

## AFLEVERINGEN

*Wat is VerzekerDe Bewaring?*

*Hoe kan u deze pdf optimaal bekijken?*

AUDIOVISUEEL MATERIAAL

BOEKEN EN BOEKBANDEN

ETNOGRAFISCH MATERIAAL

GLAS

IVOOR, BEEN, GEWEI EN SCHILDPAD

KARREN, WAGENS EN RIJTUIGEN

KERAMIEK

LEDER EN PERKAMENT

LICHT EN VERLICHTING

METAAL

MEUBILAIR

NATUURHISTORISCH MATERIAAL

OPENLUCHTSCULPTUREN

PAPIER

SCHILDERIJEN

**SCHIMMELS EN INSECTEN**

STEEN EN STEENACHTIGE MATERIALEN

TEXTIEL

# INHOUD AFLEVERING: SCHIMMELS EN INSECTEN

*Auteur: Leon Smets*



## VOORAF

## INSECTEN EN HUN KENMERKEN

## LEEFOMGEVING

## GEÏNTEGREERDE INSECTENBESTRIJDING

## BESTRIJDINGSMETHODEN

### IN DE BEWAAROMGEVING

### CHEMISCHE BESTRIJDINGSMIDDELEN

### UV-INSECTENVALLLEN

Het klimaat

Het behandelen van de objecten zelf

Toxische insecticiden

Fysische bestrijdingsmethoden  
lage temperatuur

Warmte

Gecontroleerde atmosfeer

## MEER OVER INSECTEN

### AANBEVOLEN LECTUUR

### LINKS

## KENMERKEN VAN BACTERIËN EN SCHIMMELS

## SCHADE DOOR SCHIMMEL

## SCHIMMEL BESTRIJDEN

## PERSOONLIJKE BESCHERMING

## SCHIMMELUITBRAAK NA WATEROVERLAST

## MEER OVER SCHIMMELS

### AANBEVOLEN LECTUUR

### LINKS

## FOTOREEKS: INSECTEN BESTRIJDEN MET LAGE ZUURSTOFCONCENTRATIE (ANOXIE)

## FOTOREEKS: INSECTEN



## VOORAF

Insecten en schimmels vormen een voortdurende bedreiging voor ons erfgoed. Ze kunnen ernstige schade toebrengen en ze zijn permanent aanwezig: schimmels als sporen in de lucht en insecten in diverse soorten, binnen- en buitenshuis. Ze tasten niet alleen de collecties aan, maar evenzeer het gebouw en de materialen. Ten minste als de omstandigheden gunstig zijn. Als we er geen bijzondere aandacht aan schenken, kunnen we insecten en schimmels al snel een uitnodigende habitat bieden. 'We zullen het probleem wel aanpakken van zodra het zich stelt' is geen goede politiek. Al te dikwijls treden we pas in actie als een aantasting duidelijke sporen begint na te laten. Dan is het wel erg laat, soms te laat. De infectie kan zich al sterk verspreid hebben; er wordt een beroep gedaan op giftige bestrijdingsmiddelen, er moet soms overgegaan worden tot restauratie of, in het ergste geval, tot het afstoten of vernietigen van voorwerpen of delen van de collectie. Waar het om gaat is het voorkomen van aantasting of van de verspreiding ervan, door een systematische en volgehouden geïntegreerde aanpak. Dit gaat zowel om preventie als om de juiste keuze van bestrijding.

## INSECTEN EN HUN KENMERKEN

Er bestaan honderdduizenden soorten van insecten. De variëteiten die we in onze leefomgeving, en dus ook in het museum of archief aantreffen, zijn gelukkig niet allemaal schadelijk. Musea of archieven die in een oud pand zijn gehuisvest, dat meestal minder hermetisch kan dichtgemaakt worden, bieden hen een aantrekkelijk onderkomen. Een bekend verschijnsel zijn bijvoorbeeld **klustervliegen (1)**, of lieveheersbeestjes, die in groten getale de zolder of andere lokalen opzoeken om te overwinteren. Geen prettige aanblik en flink wat overlast wanneer ze op warme dagen in de winter of in het voorjaar massaal tot leven lijken te komen. Maar geen rechtstreekse bedreiging voor de collecties. Uit de bonte insectenwereld vormt slechts een dertigtal soorten een direct gevaar voor onze museumcollecties en archieven. Om de vijand op afstand te kunnen houden en uit te schakelen, moeten we goed zijn karakteristieken en zijn doen en laten kennen.

Een algemeen kenmerk van insecten is dat ze een **buitenskelet (2)** bezitten, een soort van pantser, dat de inwendige zachte organen beschermt. Insecten ademen via openingen in het pantser en dus niet via longen.

Binnen het insectenrijk kan men twee hoofdgroepen onderscheiden: de insecten die een volledige metamorfose doorlopen en deze die zich ontwikkelen door onvolledige metamorfose.

Bij volledige metamorfose verloopt de levenscyclus van het insect in vier stadia. Uit het eitje komt de larve, die zich voedt om gestadig te groeien. Deze fase in het insectenbestaan duurt meestal het langst, soms enkele jaren, en is het meest destructief voor erfgoedcollecties. Is de larve volgroeid, dan zal ze verpoppen en korte tijd later herboren worden als volwassen insect. Tot deze categorie behoren de kevers, motten, vliegen, vlinders en bijen.

Bij de onvolledige metamorfose ontbreekt het larve- en popstadium; het insect dat uit het eitje kruipt (nymf) vertoont reeds alle kenmerken van het latere volgroeide exemplaar (imago). Onder andere luizen, kakkerlakken, zilver-, papier- en ovenvisjes vallen onder deze categorie.

De insecten die onze erfgoedcollecties als voedselbron verkiezen, kunnen we gemakshalve opdelen in drie typen, op grond van hun schadelijkheid, hun vreetgedrag en van de meest doeltreffende manier van bestrijden.

Een eerste categorie zijn de houtboorders. Zoals het woord aangeeft, leven zij in hun voedselbron, het hout of van de basisgrondstof hout vervaardigd materiaal zoals papier of papier maché. Het zijn de larven die het meest schadelijk zijn. Zij leven lange tijd – bepaalde soorten tot vijf jaar lang – in het hout, waarin ze, zich voedend, gangen boren. Ze laten boormeel (uitwerpsele) achter in de gangen. Ze zijn verlekkerd op het celulozehoudende materiaal, dat men tevens aantreft in papier en in boekbanden. De gaten en gangen van de zogenaamde 'boekenwurm' getuigen dus van de activiteit van de houtkeverlarve.

Eens de larve volgroeid is, boort ze zich een weg tot net onder het oppervlak om er te verpoppen. **De kever knaagt een gaatje en vliegt uit (3)**. Dit gebeurt over het algemeen in het voorjaar of de zomer. De kever zelf eet niet; hij leeft slechts enkele weken, genoeg om te paren en de



Klustervliegen © StepbyStep



Insecten bezitten een buitenskelet (voorbeeld: Bonte Knaagkever). Foto: KBIN



Bonte knaagkever vliegt uit. Foto: Andries Deknopper



minuscule eitjes af te zetten in openingen en scheuren in het houtoppervlak. In onze noordelijke landen zijn het vooral de wormen van de gewone houtkever (*Anobium punctatum*), van de grote houtkever, gewoonlijk bonte knaagkever of doodskloppertje genoemd (*Xestobium rufovillosum*) en van de **huisboktor** (*Hylotrupes bajulus*) (4) die het meest te duchten zijn. Ook de spinthoutkever (*Lyctys brunneus*) treft men nu en dan aan, zij het vooral in het nieuwe hardhout van parketvloeren, wandbekledingen en deuromlijstingen.

Bepaalde schadelijke motten en **kevers** (5) kiezen materiaal van dierlijke en plantaardige oorsprong uit (behalve hout) om hun nageslacht te kweken en te voeden. In dierlijk materiaal is keratine de hoofdproteïne (wol, zijde, haar, veren, hoeven, nagels, enz.). Ook hier zijn de larven de grote boosdoeners; ze leven op het oppervlak en soms dieper in het voorwerp dat hen als voedselbron dient. Zij grazen als het ware het oppervlak van hun biotoop af of vreten zich door het materiaal. Onder andere de larven van de pelsmot, de kleermot, van diverse soorten van tapijtkevers, tabakskever, spekkever e.a. gaan op die manier te werk.

De derde categorie vormen de kruipers, de insecten die in de ruimte rondkruipen en eten wat ze onderweg tegenkomen. In tegenstelling tot de twee vorige categorieën zullen ze uw collectiestuk niet benutten als woonplaats, maar het enkel degusteren en vervolgens een andere voedselbron opzoeken. Meestal gaat het om insecten met een onvolledige metamorfose, zoals kakkerlakken, zilversjies en ovenvisjes. Ze moeten bijgevolg niet enkel in of op het object bestreden worden, maar ook in de ruimte.

Daarnaast kan uw pand het bezoek krijgen van allerhande insecten (vliegen, wespen, vlinders, lieveheersbeestjes, pissebedden ...) die zich niet rechtstreeks te goed doen aan de collecties, maar die vuil produceren, sterven en aldus op hun beurt een voedselbron vormen voor andere, schadelijke insecten.

De uiterlijke kenmerken van de meest voorkomende insecten, de sporen van hun aanwezigheid, favoriete verblijfplaatsen, voedsel en aard van de schade hebben we in een overzicht samengebracht (**fotoreeks**), als hulp voor de identificatie. Voor uw eigen veldwerk zijn een goede (zak) lamp en een vergrootglas onmisbare instrumenten.

## LEEFOMGEVING

Zoals elk levend wezen zijn insecten afhankelijk van een aantal factoren om te kunnen overleven. Wanneer een van deze factoren wegvalt of tot extreme waarden opklimt of zakt, gaat het insect dood.

Insecten hebben zuurstof nodig, voor de verbranding van voedingsstoffen, als energieleverancier.

Voedsel is levensnoodzakelijk, ofschoon sommige insecten het verbazend lang zonder voedsel kunnen uithouden. Hun maaltijd bestaat uit organisch materiaal, dit wil zeggen: van dierlijke of plantaardige oorsprong. 'Gesausd' met vuil, vet, zweet of urine wordt het nog aantrekkelijker.

Insecten zijn koudbloedige wezens, wat betekent dat ze minder actief worden naarmate de temperatuur verlaagt. Zij functioneren het best tussen 15° en 35°C. Hun activiteit en procreatie zijn dus nauw verbonden met de omgevingstemperatuur. Bij blootstelling aan temperaturen boven 40°C treedt sterfte op.

Insecten houden van vocht. De meeste ontwikkelen zich best bij een vochtigheidsgehalte tussen 50 en 90% RV, ca. 70% is meestal optimaal. Een lage luchtvochtigheid betekent voor de meeste op korte (boekenluis) of langere termijn afsterven. Voor de meeste houtwormsoorten moet bovendien het vochtgehalte in het hout minstens 10% bedragen, best rond de 30% om een attractieve voedselbron te zijn.

Licht en duisternis zijn weliswaar niet echt levensnoodzakelijk, maar hebben wel een invloed op het gedrag van insecten. De diertjes zijn meestal lichtschuw en doen hun vernietigend werk bij voorkeur in het donker. Tijdens de paartijd, wanneer ze uitzwermen, gaan de volwassen insecten af op lichtbronnen, op zoek naar partners en voedsel. In die periode kan u hun kadavers aantreffen op de vensterbanken bij gesloten ramen, of in een strategisch opgestelde lichtval.

Het elimineren van een of enkele van deze levensnoodzakelijke elementen kan een doeltreffende afweer- of uitroeimethode zijn. Meer hierover in het hoofdstuk Bestrijdingsmethoden.



