

University of Groningen

Huiszwam

Bos, A.F.; Hesselink M., [No Value]

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1996

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Bos, A. F., & Hesselink M., N. V. (1996). *Huiszwam: een ware ramp! Literatuuronderzoek naar oorzaken en gevolgen van houtaantasting door de echte huiszwam, Serpula lacrymans*. 2e druk. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

rapport 37

Huiszwam: een ware ramp!

Attie F. Bos

Marco Hesselink

Biologiewinkel rapport 37
ISBN 90 367 0438 3

HUISZWAM: EEN WARE RAMP!

**Literatuuronderzoek naar oorzaken
en gevolgen van houtaantasting door
de echte huiszwam, *Serpula lacrymans***

Attie F. Bos

Marco Hesselink

Haren
1ste druk: juni 1994
2de herz. druk: 1996

Rijksuniversiteit Groningen
Biologiewinkel
Postbus 14
9750 AA Haren
Telefoon: 050 363 23 85
Telefax: 050 363 52 05

SAMENVATTING

Het aantal gevallen van houtaantasting door zwam in woningen en andere gebouwen in Nederland is veel groter dan tot nu toe werd aangenomen. De Wetenschapswinkel Biologie (RUG) krijgt regelmatig vragen van bewoners en huiseigenaren die met zwambesmetting zijn geconfronteerd. De vragen gaan vooral over de oorzaken, de herkenning en de bestrijdingsmethoden. Het blijkt dat niet alleen bewoners onvoldoende op de hoogte zijn van de oorzaken van vochtproblemen en zwamaantasting maar ook gemeenten, aannemers en bedrijven die zich met bestrijding bezighouden. De problemen worden voornamelijk veroorzaakt door de echte huiszwam (*Serpula lacrymans*) en de bruine kelderzwam (*Coniophora puteana*). Hoewel beide schimmelsoorten hout aantasten wordt de huiszwam het meest gevreesd omdat deze de grootste vernielingen veroorzaakt. Bij alle klachten over huiszwam spelen vochtproblemen een rol. Oorzaken van vochtproblemen zijn van waterhuishoudkundige en/of bouwtechnische aard. Fouten bij bouw-en renovatiewerkzaamheden zijn vaak te wijten aan gebrek aan vakmanschap, gebruik van verkeerd materiaal en het achterlaten van bouw-en ander afval in kruipruimtes. In eerste instantie heeft *S. lacrymans* vochtig hout nodig om te groeien, vandaaruit kan ook droog hout worden aangetast. Gunstige groeiomstandigheden voor de huiszwam zijn een lokale relatieve luchtvochtigheid van meer dan 70%, een temperatuur van 10° tot 23°C, gecombineerd met een slechte ventilatie. De echte huiszwam groeit snel, laat zich niet door steen of cement tegenhouden en verspreidt zich via miljarden sporen. De sporen en hyfen (schimmeldraden) zijn niet met het blote oog te zien. De zichtbare kenmerken zoals de vruchtlichamen, de mycelia en de hyfenstrengen bevinden zich vaak op verborgen plaatsen. Daarom is het mogelijk dat de aantasting al in een vergevorderd stadium verkeert voordat huiszwambesmetting wordt ontdekt. Omdat het van belang is zwam zo vroeg mogelijk te herkennen wordt daar in dit rapport extra aandacht aan besteed. Bestrijding van huiszwam gaat praktisch altijd gepaard met grondig sloopwerk waarbij al het aangetast (hout)materiaal moet worden verwijderd en vervangen. Daarnaast worden chemische bestrijdingsmiddelen gebruikt die alle in meer of mindere mate schadelijk zijn voor mens en milieu. Het is zeer belangrijk niet alleen de zwam te bestrijden maar tegelijkertijd het vochtprobleem op te lossen, anders komt de schimmel weer terug. Geconcludeerd wordt dat het een uiterst moeilijke, tijdrovende en geldverslindende zaak is om huiszwam te verwijderen. Ook is duidelijk dat huiszwamaantasting tot nu toe een zwaar onderschat probleem is geweest. Aanbevolen wordt om via voorlichting duidelijk te maken hoe huiszwamaantasting kan worden voorkomen. Nader onderzoek is gewenst naar alternatieve milieuvriendelijke bestrijdingsmethoden en naar de biochemische eigenschappen van de huiszwam.

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting

pagina

Inleiding

1

Hoofdstuk 1 Vocht in woningen

4

1.1 Vocht

4

1.2 Oorzaken

4

1.3 Symptomen

8

Hoofdstuk 2 Schimmels

9

2.1 Het rijk der schimmels

9

2.2 Nuttige en schadelijke eigenschappen

10

Hoofdstuk 3 Hout, schimmels en houtrot

11

3.1 Hout

11

3.2 Schimmels die houtrot veroorzaken

12

Hoofdstuk 4 Huiszwam en kelderzwam

16

4.1 De echte huiszwam

18

4.2 De bruine kelderzwam

24

4.3 Omvang en verspreiding

26

Hoofdstuk 5 Bestrijding

28

5.1 Bestrijdingsmethode

28

5.2 Chemische bestrijdingsmiddelen

29

5.3 Garantie en juridische geschillen

36

Hoofdstuk 6 Nieuwe ontwikkelingen

39

6.1 Biochemisch onderzoek

39

6.2 Opsporingsmethoden

41

6.3 Alternatieve bestrijding

42

Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

44

Lijst van verklarende woorden

Literatuur

Adressenlijst

Bijlagen

INLEIDING

Het aantal gevallen van huiszwambesmetting in woningen en andere gebouwen is in Nederland waarschijnlijk veel groter dan tot op heden werd gedacht. Dit blijkt niet alleen uit het aantal vragen aan de Wetenschapswinkel Biologie (RUG), maar ook uit een in 1992 gehouden landelijke enquête (VROM, 1992). De klachten betreffen voornamelijk de echte huiszwam (*Serpula lacrymans*) en de bruine kelderzwam (*Coniophora puteana*). Hoewel beide zwamsorten hout aantasten is de huiszwam de meest gevreesde omdat deze de grootste verwoestingen veroorzaakt, dus ook financieel de meeste schade teweeg brengt (Hickin, 1963; Raab, 1991).

De echte huiszwam is een inheemse zwam in Noord-en Centraal-Europa, die zelden in de buitenlucht wordt aangetroffen. In de tropen komt de schimmel niet voor. In de meeste landen ontbreekt een duidelijk overzicht van de omvang van het zwamprobleem (Buchwald, 1990; Hegarty ea, 1986). Om hieraan enigszins tegemoet te komen heeft de Hoofdinspectie Milieuhygiëne in Nederland de reeds genoemde enquête over de verspreiding van de huiszwam gehouden. Hierbij waren 78 gemeenten (bijna 8%), 22 bedrijven en 11 andere instanties op het gebied van de woningbouw betrokken. Uit de resultaten blijkt dat in de laatste tien jaar 2100 meldingen zijn binnengekomen. Het vermoeden bestaat dat het aantal aantastingen in werkelijkheid veel groter is, omdat lang niet alle gemeenten en bedrijven een register hebben bijgehouden. Het probleem manifesteert zich vaak tijdens of na renovatiemaatregelen (VROM, 1992; Van Overbeek, 1990).

Bij alle klachten over huiszwam spelen vochtproblemen een grote rol. In eerste instantie heeft *S. lacrymans* vochtig hout nodig om te groeien, vandaaruit kan ook droog hout worden besmet. Hout bestaat voor het grootste gedeelte uit cellulose. Houtaantastende schimmels zetten cellulose om in water en kooldioxide. Kenmerkend voor de echte huiszwam zijn de druppels water die op de hyfen en op het vruchtlichaam kunnen voorkomen (Ramsbottom, 1953; Hudson, 1986).

Gunstige groeiomstandigheden voor de huiszwam zijn: stilstaande lucht (slechte ventilatie), een lokale relatieve vochtigheid van meer dan 70% en een temperatuur van 10-23°C. De schimmel wordt voornamelijk in kruipruimtes aangetroffen, daarnaast in kapruimtes, en is in staat al het houtwerk in woningen aan te tasten (Hickin, 1963; VROM, 1992). In de praktijk blijkt dat achtergebleven sloophout en ander afval in kruipruimtes van pas gerenoveerde woningen een ideale voedingsbodem voor huiszwam vormen (Bech-Andersen, 1985; Meinema, 1994). De huiszwam komt het meest voor in huizen op klei of veen, waar een hoge grondwaterstand heerst. Vooral oudere woningen hebben een kans om aangetast te worden. Bij deze huizen ontbreekt vaak een kruipruimte, waardoor het grondwater de vloer kan bereiken, ze hebben meestal een houten vloer en soms zelfs houten funderingen (Hickin, 1963; VROM, 1992). Als huizen een tijd leeg hebben gestaan is er eveneens kans op zwamgroei. Dit bleek bijvoorbeeld vlak na

de Tweede Wereldoorlog in Engeland. Toen was het met de huizen in Londen zeer slecht gesteld: geschat werd dat toen 50% van alle gebouwen door zwam was aangetast (Ramsbottom, 1953).

Het is geen wonder, dat bewoners geschokt reageren als ze ontdekken dat hun huis met huiszwam is besmet. De schimmel laat zich niet door steen of cement tegenhouden, groeit snel en verspreidt zich via miljarden sporen. Omdat de aantasting van het hout aan de buitenkant niet altijd is te herkennen kan deze op het moment van ontdekking al vergevorderd zijn. Zo is het mogelijk om niets te merken, tot men plotseling door de vloer zakt (Raab, 1991).

Er is een deskundige nodig om oorzaak en omvang van de besmetting vast te stellen. In praktisch alle gevallen wordt aangeraden het aangetaste hout te (laten) verwijderen. Dit hout moet vervolgens worden afgevoerd en verbrand. Als de zwam in de kruipruimte is aangetroffen dan zal ook de bodem voor een deel moeten worden afgegraven. Muren en pleisterlagen moeten nauwkeurig op sporen van zwam worden onderzocht en zonodig worden afgebikt. Tot slot wordt het besmette gebied en een deel van het overgebleven hout met chemische bestrijdingsmiddelen behandeld. En dan nog is het maar de vraag of de schimmel voldoende is bestreden en niet weer terugkomt (Raab, 1991; De Jonge, 1991).

Kortom, het is een uiterst moeilijke, tijdrovende en geldverslindende zaak om huiszwam te verwijderen (Hickin, 1963). Daarbij komt het veelvuldig voor dat juridisch getouwtrek over de schuldvraag ten aanzien van de besmetting de hele problematiek nog groter maakt (Bel, 1988; VROM, 1987; Nederkoorn, 1987).

Huiszwambesmetting of houtrot is niet alleen een probleem van deze tijd. Eeuwen geleden waren verrottingsverschijnselen van hout reeds bekend en werden er preventieve maatregelen genomen. De Romeinen wisten al dat rot minder vat op hout heeft als dit onder water zit en niet aan de lucht wordt blootgesteld. De houten pijlers van de oorspronkelijk in 1176 gebouwde London Bridge zijn nog steeds gaaf. Dit is ook het geval met de heipalen waarop Amsterdam en Venetië zijn gebouwd. Zo gauw de omstandigheden veranderen en de houten pijlers aan lucht worden blootgesteld krijgen schimmels een kans (Ramsbottom, 1953). Tot in de 19de eeuw werden alle schepen, inclusief oorlogsschepen, van hout gebouwd. Het rotten van timmerhout voor schepen bleef een voortdurende zorg. De onoverwinnelijk geachte Britse vloot is uiteindelijk aan de zwam ten onder gegaan vanwege de haastige bouw en onvoldoende gedroogd hout. De Queen Charlotte, gebouwd in 1810, verrotte zo snel dat ze, voordat ze voor de eerste keer uit kon varen, weer helemaal opnieuw moest worden opgebouwd (Ramsbottom, 1953; Gray, 1959; Alexopoulos & Mims, 1979).

In het rapport "Zorgen voor morgen" staat dat ongeveer 15 procent van de Nederlandse woningen te vochtig is. Ondermeer vanwege de kans op schimmelgroei en de gevolgen daarvan op de gezondheid, worden deze woningen tot de "risico-woningen" gerekend (RIVM, 1988). Er is nog maar weinig onderzoek

gedaan naar de specifieke effecten van huiszwam op de gezondheid.

Vragen aan de Wetenschapswinkel Biologie (RUG) gaan vooral over de oorzaken van huiszwamaantasting, de eigenschappen van de huiszwam en de bestrijdingsmethoden, het liefst zo mens- en milieuvriendelijk mogelijk. Vaak weet men niet bij wie men met klachten terecht kan (zie adressenlijst achterin) en hoe te handelen bij juridische geschillen over oorzaak en schuldvraag. In veel gevallen realiseert men zich in eerste instantie niet dat aantasting door huiszwam zulke ingrijpende gevolgen kan hebben en dat renovatie bijna altijd gepaard gaat met breek- en sloopwerk en bestrijding met chemische middelen. De kosten kunnen oplopen tot vele tienduizenden guldens bij particuliere woningverbetering. Als monumentale panden zijn aangetast of huizen van woningbouwcorporaties zijn schadeposten van een paar ton tot miljoenen guldens geen uitzondering (Van Overbeek, 1990; mondel. meded. TNO-hout, 1993). Gedegen kennis van houtaantastende schimmels blijkt niet alleen bij particulieren (NWR, 1984) te ontbreken maar ook bij bedrijven en gemeenten. Het komt voor dat de bestrijding ondeskundig wordt aangepakt en dat er verkeerde diagnoses worden gesteld. Dit laatste blijkt ook uit de enquête van de Hoofdingspectie voor Milieuhygiëne (VROM, 1992).

De opbouw van het rapport is als volgt. Omdat aantasting door huiszwam een vochtprobleem is wordt in **hoofdstuk 1** aandacht besteed aan vocht in woningen en andere gebouwen. In **hoofdstuk 2** wordt informatie gegeven over schimmels in het algemeen, terwijl in **hoofdstuk 3** de houtaantastende schimmels aan de orde komen. In **hoofdstuk 4** wordt uitgebreid ingegaan op de belangrijkste houtschimmels: de huiszwam (*S. lacrymans*) en de kelderzwam (*C. puteana*). Een belangrijk aspect vormt het herkennen van deze zwamsoorten. In **hoofdstuk 5** komen de reguliere zwambestrijding, garantieproblemen en juridische geschillen aan bod. Vooral in het buitenland, maar ook in Nederland, wordt onderzoek gedaan naar alternatieve bestrijdingsmogelijkheden. Kennis van de biologische eigenschappen van de schimmels is hierbij onontbeerlijk. In **hoofdstuk 6** worden enkele onderzoeksresultaten besproken. **Hoofdstuk 7** bestaat uit conclusies en aanbevelingen.

Deze literatuurstudie is tot stand gekomen in samenwerking met het Laboratorium voor Moleculaire Biologie van Planten (dr. O.M.H. de Vries).

HOOFDSTUK 1 VOCHT IN WONINGEN EN GEBOUWEN

Vocht is de voornaamste oorzaak van schimmelgroei in gebouwen. Het is dan ook zeer belangrijk dat naast de bestrijding van zwam het vochtprobleem wordt

aangepakt.

1.1 Vocht

Vocht komt in drie fasen voor: als damp, als vloeistof en als vaste stof (ijs). Met name de damp- en de vloeistoffase zijn van belang voor het binnenmilieu. Het maximale waterdampgehalte van de lucht neemt toe naarmate de temperatuur hoger is. Bij het opsporen van vochtproblemen in woningen is het van belang om thermohygrische metingen (temperatuur en vochtigheid) te verrichten, niet alleen van de lucht, maar ook van hout en andere materialen. Hiervoor zijn nauwkeurige meetinstrumenten nodig (NWR, 1984; VROM, 1987).

Er zijn twee manieren om de luchtvochtigheid weer te geven, als:

- 1) de relatieve vochtigheid (RV) = de werkelijke hoeveelheid waterdamp in de lucht als percentage van de maximale hoeveelheid waterdamp die lucht bij een bepaalde temperatuur kan bevatten
- 2) het absolute vochtgehalte = de hoeveelheid waterdamp die zich in de lucht bevindt uitgedrukt in gram water per kubieke meter lucht

Een RV van meer dan 100% is dus onmogelijk: het overschot wordt onmiddellijk afgescheiden (= condensatie). Lucht met een RV van 75% of meer ervaart men als te vochtig (VROM, 1987, 1988). Om vocht- en gezondheidsproblemen te voorkomen dient in woningen de relatieve vochtigheid tussen de 30% en 70% te liggen (NWR, 1984).

Door ventilatie in een woning wordt de binnenlucht gemengd met de buitenlucht. De binnenlucht kan daarom nooit bij voortduring een lagere absolute vochtigheid hebben dan de buitenlucht. De gemiddelde absolute vochtigheid in de buitenlucht varieert jaarlijks tussen 5 g en 12 g water/m³ lucht. De droogste maanden zijn december, januari, februari en maart met gemiddeld 5g tot 6 g water/m³ lucht. De vochtigste maanden zijn juni, juli, augustus en september met gemiddeld 10 g tot 12 g water/m³ (buiten)lucht (Leupen & Varekamp, 1966; Van Bronswijk, 1981).

1.2 Oorzaken

Bij vochtproblemen in huis gaat het zelden om één duidelijke oorzaak, maar om meerdere oorzaken tegelijk. Deze oorzaken zijn voornamelijk van bouwtechnische en waterhuishoudkundige aard (Verhoeff ea, 1990). Volgens Gmorek & Hegarty (1986) worden vochtproblemen veelal veroorzaakt door verloren gegaan vakmanschap en gemaakte fouten bij bouw- en renovatiewerkzaamheden.

Uit onderzoek van de Nationale Woningraad blijkt dat vochtoverlast in 4% van de gevallen te wijten is aan het gedrag van bewoners. Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat ongeveer 75% van de vochtproblemen zijn oorzaak vindt in of in de nabijheid van kruipruimtes (NWR, 1984).

