

PALEO-PALFENIER

met Rita van Egypte tot Ezinge



Paleo-Palfenier

met Rita van Egypte tot Ezinge

gerekend door

Gerard Aalbersberg
Siebe Boersma
Mans Schepers

Rijksuniversiteit Groningen / Groninger Instituut voor Archeologie (GIA)
University of Groningen / Groningen Institute of Archaeology
& Barkhuis
Groningen, 2017

Redactiecoördinatie: Gerard Aalbersberg & Mans Schepers
Vormgeving: Siebe Boersma
Afbeelding omslag: Klaprozen (2016) door Fionna Bottema

ISBN 978 9 49244 411 0

Adres van de redactie
Rijksuniversiteit Groningen
Groninger Instituut voor Archeologie (GIA)
Poststraat 6 9712 ER Groningen
Tel. 050 363 6712 fax 050 363 6992
gia@rug.nl

Adres van de uitgever
Barkhuis Publishing
Kooiweg 38 9761 GL Eelde
Tel. 050 3080936 fax 050 3080934
info@barkhuis.nl www.barkhuis.nl



**rijksuniversiteit
 groningen**

**groninger instituut
 voor archeologie**

© 2017 Valentina Acierno, Stijn Arnoldussen, Corrie Bakels, Marco Bakker, Fionna Bottema, Nicolien Bottema-Mac Gillavry, René Cappers, Piet Cleveringa, Yotti van Deun, Sonja Filatova, Frits Heinrich, Merit Hondelink, Esther Jansma, Piet Kooi, Jelte van der Laan, Arnoud Maurer, Annet Nieuwhof, Gert van Oortmerssen, Welmoed Out, Paul van Pelt, Kirsten van der Ploeg, Diederik Pomstra, Yftinus van Popta, Wietske Prummel, Morvenna van Rijn, Linda Smit, Theun Varwijk & Henk Woldring

Inhoud

Voorwoord	VII
Fragmentatie van gerst en tarwe tussen oogst en voedselbereiding	1
<i>René Cappers</i>	
Hekelingen III: de ruimtelijke verspreiding van cultuurgewassen en enkele gebruiksplanten	11
<i>Welmoed Out</i>	
Ramessidische graantransporten, landerijen en landbelastingen botanisch gekwantificeerd: Het verso van Papyrus Amiens + Baldwin	23
<i>Frits Heinrich & Paul van Pelt</i>	
Van Smerige Vent en Bonne Louise d'Avranches	35
<i>Piet Kooi & Kirsten van der Ploeg</i>	
De bewerking van dorsresten uit de kleitichels van Karanis: een studie uit de 'kleitichelgeneraties'	43
<i>Sonja Filatova & Linda Smit</i>	
Zat er nog wat in? Archeobotanisch onderzoek aan een Westeinder raatakker	53
<i>Stijn Arnoldussen & Linda Smit</i>	
De theorie en praktijk van botanisch bemonsteren in het hedendaagse universitaire terpenonderzoek	65
<i>Marco Bakker & Theun Varwijk</i>	
Daar zit nog een luchtje aan: beerputten en hun vluchtige stoffen	79
<i>Merit Hondelink & Valentina Acierno</i>	
Dilemma's rond het lemma? Actieve conservering van waterverzadigde archeobotanische macroresten	89
<i>Gert van Oortmerssen</i>	
Spelt in Nederland, een 'vergeten' graansoort?	115
<i>Corrie Bakels</i>	
Vlas in Ezingen - de herkenbaarheid van linnenproductie in het terpengebied	121
<i>Annet Nieuwhof</i>	

Een mandje van bosrank, of hoe enkele takjes de fantasie kunnen prikkelen	133
<i>Nicolien Bottema-Mac Gillavry, Diederik Pomstra & Jelte van der Laan</i>	
Swifterbant, paradijs voor bever en mens	141
<i>Wietske Prummel</i>	
Wat eten we vandaag? Een archeologisch overzicht van voedselgebruik aan boord van binnenvaartschepen op de Zuiderzee	149
<i>Yftinus van Popta & Morvenna van Rijn</i>	
(On)voltooid verleden tijd? Fossiel hout uit het vroeg-Atlanticum	159
<i>Henk Woldring, Piet Cleveringa & Esther Jansma</i>	
Een Post-Middeleeuwse vrucht van de Piassave (<i>Attalea funifera</i>) nabij Nijmegen	169
<i>Yotti van Deun & Arnoud Maurer</i>	
Laten zaden dijken zien? Een onderzoek naar de flora van Anjum ten tijde van de bedijking	175
<i>Arnoud Maurer</i>	

Voorwoord

De Paleo-Palfenier: met Rita van Egypte tot Ezinge

De academische wereld kent veel gebruiken en tradities, zoals het academisch kwartiertje, de pedel met zijn of haar staf en professoren in toga's en baretten. Een andere, minder bekende gewoonte is dat hoogleraren bij hun emeritaat (op zich ook een traditie om dat zo te noemen) vaak een symposium aangeboden krijgen. Op zo'n symposium kunnen collega's, vrienden en vakgenoten dan nog één keer publiekelijk de loftrumpet steken, en op passende en gepaste wijze "afscheid nemen". Met een beetje geluk, en vaak na lang aandringen, verschijnen de lezingen dan een jaar of wat later als een feestbundel of Festschrift voor de kersverse emeritus.

Hoewel een afscheidssymposium en feestbundel niet voorbehouden is aan professoren, is het voor andere staf wel wat ongebruikelijker. En omdat het maar helemaal de vraag is of Rita het op prijs zou stellen om een hele dag met lezingen en dankzeggingen gefêteerd te worden, hebben we daarom maar besloten om het bij een Festschrift te laten. Dat heeft ook als voordeel dat we de bundel artikelen op tijd klaar konden hebben en op het moment van haar pensionering uit kunnen reiken.

Waar we van tevoren de insteek hadden om de toon van de artikelen niet al te zwaar te houden, blijkt nu dat alle auteurs hun taak uiterst serieus hebben genomen. En ergens is dat ook wel goed, want het geeft aan dat Rita niet zo maar iemand is. Uit de kwaliteit van de artikelen spreekt dankbaarheid en respect voor wat Rita in de vele jaren aan BAI en GIA gedaan heeft. We prijzen alle auteurs voor de energie die ze erin hebben gestoken en willen graag Fionna Bottema nog bedanken voor haar bijdrage aan de prachtige omslag. Wie een goede indruk daarvan wil krijgen moet de dankwoorden van de auteurs maar lezen. Ook de ondertitel van deze



bundel, “van Egypte tot Ezinge” geeft de breedte van de onderzoeken aan waarbij Rita betrokken is geweest. Het is ondoenlijk om na te gaan aan welke projecten Rita heeft meegewerkt, laat staan te berekenen hoeveel monsters ze in haar loopbaan onder ogen heeft gehad. Het volstaat om te constateren dat veel projecten zonder haar bijdrage niet het niveau zouden hebben dat ze nu bereikt hebben.

Op een meer persoonlijke noot willen we hier toch wel opmerken dat Rita tot aan haar pensionering gemotiveerd en nieuwsgierig is gebleven. Slechte monsters of goede monsters, het maakte niet uit (hoewel soortenrijke monsters natuurlijk wel de voorkeur genoten); verder had ze ook nog steeds plezier in het ontdekken van iets dat ze niet vaak of helemaal niet eerder gezien had. Daarnaast had ze ook geen moeite zich aan te passen aan andere werkmethoden of veranderde inzichten, waardoor het ook voor nieuwe onderzoekers altijd prettig samenwerken was.

Rita was zeker niet gekluisterd aan de Broerstraat, maar ook aan ‘de Poststraat’ een graag geziene en betrokken collega. Meerdere jaren hebben Rita, Miriam en Siebe de organisatie van personeelsuitjes verzorgd voor de collega's van het GIA. De voorbereidingen zelf waren vaak net zo leuk als de uitjes. Zij kwam met de meest goede en ook wilde ideeën op de proppen, waarvan we de whiskeyproeverijen, het parachutespringen en bungeejumpen toch maar op de lange baan hebben geschoven.

