

Overgegaan naar Hasselt U4
ing. wet 9 mrt 1967 stb. 175



Archeologische Rapporten Zwolle

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos
in Zwolle-Stadshagen

**Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos
in Zwolle-Stadshagen**

Hemmy Clevis en Thea Lantau (redactie)

Colofon

ISBN: 90-8533-005-x

Gemeente Zwolle
Eenheid expertisecentrum, Afdeling Stad en
Landschap, Monumentenzorg en Archeologie
Redactie: Hemmy Clevis en Thea Lantau
Vormgeving: Hidde Heikamp
Tekeningen: Pete Rogers

Inhoudsopgave

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

1. Inleiding

H. Clevis

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode

L.I. Kooistra, P. van Rijn, E. Hanraets, M.J. Kooistra en U. Sass-Klaassen

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

3. Ontwikkeling van het paleolandschap in zijn hydrologische context

M.J. Kooistra

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en hout onderzoek

L.I. Kooistra, P. van Rijn en D.G. van Smeerdijk

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es

U. Sass-Klaassen en E. Hanraets

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

6. Synthese: een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bos in zijn natuurlijke omgeving

M.J. Kooistra, U. Sass-Klaassen, L.I. Kooistra en P. van Rijn

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

1. Inleiding

H. Clevis

Woord vooraf

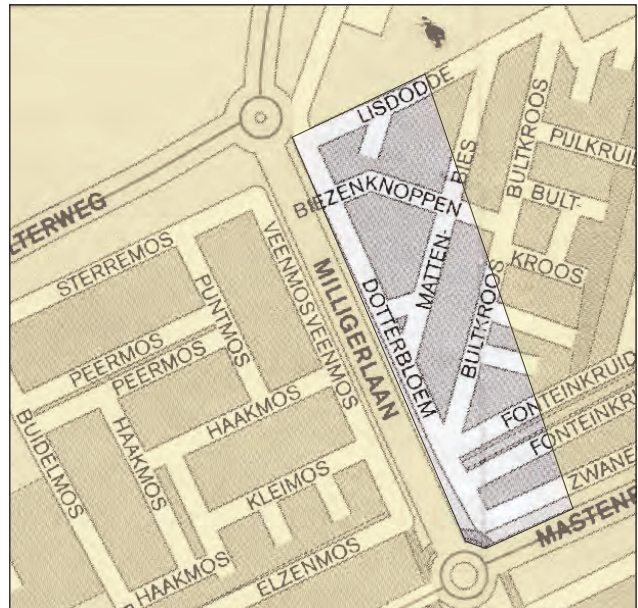
Een losliggende veeneik die langs de weg lag en waargenomen werd door een collega archeoloog uit Lelystad vormde de aanleiding voor de Archeologische Dienst Zwolle om eens een nader onderzoek te verrichten in de laag gelegen nieuwbouwwijk Stadshagen, onderdeel van de Mastenbroekerpolder. Het bleef die dag niet bij één boom; het werd een tiental stammen. Een eerste dendrochronologische indruk wees op een datering in het begin van de jaartelling.¹ En toen bleek bij het bouwrijp maken van een nieuw stuk woonwijk dat er wederom vele tientallen stammen te voorschijn kwamen (putten 1 en 2). Ring, Biax en Alterra namen in 2000 het voortouw bij een inventarisatie van de bomen in deze putten. In overleg met Ring, Biax en Alterra werd besloten om vervolgens een stuk bos officieel op te graven. Dat was nog nooit gebeurd en er kon veel informatie uit naar voren komen over het landschap van Nederland in de eerste eeuwen van de jaartelling. De andere auteurs zullen hier uitvoerig over verhalen. Volgens de regelen der kunst zijn de putten 3-6 opgegraven. Deze zijn dan ook het best gedocumenteerd. Enkele maanden later is in de Milligerplas, die op een honderdtal meters van de opgraving verwijderd was, nog gedoken naar bomen. Het verhaal ging dat beneden in de plas versteende bomen zouden liggen. Er zijn inderdaad bomen opgedoken, voornamelijk tot een diepte van ca 5 meter, maar ook deze bomen dateerden alle uit de eerste eeuwen na Christus. Het duikonderzoek werd verricht door leden van de Landelijke Werkgroep Archeologie onder Water van de A.W.N. Het archeologisch veldwerk is uitgevoerd door P. Rogers, N. van der Meer, Th. Lantau, Ch. Dao, C. van der Sluis, H. Heikamp, K. van den Berghe en A. Rienks. De dagelijkse en wetenschappelijke leiding was in handen van H. Clevis.

Administratieve gegevens van de vindplaats:

Gemeente Zwolle-objectnaam:	Zwolle, Milligerlaan
Centrumcoördinaten:	200.288/506.236
Opgravingscode:	STA 00

Beschrijving van het onderzoeksgebied

Het gebied ligt ten zuiden van de Milligerplas in de Vinex locatie Stadshagen van de gemeente Zwolle. Het gebied maakt onderdeel uit van de Mastenbroekerpolder en is eeuwenlang in gebruik geweest als weidegrond.



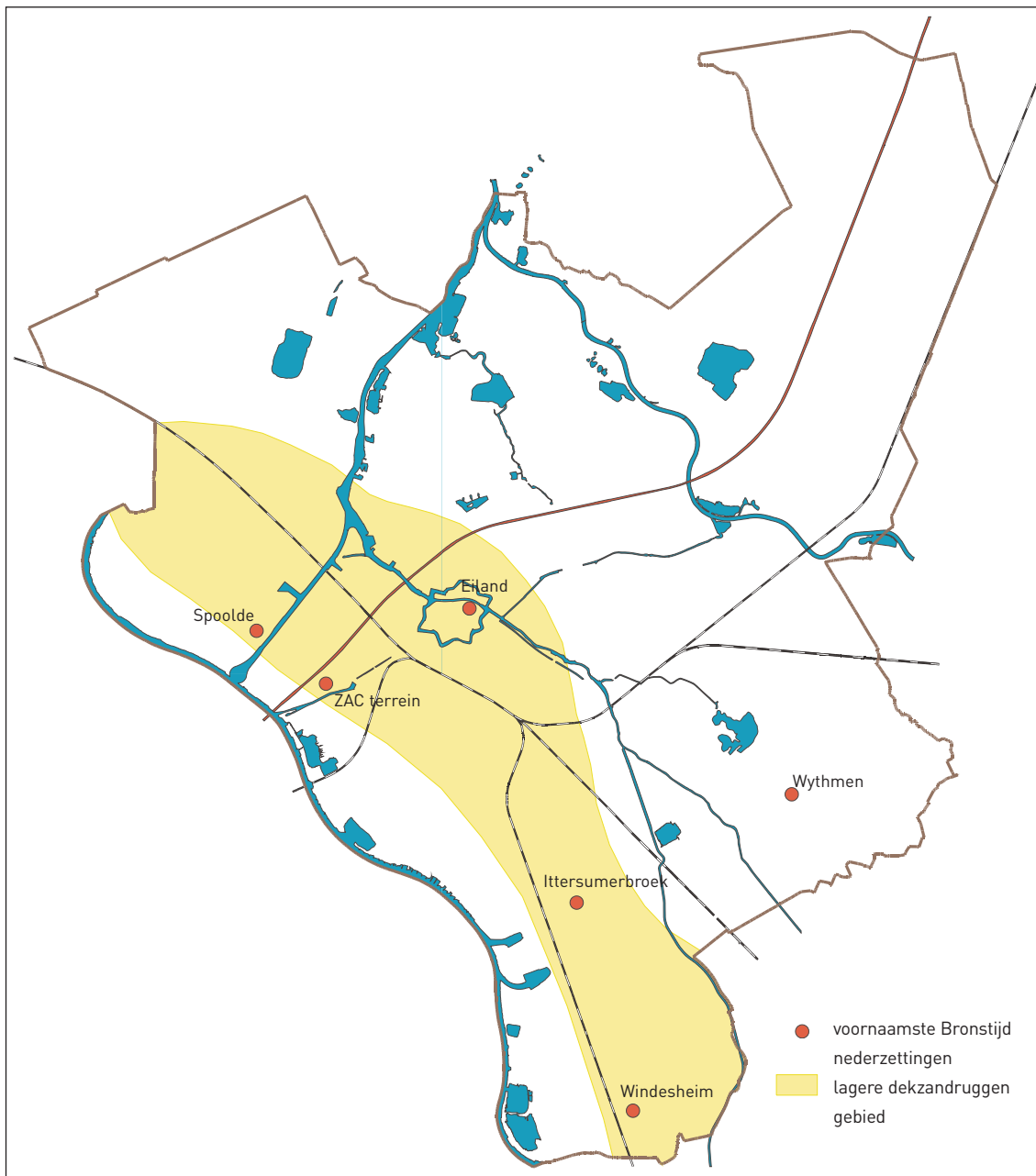
Situering opgraving moerasbos

Kader en vraagstelling

De Mastenbroekerpolder kent een aantal belangrijke archeologische fenomenen. Aan het begin van de polder, vanuit Zwolle gezien, ligt de havezathe Werkeren. Langs de ontsluitingswegen liggen boerderijen, veelal op terpen, die eventueel tot het begin van de ontginning (13de-14de eeuw) kunnen teruggaan. Maar het grootste deel van de polder is archeologisch niet interessant: het land lag in de Prehistorie te laag om bewoond te kunnen worden.

Wat de Zwolse archeologen prikkelde was de aanwezigheid van een kleipakket. De bomen lagen in het veen, haarscherp afgedekt door een in dikte variërend kleipakket. Die interesse in de klei komt voort uit de aanwezigheid van soortgelijke kleipakketten elders in Zwolle, als afdekking van Bronstijdbewoning.² Bronstijd- en Vroege IJzertijd bewoning strekt zich in een langgerekte strook uit langs de IJssel van Windesheim tot Spoolde. Men vestigde zich toen permanent op dekzandruggen. Het begin van die permanente bewoningsvorm vond min of meer plaats bij de overgang van het Late Neolithicum naar de Vroege Bronstijd, omstreeks 2200 vóór Christus

Die dekzandruggen zijn ontstaan tijdens de laatste ijstijd, het Weichselien. Het zijn in feite zandruggen die afgezet zijn door de wind. De ijswinden zorgden voor deze enorme rillen van zand in het landschap. Je kreeg dus hoogten en laagten. In de laagten was veenvorming mogelijk. In de Bronstijd en Vroege IJzertijd vestigde men zich bij voorkeur ook dicht bij stromend water. De zandruggen die hiervoor in aanmerking kwamen, waren niet zo hoog. Toen dan ook in de loop van de Vroege IJzertijd het grondwater niveau en het water van de IJssel blijvend hoger kwamen te liggen, werd het de bewoners letterlijk te nat onder de voeten en zocht men de hogere dekzandruggen op, richting Wythmen en Berkum.



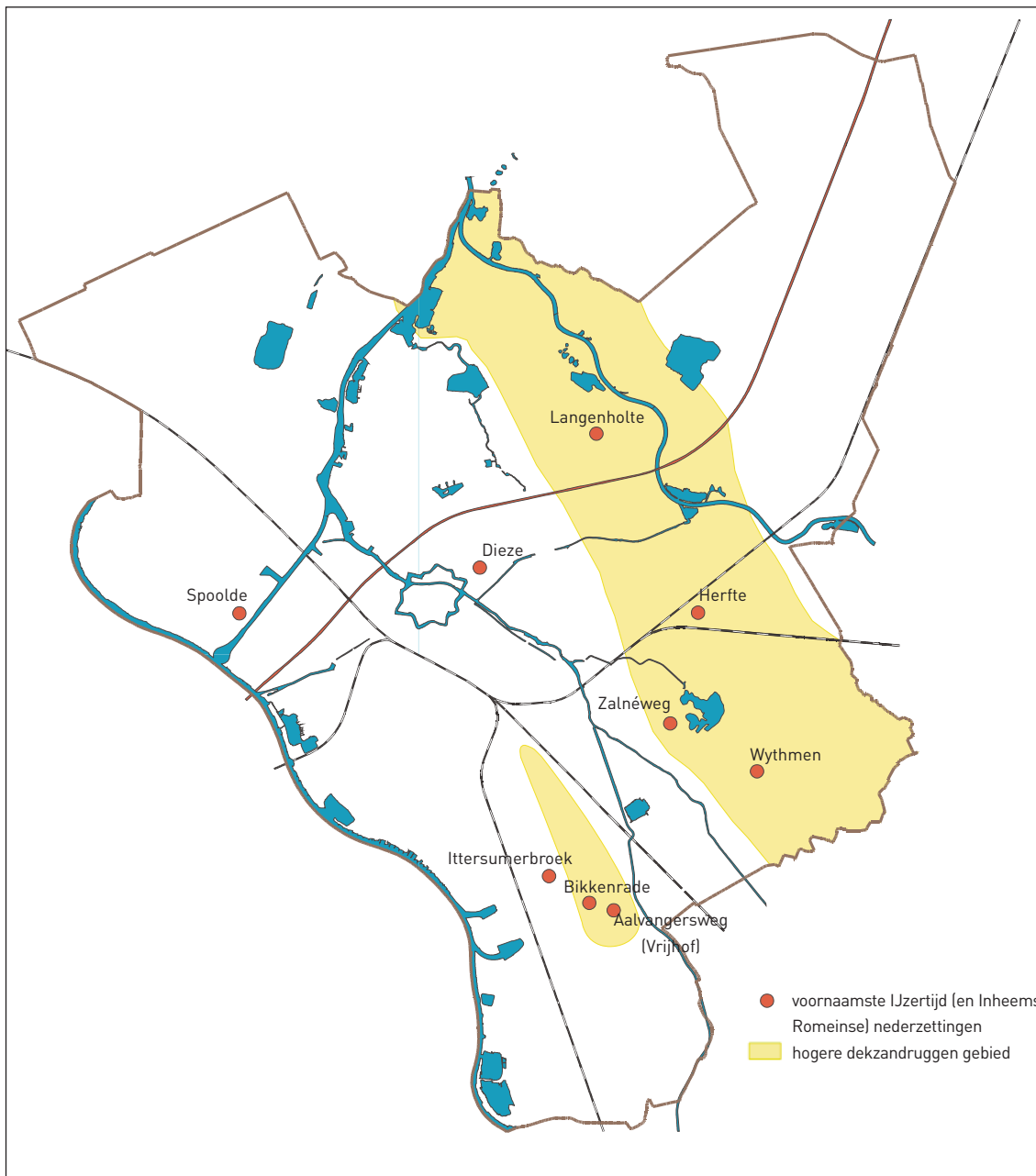
De dekzandruggen zijn niet de enige hoogten in het landschap; de wind heeft ook zand afgezet in de vorm van rivierduinen. Dit zand is meestal afkomstig uit drooggevalen rivierbeddingen. Veel van de rivierduinen zijn jonger en dateren van na het Weichselien of zelfs van de laatste duizend jaar.

Het golvende landschap van zandhoogten, veelal overdekt door latere kleiafzettingen, wordt onder een groot gedeelte van Zwolle aangetroffen. Alleen aan de noordwestzijde van het centrum, de Mastenbroekerpolder, is sprake van een andere situatie: de hoge zandgronden zijn hier duidelijk minder aanwezig. De ondergrond in dit lage deel van de gemeente bestaat voornamelijk uit dekzand met daarop veen, afgedekt door kleiafzettingen. Hier worden dan ook geen sporen van bewoning van vóór de Late Middeleeuwen aangetroffen; het gebied was te nat. De aanwezigheid van

zandhoogten in de onmiddellijke nabijheid van stromend water vormde een veel aantrekkelijker alternatief.

In de Midden IJzertijd trad er een duidelijke verandering op in vestigingskeuze. Men bleef zich nog steeds vestigen op zandhoogten, alleen werden nu de meer hoger gelegen locaties opgezocht. In Zwolle is bij verschillende opgravingen geconstateerd dat de onderkant van de cultuurlaag – het woonniveau – vanaf de Midden IJzertijd ca 30 tot 50 cm hoger lag dan bij de nederzettingen uit eerdere perioden.

Ook de onmiddellijke nabijheid van stromend water, voorheen essentieel bij de vestigingskeuze, was niet meer van direct belang; in de Midden IJzertijd verschenen waterputten. Boerderijplattegronden uit de Bronstijd zijn bekend uit Windesheim en Ittersumerbroek. Plattegronden van bijgebouwen zijn onder andere bekend uit Spoolde en de Smeden, aan het eind van de Diezerstraat, op het Eiland.



Boerderijplattegronden uit de IJzertijd zijn in Zwolle alleen bekend uit Ittersumerbroek en langs de Aalvangersweg. Daarnaast is er slechts één complete spieker opgegraven in Hoog Zuthem; aardewerk, metaal en geïsoleerde paalsporen zijn wel van meerdere locaties bekend, onder andere uit Wijthmen, Schelle, Spoolde, Dieze en Langenholte. De Bronstijd en Vroege IJzertijd nederzettingen zijn door een dik pak klei bedekt. Door dijkdoorbraken, vooral gedurende de 80-jarige oorlog, wordt er op die vruchtbare klei een dikke laag grof, onvruchtbaar rivierzand afgezet. Later wordt door middel van kleiputten de vruchtbare klei naar boven gewerkt en het grove, waardeloze zand naar beneden. Wat de Zwolse archeologen bezighield was het tijdstip waarop de klei door de IJssel afgezet werd en hoe lang dit proces plaats vond. Het lag voor de hand dat die afzetting waarschijnlijk tot de oudste bedijking heeft geduurd. Maar is dat zo? En wanneer was het begin?

De Zwolse archeologen hadden de euvelle gedachte te veronderstellen dat een opgraving van het veenbos in Stadshagen hier wellicht antwoord op zou kunnen geven. Niets bleek minder waar te zijn. Het was eerder zo dat de gegevens meerdere vragen opleverden. De rivierklei werd hier, bij het veenbos, pas afgezet vanaf de vierde of vijfde eeuw na Christus. Daarvóór was het gebied een groot veenbos. En afzetting heeft waarschijnlijk plaats gevonden tot aan de eerste voorzichtige bedijking van de IJssel en de ontginning van de polder. Ook zou de kleiafzetting hier veroorzaakt zijn door Vechtwater. Toen in Ittersumerbroek de bewoners ergens in de Vroege IJzertijd de hogere (dek)zandgronden opzochten, was dat een gevolg van een stijging van de (grond)waterstand. Dat wil nog niet zeggen dat de IJssel toen al direct begon met zijn kleiafzettingen. De laagten begonnen eerst te vervenen. Hamming

stelt bijvoorbeeld dat langs de IJssel grote delen van het veen in de derde eeuw na Christus met klei zijn afgedekt, maar dat dit niet de eerste kleiafzettingen zijn.³

De opgravingsgegevens van het veenbos leverden echter wel waardevolle informatie op voor de geschiedenis van de Mastenbroekerpolder. Zo zijn er eeuwen lang stobben (bomen of stronken daarvan) naar boven gekomen. En hoewel in 1986 nog verhalen ontstonden dat de bomen uit dit bos voor de Kamper scheepsbouw gebruikt werden, is niets minder waar.⁴ Het bos bestond in de vijfde eeuw na Christus immers niet meer. Een vruchtbaar kleipakket werd over het veenbos afgezet. En dat vruchtbare pakket klei was de oorzaak voor alle perikelen rondom de verdeling van de Mastenbroekerpolder. De Mastenbroekerpolder werd in 1364 definitief verkaveld, nadat het volgens Van der Schrier al tenminste één, wellicht twee eeuwen in half ontgonnen staat had verkeerd.⁵ Van Engelen van der Veen stelt echter dat de feitelijke ontginning plaats gevonden heeft tussen 1364 en 1390.⁶ Voorafgaande aan die definitieve verdeling hebben er heel wat stevige conflicten plaats gevonden met als spelers de landsheer (de bisschop van Utrecht), de heren van Voorst en van Rechteren, de kleinere plaatsjes rondom de polder en de drie grote steden Zwolle, Deventer en Kampen.⁷ De Van Voorsten blijken al vele decennia lang belangrijke rechten te hebben gehad in de Mastenbroekerpolder.

Zweder van Voorst was een niet geringe doorn in het oog van de landsheer en van Zwolle. In 1362 wordt het kasteel belegerd door een coalitie van Zwolle, Deventer en Kampen onder leiding van de bisschop van Utrecht. Het kasteel wordt veroverd en met de grond gelijk gemaakt. Zweder van Voorst krijgt met zijn mensen vrije aftocht. Dit is het einde voor een 'roofridder'-burcht. Het is niet bekend waar Zweder van Voorst naar toe gaat. Zijn aanzienlijke rechten in de Mastenbroekerpolder worden echter niet aangetast.

In 2001 en 2002 werd de havezathe Werken opgegraven. Deze lag op een strategisch belangrijke plek in het deel van de Van Voorsten in de Mastenbroekerpolder, precies aan de ingang, vanuit Zwolle gezien. Decennia lang werd Johan van Ittersum, burgemeester van Zwolle in het tweede kwart van de 15de eeuw, gezien als de bouwheer van Werkeren. De opgraving toonde echter aan dat zowel het bouw materiaal als de vondsten ouder waren. Het vermoeden rees dat het oudste Werkeren, bestaande uit een zogenaamde zaalburcht met poortgebouw, vlak na de vernietiging van kasteel 'de Voorst' was gebouwd. Hiervoor waren tot nog toe echter geen historische bewijzen gevonden. Het bleef dus bij een vermoeden. Maar het bouw materiaal voor de fundering van de zaalburcht bestond uit secundair gebruikte kloostermop-fragmenten en brokken tufsteen. Bouw materiaal dat eigenlijk alleen maar afkomstig kon zijn van de gesloopte burcht 'de Voorst'. Het vondstmateriaal van deze bewoners dateerde zeker uit het laatste kwart van de 14de eeuw en mogelijk zelfs uit de tweede helft. De datering ging in de richting van 1362 of vlak daarna. In november 2002 kwamen de gegevens vrij over dendrochronologische dateringen van houtwerk dat gebruikt was voor de fundering van de voorburcht en een bruggenhoofd. Twee palen van het bruggenhoofd dat uitzag op de Werkerallee, een oude weg vanuit de havezathe Werkeren naar Westenholte en de

Voorst, dateren uit de jaren zestig van de 14de eeuw. En daarmee kan er een directe koppeling gemaakt worden tussen de sloop van de burcht 'de Voorst', de belangen van de Van Voorsten in de Mastenbroekerpolder en 1364, het jaar waarin de polder definitief verdeeld werd. De kapdatum van één paal dateert uit najaar/winter 1366/67 en een tweede paal moet gekapt zijn rond 1370 ± 5.⁸ Betere gegevens kan een archeoloog zich niet wensen. Sceptici zouden nog kunnen beweren dat de bouw van Werkeren los gezien moet worden van enige relatie met het geslacht van Zweder van Voorst, maar dan zijn er wel erg veel zaken die juist op zo'n relatie wijzen.

Het bruggenhoofd wijst er vervolgens op dat de Werkerallee waarschijnlijk al een verbinding vormde tussen het bezit van Zweder van Voorst in het huidige Westenholte en in Stadshagen. Ook wijst het bruggenhoofd er op dat de oudste bebouwing omgracht was. Vanwege het feit dat de grachten zeer waarschijnlijk meerdere malen geschoond zijn, komt er geen vroeg materiaal uit.

Werkeren was gebouwd op een pleistocene dekzandkop. Deze zandopduiking stak uit boven het omringende grasland. Rond het begin van de jaartelling stak deze hoogte uiteraard ook uit boven het toenmalige veen met bomen. In principe was op deze kop prehistorische bewoning mogelijk. Het oorspronkelijke oppervlak uit deze periode is terug gevonden, maar zonder bewoningssporen of vondsten. En deze dekzandhoogte aan het begin van de Mastenbroekerpolder was een zeldzaamheid. Voor de rest was het gebied gewoon te nat voor bewoning.⁹ Nu rest het veenbos zelf. Dit onderzoek is uitgevoerd door Laura I. Kooistra (BIAX Consult), Pauline van Rijn (BIAX Consult), Elsemieke Hanraets (Stichting RING/ROB), Maja J. Kooistra (Alterra), Ute Sass-Klaassen (Universiteit Wageningen). De Gemeentelijke Archeologische Dienst Zwolle heeft zeer aangenaam met de medewerkers van deze onderzoeksinstituten kunnen samenwerken.

Dankwoord

Het onderzoek werd mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van de gemeente Zwolle, de provincie Overijssel, het Anjerfonds Overijssel en Alterra (DLO programma nr. 382).

Noten

1. RING was zeer snel met de dateringen.
2. Clevis en Verlinde 1991.
3. Hamming 2000, 32.
4. Zeiler 1987, 239 noot 4.
5. Van der Schrier 1985.
6. Van Engelen van der Veen 1924, 11-12.
7. Zeiler 1987.
8. Onderzoek A.E.M. Hanraets (RING). zkw 06.0 en zkw 09.0.
9. Het archeologisch onderzoek van de Havezathe Werkeren zal naar verwachting eerst in de loop van 2005 gepubliceerd worden.

Literatuur

Clevis, H. en A.D. Verlinde (1991). *Bronstijdboeren in Ittersumerbroek. Opgraving van een Bronstijdnederzetting in Zwolle-Ittersumerbroek.*

Engelen van der Veen, G.A.J. van (1924). De bedijking van den IJssel en zijne monden. In: *Verlagen en Mededelingen van de Vereeniging tot Beoefening van Overijsselsch Regt en Geschiedenis* 41. 1-44.

Hamming, C. (2000). *Rivierkleien langs de IJssel sinds het Subboreaal. Resultaten van een geologisch-bodemkundig onderzoek naar rivierafzettingen langs de Beneden-IJssel.* Typescript. Zwolle.

Schrier, D.M. van der (1985). De verplaatsingen van Staphorst en Rouveen. In: *Bijdragen uit het land van IJssel en Vecht*. 1 (1977). 35-45.

Zeiler, F.D. (1987). Toegheslagen, gemeten ende gedielt. Een bijdrage tot de discussie over de ontginning van Mastebroek. In: (C. Streefkerk en S. Faber, eds.) *Ter recognitie. Opstellen aangeboden aan prof.mr. H. van der Linden bij zijn aftreden als hoogleraar in de Nederlandse rechtsgeschiedenis aan de Vrije Universiteit.* Hilversum. 237-250.

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode

L. I. Kooistra, P. van Rijn, E. Hanraets, M. J. Kooistra, U. Sass-Klaassen

Samenvatting

Informatie over vegetatie- en landschapsgeschiedenis is vaak beperkt en de interpretatie van de beschikbare gegevens staat ter discussie. Om verbetering in deze situatie te krijgen wordt een integraal concept gepresenteerd over hoe informatie over vegetaties uit het verleden verkregen, geanalyseerd en geïnterpreteerd kan worden en over hoe een uitgebreid beeld over de structuur en ontwikkeling van verleden landschappen en vegetaties verkregen kan worden. Archeologische opgravingsmethoden zijn gebruikt om informatie in te winnen over landschap (geologie, micromorfologie) en vegetatie (ecologie, palynologie, dendrochronologie) om zo tot een completere reconstructie te komen van het paleo-landschap. Daardoor wordt het mogelijk om de vegetatiegeschiedenis en zijn structuur te reconstrueren, alsmede de groeipatronen en de populatiedynamiek van specifieke boomsoorten en de menselijke invloed op boslandschappen te leren kennen.

Dit nieuwe concept is toegepast op een begraven bos te Zwolle-Stadshagen (provincie Overijssel, Nederland) dat werd ontdekt tijdens het bouwrijp maken van dit gebied. Veel overblijfselen van subfossiel hout zijn gevonden in een veenlaag onder een dikke laag klei. De houtresten zijn gedateerd op basis van dendrochronologisch onderzoek tussen 150 voor Chr. en 600 na Chr. In samenwerking met de Gemeentelijke Archeologische Dienst van Zwolle is een interdisciplinaire onderzoeksgroep samengesteld met als doel het uittesten van het hiervoor genoemde concept, alsmede het maken van een reconstructie van de landschapsgeschiedenis met de daarop voorkomende begroeiing. Het resultaat van dit onderzoek wordt gepresenteerd in vijf artikelen. Dit eerste artikel gaat in op de opgravingsmethoden en bemonsteringsstrategieën tijdens het veldwerk.

Trefwoorden: interdisciplinair onderzoeksvoorstel, onderzoeksdoelstellingen, opgravingsmethodologie, opgraving, vegetatiereconstructie en landschapsreconstructie.

Inleiding

Onlangs hebben ecologen, dendrochronologen en palynologen de interpretatie van palynologische datasets die verkregen

zijn uit archeologische en paleo-ecologische contexten voor landschapsreconstructie ter discussie gesteld. Sinds de ontwikkeling van de palynologie, vanaf het begin van de 20e eeuw, is deze discipline gebruikt om informatie te verzamelen over de geschiedenis van vegetaties. Voor dat doel zijn palynologische datasets vertaald naar plantenlijsten en vervolgens met de kennis van het abiotische landschap, naar vegetaties. De datasets die gegenereerd zijn door deze disciplines verschaffen echter niet genoeg informatie om antwoord te geven op de steeds gedetailleerdere vraagstellingen over de structuur en het ontstaan van (pre)historische landschappen en de onderliggende oorzaken voor veranderingen.

Niet alleen zijn de vragen over verleden landschappen en vegetatiestructuren onderling meer verweven, ook is opnieuw de discussie opgeleefd over de interpretatie van palynologische data. Een belangrijke aanzet tot deze hernieuwde discussie komt door de publicaties van Vera (1997, 2002), die, op basis van vooral palynologische data, tot de conclusie komt dat de vegetatie op het Noordwest-Europese continent in het Atlanticum bestond uit een open parkachtig landschap en niet uit uitgebreide dichte bossen. Verschillende biologen, palynologen, botanici en archeozoölogen verschilden met Vera's inzichten (zie onder andere Bremt *et al.*, 1998; Zeiler & Kooistra, 1998), maar argumenten voor en tegen kregen geen vaste vorm vanwege het gebrek aan adequaat onderzoek. Palynologen toetsen hun interpretaties door paleo-datasets te vergelijken met het tellen van pollenkorrels in recente vegetaties (bijvoorbeeld Andersen, 1970 en 1973; Birks & Gordon, 1985; Gaillard *et al.*, 1994; Hicks, 2001) en/of door historische en palynologische informatie te koppelen. Er schuilt echter gevaar in het gebruik van recente en subrecente vegetatietypes als een referentiekader voor vegetaties uit het verleden, omdat we niet de mogelijkheid kunnen uitsluiten dat er vegetatietypes bestaan hebben die tegenwoordig uitgestorven zijn. Dendrochronologen hebben eveneens meer kennis nodig over de dynamiek en structuur van verleden boslandschappen om in staat te zijn de verandering in groeipatronen in bomen te analyseren op basis van (veranderende) omgevings- en/of klimatologische omstandigheden. In Duitsland, Ierland en Nederland is onderzoek uitgevoerd naar de interpretatie van jaarringpatronen van subfossiele veeneiken in relatie tot het klimaat en de ecologie van de vindplaats. Eén van de doelstellingen van deze studies is om door middel van het gebruik van ultralange jaarringchronologieën van veeneiken de natuurlijke variaties van het klimaat gedurende het Holoceen te reconstrueren (Leuschner *et al.*, 2002; Spurk *et al.*, 2002).

Onderzoeksconcept

Om een helderder beeld te krijgen over de structuur en ontwikkeling van verleden landschappen en vegetaties is een groep onderzoekers van verschillende disciplines samen gekomen om een geïntegreerd concept te formuleren waarin onafhankelijke datasets van de verschillende disciplines, dat wil zeggen archeologie, geologie en micromorfologie (geomorfologie, hydrologie, bodemkunde), palynologie (micro-

fossielen) en archeobotanie (macroresten) en dendrochronologie onderling getest worden. Dit concept is toegepast door een (natuurlijk) boslandschap op te graven met archeologische methoden.

Het belang van de ruimtelijke verdeling van subfossiele houtige gewassen in veen werd al in de jaren vijftig van de vorige eeuw onderkend door geologen en palynologen van de toenmalige Rijks Geologische Dienst, die de aanwezigheid van

boomstronken vastlegden en in profielen beschreven (bijvoorbeeld De Jong & Zagwijn, 1983). Het eerste systematisch onderzoek naar de ruimtelijke verdeling van subfossiele bomen is uitgevoerd door Munaut (1967 en 1986) op een locatie ten zuidwesten van Terneuzen (provincie Zeeland, Nederland), waarin een ongeveer 5500 jaar oud verdrinken bos met eik (*Quercus*) en grove den (*Pinus sylvestris*) begraven lag in het veen. Zijn onderzoek omvatte het in kaart bren-

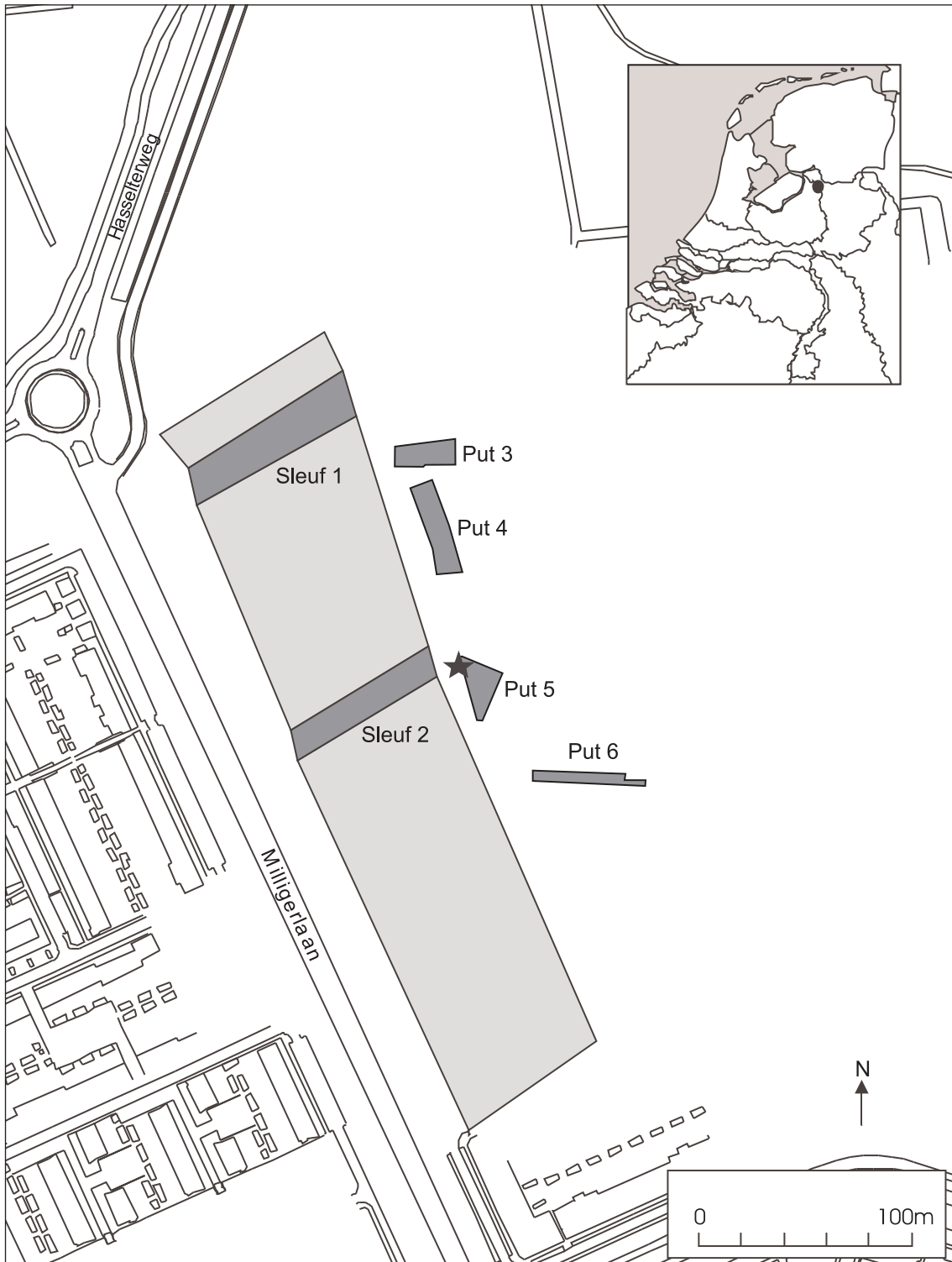


Fig. 1. Overzicht van de positie van de proefsleuven (1/2) en de opgravingsputten (3/6) bij Zwolle, Nederland.

* is the plaats in het profiel waar de monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek genomen zijn.

gen van de bomen, alsmede palynologisch en dendrochronologisch onderzoek. Leuschner *et al.* (1985, 1986 en 1987) gingen nog een stapje verder en reconstrueerden de veenontwikkeling en vindplaatshydrologie om dit vervolgens te relateren aan groei- en populatieveranderingen van eiken in moerasbossen in Noord-Duitsland. Lageard *et al.* (1995) legden houtresten driedimensionaal *in situ* vast om een beter begrip te krijgen van het landschap en het gebruik ervan door de mens. Geïnspireerd door deze benaderingswijzen hebben de auteurs besloten om opgravingen uit te voeren in gebieden die resten bevatten van verleden bossen en om archeologische veldmethoden en technieken te gebruiken om gegevens te verzamelen en vast te leggen over de vindplaats en de vegetatie.

De onderzoeksdoelstellingen

Een opgraving van een begraven bos kon uitgevoerd worden in 2000. Tijdens de voorbereidende werkzaamheden voor de bouw van een nieuwe stadsuitbreiding, genaamd Stadshagen, ten noordwesten van de stad Zwolle, zijn in de ondergrond vele overblijfselen van subfossiele bomen gevonden. De overblijfselen lagen ingebed in een veenlaag, die bewaard is gebleven onder een dik pakket klei. De omvang van het gebied was van dien aard dat het voor de hand lag dat we met een begraven bos te maken hadden. Het dendrochronologisch onderzoek aan drie boomrestanten gaf een datering van rond het begin van de jaartelling. De verwachting was, dat de profielen van de werkputten informatie zouden bevatten van de ontwikkeling van de vegetatie over de periode voorafgaand aan dit bos. De Zwolse archeologen waren vooral geïnteresseerd in de periode 800 voor Chr. tot 1000 na Chr. in verband met een verhuizing van de Bronstijdbewoning in het gebied rond Zwolle. Van Geel *et al.* (1996 en 1998) hebben als oorzaak hiervoor een verandering in het klimaat (rond 850 voor Chr.) verondersteld (het werd kouder en natter), niet alleen voor dit deel van het land maar ook voor andere laaggelegen regio's in Nederland. De opgraving zou inzicht kunnen verschaffen in de lokale milieuomstandigheden in relatie tot de interactie tussen het lokale landschap en de bewoningsgeschiedenis van het gebied en/of hoe mensen het bos geëxploiteerd kunnen hebben.

In de zomer van 2000 werkten de archeologische dienst van Zwolle en de auteurs samen op de opgraving in Zwolle-Stadshagen (Fig. 1), waarbij ze de inzichten van voornamelijk Munaut (1967, 1986), Leuschner (1985, 1986 en 1987) en Lageard *et al.* (1995) als uitgangspunt gebruikten. De deelnemende disciplines in het onderzoek waren: (1) fysische geografie en bodemkunde om informatie te verzamelen over de abiotische landschapontwikkeling en de hydrologie, (2) ecologie inclusief palynologie en houtonderzoek om informatie te verzamelen over de vegetatie inclusief structuur en ontwikkeling en (3) dendrochronologie voor de absolute datering van de houtresten, reconstructie van de populatiedynamiek van de voornaamste soorten in het bos en onderzoek naar de invloed van lokale en regionale factoren op de boomgroei. Elke discipline verschaft onafhankelijke gegevens en de interpretatie van die gegevens over de structuur, samenstelling en

veranderingen in de vegetatie en elke discipline test de resultaten van de andere. De volgende onderzoeksdoelstellingen werden geformuleerd voor de opgraving in Zwolle-Stadshagen:

- beschrijving van de lokale vegetatie in het verleden, zijn structuur en ontwikkeling.
- interpretatie van de voorkomende vegetatietypen in relatie tot de abiotische (geologie, geomorfologie, bodem en klimaat) en biotische (flora, fauna en mensen) factoren.
- evaluatie van het geïntegreerde concept en de resultaten ervan in vergelijking met de traditionele benaderingswijze bij het reconstrueren van het paleo-landschap en de vegetatie.

De methodologie van het veldwerk

Het vooronderzoek

Er is een vooronderzoek uitgevoerd om de potentie van het gebied voor een paleo-ecologisch onderzoek en de haalbaarheid van het geïntegreerd concept vast te stellen, alsook om informatie te verzamelen voor de uit te voeren opgraving. Een vooronderzoek heeft verschillende doelen. Het maakt het mogelijk om (1) de homogeniteit van het gebied vast te stellen, (2) de variatie in dikte en het reliëf van de veenlaag te bepalen alsmede de diepte waarop de houtresten zich bevinden, (3) om de staat waarin het organisch materiaal (hout, zaden en pollen) bewaard is gebleven vast te stellen en (4) om inzicht te krijgen in de ruimtelijke distributie van de boomresten en de respectievelijke afwezigheid en aanwezigheid van de verschillende boomdelen zoals stammen, takken, kruinen en wortelstelsels. De kennis vooraf van de homogeniteit van het terrein en de diepte van het veen en de houtresten is belangrijk om de grootte van het op te graven areaal en het aantal opgravingsvlakken te bepalen. Informatie over de conservering van de verschillende botanische resten geven een indicatie of het materiaal voldoende goed bewaard is gebleven om antwoord te krijgen op de onderzoeksvragen.

Er waren twee dagen beschikbaar voor het veldonderzoek in Zwolle-Stadshagen. Men had een gebied van drie hectaren bouwrijp gemaakt door de humuslaag en het eronder liggende kleipakket te verwijderen. Hierdoor werd de veenlaag met de vele houtresten aan de oppervlakte zichtbaar. Het leek erop dat de houtresten evenredig verspreid waren over het hele terrein. Gezien de grootte van het terrein en de beschikbare tijd voor het vooronderzoek zijn twee parallelle proefsleuven geselecteerd en onderzocht met elk een oppervlak van ca. 15 x 80 meter, 110 meter uit elkaar liggend (Fig. 1, sleuf 1 en 2). Op de vier hoeken van elke proefsleuf werd de dikte van de veenlaag gemeten met een Edelman boor. De dikte varieerde van 12-35 cm. Houtresten waren zichtbaar in de gehele veenlaag. Geen houtresten zijn gevonden in het eronder liggende dekzand noch in de eroverheen liggende kleilaag.

Alle 167 boomresten, die gevonden waren in de twee proefsleuven, werden genummerd en driedimensionaal ingemeten. Van stammen en delen van stammen werden de coördinaten bepaald aan beide einden, terwijl van kleinere fragmenten en

wortelstelsels slechts één meetpunt werd geselecteerd. De Z-coördinaat, die in Nederland uitgedrukt wordt in meters boven en onder zeeniveau (N.A.P.) werd genomen van de bovenkant van het hout. Van elk boomrestant is een korte beschrijving gemaakt (stam, kruin, tak, wortels en niet te determineren onderdelen) waarbij is aangegeven waar eventueel zijtakken aanwezig waren. Ook zijn afmetingen (lengte en dikte) genomen. Daarnaast is de plaats genoteerd waar de monsters voor houtidentificatie en/of dendrochronologisch onderzoek zijn genomen. Alle boomresten zijn bemonsterd voor soortbepaling en van 34 eiken en drie essen zijn monsters genomen voor dendrochronologisch onderzoek. Vanwege de nogal homogene verspreiding van de boomresten over het gehele terrein werd besloten om een gebied op te graven van ongeveer 1000 vierkante meter. Omdat de veenlaag relatief dun was kon het aantal opgravingsvlakken beperkt worden tot één. De mate van conservering van botanische resten werd bepaald door de staat van conservering van het hout, die over het algemeen redelijk was. Niet alleen de duurzame eik (*Quercus*) was bewaard gebleven maar ook es (*Fraxinus excelsior*) en els (*Alnus*). Van een aantal eiken waren de buitenste jaarringen (spinhout geheten) nog aanwezig wat wees op een goede conservering. De aanwezigheid van spinhout biedt de gelegenheid om het afstervingsjaar van de boom met grotere nauwkeurigheid te bepalen. De eerdere dendrochronologische resultaten werden bevestigd zodat het bos rond het begin van de jaartelling gedateerd kon worden. Helaas bleek dat over het algemeen slechts stammen, dikke takken en wortelstelsels bewaard waren gebleven. Ondanks het gebrek aan morfologische informatie rechtvaardigde de overvloed aan houtresten en de rijkdom aan potentiële informatie van de andere disciplines een uitgebreid opgravingsonderzoek. Omdat de stratigrafie van het onderzochte proefgebied deels verloren was gegaan door het bouwrijp maken van het terrein werd besloten om hieraan geen tijd meer te spenderen, maar de aandacht te richten op een gebied ten noorden van de twee proefsleuven waarvan de bodemprofielen nog intact waren (zie Fig. 1).