Zowel de bouwtechnische en waterhuishoudkundige aspecten (zie figuur 1) als

het bewonersgedrag zullen worden besproken (Leupen, 1982; Naar, 1986; VROM, 1987; Verhoeff ea, 1990):

Bouwtechnische en waterhuishoudkundige aspecten.

a. Grondwater

Het grondwater kan bij verandering van het waterpeil vanuit de bodem omhoog komen waardoor er in de kruipruimte plassen water ontstaan. Hoog grondwater kan ook leiden tot een verhoogde aanwezigheid van water in de kruipruimte zonder zichtbare watervorming, maar met condensvorming aan de onderkant van de vloer en de binnenzijde van de fundering. Het gevolg kan zijn dat bijvoorbeeld het vloerkleed op de begane grond in een woning vochtig wordt. Dit kan weer tot schimmelvorming leiden. Om houtrot te vermijden moet de relatieve vochtigheid onder de 70% worden gehouden. Een RV die permanent boven de 90% ligt, leidt vrij zeker tot houtrot. Gebleken is dat 75% van de vochtproblemen in woningen wordt veroorzaakt door vochtige kruipruimtes. De mate van doorlatendheid en capillaire werking van de grondsoort, de drainage en de grondwaterstand spelen hierbij een belangrijke rol. In het algemeen zijn hooggelegen zandgronden droog en veen-en kleigronden vochtig. De aanwezigheid van een waterkerende laag in de fundering (trasraam) is bepalend voor het al of niet doorlaten van vocht uit de bodem naar de buiten-en binnenmuren.

b. Regenwater

De mate waarin regenwater doorslaat bij gevels zal afhangen van de steensoort van het gebouw, de kwaliteit van de voegen (ouderdom), de dikte van de muur of de aanwezigheid van een spouw (= de ruimte tussen twee gemetselde muren).

c. Lekkages

Lekkages kunnen optreden in daken, goten en leidingen, afhankelijk van ouderdom en algemene onderhoudstoestand.

d. Bouwvocht

In bouwmaterialen zit veel vocht tengevolge van de opslag en het vele water dat is gebruikt in cement, beton en stucwerk. Het kan wel een paar jaar duren voordat dit water weer is verdampt.

Figuur 1. Schematische weergave van het verband tussen bouwconstructie en vocht in huis. Links: een slecht voorbeeld. Rechts: een goed voorbeeld (Leupen & Varekamp, 1966).

Op zich hoeven de genoemde vochtbronnen en fysische processen geen problemen te geven, dit hangt af van externe factoren (NWR, 1984) zoals:

- * onjuiste materiaalkeuze of-toepassing
- * onjuiste detaillering waardoor lekkages ontstaan, koudebruggen of slechte ventilatiemogelijkheden in de kruipruimte
- * bewonersgedrag

Bewonersgedrag

Als er sprake is van een relatie tussen bewonersgedrag en vochtproblemen dan gaat het om condensatie (zie ook 1.1). Condensatieproblemen treden op als in een vertrek koude oppervlakken aanwezig zijn (door de constructie) en de lucht een bepaalde (hoge) vochtigheid heeft. Bewoners hebben geen invloed op bouwconstructies, maar kunnen wel wat doen aan condensatieproblemen. Gebleken is echter dat bewoners onvoldoende op de hoogte zijn van de oorzaken van vochtproblemen (NWR, 1984).

Extra vocht in huis ontstaat door menselijke activiteiten zoals ademen, transpireren, koken, wassen en drogen van kleding en serviesgoed, douchen en baden. Ook huisdieren, aquaria en planten zorgen voor vocht in huis. Door goede ventilatievoorzieningen kan het vocht naar buiten. Hoewel exacte cijfers over geproduceerde vocht in de vorm van waterdamp moeilijk zijn te geven, volgen hier een paar voorbeelden (VROM, 1987 en 1989).

Een veel gehoorde opmerking is dat door isolatie van woningen vochtproblemen ontstaan. Uit onderzoek van de Nationale Woningraad (1984) is gebleken dat dit niet juist is. Wel is duidelijk geworden dat afzonderlijke energiebesparende maatregelen zowel positieve als negatieve invloeden kunnen hebben op de vocht-huishouding. Een kierafdichting in een woning met goede ventilatievoorzieningen zal een lagere energierekening opleveren, waarbij de kans op vochtproblemen gering is. Worden kieren afgedicht in een vochtige woning met slechte ventilatie-mogelijkheden, dan kan dit problemen veroorzaken. Kierafdichting dient dan samen te gaan met een verbetering van de ventilatievoorzieningen. Energiebesparend gedrag en energiebesparende maatregelen (tochtwering en isolatie) vereisen dan ook een aangepaste en juiste ventilatie van woningen (Naar, 1986). Verkeerd ventileren, overdreven "kierenjacht" kan de vochtafvoer belemmeren. Er is verschil tussen ventileren en het luchten van een vertrek. Bij luchten is sprake van één opening, bijvoorbeeld een raam dat open wordt gezet om verse lucht binnen te laten. Bij ventilatie is sprake van twee openingen in de vorm van ventilatieroosters of klepraampjes in verschillende gevels. Ventilatie is nodig in vertrekken waar voortdurend mensen aanwezig zijn, zoals woonkamers. Luchten gebeurt doorgaans in vertrekken waar niet permanent mensen aanwezig zijn, zoals een slaapkamer (VROM, 1987).

De wijze waarop een woning wordt verwarmd kan eveneens een rol spelen bij het ontstaan van vocht. Woningen die voldoende en gelijkmatig worden verwarmd hebben minder kans op vochtproblemen dan woningen waarin zuinig wordt gestookt. In goed verwarmde woningen heersen hogere oppervlaktetemperaturen, zodat er minder condensatie optreedt. Dit komt omdat warme lucht meer waterdamp op kan slaan dan koude lucht, zodat aanwezig vocht gemakkelijker kan verdampen (NWR, 1984; VROM, 1987).

1.3 Symptomen

Een vochtig huis is in het algemeen te herkennen aan één of meer van de volgende kenmerken (VROM, 1987; Verhoeff, Van Wijnen & Waegemaekers,

1999):

- * De aanwezigheid van vochtminnende insecten zoals pissebedden en zilvervisjes
- * Een muffe lucht en een klamme atmosfeer
- * Veelvuldige condensatie op ramen en wanden
- * Vochtplekken op wand, vloer en plafond
- * Water onder de vloer
- * Het loslaten van behang
- * Het "uitbloeien" van zouten op vochtige steenachtige constructiedelen. Door het vocht komen opgeloste zouten naar de oppervlakte waar het water verdampt en de zouten uitkristalliseren.
- * Het afbladderen van afwerkklagen
- * Schimmelgroei, te herkennen aan gekleurde vlekken, stippen of pluisvorming
- * Houtrot, veroorzaakt door houtaantastende schimmels zoals de huiszwam (*Serpula lacrymans*) en de kelderzwam (*Coniophora puteana*). Dit zijn hogere schimmels die cellulose uit hout verteren.

Voordat deze houtschimmels worden besproken wordt in het volgende hoofdstuk algemene informatie over schimmels gegeven.

HOOFDSTUK 2 SCHIMMELS

Zwammen behoren tot het rijk der schimmels (Fungi). Schimmels zijn al duizenden jaren bekend. Met de uitvinding van de microscoop door Van Leeuwenhoek in de 17de eeuw begon het systematisch onderzoek naar deze groep van organismen (Alexopoulos & Mims, 1979).

Over het algemeen zijn schimmels aan hun vruchtlichaam te herkennen. Voorbeelden van iedereen bekende vruchtlichamen zijn de paddestoelen, champignons en stuifzwammen (Hickin, 1963).

2.1 Het rijk der schimmels

Er bestaat nog steeds geen universeel geaccepteerde classificatie van schimmels. Momenteel zijn er ongeveer 63500 schimmelsoorten beschreven, deze worden de "echte schimmels" genoemd. Deze echte schimmels, de Eumycota, kunnen worden onderscheiden in vier subdivisies, de:

- 1) Mastogomycotina
- 2) Zygomycotina
- 3) Ascomycotina
- 4) Basidiomycotina.

Vaak worden de Deuteromycotina als vijfde subgroep genoemd. Deze indeling van Ainsworth (1966) is gebaseerd op de verschillende manieren van sporenvorming (zie ook 3.2). De huiszwam en de kelderzwam behoren tot de Basidiomycotina. Behalve de genoemde echte schimmels zijn nog 13500 soorten beschreven die met algen samenleven (Hudson, 1986).

Schimmels zijn Eukaryoten (Gr. karyon=kern). Ze bezitten, in tegenstelling tot de Prokaryoten, een door een membraan omgeven celkern waarin zich het erfelijk materiaal bevindt in de vorm van chromosomen. Schimmels hebben met planten het bezit van celwanden en onbeweeglijkheid gemeen. Maar ze hebben geen wortels, stam, bladeren of bloemen, noch vaatbundels en kunnen niet zoals planten leven van zonlicht, koolzuur en water (fotosynthese). Schimmels zijn dus in het geheel geen planten. Het zijn heterotroof levende organismen, dat wil zeggen dat zij niet in staat zijn zelf hun organische koolstofverbindingen te maken, maar hiervoor zijn aangewezen op andere organismen. Schimmels worden saprofyten genoemd als ze op dood materiaal leven (Gr. sapos=verrot) en parasieten als ze afhankelijk zijn van levende organismen (Gray, 1959; Webster, 1970; Alexopoulos & Mims, 1979).

Er bestaan ook eencellige schimmels, de gisten, maar gewoonlijk vormen schimmels draadvormige cellen. Deze celdraden of hyfen groeien uitsluitend aan hun top en kunnen vertakken tot een stelsel van draden dat een mycelium wordt genoemd. Met behulp van de zich voortdurend verlengende toppen werken schimmels zich door allerlei vaste stoffen heen (invasieve groei). Om deze stoffen

als voedsel te kunnen gebruiken scheiden de toppen enzymen uit. De hyfen van sommige schimmels, zoals die van de huiszwam, kunnen dikke strengen vormen (Alexopoulos & Mims, 1979).

Schimmels vermenigvuldigen zich door middel van sporen (Gr. sporos= zaad). Deze microscopisch kleine min of meer bolvormige sporen worden over het algemeen op een vruchtlichaam of sporofoor gevormd en verspreid via luchtstromingen, insecten of transport van goederen (Müller & Loeffler, 1971).

De levenscyclus van schimmels verloopt dus over het algemeen als volgt:

een vruchtlichaam of sporofoor vormt sporen --> sporen vormen schimmeldraden of hyfen --> hyfen vormen een mycelium of zwamvlok en kunnen strengen vormen (rhizomorfen) --> op het mycelium wordt een vruchtlichaam gevormd

2.2 Nuttige en schadelijke eigenschappen

Schimmels spelen een belangrijke rol in de langzame maar voortdurende veranderingen, die in en om ons heen plaatsvinden. Ze zijn overal en in enorm grote aantallen aanwezig. Omdat schimmels een rol spelen bij de afbraak van organisch materiaal, kunnen ze bijvoorbeeld ook voedsel, textiel en leer aantasten.

Ze vormen de basis van een aantal industriële gistingsprocessen: het rijzen van brood en het maken van wijn en bier. Verder worden ze gebruikt bij de bereiding van allerlei kaassoorten.

Aan de ene kant zijn schimmels onmisbaar bij het maken van medicijnen (antibiotica), aan de andere kant veroorzaken ze ziekten bij zowel mens, plant als dier. In de landbouw zijn ze meestal schadelijk. Als voorbeeld van een destructieve schimmel in de landbouw kan *Phytophthora infestans* worden genoemd. Deze schimmel tast aardappelplanten aan en veroorzaakte in het midden van de vorige eeuw een enorme hongersnood in Ierland, die ook de grote Ierse emigratie op gang bracht (Gray, 1959; Webster, 1970).

Schimmels spelen een unieke rol bij de recycling (kringloop) van veel chemische elementen, die anders voor altijd in dode planteresten en ander materiaal opgesloten zouden zitten. Alleen schimmels zijn in staat om cellulose en lignine uit planteresten en hout te gebruiken en om te zetten (Alexopoulos & Mims, 1979). Bij dit afbraakproces komen er grote hoeveelheden kooldioxide vrij, die groene planten voor de fotosynthese gebruiken (Gray, 1959).

HOOFDSTUK 3 HOUT, SCHIMMELS EN HOUTROT

3.1 Hout

Hout is een van de belangrijkste materialen, die in de bouw worden gebruikt. Vloeren zijn vaak van hout, kozijnen, dakconstructies en deuren. Er zijn wel 44.000 boomsoorten die hout produceren. Timmerhout wordt over de hele wereld verdeeld in hard- en zacht hout. Hardhout is afkomstig van de groep Dicotyledonen der bloeiende planten (Angiospermen), terwijl zacht hout afkomstig is van de naaktzadige planten (Gymnospermen) waar de meeste coniferen toe behoren. In gebouwen wordt zacht hout meestal gebruikt voor constructie- en carcasswerken. Hardhout wordt gebruikt voor schrijnwerk, vloeren en meubels (Hickin, 1963).

Hout bestaat uit drie belangrijke componenten: cellulose (40-60%), hemicellulose (10-30%) en lignine (15-30%). Van deze componenten is lignine het moeilijkst afbreekbaar. Om deze componenten te kunnen verteren dringen de hyfen van de houtschimmels het hout binnen en scheiden allerlei enzymen uit, zoals: cellulases, hemicellulases, peroxidases en fenoloxidasen. Met behulp van deze enzymen worden cellulose en hemicellulose omgezet in kooldioxide en water waarbij energie vrijkomt. In dit proces verschilt de behoefte aan zuurstof per schimmelsoort. Hoe de afbraak van lignine precies verloopt is nog altijd niet helemaal duidelijk. Aangenomen wordt dat hierbij laagmoleculaire fenolische radicaal-moleculen een rol spelen. Deze worden door de peroxidases en fenoloxidasen gemaakt en kunnen het moeilijk toegankelijke lignine binnendringen en daar bindingen verbreken (Hudson, 1986; Kirk & Farrell, 1987; Doi & Togashi, 1990). Maar omdat volgens datzelfde proces ook weer nieuwe bindingen kunnen ontstaan is het belangrijk dat de kleine afbraakproducten steeds verdwijnen. Dit gebeurt voordat deze producten door de schimmel worden opgenomen. Vermoedelijk komt het daardoor dat lignine eigenlijk alleen goed wordt afgebroken bij de aanwezigheid van de levende schimmel. De aanwezigheid van alleen enzymen is niet voldoende (Paice, 1993).

Hout bevat altijd een zekere hoeveelheid water. Dit water zit stevig gebonden in de celwanden als een dunne laag tussen de celluloselagen. De celwand kan een maximale hoeveelheid water bevatten, afhankelijk van de boomsoort. Deze vochtigheid, uitgedrukt in gram water per gram droge stof, ligt doorgaans tussen de 25% en 30% en wordt het vezelverzadigingspunt genoemd. Zo gauw bomen zijn geveld verliezen ze water, dit gaat door tot het verzadigingspunt is bereikt in evenwicht met de relatieve luchtvochtigheid. Als dit hout op een later tijdstip in aanraking komt met een vochtiger atmosfeer zal het weer water opnemen. In de praktijk komt het erop neer dat hout voortdurend water opneemt en afstaat, afhankelijk van temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Gray, 1959; Hickin, 1963).

Vanwege de grote hoeveelheid vocht is hout van een pasgekapte boom niet geschikt als timmerhout. Het moet eerst worden gedroogd. Dit kan in speciale droogkamers, maar vaker gebeurt het in de open lucht. Het is dan zaak het hout op een zodanige manier te stapelen dat een optimale doorluchting mogelijk is. Het resultaat is verder afhankelijk van de oorspronkelijke vochtigheid, de dikte van het hout en de weersomstandigheden. Een pasgekapte boom is zeer gevoelig voor schimmelinfecties en moet daarom zo snel mogelijk naar de zagerij worden vervoerd voor verdere behandeling. Het is beter om in de winter bomen te kappen, omdat de omstandigheden dan ongunstiger zijn voor schimmelaantasting. De schimmelsoorten die hout aantasten in de buitenlucht, vindt men zelden in huizen en gebouwen (Gray, 1959).

Het is belangrijk dat houten constructies in de woningbouw vele jaren in stand blijven. Het hout moet duurzaam zijn, bestand tegen aantasting door schimmels, insecten of ander ongedierte. Zo is tropisch hardhout het meest duurzaam: het heeft een gebruiksduur van 15-25 jaar. Europees hout varieert van 5-10 jaar (vuren) tot 10-15 jaar (eiken, grenen, noten). Om de duurzaamheid van Europees hout te vergroten worden houtverduurzamingsmiddelen gebruikt. Men spreekt van verduurzaming als het hout gedurende minimaal tien jaar wordt beschermd tegen aantasting door houtrotverwekkende schimmels en insecten (Van den Berg & 't Hart, 1991).

3.2 Schimmels die houtrot veroorzaken

De schimmels waar het in deze studie om gaat zijn schimmels die verwerkt hout aantasten, dwz hout wat gebruikt is voor de bouw van woningen en andere gebouwen. Het is niet zo dat een bepaalde houtschimmel iedere houtsoort kan afbreken. Sommige schimmelsoorten hebben een voorkeur voor loofhout, andere voor naaldhout. Ook de omgevingstemperatuur is van betekenis en ligt tussen 3° en 38°C. Hoewel houtschimmels bij temperaturen lager dan 3°C niet meer groeien overleven ze die wel. Temperaturen van 50° tot 75°C overleven ze echter niet. Een uitzondering hierop vormen de onder bepaalde omstandigheden zeer hittebestendige sporen. De juiste vochtigheid van het hout is even belangrijk als de juiste voedingsstoffen en de temperatuur (Wagenführ & Steiger, 1966).