In die afgelopen jaren hebben we gelukkig wel veel andere ervaringen kunnen opdoen. We hebben gewandeld met geiten, op Solexen en met Russische buggy's gereden, koeien geschilderd, gestrandzeild inclusief slijkdouche, gevliegerd, gewandeld over boomkruinen, zelf mayonaise gemaakt, ge(voet/boeren)golfd, Turks gegeten inclusief voorbereidingstijd en erg veel spelletjes gespeeld. Rita zelf was een expert in klaverjassen, ze heeft de afgelopen jaren maar liefst twee keer de beker gewonnen. Zij kon zich wel eens zorgen maken of alles wel goed kwam, dan zag ze vele beren op het pad, maar gelukkig bleken het altijd teddyberen te zijn zodat ze, zoals altijd, haar gulle lach kon laten zien. Haar gulle lach en goede humeur nam Rita sowieso altijd mee. Het was daardoor een plezier om met haar samen te werken! Mede dankzij Rita was het voor de ‘Poststraters’ altijd aangenaam om op de Broerstraat een écht bakkie te halen. We willen jou veel geluk wensen!

Gerard Aalbersberg, Siebe Boersma, Miriam Los-Weijns & Mans Schepers

Dilemma's rond het *lemma*? Actieve conservering van waterverzadigde archeobotanische macroresten

Gert van Oortmerssen¹

Proloog

Rita Palfenier-Vegter kun je niet snel betrappen op iets anders dan zwarte kleding. Designer-standpunt? Principieel post-punk? Nee, gewoon een simpel dilemma: de enorme hoeveelheid verkoold archeobotanisch onderzoeksmateriaal die door haar handen is gegaan. Het biedt weinig ruimte iets anders te dragen, maar je doet het in stijl!

Kruisbestuiving van wetenschappelijke inzichten en kennis. Het is actueler dan ooit en vandaag de dag misschien wel een voorwaarde geworden voor het verkrijgen van onderzoeksfinanciering. Binnen het Groninger Instituut voor Archeologie delen de disciplines Archeobotanie en Conservatie & Materiaalkennis vanaf 1996 één gebouw, en zo werden we directe collega's. Ieder vanuit onze eigen discipline hebben we bijgedragen aan diverse grote opgravingsprojecten. Toch hebben we in die 21 jaar merkwaardig genoeg nooit samengewerkt aan hetzelfde materiaal. En dat, terwijl de niet-verkoold maar waterverzadigde archeobotanische resten die eveneens door Rita zijn onderzocht, verloren gaan als ze niet actief worden geconserveerd. Op de valreep komt het toch nog min of meer goed. Deze bijdrage eert jou, Rita, als zeer gewaardeerde collega en vormt een kleine kruisbestuiving tussen onze disciplines.

Inleiding

Het vakgebied van archeologische conservering bestrijkt een breed spectrum aan materiaalsoorten: van (schijnbaar) onaantastbaar materiaal als aardewerk, steen en goud tot

aan waterverzadigde organische resten, die zeer gevoelig zijn voor veranderende omstandigheden en gemakkelijk degraderen. Voor de meeste materiaalsoorten, met de daarbij behorende specifieke uitdagingen en behoeften, zijn de afgelopen decennia middelen en methoden ontwikkeld voor het conserveren en stabiliseren. Deze worden waar nodig herzien en waar mogelijk verbeterd.

In de paleobotanie is het onderzoek grotendeels afhankelijk van bewaard gebleven organische resten. Deze resten kunnen in stabiele of in onstabiele conditie verkeren. Tot de stabiele categorie behoren verkoolden resten en daarnaast ook onverkoolden maar lucht-gedroogde resten uit extreem aride gebieden zoals woestijnen. De onstabiele categorie herbergt alle materialen die na opgraving of tijdens opslag zullen vergaan en/of vervormen als gevolg van verandering van de bewaar- of studieomstandigheden. In essentie zijn dit alle resten die vocht of water bevatten. Deze bijdrage gaat in op de onstabiele categorie en tracht inzichtelijk te maken in hoeverre bestaande conserveringsmethoden voor waterverzadigde archeologische materialen toepasbaar zijn voor onverkoolden diagnostische archeologische plantenfragmenten uit een waterverzadigde context. Als voorbeeld dienen aarspilfragmenten van granen, een type plantenfragment dat in veel archeologische contexten voorkomt.

Een bijzondere vondst

In juni 2016 vroeg Mans Schepers (GIA, Rijksuniversiteit Groningen) mij een blik te werpen op een verzameling van circa 90



Fig. 1. Waterverzadigd bewaard gebleven aarspilfragmenten, zoals aangeleverd in gedestilleerd water, inclusief de moeite te vermijden luchtbel.

aarspilfragmenten (eng.: *rachis fragments*) (fig. 1). Onder de microscoop, bij een vergroting van 30x, zag ik tientallen merendeels platte, gekromd-trapeziumvormige fragmenten, donkerbruin van kleur, drijvend in water, en met een afmeting van 1-3 millimeter (bijvoorbeeld figuren 6a, 7a en 8a). Wat ik op dat moment nog niet zag was het bijzondere karakter van de vondst. De aarspilfragmenten zijn aangetroffen in dagzomende mestlagen uit gedeeltelijk verspoelde Duitse terpen, die zich in de Waddenzee bevinden, enkele kilometers uit de kust ter hoogte van Esens (dr. M. Schepers, pers. comm.). Deze mestlagen dateren uit de Romeinse tijd. De bewaarcondities moeten – ondanks de getijdeninvloed – in ieder geval het grootste deel van de tijd waterverzadigd en zuurstofarm zijn geweest. Het komt niet vaak voor dat aarspilfragmenten in onverkoelde conditie worden aangetroffen. Onverkoeld of sub-fossiel materiaal is vooral bekend uit woestijngebieden, waar een proces van luchtdroging bij permanent zeer lage luchtvochtigheid heeft geleid tot een stabiele conditie. De oorspronkelijke vorm is daarbij in ieder geval voldoende behouden gebleven voor het uitvoeren van diagnostische analyses.

De aarspil maakt deel uit van de groeiwijze van graan, in specifieke zin de plaats waar de graankorrel hecht aan de aar. Figuur 2 geeft een overzicht van de onderdelen van een gerst-aar (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*). A vertegenwoordigt de aarspil. Figuren 3-5 illustreren de plaats van de aarspil op de aar en geven enkele voorbeelden van aarspilfragmenten in sub-fossiele vorm.

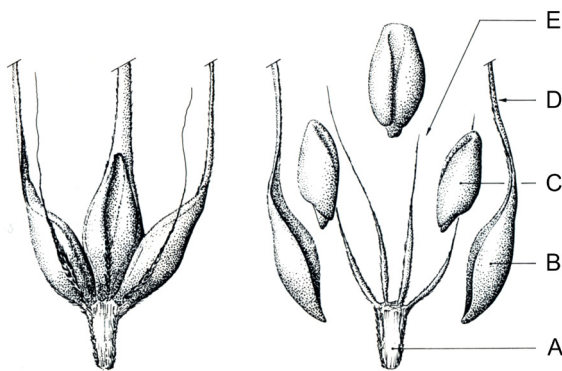


Fig. 2. Habitus van *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare*. A: aarspilsegment (eng.: *rachis segment*); B: lemma; C: vrucht (eng.: *grain*); D: kafnaald (eng.: *awn*); E: kelkkafje (eng.: *glume*). De lengte van één aarspilsegment is ongeveer 4 mm. Uit: Brinkkemper 1991, fig 31.