Huisboktor en larve. Foto: KBIN



De broodkever houdt ook van boeken. Foto: Koehler

4

5



## GEÏNTEGREERDE INSECTENBESTRIJDING

Om efficiënt te kunnen optreden tegen insecten in uw collecties, werkt u best volgens een logisch stappenplan. Daarin zou u het toepassen van actieve bestrijdingsmaatregelen – in het bijzonder het gebruik van toxische producten – als laatste en te vermijden stap moeten zien. Een belangrijk onderdeel van de geïntegreerde insectenbestrijding bestaat erin te vermijden dat insecten uw verzamelingen als aantrekkelijke en gemakkelijk toegankelijke behuizing en voedselbron ontdekken en benutten. Preventie dus, in plaats van louter aan symptoombestrijding te doen. Wanneer u pas bij een vastgestelde aantasting de strijd aanbindt, kan de schade al ernstige vormen aangenomen hebben. Het komt er dan op aan te achterhalen of de insecten nog actief zijn, hoe uitgebreid en verspreid de plaag is, wanneer, waar door en waar ze ontstaan is. U moet kunnen afwegen welke bestrijdingsmethode, die doeltreffend is en toch niet schadelijk voor mens, object en milieu, u zal kiezen, en hoe u zal verifiëren of de bestrijding efficiënt of afdoende is geweest. Kortom: om doeltreffend te kunnen optreden tegen het gevaar van insecten gaat u best te werk volgens een logisch en geïntegreerd stappenplan. Geïntegreerd betekent bovendien dat bij deze aanpak alle medewerkers betrokken zijn. Dat is absoluut nodig, niet alleen om de aanwezigheid van insecten tijdig op het spoor te komen – onderhoudspersoneel, bewakers en behoudsmedewerkers zullen vaak als eerste de aanwezigheid van insecten vaststellen – maar ook omdat voor het bestrijden ervan protocollen en procedures worden afgesproken, waar iedereen van op de hoogte moet zijn en deze nauwgezet moet opvolgen.

Een geïntegreerd insectenbestrijdingsplan bestaat uit vijf stappen:

**1.** Vooreerst **vermijden** dat insecten zich gemakkelijk thuis kunnen voelen in uw museum, archief, bibliotheek of depot. Dit kan u doen door ervoor te zorgen dat de ruimten, kasten, opbergmaterialen en objecten steeds **goed onderhouden (6)** zijn, ontdaan van stof en vuil (hygiënisch). Insecten worden immers aangetrokken door stof en schimmel – meestal in een voor het menselijk oog nauwelijks waarneembaar beginstadium –, door vet-, urine- of bloedsporen op oud textiel en door voedselresten. Dus als eerste vuistregel: géén lunch of tus-

sendoortjes in bewaar- of tentoonstellingsruimten!

**2.** Insecten **buitenhouden**. Dit lijkt geen evidente zaak voor een erfgoedinstelling die zich wagenwijd openstelt voor het publiek. Toch kan u heel veel doen om het risico te beperken dat insecten zich ongehinderd toegang kunnen verschaffen. Enerzijds kunnen tal van technische maatregelen doorgevoerd worden, zoals:

- ▶ het afdichten van gaten en scheuren in de muren;
- ▶ ramen en deuren gesloten houden of voorzien van een insectenhor;
- ▶ het dichtmaken van ongebruikte schoorsteen of rookkanaal;
- ▶ het verwijderen van verlaten vogelnesten in dakgoten en tussen muurbegroeiing;
- ▶ het gebruik van een zelfklevende inloopmat bij de ingang van depotruimten;
- ▶ borstelstrips onder de deuren.

Anderzijds door organisatorische schikkingen. Zo is het belangrijk om binnenkomende objecten, boeken- en archiefbestanden te controleren op de aanwezigheid van schimmel en insecten, ook bij terugkerende bruiklenen. Zeker wanneer u vermoedt dat de voorwerpen in minder gunstige omstandigheden werden bewaard. Bij twijfel plaatst u de voorwerpen best eerst in quarantaine voor nazicht en/of behandeling, tot u zekerheid hebt dat ze schimmel- en pestvrij zijn.

Ook medewerkers en bezoekers kunnen insecten binnenbrengen. Vermijd daarom jassen en tassen in de onmiddellijke nabijheid van collecties. En nogmaals: geen smikkelen en kruimelen op de werkvloer tussen de collecties en bestanden! De reukzin van insecten is fenomenaal, sommige soorten kunnen bepaalde geuren op een kilometer afstand waarnemen.

Leveren planten en bloemen, houtblokken en tentoongestelde etenswaren in het museum dan geen mogelijk risico? Dat is inderdaad zo. In geval er geen geschikte alternatieven zijn zoals het verplaatsen van alle bloemen en groen naar collectievrije zones (hal, cafetaria ...) of het vervangen van houtblokken en voedingswaren door goede replica's in kunststof, moet u deze natuurlijke materialen regelmatig grondig inspecteren; de meeste kun-



Foto: Annemie America, stad Hasselt



nen trouwens tegen insecten behandeld worden voor ze tussen de collecties terechtkomen.

**3.** Een belangrijk aandachtspunt, voor iedere medewerker binnen de organisatie, is het tijdig opmerken en signaleren van sporen van schimmel en insectenactiviteit. Op regelmatige basis zou er **controle en inspectie** moeten gebeuren van zowel het gebouw als van de collecties of bestanden. Een eerste visuele controle kan al belangrijke indicaties opleveren. Voor het opsporen van insectenactiviteit moet u vooral kijken naar:

- ▶ boormeel en uitvliegaten in houten objecten
- ▶ dode insecten of delen van insecten in de buurt van objecten, op vensterbanken en in lichtvallen
- ▶ **vervellingshuidjes van larven bij de objecten (7)**
- ▶ diverse schadebeelden zoals: gaten in wol en zijde, lacunes in pels of verenpak van opgezette dieren, vervuiling aan de oppervlakte van of rond voorwerpen, desintegratie van insectenspecimens
- ▶ verzwakt en onregelmatig gerafeld papier

Sporen van insectenactiviteit zijn niet altijd gemakkelijk te onderscheiden. Ga daarom systematisch te werk bij het inspecteren en neem een goede zaklantaarn en vergrootglas mee. Insecten zijn schuw en kiezen een rustige, donkere en niet te nette omgeving voor hun activiteiten. Richt uw aandacht dus extra op donkere, verlaten hoeken en kanten van het gebouw, op slecht onderhouden zones en op afgedankte objecten, restanten van vroegere tentoonstellingen en oude verpakkingen. Kijk zowel naar de tentoongestelde objecten als naar de binnenkant van vitrines en – vooral – naar de voorwerpen in depot. Belangrijk is om ook in de verpakkingen te inspecteren, zeker bij objecten uit wol, bij kledij en dierenhuiden, en in de zakken, onder de kragen en in de vouwen van kledingstukken. Controleer meubels ook aan de binnenzijde, in de laden en aan de achterzijde, waar vaak een voor insecten aantrekkelijke mindere kwaliteit van hout, zonder afwerklaag, is gebruikt. Als praktisch hulpmiddel kan een wit of zwart vel papier gelegd worden bij of onder de plaats waar u houtwormactiviteit vermoedt. Sporen van boormeel worden zo vlugger opgemerkt.

Een tweede zeer nuttig detectiemiddel is de **plakval (8)**.

Het is het instrument bij uitstek om een beeld te krijgen van de ernst en omvang van de insectenaanwezigheid. Door er strategisch gebruik van te maken, kunnen dergelijke vallen als monitoringsysteem dienen, om de soorten, concentratie en toe- of afname van insectenpopulaties in kaart te brengen. Een eenvoudige plakval is een kartonnen driehoekige ‘tent’, ook wel ‘Deltatrap’ genoemd, met een kleefvlak als bodem. Vooral kruipende insecten zoals zilvertisjes, boekenluis, tapijtkever enz. kunnen er in komen vast te zitten. Een langwerpige val met opstaande randen is aantrekkelijker voor de kakkerlak, die zich graag in donkere berguimten verschuilt. Er bestaan plastic uitvoeringen van dergelijke vallen, die duurzamer zijn en waterbestendig. **Mottenplakvallen (9)** zijn groter van formaat, waarbij de drie zijden van de driehoek met de kleefstof zijn bekleed. Ze kunnen in de ruimte opgehangen worden en ze worden doorgaans voorzien van een feromoon. Feromonen zijn chemische geur- en lokstoffen die het (seksuele) gedrag van soortgenoten beïnvloeden. De aanwezigheid van dergelijke lokstof in een kleefval maakt de pakkansen vele malen groter: niet enkel een toevallige voorbijganger belandt in de val, maar alle mannelijke exemplaren uit de ruime omgeving worden onweerstaanbaar aangelokt door de geurtube of -pastille. Helaas zijn er slechts voor enkele insectensoorten feromonen verkrijgbaar: de tabakskever, de gewone tapijtkever, de zwarte tapijtkever, de kleermot en de pelsmot. Aangezien enkel mannelijke exemplaren worden aangetrokken, is er geen gevaar op voorplanting.

Om zoveel mogelijk informatie te halen uit het werken met kleefvallen, moet u systematisch te werk gaan:

- ▶ plan zorgvuldig waar u de vallen gaat plaatsen, bij voorkeur in een regelmatig patroon (zie schema). Plaats ze op de grond in de hoeken en langs de randen, niet in de open ruimte. De meeste kruipers hebben immers pleinvrees. Plaats er ook enkele in de buurt van ‘gevoelige’ collectiestukken.
- ▶ Noteer op elke val de datum van plaatsing en van controle, en een nummer. Noteer deze gegevens op een grondplan.
- ▶ Controleer de vallen regelmatig, minstens viermaal per jaar. Noteer in een **logboek** welke insecten gevangen werden, hoeveel en in welk stadium (larve, imago)



Huidjes van de keverlarven die een entomologische collectie vernielen. Foto: KBIN



Plakval tussen objecten in depot. Foto: Leon Smets



Mottenplakval. Foto: Leon Smets

7

8

9



- Vervang de vallen wanneer ze vuil geworden zijn of wanneer er al talrijke insecten – ook de niet-schadelijke – in vastkleven. Hun geur trekt immers als voedingsbron andere insecten aan.

**Waar houden insecten zich bij voorkeur schuil en ontstaan er broeinesten in oude gebouwen? (10) en (11)**

**4.** Wanneer er insectenactiviteit is vastgesteld, moet u trachten alle aangetaste voorwerpen te lokaliseren en deze te isoleren, om **verspreiding te voorkomen**. Pak ze in in een (polyethyleen) plastic zak en breng ze over naar een quarantaineruimte, waar ze voorlopig verpakt kunnen bewaard worden en verder kunnen nagekeken worden.

Wat verstaan we onder nakijken?

- Identificeer de insectensoort, de aard en omvang van de schade en kijk na of er in de buurt andere objecten zijn aangetast, of er m.a.w. sprake kan zijn van een plaag.
- Vervolgens kan beslist worden over de bestrijdingsmethode, zowel van het object als van de omgeving.
- Ga meteen op zoek naar de bron van de aantasting.

De staanplaats en directe omgeving van de aangetaste stukken moeten grondig gereinigd worden, om verdere besmetting (achtergebleven eitjes, larven) tegen te gaan. Verzamel ter plekke gevonden sporen (**larven (12)**, larvenhuidjes, poppen, imago of fragmenten) voor de correcte determinatie van de soort.

Breng uw collega's op de hoogte. Alle medewerkers moeten immers alert zijn en blijven voor het buitenhouden en detecteren van insectenpest.

**5.** Als de voorkomingsmaatregelen gefaald hebben, moet u overgaan tot het **bestrijden** van de aantasting. Hiervoor bestaan er diverse methoden, die globaal in twee categorieën zijn op te delen: de toxische en de niet-toxische bestrijdingsmethoden.

## BESTRIJDINGSMETHODEN

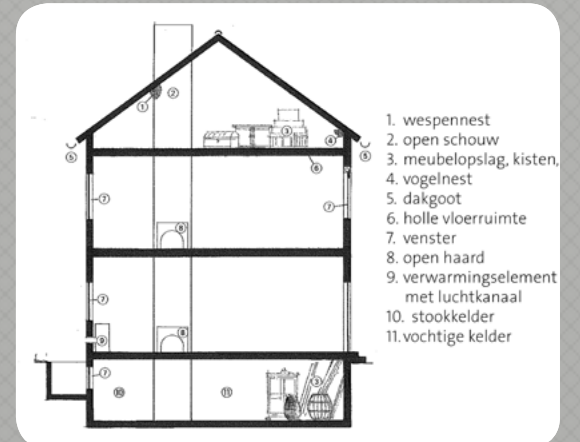
In de huis-, tuin- en keukensfeer grijpt men meestal naar kant-en-klare insectenvangers en -verdelgers, type lijm-spiraal, spuitbus (spray), citronellastekker, en zelfs nog de ouderwetse mottenballen (met naftaleen of paradichloorbenzeen). De meeste van deze producten behoren tot de chemische bestrijdingsmiddelen en deze worden alsmat sterker gereguleerd omwille van de milieu- en gezondheidseffecten. Voor de toepassing in de insectenbestrijding bij erfgoedobjecten is daarenboven de schadelijkheid voor materialen, kleuren, afwerkklagen e.d. in het geding, zodat extra bedachtzaamheid en zorgzaamheid geboden zijn bij de keuze van de bestrijdingsmethode en -producten. Gelukkig zijn er daarnaast de fysische en niet-toxische chemische bestrijdingsmethoden die steeds meer op punt gesteld en ingezet worden.

