

...EN DE TON VIEL NIET IN DUIGEN. CONSERVATIE VAN EEN WATER- VERZADIGDE HOUTEN EMMER

Gert van Oortmerssen

Het Laboratorium voor Conservatie en Materiaalkennis (LCM, www.lcm.rug.nl) ondersteunt het onderzoek van het Groninger Instituut voor Archeologie (GIA) op twee manieren. Enerzijds worden hier belangrijke of complexe vondsten geconserveerd en gerestaureerd. Anderzijds wordt gekeken naar de materiaalsamenstelling en vervaardigingswijze van aardewerk en metaal in het kader van technologisch onderzoek. Het LCM wordt echter ook regelmatig benaderd door externe opdrachtgevers. Ernst Taayke, hoofd van het Noordelijk Archeologisch Depot (NAD), kwam in 2004 met het verzoek om een waterverzadigde houten emmer te behandelen. Aanvankelijk zou de emmer worden geconserveerd met behulp van vriesdroogtechniek bij een gespecialiseerd bedrijf. De opdrachtgever vond de kosten voor de meest voor de hand liggende conservatiemethode echter te hoog in verhouding tot de archeologische en historische waarde van het object.

De emmer gaf aanleiding om te onderzoeken of andere middelen en methoden kunnen worden ingezet voor de conservering van waterverzadigd archeologisch hout met een beperkte afmeting (tot circa 50 x 50 x 50 cm.). Immers ook het GIA zelf treft bij haar opgravingen regelmatig waterverzadigd hout aan dat behandeld moet worden. Tot nog toe is dit uitbesteed, waarbij het materiaal meestal werd gevriesdroogd.

Er is gezocht naar een praktisch uitvoerbare conservatiebehandeling met goede resultaten voor een gunstige prijs. Daarbij stonden twee uitgangspunten voorop: ten eerste de

noodzaak tot nabehandeling uitsluiten en ten tweede, waar mogelijk, de noodzaak tot passieve conservatie na de behandeling vermijden. Deze bijdrage is een zeer beknopte bespreking van alternatieven voor vriesdrogen en ze beschrijft de behandeling van de emmer in de loop van 2005.

Waterverzadigd hout

Conservatie van waterverzadigd archeologisch hout wordt beschouwd als een van de moeilijkste disciplines binnen het vakgebied dat zich bezighoudt met behoud van cultureel erfgoed. Hout blijft uitsluitend bewaard in extreem droge of volledig natte en zuurstofarme omgevingen. Extreem droge bodems komen in Nederland niet voor, maar waterverzadigde contexten vormen een normaal verschijnsel in de opgravingspraktijk. Een opgraving van een dergelijke context leidt tot een grote verandering van omgevingscondities door blootstelling aan zuurstof, variabele vochtigheid, wisselende temperatuur en licht. Vooral verandering van het vochtgehalte is een acuut opgravingsrisico dat kan leiden tot onherstelbare vervorming van het hout. In tweede instantie is er potentieel gevaar van schimmel- en algengroei. Dit – gevoegd bij het formaat van sommige vondsten zoals scheepswrakken – illustreert in een notendop de uitdagingen van de discipline.

De oorzaak van vormverandering is gelegen in de structuur van het materiaal. Hout is anisotropisch. Dat willen zeggen: de mate van krimp of uitzetting – als reactie op een veranderend vochtgehalte – is niet in alle richtingen gelijk. De houtvezels reageren verschillend in