De opgraving

De opgraving van 1000 vierkante meter werd verdeeld over vier putten van respectievelijk 280, 495, 275 en 223 vierkante meter (Fig. 1, put 3, 4, 5 en 6). De vorm en afmetingen van de putten werden bepaald door de beschikbare ruimte op het bouwterrein. De opgravingscampagne nam zes weken in beslag met een gemiddelde van drie menskrachten per dag. Met behulp van een graafmachine werd een opgravingsvlak aangelegd op de overgang van de kleilaag naar het veen. Alleen op plekken waar bomen over elkaar lagen werd met de hand een tweede vlak aangelegd.

Om de ligging en richting van de bomen te bepalen werd een drie meter grid in elk van de putten uitgelegd. De N.A.P. hoogte werd gemeten op elk hoekpunt van het grid. Op dezelfde plek werd de dikte van het veenpakket bepaald, waardoor het mogelijk werd om het reliëf van het pleistocene dekzand te reconstrueren.

Naast deze metingen zijn de profielen in de putten bestudeerd en zijn er locaties uitgezocht voor het verzamelen van

monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek. De criteria voor de selectie van de juiste locaties zijn: 1. een bodemprofiel en stratigrafie die representatief is voor de vindplaats, 2. de aanwezigheid van een boomstronk van een eik, die dateerbaar kan zijn. Door monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek op dezelfde locatie te nemen, is het zowel mogelijk om de resultaten met elkaar in verband te brengen als ook om de relatie te bepalen tussen de vegetatieontwikkeling en de omgevingsfactoren. Om het plaatje van de vegetatieontwikkeling volledig te maken, zijn bodemmonsters genomen met een volume van 5 liter voor zaden en insecten/mijten onderzoek. De zaden verschaffen informatie over de lokale plantengroei en de insecten en mijten, waarvan vele soorten een beperkt scherp begrensd ecologisch leefgebied hebben, leiden tot verdere informatie over de structuur van de vegetatie. Monsters voor beide soorten analyses zijn genomen vlak bij boomstammen. De onderliggende gedachte was dat de grond waarop de boomstam rust, dateert uit de periode waarin de boom omgevallen is.

De boomstammen en alle andere houtfragmenten (Fig. 2) zijn genummerd en driedimensionaal ingemeten zoals beschreven bij het vooronderzoek. Van wortelstelsels is de doorsnee gemeten. Indien aanwezig werd de oriëntatie van het wortelstelsel en de top van de boom vastgelegd. Er zijn twee mogelijkheden waarop de bomen in het veen konden vallen. Bomen kunnen door de wind omwaaien, waarbij het ondiepe wortel-



Fig. 2. Veenlaag met houtresten.



Fig. 3a. Door de wind omgeblazen boom met wortelsysteem (foto: auteur).

stelsel bij de val uit de grond wordt getrokken (Fig. 3a). De andere mogelijkheid is dat de boom vlak boven de grond afbreekt of wegtrot en het wortelstelsel *in situ* in de grond achterblijft (Fig. 3b). Wanneer wortelstelsels in de grond achtergebleven zijn, kan informatie verzameld worden over het niveau waarin de boom is gekieemd en over de snelheid van veenaccumulatie gedurende het leven van de boom. Bij omgewaaide bomen is deze informatie niet beschikbaar. Men kan slechts een indicatie van het niveau van het grondoppervlak krijgen waarop de boom omviel, omdat dat de laag is waarop de stam rust.

Die delen van de boom die horizontaal liggend op het oppervlak aangetroffen werden, zijn zorgvuldig met de hand opgegraven om de compleet bewaard gebleven lengte en doorsnee te bepalen en de houtresten gedetailleerder te beschrijven. Boomstronken *in situ* zijn opgegraven volgens de kwadrantenmethode. Door alle houtresten in het veld driedimensionaal in te tekenen kon de vegetatiestructuur en ruimtelijke spreiding van de verschillende boomsoorten gevisualiseerd worden (zie Kooistra, L.I., *et al.*, 2004). De veldtekeningen verschaffen ook informatie over de oriëntatie van de gevallen bomen. Afgezien van de informatie op de veldtekeningen zijn er ook formulieren ingevuld met een afzonderlijke beschrijving van elk stuk hout. Maten zoals lengten en doorsneden van stammen en takken zijn genoteerd, maar ook de morfologische kenmerken zoals de boomdelen, vorm en omvang van het wortelstelsel en de aanwezigheid en plaats van zijtakken op de stam. Bovendien zijn aantekeningen gemaakt over snij- of graas-sporen op het hout. Ook zijn er aantekeningen gemaakt over de geschiktheid van de monsters voor dendrochronologisch onderzoek en/of houtsoortbepaling. Foto's zijn genomen van elk stuk hout of verzamelingen van houtresten. De veldtekeningen verschaffen informatie over de plaats en verspreiding van de houtresten, terwijl de beschrijvingsformulieren vooral bedoeld waren om gedetailleerde informatie vast te leggen over de morfologie van de individuele boomresten.

Morfologische karakteristieken bevatten belangrijke informatie over de vegetatiestructuur en verstoringen. Bomen die over de gehele lengte van de stam geen zijtakken hebben, groeiden waarschijnlijk in een dicht bos. Wortelstelsels die meer dan één stam hebben, wijzen op de mogelijkheid dat er scheuten ofwel opgegeten zijn door dieren in een vroeg stadi-



Fig. 3b. Overgebleven wortelsysteem van een afgebroken boom (foto: auteur).

um of dat mensen de stammen afgezaagd hebben, waardoor het wortelstelsel nieuwe scheuten ontwikkelde. De morfologie van het wortelstelsel verschafft ook informatie over de groeicondities van de bomen, waarbij bijvoorbeeld ondiepe wortelsystemen wijzen op een hoog grondwater niveau.

Evaluatie van de veldwerkmethoden

Vooronderzoek

Er zijn verschillende methoden om een vooronderzoek uit te voeren. In het geval van de proefsleuven was de bovengrond reeds verwijderd tot het niveau van de subfossiele bomen. De boomresten zijn driedimensionaal ingemeten en het uiterlijk van de resten is beschreven en de monsters voor houtidentificatie en dendrochronologisch onderzoek zijn in aantal beperkt, omdat er slechts een algemene indruk nodig was van de verscheidenheid in soorten en van de datering van de houtresten. Het bodemprofiel en de stratigrafie is in de wanden van de putten bestudeerd en met behulp van grondboringen. Op grond van deze datasets die ook informatie bevatten over de conservering van het materiaal kan een beslissing genomen worden over de waarde van het terrein voor verder onderzoek.

Een tweede methode die in het verleden is gebruikt, is de zogenaamde prikmethode. Het te onderzoeken gebied is onderverdeeld in een grid en op elk hoekpunt wordt een dunne metalen staaf in de grond geduwd. Weerstand in de grond wijst op de aanwezigheid van hout. Door een terrein systematisch af te gaan kan de hoeveelheid van houten macroresten geschat worden. Oorspronkelijk werd deze methode gebruikt om subfossiele eiken op te sporen voor dendrochronologisch onderzoek. Het werd echter duidelijk dat het niet mogelijk was om de restanten van zachte, minder duurzame houtsoorten op te sporen zoals els en berk (*Betula*). Deze methode wordt niet aanbevolen voor het bepalen van de hoeveelheid van houtresten zonder acht te slaan op de soorten. Op een tweede vindplaats waar een natuurlijk begraven bos werd opgegraven, Den Haag-Ypenburg, is deze prikmethode uitgetest op een terrein van 300 vierkante meter dat verdeeld was in een grid van 1 x 1 m. Met de prikmethode werd weerstand gevoeld op 40 van de 361 afzonderlijke prikpunten wat wijst op de aanwezigheid van 40 houtresten; door hetzelfde gebied op te graven kwamen ongeveer 80 houtresten naar

boven. Een ander nadeel van de prikmethode is de beperkte diepte (100 tot 150 cm) die bereikt kan worden met het prikijzer. In Den Haag-Ypenburg kon door de compacte structuur van het veen het prikijzer niet verder de grond ingeduwd worden dan 75 cm. Houtresten op een grotere diepte konden niet opgespoord worden.

In Zwolle-Stadshagen is de methode van proefsleuven gebruikt voor een vooronderzoek van het terrein. Er waren enkele afwijkingen van het oorspronkelijke concept vanwege het feit dat de vindplaats al bouwrijp was gemaakt door de bovengrond te verwijderen. Het opgravingsniveau was niet bepaald op archeologische gronden, maar door het feit dat de bovengrond al verwijderd was, wat gelukkig precies overeen kwam met het archeologisch niveau. Het tweede punt is dat de meeste proefsleuven slechts enkele meters breed zijn en verspreid aangebracht worden over het hele onderzoeksgebied. Het voordeel hiervan is dat het hele gebied binnen het proefonderzoek valt en dat de profielen van de sleuven informatie geven over het hele gebied. Het opengemaakte oppervlak in Zwolle-Stadshagen strekte zich echter uit over een gebied van drie hectaren, waardoor er geen profielen beschikbaar waren met een complete stratigrafie. Dit was de reden waarom de echte opgraving uitgevoerd werd in een gebied direct ten noorden van de proefsleuven (Fig. 1). Alle houten macroresten in de proefsleuven werden in de eindstudie betrokken evenals alle geschikte resten van eik in het dendrochronologisch onderzoek.

De ervaring die is opgedaan in het vooronderzoek en de opgravingsfasen van de vindplaatsen van Zwolle en Ypenburg hebben tot de conclusie geleid dat het vooronderzoek van paleo-vegetatiekundig onderzoek uitgevoerd moet worden door middel van proefsleuven.

De opgraving

De veenlaag in Zwolle-Stadshagen was relatief dun zodat er slechts één opgravingsvlak nodig was. De mate van conservering van organisch materiaal was van dien aard dat slechts delen van boomstammen en wortelstelsels bewaard waren gebleven, behalve bij die exemplaren die dieper in de bodem lagen. Deze wortelstelsels waren in het opgravingsvlak zichtbaar als een onregelmatige cirkel van houtresten met een lege plek in het midden, daar waar ooit de stam stond. Vanwege het samensperren van het veen door verrotting en inklinking van de bovenliggende lagen, kwamen de houtresten, die oorspronkelijk op verschillend niveau afgezet kunnen zijn, in eenzelfde laag te liggen. Dit is de reden waarom de wortelstelsels niet drie dimensionaal zijn ingemeten volgens de methode van Lageard, Chambers en Thomas (1995). Daarom is de informatie over de vegetatiestructuur van de Zwolle vindplaats minder gedetailleerd.

Hoewel de strategie die uitgezet was voor het veldwerk en voor het invullen van de registratieformulieren in het veld redelijk goed verliep, moeten er twee kritische kanttekeningen gemaakt worden. Gedurende het verwerken van de gegevens op de registratieformulieren (zie Kooistra, L.I., *et al.*, 2004) werd duidelijk dat de informatie niet uniform was. Dit schiep problemen bij de digitalisering van de gegevens. De boomresten moeten beschouwd worden als archeologische sporen en als zodanig behandeld worden. Ze zouden op schaal getekend moeten worden op millimeter papier met inachtneming van details en de

aanwezigheid van de positie van zijtakken, toppen en/of wortels, de plek waar de houtmonsters voor soortdeterminatie en dendrochronologisch onderzoek zijn genomen, enz. De relevante karakteristieken van elk spoor zouden beschreven moeten worden op een apart formulier. Het ontwerp van dit formulier zal overeen moeten komen met de digitale datastructuur.

De tweede kritische kanttekening heeft betrekking op de bemonstering. In Zwolle-Stadshagen zijn de monsters voor de analyse van zaden en insecten/mijten genomen direct naast de boomstam. Het was echter niet mogelijk om deze gegevens te koppelen aan de palynologische en micromorfologische gegevens die verkregen waren uit de profielmonsters. Om dit probleem aan te pakken werd de bemonstering bij de opgraving van het subfossiele bos in Den Haag-Ypenburg in de winter van 2000/2001 aangepast. Hier zijn niet alleen afzonderlijke monsters genomen naast de boomstammen, maar zijn ook twee vierkante grondkolommen van 1 x 1 m geprepareerd op twee verschillende locaties die de stratigrafische informatie van de vindplaats bevatten. Eerst zijn monsters voor palynologisch en micromorfologisch onderzoek genomen, daarna zijn de kolommen van boven af in lagen van 3 cm bemonsterd voor de analyse op zaden, insecten en mijten. De dikte van 3 cm is gebaseerd op het benodigde monstervolume (3 liter of meer) voor het onderzoek naar zaden en insecten/mijten.

Conclusie

De hier gepresenteerde strategie voor vooronderzoek en opgraving van een paleo-vegetatie in een paleo-landschap is efficiënt en doelmatig gebleken. Een vooronderzoek, bij voorkeur gebaseerd op proefsleuven, is essentieel voor de planning van de opgraving, het aantal opgravingsniveaus en de hoeveelheid menskracht en materiaal. De combinatie van de verschillende protocollen van (1) het verzamelen van geomorfologisch en bodemkundige gegevens, (2) het vastleggen op veldtekeningen van de houtresten, (3) het bemonsteren van organisch materiaal en (4) het bemonsteren voor dendrochronologisch onderzoek verschaft een solide basis voor een integrale analyse van de gegevens. Het beschrijven van de houtresten behoeft aanpassing. De voorgestelde aanpassingen zijn nog niet getest. Het bemonsteren voor zaden- en insecten/mijtenonderzoek moet uitgebreid worden door ook het bemonsteren van grondkolommen die de bodemstratigrafie van de vindplaats vertegenwoordigen. Deze methode is succesvol toegepast bij een tweede opgraving van een begraven bos in Den Haag-Ypenburg. De integrale analyses van de verschillende datasets die verzameld zijn in Zwolle-Stadshagen hebben geleid tot interessante en verrassende conclusies.

Literatuur

Andersen, S.Th., 1970. The relative pollen productivity and pollen representation of north European trees, and correction factors for tree pollen spectra. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Series II*, 96: 1-99.

- Andersen, S.Th., 1973. The differential pollen productivity of trees. In: Birks, H.J.B. & West, R.G. (eds.): *Quaternary Plant Ecology*. Oxford: 109-115.
- Birks, H.J.B., & Gordon, A.D., 1985. *Numerical methods in quaternary pollen analysis*. London.
- Bremt, P. van den, Dirkx, J., During, R., Geel, B. van, Kooistra, L.I., & Tak, G., 1998. Een steekbeeld van het Atlantische bos. *Landschap* 15/4: 245-250.
- Gaillard, M.-J., Birks, H.J.B., Emanuelsson, U., Karlsson, S., Lagerås, P. & Olausson, D., 1994. Application of modern pollen/land-use relationships to the interpretation of pollen diagrams-reconstructions of land-use history in south Sweden 3000-0 BP. *Review of Palaeobotany and Palynology* 82: 47-73.
- Geel, B. van, Buurman, J. & Waterbolk H.T., 1996. Archaeological and paleoecological indications for an abrupt climate change in The Netherlands and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP. *Journal of Quaternary Science* 11: 451-460.
- Geel, B. van, Plicht, J. van der, Kilian, M.R., Klaver, E.R., Kouwenberg, J.H.M., Renssen, H., Reynaud-Farrera, I. & Waterbolk, H.T., 1998. The sharp rise of $\Delta^{14}\text{C}$ ca. 800 cal BC: possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments. *Radiocarbon* 40: 535-550.
- Hicks, S., 2001. The use of annual arboreal pollen deposition values for delimiting tree-lines in the landscape and exploring models of pollen dispersal. *Review of Palaeobotany and Palynology* 117: 1-29.
- Jong, J. de, & Zagwijn, W.H., 1983. De vegetatiegeschiedenis van 's Gravenhage en omgeving. In: Mulder, E.F.J. de, (ed.), De bodem van 's Gravenhage. *Mededelingen Rijks Geologische Dienst* 37-1: 44-62.
- Kooistra, L.I., Rijn, P. van & Smeerdijk, D.G. van, 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en hout onderzoek. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.
- Kooistra, M.J., 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 3. Ontwikkeling van het paleolandschap in zijn hydrologische context. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.
- Kooistra, M.J., Sass-Klaassen, U., Kooistra, L.I. & Rijn, P. van, 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 6. Synthese: een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bos in zijn natuurlijke omgeving. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.
- Lageard, J.G.A., Chambers, F.M. & Thomas, P.A., 1995. Recording and Reconstruction of Wood Macrofossils in Three-Dimensions. *Journal of Archaeological Science* 22: 561-567.
- Leuschner, H.-H., Delorme, A., Tüxen, J. & Höfle, H.-C., 1985. Eichenstammlagen in Mooren und Talauen und die Klimaverschlechterung im Subboreal. *Flora* 177: 283-295.
- Leuschner, H.H., Delorme, A., Tüxen, J. & Höfle, H.-C., 1986. Über Eichenwaldhorizonte in kuestennahen Mooren Ostfrieslands [On oak horizons in mires near the coast of Ostfrieslands]. *Telma* 16: 61-82.
- Leuschner, H.H., Delorme, A. & Höfle, H.-C., 1987. Dendrochronological study of oak trunks found in bogs of northwest Germany. In: Jacoby, G.C. Jr. and Hornbeck, J.W., (eds.): *Proceedings of the International Symposium on Ecological Aspects of Tree-Ring Analysis*. U.S. Department of Energy, Publication CONF-8608144: 298-318.
- Leuschner, H.H., Sass-Klaassen, U., Jansma, E., Baillie, M.G.L. & Spurk, M., 2002. Subfossil European bog oaks: population dynamics and long-term growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate. *The Holocene* 12: 695-706.
- Munaut, A.V., 1967. Etude paléo-écologique d'un gisement tourbeux situé à Terneuzen (Pays-Bas). *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek* 17: 7-27.
- Munaut, A.V., 1986. Dendrochronology applied to mire environments. Berglund, B.E., (ed.): *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Chichester: 371-385.
- Sass-Klaassen, U. & Hanraets, E., 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.
- Spurk, M., Leuschner, H.H., Baillie, M.G.L., Briffa, K.R. & Friedrich, M., 2002. Depositional frequency of German subfossil oaks: climatically and non-climatically induced fluctuations in the Holocene. *The Holocene* 12: 707-715.
- Vera, F.W.M., 2002. *Grazing Ecology and Forest History*. Wallingford.
- Vera, F.W.M., 1997. *Metaforen voor de wildernis. Eik, hazelaar, rund, paard*. 's Gravenhage.
- Zeiler, J.T. & Kooistra, L.I., 1998. Parklandschap of Oerbos? Interpretatie van het prehistorische landschap op basis van dieren- en plantenresten. *Lutra* 40: 65-76.

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

3. Ontwikkeling van het paleolandschap in zijn hydrologische context

Kooistra, M.J.

Samenvatting

Voor de reconstructie van het paleo-landschap waarin zich een boslandschap had ontwikkeld tussen 150 voor Chr. en 600 na Chr. in Zwolle-Stadshagen is gebruik gemaakt van dunne doorsneden grond die microscopisch onderzocht zijn, de zogenaamde micromorfologie. Het boslandschap ontwikkelde zich in een depressie tussen dekzandruggen die gevormd zijn in het Weichselien en horen bij de Twente formatie. Vóór 1500 voor Chr. waren in deze dekzand-depressie goed gedraineerde podzolbodems aanwezig. Het micromorfologisch onderzoek wees uit dat de podzol verdroogde omdat het grondwater steeg. Op de verdroogde podzol verzamelde zich organisch materiaal dat afkomstig bleek van een vegetatie die bestond uit lage kruiden met hier en daar een groepje bomen, waarschijnlijk een soort moeraslandschap. In dit organisch materiaal was voortdurend zand ingevangen, dat afkomstig was van lokale dekzandruggen. Deze verstuiwingen kunnen alleen optreden als er geen vegetatie groeit op de dekzandruggen, wat toegeschreven moet worden aan menselijke activiteiten, waarschijnlijk voor agrarische doeleinden. Deze hebben ongeveer 1500 jaar geduurd. Op dit verzamelde organische materiaal met ingevangen zand is veengroei opgetreden, met daarop een moerasbos. Dit bos ontstond tussen 6 en 102 jaar n. Chr. en kon toegeschreven worden aan de algemene stijging van het gemiddelde zeeniveau in het Holoceen. Het onderste gedeelte van het veen was betrekkelijk zuur en deels vergaan. Het bovenste gedeelte was minder zuur en aanzienlijk meer omgezet door bioturbatie van regenwormen, wat wijst op drogere omstandigheden. Tegelijkertijd zijn dunne laagjes bijna pure klei (< 2 µm) afgezet. Dit wijst op de vorming van een nieuwe actieve waterloop die regelmatig het veen overstroomde waarbij een dun laagje klei werd afgezet en die tussen deze overstromingen het veen draineerde waardoor de top uitdroogde. Deze waterloop kan een zijrivier van de Vecht geweest zijn die voorafging aan de loop van het recente Zwarte Water. In het veenbos zijn geen sporen gevonden van menselijke activiteiten of van vee of wilde dieren. De veengroei en die van het moerasbos eindigde tussen 474 en 538 na Chr. Het veen raakte bedekt met een dikke laag zuivere klei (< 2 µm), een lacustrine afzetting, wat wijst op de lokale aanwezigheid van een zoetwater meer over een langere periode.

Trefwoorden: Paleo-landschap, micromorfologie, 14C dateringen, moerasbos, hydrologie.

Inleiding

Tegenwoordig wordt niet alleen gedetailleerde informatie gevraagd over voormalige landschappen en vegetatiestructuren maar ook over de onderliggende bepalende factoren. Voormalige landschappen en vegetatiestructuren worden gebruikt als referentie voor planologische ontwikkelingen in het niet-bebouwde gebied en kunnen gebruikt worden om veranderingen te analyseren ten gevolge van externe factoren zoals verschuivingen in de hydrologie die het resultaat kunnen zijn van grootschalige klimaatsveranderingen. De discussie over verleden landschappen en vegetaties is gestart door Vera (1997), die, voornamelijk op basis van palynologische data tot de conclusie komt dat de vegetatie op het Noordwest Europese continent gedurende het Atlanticum het karakter had van een open parkachtig landschap en niet bestond uit een gesloten bos. Verschillende biologen, palynologen, botanici en archeozoölogen deelden deze mening niet (o.a. Brent *e.a.* 1998, Zeiler & Kooistra, L.I. 1998), maar argumenten voor en tegen konden niet geverifieerd worden wegens gebrek aan bewijsmateriaal en de afwezigheid van relevante studies. Een korte tijd later werden tijdens een veldonderzoek van een terrein waarop woningbouw gepland was voor de uitbreiding van Zwolle, vele grote resten van bomen gevonden in een veenlaag die afgesloten was door een dikke kleiafzetting. De omvang van het gebied met resten van bomen in de ondergrond was van dien aard dat een begraven boslandschap verwacht kon worden. Een groep specialisten van verschillende disciplines kwam bij elkaar om dit begraven bos op een geïntegreerde manier op te graven, gebruik makend van geologische, micromorfologische, ecologische en dendrochronologische methoden om elkaars resultaten te verfijnen, aan te vullen en te versterken met tot doel een zo compleet mogelijke reconstructie te verkrijgen van het paleo-landschap en -vegetatie waarin dit bos gegroeid heeft. Er werd gebruik gemaakt van de ervaring van Kooistra M.J. & Kooistra, L.I. (2004), die de kracht van micromorfologie en palynologie geanalyseerd hadden en de toegevoegde waarde onderzocht, die verkregen wordt door een juist gebruik van beide disciplines voor de reconstructie van verleden landschappen en vegetatiestructuren.

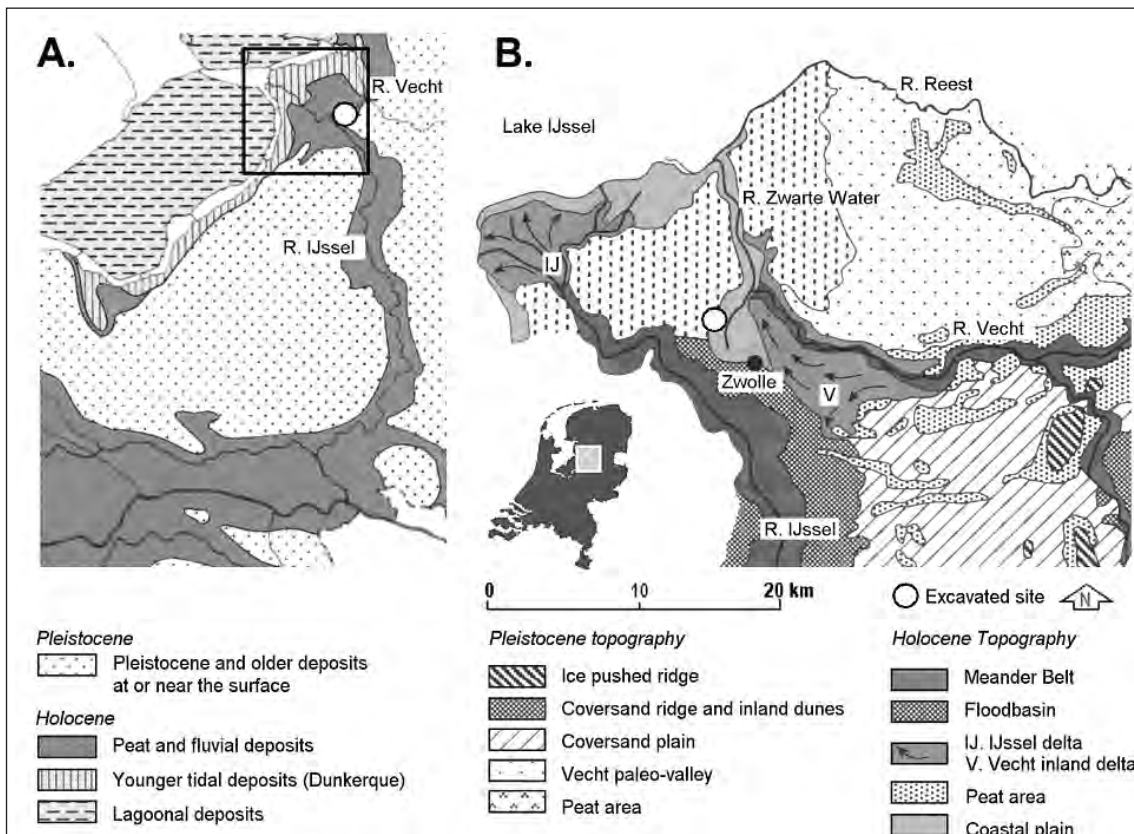
Geologisch en geomorfologisch raamwerk gebaseerd op de literatuur

Het opgegraven boslandschap is gelegen in Stadshagen, een gebied aan de noordwest zijde van de stad Zwolle in de polder Mastenbroek in het noordwesten van de provincie Overijssel (fig 1). De overblijfselen van het bos komen voor ongeveer 600 tot 800 m ten westen van de rivier het Zwarte Water in Holocene veenafzettingen die op 0.4-1.2 m onder het maaiveld liggen op Pleistocene zandgronden. Deze Pleistocene

zanden zijn eolische dekzanden uit het Weichselien en behoren tot de Formatie van Twente. Het Pleistocene oppervlak had een aanzienlijk relief en bestond plaatselijk uit langgestrekte ruggen, mogelijk rivierduinen, afgewisseld door depressies die ter plaatse voorkomen op een systeem van vlechten- de rivierbeddingen, die licht afhellen naar het westen (Kuijjer & Rosing, 1994; Wolfert, 2001).

Met het begin van het warme Holocene klimaat, ongeveer 10.000 jaar geleden, kwam de vegetatie terug, de stuivende zandgronden kwamen tot rust en in de top ervan ontstond een nieuwe bodemontwikkeling. Het milde klimaat resulteerde in een stijging van de zeespiegel en de kustlijn verplaatste zich langzaam landinwaarts. Deze stijging veroorzaakte een hoger grondwaterniveau landinwaarts. Op het moment dat het grondwaterniveau gelijk was aan het bodemoppervlak begon de ontwikkeling van het veen. In dit Basisveen ontwikkelden zich regelmatig laagveen-moerasbossen. Afhankelijk van het relief van het Pleistocene landschap en de positie en de insnijding van de binnenlandse rivieren begon de veengroei op latere tijdstippen. De veengroei begon in de lagere delen in het noordwesten van het onderzochte gebied in het Laat Subboreaalaal, rond 1250 jaar v. Chr. en bleef zich uitbreiden gedurende de gehele Romeinse periode. Aan het begin van de Vroege Middeleeuwen, rond 500 jaar n. Chr., kwam de veenuitbreiding tot stilstand (Zagwijn, 1991). In het onderzochte gebied raakte het veen bedekt door een kleiafzetting. Deze klei kan zowel een fluviaatiele afzetting zijn als een marine afzetting. In dit gebied waren twee rivieren belangrijk, de

IJssel en de Vecht. De IJssel die water afvoert van de Rijn, ontstond aan het begin van de jaartelling. Gedurende de periode van de veengroei werd er weinig sediment afgezet. Vanaf het begin van de Vroege Middeleeuwen begonnen de rivierafzettingen van de IJssel toe te nemen (Lanting & Mook, 1977; Van de Meene, 1979; Willems, 1981; Zagwijn, 1991). Pas na het begin van landaanwinningactiviteiten langs de IJssel rond 1100 vormde zich een echte meandergordel (Kuijjer & Rosing, 1994). De invloed van de Vecht daarentegen verminderte in het Holoceen en ten oosten en zuidoosten van Zwolle kunnen verschillende verlaten rivierbeddingen gevonden worden (Kuijjer & Rosing, 1994; Wolfert, 2001). Vanaf de 14de eeuw nam de invloed van de zee op het IJsselmeer toe, omdat de verbinding met de Noordzee breder werd. Rond 1600 bereikte het zeewater het noordwestelijk gebied boven Zwolle en werden marine kleien afgezet langs het Zwarte Water (Wiggers, 1955; Ente 1971). De verbinding met de zee werd afgesneden door de bouw van de Afsluitdijk in 1932. Daarna zijn er geen mariene sedimenten meer afgezet in dit gebied (Eilander & Heijink, 1990; Kuijjer & Rosing, 1994). In figuur 1 zijn twee kaarten te zien van de locale situatie. Fig. 1A is een deel van een geologische kaart van Nederland, waarin de verspreiding van de Pleistocene en Holocene afzettingen aan of direct onder het oppervlak is weergegeven (Zagwijn, 1991). Fig. 1B laat gedetailleerder de geomorfologie zien van het onderzochte gebied (Wolfert, 2001, naar Ente *et al.*, 1965). Op beide plattegronden is de ligging aangegeven van het opgegraven moerasbos. In figuur 1A is te zien dat het

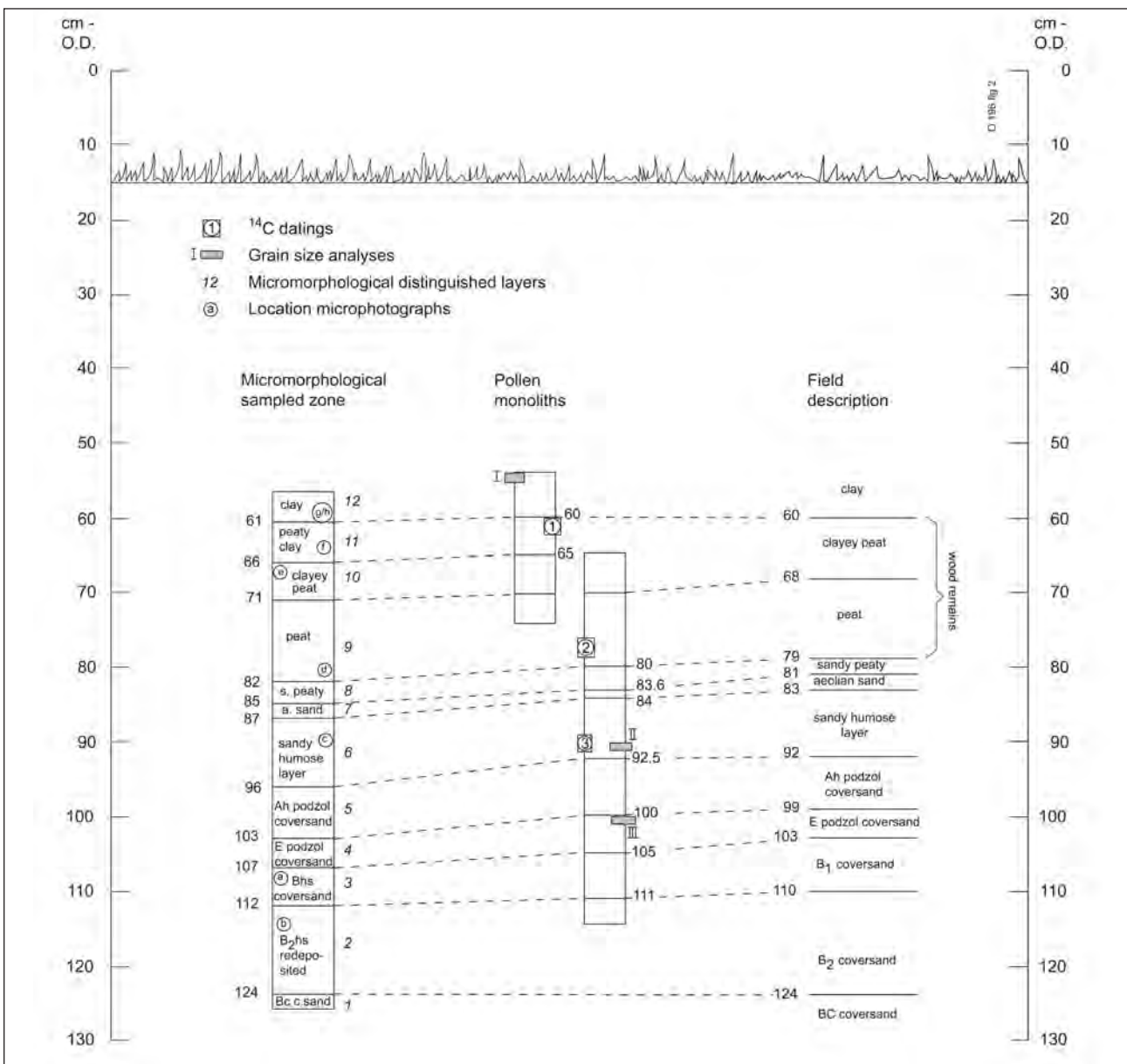


Figuur 1. Overzicht van (A) de geologische verspreiding van het Pleistoceen en Holoceen in het midden van Nederland volgens Zagwijn (1991) en (B) de geomorfologische context van het Noordwestelijke deel van de Provincie Overijssel volgens Wolfert (2001).

opgegraven moerasbos voorkomt in Holocene afzettingen vlakbij de grens met Pleistocene afzettingen. Uit Fig. 1B blijkt dat het moerasbos gelocaliseerd is in veen dat bedekt is door mariene afzettingen. Kuijer & Rosing (1994) echter plaatsen de grens van marine en fluviaatle afzettingen ten noorden van het opgegraven moerasbos waarbij de opgegraven locatie bedekt is met fluviaatle afzettingen.

De bodems die aanwezig zijn in het onderzochte gebied worden beschreven als rivierkleigronden met een kleilaag aan de top. Op 40 tot 80 cm diepte ligt een veenlaag van 15 tot 50 cm dikte bovenop Pleistocene zanden waarin zich een podzol

heeft ontwikkeld. Deze bodems hebben AC profielen met een zwak ontwikkelde A1 horizon en een relatief hoge waterstand (Kuijer & Rosing (1994), ze worden geclassificeerd volgens het Nederlandse bodemclassificatie systeem (Ten Cate *et al.*, 1995) als poldervaaggronden (Rn47wp); volgens de Soil Taxonomy, 2^e editie (Soil Survey Staff, 1999), als Thapto-Histic Fluvaquents en volgens het World Reference Base for Soil Resources (FAO-UNESCO, 1997) als Thaptohistic Fluvisols. Deze bodems zijn gedurende eeuwen permanent gebruikt als weiland.



Figuur 2. Profieltekening van de opgravingswand met de locatie van de micromorfologische monsters, de pollenbakken en die van de veldbeschrijving van het profiel, alle ca. 50 cm naast elkaar. In de locatie van de micromorfologische monsters zijn de microscopisch onderscheiden lagen zoals beschreven in de tekst weergegeven en de locaties van de microfoto's van figuur 5. In de locatie van de pollenbakken zijn de plaatsen waar de monsters voor C14 analyses en korrelgrootte analyses aangegeven.

Materialen en methoden

Opgravingsomstandigheden en bemonstering

Tijdens een voorlopig veldonderzoek is een terrein van 3 ha onderzocht waarvan de kleilaag boven het veenpakket was verwijderd. Twee putten van 15 bij 80 meter zijn in detail bestudeerd. Op basis van de verkregen informatie en de kwaliteit van de houtresten zijn vier nieuwe werkputten gegraven vanaf het oppervlak tot de basis van het begraven moerasbos met een totaal oppervlak van ongeveer 1270 m². In de sleuven lagen de resten van stammen en stronken van bomen in hun oorspronkelijke positie. De onderkant en de bovenkant van het veen en de herkenbare houtresten zijn ingemeten volgens het Nederlandse Rijksdriehoekcoördinatensysteem en de ligging is driedimensionaal ingemeten. De gebruikte veldmethoden en monsterpraktijken zijn beschreven in Kooistra, L.I., *et al.* (2004a).

De profielwanden van de werkputten zijn bestudeerd en hun ontwikkeling en stratigrafie bepaald. De ontwikkeling en opeenvolging van de profielen in de vier opgravingsputten was gelijk en uniform, alleen de dikte van het veenpakket en de NAP-hoogte van de onderkant ervan varieerde licht, over het algemeen slechts enkele cms tot een maximum van 30 cm. Omdat alle profielwanden representatief waren is één locatie geselecteerd voor detail bemonstering (put 5, Westprofiel, zie fig. 1 in: Kooistra, L.I., *et al.* (2004a)). Het geselecteerde bodemprofiel is in detail bestudeerd en monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek zijn tegelijkertijd en naast elkaar verzameld om een optimale integratie van de resultaten mogelijk te maken.

Methoden en analyses

Het geselecteerde bodemprofiel is beschreven volgens de Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999) en de kleuren refereren naar vochtige omstandigheden volgens de Munsell Soil Color Charts (1954). Korrelgrootte analyses zijn uitgevoerd met behulp van laser diffractie met een Coulter LS230 apparaat (Buurman *et al.*, 2001). Volumemonsters voor C14-dateringen zijn verzameld uit pollenbakken. Het Groninger callibratie programma (versie Cal25) is gebruikt voor de callibratie (Van der Plicht, 1993). De bijstelling van de callibratiecurve is gebaseerd op Törnqvist & Bierkens (1994). De micromorfologische monsters overbruggen een diepte van 70 cm, van 57 tot 126 cm -NAP. De monsters zijn voorzichtig uitgesneden in elkaar opeenvolgend blikjes van 15 x 8 x 2,5 cm. De onverstoorde micromorfologische monsters zijn gevriesdroogd, geïmpregneerd met een kleurloze onverzadigde polyester en verhard door gammastraling. De dunne coupes grond van 8 x 15 cm met een dikte van 25 µm zijn gemaakt van de onverstoorde kern van de verharde blokken en gefixeerd tussen glasplaten (Jongerijs & Heintzberger, 1975; Bisdom & Schoonderbeek, 1983). Deze dunne doorsneden grond, de zogenaamde slijpplaten, zijn geanalyseerd met een polarisatie microscoop met een vergrotingen tot 200x. Overzichten van de gevolgde procedures voor de reconstructie van de plaatsgevonden processen en de daaruit volgende analyse van de genese van het landschap, de bodems en de impact

van menselijke invloed zijn gegeven in Kooistra (1990, 1991).

Resultaten

Profielbeschrijving, korrelgrootte analyses en C14 dateringen

De profielbeschrijving van de locatie waar de monsters voor het micromorfologisch en palynologisch onderzoek zijn genomen, staat hieronder. In figuur 2 is een overzicht gegeven van het profiel met de verschillende bemonsterings locaties.

Profielbeschrijving

Coördinaten: x=200.256; y= 506.212; Rn47Cwp; Put no. 5, West profiel.

Maaiveld 16 cm -NAP; Diepten gegeven in cm -NAP.

Landgebruik: weide, grasland.

16- 60 cm ACg Grijs (10 YR 6/1), met geelbruine (10 YR 5/6) vlekken, klei (>45 % < 2 µm); sterk ontwikkelde, licht afgeronde grote prisma's (Ø ca. 20 cm), onderverdeeld in zwak ontwikkelde, scherphoekige, blokkige structuurelementen (Ø ca. 5 cm); meeste graswortels tussen grote prisma's. Scherpe, gelijkmatige grens.

60- 68 cm 2AC Zeer donkergrijs bruine (10 YR 3/2) klei, met vergane veenresten; klei gehalte neemt met de diepte af. Duidelijke, gelijkmatige grens.

68- 79 cm 3AC Zeer donker grijs (10 YR 3/1) veen, grotendeels vergaan, enkele kleine herkenbare takjes en stengels, algemeen voorkomende boomwortels. Scherpe, licht onregelmatige grens.

79- 81 cm 4AC Zeer donker grijze (10 YR 3/1) zandige humeuze laag, deels vergane humus, met toenemende diepte neemt het zandgehalte sterk af. Naar boven toe wordt de humus veenachtiger. Scherpe, licht onregelmatige grens.

81- 83 cm 4C Licht grijze (10 YR 7/2) eolische zandlaag. Scherpe, licht onregelmatige grens.

83- 92 cm 5AC Donker gelig bruin (10 YR 3/4), zandig humeus materiaal. Duidelijke, gelijkmatige grens.

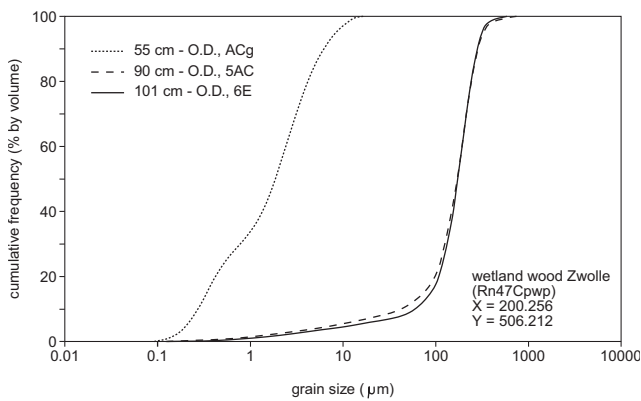
92- 99 cm 6A Donker bruin (10 YR 4/3) dekzand. Duidelijke, licht golvende grens.

99-103 cm 6E Grijzig bruin (10 YR 5/2) dekzand. Duidelijke, licht golvende grens.

103-110 cm 6B1 Donker gelig bruin (10 YR 3/4) dekzand, met iets organisch materiaal en enkele grotere verticale wortels. Compacte laag. Zwakke, licht golvende grens.

110-124 cm 6B2 Donker gelig bruin (10 YR 4/4) dekzand met dunne donker bruine (7.5 YR 3/2) organische lagen. Zwakke, licht golvende grens.

> 124 cm 6BC Bruinig geel (10 YR 6/6) dekzand.

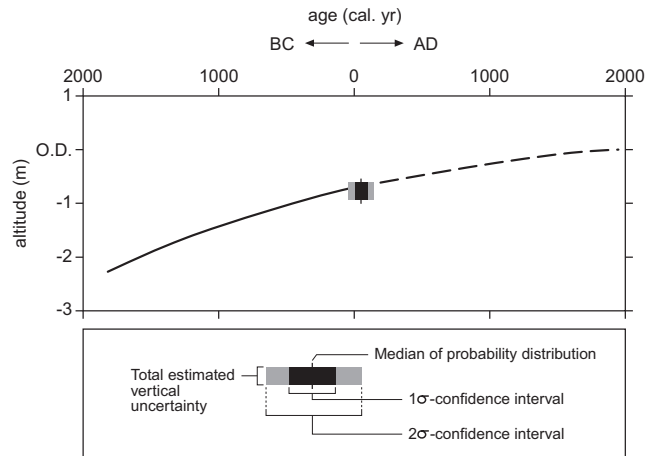


Figuur 3. Korrelgrootte analyses van de klei die op het veen ligt (ACg), de zandige humeuze laag (5AC) en de E horizont van de podzol in het onderliggende dekzand (6E).