- Onder fysische methoden verstaan we de lage en hoge temperatuuroepassingen, de gammastralen en de microgolven.
- De niet-toxische chemische bestrijding bestaat uit het werken met gecontroleerde atmosfeer, meer bepaald de lage zuurstof- of hoge stikstofconcentratie, en de hoge kooldioxideconcentratie.

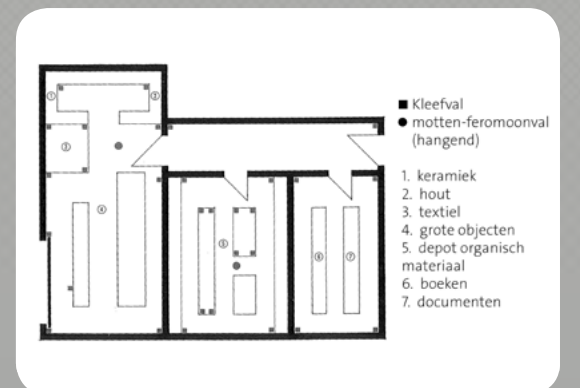
Wat zijn de mogelijkheden, beperkingen en toepassingsvoorwaarden van deze methoden?

Bedenk dat u steeds moet afwegen voor welke bestrijdingsmethode u kiest, op basis van vier elementen:

- 1.** De toestand waarin het voorwerp verkeert: de structuur van een aangetast object kan bijvoorbeeld dermate verzwakt zijn dat manipulatie en verplaatsing bijzondere eisen stelt.
- 2.** Het type van insect dat moet bestreden worden: bij houtborende insecten is een klassieke oppervlaktebehandeling met een vloeibaar verdelgsmiddel vaak ontoereikend omdat het product niet voldoende diep in het aangetaste hout doordringt, ook na injectie van het product.
- 3.** De materiaalsamenstelling van het voorwerp: objecten met kostbare of fragiele afwerkklagen, of van een complexe of laminaire opbouw kunnen door bepaalde bestrijdingsmiddelen of -methoden schade oplopen. Zo



(afbeelding uit *Das Museumsdepot. Grundlagen, Erfahrungen, Beispiele*, Munchen, 1998, p. 113).



(afbeelding uit *Das Museumsdepot. Grundlagen, Erfahrungen, Beispiele*, Munchen, 1998, p. 118)



larven van de museumkever. Foto: KBIN



kunnen vloeibare insecticiden oplosmiddelen bevatten die vergulding, vernis- en andere afwerkklagen aantasten, of worden sommige complex samengestelde voorwerpen beter niet aan een warmte- of koudebehandeling blootgesteld.

**4.** De praktische en economische haalbaarheid. Moeten de objecten getransporteerd worden? Welke apparatuur is vereist? Hoelang duurt een behandeling, en welke kostprijs is eraan verbonden?

Insecten bestrijdt u op twee terreinen: enerzijds in de ruimte waar u de objecten bewaart of presenteert, en anderzijds in of op het aangetaste object zelf.

Wanneer we de behoeften van het insect bestuderen om te overleven en zich voor te planten – de factoren werden hierboven al opgesomd – dan hebt u al in belangrijke mate het heft in handen om de strijd succesvol aan te binden.

#### IN DE BEWAAROMGEVING

Rondvliegende en kruipende insecten in archief- of objectenbewaarplaatsen – ook al hebben ze het niet op de verzameling gemunt – verontrusten elke toegewijde erfgoedbeheerder, die onverwijld op zoek zal gaan naar de meest doeltreffende bestrijding. Ofwel wordt er meteen naar insecticiden gegrepen, ofwel kunnen er andere methoden worden ingezet die geen residu's nalaten – tenzij de verhoopte insectenkadavers ... Deze methoden zijn: de uv-insectenval, temperatuurverlaging en verlaging van de relatieve vochtigheid.

#### CHEMISCHE BESTRIJDINGSMIDDELEN

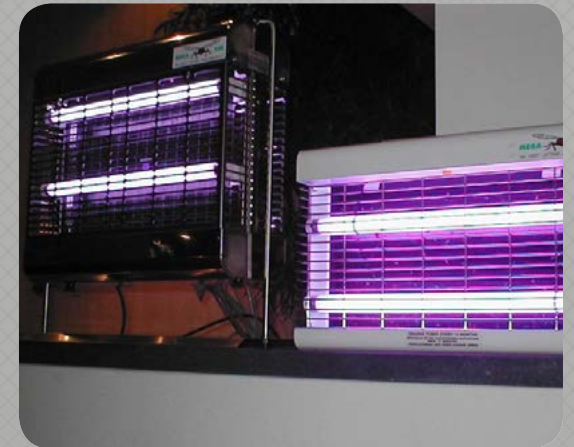
Chemische bestrijdingsmiddelen kennen we onder de vorm van verstuivers en verdamperen. De spuitbussen in de handel bevatten over het algemeen pyrethrinen: ofwel van natuurlijke herkomst (pyrethrum) of op basis van synthetische pyrethroiden (o.a. permethrin, deltamethrin, tetramethrin ...). Het natuurlijke pyrethrum is voor insecten zeer giftig. Het veroorzaakt een snel 'knock down' of val dood-effect: contact met dit zenuwgif is zeer snel dodelijk voor insecten, maar voor mens en huisdier nog vrij onschuldig, gezien de lage dosis. Bovendien breekt het gif onder invloed van het zonlicht snel af. De synthetische pyrethroiden zijn persistenter; ze kunnen een aantal weken in het milieu aanwezig blijven en heb-

ben daardoor een langere werking als residu. Door ze te spuiten langs de loopwegen van de kruipende insecten, meer bepaald langs vloerranden, in hoeken en op legborden, nemen ze het vergif op dat hun zenuwstelsel aantast. Een niet-giftig alternatief zijn de desiccatie-insecticiden, zoals amorf siliciumdioxide. Het tast de cuticula aan, de harde buitenlaag van het uitwendige skelet, waardoor het insect gedehydrateerd wordt.

De in de handel verkrijgbare spuitbus met pyrethroiden zorgt voor een kortstondige nevel en velt de vliegende en kruipende insecten die ermee in contact komen. Met aerosols of puffers kunnen automatisch op regelmatige tijdstippen wolken van dit product in de lucht verspreid worden, een methode die vooral wordt toegepast in geval van een acute plaag van rondzwermende motten of kevers.

Tot de 'verdamperen' behoren de zogenaamde 'mottenballen' en de Vaponastrip. Deze laatste is een merknaam voor een met het insecticide dichloorvos (DDVP) geïmpregneerde plastic strip, waaruit dit gif door verdamping langzaam vrijkomt. Deze organische fosfaatverbinding werkt op het zenuwstelsel en heeft snel een dodelijk effect bij hoge concentratie in een besloten omgeving (bijvoorbeeld een vitrine). De stof wordt echter beschouwd als mogelijk kankerverwekkend en is bijvoorbeeld niet meer toegelaten in gewasbeschermingsmiddelen.

Gechloreerde koolwaterstoffen behoren eveneens tot de zenuwgiften. Het beruchtste bestrijdingsmiddel uit deze groep is DDT, dat al vele jaren verboden is. Paradichloorbenzeen wordt daarentegen nog steeds gebruikt als mottenwerend product in de gekristalliseerde vorm van mottenballen, die het gif langzaam laten vrijkomen. Andere mottenballen zijn gemaakt van het eveneens als kankerverwekkend beschouwde naftaleen. Deze producten laten een pregnante geur na, die letterlijk in de kleren blijft hangen. In hoge concentraties zijn ze dodelijk voor motten en larven, maar men ging er vooral van uit dat de geur een voldoende afwerend effect zou hebben. Er wordt vaak gedacht dat bepaalde afweermiddelen (repellents) zoals cedar olie, lavendel en kamfer al een voldoende impact hebben om insecten, meer bepaald kleermotten, uit de buurt te houden. Dit is slechts in beperkte mate het geval, en enkel in kleine opbergruimtes zoals lades. De repellent moet regelmatig vernieuwd worden, en bij insecten treedt snel gewenning op.



Uv-lichtvallen (foto: Megades, Nederland)



## UV-INSECTENVALLLEN

Dergelijke **lichtinsectenvallen (13)** zijn ruim verspreid in de voedingsindustrie en -handel. In expositieruimten en depots bieden ze een beperkte mogelijkheid als insectenbestrijding. Het is een combinatie van licht – om de insecten aan te trekken – en een kleefbord om de diertjes te vangen, en om ze nadien te kunnen determineren. Anders dus dan het type van ‘elektrocutielampen’ die moeilijker schoon te houden zijn en identificatie nauwelijks nog toelaten. Uit onderzoek blijken de meest doeltreffende lampen deze van het type *black light* te zijn, minder zichtbaar voor de mens maar veel uv-straling producerend, wat ongunstig is voor lichtgevoelige objecten in de omgeving. In dat geval kan de groene fluorlamp (zoals bijvoorbeeld Philips fluor TLD 18w 17) een alternatief bieden, zij het minder effectief.

### Het klimaat

Het klimaat binnen de bewaaromgeving heeft in grote mate een invloed op het gedrag van insecten. Insecten zijn koudbloedig en zullen zich bij temperaturen onder de 15°C minder snel ontwikkelen en voortplanten. Beneden de 5°C vallen deze activiteiten zo goed als stil. Pas bij zeer lage temperatuur (beneden - 20°C) zullen ze na korte tijd doodgaan. Daarom is de lage temperatuurmethode voor diverse soorten objecten geschikt om insecten in elk ontwikkelingsstadium uit te roeien (zie hierna).

De meeste insectensoorten houden van een hoge relatieve vochtigheid en een hoog vochtgehalte in hun voedingsbron. Logischerwijs zal een zeer laag intern vochtgehalte (onder de 10%) dan ook hun levensactiviteit ongunstig beïnvloeden, maar dergelijke waarden zijn onaanvaardbaar voor de objecten. Wanneer de RV niet boven de gemiddelde museale aanbevelingen (55 – 60%) uitstijgt, zal bij sommige insecten, zoals de houtkever en het zilversje, de kweek vertragen of zelfs stilvallen. Bij hogere RV neemt ook het vochtgehalte in organische materialen toe en kan er schimmelontwikkeling optreden, wat uiterst aantrekkelijk is voor diverse insectensoorten.

## Het behandelen van de objecten zelf

Van zodra u vaststelt dat insecten uw objecten hebben aangetast, moeten er spoedig en met kennis van zaken maatregelen genomen worden, zowel om het voorwerp te redden als om verspreiding te voorkomen, zoals we hierboven beschreven hebben.

In het verleden werd op haast industriële schaal gebruikgemaakt van het zeer giftig gas mehylbromide voor insectenbestrijding. De behandeling was snel en doeltreffend; ze kon worden toegepast voor volledige binnenruimten en voor objecten, die daartoe in een luchtdichte kamer of container werden samengebracht. De begassing werd uitgevoerd door een gespecialiseerd bedrijf en de ‘schone’ objecten konden kort daarop hun plaats in de publieke ruimte of het depot opnieuw innemen. Het gas werkt echter bijzonder destructief op de ozonlaag in de atmosfeer en het gebruik ervan is sinds 2005 (Montreal Protocol) verboden. Een alternatief fumigatiemiddel is sulfurylfluoride, dat onder de merknaam Vikane op de markt is. De efficiëntie en de behandelingskost zijn vergelijkbaar met een methylobromidebehandeling, maar zonder het afbraakeffect op de ozonlaag. In zijn zuivere vorm is het gas niet corrosief, maar in contact met vocht (bijvoorbeeld in de materialen) kunnen er zuren vrijkomen die wel een corrosief effect hebben op metalen. Voor de bestrijding van houtborende insecten is een hoge concentratie nodig.

De keuzemogelijkheden – toxisch-chemische, fysische, en niet-toxische chemische (gecontroleerde atmosfeer) bestrijding – moeten vooraf goed afgewogen worden, en wel op basis van:

- ▶ de toestand waarin het voorwerp verkeert;
- ▶ het type van insect dat bestreden moet worden;
- ▶ de aard en samenstelling van het materiaal;
- ▶ praktische, organisatorische en financiële implicaties.

