

# **De stijging van de waterspiegel nabij Almere in de periode 5300-2300 v. Chr.**

**Bart Makaske, Dirk van Smeerdijk, John Mulder & Theo Spek**

**Alterra-rapport 478**

**Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2002**

## REFERAAT

Makaske, B., D.G. van Smeerdijk, J.R. Mulder & T. Spek, 2002. *De stijging van de waterspiegel nabij Almere in de periode 5300-2300 v. Chr.* Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 478; 105 blz.; 15 fig.; 3 tab.; 42 ref.

Op basis van  $^{14}\text{C}$ -ouderdomsbepalingen aan basisveenmonsters is een reconstructie gemaakt van de stijging van de waterspiegel in de omgeving van Almere in de periode 5300-2300 v. Chr. Een geologisch en bodemkundig onderzoek door middel van grondboringen ging vooraf aan het verzamelen van de veenmonsters. De samenstelling van het basisveen is uitvoerig paleo-ecologisch onderzocht. De dateringsgegevens zijn uitgezet in tijd-dieptediagrammen en er zijn curves getrokken die de ontwikkeling van de waterstand in de loop van de tijd weergeven. Vervolgens is een vergelijking gemaakt met de resultaten van soortgelijke studies die elders in Flevoland hebben plaatsgevonden. Ook is een vergelijking gemaakt met de ontwikkeling van de zeespiegel. Het onderzoek kan bijdragen aan een betere inschatting van de bewoningsmogelijkheden van het studiegebied in de Midden en Late Steentijd, hetgeen relevant is voor onderzoek naar archeologische waarden.

Trefwoorden: Almere, archeologie, Atlanticum, basisveen,  $^{14}\text{C}$ -ouderdomsbepaling, Flevoland, geologie, Mesolithicum, Neolithicum, paleo-ecologie, waterspiegelstijging, zeespiegelstijging.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 26,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 478. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2002 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,  
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

# Inhoud

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| Woord vooraf                                      | 9  |
| Samenvatting                                      | 11 |
| 1 Inleiding                                       | 13 |
| 1.1 Doelstelling                                  | 13 |
| 1.2 Archeologische achtergrond                    | 13 |
| 1.3 Aanpak van de studie                          | 15 |
| 2 Methode                                         | 17 |
| 2.1 Booronderzoek                                 | 17 |
| 2.2 Paleo-ecologisch onderzoek                    | 18 |
| 2.3 Selectie van $^{14}\text{C}$ -monsters        | 19 |
| 2.4 $^{14}\text{C}$ -datering                     | 21 |
| 3 Geologische opbouw                              | 23 |
| 3.1 Inleiding                                     | 23 |
| 3.2 Lithostratigrafische eenheden                 | 23 |
| 3.1 Profiel Veluwedreef                           | 27 |
| 3.2 Profiel Tureluurweg                           | 30 |
| 3.3 Profiel Musweg                                | 33 |
| 3.4 Profiel Gooimeerdijk                          | 33 |
| 4 Paleo-ecologie                                  | 37 |
| 4.1 Inleiding                                     | 37 |
| 4.2 Profiel Veluwedreef                           | 38 |
| 4.3 Profiel Tureluurweg                           | 39 |
| 4.4 Profiel Musweg                                | 42 |
| 4.5 Profiel Gooimeerdijk                          | 44 |
| 5 Reconstructie van waterspiegelstijging          | 45 |
| 5.1 Calibratie van de $^{14}\text{C}$ -dateringen | 45 |
| 5.2 De foutenmarge van de tijd-dieptegegevens     | 47 |

|     |                                                                        |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 | Geologische en paleo-ecologische waardering van de tijd-dieptegegevens | 48 |
| 5.4 | Een curve voor waterspiegelstijging                                    | 52 |
| 6   | Vergelijking met andere reconstructies                                 | 55 |
| 6.1 | Inleiding                                                              | 55 |
| 6.2 | Archeologische opgraving 'Hoge Vaart'                                  | 55 |
| 6.3 | Het zuiden van Zuidelijk Flevoland                                     | 58 |
| 6.4 | Schokland en omgeving                                                  | 59 |
| 6.5 | Evaluatie                                                              | 61 |
| 7   | Conclusies en aanbevelingen                                            | 67 |
|     | Literatuur                                                             | 69 |
|     | Bijlagen                                                               | 73 |

## Figuren

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. De ligging van het studiegebied en enkele locaties van voorgaande onderzoeken                                                                                                                                                                                          | 14 |
| 2. De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in Zuidelijk Flevoland en de ligging van de detailkaartjes van delen van het studiegebied (Figuren 5, 7 en 9) (Bron: Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad)                                                  | 24 |
| 3. De lithostratigrafische eenheden in het studiegebied uit het Laat-Pleistoceen en het Holoceen volgens de indeling van Zagwijn & van Staalduinen (1975) [met aanvulling zoals gegeven in Menke <i>et al.</i> (1998)] en de indeling van Weerts <i>et al.</i> (2000)     | 26 |
| 4. Profiel Veluwedreef                                                                                                                                                                                                                                                    | 28 |
| 5. De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Veluwedreef (gebaseerd op archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad)                                                                                              | 29 |
| 6. Profiel Tureluurweg                                                                                                                                                                                                                                                    | 31 |
| 7. De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Tureluurweg [gebaseerd op Heidemij (1993) en archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad]                                                                           | 32 |
| 8. Profiel Musweg                                                                                                                                                                                                                                                         | 34 |
| 9. De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Musweg en Profiel Gooimeerdijk (gebaseerd op archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad)                                                                           | 35 |
| 10. Profiel Gooimeerdijk                                                                                                                                                                                                                                                  | 35 |
| 11. Diagram waarin de ouderdom van de voor deze studie gedateerde veenmonsters is uitgezet tegen de diepteligging ten opzichte van NAP, en een onderste limietcurve voor de ontwikkeling van de waterstand in het studiegebied                                            | 49 |
| 12. Diagram met diverse tijd-dieptegegevens uit het zuidelijk deel van Zuidelijk Flevoland en een onderste limietcurve op basis van deze gegevens                                                                                                                         | 57 |
| 13. Diagram met tijd-dieptegegevens van basisveen uit de Noordoostpolder (Roeleveld & Gotjé, 1993), aangevuld met een tijd-dieptepunt uit het noordelijk deel van Oostelijk Flevoland (Ente <i>et al.</i> , 1986), en een onderste limietcurve op basis van deze gegevens | 60 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 14. Tijd-dieptediagram met een onderste limietcurve gebaseerd op basisveengegevens uit de omgeving van Almere en gegevens uit de omgeving van Schokland, een uiterste onderste limiet voor de stijging van gemiddeld zeeniveau, een onderste limiet van basisveengegevens en een trendcurve voor de stijging van gemiddeld zeeniveau | 64 |
| 15. Tijd-dieptediagram met onderste limietcurves uit deze studie die opwaarts zijn bijgesteld om de effecten van een veronderstelde lineaire bodemdaling van 25 cm/millennium te elimineren                                                                                                                                          | 65 |

## **Tabellen**

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Gegevens over de <sup>14</sup> C-dateringen uitgevoerd voor dit onderzoek                   | 20 |
| 2. Gecalibreerde <sup>14</sup> C-dateringen uit dit onderzoek                                  | 46 |
| 3. Gewogen gemiddelden van een aantal <sup>14</sup> C-dateringen uitgevoerd voor dit onderzoek | 46 |

## **Bijlagen**

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Zandgehaltes van de kernen die op macroresteninhoud geanalyseerd zijn                                                                                                      | 73 |
| 2. Resultaten van de macrorestenanalyse: (A) Profiel Veluwedreef; (B) Profiel Tureluurweg; (C) Profiel Musweg; (D) Profiel Gooimeerdijk                                       | 79 |
| 3. Pollen/microfossielendiagram: (A) Abies, Picea, Droog bos, Nat bos; (B) S NAP2, Heide-Hoogveen; (C) Moeras, Ruigte, Open water; (D) Kruiden, Sporenplanten, Microfossielen | 93 |
| 4. Lijst van Latijnse en Nederlandse soortnamen gebruikt in de tekst van dit rapport                                                                                          | 99 |

## Woord vooraf

Het in dit rapport beschreven onderzoek is uitgevoerd door Alterra (voorheen DLO-Staring Centrum) in samenwerking met BIAX *Consult* in opdracht van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek (ROB). Het onderzoek is gefinancierd door Rijkswaterstaat (Directie IJsselmeergebied), de ROB en het Ministerie van LNV. Het doel was het maken van een reconstructie van de stijging van de waterspiegel in de Midden en Late Steentijd in een onderzoeksgebied bij Almere. Dit onderzoek maakt deel uit van het 'Zuidelijk Flevoland Project' van de ROB. Dit project is gericht op het ontwikkelen van een inhoudelijk kader en een methodiek om het archeologisch potentieel van Zuidelijk Flevoland beter te kunnen waarderen. De leiding van het Zuidelijk Flevoland Project is in handen van Hans Peeters (ROB).

Binnen het onderzoeksteam van Alterra en BIAX *Consult* waren de werkzaamheden als volgt verdeeld:

- Theo Spek (bodemkundige van Alterra) werkte aan de onderzoeksopzet en was projectleider tot 1 januari 2000;
- Dirk van Smeerdijk (paleo-ecoloog van BIAX *Consult*): voerde veldwerk en paleo-ecologische analyses uit en schreef een deel van de rapportage (hoofdstuk 4);
- John Mulder (veldbodemkundige van Alterra): verrichtte geologisch/bodemkundig veldwerk;
- Bart Makaske (Alterra) was projectleider sinds 1 januari 2000, werkte de geologische gegevens en  $^{14}\text{C}$ -dateringen uit en droeg zorg voor de integratie van de onderzoeksgegevens en de eindrapportage.

In augustus 1998 is het onderzoek gestart. Het veldwerk in Almere en omgeving vond plaats in het najaar van 1998 en het voorjaar van 1999. Sinds die tijd is gewerkt aan analyse en rapportage. Naast dit rapport zijn er nog enkele publicaties waarin deelaspecten van het onderzoek aan de orde komen (Makaske *et al.*, 2002; Peeters *et al.*, in druk). Dit rapport wordt onderdeel van een integraal eindrapport over het Zuidelijk Flevoland Project. Dit eindrapport (Peeters *et al.*, in voorbereiding) zal verschijnen in de RAM-reeks van de ROB.

Een aantal personen hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan het onderzoek. Ute Menke en Gerda Lenselink (Rijkswaterstaat-RIZA in Lelystad) stelden boorgegevens van de voormalige Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders ter beschikking, die een goede locatiekeuze voor het nemen van  $^{14}\text{C}$ -monsters mogelijk maakten. Met Willem-Jan Hogestijn (stadsarcheoloog Gemeente Almere) en Piet Cleveringa (NITG-TNO) hadden we inhoudelijke discussies over het onderzoek. Klaas van der Borg en Arie de Jong (Van der Graaff Laboratorium, Universiteit Utrecht) verrichtten de  $^{14}\text{C}$ -analyses. De heren Geurts en Drijfhout (Bureau Landmeten, Gemeente Almere) hebben geholpen bij het inmeten van de boorlocaties. Barbara Duran verzorgde de figuren 5, 7 en 9. Mark van Waijen verrichtte, samen met Dirk van Smeerdijk, palynologische analyses. Alle hierboven

genoemde personen worden hartelijk bedankt voor hun medewerking aan het onderzoek.



## Samenvatting

De stijging van de zeespiegel na het einde van de laatste ijstijd, heeft in de loop van het Holoceen grote landschappelijke veranderingen in het IJsselmeergebied veroorzaakt. Door de stijging van de (grond)waterspiegel verdronk het dekzandlandschap en veranderde in een veenmoeras. De lagune die toen achter de strandwallen ontstond op de plaats van het huidige IJsselmeer wordt de Flevo-lagune genoemd. Het proces van verdrinking ging echter zeer geleidelijk en nam duizenden jaren in beslag. Door de vernatting ontstond in eerste instantie een veenpakket op het dekzand, het basisveen genoemd. Later, toen de waterspiegel nog verder was gestegen, werd het basisveen afgedekt door klei- en veenlagen. Door op verschillende niveaus het basisveen dat direct op het dekzand ligt te dateren, kunnen de verschillende tijdstippen van vernatting voor die niveaus worden vastgesteld. Door het uitzetten van de tijd-dieptegegevens in een diagram wordt in feite de stijging van de waterspiegel in de loop der tijd beschreven.

De stijging van de waterspiegel had grote consequenties voor de menselijke bewoning. Vanaf het moment dat het grondwater op een bepaalde plaats tot aan het dekzandoppervlak gestegen was, werd permanente bewoning daar vrijwel onmogelijk. Indien een curve kan worden opgesteld die de stijging van de waterspiegel in de loop der tijd weergeeft, is het mogelijk daarmee voor allerlei niveaus ten opzichte van NAP vast te stellen vanaf wanneer prehistorische menselijke bewoning uitgesloten kan worden geacht.

In deze studie zijn, op verschillende niveaus ten opzichte van NAP, monsters verzameld van organische materialen op de overgang van dekzand naar veen in een studiegebied bij Almere. De doelstelling van het onderzoek was het zo gedetailleerd mogelijk reconstrueren van de stijging van de waterspiegel in het studiegebied tijdens de Midden en Late Steentijd. Voor de keuze van goede bemonsteringslocaties is stratigrafisch booronderzoek uitgevoerd. De uit de boringen verzamelde monsters zijn paleo-ecologisch onderzocht om bruikbaar dateringsmateriaal te selecteren en om meer duidelijkheid te krijgen over de precieze relatie tussen veenvorming en de stand van de (grond)waterspiegel. Daarna zijn  $^{14}\text{C}$ -ouderdomsbepalingen van de geselecteerde monsters uitgevoerd.

De tijd-diepte posities van de  $^{14}\text{C}$ -dateringsgegevens van rietveen/broekveen weerspiegelen de trend van de voortdurend stijgende (grond)waterspiegel. Dateringsgegevens van hoogveen, verslagen veen en paleosols in het dekzand vertonen een van deze trend afwijkende tijd-diepte positie. Verder lijkt de tijd-diepte positie van één van de dateringen van rietveen/broekveen een lokale verhoging van de (grond)waterspiegel (door slechte drainage van kwel- of rivierwater) aan te geven. Op basis van de tijd-diepte gegevens uit deze studie is de onderste limiet van verdrinking van het studiegebied gereconstrueerd voor de periode 5300-4300 v. Chr. Deze onderste limietcurve geeft weer vanaf welk tijdstip een bepaald niveau zich (met zeer grote waarschijnlijkheid) binnen het toenmalig getijdenbereik bevond.

Voor de archeologie betekent dit in feite de uiterste limiet van bewoonbaarheid. De grootte van de voormalige getijdenamplitude in het studiegebied is echter niet bekend. De onderste limietcurve uit deze studie is ongeveer 0,25 tot 0,5 m onder de curve gelegen, die de ontwikkeling van gemiddeld zeeniveau voor West- en Noord-Nederland weergeeft (de MSL-curve).

Het verloop van de onderste limietcurve na 4300 v. Chr. is enigszins onduidelijk. Diverse tijd-dieptegegevens uit andere studies in het zuiden van Zuidelijk Flevoland suggereren voor de periode 4300-2300 v. Chr. een voortzetting van de onderste limietcurve op 0,25 tot 0,5 m onder de MSL-curve. Deze voortzetting wordt voorlopig het meest representatief geacht voor het studiegebied. Andere tijd-dieptegegevens van basisveen in de omgeving van Schokland suggereren een voortzetting van de curve die verder onder de MSL-curve gelegen is. De precieze relatie tussen de onderste limietcurve uit deze studie en de 'regionale' gemiddelde waterstand in de Flevo-lagune en het gemiddeld zeeniveau is vooralsnog onzeker. De belangrijkste factoren die naar verwachting deze relatie beïnvloeden zijn: (a) differentiële tectonische bodembewegingen en (b) variaties in de getijdenamplitude. In kwantitatieve zin is over deze factoren echter weinig bekend.

# **1 Inleiding**

## **1.1 Doelstelling**

Gedurende het Holocene is de zeespiegel in het Noordzeegebied ongeveer 65 m gestegen ten opzichte van NAP (Jelgersma, 1980, p. 444). Afsmelting van het landijs was hiervan een belangrijke oorzaak. Voor een deel echter was de stijging relatief: voortdurende bodemdaling zorgde eveneens voor stijging van de zeespiegel ten opzichte van het land. De zeespiegelstijging was van enorme invloed op de geologische ontwikkeling van het Nederlandse kustgebied en, niet in de laatste plaats, op de bewoonbaarheid van dit gebied. Uiteraard was de holocene transgressie bepalend voor de ligging van de kustlijn, echter ook landwaarts van de kustlijn veroorzaakte zij grote landschappelijke veranderingen. In een groot deel van het huidige IJsselmeergebied voltrok zich de metamorfose van een droog bebost dekzandlandschap in een veenmoeras, door stijging van de grondwaterspiegel.

In dit rapport wordt nader ingegaan op het verloop van deze vernatting in een studiegebied nabij Almere (Fig. 1). De doelstelling van het onderzoek was het zo gedetailleerd mogelijk reconstrueren van de stijging van de waterspiegel in het studiegebied tijdens de Midden en Late Steentijd. Hiervoor was stratigrafisch booronderzoek nodig, gevolgd door paleo-ecologische analyses en <sup>14</sup>C-ouderdomsbepalingen.

Het studiegebied ligt in Zuidelijk Flevoland, grotendeels aan de oostzijde van Almere (Fig. 1). In dit gebied van ongeveer 45 km<sup>2</sup> is in de afgelopen jaren veel gebouwd en ook in de nabije toekomst zijn grootschalige bouwactiviteiten voorzien in het kader van de ontwikkeling van de VINEX-locatie Almere. Juist deze bouwactiviteiten vormen een bedreiging voor archeologische waarden in de ondergrond en waren een aanleiding voor het onderzoek.

## **1.2 Archeologische achtergrond**

In het studiegebied bevindt zich een begraven dekzandlandschap op twee tot negen meter onder het huidige maaiveld. Dit dekzandlandschap werd in de Steentijd bewoond door jagers en verzamelaars. In de loop van het Holocene raakte het dekzandlandschap afgedekt door veen- en kleilagen onder invloed van de voortdurend stijgende zeespiegel. De studie richtte zich op de eerste veenontwikkeling (het basisveen) op het dekzand, die plaatsvond toen de lokale grondwaterspiegel tot aan het maaiveld gestegen was. Vanaf dat moment werd permanente menselijke bewoning vrijwel onmogelijk.

Naar verwachting bevat het begraven dekzandlandschap in het studiegebied archeologische waarden van zeer hoge kwaliteit. Illustratief in dit opzicht is de rijkdom aan vondsten in de naburige opgraving 'Hoge Vaart' (Fig. 1), die vooraf ging

aan de aanleg van de snelweg A27 (Hogestijn & Peeters, 2001). Uit deze opgraving werd duidelijk dat de mesolithische en neolithische bewoners van deze vindplaats in een gevarieerd en dynamisch landschap leefden, waar zij op verschillende manieren gebruik van maakten. Naar aanleiding van het onderzoek op de vindplaats 'Hoge Vaart', bestond er behoefte aan een meer regionaal beeld van de holocene waterspiegelstijging in de omgeving van Almere.

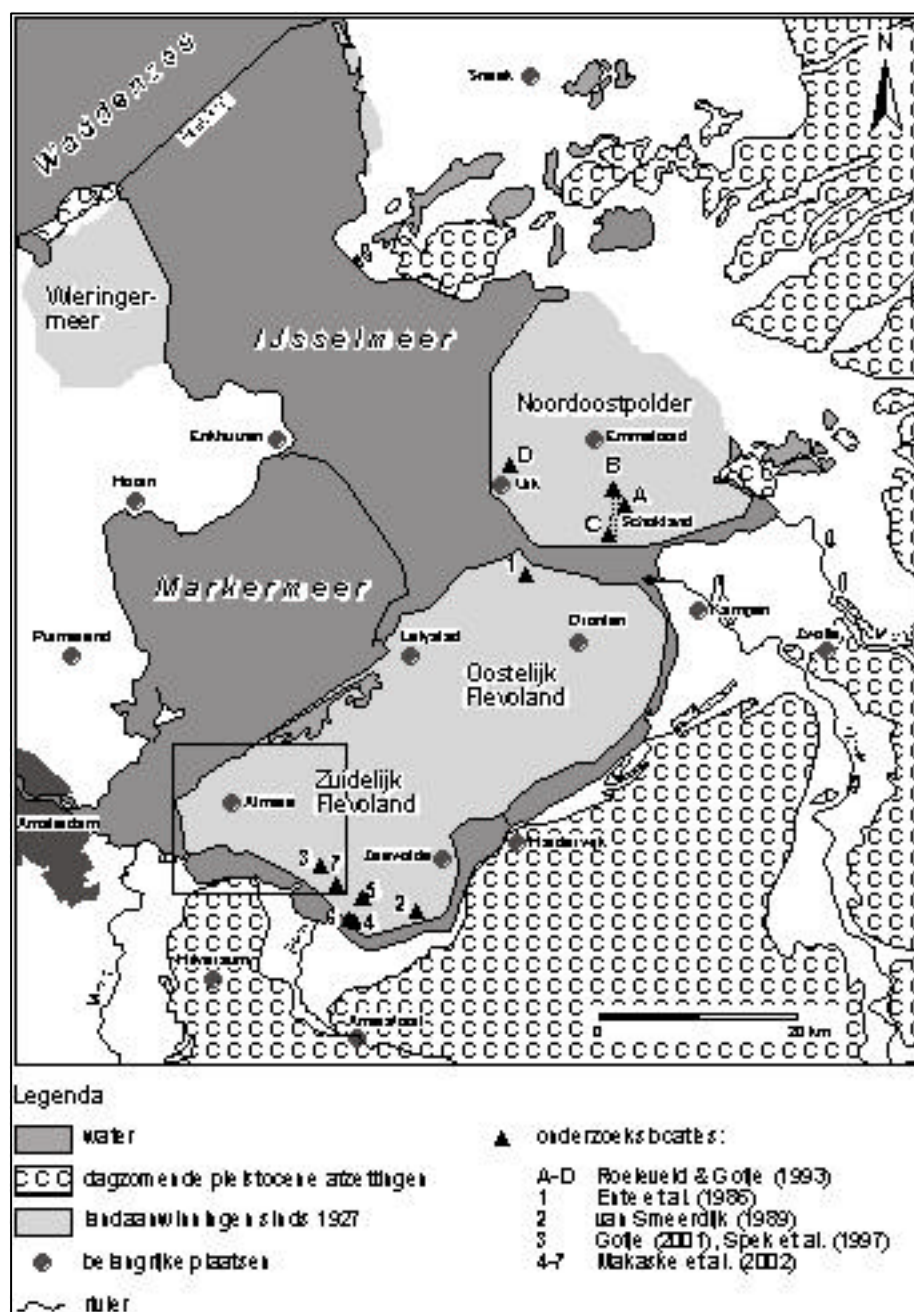


Fig. 1. De ligging van het studiegebied en de opgraving 'Hoge Vaart'. Ook enkele locaties van voorgaande onderzoeken zijn weergegeven.

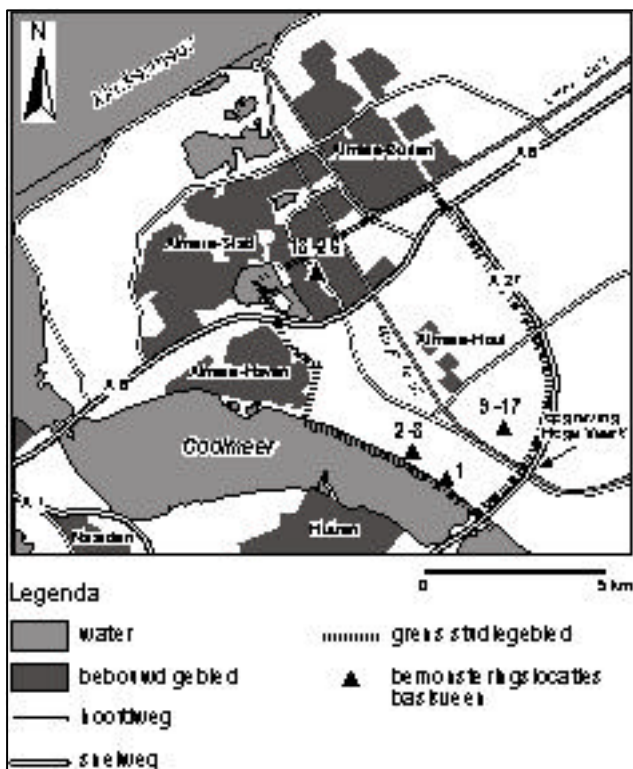


Fig. 1 (vervolg) De nummers in deze figuur verwijzen naar de monsters in de Figuren 4, 6, 8, en 10 en Tabel 1.

Het begraven dekzandoppervlak in het studiegebied heeft een aanzienlijk reliëf en helt bovendien in noordwaartse richting. Hierdoor zijn grote ruimtelijke verschillen opgetreden in het tijdstip van vernatting. De studie beoogde om te komen tot een curve die de stijging van de waterspiegel in de tijd weergeeft. Voor het construeren van een curve zijn  $^{14}\text{C}$ -dateringen van de onderkant van het basisveen uitgevoerd. De verzamelde basisveenmonsters vertegenwoordigen een dieptebereik van 4,7-9,3 m - NAP en zijn afkomstig van verschillende locaties in het studiegebied. De betekenis van een curve van de waterspiegelstijging voor de archeologie, is dat zij in feite voor allerlei niveaus ten opzichte van NAP aangeeft vanaf wanneer prehistorische menselijke bewoning uitgesloten kan worden geacht.

### 1.3 Aanpak van de studie

Om te komen tot een curve voor waterspiegelstijging voor het studiegebied zijn vijf stappen doorlopen, die ook de opbouw van dit rapport bepaald hebben. Na behandeling van de algemene methodologische aspecten (**hoofdstuk 2**), komt de eerste onderzoeksstap in hoofdstuk 3 aan de orde.

