

HOUTCONSTRUCTIES: METINGEN VAN VOCHT EN SCHADE IN HET KADER VAN DUURZAAM GEBRUIK

ir. J.G.M. Creemers, SHR Hout Research

Samenvatting

Aan de hand van het kader 'Inspectie en monitoring' van de studiedag wordt een overzicht gegeven van de gevaren die bestaan voor (historische) houtconstructies in de zin van vloeren en kappen en hoe die gevaren kunnen worden geëvalueerd.

Onderwerp zijn verschillende vormen van aantasting van hout, met name fysische, chemische en biologische degradatie (vooral schimmels en insecten) met speciale aandacht voor vocht en vervormingen. Bij de verschillende aspecten worden beschrijvingen gegeven en mogelijkheden om ze te beoordelen en in een aantal gevallen worden specifieke bijdragen van SHR benoemd.

1. Inleiding

Wanneer mensen een grotere houtconstructie samenstellen, of dat nou alleen van hout is of in combinatie met andere materialen, dan doen ze dat meestal met een lange levensduur in gedachten. De belangrijkste voorwaarde om dat doel te bereiken is het kiezen van de juiste houtsoort: die moet geschikt zijn voor die specifieke toepassing en de te verwachten omstandigheden rond de constructie. Zo zal voor werken in de grond-, weg- en waterbouw de keuze op een andere houtsoort vallen dan wanneer het bijvoorbeeld over een kapconstructie gaat. Voor wie werkt met historische constructies is de houtsoort in principe geen keuze maar een gegeven. Alleen bij vervangingen en reparaties is er dan gelegenheid om slimme en (historisch) verantwoorde 'andere' keuzes te maken (denk ook aan de ERM restauratieladder). Als voorbeeld van een houtsoort kan grenen (*Pinus sylvestris* of een andere *Pinus*-soort) dienen. We hebben (meer dan) 100 jaar oude grenen kozijnen gezien, die voor het grootste deel nog prima in orde waren. Voor reparaties en vervanging kiezen we in zo'n geval echter eerder voor Oregon pine (*Pseudotsuga menziesii*) omdat grenen van de oorspronkelijk toegepaste kwaliteit niet of nauwelijks meer te krijgen is en het Oregon pine (mits goed geselecteerd) daar het dichtst bij in de buurt komt. Maar, zoals gezegd, in de meeste gevallen moet men het doen met wat men heeft. De focus ligt dan op instandhouding.

2. Gevaren en hun evaluatie

2.1. Aantasting

Tegen welke gevaren zou men zijn houtconstructie eigenlijk moeten behoeden? Het standaard rijtje van mogelijke manieren waarop hout kan worden aangetast ziet er zo uit:

- fysische degradatie
- chemische degradatie
- vuur/brand
- biologische degradatie

Soms wordt verwerking (degradatie van het oppervlak onder invloed van blootstelling aan weer en wind) als apart item toegevoegd, maar wij zien het hier als een combinatie van de eerste twee

aspecten. En als je het verzamelen van houtvezels op verweerde houtoppervlakken door wespen meeneemt, ook een beetje biologisch.

2.1.1. Fysische degradatie

In feite hebben we het hier over slijtage, langzame mechanische verwijdering van materiaal. Denk aan houten traptreden die met name in het midden dunner worden of aan tanden van tandwielen in molens. Evaluatie van fysische degradatie is een kwestie van kijken en eventueel bepalen van afmetingen. In het geval van de treden kan de slijtage het element ook een zekere mate van ouderdom doen uitstralen en weinig aanleiding geven tot reparatie of vervanging. Bij de tanden van de tandwielen is er mogelijk ook sprake van functionaliteit en zal vervanging aan de orde zijn zodra die functie negatief beïnvloed wordt.