### Toxische insecticiden

Het wijdverspreide gebruik van vloeibare insecticiden wordt vooral toegepast voor de bestrijding van houtaantastende insecten. Zowel de larve, pop als het volwassen insect sterven door rechtstreeks contact met het gif. De tot voor enkele decennia veelgebruikte organochloriden



Het natuurlijke pyrethrum wordt gewonnen uit de *Chrysanthemum cinerariaefolium*. Foto: Pam Peirce



Lindaan en DDT zijn inmiddels verboden maar breken slecht af, waardoor er in het toen behandelde hout nog gevaarlijke residu's aanwezig kunnen zijn die naar de oppervlakte kunnen migreren en daar uitkristalliseren. De huidige insecticiden zijn over het algemeen samengesteld op basis van **pyrethrum (14)** of de synthetische versie pyrethroïde (zie hoger) waaraan een oplosmiddel is toegevoegd voor een betere binnendringing. Het product wordt op het houtoppervlak aangebracht en kan geïnjecteerd worden in de boorgangen. Het solvent kan echter vernissen en andere afwerkingen beschadigen. Om deze reden, en omdat er nooit 100% garantie bestaat dat het giftige product ver genoeg is kunnen doordringen om alle levensvormen te doden, moet u zeer selectief zijn met het gebruik ervan. Voor de behandeling van de binnen-, onder- of achterzijde van meubilair of eenvoudige houten objecten zonder afwerklaag kan het eventueel overwogen worden, wanneer er geen alternatieven mogelijk zijn en steeds in gedachte dat uitgebreide en diepzittende aantastingen wellicht niet effectief genoeg bestreden zijn.

### Fysische bestrijdingsmethoden lage temperatuur

Langdurige blootstelling aan zeer lage temperatuur kan alle insectensoorten die in erfgoedcollecties voorkomen, in alle stadia van ontwikkeling, doden. Op voorwaarde dat de behandeling correct wordt uitgevoerd. Er is immers een samenhang tussen de duurtijd van de blootstelling, de behandelingstemperatuur en het volume van het aangetaste object. Om houtborende insecten die diep in het hout zijn doorgedrongen voldoende lang met vrieskoude te treffen zal meer tijd nodig zijn dan voor mottenlarven in een dun stuk textiel. Aangenomen wordt dat 3 dagen blootstelling aan  $-30^{\circ}\text{C}$  in de meeste situaties voldoende is, of minimum een week bij  $-25^{\circ}\text{C}$  of twee weken bij  $-18^{\circ}\text{C}$ . Deze methode is bruikbaar voor papier en boeken, textiel, eenvoudig samengestelde voorwerpen uit volkskundige of etnografische collecties en **natuurhistorische objecten (15)**. Voorwaarde is dat de voorwerpen geen te hoog intern vochtgehalte hebben, kortom: geen nat geworden objecten of stukken die lange tijd in een erg vochtige omgeving hebben vertoefd. De te diepvriezen voorwerpen worden eerst zorgvuldig in een plastic zak (bv. Polyethyleen) gestopt, waarin zo weinig mogelijk lucht achterblijft, en die zorgvuldig wordt afgesloten. Na de behandeltijd wordt het

object nog een poos in de verpakking gelaten om op kamertemperatuur te komen, dit om condensvorming rechtstreeks op het koude voorwerp te vermijden. Deze fotoreeks toont de methode stap voor stap.

### Warmte

Bij temperaturen boven de  $40^{\circ}\text{C}$  zullen insecten, in elk stadium van hun ontwikkeling, doodgaan. Ook hier is er een samenhang tussen de duur van de behandeling en de temperatuur. Bij ca.  $50^{\circ}\text{C}$  stopt het leven: het metabolisme wordt verstoord, de eiwitstructuur verandert, het insect droogt uit. In principe volstaan enkele minuten blootstelling aan ca.  $52^{\circ}\text{C}$  om elke levensvorm van het insect te doden. Voor het toepassen van een dergelijke warmtebehandeling werd door de Duitse firma **Thermo Lignum een kamer met computergestuurd systeem (16)** ontwikkeld waarin de warmte gelijkmatig wordt opgedreven tot  $52^{\circ}\text{C}$ , terwijl de RV stabiel wordt gehouden (gemiddeld 50-55%, af te stellen). Aanbevolen wordt een temperatuur van ca.  $50^{\circ}\text{C}$  in de kern van het hout gedurende een uur aan te houden. Ofschoon het om een milieuvriendelijke en zeer doeltreffende behandelingsmethode gaat, is voorzichtigheid geboden bij het toepassen ervan op complexe objecten, warmtegevoelige afwerkingen enz. Hogere temperatuur versnelt de afbraakreacties van materialen, en kan materialen doen uitzetten of krimpen, wat spanningen kan teweegbrengen.

Al enkele jaren wordt geëxperimenteerd met het gebruik van microgolven. Het principe van de snelle opwarming van watermoleculen, waarmee we vertrouwd zijn in de keukenmagnetron, wordt toegepast voor het kortstondig opwarmen van – aangetast – hout, door de warmteontwikkeling in de interne water- en cellulosemoleculen. Afhankelijk van de houtdikte verloopt dit proces in slechts enkele minuten. Controle van de kerntemperatuur en het houtvocht gebeurt door middel van sensoren. De methode, met hiervoor ontworpen straalantennes, wordt tot nog toe enkel toegepast bij het behandelen van vlakke bouwonderdelen als balken, vloeren, lambriseringen.

### Gecontroleerde atmosfeer

Insecten hebben zuurstof nodig om in leven te blijven. Het kan dus volstaan om zuurstof te onttrekken uit hun directe biotoop, of vervangen door een ander gas. Ook



Entomologische collecties in de diepvrieskamer.  
Foto: Leon Smets.



In de thermoLignumkamer. Foto: Leon Smets

15

16



hier is het van belang om deze methode correct toe te passen en dit gedurende de volledige duur van de behandeling. Deze bedraagt minimum 3 tot 5 weken, afhankelijk van de temperatuur waarin de behandeling verloopt. Momenteel komen twee soorten gas in aanmerking: koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) en stikstof (N). Het principe is dat de aangetaste objecten in een hermetisch af te sluiten ruimte worden ondergebracht, of in een speciaal daartoe te construeren plastic 'bubble'. In deze ruimte wordt vervolgens CO<sub>2</sub>-gas ingebracht (een concentratie van minstens 60%) en gedurende 3 (minimum) tot 5 weken hermetisch dicht gehouden. Dit gas heeft geen schadelijke effecten op de objecten zelf, en geen invloed op de RV en de temperatuur.

Het alternatief is stikstof (N). Dit kan in de afgesloten ruimte worden ingebracht door middel van een voorraad stikstofflessen, en moet de aanwezige zuurstof vervangen tot een concentratie van meer dan 99,7 % stikstof. Insecten kunnen immers nog overleven bij een lage zuurstofconcentratie. Stikstof is een droog inert gas, dus moet vocht worden toegevoegd wanneer het in de kamer of 'bubble' wordt ingebracht, en moet de RV constant gecontroleerd worden. Bij temperaturen tussen 15 tot 20°C duurt deze behandeling 4 tot 5 weken; bij hogere temperatuur, 25 à 30°C, kan deze verkort worden tot een tweetal weken.

Vrij recent werd een alternatief voor de stikstofflessen ontwikkeld, namelijk het gebruik van een toestel dat de zuurstof en de stikstof uit de lucht kan scheiden. De lucht die we inademen bestaat immers uit 20,95% zuurstof en voor het overige uit stikstof (met een geringe hoeveelheid andere gassen). Een zuurstofseparator zal onder lage druk de stikstof uit de lucht in de bubble rond de te behandelen objecten blazen tot de zuurstof er gereduceerd is tot 0,1%. Deze toestand moet gedurende 3 tot 5 weken aangehouden worden en gecontroleerd. Ook de RV moet zo stabiel mogelijk blijven, en de temperatuur ongeveer 20°C bedragen. Bij een lagere temperatuur riskeert het systeem namelijk minder betrouwbaar te worden. Een fotoreeks toont deze methodes stap voor stap.

De lagezuurstof- of anoxiemethode kan men zeer doeltreffend zelf toepassen voor individuele en kleinere objecten. Deze worden dan ingepakt in een dicht te lassen folie van zuurstofondoorlaatbaar plastic, **samen met een of enkele zakjes zuurstofabsorber** (17); het aantal

is te berekenen naargelang het volume van object en verpakking. Dergelijke zuurstofabsorbers zijn kleine zakjes met fijn verdeelde ijzerverbindingen, die reageren op zuurstof en deze uit de lucht absorberen (Ageless en Atco zijn enkele merknamen) waardoor na verloop van korte tijd binnen de hermetische verpakking een quasi 100% stikstofomgeving overblijft. In de volgende **fotoreeks wordt deze anoxiemethode** aanschouwelijk gemaakt en nader toegelicht.

## MEER OVER INSECTEN

### AANBEVOLEN LECTUUR

D. PINNIGER en R. CHILD, *Woodworm, a necessary case for treatment? New techniques for the detection and control of furniture beetle*, in Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests, 1996.

B. REPP, W. STÄBLER, A. WIESSMANN, D. PINNIGER e.a., *Das Museumsdepot. Grundlagen, Erfahrungen, Beispiele*, Museums Bausteine 4, München, 1998.,

D. PINNIGER, *Pest Management. A practical Guide*, Collections Trust, Londen, (2012). De informatie is ongeveer dezelfde als in Pinnigers publicatie *Pest management in museums, archives and historic houses* van 2001, maar beknopter en door de lay-out en talrijke foto's aangenamer en gemakkelijker te behappen en in praktijk te brengen.

### LINKS

[Pdf van de overzichtelijke handreiking over geïntegreerde bestrijding van insecten in collecties, uitgegeven in 2003 door ICN, Koninklijke Bibliotheek en Nationaal Archief Nederland](#)

[Pdf van de publicatie uit 2003 over geïntegreerde bestrijding van schimmels in archieven, uitgegeven door ICN, Nationaal Archief en Provinciale Archiefinspectie Drenthe](#)

Publicaties van Monumentenwacht Vlaanderen (Beide publicaties kunnen ook besteld worden bij Monumentenwacht Vlaanderen aan 5 euro (excl. 6% BTW))

- [Dieren in en op gebouwen - insecten \(2010\)](#)
- [Biologische aantasting van hout \(2005\)](#)

[Pdf van D. Pinniger en P. Winsors gids voor Integrated](#)



Zakjes met zuurstofabsorber voor anoxietoepassing.

Foto: Leon Smets



Pest Management, uitgegeven in 2004 door de Britse MLA

Website van de Britse Collections Trust, overzicht van de verschillende stappen binnen Integrated Pest Management, met korte video's van concrete handelingen

Gratis te downloaden poster met foto's van de meest voorkomende insecten in erfgoedcollecties

Pests, over insecten in boek- en papiercollecties; pdf van de British Library Preservation Advisory Centre

Zeer overzichtelijk en praktijkgericht artikel op de website van het Canadian Conservation Institute (CCI)

Uitstekend gedocumenteerde, zeer toegankelijke en leerrijke website van de Integrated Pest Management Working Group (USA)

## KENMERKEN VAN BACTERIËN EN SCHIMMELS

Schimmels en bacteriën bestaan er in diverse soorten en ze zijn alomtegenwoordig. De sporen van schimmels en bacteriën zijn aanwezig in de lucht; ze kunnen ook meegedragen worden door stof en andere materialen.

Bacteriën, eencellige micro-organismen, kunnen voortkomen uit vervuild stilstaand water in een gebouw, of bij overstroming. Ook geïnfecteerde of dode dieren kunnen bacteriën overbrengen. De meeste bacteriën hebben een zeer hoge RV nodig om in leven te blijven, gekoppeld aan een vrij hoge temperatuur; hun groei wordt gestopt bij een RV onder de 70%.

Schimmels zijn eveneens micro-organismen. Ze zijn meercellig en in tegenstelling tot planten hebben ze geen bladgroenverrichting.

De sporen van de meeste schimmelsoorten hebben veel vocht nodig om tot ontwikkeling te komen. Op een zeer vochtig substraat groeien ze uit tot een zwamvlok of mycelium (pluizig lichaam). **Het mycelium (18)** bestaat uit een netwerk van schimmeldraden (hyfen). Deze schimmeldraden dragen op het uiteinde de sporen. Deze verspreiden zich in de lucht. Zodra ze een vochtige voedingsbodem gevonden hebben, hervatten ze de cyclus van ontkiemen tot schimmeldraden ...