Als natte monsters tijdelijk of permanent bewaard moeten blijven voor later onderzoek of ten behoeve van een referentiecollectie, dan worden ze gewoonlijk vrij van lucht opgeslagen in gedestilleerd water of ethanol (Barghoorn 1944: 291; KNA 2016, leidraad Archeobotanie: 43). Waar mogelijk is de bewaaromgeving daarnaast ook donker en koel. Ondanks deze redelijk optimale omstandigheden is er de ervaring dat op de middellange en lange termijn opslag in gedestilleerd water toch leidt tot schimmelvorming. Opslag in ethanol resulteert na verloop van tijd tot gedeeltelijke desintegratie van het materiaal, mogelijk als gevolg van uitspoeling van bestanddelen (dr. M. Schepers pers. comm.). Kooistra en Brinkkemper (KNA 2016, leidraad Archeobotanie: 43) beschrijven het probleem als volgt:

“Opslag van botanische resten

Het eigendom van de vondsten en dus ook van het botanisch materiaal s.l. berust bij de depots. Verkoolde plantenresten, zoals houtskool en verkoolde macroresten, kunnen zonder aanvullende eisen worden opgeslagen. Dat geldt ook voor monsterresiduen met uitsluitend verkoolde plantenresten. Voor onverkoelde plantenresten



Fig. 3. Recent voorbeeld van de aar van *Hordeum vulgare* ssp. *vulgare* (bedekt), links: overzicht, schaal 2:1, rechts: tweemaal detail, schaal 3:1. Uit: Neef et al. 2012, p. 391, nr. 29770.

en hout liggen de zaken anders. Hout kan alleen worden opgeslagen als het is geconserveerd. Voor residuen met onverkoelde plantenresten is er op dit moment geen geteste methode voor het conserveren van grondmonsters en residuen met onverkoelde macroresten. Wel is het sinds enkele jaren in een aantal depots mogelijk om goed verpakte, niet geconserveerde monsters en residuen tijdelijk op te slaan onder geconditioneerde omstandigheden (lage temperatuur, donker en de juiste luchtvochtigheid). Zolang er geen duurzame opslag mogelijk is geldt de opslag van residuen met onverkoelde plantenresten alleen voor uitzonderingsgevallen, na overleg tussen depotbeheerder en specialist en voor een

bepaalde, van te voren door beide partijen afgesproken termijn. Daarmee is dit probleem nog niet op een bevredigende wijze opgelost, want het zou immers zo moeten zijn dat alle residuen met waardevolle botanische macroresten zouden moeten kunnen worden opgeslagen...."

Vanuit dit oogpunt is het interessant te onderzoeken of er middelen en methoden bestaan om waterverzadigd botanisch materiaal te ontwateren en aansluitend te stabiliseren of te conserveren, teneinde het langer en eenvoudiger te kunnen bewaren voor studie en onderzoek. Dit houdt in dat het stadium van *passieve* conservering – in dit geval opslag in een stabiliserende



Fig. 4. Aarspilfragmenten, sub-fossiel (lucht-ge-droogd) uit aride gebied (Karanis Egypte-Romeinse periode). Schaal 4:1. Uit: Neef et al. 2012, p. 394, nr. 29606.

vloeistof – wordt verlaten en *actieve* conservering wordt ingezet om het materiaal stabiel en bestudeerbaar te maken: zonder bewaarvloeistof en bij voorkeur ook zonder speciale klimatologische ingrepen.² Voor dat doel is een klein deel van de verzameling aarspilfragmenten uit het mest-monster afgesplitst.

Bij het *actief* conserveren van waterverzadigd organisch archeologisch materiaal zullen de meeste mensen in eerste instantie denken aan houten scheepswrakken, bouwkundige constructies, (delen van) gereedschap, kleding en leren schoenen. Het beeld van minuscule archeobotanische resten, en in meer specifieke zin aarspilfragmenten, ligt minder voor de hand. Toch zouden de principes en middelen die worden toegepast bij de conservering van waterverzadigde archeologische objecten ook toepasbaar kunnen zijn bij het stabiliseren van materiaal dat een microscopische schaal heeft. Deze bijdrage wil zichtbaar maken in hoeverre dat mogelijk kan zijn voor de beschreven aarspilfragmenten op basis van relatief eenvoudig beschikbare middelen en technieken.

De materiële eigenschappen van aarspilfragmenten komen grotendeels overeen met die van hout of houtachtige materialen, zodat



Fig. 5. Aarspilfragmenten, sub-fossiel (verkoold) Bandixon – Uzbekistan: Late Bronstijd. Schaal 4:1. Uit: Neef et al. 2012, p. 395, nr. 29665.

aansluiting bij methoden en middelen op die terreinen voor de hand ligt, hoewel de aangeleverde aarspilfragmenten de meestal vormvaste staat van hout ontberen en slap zijn. Plantmateriaal bestaat – net als hout – voornamelijk uit cellulose, lignine en hemicellulose.

“Cellulose geeft het hout samenhang, lignine geeft het hardheid; hout zonder cellulose zou hard maar bros zijn, hout zonder lignine zou sponsachtig zacht zijn.” (Smit et al. 2006: 50). Gezien de complexe ‘bodemomstandigheden’ – die wellicht het best omschreven kunnen worden als mestpakket in overstromingslandschap – is niet aan te geven welke bestanddelen van de aangeleverde aarspilfragmenten het meest zijn aangetast en uitgeloozd. In algemene zin beoogt actief conserveren hier vooral het behoud van de aangetroffen vorm met bijbehorend volume zodat de diagnostische kenmerken zoveel mogelijk bewaard blijven.

Methoden en middelen voor het conserveren van waterverzadigde organische materialen.

De bestaande methoden en middelen voor het *actief* conserveren van waterverzadigd organisch materiaal omvatten in wezen twee mogelijke trajecten.

Het eerste traject voorziet uitsluitend in het verwijderen van het aanwezige water. Dit kan ongeforceerd plaatsvinden door middel van (vries)drogen, of geforceerd met behulp van een organisch oplosmiddel. Geforceerd

Tabel 1. Overzicht van de middelen en technieken waarmee is getest om te bepalen of deze geschikt zijn voor het *actief* conserveren van waterverzadigd bewaarde aarspilfragmenten.

	ontwateren	stabilisator / vulmiddel	drogen	aantal overplaatsingen
A	-	-	luchtdrogen	1
B	ethanol	-	onderkoeld drogen	2
C	aceton	-	onderkoeld drogen	2
D	-	PEG 600 → 4000	vriesdrogen	2
E	-	PEG 600 → 6000	vriesdrogen	2
F	aceton	PEG 4000 in DCM	luchtdrogen	3
G	aceton	PEG 6000 in DCM	luchtdrogen	3
H	aceton	PEG 600 → 4000 in DCM	luchtdrogen	3
I	aceton	Colofonium (hars)	luchtdrogen	3
J	aceton	Paraloid B72 20% in aceton	luchtdrogen	3
K	aceton	Paraloid B72 30% in aceton	luchtdrogen	3

ontwateren wil zeggen dat door onderdompeling van het fragment in een aantal baden van bijvoorbeeld ethanol of aceton, het aanwezige water stapsgewijs wordt vervangen door het oplosmiddel. Hierop volgt wederom (vries) drogen. Veel waterverzadigd archeologisch materiaal is zo sterk aangetast – met verlies van intern verband – dat een dergelijke behandeling zal leiden tot vervorming of uiteenvallen.

Daarom is meestal een tweede of aanvullend traject noodzakelijk. Door middel van onderdompeling in een vloeistof waaraan een stabilisatie- of vulmiddel is toegevoegd wordt het archeologische materiaal of object geleidelijk geïmpregneerd. Dit geeft tijdens de drogingsfase aanzienlijk betere kansen op behoud van de oorspronkelijke vorm en voorkomt tevens uiteenvallen na droging. Bij de meeste varianten van een gekozen traject is de behandeltijd doorgaans lang. In het gunstigste geval duurt het proces enkele weken, bij grote voorwerpen in een matige conditie tot enkele jaren (bijvoorbeeld Cronyn 1990 (2003), 238-262; Florian *et al.* 1990, 139-194; Van Oortmerssen 2006; Pearson (red.) 1987, 164-206; Pournou 2002). Naar het *actief* conserveren van waterverzadigde botanische macroresten zoals beschreven in deze bijdrage is tot nu toe niet veel onderzoek gedaan. Voorbeeldig evenwel in dit

verband is de vergelijkende studie naar conserveringsmethoden voor waterverzadigde hazelnoten uit mariene context van de hand van Pournou (2002). Onderzoek naar de *actieve* conservering van botanisch materiaal legt doorgaans de nadruk op historische en etnografische objecten uit museumcollecties, waarbij de objecten vrijwel altijd droog zijn (Florian *et al.* 1990). De spaarzame uitzonderingen zoals houten schepen zijn extreem complexe trajecten waarvoor welhaast individuele behandelingstrajecten worden ontworpen. De recent gelichte IJsselkogge bij Kampen is daarvan een sprekend voorbeeld (www.ijsselkogge.nl).

