

## University of Groningen

### Scheepswrak aan het Wrakkenpad.

Overmeer, A. B. M.

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

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2009

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

*Citation for published version (APA):*

Overmeer, A. B. M. (2009). *Scheepswrak aan het Wrakkenpad. Waardestellend onderzoek van scheepswrak B 36, gemeente Noordoostpolder*. (5 redactie) (Grondsporen; Nr. 5). Groninger Instituut voor Archeologie, Rijksuniversiteit Groningen.

**Copyright**

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

**Take-down policy**

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

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

# Bijlage 9: Rapport onderzoek houtkwaliteit

## 1. Inleiding<sup>1</sup>

Van ArcheoSpecialisten te Amersfoort werd op 2 oktober 2007 de opdracht ontvangen om de staat van houtmonsters, genomen uit scheepswrakken uit de Flevopolder, te bepalen.

De scheepswrakken, nabij Almere, zijn in 1980 gevonden.<sup>2</sup> Omdat het gebied rondom de schepen nu geëxploiteerd zal gaan worden, is de vraag actueel of het mogelijk is om de wrakken in situ te bewaren of dat ze opgegraven moeten worden. Als voor in situ behoud gekozen wordt dan is de vraag wat de "beheersmaatregelen" moeten zijn. ArcheoSpecialisten coördineren samen met het ADC het specialistische onderzoek waarin de staat van de wrakken in kaart zal worden gebracht. Mogelijk zal aanvullend een opgravingsontwerp, beheersregime en monitorprogramma bepaald gaan worden. Dit alles heeft als doel om de kwaliteit van de scheepswrakken te waarborgen en om zoveel mogelijk informatie uit de wrakken te verkrijgen.

Binnen dit onderzoeksprogramma heeft SHR de staat van de genomen monsters in kaart gebracht. De opdrachtgever gaat ervan uit dat de door haar aangeleverde monsters representatief zijn voor de wrakken als geheel.

## 2. Materiaal

Op 6 september zijn de monsters bij SHR aangeleverd en opgeslagen bij een temperatuur van 4°C. De twee monsters zijn afkomstig van een Scandinavisch schip uit 14-15de eeuw. Deze monsters zijn genomen tijdens een onderzoek van het Nieuw Land Erfgoedcentrum en het Groninger Instituut voor Archeologie (onder leiding van dr. A.F.L. van Holk). Deze monsters zijn in het onderzoek opgenomen als vergelijkingsmateriaal voor de overige monsters. Monster 12 komt hierbij uit de diepere en monster 13 uit de oppervlakkige delen van het wrak. Van deze beide monsters is over de kopse doorsnede de gradiënt in aantasting, vocht, dichtheid, sterkte en as-gehalte bepaald.

In het vervolg van dit rapport wordt de codering gebruikt zoals weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1 Codering

Omschrijving	Code opdrachtgever	Code SHR
Oppervlakkige delen Scandinavisch schip 600 jaar	NB-36-13	1.1
Diepere delen Scandinavisch schip 600 jaar	NB-36-12	1.2

## 3. Methode van onderzoek

### 3.1 Microscopische beoordeling en bepaling van vochtgehalte en volumieke massa

Voorafgaand aan het microscopische onderzoek zijn de monsters visueel beoordeeld. Vervolgens zijn over de gehele kopse doorsnede van het aangeleverde materiaal met behulp van het microtoom, kopse en soms radiale coupes gesneden van een dikte van circa 20 µm en

<sup>1</sup> Dit is grotendeels integraal overgenomen uit het rapport van R.K.W.M. Klaassen en J.G.M. Creemers, Stichting Hout Research (SHR). Alleen de gegevens betreffende site NB 36 (site 1 in het rapport) zijn van belang voor deze rapportage en daarom zijn alleen deze gegevens overgenomen

<sup>2</sup> AO: Dit geldt wel voor de andere twee wrakken uit dit project, maar niet voor scheepswrak NB36, uit de Noordoostpolder.

een oppervlakte van circa 0.5-1 cm<sup>2</sup>. Alle coupes zijn enige minuten gebleekt en vervolgens aangekleurd met safranine-astrablauw om mogelijke aantasting beter zichtbaar te maken.

Onder de lichtmicroscop (met en zonder gepolariseerd licht) zijn de coupes onderzocht op de aanwezigheid van aantasting en aantasters en is het anatomische houtpatroon bekeken. De mate van aantasting is bepaald volgens de classificatie zoals weergegeven in Klaassen 2008a:

Aantasting afwezig: alle celwanden zijn glad en duidelijke oplichting onder gepolariseerd licht.