Hun voedingsbodem is vochtig organisch materiaal, levend of dood. Schimmels breken het materiaal af door zich ermee te voeden.

De overlevingsduur van schimmelsporen is meestal vrij beperkt: van enkele uren tot enkele weken. In extreme gevallen tot tien jaar. De overlevingsduur van micro-organismen hangt sterk af van omgevingsomstandigheden: vrij hoge temperatuur en vooral een hoge relatieve vochtigheid, vanaf 65% RV. De ontkieming en groeisnelheid neemt aanzienlijk toe boven de 75% RV en wordt zeer actief vanaf ongeveer 85% RV. Om zich te kunnen voeden, heeft de schimmel immers een hoge vochtigheid binnen het substraat (voedingsbodem) nodig, dichtbij het saturatieniveau. Dit niveau wordt uitgedrukt in 'wateractiviteit' of Aw-waarde als maat voor de hoeveelheid vrij water dat in een object aanwezig is. De Aw-waarde, gekoppeld aan de omgevingstemperatuur zal bepalend zijn of micro-organismen al of niet tot ontwikkeling komen. Daalt de RV in de omgeving, dan zal



Wit mycelium op een boekband. © Bibliothèque nationale de France/Caroline Laffont



ook het vochtgehalte van het materiaal afnemen en de activiteit van de schimmel vertragen.

Kortom, om tot ontwikkeling te komen en te groeien hebben schimmelsporen behoefte aan:

- ▶ een voedingsbodan;
- ▶ zuurstof;
- ▶ temperatuur van minimum 4 tot maximum 40°C;
- ▶ veel vocht (een RV tussen 70 – 100%).

## SCHADE DOOR SCHIMMEL

Objecten waarop schimmel tot ontwikkeling is gekomen, kunnen ernstig en onomkeerbaar beschadigd worden. Cellulosehoudend materiaal, in het bijzonder papier, en proteïnerijke grondstof, zoals perkament, lopen het meest gevaar. Ze zijn sterk hygroscopisch en kunnen door micro-organismen helemaal **verteerd worden (19)**. De schimmeldraden kunnen een object contamineren tot op cellulair niveau, en scheiden zuur en **kleurstof (20)** af. Aangezien papier en perkament meestal als informatie-dragers zijn gebruikt, kan deze informatie sterk verstoord worden of definitief verloren gaan. Schimmels injecteren enzymen in hun voedselbron, die het materiaal helpen afbreken om als voedingsstof te dienen. Zwamvlokken kunnen tekst en beeld onleesbaar maken.

Schimmels of zwammen (fungi) kunnen ook lignine verteren, waardoor hout (cellulose en lignine) wordt afgebroken.

Alle mogelijke organische materialen lopen gevaar op schimmelaantasting. Bij textiel ontstaan vlekken en verkleuringen en worden de vezels verzwakt. Op documenten, prenten en boeken kan schimmel de vorm aannemen van vlekjes, een variëteit van **foxing (21)**. **Leder (22)** en ander collageen- en keratinemateriaal (pluimen, opgezette dieren) is eveneens zeer schimmelgevoelig; de micro-organismen voeden zich vooral met de vetstoffen en het oppervlaktevuil. Bij **fotografische collecties (23)** is het voornamelijk de gelatinelaag die als voedingsbodan dient voor schimmel, bij de geschikte klimaatomstandigheden. Alle materialen die vervuild en bestoft zijn, lopen gevaar. Stof is hygroscopisch en houdt vocht vast. Daardoor ziet men zelfs schimmelontwikkeling op anorganische materialen, die met een laagje stof of vuil bedekt zijn.

## SCHIMMEL BESTRIJDEN

Net zoals bij de geïntegreerde aanpak van besmetting door insecten, moet schimmelpreventie en -bestrijding deel uitmaken van een integraal en geïntegreerd plan. Geïntegreerd omdat het verbonden is met diverse aspecten van het museum-, archief- of bibliotheekbedrijf en omdat iedere medewerker mee verantwoordelijkheid draagt. Er zijn vijf stappen in de voorkoming, beheersing en bestrijding van schimmel:

### 1. Zorg voor goede klimaatomstandigheden

- ▶ Tracht de RV beneden 65 % te houden.
- ▶ Hou de omgeving zuiver en stofvrij.
- ▶ Vermijd dat er microklimaten kunnen ontstaan, bijvoorbeeld in bergruimten tegen een koude buitenmuur of bij vochtbronnen.
- ▶ Zorg voor voldoende ventilatie in de ruimte.

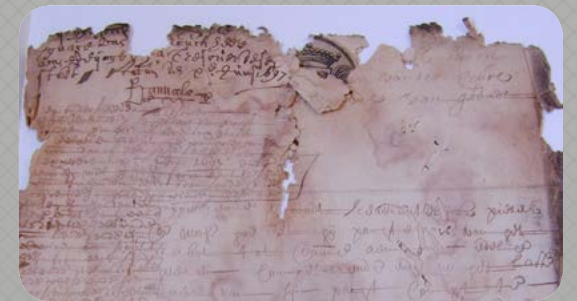
### 2. Vermijd besmettingsbronnen.

Slecht onderhouden luchtbevochtigers of verwarmings-, ventilatie- en airconditioning (HVAC) installaties zijn vaak de oorzaak van een verspreide schimmelaantasting, meestal in archief- of bibliotheekbewaarplaatsen, waar een hoeveelheid van de meest schimmelgevoelige materialen is opgeslagen. Op de **boekenruggen (24)** (papier of leder en lijn) en aan de binnenzijde op de dek- en schutbladen zijn meestal de eerste sporen te zien. Ook wanneer de blaasroosters van de installatie vervuild zijn, mag u ervan uitgaan dat het algemene nazicht en de vervanging van de filters aanzienlijk over tijd zijn en schimmelgevaar reëel is. Een degelijk onderhoudscontract is cruciaal voor schimmelpreventie. Bij vermoeden van een verhoogde schimmelsporenconcentratie, kan u luchtmonsters laten nemen om de kolonievormende eenheden van sporen in de lucht te bepalen (kiemgetalmeting). Wanneer de concentraties hoog zijn, kan het wijzen op een reële kans op schimmelontwikkeling bij ongunstige klimaatomstandigheden, en op mogelijk gevaar voor de gezondheid.

Een andere infectiebron is besmet boek-, archief- of verpakkingsmateriaal dat ongecontroleerd en onbehandeld tussen de bestanden terechtkomt.



19



20



21

Foto: UA



22



23

Foto: Nationaal Archief, Nederland



3. Voer nu en dan zorgvuldige inspecties uit. Het is niet eenvoudig om door visuele inspectie schimmel in een vroeg stadium op te sporen en te herkennen. Wat oogt als stofbelasting kan een vroeg stadium van schimmel zijn. De karakteristieke muffe geur in een lokaal is vaak de eerste indicatie. Gekleurde vlekken op een oppervlakte moeten een belletje doen rinkelen.

Wanneer u de eerste pluizige sporen van schimmelaantasting vastgesteld hebt, kan u er zelf een monster van nemen voor identificatie. Dit gebeurt door middel van een strookje plakband dat u met de lijmzijde zacht op het beschimmelde oppervlak drukt (niet met de vinger, maar bijvoorbeeld met de achterzijde van een potlood of pen, om geen vingerafdruk op de kleefband na te laten). Het genomen staal wordt – met de kleefzijde naar beneden – op een glasplaatje geplakt. Dit laat nader onderzoek toe onder de microscoop. Bezorg het monster zo spoedig mogelijk aan een laboratorium voor identificatie. Hiervoor kan u terecht bij sommige universiteiten (o.a. Ugent, faculteit van bio-ingenieurswetenschappen, Department duurzame organische chemie en technologie) of overheidsdiensten zoals het Provinciaal Instituut voor Hygiëne, Antwerpen (<http://www.provant.be/bestuur/departementen/leefmilieu/pih/>), via de Vlaamse Gemeenschap (<http://indoorpol.wiv-isp.be/nl/default.aspx>) of het Wetenschappelijk Instituut Volksgezondheid (<https://www.wiv-isp.be/Pages/NL-Home.aspx>). Deze instituten doen eveneens kiemgetalbepaling.

Indien u twijfelt of de aangetroffen schimmel al of niet nog actief is, kan u zelf een test doen. Daartoe heeft het Nationaal Archief in Nederland een testset ontwikkeld, de ARA-kit. De set bestaat uit twee transparante kunststof buisjes, een met een voedingsmedium op de bodem, het andere met een steriel vochtig watentstaafje, gemonteerd op de afsluitdop. Met dit watje wrijft u op het aangetaste oppervlak, **een staalname (25a en 25b)** van ongeveer 10 cm<sup>2</sup>. Breng het in het buisje met voedingsmedium en bewaar het gedurende 2 tot 5 dagen bij een temperatuur van 25-30°C. Controleer of er zich schimmelgroei ontwikkelt. Is dat na die tijd niet het geval, kan u ervan uitgaan dat het bemonsterde stuk geen levensvatbare schimmel bevat. Voor een gedetailleerde beschrijving van de hierboven genoemde inspectiemethodes, raadpleeg de publicatie 'Pluis in

Huis': [http://www.nationaalarchief.nl/sites/default/files/docs/pluis\\_in\\_huis\\_def.pdf](http://www.nationaalarchief.nl/sites/default/files/docs/pluis_in_huis_def.pdf). De ARA-kit wordt in Vlaanderen verdeeld door Biotrading ([www.biotrading.com/nl/articles/producten/article,K103B004](http://www.biotrading.com/nl/articles/producten/article,K103B004))

#### 4. Voorkom verspreiding

Zodra schimmelinfectie is vastgesteld, worden alle aangetaste stukken weggenomen, in een plastic zak (polyethyleen) gestopt en naar een quarantaineruimte overgebracht, in afwachting van een behandeling.

Indien een hoge relatieve vochtigheid de oorzaak blijkt, doe dan het nodige om de RV geleidelijk te verlagen, zonder de temperatuur op te drijven. Wanneer het ventilatie- of luchtbehandelingssysteem als bron voor de schimmelexplosie is geïdentificeerd, zet dan het systeem af; laat het zo spoedig mogelijk nakijken en reinigen en werk ondertussen indien nodig met (gehuurde) mobiele klimaattoestellen.

Zorg ervoor dat ook de omgeving wordt aangepakt. Meer bepaald de plaatsen waar de geïnfecteerde objecten of bestanden hebben gestaan (leggers, laden, kasten, verpakkingen). Ook de wanden mogen bij de reinigingsbeurt niet vergeten worden. Het reinigen en ontsmetten kan gebeuren met desinfecterende zepen (o.a. Dettol) maar doeltreffender met een ethanoloplossing (70%) in water. Voor minder vochtgevoelig materiaal kan een oplossing van quaternaire ammoniumverbindingen (quats) in water worden gebruikt. De bacteriën- en schimmeldodende quats zijn goedkoper dan ethanol en in de handel verkrijgbaar onder merknamen als Suma Bac D10, Mikro quat NF, Optimum Combi Quat e.a. Over de mogelijkheden en wijze van gebruik vindt u meer toelichting in de bovenvermelde, digitaal raadpleegbare publicatie *Pluis in huis*.

Daarnaast is er nog steeds het grondige en regelmatige onderhoud van de ruimte, bergmeubelen en verpakkingen met de stofzuiger, vooral als preventieve maatregel aanbevolen. De stofzuiger moet voorzien zijn van een HEPA-filter of fijnfilter P3 om de kleine sporen en schimmelpartikels niet opnieuw in de ruimte te brengen. Vergeet niet de stofzuigermond nadien te ontsmetten, de stofzak meteen weg te gooien en de filters regelmatig te vervangen.



Foto: Leon Smets



24

25a

25b



5. Ingeval schimmel wordt vastgesteld en de maatregelen tegen verspreiding zijn ingezet, is het zaak om de geschikte bestrijdingsmethode te kiezen voor het geïnfecteerde materiaal.

Een doeltreffende en courant toegepaste methode voor het doden van schimmels op objecten was tot enkele jaren geleden de vergassing met ethyleenoxide. Het gebruik ervan is echter al enkele jaren verboden, wegens zeer giftig, kankerverwekkend en schadelijk voor het milieu.

Vandaag kan er gebruikgemaakt worden van goedgekeurde schimmeldodende middelen, fungiciden, zoals Enilconazole. Dit product is tevens het basisingrediënt van ontsmettingsmiddelen van het type rookkaars (o.a. Clinafarm) die hoofdzakelijk worden ingezet om een sterk besmette ruimte te behandelen.