#### 1. Locatiekeuze en monstername

De locatiekeuze voor monstername wordt vooral bepaald door de geologische opbouw van het holocene pakket en de morfologie van het begraven

dekzandoppervlak. Na een eerste oriëntatie in het totale studiegebied aan de hand van beschikbare boorgegevens, is op een aantal plaatsen de lokale stratigrafie in het veld nader onderzocht en zijn basisveenmonsters gestoken. **(Hoofdstuk 3)**

## *2. Materiaalselectie*

Voor het selecteren van betrouwbaar dateringsmateriaal uit de basisveenmonsters is een macrorestenonderzoek uitgevoerd. Tevens is pollen- en macrorestenonderzoek uitgevoerd om duidelijkheid te krijgen over de precieze relatie tussen veenvorming en de stand van de (grond)waterspiegel. Dit laatste is vooral van belang voor stap 4 en 5. **(Hoofdstuk 4)**

## *3. Datering en calibratie*

Na  $^{14}\text{C}$ -analyse van het geselecteerde materiaal in een isotopenlaboratorium zijn de resulterende  $^{14}\text{C}$ -leeftijden gecalibreerd om te komen tot de ouderdom van de monsters in kalenderjaren. **(§ 5.1)**

## *4. Schatting van onzekerheden in de tijd-dieptegegevens*

Bij het uitzetten van de leeftijden van de monsters tegen hun diepteligging is rekening gehouden met de onzekerheden die de punten vertegenwoordigen. Het betreft hier een schatting van meetfouten en een eerste inschatting van de indicatiewaarde van de tijd-dieptegegevens. **(§ 5.2)**

## *5. Interpretatie van de tijd-dieptegegevens en constructie van de curve*

Na verklaring van de spreiding van de tijd-dieptegegevens is een curve getrokken die zo goed mogelijk het verloop van de waterspiegel in de tijd weergeeft. Bij de beoordeling van de dataset spelen de gegevens uit stap 1 en 2 een belangrijke rol. **(§ 5.3 en 5.4)**

Uiteindelijk is de curve voor het studiegebied vergeleken met andere gegevens over paleowaterstanden uit Flevoland en met de zeespiegelcurve voor West- en Noord-Nederland, om te onderzoeken in hoeverre de curve buiten het studiegebied geldig is **(hoofdstuk 6)**.

## 2 Methode

### 2.1 Booronderzoek

De in het studiegebied verzamelde gegevens omvatten boorkernen die in het veld lithologisch zijn beschreven. Van de overgang tussen het dekzand en het basisveen zijn monsters genomen voor paleobotanische analyse (macroresten en pollen) en <sup>14</sup>C-datering. Tijdens het booronderzoek zijn tevens monsters genomen voor geochemische analyse ten behoeve van ontwikkeling van nieuwe archeologische prospectiemethoden. Dit onderzoek maakt eveneens deel uit van het Zuidelijk Flevoland Project van de ROB (Peeters et al., in voorbereiding). De locatiekeuze voor monsternamen is vooral gebaseerd op geologische kaarten en boorbeschrijvingen van de voormalige Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders. Dit veelal ongepubliceerde materiaal werd welwillend ter beschikking gesteld door Rijkswaterstaat-RIZA in Lelystad. Momenteel zijn ongeveer 700 boorbeschrijvingen van het studiegebied beschikbaar, waarvan er ca. 600 reiken tot in de pleistocene ondergrond. Deze gegevens vormden een uitstekend uitgangspunt voor het huidige onderzoek.

Gestuurd door de reeds beschikbare boorinformatie zijn in (en net buiten) het gebied voor het huidige onderzoek nog 135 aanvullende boringen uitgevoerd met de Edelman-boor en guts. Bijna al deze boringen maken deel uit van elf raaien. Het doel van de raaboringen was om de geologische opbouw van het gebied nader te bestuderen en geschikte locaties voor monsternamen te vinden. Een belangrijk uitgangspunt was het realiseren van voldoende spreiding in absolute hoogteligging van de bemonsteringslocaties. Daarnaast ging de voorkeur uit naar die locaties in het paleolandschap die een goede drainage hadden, zodat de verstorende invloed van lokaal stagnerend water zoveel mogelijk buiten beschouwing kon worden gelaten. In de praktijk kwam het erop neer dat getracht werd monsters zoveel mogelijk op de flanken van begraven dekzandruggen te nemen. Op tal van locaties echter bleek het basisveen en de top van het dekzand door erosie te zijn aangetast, waardoor het aantal geschikte bemonsteringslocaties sterk werd beperkt. Hierdoor zijn noodgedwongen ook enkele minder ideale locaties bemonsterd.

De voorkeur ging uit naar locaties waar basisveen zich *in situ* ontwikkeld heeft op een intact bodemprofiel in het dekzand. Een methodologische beperking is echter dat dit zandige bodemprofiel moeilijk te bemonsteren is met het standaard handboorgereedschap. Daarom is meestal slechts tot enkele decimeters onder het dekzandoppervlak bemonsterd. Daarnaast is in een smalle boorkern (diameter tot 6 cm) vaak moeilijk te beoordelen of het veen verslagen is dan wel *in situ* ligt. Om de kwaliteit van de bemonsteringslocaties toch zo goed mogelijk te kunnen inschatten is gekozen voor het construeren van enkele gedetailleerde lithologische profielen op basis van boringen. Deze profielen kunnen inzicht geven in de lokale stratigrafie en daarmee in de waarschijnlijkheid van erosie van het basisveen en het dekzandoppervlak. Daarnaast kan op deze wijze de lokale dekzandtopografie worden onderzocht om in een klein gebied monsters te kunnen nemen met grote spreiding in

absolute hoogteligging. Bovendien is de geologische consistentie van de dateringsresultaten beter te beoordelen als de monsters in een gedetailleerde stratigrafische context geplaatst kunnen worden.

De bemonsterde en nader onderzochte boorkernen zijn afkomstig uit vier raaien. Van de boorlocaties in deze raaien is de maaiveldhoogte gewaterpast ten opzichte van NAP. De boorgegevens zijn geïnterpreteerd tot boorprofielen (Figuren 4, 6, 8 en 10) die een gedetailleerd beeld van de lokale stratigrafie geven. De bemonsterde locaties vertonen een aanzienlijke spreiding in de hoogteligging van de pleistocene ondergrond (4.7 m tot 9.3 m onder NAP).

## 2.2 Paleo-ecologisch onderzoek

De te analyseren kernen zijn gestoken met een guts van 6 cm diameter. In het algemeen is een 40 tot 100 cm lange kern met daarin de zand-veen overgang meegenomen, verpakt in een kunststof bak (afmetingen 4 x 5 x 39,4 cm) of een PVC-buis (diameter 6 cm). In het laboratorium is de kern in plakjes van 1 cm gesneden, waarvan de buitenrand (enkele mm's) met eventueel aanwezige contaminatie is verwijderd. Vervolgens zijn uit ieder plakje eerst twee kleine bulkmonstertjes van ca. 1 cm<sup>3</sup> genomen voor pollenanalyse en eventuele <sup>14</sup>C-datering (in geval er geen geschikt ander materiaal zou worden gevonden). Hierna is het overige materiaal van ieder plakje 12 uur bij kamertemperatuur in een 5% KOH-oplossing bewaard, waarna het materiaal over een 170 µm zeef is uitgespoeld. Van zowel het zeefresidu >170 µm als van het doorgelopen materiaal is het volume aan zand bepaald om de precieze overgang tussen dekzand en veen te kunnen bepalen (Bijlage 1, zie ook § 2.3). De op de zeef aanwezige macroresten zijn onder een stereomicroscop uitgezocht en gedetermineerd. De te bewaren macroresten zijn opgeslagen in een 4% HCl-oplossing. In Bijlage 2 zijn de macroresten per boorkern gerangschikt naar soort en diepte. Zowel in Bijlage 1 als in Bijlage 2 betreffen de aangegeven dieptes de bovengrenzen van de geanalyseerde plakjes.

Van de monsters die apart zijn gehouden voor pollenanalyse zijn preparaten gemaakt. Om inzicht te verkrijgen in de concentratie van het stuifmeel in de monsters zijn aan een bekend monstervolume een aantal tabletten met een bekend aantal sporen (13911 per tablet) van een exoot (*Lycopodium*) toegevoegd. De monsters zijn vervolgens op de standaardwijze verwerkt (Erdtman, 1960). Als aanvulling op de standaardprocedure is, na de gebruikelijke acetolyse, een incubatie in waterstoffluoride gedurende 24 uur bij kamertemperatuur toegepast om het aanwezige zand en silt te verwijderen.

Vervolgens zijn 33 pollenpreparaten uitvoerig microscopisch onderzocht, waarbij onder meer Faegri *et al.* (1989) en Moore *et al.* (1991) als referentieliteratuur is gebruikt. Het betreft vooral pollenpreparaten uit kernen waarvan, bij gebrek aan herkenbare macroresten (zie hieronder), bulkmonsters gedateerd zijn. Een belangrijk doel was om op deze wijze toch enig inzicht te krijgen in de kwaliteit van het materiaal voor waterspiegelreconstructie. Van deze monsters zijn op een beperkt



aantal regels van het preparaat alle herkenbare microfossielen geteld en is de rest van het preparaat nagelopen op soorten die nog niet eerder waren waargenomen. Alle palynologische gegevens zijn weergegeven in een gecombineerd pollendiagram (Bijlage 3). In de Bijlagen 2 en 3 worden Latijnse soortnamen gebruikt. In Bijlage 4 worden de Nederlandse equivalenten van deze soortnamen gegeven.

## 2.3 Selectie van $^{14}\text{C}$ -monsters

Om de onderkant van het basisveen te kunnen dateren was het nodig de precieze overgang tussen dekzand en veen te traceren. In theorie komt dit neer op het herkennen van de humeuze bovengrond (Ah-horizont) van de begraven bodem in het dekzand, om net hierboven basisveenmateriaal voor datering te kunnen selecteren. Het dateren van materiaal uit de Ah-horizont levert veelal een 'te oude' datering op die niet indicatief is voor een grondwaterstand aan het maaiveld. In de praktijk was de grens tussen Ah-horizont en basisveen vaak slecht te herkennen in het veld en derhalve werd het verloop van het zandgehalte in de kern, zoals bepaald bij de macrorestenanalyse, als uitgangspunt genomen. Een sterke afname in zandgehalte van een plakje ten opzichte van het onderliggende plakje is opgevat als de overgang tussen dekzand en basisveen. Monsters voor  $^{14}\text{C}$ -analyse zijn geselecteerd uit het plakje direct boven de overgang. Het volumetrisch zandgehalte in dit materiaal was altijd minder dan 10% en meestal minder dan 5%.

De voorkeur ging uit naar het dateren van terrestrische macroresten. In vergelijking tot bulkmonsters zijn geselecteerde terrestrische macroresten minder gevoelig voor een aantal vormen van verontreiniging (zie ook Mook & Streurman, 1983) die tot een te oude of te jonge  $^{14}\text{C}$ -leeftijd kunnen leiden (Törnqvist *et al.*, 1992). Daarnaast is zoveel mogelijk geprobeerd die materialen te vermijden die een onduidelijke relatie met de stand van de (grond)waterspiegel hebben. Dit betekent dat de voorkeur uitging naar macroresten die geassocieerd kunnen worden met een broekbos zoals dat tot ontwikkeling komt als de grondwaterspiegel nabij het maaiveld staat. Ongelukkigerwijs bestonden veel monsters uit sterk vergaan veen waarin zeer weinig herkenbare macroresten aanwezig waren. Door deze schaarste aan herkenbaar geschikt materiaal zijn ook minder geschikte materialen, zoals veen (bulkmonster) en riet, voor datering gebruikt. In een aantal gevallen zijn van één monster verschillende bestanddelen (bijvoorbeeld hout, houtskool en rietresten) apart gedateerd, als controle op de betrouwbaarheid van de uitkomsten.

Tabel 1 Gegevens over de <sup>14</sup>C-dateringen uitgevoerd voor dit onderzoek

| Nr. | Naam van het monster | Laboratorium-nr. | <sup>14</sup> C-leeftijd ( <sup>14</sup> C-jr BP) | Coördinaten en hoogte van het monster t.o.v. NAP (m) | Gewicht | Materiaal (mg koolstof)   |
|-----|----------------------|------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------|---------------------------|
| 1   | ZFC082A-466Z         | UtC-9090         | 4980 ± 240                                        | 148.946 / 480.549 / -4.66                            | 0,05    | Macroresten <sup>2</sup>  |
| 2   | ZFC068-520NE         | UtC-9091         | 5362 ± 46                                         | 148.110 / 481.395 / -5.20                            | 1,95    | Macroresten <sup>3</sup>  |
| 3   | ZFC068-520HO         | UtC-9092         | 5488 ± 46                                         | 148.110 / 481.395 / -5.20                            | 0,56    | Macroresten <sup>4</sup>  |
| 4   | ZFC070A-538H         | UtC-9093         | 2680 ± 220 <sup>1</sup>                           | 148.106 / 481.387 / -5.38                            | 0,05    | Macroresten <sup>5</sup>  |
| 5   | ZFC070A-538Z         | UtC-9094         | 5020 ± 60 <sup>1</sup>                            | 148.106 / 481.387 / -5.38                            | 0,38    | Macroresten <sup>6</sup>  |
| 6   | ZFC084-565HK         | UtC-9095         | 5955 ± 46 <sup>1</sup>                            | 148.076 / 481.328 / -5.65                            | 1,22    | Houtskool                 |
| 7   | ZFC084-565BU         | UtC-9096         | 5790 ± 50                                         | 148.076 / 481.328 / -5.65                            | 2,23    | Veen                      |
| 8   | ZFC074C-626          | UtC-9097         | 5951 ± 49                                         | 148.025 / 481.225 / -6.26                            | 2,26    | Veen                      |
| 9   | ZFC089C-569R         |                  |                                                   | 150.699 / 481.980 / -5.69                            |         | Macroresten <sup>7</sup>  |
| 10  | ZFC089C-569K         | UtC-9098         | 5420 ± 50                                         | 150.699 / 481.980 / -5.69                            | 1,85    | Macroresten <sup>8</sup>  |
| 11  | ZFC089C-569B         | UtC-9099         | 5541 ± 42                                         | 150.699 / 481.980 / -5.69                            | 2,29    | Veen                      |
| 12  | ZFC096A-609B         | UtC-9100         | 5490 ± 45                                         | 150.752 / 481.907 / -6.09                            | 1,90    | Veen                      |
| 13  | ZFC095A-672B         | UtC-9101         | 5719 ± 43                                         | 150.755 / 481.903 / -6.72                            | 2,00    | Veen                      |
| 14  | ZFC100A-708          | UtC-9102         | 5861 ± 43                                         | 150.772 / 481.879 / -7.08                            | 2,07    | Veen                      |
| 15  | ZFC101-756B          | UtC-9103         | 5980 ± 46                                         | 150.787 / 481.859 / -7.56                            | 2,25    | Veen                      |
| 16  | ZFC103-721Z          | UtC-9104         | 5398 ± 43 <sup>1</sup>                            | 150.816 / 481.818 / -7.21                            | 1,55    | Macroresten <sup>9</sup>  |
| 17  | ZFC103-721M          | UtC-9105         | 4850 ± 140 <sup>1</sup>                           | 150.816 / 481.818 / -7.21                            | 0,09    | Macroresten <sup>10</sup> |
| 18  | ZFC061-736BU         | UtC-9141         | 6055 ± 50                                         | 145.445 / 486.275 / -7.36                            | 2,05    | Veen                      |
| 19  | ZFC109A-848B         | UtC-9106         | 6628 ± 48                                         | 145.410 / 486.330 / -8.48                            | 2,09    | Veen                      |
| 20  | ZFC109A-848I         |                  |                                                   | 145.410 / 486.330 / -8.48                            |         | Macroresten <sup>11</sup> |
| 21  | ZFC110-881B          | UtC-9107         | 7076 ± 49                                         | 145.420 / 486.360 / -8.81                            | 2,11    | Veen                      |
| 22  | ZFC110-881H          | UtC-9108         | 7164 ± 47 <sup>1</sup>                            | 145.420 / 486.360 / -8.81                            | 1,76    | Houtskool                 |
| 23  | ZFC053-934HT         | UtC-9109         | 6299 ± 48                                         | 145.471 / 486.572 / -9.34                            | 2,03    | Hout                      |
| 24  | ZFC053-934HK         | UtC-9110         | 6992 ± 48 <sup>1</sup>                            | 145.471 / 486.572 / -9.34                            | 2,09    | Houtskool                 |
| 25  | ZFC053-934R          | UtC-9111         | 6320 ± 48                                         | 145.471 / 486.572 / -9.34                            | 1,28    | Macroresten <sup>12</sup> |
| 26  | ZFC053-934BU         | UtC-9112         | 6410 ± 60                                         | 145.471 / 486.572 / -9.34                            | 2,25    | Veen                      |
| 27  | ZFC057-919BU         | UtC 9113         | 6410 ± 50                                         | 145.412 / 486.652 / -9.19                            | 2,21    | Veen                      |
| 28  | ZFC057-919HT         | UtC-9114         | 6254 ± 49                                         | 145.412 / 486.652 / -9.19                            | 1,76    | Hout                      |

<sup>1</sup> Datering verworpen. Zie tekst voor uitleg.

<sup>2</sup> 150 *Erica tetralix* zaden, 4 *Erica tetralix* blaadjes, 16 *Calluna vulgaris* blaadjes en 15 *Sphagnum opercula*

<sup>3</sup> 10 *Menyanthes trifoliata* zaden

<sup>4</sup> 19 *Erica tetralix* blaadjes, 2 *Calluna vulgaris* zaden, 45 *Eriophorum vaginatum* sklerenchym spoelen en 2 dierlijke resten (insect en mijt)

<sup>5</sup> 1 *Erica tetralix* zaad, 3 *Erica tetralix* blaadjes, 20 *Sphagnum cuspidatum* blaadjes, 3 *Sphagnum opercula*, 1 mos takje

<sup>6</sup> 1 *Cyperaceae* zaad, 3 *Carex* zaden, 1 *Eleocharis palustris* zaad, 1 *Scirpus lacustris* zaad, 2 *Menyanthes trifoliata* zaden, 1 *Nymphaea alba* zaad en 1 *Betula* zaad

<sup>7</sup> 4 fragmenten van *Phragmites australis* epidermis

<sup>8</sup> 6 knopschubben (mogelijk *Betula*)

<sup>9</sup> 4 *Cladium mariscus* zaden, 1 *Carex pseudocyperus* zaad, 7 *Scirpus lacustris* zaden, 1 *Scirpus maritimus* zaad, 2 *Typha* zaden, 1 *Hippuris vulgaris* zaad en 2 *Hydrocotyle vulgaris* zaden

<sup>10</sup> 4 *Eriophorum vaginatum* sklerenchym spoelen, 5 *Polytrichum* blaadjes, 10 *Sphagnum* blaadjes, 10 mos blaadjes, 1 *Betula* zaad

<sup>11</sup> Dierlijke resten (incl. insecten, 18 mijten)

<sup>12</sup> Fragmenten van *Phragmites australis* epidermis

## 2.4 $^{14}\text{C}$ -datering

In totaal zijn 28 monsters ter datering aangeboden aan het Van der Graaff Laboratorium (Universiteit Utrecht). Twee monsters bevatten te weinig koolstof voor datering, zodat uiteindelijk 26 dateringen uitgevoerd zijn. De aangeboden monsters zijn volgens de AMS-methode gedateerd. AMS staat voor 'Accelerator Mass Spectrometry'. Dit is een methode waarbij het gehalte van het radioactieve koolstofisotoop  $^{14}\text{C}$  van een monster wordt bepaald door gecombineerd gebruik van een deeltjesversneller en een massaspectrometer. De verschillende koolstofisotopen in een monster worden op deze manier op gewicht van elkaar gescheiden. De conventionele methode om het  $^{14}\text{C}$ -gehalte te bepalen berust op het meten van de radioactieve straling die uitgezonden wordt bij het verval van  $^{14}\text{C}$ -atomen. De voordelen van de AMS-methode zijn: (1) er is weinig koolstof nodig voor datering (ca. 1 mg volstaat), en (2) de benodigde meettijd voor het bereiken van voldoende meetprecisie is relatief kort. Voor het dateren van kleine hoeveelheden geselecteerde macroresten, zoals in deze studie de bedoeling was, is toepassing van AMS noodzakelijk.

Uit het gehalte aan  $^{14}\text{C}$  volgt de  $^{14}\text{C}$ -leeftijd van het monster. In levende organismen is het  $^{14}\text{C}$ -gehalte van koolstof in het weefsel in het algemeen gelijk aan het  $^{14}\text{C}$ -gehalte van koolstof in de atmosfeer, doordat het weefsel voortdurend wordt vernieuwd. Na afsterven van het organisme vervalt het isotoop  $^{14}\text{C}$  onder uitzending van radioactieve straling en blijft steeds minder  $^{14}\text{C}$  in het weefsel over. De hoeveelheid overgebleven  $^{14}\text{C}$  is derhalve een maat voor de tijd die is verstreken sinds het afsterven van het weefsel. Deze ouderdom wordt door het laboratorium dat de datering uitvoert gegeven in  $^{14}\text{C}$ -jaren BP (Before Present = vóór 1950 AD). Daarnaast wordt een standaardafwijking gegeven die een statistische maat is voor de precisie van de meting. In Tabel 1 zijn gegevens over de  $^{14}\text{C}$ -monsters en de dateringen opgesomd. Om de  $^{14}\text{C}$ -leeftijden om te zetten in leeftijden in kalenderjaren is calibratie nodig. De calibratie komt in § 5.1 aan de orde.



## 3 Geologische opbouw

### 3.1 Inleiding

De top van de pleistocene ondergrond in het studiegebied bestaat uit een dekzandoppervlak, waarin zich beekstelsels hebben ingesneden. Ook zijn er dekzandruggen en min of meer vlakke gebieden te onderscheiden (Fig. 2). Volgens de beschikbare gegevens (ongepubliceerde geologische kaarten en boorbeschrijvingen van Rijkswaterstaat-RIZA) lijkt de morfologie van dit dekzandlandschap redelijk gespaard te zijn gebleven voor latere grootschalige erosie. Desondanks is het wel de vraag in hoeverre de bodemprofielen in het dekzand nog intact zijn. Lichte erosie kan de bodem onthoofd hebben, terwijl de dekzandmorfologie onder het holocene pakket in grote lijnen bewaard is gebleven.

De vier profielen waaruit de in deze studie onderzochte monsters afkomstig zijn, liggen op de belangrijkste dekzandruggen in het studiegebied (Fig. 2). Als bemonsteringslocaties zijn flanken van dekzandruggen geschikter dan de wanden van beekdalen. Van dit laatste type locaties mag verwacht worden dat kwel gezorgd heeft voor verhoogde lokale waterstanden.

### 3.2 Lithostratigrafische eenheden

In deze paragraaf volgt een globale beschrijving van de lithostratigrafische eenheden uit het Laat-Pleistoceen en Holoceen in het studiegebied. Hierbij is zoveel mogelijk de nieuwe lithostratigrafische indeling van het NITG gebruikt (Weerts *et al.*, 2000). In Figuur 3 is deze indeling samen met eerdere indelingen weergegeven. Hierbij zijn alleen de voor dit onderzoek relevante eenheden gegeven. Volgens de indeling van Weerts *et al.* (2000) behoren de in dit rapport beschreven afzettingen tot de Formaties van Twente, Nieuwkoop en Naaldwijk. De zandige pleistocene afzettingen die de basis van de bestudeerde sedimentaire opeenvolgingen vormen, maken deel uit van de Formatie van Twente. De holocene sequentie in het studiegebied omvat de Nieuwkoop en Naaldwijk Formaties. De Nieuwkoop Formatie bestaat uit de *in situ* gevormde veenlagen, terwijl de Naaldwijk Formatie alle holocene organische en klastische afzettingen omvat. Voor het grootste deel van het Holoceen maakte het studiegebied deel uit van de zogenaamde Flevo-lagune. In dit rapport wordt hiermee het voormalige, overwegend brak tot zoete, lagunaire milieu in het huidige IJsselmeergebied bedoeld, zoals dat bestond vanaf het Vroeg-Atlanticum tot het late Subatlanticum. In de Late Middeleeuwen werd de Flevo-lagune opgevolgd door de zoute Zuiderzee.

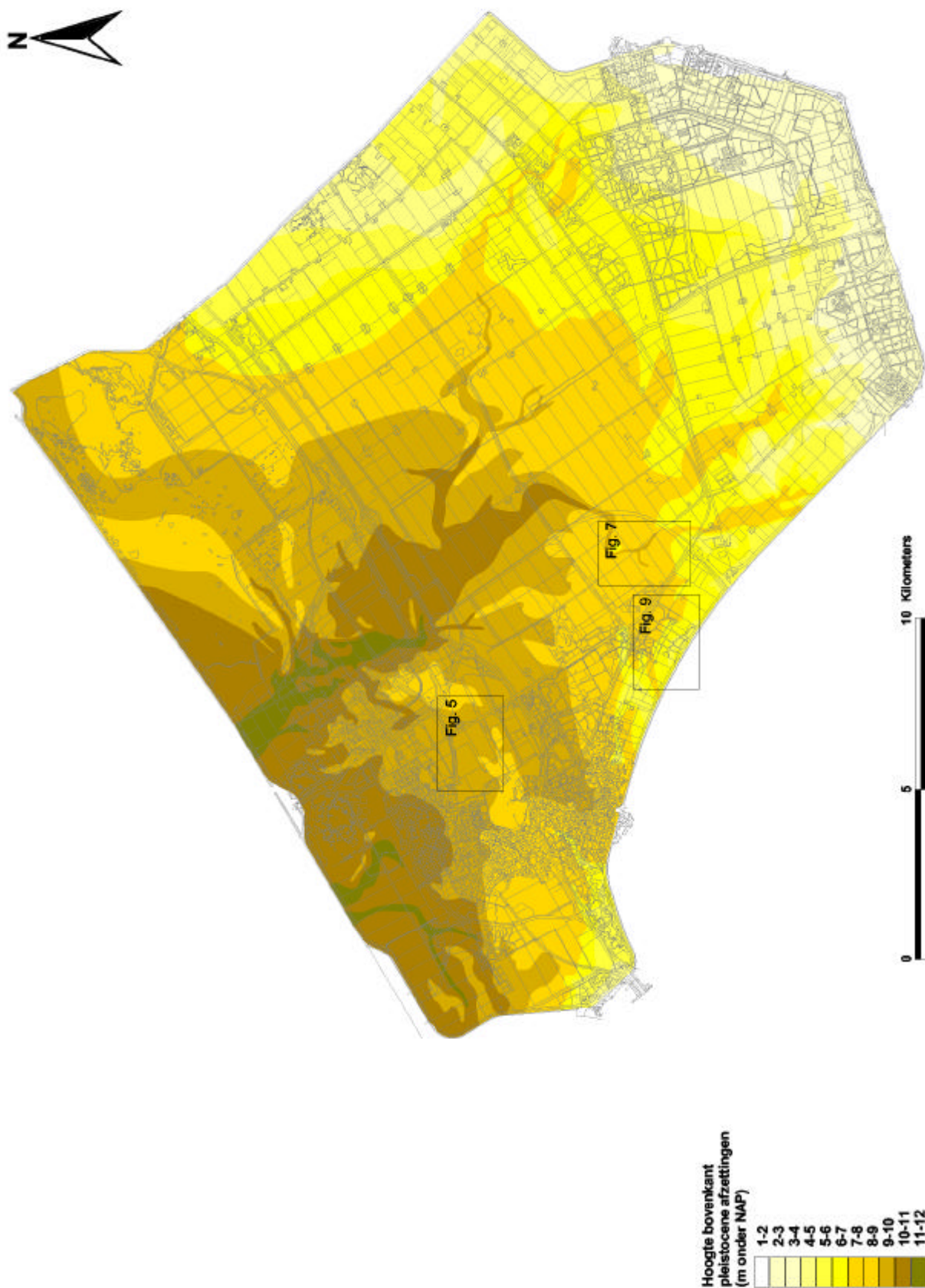


Fig. 2 De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in Zuidelijk Flevoland en de ligging van de detailkaartjes van delen van het studiegebied (Figuren 5, 7 en 9).  
(Bron: Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad).

