

m 5,6

magazijn

CINMO

**CENTRAAL INSTITUUT VOOR
MATERIAAL ONDERZOEK**

AFDELING HOUT

Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout.

**Algemeen overzicht van factoren, die de duurzaamheid van
verf op hout kunnen beïnvloeden.**

Circulaire 5

SERIE III. CONSERVERING EN VEREDELING No. 1

★

**Eigenschappen van hout, die de duurzaamheid van verf op dit
materiaal kunnen beïnvloeden.**

Circulaire 6

SERIE III. CONSERVERING EN VEREDELING No. 2

door Dr. W. W. VAROSSIEAU.

★

MEI 1948

PRIJS f 3.—



Nijverheidsorganisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek

CIRCULAIRE 6

SERIE III. CONSERVERING EN VEREDELING No. 2.

Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout. Eigenschappen van hout, die de duurzaamheid van verf op dit materiaal kunnen beïnvloeden,

door

Dr. W. W. VAROSSIEAU.

INHOUD

- I. Inleiding.
- II. Korte beschrijving van de houtstructuur.
 - A. Definitie van vlakken en richtingen in hout.
 - B. Cellen als bouwstenen van hout.
 - C. Weefsels van het hout en hun functies.
- III. Invloed van de aard van verschillende houtsoorten op de duurzaamheid van verflagen.
 - A. Naaldhoutsoorten.
 - B. Loothoutsoorten.
- IV. Invloed van verschillen in eigenschappen bij één bepaalde houtsoort, op de duurzaamheid van verflagen.
 - A. Het volumegewicht.
 - B. De porositeit.
 - C. Het vochtgehalte.
 - D. Extraheerbare stoffen.
- V. Summary.
 - Literatuur.

I. INLEIDING.

Als reden voor het verven van hout kan worden opgegeven het uiterlijk van dit materiaal te verbeteren en het oppervlak te beschermen tegen invloeden van buiten.

Browne werkt deze punten in een van zijn artikelen over dit onderwerp (1940) als volgt uit:

- 1e. Het uiterlijk van het materiaal wordt verbeterd.
 - a. De verflaag is ondoorzichtig en verbergt daardoor de nerf en de oorspronkelijke kleur van het hout. Kleur, glans en textuur van de verf komen daarvoor in de plaats.
 - b. De laag is doorschijnend en eventueel gekleurd, zoals b.v. bij een vernis of een cellulose beits. De

nerf van het hout wordt opvallender, doordat de lucht aan het houtoppervlak wordt vervangen door een medium met een hogere brekingsindex.

- c. Kleurstoffen in een vluchtig oplosmiddel (beitsen) veranderen de kleur van het hout, zonder de glans of de nerf in belangrijke mate te beïnvloeden.
- 2e. Bescherming tegen de invloeden van de omgeving.
- a. Tenzij het hout door vochtwerende lagen wordt beschermd, wordt het oppervlak door weersinvloeden dofgruis van kleur; glad geschaafde delen worden ruw en vertonen barsten, planken hebben de neiging te trekken en los te raken van hun bevestiging. Duurzame, goed onderhouden verflagen voorkomen een dergelijke verwerking.
 - b. Ongeschilderde houtoppervlakken kunnen door hun porositeit snel vocht opnemen. Zij kunnen daardoor gemakkelijker worden aangetast door blauwschimmels en andere fungi. Ook houden ze gemakkelijk stofdeeltjes vast. Weinig of niet poreuze verflagen, die de neiging hebben om water af te stoten, beschermen hout tegen verblauwen en geven een oppervlak, dat gemakkelijk gereinigd kan worden.

Bij het verven van hout spelen verschillende factoren een rol, die bij de behandeling van ander materiaal onbekend zijn. Bij kunstmatig vervaardigde materialen kan men n.l. in vele gevallen de samenstelling en daardoor de eigenschappen nauwkeurig in de hand houden; op deze wijze kunnen bezwaren worden voorkomen, die bij natuurlijk gevormde producten moeilijker te ondervangen zijn.

De ondergrond hout daarentegen wordt gevormd door een levend wezen en alle wisselvalligheden, die aan levende wezens eigen zijn, vindt men in het materiaal dat zij vormen terug.

Niet alleen het inwendige ritme in de groei van een boom, maar ook de invloed van varieerende uitwendige omstandigheden, zoals regen en droogte, warmte en strenge koude, worden in de structuur en eigenschappen van de grondstof opgetekend.

Het gedrag van verf op hout wordt in verschillende opzichten door eigenschappen van de inhomogene ondergrond bepaald. Enkele van deze invloeden zullen in het hier volgend artikel besproken worden.

II. KORTE BESCHRIJVING VAN DE HOUTSTRUCTUUR

Voor niet-biologisch georiënteerde lezers van deze mededeling volgt hier een korte uiteenzetting over de houtstructuur. Een uitgebreider beschrijving vindt men o.a. in circulaire 1 en 2 van de Afdeling Hout van het C.I.M.O.

A. Definitie van vlakken en richtingen in hout.

Men kan aan het hout verschillende vlakken en verschillende richtingen onderscheiden (fig. 1), waarvan men gebruik maakt om de ligging van de elementen, die het hout vormen, t.o.v. elkaar aan te geven.

Zo onderscheidt men de richting volgens de lengte-as van de stam en alle richtingen, die daarmee evenwijdig zijn als de axiale richting.

Brengt men een snijvlak aan loodrecht op deze lengte-as dan spreekt men van het dwarse vlak (in de praktijk kops vlak genaamd).

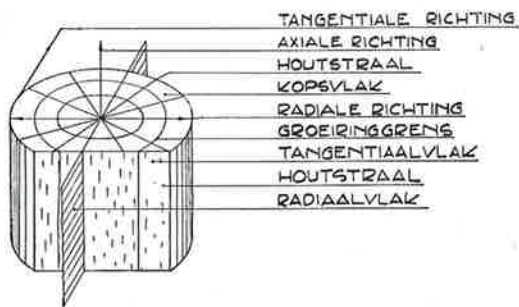


Fig. 1. Richtingen en vlakken in hout (origineel).

Verder kan men op twee wijzen de stam in de lengterichting doorsnijden, n.l.:

- 1e. Door een vlak, dat de lengte-as van de boom bevat. Dit is het radiale vlak (in de praktijk de spiegel). De radiale richting is die, van de omtrek van de stam naar het centrum of omgekeerd.
- 2e. De stam kan in de lengterichting doorgesneden worden volgens een vlak, dat de lengte-as niet bevat. Men spreekt dan van een tangentiaal vlak (in de praktijk van dosse).

Men kan zich een dergelijk vlak altijd loodrecht geplaatst denken op een radiaal vlak. De tangentiale richting wordt voorgesteld door een raaklijn aan de omtrek van de stam, of door een lijn evenwijdig daarmee.

B. Cellen als bouwstenen van hout.

Hout is opgebouwd uit cellen, die men kan beschouwen als de elementaire bouwstenen van het plantenlichaam. Een jonge cel bevat een levende inhoud, de celinhoud, waarvan

de celkern en het protoplasma tot de voornaamste bestanddelen behoren. Het protoplasma vormt als afscheidingsproduct de celwand. Bij een volwassen cel verdwijnt de celinhoud in vele gevallen. De wand blijft dan over. De ruimte, die door de celwand omsloten wordt, heet het lumen van de cel of de celholte.

In het leven van een cel zijn drie verschillende perioden van ontwikkeling te onderscheiden, n.l.: Een periode van celdeling, van celstrekkings en van celwandverdickings (drie perioden van Sachs).

De eerste periode wordt gekenmerkt doordat de cel zich deelt en doordat alle cellen nog onderling gelijk zijn. Celdeling heeft o.a. plaats aan de toppen van een plant, de groeipunten. De celwand, die het eerste gevormd wordt en die twee cellen gemeenschappelijk hebben, heet de oorspronkelijke middenlamel.

Vervolgens heeft de celstrekkings plaats door wateropneming. De cel neemt in omvang toe, soms in alle richtingen ongeveer even sterk. Op deze wijze kan een parenchymcel ontstaan. In andere gevallen heeft sterker vergroting plaats in axiale dan in andere richtingen. Op deze wijze ontstaat een cel met een vezelvormige structuur. De celwand bestaat tijdens de tweede periode uit de oorspronkelijke middenlamel plus een primaire verdikkingslaag, die met elkaar de samengestelde middenlamel vormen (Deze wordt ook wel kortweg middenlamel genoemd).

In de derde periode worden tegen de samengestelde middenlamel secundaire verdikkingslagen en soms een tertiaire verdikkingslaag afgezet. Heeft de wandverdickings in sterke mate plaats, dan kunnen er zeer stevige vezels met een steunfunctie ontstaan. De secundaire en tertiaire wandverdickingen blijven soms plaatselijk achterwege en op deze wijze ontstaan stippels, die watertransport van de ene cel in de andere mogelijk maken. Naar de vorm onderscheidt men o.a. enkelvoudige stippels, hofstippels en halve

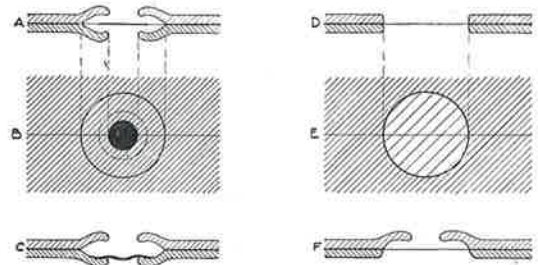


Fig. 2. Vormen van stippels.