- ▶ Op het niveau van objecten kan u kiezen voor Gammadoorstraling indien het om grote hoeveelheden gaat. Deze hoogenergetische straling heeft als voordeel:
  - grote hoeveelheden beschimmeld materiaal kunnen tegelijk behandeld worden (in hun verpakking), in geval van een calamiteit is het een snelle en doeltreffende oplossing;
  - zeer effectief; de straling dringt door tot in de kern; alle schimmel – en eventuele insecten – worden gedood;
  - geen langdurige behandeling en de kost is relatief laag;
  - na de behandeling blijven er geen nadelen voor de mens, geen residu's.

Nadeel van dergelijke behandeling:

- Gammastraling is een ioniserende straling, die het DNA beschadigt. Hoge dosis en herhaalbehandelingen veroorzaken versnelde veroudering (afbraak celluloseketens). Onderzoek heeft ertoe geleid dat de grootte van stralingsdosis gereduceerd kan worden tot 8 à 10 kGY (kiloGray) waardoor de negatieve effecten sterk verminderen. Dit neemt niet weg dat een herhaalde behandeling met gammastralen een cumulatief schade-effect heeft.
- Na bestraling blijft het verwijderen van het dode schimmelmateriaal nodig.

Gammabestraling komt meestal aan de orde wanneer archief- of bibliotheekmateriaal getroffen is door schimmeluitbraak ten gevolge van een watercalamiteit, en er sprake is van een grote hoeveelheid geïnfecteerd materiaal. Vaak wordt daarbij de hulp ingeroepen van gespecialiseerde bedrijven met calamiteitenservice. Zij kunnen helpen in de contacten met de bedrijven voor gammastraling en deze met vriesdroogcapaciteit.

In België wordt gammastraling toegepast bij Sterigenics in Fleurus ([www.sterigenics.com/facility/Fleurus.pdf](http://www.sterigenics.com/facility/Fleurus.pdf)), in Nederland door Synergy Health in Ede en Etten-Leur ([www.synergyhealthplc.com](http://www.synergyhealthplc.com)).

- ▶ Bij zeer lokale aantasting en wanneer het object dit toelaat kunnen de schimmelvlekken behandeld worden met een wattenstaafje met ethanol.
- ▶ Droog mechanisch verwijderen van de schimmel blijft de belangrijkste handeling, zowel bij het bestrijden van de levende als het wegnemen van dode schimmel. Hierbij kan u zachte borstels en een stofzuiger met HEPA- of P3-filter gebruiken. In geval van levende schimmel blijven na manuele reiniging sporen en draden in het (papier)materiaal achter. Door een nauwgezette klimaatcontrole kan vermeden worden dat de schimmel zijn activiteit hervat. De cruciale factor in de strijd tegen schimmel blijft hoe dan ook de actieve preventie.

## PERSOONLIJKE BESCHERMING

Bij het hanteren en reinigen van beschimmelde voorwerpen, en bij het werken in een besmette omgeving, kan u gezondheidsrisico's lopen. U kan kwalen van allergische aard oplopen, zoals ontsteking van het neusslijmvlies (allergische rinitis), sinusitis en chronische ontsteking van de luchtwegen (astma). Er kunnen zich toxische reacties voordoen door inademing van schimmeligif dat aanwezig is in sporen, hyfen en mycelium, wat zich uit in griepale klachten. Gevaarlijke schimmelsoorten, zoals de *Aspergillus flavus*, komen weliswaar in erfgoedcollecties zelden voor maar kunnen tot ernstige vergiftiging leiden.

Draag daarom als bescherming steeds een katoenen stofjas of een Tyvek® wegwerpoverall, wegwerphandschoenen in vinyl of nitril en een mondmasker voorzien



van een P3-filter en uitademventiel, tegen zeer fijn stof en schimmels, eventueel aangevuld met een veiligheidsbril en schoenenovertrek.

## SCHIMMELUITBRAAK NA WATEROVERLAST

In situaties van hoge relatieve vochtigheid en een sterk toegenomen hoeveelheid vrij water in de materialen ('wateractiviteit', zie hoger), meestal ten gevolge van ernstige wateroverlast, kan binnen de twee dagen schimmel uitbreken, zeker bij een gematigde tot hogere temperatuur en weinig ventilatie. In een dergelijke situatie is het belangrijk de RV geleidelijk te doen dalen door een natuurlijke tochtstroom mogelijk te maken, bij koele temperatuur (18°C of minder).

Elke organisatie zou op een dergelijke calamiteit moeten voorbereid zijn en onverwijld de collectiehulpverleningsactie starten, zoals beschreven in het calamiteitenplan en hopelijk ooit ingeoeft ... Het is ook steeds mogelijk om een beroep te doen op gespecialiseerde bedrijven met een 24-uurs calamiteitservice.

Er bestaan diverse mogelijkheden om in geval van waterramp een schimmelexplosie te voorkomen of om de schimmelactiviteit tijdelijk af te remmen. Elke keuze heeft haar voor- en nadelen:

- **Nat geworden objecten** (in het bijzonder boeken en documenten) **opbergen in de koelkast.**

Voordelen:

- Groei- en kiemsnelheid vertragen.
- Geeft wachttijd voor een vervolgbehandeling.
- Sommige kiemende sporen worden gedood

Nadelen:

- Materiaal blijft zeer vochtig. Sporen blijven vochtig.
- Schimmels kunnen pigment afscheiden door stress.
- Groei gaat (vertraagd) verder.

- **Natte boeken en documenten invriezen.**

Voordelen:

- Groei stopt.
- Vochtige sporen, kiemende sporen en vegetatieve groei stoppen (schimmel wordt inactief).
- Geeft wachttijd voor een vervolgbehandeling.

Nadelen:

- Ijskristallen kunnen sommige materialen beschadigen.
- Materiaal blijft vochtig.
- Droge sporen kunnen geactiveerd worden.
- Porositeit en dikte van materiaal kan toenemen.

- **Terplaatselatendehydraterenbijkamertemperatuur.**

Voordelen:

- Stopt groei en kiemen.
- Temperatuur tussen 30 en 40° doodt meeste natte sporen en hyfen.
- Eén behandeling, geen droogbehandeling na dien nodig (geen verplaatsing van de stukken).

Nadelen:

- Sommige voorwerpen kunnen vervormen tijdens droogproces (dus: te selecteren voor andere behandeling).

## Laten vriesdrogen.

Voordelen:

- Doodt alle stadia van schimmel.
- Eén behandeling, dehydrateert nat materiaal.

Nadelen:

- Veroorzaakt verlies van eigen vocht en van normaal zelfherstel van het materiaal.
- Ijskristallen kunnen sommige materialen beschadigen.
- Porositeit en dikte van materiaal kan toenemen.
- Het verwijderen van dode schimmelstructuren blijft nodig na behandeling.



### ► Het materiaal laten gammastralen.

Welke oplossing(en) er ook worden gekozen, in geval van een calamiteit blijft het altijd zeer belangrijk om alles zorgvuldig te documenteren:

- de omgevingsparameters (temperatuur, RV ...).
- de aangewende bestrijdingsmethodes.
- indien mogelijk: de identificatie van de schimmel.
- gedetailleerde registratie van de locatie en de verplaatsing van de stukken.

Na een kleine of grote calamiteit begint de nazorg, die meestal bestaat uit:

- het gereinigd materiaal bedekken, beschermen tegen contaminatie;
- werkvlakken, boekenplanken enz. grondig reinigen; steriliseren met 70% ethylalcohol of met quats (zie hoger);
- eens alle stukken droog zijn: het oppervlak stofzuigen om sporen en hyfen zoveel mogelijk te verwijderen;
- poetsmateriaal verwijderen en vernietigen.

## MEER OVER SCHIMMELS

### AANBEVOLEN LECTUUR

Pdf van de publicatie Pluis in huis, uit 2003, over geïntegreerde bestrijding van schimmels in archieven, uitgegeven door ICN, Nationaal Archief en Provinciale Archiefinspectie Drenthe: [http://www.nationaalarchief.nl/sites/default/files/docs/pluis\\_in\\_huis\\_def.pdf](http://www.nationaalarchief.nl/sites/default/files/docs/pluis_in_huis_def.pdf)

T. BASSET en C. LAFFONT, *Les contaminations fongiques*, in La Lettre de l'OCIM, 2011, p. 48-54 (résumé : <http://ocim.revues.org/994#illustrations>)

Aanbevolen lectuur:

F. BOERSMA e.a., *Op de keper beschouwd. Handboek voor het behoud van textielcollecties*, Amsterdam, 2004.

S. GUILD en M. MACDONALD, *Mould Prevention and Collection Recovery: Guidelines for Heritage Collections*, in Technical Bulletin 26, Canadian Conservation Institute (CCI), Ottawa, 2004

MARY-LOU FLORIAN, *Heritage eaters: insects & fungi in heritage collections*, James & James, London, 1997

MARY-LOU FLORIAN, *Fungal facts: solving fungal problems in heritage collections*, Archetype Publications, London, 2002

HANNES PETER NEUHEUSER, *Schimmel en gezondheidsrisico*, in Archiefblad, oktober 2004. Zie: <http://kvan.courant.nu/index.php?page=0&mod=krantresultaat&q=schimmels&auteur=&titel=&datering=2004&krant%5B%5D=AB&q=paragraaf&pagina=&sort=score+desc>

### LINKS

Aanbevelingen in geval van schimmelexplosie (CCI)

Preservation Advisory Center van de British Library: Mould outbreaks in library and archive collections

Publicatie van Monumentenwacht Vlaanderen: Behoud van kerkelijk textiel, met enkele alinea's gewijd aan schimmel

Mold: Prevention of Growth in Museum Collections; Conserve O Gram van the National Park Service, USA, 2007

National Archives, USA

Conservation tips van Mary-Lou Florian

Conservation Guide State Library of Victoria: Dealing with mould

### Colofon

AUTEUR: Leon Smets

REDACTIE: Leon Smets, Annemie Vanthienen, Birgit Geudens

VORMGEVING: Silke Theuwissen

VERANTWOORDELIJKE UITGEVER:

Marc Jacobs, FARO. Vlaams steunpunt voor cultureel erfgoed vzw, Priemstraat 51, 1000 Brussel

D/2013/11.524/13

Brussel, april 2013



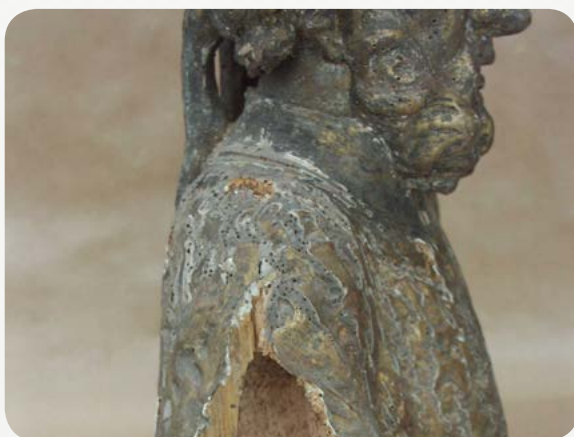
## FOTOREEKS: INSECTEN BESTRIJDEN MET LAGE ZUURSTOFCONCENTRATIE (ANOXIE)

Insectenbestrijding met lage zuurstofconcentratie is een mens-, milieu- en objectvriendelijke methode die doeltreffend is, mits ze goed wordt uitgevoerd. De methode tast de objecten niet aan en laat geen residu na. De behandeling met lage zuurstofconcentratie in een gecontroleerde omgeving (anoxie) is een methode waarbij men de zuurstof uit de lucht weghaalt. Gewone lucht bestaat uit ca. 79% stikstof, 20,9 % zuurstof en 0,03 % koolstofdioxide. Een zuurstofconcentratie minder dan 0,3% is na verloop van tijd dodelijk voor insecten. Lage zuurstofconcentraties kunnen op drie manieren verkregen worden:

- ▶ door het verwijderen van zuurstof uit de lucht (met zuurstofabsorbers, of met een apparaat dat stikstof produceert door zuurstof en stikstof uit de atmosfeer te scheiden);
- ▶ door het inbrengen van stikstof (“vergassen met stikstof”);
- ▶ door een combinatie van beide (waardoor minder zuurstofabsorbers nodig zijn).