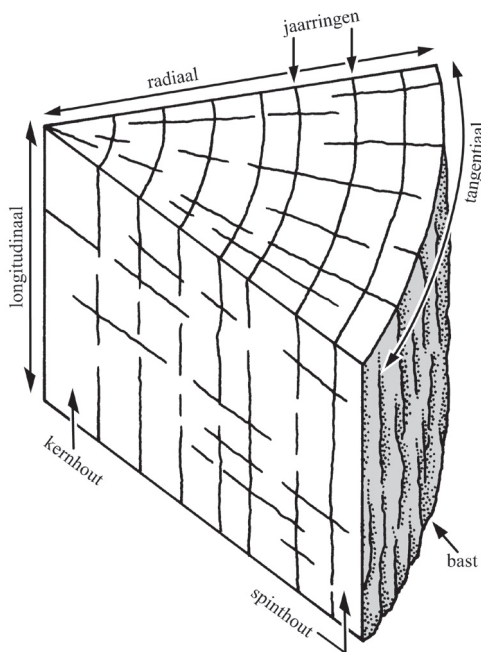


Fig. 1a. De bouw van een boomstam (Naar: Cronyn, 1990: p. 247) (fig. S. Boersma).

radiale, tangenciale en longitudinale richting (fig. 1a). Alleen al het vochtverlies uit een recent omgehakte boom zal leiden tot vormveranderingen zoals schematisch weergegeven in figuur 1b. Hout dat langdurig in de bodem heeft gelegen is bovendien blootgesteld aan chemische invloeden, waardoor bestanddelen kunnen zijn uitgeloozd. Verzwakking van het materiaal leidt tot een verhoogd risico op sterke vervorming bij uitdrogen.

Conservatiemethoden

In de tweede helft van de 20^e eeuw werden diverse conservatiemethoden ontwikkeld voor waterverzadigd hout. De methoden hebben alle tot doel het water aan het voorwerp te onttrekken, onder voorwaarde dat de oorspronkelijke vorm behouden blijft. Bij archeologisch hout zijn de 'bouwstenen' hemicellulose, cellulose en/of lignine dikwijls zo sterk aangetast, dat de vorm alleen behouden kan blijven door

toevoeging van impregneermiddelen tijdens of na verwijdering van het water. Tot op heden worden twee technieken het meest toegepast.

De eerste, en wellicht meest bekende techniek voor houtconservatie is het al genoemde vriesdrogen (Cronyn, 1990; Pearson (in Cronyn, 1990: p. 309, noot 27); Oddy (in Cronyn, 1990: p. 315); Schulten, 1995). Het waterverzadigde voorwerp wordt relatief snel ingevroren. Vervolgens sublimeert ijs uit het voorwerp door de omgevingslucht kunstmatig droog te houden. Dit resulteert in volledige ontwatering met behoud van de vorm bij hout van relatief goede conditie. Voor aangetast hout is impregneren met een vulmiddel noodzakelijk om te voorkomen dat het materiaal alsnog in elkaar zakt of gemakkelijk kan breken. Vanwege de omvangrijke apparatuur en de financiële investering is deze techniek in Nederland beperkt beschikbaar en wordt ze meestal op kleinere voorwerpen toegepast. Een aansprekend voorbeeld van vriesdrogen op grote schaal werd begin jaren '80 ondernomen in de haven van Marseille. Een Romeins schip is daar in situ geconserveerd. Na opgraving werd een ge-

Dwarsdoorsnede boom

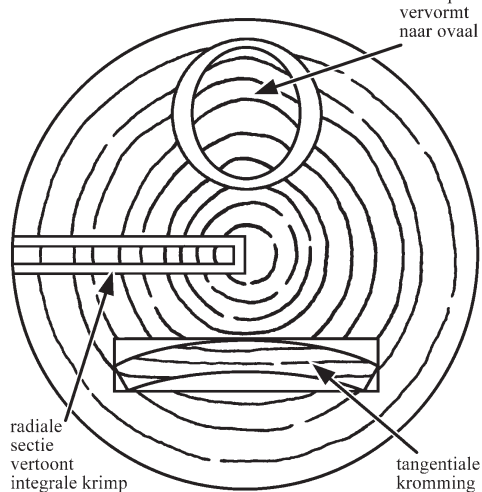


Fig. 1b. De krimpbewegingen van hout bij droging (Naar: Cronyn, 1990: p. 248) (fig. S. Boersma).