Aantasting weinig: celwanden van individuele cellen in het weefsel rond de vaten geërodeerd en accumulatie van amorf residu materiaal in de celholten. Aanliggende vezels met gezwollen celwanden.

Aantasting matig: in het weefsel rond de vaten zijn de meeste celwanden geërodeerd en met accumulatie van amorf residu materiaal in de celholten, reductie van de lichtbreking door de celwanden. Veel vezels met gezwollen celwanden en beginnende erosie vanuit de celholte.

Aantasting ernstig: celwanden van veel vezels volledig geërodeerd en de celholten gevuld met residumateriaal, geen lichtbreking. sterk aangetast hout bijvoorbeeld uit de archeologie. In het Engels wordt hiervoor de term "specific gravity" gebruikt (Panshin & De Zeeuw 1980) en in het Duits de term "Raumdichte Individuele cellen in een matrix van aangetaste vezels.

Totale verwoesting houtstructuur: hoewel alle celtypen nog te herkennen zijn, zijn alle celwanden volledig geërodeerd behalve de middellamel en soms gedeelten van de S3 celwand, gevuld met amorf residu materiaal. Alle cellen hebben lichtbrekend vermogen verloren behalve soms enkele wanden van het vroeghout.

Van het restant van de monsters is het gewicht en de inhoud bepaald in stukjes van circa 15 mm vóór en na droging in een oven (24 uur bij 103°C). Uit de verkregen gegevens is het vochtgehalte en de dichtheid bepaald. Dit laatste zowel op basis van het droge volume en droge gewicht als op basis van het natte volume en het droge gewicht. Deze laatste bepaling wordt vaak gebruikt bij onderzoek aan zeer" (Hoffman et al. 1986).

De dichtheid en het vochtgehalte zijn gebruikt om een inschatting te maken van de druksterkte en de buigsterkte op basis van door SHR ontwikkelde modellen (Klaassen 2008a, Hamming 2007). Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de buigsterkte geen model specifiek voor eik voorhanden was en hiervoor het model van beuken is gebruikt.

### 3.2 As-gehalte

Keramische potjes (met wisselende afmetingen tot 50 mm hoog en tot 40 mm in diameter) zijn 12 uur gedroogd bij 103°C en het leeggewicht van de gedroogde potjes is bepaald. Vervolgens is elk potje gevuld met vochtig hout afkomstig van één monster en zijn ze 24 uur in een geventileerde oven van 103°C geplaatst om het hout te laten drogen. Vervolgens zijn de potjes voorzien van een ceramisch dekseltje en zijn ze 16 uur in een moffeloven van 600°C geplaatst. Het gewicht van de potjes met gedroogd en verast hout is bepaald. Het as-gehalte is bepaald als percentage van het drooggewicht. De potjes zijn steeds afgekoeld gewogen. Het afkoelen gebeurde in een exsiccator.

## 4. Resultaten

### 4.1. Visuele beoordeling

Tabel 2 Overzicht van de visuele beoordeling van de monsters

Code	Afmeting [mm]	Geur	Kleur	Consistentie
1.1	10 x 10 40	-	Donker bruin	Hard
1.2	10 x 15 x 60	-	Donker bruin	Hard

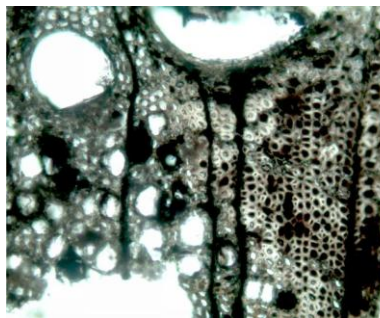
#### 4.2 Microscopisch onderzoek

In alle monsters is de volgende houtstructuur waargenomen:

Loofhout met een kringporige vatverdeling, vatdoorboringen eenvoudig soms laddervormig, laathoutvaten in een vlamvormig patroon, stralen klein en groot (hoogte > 1 mm, > 10 cellen breedte)

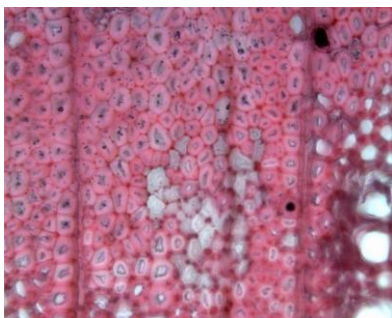
In geen van de monsters zijn schimmeldraden of is een patroon van schimmelaantasting gevonden.

