negatieven op glazen platen : conservatie en restauratie.

* WILLIAMS, J.C., *Preservation of Paper of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 164, Washington, 1977, 404 p.

Beveiliging van boeken door bibliothecarissen, ontwikkeling van een permanent papier, chemische aantasting van papier, ontzuring met magnesium-methylcarbonaat, morfoline, gebruik van houtpulp voor het herstellen van grafische kunstwerken, massadrogen en micro-organismen, fumigatie en steriliseren van boeken.

WILLIAMS, J.C., *Preservation of Paper of Historic and Artistic Value*, Advances in chemistry series 193, Washington, 1981, 403 p.

Beveiliging van archieven, wassen en ontzuren van papieren, vergeling van papieren, chemische aantasting, versnelde veroudering, alkaliteit, mechanische weerstand en relatieve vochtigheid.

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Abiëtinezuur: hoofdbestanddeel van colofonium.
Aldehyde: organische verbinding verkregen door oxydatie van primaire alcoholen.
Alfagras: hoog gras in Noord-Afrika en Spanje, voor vlechtwerk en papierfabricage gebruikt.
Alkyl-: organisch radicaal dat alifatische koolwaterstoffen aanduidt.
Bast: laag onmiddellijk onder de schors van een boom gelegen.
Bisulfiet: waterstofsulfiet, zout van zwaveligzuur, waarbij één van de twee waterstof-ionen wordt vervangen.
Buffer: oplossing waarvan de zuurtegraad ongewijzigd blijft na geringe toevoeging van een zure of alkalische oplossing.
Cambium: voortdurend aangroeiend celweefsel van planten tussen *bast* en hout.
Campêcheboom: tropische Amerikaanse boom; geeft een zeer hard hout dat een kleurstof bevat, het hematoxyline.
Cinnaber: zacht, opvallend zwaar mineraal van eigenaardige rode kleur; samenstelling: kwiksulfide.
Codicologie: wetenschappelijke studie van de handschriften in al hun facetten.
Cologaritme: logaritme van het inverse getal.
Conidiën: zwammensporen.
Coucheren: om kunstdrukpapier te maken wordt het grondpapier tweemaal met een watervast bindmiddel bestreken.
Cross-linking: covalente bindingen tussen celluloseketens.
Dimeer: molecule opgebouwd uit twee *monomeren*.
Dividivi: slakkenhuisvormig opgerolde en looistofrijke peul van een boon in tropisch Amerika.
Enzym: katalysator van de chemische reacties die zich in levende organismen afspelen.
Epithelium: opperste huidlaag.
Ester: celluloseësters ontstaan door inwerking van bepaalde alcoholgroepen van de cellulose op zuren, bij uittreding van water (bv. celluloseacetaat).
Ether: celluloseëthers ontstaan door inwerking van bepaalde alcoholgroepen van de cellulose op alcoholen, bij uittreding van water (bv. methylcellulose).
Heterotroof: de meeste organismen zijn heterotroof: ze missen bladgroen en zijn dus niet in de mogelijkheid zich uitsluitend met anorganische stoffen te voeden; zij moeten ook organisch voedsel opnemen.
Hydrolyse: door water veroorzaakte splitsing van chemische verbindingen.
Hydrofiel: wateraantrekkend.
Hydroxylgroep: atoomgroep die bestaat uit één atoom zuurstof en één atoom waterstof.
Kapitaalbandje: gekleurd strookje van koord, linnen of zijde boven en onder aan de rug van een gebonden boek; syn. besteekband.
Kleurtemperatuur: temperatuur gebruikt om de spectrale kleur van een licht aan te duiden (Kelvin).
Kraftpapier: papier dat aan hoge eisen van sterkte moet voldoen en dat daartoe van sterke ongebleekte sulfaatcelstof gemaakt wordt.