Links: Hofstippels, open (A) en gesloten (C). De figuren A en C stellen dwarsdoorsneden voor.

Fig. B is een bovenaanzicht.

Rechts: Enkelvoudige stippel in dwarsdoorsnede (D) en in bovenaanzicht (E). Figuur F laat de dwarsdoorsnede door een halve hofstippel zien. (Naar Eames en Mac Daniels).

hofstippels (fig. 2 D, A en F). Ontstaan er plotseling drukverschillen tussen twee aan elkaar grenzende cellen, dan wordt het verdikte wandgedeelte in het midden van de hofstippels (de torus) tegen de opening gedrukt, zodat deze wordt afgesloten (fig. 2 C).

Ook in fig. 5, F zijn de hofstippels op de radiale wanden van de vezels in het vroege hout (voorjaars hout) duidelijk zichtbaar, in het late hout (zomerhout) staan ze juist op de tangente wanden.

C. Weefsels van het hout en hun functies.

Onder een weefsel verstaat men een groep van gelijksoortige cellen, met een gemeenschappelijke functie. Het hout heeft in de boom drie verschillende functies, nl.:

- 1e. watertransport;
- 2e. het geven van steun;
- 3e. het bewaren van reservevoedsel.

Het is merkwaardig, dat het hout uit weefsels bestaat, die elk afzonderlijk een van deze functies hebben. Er is dus arbeidsverdeling in het hout (Sanio 1863).

De weefsels, welke in het hout kunnen voorkomen zijn:

- 1e. transportweefsel (het tracheale systeem);
- 2e. steunweefsel (het libriform systeem);
- 3e. parenchymatisch weefsel voor het bewaren van reservevoedsel (houtstralen en houtparenchym).

Tenslotte moeten nog de weefsels genoemd worden, die slechts in bepaalde houtsoorten voorkomen. Dit zijn:

- 4e. bijzondere vormen (b.v. harskanalen).

1. Weefsels voor watertransport en steun.

Terwijl in loofhout elementen voorkomen, die alleen water geleiden, vaten genaamd, vindt men bij naaldhout een combinatie van twee functies in één weefselsoort. De functie van watertransport en van steun zijn nl. beide aan de vezels opgedragen. Er is daarbij echter een accentuering waar te nemen in de functies van bepaalde cellen. Sommige elementen hebben een breed lumen en een dunne celwand. Zij kunnen dus gemakkelijk veel water transporteren, maar door hun dunne celwand zullen zij slechts geringe steun geven. Dergelijke vezels worden in gematigde streken in het voorjaar gevormd, wanneer de boom bij het uitlopen veel water nodig heeft. Weefsel dat door deze cellen wordt gevormd, noemt men voorjaars hout (zie. fig. 3, A), of met een meer algemene naam vroege hout.

In de zomer worden daarentegen vezels gevormd met een zeer dikke wand en een nauw lumen. Zij zullen daardoor weinig water kunnen transporteren, maar daarentegen grote stevigheid geven. Het weefsel, dat door deze vezels gevormd wordt, heet zomerhout (ook wel minder juist najaars hout genaamd (fig. 3, B)). Zomerhout kan met de algemene naam laat hout worden aangeduid.

Onder een jaarring verstaat men nu de hoeveelheid hout, die in de loop van één jaar gevormd wordt, dat is dus één laag voorjaars hout plus één laag zomerhout. De afscheiding tussen een laag zomerhout en een laag voorjaars hout van het volgende jaar is in de regel scherp. Deze afscheiding heet de jaarringgrens (fig. 3, C). In een boom functioneert slechts het buitenste deel van het hout. Hier heeft het watertransport plaats en er komt reservevoedsel in het parenchym-

matisch weefsel voor. In de centraal gelegen delen is dit echter niet meer het geval. Hier worden de watergeleidende elementen dikwijls door stoffen van verschillende aard opgevuld of er ontstaan uitgroeiingen van de wand, die het watertransport belemmeren. Reservevoedsel ontbreekt in dit deel van de boom. Het functionerende deel van het hout noemt men spint- tegenover het daar binnen gelegen kernhout.

150^μ

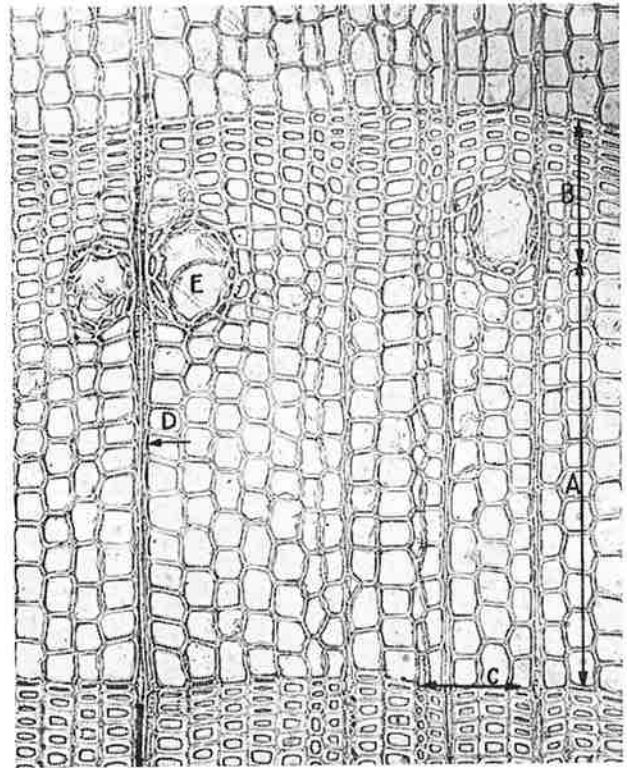


Fig. 3. Dwarsdoorsnede door vurenhout.

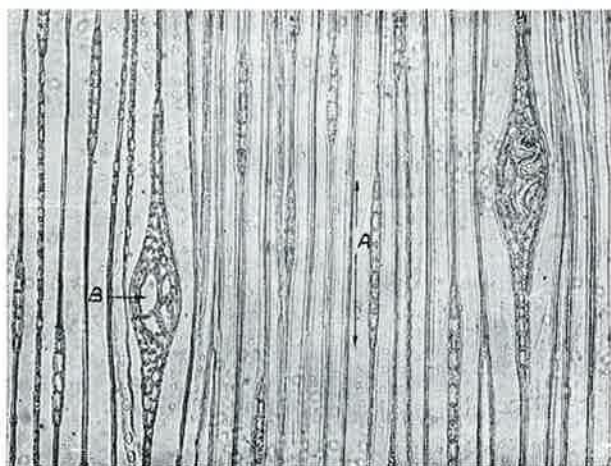
A Vroeg hout (voorjaars hout). B. Laat hout (zomerhout).
Vroeg en laat hout vormen samen een groeiring (jaarring).
C Groeiringgrens (jaarringgrens). D Houtstraal. E Harskanaal

Foto C.I.M.O.

2. Weefsels voor het bewaren van reservevoedsel.

Het parenchymatisch weefsel van hout, dat reservevoedsel bevat, kan op verschillende wijzen gerangschikt, voorkomen.

Men spreekt van houtstralen (ook wel mergstralen genoemd), wanneer de cellen in radiaal gerichte banden gerangschikt zijn. In het dwarse vlak ziet men de houtstralen dus als cellenrijen, die van de omtrek van de stam naar het centrum lopen (fig. 3, D). De afmeting van de houtstralen in deze richting heet de lengte. Er komen stralen voor, die doorlopen tot het in het centrum van het hout gelegen merg. Deze worden primaire houtstralen genoemd. De andere daarentegen eindigen ergens willekeurig in de stam en deze worden secundaire houtstralen genoemd.



150 μ

Fig. 4. Tangentiale doorsnede door vurenhout.

A. Hoogte van een houtstraal.

B. Houtstraal met een radiaal verloopend harskanaal.

Foto C.I.M.O.

150 μ

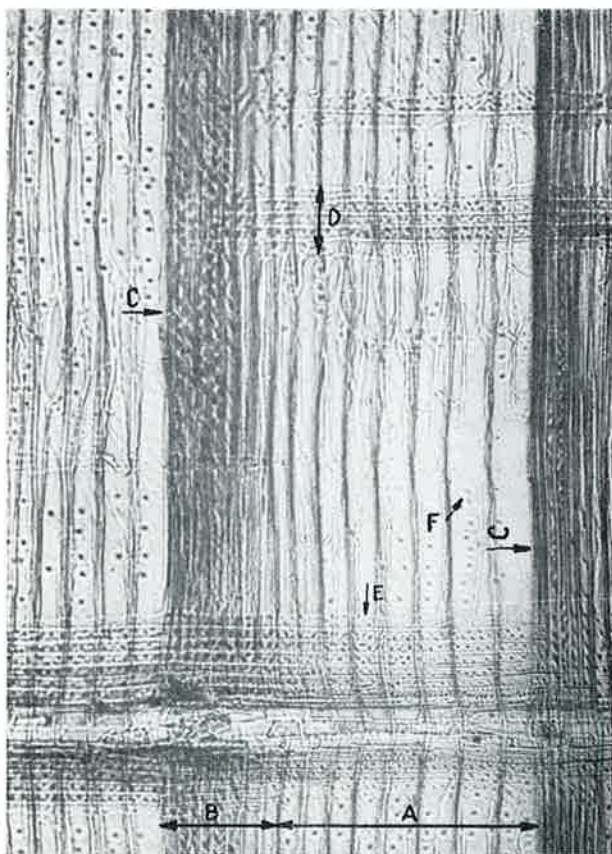


Fig. 5. Radiale doorsnede door vurenhout.