De aarspilfragmenten zijn aangeleverd in een buisje, bijna luchtvrij ondergedompeld in gedestilleerd water (fig. 1). Tot aan het moment van behandeling zijn ze bewaard in het donker, bij een constante temperatuur van ongeveer 4 °C. Dit is voorlopig de meest geschikte vorm van *passieve* conservering voor de periode tussen opgraving en uitwerking of *actieve* conservering.³

Experimentele opstelling

De beschikbaarheid van een groot aantal aarspilfragmenten schiep de gelegenheid voor een systematische benadering van de behandelingsmogelijkheden. Tabel 1 geeft

een overzicht van de geteste methoden. A-C behoren tot het eerste traject (verwijdering van water door droging of geforceerd ontwateren), D-K tot de tweede (conservering door toevoeging van een vulmiddel aan de bewaar- of ontwateringsvloei-stof). De omschrijving ‘aantal overplaatsingen’ heeft betrekking op het aantal keren dat materiaal fysiek – met behulp van een slappe precisie-pincet of een penseel – moet worden opgepakt tijdens de behandeling. Hoe meer van dergelijke handelingen onderdeel uitmaken van de behandeling, hoe groter de kans op fysieke beschadiging aan of uiteenvallen van de aarspilfragmenten. Onderkoeld drogen of vriesdrogen werd uitgevoerd bij $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$. Onderkoeld drogen heeft betrekking op het toegepaste ontwateringsmiddel: aceton en ethanol bevriezen bij respectievelijk $-94,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $-114,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Methode A, de meest eenvoudige behandeling in de vorm van drogen aan de lucht, maakt direct duidelijk wat het probleem is bij het conserveren en stabiliseren van waterverzadigd organisch materiaal. Figuren 6a en 6b laten het verschil zien tussen de waterverzadigde en de lucht-gedroogde staat. Het resultaat in figuur 6b is na anderhalf uur bereikt. Bij bijna alle fragmenten treedt sterke vormverandering en krimp op en het materiaal neigt tot uit elkaar vallen. Het krimppercents wordt geschat tussen 20 en 60%, gemiddeld 40%. Dit staat gelijk aan vernietiging. De vervorming maakt determinatie moeilijk. De verandering is onomkeerbaar omdat toevoeging van water niet leidt tot herstel van de oorspronkelijke vorm.

Een meer gecontroleerde behandeling (methoden B en C) bestaat uit het geforceerd ontwateren van de fragmenten met behulp van een organisch oplosmiddel. Hiervoor zijn ethanol (methode B) en aceton (methode C) gekozen, twee eenvoudig te verkrijgen middelen die een beperkt risico vormen voor de gebruiker bij blootstelling aan de dampen. De fragmenten zijn tweemaal 24 uur ondergedompeld in een volume oplosmiddel dat bij

benadering minimaal het duizendvoudige volume van één aarspilfragment vertegenwoordigt. Het gehalte restwater kan aldus worden beschouwd als verwaarloosbaar klein. Na het tweede bad is het grootste deel van de vloeistof verwijderd. Vervolgens is het bakje met vloeistofverzadigde fragmenten afgedekt met een laag geperforeerde Parafilm M en onderkoeld tot $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$.⁴ Voor zover waarneembaar bij microscopische vergroting was de aceton na 4 dagen volledig verdampt en de ethanol na 4 weken nog steeds nauwelijks. Omwille van de praktische uitvoerbaarheid van een methode is het geforceerd drogen met ethanol (methode B) stopgezet. De aceton-gedroogde fragmenten zijn vanuit onderkoeling bij $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$ in twee dagen tijd teruggebracht naar $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Daarna zijn ze in een isolatiedoosje in de labruimte geplaatst om gecontroleerd op kamertemperatuur te komen.⁵

In vergelijking met uitsluitend luchtdrogen moeten de fragmenten bij geforceerd ontwateren en drogen vaker worden verplaatst. Dit kan breuken of beschadigingen veroorzaken. Bovendien is de foto-na-behandeling niet gebaseerd op verandering/vervorming van het materiaal op dezelfde plaats (zoals bij methode A), maar op het opnieuw neerleggen van het materiaal. Vergelijking van de afbeeldingen van voor en na drogen vanuit aceton (methode C; zie figuren 7a en 7b) levert weliswaar een wat minder dramatisch beeld van vervorming op ten opzichte van uitsluitend luchtdrogen. De mate van krimp is echter nog steeds ongeveer 30-40%, met bijkomend verlies aan diagnostische kenmerken en verhoudingen. Ook zijn de fragmenten zeer kwetsbaar: ze breken gemakkelijk of desintegreren bij hanteren. Dit is niet wenselijk binnen de context van een fysieke referentiecollectie.

Op grond van de hierboven beschreven uitkomsten is vervolgens onderzocht welke vulmiddelen kunnen worden toegepast ter versteviging van het interne verband en ter voorkoming van vervorming en krimp. De onderzochte vulmiddelen zijn Polyethyleen



Fig. 6a. Methode A: Aarspilfragmenten in waterverzadigde toestand. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 6b. Methode A: Aarspilfragmenten na luchtdroging. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 7a. Methode C: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 7b. Methode C: conditie van de aarspilfragmenten na geforceerd ontwateren met behulp van aceton en onderkoeld luchtdrogen bij -49 °C. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

Tabel 2. Overzicht van enkele eigenschappen van besproken PEG varianten in de toegepaste oplosmiddelen (vrij naar Pearson 1987, p. 169).

PEG	vorm bij 25 °C.	oplosbaarheid in water 20 °C.	verzadiging PEG/water ca.	oplosbaarheid in ethanol	oplosbaarheid in aceton	oplosbaarheid in dichloormethaan
200	vloeibaar	goed	100 g/100 ml	goed	goed	niet
600	was-achtig vloeibaar	goed	100 g/100 ml	goed	goed	niet
2000	was-achtig vast	goed	68 g/ 100 ml	slecht	slecht	slecht
4000	vast	goed	50 g/100 ml	niet	niet	goed
6000	vast	goed	50 g/100 ml	niet	niet	goed

Glycol (hierna PEG), Colofonium of pijnboomhars, en ten slotte Paraloid B72, een breed toegepaste, universeel geaccepteerde restauratielijm (Koob, 1986). De keuze van oplosmiddelen is gebaseerd op de mengbaarheid met water enerzijds en oplosbaarheid van de toe te passen vulmiddelen anderzijds. Daarnaast is gekeken of de oplosmiddelen relatief gemakkelijk verkrijgbaar en toepasbaar zijn zonder kostbare voorzieningen op het gebied van persoonlijke bescherming. De toegepaste oplosmiddelen zijn ethanol, aceton en dichloormethaan. De eerste twee zijn eenvoudig verkrijgbaar en vereisen geen ingrijpende persoonlijke beschermingsmaatregelen. Voor dichloormethaan (CH_2Cl_2 , ook bekend onder de benamingen methyl- of methyleenchloride of DCM) gaat dat niet op. Het is toch toegevoegd vanwege de oplosbaarheid van bepaalde typen PEG die geschikt zijn om de aarspilfragmenten te conserveren. De vul- en oplosmiddelen worden hieronder – al dan niet in combinatie met elkaar – besproken.

PEG

Bij de toepassing van PEG is gekeken naar een geschikt type dat oplosbaar is in water, en mogelijk ten opzichte van de genoemde eenvoudig te verkrijgen organische oplosmiddelen eveneens goed werkbaar is. PEG is verkrijgbaar in een reeks uitvoeringen, waarbij de lengte van de molecuulketen varieert. De varianten met relatief korte ketens (PEG

200 - 2000) zijn vloeibaar tot wasachtig bij kamertemperatuur, de varianten met relatief lange ketens zijn vast (PEG 4000 - 6000). De korte-keten varianten kunnen - afhankelijk van hun toepassing - een schijnbaar vaste vorm hebben. Als voorbeeld kan de conservering van leer dienen. Waterverzadigd archeologisch leer wordt geïmpregneerd met PEG 400 - 600. Het eindstadium lijkt droog en vast, maar is dat niet. PEG 600 heeft een specifieke vettige, was-achtige/vloeibare staat. Het geïmpregneerde leer wordt met behulp van de niet-vaste PEG juist soepel gehouden. De PEG functioneert hier niet als vullende 'lijm', maar draagt bij aan de vulling van de cellen zodat deze niet inklappen en uitdrogen. Nadelig aan de korte-keten PEG-varianten is een vettig oppervlak. Dit is geen gewenste eigenschap voor de beoogde toepassing. Om die reden gaat de voorkeur uit naar en is getest met PEG 4000 en 6000, twee vormen die bij kamertemperatuur een vaste, paraffine-achtige vorm hebben. Tabel 2 geeft een overzicht van enkele eigenschappen van PEG varianten.