Schimmels die hout aantasten stellen hogere eisen aan de vochtigheid van hun voedselbron dan schimmels die ander plantenmateriaal omzetten. Katoen en graan kunnen reeds door schimmels worden aangetast bij een vochtigheid vanaf respectievelijk 10% en 13%. Hout begint gevoelig voor schimmelinfecties te worden bij het vezelvezadigingspunt: een vochtigheid tussen 26% en 32%. Bewerkt hout wat goed is gedroogd heeft een vochtigheid van 15% tot 18% , veel te laag voor schimmelinfecties. Dat houtschimmels een voorkeur hebben voor een hoge vochtigheid verhoogt kennelijk de resistentie van hout tegen rot. De echte

huiszwam vormt hierop een uitzondering, deze schimmel wordt al actief bij een vochtigheid tussen 20% en 24% (Hudson, 1986). De kelderzwam gedijt uitstekend als het hout een vochtigheid heeft van 50% tot 60% (Wagenführ & Steiger, 1966) (zie ook bijlage 1).

Houtinfectie door schimmels, ook wel houtrot genoemd, is te onderscheiden in wit- bruin- en zachtrot. Bij **witrot** worden de cellulose en de hemicellulose tegelijk met de lignine aangetast. Het hout verbleekt vervolgens door het ontbreken van de kleurpigmenten van de lignine en krijgt een vezelige structuur. Witrotschimmels tasten bij voorkeur hardhout aan. Soms wordt de term witrot ook wel gebruikt voor rot waarbij de lignine sneller omgezet wordt dan de cellulose en hemicellulose. Schimmels die **bruinrot** veroorzaken geven de voorkeur aan zachthout. Deze schimmels gebruiken doorgaans alleen cellulose en hemicellulose, waarbij het hout een donkerbruine kleur krijgt. De huiszwam en de kelderzwam vallen onder deze categorie schimmels. De huiszwam wordt ook wel droogrotschimmel genoemd wegens de droge conditie van het aangetaste hout in het laatste stadium. De kelderzwam staat bekend als natrotschimmel, omdat deze schimmel in hoge mate afhankelijk is van vocht. Zowel wit-als bruinrotschimmels dringen diep met hun hyfen in het hout door, in tegenstelling tot zachtrotschimmels, die alleen de buitenste lagen van het hout infecteren. De **zachtrotschimmels** komen alleen voor in extreem vochtig hout, bijvoorbeeld in hout dat in water heeft gelegen (Hudson, 1986).

Schimmels, die zachtrot veroorzaken behoren tot de Ascomyceten. Schimmels, die wit-of bruinrot veroorzaken behoren hoofdzakelijk tot de Basidiomyceten (Hudson, 1986). De Ascomyceten (zakjeszwammen) en de Basidiomyceten (steeljeszwammen) zijn de twee bekendste klassen van de Eumycota (echte schimmels). De indeling is gebaseerd op verschil in sporenvorming. Bij zakjeszwammen ontstaan de sporen in een knots-of worstvormige cel, de ascus. De steeljeszwammen wijken af van alle andere schimmels doordat ze hun sporen (zogenaamde basidiosporen) aan de top van een knotsvormige cel, het basidium, produceren (zie figuur 2). De belangrijkste schimmels die hout aantasten behoren tot de Basidiomyceten (Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966).

Figuur 2. Sporevorming bij de steeltjeszwam *S. lacrymans* (schematische weergave, sterk vergroot) (Hickin, 1963)

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van enkele schimmelsoorten die tot de Basidiomyceten behoren en die schade aan verwerkt hout veroorzaken.

Van deze houtschimmels zijn de huiszwam en de kelderzwam de meestgevoresde soorten. Voordat deze worden behandeld zal eerst een korte karakteristiek van de andere houtaantastende schimmels worden gegeven (Ramsbottom, 1953; Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966; Moreau, 1980):

De geurige schubzwam (*Lentinus lepideus*) wordt als een van de grootste

vijanden van naaldhout beschouwd. Deze schimmelsoort is bestand tegen relatief hoge concentraties carbolineum. Telegraafpalen, spoorbielzen en heipalen kunnen worden aangetast door de geurige schubzwam. De schimmel heeft een voorkeur voor hout met een vochtigheid van 30-40% en komt dan ook in mijnen en vochtige kelders voor. De schimmel en het vernielde hout ruiken naar balsem.

De bruine eikezwam (*Phellinus megaloporus*) wordt voornamelijk in eikehout aangetroffen, een enkele keer in zachthout. De schimmel is meestal binnenshuis te vinden en tast bijvoorbeeld eike-en kastanjehout in oude Engelse huizen en gebouwen aan. In het paleis van Versailles heeft de bruine eikezwam een enorme schade aangericht. Er zijn aanwijzingen dat de zwam altijd op donkere plaatsen voorkomt, onder redelijk warme omstandigheden. De zwam wordt daarom ook wel in mijnen gevonden.

De doolhofzwam (*Daedalea quercina*) is een algemene houtrotveroorzakende schimmel en tast voornamelijk hardhout aan, niet alleen eiken maar ook kastanje en beuken. De doolhofzwam komt regelmatig voor op vochtige raamkozijnen.

Waaierzwammen (*Paxillus sp.*) worden hoofdzakelijk in zachthout (naaldhout) aangetroffen. De zwammen zijn in staat om onder slechte lichtomstandigheden te leven, daarom worden ze ook meer in kolenmijnen aangetroffen dan in gebouwen. Ze bevinden zich vaak in gezelschap van de kelderzwam maar veroorzaken minder schade.

Plaatjeshoutzwammen (*Gloeophyllum sp.*) komen veelal buiten voor en tasten zachthout (naaldhout) aan.

De witte poriënzwam (*Poria vaporaria*) is zowel buiten, binnen, als in mijnen aan te treffen. Buiten leeft de zwam voornamelijk als saprofiet van naaldhout. Aangenomen wordt dat de schimmel via slechtgedroogd hout van buiten naar binnen wordt overgebracht. De vochtigheid van het hout en de temperatuur waaronder deze schimmel het beste gedijt bedragen respectievelijk 35% tot 55% en 27° tot 36°C.

Elfenbankje (*Coriolus versicolor*) komt voor op dood loofhout in groepjes naast of boven elkaar. De kenmerkende donkere banden van de elfenbankjes verschillen in kleur en komen beter uit bij het ouder worden. Coriolussoorten zijn actieve witrotters van hout.

HOOFDSTUK 4 HUISZWAM EN KELDERZWAM

Zowel de huiszwam als de kelderzwam behoren tot de schimmels die bruinrot veroorzaken. Ze breken de (hemi)cellulose in het hout af en veroorzaken daarmee de kenmerkende bruine verkleuring van het hout (Hudson, 1986).

Tabel 3 laat de plaats zien van huis-en kelderzwam in de systematiek van het schimmelrijk.

Hoewel rot door kelderzwam vaker voorkomt is de schade veroorzaakt door huiszwam veel ernstiger. De twee soorten zijn vaak in elkaars gezelschap te vinden. De kelderzwam wordt wel als voorbode gezien van de huiszwam (Wagenführ & Steiger, 1966). In Engeland waren in de zestiger jaren de twee zwamsoorten, dat wil zeggen de droogrotschimmel *S. lacrymans* plus alle natrotschimmels samen (waaronder de kelderzwam), verantwoordelijk voor 95% van het totaal aan schimmelaantastingen in gebouwen. Dit waren vooral oude gebouwen. In woningen, die na de tweede oorlog waren gebouwd kwam zwambesmetting nauwelijks voor

(Hickin, 1963).

Bruinrotschimmels zijn na kolonisatie van het hout in staat om in snel tempo de houtbestanddelen af te breken. De afbraakmechanismen zijn nog niet goed bekend maar aangenomen wordt dat hierbij zowel enzymatische als niet-enzymatische processen plaatsvinden. Ritschkoff & Viikari (1991) ontdekten dat *S. lacrymans* in staat is om extra-cellulaire waterstofperoxyde te vormen waaruit met behulp van ijzer-en mangaanionen zeer reactieve OH^{\cdot} -radicalen ontstaan. Deze reactieve moleculen zouden een rol kunnen spelen bij het op gang brengen van de oxydatieve depolymerisatie (afbraak) van cellulose.

Hout bestaat voor 70% uit koolstofverbindingen in de vorm van (hemi)-cellulose ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$). Bij de afbraak van cellulose komt water en kooldioxide vrij. Dit gevormde water verhoogt het vochtgehalte van het substraat (hout) waar de schimmel op groeit. Als de schimmel zich eenmaal op een klein stukje vochtig hout heeft gevestigd kan deze vandaaruit ook droog hout infecteren. De exacte relatie tussen wateractiviteit en houtafbraak is moeilijk aan te tonen omdat cellulose in de celwanden wordt afgebroken (Hudson, 1986).

Behalve water en kooldioxide komt bij het afbraakproces ook oxaalzuur vrij. Laboratoriumproeven laten zien dat er een direct verband bestaat tussen de vorming van oxaalzuur en een daling van de pH-waarde van hout (Bech-Anderson, 1985). Doi & Togashi (1990) onderzochten de pH-waarde (zuurgraad) van grondmonsters waarop strengen van de huiszwam waren gevonden. Normaal ligt deze waarde tussen 4 en 7. Hoewel verwacht werd dat de monsters zuur zouden zijn bleek dit niet waar te zijn. Geconcludeerd werd dat de schimmel basische stoffen zoals calcium uit de grond of uit andere substraten haalt om de zuren te neutraliseren en daarmee de pH op een optimaal niveau te houden.

4.1 De echte huiszwam

Behalve de echte huiszwam zijn er nog andere soorten huiszwammen bekend: de kleine huiszwam, de wilde huiszwam en de geelrandige huiszwam (zie bijlage 1). Omdat de echte huiszwam veruit de gevaarlijkste is, wordt alleen deze soort besproken (Wagenführ & Steiger, 1966).

Naam

Serpula lacrymans (Schum. ex Fr.) Gray

Synoniemen: *Merulius lacrymans* (Wulf.) Schum. ex Fries, *Gyrophana lacrymans* (Wulf.) Pat, *Merulius domesticus* Falck

De term "lacrymans" verwijst naar de eigenschap van de schimmel om in vochtige omstandigheden druppels water te vormen die eruit zien als tranen: lacrymans betekent huilend (Hickin, 1963). *Serpula* is het Griekse woord voor kleine slang en wordt gebruikt om het "voortkruipen" van de schimmel door middel van lange hyfenstrengen aan te geven (Bech-Andersen, 1985). Vanwege de droge en brosse conditie van het aangetaste hout wordt *S. lacrymans* ook wel de droogrotschimmel genoemd (Hickin, 1963).

Voorkomen

De echte huiszwam is een inheemse zwam (Noord-en Centraal-Europa) die verwerkt hout in gebouwen aantast. De zwam komt voor op naaldhout, loofhout en houtprodukten zoals spaanplaat, triplex en papier. In de tropen komt de schimmel niet voor (Ramsbottom, 1953; Raab, 1991). De zwam wordt zelden of nooit in de buitenlucht aangetroffen. In 1943 is voor de eerste keer melding gemaakt van de vondst van vruchtlichamen op dood dennehout in de bossen van het Himalaya-gebergte. Sindsdien komen daar regelmatig onderzoekers die op zoek zijn naar nieuwe vruchtlichamen. Door deze te gebruiken voor onderzoek hoopt men meer te weten te komen over de oorsprong, de biologische en genetische eigenschappen van de huiszwam. De vruchtlichamen werden steeds gevonden op dood hout van omgevallen bomen, dichtbij de bodem en onder gedempte lichtomstandigheden (Singh, Bech-Anderson & Elborne, 1994).

De huiszwam ontwikkelt zich onder de volgende omstandigheden (Bech-Anderson, 1985; Raab, 1991):

- * een vochtig micromilieu
- * aanwezigheid van cellulose of hemicellulose (houtprodukten)
- * hout met een (optimaal) vochtgehalte van 20% tot 30%

- * slechte ventilatie
- * een temperatuur van 3° tot 26°C

De optimale groeitemperatuur voor de huiszwam ligt tussen 18° en 22°C, bij temperaturen boven 26°C treedt eerst een groeistop op en bij nog hogere temperaturen afsterving. Bij temperaturen lager dan 3°C vindt geen groei meer plaats maar blijft de zwam wel leven. Ook kan de schimmel een vorstperiode overleven. Uit praktijkonderzoek blijkt dat de huiszwam altijd op een gemiddelde afstand van 250 cm van een vochtbron wordt gevonden en op een afstand van 14 cm tot 100 cm van een basische bron zoals klei, specie of beton om een goede pH te kunnen handhaven.

Vruchtlichaam

De grootte van het vruchtlichaam varieert van een paar centimeter in doorsnee tot 1 meter of meer (zie figuur 3). Een volwassen vruchtlichaam vormt een compact geheel en is over het algemeen 1 cm dik. De randen zijn gezwollen en wit. In het midden bevindt zich het geplooid kiemvlies of hymenium waarop de sporen worden gevormd. De grote aantallen sporen geven het kiemvlies een oranje-of geelbruine kleur. Vaak bestaat dit middenstuk uit kleine uitsteeksels, die samen een honingraatachtige structuur vormen (Ramsbottom, 1953).

Figuur 3. Vruchtlichaam van de echte huiszwam *S. lacrymans* (Diomande, 1994)

De vorm van de ondergrond bepaalt in hoge mate de vorm van het vruchtlichaam. In een hoek van de kamer groeit het in drie richtingen, loodrecht op elkaar. Op een vlakke muur vormt het vaak uitsteeksels zoals bij een elfenbankje is te zien (Hickin, 1963). Oudere vruchtlichamen kunnen licht naar petroleum ruiken (Wagenführ & Steiger, 1966).

Sporen

De sporen van de huiszwam zijn elliptisch van vorm en niet met het blote oog te zien. Een spore is ± 0.01 mm groot en weegt $\pm 1 \times 10^{-11}$ g. Onder normale omstandigheden zweven ze onzichtbaar door de ruimte. Als er weinig luchtstroming is kunnen ze in grote getale neerslaan op meubels, vloeren en andere oppervlakten waardoor deze een roestbruinige kleur krijgen. Opmerkelijk is dat de schimmelsporen in zulke enorme hoeveelheden worden geproduceerd. Een vruchtlichaam van de echte huiszwam kan met een omvang van 1 vierkante meter een paar dagen achter elkaar ruim 50 miljoen sporen per minuut produceren! (Ramsbottom, 1953; Hickin, 1963).

Hyfen en mycelium

Wanneer sporen op vochtig hout ontkiemen ontstaan er lange schimmeldraden of hyfen, die vervolgens als een vertakt stelsel (mycelium of zwamvlok) verder groeien (zie figuur 4).

Figuur 4. Mycelium van *S. lacrymans* onder vochtige omstandigheden (Noordberger, 1995)

Schimmeldraden die **in** hout zitten zijn erg dun (0,0016 mm) en alleen onder de microscoop waar te nemen (La Brijn & Drift, zj).

Het zichtbare mycelium of zwamvlok ligt als een dunne zilvergrijze laag **op** het hout, hier en daar met lila of gele plekken. Dit type wordt meestal gevonden onder drogere omstandigheden. Onder vochtiger condities groeit het mycelium snel en ziet er uit als een sneeuw wit, wollig geheel (zie figuur 4) waarvan de drogere randen heldergeel zijn (Hickin, 1963). Ook nu zijn de afzonderlijke schimmeldraden niet met het blote oog waar te nemen. Onder de microscoop is te zien dat ze iets dikker zijn dan de hyfen in het hout: 0,003 mm tot 0,0075 mm. Ze komen niet alleen op het houtoppervlak voor, maar bijvoorbeeld ook op de grond en in en op muren (La Brijn & Drift, zj).

Hyfenstrengen

S. lacrymans is in staat om vanuit een gekoloniseerd substraat, zoals hout, dikke strengen van de hyfen te vormen (zie figuur 5).

Figuur 5. Hyfenstrengen van *S. lacrymans* (Noordberger, 1995)

Deze hyfenstrengen of rhizomorfen kunnen 5 mm tot 8 mm dik worden. Aangenomen wordt dat de zwam met behulp van deze strengen water en voedingsstoffen kan transporteren van nat hout naar droog hout. Vervolgens kan ook dit droge hout worden aangetast. Op deze manier kan de schimmel zich via voedselarme gebieden, zoals steen en cement, verplaatsen naar een nieuwe voedselbron. Als de broze strengen in droge omstandigheden breken geeft dit een knappend geluid, dat wil echter niet zeggen dat het dood materiaal is en verdere groei niet mogelijk (Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966; Hudson, 1986).

Tranen

De huiszwam is in staat om gedurende het stofwisselingsproces zelf water te produceren. De functie van de daarbij gevormde waterdruppels (tranen), die duidelijk zichtbaar op zowel het mycelium als op het vruchtlichaam voorkomen is niet geheel duidelijk. Coggins, Jennings en Clarke (1980) toonden aan dat de waterdruppels vanuit de hyfen naar buiten worden geperst. Jennings (1991) is van mening dat deze druppels als watervoorraad dienen om zo de hyfen in staat te stellen om op droge plaatsen te groeien.

Houtafbraak

Tijdens het verrottingsproces krijgt het hout geleidelijk aan een donkerbruine kleur. Met behulp van enzymen, die uit de toppen van de hyfen diffunderen, worden de cellulose en hemicellulose afgebroken, terwijl er een raamwerk van lignine in de celwand van het hout overblijft. In de lignine zitten pigmenten die verantwoordelijk zijn voor de bruine kleur. De uitgeholde ligninecelwand blijft in eerste instantie bestaan, waardoor de vorm van het hout nog intact blijft, totdat ook deze het uiteindelijk begeeft. Gedurende de afbraak wordt het hout zacht en lichter in gewicht. Als het uit gaat drogen scheurt het in drie richtingen en vormt op deze manier vierkanten: kubische rot. Uiteindelijk kan het overgebleven hout tot poeder fijn worden geweven. Daarom wordt de aantasting ook wel droge rot genoemd (Ramsbottom, 1953; Hudson, 1986).