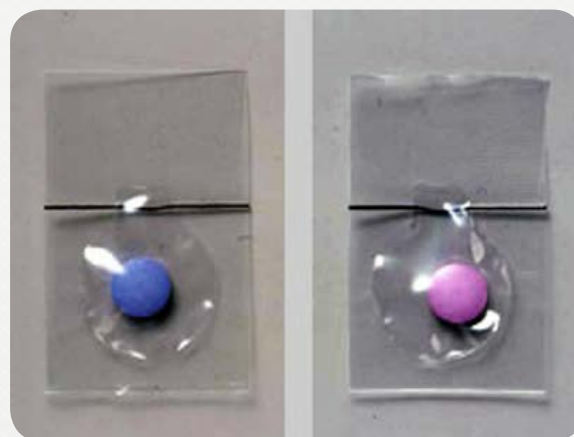
Rond het object/de objecten wordt een gesloten omgeving gecreëerd, hetzij een luchtdichte verpakking, hetzij een speciaal daarvoor gecreëerde ‘tent’ of uitgeruste kamer. Na een vijftal weken mogen de objecten uit de verpakking. Deze fotoreeks toont hoe u zelf een zuurstofarme omgeving kan creëren voor individuele objecten. Verder wordt geïllustreerd hoe een grote ‘bubble’ wordt gebouwd voor toepassing van lage zuurstofconcentratie of hoge kooldioxideconcentratie in geval van grote en/of talrijke objecten. Dergelijke behandeling moet toevertrouwd worden aan een gespecialiseerd bedrijf. Een derde serie foto’s brengt het werken met een zuurstofseparator in beeld.

1



Een object dat door insecten is aangetast, verliest stilaan een deel van zijn structurele integriteit dus ook leesbaarheid en/of functionaliteit.

2



Om de omgeving rond het te behandelen object zo goed mogelijk te kunnen afsluiten, zijn de volgende materialen onontbeerlijk:

1. speciale plastic folie met geringe zuurstofdoorlaatbaarheid, die gemakkelijk dicht te lassen is (diverse samenstellingen: PET, PE, met of zonder aluminiumfolie ...);
2. Zuurstofabsorbers in voldoende hoeveelheid (b.v. Ageless®, Atco®, ZerO2®);





3. Lasapparaat;

4. Controleapparatuur: een zuurstofmeter om de zuurstofconcentratie in de verpakking te meten. Een alternatief is Ageless-eye<sup>®</sup>: een indicator in tabletvorm die verandert van kleur in aanwezigheid (blauw) of afwezigheid (roze) van zuurstof. Zero2 Alert<sup>®</sup> is een elektronische indicator.

3



De plastic folie, geschikt voor warm lassen, wordt op maat van het te behandelen volume gesneden.

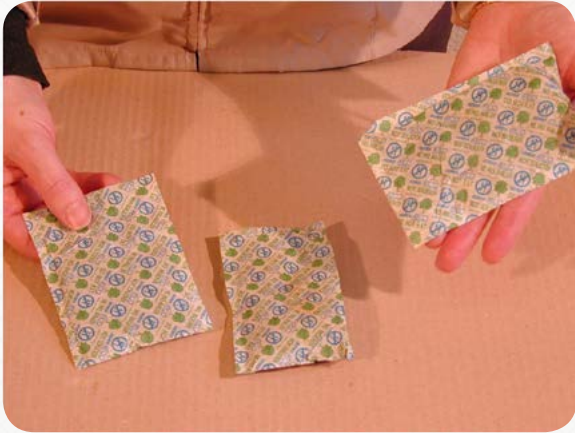
4



De plastic folie wordt dubbelgevouwen en de zijnaden worden zorgvuldig dichtgelast. Om te voorkomen dat scherpe hoeken, uitsteeksel of nagels in het voorwerp scheuren of perforaties in de folie veroorzaken, worden deze afgedekt, bijvoorbeeld met wat tissue of watten. Het voorwerp wordt in de enveloppe geschoven.



5



Het volume van voorwerp en verpakking wordt berekend, op basis waarvan de nodige hoeveelheid zuurstofabsorbers wordt becijferd die mee in de verpakking moet. De absorbers worden in vacuümverpakking geleverd. Eens de zakjes uit hun vacuümomgeving gehaald, start de chemische activiteit snel op. Rechtstreeks contact tussen de absorber en het object wordt best vermeden; de zakjes bevatten ijzerpoeder als actieve component en de reactie met zuurstof geeft in de aanvangsfase wat warmte vrij. Bij zeer gevoelige objecten kunnen zakjes met RV-stabilisatoren worden meegegeven.

Een indicator kan worden toegevoegd, in de vorm van een tablet of een elektronisch toestelletje zoals een ZerO2 Alert indicator® of Alert transmitter). Vervolgens wordt de overblijvende naad zo snel mogelijk dichtgelast.

6



De insecten kunnen niet overleven bij een zuurstofgehalte van minder dan 0,3%. Het zuurstofgehalte in de plastic zak kan gemeten worden met een zuurstofmeter. De holle naald van het toestel kan doorheen een klein kunststof kussentje op plastic folie naar binnen gestoken worden, waarna de lucht binnen de verpakking kan worden geanalyseerd en het zuurstofpercentage op het display afgelezen. Bij het terugtrekken van de naald blijft de folie gesloten. Op een ZerO2 Alert indicator® geeft een groen LEDlichtje aan dat het zuurstofniveau voldoende is gedaald. Bij kamertemperatuur duurt een dergelijke anoxiebehandeling vier tot vijf weken.

7



Wanneer grote objecten of talrijke collectiestukken door insecten zijn aangetast, kan u opteren voor de vergassingsmethode met kool-dioxide of met stikstofconcentratie in een speciaal geconstrueerde "tent". Het principe is hetzelfde als de werkwijze voor individuele objecten, maar de uitvoering moet overgelaten worden aan een gespecialiseerd bedrijf. Als basis voor de te bouwen 'vergassingskamer' wordt een vloer van vilttegels gelegd, om oneffenheden of scherpe randen weg te werken. Hierover komt immers een impermeabele kunststoffolie, waarin geen scheurtje of gaatje mag ontstaan.



8



Vervolgens wordt een tweede viltvloer gelegd, om te vermijden dat de folie beschadigd wordt bij het bouwen van de stellingen en het plaatsen van de voorwerpen.

9



De behandelruimte en de stellingen worden gevuld met de aange-taste voorwerpen.

10



Alle scherpe hoeken en uitsteeksels worden beschermd met poly-ethyleen schuimprofielen of afgetaped. Op verschillende plaatsen in de behandelruimte worden kleine ventilatoren (op batterij) uitgezet, om het ingebrachte gas gelijkmatig te verspreiden. Er wordt een datalogger meegegeven, die de evolutie van de temperatuur en relatieve vochtigheid in kaart zal brengen.



11



De grote tent van aan elkaar gelaste vellen kunststoffolie wordt omzichtig over het bouwsel getrokken. De vilten beschermtegels langs de randen van de vloerfolie worden weggenomen.

12



Vervolgens wordt de tent zorgvuldig geseald: met een lastang worden alle naden warm dichtgelast.

13



Nadat een hoeveelheid lucht (en dus zuurstof) door middel van een stofzuiger aan de tent is onttrokken, wordt stikstof (N<sub>2</sub>) of kooldioxide ingebracht. Dit procedé wordt enkele malen herhaald bij de opstart.



14



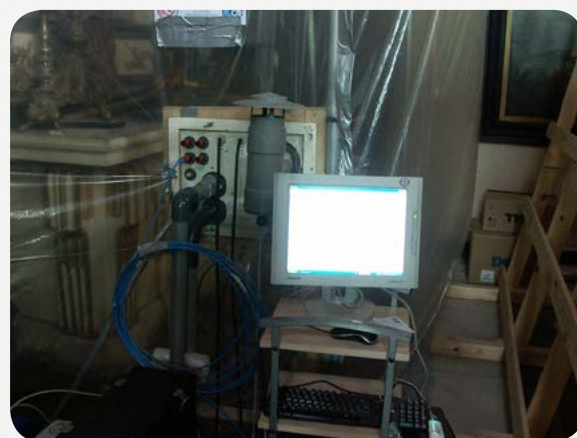
Een van de toepassingen van dit systeem is het gebruik van stikstof in flessen, waarvan een grote hoeveelheid nodig is om het stikstofgehalte in de tent gedurende een viertal weken op quasi 100% te houden. De stikstofflessen worden verbonden met een unit die het droge gas op de gewenste temperatuur en vochtigheidsgraad brengt voor het de tent wordt ingestuurd.

15



De voorwerpen blijven nu ongeveer een maand in de tent. Gedurende de eerste week van de behandeling wordt de stikstofconcentratie, die constant beneden 1% moet blijven, dagelijks gecontroleerd met een zuurstofmeter. Daarna wordt er wekelijks gemeten.

16



Een recent op punt gesteld alternatief voor de stikstofflessen is het gebruik van een zuurstofseparator. Het systeem berust op het principe van het onttrekken van de zuurstof aan de omgevingslucht, en het inbrengen van de overige luchtcomponent, stikstof, in een gesloten ruimte of verpakking, waarbij er een overdruk gecreëerd wordt door het continu laten instromen van de zuurstofarme lucht. Het zuurstof-, temperatuur- en vochtigheidsverloop in de behandelruimte wordt permanent door de procescomputer gemonitord en bijgestuurd volgens de vooraf ingestelde waarden.

Deze methode kan worden toegepast op grote objecten in situ, zoals altaren, orgels, waaromheen een zorgvuldig afgedichte constructie is gebouwd.



17



Voor de toepassing van zuurstofseparatie op objectniveau werd een toestel ontwikkeld onder de gepatenteerde benaming Veloxi®. Twee sondes zijn met de objectverpakking verbonden: een voor het inbrengen van de stikstof, de andere voor de constante meting van het stikstofgehalte, afleesbaar op een display.



FOTOREEKS: INSECTEN

| INSECT                                                                              | KENMERKEN                                                                                                                                                                                                          | VOEDSEL EN OMGEVING                                                                                                                                                           | SCHADEBEELD                                                                           | TE HERKENNEN?                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| KLEINE HOUTKEVER / KLOPKEVER (ANOBIUM PUNCTATUM)                                    |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                           |
|    | 3-5 mm; larve: 6 mm; donkerbruin; gewelfd halsschild; dekschilden met in de lengte gelijklopende rijen met kleine puntjes. Larven leven 2-3 jaar, kever 4-tal weken.<br><br>Kever vliegt uit tussen maart en juni. | Naald- en loofhout, met vochtgehalte boven 10% (voorkeur ca. 30%), en RV boven 50%. Leeft ook in boeken, houtpulp, papier maché, multiplex.                                   |    | Ronde uitvlieggaten 1,5-2 mm; korrelig houtmeel in en nabij de uitvlieggaten.             |
| GROTE KLOPKEVER/BONTE KNAAGKEVER/DOODSKLOPPERTJE (XESTOBIUM RUFOVILLOSUM)           |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                           |
|   | 4,5-9 mm; larve: tot 11 mm; donkerbruin met geelachtige spikkels; gewelfd halsschild verbergt de kop. Larven kunnen 3 tot 12 jaar leven, kever 10-11 maanden. Vliegt uit tussen maart en juni.                     | Loofhout (vooral eik) met vochtgehalte boven 22%, bij voorkeur vochtig en met schimmel; eet ook materiaal van dierlijke oorsprong (wol, huid, pluimen, insectencollecties...) |   | Grote ronde uitvlieggaten 3 à 4 mm; fijnkorrelig houtmeel, lensvormig.                    |
| HUISBOKTOR (HYLOTRUPES BAJULUS)                                                     |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                               |                                                                                       |                                                                                           |
|  | 12-20 mm; larve: 25-30 mm; bruin-zwart met grijze harige vlekjes op dekschild en lange voelspriet. Larven kunnen 3 tot 12 jaar actief zijn. Kever vliegt uit tussen juni en september.                             | Vers naaldhout (bv in kapconstructies), tussen 10 en 30% vochtgehalte. Actiefst tussen 25 en 30°C.                                                                            |  | Grote ovale uitvlieggaten 3-5 x 6-10 mm. Boormeel met cilindrische samengeperste korrels. |



#### SPINTHOUTKEVER (LYCTUS BRUNNEUS)



2-7 mm; larve: 5-6 mm; langwerpig, roodbruin. Larven kunnen 5 tot 24 maanden leven, kever 1 week, tussen mei en september. Lichtschuw, vliegt in het donker.