bouw (voorzien van klimaatbeheersing en een koelinstallatie) om het schip heen geplaatst. Door middel van onderdompeling in vloeibare stikstof en het handhaven van een lage relatieve vochtigheid (RV) kon al het water uit het hout worden verwijderd (Amoigen & Larrat, 1985). Vanwege de gemiddeld hoge kosten is ook onderzoek gedaan naar vriesdrogen in de buitenlucht in de poolstreken. De resultaten waren bevredigend, maar het project beperkte zich tot hout in een redelijke tot goede conditie (Grattan *et al.* (in Cronyn, 1990: p. 309, noot 38)).

Impregneren met Polyethyleenglycol (PEG) is de tweede techniek die veelvuldig wordt toegepast. Deze methode is gebaseerd op het verdrijven van het water door middel van een vulmiddel dat in water is opgelost. De wasachtige substantie hardt in het hout uit gedurende de verdamping van het water. Een beroemd voorbeeld van deze toepassing is het 17^e eeuwse Zweedse slagschip *Vasa*. Met succes is het complete schip in een twee decennia durende behandeling geconserveerd. Sinds enkele jaren echter wordt de conditie van het hout opnieuw bedreigd door zuurvorming in het hout en corrosie van ijzeren nagels en bouten. Dit laatste is een direct gevolg van de impregnatie, omdat PEG corrosie van metalen versterkt (Sändstrom *et al.*, 2003).

In tegenstelling tot vriesdrogen is PEG-impregnatie voor kleine voorwerpen laagdrempelig qua middelen en apparatuur. PEG is verkrijgbaar in uiteenlopende moleculaire massa's. De soorten met een laag gewicht en getal (200-400) zijn vloeibaar en kunnen gemakkelijk in de houtstructuur doordringen. De soorten met een hoog gewicht en getal (1500-4000) zijn van zichzelf vast, maar oplosbaar in water. Deze laatste kunnen minder goed in het hout doordringen, maar geven geïmpregneerd hout juist de stevigheid en stabiliteit die gewenst is. Uit ervaring bij het LCM en ook uit de beschikbare literatuur is gebleken dat PEG-behandeling dikwijls resulteert in een kleverig en vetzig houtoppervlak. De 'huid'

van het oorspronkelijke materiaal is dan slecht 'leesbaar' en op een vet oppervlak verzamelt zich bovendien gemakkelijk stof en vuil. In dat laatste schuilt een risico op de noodzaak van herhaalde behandeling. Daarnaast is vooral bij hardhout de keuze van het type PEG met de juiste moleculaire massa niet eenvoudig. Een verkeerde keuze kan leiden tot onvolledige impregnatie waardoor verdamping van water dat in de kern achterbleef alsnog kan leiden tot krimp en scheuring (Cronyn, 1990; Pearson (in Cronyn, 1990: p. 309, noot 27); Oddy (in Cronyn, 1990: p. 315)).

Van de twee genoemde technieken lijkt vriesdrogen de ethisch meest verantwoorde; er hoeven geen stoffen te worden toegevoegd die eventueel ook weer verwijderd moeten kunnen worden. Echter, invriezen van het natte hout leidt tot uitzetting van het water met kans op uiteendrukken van het materiaal. PEG zet niet uit bij bevriezing, en om die reden word het hout vooraf toch meestal met een PEG-oplossing met lage molecuul-massa gewassen. Gevriesdroogd hout is licht van gewicht en vrij kwetsbaar zodat ook wel na de behandeling impregnatie met PEG wordt toegepast.