Het in het gebied aanwezige dekzand behoort als het *Laagpakket van Wierden* tot de Formatie van Twente. Deze fijn tot matig fijne eolische zanden zijn afgezet onder periglaciale klimaatsomstandigheden in het Weichselien. Toen aan het begin van het Holoceen het klimaat warmer werd raakte het dekzandoppervlak met bos begroeid en vond bodemvorming in het dekzand plaats (zie ook Spek *et al.*, 1997).

Op veel plaatsen ligt op het dekzand *Basisveen*. In het algemeen is de laag Basisveen 0,2 tot 0,5 m dik. Deze laag wordt bij de Formatie van Nieuwkoop gerekend. In het studiegebied kan de laag als rietveen zowel als broekveen ontwikkeld zijn. Plaatselijk echter ontbreekt het Basisveen door latere erosie. Het Basisveen vertegenwoordigt in het algemeen een natte vegetatie die zich op het dekzand ontwikkelde toen de lokale grondwaterspiegel in de loop van het Holoceen tot aan het maaiveld was gestegen. Door de algemene helling en het reliëf van het dekzandoppervlak verliep het begin van de veenvorming diachroom. Het Basisveen in het studiegebied is hoofdzakelijk van atlantische ouderdom.

Het Basisveen wordt op veel plaatsen (erosief) afgedekt door een grijs kleipakket dat meestal niet dikker is dan 1 m. De klei is hier en daar zavelig ontwikkeld en bevat veel rietresten en veeninsluitels. Het betreft hier het *Laagpakket van Wormer* dat deel uitmaakt van de Formatie van Naaldwijk. De klei is afgezet in het getijdenmilieu van een vrij open lagune. Gelijktijdig met afzetting van deze klei ging de vorming van het Basisveen op het dekzand aan de rand van de lagune door. Afzetting van het kleipakket in het studiegebied vond voornamelijk plaats in de tweede helft van het Atlanticum.

Op enkele plaatsen in het studiegebied is *Hollandveen* bovenop het Laagpakket van Wormer aangetroffen. Evenals het Basisveen wordt het Hollandveen bij de Formatie van Nieuwkoop gerekend. Waarschijnlijk is weinig Hollandveen in het studiegebied voor erosie gespaard gebleven. De aangetroffen lagen zijn tot 0,75 m dik. Het materiaal is rietveen dat waarschijnlijk een Laat-Atlantische tot Vroeg-Subboreale ouderdom heeft.

Op veel uitgebreidere schaal dan het Hollandveen komen de *Flevomeer Afzettingen* voor. Deze afzettingen zijn onderdeel van het Laagpakket van Lelystad dat deel uitmaakt van de Formatie van Naaldwijk. Dit zijn organische sedimenten die zijn afgezet in meren die ontstonden door afslag van het Hollandveen. Op de meerbodems kwamen gyttja, detritus en verslagen veen tot afzetting. De aangetroffen Flevomeer Afzettingen in het gebied zijn 0 tot 1 m dik. Deze afzettingen zijn waarschijnlijk in het Subboreaal gevormd.

Een dik klastisch sedimentpakket bedekt de Flevomeer Afzettingen en het Hollandveen. Dit pakket heeft vrijwel overal een erosieve basis waarvan echter de diepte sterk varieert. De totale dikte van het pakket is 1 tot 4 m. De lithologische overgangen binnen het pakket zijn geleidelijk. De onderste helft bestaat voornamelijk uit humeuze klei. Aan de basis komen zand- en zavelagen voor die tot 0,75 cm dik

kunnen zijn. De bovenste helft van het pakket is de laag die aan het maaiveld voorkomt. Deze bestaat hoofdzakelijk uit klei met een laag gehalte aan organische stof.

| Lithostratigrafische indeling       |                                |                             |                              |                               |                           |             |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------|
| Zagwijn & van<br>Staalduinen (1975) |                                | Menke et al.<br>(1998)      | Weerts et al. (2000)         |                               |                           | Tijdvak     |
| Westland<br>Formatie                | Laagpakket<br>van<br>Duinkerke | IJsselmeer<br>Afzettingen   | Formatie<br>van<br>Naaldwijk | Laagpakket<br>van<br>Lelystad | IJsselmeer<br>Afzettingen | Holoceen    |
|                                     |                                | Zuiderzee<br>Afzettingen    |                              |                               | Zuiderzee<br>Afzettingen  |             |
|                                     |                                | Almere<br>Afzettingen       |                              |                               | Almere<br>Afzettingen     |             |
|                                     |                                | Flevomeer<br>Afzettingen    |                              |                               | Flevomeer<br>Afzettingen  |             |
|                                     | Hollandveen                    |                             | Formatie<br>van<br>Nieuwkoop | Hollandveen                   |                           |             |
|                                     | Laagpakket<br>van<br>Calais    | Oude Getijde<br>Afzettingen | Formatie<br>van<br>Naaldwijk | Laagpakket van Wormer         |                           |             |
|                                     | Basisveen                      |                             | Formatie<br>van<br>Nieuwkoop | Basisveen                     |                           |             |
| Formatie<br>van<br>Twente           | Jong Dekzand                   |                             | Formatie<br>van<br>Twente    | Laagpakket van Wierden        |                           | Pleistoceen |
|                                     | Oud Dekzand                    |                             |                              |                               |                           |             |

Fig. 3 De lithostratigrafische eenheden in het studiegebied uit het Laat-Pleistoceen en het Holoceen volgens de indeling van Zagwijn & van Staalduinen (1975) [met aanvulling zoals gegeven in Menke et al. (1998)] en de indeling van Weerts et al. (2000).

Het bovenbeschreven sedimentpakket omvat van onder naar boven achtereenvolgens: de *Almere Afzettingen*, de *Zuiderzee Afzettingen* en de *IJsselmeer Afzettingen*. Deze afzettingen maken evenals de *Flevomeer Afzettingen* deel uit van het Laagpakket van Lelystad binnen de Formatie van Naaldwijk. In het veld is moeilijk de grens te bepalen tussen de verschillende afzettingen. Naar alle waarschijnlijkheid bevinden zich in het studiegebied aan de basis van het pakket ook oudere afzettingen die door Menke et al. (1998) bij het zogenaamde *Hauwert Complex* worden gerekend (maakt deel uit van de *Oude Getijde Afzettingen* in Figuur 3). Deze afzettingen waren in het veld moeilijk te onderscheiden van de rest van het



pakket en daarom zijn zij in de profielbeschrijvingen opgenomen in de Almere Afzettingen. Het Hauwert Complex behoort lithostratigrafisch ook bij Formatie van Naaldwijk, maar wordt door Weerts *et al.* (2000) niet onderscheiden binnen de in het studiegebied voorkomende Laagpakketten van Wormer en Lelystad.

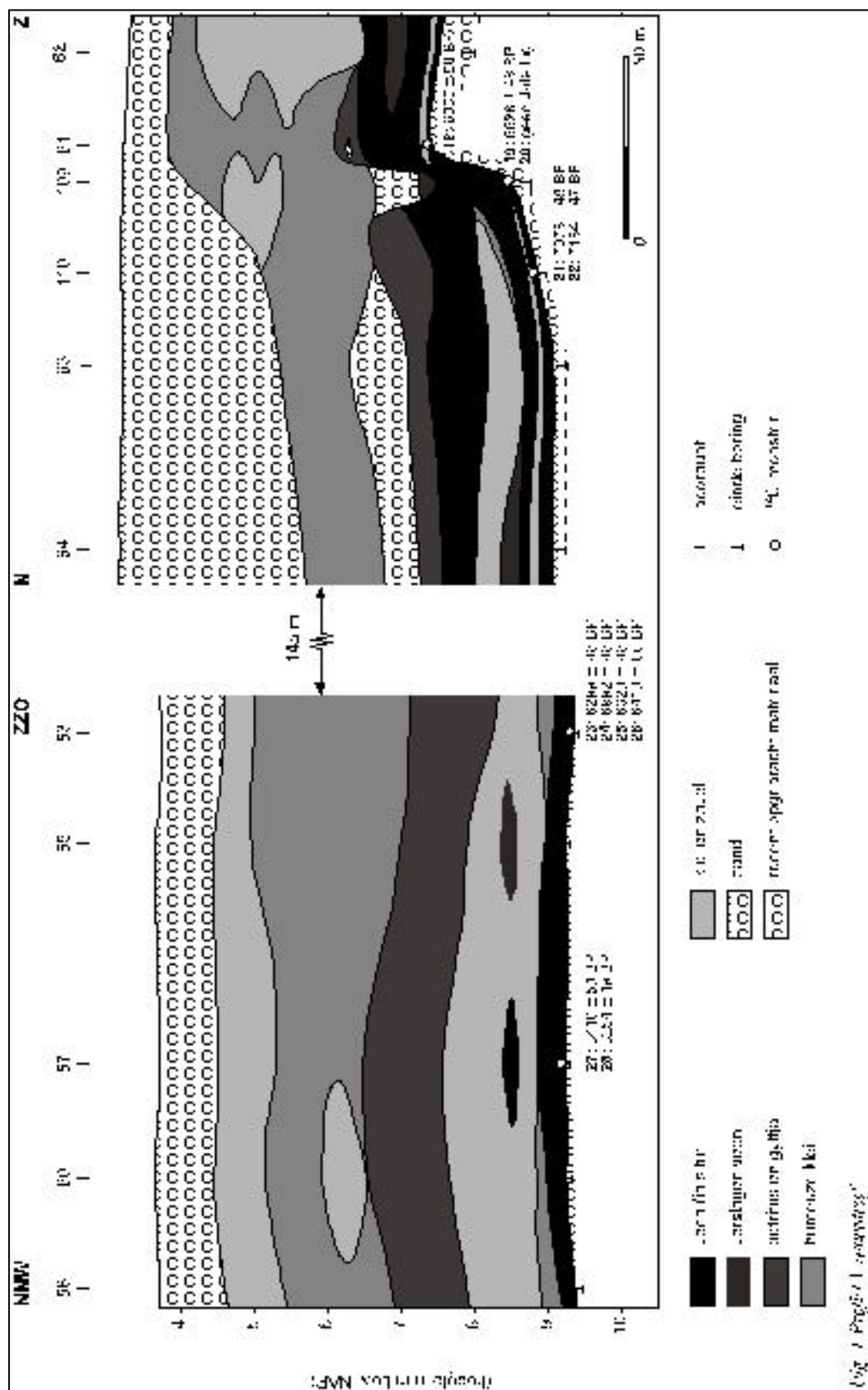
Voor de huidige studie is het precieze lithostratigrafische onderscheid tussen de bovengenoemde afzettingen niet van belang. Al deze afzettingen vertegenwoordigen een estuarien/lagunair milieu waarin het gebied een betere verbinding met de zee had dan ten tijde van vorming van de Flevomeer Afzettingen. Hierdoor kon vanuit zee klastisch materiaal aangevoerd worden en vond hier en daar sterke erosie van de onderliggende afzettingen plaats. In het geval van het Hauwert Complex (*sensu* Menke *et al.*, 1998) was er aanvoer via het Oer-IJ in het westen gedurende het Midden-Subborea. De Almere en Zuiderzee Afzettingen vertegenwoordigen de verbeterde verbinding met de Noordzee in het noorden (via de huidige Waddenzee) gedurende het Subatlanticum. Het Oer-IJ had toen zijn directe (westelijke) verbinding met de zee verloren. De IJsselmeer Afzettingen zijn recentelijk gevormd na afsluiting van de Zuiderzee. Het bovenste deel van de Zuiderzee Afzettingen en de IJsselmeer Afzettingen zijn in de bouwvoor opgenomen.

In de hierna volgende paragrafen zal besproken worden hoe de bovenbeschreven lithostratigrafische eenheden zich manifesteren in de profielen. Aan de hand hiervan zal ook de kwaliteit van de geanalyseerde monsters aan de orde komen.

### **3.1 Profiel Veluwedreef**

Het Profiel Veluwedreef (Fig. 4) is gelegen in het Howard- en Lanterna Magikapark langs de Veluwedreef in Almere-Stad. Het profiel valt uiteen in een noordelijk deel in Howardpark en een zuidelijk deel in het Lanterna Magikapark. Hiertussen kon over een afstand van ca. 150 m niet geboord worden vanwege de kruising met de Veluwedreef. In het profiel zijn vijf basisveenmonsters genomen tussen 7 en 9,5 m - NAP. Het profiel omvat de noordflank van een WZW-ONO georiënteerde dekzandrug in de ondergrond (Figuren 2 en 5).

In het noordelijke deel van het profiel lijkt een basisveenlaag van 0,2 tot 0,4 m dikte op het dekzand goed intact te zijn. Daarboven ligt een ca. 1 m dik kleipakket met enkele ingesloten veenlenzen. Dit pakket ligt waarschijnlijk erosief op het basisveen en vertegenwoordigt het Laagpakket van Wormer. Hierboven ligt een eveneens ongeveer 1 m dik pakket gyttja en detritus dat als Flevomeer Afzettingen kan worden geïnterpreteerd. Circa 7 m - NAP ligt de (erosieve) basis van een humeus kleipakket. Het betreft de basis van de Almere Afzettingen. Aan de oppervlakte ligt een laag opgebracht materiaal.



De stratigrafie van het zuidelijke deel van het profiel lijkt in grote lijnen op die van het noordelijke deel. De steile flank van de begraven dekzandrug is duidelijk zichtbaar tussen boring 61 en 109. De kleilagen van de Afzettingen van Wormer wiggen hier uit in het veen. Onder de klei is nog maar een zeer dunne laag Basisveen aanwezig. In tegenstelling tot in het noordelijke deel van het profiel is hier rond 8 m - NAP nog een laag Hollandveen intact gebleven. Boven de detritus en gyttja van de Flevomeer Afzettingen is een zandpakket (tot 0,75 m dik) aanwezig dat de basis van de Almere Afzettingen markeert. Met name in boring 109 lijkt sterke erosie van het onderliggende organisch materiaal te hebben plaats gevonden. Mogelijk is in de nabijheid dekzand uit de ondergrond opgenomen. Menke *et al.* (1998) beschrijven het voorkomen van diepe erosiegeulen in samenhang met de vorming van het Hauwert Complex.

De  $^{14}\text{C}$ -monsters 23/24/25/26 en 27/28 zijn afkomstig van een vrij vlak deel van het dekzandoppervlak. Derhalve kan de mogelijkheid van basisveenvorming ten gevolge van lokaal stagnerend water voor deze monsters niet uitgesloten worden. Wel is de veenlaag van voldoende dikte en laterale continuïteit om aan te kunnen nemen dat het Basisveen waarschijnlijk *in situ* ligt. Wat dat betreft zijn de monsters 18, 19/20 en 21/22 uit een aanmerkelijk minder gunstige geologische context afkomstig. De zeer dunne laag Basisveen wordt hier afgedekt door een kleilaagje. Er is een kans dat het Basisveen hier aangetast is door erosie en verslagen bestanddelen bevat. Bovendien is er bij dergelijke zeer dunne organische lagen de kans op bemonstering van onderliggend oud bodemmateriaal.

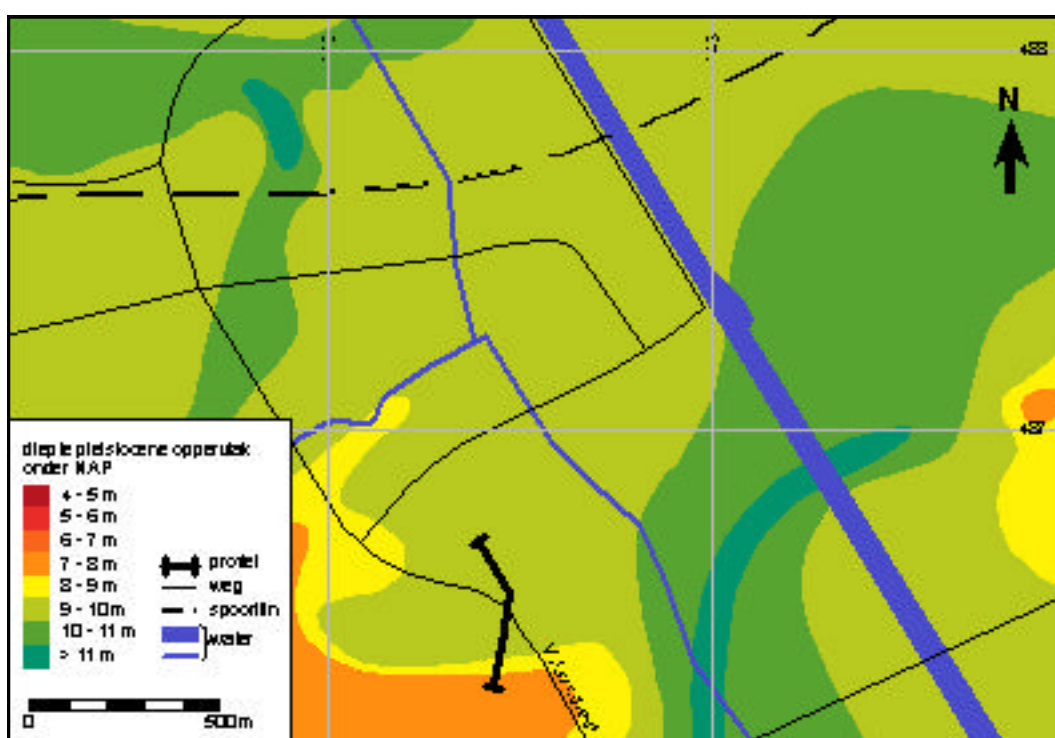


Fig. 5 De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Veluwedreef (gebaseerd op archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad).

### 3.2 Profiel Tureluurweg

Het Profiel Tureluurweg (Fig. 6) is gelegen op kavel Kz 45. Het profiel verloopt parallel aan de Tureluurweg op ongeveer 600 m ten zuidwesten van deze weg. In het profiel zijn zes basisveenmonsters genomen tussen 5,5 en 7,5 m - NAP. Het profiel kruist een begraven dekzandrug die onderdeel van een paraboolduin is. Aan de noordwestzijde van het paraboolduin heeft zich een geul ingesneden (Fig. 7).

De dekzandrug heeft een asymmetrisch profiel met een steile zuidoostflank en een flauwere noordwestflank. Vrijwel de gehele noordwestflank is met verslagen veen bedekt. Nog verder naar het noordwesten ligt een dik pakket klei direct op het dekzand (boring 85). Deze klei is op te vatten als het Laagpakket van Wormer. Het is aannemelijk dat de grote dikte van dit pakket in boring 85 samenhangt met de aanwezigheid van een beekdal in het dekzand. Toen tijdens de transgressie in het Atlanticum het gebied onder sterkere mariene invloed kwam is het Basisveen in het beekdal uitgeruimd omdat de getijdenstromingen in deze laagtes het sterkst waren. Hierbij is waarschijnlijk tevens het Basisveen op de gehele noordwestflank van de dekzandrug aangetast, getuige het pakket detritus en verslagen veen. Een versneden veenlaag tussen 6 en 7 m - NAP (boringen 85 en 87) vertegenwoordigt rustiger condities en kan geïnterpreteerd worden als Hollandveen. Het pakket humeuze klei daarboven wordt gemarkeerd door een plaatselijk diepliggende erosieve basis (boring 86). Mogelijk is op de diepste plaatsen sprake van subboreale mariene afzettingen die tot het Hauwert Complex (*sensu* Menke *et al.*, 1998) gerekend kunnen worden. De overige delen van het pakket bestaan uit de subatlantische Almere, Zuiderzee en IJsselmeer Afzettingen.

Op de zuidoostflank van de dekzandrug is een 0,4 tot 0,5 m dikke laag Basisveen aanwezig. Hier overheen ligt een tot 0,4 m dikke grijze kleilaag (boringen 100 en 101). De basis hiervan lijkt erosief; er is een scherpe grens tussen veen en klei. De kleilaag is te correleren met het Laagpakket van Wormer dat aan de noordwestzijde van de dekzandrug veel sterker ontwikkeld is (boring 85). Hollandveen ontbreekt in dit deel van het profiel. Op de grijze kleilaag ligt een tot 0,25 m dikke laag detritus en verslagen veen die de Flevomeer Afzettingen vertegenwoordigen. Het dikke klastische pakket hierboven omvat de Almere, Zuiderzee en IJsselmeer Afzettingen. Aan de basis van het pakket heeft ook in dit deel van het profiel plaatselijk sterke erosie plaatsgevonden. In boring 103 is hierbij zelfs het Basisveen aangetast. De top van de dekzandrug is eveneens door erosie aangetast. Veen ontbreekt hier op het dekzand en in boringen 94A, 95A, 96A en 97A lijkt verspoeld dekzand ingeschakeld te zijn tussen veen en humeuze klei.

Het <sup>14</sup>C-monster 9/10/11 is afkomstig van de noordwestflank van de dekzandrug. In het veld leek hier lokaal Basisveen *in situ* aanwezig te zijn. Echter gezien de ligging en context van het monster moeten de analyseresultaten met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. Het kan hier ook om een groot verplaatst brok veen gaan, dat ten onrechte voor *in situ* gevormd veen gehouden werd. De <sup>14</sup>C-monsters 12, 13, 14 en 15 vertegenwoordigen een gunstiger geologische context. Het Basisveen lijkt hier in de luwte van de dekzandrug, in het paraboolduin, goed behouden te zijn gebleven.



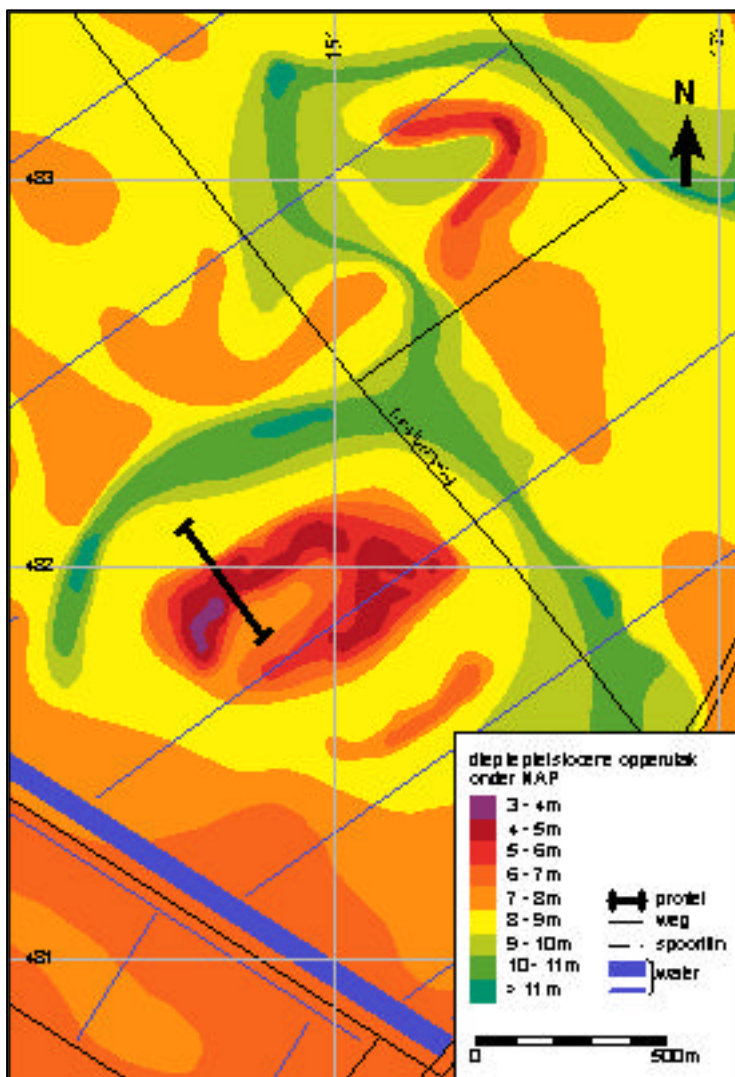


Fig. 7 De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Tureluurweg [gebaseerd op Heidemij (1993) en archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad].

Bovendien mag uitgegaan worden van een goede lokale drainage door de aanzienlijke helling van het dekzandoppervlak. Alleen de bemonsteringslocatie van monster 15 is in dit opzicht minder gunstig. In de depressie in centrum van het paraboolduin zou vervroegde vorming van Basisveen kunnen zijn opgetreden. Monster 16/17 vertegenwoordigt een zeer dunne, sterk geërodeerde laag basisveen. De analyseresultaten van dit monster dienen derhalve, evenals die van monster 9/10/11, zeer kritisch te worden beschouwd.

### 3.3 Profiel Musweg

Het Profiel Musweg (Fig. 8) loopt langs de oostzijde van de gelijknamige weg en staat loodrecht op de Gooimeerdijk. Het profiel omvat de zuidflank van een begraven dekzandrug (Fig. 9). In het profiel zijn vier basisveenmonsters genomen tussen 5,0 en 6,5 m - NAP.

De stratigrafie in het profiel is relatief eenvoudig en heeft in grote lijnen dezelfde opbouw als in de voorgaande profielen. De dekzandrug heeft een vrij geleidelijke, onregelmatige helling. Aan de voet van de helling is het Basisveen ongeveer 0,5 m dik; iets hoger op de helling neemt de dikte snel af tot 0,1 a 0,2 m. Nabij de top van de dekzandrug ontbreekt het Basisveen. Het Basisveen wordt afgedekt door een sterk in dikte wisselende laag die voornamelijk uit fijne detritus bestaat. Dit zijn de Flevomeer Afzettingen. In de boring 74C en 75B is nog een lens van humeuze klei op het basisveen aangetroffen. Mogelijk behoren deze afzettingen bij het Hauwert Complex (*sensu* Menke *et al.*, 1998). De Flevomeer Afzettingen worden afgedekt door een gemiddeld 2 m dikke kleiige laag waarvan het onderste deel humeus is. Deze laag heeft een sterk golvende basis die hier en daar aanzienlijke erosie suggereert. Het dikke klastische pakket omvat de Almere, Zuiderzee en IJsselmeer Afzettingen.