De korte-keten PEG varianten (200-1000) – met een vloeibare staat bij kamertemperatuur – zijn goed oplosbaar in ethanol en aceton, maar de lange-keten varianten (4000-6000) niet, terwijl de paraffine-achtige fysieke eigenschappen van de lange-keten varianten geschikter zijn voor de hier voorgestelde *actieve* conservering waarbij ook het interne verband moet worden vergroot. De keuze is dan beperkt

Tabel 3. Stapsgewijze aanpassing van de conserveringsvloeistof tijdens het impregneren met PEG 600/4000 of PEG 600/6000.

stap	verwijderen	toevoegen	resultaat
1	10% water	vloeistofvolume PEG 600 (60% in water) gelijk aan het verwijderde volume bestaande oplossing	≈ 6% PEG 600 in water
2	30% bestaande oplossing	idem	
3	60% bestaande oplossing	idem	
4	90% bestaande oplossing	idem	
5	≤ 100% bestaande oplossing	idem	≤ 60% PEG 600 in water
6	10% bestaande oplossing	vloeistofvolume PEG 4000 of 6000 (33% in water) gelijk aan het verwijderde volume bestaande oplossing	≈ 6% PEG 4000 of 6000 en ≈ 54% PEG 600 in water
7	30% bestaande oplossing	idem	
8	60% bestaande oplossing	idem	
9	90% bestaande oplossing	idem	
10	≤ 100% bestaande oplossing	idem	≥ 99% PEG 4000 of 6000 en ≤ 1% PEG 600 in water

tot water of een ander organisch oplosmiddel dan ethanol of aceton, zoals dichloormethaan. Het voordeel van water is dat er minder handelingen nodig zijn in het ontwateringsproces en er geen speciale beschermingsmaatregelen genomen hoeven te worden. Het gebruik van dichloormethaan – vooral bekend als verfabijtmiddel en schuimmiddel in PUR-isolatieschuim – vereist bescherming van de huid en puntafzuiging of een zuurkast tegen inademing van dampen. In verband met de toepassing zijn er enkele opmerkingen te maken over de relatie tussen PEG en water. Een belangrijke eigenschap van PEG is dat het de oppervlaktespanning van water verlaagt. Dit leidt ertoe dat de capillaire spanning op de cellen minder groot is wanneer het water uit de cellen verdampt en er ook minder beschadiging optreedt. Ten tweede is er een directe relatie tussen de afname van de oppervlaktespanning en het molecuulgewicht van de PEG-variant. Hoe lager het molecuulgewicht hoe groter de vermindering van de oppervlaktespanning (Winterhalter *et al.* 1995). Ten derde dringen de lange-keten varianten (met hoger molecuulgewicht)

minder gemakkelijk door in de poriën van de aarspilfragmenten dan de korte-keten varianten. Celwanden hebben een capillaire opening tussen 10 en 80 nm. Een watermolecuul heeft een afmeting van 0,2 nm, PEG 600 ongeveer 2,5 nm, PEG 4000 circa 18 nm en PEG 6000 circa 27 nm (Hoffmann 1982.) Om die reden is toch een korte-keten PEG type toegepast in de behandelketen bij impregneren met PEG 4000 of 6000.

De behandelstappen voor het aanpassen van de impregneringsvloeistof bij methoden D en E staan beschreven in tabel 3. Eerst wordt het water geleidelijk vervangen door PEG met een laag molecuulgewicht in water, waarna opnieuw in een aantal stappen het gehalte PEG met een laag molecuulgewicht wordt vervangen door een oplossing met PEG met een hoger molecuulgewicht. Aan het opslagwater is in 5 stappen PEG 600 toegevoegd totdat dit een verhouding van 60% in water had. Vervolgens is dezelfde stapsgewijze overgang toegepast voor het veranderen van de PEG-600 oplossing in een oplossing met PEG 4000 of PEG 6000. Het uitvoeren van de stappen vindt plaats in een periode van 10



Fig. 8a. Methode D: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De fragmenten rechts zijn als eerste neergelegd voor de foto en vertonen al duidelijk verlies van vocht. Dit verschijnsel treedt op binnen 10 minuten. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 8b. Methode D: conditie van de aarspilfragmenten na behandeling met PEG 600/4000 en vriesdrogen bij -49 °C. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 9a. Methode E: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 9b. Methode E: conditie van de aarspilfragmenten na behandeling met PEG 600/6000 en vriesdrogen bij -49 °C. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

dagen. Uiteindelijk volgt gecontroleerd drogen door middel van invriezen bij -49 °C. Dit laatste neemt twee weken in beslag.

Figuren 8a en 8b tonen de resultaten voor en na behandeling met PEG 600/4000. In vergelijking met de uitkomsten van methoden A-C, leidt methode D duidelijk tot minder vervorming en minder krimp. Het krimpgehalte wordt geschat op minder dan 10%. De twee fragmenten rechtsonder zijn wel enigszins vervormd, en het linker fragment van deze twee is een gedeelte rechtsboven kwijtgeraakt. Het toegenomen aantal handelingen leidt niet tot verpoederen of uiteenvallen. De breuk bij het aarspilfragment in de foto na behandeling is het gevolg van ongewild te hard drukken op het materiaal met een metalen naald. Uit de scherpe breuk blijkt dat er op zich voldoende intern verband is gecreëerd met de behandeling, maar dat het hanteren van het materiaal een delicate kwestie blijft. De beste garantie tegen breuk lijkt te worden bereikt door het materiaal te verplaatsen met behulp van zachte (marterharen) penseeltjes. In figuur 8b is te zien dat op sommige plaatsen residu van PEG achterblijft. Dit verschijnsel is goed zichtbaar in het meest linkse fragment, onderaan. De witte zone is geen gat maar een restant PEG. Dit restant kan alleen worden verwijderd door middel van contact met water of door verwarming van het geconserveerde fragment tot boven de smeltemperatuur van PEG 4000 (53-59 °C). Dit houdt een aanzienlijk risico in op vervorming of verlies van materiaal. De verhouding tussen diagnostische leesbaarheid en aanwezigheid van wit residu valt sterk uit in het voordeel van leesbaarheid en om die reden is niet geprobeerd residu te verwijderen.

De behandeling met PEG 600/6000 (methode E) toont sterk vergelijkbare resultaten. Figuren 9a en 9b laten zien dat vervorming en krimp eveneens zeer gering zijn. Wel is de indruk dat er meer PEG-residu aanwezig is in vergelijking met de resultaten van de behandeling met PEG 600/4000. Dit is zichtbaar in

lichter gekleurde zones op diverse fragmenten. Het meeste linkse fragment in de bovenste rij in figuur 9a bleek uit twee fragmenten te bestaan, die op elkaar lagen. In figuur 9b zijn deze gescheiden weergegeven, wat het extra fragment links in de afbeelding verklaart. Het tweede fragment van rechts in de onderste rij in figuur 9a bestond eveneens uit twee kleinere, op elkaar gelegen fragmenten. Eén daarvan is gedesintegreerd tijdens de behandeling, zodat in figuur 9b alleen het overgebleven fragment is weergegeven. Een specifieke oorzaak voor de desintegratie van het fragment is niet aan te geven. Waarschijnlijk was de conditie van het fragment in vergelijking met andere fragmenten relatief slecht.