2.1.2. Chemische degradatie

2.1.2.1. Beïnvloeding van hout door chemicaliën

Van zichzelf heeft hout een relatief lage pH, wat betekent dat het enigszins aan de zure kant is. Dat verschilt overigens per houtsoort en hangt onder andere af van de in het hout aanwezige inhoudsstoffen. Alles bij elkaar genomen is hout vrij goed bestand tegen chemische invloeden, zowel zuur als basisch. Zo kunnen mestsilos goed van hout worden gemaakt. Een ander bewijs vormen de voornamelijk van (naald)hout gemaakte constructies in productie- of opslaglocaties van (wegen)zout. Grotere metalen constructies zouden daar te snel aan corrosie onderhevig zijn. Een eventuele invloed van zout(en) op hout werkt zich langzaam uit vanaf het oppervlak naar binnen toe. Onder invloed van wisselende luchtvochtigheid lost het zout op en kristalliseert het uit, bij de eerste stap iets verder indringend, bij de tweede mechanische schade op celniveau teweeg brengend. Van historische gebouwen is zogenaamde 'vervilting' bekend, waarbij het oppervlak van de houten constructiedelen een beetje 'wollig' wordt. Dit kan veroorzaakt zijn doordat in het verleden brandvertragende zouten op het hout werden aangebracht. In de genoemde zoutlocaties gaat het proces uiteindelijk een stuk verder en kunnen sterk geëxponeerde delen van de houtconstructie over een groter deel van de doorsnede aangetast raken in de vorm van totale vervezeling.

2.1.2.2. Evaluatie zouten

In historische gebouwen is zout in hout meestal geen punt van aandacht. Zout in muren vaak wel. Toch komt het voor dat er zout in het hout zit. Binnen een te restaureren timmermansloods in Zeeland werden bijvoorbeeld onverwacht hoge vochtigheidswaarden van het hout gemeten. De met elektrische weerstand bepaalde waarden bleken verhoogd door zout, dat via jarenlange zeewind in het hout was beland. Hier was de hoeveelheid niet zodanig, dat maatregelen nodig waren. Dat was anders bij een monumentaal pand in Rotterdam, dat langdurig in gebruik is geweest voor productie van op zouten gebaseerde producten. Sommige houten delen van de kapconstructie waren dusdanig met zout verzadigd, dat zelfs na het verwijderen van de vervezelde laag het hout te nat bleef als gevolg van hygroscopische werking van de nog aanwezige zouten. Vanwege mogelijke problemen met de hechting op het vochtige hout kon de voorgenomen versteviging met epoxy niet plaatsvinden en moesten diverse kolommen toch in hun geheel vervangen worden.

Aan één van die uitgenomen kolommen heeft SHR onderzoek gedaan naar een manier om het zout uit het hout te verwijderen. In het laboratorium is het gelukt om de hoeveelheid zout in het hout omlaag te brengen en daarnaast heeft het een eenvoudige methode opgeleverd om meteen op locatie een schatting te maken van de hoeveelheid aanwezig zout, iets wat eerder alleen via chemische analyses in een gespecialiseerd laboratorium kon. Het zou mooi zijn als de methode verder kan worden uitgewerkt, zodat in soortgelijke gevallen meer historisch materiaal bewaard kan blijven.

2.1.3. Vuur/brand

Historische gebouwen en vuur zijn een ongewenste combinatie. Zoals hierboven genoemd is de brandbaarheid in het verleden wel tegengegaan door het hout te behandelen met brandvertragende middelen / zouten. Tegenwoordig vertrouwt men voor historische houtconstructies vaker op een brandmeldsysteem en sprinklerinstallaties. Op dit punt wordt hier niet verder ingegaan.

2.1.4. Biologische aantasting

Van de biologische agentia zijn schimmels en insecten de belangrijkste groepen. Daarnaast zijn in zout water specifieke weekdieren en kreeftachtigen bekende aantasters en in het grondwater hebben we te maken met aantasting door bacteriën, die bijvoorbeeld langzame aantasting van houten heipalen veroorzaken. Uitgaande van historische houtconstructies in de zin van houten vloeren en kapconstructies zullen we ons hier beperken tot de eerste twee genoemde groepen van biologische agentia: schimmels en insecten. Verder beperken we onze beschouwing tot wat we op locatie kunnen doen, al zijn er ook nog legio mogelijkheden voor laboratoriumonderzoek van bijvoorbeeld meegenomen monsters (microscopie, chemische analyse, etc.) of meer algemene zaken als duurzaamheid (in de zin van weerstand tegen schimmelaantasting) en mechanische eigenschappen.