Drie korrelgrootte analyses zijn uitgevoerd met behulp van laser diffractie. Ze komen uit de volgende lagen: I. ACg, onderkant van de kleilaag 55 cm – NAP; II 5AC, zandig humeus materiaal, 90 cm – NAP en III. 6B1, dekzand, 101 cm – NAP (figuur 3). De samenstelling van het dekzand en het zand in de zandige kleilaag 5 AC zijn vrijwel identiek, wat erop wijst dat het zand in het zandige humeuze materiaal erin gewaaid is vanaf de dekzandruggen. De kleilaag bovenop het veen is een zeer zware klei met nauwelijks enig fijn silt, geen grof silt en geen zand fractie. Omdat de laser diffractie methode in vergelijking met de pipet methode de kleifractie < 2 µm (Buurman *et al.* 1997; Konert & Vandenberghe, 1997) onderwaardeert, zal waarschijnlijk het hele monster < 4 µm zijn (pers. meded. Buurman).

Drie volumemonsters voor C14 dateringen zijn verzameld uit de pollenbakken van de volgende lagen: 1. 2AC, bovenkant van het veen; 2. 3AC, de onderkant van het veen en 3. 5AC, de onderkant van de zandige humeuze laag. De diepten en resultaten staan in tabel 1.

Op basis van de getoonde data kunnen de volgende opeenvolgende gebeurtenissen onderscheiden worden: in een dekzand-depressie ontwikkelde zich een podzol. Het grondwatervniveau begon te stijgen en aan het oppervlak accumuleerde een zandige organisch rijke laag. De vorming van deze laatste laag was, gebaseerd op de datering van het alkalisch residue, gevormd tussen 1630-1510 v.Chr. (1s cal. age). In dit moeder materiaal



Figuur 4. C14 datering van de onderkant van het basisveen waarin het moerasbos gegroeid is in Zwolle geplott in de gemiddelde zeespiegel curve van Van der Plassche (1982).

heeft bodemvorming plaatsgevonden waarbij humuszuren accumuleerden. De accumulatie van humuszuren is gedateerd tussen 1442-1370 v.Chr. (1s cal. age). De vorming van veen bovenop dit zandige humeuze materiaal begon toen de grondwaterspiegel het oppervlakte bereikte en eindigde toen het veen overdekt werd met klei afzettingen. Veengroei startte tussen 6-102 na Chr. (1s cal. age) en eindigde tussen 474-538 na Chr. (1s cal. age). Gedurende deze periode was er een moerasbos. Om vast te kunnen stellen of de stijging van het grondwatervniveau een gevolg was van de stijging van het regionale of van het lokale watervniveau is de diepte van de C14- datering van de onderkant van het veen uitgezet op de gemiddelde zeeniveaucurve van Van de Plassche (1982). Het resultaat staat in figuur 4. Een gedetailleerde uitleg over de achtergrond en opstelling van deze figuur kan men vinden bij Makaske *et al.*, 2003. De datering van de onderkant van het veen sloot goed aan bij die curve, na verlenging ervan tot het begin van onze jaartelling. Omdat de C14- monsters nauwkeurig verzameld zijn uit een gave profielwand die exact was ingemeten en omdat het geanalyseerde materiaal behoorde tot een moerasbos dat aan het oppervlakte groeide is de potentiële kans op fouten laag. Daarom kan de veengroei in Zwolle Stadshagen toegeschreven worden aan een regionale stijging van het grondwater niveau die het gevolg is van een algemene evolutie van het gemiddelde zeeniveau in het Holoceen.

Sample name	Laboratory no.	Depth (cm below Dutch O.D.)	Material	C ¹⁴ -age (BP)	Median cal. age ¹ (BC/AD)	1s cal. age range ¹ (BC/AD)	2s cal. age range ¹ (BC/AD)
Zwolle I	GrN-27024	60.5-62.5	peat (bulk)	1540 30	503 AD	474-538 AD	442-566 AD
Zwolle II	GrN-27025	76.5-79.0	peat (bulk)	1950 40	51 AD	6-102 AD	42 BC-146 AD
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (alkali residue)	3280 45	1571 BC	1630-1510 BC	1670-1450 BC
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (humous acid)	3145 30	1406 BC	1442-1370 BC	1478-1334 BC

¹ The Groningen calibration program (version CAL25) was used (Van der Plicht, 1993). The degree of smoothing of the calibration curve was based on Törnqvist & Bierkens (1994): s = 200 was applied.

Tabel 1. C14 dateringen van de bestudeerde sectie.

Micromorfologie

Twaalf lagen met hun overgangen kunnen onderscheiden worden in de dunne doorsneden grond van het onderzochte profiel. Ze staan hieronder beschreven beginnend met de onderste laag. Op deze manier kan de ontstaansgeschiedenis en mogelijke menselijke invloed chronologisch onderzocht worden van oud naar jong. De weergave van de data bestaat uit twee delen: 1. Analyses van het moedermateriaal en relevante verschijnselen en 2. Interpretatie van deze data die inzicht geven in de processen die plaatsvonden, hun opeenvolging en interacties. De resultaten van het eerste deel staan in annex 1. In figuur 5 is een selectie gegeven van microfotografen van verschijnselen die bepalend zijn bij de reconstructie van de landschapsgeschiedenis.

Interpretatie van de micromorfologische analyses
Twaalf lagen konden onderscheiden worden in het onderzochte 70 cm diepe profiel waarvan de volgende interpretatie is gemaakt.

Laag 1 (124-126 cm – NAP) is een BC horizon van een hoofde podzol ontwikkeld in eolisch dekzand.

Laag 2 (112-124 cm – NAP) is een sedimentaire laag van door wind en water herverplaatst dekzand met dunne laagjes van door water afgezet organisch materiaal, die in het veld lijken op een Bh horizon van een podzol met dunne bandjes organisch materiaal (zie figuur 5b).

Laag 3, 4, 5 (96-112 cm – NAP) vormen een eolische dekzand afzetting.

In laag 2, 3, 4, 5 (96-124 cm – NAP) heeft zich een podzol ontwikkeld met een humeuze minerale bovengrond (Ah, laag 5: 96-103 cm – NAP); een uitgeloopte eluviale laag (E, laag 4: 103-107 cm – NAP) en laag waarin organisch materiaal in combinatie met ijzer en aluminium is neergeslagen in de vorm van amorfe huidjes rond zandkorrels (B1hs, laag 3: 107-112 cm – NAP, figuur 5a; B2hs, laag 2: 12-124 cm – NAP). Dit type huidjes wordt gevormd in goed doorlatende podzolbodems op arm moedermateriaal. Als de bandjes van organisch materiaal in laag 2 bestaan zouden hebben uit ingespoeld organisch materiaal zou de podzol een natte, hydromorfe podzol geweest zijn. In deze goed doorlatende podzol begon het grondwatervniveau te stijgen. Onder een fluctuerend, maar gestaag stijgend grondwatervniveau werd piriët gevormd in en bij organisch materiaal in de podzol en in de door water afgezette organische bandjes in laag 2. In de podzol Ah horizont komt naast moder humus (grotendeels bestaand uit uitwerpselen van mesofauna) ook moder humus voor als resultaat van armere (nattere) omstandigheden tijdens hun afbraak. De enkele mosachtige weefsels en schimmels kunnen wijzen op een verandering naar een natte heideachtige vegetatie.

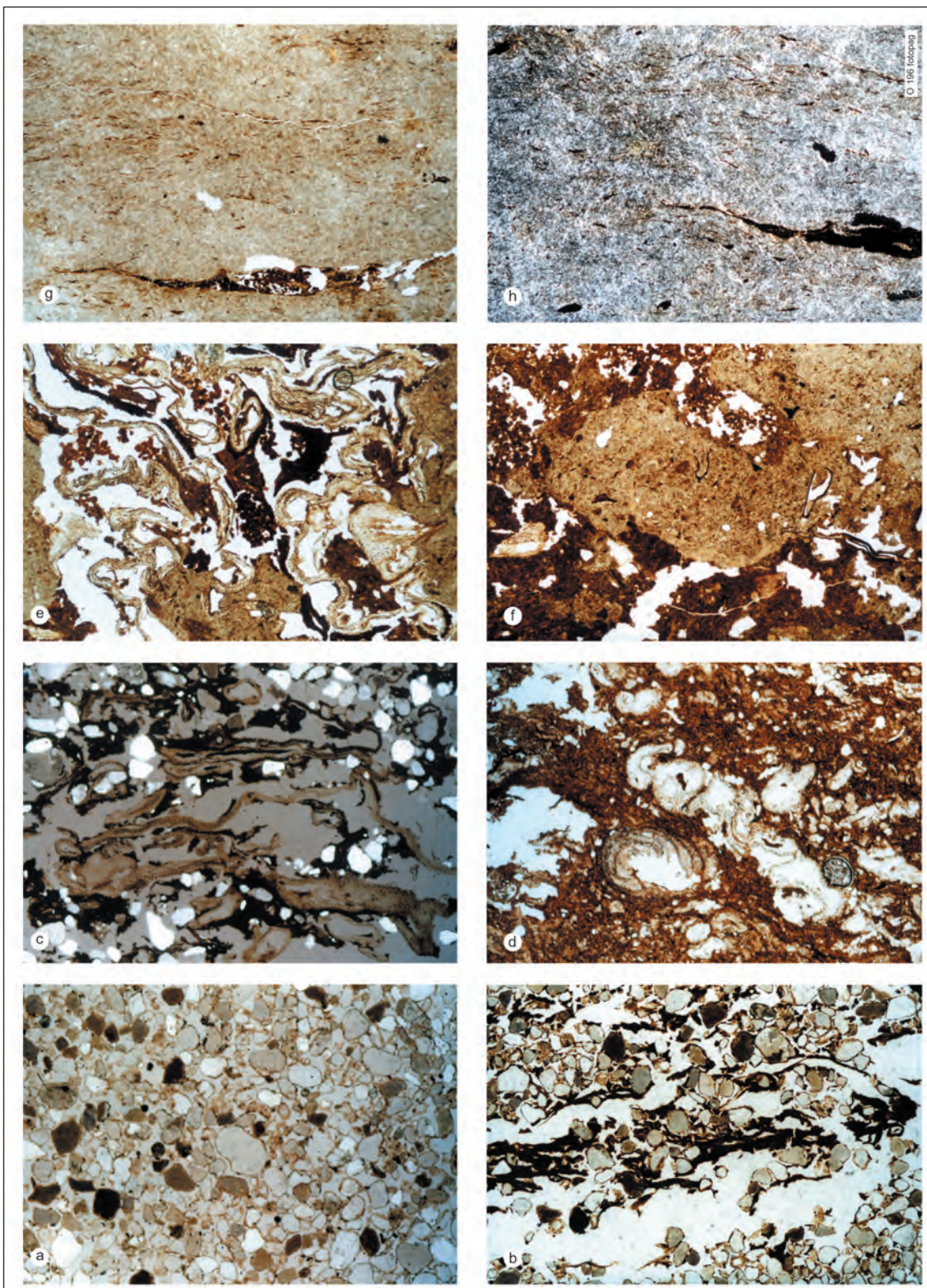
Laag 6, 7, 8 (82-96 cm – NAP) zijn zandige humeuze lagen die het resultaat zijn van toenemende natte omstandigheden die resulteren in een accumulatie van meer of minder vergaan organisch materiaal. In laag 6 zijn enkele gipsrosetten aanwezig, die duiden op lokale mesotrofe, niet-zure, omstandigheden. Dit wordt ondersteund door de aanwezigheid van moder humus die karakteristiek is voor een licht zure pH. Naar boven toe (laag 8) wordt het organisch materiaal meer venig. Opmerkelijk is de voortdurende aanwezigheid van verstoven dekzand (figuur 5c) van lokale herkomst in laag 6 en 8 en een laag puur zand van ongeveer 2 cm dikte die er in één keer ingestoven is (laag 7). Het organisch materiaal is horizontaal samengeperst door het gewicht van de erboven gelegen lagen.

Laag 9 (71-82 cm – NAP) is in gedeeltelijk omgezette veenlaag met overblijfselen van varens van het *Dryopteris*-type. (figuur 5d) Dit veen is gevormd toen het grondwater het oppervlakte bereikte. Dit veen was begroeid met bomen, gezien het algemeen voorkomen van boomwortels. Het veen is voornamelijk omgezet door bacteriën en de invloed van de mesofauna was beperkt. Dit houdt in dat de pH van het veen hier lager was (zuurder). Ook hier is organisch materiaal horizontaal samengeperst door het gewicht van de erboven liggende materialen.

Laag 10 (66-71 cm – NAP) is ook een moerasbosveen, maar één die periodiek overstroomde waarbij steeds hele fijne klei (< 2 µm) is afgezet. Tussen deze overstromingen waren er drogere perioden wat te zien is aan de vele sporen van regenwormen en mesofauna, in het bijzonder enchytreën (figuur 5e). Regenwormen komen alleen voor als de pH licht zuur of neutraal is. In de bovenkant van de onderste veenlaag kwamen ook enkele wormgangen voor, wat wijst op een fluctuerende grondwaterspiegel met perioden van drainage. Het venige materiaal was samengeperst.

Laag 11 (61-66 cm – NAP) is een gedeeltelijk gebioturbeerde humeuze klei van hetzelfde type als in laag 10 waarin ook bomen hebben gegroeid. Lange periodes met zuivere kleiafzettingen van overstromingen wisselden elkaar af met drogere perioden waarin organisch materiaal accumuleerde en de wormen klei en organisch materiaal mengden door vertering (figuur 5f). Omdat het moedermateriaal minder organisch materiaal bevatte verteerde de mesofauna opnieuw ongeveer de helft van het herkenbare organisch materiaal in de wormuitwerpselen. Aan de basis van deze laag is wat, naar alle waarschijnlijkheid lokaal, organisch materiaal afgezet.

Laag 12 (57-61 cm – NAP) bestaat uit bijna 100% zuivere klei en is een horizontaal gelaagde waterafzetting (figuur 5g/h). Omdat gelijktijdig afgezet sedimentair organisch materiaal na enkele cms diepte bijna geheel afwezig is en de invloed van de fauna volledig stopt moet het moerasbos op het veen over een lange tijd onder water hebben gestaan.



Figuur 5. Microfoto's van de belangrijkste verschijnselen bij de reconstructie van de landschapontwikkelingen. De locatie van deze verschijnselen is aangegeven in figuur 2, eerste kolom. Vergrotingen x 25; a. B1hs, amorphe humus-ijzer huidjes om deksandkorrels; b. geogenetische accumulatie van organisch materiaal in de B2hs; c. zandige humeuze laag met samengedrukte opperhuidweefsels van planten; d. veen met resten van *Dryopteris*-varens; e. omzetting van veen door Enchytraeën; f. omzetting van veen door regenwormen; g. basis kleiafzetting, kleipakket < 2 µm ø, met enkele stukjes synsedimentair afgezet organisch materiaal, doornvallend licht; h. basis kleiafzetting, kleipakket < 2 µm ø, met enkele stukjes synsedimentair afgezet organisch materiaal, gekruiste nicols.

Annex 1. Micromorfologische analyses van het bemonsterde profiel

Laag 1. 124-126 cm – NAP.

Moedermateriaal: Los gepakt dekzand

Verschijselen:

- Algemeen voorkomende fossiele wortelgangen, die lokaal nog enkele resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten. De wortelgangen zijn los opgevuld met dekzandkorrels en de wortelresten zijn voornamelijk chemisch/bacteriologisch omgezet.
- Algemeen komen accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes voor in en bij de resten van de plantenwortels.
- Dunne, continue humus-ijzer huidjes tot 5 µm dikte om dekzand korrels.

Laag 2. 112 – 124 cm – NAP.

Moedermateriaal: Gelaagd, zwak gesorteerd, door wind en water herafgezet dekzand, met dunne organische lagen, 2 – 3 mm dik, bestaande uit horizontaal geïntendeerd niet-houtige organische resten (Fig. 5b).

Verschijselen:

- Algemeen voorkomende fossiele wortelgangen, die lokaal nog enkele resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten. De wortelgangen zijn los opgevuld met dekzandkorrels en de wortelresten zijn voornamelijk door vraat van bodemfauna omgezet.
- Algemeen komen accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes voor in en bij de resten van de plantenwortels.
- Dunne, continue humus-ijzer huidjes tot 30 µm dikte om dekzand korrels.
- Dekzand korrels in losse opvullingen van wortelgangen hebben meestal geen humus-ijzer huidjes.

Laag 3. 107 – 112 cm – NAP.

Moedermateriaal: Los gepakt dekzand

Verschijselen:

- Algemeen voorkomende fossiele wortelgangen, die regelmatig resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten, waaronder boomwortels. De wortelgangen zijn los opgevuld met dekzandkorrels en de wortelresten zijn voornamelijk door vraat van bodemfauna omgezet.
- Algemeen komen accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes voor in en bij de resten van wortels.
- Dunne, continue humus-ijzer huidjes tot 40 µm dikte om dekzand korrels (Fig. 5a); lokaal vullen ze de gehele pakkingsholte tussen de zandkorrels.

Laag 4. 103 – 107 cm – NAP.

Moedermateriaal: Los gepakt dekzand

Verschijselen:

- Dezelfde als in laag 3, behalve voor de humus-ijzerhuidjes, die slechts lokaal als hele dunne, discontinue huidjes voorkomen.

Laag 5. 96 – 103 cm – NAP.

Moedermateriaal: Los gepakt dekzand

Verschijselen:

- Algemeen voorkomende fossiele wortelgangen, die regelmatig resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten, waaronder boomwortels. De wortelgangen zijn los opgevuld met dekzandkorrels en de wortelresten zijn voornamelijk door vraat van bodemfauna omgezet. Enkele meer of minder intacte organische resten van mossen en schimmels. Lokaal enkele accumulaties van vormloos, zwart, organisch materiaal. Organisch materiaal ca. 30 vol. %.
- Algemeen komen accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes voor in en bij de resten van wortels en vormloze organische materiaal.

Laag 6. 87 – 96 cm – NAP.

Moedermateriaal: Geaccumuleerd humeus/venig bodem materiaal met at random ingeblazen dekzand (Fig. 5c).

Verhouding humeus/venig materiaal en ingeblazen zand ca. 50 : 50 % v/v.

Verschijselen:

- Het humeuze/venige bodemmateriaal is sterk omgezet door bodem (meso)fauna en chemische/bacteriologische processen. Algemeen voorkomende fossiele wortelgangen, die regelmatig resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten, waaronder boomwortels. Enkele meer of minder intacte organische resten van mossen, knoppen en schimmels.
- Algemeen komen accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes voor in en bij het humeuze/venige organische materiaal.
- Lokaal komen enkele gipsrozetten voor bij en in het humeuze/venige organische materiaal; Ø rozetten ca. 190 µm.

Laag 7. 85 – 87 cm – NAP.

Moedermateriaal: Zuiver ingeblazen eolisch dekzand.

Verschijselen:

- Enkele met los dekzand opgevulde fossiele wortelgangen, die regelmatig resten van gedeeltelijk omgezette wortels bevatten. De paar wortelresten zijn voornamelijk door vraat van bodemfauna omgezet.
- Enkele accumulaties van zwarte framboïdale piriëtblotjes in en bij de organische resten.

Laag 8. 82 – 85 cm – NAP.

Moedermateriaal: Venig bodemmateriaal met at random ingeblazen eolisch zand. Het zand neemt naar boven toe af en het venige materiaal neemt naar boven toe van 40 tot 70 % v/v en heeft een horizontale gelaagdheid.

Verschijselen:

- Het venige bodemmateriaal bestaat voornamelijk uit amorf organisch materiaal met herkenbare opperhuidweefsels van wortels en stengels. Het binnenste deel hiervan ontbreekt vaak en de resten zijn horizontaal geplet door druk van bovenligende lagen. Hierdoor wordt een horizontale gelaagdheid versterkt. Sommige lagen bevatten meer mosachtig materiaal. Omzetting van organisch materiaal voornamelijk door de mesofauna. Er komen enkele schimmeldraden en verzwarving van organisch materiaal door schimmels voor.
- Enkele grote herkenbare resten van boomwortels, waaronder één van een eik.
- Algemeen voorkomen van schimmelsporen.

- Enkele kleine accumulaties van zwarte framboïdale piriet-bolletjes in en bij de organische resten.

Laag 9. 71 – 82 cm – NAP.

Moedermateriaal: 100 % donkerbruin organisch materiaal, veen (Fig. 5d).

Verschijselen:

- Het veen bestaat uit ca. 60 % onherkenbaar organisch materiaal waarin horizontale lagen met opperhuidresten van *Dryopteris*-varens voorkomen (gedet. Door D. Van Smeerdijk en P. Cleveringa) en mossig materiaal. Het meeste onherkenbare organische materiaal is zo geworden door chemische/bacteriologische omzettingen.
- Algemeen voorkomende herkenbare resten van boomwortels, voornamelijk in de zone van 74 – 79 cm – NAP. Meeste diameters < 1,5 cm.
- Algemeen voorkomende kleine onregelmatige vraatholten in het veen en wortelresten met lokaal accumulaties van excrementen van mesofauna, voornamelijk enchytraeën.
- In de top enkele wormgangen, Ø ca. 4 mm, opgevuld met organo-mineraal materiaal, waarbij de laatste bestaat uit klei < 2 µm.

Laag 10. 66 – 71 cm – NAP.

Moedermateriaal: Donkerbruin organisch materiaal, veen, met ca. 20 % pure kalkloze klei, < 2 µm met een enkele fijne siltkorrel tot 4 µm.

Verschijselen:

- Dezelfde samenstelling van het veen als in laag 9.
- Enkele herkenbare resten van boomwortels.
- Algemeen voorkomende wormgangen, Ø ca. 4 mm, opgevuld met organo-mineraal materiaal, waarbij de laatste bestaat uit klei < 2 µm. Ongeveer 50 % van deze laag is door wormen gebioturbeerd.
- Algemeen voorkomende kleine onregelmatige vraatholten in het veen en wortelresten met lokaal accumulaties van excrementen van mesofauna, voornamelijk enchytraeën (Fig. 5 e) en mogelijk enkele van mijten. Veen oppervlak dat beïnvloed is door deze mesofauna is ca. 20 %.

Laag 11. 61 – 66 cm – NAP.

Moedermateriaal: humeuze, zuiver kalkloze klei, < 2 µm met een enkele fijne siltkorrel tot 4 µm. Zwakke horizontale laminatie geaccentueerd door verschillen in humusgehalte. Kleigehalte tussen 75 – 90 % v/v. Enkele langgerekte organische weefsels, horizontaal geïntendeerd en ingebed in kleilagen.

Verschijselen:

- Algemeen voorkomende wormgangen, Ø ca. 4 mm, opgevuld met organo-mineraal materiaal, waarbij de laatste bestaat uit klei < 2 µm. Ongeveer 40 % van deze laag is door wormen gebioturbeerd.
- Algemeen voorkomende kleine onregelmatige vraatholten in het organische materiaal in de opgevulde wormgangen, met lokaal accumulaties van excrementen van mesofauna, voornamelijk enchytraeën (Fig. 5e) en mogelijk enkele van mijten. Ongeveer 40 % van de opgevulde wormgangen zijn aangetast.

Laag 12. 57 – 61 cm – NAP.

Moedermateriaal: 100 % zuiver kalkloze klei, < 2 µm met een enkele fijne siltkorrel tot 4 µm en een zwakke horizontale laminatie. In de onderste cms een incidenteel, klein, langgerekte organische weefselrest, horizontaal geïntendeerd en ingebed in kleilagen (Fig. 5 g/h).

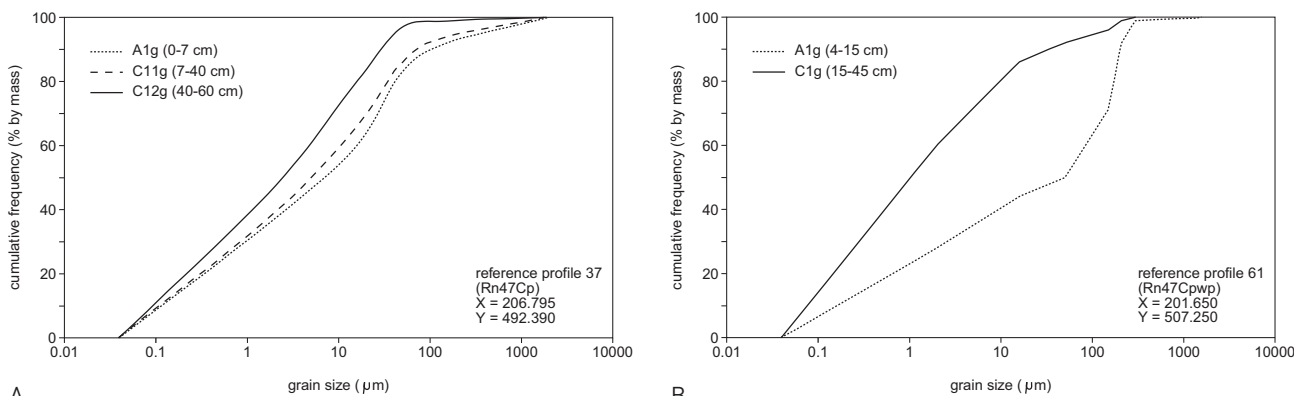
Verschijselen:

- In de onderste cms een incidentele wormgang, Ø ca. 4 mm, opgevuld met organo-mineraal materiaal, waarbij de laatste bestaat uit klei < 2 µm. Organisch materiaal in de wormexcrementen is aangetast door vraat van mesofauna.

Discussie

Met betrekking tot de resultaten uit de literatuur, de korrelgrootte analyses, C14-dateringen en het morfologisch onderzoek moeten de volgende onderwerpen benadrukt worden. Ze worden chronologisch gepresenteerd.

1. Allereerst toonde de micromorfologische analyse van de dunne organische lagen van de podzol, aanwezig in het dekzand tussen ongeveer 110-124 – NAP dat ze bestonden uit opnieuw afgezette organische resten, die deel uitmaakten van de geogenese van het moedermateriaal. Ze waren niet het resultaat van illuviatie, dat het geval zou geweest zijn wanneer de podzol ontwikkeld was onder hydromorfe omstandigheden. De podzol in het dekzand bevatte echter goed ontwikkelde humus-ijzer huidjes die ontstaan in goed doorlatende gronden.
2. Daarna veranderden de lokale omstandigheden aanzienlijk. De goede doorlatendheid van de bodem verdween door stijging van het grondwater tot een grondwaterniveau tot vlak onder het oppervlak. Organisch materiaal accumuleerde aan het oppervlak en de afbraak ervan veranderde van mesotrofie omzettingen naar die van zuurdere omstandigheden. C14-dateringen van monsters die verzameld zijn in het onderste gedeelte van deze laag lieten zien dat deze omstandigheden begonnen voor 1630-1510 v. Chr. (1s cal. age). Dit bodemmateriaal had nog altijd een verticale doorlaatbaarheid tussen 1442-1370 v Chr (1s cal. age) zoals blijkt uit de datering van de ingespoelde humuszuren.
3. In het zich ophopende organisch materiaal op de podzol vond een voortdurende zandinstuiving plaats. Het *at random* ingestoven zand kan alleen maar ingevangen zijn in een min of meer gesloten lage kruidenvegetatie met weinig bomen. Bomen vangen meer wind in de overheersende windrichting wat zou geresulteerd hebben in ongelijkmatige zandverdelingen in dezelfde laag. Op basis van de te determineren resten van organisch materiaal is een natte heide tot moerasvegetatie mogelijk.
4. Het ingestoven zand had dezelfde korrelgrootte verdeling als de omringende dekzandruggen. De voortdurende aanvoer van stuifzand wijst erop dat de vegetatie op de omringende dekzandruggen gedurende langere tijd niet of nauwelijks aanwezig was, in een tijd waarin de depressie steeds natter werd. Aangezien nattere omstandigheden over het algemeen niet leiden tot een langdurige afwezigheid van vegetatie, lijkt het erop dat de menselijke activiteiten op omringende dek-



A **B**
 Figuur 6. Korrelgrootte analyses referentieprofielen van dezelfde bodemeenheid in hetzelfde gebied van de bodemkaart van Nederland 1:50.000. a. 14 km ten zuiden van het opgegraven bos in de meander-gordel van de IJssel; b. 2 km Noordoost van het opgegraven moerasbos bij het Zwarte Water.

zandruggen de oorzaak zijn van de afwezigheid van vegetatie. Gebruik als akkerland is de meest waarschijnlijke activiteit omdat hierbij de grond vrijgehouden wordt van vegetatie.

5. Het zand werd al ingevangen ruim voor 1630-1510 v. Chr (1s cal. age) en ging door tot het begin van de eigenlijke veengroei, die begon rond 6-102 n. Chr. (1s cal. age). De agrarische activiteiten hebben daarom in ieder geval 1500 jaar, maar waarschijnlijk zelfs 2000 jaar, lang plaatsgevonden.

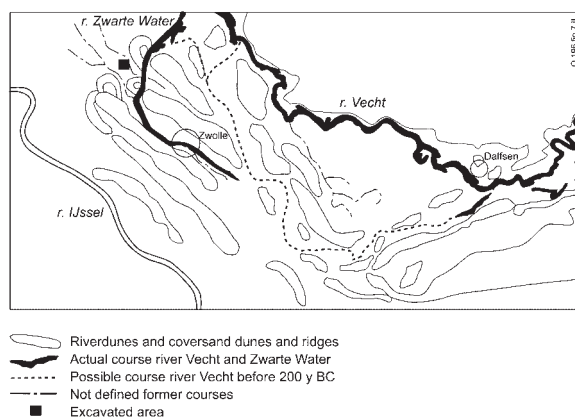
6. De onderste helft van het veen is een typisch laaglandveen dat gevormd werd nadat het grondwater het maaiveld bereikte. Op dit veen groeiden bomen omdat boomwortels er algemeen in voorkomen. Sommige wortels waren wortels van eiken, hetgeen voor de hand ligt omdat de monsters naast een eikenstronk genomen zijn. De aanwezigheid van varen resten van het *Dryopteris*-type komen over het algemeen tegelijkertijd voor met *Alnus*-bomen (elzen) in dit soort afzettingen omdat ze nogal resistent zijn en slecht omzetten onder deze condities (mondelinge mededeling P. Cleveringa).

7. In de bovenste helft van het veen veranderen de hydrologische omstandigheden. Er zijn dunne laagjes pure klei in afgezet, wat wijst op periodieke overstromingen. De klei bestaat uit bijna 100 %, kalkloze, klei < 2µm, met een enkele fijne siltkorrel tot 4 µm ø. Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting van Buurman gezien de gebruikte methode. De aanwezige klei kan geen marineklei zijn omdat deze klei afgezet wordt in slibvlokken die een substantiële slibfractie hebben met een constante verhouding klei/fijn silt < 2 µm / < 16 µm (Zuur, 1954; Wiggers, 1955). Daarom moet deze kleiafzetting wel een zoetwaterafzetting zijn. Dit is in overeenstemming met de resultaten van Kuijer & Rosing (1994), die de grens marine en fluviatiele afzettingen ten noorden van het opgegraven moerasbos plaatsen. De grens tussen marine en fluviatiele afzettingen zoals in figuur 2a is daarom niet correct. Bovendien vonden de marine afzettingen plaats vanaf de 14e eeuw en de hier aanwezige kleiafzettingen begonnen veel eerder, ongeveer halverwege de veengroei tussen 200 en 400 na Chr.

8. In dezelfde periode als de overstromingen waarin klei is afgezet kwamen duidelijk drogere periodes voor waarin de drainage van de grond zodanig verbeterde dat regenwormen actief werden in deze veenlaag. Ze drongen ook door in de top

van de onderliggende veenlaag, wat erop wijst dat er ook in deze laag tijdelijk drogere condities overheersten. In de top van de bovenste laag van het veen neemt de hoeveelheid klei toe alsook de bioturbatie door wormen. Het grovere organisch materiaal dat aanwezig is in de wormuitwerpselen wordt deels geconsumeerd door mesofauna, voornamelijk Enchytraeën. Het samen voorkomen van zowel overstromingen als drogere perioden wijst in de richting van een nieuwe, actieve zoetwater beek/rivier, die periodiek het moerasbos-veen overstroomde. Met de tijd nemen de overstromingen toe.

9. De veengroei liep ten einde rond 474 en 538 na Chr. (1s cal. age), toen het veen overdekt werd met klei. Micromorfologische analyse laat zien dat in dit kleidek enkele cm boven het begin geen gelijktijdig afgezet sedimentair organisch materiaal meer voorkomt en dat dierlijke invloed afwezig is. Deze afzetting bestaat voor bijna 100% uit pure overstoorde dunne laagjes klei < 2 µm. Het moerasbos moet overstroomd zijn voor een lange periode en omdat er na de eerste cms geen organische resten van bijvoorbeeld blad, takjes, gras, meer voorkomen, moet het moerasbos verdrongen zijn. Tegelijkertijd stopte de veengroei in een groter gebied. Ente (1986) legde vast dat ongeveer 12 km ten NW van Stadshagen de veengroei stopte tussen 520 ± 50 jaar na Chr (GrN 7492) toen het veen overdekt werd met een kleiafzetting.



Figuur 7. Voormalige en huidige rivierlopen in de binnendelta van de Vecht (iets uitgebreid naar Kuijer & Rosing, 1994).

10. Omdat de klei noch fijn silt, noch grof silt, noch een zandfractie bevat, kan het geen gewone rivierafzetting geweest zijn. In rivierafzettingen, ook al bestaan zij uit zware klei, komt over het algemeen altijd nog een zeker percentage aan silt- en zandkorrels voor. Rivierafzettingen van de IJssel ongeveer 15 km stroomopwaarts, in dezelfde bodemsoort (Rn47C), bestaan voor ongeveer 50 % uit pure klei en bevatten een fijne siltfractie (2 – 16 µm) die varieert tussen de 20 – 30% en de grove siltfractie (16 – 50 µm) van tussen 20 – 25% (Stiboka, 1966; Fig.6). Bovendien is de meanderend-gordel van de IJssel gevormd na het begin van landaanwinningsactiviteiten rond 1100 na Chr. (Kuijer & Rosing, 1994). Een rivierafzetting van de IJssel ligt daarom niet voor de hand.

11. Kuijer & Rosing (1994) hebben vroegere rivierlopen van de Vecht in kaart gebracht. In fig. 7 wordt een iets naar het westen uitgebreide versie van hun figuur gegeven. Op basis van deze afbeelding is een verandering van een vroegere waterloop van de Vecht naar één die later overgegaan is in het huidige Zwartewater mogelijk.

12. De samenstelling van de klei, vrijwel alleen < 2 µm ø, kan het resultaat zijn van een filtering van sediment door een gesloten kruidachtige vegetatie. Gedurende de periodieke overstromingen waarin veengroei doorging kan dit het geval geweest zijn. Om echter zo een dergelijke lage vegetatie gedurende lange tijd te laten groeien, waarbij het onder water staat en een kleipakket van 40 tot 60 cm wordt afgezet waarin geen sedimentair afgezet organisch materiaal voorkomt, is geen reële optie. Omdat de samenstelling van deze klei lijkt op een lacustriene afzetting, zeer waarschijnlijk een laterale helling (Reineck & Singh, 1974), lijkt de meest logische oplossing dat een tijdelijk meer het moerasbos onder water heeft gezet.

Conclusies

1. Micromorfologisch onderzoek maakte het mogelijk nauwkeuriger en nieuwe informatie te verkrijgen over de geogene, bodemvorming, lokale waterbewegingen, waterkwaliteit, omzettingwijzen van organisch materiaal en de invloed van menselijke activiteiten.

2. De locaties van C14-monsters van het veen zijn zeer nauwkeurig geselecteerd uit de pollenbakken, ook gebruikmakend van de resultaten van de microscopische analyses van het micromorfologisch onderzoek naar een juistere onderscheiding van de donker gekleurde lagen. Omdat de lagen en coördinaten zeer nauwkeurig zijn bepaald, hebben de C14-dateringen een hogere betrouwbaarheids factor.

3. Gebaseerd op de nauwkeurigere en nieuwe informatie kunnen 5 fasen in de ontwikkeling van het paleolandschap onderscheiden worden:

- a.** de ontwikkeling van een goed-doorlatende podzol in eolisch dekzand in een geografische depressie tussen twee dekzandruggen van de Twente-formatie.
- b.** een tussenfase met een stijgende grondwaterspiegel die het oppervlakte bereikt in een landschap dat bestaat uit een min of meer gesloten kruidachtige vegetatie met een klein aantal bomen. Gedurende deze periode waait er voortdurend

stuifzand in afkomstig van omringende dekzandruggen. Dit kan toegeschreven worden aan een continue gebruik van deze ruggen als akkerland gedurende tenminste 1500 jaar.

c. Nadat het grondwater het oppervlakte bereikte ontstond hier een laagveen, bedekt met bomen waaronder eik en met in de ondergroei varens van het *Dryopteris*-type. Het begin van de veengroei kan toegeschreven worden aan de algemene stijging van de zeespiegel in het Holoceen.

d. Een bosachtig veenlandschap binnen het bereik van een zoetwaterloop, waarschijnlijk een nieuwe Vechtloop die periodiek het veen overstroomde en fijne zuivere klei afzette.

Tussen deze overstromingen kwamen drogere periodes voor waarin de top van het veen gedraineerd werd en vervolgens gebioturbeerd door regenwormen.

e. De vorming van een zoetwatermeer in het eerste deel van de 6e eeuw na Chr. dat het moerasbos onder water zette en met de tijd het bos met een laag klei van ongeveer 40 cm dikte overdekte, dat bestaat uit zuivere fijne klei < 2 µm.

4. De 5 fasen in de ontwikkeling van het paleolandschap worden alle gekarakteriseerd door een verschillend hydrologisch regiem en een daaraan gerelateerde waterkwaliteit.

5. Afgezien van menselijke aanwezigheid op de dekzandruggen voordat de veengroei begon zijn er geen andere sporen gevonden in het onderzoeksgebied die gerelateerd kunnen worden aan menselijke activiteiten of de aanwezigheid van vee of wilde dieren, zoals houtskool, verbrande vegetatieresten, botmateriaal, sporen van indrukken in de bodem door mens of dier.

Verantwoording

Het onderzoek is gefinancierd door de Archeologische Dienst van de Gemeente Zwolle en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Dick Schreiber wordt bedankt voor het maken van de hoge kwaliteit slijpplaatjes, Bart Makaske voor zijn nuttige bijdragen aan de discussie over de algemene stijging van het zeeniveau in het Holoceen in het IJsselmeer gebied, Gilbert Maas voor zijn onderzoek naar voormalige waterlopen in het Zwolle-Stadshagen gebied, (allen medewerkers van Alterra Wageningen Universiteit en Research) en Aleid Bosch, (NITG-TNO Utrecht), voor haar commentaar op het manuscript.

Referenties

Bisdom, E.B.A. & Schoonderbeek, D., 1983. The characterization of the shape of mineral grains in thin sections of soils by Quantimet and BES1. *Geoderma* 30: 303 – 332.

Bremt, P. van den, Dirx, J., During, R., Geel, B. van, Kooistra, L. & Tak, G., 1998: Een stekelig beeld van het Atlantische bos. *Landschap* 15/4, 245-250.

Buurman, P., Pape, Th. & Muggler, C.C., 1997. Laser grain-size determination of soil genetic studies 1. Practical problems. *Soil Science*, 162: 211 – 218.

- Buurman, P., Pape, Th., Reijneveld, J.A., De Jong, F. & Van Gelder, E., 2001. Laser-diffraction and pipette-method grain sizing of Dutch sediments: correlations for fine fractions of marine, fluvial, and loess samples. *Netherlands Journal of Geosciences* 80 (2): 49- 57 (2001).
- Eilander, D.A. & Heijink, W., 1990. *Bodemkaart van Nederland 1:50.000*. Blad 21 West Zwolle. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Ente, P.J., 1986. Het ontstaan van het Marsdiep en de Zuiderzee. *Werkdocument 1986-102 abw. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders*. Lelystad.
- Ente, P.J., 1971. Sedimentary geology of the Holocene in Lake IJssel region. *Geologie en Mijnbouw*, 50, 373-382.
- Ente, P.J., Haans, J.C.F.M. & Knibbe, M., 1965. *De bodem van Overijssel, de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- F.A.O.-UNESCO, 1997. *Soil Map of the world*, Vol. I, Legend. Rome.
- Jongierius, A. & Heintzberger, G., 1975. Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections. *Soil Survey Papers* 10, Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands. 48 pp.
- Kooistra, L.I., Rijn, P. van, Hanraets, E., Kooistra, M.J. & Sass-Klaassen, U., 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, L.J., Rijn, P. van & Smeerdijk, D.G. van, 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en hout onderzoek. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, M.J., 1990. The future of soil micromorphology. In: L.A. Douglas (Ed.), *Soil micromorphology*. Amsterdam, Elsevier, 1990, p. 1-8.
- Kooistra, M.J., 1991. A micromorphological approach to the interactions between soil structure and soil biota. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34, p. 315328.
- Kooistra, M.J. & Kooistra, L.I., 2003. Integrated research in archaeology using soil micromorphology and palynology. *Catena* 54 (2003, 603-617).
- Kooistra, M.J., Sass-Klaassen, U., Kooistra, L.I. & Rijn, P. van 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 6. Synthese: een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bos in zijn natuurlijke omgeving. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Konert, M. & Vandenberghe, J., 1997. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieve analysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *Sedimentology*, 44: 523 – 535.
- Kuijper, P.C. & Rosing, H., 1994. *Bodemkaart van Nederland 1:50.000*. Blad 21 Oost Zwolle. DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- Lanting, J.N. & Mook, W.G., 1977. *The pre- and protohistory of the Netherlands in terms of radiocarbon dates*. Groningen, 247 p.
- Makaske, B., Smeerdijk, D.G. van, Peeters, H., Mulder, J.R. & Spek, T., 2003. Relative water-level rise in the Flevo lagoon (The Netherlands), 5300-2000 cal. yr BC: an evaluation of new and existing basal peat time-depth data. *Netherlands Journal of Geosciences / Geologie en Mijnbouw* 82 (2): 115-131.
- Meene, E.A. van de, 1979. Het ontstaan van de Gelderse IJssel. In. *K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift, Nieuwe Reeks* 13, nr. 3, p. 202-210.
- Munsell Soil Color Charts, 1973. *Munsell Color Company, Inc.*, Baltimore, Maryland.
- Reineck, H.E. & Singh, I.B., 1973. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer Verlag, Berlin.
- Sass-Klaassen, U. en Hanraets, E. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Soil Survey Staff, 1999. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Second edition. USDA- RCS. Washington, DC.
- Stiboka, 1966. *Bodemkaart van Nederland 1: 50.000*, Blad 27 Oost, Hattum. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Ten Cate, J.A.M., Van Holst, A.F., Kleijer, H. & Stolp, J., 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek; richtlijnen en voorschriften. Deel A: bodem. *Technisch Document 19A*, DLO – Staring Centrum, Wageningen.
- Törnqvist, T.E. & Bierkens, M.P.F., 1994. How smooth should curves be for calibration of radiocarbon ages? *Radiocarbon* 36: 11-26.
- Van der Plicht, J., 1993. The Groningen radiocarbon calibration program. *Radiocarbon* 35: 231-237.
- Vera, F.W.M., 1997. *Metaforen voor de Wildernis. Eik, hazelaar, rund en paard*. 's Gravenhage, Ph.D. Thesis.

Wiggers, A.J., 1955. *De wording van het Noordoostpoldergebied*. Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 216 p.

Wolfert, H.P., 2001. Geomorphological change and river rehabilitation. Case studies on lowland fluvial systems in the Netherlands. *Alterra Scientific Contributions 6*. Alterra Green World Research, Wageningen.

Zagwijn, W., 1991. *Nederland in het Holoceen*. Rijks Geologische Dienst. Haarlem.

Zeiler, J.T. & Kooistra, L.I., 1998. *Parklandschap of Oerbos? Interpretatie van het prehistorische landschap op basis van dieren- en plantenresten*, *Lutra* 40, 65-76.

Zuur, A.J., 1954. *Bodemkunde der Nederlandse bedijkingen en droogmakerijen. Deel B. Hoofdsamenstelling en andere zgn. chemische bestanddelen van op water gewonnen gronden*. Directie van Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders en Landbouwhogeschool.

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en houtonderzoek

L. I. Kooistra, P. van Rijn en D. G. van Smeerdijk

Samenvatting

Een veenafzetting van bijna 20 cm dik ten noordwesten van Zwolle (toponiem Stadshagen) was onderwerp van een palynologisch onderzoek. De resultaten doen vermoeden dat een open moerasbos, dat overheerst werd door els (*Alnus*), in de loop van de eerste vijf eeuwen na Chr. zich ontwikkelde tot een half open tot gesloten elzenbroekbos. Gedurende deze tijd vond veenaccumulatie plaats met uitzondering van twee perioden toen de veengroei stagneerde. Houtanalyse van 520 houtmonsters die *in situ* in het veen waren gevonden, wijzen op een moerasbos dat voornamelijk bestond uit es (*Fraxinus excelsior*), els (*Alnus*) en eik (*Quercus*). Vanwege het vrijwel niet voorkomen van zijtakken aan de opgegraven boomstammen, lijkt het erop dat de bomen groeiden in een dicht bos. De bomen ontkiemden in het veen maar de wortels reikten tot in de eronder liggende humeuze zandlaag. Door de combinatie van palynologie en houtonderzoek is een type boslandschap vastgesteld, dat zowel verschijnselen vertoont van een elzenbroekbos (*Alnetea glutinosae* Braun-Blanquet et Tüxen 1943) als van een bijna uitgestorven vegetatietype van het elzen-vogelkersverbond (*Alno-Padion*), het *Filipendulo-Alnetum* (Passagre et Hofmann 1968).