Minder bekende technieken zijn in wezen varianten op PEG-impregnatie. Sommige werken op basis van water, andere op basis van organische oplosmiddelen. De 'sucrose-methode' bijvoorbeeld werkt op basis van geraffineerde suiker in water en is sterk vergelijkbaar met PEG-impregnatie (Parrent (in Cronyn, 1990: p. 309, noot 33)). De methode werd ontwikkeld als goedkoper alternatief voor PEG en is qua materiaal tevens de goedkoopste van de gepubliceerde behandelingsmethoden. Suiker is, net als de PEG-soorten met een lagere molecuul-massa, hygroscopisch als de RV stijgt tot boven 65%. Dat maakt klimaatbeheersing of passieve conservatie wenselijk of zelfs nodig, zodat de conserveringskosten op termijn kunnen oplopen.

De 'aceton/hars-methode' werkt op basis van een organisch oplosmiddel (McKerrell

et al., 1972; Oddy (in Cronyn, 1990: p. 315)). Het waterverzadigde voorwerp wordt hierin ondergedompeld. De lage oppervlaktespanning van aceton resulteert in verdrijving van het water uit het hout. Een eenmaal oplosmiddelverzadigd voorwerp kan worden gedroogd als de conditie van het hout redelijk tot goed is. Archeologisch hout is meestal niet sterk genoeg meer en om die reden wordt het oplosmiddelverzadigde hout na ontwatering ondergedompeld in een mengsel van oplosmiddel en vulmiddel. Het vulmiddel hardt uit bij droging met behoud van de vorm. Hierin is de methode vergelijkbaar met PEG-impregnatie.

Een alternatieve behandelingsmogelijkheid bestaat uit drogen met behulp van een organisch oplosmiddel en toevoeging van siliconen-olie (Smith, 2002). Hoewel de resultaten zeer bevredigend zijn is de methode onomkeerbaar. Overige technieken beperken zich tot louter dehydratie; enerzijds op basis van oplosmiddelen met lage tot zeer lage oppervlaktespanning, zoals de 'alcohol/ether-methode'; anderzijds op basis van oplosmiddelen in combinatie met tijdelijke vulmiddelen zoals in de 'alcohol/kamfer-methode'. Tot en met het uitdrogen zorgt de kamfer voor stabiliteit in het hout, waarna de kamfer zelf uit het hout sublimeert.

Keuze van de meest geschikte conservatiemethode

Voor behandeling van de emmer komt de 'aceton/hars-methode' als meest interessante naar voren. Hoewel de materiaalkosten hoger liggen dan bij sucrose- of PEG impregnatie, is nabehandeling overbodig. Bovendien kunnen behandelde voorwerpen worden bewaard of tentoongesteld zonder toepassing van passieve conservatie (maar waar mogelijk is passieve conservatie wel aan te bevelen om het behoud optimaal te ondersteunen).

De 'aceton/hars-methode' is in de jaren '70 van de vorige eeuw onderzocht en uitgebreid getest (McKerrell *et al.*, 1972; Oddy (in Cronyn, 1990: p. 315)). Waterverzadigd

hout wordt ondergedompeld in aceton en na ontwatering geïmpregneerd met een mengsel van pijnboomhars (colofonium) in aceton. De resultaten van zowel onaangetast als van gedegradeerd archeologisch hout zijn unaniem positief. Na afloop van de behandeling ontstaat een stabiele conditie omdat hars vrijwel ongevoelig is voor een variabele RV. Daarnaast is het vormbehoud zeer goed en heeft het behandelde hout een natuurlijk en goed 'leesbaar' uiterlijk. Het oppervlak is bovendien niet kleverig en nabehandeling is overbodig.

Voor een optimale impregnatie moet het aceton/hars-mengsel worden verwarmd tot 52° Celsius, dicht bij het kookpunt van aceton. De ontvlambaarheid van aceton vormt een verhoogd risico dat veiligheidsmaatregelen nodig maakt. Het is wellicht om die reden dat de methode nauwelijks ingang heeft gevonden. De toepasbaarheid van de methode richt zich in deze context echter op hout met een beperkt volume. Bovendien heeft het aceton/hars-mengsel een verhouding die bij verwarming tot de gewenste temperatuur nauwelijks leidt tot opbouw van druk. De dampdruk van het mengsel is zelfs lager dan die van puur aceton bij kamertemperatuur. Toepassing van een overdrukventiel op een dampdicht afgesloten vat in een zuurkast met afzuiging, en maatregelen ter voorkoming van statische ontladingen, garanderen een verantwoorde veiligheids-situatie tijdens de behandeling.