Monster 1.1 (eik 70 x 25 mm): Over de gehele doorsnede is het monster totaal verwoest en het beeld van aantasting doet vermoeden dat het alleen om bacteriële aantasting gaat, plaatselijk zijn er wat eilandjes met iets minder sterke aantasting gevonden. Er zijn opvallend veel inhoudstoffen in de celholten waargenomen.

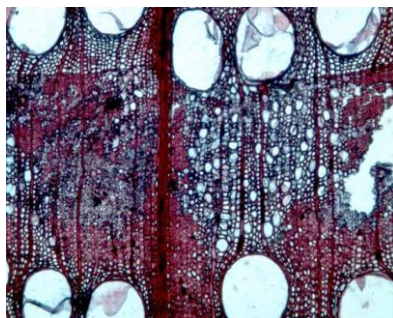


Totaal verwoeste houtstructuur met enkele sterk aangetaste vezels, let op veel inhoudstoffen in de celholten

Monster 1.2 (eik 70 x 30 mm): Aan één zijde van het monster is de buitenrand totaal verwoest over een dikte van 1-5 mm, het beeld van aantasting doet vermoeden dat het alleen om bacteriële aantasting gaat. De rest van het hout is in een buitenrand van circa 5 mm ernstig aangetast door erosiebacteriën (EB). Verder naar binnen is het hout matig aangetast door EB en in het centrale deel (circa 10 x 10 mm) is het hout weinig tot niet aangetast door EB.



Ernstige EB aantasting met enkele vezels waar nauwelijks meer celwand aanwezig is (licht blauw).



Ernstige EB aantasting waarbij het vroeghout sterker is aangetast dan het laathout



Ernstige EB aantasting naar onder toe overgaand in matige EB aantasting

### 4.3 Bepaling vochtgehalte en volumieke massa

Voor elk monster is de volumieke massa, het as-gehalte en het vochtgehalte bepaald.

Tabel 3 Per monsterstuk de berekende volumieke massa (bij 0% vochtgehalte), vochtgehalte, specific gravity, druksterkte en buigsterkte (MOR).

Code	Volumieke massa [kg/m <sup>3</sup> ]	Specific gravity [kg/m <sup>3</sup> ]	Vochtgehalte [%]	Druksterkte [N/mm <sup>2</sup> ]	MOR [N/mm <sup>2</sup> ]
1 1 1	520	390	144	11	44
1 2 1	600	320	214	5	11
1 2 2	505	318	207	5	14
1 2 3	575	307	233	4	1
1 2 4	523	303	226	4	5
1 2 5	526	275	274	3	0
1 2 6	462	281	251	4	0

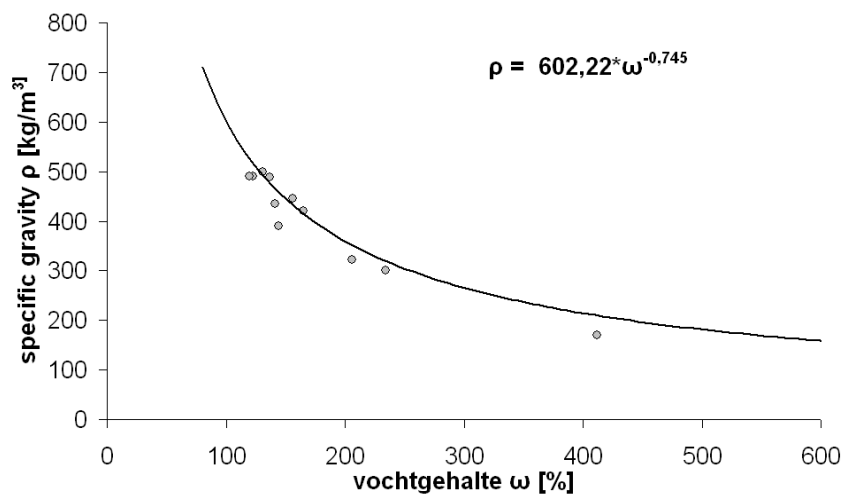
Tabel 4 As-gehalte [%]

Monster	Gradiënt over de plak					
1.1 radiaal dikte	21,9		11,9			
1.2 radiaal breedte	5,9	4,4	5,8	4,5	10,0	7,2