De laag Basisveen in het profiel is lateraal zeer continu. Aan de voet van de helling, waar de laag ca. 0,4 m dik is, betreft het naar alle waarschijnlijkheid *in situ* gegroeide veen. Er is echter wel een reële kans dat het Basisveen op de gehele zuidflank van de rug zich ontwikkeld heeft onder condities van een lokaal verhoogde (grond)waterspiegel. Het dekzandlandschap helt naar het noorden, maar ter plaatse van Profiel Musweg heeft de dekzandrug de noordwaartse stroming van water waarschijnlijk belemmerd. Hiermee dient bij interpretatie van de dateringen van de <sup>14</sup>C-monsters 2/3, 4/5, 6/7 en 8 rekening gehouden worden. Daarnaast is er de mogelijkheid dat met name de monsters 2/3 en 4/5 verslagen veen bevatten, aangezien ze uit een maar zeer dunne veenlaag onder een detrituspakket afkomstig zijn.

### 3.4 Profiel Gooimeerdijk

Het Profiel Gooimeerdijk (Fig. 10) loopt parallel aan de dijk in de zuidpunt van het Cirkelbos. Het profiel bestaat uit drie boringen aan de voet van de dijk. In het profiel is de min of meer vlakke top te zien van een begraven dekzandrug. Het gaat hier om dezelfde dekzandrug als in Profiel Musweg (Fig. 9). Van het Basisveen op de top van de rug is één monster genomen op ongeveer 4,7 m - NAP.

In tegenstelling tot in Profiel Musweg is in dit profiel 0,3 tot 0,4 m Basisveen bewaard gebleven op de top van de dekzandrug. Het Basisveen wordt erosief afgedekt door humeuze klei die aan de basis hier en daar zavelig is. Dit zijn de Almere Afzettingen. Naar boven toe gaat de humeuze klei over in een stugge klei die behoort tot de Zuiderzee en IJsselmeer Afzettingen.







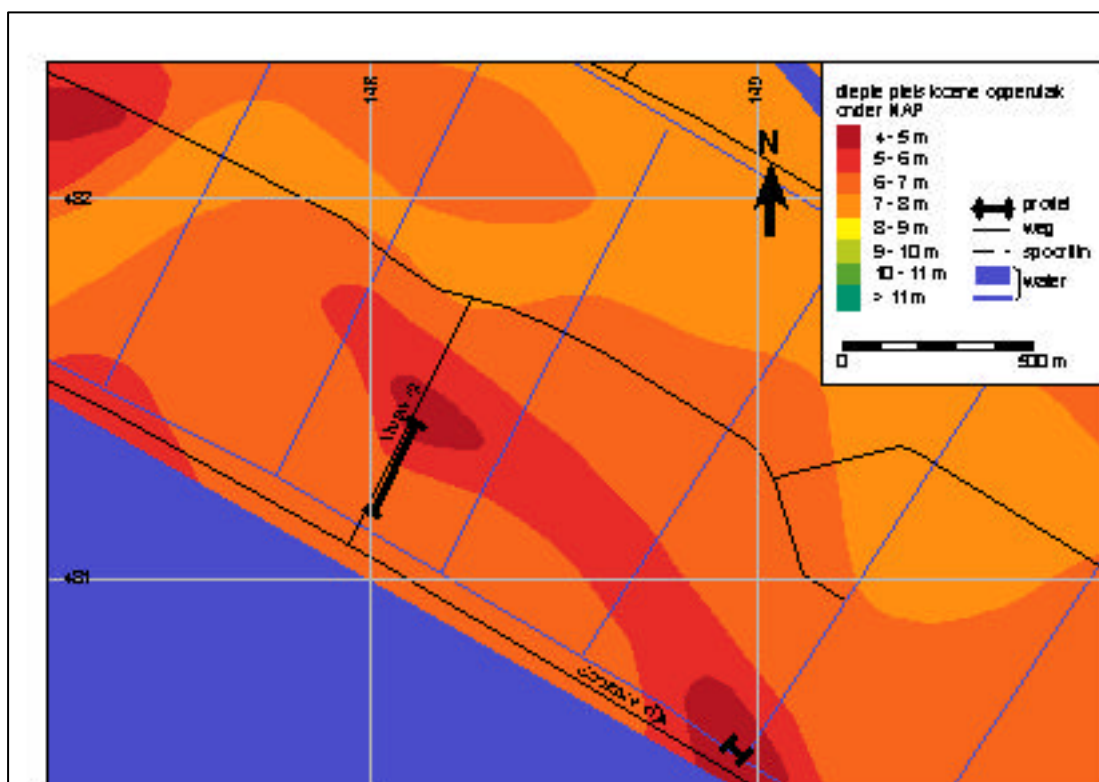


Fig. 9 De hoogteligging van de bovenkant van de pleistocene afzettingen in de omgeving van Profiel Musweg en Profiel Gooimeerdijk (gebaseerd op archiefgegevens van Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad).

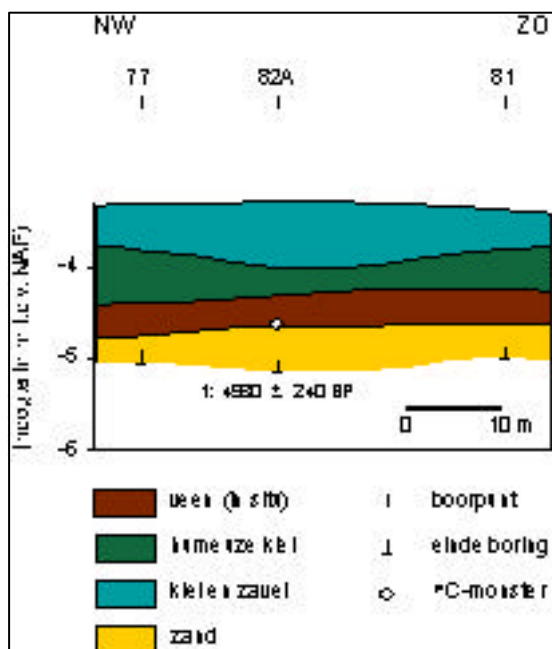


Fig. 10 Profiel Gooimeerdijk

Met name in boring 82A, waarin  $^{14}\text{C}$ -monster 1 genomen is, leek de begraven bodem in het dekzand goed intact te zijn. Er was sprake van een zwarte Ah-horizont in de top van het dekzand direct onder het veen. Het veen vormt hier een laag van vrij constante dikte die lateraal in ieder geval over enkele tientallen meters te vervolgen is. Op basis hiervan mag worden aangenomen dat het hier een *in situ* gevormd veenpakket betreft. Gezien de locatie van het monster op de top van een dekzandrug is niet te verwachten dat hier vervroegde veenvorming door lokaal stagnerend water is opgetreden. Afgaande op deze geologische context lijkt monster 1 uitstekend bruikbaar voor reconstructie van de voormalige regionale waterstand.

## 4 Paleo-ecologie

### 4.1 Inleiding

Het botanisch macrorestenonderzoek had als doel om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen veenvorming en de voormalige (grond)waterstand binnen de profielen. De samenstelling van het basisveen weerspiegelt immers het milieu waarin veenvorming plaatsvond; met name de voedselrijkdom en het vegetatietype, bijvoorbeeld (moeras)bosvegetatie of oevervegetatie. Uit de geïdentificeerde macroresten is vervolgens geschikt materiaal geselecteerd voor <sup>14</sup>C-datering.

Het macrorestenonderzoek leverde minder op dan werd verwacht. Het onderzochte materiaal was vaak zeer sterk aangetast waardoor er geen herkenbare macroresten (vruchten en zaden e.d.) meer aanwezig waren. In andere gevallen was er wel enig herkenbaar materiaal, maar was dit te weinig voor datering. In Bijlage 2 zijn de gegevens per profiel en per boring weergegeven en in categorieën onderverdeeld. Een deel van de categorieën omvat min of meer duidelijke vegetatietypen. De verdeling van de soorten over de diverse categorieën is niet altijd scherp, daar sommige soorten in meerdere categorieën kunnen voorkomen. *Carex rostrata* (Snavelzegge) komt bijvoorbeeld ook voor in natte heiden en hoogvenen (Schaminee *et al.*, 1995). De op macroresten onderzochte kernen zijn in het algemeen 3 tot 16 cm lang en omvatten de overgang tussen zand en veen.

Na het uitvoeren van het macrorestenonderzoek zijn 33 monsters uitgebreid palynologisch onderzocht. De monsters zijn afkomstig uit twaalf kernen waaruit ook monsters voor <sup>14</sup>C-datering zijn ingestuurd. Van tien van deze kernen zijn bulkmonsters gedateerd, omdat de macrorestenanalyse te weinig had opgeleverd. De palynologische analyse diende om meer inzicht te krijgen in de kwaliteit van het gedateerde materiaal. Twee andere kernen (uit boringen 68 en 82A) zijn palynologisch onderzocht om meer duidelijkheid te krijgen over het voorkomen van hoogveen. Uit deze kernen waren macroresten gedateerd die eventueel tot een hoogveenvegetatie behoord zouden kunnen hebben. In het algemeen zijn twee tot drie monsters per kern onderzocht. De gegevens zijn weergegeven in een gecombineerd pollendiagram (Bijlage 3). De pollenpercentages zijn berekend over een som van alle bomen en struiken (? AP). De niet-boompollensom (? NAP) omvat alle kruiden behalve de waterplanten. De ? NAP2 omvat enkele kruiden met een droge standplaats (*Artemisia*, de *Chenopodiaceae* en *Rumex*). Wanneer in de volgende beschrijvingen gesproken wordt over ? AP/? NAP verhoudingen, dan geldt dat voor de hierboven genoemde sommen. Van een aantal soorten zijn zeer lage concentraties pollen/microfossielen aangetroffen. Deze leveren in Bijlage 3 slechts minieme zwarte piekjes op, waarin moeilijk eventuele trends zijn te herkennen. In deze gevallen is de schaal in het diagram vergroot (10x) ten opzichte van de onderaan weergegeven schaal, waarbij de resulterende grotere pieken in een grijswaarde zijn weergegeven.

Hieronder worden per profiel achtereenvolgens de resultaten van het macrorestenonderzoek en het palynologisch onderzoek besproken.

## 4.2 Profiel Veluwedreef

In de onderzochte kernen uit Profiel Veluwedreef zijn maar weinig herkenbare macroresten aangetroffen. Het gefragmenteerde organische materiaal is mogelijk een aanwijzing voor bodemdierenactiviteit. Onder de minder goed herkenbare resten bevindt zich wel allerlei houtig materiaal, al dan niet verkoold. In het basisveen op de top en op de flank van de begraven dekzandrug (boringen 61, 109 en 110) is de bodemschimmel *Cenococcum geophilum* nadrukkelijk aanwezig. Deze bodemschimmel komt voor in bosbodems, maar is ook vaak geassocieerd met heiderijke (hoogveen)vegetaties. In boring 109 zijn resten van Struikheide (*Calluna vulgaris*) aangetroffen. Mogelijk is ook het hier aangetroffen houtige materiaal van Struikheide afkomstig. De soorten uit de moerasvegetatie zijn niet zo sterk vertegenwoordigd, maar zijn wel aanwezig. Verder van de begraven dekzandrug af (boringen 53 en 57) zijn meer rietresten (*Phragmites australis*) in het basisveen aanwezig terwijl de bodemschimmels nagenoeg afwezig zijn.

Uit boring 53 is één monster palynologisch geanalyseerd (9,35 m - NAP). Dit monster is afkomstig van 1 cm onder het gedateerde niveau (9,34 m - NAP). De middels de zandgehalten bepaalde grens tussen zand en veen ligt ongeveer op hetzelfde niveau als het pollenmonster. De verhouding ? AP : ? NAP in het monster bedraagt ongeveer 80 : 20. De pollenconcentratie is zeer laag (2.680 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). Het pollenspectrum wijkt wat af van de overige spectra uit Profiel Veluwedreef. De waarden voor Hazelaar (*Corylus avellana*) zijn duidelijk lager dan in de overige kernen uit het profiel, die van Eik (*Quercus*) zijn vrij hoog, en heel opvallend is dat de waarden voor Ericales en *Sphagnum* zo laag zijn. Daarnaast zijn de moerasplanten redelijk vertegenwoordigd. De combinatie van bos- met moeraselementen in het monster lijkt de vernatting van een droog bos op de zandgrond te weerspiegelen. De lage waarden voor hoogveenelementen wekken de indruk dat deze vernatting gestuurd werd door waterspiegelstijging in de Flevo-lagune. Een lichte aanwijzing voor beïnvloeding uit zee zijn de relatief hoge waarden voor Galigaan (*Cladium mariscus*), de Chenopodiaceae en varens (*Dryopteris* type).

Uit boring 110 zijn vier monsters geanalyseerd (8,83, 8,82, 8,81 en 8,80 m - NAP). Het bemonsterde interval bevindt zich rond de ingeschatte grens tussen zand en veen (ongeveer 8,82 m - NAP) en het gedateerde niveau (8,81 m - NAP). De verhouding ? AP : ? NAP ligt tussen de 70 : 30 en 80 : 20 in het zand en tussen 55 : 45 en 60 : 40 in het veen. De pollenconcentratie is in het veen veel lager dan in het zand (246.500 en 992.300 respectievelijk 1.166.800 en 3.139.200 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). De pollenspectra uit het zand tonen veel hogere waarden voor Den (*Pinus*) en Hazelaar (*Corylus avellana*) dan die uit het veen. Els (*Alnus*) daarentegen, is sterker vertegenwoordigd in het veen. Bij het niet-boompollen zijn Ericales en *Sphagnum* sterk vertegenwoordigd. Daarnaast zijn de hoge waarden voor Wederik (*Lysimachia*) zeer opvallend. De pollenkorrels van moerasplanten komen nauwelijks voor. Het lijkt

er op dat er ter plaatse van boring 110 sprake was van een open bos op de zandgrond met Den, Berk en Hazelaar als belangrijkste bomen en heide in de ondergrond. De vele sporen van *Sphagnum* (voornamelijk van het type *S. cuspidatum*) wijzen op vochtige tot natte omstandigheden.

Uit boring 109A (zelfde locatie als boring 109) zijn drie monsters geanalyseerd (8,49, 8,485 en 8,48 m - NAP). Het bemonsterde interval bevindt zich rond het gedateerde niveau (8,485 m - NAP) en rond de ingeschatte grens tussen zand en veen (eveneens ongeveer 8,485 m - NAP). De verhouding ? AP : ? NAP in de monsters bedraagt ongeveer 65 : 35. De pollenconcentratie is in het veen hoger dan in het zand (713.700 respectievelijk 244.600 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). De boompollenspectra lijken sterk op die van de kern uit boring 110. In het niet-boompollen domineren Ericales en Veenmos (*Sphagnum*) en wat Poaceae. Ten opzichte van de kern uit boring 110 is de bijdrage van de Ericales hoger, die van *Sphagnum* lager en die van de Poaceae is gelijk gebleven. Ten opzichte van de kernen uit de boringen 110 en 53 zijn de moerasplanten iets beter vertegenwoordigd.

Uit boring 61 zijn twee monsters geanalyseerd (7,37 en 7,35 m - NAP). Het bemonsterde interval bevindt zich rond het gedateerde niveau (7,36 m - NAP) en de ingeschatte grens tussen zand en veen (eveneens ongeveer 7,36 m - NAP). De verhouding ? AP : ? NAP in de monsters bedraagt ongeveer 45 : 55. Dit is de laagste verhouding uit het hier gepresenteerde onderzoek. De pollenconcentratie is in het veen hoger dan in het zand (710.800 respectievelijk 513.300 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). De ? NAP bestaat voor en belangrijk deel uit Heide (Ericales), Grassen (Poaceae) en Cypergrassen (Cyperaceae). Zij zijn sterker vertegenwoordigd dan in kern 109. Els (*Alnus*) en mogelijk ook de andere bomen, behoorde evenals in andere raaien niet tot de strikt lokale bosvegetatie. De hoge waarden voor Wilg (*Salix*) wijzen erop dat de Wilg onderdeel is van de lokale veenvormende vegetatie. Ericales in het zand, maar ook in het veen geven aan dat we hier te maken hebben met lokale groei van heide op de zandgrond. De Poaceae, Cyperaceae en Rolklaver (*Lotus*) vertegenwoordigen de elementen uit de veenvormde vegetatie.

Al met al, geven de paleo-ecologische analyses het beeld van een nadrukkelijk verschil in vegetatieontwikkeling als gevolg van vernatting, tussen de de dekzandrug en de laagte aan de voet van de rug. In de laagte lijkt een droog eikenbos op de zandgrond over te zijn gegaan in een eutroof broekveen met riet. Op de dekzandrug bevond zich aanvankelijk waarschijnlijk een vrij open bos met Den, Berk en Hazelaar als belangrijke soorten en Heide en Veenmos (*Sphagnum*). De sterke vertegenwoordiging van Heide en Veenmos in het veen op de dekzandrug geven de indruk dat na vernatting een hoogveenachtig milieu bestond.

#### **4.3 Profiel Tureluurweg**

Ook in de kernen uit Profiel Tureluurweg zijn slechts weinig herkenbare macroresten gevonden. Nagenoeg alle onderzochte monsters bevatten rietresten en *Cenococcum geophilum*. In de kernen van de zuidoostelijke helling van de begraven dekzandrug

(boringen 97A, 96A, 95A en 100) komt *Cenococcum* wel veel minder voor dan in die van de voet van de helling (boringen 101 en 103) en van de noordwestflank (boring 89C). Alleen in de kern uit boring 103 zijn behalve rietresten en bodemschimmels ook veel andere plantenresten aangetroffen. De hoge aantallen sclerotia van *Cenococcum* gaan hier vergezeld door resten van Els (*Alnus*) en Berk (*Betula*), maar ook zijn resten van planten uit natte heiden of hoogveen aangetroffen. Daarnaast is een categorie macroresten afkomstig van moerasplanten vertegenwoordigd. Met name de helophyten van dieper water (Riet, Mattenbies, Lisdodde en Galigaan). Er zijn in de onderzochte kern uit boring 103 dus macroresten van zeer uiteenlopende vegetaties aangetroffen. Een mogelijkheid is dat het organische materiaal verslagen is waarbij elementen uit verschillende vegetaties gemengd zijn. Opvallend in dit verband is ook de aanwezigheid van enkele foraminiferen in de top van de onderzochte kern uit boring 103. In deze kern zijn meerdere indicatoren van brakke invloed [*Lidsteng* (*Hippuris vulgaris*), Galigaan (*Cladium mariscus*), Heen (*Bulboschoenus maritimus*)] gevonden.

Uit boring 101 in Profiel Tureluurweg zijn twee pollenmonsters geanalyseerd (7,58 en 7,57 m - NAP) die afkomstig zijn van juist onder het gedateerde niveau (7,56 m - NAP). De op basis van de zandgehalten ingeschatte grens tussen zand en veen bevindt zich rond 7,58 m - NAP. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt 90 : 10. Opvallend in deze kern is de zeer hoge bijdrage van berkenpollen (*Betula*). De overige boompollen geven nagenoeg hetzelfde beeld van een loofbosvegetatie als in de hierna beschreven pollenmonsters uit dit profiel. De precieze oorzaken van de sterke vertegenwoordiging van de Berk in de monsters uit boring 101 zijn onduidelijk.

Uit boring 100A (zelfde locatie als boring 100) zijn drie pollenmonsters geanalyseerd (7,13, 7,11 en 7,08 m - NAP). Het bovenste pollenmonster is afkomstig van het gedateerde niveau (7,08 m - NAP). De ingeschatte grens tussen zand en veen ligt rond 7,12 m - NAP, hoewel de overgang van het humeuze zand (begraven bodem) naar het veen geleidelijk verloopt. Het middelste pollenmonster vertegenwoordigt derhalve een overgangszone tussen zand en veen. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt 70 : 30 in het zand en 82 : 18 in het overige deel. De pollenconcentratie is in het zand en het veen lager (223.300 - 247.800 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>) dan in het tussenliggende monster (896.400 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). Dit is een aanwijzing dat het oude oppervlak in de buurt van diepte 7,11 m -NAP gelegen heeft. In het bovenliggende veen wordt weliswaar steeds nieuw pollen ingevangen, maar tevens accumuleert er organisch materiaal, waardoor bij gelijkblijvende pollenproductie geen concentratieverhoging optreedt. Het veenmonster wijkt qua pollensamenstelling niet sterk af van de overige dieper gelegen monsters. Kenmerkend voor het veenmonster is wel de sterke vertegenwoordiging van *Dryopteris* en de kleine maar significante bijdrage van *Cladium mariscus* en Gele lis (*Iris pseudacorus*). Er lijkt sprake te zijn geweest van een helophytenmoeras. Wat ook opvalt is de opwaartse afname van het pollen van de Berk (*Betula*) gepaard gaande met een toename van het pollen van de Eik (*Quercus*). Dit wijst mogelijk op eutrofere condities samenhangend met vernatting van het milieu. De aanwezigheid in het zandmonster van pollen van Duindoorn (*Hippophaë rhamnoides*), Wegedoorn (*Rhamnus catharticus*), Gewone vlier (*Sambucus nigra*), Gelderse Roos (*Viburnum opulus*) is een belangrijke aanwijzing voor het open

karakter van het voormalige bos op de zandgrond. Opvallend is dat nu hier ook meer pollen van Ericales en sporen van *Sphagnum* voorkomen. Mogelijk behoorden Ericales en Veenmos eveneens tot de open bosvegetatie waarin Eik en Berk de belangrijkste bomen waren.

Uit boring 95A zijn twee pollenmonsters geanalyseerd (6,74 en 6,73 m - NAP). Het gedateerde niveau ligt iets hoger op 6,72 m - NAP. De ingeschatte grens tussen zand en veen ligt rond 6,74 m - NAP. Beide geanalyseerde monsters zijn vrij zandig. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt ongeveer 85 : 15. Er is een lichte opwaartse afname van berkenpollen. De monsters vertegenwoordigen nadrukkelijk de bosvegetatie op de zandrug. De belangrijkste elementen uit het loofbos zijn Eik (*Quercus*), Hazelaar (*Corylus avellana*), Berk (*Betula*), Iep (*Ulmus*), Linde (*Tilia*) en mogelijk Els (*Alnus*). Deze laatste kan ook de vegetatie op lagere, natte plaatsen vertegenwoordigen. Andere karakteristieke elementen uit de droge bosvegetatie zijn: Maretak (*Viscum album*), Klimop (*Hedera helix*), Kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) en Hengel (*Melampyrum*). Opvallend is de sterke vertegenwoordiging van Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*).

Uit boring 96A zijn drie pollenmonsters geanalyseerd (6,12, 6,10 en 6,08 m - NAP). Het gedateerde niveau ligt in het bemonsterde interval op 6,09 m - NAP. De grens tussen zand en veen is geleidelijk en ligt naar schatting rond 6,13 tot 6,12 m - NAP. De pollenspectra van de drie geanalyseerde monsters verschillen weinig van elkaar. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt in het zandgedeelte 62 : 38 en in het veen 55: 45. De pollenconcentraties in het veen en het zand verschillen niet veel (145.600 - 226.700 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). Opvallend in deze spectra zijn de hoge waarden voor *Quercus* pollen en de lage waarden voor *Alnus* en zeer lage waarden voor *Salix*. Kennelijk is hier het eikenbos op de zandrug en het elzenbroekbos op de lagere, verder weg gelegen delen geregistreerd. De elementen uit de moerasvegetatie en ruigten zijn hier sterker vertegenwoordigd (inclusief Poaceae). De heide/hogveen-elementen zijn zeer schaars aanwezig, hetgeen aangeeft aan dat deze vegetaties niet in de buurt aanwezig waren. In het bovenste (venigste) monster zijn de moeraselementen (Cyperaceae, en Poaceae) sterker vertegenwoordigd. Hier zijn meer aanwijzingen over de veenvormende vegetatie, die mogelijk gegroeid heeft in een milieu met open water van ca. 50 cm diepte. De hoge waarden voor Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*) en mogelijk ook de *Dryopteris*-sporen zijn een sterke aanwijzing voor open plekken in het eikenbos, mogelijk door de mens veroorzaakt. Andere indicatoren voor mogelijke menselijke invloed op de vegetatie zijn de licht verhoogde aanwezigheid van pollen uit de Ganzenvoetfamilie (Chenopodiaceae) en van Zuring (*Rumex*), maar ook de aanwezigheid van pollen uit de families der Composieten (Asteraceae), Vlinderbloemigen (Fabaceae), Kruisbloemen (Brassicaceae), Anjers (Caryophyllaceae) en van Walstro (*Galium*), Klaver (*Trifolium*), Wikke (*Vicia*) en de mestschimmel Type 55A zou in die richting kunnen wijzen.

Samenvattend kan gesteld worden dat het paraboolduin ter plaatse van Profiel Tureluurweg aanvankelijk gekenmerkt werd door een droge bosvegetatie met Eik en Berk als belangrijke soorten. Er zijn aanwijzingen dat het bos een open karakter had, mogelijk door menselijke invloed. Vernatting leidde tot overgang naar een

moerasvegetatie in de lagere delen. In het diepste deel van de depressie midden in het paraboolduin (boring 101), onstond mogelijk eerst nog een berkenbroekbos. Als gevolg van verdere stijging van de waterspiegel kregen eutrofe condities de overhand en werd het verdrinkende paraboolduin waarschijnlijk lange tijd omzoomd door een oevervegetatie met riet, terwijl het eikenbos zich nog op de hogere delen kon handhaven. Het basisveen in boring 103 heeft een sterk afwijkende paleobotanische samenstelling. De associatie van overblijfselen van zeer uiteenlopende vegetaties in deze zeer dunne laag veen (Fig. 6) doet vermoeden dat dit materiaal verslagen is. Met betrekking tot het basisveen in boring 89C is het opvallend dat hierin veel grotere hoeveelheden bodemschimmels voorkomen dan in de overige monsters van basisveen op het paraboolduin. Door het zeer incomplete paleobotanisch beeld van dit materiaal (pollenanalyse ontbreekt) is de reden hiervan onduidelijk.