Eén van de basisbegrippen in conservatie en restauratie is reversibiliteit. De toegevoegde middelen (zoals PEG of hars) moeten weer verwijderd kunnen worden, zonder het object te beschadigen. De eerder genoemde toepassing van siliconen-olie is vanwege de onomkeerbaarheid dan ook onacceptabel. In theorie zijn PEG en colofonium volledig te verwijderen. De praktijk laat een ander beeld zien. Na verloop van tijd zal een deel van de PEG zich chemisch binden aan de nog aanwezige lignine en aan de celstructuur van het hout. Volledige reversibiliteit is dan niet meer mogelijk. Onderzoek aan objecten die enkele decennia

geleden werden behandeld met de 'aceton/hars-methode' maakt duidelijk dat colofonium geleidelijk oxideert waardoor het op termijn mogelijk ook niet volledig kan worden verwijderd. De onderzoekers pleiten voor het vinden van een alternatief voor colofonium, maar beschouwen de methode voorlopig als de meest geschikte voor composietobjecten waarin metaal is toegepast (Esteban *et al.*, 1998).

Behandeling van de emmer

De emmer (inv. nr. D 2004-II.1) is bij toeval aangetroffen door een metaaldetectoramateur in Spijkerboor (gemeente Aa en Hunze, Drenthe) en is via provinciaal archeoloog W. van der Sanden overgedragen aan het Noordelijk Archeologisch Depot. Het voorwerp lag in een verlandde maar waterverzadigde geul van de Hunze. Eenentwintig eikenhouten duigen van 16 centimeter hoogte worden bijeengehouden door twee horizontale ijzeren banden.¹ Afgezien van een losgeraakte bodem is dit voorwerp in de oorspronkelijke eenheid bewaard gebleven. Het hout kan licht worden ingedrukt en voelt wat sponzig aan, een aanwijzing voor de conditie die heel goed noch heel slecht is. De emmer heeft een hengsel met halverwege een ronde uitsparing. Hier doorheen is het oog aangebracht waaraan de emmer kan worden opgehangen. De ophanging wordt in de uitsparing gefixeerd door middel van een forse knop. De hengselhouders op de emmer zijn geklemd tussen duigen en banden en door middel van nagels ook aan de duigen bevestigd. ¹⁴C-analyse van het hout wijst op een datering in de 18^e eeuw.²

Het ijzer is in beperkte mate gecorrodeerd en bezit een zwarte aanslag van ijzersulfiden die kenmerkend is voor zuurstofarme bodemomstandigheden. Op de banden en deels op de duigen is echter lokaal afzetting van een wat meer volumineuze, bruinrode corrosie. Het hengsel mist één van de twee ogen voor bevestiging aan de emmer door een plaatselijk opgetreden sterke corrosie. Het bijbehorende oog van de hengselhouder aan de emmer is