Het vegetatieonderzoek heeft eveneens aangetoond dat de mens in de eerste vijf eeuwen na Chr. het moerasbos niet gebruikte en nauwelijks invloed had op de vegetatie in de wijdere omgeving.

Trefwoorden: Vegetatiereconstructie, Palynologie, Houtonderzoek

Inleiding

De afgelopen jaren is er in Nederland een verhitte discussie gevoerd over het uiterlijk van het natuurlijke landschap. Een belangrijke aanzet voor deze discussie zijn de publicaties van Vera (1997, 2002), die op basis van voornamelijk palynologisch bewijsmateriaal tot de conclusie is gekomen, dat de vegetatie in het Atlanticum (8000 – 5000 jaar geleden) niet bestond uit een gesloten bos maar uit een open parkachtig landschap. Deze hypothese, dat het Nederlandse landschap in zijn natuurlijke staat een parkachtig uiterlijk had, heeft verschillende reacties los gemaakt van onderzoekers in de

historische ecologie en palynologie (bijvoorbeeld Brent *et al.*, 1998, Zeiler & Kooistra, 1998), maar de argumenten over en weer sneden geen hout vanwege een gebrek aan gegevens en specifiek interdisciplinair onderzoek.

Natuurlijk kalibreren palynologen hun bevindingen bijvoorbeeld door experimenteel veldonderzoek naar de relatie tussen pollenproductie en vegetatie (bijvoorbeeld Andersen, 1970, 1973; Birks & Gordon, 1985; Gaillard *et al.*, 1994; Hicks, 2001). Palynologische gegevens over het verleden zijn geïnterpreteerd op basis van de kennis die in dit soort van onderzoek verworven werd.

Er is echter een risico verbonden aan het gebruik van recente en subrecente vegetatietypen als referentie voor oudere typen, omdat het mogelijk is dat er vegetaties in het verleden bestaan hebben die er nu niet meer zijn.

Ecologische gegevens zouden daarom gekalibreerd moeten worden aan de hand van onafhankelijke bronnen van gelijke ouderdom en locatie. Om een indruk te krijgen van de eigenlijke vegetatie in een bepaalde periode en een bepaald gebied zou men de vegetatie ter plekke moeten opgraven, ware het niet dat over het algemeen weinig of geen overblijfselen van die oudere vegetatie het overleefd hebben. Gelukkig vormen veengebieden uitzonderingen waar plantenresten zoals hout, zaden en pollen vaak in het veen bewaard zijn gebleven.

Archeologisch onderzoek dat vooraf ging aan een stadsuitbreiding aan de rand van Zwolle bracht een begraven moerasgebied aan het licht, waarin zelfs de bomen bewaard waren gebleven. Dit bood onderzoekers van verschillende disciplines (archeologie, geologie, geomorfologie, palynologie, houtonderzoek en dendrochronologie) de mogelijkheid om meer over de evolutie van het landschap te ontdekken en over het gebruik van de omgeving door de toen levende bevolking. In samenwerking met de archeologische dienst van de gemeente Zwolle werd een vindplaats onderzocht van ongeveer drie hectare, waarvan 1273 vierkante meter in detail.

Materialen en methoden

Bemonstering en isolatie van pollen uit bodemlagen

Om de resultaten van de micromorfologische en palynologische studies te vergelijken werden de bemonsteringsprocedures gecoördineerd. De profielen in de werkputten werden onderzocht om een geschikte locatie te vinden voor een gecombineerde bemonstering. Het profiel was in alle putten gelijk op een lichte variatie in de dikte van de verschillende lagen na. Uiteindelijk werd het westprofiel van werkput 5 uitgekozen (* in figuur 3). De stratigrafie in dit profiel was duidelijk en niet verstoord. Een tweede voordeel om dit profiel te bemonsteren was de aanwezigheid van een wortelstelsel van een eik die door middel van dendrochronologisch onderzoek gedateerd zou kunnen worden.

De stratigrafie is uitgebreid beschreven bij M.J. Kooistra (2004). Dit artikel geeft slechts een korte beschrijving van de bodemlagen van waaruit de pollenmonsters zijn genomen. Deze monsters zijn genomen met twee elkaar overlappende pollenbakken, die samen een profiel met een lengte van 60,5

cm, van 54-114,5 cm onder N.A.P bevatten. De volgende bodemlagen waren in de profielbakken zichtbaar.

54-60 cm -N.A.P.: Grijsbruine, licht humeuze klei. Aan de basis, tussen 59-60 cm onder N.A.P., is de kleiafzetting duidelijk meer humeus.

60-80 cm -N.A.P.: Veen. Tussen 60-60,5 cm onder N.A.P. bevat het veen klei. Tussen 69-74 cm onder N.A.P. was hout bewaard gebleven in de pollenbakken.

80-84 cm -N.A.P.: De overgang van zandig-humeus materiaal naar veen.

84 cm -N.A.P.: Wit zand, een paar mm dik.

84-92,5 cm -N.A.P.: Zandig humeus materiaal, donker grijsbruin. Tussen 83-89 cm onder N.A.P. kwam een stuk hout voor in het profiel.

92,5-114,5 cm -N.A.P.: Pleistoceen dekzand met een goed ontwikkeld podzol profiel.

Onder laboratoriumomstandigheden zijn twintig submonsters van 1-2 cm³ genomen. Het deel tussen 54 en 88 cm onder N.A.P. werd om de andere centimeter bemonsterd, terwijl van het eronder liggende dekzand om de 5 centimeter een submonster werd genomen. De submonsters werden behandeld zoals aanbevolen bij Erdtman (1960) en Fægri *et al.* (1989). Deze methode werd aangepast door toevoeging van tabletten van een bekende hoeveelheid exotische *Lycopodium* sporen. Aan de hand van het volume van het submonster kon de pollenconcentratie in de bemonsterde bodems berekend worden. Na het bepalen van de waarde van deze twintig monsters zijn er acht geselecteerd voor gedetailleerde analyse. Deze zijn genomen uit de volgende lagen: één uit de zandig humeuze laag (84 cm onder N.A.P.), zes uit het veen (80, 78, 74, 70, 66 en 62 cm onder N.A.P.) en één uit de basis van de kleilaag (60 cm onder N.A.P.). Er zijn geen submonsters geselecteerd van de eronder liggende podzol, omdat de hoeveelheid pollen laag en de conserveringsomstandigheden slecht waren. De basis van de laag met humeus zand was eveneens arm aan pollen. De analyse bestond uit het tellen van alle microfossielen tot dat 300 boompollen waren geteld. Er is dus gestreefd naar

een boompollensom van 300. Afgezien van pollen en sporen zijn ook andere palynomorfen geteld, zoals algen en bodemschimmels. Voor de identificatie van pollen en sporen is gebruik gemaakt van de gebruikelijke naslagwerken (Fægri, *et al.*, 1989; Punt, 1976; Punt, & Clarke, 1980, 1981, 1984; Punt, Blackmore, & Clarke 1988; Punt, & Blackmore, 1991; Punt, Blackmore, & Hoen, 1995; Moore, *et al.*, 1991), maar ook van de referentiecollectie van BIAX *Consult*. Er zijn ook drie monsters uit de pollenbakken genomen voor C14-onderzoek. De resultaten staan hieronder in tabel 1.

Bemonstering en waardebepaling van macroresten, inclusief insecten en mijten

Gedurende de opgraving zijn 45 grondmonsters genomen van ongeveer vijf liter voor zaden- en insecten/mijtenonderzoek. Monsters voor beide soorten onderzoek zijn dichtbij boomstammen genomen. De onderliggende gedachte was dat de bodem waarop de boomstam lag even oud zou zijn als de boom (zie Kooistra, L.I., *et al.* 2004). Om de waarde van de grondmonsters te bepalen zijn er vijftien onderzocht op macrofossielen, nadat de grond door een set zeven gespoeld was waarvan de onderste bestond uit een maaswijdte van 0,5 mm. De zaden waren zeer slecht geconserveerd en de 15 monsters leverden slechts enkele aangetaste zaden op. De conserveringsomstandigheden voor insecten en mijten zijn gelijk aan die van botanische macroresten. Als die slecht geconserveerd zijn, is dat een indicatie voor de kwaliteit van insecten- en mijtresten. Gezien de teleurstellende staat van de botanische resten en de veronderstelde conditie van insecten en mijten is afgezien van analyse.

Het vastleggen en bemonsteren van houtresten.

Gedurende het veldwerk zijn boomstammen en alle andere houtresten genummerd en zijn de drie coördinaten vastgelegd. In het geval van boomstammen of delen van boomstammen zijn de coördinaten aan elk eind bepaald; voor kleinere fragmenten en wortelstelsels is slechts één meetpunt geselecteerd. De Z-coördinaat (in cm onder N.A.P.) is genomen bovenop het hout. De ligging en oriëntatie van elk stuk hout is vastgelegd en er is een beschrijving gemaakt van de morfologie, inclusief de afmetingen. Tevens is de locatie van de houtmonsters en/of de monsters voor dendrochronologisch onderzoek vastgelegd en is de morfologie van de boom of het boomdeel beschreven (stam, kruin, tak, wortels, niet te iden-

Sample name	Laboratory no.	Depth (cm below Dutch O.D.)	Material	C ¹⁴ -age (BP)	Median cal. age ¹ (BC/AD)	1s cal. age range ¹ (BC/AD)	2s cal. age range ¹ (BC/AD)
Zwolle I	GrN-27024	60.5-62.5	peat (bulk)	1540 30	503 AD	474-538 AD	442-566 AD
Zwolle II	GrN-27025	76.5-79.0	peat (bulk)	1950 40	51 AD	6-102 AD	42 BC-146 AD
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (alkali residue)	3280 45	1571 BC	1630-1510 BC	1670-1450 BC
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (humous acid)	3145 30	1406 BC	1442-1370 BC	1478-1334 BC

¹ The Groningen calibration program (version CAL25) was used (Van der Plicht, 1993). The degree of smoothing of the calibration curve was based on Törnqvist & Bierkens (1994): s = 200 was applied.

Tabel 1. C14-dateringen van de bestudeerde sectie.

tificeren delen), alsmede de aanwezigheid en positie van eventuele zijtakken aangetekend. De doorsnede van wortelstelsels werd gemeten. Waar mogelijk is de oriëntatie van de onderkant en de bovenkant van de boom vastgelegd. Voor de morfologische analyse van houtresten is gebruik gemaakt van de gegevens die verzameld waren in de 'beschrijvingsformulieren', aangevuld met informatie uit de veldtekeningen. Van alle vastgelegde en beschreven houtresten zijn kleine stukjes van ongeveer 5 cm³ verzameld voor houtsoortidentificatie. Houtsoorten zoals eik en es kunnen geïdentificeerd worden met het blote oog, maar voor de meeste soorten is een doorvallend-lichtmicroscop vereist met een vergroting tot 250 maal. Voor de microscopische identificatie van houtsoorten moet het hout in drie vlakken onderzocht worden: op dwarsdoorsnede, radiaal en tangentiaal. Met een scheermes zijn heel dunne coupes gesneden van de secties langs deze vlakken. De natgemaakte monsters werden tussen twee glasplaatjes (preparaat genoemd) gelegd. Er zijn geen permanente preparaten gemaakt. Voor identificatie is gebruik gemaakt van het naslag werk van Schweingruber (1982). In het veld werd van een kettingzaag gebruik gemaakt om houtmonsters te verzamelen voor dendrochronologisch onderzoek (Sass-Klaassen & Hanraets 2004). Daarvoor zijn alleen essen en eiken geselecteerd met duidelijke jaarringpatronen.

Resultaten en discussie

Het pollendiagram

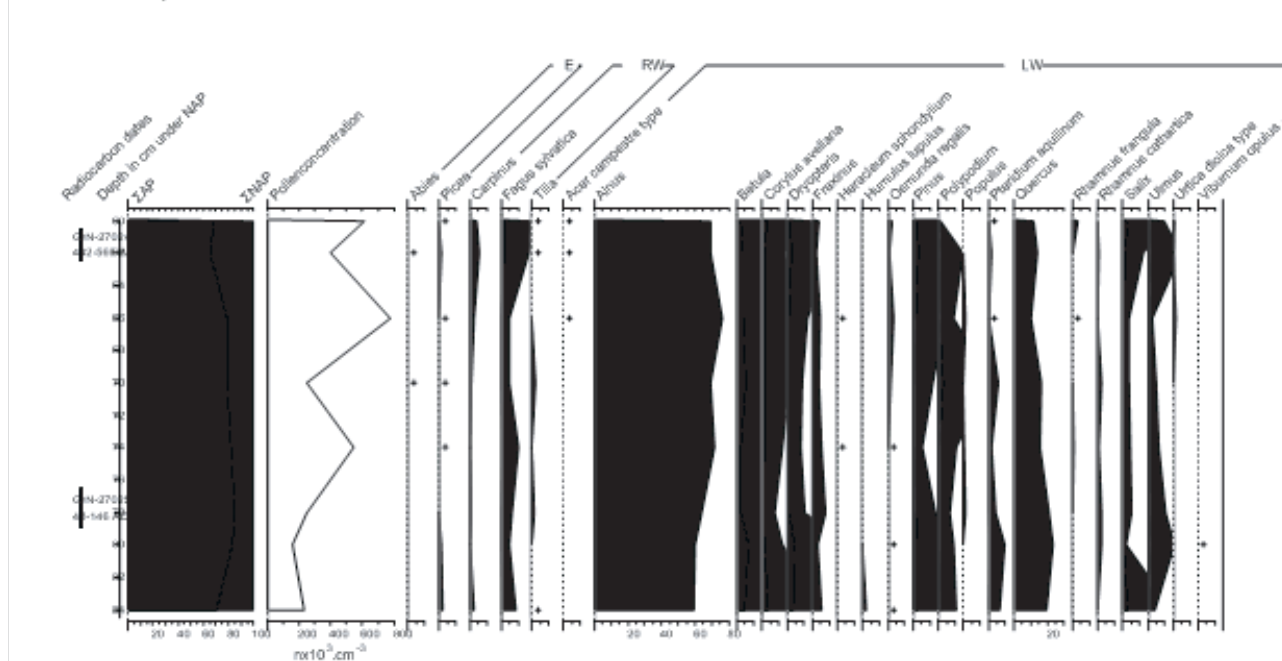
De resultaten van de palynologische analyses worden in figuur 1 getoond. Deze figuur bestaat uit een serie curven die de geïdentificeerde pollen- en sporentypen alsmede de verschillende overige microfossielen voorstellen. Op de y-as is de diepte in cm onder N.A.P. aangegeven. De x-as geeft het aantal malen dat een betreffende taxon voorkomt in percentages. De eerste curve toont de zogenaamde AP:NAP ratio, de procentuele relatie tussen het pollen van houtige gewassen (AP, Arboreal Pollen) aan de ene kant en aan de andere die van de kruiden (NAP, Non-Arboreal Pollen), met uitzondering van waterplanten, mossen en varens. De tweede curve toont de pollenconcentratie. De curven van de taxa staan gerangschikt in groepen: exotische taxa, taxa van regionale bossen, taxa van lokale bossen, taxa van moerassen, van open water, taxa van laagveen/heides, van grasland, van granen, van ruderaal bodem en van diversen.

De groep exoten komt niet in Nederland voor; het pollen van deze taxa wordt over grote afstanden aangevoerd door wind en water. Het verschil tussen taxa van lokale en regionale bossen is gebaseerd op de houtanalyses, waarvan de resulta-

Zwolle Stadshagen

Pollen percentage diagram

Anal: D.G. van Smeedijk & L. van Beurden

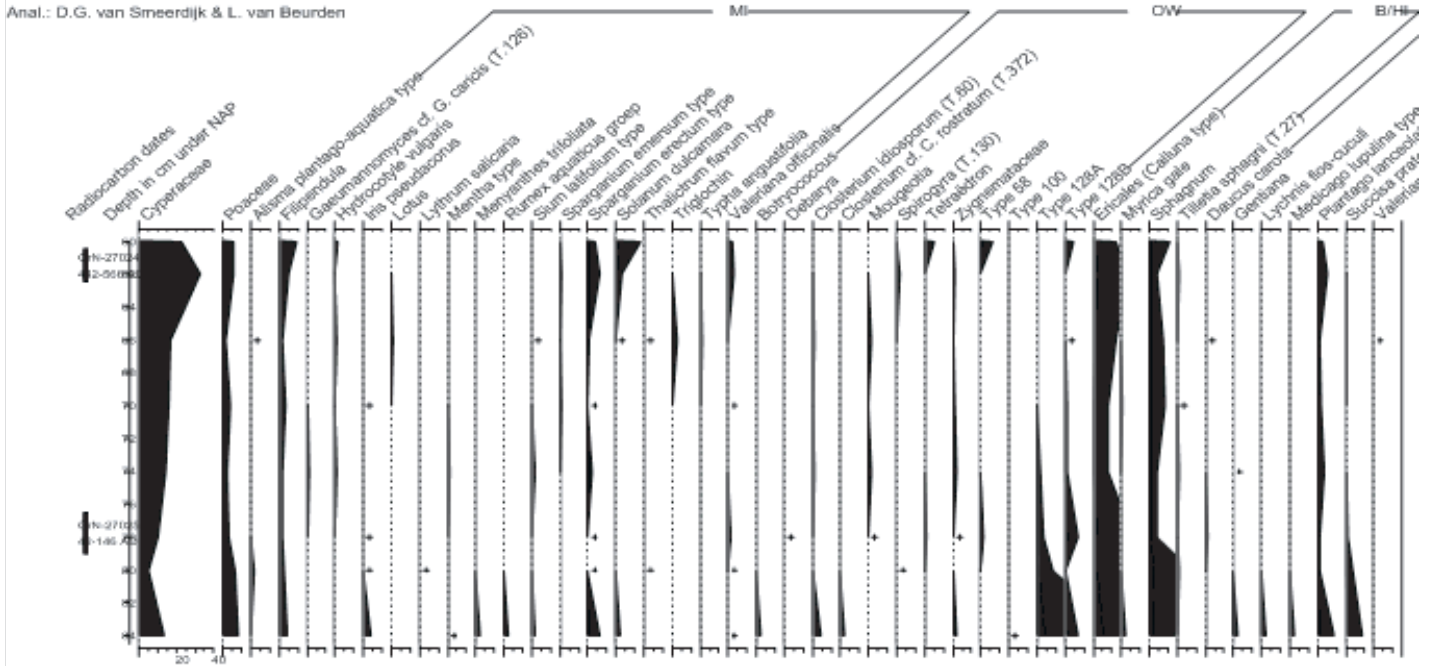


Figuur 1. Zwolle-Stadshagen, pollenpercentage diagram. De grijze curven zijn het resultaat vermenigvuldigd met 10. Legenda: + = aanwezigheid; E = exotisch; RW = regionale bosplanten; LW = lokale bosplanten; ML = moeras; OW = open water; B/HL = laagveen en heide; Md = grasland; C = granen; Al = antropogene indicatoren; V = diversen (M. van Waijjen) .

Zwolle Stadshagen

Pollen percentage-diagram

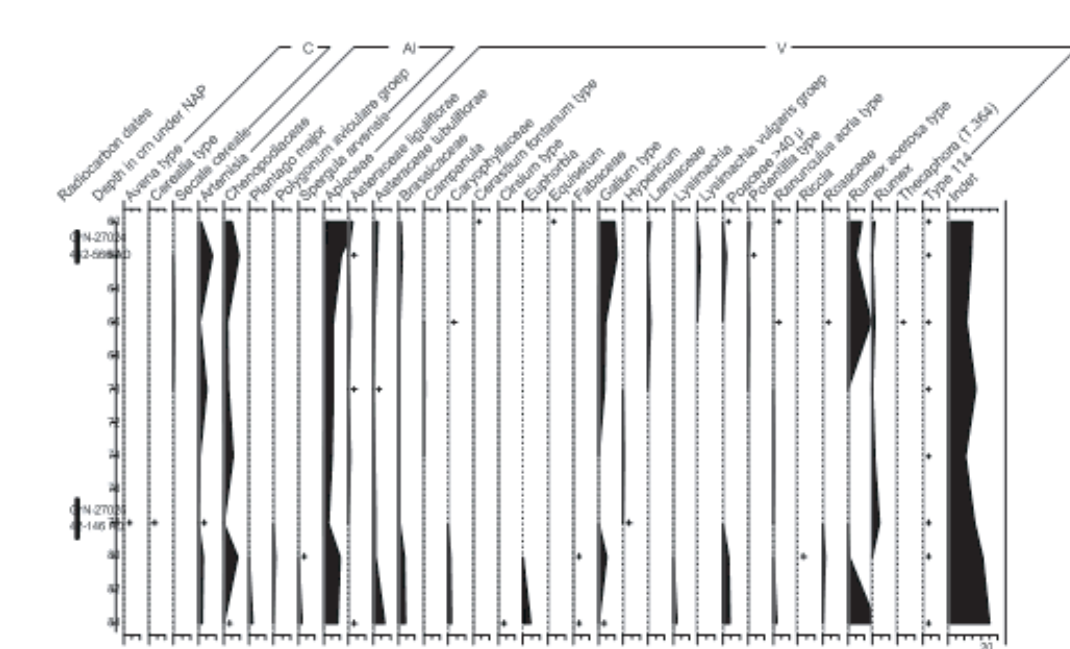
Anal.: D.G. van Smeerdijk & L. van Beurden



Zwolle Stadshagen

Pollen percentage-diagram

Anal.: D.G. van Smeerdijk & L. van Beurden



ten in de volgende paragraaf staan. Niet ingedeeld zijn de Cyperaceae (cypergrassenfamilie) en de Poaceae (grassenfamilie). Vanwege hun grote ecologische range zouden ze gerangschikt moeten worden in de groep 'diversen', maar enkele leden van deze families zijn zo belangrijk voor de vegetatiereconstructie dat ze gerangschikt zijn tussen de taxa van lokale bossen en die van laagveen/heides.

Pollen in de zandig humeuze laag

De resultaten worden besproken overeenkomstig het bodemtype, te beginnen met de palynomorfen die gevonden zijn in de zandig humeuze laag op 84 cm onder N.A.P. Op dit niveau, dat gevormd werd voor het begin van de jaartelling, is de AP:NAP ratio 70:30. Onder de boompollen komt els (*Alnus*) het meest voor, gevolgd door eik (*Quercus*). Het pollen van es (*Fraxinus excelsior*), berk (*Betula*), hazelaar (*Corylus avellana*) en wilg (*Salix*) komt in lage percentages voor.

Vermeldenswaardig onder het Non-Arboreal Pollen zijn de heideachtigen (*Ericales*, inclusief struikhei, *Calluna vulgaris*), de cypergrassen (*Cyperaceae*), de grassen (*Poaceae*), spirea (*Filipendula*) en de varens *Dryopteris* of *Thelypteris*.

Het onderzoeksgebied lag in een depressie tussen twee dekzandruggen. Het humeuze zand was ontstaan na een overgang van goede afwaterende omstandigheden naar een slechte drainage als gevolg van een stijgende grondwaterspiegel. Organisch materiaal verzamelde zich aan het oppervlak en ingewaaid zand droeg verder bij aan de stijging van dat oppervlak, dat gelijk opging met de stijging van de grondwater spiegel (Kooistra, M.J., 2004). De dekzandruggen bleven goed afwateren. De palynologische analyses worden geïnterpreteerd in het licht van deze omgevingsomstandigheden. Gegeven de AP:NAP ratio van 70:30, gaan de auteurs ervan uit dat de depressie begroeid was met een open tot half open boslandschap, dat groeide op een vochtige, deels minerale, deels organische ondergrond. De algen (bijvoorbeeld *Botryococcus*, *Closterium*, *Zygnemataceae* en typen 128 A en B), echter, tonen aan dat er ook open water was. Vanwege de hoge grondwaterspiegel, op of net onder het toenmalige oppervlak en het microreliëf, kunnen er open plassen water in het bos geweest zijn. Waarschijnlijk gaat het hier om ondiep water waarin ook soorten als gele iris (*Iris pseudacorus*), grote egelskop (*Sparganium erectum*) en grote waterrepe (*Sium latifolium*) voorkwamen. De percentages van de heide-achtigen, inclusief struikhei (*Calluna vulgaris*), zijn relatief laag. Omdat experimenteel onderzoek heeft aangetoond dat de meeste heideachtigen (inclusief *Calluna vulgaris*) hun pollen niet meer dan een paar meter verspreiden (bijvoorbeeld Janssen, 1984; Evans & Moore, 1985; Bradshaw, 1991), wordt aangenomen dat deze planten geen belangrijk deel uitmaakten van de vegetatie in de vochtige depressie. De aanwezigheid van stuifzand in de depressie wijst erop dat het vegetatiedek op de droge gronden geen permanent karakter had. Eén mogelijke oorzaak voor het gebrek aan vegetatie is menselijke activiteit. Door bepaalde agrarische handelingen, in het bijzonder met betrekking tot de akkerbouw, kan zand beginnen te stuiven. Dit kan ook op deze vindplaats gebeurd zijn. Op dit niveau echter is geen bewijs voor graansoorten gevonden. Toch zijn er sporen van mense-

lijke aanwezigheid zichtbaar in het diagram in de vorm van de zogenoemde anthropogene indicatoren, zoals alsem (*Artemisia*), grote weegbree (*Plantago major*) en gewone spurrie (*Spergula arvensis*). Onderzoek heeft aangetoond dat deze pollentypen geassocieerd moeten worden met menselijke activiteit (zie bijvoorbeeld, Behre, 1981).

Palynologisch bewijs voor een stagnatie in de veengroei?

Op een diepte van ongeveer 80 cm onder N.A.P. stopte de instroom van eolisch zand in het veen. In de eerste vijf eeuwen van de jaartelling werd veen gevormd dat ten tijde van de recente opgraving gedecomposeerd en samengeperst was tot een dikte van bijna 20 cm. Micromorfologisch onderzoek heeft aangetoond dat de groei van het veen herhaaldelijk stagneerde (Kooistra, M.J., 2004). Het palynologisch onderzoek heeft ook aanwijzingen verschaft dat de veenaccumulatie onderbroken werd, vooral op de diepten van 62 en 70 cm onder N.A.P. Voor het bewijs van de stagnatie in de veenaccumulatie spelen de curven van de pollenconcentratie en het 'niet te determineren pollen' een belangrijke rol. De curve van het 'niet te determineren pollen' vertegenwoordigt korrels die door de slechte conservering niet meer geïdentificeerd konden worden. De aanwezigheid van een grote hoeveelheid niet te identificeren pollen betekent dat het organisch materiaal aan het weggroten was, wat gebeurt als de waterspiegel onder het oppervlak ligt. De lage waarde in de pollenconcentratiecurve kan het gevolg zijn van drie factoren.

1. Veenaccumulatie nam toe terwijl de pollenregen constant bleef; het pollen zal in dit geval goed geconserveerd zijn.
2. De veenaccumulatie stagneerde tezamen met de meeste pollenkorrels die erin zaten. In dit geval zal de toestand van de achtergebleven pollen slecht zijn.
3. De pollenproducerende planten verdwijnen.

In figuur 1 lijkt het erop dat de lage pollenconcentraties samenvallen met een hoog aandeel niet te identificeren pollen. Dit wijst op oorzaak 2.

Pollen in de veenlaag

Het palynologisch onderzoek suggereert dat de vegetatie weinig veranderde gedurende de periode van veengroei. De AP:NAP ratio is gemiddeld 80:20. Dit wijst erop dat de bomen groeiden in een half open tot dicht bos. Pollen van els, eik en es komen het meeste voor. Bewijs voor de milieuomstandigheden van de bomen is in het bijzonder afkomstig van de verschillende varensoorten. Vanaf 74 cm onder N.A.P. vormen de sporen van koningsvaren (*Osmunda regalis*) een continue curve. Deze varensoort hoort thuis in een vochtige tot natte bosomgeving. De curve van eikvaren (*Polypodium*) en adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*) tonen een toename van het percentage van sporen in droge perioden en een afname in natte perioden. De waarden van de cypergrassen zijn laag aan de basis van het veen maar nemen sterk toe naar boven. Grassen komen in lage aantallen pollenkorrels voor, maar aan de basis en aan de bovenkant van het veen is hun waarde iets hoger. Bewijs voor laagveen of heide is nagenoeg afwezig. Vertegenwoordigers van moerassen of open water worden eveneens nauwelijks gevonden. Bewijs dat gerelateerd kan worden aan vegetaties van droge gronden en dus menselijke

aanwezigheid is eveneens spaarzaam. Er is niet langer stuifzand; menselijke invloed, zoal dat de reden was, lijkt daarom afgenomen te zijn. Toch zijn nog enkele pollenkorrels van granen aangetroffen op een diepte van 78 cm onder N.A.P. Op hetzelfde niveau zijn pollen van varkensgras (*Polygonum aviculare*) gevonden en op een diepte van 80 cm onder N.A.P. gewone spurrie (*Spergula arvensis*). Samen met smalle weegbree (*Plantago lanceolata*), een plant die voorkomt op grasland dat door begrazing een korte begroeiing heeft, zijn dit indicatoren voor menselijke aanwezigheid in de buurt. Uitgezonderd smalle weegbree zijn deze antropogene indicatoren afwezig tussen 78 en 66 cm onder N.A.P. Op 66 cm kwamen enkele pollen van rogge (*Secale cereale*) voor, maar voor een windbestuiver was het percentage erg laag. Dit wijst erop dat, hoewel er op dit niveau mensen aanwezig waren, hun invloed op het landschap gering was, ofwel dat ze leefden en boerden op aanzienlijke afstand van het laag gelegen Zwolle-Stadshagen.

Pollen aan het einde van de veengroei

In de bovenste centimeters van de veenafzetting (61-66 cm onder N.A.P.) werden twee schijnbaar tegenstrijdige bodemprocessen geïdentificeerd (Kooistra, M.J., 2004). De waterspiegel daalde gedurende langere perioden tot onder het oppervlak met als resultaat, dat een deel van het veen door aardwormen en Enchytraeidae (potwormen) werd omgezet. Tussendoor moet de depressie herhaaldelijk onder water zijn komen te staan, waarbij kleine hoeveelheden fijne klei, onzichtbaar voor het blote oog, zijn afgezet. Het uitdrogen van het veen aan de ene kant en het onderwater komen te staan aan de andere kant heeft naar alle waarschijnlijkheid de toestand van de palynomorfen op 62 cm onder N.A.P. beïnvloed, waarbij een deel gedecomposeerd is; daarbij komt nog dat deze situatie het mogelijk maakte dat het pollen zowel door de lucht als door het water is afgezet en op die manier in de klei terecht gekomen zijn. Het aandeel boompollen (AP) neemt op deze diepte af, terwijl de cypergrassen toenemen. Naast een reductie van het pollen van els is er een lichte toename te zien van de wilg. Mogelijk is een deel van het pollen, inclusief dat van wilg en de cypergrassen in de klei terechtgekomen. Het pollenbeeld op dit niveau is daarom moeilijk te

interpreteren. Ze wijzen erop dat de boomedichtheid afnam. Het pollenbeeld in de klei op 60 cm onder N.A.P. is gelijk aan dat van de zandig humeuze laag onder het veen. Het percentage boompollen (AP) neemt af tot ongeveer 70 procent en er is een toename te zien in de soorten van open water en moerassen. Slechts de aanwezigheid van smalle weegbree is een flauwe aanwijzing van menselijke invloed.

Van pollen tot vegetatie

Bij de interpretatie van palynologische gegevens diende traditioneel het geografische bewijsmateriaal als frame. Op basis van deze datasets zou ervan uitgegaan kunnen worden dat op de humeuze zandige bodem aanvankelijk open elzenbos groeide, dat zich in de loop der tijd ontwikkelde tot een half open tot gesloten elzenbroekbos. Stortelder, *et al.*, (1999) heeft het hedendaagse elzenbroekbos (*Alnetea glutinosae* Braun-Blanquet et Tüxen 1943) gedefinieerd voor Nederland. Dit type vegetatie komt tegenwoordig nog voor bij natte plaatsen op veen, die in de winter onder water staan en in de zomer slechts oppervlakkig uitdrogen. De dominante boomsoort is zwarte els. In een volledig ontwikkeld elzenbroekbos is het zelfs de enige boomsoort (Clerkx, *et al.*, 1994). Een karakteristiek verschijnsel van een elzenbroekbos is een microreliëf met open water waar planten van moeras- en rietland groeien. Rond oude boomstronken ligt het bodemoppervlak boven het grondwater. Op deze plaatsen kunnen elementen aanwezig zijn van een eiken-beukenbos (*Quercetia robori-petraeae* Braun-Blanquet et Tüxen 1943), een type bos dat een voorkeur heeft voor iets drogere voedselarme bodems. Boskruiden komen zelden voor in een elzenbroekbos. Daarentegen nemen cypergrassen een prominente plaats in.

De palynologische resultaten wijzen inderdaad op een elzenbroekbos, maar aangetekend moet worden dat de percentages els niet bijzonder hoog zijn en dat kruiden van rietland en moerassen slechts in lage percentages voorkomen.

Houtresten

Alles bij elkaar genomen zijn rond de 600 houtresten onderzocht, waaronder 167 van de twee proefsleuven. De conservering van het hout was middelmatig, hoewel het hout uit de

putten	1 & 2	3	4	5	6	totaal	
aantal houtmonsters	139	70	86	109	116	520	
Es	36,7	45,7	47,7	43,1	35,3	40,8	Fraxinus excelsior
Els	23,7	21,4	31,4	33,9	47,4	32,1	Alnus
Eik	34,5	24,3	11,6	14,7	8,6	19,4	Quercus
Wilg	4,3	4,3	5,8	3,7	4,3	4,4	Salix
Iep	0,7	-	2,3	1,8	1,7	1,3	Ulmus
Esdoorn	-	4,3	-	-	0,0	0,6	Acer
Els/ Berk	-	-	1,2	-	1,7	0,6	Alnus/Betula
Berk	-	-	-	1,8	-	0,4	Betula
cf. Hazelaar	-	-	-	0,9	-	0,2	cf. Corylus avellana
Wegendoorn	-	-	-	-	0,9	0,2	Rhamnus cathartica

Tabel 2. Percentages van geïdentificeerde houtsoorten per proefsleuf (1 en 2) en per werkput (3-6).

Figuur 2a-b. Cirkeldiagrammen laten de verschillende soorten houtresten (in procenten) zien (a) en de verschillende soorten gereconstrueerde bomen (b) (M. van Waijjen).

proefsleuven iets beter bewaard was. Vanwege deze vrij slechte conservering konden de morfologische verschijnselen zoals de vorm van de wortelstelsels, de hoogte van bomen en de aanwezigheid van zijtakken niet altijd verkregen worden. Desondanks is er waardevol bewijs materiaal onttrokken aan het onderzochte hout. Het resultaat staat in tabel 2 en figuur 2a.

Er konden 520 houtfragmenten geïdentificeerd worden. De meest algemeen voorkomende waren es (*Fraxinus excelsior*), els (*Alnus*) en eik (*Quercus*) met respectievelijk 42, 32 en 19 procent. De overige 7 procent bestond uit wilg (*Salix*), iep (*Ulmus*), esdoorn (*Acer*), berk/els (*Betula/Alnus*), berk (*Betula*) hazelaar (*Corylus avellana*) en wegedoorn (*Rhamnus cathartica*). De verhouding tussen de drie meest voorkomende soorten was min of meer constant. Alleen werkput 6 telde meer els dan es (zie tabel 2). Figuur 3 laat de ruimtelijke verspreiding van es, els en eik zien. De verschillende soorten waren redelijk evenwichtig over de opgegraven vindplaats verspreid, zodat in figuur 3 alleen werkput vijf te zien is. Het hout was bewaard gebleven in een nogal dunne veenafzetting: in de proefsleuven was het veen 12 tot 35 cm dik en in de vier opgravingsputten varieerde de dikte van 7 tot 27 cm. Derhalve kon geen stratigrafie in de houtresten ontdekt worden, de vochtgevoelige soorten zoals es en eik zouden op iets hogere en drogere plaatsen gegroeid kunnen hebben, maar misschien is er nooit een stratigrafie geweest. Ook is het mogelijk dat de klei, die op het veen is afgezet, dit pakket zo samendrukte dat enig stratigrafisch verschil met betrekking tot de drie boomsoorten verloren was gegaan.

De bomen

Van de meeste bomen zijn alleen delen bewaard gebleven. De hoogte van es, els en eik werd geschat op basis van stam lengte en stamdoorsnede. In het geval van de es was 82 % van de beschreven stam lengten tussen de 2 en 6 m. De twee langste stammen waren 8 m lang (N=28). Het bereik van de stam lengte was groter voor de eik, waarbij 53 % van de stammen tussen de 4 en 7 m (N=34) lang waren. Zeven stammen waren langer dan 7 m, met een uitschieter van 14,8 m. Het hout van de els leek meer gefragmenteerd; slechts 12 stam-

men konden gemeten worden, waarvan vijf tussen de 2 en 5 m lang waren. De langste stam was 6,5 m.

Alhoewel redelijk lange stammen zijn opgegraven, waren de stamdoorsneden over het algemeen nogal dun. Meer dan 82 % van de essenstammen had een diameter tussen de 5 en 25 cm dikte (N=23). In het geval van de eik was 79 % van de stammen tussen de 10 en 30 cm dik (N=24). De meetbare stammen van els waren 10 tot 18 cm in doorsnede.

Voor het dendrochronologisch onderzoek werden de jaarringen van de gemeten essen en eiken geteld. Het gemiddelde aantal jaarringen van de gedateerde essen bedroeg 133, met een maximum van 245, en voor de eiken 165 met een maximum van 343 (Sass-Klaassen & Hanraets, 2004). Derhalve kan aangenomen worden dat de vastgelegde boom lengten en doorsneden bestonden uit volwassen bomen. Om een schatting te krijgen van de hoogte van de bomen moet de natuurlijke vorm van es, els en eik in aanmerking genomen worden. Es en eik zijn lichtminnende soorten die in een lichte omgeving al onder aan de stam vertakken en een brede kruin ontwikkelen. Essen en eiken die in een bos groeien hebben in vergelijking daarmee lange stammen en smallere kruinen. De bomen kunnen een maximum hoogte van 35 m bereiken. Gezien hun relatief kleine stamdoorsnede zullen de bomen in Zwolle-Stadshagen niet deze maximum hoogte bereikt hebben. Als we ervan uitgaan dat de kruinen van beide soorten net zo hoog waren als de lengtes van de opgegraven stammen, dan hebben de essen een gemiddelde hoogte bereikt van 4 tot 12 m met uitschieters van 16 m en de eiken van 8 tot 14 m met een uitschieter van 30 m.

Naast de stamdoorsnede en lengte is er ook aandacht besteed aan de doorsnede en vorm van de wortel systemen. Vanwege de vrij slechte conservering van het hout kon de omvang van wortelstelsels niet meer vastgesteld worden. Het lijkt erop, gezien de vorm, dat de bomen niet diep wortelden. Dendrochronologisch onderzoek heeft aangetoond dat de meeste eiken en de gedateerde essen ontkiemden na het begin van de jaartelling (Sass-Klaassen, & Hanraets, 2004). ¹⁴C-analyse heeft het begin van de veenaccumulatie gedateerd rond het begin van de jaartelling. Dit betekent dat de

bomen ontkiemden op het veen. Toch maakten de wortels contact met de minerale ondergrond wat duidelijk werd uit het profiel dat op pollen is geanalyseerd en dat hout bevatte in de humeus-zandige laag, maar het is ook duidelijk uit de bomen die omvielen met het wortelstelsel er nog aan vast. De door de boomval opengereten bodem maakte kuilen die gingen tot in de zandig-humeuze ondergrond.

Speciale aandacht werd gegeven aan de oriëntatie van de opgegraven boomresten, omdat die ons iets zouden kunnen vertellen over het feit waarom deze bomen dood gingen. Als, bijvoorbeeld, verschillende bomen dezelfde oriëntatie zouden hebben en (volgens het dendrochronologisch onderzoek) in hetzelfde jaar afstierven zou een storm hun ondergang veroorzaakt kunnen hebben. De bomen lagen echter willekeurig verspreid wat hun richting betreft (zie ook figuur 3).

De vegetatie structuur.

Naast een onderzoek naar de samenstelling van de bosvegetatie is er een poging ondernomen om de structuur van de vegetatie te registreren. Om dit doel te bereiken is gebruik gemaakt van de gegevens uit het micromorfologisch en palynologisch onderzoek, de boomvormologie en de ruimtelijke verdeling van de houtresten. Het micromorfologisch en palynologisch onderzoek toonden aan dat het bos afwisselend droge en natte perioden kende. Voor eik en es zijn de groei-condities op een venige ondergrond niet optimaal. Deze marginale groeiomstandigheden hebben er waarschijnlijk toe bijgedragen dat de boomdiameters van essen en eiken klein waren (zie ook Sass-Klaassen, & Hanraets, 2004). De teruggevonden stammen waren over het algemeen recht. Er zaten geen zware zijtakken onder aan de boomstammen. Noch waren er bomen met meervoudige stammen. Hoewel natuurlijk veel morfologische sporen door de tijd heen verloren zijn gegaan, lijkt het erop dat het opgegraven bos heeft bestaan uit dicht opeen staande bomen. Hetzelfde beeld kan men afleiden uit de ruimtelijke verdeling van de bomen uit alle vier de opgravingsputten. Op basis van de ligging van de houtresten, gecombineerd met de soorten, is een schatting gemaakt van het aantal bomen. Wanneer verschillende kleine delen van eenzelfde soort naast een stam lagen, werden die geteld als één enkele boom. Als er echter delen van een andere soort tussen lagen werden deze als twee bomen geteld. Op basis hiervan werd geschat dat er 94 bomen groeiden op een oppervlak van 1273 vierkante meter; dit betekent dat elke boom gemiddeld 13,5 m² ruimte had. Natuurlijk is deze benaderingswijze in verschillende opzichten grof, omdat bijvoorbeeld de levensduur van de individuele bomen bij deze berekening niet in aanmerking genomen is. Natuurlijk groeiden niet alle bomen tegelijkertijd. Aan dit bezwaar wordt gedeeltelijk tegemoet gekomen door dendrochronologisch onderzoek, dat heeft uitgewezen dat de meeste van de gedateerde bomen groeiden tussen 100 en 300 na Chr. (Sass-Klaassen, & Hanraets, 2004). Een ander gemis is dat, tengevolge van de slechte conserveringsomstandigheden, niet alle bomen geteld zullen zijn. Vooral jonge bomen en bomen die om de één of andere reden niet door het veen overdekt raakten, zullen vergaan zijn zonder ook maar een spoor achter te laten. Er bestaat geen zekerheid over het

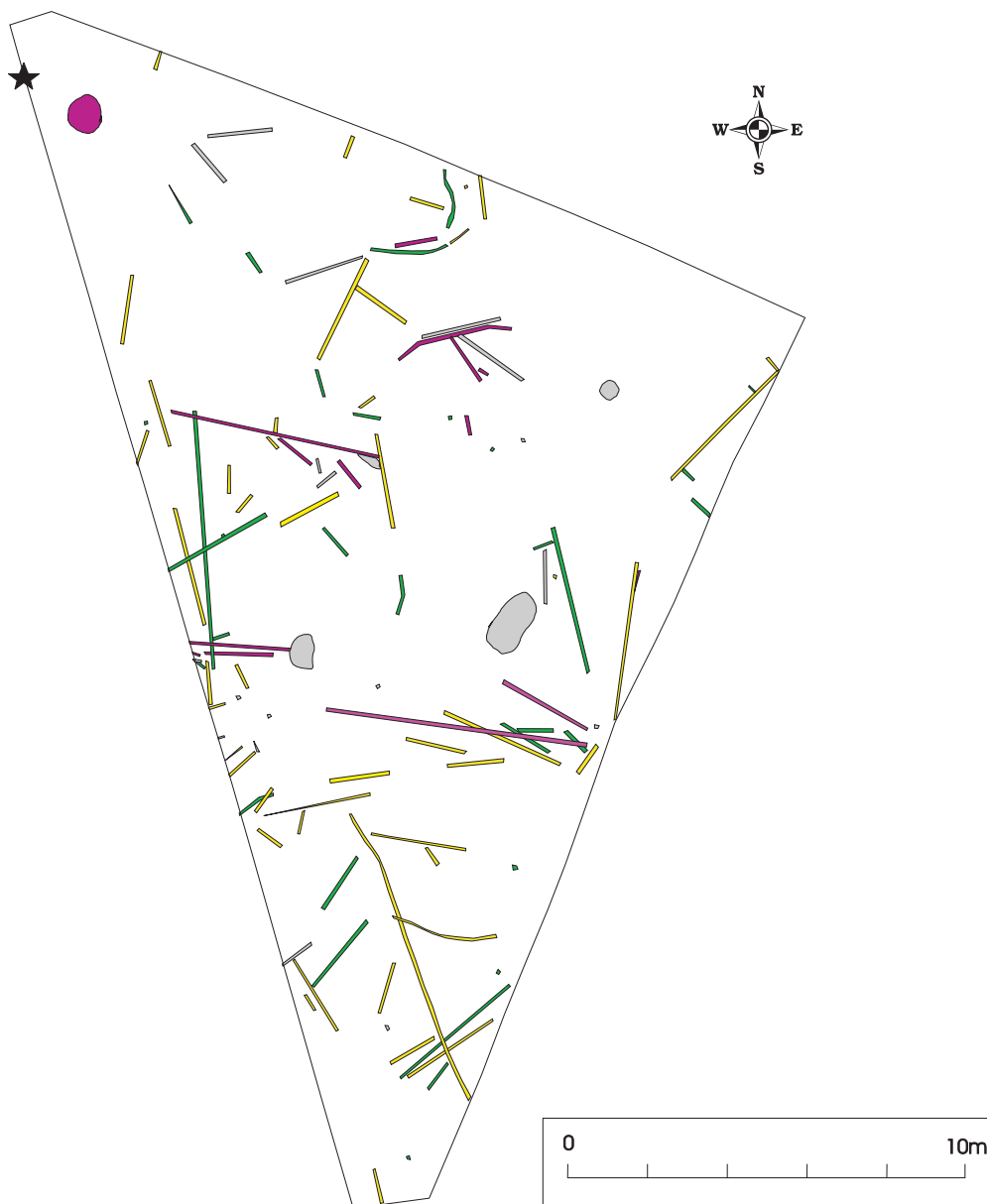
aantal bomen dat op deze wijze verdwenen is. Ondanks deze beperkingen suggereren de spaarzame gegevens van de morfologie en de ruimtelijke verdeling nog altijd dat gedurende de onderzochte periode in Zwolle-Stadshagen er bos stond met dicht opeen staande bomen. Wanneer we de homogene verdeling van de opgegraven resten en hun soorten in aanmerking nemen, kunnen we ervan uitgaan dat het bos tenminste 3 ha besloeg, gelijk aan het gebied van het proefonderzoek en de opgraving.