#### 4.4 Profiel Musweg

In enkele hoger gelegen kernen uit Profiel Musweg (boringen 68, 69 en 70A) bevat het veen rond de overgang tussen zand en veen nog vrij veel herkenbare plantenresten. Een groot deel vertegenwoordigt moerasvegetaties in een open-water-situatie. Indicatoren voor open (ondiep) water zijn Waterdrieblad (*Menyanthes trifoliata*), Witte waterlelie (*Nymphaea alba*), Gele plomp (*Nuphar lutea*) en Schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*). Zij zouden goed de lokale veenvormende vegetatie kunnen vertegenwoordigen. Daarnaast komen er vrij veel resten voor van planten die in natte heidevelden of heiderijke hoogvenen groeien. Deze twee groepen van planten vormen geen vegetatie-eenheid, hoewel Waterdrieblad wel degelijk in hoogveenterreinen kan voorkomen. Het is mogelijk dat we hier (deels) te maken hebben met soortgelijk materiaal als in de kern uit boring 103 (Profiel Tureluurweg): verslagen organisch materiaal dat vermengde resten uit verschillende vegetaties bevat. In het geval van de kern uit boring 70A lijkt dit duidelijk het geval. Het voorkomen van rietresten in combinatie met *Sphagnum*-overblijfselen valt anders moeilijk te verklaren. In de kernen uit de boringen 68 en 69 komen minder uitgesproken tegenstellingen voor en is eventueel ook een interpretatie als hoogveen niet uitgesloten. Vooral het veelvuldig voorkomen van *Cenococcum geophilum* in deze kernen kan op heiderijk hoogveen duiden. De lager gelegen kernen uit dit profiel (boringen 50A, 73, 84, 74C) bevatten nog maar zeer weinig herkenbare plantenresten. De veelvuldig aanwezige resten van de schimmel *Cenococcum geophilum* wijzen op de heiderijke vegetaties of op bosvegetaties (Jensen, 1974). Enkele rietresten in de kern uit boring 74C wijzen op natte, eutrofe omstandigheden.

Uit boring 74C in Profiel Musweg zijn drie pollenmonsters geanalyseerd (6,29, 6,27 en 6,25 m - NAP). De ingeschatte grens tussen zand en veen ligt rond 6,27 m - NAP en het gedateerde niveau ligt daar net boven op 6,26 m - NAP. Er is weinig verschil in de ? AP : ? NAP verhouding (78 : 22) tussen het zand en het veen. De pollenconcentratie is in het veen veel lager (846.100 - 237.800 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>) dan in het zand (1.244.400 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). De hoge pollenconcentraties in het zand geven aan dat dit niveau het oude oppervlak vertegenwoordigt. Het aandeel van *Betula*, *Corylus avellana* en *Quercus* is vrij laag terwijl het aandeel van *Alnus* en *Salix*



vrij hoog is. De bijdragen van de Ericales en *Sphagnum* zijn zeer laag. Ook de percentages voor Poaceae zijn vrij laag, terwijl die voor de Cyperaceae hoog zijn. De interpretatie van deze pollenspectra is dat in de lagere delen van het dekzandlandschap zich broekbos had ontwikkeld met Els en Wilg en een ondergroei van zegges en varens, terwijl verder van de monsterplaats af, op de drogere gronden een loofbos stond met Eik, Hazelaar, Iep en Linde.

Uit boring 84 zijn eveneens drie pollenmonsters geanalyseerd (5,67, 5,66 en 5,64 m - NAP). De grens tussen zand en veen ligt in de buurt van 5,66 en 5,67 m - NAP. Het gedateerde niveau bevindt zich op 5,65 m - NAP. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt in het onderste zandiger gedeelte 75 : 25 en in het bovenste veniger deel 65 : 35. Van onder naar boven verandert ook de pollensamenstelling. De waarden voor de Den nemen sterk af; de waarden voor de Hazelaar in iets mindere mate. Els, Ericales en *Sphagnum* zijn naar boven toe steeds beter vertegenwoordigd. Ten opzichte van de spectra uit boring 74C zijn Berk en Hazelaar beter vertegenwoordigd, terwijl Wilg en in lichte mate Eik en Els slechter gerepresenteerd zijn. Daarnaast zijn de waarden voor Ericales en *Sphagnum* veel hoger en zijn ook de Poaceae wat beter vertegenwoordigd. De elementen uit de moerasvegetaties zijn in beide boringen slecht vertegenwoordigd. De pollenspectra uit boring 84 roepen een vegetatiebeeld op van een bos waarin aanvankelijk dennen en hazelaars domineerden naast berken, eiken, iepen en lindes. Lokaal kwam waarschijnlijk elzenbroekbos voor. Later neemt het aandeel van de Den sterk af. Het aandeel van Ericales en *Sphagnum* neemt dan sterk toe. Het lijkt erop dat deze deel uitmaakten van de lokale vegetatie.

Ook uit boring 68 zijn drie pollenmonsters geanalyseerd (5,21, 5,20 en 5,19 m - NAP). De grens tussen zand en veen bevindt zich in het onderste deel van het bemonsterde interval tussen 5,20 en 5,21 m - NAP. Het gedateerde niveau ligt juist hierboven op 5,20 m - NAP. De verhouding ? AP : ? NAP bedraagt in het zandige monster 60 : 40 en in de venige monsters 50 : 50. Er is weinig verschil tussen de pollenconcentratie in het zand en in het veen. De bomenspectra zijn sterk gelijkend op die uit boring 82A uit het naburige Profiel Gooimeerdijk (zie hieronder). In het niet-boompollen zijn de Ericales en Poaceae sterk vertegenwoordigd. De bijdrage van moerasplanten is gering (afgezien van de Poaceae). De voorlopige interpretatie is dat de Ericales tot de lokale vegetatie op de boorplek behoren.

De paleobotanische gegevens uit Profiel Musweg suggereren dat hier in de lagere delen van het dekzandlandschap zich een eutroof broekbos had ontwikkeld met Els en Wilg en een ondergroei van zegges en varens, terwijl op de drogere gronden nog een loofbos stond met Eik, Hazelaar, Iep en Linde. Aanwijzingen voor voor eventuele eerdere drogere bostypen in de laagte (boring 74C) aan de voet van de dekzandrug ontbreken. Hoger op de flank van de dekzandrug is het droge loofbos door geleidelijke vernatting overgegaan in een hoogveenachtige vegetatie met nadrukkelijke aanwezigheid van heide en *Sphagnum*. In het basisveen in boring 70A komen de overblijfselen van een eutrofe moerasvegetatie voor in combinatie met restanten van hoogveenplanten, hetgeen doet vermoeden dat het materiaal verslagen is.

#### 4.5 Profiel Gooimeerdijk

De boorkern uit Profiel Gooimeerdijk is zeer arm aan herkenbare plantenresten. De analyseresultaten geven aan dat dit veen voor een belangrijk deel uit resten bestaat die indicatief zijn voor heiderijk hoogveen of natte heidevelden op de zandgrond (*Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*, *Sphagnum*). De voorlopige conclusie is dat we hier te maken hebben met een natte heide op een dekzandrug, die mogelijk later overgroeid is geraakt met eutrofer (riet)veen.

Uit boring 82A in Profiel Gooimeerdijk zijn drie pollenmonsters bestudeerd (4,68, 4,67 en 4,66 m -NAP). De ingeschatte grens tussen zand en veen ligt halverwege het bemonsterde interval op 4,67 m - NAP. Het gedateerde niveau bevindt zich hier net boven op 4,66 m - NAP. In de onderste twee monsters bedraagt de verhouding ? AP : ? NAP ongeveer 70 : 30. In het bovenste, sterk venige monster is deze verhouding 60 : 40. Het bovenste monster heeft ook een veel hogere pollenconcentratie (1.524.027 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>) dan de onderste twee monsters (197.000 - 360.000 pollenkorrels per cm<sup>3</sup>). Gezien het pollenbeeld bestond de vegetatie uit bos met Eik, Iep, Linde en veel Hazelaar op de drogere gronden en Els en Wilg op de nattere gronden. Het is niet uitgesloten dat elzen deel hebben uitgemaakt van bos op de drogere gronden. Op grotere afstand van de monsterlocatie kwam ook bos voor met dennen en berken. Onder het niet-boompollen zijn de elementen van natte heidevelden en hoogveen dominant vertegenwoordigd (*Ericales*, *Sphagnum*). Ook de geregistreerde Types 10, 12, *Meliola* cf. *M. niessleana* (T.14), 18, *Tilletia sphagni* (T.27) en *Assulina muscorum* (T.32A) zijn indicatief voor dit milieu (van Geel, 1978). Er zijn zowel in het zand als in het veen diverse indicatoren voor zoetwater aangetroffen. Daarnaast zijn soorten uit moerasvegetaties gerepresenteerd. Hoewel het niet met zekerheid valt te zeggen worden de Cyperaceae (o.a. *Carex*) en grassen (o.a. Riet) ook tot de elementen uit de moerasvegetatie gerekend. Waarschijnlijk is Type 16 (een schimmel op grasachtige planten) ook onderdeel van de moerasvegetatie. De veenvormende elementen waren met name de cypergrassen en grassen. De laatste fase van de vegetatie op het zand was waarschijnlijk een open bos waar ook heide voorkomt. De aanwezigheid van pollen van onkruiden, zoals Bijvoet (*Artemisia*), Ganzenvoetfamilie (*Chenopodiaceae*) en Zuring (*Rumex*), zijn een lichte indicatie voor open terrein.

Samenvattend lijkt hier sprake te zijn geweest van een droog open bos met heide op de top van een dekzandrug, die bij vernatting in eerste instantie is overgegaan in een heiderijk hoogveen. Mogelijk heeft zich later een eutrofere moerasvegetatie met riet ontwikkeld.

## 5      **Reconstructie van waterspiegelstijging**

### 5.1      **Calibratie van de $^{14}\text{C}$ -dateringen**

De door het laboratorium opgegeven  $^{14}\text{C}$ -leeftijden van de gedateerde monsters (Tabel 1) zijn niet zonder meer bruikbaar om de ontwikkeling van de waterspiegel in het studiegebied voldoende nauwkeurig te beschrijven. De  $^{14}\text{C}$ -leeftijden dienen eerst door middel van calibratie omgezet te worden naar werkelijke leeftijden in kalenderjaren.

De  $^{14}\text{C}$ -leeftijd van een monster volgt uit het in een laboratorium gemeten resterende  $^{14}\text{C}$ -gehalte van een monster en de bekende snelheid van radioactief verval van  $^{14}\text{C}$ . Uitgangspunt hierbij is wel dat het initiële  $^{14}\text{C}$ -gehalte van het monster eveneens bekend is. Hierbij wordt aangenomen dat het initiële  $^{14}\text{C}$ -gehalte bij ontstaan van het bemonsterde materiaal in evenwicht was met het  $^{14}\text{C}$ -gehalte in de toenmalige atmosfeer. Omdat het  $^{14}\text{C}$ -gehalte in de atmosfeer in het verleden aan schommelingen onderhevig is geweest, is er geen lineaire relatie tussen de  $^{14}\text{C}$ -ouderdom en de werkelijke ouderdom in kalenderjaren. Beiden zijn door een min of meer grillige calibratiecurve aan elkaar gekoppeld. Om de  $^{14}\text{C}$ -leeftijden van de basisveenmonsters uit deze studie om te zetten in kalenderleeftijden is gebruik gemaakt van het Groningse calibratieprogramma (versie CAL25) van het Centrum voor Isotopen Onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen (van der Plicht, 1993).

Het gebruik van de nauwkeurige calibratiecurve (Stuiver & Reimer, 1993) is alleen gerechtvaardigd voor calibratie van zeer precieze dateringen (lage standaardafwijking) van monsters met een zeer kleine tijdsdiepte. Indien de nauwkeurigheid van de datering minder is, is het juister een wat gladdere calibratiecurve te gebruiken. De geschatte nauwkeurigheid van de datering is onder meer afhankelijk van het gedateerde materiaal: kleine fragmenten hout en zaden vertegenwoordigen een veel geringere tijdsdiepte dan een bulkmonster van veen. In deze studie is de mate van gladheid van de calibratiecurve (uitgedrukt in  $\sigma_s$ ) gebaseerd op het type gedateerde materiaal. Hierbij ligt  $\sigma_s$  tussen 50 en 200 (zie Tabel 2), uitgaande van de aanbevelingen van Törnqvist & Bierkens (1994). De uitkomsten van de calibratie zijn gegeven in Tabel 2. Hierbij is de mediaan gegeven en de bereiken die gebaseerd zijn op één standaardafwijking ( $1\sigma$ ) en twee standaardafwijkingen ( $2\sigma$ ). Dit laatste bereik houdt een statistische betrouwbaarheid van 95,4 % in.

Van enkele sets van sterk gerelateerde dateringen zijn gewogen gemiddelden bepaald voorafgaand aan calibratie (Tabel 3). Het betreft hier gevallen waarin verschillende bestanddelen van eenzelfde monster apart gedateerd zijn én tot sterk overeenkomstige resultaten hebben geleid. Duidelijk allochtone elementen in het veen zoals houtskool zijn niet meegenomen in de gewogen gemiddeldes. Het gewogen middelen van dateringen leidt tot een grotere precisie (lagere standaardafwijking).

Tabel 2 Gecalibreerde <sup>14</sup>C-dateringen uit dit onderzoek

| Nr. | Naam van het monster | Laboratorium-nr. | <sup>14</sup> C-leeftijd ( <sup>14</sup> C-jr BP) | Leeftijd in kalenderjaren v. Chr. $\sigma_s^1$ |                     |                     | $\sigma_s$ ( <sup>14</sup> C-jr) |
|-----|----------------------|------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
|     |                      |                  |                                                   | Mediaan                                        | 1 $\sigma$ - bereik | 2 $\sigma$ - bereik |                                  |
| 1   | ZFC082A-466Z         | UtC-9090         | 4980 ± 240                                        | 3781                                           | 4050 - 3490         | 4330 - 3170         | 60                               |
| 2   | ZFC068-520NE         | UtC-9091         | 5362 ± 46                                         | 4207                                           | 4270 - 4130         | 4310 - 4070         | 60                               |
| 3   | ZFC068-520HO         | UtC-9092         | 5488 ± 46                                         | 4337                                           | 4378 - 4298         | 4418 - 4254         | 60                               |
| 4   | ZFC070A-538H         | UtC-9093         | 2680 ± 220                                        | 846                                            | 1090 - 510          | 1390 - 310          | 60                               |
| 5   | ZFC070A-538Z         | UtC-9094         | 5020 ± 60                                         | 3821                                           | 3890 - 3730         | 3950 - 3690         | 60                               |
| 6   | ZFC084-565HK         | UtC-9095         | 5955 ± 46                                         | 4836                                           | 4890 - 4770         | 4930 - 4710         | 100                              |
| 7   | ZFC084-565BU         | UtC-9096         | 5790 ± 50                                         | 4655                                           | 4710 - 4590         | 4770 - 4530         | 200                              |
| 8   | ZFC074C-626          | UtC-9097         | 5951 ± 49                                         | 4839                                           | 4890 - 4770         | 4950 - 4710         | 200                              |
| 9   | ZFC089C-569R         |                  |                                                   |                                                |                     |                     |                                  |
| 10  | ZFC089C-569K         | UtC-9098         | 5420 ± 50                                         | 4280                                           | 4330 - 4210         | 4370 - 4110         | 50                               |
| 11  | ZFC089C-569B         | UtC-9099         | 5541 ± 42                                         | 4381                                           | 4426 - 4334         | 4470 - 4294         | 200                              |
| 12  | ZFC096A-609B         | UtC-9100         | 5490 ± 45                                         | 4327                                           | 4374 - 4278         | 4422 - 4230         | 200                              |
| 13  | ZFC095A-672B         | UtC-9101         | 5719 ± 43                                         | 4577                                           | 4610 - 4510         | 4670 - 4470         | 200                              |
| 14  | ZFC100A-708          | UtC-9102         | 5861 ± 43                                         | 4734                                           | 4770 - 4670         | 4830 - 4630         | 200                              |
| 15  | ZFC101-756B          | UtC-9103         | 5980 ± 46                                         | 4873                                           | 4930 - 4810         | 4990 - 4750         | 200                              |
| 16  | ZFC103-721Z          | UtC-9104         | 5398 ± 43                                         | 4256                                           | 4310 - 4190         | 4330 - 4110         | 60                               |
| 17  | ZFC103-721M          | UtC-9105         | 4850 ± 140                                        | 3637                                           | 3790 - 3470         | 3950 - 3290         | 200                              |
| 18  | ZFC061-736BU         | UtC-9141         | 6055 ± 50                                         | 4965                                           | 5030 - 4890         | 5090 - 4830         | 200                              |
| 19  | ZFC109A-848B         | UtC-9106         | 6628 ± 48                                         | 5558                                           | 5598 - 5514         | 5638 - 5474         | 200                              |
| 20  | ZFC109A-848I         |                  |                                                   |                                                |                     |                     |                                  |
| 21  | ZFC110-881B          | UtC-9107         | 7076 ± 49                                         | 5944                                           | 5990 - 5898         | 6034 - 5854         | 200                              |
| 22  | ZFC110-881H          | UtC-9108         | 7164 ± 47                                         | 6021                                           | 6066 - 5978         | 6110 - 5934         | 100                              |
| 23  | ZFC053-934HT         | UtC-9109         | 6299 ± 48                                         | 5290                                           | 5330 - 5230         | 5370 - 5130         | 50                               |
| 24  | ZFC053-934HK         | UtC-9110         | 6992 ± 48                                         | 5861                                           | 5906 - 5814         | 5950 - 5770         | 100                              |
| 25  | ZFC053-934R          | UtC-9111         | 6320 ± 48                                         | 5303                                           | 5350 - 5230         | 5390 - 5170         | 100                              |
| 26  | ZFC053-934BU         | UtC-9112         | 6410 ± 60                                         | 5370                                           | 5430 - 5310         | 5470 - 5230         | 200                              |
| 27  | ZFC057-919BU         | UtC-9113         | 6410 ± 50                                         | 5372                                           | 5410 - 5310         | 5450 - 5250         | 200                              |
| 28  | ZFC057-919HT         | UtC-9114         | 6254 ± 49                                         | 5232                                           | 5290 - 5150         | 5330 - 5070         | 50                               |

<sup>1</sup> De mate van gladheid van de calibratiecurve ( $\sigma_s$ ) is gebaseerd op de samenstelling van het gedateerde monster: hout  $\sigma_s$  = 50; zaden, bladresten en insecten  $\sigma_s$  = 60; houtskool en riet  $\sigma_s$  = 100; (bulk)veen  $\sigma_s$  = 200.

Tabel 3 Gewogen gemiddelden van een aantal <sup>14</sup>C-dateringen uitgevoerd voor dit onderzoek

| Nr.      | Laboratorium-nrs.              | <sup>14</sup> C-leeftijd ( <sup>14</sup> C-jr BP) | Gewogen gem. <sup>14</sup> C-leeftijd ( <sup>14</sup> C-jr BP) | Leeftijd in kalenderjaren v. Chr. |                     |                     |
|----------|--------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
|          |                                |                                                   |                                                                | Mediaan                           | 1 $\sigma$ - bereik | 2 $\sigma$ - bereik |
| 2/3      | UtC-9091 / UtC-9092            | 5362 ± 46 / 5488 ± 46                             | 5425 ± 33                                                      | 4282                              | 4314 - 4250         | 4342 - 4210         |
| 10/11    | UtC-9098 / UtC-9099            | 5420 ± 50 / 5541 ± 42                             | 5491 ± 32                                                      | 4329                              | 4362 - 4294         | 4394 - 425          |
| 23/25/26 | UtC-9109 / UtC-9111 / UtC-9112 | 6299 ± 48 / 6320 ± 48 / 6410 ± 60                 | 6334 ± 30                                                      | 5297                              | 5330 - 5250         | 5350 - 5210         |
| 27/28    | UtC-9113 / UtC-9114            | 6410 ± 50 / 6254 ± 49                             | 6330 ± 35                                                      | 5293                              | 5330 - 5250         | 5370 - 5210         |

## 5.2 De foutenmarge van de tijd-dieptegegevens

Voor het reconstrueren van voormalige (grond)waterstanden op basis van de gecalibreerde basisveendateringen moet rekening worden gehouden met onzekerheden in de tijdsbepaling en onzekerheden in de bepaling van de absolute hoogte.

Een groot deel van de onzekerheid in de tijd wordt bepaald door de dubbele standaardafwijking van de datering. Men dient zich te realiseren dat de standaardafwijking van de datering niets zegt over de betrouwbaarheid van de datering, maar alleen over de nauwkeurigheid waarmee het  $^{14}\text{C}$ -gehalte in het laboratorium is gemeten. Indien bijvoorbeeld allochtone elementen in het basisveen aanwezig zijn (verslagen materiaal), of indien per ongeluk de Ah-horizont van de onderliggende bodem is bemonsterd, dan wordt een fout in de tijdsbepaling gemaakt die niet vertegenwoordigd is in de standaardafwijking. Een andere mogelijkheid is dat weliswaar het 'juiste' materiaal in het monster aanwezig is maar dat het materiaal een groot tijdsbereik vertegenwoordigt. Dit zal met name het geval zijn bij grotere bulkmonsters. Dit materiaal kan in principe een precieze datering opleveren met een lage standaardafwijking, die veel kleiner is dan het verschil in ouderdom van de in het monster aanwezige bestanddelen. Voorlopig wordt aangenomen dat de monsters een klein tijdsbereik vertegenwoordigen, daar het in alle gevallen geselecteerde macroresten of kleine bulkmonsters betreft, die afkomstig zijn uit plakjes van slechts 1 cm dikte. Op basis van deze aannames wordt de dubbele standaardafwijking beschouwd als een redelijke schatting voor de onzekerheid in de tijdsbepaling.

De onzekerheid in de bepaling van de absolute hoogte heeft twee aspecten. Enerzijds is er de fout die gerelateerd is aan de meet- en boormethoden, en anderzijds is er de onzekerheid omtrent de exacte relatie tussen veenvorming en de stand van de waterspiegel. Meetfouten bij boren en waterpassen worden geschat in de orde van  $\pm 3\text{--}5$  cm te zijn. De meeste onzekerheid schuilt echter in de relatie tussen basisveenvorming en waterstand. In het algemeen wordt aangenomen dat basisveen zich vormt in een bereik van 10 cm onder tot 10 cm boven de (grond)waterspiegel (Törnqvist *et al.*, 1998.; van de Plassche & Roep, 1989; Kiden, 1995). De totale geschatte verticale fout bedraagt derhalve  $\pm 15$  cm.

Bovenstaande waarden voor de foutenmarge in de tijd-dieptegegevens zijn in dit rapport als uitgangspunt genomen. De gecalibreerde dateringen met bijbehorende dieptes zijn als rechthoekjes uitgezet in een tijd-diepteveld (Fig. 11). De dikte van de rechthoekjes wordt bepaald door de totale verticale fout ( $\pm 15$  cm), en de breedte door de standaardafwijkingen van de dateringen.

### 5.3 Geologische en paleo-ecologische waardering van de tijd-dieptegegevens

De uitgezette tijd-dieptegegevens vertonen een aanzienlijke spreiding (Fig. 11). Om te komen tot een curve die de ontwikkeling van de waterspiegel in de tijd weergeeft, is het nodig om inzicht te krijgen in de redenen van deze spreiding. De geologische en paleo-ecologische gegevens zijn hierbij van grote betekenis. In deze paragraaf zal de zeggingskracht van de tijd-dieptegegevens geëvalueerd worden om een curve te kunnen baseren op die gegevens die de nauwste relatie met de voormalige regionale waterstand in de Flevo-lagune hebben. In dit opzicht kunnen vier groepen dateringen worden onderscheiden.

#### 1. Dateringen van allochtoon materiaal

Bij een nadere beschouwing blijkt dat de dateringen 4, 5, 16 en 17 hoogstwaarschijnlijk verslagen organisch materiaal te vertegenwoordigen. In het geval van de dateringen 4 en 5 en de dateringen 16 en 17, zijn van eenzelfde monster de macroresten van hoogveenplanten (dateringen 4 en 17) en de macroresten van oever- en moerasvegetaties (dateringen 5 en 16) apart gedateerd. Het is opmerkelijk dat twee zeer uiteenlopende milieus in één monster vertegenwoordigd zijn (zie ook § 4.3 en 4.4). In beide gevallen zijn de macroresten van de hoogveenplanten beduidend jonger dan de macroresten van de oever- en moerasvegetaties.

De geologische context bevestigt het vermoeden dat de bovengenoemde dateringen verslagen materiaal vertegenwoordigen. Een pakket fijne detritus (Flevomeer Afzettingen) grenst aan de bovenzijde aan de monsterlocatie 4/5 (Fig. 8). De dateringen 4 en 5 vertegenwoordigen waarschijnlijk de basis van dit pakket in plaats van *in situ* liggend basisveen. Het detrituspakket bevat dan zowel de oudere resten van een moeras- en oevervegetatie (datering 5), als de jongere resten van verslagen hoogveen (datering 4). De monsterlocatie 16/17 wordt aan de bovenzijde begrensd door een dik klastisch pakket dat erosief op het basisveen ligt (Fig. 6). Aan de basis van een dergelijk pakket bevindt zich vaak een laag gemengd verslagen organisch materiaal, die in dit geval waarschijnlijk gedateerd is. Blijkens de samenstelling en dateringen van dit materiaal lijkt in deze omgeving zich in een later stadium hoogveen ontwikkeld te hebben.

De dateringen 10 en 11 van monster 9/10/11 stemmen goed overeen. Dit suggereert dat het gedateerde veen intact is. Echter gezien de geologische context kan het hier heel goed gaan om een groot verplaatst brok veen (§ 3.4). Opvallend is wel het voorkomen van een grote hoeveelheid bodemschimmel (*Cenococcum geophilum*) exact op het gedateerde niveau (§ 4.3). Het is goed mogelijk dat een kleine hoeveelheid oud bodemmateriaal is opgenomen in het verslagen veen.