Herkennen

Het opsporen en herkennen van de huiszwam is geen gemakkelijke opgave. Meestal komt dit neer op een visuele inspectie. Huiszwam is duidelijk te herkennen als er vruchtlichamen, strengen of mycelia aanwezig zijn. Veel moeilijker wordt het om huiszwam in een vroeg stadium op te sporen als er nog geen vruchtlichamen zijn gevormd en de schimmel al veel schade heeft veroorzaakt. Schimmeldraden in hout zijn niet te zien. Ook is het zonder een

laboratorium onmogelijk om vast te stellen of een schimmel op een bepaalde plek nog actief is. Hiervoor kan een beroep worden gedaan op het Centraal Bureau voor Schimmelcultures (CBS) in Baarn. Van het aangetaste hout moet een monster worden opgestuurd. Kleine splinters worden op een voedingsbodem in petrischalen uitgezet en als de schimmel groeit betekent het dat deze nog actief is. Er zijn momenteel nieuwe detectiemogelijkheden in ontwikkeling (zie ook hoofdstuk 6) (Esser, 1994).

Om het herkennen te vergemakkelijken volgt nu een korte samenvatting van de specifieke kenmerken van huiszwamaantasting:

- * Het vruchtlichaam heeft een pannekoekachtige vorm en ligt dicht tegen het hout aan. De vorm van de houten ondergrond bepaalt de vorm van het vruchtlichaam: in een hoek groeit het in drie richtingen en op een verticaal vlak vormt het uitsteeksels als bij een elfen bankje.
- * De randen van het vruchtlichaam zijn gezwollen en wit met soms gele vlekken, het middenstuk heeft een honingraatachtige structuur en een oranjebruine of bruingele kleur.
- * Het vruchtlichaam kan naar petroleum ruiken.
- * Een enkele spore is niet met het blote oog te zien, een verzameling van sporen vormt een bruinrode of gelige neerslag op meubels en wanden.
- * Individuele hyfen zijn niet met het blote oog waar te nemen, wel zichtbaar zijn het mycelium, de hyfenstrengen en het vruchtlichaam.
- * Het mycelium ziet er in een droge omgeving uit als een dunne grijze plak met hier en daar lila en gele plekje.
In een vochtige omgeving groeit de zwamvlok snel en vormt een sneeuwwit wollig geheel, waarvan de randen door aanraking met drogere lucht of blootstelling aan licht, heldergeel zijn.
- * De huiszwam is in staat om van de hyfen tot 8 mm dikke om elkaar heen draaiende strengen te vormen, deze zijn eerst witachtig van kleur en later donkergrijs tot zwart.
- * Zowel het vruchtlichaam als de zwamvlok kunnen vol zitten met druppeltjes water, die eruit zien als tranen.
- * Plinten en vloeren die met een hard voorwerp worden beklopt klinken dof bij aangetast hout en helder bij gezond hout.

* Het aangetaste hout vertoont diepe krimpscheuren zowel in de lengte als in de breedte. Zo ontstaat er een patroon van vakjes (kubische rot).

* Het gewicht van het aangetaste hout neemt af en wordt zacht.

* Het geïnfecteerde hout krijgt een donkerder kleur, meestal bruinachtig, het wordt bros en kan in het laatste stadium tussen de vingers tot poeder worden gewreven.

4.2 De bruine kelderzwam

Naam

Coniophora puteana Fr.

Synoniem: *Coniophora cerebella* (Pers.) Duby

De strengen die de hyfen vormen zien er op hout uit als aders en lijken wel wat op de bloedvaten van de hersenen, vandaar de naam cerebella (Hickin, 1963).

Omdat de kelderzwam in hoge mate afhankelijk is van vocht wordt de aantasting ook wel natrot genoemd (Hickin, 1963).

Voorkomen

In tegenstelling tot de huiszwam komt de kelderzwam regelmatig in bossen voor. *C. puteana* tast zowel hard-als zacht hout (loof-en naaldhout) aan, mits dit een hoog vochtgehalte heeft. De zwam is afhankelijk van hout met een vochtgehalte van 50% tot 60%. Een geringe vochtigheid van hout overleeft de kelderzwam niet, ook is deze niet in staat om zoals *S. lacrymans* druppels water te produceren. Vanwege de afhankelijkheid van vocht wordt de schimmel vooral in kelders aangetroffen, daarnaast in badkamers en keukens. De kelderzwam groeit bij temperaturen tussen 3° en 35°C, het optimum ligt tussen 22° en 24 °C. Hoewel de groei bij 0°C stopt kan de kelderzwam een temperatuur van 30°C overleven (Ramsbottom, 1953; Wagenführ & Steiger, 1966; Hudson, 1986).

Vruchtlichaam

Het vruchtlichaam is onregelmatig van vorm en bedraagt enkele centimeters tot 30-40 cm in doorsnee. Men ziet het vruchtlichaam van *C. cerebella* zelden in gebouwen. Het vruchtlichaam van de kelderzwam is veel dunner en korstiger dan dat van de echte huiszwam, het ligt dicht op het substraat waar het al gauw vanaf schilfert. Het middengedeelte, het hymenium, is in eerste instantie plat en gelig van kleur, maar krijgt later wratachtige groeisels waarbij de kleur verandert in olijfbruin tot olijfgroen als de sporen rijpen. De randen blijven gebroken wit, met

soms een dun spinnewebachtig mycelium (Ramsbottom, 1953; Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966).

Sporen

De bruine sporen zijn eivormig en langer en breder dan die van *S. lacrymans*, namelijk 0,011-0,013 x 0,007-0,008 mm (Wagenführ en Steiger, 1966). De sporen worden vrijwel nooit gevonden omdat het vruchtlichaam zich zelden binnenshuis bevindt (Ramsbottom, 1953; Hickin, 1963).

Hyfen en mycelium

In hout zijn de hyfen van de kelderzwam alleen met behulp van een microscoop zichtbaar omdat ze erg dun zijn: 0,0005 tot 0,005 mm. Schimmeldraden in hout zijn kleurloos, soms geel. De kelderzwam vormt weinig schimmeldraden op het houtoppervlakte of op andere materialen. Het mycelium van de kelderzwam op het hout is wel zichtbaar en is geelachtig tot beige gekleurd. In deze omstandigheden zijn de afzonderlijke schimmeldraden 0,002 tot 0,12 mm dik (La Brijn & Drift, zj). Er wordt nooit een wit mycelium gevormd door de kelderzwam. Ook ziet het mycelium er niet uit als een wollig geheel of als een platte pannekoek (Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966).

Hyfenstrengen

De strengen van de kelderzwam zijn ongeveer 1 tot 2 mm dik en bereiken nooit de dikte van die van de echte huiszwam. De strengen zijn geelbruin van kleur als ze net zijn gevormd en bruin of zwart als ze wat ouder zijn. Als ze op het oppervlakte van het substraat liggen, op hout of pleisterkalk, zien ze er uit als een waaier van vertakte wortels met haarwortels (zie figuur 6) (Hickin, 1963; Wagenführ & Steiger, 1966).

Figuur 6. Hyfenstrengen van *C. puteana* op een muur (Noordberger, 1995)

Hout

Er is weinig externe schimmelgroei op het aangetaste hout te zien, meestal blijft het bij een klein dun gelig vlies. In ieder geval is er nooit sprake van de dikke begroeiingen zoals bij *S. lacrymans*. Hyfenstrengen kunnen echter wel op het houtoppervlakte worden aangetroffen. Door kelderzwam geïnfecteerd hout verkleurt onmiddellijk tot geelbruine strepen en plekken en wordt daarna snel donker van kleur. Het hout kan tenslotte zo zwart worden dat het lijkt op verschroeiing. Scheuring in hout gebeurt voornamelijk in de vezelrichting, maar ook in rechte hoeken, hoewel in mindere mate dan bij de huiszwam en ook minder diep (Ramsbottom, 1953).

4.3 Omvang en verspreiding

Er is nog niet veel onderzoek gedaan naar omvang en verspreiding van de huiszwam.

Nederland

Amsterdam werd in 1987 geconfronteerd met ernstige zwamproblemen. Vier jaar na renovatie werd in een woningbouwcomplex op grote schaal huiszwam aangetroffen. Uitgebreid onderzoek en een enquête brachten aan het licht dat van de 6000 oudere woningen op de begane grond meer dan 1200 ernstig door huiszwam waren aangetast. Daarnaast werden 75 woningbouwcomplexen met ongeveer 2500 woningen van besmetting verdacht. Het aantal meldingen in Amsterdam vertoont een stijgende lijn. In 1988, 1989 en 1990 werden respectievelijk 80, 100 en 150 aangetaste woningen aangemeld. Het is moeilijk hiervoor een oorzaak aan te wijzen. Stijging van het grondwaterpeil in Amsterdam kan een oorzaak zijn, maar ook achtergebleven sloophout en ander afval in kruipruimtes van gerenoveerde woningen kunnen een bron van huiszwambesmetting vormen (Meinema, 1994).

Omdat het vermoeden bestond dat het zwamprobleem in woningen, historische

gebouwen en rijksgebouwen veel groter zou zijn dan tot nu toe werd aangenomen is op initiatief van de Hoofdinspectie Milieuhygiëne in 1990 een Werkgroep Bestrijding Huiszwam ingesteld. Hierin zijn de volgende instanties vertegenwoordigd: het Ministerie van VROM, TNO/Centrum voor Houttechnologie, de gemeenten Amsterdam en Den Haag, de Stichting Nederlandse Federatie Monumentenwacht en de Nederlandse Vereniging van Ongediertebestrijdingsbedrijven. Het doel is richtlijnen voor bestrijding en preventie te ontwikkelen. Een van de belangrijkste conclusies uit een enquête van deze werkgroep is dat de omvang van de problematiek veel groter is dan aanvankelijk werd gedacht. Om de kosten van zwambestrijding zo laag mogelijk te houden wordt extra aandacht besteed aan het vroegtijdig opsporen en het herkennen van houtrot, nog voor de fase waarin vruchtlichamen worden gevormd. Daartoe is onderzoek gaande naar de vorming van soortspecifieke stoffen bij schimmels in verschillende stadia (zie 6.2). Verder is er in een Rotterdamse wijk onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om zwam te bestrijden met behulp van warmte (De Jonge, 1991; Esser & Tas, 1992).

Ook de stad Groningen wordt met een toenemend aantal klachten over zwambesmetting geconfronteerd. Op initiatief van de gemeentelijke dienst ruimtelijke ordening is in 1994 een werkgroep opgericht, waarin ook gedupeerde burgers waren vertegenwoordigd. De bedoeling was een voorlichtingsfolder over huiszwam te schrijven. De voorlichtingsfolder is inmiddels verschenen, daarnaast heeft de gemeente opdracht gegeven om de onderhoudstoestand van alle woningen te inventariseren in daarvoor aangewezen oude Groninger stadswijken. Het bleek dat 8% tot 10% van de oude huizen besmet was met huis-en/of kelderzwam. In sommige wijken waren straten waarvan 50% van de huizen waren aangetast. De oorzaken zijn voornamelijk van bouwkundige aard: slechte constructies en het gebruik van verkeerd materiaal (Dienst RO Groningen, 1994 en 1995).

Buitenland

In Duitsland heeft Buchwald (1990) geprobeerd om een overzicht te maken van de verspreiding van huiszwam in de voormalige Bondsrepubliek Duitsland gedurende de jaren 1981-1988. Uit dat onderzoek kwam ondermeer naar voren dat er gedurende de maanden juni tot oktober meer huiszwamklachten waren dan in de maanden november tot mei. Volgens Van Bronswijk (1986) zijn de maanden juni, juli, augustus en september juist de vochtigste maanden van het jaar. Hoewel het volgens de landelijke bouwverordening in de meeste landen van de Bondsrepubliek verplicht was om huiszwamgevallen te melden is hier niet in voldoende mate gehoor aan gegeven, zodat het onderzoek geen volledig beeld van de situatie weergeeft.

HOOFDSTUK 5 BESTRIJDING

Wanneer vochtproblemen in een woning worden geconstateerd is een inventarisatie in de buurt naar soortgelijke klachten een eerste stap in het achterhalen van de oorzaak en de ernst van het probleem. In de meeste gevallen gaat het om bouwtechnische of waterhuishoudkundige oorzaken. Hebben meer bewoners in dezelfde straat klachten en elders in de buurt niet, dan kan dit wijzen op een probleem met de grondwaterstand. Het inschakelen van specialisten is in alle gevallen onvermijdelijk. Deze zijn te vinden bij bouwkundige en waterhuishoudkundige onderzoeksbureaus, bij sommige bewoners-of eigenarenorganisaties en soms bij de gemeente (zie bijlage 1). Deze specialisten doen onderzoek naar bron en transport van het vocht en naar externe factoren zoals isolatie, ventilatie, temperatuurschommelingen, grondsoort en bodemopbouw (Beenen & Hooghiemstra, zj). Het is goed mogelijk de aanwezigheid van zwam vast te stellen, ook in bewoonde toestand van het pand, maar de omvang daarvan is zeer moeilijk te bepalen zonder grootscheeps destructief onderzoek (Van Overbeek, 1990). Is de hele problematiek in een renovatieplan vastgelegd en zijn daarnaast de mogelijkheden van rechten, plichten en subsidies geïnventariseerd, dan kan daadwerkelijk met de sanering worden begonnen (Beenen & Hooghiemstra, zj).

5.1 Bestrijdingsmethoden

Bestrijding van ernstige huiszwamaantasting gaat altijd gepaard met veel breekwerk, waarbij het binnenwerk van een woning soms helemaal gesloopt moet worden en vervangen door gezond materiaal (VROM, 1988). In praktisch alle gevallen wordt het nieuwe aangebrachte hout en het onaangetaste niet verwijderde hout met chemische bestrijdingsmiddelen behandeld (Van Overbeek, 1990).

De algemeen toegepaste methode om zwam te bestrijden bestaat uit drie fasen:

Fase 1: vochtprobleem opsporen

In deze fase wordt onderzocht waar de bron van het vochtprobleem zit, wat de oorzaak daarvan is en hoe deze is te herstellen. Wanneer het vochtprobleem niet wordt opgelost heeft bestrijding geen zin omdat de kans groot is dat de schimmel zal terugkeren (Van Overbeek, 1990; De Jonge, 1991). De oorzaken van vochtproblemen zijn reeds in hoofdstuk 1 behandeld.

Fase 2: aangetast materiaal weghalen

Omdat huiszwam niet curatief met chemische middelen is te bestrijden (VROM, 1988) wordt niet alleen het zichtbaar aangetaste hout verwijderd, maar ook het hout tot 1 meter vanaf de zichtbare aantasting, al is daar aan de buitenkant niets

te zien. Hetzelfde geldt voor aangetast stucwerk, tapijt en behang. In Nederland gaat men uit van een risicozone van 75-100 cm, in Duitsland van 150 cm. Vervolgens worden alle voegen in de muren 1 cm diep uitgekrabd (Van Overbeek, 1990; De Jonge, 1991). Aangetaste kruipruimtes worden schoongemaakt, dat wil zeggen dat 10-15 cm grond wordt afgegraven en verwijderd. De overgebleven grond wordt bespoten met een chemisch bestrijdingsmiddel tegen schimmels. Het verwijderde hout moet volgens de regels in gesloten containers worden afgevoerd en daarna verbrand. Met huiszwam besmet afvalhout mag beslist niet opnieuw worden gebruikt of in een kruipruimte worden achtergelaten (VROM, 1988; Van Overbeek, 1990). Gebleken is dat achtergebleven sloophout en ander afval in kruipruimtes een ideale voedingsbodem voor zwam vormen (Bech-Andersen, 1985).

Fase 3: behandeling met chemicaliën

Tenslotte worden de wanden curatief behandeld met wettelijk toegestane fungiciden. Nieuw materiaal en niet aangetast hout dienen preventief te worden behandeld om herinfectie te voorkomen. Het moge duidelijk zijn dat een particulier niet zelf met fungiciden moet gaan werken, dit dient aan specialisten te worden overgelaten omdat de middelen schadelijk kunnen zijn voor mens en milieu. Bij preventieve behandeling wordt hout meestal in speciale bedrijven behandeld (VROM, 1988; Van Overbeek, 1990; De Jonge, 1991).

De toegestane bestrijdingsmiddelen zijn vaak niet erg effectief en de huidige milieuwetgeving eist dat er minder schadelijke chemische middelen worden gebruikt. Zo mogen middelen met de werkzame stoffen pentachloorfenol en kopernaftenaat sinds 1983 niet meer in Nederland worden toegepast. In andere Europese landen worden deze giftige middelen nog wel gebruikt (Van Overbeek, 1990; Mooiman, 1993).

In Nederland zijn slechts enkele grote bedrijven gespecialiseerd in het bestrijden van huiszwam. De concurrentie is hierdoor gering en de prijzen kunnen nogal verschillen (Mooiman, 1993).

5.2 Chemische bestrijdingsmiddelen

Schimmelbestrijdingsmiddelen of fungiciden zijn in Nederland de meest gebruikte bestrijdingsmiddelen. In totaal wordt in ons land ongeveer 16.000 ton fungiciden gebruikt, waarvan het grootste deel (12.000 ton) als houtverduurzamingsmiddel wordt toegepast (Reijnders, 1991). Men onderscheidt preventieve en curatieve houtverduurzaming. Bij preventieve verduurzaming wordt hout meestal in speciale houtverduurzamingsbedrijven behandeld, terwijl het bij curatieve verduurzaming gaat om bestrijding van schimmels in reeds aangetast hout (VROM, 1988).

De effectiviteit van een fungicide hangt samen met de wijze van toepassing. Als het middel onjuist wordt toegepast kan nabehandeling noodzakelijk zijn, hetgeen

een onnodige belasting van het binnenmilieu is. Wat de juiste toepassing is, wordt onder meer bepaald door de stoffeïenschappen. Van belang is het uitlooggedrag van een middel. Dat betekent dat sommige in water oplosbare middelen niet of slechts gedeeltelijk fixeren aan hout. Het behandelde hout geeft de stoffen af aan bijvoorbeeld regenwater, afdrupend condensvocht of vochtige grond. Dergelijke middelen zijn niet geschikt voor funderingen of buitentimmerwerk. Zeer belangrijk voor de effectiviteit is de indringdiepte van het middel. Hoe groter deze is, des te beter werkt het middel. Hierdoor zijn preventieve behandelingsmethoden vaak veel beter dan de curatieve. In het eerste geval wordt bouwhout van te voren onder vacuüm volgezogen of onder druk volgeperst met een vloeibaar middel, of gedurende enige tijd daarin gedrenkt of ondergedompeld. De curatieve methode beperkt zich tot oppervlakkige of plaatselijke behandelingen zoals kwasten, bespuiten of injecteren.