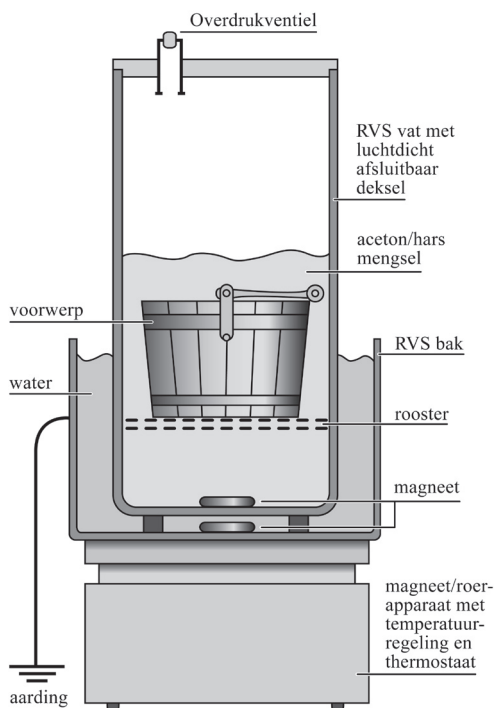


Fig. 2. Schematisch overzicht van de opstelling voor toepassing van de 'aceton/hars-methode' (fig. S. Boersma).

eveneens sterk aangetast.

De opdrachtgever heeft de RV van 100% gehandhaafd door het voorwerp onmiddellijk onder te dompelen in water in een afsluitbare container. Op deze wijze is de emmer aangeleverd bij het LCM. Om elk risico op uitdroging te vermijden zijn – bij hoge uitzondering – geen foto's gemaakt voorafgaand aan de behandeling.

Vóór de behandeling is het opslagwater gemeten op de aanwezigheid van oplosbare zouten, in het bijzonder chloriden. Deze kunnen schadelijk zijn voor het nog aanwezige ijzer. Het zoutenniveau was echter zo laag dat er geen gevaar bestond voor ijzercorrosie. De emmer is onder stromend kraanwater met zachte kwasten afgeborsteld om vuil en loszittende corrosie te verwijderen. Aansluitend is hij gedurende drie weken ondergedompeld in



Fig. 3. De emmer na behandeling (foto G.J.M. van Oortmerssen).

aceton, waarbij telkens na een week de aceton is vervangen. Vervolgens is de emmer overgeplaatst in een oplossing van 67% colofonium in aceton (w/w). De hars lost niet volledig op bij kamertemperatuur omdat het mengsel is afgestemd op verwarming tot 52° Celsius. De opstelling is gedurende vier weken constant op de gewenste temperatuur gehouden in een warmwaterbad (fig. 2).

Nadat de emmer uit de oplossing was genomen werd overtollige hars verwijderd en kon het aceton uit het hout verdampen. Het verdampen duurde ongeveer drie dagen, maar de emmer is gedurende twee maanden nauwlettend gecontroleerd op vormverandering en krimp bij kamertemperatuur en een luchtvochtigheid die varieerde van 40 tot 80%. Er zijn geen veranderingen waargenomen en het uiterlijk oogt natuurlijk (fig. 3).

De volgende stap bestond uit het demonteren van de banden, het hengsel en de hengselhouders (fig. 4). Laatstgenoemden zijn met

behulp van aceton losgeweekt van het hout; de oorspronkelijke nagels waren volledig gecorrodeerd. Daarna is al het ijzer ondergedompeld in aceton om harsresten te verwijderen en is het aansluitend mechanisch schoongemaakt met behulp van een slijptol. Bij mechanisch schoonmaken zou hars zich aan de slijptol hechten als gevolg van wrijvingswarmte, waardoor het gereedschap onbruikbaar wordt. Het schoongemaakte ijzer is vervolgens behandeld met tannine om een lucht/vocht-buffer tegen corrosie te creëren. Onderdelen die contact maken met elkaar of met hout, zijn afgelakt met een 20% oplossing van Paraloid B72 in aceton/ethanol. Deze laag vormt, naast tannine, een aanvullende lucht/vocht-buffer, maar ze maakt ook mogelijk dat hout en metaal met lijm aan elkaar worden gezet. Delen die zichtbaar zijn werden ingesmeerd met microkristallijne was. Dit geeft een mat tot zijdemat oppervlak en het vervult eveneens een rol als lucht/vocht-buffer. Een afdekkende laag