2.1.4.1. Schimmels

Hout is door bomen gevormd en als zodanig een product van de natuur dat zich over lange tijd ontwikkeld heeft. We zullen hier niet ingaan op de bijzondere opbouw van hout, waardoor het tegelijk sterk en toch relatief licht van gewicht is. De eigenschap waar het hier om draait is de afbreekbaarheid. Van alle groepen biologische organismen zijn het schimmels die het meest voor afbraak van hout zorgen. Er zijn echter heel veel soorten schimmels en met DNA-onderzoek worden er nog steeds nieuwe 'gevonden' en lang voor waar gehouden relaties tussen soorten toch weer verbroken. Dat geldt vooral voor de oppervlakteschimmels ("de zwarte puntjes in de badkamer"), al zijn er daarvan slechts enkele die voor serieuze houtaantasting kunnen zorgen. Dat gebeurt dan met name wanneer hout in contact is met de bodem. In gebouwen, waar de houtconstructies staan waar wij het hier vooral over hebben, zijn het meestal iets hoger ontwikkelde soorten (Basidiomyceten) die houtaantasting veroorzaken.

2.1.4.1.1. Houtaantastende schimmels

Belangrijke schimmels die in gebouwen voor houtaantasting zorgen, zijn de huiszwam (*Serpula lacrimans*), de kelderzwam (*Coniophora puteana*), poriëzwammen (zoals *Antrodia*, *Poria*, *Fibroporia* en *Rhodonias* soorten), plaatjeshoutzwammen (*Gloeophyllum* soorten) en de bruine

eikenzwam (*Donkioporia expansa*). Het is niet de bedoeling deze schimmels en hun leefwijze hier preciezer te beschrijven. Daarvoor kan, onder andere, verwezen worden naar de Uitvoeringsrichtlijn URL 5001 van de Stichting ERM uit 2020, die zich bezighoudt met de bestrijding van houtaantasters in historische gebouwen.

2.1.4.1.2. Evaluatie schimmelaantasting

Wat in dit verband belangrijker is, is hoe je eventuele schimmelaantasting (houtrot) waarneemt of opspoort. Alles begint met goed kijken. Je ogen zijn je belangrijkste gereedschap. Zonder vocht geen schimmels (oftewel: droog hout rot niet), dus kijk naar plekken waar vochtige omstandigheden waarschijnlijker zijn, bijvoorbeeld hout in contact met muren. Verder vormen actief groeiende houtaantastende schimmels specifiek schimmelweefsel (mycelium), soms duidelijke schimmeldraden en vruchtlichamen. Aan de hand van de kleur en vorm van die onderdelen is in veel gevallen redelijk af te leiden, waar je mee te maken hebt. Ook wanneer geen actieve schimmelgroei waarneembaar is, kan de kleur en de samenhang van het hout afwijken van 'normaal'. Zo maken schimmels die voor een 'bruine rot' zorgen het hout donkerder, er komen scheurtjes in het hout, in de lengte en dwars op de vezelrichting en het resulterende materiaal is tussen je vingers tot poeder te wrijven. Bij 'witte rot' is het anders; daardoor wordt het hout juist lichter van kleur en het krijgt een vezelig karakter. De samenhang van het hout toets je mechanisch, met een schroevendraaier, een priem of een scherp mes. Naarmate de aantasting verder is voortgeschreden, zal die samenhang minder zijn. Maar dat is nog allemaal vanaf de buitenkant.

Om ook interne houtrot te kunnen opsporen kun je een boor gebruiken, eenvoudig een accuboormachine met een slangenboor of een speciaal daarvoor ontwikkelde boorweerstandsmeter. SHR gebruikt een Resistograph®. Daarmee wordt een dunne naald met een continue roterende en voorwaartse snelheid in het hout gebracht. De weerstand die de naald ondervindt bij het boren wordt geregistreerd en elektronisch opgeslagen. Door de speciaal ontworpen boornaald is het mogelijk een correlatie te krijgen tussen de gemeten boorweerstand op een specifieke diepte en de dichtheid van het hout op die diepte. Indien de dichtheid van het hout laag blijkt, kan dit wijzen op de aanwezigheid van celwandafbraak, bijvoorbeeld door houtaantastende schimmels. Zo wordt interne aantasting zichtbaar in de boorweerstandscurve. Omdat de boorgaten zo klein zijn wordt deze methode als (vrijwel) non-destructief beschouwd. Wel is het essentieel dat de persoon die de boorweerstandscurven interpreteert voldoende kennis heeft van de structuur van hout en voldoende praktijkervaring met de methode heeft.