De behandeling met PEG en dichloormethaan kent een iets ander traject dan hierboven beschreven. Dichloormethaan (hierna DCM) is slecht oplosbaar in water, terwijl PEG 4000 en 6000 wel goed oplosbaar zijn in water en DCM. DCM kan niet gebruikt worden om de aarspilfragmenten te ontwateren, terwijl de geschikte ontwateringsoplosmiddelen ethanol en aceton niet mengen met de langemolecuulketen-varianten PEG 4000 en 6000. Op basis van deze beperkingen is eerst gekeken hoe mengbaar water, DCM en PEG 4000 of 6000 zijn bij kamertemperatuur. Om veiligheidsredenen wordt in dit geval het mengsel niet verwarmd, in tegenstelling tot de gangbare methoden (bijv. Pearson 1987). Dat laatste is gebruikelijk om PEG beter of sneller in water te laten oplossen. Proefondervindelijk is vastgesteld dat het verzadigingspunt van PEG 4000 in DCM bij kamertemperatuur (20 °C.) bij een verhouding van circa 50% PEG en 50% DCM (w/w) ligt. Dezelfde verhouding is gebruikt bij het maken van een mengsel van water, PEG 4000 en DCM, waarbij 50% van de DCM is vervangen door water, resulterend in een verhouding 1:2:1. Het resultaat is dat weliswaar alle PEG is opgelost, maar verdeeld over twee strikt gescheiden vloeistoffen die op elkaar liggen.



Fig. 10a. Testopstelling voor het uitdampen van één met PEG 4000 in DCM geïmpregneerd aarspilfragment. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 10b. Testopstelling voor het uitdampen van één met PEG 4000 in DCM geïmpregneerd aarspilfragment (detail). De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

Omdat DCM slecht oplosbaar is in water, wijkt de procedure voor behandeling met PEG en DCM af van de hierboven beschreven methodes. De aarspilfragmenten zijn ontwaterd in aceton volgens het eerder beschreven principe van twee baden. Daarna zijn de acetonverzadigde fragmenten direct overgeplaatst in een PEG 4000- of 6000-verzadigd mengsel in DCM, op basis van de veronderstelling dat de mengbaarheid van aceton en DCM ervoor zal zorgen dat beide stoffen uitwisselen en zo impregnatie van de aarspilfragmenten mogelijk maken. Aanvankelijk bleven de fragmenten aan het oppervlak, na enkele minuten echter zonken ze langzaam naar de bodem, waarschijnlijk als gevolg van het uitdampen van aceton en vermengen van aceton en DCM. Na twee dagen zijn de fragmenten uit de oplossing genomen en in een klein, afdekbaar bakje van ongeveer 1 cm³ geplaatst. Onder in het bakje is een propje pluisvrije tissue geplaatst en 1,0 milliliter DCM toegevoegd om verdamping te vertragen. Het fragment wordt te drogen gelegd op de tissue. Het is van belang het bakje met inhoud zo snel mogelijk af te dekken met een dekglasje

en/of Parafilm M, opdat verdamping sterk wordt vertraagd. Bij kamertemperatuur kan het fragment langzaam uitdampen. Figuren 10a en 10b geven de testopstelling weer. Na vier dagen is een fragment voldoende uitgedampt om te worden gehanteerd. De fragmenten hechtten niet aan de tissue en konden eenvoudig worden opgepakt met pincet of penseel.

De resultaten voor PEG 4000 in DCM zijn weergegeven in figuren 11a en 11b. Een van de fragmenten is na het uitdampen niet teruggevonden en ontbreekt om die reden in figuur 11b. De resultaten zijn niet eenduidig. Sommige fragmenten lijken goed vormbehoud te hebben en weinig krimp te laten zien, zoals het linker fragment en – boven elkaar afgebeeld – het korte en het langere fragment. Krimp wordt geschat tussen 10 en 20%. De andere aarspilfragmenten lijken relatief wat meer gekrompen en ook enigszins vervormd. Mogelijk heeft dit een relatie met meer of minder ‘houtig’ zijn van een deel van het fragment. Residu van PEG is niet duidelijk waarneembaar. Opvallend verschil met de methoden D en E (PEG/water) is het veel



Fig. 11a. Methode F: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 11b. Methode F: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering in aceton, impregnatie met PEG 4000 in DCM en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 12a. Methode G: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 12b. Methode G: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering in aceton, impregnatie met PEG 6000 in DCM en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

lichtere uiterlijk van het geconserveerde materiaal. Het resultaat veronderstelt een geringere opname van PEG in vergelijking met methoden D en E.

Impregnatie met PEG 6000 in DCM (methode G; zie figuur 12a en 12b) geeft resultaten die overeenkomen met PEG 4000 in DCM, maar ook hier zijn de uitkomsten niet eenduidig. Krimp lijkt wat duidelijker zichtbaar en residu van PEG is niet waarneembaar aanwezig. Net als bij methode F is het materiaal na behandeling licht van kleur wat mogelijk een geringe opname van PEG suggereert. Het geïmpregneerde materiaal is evenwel stabiel en breekt of verpulvert niet gemakkelijk.

Wanneer de behandeling met methoden F en G worden vergeleken met methoden D en E, dan vallen enkele dingen op. Meest in het oog springend is de relatief donkere toon van het PEG/water geïmpregneerde materiaal. Zeer waarschijnlijk is de verklaring hiervoor terug te voeren op aanwezigheid van PEG 600. De vette, was-achtige conditie van PEG 600 bij kamertemperatuur draagt bij aan een verdonkering van houtachtig materiaal zoals dat ook zichtbaar is wanneer droog hout wordt ingewreven met bijenwas. Op het gebied van krimp en vervorming scoort de PEGmix/water-combinatie beter dan de PEG/DCM-combinatie. De vraag rijst of het volume PEG 600 in de aarspilfragmenten na verloop van tijd zal afnemen door verdamping of migratie en of dit zal leiden tot vervorming en/of krimp. Het ligt voor de hand om te testen of de krimppercents in de PEG/DCM-behandeling zichtbaar afnemen als PEG 600 wordt toegevoegd in de behandeling. Omdat de resultaten tussen PEG 4000 en 6000 niet wezenlijk lijken te verschillen is nu alleen getest met PEG 4000 (methode H). De aceton-ontwaterde aarspilfragmenten zijn in dit geval niet geleidelijk ondergedompeld in een oplopende PEG 600, danwel 4000- of 6000-oplossing in DCM, maar in één keer vanuit ontwaterde toestand ondergedompeld

in een oplossing van 50% PEG/DCM (w/w) waarbij het aandeel PEG 600 2/7 en PEG 4000 5/7 van de totale hoeveelheid PEG uitmaakt. Ook in dit geval blijven de aceton-ontwaterde fragmenten eerst op het PEGmix/DCM mengsel liggen om na enkele minuten langzaam naar de bodem te zakken. Na twee dagen onderdompeling zijn de fragmenten uit de vloeistof verwijderd. Figuren 13a en 13b geven de resultaten weer.

Sommige aarspilfragmenten bleken niet goed herkenbaar na behandeling. Dit geldt voor de fragmenten linksboven en aan de rechterkant. Het stukje linksboven – voor behandeling – bestond vermoedelijk uit twee op elkaar liggende kleinere fragmenten. Het fragment rechts is ondanks de kenmerkende punt niet duidelijk gedetermineerd. De fragmenten in het midden vertonen allen krimp, geschat variërend tussen 10 en 30%. De toevoeging van PEG 600 heeft niet geleid tot een beeld zoals bij de resultaten van methoden D en E: weinig krimp of vervorming en een donkere toon. Het materiaal is wel voldoende stevig en kan worden verplaatst met behulp van een zacht penseel.

Hars

Impregnatie door middel van colofonium (hars) verloopt in het eerste stadium identiek aan wat eerder is beschreven voor geforceerd ontwateren met aceton. De aceton-verzadigde fragmenten zijn ondergedompeld in een verzadigd mengsel van 67% (w/w) colofonium in aceton bij kamertemperatuur (methode I) (McKerrell *et al.* 1972). Bij kamertemperatuur bevindt zich in die oplossing een deel hars in vaste vorm. Vervolgens is de oplossing in een bekersglas afgedekt met geperforeerde Parafilm M in een waterbad geleidelijk verwarmd tot 50 °C. De vaste hars lost op en zorgt ervoor dat de fragmenten verzadigd raken. De oplossing met aarspilfragmenten is gedurende 24 uur verwarmd. Na afkoeling bleek de oplossing als geheel visceuzer (stroperiger) te zijn geworden, en na een aantal



Fig. 13a. Methode H: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 13b. Methode H: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering in aceton, impregnatie met PEG 600/4000 in DCM en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 14a. Methode I: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 14b. Methode I: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering in aceton, impregnatie met colofonium in aceton en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

uren ontstonden vele kleine vlokjes vaste hars in de oplossing. Dit bemoeilijkt het uitnemen van de aarspilfragmenten zodanig dat er beschadigingen ontstonden. De behandeling is vervolgens aangepast door een geringe hoeveelheid aceton aan de bestaande en afgekoelde oplossing toe te voegen, net zolang tot de aarspilfragmenten zonder beschadiging uit de oplossing konden worden verwijderd. De aangepaste oplossing had nu een verhouding van ongeveer 50% aceton en 50% hars (w/w). Na twee dagen onderdompeling in de aangepaste oplossing zijn de fragmenten uitgenomen en op dezelfde wijze gedroogd als beschreven bij de methoden F en G. Het uitschillen nam twee dagen in beslag. De fragmenten lieten gemakkelijk los van de tissue.