A Vroeg hout. B Laat hout. C Groeiringsgrens.

D Hoogte van een houtstraal. E Straaltracheiden

F Hofstippel.

Foto C.I.M.O.

Een tweede afmeting die men in het dwarse vlak kan zien is de *breedte* van de houtstralen. Dit is de afmeting in tangentiële richting. Bij naaldhout zijn de stralen in de regel één cellaag breed. Uitzonderingen komen voor wanneer er zich radiale harskanalen in het hout bevinden (fig. 4, B). Onder de *hoogte* van de houtstralen verstaat men de afmeting in axiale richting (fig. 4, A en fig. 5, D). Men kan in één vlak steeds 2 afmetingen van de stralen zien en de derde niet. In het kopsse vlak ziet men de lengte en de breedte; in het tangentiële vlak de breedte en de hoogte en in het radiale vlak (fig. 5) de lengte en de hoogte. (Doordat de richting waarin het preparaat is gesneden, iets afwijkt van de zuiver radiale richting, ziet men de stralen niet in hun volle lengte). Behalve de functie van het bewaren van reservevoedsel hebben de houtstralen bij naaldhout ook nog de functie van watertransport in radiale richting. Dit transport wordt mogelijk gemaakt door z.g. *straaltracheiden* (fig. 5, E). Dat zijn cellen, die de houtstralen aan de boven- en aan de onderzijde begrenzen. Zij kunnen door hofstippels water aan de vezels onttrekken of daaraan afstaan.

Houtparenchym, een weefsel dat evenals straalcellen reservevoedsel bevat en waarvan de cellen in axiale richting gerangschikt zijn, komt in het naaldhout slechts bij uitzondering voor. Dit weefsel speelt vooral in de bouw van loofhout een belangrijke rol.

3. Bijzondere vormen.

Tenslotte moeten nog de *harsgangen* in naaldhout vermeld worden. Dit zijn kanalen in het hout, die zowel in axiale richting (fig. 3, E) als in radiale richting (fig. 4, B) kunnen verlopen. Deze kanalen worden door parenchymatisch weefsel bekleed. Bij loofhout kunnen, behalve harsgangen, nog andere bijzondere vormen voorkomen, welke hier onbesproken blijven.

4. Het herkennen van de vlakken, waarin het hout gesneden is.

Nu zal nog even worden nagegaan, hoe men aan de houtstructuur, die aan een microscopisch preparaat kan worden waargenomen, vaststelt, in welke richting het hout gesneden is.

Het kopsse vlak is direct te herkennen aan de omstandigheid, dat de vezels (en vaten bij loofhout) dwars doorgesneden zijn. Men ziet ze als veelhoekige elementen naast elkaar liggen. De houtstralen zijn als min of meer evenwijdige lijnen in de coupes waar te nemen. Zij snijden de grenzen van de jaarlingen onder een hoek van 90° (fig. 3, D). Coupes, die in de lengterichting van het hout gesneden zijn, kan men direct herkennen aan de overlangse doorsnede der vezels. Aan het beeld dat de houtstralen geven is gemakkelijk na te gaan of men met een radiale of met een tangentiële snede te maken heeft. In het tangentiële vlak zijn de stralen nl. als lensvormige figuren te zien, die door de vezels omsloten worden (fig. 4, A en B). In het radiale vlak zijn de stralen in lengtedoorsnede zichtbaar en men ziet ze dus hier als banden, die de vezels loodrecht kruisen (fig. 5, A).

Het tangente vlak kan bij beschouwing van een houtoppervlak zonder loupe of microscoop worden herkend aan de in dit vlak veelal voorkomende vlammen.

Deze zijn vooral voor naaldhout karakteristiek.

In het radiale vlak ontbreken de vlammen; hier komen uitsluitend evenwijdig aan elkaar gerangschikte banden van vroeg en laat hout voor, indien duidelijke jaarringen aanwezig zijn. De meest kenmerkende eigenschap voor het radiale vlak is het voorkomen van veelal onregelmatig gevormde vlekken, waarvan de grootste afmeting als regel loodrecht op de vezelrichting staat. Deze vlekken, die b.v. algemeen bekend zijn bij eikenhout, vertonen een zeer sterke glans en hieraan ontleent het radiale vlak de naam „spiegel“.

III. INVLOED VAN DE AARD VAN VERSCHILLENDE HOUTSOORTEN OP DE DUURZAAMHEID VAN VERFLAGEN.

Bij de beschrijving van de houtstructuur (II) werd onder C reeds gewezen op het kenmerkende verschil tussen naald- en loofhout. Het ontbreken van vaten in naaldhout en het voorkomen ervan in loofhout beïnvloedt het gedrag van verf op hout zodanig, dat een afzonderlijke bespreking van beide groepen noodzakelijk is.

A. Naaldhoutsoorten.

Verflagen zijn op sommige houtoppervlakken duurzamer dan op andere; de aard van de gebruikte houtsoort kan deze eigenschap van de verf beïnvloeden.

De verftechnische eigenschappen van 27 verschillende naaldhoutsoorten werden door Browne onderzocht, met behulp van buitenproeven. Een aantal mededelingen van zijn hand over dit onderwerp verscheen tussen 1925 en 1942.

Het gedrag van drie verfsystemen werd nagegaan.

Het eerste bestond uit drie lagen loodwit rauwe lijnolie verven van verschillende samenstelling; het tweede uit drie lagen loodwit-zinkwit rauwe lijnolie verven van verschillende samenstelling.

Het derde systeem dat in de eerste plaats voor loofhoutsoorten werd gekozen, maar dat toch ook op enkele naaldhoutsoorten werd aangebracht (tabel III), was opgebouwd uit:

- a. een loodwit rauwe lijnolie grondverf;
- b. een loodwit-zinkwit-titaanwit overgrondverf met een mengsel van lijnolie en lijnolie standolie als bindmiddel;
- c. een loodwit-zinkwit-titaanwit lijnolie standolie dekverf.

De beoordeling van de duurzaamheid geschiedde naar het uiterlijk van de laag (o.a. aanhechten van stof), de gaafheid (waarin de hechting is opgenomen) en de verleende bescherming (beoordeeld naar barstvorming in het hout en trekken van de plankjes).

Een indruk van duurzaamheid van de verf op enkele der onderzochte naaldhoutsoorten verkrijgt men uit figuur 6.

Op grond van de verkregen resultaten maakte Browne een indeling in vier groepen. Deze zijn in tabel I weergegeven.

Het is gebleken, dat de meest geproduceerde naaldhoutsoorten de slechtste verftechnische eigenschappen bezitten.

Ongeveer 68 % van de hoeveelheid naaldhout, die in de Verenigde Staten wordt gekapt, valt in groep IV, ongeveer 20 % in groep III, 6 % in groep II en 6 % in groep I.

Grensoorten b.v. vallen alle in groep IV. Dit geldt zowel voor Europees- als voor Amerikaans grenen: het z.g. „pitch pine“ of „southern yellow pine“ (soorten van het geslacht *Pinus*).

Vurensoorten voldoen iets beter volgens dezelfde onderzoeker en komen in groep III. Voorbeelden zijn: eastern spruce, Engelmann spruce en sitka spruce: alle soorten van het geslacht *Picea*.

Tot de houtsoorten met de beste verftechnische eigenschappen behoren naaldhout ceders, die bovenaan in groep I worden geplaatst.

De gegeven indeling is gebaseerd op de gemiddelde resultaten, verkregen met hout van dezelfde kwaliteit en in dezelfde richting gesneden. Variaties in kwaliteit bij planken van één bepaalde houtsoort kunnen de verftechnische eigenschappen sterk beïnvloeden en verschillen tussen soorten zelfs overtreffen. Ook de snijrichting heeft grote invloed op deze eigenschappen.

De classificatie van Browne is in overeenstemming met de resultaten van andere auteurs. Zo werd b.v. vastgesteld, dat verflagen sneller stuk gaan op grenen (zowel Amerikaans als Europees grenen) dan op weymouth en naaldhout ceder. (*Thuja plicata*). Deze gegevens zijn afkomstig van Perry (1909); Gardner en Maenichol (1910) en Pearce 1924). Daar de oorspronkelijke publicaties van laatstgenoemde auteurs niet ter beschikking stonden, kunnen de onderzochte systemen hier niet worden vermeld. De genoemde auteurs zijn dan ook niet in de literatuurlijst opgenomen.

Voorts kunnen de resultaten worden genoemd van Clapson en Schaeffer (1934), die de levensduur van een aantal loodwit verven vergeleken op verschillende naaldhoutsoorten.