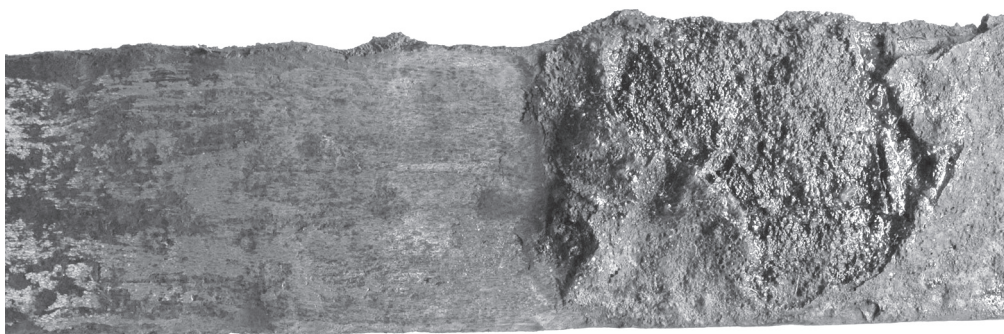


Fig. 4. Onderste ijzerband na demontage. Links is de corrosie mechanisch verwijderd, rechts is deze nog aanwezig (foto G.J.M. van Oortmerssen).

Paraloid zou hier door zijn sterke glans esthetisch detoneren. Alle onderdelen zijn teruggeplaatst en vastgezet met Paraloid B72. Ook de losse bodem is met behulp van Paraloid B72 teruggeplaatst. Het ontbrekende deel van het hengel is aangevuld met een eindlus van ijzer (fig. 5). Deze eindlus is met een tweecomponentenlijm aan het originele ijzer bevestigd en eveneens met tannine en microkristallijne was gebufferd tegen corrosie. De kans op beschadiging van het hout door loshangend metaal is hiermee ondervangen.

De tweecomponentenlijm (Araldite 2020) kan eventueel weer worden verwijderd met behulp van methylchloride, het belangrijkste ingrediënt van verfafbijtmiddelen. In verband met de kans op migratie van chloriden in het ijzer en de daaruit voortvloeiende kans op corrosie, moet het ijzer na verwijdering van deze lijm lokaal worden ontzilt.

Behoud van de emmer op lange termijn, onder toepassing van passieve conservatie, veroorzaakt een belangentegenstelling waar het de ideale waarden van RV betreft. Ijzer moet bij voorkeur bij een extreme, maar stabiele RV van <20% worden bewaard, terwijl hout beter bewaard kan worden bij een weinig veranderende RV van 50%. Het ontbreken van chloriden en de aanwezige lucht/vocht-buffers van tannine, Paraloid B72 en microkristallijne was

geven het ijzer een grotere bandbreedte voor RV. Het hout is door impregnatie met hars veel minder hygroscopisch geworden en kan daardoor eveneens binnen een bredere RV-tolerantie worden bewaard, zolang er maar weinig fluctuaties optreden. Een RV van 35% met zo min mogelijk fluctuatie is een aanvaardbaar compromis.

Conclusie

Hoewel de 'aceton/hars-methode' met bevredigend resultaat is toegepast op een emmer van eikenhout in een redelijke conditie, is deze conservatiemethode niet zonder meer inzetbaar of noodzakelijk voor andere houtsoorten en stadia van degradatie. Sommige objecten kunnen volstaan met ontwateren door middel van een oplosmiddel, bij andere kunnen financiële, historische of niet-objectgerelateerde argumenten leiden tot de keuze voor een alternatieve methode.

Nadelig bij de hier toegepaste methode zijn de relatief hoge kosten van de hars en de toepassing van organische oplosmiddelen in plaats van water. Ook de veiligheidsmaatregelen verdienen meer dan gewone aandacht. Omdat nabehandeling overbodig en passieve conservatie minder noodzakelijk zijn, is de investering voor conservatie overzichtelijk en beperkt. Behandelde objecten moeten echter



Fig. 5. Hengsel met aanvulling, vóór behandeling met tannine en microkristallijne was (foto G.J.M. van Oortmerssen).

kritisch worden gevolgd om een beeld te krijgen van eventuele oxidatie van de hars en de mate waarin dit de conditie van het object kan ondermijnen. Waar mogelijk kan colofonium worden vervangen door een hars die niet oxideert.