Figuren 14a en 14b laten zien dat er op aanzienlijke schaal krimp en bij sommige fragmenten ook vervorming optreedt. Daarnaast ontstond relatief eenvoudig schade bij het hanteren. Het meest linkse fragment is gedeeltelijk verpulverd en het fragment links in de onderste rij is eveneens gebroken als gevolg van hanteren. De resultaten lijken sterk overeen te komen met methode C, waarin uitsluitend met behulp van aceton is ontwaterd. Waarschijnlijk bevat de aangepaste verhouding aceton/hars relatief te weinig vulmiddel om krimp en vervorming tegen te gaan. De techniek van hars/aceton impregneren wordt bij het GIA al ongeveer 10 jaar met succes toegepast op waterverzadigd archeologisch hout. Mogelijk is het in de inleiding geconstateerde verschil tussen hout (vormvast, hoogstens sponzig) en aarspilfragmenten (niet vormvast) de reden dat de techniek niet werkt. In de huidige vorm is de methode ongeschikt.

Paraloid B72

Veel archeologisch materiaal – zoals aardewerk – wordt geïmpregneerd met Paraloid B72. Hierbij worden diverse oplossingsverhoudingen van lijm/vulmiddel en oplosmiddel toegepast. Oplossingen van meer dan

5-7% leiden meestal tot een glimmend oppervlak. Het aandeel Paraloid in de oplossing moet echter substantieel genoeg zijn om de fragmenten voldoende intern verband te geven tijdens en na de behandeling. Daarnaast is een hoger gehalte Paraloid nodig als het te stabiliseren materiaal niet zelf enige stevigheid bezit. Dat probleem doet zich – in vergelijking met bijvoorbeeld aardewerk of hout – hier voor, zoals bij methode I is vastgesteld.

De behandeling met impregnatie van Paraloid B72 verloopt in het eerste stadium ook weer identiek aan wat is beschreven voor het geforceerd ontwateren met aceton (methode C). In dit traject zijn de met aceton verzadigde fragmenten na het ontwateren gedurende twee dagen ondergedompeld in Paraloid B72/aceton oplossingen van respectievelijk 20% en 30% (w/w) (respectievelijk methode I en J). Ondanks het goed afsluiten van de impregneerbakjes zijn de impregneeroplossingen waarschijnlijk toch iets ingedikt door verdamping van aceton. Dit is waarneembaar in een licht toegenomen viscositeit. De uiteindelijke oplossingen worden geschat op respectievelijk circa 25% en 35%. Voor het resultaat vormt dit geen probleem zolang de viscositeit de uitneembaarheid van de fragmenten niet bemoeilijkt of leidt tot schade aan de fragmenten.

Bij het uitnemen van de fragmenten uit de 20%-oplossing was de viscositeit zeer geschikt, net 'waterig' genoeg om materiaal met een metalen naald op te pikken en op de tissue te leggen. Na het gecontroleerd uitschillen in kleine bakjes – zoals toegepast bij PEG/DCM – konden de fragmenten gemakkelijk worden verplaatst, ze hechtten niet aan de tissue. De resultaten staan afgebeeld in figuren 15a en 15b. Bij deze verhouding is geen glimmend oppervlak ontstaan. Integendeel, het materiaal oogt zeer mat, licht van tint er zijn zelfs geen sporen van lijm waarneembaar. Er is gedeeltelijk vervorming en daarnaast ook duidelijk krimp opgetreden, tot ongeveer 20-30%. Hoewel



Fig. 15a. Methode J: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 15b. Methode J: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering met aceton, impregnatie met Paraloid B72 (20%w/w) en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 16a. Methode K: conditie van de aarspilfragmenten voor behandeling. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).



Fig. 16b. Methode K: conditie van de aarspilfragmenten na ontwatering met aceton, impregnatie met Paraloid B72 (30%w/w) en drogen aan lucht bij kamertemperatuur. De lengte van één aarspilsegment (zie fig. 2) is ongeveer 4 mm. (foto: auteur).

Tabel 4. Overzicht van de resultaten van de uitgevoerde tests in beknopte vorm: ++ zeer goed, + goed, = matig, - slecht, -- zeer slecht.

methode	vorm behoud	krimp in %	behandeltijd	uitvoerbaarheid	eindoordeel
A	--	20-60	< 0,1 dag	zeer gemakkelijk	--
B	n.v.t.	n.v.t.	> 30 dagen	gemakkelijk	n.v.t.
C	-	30-40	8 dagen	gemakkelijk	-
D	= =/+	<10	24 dagen	moeilijk (veel stappen)	+
E	= =/+	<10	24 dagen	moeilijk (veel stappen)	+
F	+ / =	10-30	8 dagen	matig (chemicaliën)	+ / =
G	=	20-30	8 dagen	matig (chemicaliën)	=
H	=	10-30	6 dagen	matig (chemicaliën)	=
I	-	20-40	> 7 dagen	matig	-
J	= / -	20-30	4 dagen	gemakkelijk	-
K	=	20-30	4 dagen	gemakkelijk	-

het interne verband van de fragmenten sterk is verbeterd en fragmenten niet breken, zijn vervorming en krimp te sterk om het resultaat als acceptabel te beschouwen.

Bij het uitnemen van de fragmenten uit de 30%-oplossing (methode K) bleek het mengsel duidelijk sterker visceus te zijn in vergelijking met de 20% B72-aceton oplossing (methode J). Op het oppervlak van de 30%-oplossing had zich een dunne film gevormd, en bij het uitnemen leken de fragmenten in een wat stroperig-vloeibare lijmomhulling te zitten. De fragmenten zijn evenwel met deze beperking uitgenomen en op een tissue gelegd. Voor zover waarneembaar zijn ze als gevolg van de toegenomen viscositeit niet beschadigd of gebroken. De droging is uitgevoerd bij kamertemperatuur en identiek aan wat bij PEG/DCM is toegepast. De uitdamping nam twee dagen in beslag. Na droging konden niet alle fragmenten eenvoudig worden opgepakt omdat ze deels vastzaten aan de tissue. Als gevolg hiervan zijn enkele gebroken. Voor het overige komen de resultaten overeen met de resultaten uit de test met 20% Paraloid B72. Krimp en vervorming lijken niet wezenlijk verschillend, en treden zichtbaar op (figuur 16a en 16b). De gemiddelde

krimp wordt iets lager geschat: rond 20%. Zelfs impregneren met 30% Paraloid B72 blijkt niet genoeg intern verband te creëren zodat de fragmenten minder gevoelig worden voor beschadiging en vervorming of krimp. Een nog hoger percentage Paraloid B72 in aceton geeft een te stroperige vloeistof en daarmee beschadigingen tijdens het hanteren. Impregnatie met Paraloid B72 op de wijze zoals hier getest biedt aldus geen werkbare methode voor het conserveren van waterverzadigde aarspilfragmenten.

Conclusie

In het kader van deze bijdrage is gekeken in hoeverre enkele van de bestaande, eenvoudig toepasbare methoden voor het conserveren van waterverzadigde organische materialen uit archeologische context ook kunnen worden toegepast voor het conserveren van waterverzadigde archeobotanische macroresten. Eenvoudig betekent in dit verband: zonder apparatuur die grote investeringen vergt. De twee hierbij gevolgde trajecten onderscheiden zich door het niet of wel toevoegen van een stabilisator/vulmiddel aan de ontwaterings-/impregneervloeistof. Tabel 4 geeft in

beknpte vorm een interpretatie van de resultaten van alle uitgevoerde tests weer.