Tabel 5

Gemiddelde waarden					
Code (N)	Dichtheid[kg/m <sup>3</sup> ]		Vochtgehalte	MOR	Druksterkte
	bepaald	specific gravity	[%]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1.1 (6)	532	301	234	5	4
1.2 (1)	520	390	144	44	11

Opgemerkt moet worden dat sommige bepalingen zijn uitgevoerd aan kleine monsters waardoor de betrouwbaarheid van de waarden minder wordt. Verder zijn de hier bepaalde waarden uitgezet tegen de houtsoort specifieke relatie tussen specific gravity en vochtgehalte (zie onderstaande grafiek). Indien het hout volledig waterverzadigd is, liggen de bepaalde waarden op de grafieklijn. Is het hout niet volledig waterverzadigd (indicatie voor gezond hout) dan liggen de punten onder de grafieklijn. Punten die boven de grafieklijn liggen zijn meetfouten. De grafiek laat zien dat al het hier beoordeelde hout waterverzadigd is en dat er geen invloed te verwachten is van meetafwijkingen.



Houtsoort aspecifieke relatie tussen specific gravity en vochtgehalte (Klaassen 2008a) en de hier bepaalde waarden

## 5. Discussie

### 5.1 Microscopisch onderzoek

Op grond van de gevonden houtstructuur kan geconcludeerd worden dat alle monsters eik (*Quercus spec.*) zijn. In het hout zijn geen schimmeldraden waargenomen en het waargenomen patroon van aantasting komt overeen met eerdere waarnemingen van bacteriële aantasting in eiken (Klaassen, 2008a; Hoffmann et al., 1986; Blanchette & Hoffmann, 1993; Schmitt & Hoffmann, 1998). Ook in studies aan andere houtsoorten met bacteriële aantasting zijn vergelijkbare degradatiepatronen gezien (Blanchette et al., 1991: *Castanea*, *Fraxinus*, *Torreya*; Schmidt, 1980: *Fagus*; Blanchette & Hoffmann, 1993: *Ulmus*, *Alnus*). Dit alles bevestigt de hier gedane waarneming dat het hier om erosiebacteriële aantasting gaat.

Door de afwezigheid van schimmelaantasting, welke alleen kan ontstaan bij voldoende zuurstofaanbod, de zwakke concurrentiekracht van houtaantastende bacteriën in aanwezigheid van zuurstof en het vermogen van houtaantastende bacteriën om onder zuurstofloze omstandigheden actief te zijn, kan gesteld worden dat de hier gevonden aantasting onder het grondwaterniveau heeft plaatsgevonden. Het grondwater in veen- en kleibodems is zuurstofloos (Blanchette et al. 1990; Björdal & Nilsson 2008, Eaton & Hale 1993, Kretschmar et al 2008a en 2008b; Huisman et al. 2008a en 2008b; Kim & Singh 2000, Nilsson et al. 2008).

In alle monsters is een gradiënt te zien van de buitenzijde naar binnen toe. Aan de buitenzijde is het hout sterker aangetast dan binnenin. Bij monster 1.1 is de aantasting volledig (het hele monster is totaal verwoest).

Tussen de beide monsters van site 1 is een duidelijk verschil in intensiteit van de aantasting aanwezig. Monster 1.1 is volledig aangetast terwijl bij monster 1.2 een gradiënt van buiten naar binnen aanwezig is van totale verwoesting naar weinig of niet aangetast hout.

### 5.2 Volumieke massa, houtvochtgehalte, as-gehalte in relatie tot de mate van aantasting

Uit de vergelijking van de gegevens uit de tabellen uit paragraaf 4.3 met de aantasting blijkt dat naar mate de intensiteit hoger is ook het vochtgehalte hoger is en de specific gravity juist daalt, dit is een bekend fenomeen (Giachi et al. 2003; Passialis, 1997; Hoffmann et al., 1986).

De druk- en buigsterkte voor gezond eiken zijn in onderstaande tabel weergegeven. Omdat de volumieke massa sterk kan variëren kan in een beginstadium van aantasting nooit precies achterhaald worden of de monsters door aantasting aan gewicht hebben verloren.

Indien de hier gevonden gewichten onder de ranges van gezond hout vallen dan is gewichtsafname zeker maar ook bij gewichten die onder in de range vallen kan er dus sprake zijn van gewichtsafname. Indien het gewicht samen beoordeeld wordt met het vochtgehalte dan blijkt daadwerkelijke gewichtsafname eerder.