Een houtverduurzamingsmiddel moet zijn toegelaten op basis van de Bestrijdingsmiddelenwet uit 1962. Een toegelaten middel is te herkennen aan een toelatingsnummer, gehalte aan werkzame stoffen, gevarensymbool, wettelijke gebruiksvoorschriften en eventueel gebruiksaanwijzingen. Het gebruik van biologische middelen wordt afgeraden omdat ze niet zouden helpen (VROM, 1988).

De tegenwoordig toegestane fungiciden zijn volgens de Hoofdinspectie Milieuhygiëne (VROM, 1992) de volgende (zie bijlage 3):

- * Alkyldimethylbenzylammoniumchloride (quats)
- * Azaconazole
- * Boriumverbindingen: Natriumpolyboraat, Boorzuur en Borax
- * Koper- chroom-en arseenzouten (CCA-middelen)

Deze wettelijk toegestane middelen hebben allemaal in meer of mindere mate nadelige effecten op mens en milieu. Middelen die als werkzame stof natriumpolyboraat bevatten kunnen als de minst schadelijke worden beschouwd (Van Wieringen & Reijnders, 1985).

Hieronder volgt een beschrijving van de eigenschappen van deze middelen en de eventuele effecten op mens en milieu (zie de bijlagen 3 en 4).

Alkyldimethylbenzylammoniumchloride

Alkyldimethylbenzylammoniumchloride behoort tot de quatenaire ammoniumverbindingen (Quats) en is oplosbaar in water. Het middel werkt preventief als houtverduurzamingsmiddel of curatief in en op muren alsmede in en op de grond onder de begane vloer (VROM, 1992). Methoden voor toepassing zijn: dompelen, drenken, strijken, bespuiten en injecteren.

Quat is een nieuw bestrijdingsmiddel dat niet vluchtig is, schadelijke effecten door uitdamping zijn dan ook niet te verwachten. De stof fixeert snel aan de ondergrond. Het middel heeft oppervlakte-actieve eigenschappen net zoals zeep en wordt dan ook in schoonmaakmiddelen en cosmeticaproducten gebruikt. Het heeft een zeepachtige geur.

De stof dringt in de celwanden van de schimmels en maakt de onderliggende celmembranen lek waardoor de schimmel wordt gedood. Voor vissen en watervlooiën zijn quats zeer giftig. De acute LD50 bij de rat is ongeveer 500 mg per kilo lichaamsgewicht. De LD50 (LD=lethale dosis) is de dosis van een stof waarbij de helft van de proefdieren sterft.

Het middel is licht bijtend. Bij lage concentraties kan dit bij aanraking huid- en slijmvliesirritaties veroorzaken. Bij hoge concentraties is er gevaar voor huidbeschadiging en kan schade aan de ogen worden toegebracht. Het gevaar van blootstelling is daarom alleen maar aanwezig bij het aanbrengen van het middel. Beschermende kleding, geschikte handschoenen en maskers zijn dan ook noodzakelijk. Wanneer dit middel niet volgens de gebruiksaanwijzing wordt toegepast kunnen er als gevolg van blootstelling nog twee dagen de volgende klachten optreden: hoesten, droge keel en eventueel kokhalzen (VROM, 1985; Desowag, 1987; Mooiman, 1993).

Quats zijn gedeeltelijk afbreekbaar. Totale afbraak is voor het merendeel van de quats nog niet aangetoond. Micro-organismen in oppervlaktewater, slib of grond kunnen nadelige effecten van quats ondervinden (Reijnders, 1991).

Azaconazole

Toegelaten voor het gebruik als preventief houtverduurzamingsmiddel en als middel ter bestrijding van houtaantastende schimmels. Op de markt zijn azaconazolmiddelen verkrijgbaar, die met water moeten worden verdund en kant en klare middelen op basis van organische oplosmiddelen. Azaconazole kan zowel binnen (voor hout en muren) als buiten worden gebruikt. Houtverduurzamingsmiddelen met azaconazole als werkzame stof worden op de volgende manieren toegepast: strijken, boorgatinjecties, dompelen, drenken, vacuum druk en dubbel-vacuüm (VROM, 1992).

Azaconazole is een imidazol-derivaat (Leclercq, 1983). Deze stoffen (azolen) zijn giftig voor schimmels omdat zij interfereren met de biosynthese van essentiële membraancomponenten (ergosterol) (Frontling, 1988).

Het middel tast metaal en glas niet aan maar wel kunststoffen, bitumineuze materialen, beschilderingen of politoeren op meubels alsmede wand- en vloerbedekking.

Azaconazole kan uitlogen tijdens contact met water, waarna de stof na inname via de huid en de mond gemakkelijk wordt opgenomen in het maagdarmlkanaal. Bij de rat treedt na opname van azaconazole via het maagdarmlkanaal volledige absorptie op. Uitscheiding van azaconazole vindt snel plaats: ca 45% in de urine

en ca 40% in de feces na 24 uur, residuen van de stof in organen en weefsels zijn laag met de hoogste waarden voor lever en nieren. Over opname via de ademhalingswegen zijn geen gegevens beschikbaar. Opname via de huid is gering. Bij dermale blootstelling van de rat gedurende 48 uur werd ca 3% van de gedoseerde radio-actief gelabelde azaconazole in de urine en feces teruggevonden. Uit proeven met ratten blijkt dat een acute orale blootstelling leidt tot acute, reversibele nierverseringen. De verstoring van de nieren, die is te herkennen aan de afname van de hoeveelheid geproduceerde urine, treedt al op bij concentraties lager of gelijk aan 180 mg/kg lichaamsgewicht. Bij ratten zijn de LD50-waarden voor opname via het maagdarmkanaal en via de huid respectievelijk 308 en 2560 mg/kg lichaamsgewicht. Voor muizen is de LD50-waarde bij orale opname 1123 mg /kg lichaamsgewicht. Er zijn geen gegevens beschikbaar over de acute en chronische toxiciteit bij de mens.

Voor azaconazole geldt een MAC-waarde van 75 mg/m³. De MAC-waarde is de maximale acceptabele concentratie waaraan arbeiders op hun werkplek bloot mogen staan. De stof krijgt de EG-classificatie "schadelijk" bij orale of dermale opname (zie bijlage 4). Dit is gebaseerd op dierexperimentele gegevens (Van den Berg & 't Hart, 1991).

Boriumverbindingen

Als preventief houtverduurzamingsmiddel of als curatief middel ter bestrijding van schimmels in muren kan men gebruik maken van bestrijdingsmiddelen op basis van natriumpolyboraat (resp. 161 g/l en 98,5%) of boorzuur of borax (VROM, 1992)

Natriumpolyboraat is een middel met borium als werkzame stof en behoort tot de bestrijdingsmiddelen die als "niet giftig" zijn geïnclassificeerd. Het poeder wordt in water opgelost. Het middel is reukloos en heeft als nadeel dat het gemakkelijk uitloopt. Daarom kan het middel alleen worden aangebracht op plaatsen, waar het niet direct in contact komt met water. Verder heeft het nog als nadeel dat het aan het oppervlak uitkristalliseert (VROM, 1988; Mooiman, 1993). Hoewel het middel als "niet giftig" is geïnclassificeerd is er volgens Van Wieringen en Reijnders (1985) kans op schade aan zenuwstelsel en huidaanandoening en breekt natriumpolyboraat niet af.

Boorzuur is een niet selectief herbicide en insecticide. Met boorzuur geïmpregneerd hout is bruikbaar voor onder het dak en onder de vloer. Het hout kan worden geïmpregneerd met de vacuüm-drukmethodode en volgens het dompel-en drenkproces. Boorzuur fixeert niet aan hout, waardoor de uitloging zeer groot is (De Groot & Heuvelman, 1990; Van den Berg & 't Hart, 1991). Boorzuur is irriterend voor de ogen, de longen en de huid. Op de verpakking staat een Andreaskruis met het opschrift "irriterend" (Groot en Woudenberg, 1993). De LD50-waarde voor een rat (oraal) is 2660 mg/kg lichaamsgewicht. De LDLO

(dermaal mens) bedraagt 2430 mg/kg lichaamsgewicht en de LDLO (oraal mens) 214 mg/kg lichaamsgewicht. De LDLO-waarde is de laagste waarde waarbij een lethaal effect optreedt. In Nederland worden jaarlijks 8000 kg boorzuurverbindingen voor houtimpregnering gebruikt (De Groot & Heuvelman, 1990; Van den Berg & 't Hart, 1991).

Borax (borax plus water geeft boorzuur) is een mild, niet selectief schimmel-en insectenbestrijdingsmiddel. Het wordt gebruikt in houtpatronen die kunnen worden bevestigd in kozijnen, deuren, dorpels (geveltimmerwerk), balken onder de vloer, plafond en dak. De werkzame stof (boorzuur) in de patronen komt vrij wanneer de vochtigheid van het hout groter is dan 18% (Morel & Weietenberg, 1990). Volgens Militz (1994) wordt borium bij een houtvochtpercentage van 25% actief en trekt uit de pil. De diffusie is in grote mate afhankelijk van de temperatuur. Uit onderzoek bleek dat bij een verhoging van de temperatuur van 20° naar 35°C na twaalf weken een verbetering van het houtbeschermingsmiddel van meer dan 100% werd bereikt (Militz, 1994).

Borax fixeert niet aan hout en de uitloging is hierdoor zeer groot, vooral wanneer hout gedurende lange tijd in contact is met water.

Na inname kan borax makkelijk via de wand van het maagdkanaal worden opgenomen. Hierna zal het zich snel ophopen in hersenen, lever, vetweefsel en cerebrospinale vloeistof. Uitscheiding in de urine vindt plaats met een halfwaardetijd van 24 uur. Borax wordt nauwelijks opgenomen door de slijmvliezen van de ademhalingswegen. Ook door de intacte huid zal borax nauwelijks worden opgenomen, echter wel door open wonden, verbrande huid en plekken waar de huid ontstoken is. De fatale dosis voor kinderen ligt gemiddeld tussen de 5 en 6 g en voor volwassenen gemiddeld tussen 10 en 25 g. Symptomen van acute vergiftiging zijn shock, nierbeschadigingen en degradatie van de cellen van het centraal zenuwstelsel. Toediening van een grote hoeveelheid borax aan de mens tijdens medische experimenten hadden maagklachten, abnormale roodheid van de huid en huidschilfering tot gevolg. De MAC-waarde voor borax is 5 mg/m³. Classificatie volgens de normen van de EG geeft aan dat de boraten tot de categorie "schadelijk" behoren (zie bijlage 4), dit is gebaseerd op orale dierexperimentele gegevens (Morel & Weitenberg, 1990).

Koper, Chroom, Arseen (CCA-zouten)

Deze houtverduurzamingsmiddelen mogen worden toegepast door middel van een vacuüm-en drukmethode of drenken. De middelen op basis van koper, chroom en arseen dienen ter voorkoming van eventuele aantasting door schimmels: preventieve toepassing. De koperverbindingen vervullen voornamelijk een schimmelwerende rol, terwijl arseenverbindingen vooral een insectenwerende werking hebben. De chroomverbindingen dienen in hoofdzaak om de koper-en arseenzouten te fixeren. CCA-zouten zijn vrijwel voor iedere toepassing geschikt, afhankelijk van de combinatie van werkzame stoffen. Dit komt voornamelijk door

de goede fixatie-eigenschappen en de lage uitloogbaarheid. De middelen zijn als pasta of als zout verkrijgbaar en moeten worden verdund met water. De toxiciteit van CCA-zouten voor levende organismen wordt grotendeels bepaald door arseen (Van den Berg & 't Hart, 1991; VROM, 1992).

Koper kan oraal, via het drinkwater en voedsel, via de ademhalingswegen en/of via de huid worden opgenomen. De omzetting en uitscheiding geschiedt in alle gevallen via het maagdarmkanaal. Bij de mens treedt "kopervergiftiging" op bij opname van ca 0,1 mg Cu/kg lichaamsgewicht, via het drinken van een koperhoudende drank. De lethale orale dosis voor volwassenen bedraagt 50-500 mg/kg lichaamsgewicht. Blootstelling aan koperhoudende nevel of stof in lage concentraties (0,1-0,3 mg/m³) in de werkomgeving kan al leiden tot het optreden van een influenza-achtig syndroom ("metaaldampkoorts"). Er zijn onvoldoende gegevens om voor de mens een maximaal aanvaardbare dagelijkse inname van koper vast te kunnen stellen. Bij levenslange blootstelling wordt 0,17 mg/kg lichaamsgewicht per dag als een aanvaardbare hoeveelheid beschouwd. Volgens de normen van de EG behoort koper tot de categorie "schadelijk" (RIVM, 1987).

Chroomverbindingen kunnen oraal of via de ademhalingswegen worden opgenomen. Wat betreft de toxiciteit voor de mens worden chroomverbindingen onderscheiden in Cr(III) en Cr(VI). Zeswaardig chroom is carcinogeen, terwijl dat van Cr(III) niet is aangetoond. Omdat Cr(VI) als genotoxisch carcinogeen (oraal) wordt beschouwd, is het niet mogelijk om drempelwaarden vast te stellen. MAC-waarden voor Cr(III) zijn nog niet vastgesteld, wel voor chromaten, in water oplosbare zouten: 0,05 mg/m³. Volgens EG-normen behoort chroom tot de categorie "giftig" tot "zeer giftig" bij inhalatoire opname, gebaseerd op proeven met dieren (RIVM, 1989).

Arseenverbindingen kunnen zowel oraal, als via ademhalingswegen, als via de huid worden opgenomen. Uit dierexperimenten blijkt dat driewaardig arseen meer toxisch is dan vijfwaardig arseen. Goed in water oplosbare anorganische verbindingen hebben lagere LD50-waarden dan niet of slecht in water oplosbare anorganische verbindingen. Voor mensen is een orale dosis van 70-180 arseentrioxide dodelijk. Blootstelling aan 25 mg arsinegas/m³ via de ademhalingswegen gedurende 30 minuten is dodelijk voor de mens. Er is onvoldoende bewijs voor de carcinogeniteit van arseenverbindingen. Volgens EG-normen is arseen "zeer giftig", dit is gebaseerd op orale opname door de mens van arseentrioxide. De WHO (World Health Organisation) heeft aan de hand van drinkwaterstudies bepaald dat inname van drinkwater met 1 mg arseenverbindingen/l vrijwel zeker zal leiden tot toxische effecten. Wanneer uitgegaan wordt van een gemiddeld drinkwaterconsumptie van 1,5 l per dag en een gemiddeld lichaamsgewicht van 60 kg, dan is de maximaal toelaatbare inname 2,5 µg anorganisch arseen/kg lichaamsgewicht per dag (RIVM, 1990). Het risico dat met CCA verduurzaamd hout tot blootstelling via de ademha-

lingswegen leidt is waarschijnlijk klein omdat de stoffen weinig vluchtig zijn en sterk aan hout binden. In CCA-zouten kan echter Cr (VI) aanwezig zijn wat wel risico's met zich meebrengt omdat deze stof kankerverwekkend is (Van den Berg & 't Hart, 1991).

De uitgeloopte stoffen uit hout dat geïmpregneerd is met CCA-zouten kunnen risico's veroorzaken voor zowel bodem-als watermilieus (Van den Berg & 't Hart, 1991).

Laboratoriumproeven (Liese & Schmidt, 1976) hebben uitgewezen dat *S. lacrymans* en *C. puteana* bij verandering van voedingsbodem verschillend reageren op remstoffen zoals CCA-zouten. Bevatte de oorspronkelijke voedingsbodem geen CCA-zouten en passeerden de groeiende hyfen een giftig voedingssubstraat dan bleek de tolerantie (uitgedrukt in groei) 30 keer zo groot te zijn in vergelijking met de blanco situatie. Dit was mogelijk dankzij de vorming van speciale luchtmycelia bij de huiszwam en extra hyfenstrengen bij de kelderzwam gedurende het "passeren" van de giftige zone. Zo gauw het substraat gifvrij was werden er weer normale mycelia gevormd. Of en in welke mate van deze giftige voeding gebruik is gemaakt, is niet onderzocht. Wel bleken de hyfen van zowel de huis-als de kelderzwam onder giftige omstandigheden van kleur te veranderen. Zo gauw de hyfen van *S. lacrymans* een giftige zone bereikten werden ze geelbruin van kleur. *C. puteana* reageerde met een bruine verkleuring.

Dat CCA-zouten *S. lacrymans* in onvoldoende mate bestrijden bleek ook uit proeven van Doi (1989). Met CCA-zouten behandeld hout bleek hyfengroei van de huiszwam niet te onderdrukken, terwijl het hout niet in gewicht afnam.

Conclusie

Wettelijk toegestane middelen tegen huiszwam zijn: alkyldimethylbenzylammoniumchloride (quats), azaconazole, boriumverbindingen (natriumpolyboraat, boorzuur, borax) en koper-chroom-arseenzouten (CCA-middelen). De CCA-zouten worden het minst vaak gebruikt. Volgens de Europese normstelling zijn deze middelen "schadelijk" tot "giftig" tot "zeer giftig". Uit proeven blijkt dat CCA-zouten niet in staat zijn *S. lacrymans* in voldoende mate te bestrijden.

De quaternaire ammoniumverbindingen zijn niet vluchtig en fixeren snel aan hout. Bij directe aanraking veroorzaken deze middelen huid-en slijmvliesirritaties. Totale afbraak in het milieu is van de quats nog niet aangetoond.

Azaconazole kan uitloggen tijdens contact met water en valt volgens de EG-classificatie onder de categorie "schadelijk" bij orale of dermale opname.