Kristalliet: microscopisch kristal ontstaan in het papier door de regelmatige rangschikking van de celluloseketens.
Linters: de kortste haren die aan het zaad vastzitten na de eerste mechanische scheiding van de katoenvezels.
Lumen: centrale holte in bepaalde plantevezels.
Meekrap: sterbladige plant met bijschermen van geelgroene bloempjes en wortelstokken die een rode verfstof (garancine) opleveren.
Mergstralen: parenchyme stroken die straalsgewijs in het hout lopen.
Micellair: betreft colloïdale systemen waar deeltjes van materie een afmeting tussen ca. 1 nm en 1 μ hebben.
Monomeer: molecule met relatief gering moleculair gewicht die een onveranderlijk geheel vormt in het structuurpatroon van een *polymeer*.
Mutageen: die mutaties (blijvende veranderingen) in de genetische DNA-codering veroorzaakt.
Oxycellulose: geoxydeerde cellulose.
Parenchym: sponsachtig celweefsel in de planten.
Polyamide: polymeer bestaande uit lange kettingen met -CO-NH- groepen (bv. wol, nylon...).
Polymeer: molecule opgebouwd uit verscheidene *monomeereenheden*.
Polymerisatie: vorming van *polymeren*.
Quebracho: zeer hard hout uit Argentinië en Paraguay dat looistof bevat.
Ramie: in tropische streken groeiende plant met fijne, sterke en verspinbare bastvezels.
Reductie: reactie waarbij aan de molecule zuurstof wordt onttrokken, waterstof wordt toegevoegd of elektronen worden opgenomen.
Slijm: half vloeibare, kleverige stof in planten.
Sparte: zie *alfagras* [= esparto(gras), spartel(gras), ...].
Sumak: (I) kleine boom in het Middellandse-Zeegebied; (II) gemalen stof van de bladeren enz. van (I) die als verf- en looistof wordt gebruikt.
Terminalia: tropische bomen of struiken met verspreid geplaatste, enkelvoudige, gaafrandige bladeren (Zaïre en Angola).
Terpenen: vloeibare, meestal aan de lucht verhardende, onverzadigde verbindingen die voorkomen in etherische oliën.
Thallus: primitieve plant, alleen uit cellen bestaande en geen verschil vertonend tussen wortel, stengel en blad.
Vergures: met elkaar rechthoekig snijdende *waterlijnen*.
Waterlijnen: watermerken in papier.

PRODUKTEN EN MATERIALEN

Archievendozen		Atlantis Fr.
		Conservation Resources
		Coutts
		Gemeente Archief
		Stouls
Archival Aids		Atlantis France
		Conservation Resources
		Wilberz
Bariumhydroxyde	$Ba(OH)_2$	zie chemische produkten
Borax	$Na_2B_4O_7$	zie chemische produkten
Calciumhydroxyde	$Ca(OH)_2$	zie chemische produkten
Calciumhypochloriet	$Ca(OCl)_2$	zie chemische produkten
Chemische produkten		Belgolabo
		Janssen Chimica
		Roland
		Vel
Elektrode		zie pH-meter
Films met kleefstof		Aslan
Fluorescentiebuizen		Osram
		Philips
		Sylvania
Formaldehyde	H_2CO	zie chemische produkten
Hydroxyethylcellulose		Hoechst
		Roland
Hydroxypropylcellulose		Janssen Chimica
Hygrometers		Frank Joel
		Instrulab
		Rauwers
		Sobete
		Van der Heyden
Indicatorpapier		Belgolabo
Jacketsbuizen		Conservation Resources
		Frank Joel
		Modern Company
		Schott Belgilux
Japans papier		Art moderne
		Drissler
		Grafox

Japans papier (vervolg)		Schleiper
		Vangerow
		Wilberz
Javelwater		zie natriumhypochloriet
Kooldioxyde	CO_2	L'air liquide
		Vitalair
Leders		Jullien
		Wilberz
Luchtbevochtigers		Climaco
		Notec
		Novelair
		Ryssaret
		Van der Heyden
Luchtdrogers		Climaco
		Notec
		Novelair
		Ryssaert
		Van der Heyden
Luxmeters		Cotubex
		Frank Joel
		Instrulab
		Van der Heyden
Magnesiumbicarbonaat	$Mg(HCO_3)_2$	zie chemische produkten
Methanol		zie chemische produkten
Methylcellulose		Vel
Methylhydroxyethylcellulose		Hoechst
		Roland
Natriumboorhydride	$NaBH_4$	zie chemische produkten
Natriumchloriet	$NaClO_3$	zie chemische produkten
Natriumhypochloriet	$NaOCl$	Drogisterij
		Supermarkt
Neutrale papieren		zie neutrale kartons
Neutrale kartons		Art moderne
		Cami
		Grafox
		Stouls
		Schleiper
		Technogrammes
Paper Treatment Spray		Archival Aids
		Atlantis France
		Jansen Wijsmuller
Paraloid		DLO Chemicals
pH-meters		Analys
		Ankersmit
		Conservation Resources
		Instrulab
		Pleuger
		Polylab
Silicagel		Belgolabo