Tabel 6

<b>Eigenschappen eik (volgens Laming et al. 1978)</b>	
Druksterkte nat hout	27 N/mm <sup>2</sup>
MOR nat hout	60 N/mm <sup>2</sup>
Vochtgehalte nat hout	90 %
Volumieke massa nat hout	625 (500- 730) kg/m <sup>3</sup>
Specific gravity (=volumieke massa / 1.15)	540 (435-630) kg/m <sup>3</sup>

Wanneer de hier bepaalde sterktewaarden worden vergeleken met die voor gezond hout dan blijkt dat het vochtgehalte voor alle monsters hoger is dan voor gezond hout. Verder is ook de specific gravity voor 5 van de 11 monsters lager dan de range van gezond hout. Opvallend is dat de hoogste vochtgehalten en laagste specific gravity worden gevonden voor die delen (monster 1.1, 2.1, 3.7) waarbij de aantasting het meest intens is.

Het as-gehalte in alle monsters is vele malen hoger dan in gezond hout. Dit is een bekend fenomeen bij archeologisch hout (Giachi et al., 2003, Passialis, 1997; Hoffmann et al., 1986).

Bij het hout uit site 1 is het gemiddelde as-gehalte hoger bij het volledig aangetaste monster (1.1 met 16.9%) dan bij het monster waar de aantasting minder intens is (6.3%). De maximale waarden van het volledig aangetaste hout komen overeen met dat van het volledig aangetaste hout uit site 3 maar de gradiënt is wat groter. De waarden van het minder intens aangetaste hout liggen lager dan bij het hout uit site 3 wat zou duiden om een lagere graad van aantasting. Echter de specific gravity, vochtgehalte en het microscopische beeld geven juist aan dat monster 1.1 intensiever is aangetast dan 3.1. Er blijken dus nog andere factoren te zijn die de opname van mineralen uit de bodem in het hout kunnen beïnvloeden waarbij met name aan de bodemgesteldheid een grote rol wordt toebedacht.

Geconcludeerd kan worden dat het as-gehalte in grote lijnen dus de resultaten van de andere bepalingen ondersteunt.

Het model dat voor de druksterkte gebruikt is, is gebaseerd op eikenproefstukken en geeft een redelijke indicatie van de restdruksterkte; deze is in de zeer sterk aangetaste monster bijna nul. De hier voorspelde waarden van de druksterkte sluiten dan ook goed aan bij de anatomische observaties, vochtgehalte en specific gravity. Voor het voorspellen van de buigsterkte (MOR) is nog geen model voor eiken beschikbaar en hebben we het model voor beuken gebruikt. Dit model blijkt minder goed te werken voor eiken omdat de hier voorspelde waarden niet overeenkomen met de andere parameters.

In het hout van alle drie de sites lijkt de intensiteit van de aantasting toe te nemen naarmate het monstermateriaal in de oppervlakkige bodemlagen zit. Er is een sterk vermoeden dat de snelheid van erosiebacteriële aantasting positief wordt beïnvloed door waterbeweging in het hout (Klaassen et al. 2008b, Klaassen 2007). Indien hout in de bodem gesitueerd is waar het grondwaterniveau fluctueert en het grondwater slechts kortstondig onder het houten object ligt, zal schimmelactiviteit onmogelijk of zeer beperkt zijn. Dit komt omdat het hout dat boven het grondwaterniveau uitkomt, via de diepere delen water opzuigt en dus volledig waterverzadigd blijft. Hierdoor blijft een zuurstofloos of zeer zuurstofarme omgeving gehandhaafd. Echter de

schommelingen van het grondwater zorgen wel voor voldoende waterdynamiek, ter plaatse waar het hout rond de grondwaterstand komt te liggen. Deze dynamiek stimuleert erosiebacterie activiteit en verklaart waarom de aantasting in de bovenste delen van het hout volledig is.

## 6. Conclusie

Alle monsters zijn uitsluitend aangetast door bacteriën en de mate van aantasting varieert. Het hout is zowel gezond of weinig aangetast tot volledig aangetast. De aantasting is onder het grondwater tot stand gekomen. Vermoed wordt dat de volledig aangetaste stukken hout rond de grondwaterstand hebben gelegen en dat fluctuerende grondwaterstanden de snelheid van bacteriële houtaantasting hebben gestimuleerd. Hout dat dieper onder het grondwater heeft gelegen is duidelijk minder aangetast. Wisselende grondwaterstanden rond het archeologisch hout in de onderzochte sites lijken daarmee een belangrijkere invloed te hebben op de intensiteit van de aantasting in het hout dan het verschil in leeftijd van 500 jaar van de drie sites.