Het procedé waarin geen stabilisator/vulmiddel is toegepast (methoden A-C) leverde resultaten op die in alle opzichten onaanvaardbaar zijn. Krimp en vormverandering zijn substantieel, met krimp-percentages oplopend tot circa 50%. De diagnostische kenmerken verdwijnen hierdoor vrijwel geheel en alleen al om die reden is behandeling zonder stabilisator/vulmiddel zinloos. Het gedroogde materiaal is daarnaast bijzonder gevoelig voor beschadiging bij hanteren, zelfs wanneer speciale pincetten of zachte penseeltjes worden gebruikt. Vriesdrogen zonder toevoegingen zal om die reden ook niet kunnen worden toegepast, zelfs wanneer investering in apparatuur geen argument vormt.

Het procedé waarin wel een stabilisator/vulmiddel is toegepast kent verschillende uitkomsten waarbij de resultaten soms redelijk, soms geschikt lijken, maar dat niet noodzakelijk zijn. Op dit moment is namelijk nog niet duidelijk of een deel van de toegevoegde bestanddelen bij de test waarvan de resultaten het meest veelbelovend zijn, ook op de lange termijn stabiliteit van de geïmpregneerde fragmenten kan garanderen. Dit betreft PEG 600.

De tests uit het traject met stabilisator/vulmiddel waarbij water als oplosmiddel is toegepast laten relatief de beste resultaten zien als wordt gekeken naar vormbehoud en krimp (methoden D en E). De varianten waarbij aceton als oplosmiddel is ingezet, geven relatief meer krimp en vervorming (methoden F-K).

De methoden met de beste resultaten zijn het meest arbeidsintensief (aanpassing impregnatievloeistof: tien maal in een periode van tien dagen) en hebben de langste behandelingstijd (twee weken in plaats van enkele dagen). Het zijn ook de enige methoden waarbij vriesdrogen is ingezet om de droging sterk te vertragen. In het kader van eenvoudige toepasbaarheid is het een minpunt dat de hier uitgevoerde tests zijn uitgevoerd met een voorziening die tot circa -50 °C. kan invriezen.

De meeste commerciële apparaten voor huishoudelijke toepassing gaan tot -18 of -24 °C.

Bij geen van de uitgevoerde methoden leken de fragmenten na de behandeling zodanig verstevigd dat het materiaal gemakkelijk kon worden gehanteerd. Verplaatsen van de aarspilfragmenten met behulp van een slappe precisie-pincet of een zacht penseeltje blijft een delicate kwestie.

Op basis van de in deze studie uitgevoerde behandelingsmethoden is niet vast te stellen wat het aandeel PEG 600 of 4000/6000 is in de resultaten met methoden D en E. Gegevens hierover kunnen duidelijk maken of PEG 4000 of 6000 wezenlijk hebben bijgedragen aan de resultaten, of dat het vormbehoud en de geringe krimp voornamelijk aan PEG 600 moeten worden toegeschreven. Aanvullend testen met alleen PEG 600 kan hierover duidelijkheid verschaffen.

Van alle resultaten waren die op basis van een PEGmix/water-combinatie het beste op het gebied van vormbehoud en voorkoming van krimp. De behandelingsmethoden hiervoor zijn echter niet gemakkelijk of snel uit te voeren. Wellicht om die reden is het de moeite waard ook langdurige opslag onder gecontroleerde bewaarcondities opnieuw te onderzoeken op onderdelen die verbeterd kunnen worden. Hier bij valt te denken aan een ideale temperatuur, vrij van schommelingen en net boven 0 °C, het zuurstofvrij maken van de bewaarvloeistof of de keuze voor andere oplosmiddelen dan water of ethanol.

Dilemmas around the lemma? Active conservation of waterlogged plant macro-remains

*An uncommon find of waterlogged six-row barley (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) rachis fragments in dung layers from remnants of dwelling mounds at the German Wadden Sea coast raised questions about the potential of active conservation treatment methods for waterlogged archaeological macro-remains. Such material is commonly stored in distilled water or ethanol*

as a means of passive conservation. Despite this 'best practice', degradation in the long term is being encountered. The current contribution describes to what extent some of the existing treatment methods for waterlogged archaeological materials like wood, leather or textiles can also be applied to waterlogged archaeobotanical macro-remains.

Noten

1. Rijksuniversiteit Groningen, Groninger Instituut voor Archeologie, Poststraat 6, 9712 ER Groningen, g.j.m.van.oortmerssen@rug.nl / www.lcm.rug.nl.
2. Op basis van de ervaring dat lange-termijn-opslag in gedestilleerd water of ethanol leidt tot schimmelvorming of gedeeltelijke desintegratie, is er in de meest strikte zin van het woord geen sprake van *passieve* conservatie.
3. Conform tijdelijke opslag zoals beschreven in de KNA 2016: KNA landbodems, protocol 4004 opgraven, OS11 Monster: p 42-48. <http://www.sikb.nl/doc/KNA33/Deel%20I%20Protocol%204004%20Opgraven%20v%203.3.pdf>.
4. Een faciliteit tot invriezen van ethanol (-114,4 °C) en aceton (-94,8 °C) is niet aanwezig op het GIA.
5. Gemiddeld 19-21 °C bij een RV van 50-70%. EPS isolatiedoosjes van tempex zijn te verkrijgen bij verpakkingsleveranciers van medische artikelen, maar kunnen ook gemakkelijk zelf worden gemaakt.

Literatuur

Barghoorn, E.S. (1944); *Collecting and Preserving Botanical Materials of Archaeological Interest*; American Antiquity, Vol. 9, no. 3, pp. 289-294.

Brinkkemper, O. (1991); Botanical macroremains; *Analecta Praehistorica Leidensia* 24, pp. 47-118.

Cronyn, J.M. (1990/2003); *The Elements of Archaeological Conservation*, Londen.

Florian, M.E., D.P. Kronkright & R.E. Norton (1990); *The Conservation of Artifacts Made from Plant Materials*.

Hoffmann, P. (1982); Chemical Wood Analysis as a Means of Characterizing Archaeological Wood; in book: *Proceedings of the ICOM Waterlogged Wood Working Group conference: Ottawa, 15-18 September 1981*, ICOM Waterlogged Wood Working Group, pp. 73-84.

KNA 2016, leidraad Archeobotanie: geraadpleegd 15 januari 2017. <http://www.sikb.nl/doc/archeo/leidraden/KNA%20leidraad%20archeobotanie%20def.%20versie%2025-5-2016.pdf>.

Koob, S.P. (1986); The use of Paraloid B-72 as an adhesive: its application for archaeological ceramics and other materials; *Studies in Conservation* 31, pp. 7-14.

McKerrell, R.H.E. & A. Varsanyi (1972); The Acetone/Rosin Method for the Conservation of Waterlogged Wood; *Studies in Conservation* 17, pp. 111-125.

Neef, R., R.T. Cappers, R.M. Bekker & L. Boulos (2012). *Digital atlas of economic plants in archaeology*; Groningen Archaeological Studies Vol. 17.

Oortmerssen, G.J.M. van (2006); ...En de ton viel niet in duigen. Conservatie van een waterverzadigde houten emmer; *Paleo-Aktueel* 17, pp. 178-186.

Pearson, C. (red) (1987); *Conservation of Marine Archaeological Objects*; London.

Pournou, A. (2002); *A Comparative Study of Conservation Methods for Waterlogged Hazelnuts*; ICOM-CC, WOAM, Bremerhaven.

Smit, A., R.M. van Heeringen & E.M. Theunissen (met bijdragen van O. Brinkkemper, S. Cuijpers, R.P. Exaltus, D.J. Huisman, M.M.A. Jans en G. Mol) (2006); *Leidraad Standaard Archeologische Monitoring (SAM)*, Richtlijnen voor het non-destructief beschrijven en volgen van de fysieke kwaliteit van archeologische vindplaatsen, SIKB.

Winterhalter, M., H. Burner & S. Marzinka, *et al.* (1995); Interaction of poly(ethylene-glycols) with air-water interfaces and lipid monolayers: investigations of surface pressure and surface potentials; *Biophys J* 69, pp. 1372–1381.

www.lcm.rug.nl website van het Laboratorium voor Conservatie & Materiaalkennis van het GIA, met voorbeelden van archeologisch materiaalonderzoek en conservatie/restauratie van archeologische vondsten.



rijksuniversiteit
 groningen

groninger instituut
 voor archeologie



BARKHUIS



9 789492 444110