Van houtresten naar vegetatie

Net zoals bij het palynologisch onderzoek, kan houtidentificatie vertaald worden in vegetatietypen, zelfs wanneer we gegevens met betrekking tot de kruiden moeten ontberen. Onder de houtresten komt es het meest voor, ook als individuele boom (zie figuur 2b). Het dominant voorkomen van es en de aanwezigheid van iep, esdoorn en wegedoorn sluiten een elzenbroekbos uit. De soortensamenstelling waaronder els, wilg, eik en hazelaar wijzen in de richting van een elzenvogelkersverbond *Alno-Padion* Knapp 1942. Dit bostype, voor Nederland beschreven door Stortelder, *et al.*, (1999) komt tegenwoordig op tamelijk voedselrijke bodem voor met een hoog gehalte aan omgezet organisch materiaal. Een toename van het organische stofgehalte in de bodem (veenaccumulatie) is bij dit bostype onwaarschijnlijk. Toch hebben we in Zwolle-Stadshagen te maken met een bos op veen, hoe dun die afzetting ook mag zijn. Dit komt niet overeen met het huidige vegetatiebeeld waarin het organisch materiaal gerecycled wordt in plaats van accumuleert in de vorm van veen.

De conclusies van gecombineerde palynologische en macroscopische houtanalyses

Het gecombineerde onderzoek van microfossielen en houtresten leverde verschillende interessante resultaten op. Eén van de discussiepunten binnen de palynologie betreft de interpretatie van de AP:NAP ratio. Bijvoorbeeld, betekent een verdeling van 80:20 dat je te maken hebt met een open boslandschap of een gesloten bos. In het geval Zwolle-Stadshagen kunnen we met enige mate van zekerheid zeggen, dat we te maken hebben met een bos met dicht opeen staande bomen. Zoals reeds beschreven in het eerste artikel van deze serie wil palynologisch onderzoek de gevonden plantenlijsten omzetten in vegetatiebeelden (Kooistra, L.I., *et al.*, 2004). Een groot struikelblok is echter de vraag welke soorten bij elkaar horen binnen één en dezelfde vegetatie. Vaak worden palynologische gegevens gepresenteerd in een zogenaamd Iversendiagram (Iversen (1947) geciteerd in Janssen 1974, Fægri, *et al.*, 1989). In een Iversendiagram is het vertrekpunt de pollensom van elk monster, de zogenaamde uplandpollensom, waarvoor een vast aantal pollen van bomen, struiken en kruiden van droge gronden zijn geteld. Deze benadering is gebaseerd op de veronderstelling dat het pollen van de hoger gelegen gronden van regionale herkomst is, in tegenstelling tot het pollen van moerassen en open water, waarvan verondersteld wordt dat dat van lokale milieus afkomstig is. Het probleem ligt echter in de aanname dat bepaalde pollentypen toegeschreven moeten worden aan de



Figuur 3. Distributie van houtresten van es (geel), els (groen) en eik (paars) in werkput 5. De locatie van de gecombineerde monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek is aangegeven door een asterisk (P. Rogers).

hogere gronden (regionaal) dan wel de natte gronden (lokaal). De pollen van els, wilg en berk worden bijvoorbeeld beschouwd als de vertegenwoordigers van lokale vochtige tot natte milieutypen, terwijl het pollen van eik, es en iep toegeschreven wordt aan vegetatietypen van drogere regionale milieus. In het geval van Zwolle-Stadshagen zou dit betekenen dat aan es, esdoorn en iep een regionale in plaats van lokale status gegeven zou moeten worden, omdat aangenomen wordt dat deze soorten niet op veen groeien. Het houtonderzoek heeft echter uitgewezen dat deze aanname op een vergissing berust. Daarom zijn deze soorten in het huidige palynologische onderzoek ingedeeld bij het lokale bos. Deze verandering leverde vervolgens een nieuw verrassend resultaat op. Toen deze bomen ondergebracht werden in de lokale vegetatie werd duidelijk dat het 'regionale' pollensignaal vrijwel

geheel ontbrak. De lokale vegetatie die grotendeels uit bomen bestond, heeft waarschijnlijk een regionale pollenregen tegengehouden. Het palynologische bewijsmateriaal geeft bijna geheel de lokale vegetatie weer. Door deze gecombineerde benaderingswijze konden zowel de palynologische gegevens als die van het hout beter geïnterpreteerd worden. De palynologische gegevens wezen bijvoorbeeld op een elzenbroekbos, hoewel er enige reserve bestond. De resultaten uit het houtonderzoek wezen, eveneens met enige reserve, op een ander bostype dat van het verbond van els en vogelkers (*Alno-Padion*). We hebben echter waarschijnlijk te maken met een bostype dat ergens tussen een elzenbroekbos en een elzen-vogelkersverbond ligt. Het bostype lijkt waarschijnlijk nog het meest op één van de associaties van het elzen-vogelkersverbond. Dit wordt duidelijk uit het onderzoek

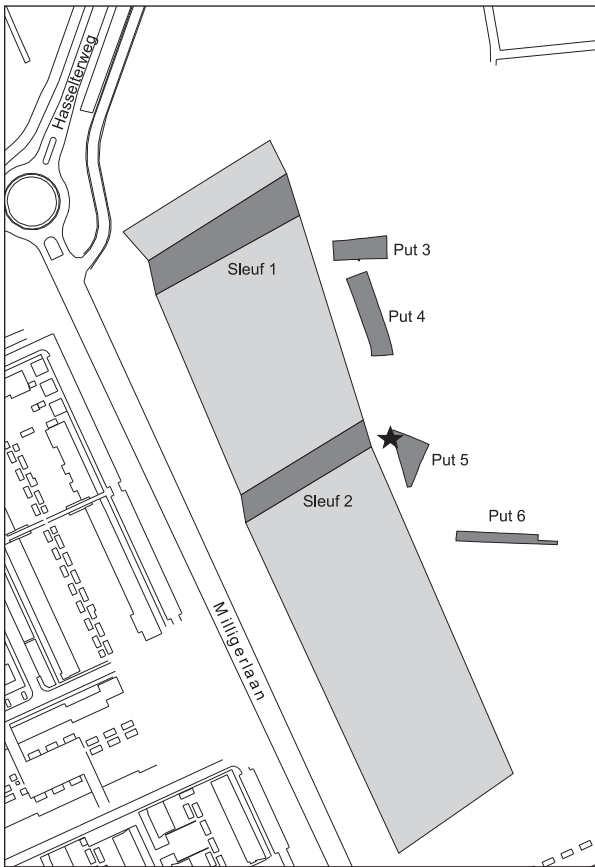
van Van der Werf (1991). Hij geeft beschrijvingen van de in Nederland voorkomende bosvegetaties, inclusief het bijna uitgestorven *Filipendulo-Alnetum* Passagre et Hofmann 1968, dat onderdeel uitmaakt van het *Alno-Padion*. Van der Werf stelt dat dit type bos van nature voorkomt op venige klei bodems of op veen, dat een klein deel klei bevat. Gegevens over de natuurlijke omstandigheden bestaan echter praktisch niet. Wel is duidelijk dat in dit vegetatietype elsen en es een belangrijke rol gespeeld hebben. Als de grondwaterspiegel fluctueerde kon het veen, wanneer het beter gedraineerd was, vergaan, terwijl het op andere momenten tengevolge van hoge grondwaterstanden, accumuleerde. Dientengevolge zou het *Filipendulo-Alnetum* nu eens het karakter kunnen vertonen van een *Alno-Padion* en dan weer van een elzenbroekbos. Als er een *Filipendulo-Alnetum* bestaan heeft in Zwolle-Stadshagen moet er ook voor eiken een plaats geweest zijn in deze vegetatie. Er is in feite meer paleo-ecologisch bewijsmateriaal voor dit bijna vergeten bostype. In de buurt van Gouda is het bekend uit een twaalfde-eeuwse context (Bakels, *et al.*, 2000). In het onderzoek van Bakels, *et al.*, wordt dit vegetatietype een 'essen-elzenbos op een ondergrond van voedselrijk veen' genoemd.

Eén van de onderzoeksdoelstellingen was het vinden van bewijs van menselijke exploitatie van de omgeving. Onderzoek van de houtresten leverde geen bewijs op voor menselijk gebruik van deze natuurlijke hulpbron. De gegevens uit de palynologie laten eveneens een geringe menselijke invloed zien. Het lijkt er daarmee op dat gedurende de veenaccumulatie deze depressie niet door de mens gebruikt werd. Waarschijnlijk was het moerasbos te ondoordringbaar. De hogere gronden in de omgeving kunnen toegankelijker geweest zijn. Het is echter moeilijk om gegevens te verkrijgen over deze drogere delen. Over het algemeen zou men hier palynologisch onderzoek voor gebruiken, maar het hier gepresenteerde onderzoek heeft aangetoond dat de pollenregen van het lokale bos grotendeels de pollensignalen van de drogere omgeving hebben uitgewist. Daardoor is er weinig tot geen palynologische informatie over eventuele bewoning van de drogere gronden

Literatuur

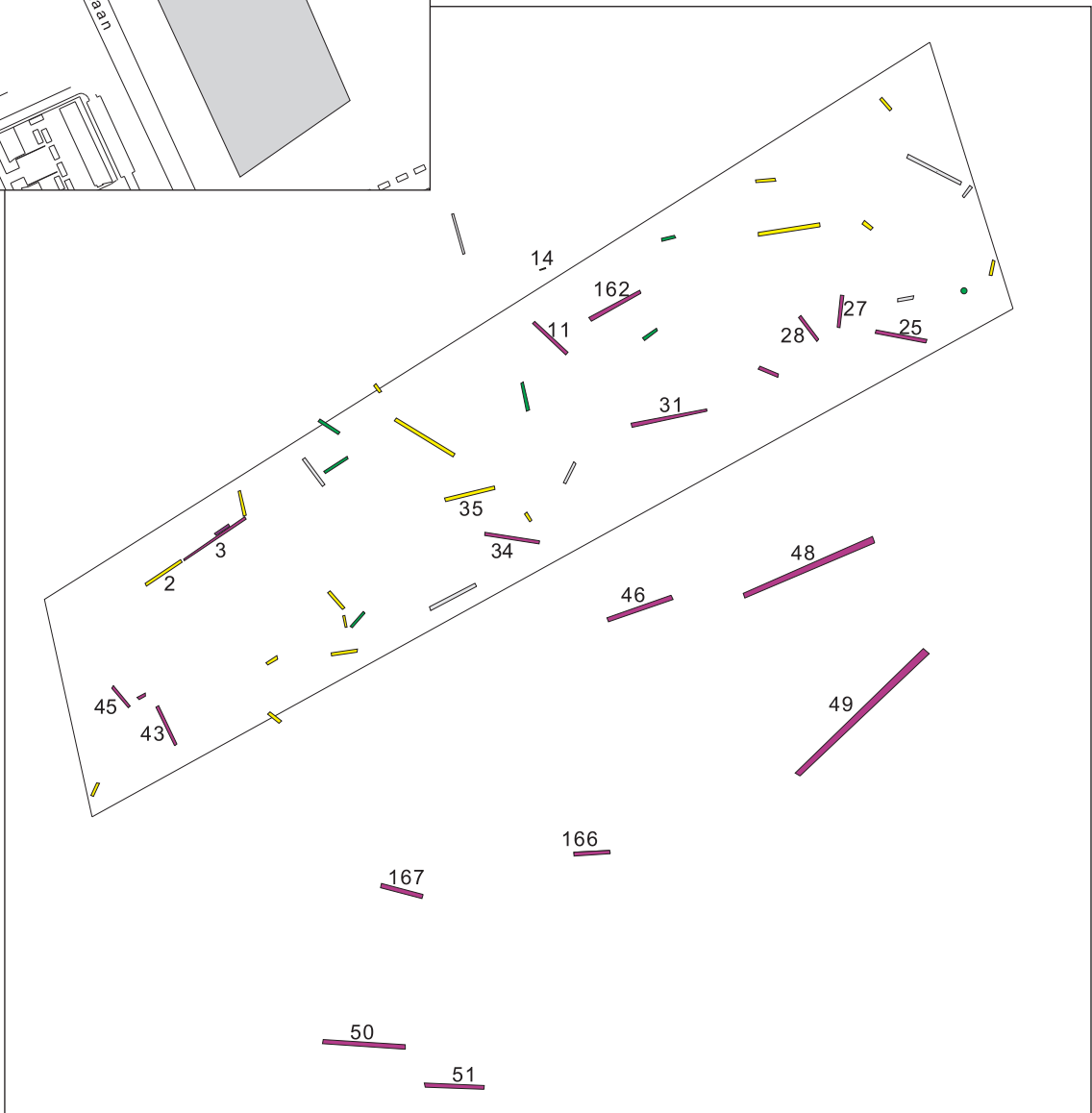
- Andersen, S.Th., 1970. The relative pollen productivity and pollen representation of north European trees, and correction factors for tree pollen spectra. *Danmarks Geologiske Undersøgelse Series II*, 96, 1-99.
- Andersen, S.Th., 1973. The differential pollen productivity of trees. In: H.J.B. Birks & R.G. West (eds.). *Quaternary Plant Ecology*. Oxford, 109-115.
- Bakels, C.C., Kok, R.S., Kooistra, L.I. & Vermeeren, C., 2000. The plant remains from Gouda-Oostpolder, a twelfth century farm in the peatlands of Holland, *Vegetation History and Archaeobotany* 9, 147-160.
- Behre, K-E., 1981. The interpretation of antropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23. 225-245.
- Birks, H.J.B. & Gordon, A.D., 1985. *Numerical methods in quaternary pollen analysis*. London.
- Bremt, P. van den, Dirx, J., During, R., Geel, B. van, Kooistra, L.I. & Tak, G., 1998. Een stekelig beeld van het Atlantische bos. *Landschap* 15/4. 245-250.
- Bradshaw, R., 1991. Spatial scale in the pollen record, in: D. Harris & K.D. Thomas (red.), *Modelling Ecological Change. Perspectives from Neocology, Palaeoecology and Environmental Archaeology, Papers from the Tenth Anniversary Conference of the Association for Environmental Archaeology held at the Institute of Archaeology, UCL, July 1989*.
- Clerkx, A.P.P.M., Van Dort, K.W., Hommel, P.W.F.M., Stortelder, A.H.F., Vrieling, J.G., De Waal, R.W. & Wolf, R.J.A.M., 1994. *Broekbossen van Nederland*, IBM-rapport 096, Wageningen.
- Erdtman, G., 1960. The acetolysis method. *Svensk Botan. Tids.*, 54. 561-564.
- Evans, A.T. & Moore, P.D., 1985. Surface Pollen Studies of *Calluna vulgaris* (L.) Hull and their Relevance to the Interpretation of Bog and Moorland Pollen Diagrams, *Circeae* 3, 173-178.
- Fægri, K., Kaland, P.E. & Krzywinski, K., 1989. *Textbook of pollenanalysis*, Chichester (4th Ed.).
- Gaillard, M.-J., Birks, H.J.B., Emanuelsson, U., Karlsson, S., Lagerås, P. & Olausson, D., 1994. Application of modern pollen/land-use relationships to the interpretation of pollen diagrams-reconstructions of land-use history in south Sweden 3000-0 BP. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 82, 47-73.
- Geel, B. van, 1978. *A Palaeoecological Study of Holocene Peat Bog Sections, based on the Analysis of Pollen, Spores and Macro- and Microscopic Remains of Fungi, Algae, Cormophytes and Animals*, Thesis, Amsterdam.
- Geel, B. van, Bohncke, S.J.P. & Dee, H., 1980/1981. A Palaeoecological Study of an upper Late Glacial and Holocene sequence from "De Borchert", the Netherlands, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 31, 367-448.
- Geel, B. van, Coope, G.R. & Hammen, T. van der, 1989. Palaeoecology and Stratigraphy of the lateglacial type section at Usselo (the Netherlands), *Review of Palaeobotany and Palynology*, 60, 25-129.
- Herder, W. de, Van Veen, C., 1980. *Bomen in de Winter*. Ede.

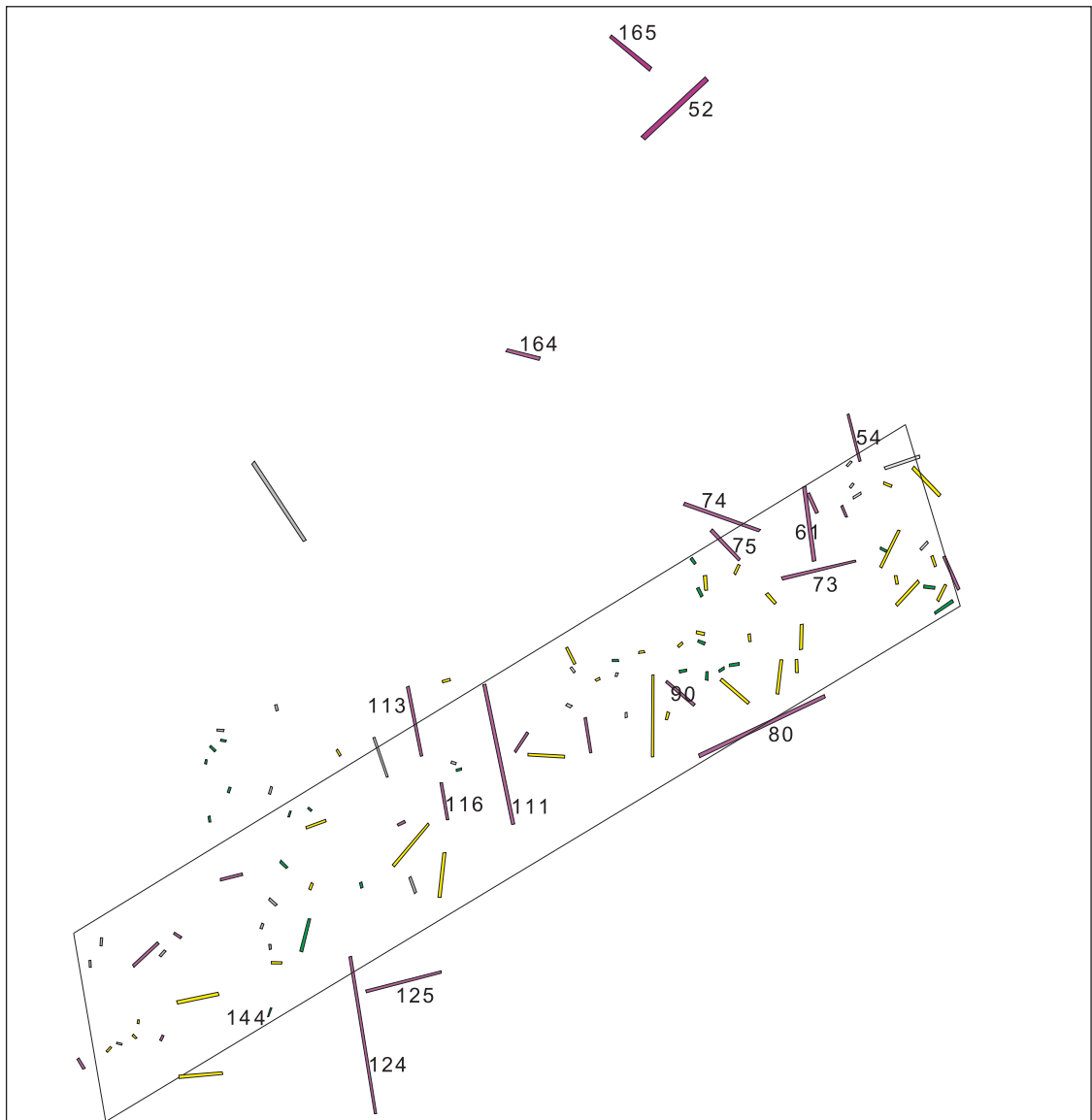
- Hicks, S., 2001. The use of annual arboreal pollen deposition values for delimiting tree-lines in the landscape and exploring models of pollen dispersal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 117, 1-29.
- Janssen, C.R., 1974. *Verkenningen in de palynologie*, Utrecht.
- Janssen, C.R., 1984. Modern Pollen Assemblages and Vegetation in the Myrtle lake peatland, Minnesota, *Ecological Monographs* 54, 213-252.
- Kooistra, L.I., Rijn, P. van, Hanraets, E., Kooistra, M.J. & Sass-Klaassen, U. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, M.J. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 3. Ontwikkeling van het paleolandschap in zijn hydrologische context. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, M.J., Sass-Klaassen, U., Kooistra, L.I. & Rijn, P. van 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 6. Synthese: een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bos in zijn natuurlijke omgeving. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Moore, P.D., Webb, J.A. & Collinson, M.E., 1991. *Pollen Analysis*, Oxford.
- Pals, J.P., Geel, B. van & Delfos, A., 1980. Palaeoecological Studies in the Klokkeweel Bog near Hoogkarspel (Noord-Holland), *Review of Palaeobotany and Palynology* 30: 371-418.
- Plicht, J. van der, 1993. The Groningen radiocarbon calibration program. *Radiocarbon* 35, 231-237.
- Punt, W., 1976. *The Northwest European Pollen Flora I*, Amsterdam.
- Punt, W. & Clarke, G.C.S., 1980. *The Northwest European Pollen Flora II*, Amsterdam.
- Punt, W. & Clarke, G.C.S., 1981. *The Northwest European Pollen Flora III*, Amsterdam.
- Punt, W. & Clarke, G.C.S., 1984. *The Northwest European Pollen Flora IV*, Amsterdam.
- Punt, W., Blackmore, S. & Clarke, G.C.S., 1988. *The Northwest European Pollen Flora V*, Amsterdam.
- Punt, W. & Blackmore, S., 1991. *The Northwest European Pollen Flora VI*, Amsterdam.
- Punt, W., Blackmore, S., & Hoen, P.P., 1995. *The Northwest European Pollen Flora VII*, Amsterdam.
- Sass-Klaassen, U. en Hanraets, E. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Schweingruber, F.H., 1982. Mikroskopische Holz Anatomie. Swiss Federal Institute of Forestry Research. Birmensdorf.
- Stortelder, A.F.H., Schaminée, J.H.J. & Hommel, P.W.F.M., 1999. *De vegetatie van Nederland Deel 5. Plantengemeenschappen van ruigten, struwelen en bossen*. Leiden.
- Törnqvist, T.E. & Bierkens, M.P.F., 1994. How smooth should curves be for calibration of radiocarbon ages? *Radiocarbon* 36: 11-26.
- Vera, F.W.M., 1997. *Metaforen voor de wildernis. Eik, hazelaar, rund, paard*. 's Gravenhage.
- Vera, F.W.M., 2002. *Grazing Ecology and Forest History*. Wallingford.
- Werf, S. van der, 1991. *Natuurbeheer in Nederland. Deel 5 Bosgemeenschappen*, Wageningen.
- Zeiler, J.T. & Kooistra, L.I., 1998. Parklandschap of Oerbos? Interpretatie van het prehistorische landschap op basis van dieren- en plantenresten. *Lutra* 40. 65-76.



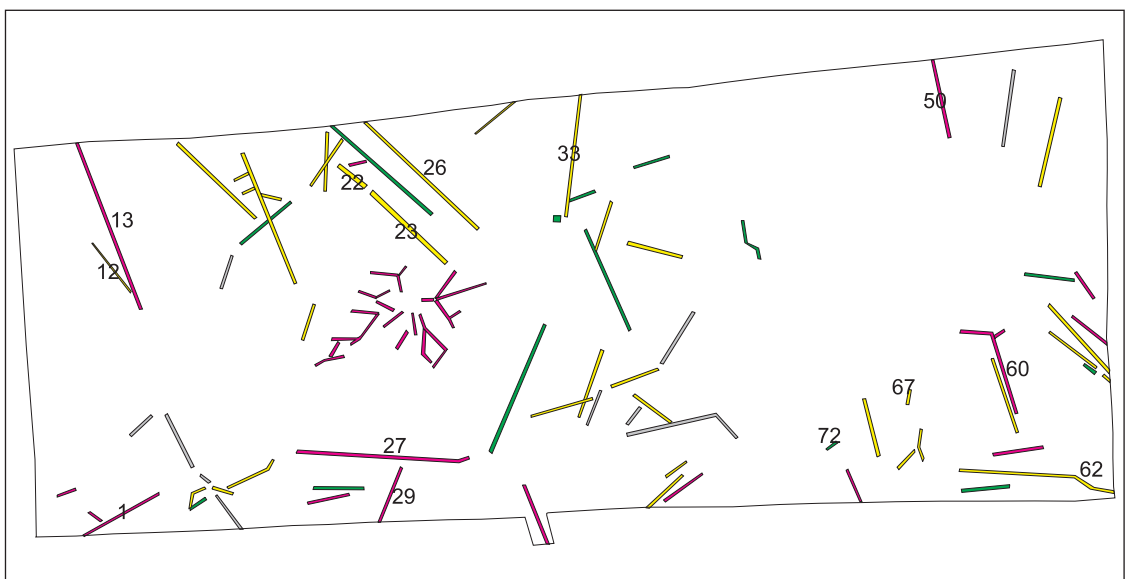
Overzicht onderzoeksgebied

Sleuf 1

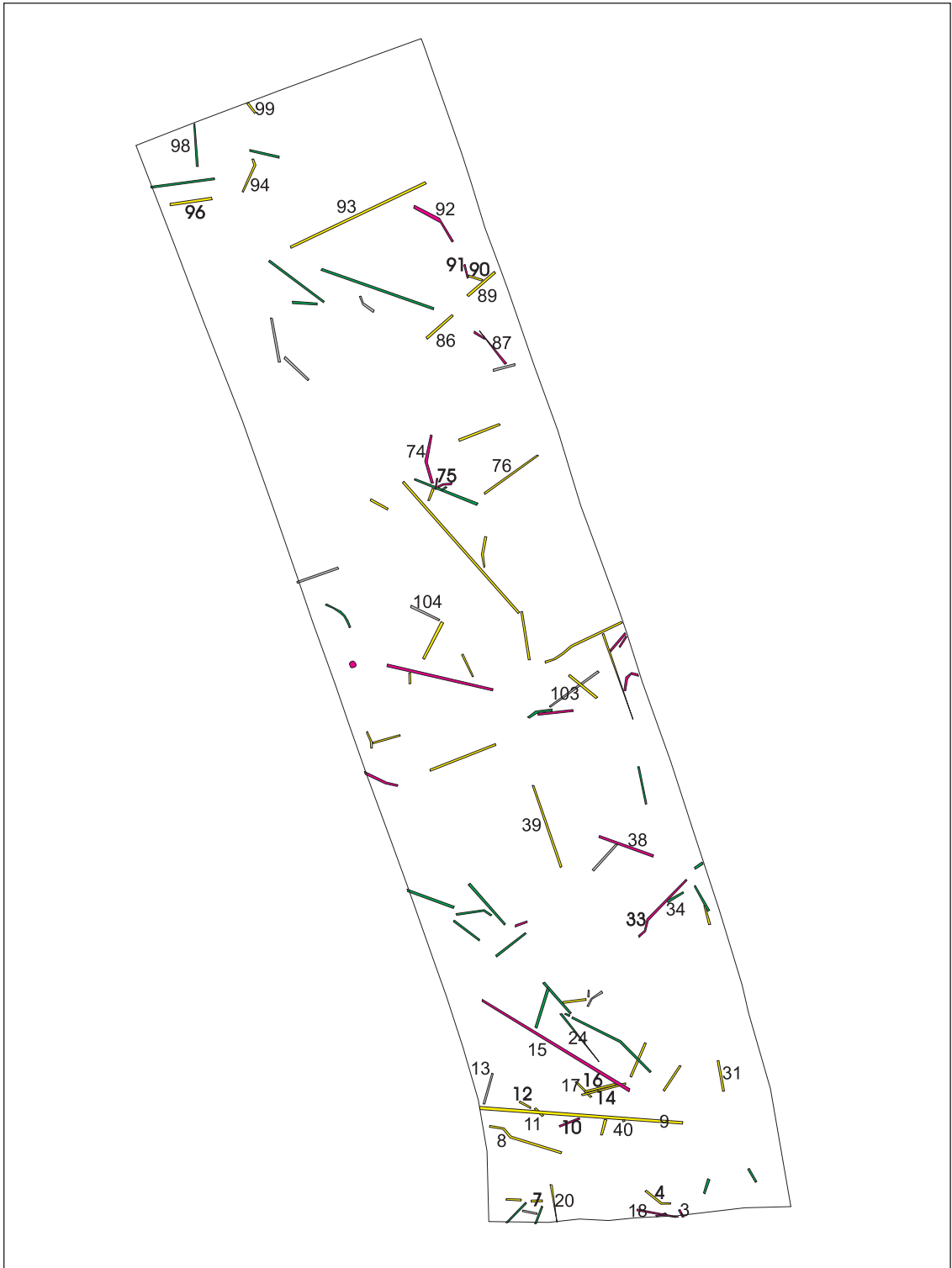




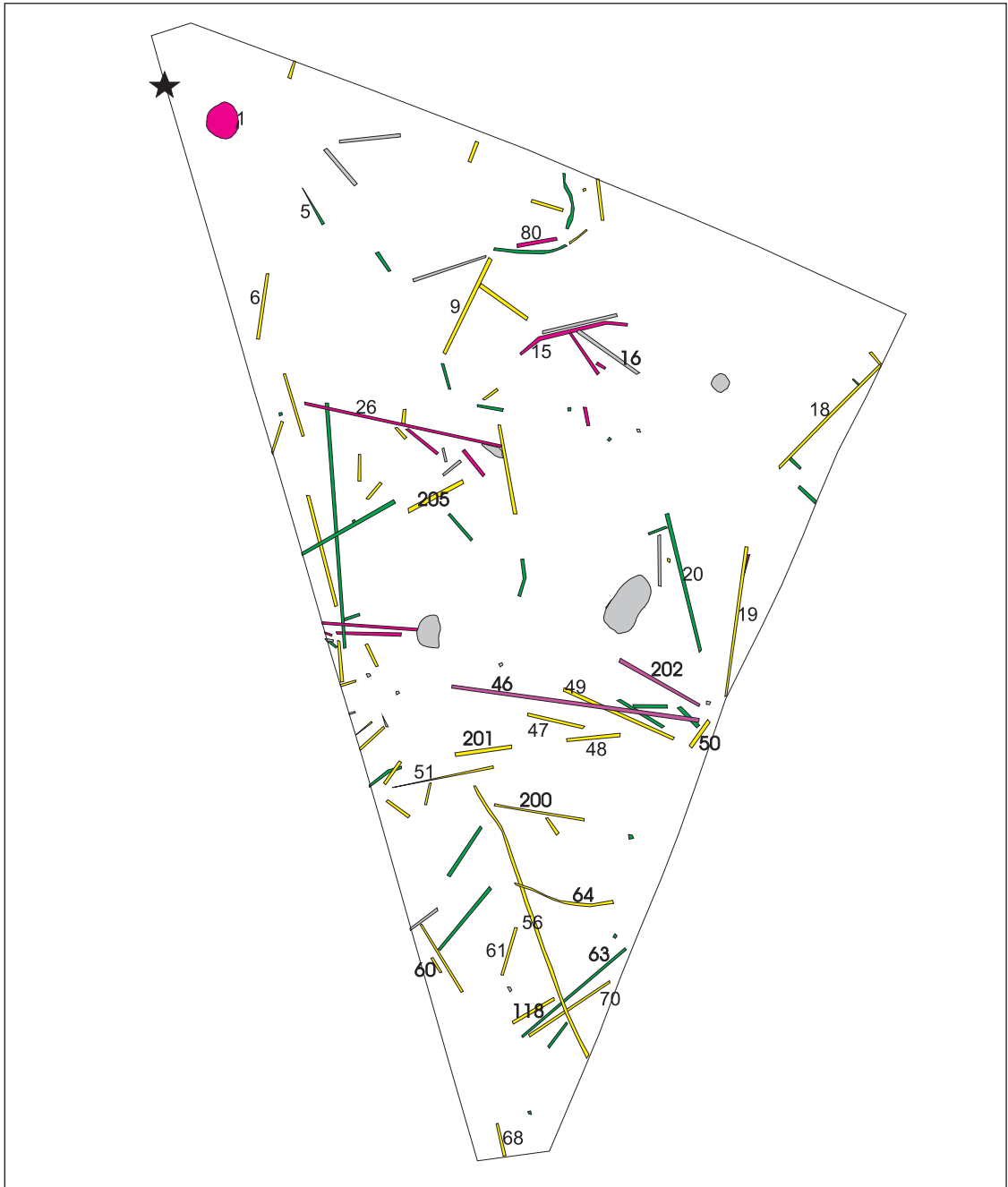
Sleuf 2



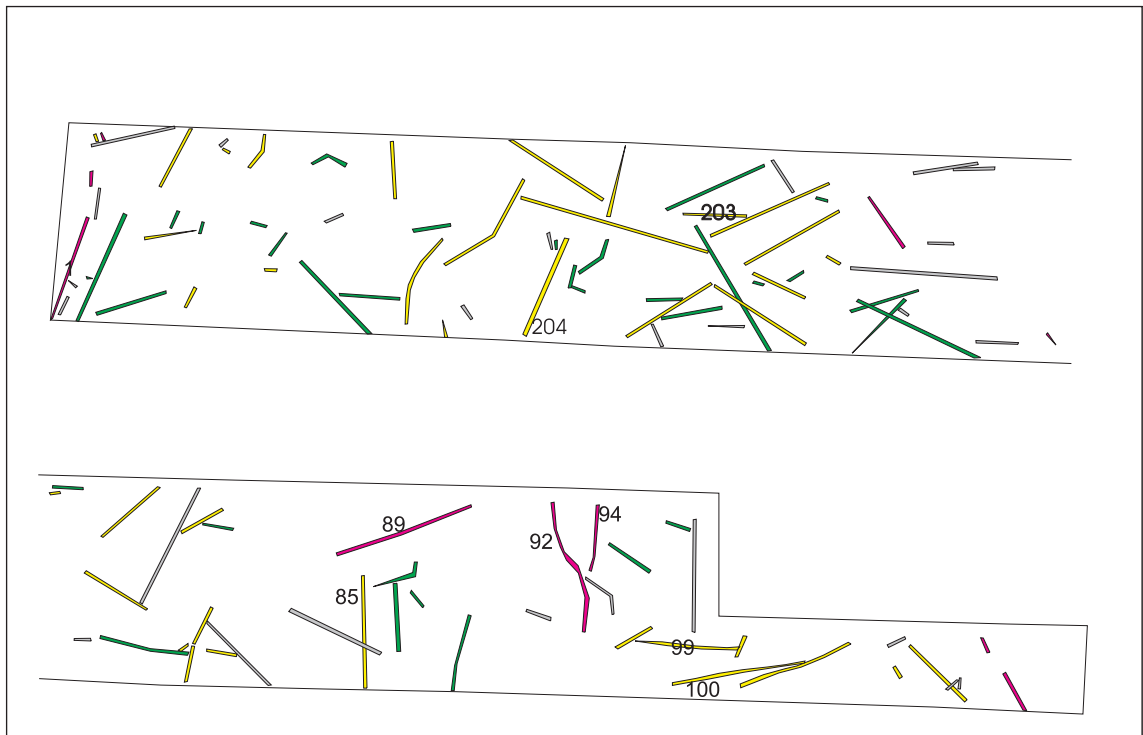
Put 3



Put 4



Put 5



Put 6

Zwolle Stadshagen. Houtsoorten per vondstnummer. Sleuven 1 en 2 (nummers 1-1-0001 t/m 1-1-0167) zijn in mei 2000 opgegraven. De putten 3, 4, 5 en 6 zijn in juni/juli 2000 opgegraven			
Nr.	houtsoort	Dendro.	
			1-1-0025 Quercus X
			1-1-0026 Alnus glutinosa/A. incana
			1-1-0027 Quercus X
			1-1-0028 Quercus X
			1-1-0029 Quercus
			1-1-0030 Alnus glutinosa/A. incana
			1-1-0031 Quercus X
			1-1-0032 ontbreekt
			1-1-0033 Fraxinus excelsior
			1-1-0034 Quercus X
			1-1-0035 Fraxinus excelsior X
			1-1-0036 ontbreekt
			1-1-0037 Fraxinus excelsior
			1-1-0038 Alnus glutinosa/A. incana
			1-1-0039 Fraxinus excelsior
			1-1-0040 Fraxinus excelsior
			1-1-0041 Fraxinus excelsior
			1-1-0042 Fraxinus excelsior
			1-1-0043 Quercus X
			1-1-0044 Quercus
			1-1-0045 Quercus X
			1-1-0046 Quercus X
			1-1-0047 Quercus
			1-1-0048 Quercus X
			1-1-0049 Quercus X
			1-1-0050 Quercus X
			1-1-0051 Quercus X
			1-1-0052 Quercus X
			1-1-0053 Fraxinus excelsior
			1-1-0054 Quercus X
			1-1-0055 indet.