Natriumpolyboraat loogt gemakkelijk uit in contact met water en kristalliseert aan het oppervlak. Hoewel het middel als "niet giftig" is geclassificeerd bestaat er kans op schade aan het zenuwstelsel en op huidaanandoeningen. Natriumpolyboraat breekt niet af.

Boorzuur fixeert niet aan hout waardoor de uitloging zeer groot is. Boorzuur is

irriterend voor de ogen, de longen en de huid.

Borax fixeert niet aan hout, de uitloging is hierdoor groot. Classificatie volgens de EG-normen geeft aan dat de boraten tot de categorie "schadelijk" behoren.

Geconcludeerd kan worden dat alle toegestane middelen in meer of mindere mate nadelige effecten hebben op mens en milieu. Middelen die als werkzame stof natriumpolyboraat bevatten kunnen als de minst schadelijke worden beschouwd.

5.3 Garantie en juridische geschillen

Het bestrijden van zwam is financieel gezien een kostbare zaak en in Nederland wordt de schade gewoonlijk niet door een verzekering gedekt (De Jonge, 1991). Sommige gemeenten geven gedupeerde burgers een bijdrage uit de subsidiepot voor stads-en dorpsvernieuwing. Het is dan ook van wezenlijk belang dat bij sanering ook preventieve maatregelen worden genomen om herhaling te voorkomen. Kostbare herhaaloperaties zijn geen uitzondering. Voordat een bedrijf de renovatieopdracht uitvoert zullen de garantiebepalingen duidelijk moeten zijn, ook de interpretatie er van. Sommige bedrijven geven bijvoorbeeld 5 jaar garantie, andere 2 jaar, soms wordt er tussentijds gecontroleerd, soms niet. Van het allergrootste belang is dat de vochtomstandigheden zo zijn te beïnvloeden dat hernieuwde zwamgroei geen kans krijgt. De garantie vervalt dan ook vaak als blijkt dat het vochtgehalte in een muur boven de 5% stijgt of in een balkkop boven de 18% (Van Overbeek, 1990).

Het is niet altijd duidelijk wat de oorzaken zijn van de vocht-of zwamproblemen in een woning en wanneer deze zijn ontstaan. Dit is de reden dat er heel wat geschillen voor de rechter worden gebracht. De schuldvraag staat hierbij centraal: zijn het de bewoners die het vochtprobleem veroorzaken of ligt het aan bouwtechnische of waterhuishoudkundige mankementen en wie is er dan verantwoordelijk voor (VROM, 1987)? Verantwoordelijke partijen kunnen aannemers, gemeenten, waterschappen, bewoners, eigenaren of verhuurders zijn. Aannemers moeten volgens wettelijke voorschriften op de juiste wijze een woning bouwen. Daarnaast zijn ze betrokken bij het bouwrijp maken van terreinen en de aanleg van rioleeringen en drainagesystemen. Als hierbij fouten worden gemaakt kunnen hoge grondwaterstanden het gevolg zijn. Gemeenten kunnen voor hoge grondwaterstanden aansprakelijk worden gesteld als de grond onvoldoende is opgehoogd of het gebied onvoldoende is ontwaterd. In het algemeen geldt dat de gemeente en de grondeigenaar verantwoordelijk zijn voor de grondwaterbeheersing (ontwatering) en het waterschap voor de afwatering (Beenen & Hooghiemstra, zj). De praktijk wijst uit dat problemen met een te hoge grondwaterstand vaak erg lastig zijn om aan te pakken (Wemag, zj).

Huurwoning

Een verhuurder is volgens het Burgerlijk Wetboek (BW) verplicht bij de verhuur van een woning deze "in goede staat van onderhoud" aan de huurder ter beschikking te stellen. De verhuurder moet alle noodzakelijke reparaties uitvoeren, behalve de "kleine dagelijkse reparaties" die voor rekening van de huurder komen. Zijn die kleine dagelijkse reparaties ontstaan door de vervallen toestand van het gehuurde of door overmacht, dan komt dit weer ten laste van de verhuurder. Huurders zijn verplicht het gehuurde in goede staat te houden en verantwoordelijk voor het signaleren van problemen en het verlenen van medewerking aan de oplossing. De verhuurder is verplicht om vochtproblemen die samenhangen met de bouw van de woning te voorkomen of te verhelpen. Een onafhankelijke deskundige zal bij het vaststellen van de oorzaken vaak onontbeerlijk zijn. Is de verhuurder niet bereid actie te ondernemen dan kunnen huurders bij de gemeentelijke bouw- en woningtoezicht terecht of bij de huurcommissie. Blijft dit zonder resultaat dan rest de kantonrechter. Hiervoor is een advocaat nodig. Advocatenkollektieven, bureaus voor rechtshulp en wetswinkels kunnen hierover advies geven (Beenen & Hooghiemstra, zj; VROM, 1989; Wemag, zj). Een huurder heeft in een rechtszaak de meeste kans op succes als met behulp van een advocaat een vordering wordt ingesteld op grond van het Burgerlijk Wetboek (BW). Op basis van het BW kan een huurder van de verhuurder eisen dat de gebreken aan de woning worden verholpen. Wel moet dan worden aangetoond dat deze gebreken zijn veroorzaakt door fouten of nalatigheid van de verhuurder, bijvoorbeeld achterstallig onderhoud. Andere juridische instrumenten zoals de Woningwet en het Besluit Huurprijzen Woonruimte werken veel indirecter (Bel, 1988; ReWi, 1995).

Koopwoning

Als het vermoeden bestaat dat vochtproblemen een bouwkundige oorzaak hebben dan kan men binnen 5 jaar na oplevering van een huis de aannemer of de verkopende partij aansprakelijk stellen. Het beste is de aannemer een aangetekende brief te sturen met de klachten en het verzoek om binnen een bepaalde tijd te reageren. Reageert de aannemer niet dan blijft er niets anders over dan de hulp van een advocaat in te roepen. In de eerste 5 jaar na de bouw van een woning moet de verkoper het bewijs leveren dat de vochtproblemen niet door de woningconstructie zijn veroorzaakt. Na 5 jaar ligt de bewijslast bij de eigenaar. Deze mogelijkheid is niet van toepassing als het een tweede eigenaar betreft, deze heeft het huis gekocht in de staat waarin het verkeerde op het moment van aankoop (VROM, 1989; Wemag, zj).

In 1992 zijn de mogelijkheden voor een koper van een huis om verborgen gebreken te verhalen op de vorige eigenaar groter geworden. Dit is geregeld in het zogenaamde conformiteitsbeginsel (BW, 1992). Een koper van een huis of van wat dan ook mag ervan uitgaan dat de afgeleverde zaak aan de overeenkomst beantwoordt en "een zaak beantwoordt niet aan de overeenkomst indien zij niet de eigenschappen bezit die de koper op grond van de overeenkomst mocht verwachten....". Bij beoordeling van de vraag of een afgeleverde zaak aan

de overeenkomst beantwoordt gelden mededelingen die door of ten behoeve van een verkoper zijn gedaan. Dus ook een makelaar kan hierbij een verantwoordelijke rol spelen (zie bijlage 5).

Jurisprudentie zal moeten uitwijzen welke gevallen onder dit conformiteitsbeginsel vallen en welke niet.

Bestaan er twijfels over de bouwkundige staat van een huis dan is het aan te raden een keuring door een onafhankelijke deskundige uit te laten voeren vóór tot koop wordt overgegaan (Consumentenbond, 1990).

HOOFDSTUK 6 NIEUWE ONTWIKKELINGEN

De huiszwam wordt al meer dan honderd jaar als de belangrijkste en gevaarlijkste houtplaat in gebouwen beschouwd. Onderzoek aan de echte huiszwam begon dan ook al in de tweede helft van de vorige eeuw. Voorzover te achterhalen is het boek uit 1878: "Der Echte Hausschwamm, *Merulius lacrymans*" van de Duitser R. Hartig de oudste studie op dit gebied (Hegarty ea, 1986).

Vooraf in het buitenland wordt wetenschappelijk onderzoek verricht ter verbetering van bestaande bestrijdingsmethoden. Het is van belang om zoveel mogelijk over de verspreiding, de biochemische en genetische eigenschappen van de huiszwam te weten te komen. Omdat het nagenoeg onmogelijk is om de groei van *S. lacrymans* onder natuurlijke omstandigheden nauwkeurig te observeren zijn onderzoekers gedwongen hiervoor het laboratorium te gebruiken.

Hieronder volgen enkele onderzoeksresultaten op het gebied van de biochemische eigenschappen van de huiszwam, opsporingsmethoden en alternatieve bestrijdingsmethoden.

6.1 Biochemisch onderzoek

Sporen

Hittetolerantie

Er is veel onderzoek gedaan naar de hittetolerantie van sporen en mycelia van de huis-en kelderzwam. In tegenstelling tot de mycelia zijn de sporen van *S. lacrymans* zeer goed tegen hitte bestand. Opvallend is het grote verschil met de kelderzwam (zie tabel 3).

Kiemkracht

Om de eigenschappen van sporen van *S. lacrymans* intensiever te kunnen bestuderen maakten Hegarty, Schmidt en Liese (1987) gebruik van de licht-en elektronenmicroscop. Uit dit onderzoek bleek dat de kiemkracht van de sporen laag is, namelijk maximaal 25% tot 30%. Dit lage percentage is opmerkelijk in vergelijking met andere houtaantastende schimmels waarbij percentages worden genoemd van 70% (*Coniophora puteana*) tot 95% (*Polyporus versicolor*). Dit betekent dat de productie van basidiosporen door *S. lacrymans* een zeer inefficiënt proces is. Kennelijk wordt deze lage kiemkracht gecompenseerd door een hoge sporenproductie. Meer onderzoek is nodig om vast te kunnen stellen hoe lang de sporen hun kiemkracht behouden. De meningen daarover lopen uiteen van 1 jaar tot 3 jaren (Falck, 1912) tot verscheidene jaren (Cartwright & Findlay, 1945). Ook is het nog onduidelijk waarom de sporen zo hittetolerant zijn.

Opname van ontbrekende stoffen

Uit onderzoek van Doi & Togashi (1990) blijkt dat de huiszwam minerale voedingsstoffen uit de bodem onder de houten vloer van een aangetast huis op kan nemen, waaronder stikstofhoudende. Voor de groei, biosynthese van eiwitten en celwand, heeft de schimmels relatief veel stikstof nodig.

Omdat hout arm is aan bruikbare stikstofverbindingen is het voor de huiszwam waarschijnlijk gunstiger om op de bodem te ontkiemen dan op een houten ondergrond.

Door middel van dergelijke experimenten wordt steeds duidelijker dat *S. lacrymans* in staat is om bij de afbraak van hout bepaalde ontbrekende anorganische stoffen uit een andere bron te halen. Zo ontdekte Bech-Andersen (1985, 1987) dat de echte huiszwam steen-en glaswol aan kan tasten. De schimmel onttrekt hieraan calcium en neemt dit op in het mycelium. Het gevolg is dat de steenwolvezels breken. Bij renovatiewerkzaamheden in een huis in Kopenhagen bleek dat in zes maanden tijd de huiszwam dwars door een dikke mat van steenwol groeide met een gemiddelde snelheid van 0,8 cm per dag. Ook uit metselkalk, beton en kleigrond onttrekt de huiszwam calcium. Aangenomen wordt dat de huiszwam voor een optimale afbraakcapaciteit het alkalische calcium nodig heeft om het geproduceerde oxaalzuur te neutraliseren en een optimale zuurgraad in te stellen.

Uit praktijkonderzoek kwam naar voren dat bij verschillende huiszwambesmettingen de schimmel altijd dichtbij een vochtbron werd gevonden, dwz op afstanden van 0 cm tot 600 cm met een gemiddelde afstand van 250 cm. Hierdoor kan de schimmel zelf zorgen voor een optimale vochtgehalte van het hout van 20-30%, terwijl het dodelijke vochtgehalte van 55% wordt voorkomen. In de vrije natuur is de vochtigheid van hout aan schommelingen onderhevig maar bereikt vaak waarden ver boven dit maximum. Tegelijkertijd werd ontdekt dat basische materialen zoals specie, kleigrond of beton zich op een afstand van 14 tot 100 cm van de schimmel bevinden. Deze resultaten zouden een verklaring kunnen zijn

voor het feit dat de echte huiszwam alleen in gebouwen voorkomt (Bech-Andersen, 1985).

Groei

Uit laboratoriumproeven blijkt dat de schimmel bij een temperatuur van 20°C en een vochtgehalte van het hout van 20% tot 30% in 24 uur 5 mm kan groeien, dus 1,7 m per jaar (Harmsen, 1967). Bravery en Grant (1985) toonden aan dat de gemiddelde lineaire groeisnelheid van het mycelium van de echte huiszwam bij 22°C op een 5% moutagarmedium in glazen buizen 5,5-5,8 mm/dag bedroeg. Gemeten vanaf een voedselbron bedroeg de groeiactiviteit door steen 5,0-6,0 mm/dag, met een maximum van 6,3 mm/dag.

Cymorek en Hegarty (1986) kwamen tot de conclusie dat groeisnelheid geen goede maat voor afbraak is. Zij vergeleken de groeisnelheid en afbraakcapaciteit van verschillende stammen van *S. lacrymans*. Het bleek dat oudere stammen minder snel groeien maar dat het vermogen tot afbraak groter is. Een maat voor de afbraak is de gewichtsvermindering van het aangetaste hout.

Verder is aangetoond dat *S. lacrymans* zich onder zuurstofarme omstandigheden kan verspreiden, wat gedeeltelijk verklaart waarom deze schimmel begint te groeien in slecht geventileerde vertrekken (Doi & Togashi, 1990).

6.2 Opsporingsmethoden

Speurhonden

Het in een vroeg stadium opsporen van houtrot veroorzaakt door *S. lacrymans* is erg moeilijk. Ook de controle nadat een gebouw is behandeld heeft beperkt succes. Omdat luchtanalyses hebben uitgewezen dat iedere schimmel soortspecifieke stoffen afscheidt zou dit perspectieven kunnen bieden om huiszwam met speciaal getrainde honden op te sporen. In Denemarken wordt daar al mee geëxperimenteerd. Tijdens de vegetatieve periode (groei via hyfen) van *S. lacrymans* blijkt de productie van dimethylsulfide hoog te zijn, terwijl deze stof niet wordt geproduceerd tijdens de vorming van sporen. Door van deze eigenschappen gebruik te maken zou men er bij detectiewerkzaamheden achter kunnen komen in welke fase de schimmel verkeert: in de vegetatieve of de sporenvormende fase. Theoretisch zou het dan mogelijk moeten zijn *S. lacrymans* op te sporen voordat vorming van vruchtlichamen heeft plaatsgevonden. Verder onderzoek naar deze niet-destructieve detectiemethode is gaande, ook in Nederland (Esser & Tas, 1992).

Oxaalzuur en oxalaten

Bruinrotschimmels produceren evenals witrotschimmels oxaalzuur. Vermoedt wordt dat *S. lacrymans* basische stoffen nodig heeft om de geproduceerde oxaalzuren te neutraliseren en op deze manier de pH op het juiste niveau te houden. Daarbij worden oxalaten gevormd. Het is mogelijk om oxaalzuur en oxalaten als indicatoren te gebruiken om de aanwezigheid van huiszwam in hout aan te kunnen tonen. Deze methode zou geschikt kunnen zijn om te gebruiken bij monumentale panden, die door huiszwam zijn besmet en waarvan zoveel mogelijk oorspronkelijk materiaal bewaard moet blijven. Voor zover bekend is deze methode voor het eerst toegepast bij de renovatie van de houten kerk in Wespen. Deze kerk is in de 17de eeuw van dennehout gebouwd en enig in zijn soort in Duitsland. Oorspronkelijk waren de planken op geen enkele manier beschermd en hadden weer en wind vrij spel. Veel later is een beschermende laag aangebracht waarachter de echte huiszwam zich heeft kunnen ontwikkelen. Omdat het hier een zeldzaam bouwwerk betrof was het van groot belang om precies te weten waar de actieve schimmel zich in het hout bevond. Met behulp van kleine monsters hout (2 tot 5 gram bleek voldoende) uit zichtbaar beschadigde en nietbeschadigde planken werd de concentratie van oxalaat gemeten en vergeleken met de normaal in dennehout voorkomende concentraties (Bruhn, 1994).

6.3 Alternatieve bestrijdingsmethoden

Warmtebehandeling

Als milieuvriendelijke bestrijdingsmethode kan warmtebehandeling een alternatief zijn omdat de mycelia van de huiszwam gevoeliger voor hogere temperaturen zijn dan die van andere houtschimmels. Om goede resultaten met de warmtemethode te bereiken is een zorgvuldige en langdurige warmtebehandeling van alle genfecteerde (hout)onderdelen vereist. In Duitsland en Denemarken zijn met warmtebehandeling positieve resultaten bereikt (Hegarty, 1986; De Jonge, 1991; Mooiman, 1993).

In 1993 zijn de resultaten van het TNO-onderzoek naar niet-destructieve bestrijding van de huiszwam, onder meer door middel van warmtebehandeling, gepubliceerd (Mooiman, 1993). Uitgangspunt bij dit praktijkonderzoek was om met zo weinig mogelijk sloopwerk en een minimum aan mens-en milieu-onvriendelijke chemische middelen huiszwam te bestrijden. Bij dit project waren zes huizen in Rotterdam betrokken, alle licht besmet met huiszwam. De uiteindelijke conclusie was dat huiszwam het best te bestrijden is met bouwkundige maatregelen en een chemische behandeling of met bouwkundige maatregelen en een combinatie van chemische bestrijding en warmtebehandeling. De tijdens het proefproject gebruikte temperatuur van 40°C was onvoldoende om het hout volledig te drogen en de huiszwam uit te

roeien. Vervolgonderzoek zal gewijd zijn aan het ontwikkelen van mogelijkheden om uitsluitend bouwkundige maatregelen te nemen in ruimten met lichte huiszwamaantasting, omdat het effect van bouwkundige maatregelen tegen vocht en huiszwam positief bleek te zijn.