2.1.4.2. Insecten

Net als schimmels zijn er veel soorten insecten in de wereld. Wanneer insecten al een relatie met hout hebben, kan die nog altijd verschillende vormen aannemen. Sommigen gebruiken het alleen als onderkomen, maar eten er niet van, zoals bijvoorbeeld mieren. Anderen, bijvoorbeeld spekkevers, boren er wel gaatjes in, maar alleen om zich in te verpoppen. Hommelwasmotten bevestigen er hun spinsels aan en wespen, we zagen het al eerder, grazen als het ware de buitenste vezels af om die te gebruiken als bouw materiaal voor hun nest.

2.1.4.2.1. Houtaantastende insecten

Sommigen eten er daadwerkelijk van. Van de insecten, die hout of zijn inhoudsstoffen wel als voedsel gebruiken, zijn er dan ook nog die dat alleen kunnen als het hout nog (of weer) heel vochtig is: de zogenaamde nathoutboorders. Als hout met een dergelijke aantasting erin voor een constructie in een gebouw gebruikt wordt, kunnen bijvoorbeeld houtwespen hun ontwikkeling tot

volwassen insect in het drogende hout vaak nog wel afmaken. Op het moment dat zij uit het hout uitvliegen vinden zij echter niet meer het vochtige hout dat nodig is om de volgende generatie te starten, zodat het probleem daarmee meteen over is. Zo kun je in gebouwen waar hout met wankanten gebruikt is, bijvoorbeeld voor sporen, ook nog vaak op het oppervlak de oude tekenen (halve gangen) van allerlei nathout-boktorren vinden. Ook geen blijvertjes.

Wie vaak wel blijven, als je er niets aan doet, zijn de drooghoutboorders, die na elke generatie een nieuwe kunnen starten zolang de omstandigheden daarvoor geschikt zijn. Voor historische gebouwen in Nederland zijn de belangrijkste de gewone houtwormkever (*Anobium punctatum*), de huisboktor (*Hylotrupes bajulus*) en de grote houtwormkever (*Xestobium rufovillosum*, ook bekend als bonte knaagkever). Ook deze aantasters zullen wij hier niet verder beschrijven.

Een kever die meestal ook aandacht krijgt, is de spinthoutkever (*Lyctus* sp.), maar voor historische constructies is dat eigenlijk niet nodig. Deze kever heeft zich namelijk zo op voedselrijke situaties gespecialiseerd, dat ontwikkeling van het beestje nauwelijks mogelijk is in hout dat ouder is dan 20 jaar. Het kan natuurlijk wel, dat een aantasting door deze kevers met nieuw materiaal, vaak plaatmateriaal, wordt binnen gebracht.

2.1.4.2.2. Evaluatie insectenaantasting

Je ogen, goed kijken, ook hier begint het daarmee. Beoordelingsaspecten zijn (de aanwezigheid van) kevers, larven, uitvlieggaten en boormeel, alsmede het hout zelf (soort, type, ouderdom) en de vochtsituatie. Met informatie over deze zaken kun je conclusies trekken over de soort van aantaster waarmee je te maken hebt en of er een kans is op constructieve problemen. Bij hout dat van elkaar te onderscheiden spint en kernhout heeft is dat risico kleiner, omdat de meeste insecten zich beperken tot het spint. Met een priem of een scherp mes kun je proberen een indruk te krijgen van de dikte van de aangetaste laag. Een heel belangrijke conclusie om te trekken is of er sprake is van actieve aantasting of niet. Met andere woorden, is de aantasting nog steeds gaande. De genoemde URL 5001 geeft diverse mogelijkheden aan om hier antwoord op te krijgen, onder andere afplakken met papier en lichtvallen.