1-1-0056	Fraxinus excelsior		1-1-0113	Quercus	X
1-1-0057	indet.		1-1-0114	indet.	
1-1-0058	indet.		1-1-0115	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0059	indet.		1-1-0116	Quercus	X
1-1-0060	Quercus		1-1-0117	Fraxinus excelsior	
1-1-0061	Quercus	X	1-1-0118	Fraxinus excelsior	
1-1-0062	Quercus		1-1-0119	indet.	
1-1-0063	cf Salix		1-1-0120	Quercus	
1-1-0064	Fraxinus excelsior		1-1-0121	ontbreekt	
1-1-0065	Quercus		1-1-0122	Fraxinus excelsior	
1-1-0066	Fraxinus excelsior		1-1-0123	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0067	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0124	Quercus	X
1-1-0068	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0125	Quercus	X
1-1-0069	Fraxinus excelsior		1-1-0126	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0070	Fraxinus excelsior		1-1-0127	ontbreekt	
1-1-0071	Fraxinus excelsior		1-1-0128	Fraxinus excelsior	
1-1-0072	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0129	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0073	Quercus	X	1-1-0130	Fraxinus excelsior	
1-1-0074	Quercus	X	1-1-0131	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0075	Quercus	X	1-1-0132	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0076	Fraxinus excelsior		1-1-0133	indet.	
1-1-0077	Fraxinus excelsior		1-1-0134	Ulmus	
1-1-0078	Fraxinus excelsior		1-1-0135	cf Salix	
1-1-0079	Fraxinus excelsior		1-1-0136	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0080	Quercus	X	1-1-0137	Quercus	
1-1-0081	Fraxinus excelsior		1-1-0138	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0082	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0139	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0083	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0140	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0084	Fraxinus excelsior		1-1-0141	Quercus	
1-1-0085	Fraxinus excelsior		1-1-0142	Fraxinus excelsior	
1-1-0086	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0143	Fraxinus excelsior	
1-1-0087	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0144	Alnus glutinosa/A. incana	
1-1-0088	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0145	Fraxinus excelsior	X
1-1-0089	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0146	Quercus	
1-1-0090	Quercus	X	1-1-0147	Fraxinus excelsior	
1-1-0091	Fraxinus excelsior		1-1-0148	Fraxinus excelsior	
1-1-0092	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0149	indet.	
1-1-0093	Fraxinus excelsior		1-1-0150	Fraxinus excelsior	
1-1-0094	Fraxinus excelsior		1-1-0151	Quercus	
1-1-0095	Fraxinus excelsior		1-1-0152	Salix	
1-1-0096	Fraxinus excelsior		1-1-0153	indet.	
1-1-0097	indet.		1-1-0154	Quercus	
1-1-0098	Fraxinus excelsior		1-1-0155	Salix	
1-1-0099	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0156	Quercus	
1-1-0100	indet.		1-1-0157	Salix	
1-1-0101	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0158	geen hout	
1-1-0102	Fraxinus excelsior		1-1-0159	ontbreekt	
1-1-0103	indet.		1-1-0160	ontbreekt	
1-1-0104	Salix		1-1-0161	ontbreekt	
1-1-0105	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0162	Quercus	X
1-1-0106	Alnus glutinosa/A. incana		1-1-0163	ontbreekt	
1-1-0107	indet.		1-1-0164	Quercus	X
1-1-0108	Quercus		1-1-0165	Quercus	X
1-1-0109	Fraxinus excelsior		1-1-0166	Quercus	X
1-1-0110	Quercus		1-1-0167	Quercus	X
1-1-0111	Quercus	X			
1-1-0112	Fraxinus excelsior		3-1-0001	Quercus	X

3-1-0002	Quercus		3-1-0059	Fraxinus excelsior	
3-1-0003	Quercus		3-1-0060	Quercus	X
3-1-0004	indet.		3-1-0061	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0005	Acer, type campestre		3-1-0062	Fraxinus excelsior	X
3-1-0006	Acer, type campestre		3-1-0063	Quercus	
3-1-0007	Fraxinus excelsior		3-1-0064	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0008	Alnus glutinosa/ A. incana		3-1-0065	Acer, type campestre	
3-1-0009	indet.		3-1-0066	Quercus	
3-1-0010	Fraxinus excelsior		3-1-0067	Fraxinus excelsior	X
3-1-0011	Fraxinus excelsior		3-1-0068	Fraxinus excelsior	
3-1-0012	Fraxinus excelsior	X	3-1-0069	Fraxinus excelsior	
3-1-0013	Quercus	X	3-1-0070	Fraxinus excelsior	
3-1-0014	Salix		3-1-0071	Quercus	
3-1-0015	Alnus glutinosa/ A. incana		3-1-0072	Alnus glutinosa/ A. incana	X
3-1-0016	Fraxinus excelsior		3-1-0073	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0017	Fraxinus excelsior		3-1-0074	Fraxinus excelsior	
3-1-0018	Fraxinus excelsior		3-1-0075	Fraxinus excelsior	
3-1-0019	Quercus		3-1-0076	geen det.	
3-1-0020	Fraxinus excelsior		4-1-0001	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0021	Fraxinus excelsior		4-1-0002	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0022	Fraxinus excelsior	X	4-1-0003	Quercus	X
3-1-0023	Fraxinus excelsior	X	4-1-0004	Fraxinus excelsior	X
3-1-0024	Quercus		4-1-0005	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0025	cf Alnus glutinosa/A. incana		4-1-0006	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0026	Fraxinus excelsior	X	4-1-0007	Fraxinus excelsior	X
3-1-0027	Quercus	X	4-1-0008	Fraxinus excelsior	X
3-1-0028	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0009	Fraxinus excelsior	X
3-1-0029	Quercus	X	4-1-0010	Quercus	X
3-1-0030	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0011	Fraxinus excelsior	X
3-1-0031	Quercus		4-1-0012	Fraxinus excelsior	X
3-1-0032	Fraxinus excelsior		4-1-0013	Ulmus	X
3-1-0033	Fraxinus excelsior	X	4-1-0014	Fraxinus excelsior	X
3-1-0034	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0015	Quercus	X
3-1-0035	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0016	Fraxinus excelsior	X
3-1-0036	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0017	Fraxinus excelsior	X
3-1-0037	Fraxinus excelsior		4-1-0018	Quercus	X
3-1-0038	Fraxinus excelsior		4-1-0019	Fraxinus excelsior	
3-1-0039	Fraxinus excelsior		4-1-0020	Fraxinus excelsior	X
3-1-0040	Salix		4-1-0021	Fraxinus excelsior	
3-1-0041	Fraxinus excelsior		4-1-0022	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0042	indet.		4-1-0023	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0043	Fraxinus excelsior		4-1-0024	Alnus glutinosa/ A. incana	X
3-1-0044	indet.		4-1-0025	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0045	Salix		4-1-0026	Fraxinus excelsior	
3-1-0046	Fraxinus excelsior		4-1-0027	indet.	
3-1-0047	Fraxinus excelsior		4-1-0028	indet.	
3-1-0048	Quercus		4-1-0029	Fraxinus excelsior	
3-1-0049	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0030	Fraxinus excelsior	
3-1-0050	Quercus	X	4-1-0031	Fraxinus excelsior	X
3-1-0051	indet.		4-1-0032	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0052	Fraxinus excelsior		4-1-0033	Quercus	X
3-1-0053	cf Alnus glutinosa/A. incana		4-1-0034	Alnus glutinosa/ A. incana of Fraxinus excelsior	
3-1-0054	Quercus		of Quercus	X	
3-1-0055	Quercus		4-1-0035	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0056	Fraxinus excelsior		4-1-0036	Alnus glutinosa/ A. incana	
3-1-0057	Fraxinus excelsior		4-1-0037	Fraxinus excelsior	
3-1-0058	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0038	Quercus	X

4-1-0039	Fraxinus excelsior	X?	4-1-0096	Fraxinus excelsior	X
4-1-0040	Fraxinus excelsior	X	4-1-0097	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0041	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0098	Alnus glutinosa/ A. incana	X
4-1-0042	Fraxinus excelsior		4-1-0099	Fraxinus excelsior	X
4-1-0043	Quercus		4-1-0100	indet.	
4-1-0044	Fraxinus excelsior		4-1-0101	ontbreekt	
4-1-0045	Quercus		4-1-0102	Quercus	X
4-1-0046	Quercus		4-1-0103	ontbreekt	X
4-1-0047	Fraxinus excelsior		4-1-0104	ontbreekt	
4-1-0048	Quercus		4-1-0105	Quercus	
4-1-0049	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0106	Fraxinus excelsior	
4-1-0050	cf Fraxinus excelsior		4-1-0107	Fraxinus excelsior	
4-1-0051	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0108	Quercus	
4-1-0052	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0109	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0053	Alnus glutinosa/ A. incana		4-1-0110	Fraxinus excelsior	
4-1-0054	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0001	quercus	X?
4-1-0055	Alnus/Betula		5-1-0002	Fraxinus excelsior	
4-1-0056	Quercus		5-1-0003	Salix	
4-1-0057	indet.		5-1-0004	Salix	
4-1-0058	Fraxinus excelsior		5-1-0005	Alnus glutinosa/ A. incana	X?
4-1-0059	indet.		5-1-0006	Fraxinus excelsior	X
4-1-0060	Quercus		5-1-0007	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0061	Quercus		5-1-0008	indet.	
4-1-0062	Fraxinus excelsior		5-1-0009	Fraxinus excelsior	X
4-1-0063	Quercus		5-1-0010	Fraxinus excelsior	
4-1-0064	Fraxinus excelsior		5-1-0011	Fraxinus excelsior	
4-1-0065	Fraxinus excelsior		5-1-0012	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0066	Fraxinus excelsior		5-1-0013	cf Fraxinus excelsior	
4-1-0067	Fraxinus excelsior		5-1-0014	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0068	Fraxinus excelsior		5-1-0015	Quercus	X
4-1-0069	Quercus		5-1-0016	indet.	X
4-1-0070	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0018	Fraxinus excelsior	X
4-1-0071	Salix		5-1-0019	Fraxinus excelsior	X
4-1-0072	Fraxinus excelsior		5-1-0020	Alnus glutinosa/ A. incana	X
4-1-0073	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0021	indet.	
4-1-0074	Quercus	X	5-1-0022	Betula	
4-1-0075	Quercus	X	5-1-0023	Quercus	
4-1-0076	Fraxinus excelsior	X?	5-1-0024	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0077	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0025	Fraxinus excelsior	
4-1-0078	Fraxinus excelsior		5-1-0026	Quercus	X
4-1-0079	Fraxinus excelsior		5-1-0027	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0080	ontbreekt		5-1-0028	Fraxinus excelsior	
4-1-0081	ontbreekt		5-1-0029	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0082	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0030	Fraxinus excelsior	
4-1-0083	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0031	Fraxinus excelsior	
4-1-0084	ontbreekt		5-1-0032	indet.	
4-1-0085	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0033	indet.	
4-1-0086	Fraxinus excelsior	X	5-1-0034	Quercus	
4-1-0087	Quercus	X	5-1-0035	Salix	
4-1-0088	loofhout		5-1-0036	Fraxinus excelsior	
4-1-0089	Fraxinus excelsior	X	5-1-0037	Fraxinus excelsior	
4-1-0090	Fraxinus excelsior	X	5-1-0038	Fraxinus excelsior	
4-1-0091	Quercus	X	5-1-0039	Fraxinus excelsior	
4-1-0092	Quercus	X	5-1-0040	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0093	Fraxinus excelsior	X	5-1-0041	Alnus glutinosa/ A. incana	
4-1-0094	Fraxinus excelsior	X	5-1-0042	Fraxinus excelsior	
4-1-0095	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0043	Alnus glutinosa/ A. incana	

5-1-0044	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0101	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0045	Salix		5-1-0102	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0046	Quercus	X	5-1-0103	cf Fraxinus excelsior	
5-1-0047	Fraxinus excelsior	X	5-1-0104	Quercus	
5-1-0048	Fraxinus excelsior	X	5-1-0105	Fraxinus excelsior	
5-1-0049	Fraxinus excelsior	X	5-1-0106	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0050	Fraxinus excelsior	X	5-1-0107	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0051	Fraxinus excelsior	X	5-1-0108	indet.	
5-1-0052	Fraxinus excelsior		5-1-0109	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0053	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0110	indet.	
5-1-0054	Fraxinus excelsior		5-1-0111	Quercus	
5-1-0055	Fraxinus excelsior		5-1-0112	Quercus	
5-1-0056	Fraxinus excelsior	X	5-1-0113	cf Corylus	
5-1-0057	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0114	Ulmus	
5-1-0058	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0115	Fraxinus excelsior	
5-1-0059	Fraxinus excelsior		5-1-0116	indet.	
5-1-0060	Fraxinus excelsior	X	5-1-0117	Betula	
5-1-0061	Fraxinus excelsior	X	5-1-0118	Fraxinus excelsior	X
5-1-0062	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0119	Quercus	
5-1-0063	Alnus glutinosa/ A. incana	X	5-1-0120		
5-1-0064	Fraxinus excelsior	X	5-1-0121	Quercus	X
5-1-0065	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0200	Fraxinus excelsior	X
5-1-0065a	Fraxinus excelsior		5-1-0201	Fraxinus excelsior	X
5-1-0066	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0202	Quercus	X
5-1-0067	Alnus glutinosa/ A. incana		5-1-0205	Fraxinus excelsior	X
5-1-0068	Fraxinus excelsior	X	6-1-0001	Quercus	X
5-1-0069	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0002	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0070	Fraxinus excelsior	X	6-1-0003	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0071	indet.		6-1-0004	indet.	
5-1-0072	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0005	indet.	
5-1-0073	indet.		6-1-0006	Quercus	
5-1-0074	Fraxinus excelsior		6-1-0008	Quercus	
5-1-0075	Quercus		6-1-0009	Fraxinus excelsior	
5-1-0076	Quercus		6-1-0010	indet.	
5-1-0077	Fraxinus excelsior		6-1-0011	cf Alnus glutinosa/A. incana	
5-1-0078	Quercus		6-1-0012	Fraxinus excelsior	
5-1-0079	Fraxinus excelsior		6-1-0013	cf Fraxinus excelsior	
5-1-0080	Quercus of Alnus	X?	6-1-0014	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0081	Fraxinus excelsior		6-1-0015	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0082	geen det.		6-1-0016	Fraxinus excelsior	
5-1-0086	Fraxinus excelsior		6-1-0017	indet.	
5-1-0087	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0018	Fraxinus excelsior	
5-1-0088	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0019	cf Fraxinus excelsior	
5-1-0089	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0020	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0090	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0021	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0091	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0022	Fraxinus excelsior	
5-1-0092	Fraxinus excelsior		6-1-0023	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0093	Fraxinus excelsior		6-1-0024	cf Alnus glutinosa/A. incana	
5-1-0094	indet.		6-1-0025	indet.	
5-1-0095	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0026	Fraxinus excelsior	
5-1-0095	Quercus		6-1-0027	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0096	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0028	Alnus glutinosa/ A. incana	
5-1-0097	geen det.		6-1-0029	Fraxinus excelsior	
5-1-0098	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0030	Fraxinus excelsior	
5-1-0099	Ulmus		6-1-0032	Fraxinus excelsior	
5-1-0099	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0033	cf Fraxinus excelsior	
5-1-0100	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0034	Fraxinus excelsior	

6-1-0035	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0093	Salix	
6-1-0036	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0094	Quercus	X
6-1-0037	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0095	cf Alnus glutinosa/A. incana	
6-1-0038	indet.		6-1-0096	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0039	cf Alnus glutinosa/A. incana		6-1-0098	Fraxinus excelsior	
6-1-0040	Fraxinus excelsior		6-1-0099	Fraxinus excelsior	X
6-1-0041	cf Alnus glutinosa/A. incana		6-1-0100	Fraxinus excelsior	X
6-1-0042	indet.		6-1-0101	Fraxinus excelsior	
6-1-0043	Fraxinus excelsior		6-1-0102	Fraxinus excelsior	
6-1-0044	cf Alnus glutinosa/A. incana		6-1-0103	Fraxinus excelsior	
6-1-0045	cf Fraxinus excelsior		6-1-0104	Rhamnus c.	
6-1-0046	Fraxinus excelsior		6-1-0105	Fraxinus excelsior	
6-1-0046	geen det.		6-1-0106	Salix	
6-1-0047	Betula/Alnus		6-1-0107	Quercus	
6-1-0048	Betula/Alnus		6-1-0108	Quercus	
6-1-0049	Fraxinus excelsior		6-1-0109	indet.	
6-1-0050	Fraxinus excelsior		6-1-0110	Ulmus	
6-1-0052	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0111	Ulmus	
6-1-0053	cf Fraxinus excelsior		6-1-0112	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0054	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0113	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0055	indet.		6-1-0114		
6-1-0056	indet.		6-1-0115	cf Alnus glutinosa/A. incana	
6-1-0057,1	Quercus		6-1-0116	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0057,2	cf Salix		6-1-0117	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0058	indet.		6-1-0118	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0059	indet.		6-1-0119	Salix	
6-1-0060	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0120	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0061	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0121	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0062	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0122	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0063	indet.		6-1-0123	Salix	
6-1-0064	indet.		6-1-0124	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0065	Quercus		6-1-0125	indet.	
6-1-0066	indet.		6-1-0126	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0067	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0127	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0068	indet.		6-1-0128	Fraxinus excelsior	
6-1-0069	Fraxinus excelsior		6-1-0129	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0070	Fraxinus excelsior		6-1-0130	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0071	Fraxinus excelsior		6-1-0131	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0072			6-1-0132	indet.	
6-1-0073	Fraxinus excelsior		6-1-0133	cf Fraxinus excelsior	
6-1-0074	Fraxinus excelsior		6-1-0134	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0075			6-1-0135	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0076	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0136	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0077	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0137	indet.	
6-1-0078	Fraxinus excelsior		6-1-0138	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0079	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0139	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0080	Fraxinus excelsior		6-1-0140	Salix	
6-1-0081	Fraxinus excelsior		6-1-0141	Fraxinus excelsior	
6-1-0082	Alnus glutinosa/ A. incana		6-1-0142	geen det.	
6-1-0084			6-1-0143	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0085	Fraxinus excelsior	X	6-1-0144	Alnus glutinosa/ A. incana	
6-1-0086	Alnus glutinosa/ A. incana		6-2-0203	Fraxinus excelsior	X
6-1-0087	cf Alnus glutinosa/A. incana		6-2-0204	Fraxinus excelsior	X
6-1-0088	Alnus glutinosa/ A. incana				
6-1-0089	Quercus	X			
6-1-0090	Alnus glutinosa/ A. incana				
6-1-0092	Quercus	X			

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es

U. Sass-Klaassen, E. Hanraets

Samenvatting

Dendrochronologie is gebruikt om de ouderdom van subfossiele eiken en essen, die opgegraven zijn in het voormalige moerasbos in Zwolle-Stadshagen, Nederland, op het jaar precies te bepalen.

Verder is geprobeerd om veranderingen in de jaarringpatronen van deze bomen te vergelijken met hun groeiomstandigheden, met name de hydrologie. De populatie dynamiek van eik en es zijn bestudeerd door te kijken naar (geaccumuleerde) fasen van ontkieming en afsterven. De resultaten tonen aan dat het moerasbos met eik en es in Zwolle-Stadshagen gedurende een periode van tenminste 700 jaar bestond, beginnend van ca. 157 voor Chr. tot 586 na Chr. Eik en es groeiden langzaam en toonden afwisselende fasen van normale en sterk gereduceerde groei. Langdurige groeidepressies kwamen voor met een frequentie van ongeveer 20 tot 40 jaar. Bijna al deze depressies worden ook aangetroffen bij eiken van andere moerasstandplaatsen in NW Europa. Ten gevolge daarvan moet een regionale (klimaat)factor verantwoordelijk gezien worden voor dit verschijnsel. Gezien de specifieke groeiomstandigheden van eiken in moerasbossen waar langdurig hoge grondwaterstanden optreden is het aannemelijk dat deze klimaatfactor, waarschijnlijk neerslag, verantwoordelijk is voor hydrologische veranderingen. In ongeveer 300 na Chr. vond een opmerkelijke verandering plaats in de eik en es populatie, waarbij vele nieuwe bomen ontkiemden. Dit wijst op een periode van opmerkelijke veranderingen in de hydrologie van het gebied, die voorafging aan de teloorgang van het moerasbos beginnend rond 530 na Chr.

Trefwoorden: Dendrochronologie, eik, es, jaarringpatroon, populatie dynamiek, hydrologie, klimaat

Onderzoek aan subfossiele veeneiken

Gedurende de laatste 20 jaar is veel onderzoek uitgevoerd aan subfossiele eiken die groeiden in moerasbossen in Duitsland, Ierland en Nederland. Deze zogenaamde veeneiken zijn soms gedurende duizenden jaren *in situ* in het veen geconserveerd (Leuschner *et al.*, 2002).

De NW Europese dataset bestaat uit jaarringreeksen van ongeveer 2600 subfossiele veeneiken van bijna 200 standplaatsen. Deze zijn samengevat tot jaarringchronologieën

(middelcurves) die de periode beslaan van 6069 voor Chr. tot ca. 900 na Chr. (Pilcher *et al.*, 1984; Leuschner, 1992; Jansma, 1995; Spurk *et al.*, 1998). Recenterere vondsten van veeneiken in Ierland konden zelfs gedateerd worden tot in de 17e eeuw (Baillie, person. mededeling). De Nederlandse veeneikenchronologie (3600 voor Chr. tot 600 na Chr.) is in de eerste plaats opgebouwd en gebruikt om hout uit archeologische contexten te dateren (Jansma, 1996). Echter de opvallende overeenkomst van de groeipatronen van Nederlandse, Duitse en zelfs Ierse veeneiken wijzen op het bestaan van een regionale (klimaat)factor die de groei van eiken in voormalige moerasbossen op verschillende standplaatsen in NW Europa op dezelfde wijze beïnvloedde (Leuschner *et al.*, 2002). Daarnaast vonden Leuschner *et al.* (2002) gelijktijdige fasen van ontkiemen en afsterven in eiken op deze natte standplaatsen gedurende langere perioden in het Holoceen. Het feit dat jaarringchronologieën van subfossiele eiken ver teruggaan in de tijd, bijna tot aan de terugkeer van de eik na de laatste IJstijd (Spurk *et al.*, 1998), tezamen met de gevoeligheid van deze eiken voor veranderende ecologische groeiomstandigheden, maken dat deze chronologieën gebruikt kunnen worden als belangrijke *proxy* (=indirecte) data voor het bestuderen en reconstrueren van veranderingen in het klimaat en landschap in het verleden.

De meeste veeneiken groeiden langzaam en tonen periodieke, langdurige groeidepressies. De specifieke standplaatsomstandigheden met wisselende (maar altijd hoge) grondwaterstanden maken het aannemelijk dat de site hydrologie een belangrijke rol speelde voor de groei en populatie dynamiek (ontkiemenig, afsterven) van deze eiken.

Tot nog toe is de interpretatie van het specifieke jaarringpatroon in termen van (veranderende) standplaatsfactoren, bijvoorbeeld hydrologie, problematisch geweest omdat er geen moderne moerasbossen bestaan in NW Europa waarin eiken met deze specifieke groeipatronen kunnen worden gevonden (Sass-Klaassen, 2003). De enige kans om de jaarringpatronen en de populatiedynamiek van veeneiken te interpreteren is om zoveel mogelijk informatie te verzamelen over de ecologie van de moerasbossen waarin deze eiken groeiden. Daarom hebben we besloten om oude moerasbossen op te graven met het doel de ontwikkeling, structuur en dynamiek van de (bosachtige) vegetatie in relatie tot wisselende standplaatsfactoren (bijvoorbeeld veenvorming, hydrologie) te reconstrueren.

De opgraving in Zwolle-Stadshagen, Nederland

Gedurende bouwactiviteiten voor een stedelijke uitbreiding in Zwolle zijn veel restanten van bomen – waaronder veel eiken – gevonden. Al snel werd duidelijk dat op deze locatie een voormalig moerasbos met eik in het veen bewaard was gebleven, een perfecte kans om een oorspronkelijk landschap in Nederland op te graven (zie Kooistra, L.I. *et al.*, 2004a).

De rol van het dendrochronologisch onderzoek was in de eerste plaats het dateren van de restanten van eik (*Quercus spp.*) en zo mogelijk es (*Fraxinus excelsior*). Door de jaarringreeksen van de opgegraven eiken en essen te vergelijken met lange jaarringchronologieën van veeneiken uit Duitsland

(Leuschner, ongepubl. gegevens) en Nederland (RING, ongepubl. gegevens) kon de volgende vraag beantwoord worden: (1) wanneer en hoe lang bestond een moerasbos met eik en es rond Zwolle-Stadshagen?

Verder is ook gekeken in hoe verre fasen van normale en sterk gereduceerde groei verband houden met wisselende standplaatscondities. Informatie over wisselende standplaatscondities was beschikbaar uit het micromorfologisch en pollenonderzoek. Op deze wijze werd duidelijk: (2) welke (standplaats)factoren met name bepalend zijn voor de groei van eik en es in het moerasbos rond Zwolle-Stadshagen.

Op basis van deze resultaten ontstond de volgende vraag: (3) vertegenwoordigen deze factoren een *lokale factor* of zijn zij gerelateerd aan, dan wel in beweging gezet door, een groot-schalige *regionale factor*, dat wil zeggen klimaat?

Tenslotte verschafft de chronologische verdeling van de gedateerde jaarringreeksen informatie over de populatie dynamiek van eiken en essen in moerasbossen, die gebaseerd zijn op bijvoorbeeld geaccumuleerde fasen van ontkieming en/of afsterven. Daarbij werd de gemiddelde leeftijd van alle bomen van een populatie in ieder kalenderjaar gebruikt als een integrale parameter om de populatie dynamiek te bestuderen (Leuschner *et al.*, 2002). Opvallende veranderingen in de populatie (bijvoorbeeld ontkiemingsgolven) kunnen worden gezien als tijdstippen van duidelijke veranderingen in standplaatscondities, die mogelijk ook in de palynologische gegevens en/of het bodemkundig archief van Zwolle-Stadshagen gedocumenteerd zijn. In combinatie met de boven geformuleerde vragen kan worden onderzocht: (4) wanneer er grote veranderingen optraden in het bos en misschien het landschap rond Zwolle-Stadshagen en (5) of deze veranderingen een *lokaal* verschijnsel zijn dan wel een grootschalig *regionaal* verschijnsel, dat wil zeggen veroorzaakt door klimaat.

Materiaal en methoden

Monsters en bemonstering: principes en techniek

Bemonstering werd uitgevoerd in twee proefsleuven en vier opgravingsleuven met een oppervlak van in totaal 1270 m² (zie Kooistra, L.I. *et al.*, 2004a & b).

Hoewel alle houtfragmenten zijn verzameld waren slechts enkele geschikt voor dendrochronologisch onderzoek. De geschiktheid van monsters werd vooral bepaald door de mate van conservering, het aantal jaarringen en de boomsoort. Goed geconserveerde stamschijven zijn genomen van de stambasis. Deze omvatten (idealiter) het maximale aantal jaarringen van het centrum (=merg) tot en met de laatst gevormde jaarring onder de bast. Daarmee is het mogelijk om zowel het jaar van ontkieming als afsterven en daarmee de leeftijd van de boom (bij benadering) te bepalen. Omdat veel stammen niet voldoende bewaard zijn gebleven, zijn ook andere boomresten zoals takken en boomwortels onderzocht. Het is duidelijk dat de houtresten op een dusdanige wijze geconserveerd moesten zijn dat jaarringen nog zichtbaar en meetbaar waren. Een geschikt monster moet tenminste dertig ringen bevatten. Tot nu toe zijn wat betreft subfossiel hout, eik (*Quercus spp.*) en grove den (*Pinus sylvestris*) de meest geschikte soorten gebleken voor

dendrochronologisch onderzoek; derhalve zijn lange chronologieën verkregen van deze twee soorten. Incidenteel laten zich ook andere soorten zoals es (*Fraxinus excelsior*) en els (*Alnus spp.*) met eikenchronologieën dateren. De monsters zijn genomen door gebruik te maken van een kettingzaag en zijn vervolgens in plastic zakken gesealed.

Dendrochronologische analyse

Preparatie, metingen, dateringen en berekeningen van de standplaatschronologieën

Het oppervlak van de monsters is zorgvuldig geprepareerd met behulp van scheermesjes om de jaarringen zichtbaar te maken. De breedte van de jaarringen is gemeten (precisie 1/100 mm) met een dendrochronologisch meetapparaat (Lintap, TSAP; Rinn, 1996). Bij onvolledig bewaarde monsters is een schatting gemaakt van het aantal missende ringen tot het merg en de bast, waarbij rekening is gehouden met het aantal resterende spinhoutringen en de loop van de jaarringen dichtbij het merg, evenals de vorm en de morfologie (stam, wortel, tak) van het monster als ook de positie van het monster in de boom (afstand tot de basis van de stam). Wanneer we de slechte staat van conservering in aanmerking nemen, moet toegegeven worden dat deze methode enkele tekortkomingen kent met betrekking tot een juiste bepaling voor het kiemjaar en het jaar van afsterven.

De jaarringreeksen zijn statistisch (programma's TSAP (Rinn, 1996) COFECHA (Holmes, 1983; Grissino-Mayer, 2001)) en visueel onderling vergeleken (cross-dating). Beide programma's leveren ook een statistische beschrijving van de individuele jaarringreeksen (gemiddelde jaarringbreedte, standaard deviatie, autocorrelatie).

Vervolgens zijn zogenoemde *standplaatschronologieën* (=middelcurven) berekend op basis van de individuele jaarringreeksen van respectievelijk eik en es. Deze standplaatschronologieën representeren het gemiddelde groeipatroon van de eiken en essen op deze specifieke standplaats (Fritts, 1976). Vóór de berekeningen van de standplaatschronologieën zijn de leeftijdstrends uit de individuele jaarringreeksen verwijderd (logaritmische transformatie en geleidend middel 101 jaar, variabele Kern-Filter, Riemer, 1994). De standplaatschronologieën van eik en es, alsmede de individuele jaarringreeksen zijn gedateerd met behulp van de *Continental vee-neikronologie* (Leuschner, Sass-Klaassen, ongepubl. gegevens). Deze *regionale* chronologie is berekend uit jaarringreeksen van ongeveer 600 subfossiele eiken van verschillende sites in NW Duitsland en Nederland. De vergelijking is uitgevoerd door gebruik te maken van een correlatieanalyse, getoetst door een student t-test, en een sign-test, waarbij het aantal gelijkgerichte jaarlijkse veranderingen in de jaarringreeksen berekend wordt (TSAP Rinn, 1996) Alle statistische resultaten zijn visueel gecontroleerd.

Locale en regionale 'signalen' in de standplaatschronologieën

Om te evalueren of de variatie in de Zwolse eik en es chronologieën voornamelijk veranderingen van locale standplaatsfactoren representeren of gevolg zijn van wisselende weersomstandigheden (regionaal fenomeen) hebben we in detail de twee (eik en es) standplaatschronologieën vergeleken met

de Continentale veeneikchronologie (zie hierboven). Gemeenschappelijke verschijnselen in de Zwolse chronologieën en deze regionale chronologie wijzen op grootschalige regionale factoren als veroorzaker voor variatie in boomgroei, terwijl verschillen tussen de chronologieën erop wijzen dat voornamelijk lokale factoren de groei van de bomen bepaalden.

Populatie dynamiek

Chronologische verdeling van de gedateerde bomen en berekening van gemiddelde leeftijdchronologieën

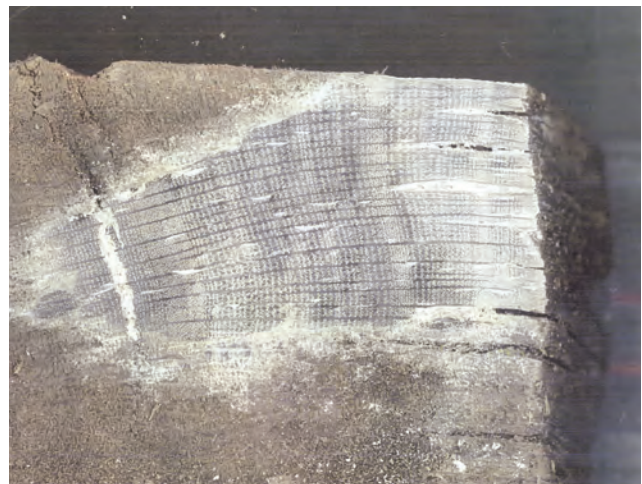
Informatie over ontkieming en afsterven van eik en es is gebruikt om de populatie dynamiek te beschrijven. Allereerst is in een afbeelding de verdeling van alle gedateerde eiken en essen door de tijd heen geïllustreerd, waarbij elke individuele boom vertegenwoordigd wordt als een tijdreeks die de levensduur weerspiegelt van een boom van ontkieming tot afsterven.

In de tweede plaats is de *gemiddelde leeftijdswaarde* geïntroduceerd om plotselinge veranderingen in leeftijd in de eik en es populaties op te sporen. De gemiddelde leeftijdswaarde voor elk specifiek jaar is berekend als het gemiddelde van de leeftijd van alle individuele bomen in het betreffende specifieke kalenderjaar. Op deze manier kan een gemiddelde *leeftijdchronologie* worden berekend voor de eik en es populaties. Plotselinge veranderingen in de loop van deze gemiddelde leeftijdschronologie, bijvoorbeeld van hoge gemiddelde leeftijd naar lage gemiddelde leeftijd zullen wijzen op een duidelijke verandering in de populatie zoals het afsterven van oude bomen en het opkomen van een nieuwe generatie. De twee gemiddelde leeftijdschronologieën zijn grafisch vergeleken om synchroon gedrag in ontkieming en afsterven van eik en es populaties in Zwolle-Stadshagen op te sporen. Vervolgens zijn deze chronologieën ook vergeleken met de informatie van het pollen- en het bodemkundig onderzoek van Zwolle-Stadshagen.

Resultaten

Monsterkwaliteit – conservering

In totaal zijn 520 houtresten bemonsterd in zes opgravings-sleuven waaronder 103 resten van eik en 215 resten van es (tabel 2 in Kooistra, L.I. *et al.*, 2004b). Ongeveer 60 % van de eiken en 15 % van de essen waren geschikt voor dendrochronologisch onderzoek. De hoge ratio van (dateerbare) eiken was gedeeltelijk het gevolg van het feit dat in de sleuven 1 en



Figuur 1. Oppervlakte van een subfossiele eik met perioden van normale en sterk gereduceerde groei

2 (=proefsleuven) de eiken selectief waren bemonsterd. Jaarringanalyse van de restanten van es was niet mogelijk vanwege de slechte conservering ervan. Bijna alle geschikte monsters van eik en es konden dendrochronologisch gedateerd worden. Door de slechte conserveringsomstandigheden ontbraken bij bijna alle eiken en essen de buitenste en – in mindere mate – de binnenste jaarringen. Slechts enkele eiken, die vooral afkomstig waren uit de sleuven 1 en 2, bevatten nog een deel van het spinhout, wat betekent dat er slechts enkele ringen tot de bast ontbraken. Na de bepaling van de ontbrekende ringen tot de bast en het merg werd duidelijk dat zowel eik als es een aanzienlijke leeftijd konden bereiken; de oudst bewaard gebleven eik en es waren respectievelijk 343 en 245 jaar oud.

(Statistische) karakterisering van de jaarringreeksen

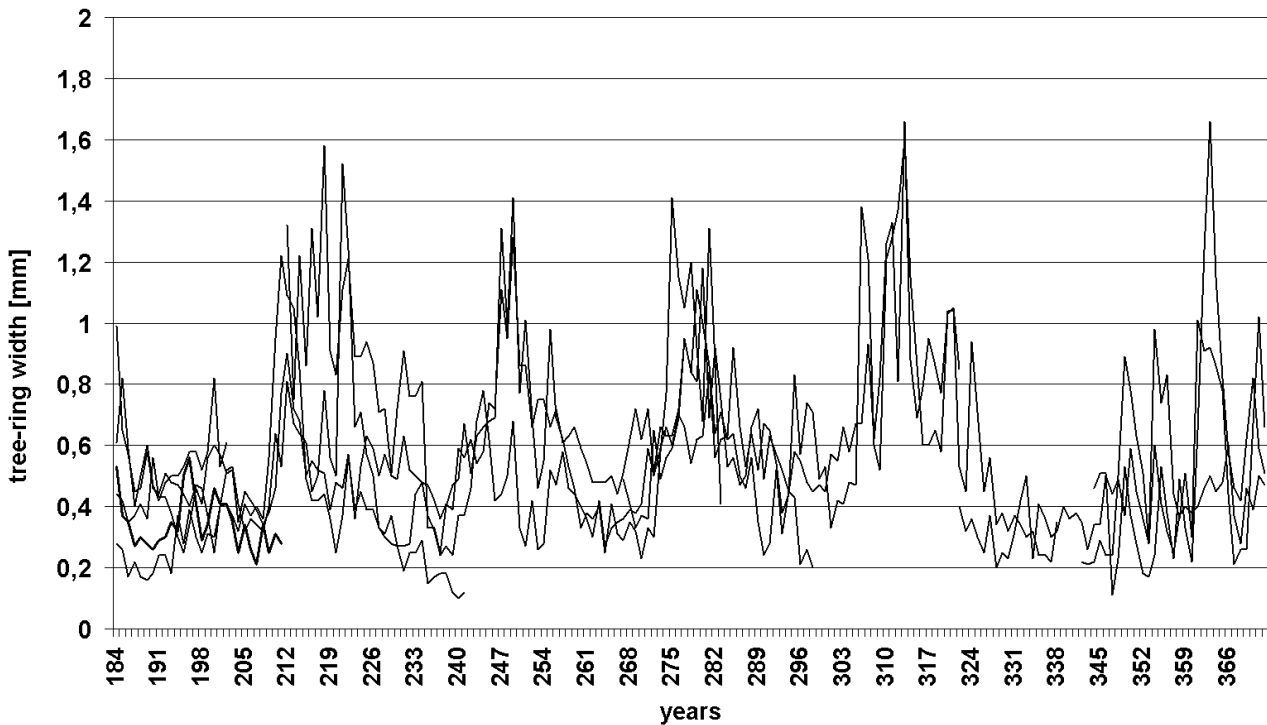
De gemiddelde jaarringbreedte van de eiken en de essen liep respectievelijk op tot 0.87 mm en 0.57 mm (tab. 1). De hoge variatie in jaarringbreedte (zie standaard deviatie in tabel 1) is een gevolg van wisselende perioden met brede en extreem smalle jaarringen (fig. 1 en 2).

Beide soorten vertoonden bijna geen leeftijdstrend, dat wil zeggen dat er geen gestage afname van de jaarringbreedte bij een toenemende ouderdom is geconstateerd. De jaarringreeksen bevatten echter wel periodieke fasen van veranderende groeiactiviteit (groei-depressies), die een relatief hoge autocorrelatie veroorzaakt (tab. 1).

Alle eiken en de meeste essen lieten een karakteristiek

boomsoort	Aantal monsters			leeftijd bomen			Gemidd. jaarringbreedte [mm]	gemidd. standaarddeviatie	gemidd. Auto-corr.
	Total	Gedat.	Ongedat.	Gemidd.	min	Max			
eik	103	59	5	165	65	343	0.87	0.76	0.49
es	215	36	7	133	61	245	0.57	0.25	0.72

Tabel 1. Aantal eiken- en essen monsters en statistische kenmerken.



Figuur 2. Jaarringreeksen van 10 eiken tussen 200 en 400 na Chr. met afwisselende perioden van brede en smalle jaarringen

groeipatroon zien met elkaar afwisselende perioden van normale en sterk gereduceerde groei. De meeste groeidepressies kwamen gelijktijdig voor bij alle eiken en – minder duidelijk – essen (fig. 3). Groeidepressies konden plotseling beginnen en wel 20 jaar duren. Ze kwamen gedurende alle fasen van een boomleven voor, dat wil zeggen zowel bij jonge als oude bomen (fig. 2 en 3). In figuur 3 en 4 wordt duidelijk dat groeidepressies elke 20 tot 40 jaar voorkomen - gedurende de hele periode van tenminste 700 jaar waarin een bos bestaan heeft in Zwolle-Stadshagen.

Aan bomen, die alleen enkele jaarringen tot de bast misten konden wij vaststellen, dat deze voorafgaand aan hun afsterven zonder uitzondering sterke groeidepressies hadden.

Datering en chronologische verdeling van eik en es

De individuele jaarringreeksen en de standplaatschronologieën van eik en es zijn vergeleken en zonder problemen gedateerd met de Continentale veeneikchronologie (tab. 2, fig. 4). De jaarringreeksen van eik dateren uit de periode tussen 131 voor Chr. en 567 na Chr., terwijl de essen iets later dateren:

tussen 58 en 527 na Chr. Figuur 3 toont de chronologische verdeling van de gedateerde eiken en essen die informatie bevat over tijdstip van ontkieming, afsterven en de levensduur van de individuele bomen. De meeste gedateerde bomen groeiden in de periode tussen 1 en 300 na Chr.

Vergelijking van de Zwolse standplaatschronologieën van eik en es

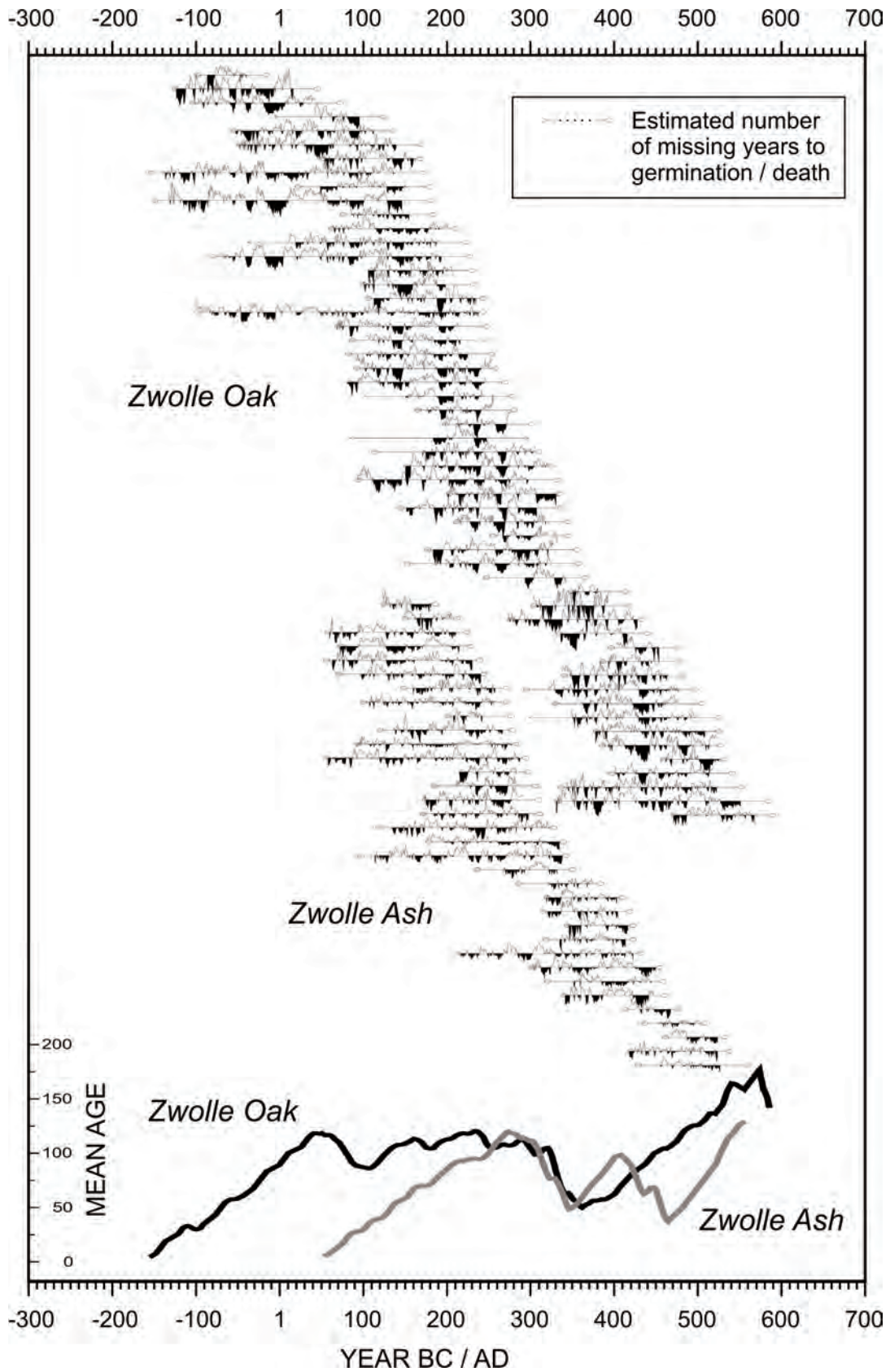
De Zwolse chronologieën, ‘Zwolle eik’ en ‘Zwolle es’ lopen respectievelijk van 131 voor Chr. tot 567 na Chr. en van 58 tot 527 na Chr.

Beide standplaatschronologieën laten alternerende fasen van normale en gereduceerde groei zien die eerder beschreven zijn voor de individuele jaarringreeksen van eik en es. Beide fasen komen duidelijker naar voren bij de eiken.

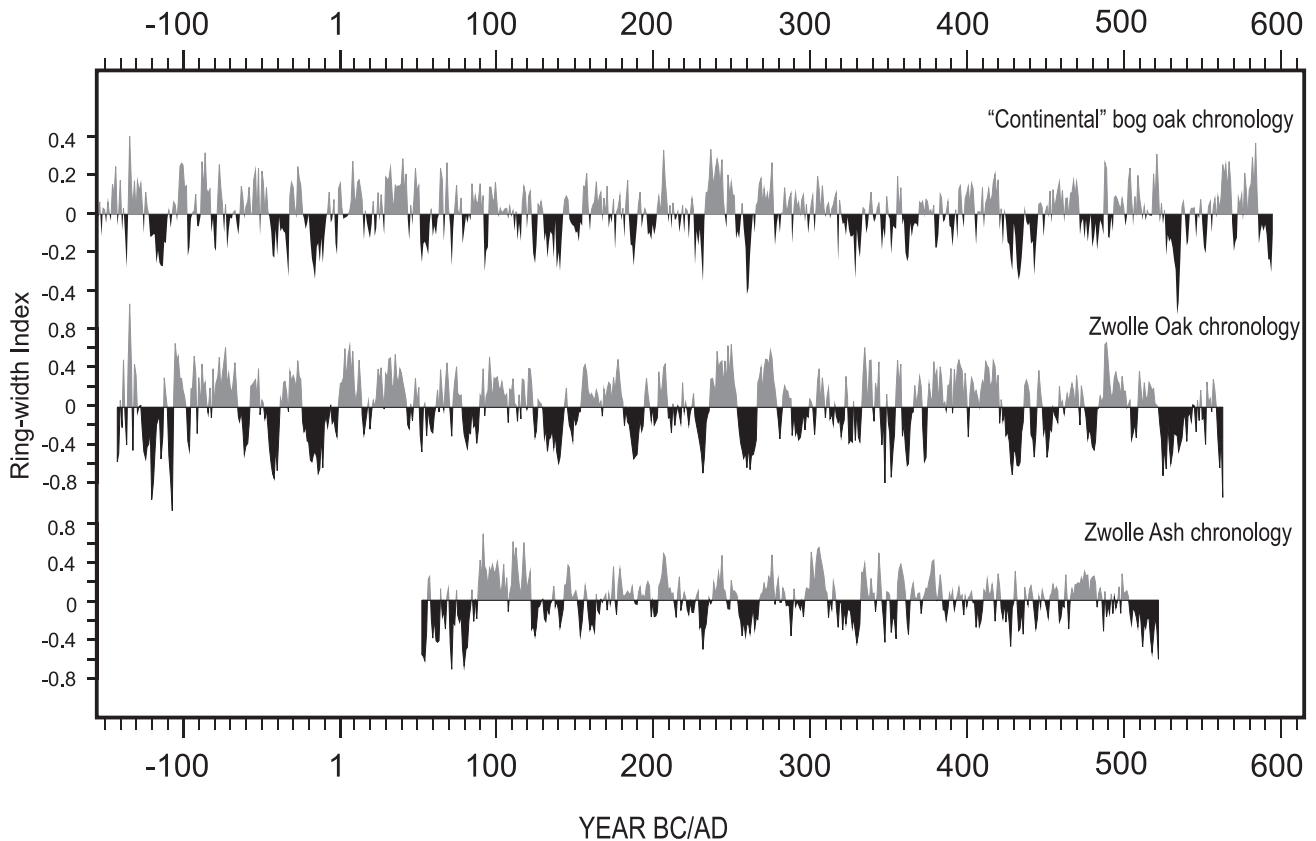
Uit de Zwolse eschronologie blijkt, dat de essen duidelijke groeidepressies vertoonden aan het begin van hun bestaan tussen 58 en 90 na Chr. en kort voor hun verdwijning na 510 na Chr. Beide depressies waren niet of slechts in geringe mate aanwezig (510 na Chr.) en zeker minder lang (60 na

Chronologieën		Overlapping/jaren	correlatie	t-waarde	sign test [%]
N Germany+NL	Zwolle eik	698	0,54	17,1	69,2
N Germany+NL	Zwolle es	469	0,40	9,5	60,1
Zwolle eik	Zwolle es	469	0,37	8,6	59,1

Tabel 2. Statistische samenhang tussen chronologieën van Zwolle (eik en es) en de ‘Continentale veeneiken chronologie’



Figuur 3. Chronologische verdeling van de gedateerde eiken (boven) en essen over de periode dat het bos bestond. Onderaan de 'gemiddelde leeftijdchronologieën' voor eik en es; zie tekst voor verdere uitleg. Groei depressies zijn aangegeven in zwart, stippellijnen/pijltjes geven de ontbrekende ringen aan. 'Gemiddelde leeftijd chronologieën' zijn gefilterd (geleidend middel 15 jaar, dikke lijn).



Figuur 4. Vergelijk tussen de Zwolse eik- en eschronologie en de Continentale veeneikenchronologie

Chr.) in de Zwolse eikchronologie. De Zwolse eikchronologie toonde een opvallende groeidepressie die rond 530 na Chr. begon, vlak voor het afsterven van de laatste generatie eiken (fig. 4).