Silicagel (vervolg)		Caldic
		Janssen Chimica
		Le Lion
Thermohygrograaf		Instrulab
		Rauwers
		Sobete
		Van der Heyden
Thermohygrometers		Instrulab
		Rauwers
		Sobete
		Van der Heyden
Thermohygrometers (Elektrische -)		Conservation Resources
		Instrulab
		Van der Heyden
Thermometers		Instrulab
		Manutan
		Rauwers
		Sobete
		Van der Heyden
Tolueen		zie chemische produkten
Trichloortrifluorethaan		zie chemische produkten
UV-meters		Conservation Resources
		Frank Joel
		Littlemore
		Lourmat
UV-films		Bonwyke
		Bulckens
		Chamberlain
		Coenraets
		Ecofilm
		Sun X
		VT Plastics
Vernis (tegen UV)		Protec solar vitre
		Solar X Sun reflect
Waterstofperoxyde:	H_2O_2	zie chemische produkten
		Drogisterij
		Supermarkt
Zetmeel van rijst		Belgolabo
Zetmeel van tarwe		Belgolabo
Zuurstofwater		zie waterstofperoxyde

ADRESSEN

Analis
Rue Dewez, 14
B-5000 Namur 081/22 50 85
Leeuwerikstraat, 28
B-9000 Gent 091/22 58 66

Ankersmit
Sint-Jobsteenweg, 506
B-1180 Brussel 02/374 91 10

Archival Aids
PO BOX 5 Spondon
GB-Derby DE2 7BP 44/332 66 64 00

Art Moderne
Gewijdeboomstraat, 12
B-1050 Brussel 02/511 30 87

Aslan
Saulx-les Chartreux
F-91160 Longjumeau 33/1 64 48 62 70

Atlantis France
26, Rue des Petits Champs
F-75002 Paris 33/1 42 96 53 85

Belgolabo
Brusselsesteenweg, 288
B-1900 Overijse 02/689 07 11

Bonwyke
41, Redlands Lane Fareham
GB-Hampshire PO14 1H 44/329 28 96 21

Bulckens
Aarschotsesteenweg, 67
B-3010 Wilsele 016/44 64 74

Caldic
Terlochtweg, 1
B-2620 Hemiksem 03/887 90 01

Cami
Kerkstraat, 43
B-8400 Oostende 059/70 86 66

Chamberlain
88, John Wensley Rd Woodthorpe
GB-Nottingham NG54JU 44/602 26 94 24

Climaco
Pater Damiaanstraat, 80
B-1140 Brussel 02/425 04 47

Coenraets J.P.
G.J. Martinstraat, 11 b1
B-1150 Brussel 02/771 14 56

Conservation Resources
Littleworth Industr Estate Weathley
GB-Oxon OX9 1TZ 44/86 77 22 44

Cotubex
Kuregemsestraat, 43
B-1000 Brussel 02/513 76 40

Coutts
Violet Road
GB-London Z3 3QL 441/515 61 71

DLO Chemicals
Chaussée de Tubize, 214
B-1420 Braine-l'Alleud 02/384 40 15

Drissler & co
Insterburger Strasse 16
Postfach 930180 43/69 79 32 0
D-6000 Frankfurt 93

Ecofilm
Generaal Belliardstraat, 17
B-2000 Antwerpen 03/225 13 78

Frank Joel
Hardwick Industr Estate 5, Olmedow Road, Kings Lynn
GB-Norfolk PE30 4HL 44/553 76 08 51

Gemeente Archief
Amsteldijk, 67
NL-1074 HZ Amsterdam 31/20 64 69 16

Grafox
Rouppeplein, 15
B-1000 Brussel 02/512 39 50

Hoechst
Charleroisesteenweg, 111-113
B-1060 Brussel 02/536 46 25

Instrulab
Charleroisesteenweg, 51b-b6
B-1060 Brussel 02/538 62 60

Janssen Chimica
Turnhoutseweg, 30
B-2340 Beerse 014/60 21 11

Jansen Wijsmuller & Beuns B.V.
Bruynvisweg, 2 pb 166
NL-1530 AD Wormer 31/75 21 10 01