Voor registratie van mogelijke activiteit van houtaantastende insecten gebruikt SHR zijn Woodworm Detector. Oorspronkelijk ontwikkeld in de VS voor aantastingen door termieten, hebben we door middel van eigen onderzoek in het laboratorium en in de praktijk sinds 2007 een methode ontwikkeld, waardoor het mogelijk is om met de Woodworm Detector ook de belangrijkste houtaantastende insecten in West-Europa aan te tonen. Onder andere in Creemers (2016) is meer te vinden over dit onderzoek en het werkingsprincipe. Het komt erop neer, dat de bewegingen van larven van houtaantastende insecten in hun boorgangen en hun knagen aan het hout hoogfrequente trillingen in het hout veroorzaken. Deze trillingen kunnen worden opgevangen en uitgefilterd. Elke trilling die boven een bepaalde, instelbare drempel uitkomt, wordt geteld. Ook bij ontbreken van activiteit worden echter meestal wel trillingen waargenomen en voor een goede interpretatie van de metingen zijn visuele waarnemingen op basis van kennis van houtaantastende insecten dan ook onontbeerlijk.

2.2. Vocht

Zowel bij schimmels als bij insecten kwam de term 'vocht' voorbij en in alle gevaren is vocht een factor van belang. Hout is een hygroscopisch materiaal en als zodanig altijd bezig een evenwicht te vinden met het omringende vocht. Problemen ontstaan een enkele keer als er te weinig vocht in de omgeving is (denk bijvoorbeeld aan parket), maar als het historische houtconstructies betreft gaat het meestal om een teveel aan vocht.

2.2.1. Vochtgehalte

Vanwege die hygroscopie is "één normaal houtvochtgehalte" niet te geven. Het wisselt al naar gelang de houtsoort en de omstandigheden. Maar laten we zeggen dat het gemiddelde houtvochtgehalte van parket rond de 9% ligt (EN 13228:2011) en dat het evenwichtshoutvochtgehalte bij een klimaat van 20 °C en 65% relatieve luchtvochtigheid (RV) voor diverse houtsoorten zo'n 12 – 13% is. Dat is duidelijk lager dan de 20 tot wel 30% die houtaantastende schimmels langdurig nodig hebben om zich te kunnen ontwikkelen. En hoewel ze drooghoutboorders heten, vinden de larven van zowel de gewone houtwormkever als die van de huisboktor houtvochtgehaltes van meer dan 25% wel zo prettig. Het is dus zaak dat vochtgehalte laag te hebben en te houden.

2.2.2. Evaluatie vocht

Het vochtgehalte van een houtmonster kun je bepalen door het monster te wegen, dan te drogen tot gelijkblijvend gewicht in een geventileerde oven bij een temperatuur van net boven de 100 °C en tenslotte nog eens te wegen. Dan weet je het heel precies, maar voor directe metingen op locatie is dit niet geschikt. Daarvoor zijn onder andere houtvochtmeters ontwikkeld die het houtvochtgehalte bepalen door de elektrische weerstand te meten tussen twee meetpennen die je in het hout brengt. Gebruik makend van geïsoleerde pennen (waarbij alleen de punt elektrische stroom kan geleiden) is het mogelijk het vochtgehalte te meten op verschillende diepten door de pennen er steeds verder in te slaan. Bij de betere meters van dit type is het nodig om de houtsoort en de omgevingstemperatuur aan te geven en dan kun je doorgaans op vrij nauwkeurige resultaten rekenen. Een ander type meters werkt capacitief, via de diëlektrische eigenschappen van hout. Deze resultaten zijn meer indicatief, maar met het voordeel dat de meting non-destructief is: je houdt de meter met zijn antenne (die vlak is of in de vorm van een bolletje) gewoon tegen het hout. Dit soort metingen kunnen je belangrijke informatie geven, maar je moet er wel rekening mee houden dat het om een momentopname gaat.