De Zwolse eik- en eschronologie komen goed overeen (fig. 4, tab. 2) zowel wat de jaarlijkse veranderingen betreft maar ook wat de fasen met smalle jaarringen betreffen, die in eiken en essen grotendeels synchroon voorkomen met een frequentie van ongeveer 20 tot 40 jaar (zie ook fig. 3).

Locale versus regionale ‘signalen’: vergelijking met de Continentale veeneikchronologie

De twee Zwolse chronologieën en de Continentale veeneikchronologie tonen een opvallende visuele en statische overeenkomst, vooral wat de Zwolse eik chronologie over de gehele periode betreft (tab. 2). Figuur 4 laat zien dat de meeste perioden van groeidepressies en groeitoenamen – vooral bij eik – gelijktijdig voorkomen. Dat betekent dat de boomgroei gedurende deze perioden voornamelijk bepaald werd door een regionale factor, die de groei van veeneiken op verschillende sites in NW Europa op dezelfde wijze beïnvloedde. Slechts twee groeidepressies in de Zwolse eikchronologie waren niet, dan wel nauwelijks, aanwezig in de Continentale chronologie; de ene kwam voor rond 90 na Chr. en de andere rond 300 na Chr. Beide groeidepressies kwamen, zij het minder duidelijk, rond 300 na Chr. voor in de Zwolse eschronologie.

De grootste groeidepressie in de Zwolse eik chronologie, die begon rond 530 na Chr. vlak voor de ondergang van de popu-

latie eiken, kwam ook voor bij de meeste veeneiken van andere sites in NW Europa, zoals dat te zien is bij de gelijktijdige en duidelijke depressie in de regionale Continentale veeneikchronologie (fig. 4).

Veranderingen in de populatie dynamiek

Het grote aantal gedateerde eiken en essen (90) liet een nadere bestudering toe van trends in de ontkieming en het afsterven. Figuur 3 toont de chronologische verdeling van gedateerde eiken en essen gedurende het bestaan van het bos. Er was geen aanwijzing voor “catastrofale” gebeurtenissen waar veel bomen in hetzelfde jaar dood gingen, zelfs niet na 530 na Chr. toen het moerasbos ophield te bestaan. Toch zijn er perioden herkenbaar waar relatief meer bomen afsterven die samenvallen met groeidepressies, zoals in 140, 190, 230 en 260 na Chr. (fig. 3). Al deze groeidepressies zijn ook vertegenwoordigd in de regionale Continentale chronologie en dus geen lokaal fenomeen.

Door de berekening van gemiddelde leeftijdschronologieën werd het mogelijk om veranderingen in de populatie dynamiek van eik en es te ontdekken (fig. 3, onder). Er waren twee patronen zichtbaar: ten eerste een geleidelijke stijging van de gemiddelde leeftijd in het begin van de twee chronologieën en (bij de eik) na de depressie van 300 na Chr. De chronologieën laten een ongestoorde ontwikkeling zien van een populatie bomen waarbij steeds nieuwe bomen bij komen. In totaal zijn vijf fasen te identificeren met opvallende gebeurtenissen die betrekking hebben op ontkieming en afsterven (tab. 3). De

Time	Gebeurtenissen
150 BC	Ontkieming eerste generatie eiken
AD 60	Ontkieming eerste generatie essen en tweede generatie eiken
AD 300	Ontkieming en afsterven van eik en es
AD 420	Ontkieming en afsterven van es
AD 540	Afsterven van eik en es, teloorgang van het moerasbos

Tabel 3. Populatie dynamiek van eik en es: belangrijke ontkiemings- en afsterf gebeurtenissen (=).

meest opvallende verandering in de gemiddelde leeftijd vond in Zwolle bijna gelijktijdig bij de eiken en essen plaats. De essen reageerden in 310 na Chr. en de eiken in 330 na Chr. Bij beide soorten werd deze verandering in gemiddelde leeftijd vooraf gegaan door, of vond tegelijkertijd plaats met, een periode van gereduceerde groei (fig. 3 en 4). Bij zowel eik als es was deze opvallende verandering in de gemiddelde leeftijd het gevolg van het afsterven van bomen van verschillende leeftijden en het ontkiemen en het zich vestigen van een nieuwe generatie bomen. Veel essen stierven tussen 280 en 310 na Chr. en een nieuwe generatie vestigde zich na 300 na Chr. Bij de eik zagen we een hele groep bomen die in een relatief korte tijdsspanne tussen 330 en 370 na Chr. dood ging, terwijl tegelijkertijd een nieuwe – de laatste – generatie eiken zich vestigde rond 330 na Chr.

Naast deze voornaamste verandering in gemiddelde leeftijd waren er twee andere veranderingen duidelijk zichtbaar; een kleinere bij de eik rond 60 na Chr. en een andere, grotere bij de es rond 420 na Chr.; beide kunnen in verband gebracht worden met perioden van groeidepressies in beide soorten (fig. 3 en 4). De verandering in gemiddelde leeftijd bij de eik in 60 na Chr. weerspiegelde voornamelijk de vestiging van nieuwe eiken tegelijk met de eerste generatie essen van 60 en 90 na Chr. (fig. 3). Er was geen tendens waarneembaar dat er meer eiken afstierven in deze tijd. De verandering in de gemiddelde leeftijd van de es populatie in 420 na Chr. – met een tweede fase van afname in 450 na Chr. – weerspiegelde echter eveneens een fase waarin een nieuwe – de laatste – generatie essen zich ging vestigen, terwijl alle oudere essen afstierven. Een verband tussen deze in het oog springende verandering in gemiddelde leeftijd en de dramatische groeidepressie – die begon in 425 na Chr. – was duidelijk (fig. 3 en 4).

De laatste fase van het moerasbos wordt gekarakteriseerd door een duidelijke groeidepressie die bij de eiken rond 530 na Chr. begon en iets eerder bij de essen. Hierbij gingen veel bomen dood. De laatste eik overleefde tot circa 586 na Chr.

Discussie

Dendrochronologie en monster conservering

De houtresten van eik en es konden succesvol gedateerd worden met behulp van dendrochronologisch onderzoek, zelfs de

eiken en essen die niet perfect geconserveerd waren. Hout wordt niet afgebroken in water verzadigd veen omdat er geen zuurstof aanwezig is. De relatief slechte conservering van de houtresten van Zwolle-Stadshagen, is veroorzaakt ofwel omdat het even duurde voordat het hout door veen bedekt werd of omdat het veen met het hout erin fasen van uitdroging onderging die leidden tot de aantasting van het hout. De resultaten van het micromorfologisch onderzoek (Kooistra, M.J., 2004) ondersteunt de tweede aanname. Kooistra identificeert fasen waarin het veen uitdroogde, wat afgeleid kon worden door bioturbatie van aardwormen. De algemene slechte conservering van het elzenhout betekende dat het van het onderzoek moest worden uitgesloten. In het geval van een betere conservering is echter bewezen dat zelfs subfossiele elzen gedateerd kunnen worden met behulp van dendrochronologie (Billamboz, 1996; 2002).

De absolute datering van ongeveer 20 % van alle houtresten maakte het mogelijk om de periode te bepalen waarin het moerasbos groeide te Zwolle/Stadshagen; met name de gehele periode van ongeveer 150 voor Chr. tot ca. 600 na Chr. Derhalve kunnen de datasets en de waarnemingen van andere disciplines, micromorfologie, palynologie, houtanatomie en archeologie in de tijd geplaatst worden. De belangrijke rol van dendrochronologie voor het dateren van subfossiel hout van opgegraven bossen is eerder al uitgelegd (Munaut, 1967; Lageard, *et al.*, 1995). Dendrochronologie gaat echter verder dan alleen het dateren (Sass-Klaassen, 2002). In de context van een landschapsreconstructie kunnen we gebruik maken van dendrochronologie om antwoorden te krijgen op vragen over standplaats ecologie en klimaatkunde (Fritts, 1976; Leuschner *et al.*, 1987; Leuschner, 1992; Schweingruber, 1996).

Groeipatronen en ecologische standplaatsfactoren

De eiken en essen van Zwolle-Stadshagen waren beide trage groeiers in vergelijking tot moderne eiken op natte en droge sites, waar de gemiddelde jaarringbreedte varieert tussen de 2 en 3 mm (Sass-Klaassen, 2003; 2004). Dit duidt op matige tot slechte groeiomstandigheden. De eik en es van Zwolle-Stadshagen toonden de karakteristieke groeipatronen met alternerende perioden van normale en sterk gereduceerde groei die gelijktijdig bij alle bomen voorkwamen. Dit laatste aspect wijst op het bestaan van één factor (of een complex

van factoren), die in sterke mate de groei van eik en es in het moerasbos van Zwolle-Stadshagen gedurende een bepaalde periode beperkten. Maar - omdat dit ook het algemene groeipatroon is van de meeste subfossiele eiken van NW Europa (Baillie, 1995; Pilcher *et al.*, 1996; Leuschner *et al.*, 2002) moet het in verband gebracht worden met de specifieke omgeving waarin deze bomen groeiden en vervolgens bewaard zijn gebleven. Veen-eiken groeiden in een heel speciaal ecosysteem. Ze groeiden op veen, dat aan de ene kant (tijdelijk) droog genoeg was om boomgroei over honderden jaren mogelijk te maken en aan de andere kant (tijdelijk) nat genoeg was om een medium te verschaffen om deze bomen gedurende duizenden jaren te kunnen bewaren (Pilcher *et al.*, 1996; Leuschner *et al.*, 2002). De eiken en essen waren aan deze extreme standplaatsen aangepast door ondiepe wortelstelsels te vormen die zich horizontaal ver uitstrekten in de bovenste grondlaag. Deze bovenste grondlaag droogde periodiek, in elke zomer, uit (Kooistra, L.I., persoonlijke mededeling). Dit maakte hen gevoelig voor wind en veranderingen in de hydrologie. Er is echter geen aanwijzing dat de bomen in Zwolle-Stadshagen door de wind omgewaaid zijn. De meeste wortelstelsels zijn in horizontale positie teruggevonden en de boomstammen zijn niet systematisch georiënteerd volgens de overheersende windrichting (Kooistra, L.I. *et al.*, 2004b). Derhalve kunnen veranderingen in de hydrologie, zowel naar drogere als naar nattere omstandigheden, beschouwd worden als de belangrijkste oorzaak voor veranderingen in de boomgroei en de populatiedynamiek.

In dit onderzoek hebben we duidelijke aanwijzingen gevonden voor een verband tussen de groeiactiviteit van eiken en essen en wisselende fasen van hoge grondwaterstanden en/of overstromingen zoals aangetoond in het micromorfologisch onderzoek (Kooistra, M.J., 2004).

De eerste fase van het moerasbos was gekenmerkt door periodes met langdurig hoge grondwaterstanden, die waarschijnlijk met name in het voorjaar optraden en die veenaccumulatie mogelijk maakten. In drogere perioden stagneerde de veenaccumulatie. Het laatst is aangetoond door uitdroging en bioturbatie van de bovenste veenlaag (Kooistra, M.J., 2004). Na ca. 300 na Chr. overstroomde het gebied met een zekere frequentie, wat aangetoond wordt door smalle kleibandjes in het veen. Een neveneffect van de toenemende rivieractiviteit, die verantwoordelijk was voor de overstromingen, was dat het gebied tegelijkertijd beter ontwaterd werd, wat de hydrologische situatie zelfs complexer maakte (Kooistra, M.J., 2004). Het is echter interessant te zien dat onder deze verschillende hydrologische omstandigheden gedurende 700 jaar noch het groeivolume noch het groeipatroon van de bomen in belangrijke mate veranderde. Het is duidelijk, dat drogere perioden in verband gebracht moeten worden met fasen van gunstige boomgroei toen grote hoeveelheden voedingsstoffen vrijkwamen uit de decompostering van het veen en een vergroting van het wortelgebied, terwijl de slechts oppervlakkige uitdroging van de top van de veenlaag geen serieus effect had op de beschikbaarheid van water voor de ondiep wortelende bomen. De resultaten van Zwolle-Stadshagen geven aan dat relatief droge perioden in het veen onderbroken werden door nattere perioden die ongeveer elke 20 tot 40 jaar, de frequentie van

groeidepressies, voorkwamen. Tot nog toe hebben we geen enkel idee welke hydrologische factor als de aanleiding voor deze variatie beschouwd kan worden. Het is interessant om te zien dat veel bomen deze terugkerende natte perioden overleefd hebben en gedurende hun boomleven tot zeven keer zo'n fase hebben meegemaakt.

Het is aannemelijk dat de groeidepressies het resultaat zijn van langdurige fasen van een hoge grondwaterstand (in de lente, veroorzaakt door hoge winter neerslag) en/of langdurige overstromingen (tijdens de winter) wat ertoe leidde dat er (a) een vertraging ontstond in het begin van de groei en dus een verkorting van de groeiperiode en/of (b) wortelbeschadiging door zuurstofgebrek in de wortelzone gedurende het begin van de groeiperiode wanneer boomgroei al begonnen was. Crawford *et al.* (2003) veronderstellen dat wortels niet alleen sterven tengevolge van langdurige zuurstofloze omstandigheden, bijvoorbeeld gedurende overstromingen, maar dat wortelgroei die al begonnen was onder zuurstofloze omstandigheden leidde tot een opmerkelijke afname in de carbohydraat/suiker reserves. Crawford & Braendle (1996) melden dat als deze wortels die hun suikerreserves verloren hebben, opnieuw van zuurstof voorzien worden er een uitgebreid afsterven van het wortelsysteem plaatsvindt, waarschijnlijk tengevolge van post zuurstofloos letsel. Het is inderdaad gebleken dat hoge wortelzetmeel concentraties, die voorafgaan aan overstromingen in oerbossen in de U.S.A., geassocieerd worden met overstroming toleranties (Gravatt & Kirby, 1998). Een andere mogelijke reden voor de groeidepressies op lange termijn kan het afsterven van mycorrhiza zijn als een gevolg van langdurige natte omstandigheden.

Groeipatronen: lokale en regionale 'signalen'

Er bestaat een duidelijk verband tussen de alternerende fasen van normale en gereduceerde groei tussen de Zwolse eiken en essen en de eiken van andere moerasbos standplaatsen in Nederland en Duitsland. Dat betekent, dat niet alleen lokale maar één of meer grootschalige regionale factoren de aanleiding moesten zijn voor veranderingen in de standplaatshydrologie, die weer geleid heeft tot de specifieke groeireacties van eik en es. Vanwege deze reden waren wij in staat om lokale veranderingen zoals insecten calamiteiten als mogelijke oorzaken voor de groeidepressies uit te sluiten. Dit laatste kon ook nog eens uitgesloten worden vanwege het feit dat insecten gewoonlijk specifieke soorten aanvallen dat wil zeggen dat een gelijktijdige aanval op eik en es erg onwaarschijnlijk geweest zou zijn.

Het gebrek aan sterke lokale 'signalen' in de jaarringreeksen maakt het eveneens onwaarschijnlijk dat mensen de bossen en het omliggende gebied in Zwolle-Stadshagen exploiteerden. Uitgebreid kappen van de bossen of het hogere omliggende gebied (met erosie als gevolg) zou van invloed geweest kunnen zijn op de lokale standplaatshydrologie. Spurk *et al.* (2002) brachten de bepalende invloed van mensen in rivierstroomgebieden sinds ongeveer 1000 voor Chr. onder de aandacht. We vonden echter geen aanwijzing in de groeipatronen en ook niet door de vondst van boomstompen of houtskool (Kooistra, L.I. *et al.* 2004b) die erop zouden kunnen wijzen dat mensen het bos van Zwolle-

Stadshagen gedurende de onderzochte periode gebruikten. Voordat we tot een verdere karakterisering komen van de groeibepalende regionale factor gaan we eerst de resultaten bespreken van het onderzoek naar de populatie dynamiek van eik en es van Zwolle-Stadshagen.

Populatie dynamiek van eik en es

Interessante informatie werd verkregen via de verdeling van de gedateerde eiken en essen - gespecificeerd door de gemiddelde leeftijdschronologie - in combinatie met de jaar-ringpatronen. We waren in staat om vijf gebeurtenissen te registreren, waar veranderingen in de populaties van eik en es optraden (zie tab. 3). Alle gebeurtenissen werden voorafgegaan door of kwamen gelijktijdig voor met groeidepressies in de overlevende bomen.

In de eerste fase van het bos te Zwolle-Stadshagen was de eik de dominante soort in vergelijking met de es. De eiken die ontkiemden en groeiden op het venige zand en die vervolgens bewaard bleven in het veen, hadden zich al rond 150 voor Chr. gevestigd gedurende een periode die in Nederland omschreven wordt als vochtig (Jelgersma et al., 1970). Leuschner et al. (1987) ontdekten dat veel eiken van verschillende standplaatsen in NW Duitsland stierven tengevolge van een toenemende vochtigheid tussen 300 en 100 voor Chr. en stelden een toename in de neerslag voor als de onderliggende aanleiding. Leuschner et al. (2002) gaven 150 voor Chr. aan als tijdstip waar op veel standplaatsen in NW Europa eiken dood gingen en nieuwe eiken ontkiemden. De micromorfologische resultaten bevestigen dat de eerste eiken zich vestigden toen het grondwater niveau al hoog was en het dekzand veranderde in een zandig veen (Kooistra, M.J. e.a. 2004). De aanwezigheid van een fluctuerend maar over het algemeen hoog grondwater niveau wordt aangetoond door de terugkerende groeidepressies die al voorkwamen bij de eerste generatie eiken die groeide op (venig) zand. Dit waren ook de eerste eiken die bewaard bleven in het veen dat begon te groeien tussen ca. 6 en 102 na Chr. (zie C14 resultaten, tab. 1, in Kooistra, M.J., 2004).

Ongeveer 200 jaar later, rond 60 na Chr., verschenen de eerste essen op de venige bodem tegelijk met een tweede generatie eiken, wat aangegeven wordt door een terugval van de gemiddelde leeftijdschronologie van de eiken (fig. 4). Es wordt over het algemeen gezien als een soort die overstroming in de winter kan weerstaan, maar vatbaar is voor perioden van langdurig onder water staan (Weeda et al., 1988). Es kwam echter overal voor in natte boslandschappen waar naburige rivieren een aanzienlijke invloed hadden op de hydrologie wat aangetoond wordt door de aanwezigheid van klei in het veen (Leuschner, pers. comm.). De opvallende groeidepressies bij de essen aan het begin van hun vestiging wijzen op minder dan optimale groeicondities voor de es. Omdat de veenvorming rond deze tijd begon, lijkt het erop dat deze nieuwe generatie essen en eiken zich vestigde op iets hogere plekken in het veen. De grootste verandering vond plaats rond 310 na Chr. bij de populatie essen en in 330 na Chr. bij de populatie eiken toen alle eiken ook een sterke afname in de groei lieten zien (fig. 4). Deze periode staat niet bekend als een opvallende periode van populatieverandering en groeiverandering in de

Europese veeneiken wat op een lokale gebeurtenis zou duiden. Leuschner & Sass-Klaassen (2003) vonden echter een gelijktijdige gebeurtenis op de Hammah site bij Stade in Noord Duitsland toen een zich snel uitbreidend en in hoogte stijgend moeras de meeste eiken verstikte. Daarom is het niet uit te sluiten, dat ook in deze periode, zoals in de daarvoor genoemde perioden natte omstandigheden in NW Europa als oorzaak voor veranderingen in de populatie gezien moeten worden. Wanneer we rekening houden met de micromorfologische resultaten (Kooistra, M.J., 2004) kan rond 310 na Christus de periode zijn waar herhaaldelijke overstromingen in combinatie met waterafvoer in het boslandschap begon. Dit leidde tot een complexe hydrologische situatie met daarbij nog kleinschalige veranderingen in de standplaatstopografie. Het ontkiemen en vooral het zich vestigen van eiken en essen kon zowel geschieden in perioden van langdurige droogte als ook in perioden van langdurig natte omstandigheden. Bomen, vooral eiken en essen in hedendaagse moerasbossen, ontkiemen bij voorkeur op de iets hogere en dus drogere plekken (Sass-Klaassen, 2004). Dit maakt hen minder vatbaar voor een tijdelijk hoog grondwaterstand of overstroming en verschaft hen betere kansen om heel natte perioden te overleven (Leuschner & Sass-Klaassen, 2003). De laatste generatie essen in Zwolle-Stadshagen kwam alleen voor in de iets hoger gelegen put vijf (Kooistra, L.I. et al., 2004b).

Een tweede belangrijke factor echter die het ontkiemen en vestigen van bomen beïnvloedde was licht. Wanneer we hiermee rekening houden kan het ook zo zijn dat natter dan normale perioden met langdurige perioden van onder water staan gunstig waren voor het zich vestigen van jonge eiken (en essen), omdat de competitie met hoge kruiden, varens of struiken (b.v. *Rubus spp.*) die niet tegen overstromingen kunnen, afnam (Siebel & Bouwma, 1998).

Derhalve kunnen in principe zowel langdurige droge als langdurige natte omstandigheden gunstig zijn voor het ontkiemen en het zich vestigen van individuele bomen of zelfs een nieuwe generatie. Het is echter heel waarschijnlijk dat de intensiteit van de hydrologische verandering de belangrijkste rol speelde. Dit geldt voor de periode vanaf 300 na Chr. toen het boslandschap in Zwolle-Stadshagen een regiem van veelvuldige overstromingen onderging. Dit is de reden waarom we aannemen dat alle groeidepressies en de laatste plotselinge verandering in de gemiddelde leeftijd bij de essen in 400 na Chr. gekoppeld waren aan perioden van (voorjaar en zomer) overstromingen. De toegenomen frequentie van overstromingen, wat aangegeven werd door een grotere dichtheid van kleibandjes in het veen, betekende dat er zich na 420 na Chr. tot aan de ondergang van het boslandschap nauwelijks eiken vestigden. Problemen van ontkieming en vestiging gedurende perioden met een hoge overstromingsfrequentie zijn in veel studies aangetoond (Gill 1970; Kozłowski, 1984; Armstrong et al., 1994).

Alle eiken en essen in Zwolle-Stadshagen stierven na een dramatische groeidepressie tussen 530 en 540 na Chr. die ook voorkwam bij (veen)eiken op alle andere standplaatsen in NW Europa, inclusief Ierland (Leuschner et al., 2002) en toegeschreven wordt aan een verandering richting nattere en koelere condities. Er is over gespeculeerd dat deze klimaatverandering

het gevolg zou zijn van een vulkaan uitbarsting en/of een komeet inslag (Baillie, 1994; 1996; Keys, 1999). De micromorfologische resultaten wijzen erop dat het boslandschap in Zwolle-Stadshagen op dit moment volledig overstromd was en er een ondiep zoetwater meer ontstond (Kooistra, M.J. e.a. 2004).

Conclusies

Door gebruik te maken van dendrochronologie was het mogelijk om de houtresten van es en eik die groeiden in het bos te Zwolle-Stadshagen exact te dateren. Daarbij waren we ook in staat om de specifieke groeikarakteristieken van de eiken en essen te koppelen aan veranderingen in de standplaatshydrologie. Door de jaarringpatronen van de eiken en essen van Zwolle-Stadshagen te vergelijken met de NW Europese vee-eiken chronologie werd duidelijk dat de meeste veranderingen in groeiactiviteit en dus in de standplaatshydrologie te Zwolle-Stadshagen een weerspiegeling waren van grootschalige veranderingen in de hydrologie die gelijktijdig voorkwamen op verschillende moerasbosstandplaatsen in NW Europa. Tengevolge van het feit dat de meeste groeidepressies en ook de ondergang van het bos, beginnend rond 530 na Chr. ook optraden in alle andere moerasbossen in NW Europa moeten we concluderen dat een grootschalige (klimaat)factor de hydrologische geschiedenis van het moerasbos in Zwolle bepaalt.

Overstromingen werden in ieder geval gedeeltelijk op gang gebracht door grootschalige veranderingen in klimaatomstandigheden, namelijk veranderingen in neerslag die de loop van rivieren en de grondwaterstand beïnvloed kunnen hebben. Door de populatie dynamiek van eiken en essen in Zwolle-Stadshagen te bestuderen werd duidelijk dat de hydrologie in het moerasbos te Zwolle-Stadshagen een drastische verandering onderging in ca. 300 na Chr., toen het bos regelmatig werd overstromd. Dit was het begin van het einde van het bos te Zwolle-Stadshagen dat volledig begon te verdrinken na 530 na Chr. De ondergang van het bos werd veroorzaakt door een grootschalige klimaatfactor omdat op dit moment op alle moerasbosstandplaatsen in NW Europa een afname in de jaarringbreedte en afsterven van de eiken plaatsvond.

Dankbetuiging

Dit onderzoek is onderdeel van een project gefinancierd door de Nederlandse Organisatie van Wetenschappelijk Onderzoek (NWO/AWL 750.700.04). De gemeente Zwolle en de provincie Overijssel ondersteunden een deel van dit project via de Stichting Promotie Archeologie. Aanvullende financiële ondersteuning voor het schrijven van dit artikel werd geleverd door Alterra, DLO programma no. 382. Wij willen Dr. H. H. Leuschner, Universiteit te Göttingen, Duitsland, bedanken voor het verstrekken van zijn gegevens, zijn hulp bij de statistische analyses en plots evenals voor de verbeteringen van het verslag.

Literatuur

- Baillie, M.G.L., 1994. Dendrochronology raises questions about the nature of the AD 536 dust-veil event. *The Holocene* 4: 212-217.
- Baillie, M.G.L., 1995. *A Slice through Time: dendrochronology and precision dating*. Batsford (London): 176 pp.
- Baillie, M.G.L., 1996. Extreme environmental events and the linking of the tree-ring and ice-core records. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.): *Tree Rings, Environment, and Humanity*. Radiocarbon, Department of Geosciences, The University of Arizona (Tucson): 703-711.
- Baillie, M., 1999. *Exodus to Arthur: catastrophic encounters with comets*. Batsford (London): 272 pp.
- Billamboz, A., 1996. Tree rings and pile-dwellings in southwestern Germany: Following in the footsteps of Bruno Huber. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.): *Tree Rings, Environment, and Humanity*. Radiocarbon 1996, Department of Geosciences, The University of Arizona (Tucson): 471-483.
- Billamboz, A., 2002. Die dendrochronologische Heterokonnexion verschiedener Holzarten am Beispiel der metallzeitlichen Pfahlbausiedlungen Südwestdeutschlands. Aussagen aus Paläoklimatischer und -ökologischer Sicht. In: Bräuning, A. (ed.): *Zum Stand der Anwendung der Dendrochronologie in den Geowissenschaften*. *Stuttgarter Geographische Studien* 133: 43-57.
- Crawford, R.M.M. & Braendle, R., 1996. Oxygen deprivation stress in a changing climate. *Journal of Experimental Botany* 47: 145-159.
- Crawford, R.M.M., Jeffree, C.E. & Rees, W.G., 2003. Paludification and forest retreat in Northern oceanic environments. *Annals of Botany* 91: 213-226.
- Fritts, H.C., 1976. *Tree Rings and Climate*. Academic Press (New York): 567 pp.
- Gill, C.J., 1970. The flooding tolerance of woody species – a review. *Forestry Abstracts* 31: 671-688.
- Gravatt, D.A. & Kirby, C.J., 1998. Patterns of photosynthesis and starch allocation in seedlings of four bottomland hardwood tree species subjected to flooding. *Tree Physiology* 18: 411-417.
- Grissino-Mayer, H.D., 2001. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. *Tree-Ring Research* 57: 205-221.
- Holmes, R.L., 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 69-78.

- Jansma, E., 1995. RememberINGS. The Development and Application of Local and Regional Tree-Ring Chronologies of Oak for the Purposes of Archaeological and Historical Research in the Netherlands. PhD. Dissertation. University of Amsterdam. *Nederlandse Archeologische Rapporten (NAR) 19*: 149 pp.
- Jansma, E., 1996. An 1100-Year Tree-Ring Chronology of Oak for the Dutch Coastal Region. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.): *Tree Rings, Environment, and Humanity*. Radiocarbon, Department of Geosciences, The University of Arizona (Tucson): 769-778.
- Jelgersma, S., de Jong, J., Zagwijn, W.H. & van Regteren Altena, J.F., 1970. The coastal dunes of western Netherlands; Geology, vegetational history and archaeology. *Mededelingen Rijksgeologische Dienst NS. 21*: 93-167.
- Keys, D., 1999. *Catastrophe: an investigation into the origins of the modern world*. Century (London): 368 pp.
- Kooistra, L.I., Rijn, P. van, Hanraets, E., Kooistra, M.J. & Sass-Klaassen, U. 2004a. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, L.I., Rijn, P. van & Smeerdijk, D.G. van, 2004b. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en hout onderzoek. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, M.J. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 3. Ontwikkeling van het paleolandschap in zijn hydrologische context. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kooistra, M.J., Sass-Klaassen, U., Kooistra, L.I. en Rijn, P. van 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 6. Synthese: een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bos in zijn natuurlijke omgeving. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.
- Kozłowski, T.T., 1984. *Flooding and plant growth*. Academic Press (New York): 356 pp.
- Lageard, J.G.A., Chambers, F.M. & Thomas, P.A., 1995. Recording and reconstruction of wood macrofossils three-dimensions. *Journal of Archaeological Science 22*: 561-567.
- Leuschner H.H., 1992. Subfossil trees. In: Bartholin. T. (ed.): *Tree-Rings and Environment*. Proceedings of the International Dendrochronological Symposium, Ystad, South Sweden. *Lundqua Report 34*: 193-197.
- Leuschner, H.H. & Sass-Klaassen, U. 2003. Sub-fossil oaks from bogs in NW Europe as a (dendro)archaeological archive. In: Bauerochse, A. & H. Hassmann (eds.), *Peatlands; Proceedings of the Peatland Conference 2002 in Hannover: 210216*. Rahden/Westf.: Leidorf, Germany: 210-216.
- Leuschner, H.H., Delorme, A. & Höfle H.C., 1987. Dendrochronological study of oak trunks found in bogs in Northwest Germany. *Proceedings of the International Symposium on ecological aspects of tree ring analysis*, New York: 298-318.
- Leuschner, H.H., Sass-Klaassen, U., Jansma, E., Baillie, M.G.L. & Spurk, M., 2002. Subfossil European bog oaks: population dynamics and long-term growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate. *The Holocene 12*: 695-706.
- Munaut, A.V., 1967. Etude paleo-ecologique d'un gisement tourbeux situe á Terneuzen (Pays-Bas). [Paleoecological study of a peat deposit located in Terneuzen (The Netherlands)] *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 17*: 7-27.
- Pilcher, J.R., Baillie, M.G.L., Brown, D.M. & McCormac, F.G., 1996. Hydrological data from the long Irish subfossil oak records. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.): *Tree Rings, Environment, and Humanity*. Radiocarbon, Department of Geosciences, The University of Arizona (Tucson): 259-264.
- Pilcher, J.R, Baillie, M.G.L., Schmidt, B. & Becker, B., 1984. A 7272-Year tree-ring chronology for Western Europe. *Nature 312*: 150-52.
- Riemer, T., 1994. *Ueber die Varianz von Jahrringbreiten. Statistische Methoden fuer die Auswertung der jährlichen Dickenzuwachse von Bäumen unter sich ändernden Lebensbedingungen*. [Variance of tree-ring widths. Statistical methods for evaluation of the annual increment of trees under changing living conditions.] Ph.D. dissertation, University of Göttingen, Germany. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A 121 (Göttingen, Germany): 375 pp.
- Rinn, F., 1996. TSAP -Time Series Analysis Program. For applications in forestry, tree-ring laboratories and dendrochronology. Rinntech (Heidelberg):
- Sass-Klaassen, U., 2002. Dendroarchaeology – success in the past and challenges for the future. *Dendrochronologia 20*: 87-93.
- Sass-Klaassen, U., 2003. Veeneiken – sleutel tot het verleden landschap en klimaat? *Nederlands Bosbouw tijdschrift 75*: 32-38.

Sass-Klaassen, U. 2004. Exploring oaks in modern wetland woods in Europe to trace the climate signal in tree-ring series of sub-fossil bog oaks. In: Jansma, E. & H. Gaertner (eds.) *TRACE, Tree Rings in Archeology, Climatology and Ecology 2*: 67-72.

Schweingruber, F.H., 1996. *Tree Rings and Environment. Dendroecology*. Paul Haupt Verlag (Berne): 609 pp.

Siebel, H.N. & Bouwma, I.M., 1998. The occurrence of herbs and woody juveniles in a hardwood floodplain forest in relation to flooding and light. *Journal of Vegetation Science 9*: 623-630.

Spurk, M., Leuschner, H.H., Baillie, M.G.L., Briffa, K.R. & Friedrich, M., 2002. Depositional frequency of German sub-fossil oaks: climatically and non-climatically induced fluctuations in the Holocene. *The Holocene 12*: 707-715.

Spurk, M., Friedrich, M., Hofmann, J., Remmele, S., Frenzel, B., Leuschner, H.H. & Kromer, B., 1998. Revisions and extensions of the Hohenheim oak and pine Chronologies - New evidence about the timing of the younger dryas/preboreal-transition. *Radiocarbon 40*: 1-10.

Weeda, E., Westra, R., Westra, C. & Westra, T., 1988. *Nederlandse Oecologische Flora; wilde planten en hun relaties, deel 1-5*, IVN (Amsterdam).

Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen

6. Synthese: Een geïntegreerde reconstructie van het landschap en bijbehorende bos in zijn natuurlijke milieu

M.J. Kooistra, U. Sass-Klaassen, L.I. Kooistra en P. van Rijn

Samenvatting

De reconstructie van het bos en het paleo-landschap in Zwolle-Stadshagen werd mogelijk gemaakt door het combineren van verschillende disciplines. Dateringen, verkregen door middel van C14-analyses en dendrochronologie, werden vergeleken en sloten goed op elkaar aan. In het verkregen tijdsbestek konden de opeenvolgende gebeurtenissen in tijd geplaatst worden en nauwkeurig afgestemd op de resultaten die verkregen waren door micromorfologie, palynologie, hout-anatomie en dendrochronologie. Het moerasbosveen - waarin alle informatie van het verleden bos werd bewaard - ontwikkelde zich in een steeds natter wordende depressie tussen twee dekzandruggen rond 25 na Chr., toen het grondwaterniveau het maaiveld bereikte als gevolg van een algemene stijging van de zeespiegel in het Holoceen. Vóór de vorming van veengroei begon was er een half open boslandschap met els en eik. De vroegst bewaard gebleven eiken ontkiemden rond 150 voor Chr. Vanaf ongeveer 50 na Chr. ontstond een specifiek type dicht moerasbos op het veen voornamelijk bestaande uit es, els en eik. Het is interessant dat dit type boslandschap, dat onder die omstandigheden groeide, tot nog toe onbekend was. Het onderzoek onthulde sporen van een bijzonder type elzenbroekbos. De eiken en essen groeiden traag en toonden perioden van normale en beperkte groei. Dit moerasbos raakte in verval na 530 na Chr. In die tussentijd kon tenminste één grote verandering in site omstandigheden getraceerd worden rond 300 na Chr., die tot uitdrukking kwam door een verandering in de populatiedynamiek en groeidepressies bij eik en es. Deze verandering was te relateren aan het ontstaan van een nieuwe waterloop, die regelmatig langdurige winter- en lente overstromingen veroorzaakte, waarbij dunne laagjes van pure fijne klei (< 2 µm) werden afgezet. Het moerasbos verdronk vanaf 530 na Chr. in een tijdelijk, lokaal zoetwater meer, dat waarschijnlijk ontstond aan de randen van de binnendelta van de Vecht en werd geconserveerd onder een kleiafzetting, die onder water is afgezet. Bijna alle groei depressies die opgemerkt werden bij de eiken en essen, inclusief die welke vooraf gingen aan de teloorgang van het bos, waren synchroon aan die van eiken in andere (moeras)bos gebieden in NW Europa. Dit betekent dat deze veranderingen toegeschreven kunnen worden aan grootschalige variaties in klimatologische omstandigheden, waarschijnlijk veranderingen in neerslag en rivierafvoeren.

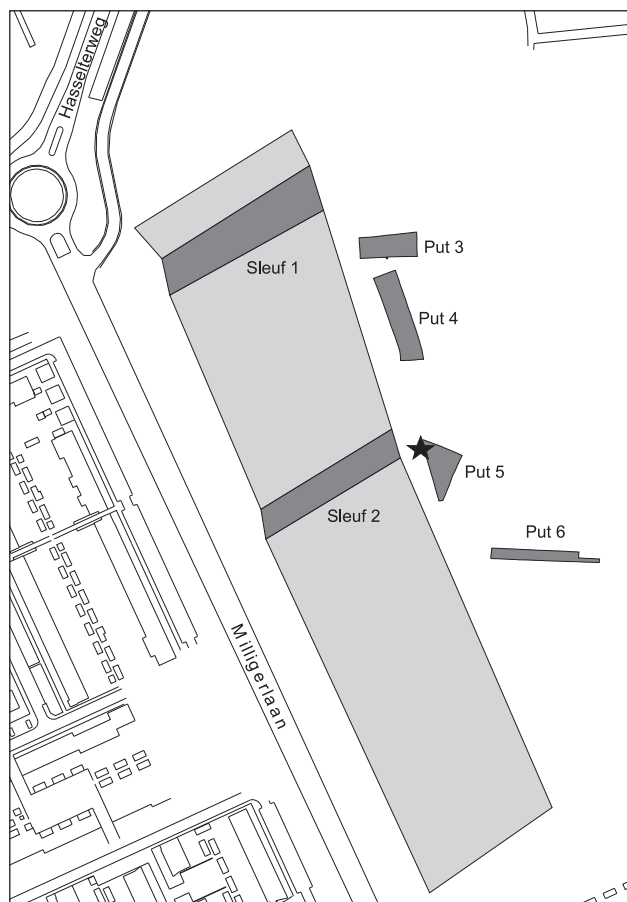


Fig. 1. Overzicht van de positie van de sleuven en locatie van de opgraving bij de stad Zwolle, Nederland. * locatie in het profiel waar de monsters voor het micromorfologisch en palynologisch onderzoek werden genomen

Er is geen enkel bewijs gevonden voor gebruik van het bos door de mens of fouragerende dieren. In de pollen diagrammen waren antropogene aanwijzingen geheel en al afwezig. Er is enig bewijs gevonden dat, voorafgaand aan het ontstaan van het bos, het land op de dekzandruggen bewerkt werd. Bovenin het moerasveen zijn enkele roggepollen (*Secale cereale*) gevonden. Dit kan betekenen dat rogge werd verbouwd op oeverwallen stroomopwaarts in dit gebied gedurende drogere perioden.

Het geïntegreerde onderzoek leidde tot een gedetailleerde reconstructie van het paleo-landschap in het algemeen en specifiek die van een moerasbos in zijn natuurlijke milieu, wat niet op een andere wijze verkregen had kunnen worden.

Inleiding

In 2000 is een moerasbos opgegraven in Stadshagen, een gebied ten NW van Zwolle in de Mastenbroeker polder in het NW van de provincie Overijssel, Nederland (zie fig. 1). Voor deze opgraving is een nieuw concept met een geïntegreerde aanpak ontwikkeld, omdat eerder onderzoek niet tot unaniem aanvaarde reconstructies van een boslandschap

leidde [Vera, 1997, 2002; Brent *et al.*, 1998; Zeiler & Kooistra, L.I., 1998]. Micromorfologie, palynologie, C14-dateringen, houtsoort determinatie en houtmorfologie werden gecombineerd met dendrochronologie om een dusdanig informatieniveau te bereiken, dat op een algemeen aanvaardbare wijze het voormalige landschap en de vegetatie structuur in zijn natuurlijke omgeving gereconstrueerd kon worden. Dit artikel handelt over de geïntegreerde reconstructie van het voormalige landschap in het tijdsbestek dat het moerasbos er groeide en die van het natuurlijk milieu ervan in een regionaal kader en vormt de synthese van de vier voorafgaande artikelen. Het omvat de reconstructie van het tijdsbestek waarin het bos groeide; de ontwikkeling van het landschap inclusief die van het bos in dit tijdsbestek; toewijzing van de ontwikkelingen aan lokale of regionale veranderingen en een discussie over de geïntegreerde resultaten en de toegepaste concepten.

Reconstructie van het tijdsbestek

Verkregen door middel van C14-dateringen en dendrochronologie

Er zijn twee series dateringen verkregen: C14-dateringen en dendrochronologische dateringen van jaarring reeksen van eiken en essen. De drie geanalyseerde C14-monsters zijn verzameld uit de pollenbakken die afkomstig waren van een goed gedocumenteerd en ingemeten representatief referentieprofiel in de wand van één van de opgravings sleuven. De diepten van de C14-monsters zijn geselecteerd na afronding van het geogenetische deel van het micromorfologisch onderzoek van het profiel en de systematische analyse van de mate van conservering van de palynologische monsters: elke vijf centimeter in de diepere zandige humeuze lagen en elke twee centimeter in het veen. De C14-monsters zijn verzameld uit de basis van de zandige humeuze laag onder het veen, uit de

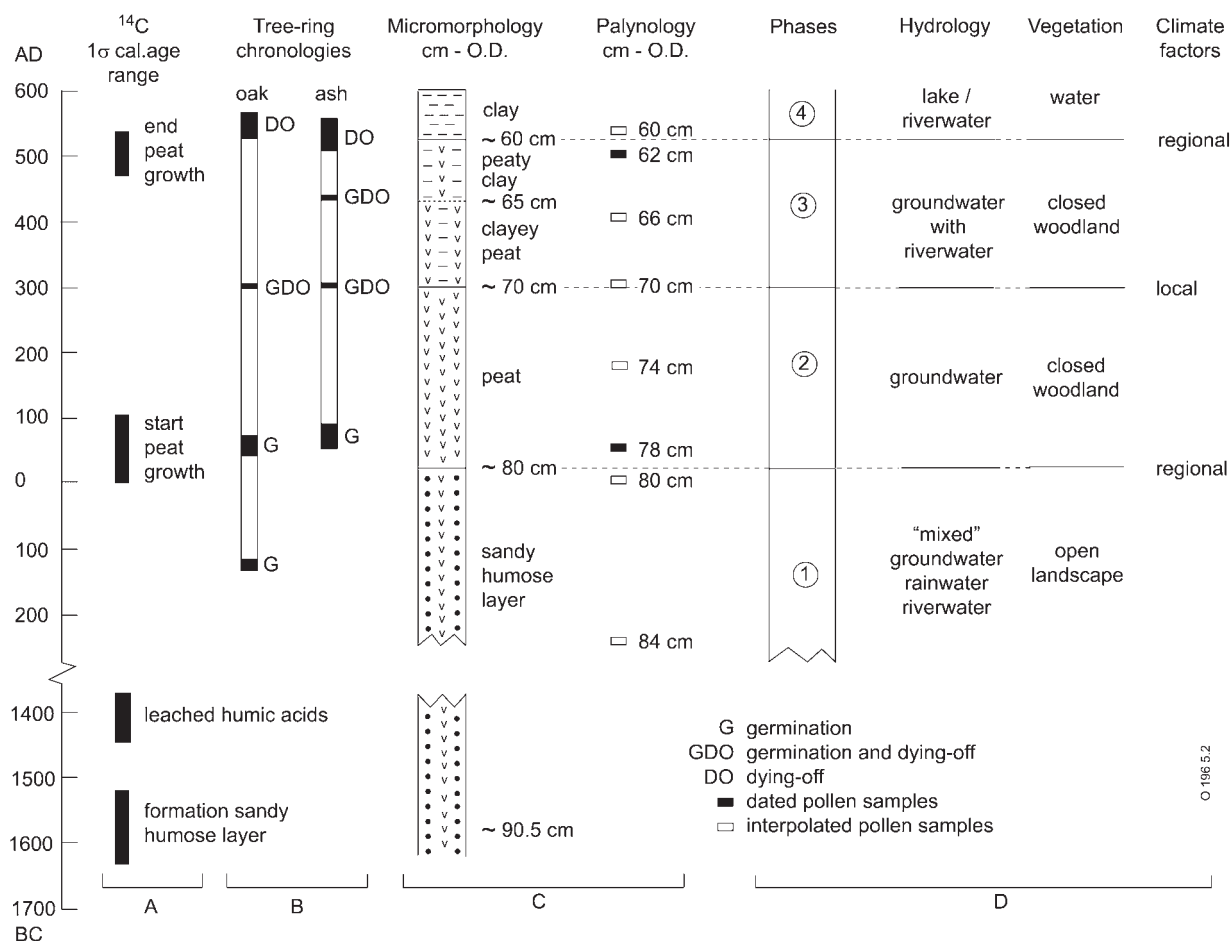


Fig. 2. Reconstructie van het tijdschema met de onderscheiden fasen in de ontwikkeling van het landschap en de vegetatie. A: dateringen verkregen door de C14-analyses; B. dateringen verkregen door dendrochronologie; G = ontkiemen; DO = afsterven; GDO=G + DO; C. gecorrleerde tijd-diepte gegevens van de onderscheiden profiellagen met locaties van de pollen monsters; D. onderscheiden fasen in de landschapontwikkeling met hun afspiegeling in hydrologie en vegetatie en het schaalniveau waarop de onderscheiden veranderingen tussen de fasen zich afspeelden.

basis van het veen zelf en uit de top van het veen. De resultaten worden weergegeven in Fig. 2, kolom A. De tweede set dateringen is verkregen uit de jaarring reeksen van eiken en essen. De restanten van deze bomen waren bewaard gebleven in een veenlaag, die in dikte varieerde van 7 tot 35 cm onder een kleipakket. Er kon geen stratigrafie ontdekt worden en de soorten waren homogeen verspreid over het opgegraven gebied van 1270 m² (zie Kooistra, L.I. *et al.*, 2004b).