Recent onderzoek wijst uit dat *S. lacrymans* in staat is om gedurende korte tijd normaal dodelijke temperatuursomstandigheden te overleven nadat de schimmel eerst werd blootgesteld aan een temperatuur die net iets lager lag dan de lethale temperatuur. Deze resultaten kunnen van pas komen bij het streven naar bestrijding van huiszwam door warmtetoediening (White, Buultjens en Palfreyman, 1995).

Aminozuren

In Engeland worden proeven gedaan met stoffen die specifieke processen in de stofwisseling van de huiszwam remmen. Zo blijken bepaalde aminozuren, met name alfa-amino-isoboterzuur (AIB), na toediening niet in de stofwisseling te worden betrokken maar de opname van aminozuren die voor de groei nodig zijn te remmen. Het gevolg hiervan is dat er een stikstoftekort ontstaat waardoor de hyfengroei vermindert. Aangevoerd is dat AIB zich ophoopt in het mycelium en in staat is zich daarin te verplaatsen. Deze resultaten doen vermoeden dat de aangetoonde remming van hyfengroei wordt veroorzaakt door concurrentie om stikstof. Omdat hout erg weinig stikstof bevat is de stikstofvoorziening voor de huiszwam waarschijnlijk een beperkende factor. Onderzoek toonde een correlatie aan tussen het stikstofgehalte in de mycelia en het vermogen van de huiszwam om hout af te breken. Het effect van AIB beperkt zich niet alleen tot het afremmen van de hyfengroei maar remt ook de enzymactiviteiten die nodig zijn voor houtafbraak. Uit experimenten blijkt dat de preventieve werking van AIB het meeste effect heeft wanneer de zwam op oppervlakten groeit die geen voedsel bevatten, bijvoorbeeld op metselwerk (Watkinson, 1984; Elliot & Watkinson, 1989; Dobson ea, 1993).

HOOFDSTUK 7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- * Klachten over zwambesmetting betreffen voornamelijk de echte huiszwam (*Serpula lacrymans*) en de bruine kelderzwam (*Coniophora puteana*). Hoewel beide schimmelsoorten hout in woningen en andere gebouwen aantasten is de huiszwam de meest gevreesde omdat deze de grootste materiële en financiële schade veroorzaakt. Het is niet bekend hoe groot de omvang van de zwamproblematiek is in Nederland. Uit enkele enquêtes blijkt echter dat het aantal besmettingen veel groter is dan werd aangenomen. Geconcludeerd kan worden dat de huiszwamproblematiek tot nu toe zwaar is onderschat. Om een goed inzicht in de verspreiding en omvang te krijgen zouden alle gemeenten de gevallen van zwamaantasting moeten registreren en doorgeven aan de Hoofdinspectie Milieuhygiëne in Wageningen.
- * Zwambesmetting wordt veroorzaakt door soms moeilijk te traceren vochtproblemen. Hierbij is vaak sprake van meerdere oorzaken tegelijk, voornamelijk van waterhuishoudkundige en bouwtechnische aard. Bij waterhuishoudkundige problemen spelen lekkages een rol, optrekkend vocht of een ongewenste stijging van de grondwaterstand. Ongeveer 75% van de vochtproblemen ontstaat in of in de nabijheid van kruipruimtes. Meermalen is gebleken dat achtergelaten bouwafval en ander afval in kruipruimtes een ideale bron voor huiszwambesmetting vormen. Dergelijke "slordigheden" moeten dan ook worden voorkomen. Verder blijkt dat in de praktijk bij bouw-en renovatiewerkzaamheden veel fouten worden gemaakt die te wijten zijn aan een gebrek aan vakmanschap en gebruik van verkeerd materiaal. Daarom zouden beroepsopleidingen meer aandacht moeten besteden aan het voorkomen en behandelen van vocht- en zwamproblemen.
- * Het in een vroeg stadium opsporen van houtrot veroorzaakt door *S. lacrymans* is erg moeilijk. Ook de controle nadat een gebouw is behandeld heeft beperkt succes. Huiszwamaantasting in een verder gevorderd stadium is goed aan te tonen. Maar het is echter niet eenvoudig om de omvang vast te stellen zonder ingrijpende sloopwerkzaamheden uit te voeren omdat sporen en hyfen niet met het blote oog zijn waar te nemen. Een heleboel sporen tegelijk zijn wel als een rode neerslag te zien op muren en vloeren. De echte huiszwam is in staat om zich met zijn groeiende hyfen niet alleen dwars door hout, maar ook door steen en cement te verspreiden. Aan de buitenkant van dit materiaal is niets van de aantasting te zien. Wat wel zichtbaar is zijn de kenmerkende dikke hyfenstrengen, het mycelium en het vruchtlichaam die op hout of ander materiaal liggen. Aanbevolen wordt om voor de diagnose van huiszwam deskundige hulp in te schakelen, evenals voor de renovatie.

*Het beste is om voor de noodzakelijke werkzaamheden een renovatieplan op te stellen. Voordat de renovatie wordt uitgevoerd zullen de garantiebepalingen voor alle partijen duidelijk moeten zijn en op schrift vastgelegd. Om herhaling van besmetting te voorkomen moeten bij saneringswerkzaamheden ook preventieve maatregelen worden genomen. Kostbare herhaaloperaties zijn geen uitzondering. Daarbij is het beslist noodzakelijk dat het vochtprobleem wordt opgelost. Anders komt de zwam onherroepelijk terug.

* Ten behoeve van het bestrijden en voorkomen van huiszwambesmetting moet rekening worden gehouden met de specifieke groeiomstandigheden van de schimmel. Gunstige groeiomstandigheden zijn een geringe ventilatie, de aanwezigheid van houtproducten, een lokale relatieve luchtvochtigheid van meer dan 70% en een temperatuur tussen 10° en 26°C. De juiste vochtigheid van het hout is even belangrijk als de juiste voedingsstoffen en temperatuur. De echte huiszwam gedijt uitstekend als hout een vochtigheid heeft van 20% tot 30%, terwijl de kelderzwam een voorkeur heeft voor 50% tot 60%.

Bij het opsporen van vochtproblemen in woningen is het daarom ook van belang om regelmatig thermohygrische metingen te verrichten, niet alleen aan de lucht maar ook aan het hout. Hiervoor is nauwkeurige meetapparatuur nodig.

*Bestrijding van ernstige huiszwamaantasting gaat altijd gepaard met ingrijpend breekwerk, waarbij het binnenwerk van een woning soms helemaal moet worden gesloopt en vervangen door gezond materiaal. Dan nog is het maar de vraag of de schimmel afdoende is bestreden en niet weer terugkomt. Daarom wordt in praktisch alle gevallen het nieuwe aangebrachte materiaal en de nog niet aangetaste omgeving met chemische bestrijdingsmiddelen behandeld. Tegenwoordig toegestane fungiciden zijn alkylmethylbenzylammoniumchloride (quats), azaconazole, koperchroom- en arseenzouten (CCA-middelen) en de boriumverbindingen natriumpolyboraat, boorzuur en borax. Al deze middelen zijn in meer of mindere mate schadelijk voor mens en milieu. Middelen die als werkzame stof natriumpolyboraat bevatten kunnen als de minst schadelijke worden beschouwd.

*Bij de effectiviteit van deze bestrijdingsmiddelen kunnen vraagtekens worden gezet. Daarom wordt zowel in Nederland als in het buitenland naar alternatieve, goedkopere en milieuvriendelijke bestrijdingsmethoden gezocht. Zo wordt in Duitsland, Denemarken en Nederland geprobeerd de huiszwam door middel van een warmtebehandeling te bestrijden. In Engeland worden proeven gedaan om stoffen te gebruiken die bepaalde processen in de stofwisseling van de huiszwam remmen. Daarnaast

wordt onderzoek gedaan naar niet-destructieve detectiemethoden. Omdat ieder schimmelsoort specifieke stoffen afscheidt zou dit bijvoorbeeld perspectieven kunnen bieden om huiszwam met speciaal getrainde honden op te sporen. Veel van deze onderzoeksprojecten verkeren nog in een experimenteel stadium. Ten behoeve van het ontwikkelen van alternatieve bestrijdings- en opsporingsmethoden is nader onderzoek naar de biochemische en genetische eigenschappen van de huiszwam gewenst.

*Het bestrijden van zwam is financieel gezien een kostbare zaak. Omdat niet altijd duidelijk is wat de oorzaken van de vocht-of zwamproblemen zijn, worden er heel wat geschillen voor de rechter gebracht. De schuldvraag staat hierbij centraal. Verantwoordelijke partijen kunnen aannemers, gemeenten, waterschappen, bewoners, eigenaren of verhuurders zijn. Huurders van een woning hebben in een rechtszaak de meeste kans op succes als met behulp van een advocaat een vordering wordt ingesteld op grond van het Burgerlijk Wetboek. Ook kopers van een huis hebben sinds 1992, met het verschijnen van het nieuwe Burgerlijk Wetboek, meer mogelijkheden om verborgen gebreken te verhalen op de vorige eigenaar.

Bestaan er twijfels over de bouwkundige staat van een huis dan is het aan te raden om een keuring door een onafhankelijke expert uit te laten voeren vóór tot koop wordt overgegaan.

*Het is van belang om huiszwam in een zo vroeg mogelijk stadium te ontdekken en te identificeren. Bewoners en huiseigenaren zijn hiervoor de aangewezen personen. Geconcludeerd kan worden dat niet alleen bewoners onvoldoende op de hoogte zijn van de oorzaken van vochtproblemen en huiszwamaantasting maar ook gemeenten, aannemers en bedrijven die de bestrijding uitvoeren. Aanbevolen wordt om door middel van voorlichtings- en lesmateriaal deze groepen te informeren, bijvoorbeeld via huis-aan-huisbladen, de landelijke media en opleidingsinstituten. Hierbij moet vooral het **voorkómen en herkennen van vocht-en schimmelvorming** in woningen en andere gebouwen de nodige aandacht krijgen.

LIJST VAN VERKLARENDE WOORDEN

Bruinrot Door schimmelaantasting veroorzaakt bruin verkleurd hout

Carcinogeen Kankerverwekkend

CCA-zouten Koper-, chroom- en arseenzouten

Coniophora puteana Wetenschappelijke naam van de kelderzwam

Droogrot Door schimmelaantasting veroorzaakt droog hout

Fungi Schimmels

Fungiciden Schimmelbestrijdingsmiddelen

(Hemi)cellulose Hoofdbestanddeel van hout

(Hemi)cellulases Enzymen die (hemi)cellulose afbreken

Houtrot Door schimmels aangetast hout

Hyfe Schimmeldraad, bestaande uit langgerekte celdraden

Hyfenstreng Strengen van hyfen

Hymenium Kiemvlies

Kiemvlies Het geplooidde middendeel van een vruchtlichaam waarop de sporen worden gevormd

Lignine Bestanddeel van hout

LD50 Dosis van een stof waarbij de helft van de proefdieren sterft. Hoe lager de LD50, hoe giftiger de stof.

LDLO-waarde De laagste waarde waarbij een lethaal effect optreedt

MAC-waarde Maximaal aanvaardbare concentratie van een bepaald stof waaraan men op de werkplan bloot mag staan

Mutageen	Veranderingen veroorzakend in de erfelijke eigenschappen
Mycelium	Zwamvlok
Natrot	Door schimmelaantasting veroorzaakt nat hout
Quats	Alkyldimethylbenzylammoniumchloride
<i>Serpula lacrymans</i>	De wetenschappelijke naam van de echte huiswam
	(Gr. serpula=kleine slang; L. lacrymans=huilend)
Sporofoor	Vruchtlichaam
Vruchtlichaam	Sporenvormend lichaam
Witrot	Door schimmelaantasting veroorzaakt wit verkleurd hout
Zachtrot	Door schimmelaantasting veroorzaakt extreem vochtig hout
Zwam	Schimmel
Zwamvlok	Een vertakt stelsel van schimmeldraden of hyfen

LITERATUUR

Ainsworth, G.C. (1973), Introduction and keys to higher taxa. In: The fungi: An Advanced Treatise, IVB, (Ainsworth, G.C., Sparrow, F.K. & Sussman, A.S., eds), pp. 1-7. London and New York, Academic Press .

Alexopoulos, C.J. & C.W. Mims (1979), Introductory Mycology, 3rd edition, New York, Wiley.

Bech-Andersen, J. (1985), Basische Baustoffe und begrenzte Feuchtigkeitsverhältnisse; Antworten auf die Frage, warum der Echte Hausschamm nur in Häusern vorkommt. In: Material und Organismen, 20 (4), 301-310.

Bech-Andersen, J. (1987), The Influence of the Dry Rot Fungus (*Serpula lacrymans*) in vivo on Insulation Materials. In: Material und Organismen, 22(3), 191-202.

Beenen, T. & R. Hooghiemstra (zj), Vochtproblemen; oorzaken en oplossingen voor vochtproblemen in uw huis, Delft, Wetenschapswinkel (TU-Delft).

Bel, H. (1988), Juridische wegen voor huurders bij vochtoverlast; onderzoek naar de effectiviteit van de juridische aanpak van vocht in huurwoningen, Utrecht, Wewi Rechten (RUU).

Berg, M.H. van den & I.'t Hart (1991), Houtverduurzamingsmiddelen: risico's voor mens en milieu. Utrecht, Wetenschapswinkel Biologie (RUU).

Bravery, A.F. & C. Grant (1985), Studies on the growth of *Serpula lacrymans*. In: Material und Organismen, 20(3), 171-192.

Bronswijk, J.E.M.H. van (1981), House dust biology for allergists, acarologists and mycologists, Zeist, NIB.

Bruhn, S. (1994), Methode zur Bestimmung der Ausbreitung des Echten Hausschwammes, am Beispiel der Schrotholzkirche in Wespen. In: Holz Zentralblatt, vol. 120 (136), p. 2276.

Buchwald, G. (1990), Über das Vorkommen von *Serpula lacrymans* (Wulf.: Fr) Schröter in der Bundesrepublik Deutschland. In: Zeitschrift für Mykologie, Band 56 (1), 70-86.

BW (1992), Burgerlijk Wetboek: Boek 7 (bijzondere overeenkomsten), titel 1 (koop en ruil), afdeling 2 (verplichtingen van de koper), artikel 17 en 18.

Cartwright, K. St. G & W. P. K. Findley (1945), Dry rot in wood. In: Bull. For. Prod. Res., London, No. 1, 4th Ed.

Coggins, C.R., D.H. Jennings & R.W. Clarke (1980), Tear or drop formation by mycelium of *Serpula lacrymans*. In: Transactions of the British Mycological Society 75, 63-67.

Cymorek, S. & B. Hegarty (1986), Differences among Growth and Decay Capacities of 25 old and New Strains of the Dry-rot Fungus *S. lacrymans* using a Special Test Arrangement. In: Material und Organismen, 21(4), 237-250.

Desowag (1987), Basiment NT. In: Technisch Informatieblad (Flexchemie, Ridderkerk).

Dobson, J. , J.M. Power, J. Singh & S.C. Watkinson (1993), The Effectiveness of 2-Aminoisobutyric Acid as a Translocatable Fungistatic Agent for the Remedial Treatment of Dry Rot Caused by *Serpula lacrymans* in Buildings. In: International Biodeterioration & Biodegradation 31, 129-141.

Doi, S. (1989), Evaluation of preservative-treated wooden sills using a fungus cellar with *Serpula lacrymans* (Fr.) Gray. In: Material und Organismen 24(3), 217-226.

Doi, S. & I. Togashi (1990), Utilization of soil components by *Serpula lacrymans*. In: Material und Organismen, 14, 25/3, 201-209.

Elliot, M.L. & S.C. Watkinson (1989), The Effect of alfa-Aminoisobutyric Acid on Wood Decay and Wood Spoilage Fungi. In: International Biodeterioration 25, 355-371.

Esser, P.M. (1994), Inspectie en detectie van huiszwam. In: Huiszwam niet leuk in huis; verzamelbundel van lezingen gehouden op een studie-en informatiedag op 25/03/94, Delft, Centrum voor Houttechnologie/Gemeentelijk Woningbedrijf Rotterdam.

Esser, P.M. & A.C.Tas (1992), Detection of dry rot by air analysis. Paper prepared for the 23d Annual Meeting Harrogate, United Kingdom, 10-15 May 1992 (Document No IRG/WP/2399-92).

Falck, R. (1912), Die Meruliusfäule des Bauholzes. Neue Untersuchungen über Unterscheidung, Verbreitung, Entstehung und Bekämpfung des echten Hausschwammes. In: A. Möller: Hausschwamforschungen, Jena (G. Fischer Verlag), Heft 6, 1012, 405 pp.

Frontling, R.A. (1988), Overview of medically important antifungal azole derivations. In: Clin. Microbiol. rev. vol. 1, no. 2, 187-217.

Gray, W.D. (1959), The relation of fungi to human affairs, New York, Holt and Company.

Groot, B. en F. Woudenberg (1993), Advies bestrijdingsmiddelen tegen huiszwam. In: Huiszwam niet leuk in huis; verzamelbundel van lezingen gehouden op een studie-en informatiedag op 25/03/94, Delft, Centrum voor Houttechnologie/Gemeentelijk Woningbedrijf Rotterdam.

Groot, K.E. de & E.H. Heuvelman (1990), Informatiebundel Houtverduurzaming, 's-Gravenhage, VROM (1990/9).

Harmsen, L. (1967), Traeodelaggende de svampe go dyr. Tastrup, Tekn. inst., 1967.

Hegarty, B., G. Buchwald, S. Cymorek & H. Willeitner (1986), Der Echte Hauschwamm immer noch ein Problem? In: Material und Organismen, 21(2), 87-100.

Hegarty, B., U. Schmidt & W. Liese (1987), Light and Electron Microscopical Investigations on Basidiospores of the Dry Rot Fungus *Serpula lacrymans*. In: Material und Organismen, 22(3), 179-190.