Bij deze proeven werd een twee lagen systeem aangebracht. In beide lagen werd rauwe lijnolie als bindmiddel gebruikt. In drie van de twaalf onderzochte verfsamenstellingen voor de eerste laag en in zeven van de zeventien samenstellingen voor de tweede laag, werd behalve rauwe lijnolie, ook lijnolie standolie gebruikt.

Redwood en weymouth bleken het best te voldoen en vertoonden onderling weinig verschil. Oregon pine leverde veel minder goede resultaten op, terwijl Amerikaans grenen de minst geschikte houtsoort bleek te zijn.

Marchall, Iliff en Young (1935) betrokken eveneens een aantal naaldhoutsoorten in hun onderzoekingen, n.l. ceder, weymouth, Oregon pine en Amerikaans grenen.

De onderzochte verven waren in hoofdzaak verven op lijnolie basis, met als pigment respectievelijk: loodwit, loodwit-zinkwit, lithopoon-zinkwit en lithopoon-titaanwit-zinkwit, al dan niet versneden.

Daarnaast werd een phtalaathars verf in het onderzoek opgenomen, met als bindmiddel een met lijnolie gemodificeerde phtalaathars en als pigment loodhoudend zinkwit.

Alle genoemde verven werden in een drie lagen systeem aangebracht.

De resultaten van Marchall, Iliff en Young hebben tot een overeenkomstige rangschikking van de onderzochte naald-

Tabel I.
Indeling van naaldhoutsoorten naar hun verftechnische eigenschappen volgens Browne (1940).

	Nederlandse naam	Amerikaanse naam	Latijnse naam
Groep I.	Houtsoorten, waarop verf de grootste duurzaamheid heeft en die het minst te lijden hebben wanneer de bescherming tegen weersinvloeden onvoldoende wordt.	Alaska cedar Incense cedar Northern white cedar Port Orford cedar Southern white cedar Western red cedar	Chamaecyparis nootkatensis Spach. Libocedrus decurrens Torr. Thuja occidentalis, L. Chamaecyparis Lawsoniana Parl. Chamaecyparis thyoides Britt. Thuja gigantea Nutt.
	Cypresen Redwood	Southern cypress Redwood	Taxodium distichum Rich. Sequoia sempervirens Endl.
Groep II	Houtsoorten, waarop loodwitverven dezelfde duurzaamheid hebben als op de soorten van groep I, maar waarop verven met gemengde pigmenten minder duurzaam zijn en waarop weersinvloeden sterker inwerken, wanneer de bescherming onvoldoende wordt.	Northern white pine Western white pine Sugar pine	Pinus strobus L. Pinus monticola Dougl. Pinus Lambertiana Dougl.
	Houtsoorten, waarop noch loodwit-, noch verven met gemengde pigmenten even duurzaam zijn als op houtsoorten van Groep I en meer te lijden hebben dan deze soorten, wanneer de bescherming onvoldoende wordt.	White fir Eastern hemlock Western hemlock Ponderosa pine Lodgepole pine Eastern spruce Engelmann spruce Sitka spruce	Abies concolor Lindl. et Gord. Tsuga canadensis Carr. Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg. Pinus ponderosa Dougl. Pinus contorta Dougl. Picea spec. div. Picea Engelmanni (Parry) Engelm. Picea sitchensis Carr.
Groep III	Californische dennen Hemlock	White fir Eastern hemlock Western hemlock	Abies concolor Lindl. et Gord. Tsuga canadensis Carr. Tsuga heterophylla (Raf.) Sarg.
	— —	Ponderosa pine Lodgepole pine	Pinus ponderosa Dougl. Pinus contorta Dougl.
Groep IV.	Houtsoorten, waarop verflagen minder duurzaam zijn dan op de soorten van groep III.	— — Oregon pine Amerikaans lariks Noors grenen Amerikaans grenen (Pitch pine) —	— — Pseudotsuga Douglasii Carr. Larix occidentalis Nutt. Pinus silvestris L. Pinus spec. div. Larix laricina Koch.
	— — — — —	— — Douglas fir Western Larch Norway pine Southern yellow pine Tamarack	— — Pseudotsuga Douglasii Carr. Larix occidentalis Nutt. Pinus silvestris L. Pinus spec. div. Larix laricina Koch.

houtsoorten geleid, als in de groepering van Browne wordt gegeven.

Het enige verschil is, dat deze auteurs weymouth beslist boven cedar (red cedar) plaatsen, terwijl Browne red cedar als de geschiktste van beide houtsoorten beschouwt.

B. Loofhoutsoorten.

De verftechnische eigenschappen van een aantal loofhoutsoorten werden eveneens door Browne (1935 a en 1942) onderzocht. Op deze houtsoorten werden dezelfde verfsystemen in hetzelfde aantal lagen aangebracht, als is aangegeven bij de bespreking van het onderzoek van naaldhoutsoorten door deze auteur.

Loofhoutsoorten voldoen als groep minder goed bij gebruik als ondergrond voor buitenverven, dan naaldhoutsoorten.

Wanneer men naald- en loofhoutsoorten tesamen indeelt naar hun verftechnische eigenschappen, ontstaan vijf categorieën, waarvan de eerste twee (groep I en II, tabel I) alleen naaldhout bevatten.

De volgende twee groepen (III en IV van de tabellen I en II) bevatten zowel naald- als loofhout.

Tenslotte blijft er nog een groep over (V tabel II), die alleen loofhout bevat.

Loofhoutsoorten vallen dus in de groepen III, IV en V. De indeling van deze soorten naar hun verftechnische eigenschappen blijkt hier samen te vallen met de volgende indeling naar structuurkenmerken (tabel II):

Groep III „Verspreid-porige” loofhoutsoorten met nauwe vaten en een volumegegewicht van 0.32 tot 0.46. (Er komen geen ringen van vaten voor op het kopse vlak).

Groep IV „Verspreid”- en „ringporige” loofhoutsoorten met vaten niet wijder dan in berken (max. 150 μ) en een volumegegewicht van 0.44 tot 0.60 („Ringporige” houtsoorten hebben op het kopse vlak duidelijke ringen van in het voorjaar gevormde vaten).

Groep V Loofhoutsoorten met vaten wijder dan in berken (max. 150 μ), gewoonlijk „ringporig” (behalve noten) en meestal met een hoog volumegegewicht (behalve Amerikaans kastanje).

De loofhoutsoorten van groep III, dat zijn dus de loofhoutsoorten met de beste verftechnische eigenschappen, kunnen met gewone verven voor hout worden geleverd, op dezelfde wijze als naaldhoutsoorten.

Bij een behandeling, zoals in Amerika gebruikelijk is, duurt het in dat land ongeveer 4 jaar voor overschilderen noodzakelijk wordt.

De houtsoorten voldoen redelijk wel als planken van $\frac{1}{2}$ tot $\frac{3}{4}$ duim dikte, hoewel sommige, zoals populieren op niet groter afstanden dan 40 cm stevig vastgespijkerd moeten worden, om kromtrekken te voorkomen.

Ook indien ze aan weer en wind worden blootgesteld zonder verf, of nadat de verf verdwenen is, voldoen loofhoutsoorten van groep III tenminste zo goed als naaldhout van de groepen III of IV, omdat dit loofhout minder neiging tot splijten ver-

toont, dan de genoemde naaldhoutsoorten. Ook treden de banden zomerhout minder sterk naar buiten dan bij naaldhout. Loofhoutsoorten van groep IV kunnen op de gebruikelijke wijze worden geschilderd, maar de verf is minder duurzaam. De verf heeft op loofhoutsoorten van groep IV de neiging om met tamelijk grote stukken af te bladderen; de nerf van het hout heeft hierop geen invloed van betekenis. Op naaldhoutsoorten van groep IV daarentegen springt de verf aanvankelijk alleen van het zomerhout af. (Uitzonderingen op deze regel worden in deze beschouwingen niet behandeld, omdat ze van andere factoren afhangen, dan de aard van het hout).

De wijze, waarop de verf op loofhoutsoorten van groep IV loslaat, maakt overschilderen moeilijk en het resultaat is onzeker, tenzij alle oude verf eerst verwijderd wordt, hetgeen kostbaar is.

Zuivere loodwitverf vertoont deze vorm van gebreken minder, dan de brossere en hardere verftypen, die zinkwit bevatten. Opgemerkt wordt hierbij, dat deze houtsoorten voor binnenwerk, indien ze op de normale wijze worden geschilderd, geen speciale moeilijkheden geven.

Waar weerbestendige glansverven worden gebruikt voor buitenwerk, voldoen deze houtsoorten eveneens goed. Goede glansverven, zoals b.v. klassieke rijtuig deksverven, zijn duurzaam op dit hout en kunnen gemakkelijk worden overgeschilderd. Ongelukkigerwijze zijn glansverfsystemen niet geschikt voor het schilderen van huizen en schuren, in verband met de hoge kosten aan materiaal en arbeidsloon. (Deze opmerkingen zijn ontleend aan het werk van Browne en zij slaan dus op Amerikaanse toestanden).

Loofhoutsoorten van groep V hebben zulke wijde vaten, dat ze door gewone verven voor hout niet voldoende worden gevuld. Hoe dit leidt tot het ontstaan van gebreken, wordt onder IV B besproken. Na vullen van de poriën kan men met normale verfsystemen schilderen, waarbij men een redelijke duurzaamheid verkrijgt.