Dendrochronologisch onderzoek toonde aan dat de eiken groeiden tussen 157 voor Chr. en 586 na Chr. De essen startten later in ongeveer 53 na Chr. en de laatste es ging dood in ongeveer 557 na Chr. (Fig. 2, kolom B). De meeste gedateerde bomen groeiden echter in de periode tussen 1 en 300 na Chr. Uit de jaarring chronologieën werd duidelijk dat bij zowel de eik als de es klaarblijkelijk afwisselende perioden van groei-depressies en normale groei voor kwamen, die wezen op tijdelijke veranderingen in groeiomstandigheden. Duidelijke veranderingen in de populatiedynamiek, dat wil zeggen in ontkieming en afsterving, verliepen synchroon met abrupte groei-depressies zoals bijvoorbeeld tussen 60 en 90 na Chr. aan het begin van de opkomst van de es, rond 300 na Chr. en kort voor het boslandschap afstierf rond 530 na Chr. (Sass-Klaassen & Hanraets, 2004).

De beide absolute dateringsets van *in situ* verzameld materiaal, konden goed gecombineerd worden, waardoor het volgende tijdsbestek gereconstrueerd kon worden (zie Fig. 2, kolom A en B).

Het gedateerde zandig humeuze materiaal lag ongeveer 10 cm onder het begin van de eigenlijke veengroei en werd gevormd tussen 1630 en 1510 v. Chr. (1 σ al tijd).

Na een voortdurende toename van organisch materiaal gemengd met ingewaaid verstoven dekzand trad bodemvorming in deze laag op waarbij ongeveer 150 jaar later humuszuren inspoelden.

De onderkant van het veen wordt gedateerd tussen 6 en 102 na Chr. (1 σ al tijd). Veengroei ontstond gedurende die periode of misschien even daarvoor omdat het monster genomen was uit de onderkant van het echte veen. De veenvorming maakte de conservering van de vegetatie mogelijk, waaronder de houtresten en pollen. De eerste eiken die bewaard waren in het veen en dendrochronologisch gedateerd konden worden, ontkiemden ongeveer 150 voor Chr. in het onderliggende venige zand. Het bos stierf abrupt af na een grote groei-depressie die begon rond 530 na Chr. (Sass-Klaassen & Hanraets, 2004).

Deze data vallen heel goed samen met het einde van de veengroei die gedateerd werd tussen 474 en 538 na Chr.

Verkregen uit de micromorfologie en palynologie

De monsters voor micromorfologisch en palynologisch onderzoek zijn tegelijkertijd verzameld op minder dan 1 meter afstand van elkaar op een representatieve locatie in een van de profielwanden van de opgegraven putten (put 5, west profiel). Voor het micromorfologisch onderzoek is het hele profiel van 57–126 cm - N.A.P. bestudeerd. Het palynologisch onderzoek had betrekking op 8 pollenmonsters, die geselecteerd waren voor gedetailleerde analyse op basis van de waardering van 20 submonsters. Deze pollenmonsters zijn verkregen uit de

volgende lagen: één uit de zandig humeuze laag onder het veen (84 cm onder N.A.P.), zes uit het veen (80, 78, 74, 70, 66, en 62 cm onder N.A.P.) en één uit de onderkant van de kleilaag die daar bovenop lag (60 cm onder N.A.P.).

De monsters voor C14-analyse zijn verzameld uit de pollenbakken en hun positie ten opzichte van zowel de acht geselecteerde pollenmonsters alsook de bodemlagen zoals ze bepaald zijn door het micromorfologische onderzoek zijn precies bekend (Kooistra M.J., 2004; Kooistra, L.I. *et al.*, 2004b). Hierdoor kunnen de individuele resultaten direct met elkaar gecorreleerd en vergeleken worden. Wanneer we de resultaten van het micromorfologisch en palynologisch onderzoek combineren kunnen de volgende tijdsperioden onderscheiden worden in de ontwikkeling van het toenmalige landschap en de bijbehorende vegetatie (zie Fig. 2, kolom C). Het C14-monster aan de onderkant van het veen komt overeen met het palynologische monster dat genomen is op een diepte van 78 cm. Het palynologische monster dat verzameld is op 80 cm diepte markeert het begin van de veengroei en het einde van de dieper gelegen zandig humeuze laag en kan aldus geplaatst worden in de eerste helft van de eerste eeuw na Chr. Het C14-monster aan de bovenkant van het veen komt overeen met het palynologische monster dat genomen is op een diepte van 62 cm net onder de duidelijke overgang van een veenachtige kleiafzetting naar een pure kleiafzetting. Het begin van de zuivere kleiafzetting kan aldus geplaatst worden in de eerste helft van de 6de eeuw na Chr.

Micromorfologische en palynologische resultaten leidden tot de conclusie dat ongeveer halverwege de veenlaag op 70 cm onder N.A.P. de condities veranderden. Micromorfologische analyses toonden aan dat op deze diepte het veen dunne lagen fijne klei begon te bevatten, wat wijst op de invloed van een nieuwe actieve waterloop, die tegelijkertijd loopt met een hogere afbraak van het veen gerelateerd aan toenemende aeratie. De palynologie verschaftte eveneens aanwijzingen dat de veengroei op deze diepte onderbroken werd en zich afbraak voordeed, wat de slechte conservering van pollen veroorzaakte. De andere palynologische monsters van het veen, genomen op een diepte van 74 en 66 cm onder N.A.P., gaven geen duidelijke verandering aan in de ontwikkeling van het veen. Zoals hierboven genoemd, wezen de dendrochronologische resultaten op een substantiële verandering in site omstandigheden na 300 na Chr., weerspiegeld in een markante verandering in GDO (ontkieming en afsterving) in de eik en es populaties en een duidelijke groei-depressie bij beide soorten (Sass-Klaassen & Hanraets 2004). Wanneer we deze resultaten combineren en er rekening mee houden dat de gereconstrueerde gebeurtenissen alle geplaatst kunnen worden op een tijdstip ongeveer halverwege de veengroei, dan lijkt het erop dat deze gebeurtenissen met elkaar gecorreleerd kunnen worden. De veranderde omstandigheden die geïdentificeerd zijn op 70 cm onder N.A.P. kunnen dan gedateerd worden rond 300 na Chr.

Gebaseerd op deze tijd-diepte schaal die nu gereconstrueerd is, kunnen de andere palynologische monsters van de veenlaag, die verzameld zijn op 74 en 66 cm onder N.A.P., geplaatst worden in respectievelijk de tweede helft van de tweede eeuw en in de eerste helft van de vijfde eeuw na Chr.

Omdat de zandig humeuze laag onder het veen gevormd is zonder erosie onderbrekingen (Kooistra, M.J., 2004) kan het palynologische monster van 84 cm diepte ruwweg geplaatst worden in de periode 800 - 500 v. Chr.

Een geïntegreerde reconstructie van de ontwikkeling van het landschap met zijn bosvegetatie in het gereconstrueerde tijdsbeeld

Gebaseerd op de tijd-diepte schaal die hierboven gereconstrueerd is, kunnen er twee fasen onderscheiden worden in de ontwikkeling van het veen, één vanaf het begin van de ontwikkeling van de veengroei in de eerste helft van de eerste eeuw na Chr. tot ongeveer 300 na Chr. en één vanaf dat moment tot het eind van de veengroei in de eerste helft van de zesde eeuw na Chr. Wanneer we de veengroei plaatsen in zijn natuurlijke zetting kunnen vier fasen in de ontwikkeling van het landschap en bijbehorende bosvegetatie onderscheiden worden (zie Fig. 2, kolom D): één voorafgaand aan de veengroei, twee fasen in de veengroei en één daarna. We komen hieronder op deze fasen terug. De informatie die vergaard is door alle disciplines die meededen, is gecombineerd en geïntegreerd en er worden geen individuele verwijzingen gemaakt naar deze studies. Het uitgangspunt voor deze reconstructie is een goed afwaterende podzol, die zich ontwikkeld had in het eolische dekzand van de Twente Formatie in een depressie tussen twee ruggen.

Fase 1. Voor de start van de veengroei, de zandige humeuze laag.

Ten gevolge van een stijging van het grondwater niveau verdronk de podzol en hierop accumuleerde organisch materiaal, waarin ingeblazen zand voorkomt afkomstig van lokale dekzandruggen. Het diepste C14-monster was genomen op een diepte van 89,5 tot 91,5 cm onder N.A.P., één cm boven de onderkant van deze laag. De 1^{ste} al tijdsbestek van dit monster lag tussen 1630-1510 voor Chr. Het begin van de accumulatie van deze organisch rijke zandige laag kan daarom verondersteld worden rond 2000 voor Chr. Micromorfologie toonde aan dat de manier van omzetting en de wijze van accumulatie van het organische materiaal het gevolg was van toegenomen vernatting. De omstandigheden varieerden. Lokaal waren gipskristallen aanwezig die wijzen op mesotrofe, niet zure omstandigheden, plaatselijk werd echter ook een zwarte moderhumus gevonden, die karakteristiek is voor een licht zure pH. Naar boven toe werd het organische materiaal vni-ger. Het erin opgenomen ingewaaid zand kwam gelijkmatig over het hele pakket voor, wat over het algemeen alleen het resultaat kan zijn van zand dat ingevangen wordt door een lage min of meer gesloten kruidenvegetatie met een beperkt aantal bomen. Bomen vangen meer zand op in de overheersende windrichting, wat resulteert in een ongelijkmatige verdeling van zand op een gelijke diepte.

In dit accumulerende materiaal is één pollenspectrum geanalyseerd op 84 cm diepte, dat in de tijd geplaatst is in de periode rond 800-500 voor Chr. De waarderingsbepalingen van diepere monsters toonden aan dat de kwaliteit van de pollen te

slecht was voor een verantwoorde volledige analyse. Op basis van dit pollenspectrum met een AP:NAP ratio van 70:30, wordt ervan uitgegaan dat de depressie bedekt was met een open tot halfopen (moeras)bos, dat groeide op een vochtige, deels minerale en deels organische ondergrond. De geïdentificeerde algen bevestigen de aanwezigheid van open water, evenals de aanwezigheid van indicatieve soorten uit ondiep min of meer stilstaand water, de gele lis (*Iris pseudacorus*), grote egelskop (*Sparganium erectum*) en grote waterrepe (*Sium latifolium*). Bij de boompollen kwam els (*Alnus*) het meest voor, gevolgd door eik (*Quercus*). De pollen van es (*Fraxinus excelsior*), berk (*Betula*), hazelaar (*Corylus avellana*) en wilg (*Salix*) kwamen in kleine percentages voor. Houtresten uit deze fase zijn niet bewaard gebleven. De enkele gedateerde eiken die ontkiemden in het venige zand voor het begin van de eigenlijke veengroei, groeiden door in het veen en zijn daardoor in deze afzetting bewaard gebleven. Het ingevangen zand had dezelfde korrelgroottedistributie als de omringende dekzandruggen. De voortdurende input van ingewaaid zand wijst erop dat het vegetatiedek op deze ruggen gedurende lange perioden ontbrak terwijl de depressie voortdurend natter werd. Omdat natte condities over het algemeen niet leiden tot een langere periode van afwezigheid van vegetatie, inclusief bossen, is de meest aannemelijke verklaring dat er menselijke activiteiten plaatsvonden op de omringende dakzandruggen. Het gebruik van akkerland is het meest waarschijnlijk omdat hier het land zo veel mogelijk kaal gehouden wordt. Op dit niveau in het pollendiagram zijn echter geen aanwijzingen gevonden voor verbouw van granen. Wel waren er sporen van menselijke aanwezigheid te traceren in de vorm van zogenaamde antropogene indicatoren, zoals alsum (*Artemisia*), grote weegbree (*Plantago major*) en gewone spurrie (*Spergula arvensis*) (Behre 1981).

Fase 2. De eerste fase van de veengroei

Rond de eerste helft van de eerste eeuw na Chr. bereikte het grondwater het oppervlak en begon het eigenlijke veen te groeien op een niveau van 80 cm onder N.A.P. Het aangetroffen veen was gedeeltelijk omgezet en bevatte herkenbare fragmenten van niervarens (*Dryopteris*) en boomwortels. Gebaseerd op de manier van afbraak door bacteriën en mesofauna (hoofdzakelijk potwormen), was de pH zuurder dan in de voorafgaande fase. Omdat de veenlaag dun was, wordt verondersteld dat de wortels van de meeste bomen nog in contact waren met het eronder liggende venige zand. De groeiomstandigheden voor eik, en vanaf 60 na Chr. ook de es, waren niet optimaal, wat bleek uit de zeer lage gemiddelde groeisnelheid van ongeveer 1 mm per jaar. Elkaar afwisselende fasen van normale en gereduceerde groei met abrupte groei depressies die elke 20 tot 40 jaar voorkwamen, wezen waarschijnlijk op veranderingen in de site hydrologie en, zeer goed mogelijk, op fasen in veenaccumulatie. De AP:NAP pollenratio lag op een gemiddelde van 80:20. Dit suggereert dat de bomen groeiden in een half open tot dicht bos. Houtresten analyse toonde aan dat de meeste opgegraven stammen recht waren en geen lage zijtakken hadden, wat wijst op een min of meer dicht bos. De meest voorkomende houtsoorten waren es, els en eik. Minder dan 10% van de houtresten

bestonden uit wilg, iep, esdoorn, berk, hazelaar en wegedoorn. De bomen waren homogeen verspreid over het onderzochte oppervlak van drie ha met een gemiddelde van één boom per 13,5 m², wat aangeeft dat er veel bomen stonden. De diameters van de individuele bomen waren nogal klein. De dendrochronologische resultaten wezen echter op een gemiddelde leeftijd van de gedateerde eiken van 165 jaar met een maximum van 345 jaar; de essen hadden een gemiddelde leeftijd van 133 jaar met een maximum van 245 jaar. Derhalve werd aangenomen dat de opgemeten boomlengthen en diameters afkomstig waren van volwassen bomen. Dientengevolge kan worden geconcludeerd dat het gereconstrueerde bos uit dicht op elkaar staande bomen bestond. Gebaseerd op het dominant voorkomen van pollen van de els, gecombineerd met grondwaterstanden boven het oppervlak, werd er verondersteld dat er een elzenbroekbos aanwezig was. De determinaties van het aangetroffen hout wees echter op een dominant voorkomen van es, els en eik. Deze combinatie van soorten met de aanwezigheid van wilg (*Salix*), iep (*Ulmus*), esdoorn (*Acer*), berk (*Betula*), hazelaar (*Corylus avellana*) en wegedoorn (*Rhamnus cathartica*), lijkt echter meer op een *Alno-Padion*. Dit type vegetatie echter komt nauwelijks voor op veen met uitzondering van het bijna uitgestorven *Filipendulo-Alnetum*. Het moerasbos van Zwolle-Stadshagen zou karakteristiekeken van beide vegetatie typen hebben getoond.

Er is geen bewijs gevonden voor gebruik van het bos voor het hout door de mens of door foeragerende dieren. In de pollen diagrammen waren gedurende deze fase van de veengroei geen antropogene indicatoren aanwezig.

Fase 3. De tweede fase van de veengroei

Na aangroei tot 70 cm onder N.A.P. stopte de pure met grondwater gevoede veengroei. Het moerasbos veen werd toen periodiek overstroomd, waarbij in toenemende mate fijne klei (< 2 µm) werd afgezet. Tussendoor overheersten drogere omstandigheden waardoor ook meer terrestrische bodemfauna, zoals regenwormen en andere mesofauna waaronder potwormsoorten, zich hier kon vestigen. Om hun aanwezigheid mogelijk te maken moest de pH stijgen tot licht zuur of neutraal. Enkele wormexcrementen waren aanwezig in het bovenste gedeelte van de hieronder liggende veenlaag, wat wijst op fluctuerende grondwater niveaus die periodiek tot dit niveau de grond aereerde. Naar boven toe nam het kleigehalte toe evenals de bioturbatie van het kleijge veen. De drastische verandering in site hydrologie met daarbij nog het effect van veelvuldige overstromingen is ook zichtbaar in de generatieveranderingen van de eik en es populaties, waarbij veel bomen dood gingen en nieuwe generaties eik en es zich vestigden. Het algemene groeipatroon met regelmatig terugkerende groeidepressies veranderde echter niet met de komst van de nieuwe generaties. Deze groeidepressies kunnen waarschijnlijk in verband gebracht worden met perioden van langdurige overstromingen.

Ondanks veranderingen in lokale omstandigheden en de vestiging van nieuwe generaties bomen konden er geen veranderingen in de vegetatie typen aangetoond worden, noch door het palynologisch onderzoek noch door het hout onder-

zoek. Ondanks het feit dat er meer organisch materiaal werd afgebroken, wijzen alle data er nog steeds op, dat in deze periode het onderzoeksgebied nog altijd bestond uit een dicht bos. Ook hier is er geen bewijs gevonden voor het gebruik van het bos voor hout door mens of fouragerend dier. In het polendiagram zijn echter enkele rogge pollenkorrels (*Secale cereale*) gevonden op 66 cm onder N.A.P. Het aantal rogge pollenkorrels was zo laag, dat het niet waarschijnlijk is dat ze door de wind zijn afgezet. De pollen kunnen dan ook door het overstromende water zijn aangevoerd en tegelijkertijd met de klei afgezet. Dit kan erop duiden dat gedurende de drogere perioden rogge verbouwd werd op hoger gelegen oeverwallen stroomopwaarts van dit gebied.

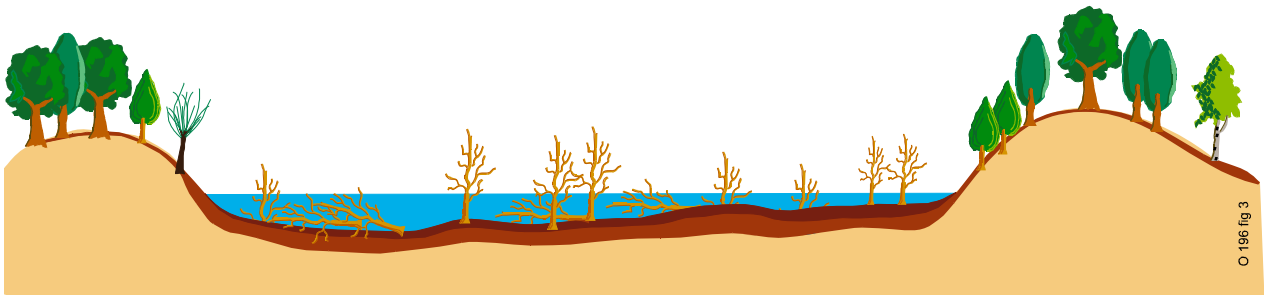
Fase 4. Het einde van de veengroei en inundatie van het boslandschap

Vanaf 60 cm onder N.A.P. stopte de veengroei helemaal en werd het veen bedekt met een ongeveer 40 cm dikke kleiafzetting van pure fijne klei (< 2 µm). Omdat, na een paar cm het tegelijk met de klei afgezette beperkte hoeveelheid organisch materiaal geheel ontbreekt en geen invloed van de bodemfauna meer te traceren is, moet het boslandschap gedurende een langere periode onder water hebben gestaan. Er waren geen houtresten in te vinden en de dendrochronologische resultaten toonden aan, dat zowel de eik als es populaties plotseling in elkaar stortten na een grote groeidepressie die rond 530 na Chr. begon. Het pollenspectrum voor het niveau van 60 cm onder N.A.P. toonde een afname van boompollen (AP) van ongeveer 70% procent aan en een toename van open water en moeras soorten. Omdat pollen aanwezig in dit monster afkomstig zijn uit twee bronnen, lucht en water, kunnen er geen conclusies getrokken worden over veranderingen in het bos of de samenstelling ervan, die gebaseerd zijn op dit monster.

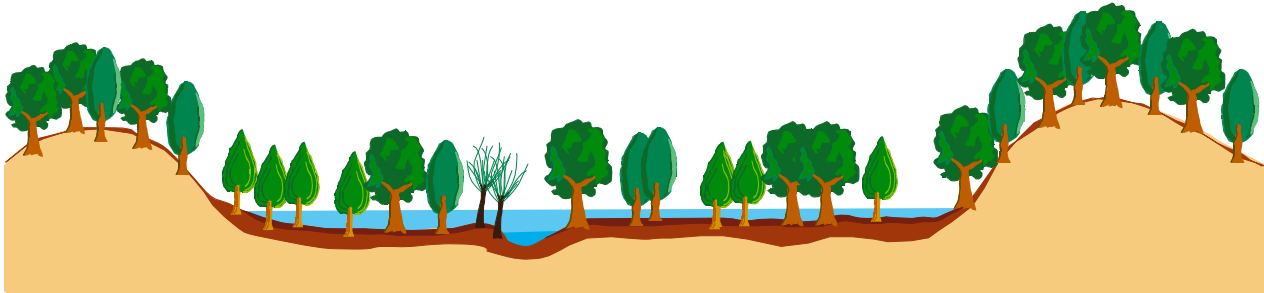
De hierboven beschreven fasen kunnen gevisualiseerd worden in de volgende landschappen (Figuur 3).

Fase 1 toont een landschap dat vooraf gaat aan de start van het basisveen tussen 2000 voor Chr. en 25 na Chr. Ten gevolge van de stijgende grondwaterspiegel in de depressie tussen de dekzandruggen ontstond een moeraslandschap met enkele plassen en enkele smalle rivierlopen met dichtslibbende voormalige rivierarmen. Dit systeem kan deel uitgemaakt hebben van de binnendelta van de Vecht (Ente *et al.*, 1965; Wolfert, 2001) en kan verlaten zijn tengevolge van een toegenomen opslibbing van het gebied door het ingeblazen zand. Op enkele iets hoger gelegen plekken en langs waterlopen ontstond een open en halfopen boslandschap met els en eik als de belangrijkste boomsoorten in een omringende vegetatie bestaande uit een kruidlaag. De dekzandruggen werden bebouwd en kunnen ook deels gebruikt zijn als grasland voor vee, gezien de aanwezige antropogene indicatoren.

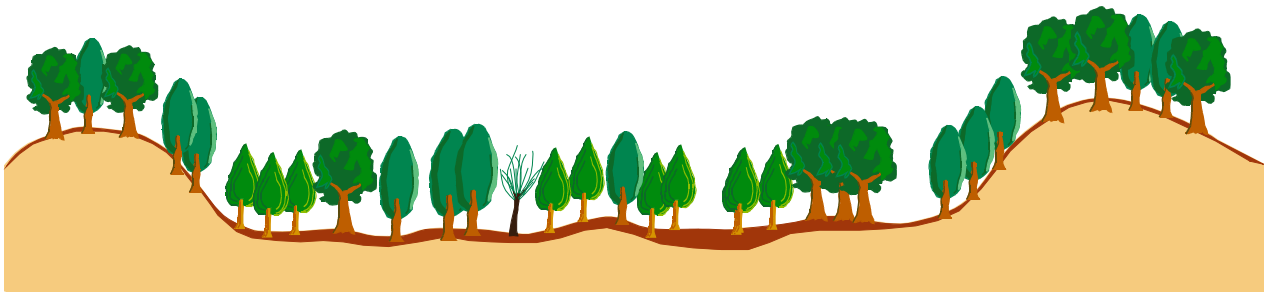
Fase 2 toont een landschap gedurende de eerste fase van de formatie van het basisveen tussen 25 en 300 na Chr. Toen het grondwaterniveau de oppervlakte bereikte, raakte de depressie begroeid met een steeds dikker wordende laag laagveen.



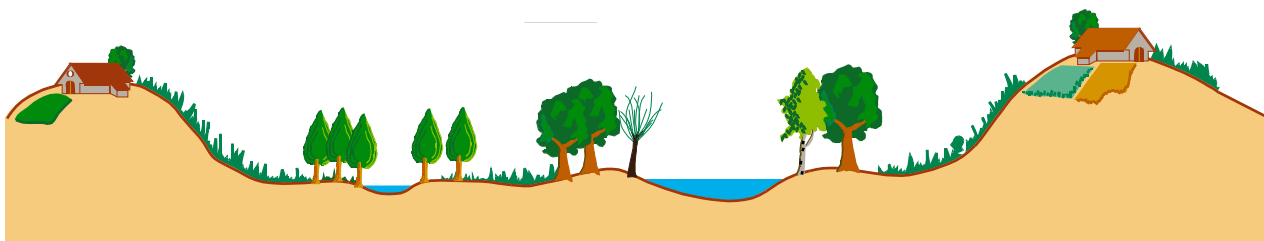
phase 4 > ~ AD 530



phase 3 ~ AD 300 - 530



phase 2 ~ AD 25 - 300



phase 1 ~ BC 1000 - AD 25

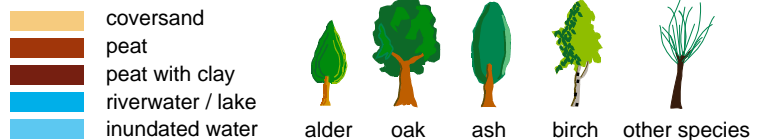


Fig. 3. Visualisatie van de vier onderscheiden fasen in de ontwikkeling van het landschap met zijn vegetatie en bos

Dit laagveen raakte bedekt met een dicht bos bestaande uit es, els en eik als de belangrijkste soorten en heeft kenmerken van een elzenbroekbos en een Filipendulo-Alnetum. De ruggen raakten eveneens bedekt met gesloten vegetatie, waarschijnlijk een bos.

Fase 3 laat een landschap in de tweede fase van de formatie van het basisveen zien tussen 300 en 530 na Chr. Naast een laagveen, dat gevoed werd door grondwater, kwam er ook zoetwater de depressie binnen via een nieuwe waterloop. Deze waterloop kan een nieuwe zijtak geweest zijn van het vlechtende riviersysteem in de binnendelta van de Vecht (zie Kuijer & Rosing, 1995; Kooistra, M.J., 2004). Periodieke over-

stromingen kwamen voor waarbij dunne laagjes pure klei (< 2 µm) werden afgezet. Tussen deze overstromingen raakte de bovenkant van het veen in toenemende mate uitgedroogd. Dit laagveen bleef bedekt met een vergelijkbaar dicht bos met dezelfde bomen als in fase 2. Hoogstwaarschijnlijk bleven de ruggen eveneens bedekt met dicht bos.

Fase 4 bestaat uit het landschap na afloop van de veenvorming, na ongeveer 530 na Chr. De hele depressie was overstroomd, het bos was verdrinken en er was tijdelijk een zoetwater meer ontstaan. Het veen met zijn bomen werd overdekt door een ongeveer 40 cm dikke onderwater-afzetting van pure fijne klei (< 2 µm), waardoor het veen met al zijn organische resten werd samengeperst en goed geconserveerd bleef.

Het gereconstrueerde landschap met zijn vegetatie en bossen in zijn destijdse omgeving

De vier gereconstrueerde fasen in de ontwikkeling van het landschap en bos kunnen het gevolg zijn van lokale factoren en beperkt blijven tot het onderzoeksgebied, maar ze kunnen ook te wijten zijn aan externe factoren en geplaatst worden in een breder kader. Drie duidelijke veranderingen in hydrologische omstandigheden die verantwoordelijk waren voor de verschillende fasen in de ontwikkeling van het landschap en bos zijn geïdentificeerd. Deze zijn:

1. Een voortdurende stijging van het grondwater dat het oppervlak over een lange periode bereikte;
2. Het ontstaan van een rivierloop die enerzijds overstromingen veroorzaakte waarbij dunne laagjes pure fijne klei (< 2 µm) zijn afgezet, maar anderzijds toenemende water aëratie van de bovenste laag van het veen veroorzaakte;
3. De totale overstroming van het veen en het bos en de vorming van een tijdelijk zoetwater meer.

Afgezien van deze drie duidelijke veranderingen in de ontwikkeling van het landschap en bos kwamen specifieke patronen van boomgroei en populatiedynamiek van het bos voor, die soms tegelijkertijd plaatsvonden met de veranderingen in de hydrologische omstandigheden en soms niet. Deze opvallende veranderingen worden hieronder chronologisch behandeld.

Een stijgende grondwaterspiegel

Om erachter te komen of de stijgende grondwaterspiegel het gevolg was van een stijging in de regionale dan wel lokale waterhuishouding werd de C14-datering van de basis van het veen geplot in de curve van de gemiddelde zeespiegelstijging van Van de Plassche (1982) (Tab. 1). De datum paste goed, toen de curve uitgebreid werd tot omstreeks het begin van onze jaartelling. Omdat de monsters heel secuur verzameld konden worden uit een goed opgegraven profielwand die nauwkeurig ingemeten was en ze eveneens verzameld waren uit een laaglandmoerasbos dat op grondwaterniveau groeide, is de kans op fouten klein. Derhalve kon de veengroei in Zwolle-Stadshagen toegeschreven worden aan een regionale stijging van het grondwaterniveau die het gevolg was van de algemene zeespiegelstijging in het Holoceen (Kooistra, M.J., 2004).

Het ontstaan van de rivierloop en kleiafzetting

Dendrochronologisch onderzoek toonde aan dat de bestudeerde eiken en essen langzame groeiers waren en dat er afwisselende fasen van normale en gereduceerde groei waren. Groeidepressies kwamen voor met een regelmaat van 20 tot 40 jaar. Bijna al deze depressies kwamen tegelijkertijd voor in eiken van andere - voornamelijk moeras - gebieden in NW Europa. Derhalve moest een regionale (klimatologische) factor verantwoordelijk zijn voor dit verschijnsel. De markante groeidepressie van 300 na Chr., was echter niet aanwezig in de andere eik-chronologieën in NW-Europa en moest derhalve veroorzaakt zijn door een veranderende locale factor. Dit was te verwachten omdat het ontstaan van een nieuwe rivierloop, die klei afzet meestal van locale aard is. De gereduceerde groeicondities in de eiken en essen konden met deze terugkerende perioden van wateroverlast in verband worden gebracht. Beide verschijnselen, dat wil zeggen een hoog grondwaterniveau en overstromingen, zijn waarschijnlijk terug te vinden in die langdurige groeidepressies. De droge perioden moeten zo gekoppeld worden aan fasen van gunstige boomgroei (jaarringen met een breedte van 1,5 en 2 mm) toen veel voedingsstoffen beschikbaar kwamen, terwijl de slechts oppervlakkige uitdroging van de veenlaag de beschikbaarheid van water voor de ondiep wortelende bomen niet

Sample name	Laboratory no.	Depth (cm below Dutch O.D.)	Material	C ¹⁴ -age (BP)	Median cal. age ¹ (BC/AD)	1s cal. age range ¹ (BC/AD)	2s cal. age range ¹ (BC/AD)
Zwolle I	GrN-27024	60.5-62.5	peat (bulk)	1540 30	503 AD	474-538 AD	442-566 AD
Zwolle II	GrN-27025	76.5-79.0	peat (bulk)	1950 40	51 AD	6-102 AD	42 BC-146 AD
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (alkali residue)	3280 45	1571 BC	1630-1510 BC	1670-1450 BC
Zwolle III	KIA-19154	89.5-91.5	soil (humous acid)	3145 30	1406 BC	1442-1370 BC	1478-1334 BC

¹ The Groningen calibration program (version CAL25) was used (Van der Plicht, 1993). The degree of smoothing of the calibration curve was based on Törnqvist & Bierkens (1994): s = 200 was applied.

Tabel 1. C14-dateringen van de bestudeerde sectie.

serieus beïnvloedde. Deze relatief droge perioden in het veen zijn in Zwolle-Stadshagen ongeveer iedere 20 tot 40 jaar onderbroken door nattere perioden. Veel bomen overleefden deze terugkerende natte perioden soms zelfs zeven keer gedurende hun leven. Aangenomen wordt dat de perioden van groeidepressies toegeschreven kunnen worden aan langdurige (winter) overstromingen of langdurige fasen van hoog grondwater in de lente, wat leidde tot (1) een vertraging in de groei waarbij de vegetatie periode korter werd en/of (2) wortelbeschadigingen (in combinatie met uitputting van koolhydraten) tengevolge van zuurstof gebrek in de wortelzone aan het begin van de vegetatie periode wanneer de boomgroei al gestart is. Ook een mogelijk afsterven van mycorrhiza kan een reden zijn voor langdurige groeidepressies als een gevolg van natte omstandigheden. Veranderingen in populatiedynamiek, dat wil zeggen fasen van toename in de ontkieming en het afsterven van de bomen, kwamen altijd tegelijkertijd voor met perioden van langdurige groeidepressies in de bomen die doorleefden. Ervan uitgaand dat deze perioden natter dan normaal waren, moeten aspecten als de hoeveelheid beschikbaar licht een belangrijke rol bij het ontkiemen van bomen gespeeld hebben. De hoeveelheid licht die in een bos binnen dringt neemt namelijk toe als oudere bomen afsterven. Daarbij komt dat langdurige perioden van overstroming de groei van de onderbegroeiing van het bos ook beperkt waardoor de (licht)condities voor de ontkieming van jonge bomen bevorderd wordt. Tenslotte moeten ook kleinschalige verschillen in de site topografie in aanmerking genomen worden als een belangrijke factor voor het ontkiemen van bomen. Het is heel goed mogelijk dat bomen bij voorkeur ontkiemden op de iets hogere en daarom drogere plekken. Zo is de laatste generatie essen uitsluitend gevonden in de iets hoger liggende sleuf 5 (Sass-Klaassen & Hanraets 2004).

Overstroming van het veen, verdrinking van het bos en het ontstaan van een tijdelijk zoetwater meer

De meeste eiken en essen stierven af tussen 530 en 540 na Chr. na een dramatische groeidepressie. Deze groeidepressie komt tegelijkertijd voor in eiken op vele plaatsten in NW Europa, inclusief Ierland (Leuschner *et al.*, 2002, Baillie, 1994; 1999). Alle groeidepressies na 300 na Chr. en de laatste plotselinge verandering in de gemiddelde leeftijd kunnen waarschijnlijk aan vaak voorkomende overstromingen toegeschreven worden. Deze steeds vaker voorkomende overstromingen, die afgeleid kunnen worden uit een grotere dichtheid van kleibandjes in de bovenste veenlaag, waren ook de reden dat er nauwelijks eiken ontkiemden na 400 na Chr. (Sass-Klaassen & Hanraets 2004).

Tegelijkertijd met het veen in Zwolle-Stadshagen stopte de veengroei in een groter gebied. Ente (1986) legde vast dat, ongeveer 12 km ten NW van Zwolle-Stadshagen, de veengroei rond 520 ± 50 jaar na Chr. (GrN 7492) stopte, waarbij het veen ook overdekt raakte door een kleiafzetting.

De samenstelling van de klei in de bovenste veenlaag en die van het kleipakket, bijna uitsluitend < 2 µm ø, is bijzonder en

wijst niet op een gewone rivierafzetting. Hierin komen over het algemeen lage percentages zandkorrels voor. Hier niet. Deze specifieke samenstelling van de klei in Zwolle-Stadshagen kan het resultaat van een filtering van het sediment door een gesloten kruidvegetatie zijn. Dit kan het geval geweest zijn gedurende de tijdelijke overstromingen toen veengroei bleef doorgaan. Het is echter onwaarschijnlijk dat een dergelijke lage vegetatie stand kon houden tijdens langdurige overstromingen waarin uiteindelijk een kleipakket van 40 – 60 cm dikte gevormd is. Daarbij komt, dat er geen organisch materiaal tegelijkertijd met de klei is afgezet. De samenstelling van de klei, waarin zowel silt- als zandkorrels ontbreken wijst op een onderwater afzetting, die lijkt op een laterale helling (Reineck & Singh, 1974). Hierdoor lijkt de meest logische verklaring dat er een tijdelijk zoetwater meer gevormd werd dat het bos onder water zette (Kooistra, M.J., 2003, op. cit.). Tot nog toe is deze karakteristieke zware klei alleen gevonden in Zwolle-Stadshagen, Stadsbroek en in het bebouwde gebied ten noorden van de stad Zwolle. Het feit echter, dat na 530 na Chr. veel bomen in verschillende moerasgebieden in NW Europa afstierven of langdurige groeidepressies vertoonden (Leuschner *et al.*, 2002, Sass-Klaassen & Hanraets, op. cit.), leidt tot de conclusie dat de totale overstroming van de depressie toegeschreven moet worden aan een regionale factor. De excessieve waterafvoer was waarschijnlijk het resultaat van een dramatische klimaatsverandering na een vulkaanuitbarsting en/of komeetinslag, die koud, nat weer voor tenminste 18 jaar op het noordelijk halfrond tot gevolg had (Baillie, 1994; 1996; 1999; Keys, 1999; Larsen, 2002).

Conclusies

De twee datasets voor absolute dateringen, de C14-dateringen en de dendrochronologische dateringen van eik en es komen met elkaar overeen. Samen met de micromorfologische resultaten over ontstaan en ontwikkeling van de bodem en de palynologische resultaten over pollen hoeveelheden en samenstelling was het mogelijk om verbanden te leggen tussen de verschillende gebeurtenissen en een exact tijds kader te krijgen, wat essentieel was voor de reconstructie van het paleo-landschap met zijn bosvegetaties.

Alle betrokken disciplines hebben een bijdrage geleverd aan specifieke en essentiële informatie voor de reconstructie van het juiste tijdsbestek, het paleo-landschap en het bos in zijn natuurlijk milieu.

Het basisveen met bijbehorend moerasbos ontwikkelde zich in een depressie tussen twee dekzandruggen die voortdurend natter werd. In deze depressie kwamen enkele vennen en smalle rivierlopen voor met afgesneden, dichtslibbende, zijarmen. Deze behoren waarschijnlijk tot het riviersysteem in de binnendelta van de Vecht. De stijging van het grondwater-niveau was het gevolg van de algemene stijging van de zeespiegel in het Holoceen.

Het moerasbos ontstond vanaf ongeveer 150 voor Chr. en groeide door na het begin van de groei van het basisveen. De meeste bomen stierven na 530 na Chr., de laatste eik hield

het uit tot ongeveer 586 na Chr.

Het moerasbos bestond uit dicht op elkaar staande volwassen bomen hoofdzakelijk es, els en eik. De bomen waren over het algemeen langzame groeiers en toonden afwisselende fasen van normale en gereduceerde groei. De samenstelling van het boslandschap met zijn specifieke bodem omstandigheden heeft geen hedendaags equivalent. Het had niet de verschijnselen van een klassiek elzenbroekbos vanwege de aanwezigheid van es en eik, en kan niet ingedeeld worden bij het moderne Alno-padion omdat het op veen groeit.

De combinatie van palynologie met het houtresten onderzoek maakte het mogelijk om een correcter beeld te krijgen van het boslandschap, dan wat zonder het houtresten onderzoek mogelijk was geweest. Ook kon op deze manier de dichtheid van het bosbestand nauwkeuriger bepaald worden.

Rond 300 na Chr., ongeveer halverwege de veengroei, ontstond een nieuwe rivierloop in deze depressie die leidde tot periodieke langdurige winter- of lente overstromingen, waarbij dunne laagjes pure fijne klei (< 2 µm) werden afgezet.

Tussen deze overstromingen kwamen er duidelijk drogere perioden voor met een ontwatering tot in de bovenkant van het veen wat leidde tot bioturbatie door regenwormen.

De samenstelling van het bos en de groeipatronen van de bomen werden niet significant beïnvloed door deze verandering in lokale hydrologie, hoewel iets later rond 450 na Chr. de populatiedynamiek van de es een duidelijke ontkiemings- en afstervingspiek (GDO gebeurtenis), liet zien, die overeen kwam met een toename van de kleiafzetting en doorluchting van de toplaag.

De ontwikkeling van een nieuwe rivierloop was een gevolg van lokale hydrologische factoren en kan aan een verandering van de ligging van de hoofdrievieren in de binnendelta van de Vecht toegeschreven worden.

Het moerasbos verdronk in een tijdelijk, lokaal zoetwater meer dat zich ontwikkelde aan de randen van de binnendelta van de Vecht. Deze hydrologische verandering moet toegeschreven worden aan een regionale klimaatsfactor, die in verband gebracht kan worden met een drastische verandering in neerslag en afvoer van rivierwater, die mogelijk samenhangen met een vulkanische uitbarsting of een komeetinslag.

Er is geen bewijs voor de exploitatie van het bos voor hout door de mens gevonden noch aanwijzingen voor de aanwezigheid van foeragerende dieren. In de pollendiagrammen waren antropogene indicatoren vrijwel afwezig, op enkele roggepollen (*Secale cereale*) in de top van het bosveen na. Dit kan erop wijzen dat rogge verbouwd werd op oeverwallen van stroomopwaarts gelegen rivierlopen, in enkele drogere perioden.

Het geïntegreerde onderzoek leidde tot een gedetailleerde reconstructie van het paleo-landschap met zijn bossen in zijn natuurlijke setting, die op geen andere wijze verkregen had kunnen worden. Geen enkel deel van het onderzoek had achterwege kunnen blijven, omdat juist de combinatie en het bij elkaar brengen van de verschillende onderzoeksbijdragen het mogelijk maakte om verantwoorde conclusies te trekken.

Dankbetuiging

Dit onderzoek is door de gemeente Zwolle en de provincie Overijssel gefinancierd via de Stichting Promotie Archeologie en door Alterra, DLO programma 382.

Literatuur

Baillie, M.G.L., 1994. Dendrochronology raises questions about the nature of the AD 536 dust-veil event. *The Holocene* 4: 212-217.

Baillie, M.G.L., 1996. Extreme environmental events and the linking of the tree-ring and ice-core records. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.): *Tree Rings, Environment, and Humanity*. Radiocarbon, Department of Geosciences, The University of Arizona (Tucson): 703-711.

Baillie, M., 1999. *Exodus to Arthur: catastrophic encounters with comets*. Batsford (London): 272 pp.

Behre, K-E., 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et Spores* 23. 225-245.

Bremt, P. van den, Dirx, J., During, R., Geel, B. van, Kooistra, L. & Tak, G., 1998. Een stekelig beeld van het Atlantische bos. *Landschap* 15/4, 245-250.

Ente, P.J. 1986. *Het ontstaan van het Marsdiep en de Zuiderzee*. Werkdocument 1986-102 abw. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Lelystad.

Ente, P.J., Haans, J.C.F.M. & Knibbe, M., 1965. *De bodem van Overijssel, de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland*. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

Keys, D., 1999. Catastrophe: an investigation into the origins of the modern world. *Century* (London): 368 pp.

Kooistra, L.I., Rijn, P. van, Hanraets, E., Kooistra, M.J. & Sass-Klaassen, U. 2004a. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 2. Onderzoeksdoelstellingen, concept en opgravingsmethode. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.

Kooistra, L.I., Rijn, P. van & Smeerdijk, D.G. van 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 4. Reconstructie van de vegetatie door middel van palynologie en hout onderzoek. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.

Kooistra, M.J. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 3. Ontwikkeling van het paleo-landschap in zijn hydrologische context. *Archeologische Rapporten Zwolle* 16.

Kuijper, P.C. & Rosing, H., 1994. *Bodemkaart van Nederland 1:50.000. Blad 21 Oost Zwolle*. DLO-Staring Centrum, Wageningen.

Leuschner, H.H., Sass-Klaassen, U., Jansma, E., Baillie, M.G.L. & Spurk, M., 2002. Subfossil European bog oaks: population dynamics and long-term growth depressions as indicators of changes in the Holocene hydro-regime and climate. *The Holocene* 12: 695-706.

Larsen, L. B., 2002. *The sixth century climatic catastrophe told by the ice cores. In: Environmental catastrophes and recoveries in the Holocene, abstracts conference august 29 - september 2, 2002*. Department of Geography & Earth Sciences, Brunel University, Uxbridge, U.K.

Reineck, H.E. & Singh, I.B., 1973. *Depositional Sedimentary Environments*. Springer Verlag, Berlin.

Sass-Klaassen, U. en Hanraets, E. 2004. Verleden bossen. De opgraving van een moerasbos in Zwolle-Stadshagen. 5. Groeipatronen en populatie dynamiek van eik en es. *Archeologische Rapporten Zwolle 16*.