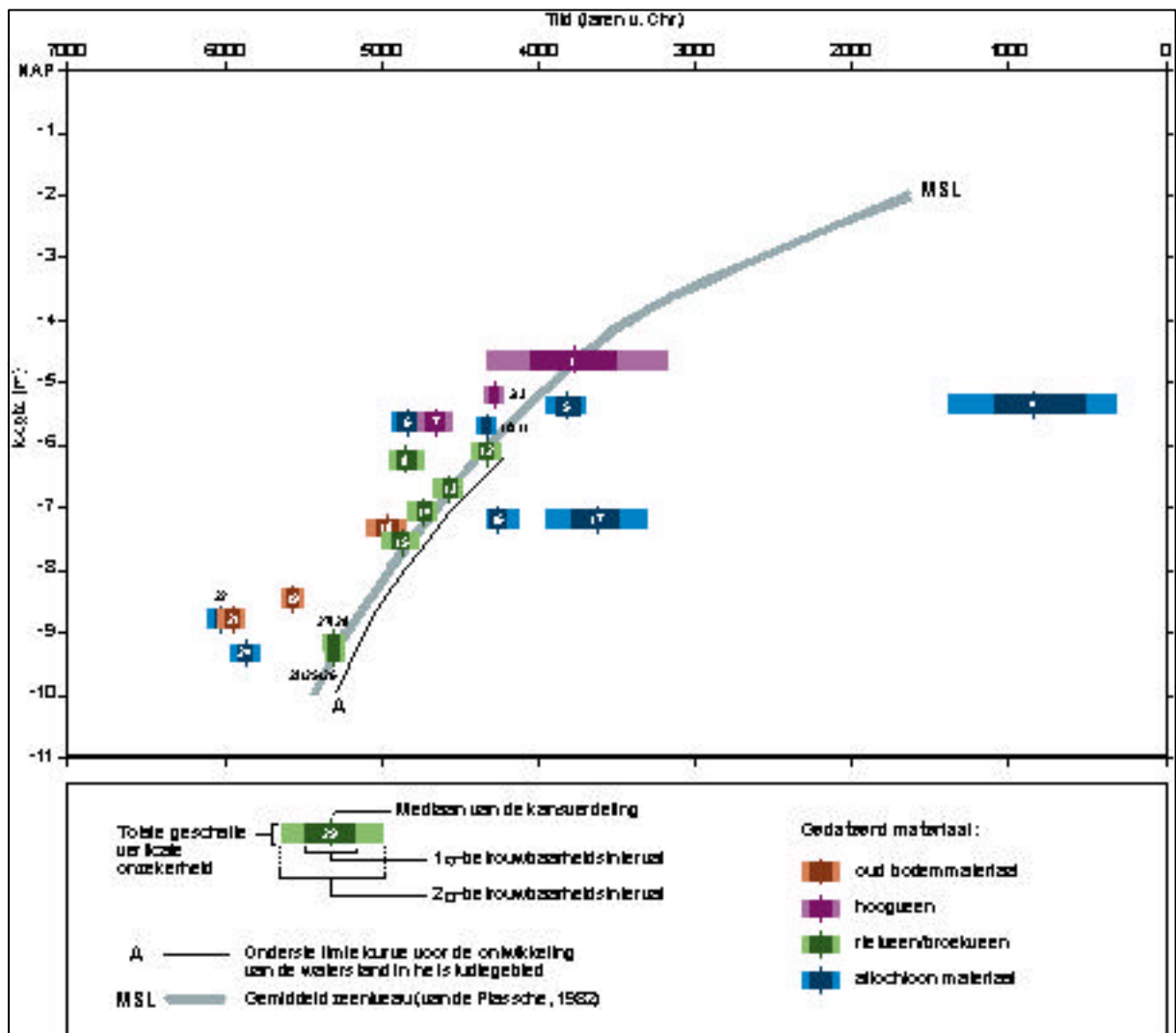


Fig. 11 Diagram waarin de ouderdom van de voor deze studie gedateerde veenmonsters (X-as) is uitgezet tegen de diepteligging ten opzichte van NAP (Y-as). De gegevens zijn weergegeven als rechthoekjes die de onzekerheidsmarges in diepteligging en ouderdom vertegenwoordigen. De nummers bij de rechthoekjes corresponderen met Tabel 1. Op basis van geologische en paleobotanische informatie zijn de tijd-dieptegegevens in vier groepen onderverdeeld. Een onderste limietcurve (curve A) voor de ontwikkeling van de waterstand in het studiegebied is gebaseerd op de dateringen van rietveen/broekveen. Ook de ontwikkeling van gemiddeld zeeniveau (mean sea level) volgens van de Plassche (1982) is weergegeven (curve MSL).

In drie gevallen is houtskool apart van andere organische resten uit hetzelfde monster gedateerd. In het geval van de dateringen 6 en 7 en de dateringen 21 en 22 leverde dit geen significante verschillen in ouderdom op, alhoewel in beide gevallen het houtskool ouder is dan het gedateerde (bulk)veenmonster. Het houtskool van datering 24, is aanmerkelijk ouder dan de andere fracties van hetzelfde monster die onderling qua ouderdom goed overeenstemmen (dateringen 23, 25 en 26). Het voorkomen van ouder houtskool in het veen kan te maken hebben met

prehistorische menselijke activiteiten in de nabijheid. De waarschijnlijke aanwezigheid van houtskoolfragmentjes in de gedateerde (bulk)veenmonsters (dateringen 7, 21 en 26) zal een verouderingseffect gehad hebben op de dateringsresultaten van deze monsters. Dit effect is gering gezien de kleine verschillen tussen de dateringen van houtskool en bulkveen (dateringen 6 vs. 7 en 22 vs. 21) en de kleine verschillen tussen dateringen van hout en riet (dateringen 23 en 25) ten opzichte van de datering van bulkveen (datering 26).

Uit het voorgaande blijkt dat de dateringen 4, 5, 6, 16, 17, 22 en 24 dienen te worden verworpen, aangezien ze volkomen onbruikbaar zijn voor het reconstrueren van voormalige waterstanden. De dateringen 10 en 11 worden sterk gewantrouwd, omdat ze mogelijk eveneens allochtoon materiaal vertegenwoordigen.

## **2. Dateringen van oud bodemmateriaal**

In enkele gevallen is waarschijnlijk (deels) materiaal uit de top van de Ah-horizont van de begraven bodem onder het basisveen gedateerd. De dateringen 18 t/m 22 betreffen een zeer donkere dunne organische laag (<10 cm dik) onder een kleilaag (Fig. 4). Noodgedwongen zijn de te dateren monsters hier zeer dicht boven het zand genomen. Het organische materiaal was sterk vergaan en daarom zijn kleine bulkmonsters en een houtskoolfragmentje voor datering aangeboden. Uit pollenanalyses van het materiaal kwam heide als een belangrijke component van de vegetatie naar voren (Boringen 61, 109A en 110 in Bijlage 3). De macrorestenanalyse leverde veel houtskool, houtige resten en wat bodemschimmel (*Cenococcum geophilum*) op (Boringen 61, 109A en 110 in Bijlage 2a). Omdat het pollen van heide een beperkte verspreiding heeft en omdat *Cenococcum geophilum* doorgaans sterk geassocieerd is met het voorkomen van heide, lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat heide deel uitmaakte van de lokale vegetatie. Omdat het heidepollen hier zowel in het zand als net daarboven voorkomt (§ 4.2; Bijlage 3) bestaat de indruk dat heide op de zandgrond groeide en niet een hoogveenvegetatie vertegenwoordigt. Het gedateerde materiaal omvat waarschijnlijk de top van de Ah-horizont met daarin veel (verkoalde) resten van de heiderijke vegetatie die voorafging aan de vorming van het basisveen. Derhalve kunnen de dateringen 18 t/m 21 slechts dienen om een indicatie te geven van de maximale ouderdom (*terminus post quem*) van het begin van basisveenvorming ter plaatse.

## **3. Dateringen van hoogveen**

In de bespreking van de geologische opbouw is al opgemerkt dat in Profiel Musweg (Fig. 8) mogelijk vervroegde veenvorming op het dekzand heeft plaatsgevonden door slechte lokale drainage (§ 3.5). De palynologische gegevens suggereren de ontwikkeling van hoogveen op de flank van de dekzandrug (§ 4.4; Bijlage 3). Opmerkelijk is dat het pollen van heide- en hoogveenvegetaties in de hoger gelegen monsters uit Profiel Musweg nadrukkelijk aanwezig is. Verder lijkt binnen de bestudeerde kernen een toename van dit materiaal naar boven aanwezig te zijn. Dit



wijst erop dat de heide niet op de zandgrond groeide maar deel uitmaakte van een hoogveenvegetatie. De palynologische gegevens wekken de indruk dat het veen op het dekzand dat zich in Profiel Musweg ontwikkelde in de loop der tijd steeds meer het karakter van hoogveen kreeg. Hoogveen vormt zich boven het grondwaterniveau.

De macrorestenanalyses ondersteunen grotendeels het beeld van de pollenanalyses. Van monster 2/3 zijn resten van hoogveenvegetatie (datering 3) en zaden van het Waterdrieblad (datering 2) apart gedateerd. De resultaten stemmen goed overeen. Hoewel het Waterdrieblad meestal deel uitmaakt van een moerasvegetatie kan het ook in hoogveen voorkomen. Overeenstemming van de beide dateringen geeft aan dat we hier niet te maken hebben met verslagen materiaal, zoals in geval van het naburige monster 4/5 (dat ook een zeer afwijkende macroresteninhoud heeft). De waargenomen grote hoeveelheden bodemschimmels (*Cenococcum geophilum*) en hout en takjes zijn goed in overeenstemming met een interpretatie van heiderijk hoogveen. De pollen- en macroresteninhoud van monster 8 wijst op eutrofe condities in de laagte naast de dekzandrug op het moment dat de eerste veenvorming hier optrad.

Omdat het erop lijkt dat zich in ieder geval op de helling van de dekzandrug hoogveen ontwikkeld heeft is het niet denkbeeldig dat het hoogveen de dekzandrug uiteindelijk geheel overgroeid heeft. In Profiel Musweg (Fig. 8) is geen veen op de top van de voormalige dekzandrug aangetroffen, mogelijk door latere erosie. In Profiel Gooimeerdijk (Fig. 10) is wel veen op de top van de dekzandrug aanwezig. Macroresten van hoogveenplanten zijn hierin overvloedig aanwezig (Bijlage 2D). De polleninhoud (Bijlage 3) komt sterk overeen met die van monster 2/3 (Bijlage 3, boring 68). Het is daarom zeer aannemelijk dat monster 1 hoogveen vertegenwoordigt dat zich vanaf de flank lateraal over de top van de dekzandrug heeft uitgebreid.

Samenvattend kan gesteld worden dat de dateringen 1, 2, 3 en 7 slecht bruikbaar zijn voor reconstructie van regionale waterstanden, omdat ze grotendeels hoogveen vertegenwoordigen. De enige informatie die ze opleveren is dat de regionale waterstand op het gedateerde tijdstip zich onder het gedateerde niveau bevond.

#### **4. Dateringen van rietveen/broekveen**

Monster 8 uit Profiel Musweg (Fig. 8) bevat zeer weinig herkenbare macroresten. Opvallend is wel het voorkomen van rietfragmenten in dit monster, naast houtfragmenten (Bijlage 2C, boring 74C). Bijlage 3 vertoont zeer ruime aanwezigheid van het pollen van Els, Wilg en *Cyperaceae* (zeggesoorten vallen in deze laatste categorie). Macroresten en pollen roepen het beeld op van natte eutrofe lokale condities in een broekbosmilieu. Overblijfselen van Riet en Zegge wijzen hierbij op relatief natte open plaatsen in het broekbos. Gezien de geologische context is het echter wel goed mogelijk dat monster 8 een verhoogde grondwaterspiegel vertegenwoordigt (§ 3.5). Het betreft dan stagnatie van voedselrijk water afkomstig uit het achterland.

De monsters 12, 13 en 14 uit Profiel Tureluurweg (Fig. 6) bevatten veel rietresten, naast onbepaalde houtige delen en fijn plantenmateriaal (Bijlage 2b, boringen 95A, 96A, 100A). Gezien de vele houtige delen is het basisveen waarschijnlijk in zeer ondiep water gevormd. Het riet vormde een oevervegetatie, terwijl de houtige delen afkomstig zijn van bomen langs de oever. Vanaf de steile flank van de dekzandkop kunnen kleine hoeveelheden bodemschimmel zijn ingespoeld. De pollenanalyses laten het voorkomen van droog bos met eiken op de zandkop zien, naast een goed vertegenwoordigde moerasvegetatie in de lagere delen.

De paleobotanische inhoud van monster 15 wijkt duidelijk af van de naburige monsters (Bijlage 2B; Bijlage 3, boring 101). Het macrorestenonderzoek leverde veel bodemschimmels en heideresten op naast veel onbepaalde houtige resten. In het pollendiagram valt het zeer grote aandeel van berkenpollen op. De moeras- en hoogveenelementen zijn slecht in het pollendiagram vertegenwoordigd. Het voorkomen van de bodemschimmel *Cenococcum Geophilum* is meestal gekoppeld aan berken en heide. Het is daarom zeer aannemelijk dat berken hier deel uitmaakten van de lokale vegetatie. In het pollendiagram is verder te zien dat de berkenpopulatie afneemt, terwijl de elzenpopulatie toeneemt. Dit wijst op verdere vernatting en/of eutrofe condities. Het gedateerde materiaal is te interpreteren als een lokaal voedselarm broekveen dat gevormd werd bij de eerste vernatting in dit deel van Profiel Tureluurweg. Later, bij verdere vernatting ontstonden eutrofe condities waarin Riet kon floreren (monsters 12, 13 en 14).

De monsters 23/24/25/26 en 27/28 uit Profiel Veluwedreef (Fig. 4) bestaan uit een houtrijk veen met rietresten. In het pollenspectrum van monster 23/24/25/26 (Bijlage 3, boring 53) zijn de moerasplanten evenals het droog en nat bos goed gerepresenteerd. Opvallend is het nagenoeg ontbreken van het pollen van heide en hoogveenplanten. Omdat het hout (datering 23) en de rietresten (datering 25) uit monster 23/24/25/26 nagenoeg dezelfde ouderdom opleveren lijkt het erop dat beiden van lokale herkomst zijn. Dit suggereert veenvorming op de overgang van een broekbos naar een moerasmilieu met rietgroei.

De monsters 12, 13, 14, 15, 23/24/25/26 en 27/28 bestaan uit basisveen waarvan de vorming nauw gerelateerd is aan de stijging van de regionale waterspiegel. Enige twijfel hierover kan nog bestaan voor monster 15, dat enige kenmerken van hoogveen heeft en derhalve iets boven de regionale waterspiegel kan zijn gevormd. Monster 8 vertegenwoordigt waarschijnlijk een (grond)waterspiegel die wat verhoogd was ten opzichte van het regionale waterspiegelniveau.

## **5.4 Een curve voor waterspiegelstijging**

Uitgaande van de voorgaande waardering van de tijd-dieptegegevens kan nu een curve worden geconstrueerd die de ontwikkeling van de waterstand in het studiegebied benadert. Het meest relevant voor de archeologie van het gebied is de curve die de onderste limiet van verdrinking aangeeft. Een dergelijke curve geeft

voor allerlei niveaus ten opzichte van NAP aan, vanaf wanneer inundatie met zeer grote waarschijnlijkheid een feit was. Hierbij worden de in § 5.2 beschreven onzekerheidsmarges in acht genomen.

Een onderste limietcurve kan gebaseerd worden op de groep dateringen van rietveen/broekveen. Deze vormen in het tijd-dieptediagram (Fig. 11) een vrij consistente reeks die een voortdurend stijgende waterspiegel aangeven. De dateringen van hoogveen en oud bodemmateriaal vallen in het diagram aan de linkerzijde van deze reeks. Enige dateringen die verslagen materiaal vertegenwoordigen vallen aan de rechterzijde van de reeks van broekveen/rietveendateringen. Aangenomen wordt dat de weergegeven onderste limietcurve de ontwikkeling van de regionale waterstand dicht benadert. De curve is niet doorgetrokken boven punt 12, omdat punt 5 verslagen veen vertegenwoordigt en datering 1 (punt 1) een excessieve standaardafwijking heeft en bovendien aan hoogveen gedaan is.

Het is goed mogelijk dat delen van het gebied al eerder geïnundeerd waren dan de curve aangeeft. Enerzijds komt dit door de foutenmarge die is aangenomen rond de punten waarop de curve is gebaseerd. Met andere woorden: dóór de rechthoekjes voor broekveen/rietveen waaronder de limietcurve getrokken is, kunnen andere iets hoger liggende curves getrokken worden die ook binnen de aangenomen foutenmarge liggen en derhalve even geldig zijn. Anderzijds, is hier en daar in het gebied sprake van verhoogde (grond)waterspiegels door een slechte afwatering van kwel- of rivierwater. Daarnaast zijn er lokaal hoogveenkussens geweest die boven het (grond)waterniveau in de omgeving zorgden voor zeer natte condities aan het maaiveld.

Zoals reeds eerder is gesteld is het aannemelijk dat de limietcurve het verloop van de regionale waterstand benadert. De voormalige regionale waterstand in het studiegebied zal aangepast geweest zijn aan het toenmalige niveau van de zeespiegel. Met de 'regionale waterstand' wordt in feite de laagste waterstand in de Flevo-lagune bedoeld, die voor een groot deel van de centrale lagune van toepassing was. Deze laagste waterstand is een basisniveau dat niet onder het toenmalige zeeniveau kan hebben gelegen en dat direct werd gestuurd door veranderingen in de stand van de zeespiegel. Het is waarschijnlijk dat op allerlei plaatsen in de Flevo-lagune de lokale (grond)waterspiegel iets boven het regionale niveau gelegen heeft. Door een slechte afwatering van kwel- of rivierwater uit het achterland valt te verwachten dat dergelijke verhoogde lokale waterspiegels met name langs de randen van de Flevo-lagune voorkwamen. De mate van opstuwing was hierbij afhankelijk van allerlei lokale effecten zoals: (1) de topografie van het dekzandoppervlak, (2) de doorlatendheid van het dekzand, (3) de nabijheid van (getijden)geulen, (4) de aan- of afwezigheid van kwelzones. Het is belangrijk erop te wijzen dat alle voor deze studie verzamelde basisveengegevens het randgebied van de toenmalige lagune vertegenwoordigen.

Een verdere complicatie wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van getijdenbewegingen. De periode waarop de limietcurve betrekking heeft is het

Atlanticum. Uit paleogeografische reconstructies volgt dat de Flevo-lagune in deze tijd een zeer open verbinding met de zee had omdat strandwallen nog laag en slecht ontwikkeld waren (Zagwijn, 1986; Beets *et al.*, 1994). In deze periode moet de getijdenbeweging in de Flevo-lagune aanzienlijk zijn geweest. Volgens Roep & Beets (1988) was het toenmalige verschil tussen gemiddeld hoog en gemiddeld laag water aan de kust ruim twee meter.

Een belangrijke vraag is op welke waterstand de limietcurve nu betrekking heeft: het gemiddelde laagwaterniveau, het gemiddelde waterniveau, of het gemiddelde hoogwaterniveau? In het algemeen wordt aangenomen dat in een getijdengebied veenvorming op kan treden tot gemiddeld hoog water (Jelgersma, 1961; Roeleveld, 1974; van de Plassche, 1982, 1995a, 1995b; van de Plassche & Roep, 1989; Kiden, 1995). Voor het studiegebied betekent dit dat in geval er een getijdenbeweging was in de Flevo-lagune, de curve in Figuur 11 de onderste limiet van gemiddeld hoogwater weergeeft. Dit wil zeggen dat zij aangeeft vanaf welk tijdstip een bepaald niveau zich (met zeer grote waarschijnlijkheid) binnen het toenmalig getijdenbereik bevond. Voor de archeologie betekent dit in feite de uiterste limiet van bewoonbaarheid. De amplitude van de voormalige getijdenbeweging in het studiegebied is niet bekend.

## 6 Vergelijking met andere reconstructies

### 6.1 Inleiding

Om meer zicht te krijgen op de kwaliteit van de curve in Figuur 11 zal deze worden vergeleken met de beschikbare tijd-dieptegegevens van basisveen en aanverwante materialen elders in Flevoland. In de Figuren 12 en 13 zijn deze tijd-dieptegegevens weergegeven. Om een goede vergelijking mogelijk te maken zijn de gegevens zoveel mogelijk op dezelfde wijze bewerkt en weergegeven als de tijd-dieptegegevens uit het huidige onderzoek. Alle dateringen zijn opnieuw gecalibreerd met behulp van het programma CAL25, waarbij voor de mate van gladheid van de calibratiecurve in principe dezelfde normen zijn gehanteerd als zijn genoemd in Tabel 2. De grootte van de verticale fout varieert nogal tussen en binnen de diverse onderzoeken door: (1) verschillende monsterdiktes, (2) verschillen in hoogtebepaling, (3) verschillende afstanden tussen het monster en de top van het pleistocene zand, (4) verschillen in de relatie tussen het gedateerde monster en de voormalige (grond)waterspiegel.

Meetfouten bij boren en waterpassen worden geschat in de orde van  $\pm 3$ -5 cm te zijn, net als bij de huidige studie ( $\pm 3$  cm geldt voor monsternamen uit een ontsluiting;  $\pm 5$  cm geldt voor monsternamen uit een boring). Deze fout is vermeerderd met de monsterdikte en, indien monsters niet direct boven het pleistocene zand zijn genomen, een correctie voor compactie. Deze correctie omvat een extra verticale onzekerheidsmarge naar boven van tweemaal de afstand tussen het midden van het monster en de top van het onderliggende zand, om te corrigeren voor compactie van het tussenliggende organische materiaal. De resterende verticale fout is afhankelijk van de relatie tussen het gedateerde materiaal en voormalige (grond)waterstand. Voor tijd-dieptegegevens die *in situ* gevormd broekveen vertegenwoordigen is, evenals in de huidige studie, voor deze fout uitgegaan van  $\pm 10$  cm. Er zijn af en toe echter ook andere materialen bemonsterd, waarbij een andere inschatting van deze fout is gemaakt. Dergelijke bijzonderheden worden hieronder per onderzoek besproken.

De tijd-dieptegegevens uit Flevoland zijn aan de hand van geografische ligging in drie groepen verdeeld, die hieronder in volgorde van toenemende afstand tot het huidige onderzoeksgebied zullen worden besproken.

### 6.2 Archeologische opgraving 'Hoge Vaart'

Een belangrijke verzameling tijd-dieptegegevens (punten 3 t/m 10 in Fig. 12) is vlakbij het huidige studiegebied verzameld in het kader van de archeologische opgraving 'Hoge Vaart' (Fig. 1). Het betreft hier AMS-dateringen van verschillende materialen op een begraven dekzandrug (Spek *et al.*, 1997; Gotjé, 2001; Hogestijn & Peeters, 2001). De punten 3 en 4 vertegenwoordigen dateringen van houtig materiaal uit een boring in de opgravingsput (Gotjé, 2001). In het geval van punt 3 is hout

gedateerd dat direct op het dekzand lag. Punt 4 vertegenwoordigt een datering van hout en knopschubben uit dezelfde boorkern 20 cm hoger. De gedateerde lagen zijn beschreven als detritus en veen (Gotjé, 2001) en derhalve is de relatie van de dateringen met de voormalige waterstand enigszins onzeker. Het gedateerde materiaal kan verslagen zijn en het hout kan op moment van afzetting al honderden jaren oud zijn. Voorlopig is voor de punten 3 en 4 een vergelijkbare verticale foutenmarge aangenomen als voor de punten uit de huidige studie (vermeerderd met de monsterdikte; 2 resp. 3 cm). De punten 5/6 en 7/8 betreffen ieder een gewogen gemiddelde van twee dateringen van rietveen (bulkmonsters) dat een dekzandrug afdekt. In de top van het dekzand is een paleosol aanwezig. Een uitgebreid bodemkundig, micromorfologisch en paleo-ecologisch onderzoek van het onsloten profiel maakte een optimale keuze van het te dateren niveau mogelijk: het onbedoeld dateren van oud materiaal uit de paleosol kon worden uitgesloten. Het gedateerde niveau weerspiegelt een laagste limiet van het voormalige gemiddelde (grond)waterniveau, omdat rietveen zich in theorie kan vormen in waterdieptes van 0 tot 2 m. Een paleo-ecologische beschouwing van de veensamenstelling (Spek *et al.*, 1999) suggereert echter een waterdiepte van niet meer dan 30 cm ten tijde van veenvorming. Als verticale foutenmarge is daarom voor deze tijd-dieptegegevens bovenop de ingeschatte meetfout bij waterpassen ( $\pm 3$  cm) een extra opwaartse onzekerheid van 30 cm opgenomen in de weergegeven rechthoekjes. De punten 9 en 10 betreffen dateringen aan eikenwortels uit de opgraving 'Hoge Vaart'. Deze wortels behoorden bij eiken die op de dekzandrug hebben gegroeid ten tijde van verdrinking. Boven een bepaald, scherp te bepalen niveau waren de wortels weggerot. Dit niveau is geïnterpreteerd als de laagste limiet van de grondwaterspiegelfluctuatie ten tijde van het afsterven van de eiken. Naar verwachting zal het gemiddelde grondwatervniveau enkele decimeters hoger hebben gelegen en daarom hebben we voor deze punten bovenop de ingeschatte meetfout bij waterpassen ( $\pm 3$  cm) een extra opwaartse onzekerheid van 20 cm opgenomen in de rechthoekjes. Uiteraard kan de wortel op het moment van het afsterven van de eiken enige honderden jaren oud geweest zijn. Als gevolg hiervan liggen de punten 9 en 10 wat teveel naar links in het diagram.

Hoewel de punten die betrekking hebben op de opgraving 'Hoge Vaart' onderling nogal verschillen in kwaliteit en zeggingskracht met betrekking tot de voormalige waterstand, is het wel opvallend dat ze allemaal ruim boven curve A liggen en bijna allemaal zelfs boven curve MSL. In ieder geval vier van deze punten (5/6 t/m 10) geven waarschijnlijk een goede indicatie van de laagste limiet van de lokale gemiddelde (grond)waterstand. Deze lokale laagste limiet ligt zeker een halve meter hoger dan curve A. Het corresponderende deel van curve A is gebaseerd op de punten 12 t/m 15 uit Figuur 11. Deze tijd-dieptegegevens zijn afkomstig uit het Profiel Tureluurweg dat slechts ca. 500 m van de opgravingslocatie 'Hoge Vaart' verwijderd ligt.