Loofhoutsoorten van groep IV en V hebben een zeer sterke neiging tot werken en trekken als zij zonder verf of met een onvoldoend beschermende verflaag aan weersinvloeden worden blootgesteld.

Daar dunne planken deze bezwaren in sterker mate vertonen dan dikke, kan men voor buitenwerk beter geen $\frac{1}{2}$ inch dikke planken gebruiken.

De geschiktste afmetingen voor dit doel (b.v. voor houten huizen en loodsen) zijn $\frac{3}{4}$ inch of meer.

IV. INVLOED VAN VERSCHILLEN IN EIGENSCHAPPEN BIJ ÉÉN BEPAALDE HOUTSOORT OP DE DUURZAAMHEID VAN VERFLAGEN.

In het voorafgaande werd een indeling gegeven van houtsoorten, waarbij de geschiktheid van deze soorten als ondergrond voor verflagen onderling werd vergeleken.

De plaats van elke houtsoort in de gegeven indeling wordt bepaald door de gezamenlijke invloeden van biologische, fysische en chemische houtkenmerken (per soort) op de duurzaamheid van verflagen.

Tabel II.

Indeling van enkele loofhoutsoorten naar hun verftechnische eigenschappen, volgens Browne (1942). (Houtsoorten uit de groepen III en IV van deze tabel en van tabel I hebben overeenkomstige eigenschappen).

	Nederlandse naam	Amerikaanse naam	Latijnse naam
Groep III	„Verspreidporige loofhoutsoorten” met nauwe vaten en een volumegewicht van 0,32 tot 0,46. (Er komen geen ringen van vaten voor op het kopse vlak).		
	Espen	Aspen	Populus spec. div.
	Populieren	Cottonwood	Populus spec. div.
	Linden	Basswood	Tilia spec. div.
	Magnolia	Magnolia	Magnolia spec. div.
	Tulpenboom	Yellow poplar	Liriodendron tulipifera L.
Groep IV.	„Verspreid-” en „ringporige” loofhoutsoorten met vaten niet wijder dan in berken (max. 150 μ) en een volumegewicht van 0,44 tot 0,60 („Ringporige” houtsoorten hebben op het kopse vlak duidelijk ringen van in het voorjaar gevormde vaten).		
	Beuken	Beech	Fagus spec. div.
	Berken	Birch	Betula spec. div.
	Tupelo	Blackgum, Water tupelo	Nyssa spec. div.
	Eschdoorn	Maple	Acer spec. div.
	Amberhout	Sweetgum	Liquidambar styraciflua L.
Groep V.	Loofhoutsoorten met vaten wijder dan die in berken (max. 150 μ), gewoonlijk „ringporig” (behalve noten) en meestal met een hoog volumegewicht (behalve Amer. kastanje).		
	Essen	Ash	Fraxinus spec. div.
	Kastanje	Chestnut	Castanea spec. div.
	Iepen	Elm	Ulmus spec. div.
	Hickory	Hickory	Hicoria spec. div.
	Eiken	Oak	Quercus spec. div.
	Noten	Walnut	Juglans spec. div.

Thans zal worden nagegaan, welke invloed de variatie van één bepaald houtkenmerk op deze duurzaamheid heeft. Voor dit doel worden de zojuist genoemde houtsoorten wederom onderling vergeleken, doch nu wordt slechts gelet op de invloed, die de variatie van één bepaald kenmerk uitoefent op de duurzaamheid van verflagen.

A. Het volumegewicht.

In de eerste plaats zal iets worden medegedeeld over de invloed van het volumegewicht; het gewicht van 1 cm³ hout met zijn oorspronkelijke structuur.

Dit kenmerk beïnvloedt niet alleen de duurzaamheid van de gebruikte verf, maar b.v. ook de duurzaamheid van het hout, de mechanische eigenschappen, de zwellings- en de brandbaarheid van hout.

In fig. 6, ontleend aan Browne (1935 a), is de duurzaamheid

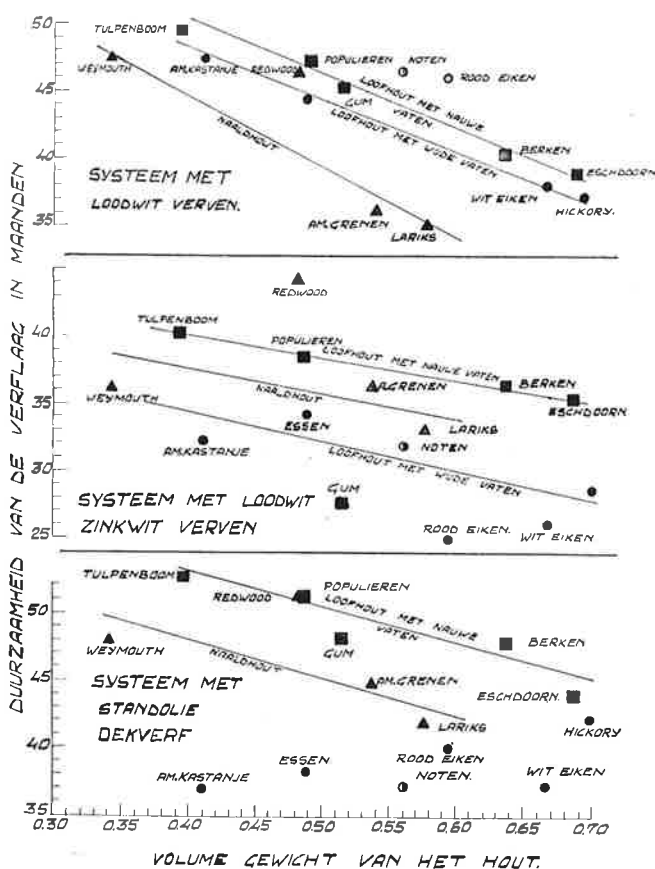


Fig. 6. Verband tussen de duurzaamheid van verflagen en het volumegewicht van hout naar Browne (1935).

van verflagen uitgezet tegen het volumegewicht van de houtsoorten, waarop ze werden aangebracht.

Behalve een aantal loofhoutsoorten werden vier naaldhoutsoorten onderzocht. Verdere gegevens over deze houtsoorten vindt men in tabel III.

De in het onderzoek betrokken verfsystemen zijn dezelfde als onder III A bij de bespreking van het werk van Browne werden genoemd. De duurzaamheid is op dezelfde wijze bepaald, zoals daar werd aangegeven.

Het verband tussen het volumegewicht van hout en de duurzaamheid van verflagen op dit materiaal, kan als volgt worden samengevat:

Beschouwt men loofhoutsoorten met wijde en met nauwe vaten en naaldhoutsoorten als drie verschillende groepen (tabel III), dan blijkt er een tamelijk duidelijke omgekeerde evenredigheid te bestaan tussen de duurzaamheid en het volumegewicht in iedere groep. Dat wil zeggen, dat in iedere groep een bepaalde verfsort duurzamer is, wanneer het volumegewicht van het hout afneemt.

Zowel op loofhout als op naaldhout planken bleek, bij onderlinge vergelijking van de planken van eenzelfde houtsoort, een grote variatie in de duurzaamheid van de verf voor te komen. Volgens Browne moet dit verschijnsel worden toegeschreven aan de verschillen in het volumegewicht, dat voor iedere houtsoort afzonderlijk sterk varieert.

B. De porositeit.

De porositeit van een houtoppervlak is in sterke mate afhankelijk van de snijrichting en van het al of niet voorkomen van duidelijke groeiringen.

Bij loofhout wordt de porositeit sterk beïnvloed door het aantal vaten per mm² en de diameter daarvan.

Harskanalen kunnen, zowel bij naald- als bij loofhout, de porositeit mede beïnvloeden.

De invloed van de snijrichting van het hout op de duurzaamheid van verf wordt uit het voorafgaande duidelijk. Het kopse vlak kan in dit verband buiten beschouwing worden gelaten, want dit vlak wordt slechts afgedicht en niet op dezelfde wijze als langshout geverfd.

Browne heeft het verschil in gedrag van verven op tangentiale en op radiale vlakken nagegaan.

Bij naaldhout bleken radiaal (riff) gezaagde planken veel beter te voldoen dan tangentiaal (dosse) gezaagde. Dit moet in verband gebracht worden met het feit, dat in tangentiaal gezaagd hout veel groter aaneengesloten oppervlakken aan zomerhout voorkomen (vlammen) dan in radiaal gezaagd hout. Dit zomerhout heeft het hoogste volumegewicht en hierop laat de verf het eerst los. Verschillen in tangentiaal en radiaal gezaagde vlakken van één houtsoort kunnen zelfs groter zijn dan die, welke voor verschillende houtsoorten worden gevonden, die in dezelfde richting zijn gezaagd.

Bij loofhoutsoorten zijn de verschillen tussen radiaal en tangentiaal gesneden vlakken veel minder groot dan bij naaldhout. Bij loofhoutsoorten met nauwe vaten zijn deze verschillen zelfs praktisch nihil.

Browne (1930) heeft voorts vastgesteld, dat het oppervlak van een plank, dat aan bastzijde van de boom gelegen is beter voldoet, dan het oppervlak, dat aan de mergzijde is gelegen. Aan de mergzijde vertonen de randen van de zomerhoutgedeelten n.l. soms neiging om los te laten en naar buiten te krullen, waarbij de verf wordt afgestoten.