In dat opzicht is het handiger om het vochtgehalte te kunnen monitoren gedurende een zekere periode. Voor temperatuur en RV kennen we dat al lang: van de 'vogelkooitjes' van vroeger tot aan de moderne apparaatjes die bijvoorbeeld in musea hun metingen draadloos naar een centrale database verzenden. Sinds kort is er ook een sensor op de markt van het Deense Woodsense, die je gewoon in houten elementen kan inbouwen en daar kunt laten zitten. De sensor meet behalve temperatuur en RV ook rechtstreeks het houtvochtgehalte en gebruikt voor de verzending van de meetdata het weinig energie vergende LoRaWAN-netwerk. Bij SHR loopt op dit moment een proef met de sensor. Verder willen we kijken naar een sensor die bijvoorbeeld helemaal ingebouwd kan worden in Cross Laminated Timber (CLT). Daarmee zou het mogelijk worden eventuele ongewenste bevochtigingen in de eerste jaren van nieuwe houten gebouwen snel op te merken en zo grotere schade te voorkomen. De 'Smart Cities' liggen om de hoek.

2.3. Vervormingen

Aansluitend bij de vorige paragraaf is de meest bekende vervorming waarschijnlijk 'het werken van hout'. Wanneer hout vocht opneemt zwelt het en wanneer het droger wordt krimpt het. Dit zijn meestal kleine maar normale bewegingen voor hout als hygroscopisch materiaal onder invloed van wisselingen in luchtvochtigheid. Maar eigenlijk bedoelen wij hier te spreken over vervormingen als gevolg van bijvoorbeeld zettingen of langzaam wijkende verbindingen, zaken waarbij op den duur mogelijk de constructieve veiligheid in het geding is. Dit komen we met enige regelmaat tegen bij gebouwen die gerenoveerd worden. Ondeskundige verwijdering van constructie-

elementen of sterk veranderende vloerbelastingen door een ander gebruik van ruimtes, kunnen leiden tot krachten waarop de oorspronkelijke constructie niet bedacht was.

Als er 'verdachte' beweging is, is het goed om de situatie een tijdje in de gaten te houden, zodat er een duidelijker idee is wat er gebeurt. Dit zal veelal een visuele controle betekenen op meerdere tijdstippen. Voor het monitoren van bijvoorbeeld de breedte van scheuren in vooral muren kunnen traditionele scheurwijdtemeters worden ingezet, maar er zijn ook elektronische sensors verkrijgbaar, die hun data automatisch registreren en doorgeven.

Belangrijk is om meteen vanaf het begin van de (ver)bouwplannen de constructieve aspecten in de overwegingen mee te nemen. En als de vraag is met welke sterkteklasse van hout mag worden gerekend, kan SHR daarbij helpen via bijvoorbeeld een visuele beoordeling van de aanwezige houtkwaliteit volgens NEN 5499. Daarvoor moeten wel voldoende balken aan meerdere zijden voor inspectie bereikbaar zijn. Nog een punt waarmee we kunnen helpen om dat, wat er aan historische houtconstructies is, zo goed mogelijk te bewaren en in stand te houden.

3. Referenties

Creemers JGM. 2016. Use of acoustic emission to detect activity of common European wood-boring insects. In: K Van Balen & E Verstrynghe (ed). 2016. Proceedings of the 10th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions - Anamnesis, diagnosis, therapy, controls, SAHC 2016, Leuven, Belgium, 13-15 September 2016, p. 659-663. Taylor & Francis Group, London

EN 13228:2011. Houten vloeren – Parket van massief houten elementen inclusief blokken met een verbindingssysteem. NEN, Delft. 28 p

NEN 5499:2007+A1:2011 Kwaliteitseisen voor visueel gesorteerd naaldhout voor constructieve toepassingen.

URL 5001. 2020. Uitvoeringsrichtlijn Houtaantasting – Bestrijding houtaantasting door insecten en zwammen in historische gebouwen. Versie 1.1. Stichting Erkende Restauratiekwaliteit Monumentenzorg ERM, Gouda. 78 p

Woodsense. <https://www.woodsense.com/en> op 23-03-2023.

25 JAAR
WTA
NEDERLAND-VLAANDEREN

INSPECTIE EN MONITORING: VAN ANALOOG NAAR DIGITAAL (EN TERUG?)



Utrecht 2023