Ondanks de geschetste en potentiële nadelen vormt de 'aceton/hars-methode' voor het LCM een zeer nuttige aanvulling op de diverse mogelijkheden voor het conserveren van waterverzadigd hout; zeker bij composietobjecten met metaal, waarvoor geldt dat PEG-behandeling geen optie is.

Summary: Conservation of a waterlogged wooden bucket

In 2004 the Laboratory for Conservation and Material Studies (LCM, www.lcm.rug.nl) was asked to treat a waterlogged oak bucket with iron bindings. Freeze drying, the most obvious conservation technique available, was considered too costly, given the modest historical and archaeological significance of the object. The LCM took the opportunity to explore alternative methods on the basis of published research results. Impregnation with Polyethylene Glycol (PEG) was not possible,

since PEG promotes metal corrosion. Among the alternatives, the 'acetone/rosin method' meets the demand of stability in the face of changes in relative humidity, and it makes retreatment and passive conservation less necessary. Disadvantages are the high inflammability of the solvent and the cost of the material. Another possible drawback is the oxidation of the applied colophony, with expected increasing irreversibility of treatment over time. However, since there will be no need for retreatment, such irreversibility is not considered a major problem. The bucket has been treated according to the 'acetone/rosin method' with satisfactory results. The rate of rosin oxidation will be monitored and, if possible, a non-oxidizing type of rosin will be applied in the future.

Noten

1. Determinatie van de houtsoort is uitgevoerd door J.N. Bottema-Mac Gillavry (GIA).
2. De datering is uitgevoerd door het Centrum voor Isotopen Onderzoek (Rijksuniversiteit Groningen) nummer GrA-23943: 235 ± 25 BP, gekalibreerd (2 stand. dev.) ca. 1630-1949. De meest waarschijnlijke datering ligt tussen 1733 en 1807.

Literatuur

In verband met het karakter van Paleo-aktueel is een beperkte selectie van literatuurverwijzingen opgenomen. De volledige lijst bij dit artikel is te vinden op: www.lcm.rug.nl onder publicaties.

Amoigen, J. & P. Larrat, 1985. Traitement de bois gorgés d'eau par lyophilisation à la pression atmosphérique – Application aux objets de grande dimensions. In: *Waterlogged Wood: Study and Conservation* (Proceedings of the 2nd ICOM-CC Waterlogged Wood Working Group Conference). Grenoble, pp. 181–188.

Cronyn, J.M., 1990 (2e druk, 1992). *The elements of archaeological conservation*. Londen, pp. 246–263.

Esteban, L., A. Crawshaw & J.A. Spriggs, 1998. Is acetone/rosin treatment for wood reversible? In: *ICOM Working Group on Wet Organic Archaeological Materials newsletter no. 29*, Technical notes, pp. 3–4.

McKerrell, H., E. Roger & A. Varsanyi, 1972. The acetone/rosin method for conservation of waterlogged wood. *Studies in Conservation* 17, pp. 111–125.

Sandström, M., Y. Fors & I. Persson, 2003. *The Vasa's New Battle: Sulphur, Acid and Iron* (= Vasastudies no. 19). Stockholm.

Schulten, P.J.W.M., 1995. Goed omgaan met hout; de conservering van houten voorwerpen door 'Archeoplan'. In: K. Helfrich, J.F. Benders & W.A. Casparie (eds), *Handzaam hout uit Groninger grond*. Groningen, pp. 44–47.

Smith, C.W., 2002. *A second set of experiments using hydrolyzable polymers to preserve waterlogged wood*. Miami, WAG postprints (http://aic.stanford.edu/sg/wag/2002/WAG_02_cwsmith.pdf).