Om deze reden kan men (tangentiaal gezaagde) planken het best met de bastkant naar buiten aanbrengen.

Over de invloed van groeiringen bij naald- en loofhoutsoorten, op het gedrag van verf is in het voorafgaande reeds iets medegedeeld.

Houtsoorten met fijne groeiringen houden verf langer vast

Tabel III.

Indeling van enkele houtsoorten naar volumegewicht, jaarringbreedte en vatwijdte volgens Browne (1935).
(De duurzaamheid van verf op deze houtsoorten is weergegeven in fig. 6.)

Nederlandse naam	Amerikaanse naam	Latijnse naam	Volumegewicht (Vol. luchtdroog, gew. absoluut droog)		Aantal groeiringen per strekkende cm		
			gem.	max.	min.	max.	min.
Looft hout							
„Ring-porige” loofhoutsoorten met wijde vaten. (Er komen op het kopse vlak duidelijke ringen van in het voorjaar gevormde vaten voor).							
Groep Ia.							
Am. kastanje . . .	Chestnut . . .	<i>Castanea dentata</i> Borkh. .	0,409	0,457	0,349	7	13
Am. essen . . .	Black ash . . .	<i>Fraxinus nigra</i> Marsh. . .	0,487	0,600	0,382	12	16
Am. rood-eiken . . .	Red oak . . .	<i>Quercus spec. div.</i> . . .	0,591	0,628	0,549	6	6
Am. rood-eiken . . .	Red oak . . .	<i>Quercus spec. div.</i> . . .	0,552	0,574	0,475	8	10
Am. wit-eiken . . .	White oak . . .	<i>Quercus spec. div.</i> . . .	0,664	0,770	0,584	7	9
Am. wit-eiken . . .	White oak . . .	<i>Quercus spec. div.</i> . . .	0,548	0,595	0,510	11	16
Hickory . . .	Shagbark Hickory . . .	<i>Hicoria ovata</i> (Mill) Britt .	0,698	0,783	0,634	7	8
„Verspreid-porige” loofhoutsoorten met wijde vaten. (Er komen geen ringen van vaten voor op het kopse vlak).							
Groep Ib.							
Am. noten	Black walnut	<i>Juglans nigra</i> L.	0,560	0,593	0,531	4	5
„Verspreid-porige” loofhoutsoorten met nauwe vaten.							
Groep II.							
Tulpenboom . . .	Yellow poplar . . .	<i>Liriodendron tulipifera</i> L. .	0,395	0,472	0,334	14	27
Populieren . . .	Aspen . . .	<i>Populus tremuloides</i> Mich.	0,488	0,542	0,434	6	9
Amberhout . . .	Red gum . . .	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	0,515	0,574	0,472	4	5
Am. berken . . .	Yellow birch . . .	<i>Betula lutea</i> Mich. f. . . .	0,638	0,775	0,588	14	22
Am. esdoorn . . .	Sugar maple . . .	<i>Acer sacharum</i> Marsh. . .	0,688	0,811	0,618	16	22
Naaldhout							
Weymouth . . .	Northern white pine . . .	<i>Pinus strobus</i> L.	0,344	0,395	0,288	8	9
Redwood . . .	Redwood . . .	<i>Sequoia sempervirens</i> Endl.	0,481	0,609	0,370	14	21
Am. lariks . . .	Western larch . . .	<i>Larix occidentalis</i> Nutt. . .	0,577	0,686	0,506	11	19
Am. grenen . . .	Southern yellow pine . . .	<i>Pinus spec. div.</i>	0,539	0,678	0,416	5	6

dan soorten met grove ringen, omdat de banden zomerhout (met het hoogste volumegewicht) nauwer zijn.

Men heeft met behulp van enkele theorieën getracht, de oorzaak van deze verschillen te verklaren, maar een definitieve oplossing is niet gegeven.

Het grote verschil in de bouw van voorjaars- en zomerhout (vroeg- en laat hout) is gelegen in de verhouding tussen de hoeveelheid celwandmateriaal en de hoeveelheid lucht, die door de celwanden wordt omsloten.

Voorjaarshout bevat bij naaldhoutsoorten 60 % tot 80 % lucht, zomerhout slechts 20 % tot 40 %.

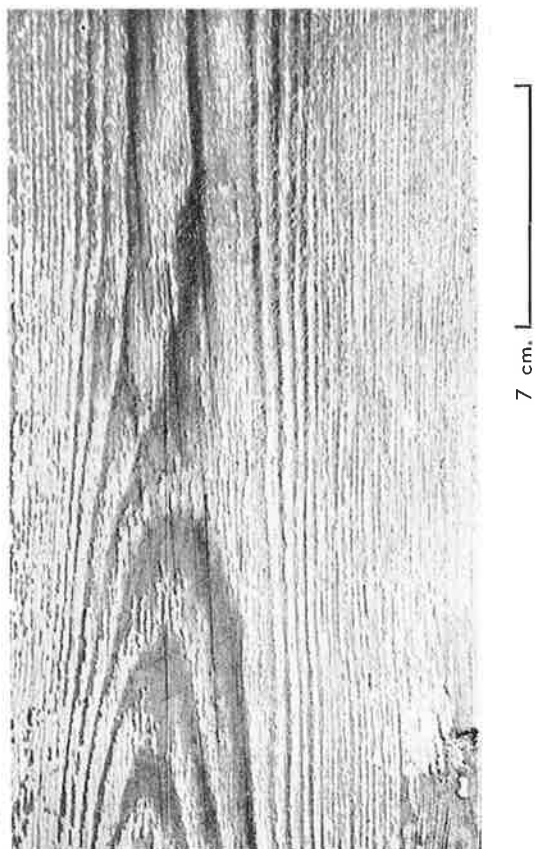


Fig. 7. Afspringen van silicaat-verf op zomerhout van een vuren plankje, na 12 maanden buiten-expositie. Het plankje is tangentiaal of dosse gezaagd.

Foto C.I.M.O.

Een verklaring voor de betere hechting van verf op vroeg- dan op laat hout wordt gezocht in een onregelmatige indringing van het bindmiddel, die met de porositeit samenhangt. Als tweede verklaring wordt aangegeven, dat de zwellings-eigenschappen van vroeg en laat hout verschillend zijn, waardoor spanningen in de verflaag ontstaan.

In de derde plaats zouden verschillen in chemische samenstelling een rol kunnen spelen. De hier genoemde theorieën zullen nog nader worden besproken.

Over de invloed van de v a t w i j d t e bij loofhoutsoorten

kan het volgende worden opgemerkt (zie tabel III en fig. 6):

Op loofhoutsoorten met wijde vaten (groep I a en b) hecht de verf in het algemeen aanzienlijk slechter dan op loofhoutsoorten met nauwe vaten (groep II), die hetzelfde volumegewicht hebben. Dit geldt in de eerste plaats voor de beide door Browne onderzochte lijnolieverven, weergegeven in de bovenste twee grafieken uit fig. 6.

Op rood eiken en Amerikaans noten hield loodwitverf in afwijking tot het bovenstaande zich echter zeer goed, terwijl loodwit-zinkwit verf snel faalde op amberhout (red gum). Browne raadt aan, voor soorten met wijde vaten een poriën-

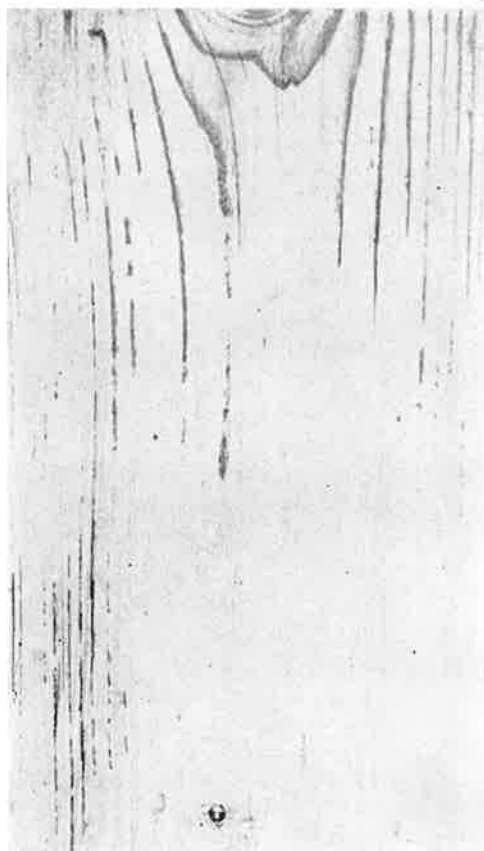


Fig. 8. Afspringen van olie-verf op zomerhout van een vuren plankje, na 24 maanden buiten-expositie. Het plankje is tangentiaal gezaagd.

Foto C.I.M.O.

vuller te gebruiken, omdat deze vaten als beginpunt van gebreken in de verflaag optreden. Het loslaten van de verf zet zich (bij ringporige houtsoorten) achterwaarts over het late hout van het vorige jaar voort.

Tenslotte zijn de banden zomerhout kaal en men krijgt hetzelfde beeld als bij naaldhout, waar de gebreken ook voor het eerst bij de groeiringsgrens optreden (fig. 7 en 8). De oorzaak voor het begin van afbladderen moet hier echter een andere zijn dan bij loofhout, want bij naaldhout komen geen vaten voor.