Loofhout (spint): eik, es, noten, kastanje. Actief tussen 15 en 32°C, vooral bij 28-29°C. Vochtgehalte hout 8-23%. Vooral aanwezig in nieuwe vloeren, deuromlijstingen, wand-beschotten ...



Kleine ronde uitvlieggaatjes (1-1,5 mm). Boormeel is zeer fijn, talkachtig poeder.

#### SNUITKEVERS (EUOPHRYUM CONFINE EN PENTARTHURUM HUTTONI)



3-5 mm; larve: 4 mm; opvallend lange snuit. Bruin-zwart. Rijen putjes in borststuk en vleugelschilden.

Zeer vochtig zacht en hardhout. Wordt vooral in oude vochtige gebouwen aangetroffen.

Ronde uitvlieggaatjes van 1 mm. Korrelig boormeel en gerafelde gangen aan het houtoppervlak.

#### GEWONE TAPIJTKEVER (ANTHRENUS VERBASI); MUSEUMKEVER (ANTHRENUS MUSEORUM); HELMKRUIDBLOEMKEVER (ANTHRENUS SCROPHULARIAE)



3 mm; larve: 0,5-5 mm; dekschild met kleine schubben, met witte, gele en bruine vlekken op zwart (verbasci), donker met 3 golvende banden van gouden en witte strepen of vlekjes (museorum), zwart dekschild met oranje middenstrook met witte vertakkingen. Larven (wolbeertjes) leven 2-12 maanden, vervellen en verplaatsen zich naar voedselbronnen.

Kweken o.a. in vogelnesten en dringen binnen langs zolder, schouw... Larven leven van stof, haar, pluiz, insecten, opgezette dieren, tapijten, bont, veren, wol, dierlijke lijm. Kever leeft 1 tot 6 weken en voedt zich met nectar, stuifmeel, pollen.



Onregelmatige gaatjes in textiel; haarverlies in bont en pels; beschadigde tot verpulverde insectenspecimens. Harige, transparante huidjes van de larven. Dode kevers te vinden in de buurt van raam en andere lichtbron.



#### GEVLEKTE TAPIJTKEVER OF PELSKEVER (ATTAGENUS PELLIO); ZWARTE TAPIJTKEVER (ATTAGENUS PICEUS)



4-6 mm; larve: 8-10 mm; donkerbruin-zwart, met witte stip op halsschild en op de vleugels (pellio). Lichtbruine sigaarvormige kort-harige larven met penseelstaart.

Ontwikkelingsduur: 1-3 jaar. Wijfjes vliegen vanaf vroege voorjaar rond.

Larven leven van alle soorten dierlijke weefsels, wol van tapijten, bekledingen, vullingen, pelsen, dierencollecties. Kevers leven ca. 3 maanden en kweken in vogelnesten, op zolders ...



Onregelmatige gaten in textiel; kale plekken in huiden en pelsen. Langwerpige gestreepte larvenhuidjes bij voedselbron.

#### GEWONE SPEKKEVER (DERMESTES LARDARIUS)



6-10 mm. Larve: 7-13 mm; zwarte dekschilden waarvan bovenste helft roodbruin en geelgrijs, met grillige randen; op elk schild drie donkere stippen.

Larve langwerpig, donker gesegmenteerd, met lange stekelige beharing; leeft 1-3 maanden, vervellen 5-6 maal. Zeer actief in het late voorjaar. Verdragen ook lagere temperaturen

Zowel kever als larve voeden zich met dierlijk materiaal: dode en opgezette dieren, insectencollecties, ongeloooid leder en huid, zijde, veren, hoorn; maar ook kaas, hondenvoer, chocola. Vaak te vinden bij etensresten en bij kadavers van ratten, duiven ... Zeer actieve vlieger.



Larvenhuidjes voedselbron.

bij



#### TABAKSKEVER (*LASIODERMA SERRICORNE*)



2-3 mm. Larve: ca. 5 mm; ovaal, roodbruin. Hoofd in een rechte hoek naar beneden gericht. Voelspriet met zaagtand inkepingen. Leeft 2-4 maanden. Zeer gelijkend op de broodkever.

Houdt van warm klimaat, waardoor 5 – 6 generaties per jaar gekweekt kunnen worden. Voedt zich met droge tabaksproducten, droge voeding als granen, pasta, rijst, zaden, gedroogd fruit en organisch materiaal als herbaria, boekbanden, meubelstoffering met stro en vlas.

Fijn poeder bij de voedselbron. Dode larven en kevers. De insecten worden gemakkelijk aangetrokken door uv-lichtvallen.

#### BROODKEVER (*STEGOBIUM PANICEUM*)



2-4 mm. Larve: 4-5 mm; bruinrood, rijen puntjes op dekschilden. Lijkt sterk op gewone houtworm en tabakskever.

De larve leeft 4-5 maanden, kever 2 maanden.

Kan vrijwel alles eten, bij voorkeur plantaardig materiaal, droge voeding en allerlei ander organisch materiaal, medicijnen, boeken, dekens en zelfs hout. Kan zich door plastic, tin- of aluminiumfolie van verpakkingen boren.



Fijn poeder, volwassen kevers of larven bij de voedselbron. De kever wordt aangetrokken door lichtbronnen; kadavers op vensterbank of bij andere lichtbronnen.

#### KLEERMOT (*TINEOLA BISSELLIELLA*)



6-8 mm. Larve: 1-10 mm; zilverachtig lichtgrijs-beige vleugels; kort gelig borstelhaar. Levensduur 4 - 10 maanden. Ontpoppen meestal rond juni. In warme omgeving tot 4 generaties per jaar. De kleermot houdt van donker en vliegt korte afstanden.

De larven eten wol, mohair, vilt, pluimen, bont, haar, dierenhuid en stof, soms zelfs katoen, linnen, zijde en synthetische weefsels. Te vinden in kledingstukken, tapijten, dekens, pels, wolmateriaal, stofferingen, borstelhaaren. Houden van vocht (70 – 80 %) en warmte (25°).



Grote onregelmatige gaten. De larve weeft een zijdeachtig omhulsel, van waaruit ze het materiaal aanvreet. Uitwerpselen en etensresten, met de kleur van het aangevreten textiel, blijven op dit spinsel achter.



#### PELSMOT (TINEA PELLIONELLA)



ca. 7mm. Larve: tot 10 mm. Lange smalle vleugels grijs-beige met koperglans; drie zwarte vlekjes op elke vleugel. Levenscyclus ca. 3 maanden, als volwassen mot 4 – 6 dagen. Komt veel voor in verlaten vogelnesten.

De larven eten pluimen, wol, vilt, dekens, haar, bont, opgezette dieren, keratine-substantie die voorkomt in haar, hoeven, hoorn, veders.



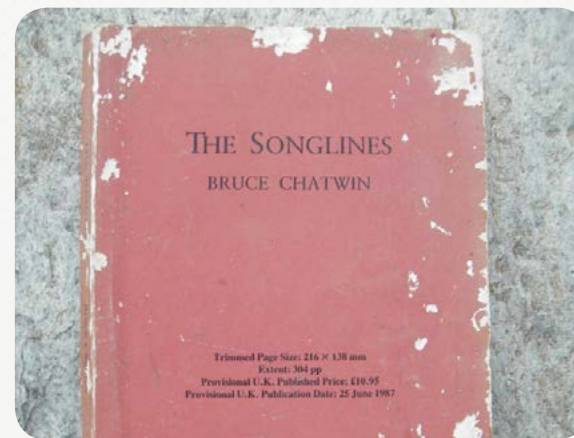
De larve spint een koker-vormig omhulsel dat ze als een cocon achter zich aan sleept ('kokerdragende mot'). Onregelmatige gaten en afgegrasd textiel waarop de kokertjes zijn achtergebleven.

#### ZILVERVISJE (LEPISMA SACCHARINA). ANDERE BENAMING: SUIKERGAST



7 – 12 mm. Donkergrijs zilverkleurig. Geschubd lichaam, grote voelsprieten en 3 geringde staartdraden. Snelle, visachtige bewegingen. Leeft 3 tot 8 jaar. Kan 1 jaar zonder voedsel. Vervelt regelmatig.

Heeft vochtige (75%) en warme omgeving nodig (liefst 22° en meer). Neemt vocht op uit de lucht. Erg lichtschuw. Zetmeelrijk voedsel, verteert cellulose. Behangpapier, lijm, stijf sel, labels, postzegels, sommige inkten, gelatine. Verlaging van RV en temperatuur al efficiënt als bestrijding.



Graasschade, afgeschraapt en onregelmatig weggevreten oppervlak.

#### OVENVISJE (THERMOBIA DOMESTICA)



7 – 12 mm. Lijkt op het zilvervisje, maar verkiest een drogere en warme habitat. Meer opvallend zijn de drie poten aan elke zijde. Kortere levensduur, 2 – 4 jaar. Zeer lichtschuw. Vervelt zeer veel en plant zich snel voort in goede omstandigheden. Moeilijk te bestrijden.

Warmere (32 – 37°C) en drogere omgeving dan zilvervisje.. Zetmeelrijke voeding, (behang)papier, lijm, boekbindingen en textiel.

Graasschade, afgeschraapt en onregelmatig weggevreten oppervlak. Uitwerpselen en schubben



#### PAPIERVISJE (*CTENOLEPISMA LONGICAUDATUM*)



7-12 mm; lijkt op zilvervisje, maar borstelig behaard, donkergrijs en lange antennes; leeft tot ca. 5 jaar; zeer lichtschuw.

Is actief bij gematigd binnenklimaat (55-60% RV) met wat hogere temperatuur (24°C). Zelfde voedingsvoorkeur als zilvervisjes.

Graasschade, afgeschraapt en onregelmatig weggevreten oppervlak.

#### BOEKENLUIJ (*LIPOSCELIS CORREDENS* EN *LIPOSCELIS BOSTRYCHOPHILA*)



1-2 mm; meestal vleugelloos; bijna doorzichtig, gelig tot grijs-bruin. Lange antennes, uitwendige kaken. Bewegen zich snel en schoksgewijs. Levensduur: 1-4 maanden.

Hoge luchtvochtigheid noodzakelijk. De luis neemt vocht op uit de lucht en verdroogt bij RV onder 55%. Sterft bij temperaturen vanaf 37°C. Voedt zich met de microscopische schimmel op (behang)papier, karton, voedingsproducten, stijfse lijm enz.

Kunnen allergieën veroorzaken. Schade zichtbaar wanneer grote populaties lange tijd aanwezig zijn geweest. Vervuiling en vraatschade.

#### KAKKERLAK (*BLATTELLA GERMANICA* EN *BLATTA ORIENTALIS*)



13-16 mm; lichtbruin (germanica) of donkerbruin-zwart (orientalis); gtevleugeld. Volwassen kevers leven 100 – 200 dagen; bij gematigde klimaatsomstandigheden duurt ontwikkeling van nimf uit de ei capsule 40 – 50 dagen. Lichtschuw. Draggers van bacteriën.

Zoeken warme en vochtige plaatsen op (keukens, badkamers, kelders, eetgelegenheden). Alleseters; voornamelijk voedselresten, maar ook lijm, papier, textiel.

Uitwerpselen, eicapsules. Vraatschade en vlekken. Kakkerlakken worden gemakkelijk aangelokt in plakvallen, voorzien van lokmiddel (bv. gisttablet).



Fotoherkomst fotoreeks insecten:

Anobium punctatum: © Entomart; © Nigel Cattlin/Visuals Unlimited/Corbis

Xestobium rufovillosum: foto Uwe Noldt

Hylophilus bajulus: foto KBIN; © Teckisol, France

Lyctus brunneus: foto CTBA+, France

Euophrys confinis: ©The Watford Cleoptera Group, UK

Anthrenus verbasci: foto Andreas Hermann en foto KBIN

Anthrenus museorum: © Lech Borowiec en ©naturspaziergang.de

Attagenus pellio: © Megades, Nederland en ©Jarmo Holopainen

Attagenus piceus: © Clemson University

Dermestes lardarius: © Jarmo Holopainen en © Megades, Nederland

Lisoderpa serricone: © Association Insecol

Stegobium paniceum: foto Cymorek

Tiniolla bisselliella: © Megades, Nederland

Tinea pellionella: © Jeff Higgott, © Patrick Clement en ©National Museum of African American

Lepisma saccharina: © Tim Salazar en ©J.V. Richardson

Thermobia domestica: foto Staedion Nederland

Ctenolepisma longicaudatum: foto KBIN

Liposcelis corrodens: © Perry Babin

Blattella germanica en Blatta orientalis: foto KBIN