Hickin, N.E. (1963), The dry rot problem, London, Hutchinson.
(The Rentokil Library)

Hudson, H.J. (1986), Fungal Biology, London, Arnold.
(Contemporary Biology)

Jennings, D.H. (1990), The role of droplets in helping to maintain a constant growth rate of aerial hyphae. In: Mycological Research, 95 (7), 883-884.

Jonge, J.T. de (1991), Schijnwerpers op de huiszwam (*Serpula lacrymans*). In: Dierplagen en Milieu, 39, 2/3.

Kirk, T.K. & R.L. Farrell (1987), Enzymatic "combustion" : the microbial degradation of lignin. In: Annual Review of Microbiology, 41, 465-505

Kurpik, W. & Wazny, J. (1978), Letaltemperaturen für die holzerstörenden Pilze *Coniophora Puteana* und *Gloeophyllum sepiarium* (Wulf.) Karst. In: Material und Organismen, 13, 1-12.

La Brijn, J. & J.W.P.T. v.d. Drift (zj), Het herkennen en bestrijden van hout-aantasters, Delft, Houtinstituut TNO.

Leclercq, A. (1983), Azaconazole, a Potential New Wood Preservative; I: Preliminary Results Concerning White and Brown Rot Fungi. In: Material und Organismen, 18/1, 65-77.

Leupen, M.J. (1982), Vocht in huis. In: Natuur en Techniek, 50, 8.

Leupen, M.J. & H. Varekamp (1966), Some constructional and physical considerations concerning the micro-climatological conditions affecting growth of the house-dust mite. In: Proceedings Vth Interasma Congress, 18-20 May 1966.

Liese, W. & O. Schmidt (1976), Hemmstoff-Toleranz und Wuchsverhalten einiger holzzerstörender Basidiomyceten im Ringschalentest. In: Material und Organismen, 11/2, 97-108.

Meinema, J. (1994), Aanpak huiszwam op gemeentelijk niveau. In: Huiszwam niet leuk in huis, Delft/Rotterdam, Centrum voor Houttechnologie TNO/Gemeentelijk Woningbedrijf Rotterdam. (Bundel tgv een studie-en informatiedag op 25/03/94).

Militz, H. (1994), Houtpillen: verduurzaming met een gebruiksaanwijzing. In: Houtwereld '94 - 3, 32-37.

Mooiman, A. (1993), Non destructieve bestrijding van de huiszwam (*Serpula lacrymans*), Delft, TNO-bouw.

Moreau, C. (1980), Larousse Paddestoelen Encyclopedie, bew. door P. van der Veken, Hasselt, Heideiland-Orbis/Kosmos.

Morel, S.A.A. & E.S. Weitenberg (1990), Doe-het-zelf-verven: milieu en gezondheid, Utrecht, Wetenschapswinkel Biologie (RUU).

Naar, L. (1986), De behandeling van vochtklachten in woningen, Rotterdam, Stafbureau Nationaal Isolatie Programma.

NWR (1984), Analyse van 72 vochtonderzoeken in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Almere, Nationale Woning Raad.

Overbeek, H. van (1990), Huiszwam, een "slopende ziekte" in de renovatie. In: BouwWereld 86, nr. 23, 40-42.

Paice, M.G., I.D. Reid, R. Bourbonnais, F.S. Archibald, S.L. Jurasek (1993), Manganese peroxidase produced by *Trametes versicolor* during pulp bleaching,

demethylates and delignifies kraft pulp. In: Applied and Environmental Microbiology, 59, 260-265.

Raab, P. Chr. (1991), Vraatzuchtige huiszwam moeilijk te verwijderen gast. In: Renovatie & Onderhoud, Nr. 2, febr.

Ramsbottom, J. (1953), Mushrooms and Toodstools, London, Collins, p. 233-246.

ReWi, (1995), Onderhoud van de huurwoning, Utrecht, Vereniging Rechtswinkel (Sectie Wonen).

Reijnders, L. (1991), Bestrijdingsmiddelen, Amsterdam/Meppel, Boom. (Reeks: Milieu-informatie).

Ritschkoff, A. & L. Viikari (1991), The production of extracellular hydrogen peroxide by brown-rot fungi. In: Material und Organismen, 26(2), 157-167.

RIVM (1988), Zorgen voor morgen; Nationale milieuverkenning 1985-2010 (onderzoek in dienst van mens en milieu), 1ste dr, 2e opl., eindred. F. Langeweg, Alphen aan den Rijn, Samson/Tjeenk Willink.

RIVM (1987), Ontwerp basisdocument koper, door: W. Slooff, R.F.M.J. Cleven, J.A. Janus en J.P.M. Ros, Bilthoven, RIVM (rapportnr. 758474003).

RIVM (1989), Basisdocument chroom, door: W. Slooff, R.F.M.J. Cleven, J.A. Janus en P. van der Poel, Bilthoven, RIVM (rapportnr. 758701001).

RIVM (1990), Basisdocumentatie arseen, door: W. Slooff, B.J.A. Haring, J.M. Hesse, J.A. Janus en R. Thomas, Bilthoven, RIVM (rapportnr. 758701002).

Singh, J., J. Bech-Anderson, S.T. Elborne ea (1994), The Search for Wild Dry Rot Fungus (*Serpula lacrymans*) in the Himalyas. In: Journal of the Institute of Wood Science, 1994, 411-412.

Verhoeff, A.P., J.H. van Wijnen & M. Waegemaekers (1990), De behandeling van klachten over het binnenmilieu van woningen - een leidraad voor de dagelijkse praktijk, Utrecht, Chemiewinkel (RUU).

VROM (1985), Bestrijdingsmiddelen, Gids voor de huishouding, Deel 1, 's-Gravenhage, Min. van VROM.

VROM (1987), Aanpak van vochtproblemen in woningen, 's-Gravenhage, Ministerie van VROM.

VROM (1988), Wonen in een gezond binnenmilieu; door D. Douwes, S.M. Bodmer-Sluis, J.W. Masséus ea, 's-Gravenhage, Ministerie van VROM.

VROM (1989), Vocht in huis, doe er wat an, 's-Gravenhage, Ministerie van VROM (Brochure).

VROM (1992), Huiszwamenquête; onder red. van Hoofdinspectie Milieuhygiene Afdeling Bestrijding van Dierplagen. In: Dierplagen en Milieu, Jrg. 40, nr. 3.

Wagenführ, R. en A. Steiger (1966), Pilze auf Bauholz, 2 Auflage, Wittenberg Lutherstaat, Ziemsen.

Watkinson, S.C. (1984), Inhibition of growth and development of *Serpula lacrymans* bij the non-metabolised amino acid analogue alfa-aminoisobutyric acid. In: FEMS Microbiology Letters 24 (2-3) 247-250.

Webster, J. (1977), Introduction to Fungi, Cambridge, Cambridge University Press.

Wemag (zj), Een vochtige woning en uw gezondheid, Wageningen, Werkgroep Milieu, Arbeid en Gezondheid.

White, N.A., E.J. Buultjens en J.W. Palfreyman (1995), Induction of transient thermotolerance in *Serpula lacrymans* and *S. himantioides* following exposure to supraoptimal (sublethal) temperatures. In: Mycological Research 99 (9): 1055-1058.

Wieringen, H. van & L. Rijnders (1985), Bestrijdingsmiddelen in en om huis, 4de herz. dr., Utrecht, Stichting Natuur en Milieu (Reeks Natuur en Milieu, nr. 17).

Advies en onderzoek

Consumentenbond
Leeghwaterplein 26
2512 CV Den Haag
Tel.: 070 3847400

Hoofdinspectie Milieuhygiëne
Afdeling Bestrijding Dierplagen
Postbus 350
6700 AJ Wageningen
Tel.: 0317 419061

Landelijke Ombudsteam Stadsvernieuwing
Oude Gracht 86
1811 CM Alkmaar
Tel.: 072 5117137
Gratis adviezen over vochtproblemen

Nationale Woningraad
Postbus 50051
1305 AB Almere
Tel.: 03240-91911
Onderzoek naar vochtorzaken

Nederlands Verbond van Huurders
Postbus 1157
7801 BD Emmen
Tel.: 0591 614144
Bouwkundige en juridische adviezen

Nedon
Ubbo Emmiusingel 19
9711 BB Groningen
Tel.: 050 3121212 Fax: 050 3121270
Onafhankelijk adviesbureau

TNO, Centrum voor Houttechnologie
Postbus 49

2600 AA Delft
Tel.: 015 2842000
Onderzoek

Stichting Bouw hulp
Postbus 2133
5600 CC Eindhoven
Tel.: 040 2445758
Gratis (telefonische) bouwkundige en juridische adviezen

Stichting Milieudefensie
Postbus 20050
1000 HB Amsterdam
Tel.: 020 6221366
Informatie over gebruik van bestrijdingsmiddelen

Stichting Natuur en Milieu
Donkerstraat 17
3511 KB Utrecht
Tel.: 030 2331328
Algemene informatie over bestrijdingsmiddelen

Stichting Voorlichting Energiebesparing Nederland
Postbus 503
7300 AM Apeldoorn
Tel.: 055 5497911
Informatie over isolatie/vocht/ventilatie

Vereniging Eigen Huis
Postbus 725
3800 AS Amersfoort
Amersfoort
Tel.: 033 4600777
Bouwkundige en juridische adviezen

Woonbond
Nieuwe Achtergracht 17
1018 XV Amsterdam
Tel.: 020 6223505
Adviezen voor huurders

Telefoonnummers voor rechtshulp zijn in het telefoonboek van verschillende grote steden te vinden.

Bestrijding

AURO-NL Natuurverven
Postbus 5056
1410 AB Naarden
Tel.: 035 6945717 Fax: 035 6941799

Conserduc/Renofors BV
Industrieweg 5
7944 HT Meppel
Tel.: 0522 251244 Fax: 0162 686044

Flexchemie BV
Westmolendijk 27
2985 XJ Ridderkerk
Tel.: 0180 426388 Fax: 0180 428211
Leverancier bestrijdingsmiddelen

Lamon Bedrijfshygiëne BV
Produktieweg 8
9301 ZS Roden
Tel.: 050 5012400 Fax: 050 5012988

Muraka
De Stoven 13-15
7206 AZ Zutphen
Tel.: 0575 5222030 Fax: 0575 522432

B.V. Rentokil Services
Postbus 52
2288 GD Rijswijk
Tel.: 070 3996564 Fax: 070 3191097

Schipper & Meijerink Groningen b.v.
Postbus 1717

9701 BS Groningen
Tel.: 050 3131843

Van Lierop Impregneerbedrijven B.V.
Postbus 52
2400 AB Alphen a/d Rijn
Tel.: 0172 433514
Nevenvestigingen:
Liempde (N-Br) Tel.: 0411 632647
Heerhugowaard Tel.: 072 5741856
Echt (L) Tel.: 0475 488378

Seashell
Molenpolderweg 48
4401 NR Yrseke
Tel.: 0113 572626 Fax: 0113 573430
Vochtbestrijding met schelpen

NB

Deze adressenlijst beoogt niet volledig te zijn

BIJLAGE 2

Schimmelsoort Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	Optimale groeitemperatuur °C	Optimale houtvochtigheid %	Groei-stop °C
Echte huiszwam	<i>Serpula lacrymans</i>	18 - 22	20	26
Wilde huiszwam	<i>Serpula silvester</i>	24 - 27	± 22	34
Kleine huiszwam	<i>Serpula minor</i>	22	± 20	26
Geelrandige huiszwam	<i>Serpula pinastri</i>	26	35 - 40	± 30
Witte poriëzwam	<i>Poria vaporaria</i>	26 - 27	40	37
Bruine kelderzwam	<i>Coniophora puteana</i>	22 - 26	55	34
Waaierzwam	<i>Paxillus panuoides</i>	23 - 26	50 - 70	28
Geurige schubzwam	<i>Lentinus lepideus</i>	27 - 31	± 30 - 40	39
Plaatjeshoutzwam	<i>Gloeophyllum abietina</i> <i>G. sepiarium</i>	29,5 35	38	36 - 42

**Fysiologische eigenschappen van de belangrijkste houtschimmels
(Wagenführ & Steiger, 1966)**

Alkyldimethylammoniumchloride

Voor preventief gebruik als houtverduurzamingsmiddel of als curatief middel ter bestrijding van schimmels in en op muren en ook op oppervlakken die zich onder de begane grondvloer bevinden, kan men gebruik maken van middelen op basis van alkyldimethylbenzylammoniumchloride (490g/l). Deze middelen moeten worden verdund met of opgelost in water.

Toel. nr. Merknaam Gehalte in g/l

8866	NBasiment NT	490
10785	NConserduc NT	490
8867	NProtex BKC	490

Overzicht toegelaten fungiciden met als werkzame stof Alkyldimethylbenzylammoniumchloride (VROM, 1992)**Koper, chroom (CC)**

Houtverduurzamingsmiddelen die mogen worden toegepast in een vacuumdruk- en drukmethode of drenken. Deze middelen op basis van koper en chroom (zgn CC-middelen) dienen ter voorkoming van eventuele aantasting door schimmels (preventieve toepassing). De middelen zijn als pasta of als zout verkrijgbaar. Ze moeten worden verdund met of opgelost in water.

Toel. nr. Merknaam

10615	NBasilit KM
6793	NCelcure
9886	NCelcure
8633	NKan KC zout
6800	NSuperwolmanzout B

Overzicht van toegelaten fungiciden op basis van koper en chroom (CC-middelen) (VROM, 1992)

Azaconazole

Toegelaten voor het gebruik als preventief houtverduurzamingsmiddel en als middel ter bestrijding voor houtaantastende schimmels. Op de markt zijn formuleringen die met water moeten worden verdund en kant en klare middelen op basis van organisch oplosmiddel.

Toel. nr. Merknaam Gehalte in g/l

9797 NBasiment AZ52,5 (vc)
9873 NDefence 6 OLN6 (spvl)
9872 NDefence 50 SLN52,5 (vc)
9716 NRodewod 6 OL6 (spvl)
9599 NRodewod 50 SL52,5 (vc)
9885 NXyladecor6 (spvl)
9796 NXylamon PBA6 (spvl)

Overzicht toegelaten fungiciden met als werkzame stof Azaconazole (VROM, 1992)

vc=vloeibaar concentraat; spvl=spruitvloeistof

Natriumpolyboraat/boorzuur/borax

Voor gebruik als preventief houtverduurzamingsmiddel of als curatief middel ter bestrijding van schimmels in muren kan men gebruik maken van bestrijdingsmiddelen op basis van natriumpolyboraat (resp. 161 g/l en 98,5%) en/of boorzuur en/of borax. Hout verwerkt in gebouwen mag niet ter plaatse worden behandeld. Deze bestrijdingsmiddelen moeten worden verdund met of opgelost in water.

**Toel. nr.MerknaamGehalte
in g/l; %**

7939 NBasilit B98,5%
9643 NBasilit B vlb63% boorzuur
8694 NBasilit Dreifach KD29% boorzuur
10090 NConserduc Bor vlb63% boorzuur
9542 NDiffusit12% (als B)
9338 NImpralit-B 130,0/30,0/15,6%
9449 NImpralit F3/665,2% (als B)
9851 NProtex BL63% boorzuur

**Overzicht van toegelaten fungiciden met als werkzame stof natriumpoly-
boraat en/of boorzuur en/of borax (VROM, 1992)**

vlb=vloeibaar

Resten van bestrijdingsmiddelen en de verpakkingen dienen te worden beschouwd als klein chemisch afval. Geadviseerd wordt de resten in te leveren bij het depot voor klein chemisch afval van uw gemeente.

(Bron: Ministerie van VROM, Hoofdinspectie Milieuhygiëne (Afdeling Bestrijding van Dierplagen, 1992)

BIJLAGE 4

Oraal DermaalInhalatoir

Zeer giftig < 25 < 50 < 0,5

Giftig 25 - 200 50 - 400 0,5 - 2

Schadelijk 200 - 2000 400 - 2000 2 - 20

LD50-waarden in mg/kg

EG-classificatie toxicologie voor de mens (Uit: Van den Berg & 't Hart, 1991)

BIJLAGE 5

Burgerlijk Wetboek (1992)

Boek 7, titel 1, afdeling 2, artikel 17 en 18

Boek 7: bijzondere overeenkomsten

Titel 1: koop en ruil

Afdeling 2: verplichtingen van de verkoper

Artikel 17 (Conformiteit)

- 1. De afgeleverde zaak moet aan de overeenkomst beantwoorden.
- 2. Een zaak beantwoordt niet aan de overeenkomst indien zij niet de eigenschappen bezit die de koper op grond van de overeenkomst mocht verwachten. De koper mag verwachten dat de zaak de eigenschappen bezit die voor een normaal gebruik daarvan nodig zijn en waarvan hij de aanwezigheid niet behoefde te betwijfelen, alsmede de eigenschappen die nodig zijn voor een bijzonder gebruik dat bij de overeenkomst is voorzien.
- 3. Een andere zaak dan is overeengekomen, of een zaak van een andere soort, beantwoordt evenmin aan de overeenkomst. Hetzelfde geldt indien het afgeleverde in getal, maat of gewicht van het overeengekomene afwijkt.
- 4. Is aan de koper een monster of model getoond of verstrekt, dan moet de zaak daarmee overeenstemmen, tenzij het slechts bij wijze van aanduiding werd verstrekt zonder dat de zaak daaraan behoefde te beantwoorden.
- 5. Bij koop van een onroerende zaak wordt vermelding van de oppervlakte vermoed slechts als aanduiding bedoeld te zijn, zonder dat de zaak daaraan hoeft te beantwoorden.

Artikel 18 (Conformiteit bij consumentenkoop)

Bij beoordeling van de vraag of een op grond van een consumentenkoop afgeleverde zaak aan de overeenkomst beantwoordt, gelden mededelingen die door of ten behoeve van een vorige verkoper van die zaak, handelend in de uitoefening van een beroep of bedrijf, omtrent de zaak zijn openbaar gemaakt, als mededelingen van de verkoper, behoudens voor zover deze een bepaalde mededeling kende noch behoorde te kennen of duidelijk heeft weersproken.

Met dank aan Irene Diomande en Chris Noordberger voor het beschikbaar stellen van fotomateriaal