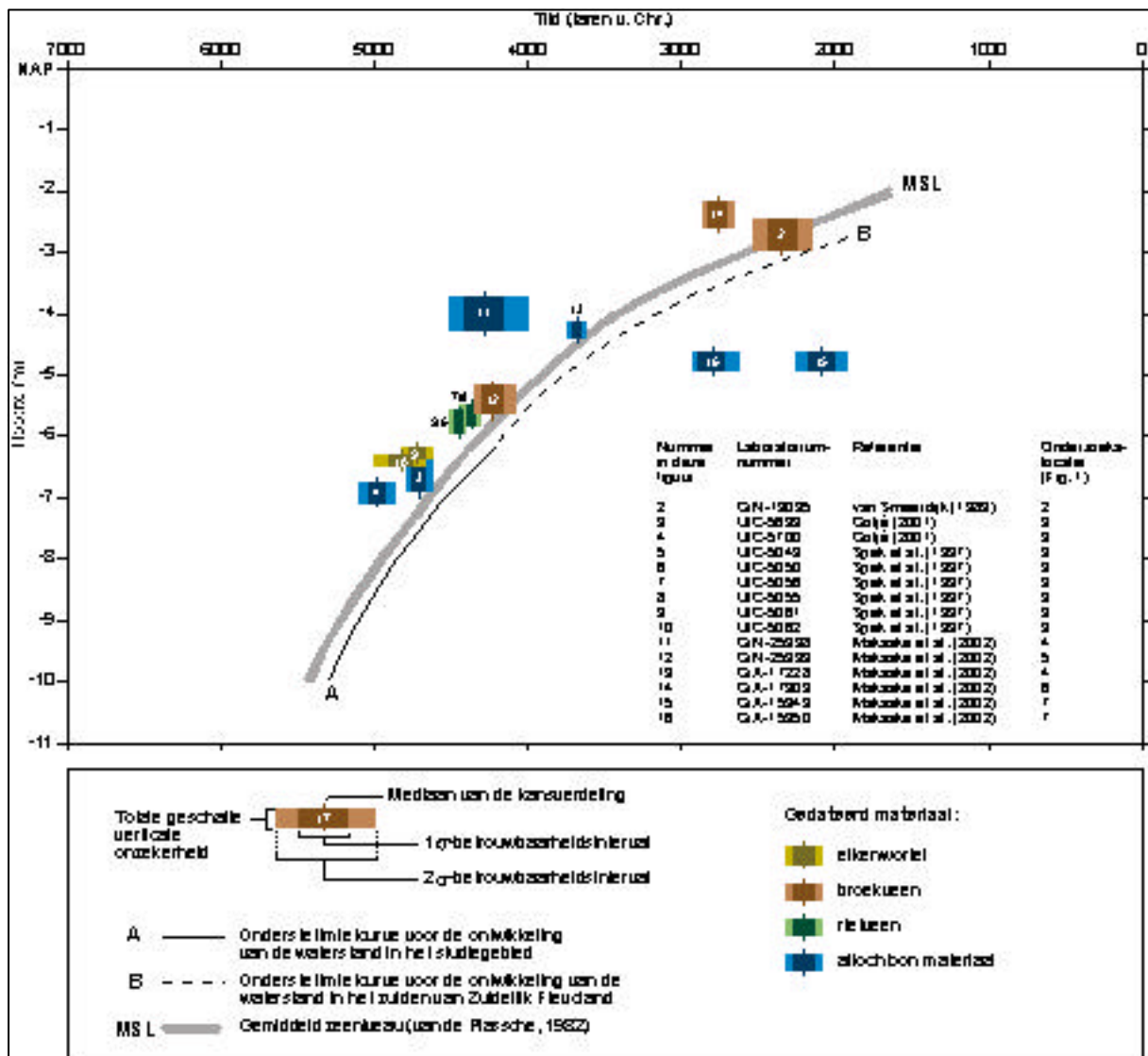


Fig. 12 Diagram met diverse tijd-dieptegegevens uit het zuidelijk deel van Zuidelijk Flevoland. Curve B is een mogelijke voortzetting van curve A op basis van deze tijd-dieptegegevens. Ook curve MSL is weergegeven.

Er zijn verschillende verklaringen mogelijk voor het schijnbare niveauverschil in de voormalige (grond)waterstand over een dergelijke korte afstand. Allereerst bestaat de mogelijkheid dat de gedateerde monsters uit Profiel Tureluurweg zich niet rond maar onder het toenmalige waterniveau hebben gevormd. De monsters 12 t/m 15 bevatten vooral riet- en houtresten, maar verder weinig herkenbare macroresten. In het pollenbeeld zijn zowel drogere beselementen als moeraselementen aanwezig. Interpretatie van het gedateerde basisveen als zijnde gevormd in een ondiep oevermilieu ligt derhalve voor de hand, maar de mogelijkheid dat het materiaal zich in ca. 50 cm diep water vormde kan niet geheel worden uitgesloten. Een tweede verklaring is dat het niveauverschil in waterspiegel inderdaad aanwezig was, doordat een relatieve verhoging van de waterspiegel optrad rond de opgravingslocatie 'Hoge

Vaart' vanwege een tijdelijk verslechterde afwatering van de Eem. De voormalige loop van de Eem liep waarschijnlijk dicht langs zowel de opgravingslocatie 'Hoge Vaart' als Profiel Tureluurweg. Een blokkade van de geul tussen de twee locaties zou het niveauverschil kunnen verklaren. Hierbij valt te denken aan een opstopping van vastgeraakt drijfhout, een beverdam of simpelweg het dichtgroeien van de geul. Waterniveauverschillen in huidige rivieren als gevolg van drijfhoutdammen en beverdammen zijn onder meer beschreven in Makaske (1998, pp. 74-75). Volgens Peeters & Hogestijn (2001) verplaatste de voormalige geul bij opgraving 'Hoge Vaart' (of dit daadwerkelijk de voormalige loop van de Eem is, is onzeker) zich steeds en was er sprake van een successie van geulvorming en verlanding. Een derde verklaring is gebaseerd op de aanwezigheid van een getijdenbeweging in het oppervlaktewater. Wanneer uitgegaan wordt van veenvorming rond het niveau van gemiddeld hoogwater, kan een verschil in lokale getijdenamplitude een schijnbaar verschil in lokale waterstanden veroorzaken. Het verschil in lokale getijdenamplitude kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door een verschillende ligging van de locaties ten opzichte van de kreesystemen door welke de getijdegolf zich landinwaarts verplaatst.

### **6.3 Het zuiden van Zuidelijk Flevoland**

In Figuur 12 zijn nog zeven punten weergegeven die dateringen van meer zuidoostelijk gelegen locaties uit Zuidelijk Flevoland vertegenwoordigen (Fig. 1). Punt 2 betreft een conventionele datering van elzenbroekveen (bulkmonster) uit een archeologische opgraving van een scheepswrak op kavel OZ-43, ongeveer 10 km ten zuidoosten van het huidige onderzoeksgebied (van Smeerdijk, 1989). Het basisveen en het onderliggende begraven bodemprofiel in het dekzand zijn uitgebreid palynologisch en macrobotanisch onderzocht. Het gedateerde basisveen was afkomstig van direct boven de overgang tussen dekzand en veen. De hoogteligging van het gedateerde monster is niet erg nauwkeurig bepaald; een foutenmarge van  $\pm 15$  cm wordt door de auteur opgegeven. Voor weergave van punt 2 is deze foutenmarge opgeteld bij de  $\pm 10$  cm verticale onzekerheid in de relatie tussen de (grond)waterspiegel en het niveau van veenvorming.

De overige zes punten (11 t/m 16) hebben betrekking op dateringen die dicht bij het studiegebied zijn verricht in het kader van een onderzoek naar de kwaliteit van basisveen en begraven dekzandbodems in relatie met archeologische waarden (Makaske *et al.*, 2002). Het gedateerde materiaal bestond uit geselecteerde macroresten uit weinig materiaal van 1 tot 14 cm boven het dekzand. Dit materiaal is verzameld uit gestoken boorkernen. Evenals de punten 4 en 5 en 16 en 17 uit Figuur 11, vertegenwoordigen de punten 15 en 16 uit Figuur 12 AMS-dateringen van verschillende botanische macrorestenfracties van hetzelfde monster. Het aanzienlijke verschil in ouderdom doet vermoeden dat we ook hier met verslagen materiaal te maken hebben. Dit vermoeden wordt ondersteund door bodemkundige, micromorfologische en palaeoecologische analyses (Makaske *et al.*, 2002). Ook over de zeggingskracht van de punten 11 en 13 bestaan twijfels. Deze tijd-dieptegegevens, afkomstig uit dezelfde boorkern, zijn geologisch inconsistent. De oudere datering



(punt 11) is een conventionele datering van een stuk hout afkomstig van een niveau dat 13 cm boven het niveau van de jongere datering ligt (punt 13). De jongere datering is een AMS-datering van geselecteerde macroresten. De micromorfologische analyses leveren enkele aanwijzingen voor verspoeling op. De macrobotanische samenstelling van het materiaal wijst eenduidig op een broekbosoorsprong. Vooral vanwege de geologische inconsistentie worden de punten 11 en 13 onbruikbaar geacht voor de reconstructie van voormalige waterstanden, alhoewel waarschijnlijk slechts lokale verspoeling van het materiaal is opgetreden. De punten 12 en 14 lijken betrouwbaar. Uitgebreide bodemkundige, micromorfologische en macrobotanische analyse van de kernen waaruit het dateringsmateriaal is verzameld, gaf geen aanleiding tot twijfels over de kwaliteit van het bemonsterde basisveen. Punt 12 is gebaseerd op een conventionele datering van een stuk wilgenhout dat direct op een intact bodemprofiel in het dekzand lag. Het hout lag ingebed in *in situ* ontwikkeld broekveen op een hellend dekzandoppervlak. Punt 14 heeft betrekking op een AMS-datering van geselecteerde dierlijke en botanische macroresten ingebed in broekveen dat zich had ontwikkeld op de top van een begraven dekzandrug.

De hierboven beschreven basisveengegevens uit het zuiden van Zuidelijk Flevoland suggereren een opwaartse voortzetting van curve A iets onder de MSL-curve. Deze voortgezette curve (curve B in Fig. 12) is in feite slechts gebaseerd op de punten 12 en 2, die in het diagram vrij ver uit elkaar liggen. Vanwege deze magere basis is curve B gestippeld weergegeven. Opvallend is de relatief hoge ligging van punt 14, die evenals de punten 2 en 12, geacht wordt een redelijk betrouwbare indicatie te geven van de voormalige lokale waterstand.

## **6.4 Schokland en omgeving**

Een uitgebreide reeks tijd-dieptegegevens is door Roeleveld & Gotjé (1993) verzameld in de omgeving van Schokland in de Noordoostpolder (Fig. 1). Dit gebied is ongeveer 45 km verwijderd van het huidige studiegebied. Het materiaal van de verzamelde basisveenmonsters bestaat voornamelijk uit zeggeveen. In de vier oudste monsters waren, naast zegge, ook broekboselementen volop vertegenwoordigd. In de jongste twee monsters daarentegen waren naast zegge, rietresten nadrukkelijk aanwezig. In alle gevallen gaat het om conventionele dateringen van 2 tot 5 cm dikke monsters. De monsters werden verspreid over vier locaties genomen. Drie locaties liggen dicht bij Schokland, slechts enkele kilometers van elkaar verwijderd. Eén monster is vlakbij Urk genomen, ruim 10 km naar het westen. De meeste monsters zijn op de flanken van twee begraven laat-pleistocene duinen verzameld; hier kon basisveen uit een groot dieptebereik worden bemonsterd. Om bemonstering van oud bodemmateriaal te vermijden namen Roeleveld & Gotjé (1993) de meeste te dateren basisveenmonsters ruim boven het onderliggende pleistocene zand (tot 14 cm). Zij rekenden met een extra verticale onzekerheidsmarge naar boven van tweemaal de afstand tussen het midden van hun monster en de top van het onderliggende zand om te corrigeren voor compactie van het tussenliggende organische materiaal. Deze marge is ook in de huidige studie toegepast.

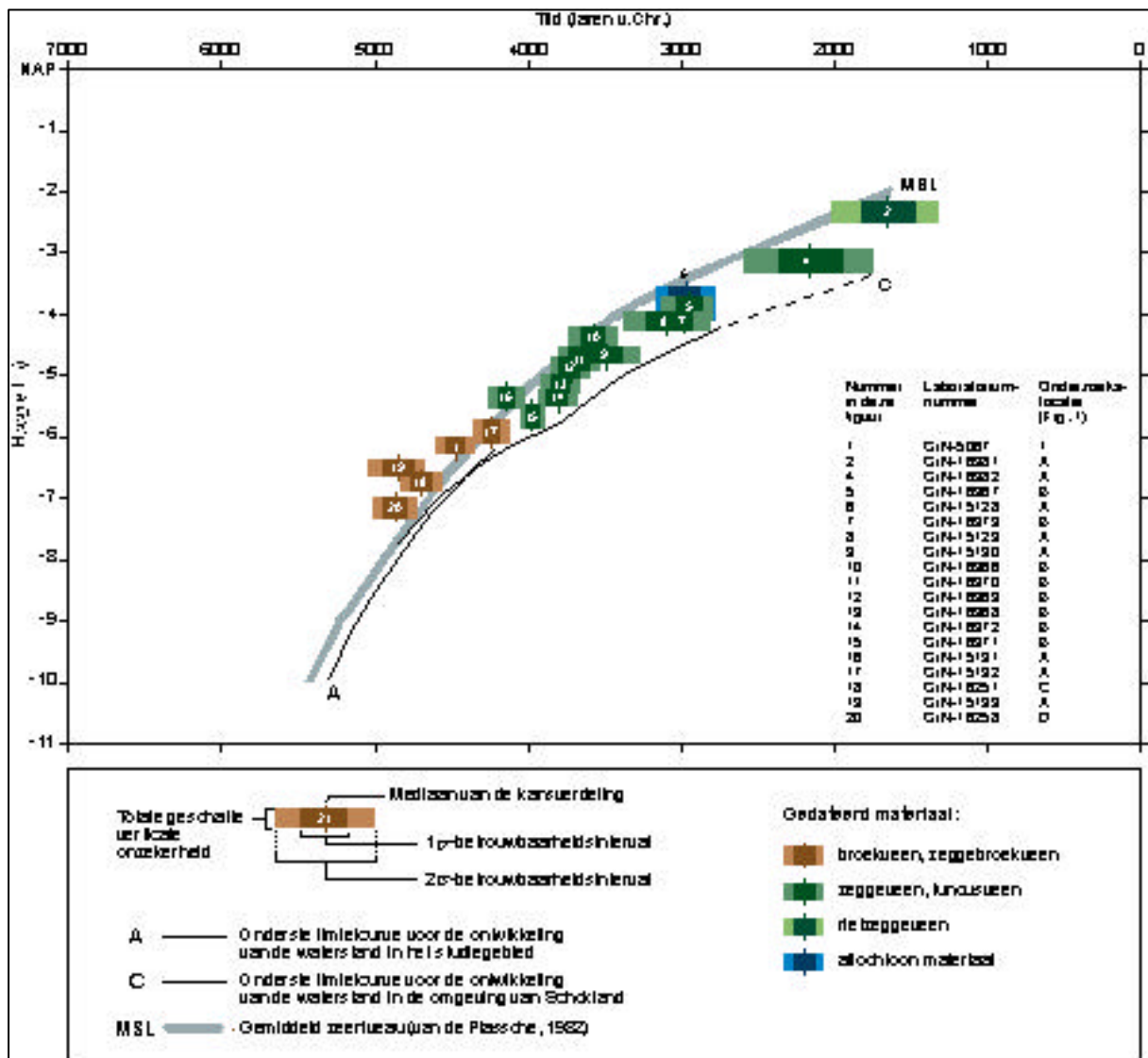


Fig. 13 Diagram met tijd-dieptegegevens van basisveen uit de Noordoostpolder (punten 2-20) (Roeleveld & Gotjé, 1993) aangevuld met een tijd-dieptepunt uit het noordelijk deel van Oostelijk Flevoland (punt 1) (Ente et al., 1986). Curve C is een onderste limietcurve op basis van deze gegevens. Ook de curves A en MSL (Fig. 11) zijn weergegeven.

In Figuur 13 zijn de tijd-dieptegegevens uit de studie van Roeleveld & Gotjé (1993) uitgezet. In deze figuur is nog één punt toegevoegd dat niet uit de studie van Roeleveld en Gotjé (1993) afkomstig is. Het betreft punt 1 dat gebaseerd is op een basisveendatering van Ente et al. (1986). Dit is een conventionele datering van broekveen van de flank van een begraven laat-pleistoceen duin bij Swifterbant (Fig. 1). Deze onderzoekslocatie ligt ongeveer 10 km van Schokland verwijderd.

In Figuur 13 is eveneens een limietcurve (C) aangegeven die is gebaseerd op de gegevens van Schokland en omgeving. Opvallend is onder meer de hoge ligging van de punten 16 en 19. Volgens Roeleveld & Gotjé (1993) vertegenwoordigen deze

punten dateringen van oud bodemmateriaal. De hoge ligging van de punten 11, 12 en 13 weten zij aan een fluctuatie in de snelheid van de waterspiegelstijging door een tijdelijk verslechterde afvoer van het water van een voormalige loop van de Vecht. De limietcurve op basis van de gegevens uit de huidige studie (curve A) sluit goed aan op curve C (Fig. 13). Opvallend is dat curve C in de loop der tijd steeds verder van de MSL-curve gaat afwijken.

## 6.5 Evaluatie

In deze paragraaf staan twee vragen centraal: (1) welke curve vertegenwoordigt het beste de onderste limiet van verdrinking in het studiegebied (curve AB of curve AC), en (2) in hoeverre is de beste curve voor het studiegebied ook geldig buiten het studiegebied? Voorlopig gaan we ervan uit dat curve AB de beste laagste limietcurve voor het studiegebied is, vanwege het feit dat zij gebaseerd is op gegevens uit of van nabij het studiegebied. Kenmerkend voor curve AC is het verloop juist onder de MSL-curve, waarbij een constant verschil tussen beide curves in de tijd bestaat. Dit suggereert een sterke relatie tussen de ontwikkeling van de voormalige waterstand in het studiegebied en de ontwikkeling van de zeespiegel. Indien we veronderstellen dat curve AB de onderste limiet van gemiddeld hoogwater weergeeft is de lage ligging ten opzichte van de MSL-curve opvallend. Aangezien een aanzienlijk voormalig getijdenverschil is te verwachten doordat de Flevo-lagune in het Atlanticum een zeer open verbinding met de zee had, ligt het meer voor de hand dat de laagste limiet van gemiddeld hoogwater zich in ieder geval enigszins boven gemiddeld zeeniveau bevond. De mogelijkheden om deze schijnbare discrepantie te verklaren zijn: (1) in tegenstelling tot de heersende opvattingen was het getijdenverschil in de Flevo-lagune in het Atlanticum gering; (2) curve AB vertegenwoordigt veen dat zich onder gemiddeld hoogwater heeft gevormd; (3) de MSL-curve geeft een niveau tussen gemiddeld zeeniveau en gemiddeld hoogwater weer, in plaats van gemiddeld zeeniveau. Met de huidige gegevens is het onmogelijk om aan te geven welke verklaring juist is. Uiteraard is ook mogelijk dat alledrie de verklaringen deels geldig zijn. Het feit dat een betrouwbaar geachte serie tijd-dieptegegevens uit de opgraving 'Hoge Vaart' boven de MSL-curve liggen duidt op een eventueel te laag liggen van curve AB, alhoewel ook andere verklaringen mogelijk zijn voor de hogere ligging van de 'Hoge Vaart punten'.

Indien curve AB wordt opgevat als onderste limiet van gemiddeld hoogwater, is ook het constante verschil met de MSL-curve opvallend. Aangezien uit paleogeografische reconstructies bekend is dat tussen 4500 en 3500 v. Chr. de Hollandse kust een steeds meer gesloten karakter gaat vertonen (Beets *et al.*, 1992, 1994; Beets & van der Spek, 2000) is te verwachten dat het niveau van gemiddeld hoogwater in deze periode daalt ten opzichte van gemiddeld zeeniveau, doordat de getijdegolf door de sterk vernauwde zeegaten steeds moeilijker de lagune binnen kan dringen. Dit 'verminderd kombergings-effect' is voor de westelijke Rijn-Maas delta beschreven door van de Plassche (1995b). Dit effect, indien aanwezig, zou zich moeten uiten in een minder snelle stijging van curve AB (vergeleken met curve MSL) voor de periode 4500-3500 v. Chr. De schaarse tijd-dieptegegevens in het bereik tussen 4500 en 3500

v. Chr. maken echter iedere conclusie over een verandering in het kombergings-effect zeer speculatief.

Op het eerste gezicht suggereert de grote overeenkomst tussen de curves MSL en AB dat curve AB ook buiten het studiegebied goed bruikbaar is. De MSL-curve is immers gebaseerd op een groot aantal tijd-dieptegegevens afkomstig uit het West- en Noord-Nederlandse kustgebied. Curve C echter suggereert een afwijkende trend voor het oostelijk deel van de Flevo-lagune. De in de tijd toenemende discrepantie tussen de curves AB en AC suggereert een verschil in de ontwikkeling van de (grond)waterstanden binnen de Flevo-lagune. De afwijkende trend van de curve van Roeleveld & Gotjé (1993) ten opzichte van de MSL-curve, is reeds eerder besproken door van de Plassche (1995b). Alhoewel geen definitieve verklaring kan worden gegeven, worden de volgende factoren potentieel van belang geacht: (a) fouten in de MSL-curve, (b) onzekerheden in de curve van Roeleveld & Gotjé (1993), (c) bodemdaling van de (oostelijke) Flevo-lagune ten opzichte van de Nederlandse kust, (d) ontwikkeling van een kombergings-effect in de Flevo-lagune. Hieronder zullen, uitgaande van (combinaties van) deze factoren, drie mogelijke verklaringen voor de verschillen tussen de curves AB en MSL enerzijds, en de curve AC anderzijds, besproken worden. Met de huidige gegevens is het niet uit te maken welke van de onderstaande hypothesen de juiste is. Uiteraard is het ook nog mogelijk dat een combinatie van meerdere hypothesen geldig is.

### ***Hypothese 1: fouten en onzekerheden in de MSL-curve***

Roeleveld & Gotjé (1993) veronderstelden dat het deel van de MSL-curve dat ruim boven hun curve ligt gebaseerd is op 'te oude' basisveendateringen van donken in de omgeving van Rotterdam. Zij weten dit aan het per abuis (deels) bemonsteren van de top van de paleosol in het donkzand in plaats van het bovenliggende basisveen. Om dergelijke fouten te vermijden bemonsterden zij in de omgeving van Schokland het basisveen ruim boven het zandoppervlak. Zij stelden dat een verouderingseffect van ongeveer 200 jaar van de MSL-curve reëel is, en dat daarmee de discrepantie tussen de curves zonder veel moeite kan worden verklaard. Daarnaast moeten we rekening houden met de mogelijkheid dat de MSL-curve wat 'te hoog' ligt, met andere woorden: de curve geeft misschien een niveau aan tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld zeeniveau. De curve is namelijk voor een belangrijk deel gebaseerd op basisveendateringen die afkomstig zijn uit de lagune achter de kustbarrière. In het algemeen wordt aangenomen dat basisveen in dit gebied zich, om diverse redenen, vormt boven gemiddeld zeeniveau. Hoewel bij de constructie van de MSL-curve getracht is de verschillende effecten te elimineren die leiden tot een 'te hoge' positie van de MSL-curve, is het mogelijk dat dit maar ten dele is gelukt.

### ***Hypothese 2: onzekerheden in de curve van Roeleveld & Gotjé (1993)***

De tijd-dieptegegevens uit de studie van Roeleveld & Gotjé (1993) vormen een consistente reeks. Wanneer de samenstelling van het gedateerde veen wordt

beschouwd valt wel op dat die binnen de monsterreeks geleidelijk verandert. De laagste monsters bestonden uit broekveen, iets hogere monsters bestonden uit zeggebroekveen, nog iets hoger is een reeks zeggeveenmonsters met overwegend berkenresten verzameld, daarboven zijn enkele pure zeggeveenmonsters genomen, terwijl het hoogste monster uit rietzeggeveen bestond. Deze verschuiving in samenstelling weerspiegeld een geleidelijke vernatting en eventueel een verhoging van de waterstand ten opzichte van de veenvormende vegetatie. Roeleveld & Gotjé (1993) stellen dat bij een geleidelijk stijgende waterspiegel basisveenvorming gelijke tred houdt met waterspiegelstijging en dat derhalve ook het zeggeveen en het rietveen zich waarschijnlijk nabij de (grond)waterspiegel heeft gevormd. Dit is echter niet meer dan een aanname. Het blijft opvallend dat de verschuiving binnen de monsterreeks in de richting van 'nattere' veentypes samengaat met een steeds lagere tijd-dieptepositie ten opzichte van de MSL-curve. De mogelijkheid dat de veenvormende vegetatie in toenemende waterdieptes groeide kan niet worden uitgesloten.

### ***Hypothese 3: bodemdaling van de Flevo-lagune ten opzichte van de Nederlandse kust in combinatie met de ontwikkeling van een kombergingseffect***

Tot slot kan de relatief lage ligging van de tijd-dieptegegevens uit de omgeving van Schokland ook worden verklaard door uit te gaan van een bodemdaling in het Zuiderzeegebied ten opzichte van het West- en Noord-Nederlands kustgebied, waaruit de data voor de MSL-curve afkomstig zijn. Duidelijk is dat het Zuiderzeegebied al een lange geschiedenis als depocentrum heeft en versterkte bodemdaling in dit gebied op Kwartaire tijdschaal is een feit (van Montfrans 1975; Zagwijn, 1989). Relatieve dalingssnelheden gedurende het Holoceen zijn echter onbekend. Indien de te lage ligging van de Schokland-gegevens volledig het gevolg is van relatieve bodemdaling kan de grootte van deze relatieve beweging worden geschat door een vergelijking van onderste limietcurves.

Van de Plassche & Roep (1989) publiceerden een foutenmarge om de MSL-curve. De allerlaagste limiet van stijging van gemiddeld zeeniveau uit deze publicatie wordt weergegeven door curve D (Fig. 14). Deze curve is niet op basisveendateringen gebaseerd maar op andere typen indicatoren die deels met de <sup>14</sup>C-methode en deels archeologisch zijn gedateerd. Curve E geeft de laagste limiet weer van de basisveengegevens die gebruikt zijn voor de constructie van de MSL-curve. In Figuur 14 is te zien dat het verschil tussen curve AC (de laagste limiet van de basisveengegevens uit Flevoland) en de curves D en E langzaam toeneemt in de tijd om rond 2800 v. Chr. een maximum te bereiken. Na dit tijdstip lopen de curves nagenoeg parallel, al is het precieze verloop van curve AC onzeker. Het weergegeven verschil (60 cm) tussen curve AC en curve D rond 2800 v. Chr. kan volledig worden verklaard door uit te gaan van een lineaire bodemdaling van 12,5 cm/millennium. In feite echter, is het logischer curve AC te vergelijken met curve E, omdat deze laatste op hetzelfde type gegevens is gebaseerd (basisveendateringen). In dat geval moet een

relatieve lineaire bodemdaling van 25 cm/millennium worden verondersteld om het verschil (120 cm) te verklaren.