Jullien
42, Rue Saint-Jacques
F-75006 Paris 33/1 43 53 52 56

L'Air Liquide Belge
Rue des Vennes, 374
B-4020 Liège 041/42 30 70

Le Lion
Lakensestraat, 55
B-1000 Brussel 02/217 42 02

Littlemore Engeneering
Railway Lane Littlemore
GB-Oxford OX4 4P2 44/865 77 85 63

Lourmat
BP 66 Torcy ZI Sud
F-77202 Marne-la-Vallée 33/60 06 07 71

Manutan
Doverstraat, 19 b7
B-1070 Brussel 02/524 01 18

Modern Company
7, Lytham Road, Heald Green
GB-Cheshire SK8 3RQ 44/61 437 43 79

Notec
De Neckstraat, 24
B-1080 Brussel 02/428 40 35

Novelair
Bonnestraat, 59
B-1070 Brussel 02/520 72 50

Osram
Mercuriusstraat, 28
B-1930 Zaventem 02/720 80 10

Philips
De Brouckèreplein, 2
B-1000 Brussel 02/219 18 00

Pleuger
Turnhoutsebaan, 511
B-2110 Wijnegem 03/350 02 11

Polylab
Groenendaallaan, 78 pb116
B-2060 Antwerpen 03/646 55 11

Protec Solaire Vitre
5, Avenue de la Remise
F-91390 Morsang-sur-Orge 33/69 04 21 69

Rauwers
Navezstraat, 78-86
B-1210 Brussel 02/216 20 40

Roland
Klein Eiland, 4 b7
B-1070 Brussel 02/525 05 11

Ryssaert Industrial Equipment
Gentsesteenweg, 14
B-8749 Waregem-Beveren 056/71 26 80

Schleiper
Charleroisesteenweg, 149
B-1060 Brussel 02/538 60 50

Schott Belgilux
Slotlaan, 2 b1
B-1200 Brussel 02/736 10 45

Sobete
Masuistraat, 128
B-1210 Brussel 02/215 04 21

Solar X Sun Reflect
Zwijnaardsesteenweg, 597
B-9000 Gent 091/22 71 19

Stouls Z.A. des Godets
Rue des Petits Ruisseaux
F-91370 Verrières-le-Buisson 33/69 20 44 35

Sun X
Hook Lane Aldingbourne Chichester
GB-West Sussex PO20 6TB 44/243 68 26 57

Sylvania
Kortenberglaan,118-128
B-1040 Brussel 02/735 60 98

Technogrammes
Mascréstraat, 17
B-1070 Brussel 02/525 01 35

Van Der Heyden
Broekstraat, 49-55
B-1000 Brussel 02/212 06 11

Vangerow
Daimlerstrasse, 2
D-8012 Munchen
Postfach 830956
D-8000 Munchen 83

Vel
Geldenaaksebaan, 464
B-3030 Leuven 016/28 18 11
Rue E. Lenoir, 8
B-1348 Louvain-la-Neuve 010/ 45 20 10
Av de l'Observatoire, 215 b2
B-4000 Liège 041/ 52 00 96

Vitalair
Beaulieustraat, 44
B-1830 Machelen 02/ 252 43 32

VT Plastics Belgium
Schockaertstraat, 55
B-1600 Sint-Pieters-Leeuw 02/ 377 50 73

Wilberz, P.
Ducpétiauxlaan, 72
B-1060 Brussel 02/ 537 83 55

AUTEURSINDEX

ONDERWERPINDEX

AFBEELDINGEN EN TABELLEN

Eerste deel: Bewerking van het papier wanneer de bladen zich vormen, zich neerleggen en in de pers gezet worden

Tweede deel: Beschadigde boeken

Derde deel: Bewaarplaats

Vierde deel: Restauratie (vóór en na)

Fotografische illustraties in dit handboek werden, behalve wanneer anders vermeld, gemaakt door het personeel van de Fotografische Dienst van het Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium.

D/1989/0613/1