Loofhoutsoorten met nauwe vaten leveren betere resultaten op dan naaldhoutsoorten van hetzelfde volumegewicht.

Indien opnieuw schilderen achterwege blijft, komen de naaldhoutsoorten in het voordeel, doordat het loslaten van de verf dikwijls lange tijd tot de banden zomerhout beperkt blijft.

Het ontbreken van wijde vaten in loofhout vertraagt kennelijk het begin van afbladderen. Treedt dit gebrek eenmaal op, dan bestaat er bij loofhout met nauwe vaten weinig verband met de groeiringen.

Samenvattend kan men zeggen, dat de bouw van hout aanvankelijk slechts een zeer geringe invloed heeft op het gedrag van de verflaag.

Begint het afbladderen eenmaal, dan heeft de aard van het hout grote invloed op de snelheid daarvan en bepaalt ook, welke delen het eerst verveloos worden.

Bij naaldhout zijn de breedte van de banden zomerhout en het volumegewicht bepalend voor het gedrag van de verf.

Bij loofhout zijn de wijidte van de vaten en het volumegewicht beslissende factoren.

C. Het vochtgehalte.

Water kan op de volgende wijze verdeeld, in hout voorkomen:

1. Chemisch gebonden in het celwandmateriaal.
2. Geadsorbeerd aan het grensvlak van de celholte en de celwand.
3. Als imbibitiewater, dat door celwanden uit de atmosfeer wordt opgenomen en weer daaraan kan worden afgestaan.
4. Capillair opgezogen water, dat de celholten vult, indien het imbibitiemaximum van de celwanden wordt overschreden. Dit is het geval bij een vochtgehalte van ongeveer 20–30 %. (Luchtdroog hout heeft een vochtgehalte van 12–15 %).

Uit proeven, welke door de Afdeling Verf en de Afdeling Hout van het C.I.M.O. gezamenlijk werden verricht is gebleken, dat het vochtgehalte van hout tijdens het schilderen binnen wijde grenzen kan variëren zonder merkbare invloed op de hechting van verf. Deze resultaten zijn in overeenstemming met de gegevens van Browne (1940), die opgeeft, dat het oorspronkelijk vochtgehalte van het hout van ondergeschikt belang is, zolang dit beneden het vezelvezadigingspunt blijft. Volgens dezelfde onderzoeker zijn verflagen echter iets duurzamer op hout, dat bij een vochtgehalte van 16–20 % geschilderd wordt dan op hout, dat met een vochtgehalte van 10 % wordt geschilderd. De normale verflaag kan waterdamp doorlaten en er treedt na enige tijd een evenwichtstoestand in met de relatieve vochtigheid van de lucht.

Wel speelt het oorspronkelijk vochtgehalte van het hout een rol, wanneer de vezels tijdens het schilderen met water zijn gevuld. Bij een groot verschil tussen het vochtgehalte van het hout en de relatieve vochtigheid van de lucht kan, door snel ontwijken van grote hoeveelheden waterdamp, blaarvorming optreden (fig. 9). Het is merkwaardig, dat de verf in dit geval ook weer het eerst op de grens van vroeg en laat hout faalt, hetgeen op de foto duidelijk is te zien.

De verschillen in vochtgehalte tussen hout en omgeving en

de wisselingen, die daarin optreden zijn dus veel belangrijker dan het oorspronkelijke vochtgehalte van het hout tijdens het schilderen, als dit beneden het vezelvezadigingspunt ligt.

De wanden van houtcellen bestaan uit moleculeketens, micellen genaamd, die in dezelfde richting georiënteerd zijn. Deze



4 cm.

Fig. 9.

Blaarvorming op een vuren plankje, na 2 weken buitenexpositie. Het (tangentiale) oppervlak is bespoten met twee lagen aluminium-chloorrubberlak; de kopse kanten werden afgedicht. Het plankje had tijdens het verven een vochtgehalte van 24 %. Na 2 weken was dit 20,5 %.

Foto C.I.M.O.

micellen hebben een grote aantrekkingskracht voor water, zodat dit gemakkelijk uit de lucht door celwanden wordt opgenomen. De afstand van de micellen onderling wordt daardoor vergroot en het hout zwelt.

Verloopt het proces in omgekeerde richting, dan krimpt het hout.

Het is duidelijk, dat houtsoorten met veel dikwandige cellen, d.w.z. met een hoog volumegewicht, veel meer water kunnen opnemen dan houtsoorten met dunwandige cellen en in overeenstemming daarmee een laag volumegewicht.

Zij zullen dus de grootste zwelling vertonen. Ditzelfde geldt voor ringen van laat en vroeg hout in één houtsoort.

Haslam en Werthan (1931) verrichtten metingen over het zwellen van vroeg en laat hout bij „yellow pine” (vermoedelijk southern yellow pine; Amerikaans grenen).

Tabel IV.

Zwellingseigenschappen van vroeg en laat hout bij Amerikaans grenen, volgens Haslam en Werthan (1931)

Soort hout Snijrichting	Blokje	Vroeg hout	Laat hout
	Tangentiaal	8,8 %	– 2,0 %
Radiaal	4,6 %	– 4,1 %	9,4 %

Directe waarnemingen onder het microscoop en metingen aan microfoto's leverden resultaten op, welke in tabel IV zijn weergegeven.

Volgens deze onderzoekers neemt de breedte van banden vroeg hout, na verzadiging van het blokje met water af, terwijl het late hout een grotere zwelling vertoont, dan het gemiddelde van het gehele blokje. Zij nemen aan, dat de spanning, die in het late hout tijdens het zwellen ontwikkeld wordt, zoveel groter is, dan die in het vroege hout, dat dit laatste in elkaar gedrukt wordt.

Een op het blokje aangebrachte verflaag zou op het late hout gerekt en op het vroege hout samengedrukt worden, met als gevolg breuk op de grens van vroeg en laat hout.

Enige critiek op de beschouwingen van Haslam en Werthan mag niet ontbreken.

Vintila (1939) verrichtte uitgebreide onderzoekingen over het zwellen van vroeg en laat hout in blokjes van een aantal naaldhoutsoorten. Enkele van de door hem gevonden waarden zijn in tabel V verenigd.

Hars in naaldhoutsoorten bevat een vluchtig bestanddeel, terpentijn, dat na verdampen een vaste massa overlaat.

Harsen kunnen het gedrag van verf op vier manieren beïnvloeden (Browne en Hrubesky, 1931):

1. door uitzweten op defecte plaatsen in de verflaag;
2. door encrusteren van het hout voor het verven;
3. door oplossen in de verflaag, waardoor deze verkleurt;
4. door oplossen in de verflaag, gevolgd door chemische reacties met componenten van de verf.

Het uitzweten van hars kan tot een minimum worden teruggebracht door het hout nauwkeurig te drogen, waarbij de terpentijn verdwijnt en de hars minder vloeibaar wordt. Het verwijderen van terpentijn door drogen duurt zeer veel langer dan het verwijderen van vocht uit hout.

Uit de experimenten van Browne en Hrubesky bleek, dat het gedrag van loodwit- en loodwit-zinkwit verven op goed gedroogd hout van Amerikaans grenen (Longleaf pine; *Pinus palustris* Mill.) niet merkbaar beïnvloed wordt door de hoes-

Tabel V.

Zwellingseigenschappen voor vroeg en laat hout bij enkele naaldhoutsoorten volgens Vintila (1939).

Houtsoort		Zwelling in %		Verhouding $\frac{a t}{a r}$
		Tangentiaal	Radiaal	
Oregon pine	vroeg hout	5,7	2,9	2,0
	laat hout	10,9	9,9	1,1
Europees grenen	vroeg hout	8,1	2,9	2,8
	laat hout	11,3	8,2	1,4
Larix	vroeg hout	7,1	3,2	2,2
	laat hout	12,3	10,2	1,2
Dennen	vroeg hout	5,8	2,4	2,4
	laat hout	8,8	6,3	1,4

Uit deze tabel volgt, dat bij geen enkele naaldhoutsoort de breedte van banden vroeg hout afneemt, indien ze met water verzadigd worden. Wel blijkt de zwelling van laat hout ruim twee maal zo groot te zijn als die van vroeg hout, zodat men weer onregelmatige spanningen in de verflaag kan verwachten, wanneer het hout gaat werken.

Het is niet onwaarschijnlijk, dat een voorbehandeling van hout, waardoor het werken wordt tegengegaan de levensduur van verf op hout zou kunnen verhogen.

Hiervoor zou verder onderzoek echter noodzakelijk zijn.

D. Extraheerbare stoffen.

Volgens Browne (1940) hebben extraheerbare stoffen in naaldhout in het algemeen een veel geringer invloed op het gedrag van de verf, dan gewoonlijk wordt verondersteld. Deze stoffen zijn b.v. van veel minder belang dan de breedte van de banden zomerhout.

veelheid hars, die zichtbaar is, of geëxtraheerd kan worden. Waargenomen grote verschillen in duurzaamheid van de verflagen worden bepaald door het volumegewicht van het hout en de wijde van de jaarringen in de proefplanken. In de voor dit onderzoek bereide verven werd lijnolie als bindmiddel gebruikt; de proefplankjes werden drie maal beschilderd.