## Literatuur

- Björdal, C. & T. Nilsson, 2008. Culturing wood-degrading erosion bacteria. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Blanchette, R.A. & P. Hoffmann. 1993. Degradation processes in waterlogged archaeological wood. In: *Proceedings of the 5th ICOM group on wet organic archaeological materials conference, Portland/Maine Hoffman, P (ed.): 111-137.*
- Blanchette, R.A., Liyama, K., Adad, A.R. & Cease, K.R. 1991. Ultrastructure of ancient buried wood from Japan. *Holzforschung* 45: 161-168.
- Blanchette, R. A., T. Nilsson, G. Daniel, & A. Abad. 1990. Biological degradation of wood. In Rowell, R.M. & Barbour, R.J. (eds.) *Archaeological wood: properties chemistry, and preservation.*
- Eaton, R.A. & M.D.C. Hale. 1993. *Wood -decay, pests and protection.* Chapman & Hall, London.
- Giachi, G., F. Bettazzi, S. Chimichi & G. Staccioli. 2003. Chemical characterisation of degraded wood in ships discovered in a recent excavation of the Etruscan and Roman harbour of Pisa. *Journal of Cultural Heritage* 4: 75-83.
- Hamming, J. 2007. Assessing residual bending strength of deteriorated wood in submerged applications. Diploma thesis, University of Applied Sciences Eberswalde, department of wood technology.
- Hoffman, P., R. – D. Peek, J. Puls & E. Schwab. 1986. Das Holz der Archaeologen: Untersuchungen an 1600 Jahren wassergesättigten Eichenhölzern der Mainzer Römerschiffe. *Holz Roh- Werkst.* 44 241-247.
- Huisman, D.J., Manders, M.R., Kretschmar, E.I., Klaassen, R.K.W.M. & N. Lamersdorf, 2008a. Burial conditions and wood degradation at archaeological sites in the Netherlands. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Huisman, D.J., Kretschmar, E.I. & N. Lamersdorf, 2008b. Characterising physico chemical sediment conditions at selected bacterial decayed wooden pile foundation sites in The Netherlands, Germany and Italy. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Kim, Y.S. & A. P. Singh. 2000. Micromorphological characteristics of wood biodegradation in wet environments: a review. *IAWA*: 21 (2): 135 – 155.
- Klaassen R.K.W.M., 2008a. Bacterial decay in wooden foundation piles: patterns and causes. A study on historical pile foundations in the Netherlands. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).



- Klaassen R.K.W.M., 2008b. Water flow through wooden foundation piles – a preliminary study. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Klaassen R.K.W.M., 2007. Velocity of bacterial decay in wooden foundation piles. *Proceedings ICOM Amsterdam*.
- Klaassen R.K.W.M., Eaton, R. & N. Lamersdorf, 2008. Editorial special issue on bacterial wood degradation. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Kretschmar, E.I., Gelbrich, J., Militz, H. & N. Lamersdorf, 2008a. Studying bacterial wood decay under low oxygen conditions – results of microcosm experiments. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Kretschmar, E.I., Keijer, H., Nelemans, P. & N. Lamersdorf, 2008b. Investigating physico-chemical sediment conditions at decayed wooden pile foundation sites in Amsterdam. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Laming, P.B., Rijdsdijk, J.F. & J.C. Verwijs. 1978. *Houtsoorten, informatie voor de praktijk*. Houtinstituut TNO, Delft.
- Nilsson, T. Björdal, C. & E. Fällman, 2008. Culturing erosion bacteria: Procedures for obtaining purer cultures and pure strains. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61(1).
- Panshin, A.J. & C. De Zeeuw. 1980. *Textbook of wood technology, structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada*. Fourth edition. McGraw-Hill Publishing Company. New York.
- Passialis, C.N. 1997. Physico-Chemical characteristics of waterlogged archaeological wood. *Holzforschung* 51: 111 – 113.
- Schmidt, O. 1980. Laboratory experiments on the bacterial activity towards the woody cell wall. In: *Biodeterioration, proceedings of the fourth international symposium, Berlin* (Oxley, T.A. Allsopp, D & G. Bekker (ed.), Pitman publs. Ltd London and the biodeterioration society.
- Schmitt, U. & P. Hoffmann. 1998. Zur Zellwandstruktur von 1600 Jahre altem wassergesättigtem Eichenholz. *Holz Roh- Werkst.* 56. 211 – 212.