Op proefplanken van hetzelfde volumegewicht en dezelfde jaarringwijde daarentegen zijn zinkwit-houdende verven op harshoudend hout niet zo duurzaam als op hout, dat weinig hars bevat. De reden is, dat harszuren in lijnolie en lijnolie-standolie oplossen en ongewenste zinkzepen vormen. De minst harshoudende planken van typisch harshoudend hout bevatten nog voldoende om het effect te veroorzaken.

Men heeft het verschil in gedrag van verf op vroeg en laat hout van een bepaalde soort ook toegeschreven aan verschillen in harsgehalte van deze groeiringdelen. Volgens de gangbare opvatting zou het late hout een veel hoger harsgehalte hebben dan vroeg hout.

Browne (1934) bepaalde het harsgehalte van vroeg en laat hout bij enkele naaldhoutsoorten, waaruit proefplanken voor verfonderzoek waren vervaardigd. De resultaten zijn weergegeven in tabel VI.

The data are largely taken from the work of Browne (U.S. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin) and a comparison is made between his results and those of other authors. Some of our own observations have been included.

Tabel VI.

Gehalte aan extraheerbare stof in vroeg en laat hout van dezelfde groeiing in „Ponderosa pine” (Pinus ponderosa Dougl.) en Amerikaans grenen

Houtsoort		Percentage berekend op droog hout, oplosbaar in		
		koud water	heet water	aethylalc.
Ponderosa pine	vroeg hout	1,8	3,0	3,53
	laat hout	1,6	2,8	3,08
Amer. grenen	vroeg hout	1,6	5,3	4,8
	laat hout	1,2	3,3	4,4
Amer. grenen	vroeg hout	2,0	6,3	25,4
	laat hout	1,1	3,9	17,7
Amer. grenen met hoog harsgehalte (uitwendig zichtbaar)	vroeg hout	1,3	6,3	37,1
	laat hout	1,2	4,1	24,4

Uit deze waarnemingen blijkt, dat genoemde gangbare opvatting aangaande de invloed van het harsgehalte onjuist is. Het vroege hout bevat meer extraheerbare stoffen (en ook meer hars) dan het late hout. Dit komt het sterkst naar voren bij hout met een hoog harsgehalte.

De conclusie is dus, dat het verschil in harsgehalte van vroeg en laat hout geen oorzaak kan zijn voor het verschillend gedrag van verf op dit hout.

Kleurstoffen en andere extraheerbare stoffen, zoals b.v. in Cypressen en „Californian redwood” voorkomen, kunnen een vertraagde droging van verf op deze houtsoorten veroorzaken, vooral bij een hoog vochtgehalte en een lage temperatuur van de omgeving. Dit onderwerp zal in een volgende circulaire nader worden behandeld.

Dit afwijkend gedrag beïnvloedt de houdbaarheid van de verf echter niet nadelig. Integendeel de duurzaamheid is op deze houtsoorten groter, zelfs indien ze tamelijk wijde banden zomerhout hebben.

Ook van loofhout wordt medegedeeld, dat sterk looistofhoudende soorten, zoals eiken, Amerikaans kastanje en noten eveneens een vertragende werking op de droogtijd uitoefenen. Browne heeft voor enkele gevallen aangetoond, dat de oorzaak bij de extraheerbare stoffen moet liggen. Door behandeling van weymouth en hemlock met waterige extracten van redwood en alcohol extracten van cypressen, wordt de droogtijd van de verf n.l. verlengd en de duurzaamheid verhoogd.

V. SUMMARY.

In the preceding article: „Durability of paint on wood as influenced by properties of the wood” a critical literature survey is given on the durability of paint on wood.

In the introduction reasons for painting wood are given. Then follows a short description of the wood structure.

The way in which different softwood is discussed next. Browne's classification of softwoods according to their paint characteristics is given in table I. This classification generally seems to be well in line with the results of many other authors. Table II gives a similar classification of hardwoods.

Under IV special features of wood species affecting paint durability are dealt with.

Figure 6 gives the relation between paint durability and specific gravity according to Browne. Table III indicates the specific gravity, number of annual rings and width of vessels of the woods represented in fig. 6.

In connection with the porosity of wood, the influence of the cutting angle, growth rings and width of vessels are discussed. Differences in wearing of paint on edge grain and flat grain sawn timbers of the same species depend on the amount of spring wood and summer wood exposed in the surface area. Failure in paint durability on summer wood earlier than on spring wood can be explained from the higher specific gravity of summer wood. As final reasons for differences in paint behaviour on early and late wood are indicated unequal penetration of paint liquid, different swelling properties and different chemical composition of both types of wood.

Large vessels in hardwoods act as an initial stage of failure; in hardwoods with pores smaller than birch there is no such a relation.

The way in which moisture may occur in the wood is indicated, as well as the relation of changes in moisture content to swelling properties.

The moisture content of wood when painted is less important for paint behaviour than changes in moisture relations after-

wards, provided that the original moisture content does not exceed the fibre saturation point (about 20 % - 30 %). The theory of Haslam and Werthan about failure of coatings on the border line of early and late wood, most probably cannot be quite correct as their measurements of swelling in early and late wood are contradictory to the results of more thorough investigations of this property.

Finally the influence of extractives on paint durability is discussed. Differences in resin content are not responsible for different behaviour of paint on early and late wood. Coloured extractives have a retarding effect on drying of paint, but they do not influence durability unfavourably.

LITERATUUR.

1. Browne, F. L., (1925). The role of paint and varnish in wood conservation. *Amer. Paint J.* **9**, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 75.
2. Browne, F. L., (1930a). Why wood painting research becomes a problem In forestry. *Journ. Forestry* **28**, 1136.
3. Browne, F. L., (1930b). Procedure used by the Forest Products Laboratory for evaluating paint service on wood. *Amer. Soc. Testing Materials Proc.* **30**, II, 852.
4. Browne, F. L., (1930c). Properties of wood that determine paint service of exterior coating. *Paint, Oil and Chem. Rev.* **89**, 9.
5. Browne, F. L., and C. E. Hrubesky, (1931). Effect of resin in longleaf pine on the durability of house paints. *Ind. Eng. Chem.* **23**, 8, 874.
6. Browne, F. L., (1934). Behaviour of house paints on different woods. U.S. Deptm Agric. For. Prod. Lab. Report No. R 1053.
7. Browne, F. L., (1935a). Painting characteristics of hardwood. *Ind. Eng. Chem.* **27**, 1, 42.
8. Browne, F. L., (1935b). Special priming paints for wood. *Ind. Eng. Chem.* **27**, 3, 294.
9. Browne, F. L., (1940). Painting and finishing wood. In *Forest Prod. Laboratory's Wood Handbook*, p. 227.
10. Browne, F. L., (1942). Painting hardwoods in farm buildings. U.S. Deptm. Agric. For. Prod. Lab. Report No. R 1291.
11. Clapson, W. J. and J. A. Schaeffer, (1934). Four years exposure test on white lead paints. *Ind. Eng. Chem.* **26**, 9, 956.
12. Haslam, J. H. and S. Werthan, (1931). Studies in the painting of wood. I. Influence of wood structure on paint behaviour. *Ind. Eng. Chem.* **23**, 2, 226 en 447.
13. Marchall, J., J. W. Hiff and H. R Young, (1935). House paints. Effect of climate, wood types and priming practise. *Ind. Eng. Chem.* **27**, 2, 147.
14. Varossieau, W. W., (1947a). Het ontstaan van hout. Circulaire No. 1. Afdeling Hout. C.I.M.O.
15. Varossieau, W. W., (1947b) De bouw van hout. Circulaire No. 2. Afdeling Hout C.I.M.O.
16. Vintila, E., (1939). Untersuchungen über Raumgewicht und Schwindmasz von Früh- und Spätholz bei Nadelhölzern. *Holz als Roh- und Werkstoff* **2**, 10, 345.

C I R C U L A I R E S
VAN HET CENTRAAL INSTITUUT VOOR MATERIAALONDERZOEK
A F D E L I N G H O U T

Circulaire 1.

Dr. W. W. Varossieau: Het ontstaan van hout. Serie I. Structuuronderzoek No. 1 (Juli 1947).

Circulaire 2.

Dr. W. W. Varossieau: De bouw van hout. Serie I. Structuuronderzoek No. 2 (Juli 1947).

Circulaire 3.

Dr. W. W. Varossieau. De techniek van het structuuronderzoek. Serie I. Structuuronderzoek No. 3 (Juli 1947).

Circulaire 4.

Dr. W. W. Varossieau. De betekenis van het structuuronderzoek voor de toepassing van hout in de praktijk. Serie I Structuuronderzoek No. 4 (Juli 1947).

Circulaire 5.

Dr. W. W. Varossieau. Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout.

Algemeen overzicht van factoren, die de duurzaamheid van verf op hout kunnen beïnvloeden. Serie III Conservering en veredeling No. 1. (Mei 1948).

Circulaire 6.

Dr. W. W. Varossieau. Beschouwingen over de duurzaamheid van verf op hout.

Eigenschappen van hout, die de duurzaamheid van verf op dit materiaal kunnen beïnvloeden. Serie III Conservering en veredeling No. 2 (Mei 1948).