In Figuur 15 zijn de curves AB en AC gecorrigeerd voor een lineaire bodemdaling van 25 cm/millennium van de Flevo-lagune ten opzichte van het West- en Noord-Nederlandse kustgebied. De resulterende curves AB' en AC' weerspiegelen dus de ligging van de curves AB en AC ten opzichte van de MSL-curve indien de veronderstelde bodemdaling van 25 cm/millennium niet had plaatsgevonden. Te zien is dat curve AB' over het bestudeerde tijdinterval ongeveer 1,2 tot 0,6 m boven de MSL-curve ligt, terwijl curve AC' veel sterker convergeert met de MSL-curve tussen 4500 en 3500 v. Chr.

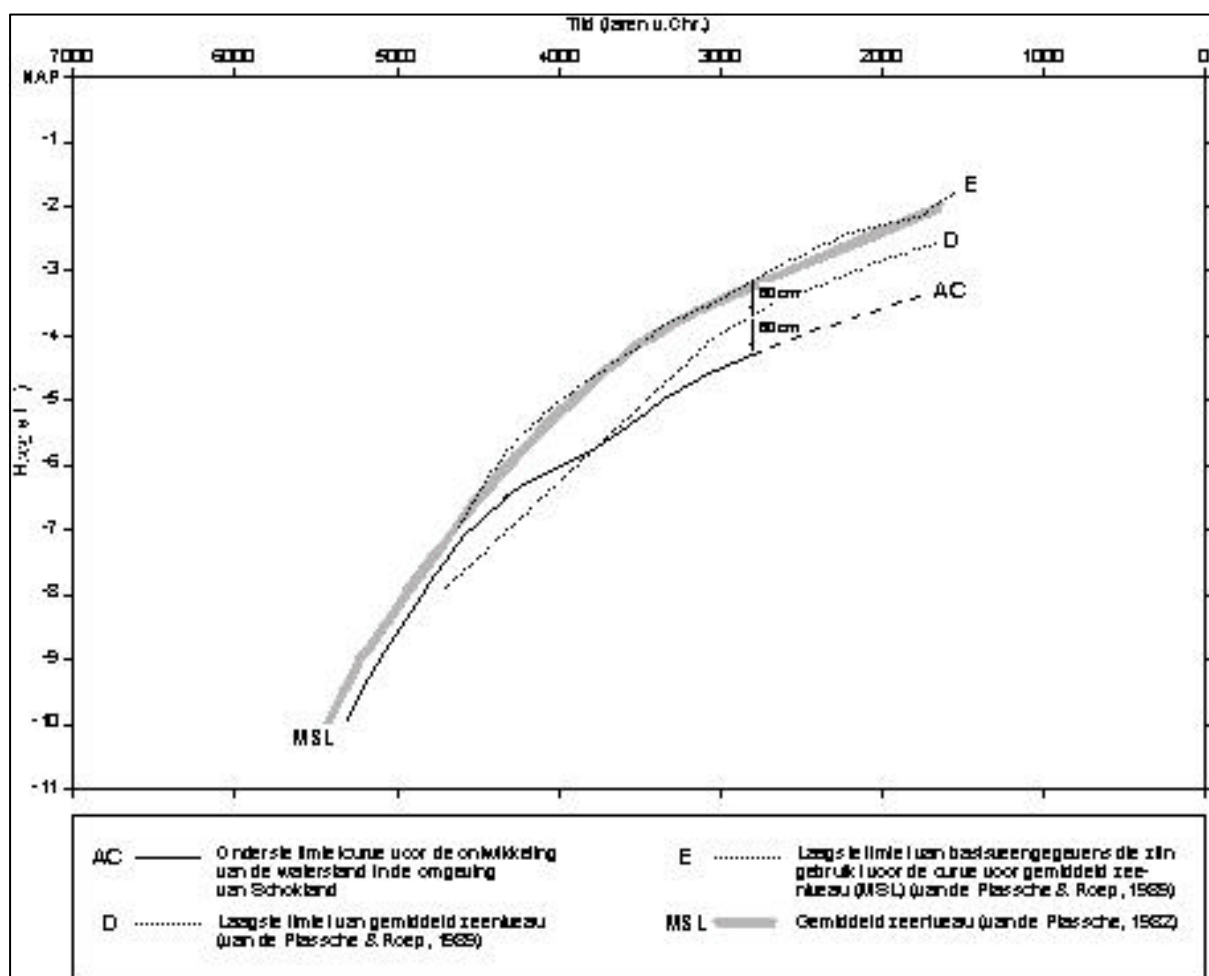


Fig. 14 Tijd-dieptediagram met een onderste limietcurve gebaseerd op basisveengegevens uit de omgeving van Almere en gegevens uit de omgeving van Schokland (curve AC), een uiterste onderste limiet voor de stijging van gemiddeld zeeniveau (curve D), een onderste limiet van basisveengegevens (curve E) en een trendcurve voor de stijging van gemiddeld zeeniveau (curve MSL). De curves D en E zijn reeds eerder gepubliceerd door van de Plassche & Roep (1989). Rond het tijdstip 2800 v. Chr. ligt curve AC respectievelijk 60 en 120 cm onder de curves D en E.

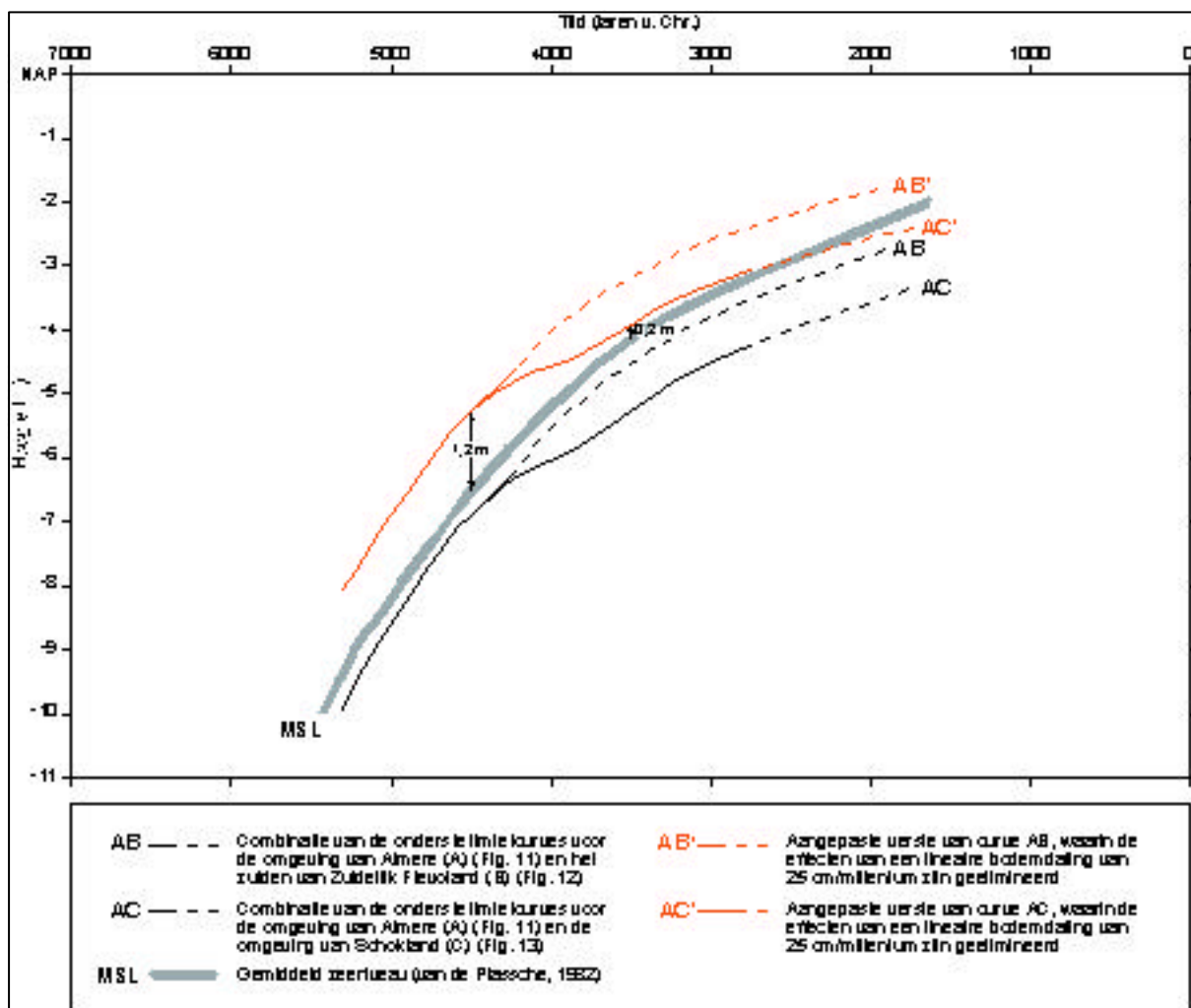


Fig. 15 Tijd-dieptediagram met onderste limietcurves uit deze studie die opwaarts zijn bijgesteld om de effecten van een veronderstelde lineaire bodemdaling van 25 cm/millennium te elimineren (curves AB' en AC'). De oorspronkelijke curves AB en AC en de ongewijzigde curve MSL zijn eveneens weergegeven voor vergelijking.

Indien aangenomen wordt dat de curves AB' en AC' de (voor bodemdaling gecorrigeerde) onderste limiet van gemiddeld hoogwater vertegenwoordigen, kan de sterke convergentie van curve AC' en de MSL-curve worden verklaard vanuit een afnemende komberging in de Flevo-lagune (zie ook van de Plassche 1995b). Uit geologische reconstructies van de kustontwikkeling blijkt een sterke vernauwing en sluiting van zeegaten in de Noord-Hollandse kustlijn in de periode tussen 4500 en 3500 v. Chr. (Beets *et al.*, 1992, 1994; Beets & van der Spek, 2000). Het verschil tussen de curves AB' en AC' zou dan moeten worden opgevat als een ruimtelijk verschil in de ontwikkeling van het kombergingseffect in de tijd. Dit zou betekenen dat het gebied rond Schokland al eerder van getijdeninvloed was afgesloten dan het gebied rond Almere. Dit is enigszins verrassend omdat uit geologische reconstructies blijkt dat beide gebieden in het Subboreaal onder invloed van de zogenaamde Cardium-transgressie stonden waarbij schelpenhoudende brakwaterklei werd afgezet

(zie o.a. van Smeerdijk, 1989; Menke *et al.*, 1998). Een groot verschil in getijdenamplitude tussen beide gebieden lijkt onaannemelijk. Anderzijds moet gesteld worden dat curve AB' op zeer weinig gegevens is gebaseerd. Daarnaast is het, indien we uitgaan van bodemdaling van de Flevo-lagune ten opzichte van West- en Noord-Nederland, maar de vraag of het gebied rond Schokland en het gebied rond Almere wel dezelfde relatieve daling ondervonden hebben. Dit zou betekenen dat curve AB' verschoven moet worden ten opzichte van curve AC'.



## 7 Conclusies en aanbevelingen

Hieronder volgen de conclusies die op basis van de resultaten van deze studie kunnen worden getrokken.

1. De tijd-diepteformaties van de  $^{14}\text{C}$ -dateringsgegevens van rietveen/broekveen op het dekzand uit het studiegebied bij Almere weerspiegelen de trend van de voortdurend stijgende (grond)waterspiegel die in de loop van het Vroeg-Neolithicum het studiegebied onbewoonbaar maakte voor de prehistorische mens. Dateringsgegevens van hoogveen, verslagen veen en paleosols in het dekzand vertonen een van deze trend afwijkende tijd-diepteformatie. Verder lijkt de tijd-diepteformatie van één van de dateringen van rietveen/broekveen een lokale verhoging van de (grond)waterspiegel (door slechte drainage van kwel- of rivierwater) aan te geven.
2. Het is mogelijk om op basis van de tijd-dieptegegevens uit deze studie de onderste limiet van verdrinking van het studiegebied te reconstrueren voor de periode 5300-4300 v. Chr. Deze onderste limietcurve (curve A in Fig. 11) geeft weer vanaf welk tijdstip een bepaald niveau zich (met zeer grote waarschijnlijkheid) binnen het toenmalig getijdenbereik bevond. Voor de archeologie betekent dit in feite de uiterste limiet van bewoonbaarheid. Overigens is de grootte van de voormalige getijdenamplitude in het studiegebied niet bekend. Curve A ligt 0,25-0,5 m onder de MSL-curve, die de ontwikkeling van gemiddeld zeeniveau weergeeft.
3. Diverse tijd-dieptegegevens uit het zuiden van Zuidelijk Flevoland suggereren voor de periode 4300-2300 v. Chr. een voortzetting van curve A (Fig. 11) die 0,25 tot 0,5 m onder de MSL-curve ligt (curve B in Fig. 12). Tijd-dieptegegevens van basisveen in de omgeving van Schokland suggereren een alternatieve voortzetting van curve A voor de periode 4300-2800 v. Chr. (curve C in Fig. 13). Voorlopig wordt curve B het meest representatief geacht voor het studiegebied, omdat deze curve is gebaseerd op tijd-dieptegegevens van nabij het studiegebied. Het is onduidelijk waarom curve C afwijkt van curve B.
4. De precieze relatie tussen curve AB (Fig. 12) en de 'regionale' gemiddelde waterstand in de Flevo-lagune en het gemiddeld zeeniveau is vooralsnog onzeker. De belangrijkste factoren die naar verwachting deze relatie beïnvloeden zijn: (a) differentiële tectonische bodembewegingen, (b) variaties in de getijdenamplitude.

Hieronder volgen de aanbevelingen die naar aanleiding van deze studie (en ander aanverwant onderzoek in de omgeving van Almere) kunnen worden gedaan.

1. Het verloop van de onderste limietcurve voor de (grond)waterspiegelstijging in de omgeving van Almere na 4000 v. Chr. is nog erg onzeker door een gebrek aan gegevens. Geschikte locaties voor bemonstering van basisveen dat jonger dan 6000 jaar is, moeten buiten het huidige studiegebied worden gezocht, in het uiterste zuiden van Zuidelijk Flevoland. Een systematische verkenning van mogelijke bemonsteringslocaties zo dicht mogelijk bij het huidige studiegebied verdient aanbeveling. Datering van basisveen van dergelijke relatief hoge locaties kan ook een nieuw licht werpen op oorzaak van de discrepantie tussen curve AB en curve AC.
2. Voor wat betreft de onderzoeksmethodiek is het aan te raden in het vervolg basisveenmonsters voor datering ongestoord te steken met behulp van een mechanisch boorsysteem. In een studie van basisveen in een gebied dat grenst aan het huidige (Makaske *et al.*, 2002) zijn hiermee reeds goede ervaringen opgedaan. In het huidige onderzoek is veel tijd en energie besteed aan het handmatig steken van goede basisveenmonsters. Ondanks de hogere startkosten is het inzetten van een mechanisch steekapparaat uiteindelijk wellicht goedkoper door de tijdsbesparing die dit op kan leveren. Andere voordelen zijn een betere monsterkwaliteit (minder deformatie) en een preciezer vast te stellen bemonsteringsdiepte.
3. Een eveneens aan te bevelen methodologische verbetering zou het toepassen van micromorfologische analyse op de te dateren basisveenmonsters zijn. Ook hiermee zijn inmiddels goede ervaringen opgedaan (Makaske *et al.*, 2002). Met name verslagen veen en oude bodemhorizonten zijn microscopisch veel beter te herkennen dan macroscopisch. Een micromorfologische studie kan helpen het juiste materiaal voor datering te selecteren. Het werken met absoluut ongestoorde monsters is voor het toepassen van micromorfologische analyse wel een eerste vereiste. Ook vanuit dit oogpunt verdient het mechanisch steken van monsters de voorkeur.

## Literatuur

- Beets, D.J. & A.J.F. van der Spek, 2000**, The Holocene evolution of the barrier and the back-barrier basins of Belgium and the Netherlands as a function of late Weichselian morphology, relative sea-level rise and sediment supply. *Geologie en Mijnbouw / Netherlands Journal for Geosciences* 79, pp. 3-16.
- Beets, D.J., L. van der Valk & M.J.F. Stive, 1992**, Holocene evolution of the coast of Holland. *Marine Geology* 103, pp. 423-443.
- Beets, D.J., A.J.F. van der Spek & L. van der Valk, 1994**, Holocene ontwikkeling van de Nederlandse kust. RGD rapport 40.016 – Projekt Kustgenese, Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 53 p.
- Ente, P.J., J. Koning & R. Koopstra, 1986**, De bodem van Oostelijk Flevoland. Flevovericht 258, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad, 181 p.
- Erdtman, G., 1960**, The acetolysis method. *Svensk. Bot. Tidskr.* 54, pp. 561-564.
- Faegri, K., P.E. Kaland & K. Krzywinski, 1989**, Textbook of pollen analysis. Wiley, Chicester.
- Geel, B. van, 1978**, A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and The Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25, pp. 1-120.
- Gotjé, W., 2001**, Bodemkunde en landschapsecologie III: vegetatieontwikkeling en diatomeeën. In: J.W.H. Hogestijn & J.H.M. Peeters (Eds.), *De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart – A27 (Flevoland)*. Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79, ROB, Amersfoort, deel 9.
- Heidemij, 1993**, Atlas: Pleistoceen zand in Zuidelijk Flevoland; Rivierduinen, dekzandruggen en verspoeld pleistocene zandlagen in de secties Gz, Kz, Lz en Nz van Zuidelijk Flevoland. Rapportnummer 635/EA93/C326/21083, Heidemij Advies.
- Hogestijn, J.W.H. & J.H.M. Peeters, (Eds.), 2001**, De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart – A27 (Flevoland). Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79, ROB, Amersfoort, 20 delen.
- Jelgersma, S., 1961**, Holocene sea-level changes in The Netherlands. *Mededelingen van de Geologische Stichting, Serie C VI* 7, 100 p.
- Jelgersma, S., 1980**, Late Cenozoic sea level changes in the Netherlands and the adjacent North Sea basin. In: N.-A. Mörner (Ed.), *Earth rheology, isostasy and eustasy*. Wiley, London, pp. 435-447.
- Jensen, H.A., 1974**, *Cenococcum geophilum* Fr. in arable soils in Denmark. *Særtryk af Friesia X*, 1-5, pp. 300-413.
- Kiden, P., 1995**, Holocene relative sea-level change and crustal movement in the southwestern Netherlands. *Marine Geology* 124, pp. 21-41.
- Makaske, B., 1998**, Anastomosing rivers; forms, processes and sediments. *Netherlands Geographical Studies* 249, Koninklijk Nederlands Geografisch Genootschap / Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen Universiteit Utrecht, Utrecht, 287 p.

- Makaske, B., D. G. van Smeerdijk, M. J. Kooistra, R.M.K. Haring, E.C. Verbauwen & A. Smit, 2002**, Een verkenning van begraven dekzandbodems in een bodembeschermingsgebied ten zuidoosten van Almere; een interdisciplinair onderzoek naar de kwaliteit van het bodemarchief, met implicaties voor archeologische waarden. Alterra-rapport 486, Alterra, Wageningen.
- Menke, U., E. van de Laar & G. Lenselink, 1998**, De geologie en bodem van Zuidelijk Flevoland. Flevovericht 415, Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied, Lelystad, 93 p.
- Montfrans, H.M. van, 1975**, Toelichting bij de ondiepe breukenkaart met diepteligging van de Formatie van Maassluis, 1:600.000. In: W.H. Zagwijn & C.J. van Staalduinen, Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, pp. 103-108.
- Mook, W.G. & H.J. Streurman, 1983**, Physical and chemical aspects of radiocarbon dating. In: W.G. Mook & H.T. Waterbolk (Eds.), Proceedings of the first international symposium <sup>14</sup>C and archeology, Groningen 1981. Strasbourg: Groupe européen d'études pour les techniques physiques, chimiques, biologiques et mathématiques appliquées à l'archéologie, Conseil de l'Europe (PACT 8), pp. 31-55.
- Moore, P.D., J.A. Webb & M.E. Collinson, 1991**, Pollen analysis. Blackwell, London.
- Peeters, J.H.M. & J.W.H. Hogestijn, 2001**, Op de grens van land en water, jagers-verzamelaars in een verdrinkend landschap. In: J.W.H. Hogestijn & J.H.M. Peeters (Eds.), De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart – A27 (Flevoland). Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79, ROB, Amersfoort, deel 20.
- Peeters, H., B. Makaske, J. Mulder, A. Otte-Klomp, D. van Smeerdijk, S. Smit, & T. Spek, in druk**, Elements for archaeological heritage management: exploring the archaeological potential of drowned Mesolithic and Early Neolithic landscapes in southern Flevoland. Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 45.
- Plassche, O. van de, 1982**, Sea-level change and water-level movements in the Netherlands during the Holocene. Mededelingen Rijks Geologische Dienst 36-1, 93 p.
- Plassche, O. van de, 1995a**, Periodic clay deposition in a fringing peat swamp in the lower Rhine-Meuse river area, 5,400-3,400 cal BC. Journal of Coastal Research Special Issue 17, pp. 95-102.
- Plassche, O. van de, 1995b**, Evolution of the intra-coastal tidal range in the Rhine-Meuse delta and Flevo lagoon, 5700-3000 yrs cal B.C. Marine Geology 124, pp. 113-128.
- Plassche, O. van de & T.B. Roep, 1989**, Sea-level changes in the Netherlands during the last 6500 years: basal peat vs. coastal barrier data. In: D.B. Scott, P.A. Pirazolli & C.A. Honig (Eds.), Late Quaternary sea-level correlation and applications. NATO ASI Series C256, Kluwer, Dordrecht, pp. 41-56.
- Plicht, J. van der, 1993**, The Groningen radiocarbon calibration program. Radiocarbon 35, pp. 231-237.

- Roeleveld, W., 1974**, The Holocene evolution of the Groningen marine-clay district. Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek 24, Supplement, 132 p.
- Roeleveld, W. & W. Gotjé, 1993**, Holocene waterspiegelontwikkeling in de Noordoostpolder in relatie tot zeespiegelbeweging en kustontwikkeling. In: W. Gotjé, De Holocene laagveenontwikkeling in de randzone van de Nederlandse kustvlakte (Noordoostpolder), Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam, pp. 76-86.
- Roep, T.B. & D.J. Beets, 1988**, Sea level rise and paleotidal levels from sedimentary structures in the coastal barriers in the western Netherlands since 5600 BP. *Geologie en Mijnbouw* 67, pp. 53-60.
- Schaminée, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff, 1995**, De vegetatie van Nederland; deel 2, plantengemeenschappen van wateren, moerassen en natte heiden. Opulus press, Uppsala/Leiden, 358 p.
- Smeerdijk, D.G. van, 1989**, Alder car, growth and drowning in the IJsselmeer region, an aspect of Dutch coastal development. *Acta Botanica Neerlandica* 38, pp. 477-491.
- Spek, T., E.B.A. Bisdom & D.G. van Smeerdijk, 1997**, Verdrongen dekzandgronden in Zuidelijk Flevoland (archeologische opgraving 'A27-Hoge Vaart'): een interdisciplinaire studie naar de veranderingen van bodem en landschap in het Mesolithicum en Vroeg-Neolithicum. Rapport 472.1, DLO - Staring Centrum, Wageningen, 187 p. (is ook verschenen als deel 7 van Hogestijn & Peeters, 2001)
- Spek, T., E.B.A. Bisdom & D.G. van Smeerdijk, 1999**, Verdrongen dekzandgronden in Zuidelijk Flevoland (archeologische opgraving 'A27-Hoge Vaart'): een aanvullend bodemkundig en palaeoecologisch onderzoek naar de landschapsvormende processen tijdens de laatste fase van bewoning (Vroeg-Neolithicum). Rapport 472.2, DLO - Staring Centrum, Wageningen, 154 p. (is ook verschenen als deel 8 van Hogestijn & Peeters, 2001)
- Stuiver, M. & P.J. Reimer, 1993**, Extended  $^{14}\text{C}$  data base and revised CALIB 3.0  $^{14}\text{C}$  age calibration program. *Radiocarbon* 35, pp. 215-230.
- Törnqvist, T.E. & M.P.F. Bierkens, 1994**, How smooth should curves be for calibration of radiocarbon ages? *Radiocarbon* 36, pp. 11-26.
- Törnqvist, T.E., A.F.M. de Jong, W.A. Oosterbaan & K. van der Borg, 1992**, Accurate dating of organic deposits by AMS  $^{14}\text{C}$  measurement of macrofossils. *Radiocarbon* 34, pp. 566-577.
- Törnqvist, T.E., M.H.M. van Ree, R. van 't Veer, & B. van Geel, 1998**, Improving methodology for high-resolution reconstruction of sea-level rise and neotectonics by paleoecological analysis and AMS  $^{14}\text{C}$ -dating of basal peats. *Quaternary Research* 49, pp. 72-85.
- Weerts, H.J.T., P. Cleveringa, J.H.J. Ebbing, F.D. de Lang & W.E. Westerhoff, 2000**, De lithostratigrafische indeling van Nederland; Formaties uit het Tertiair en Kwartair. TNO-rapport 00-95-A, Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Utrecht.
- Zagwijn, W.H., 1986**, Nederland in het Holoceen. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 46 p.

- Zagwijn, W.H., 1989,** The Netherlands during the Tertiary and the Quarternary: a case history of coastal lowland evolution. *Geologie en Mijnbouw* 68, pp. 107-120.
- Zagwijn, W.H. & C.J. van Staaldin (Eds.), 1975,** Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 134 p.

## **Bijlage 1**

### **Zandgehaltes van de kernen die op macroresteninhoud geanalyseerd zijn**





Bijlage 1 Zandgehaltes van de kernen die op macroresteninhoud geanalyseerd zijn

| Boring en<br>diepte in cm - mv | diepte<br>cm - NAP | volume<br>in ml | zand (%)<br>>170 µm | zand (%)<br><170 µm |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>Profiel Veluwedreef</b>     |                    |                 |                     |                     |
| 61-415                         | 734                | 19,0            | -                   | 1                   |
| 61-416                         | 735                | 19,0            | 1                   | 1                   |
| 61-417                         | 736                | 17,5            | 7                   | 3                   |
| 61-418                         | 737                | 19,5            | 21                  | 10                  |
| 61-419                         | 738                | 17,5            | 23                  | 11                  |
| 61-420                         | 739                | 17,5            | 26                  | 14                  |
| 109A-527                       | 846                | 9,0             | -                   | 3                   |
| 109A-528                       | 847                | 15,5            | -                   | 3                   |
| 109A-529+529,5                 | 848                | 24,0            | 4                   | 3                   |
| 109A-530                       | 849                | 8,0             | 46                  | 20                  |
| 109A-531                       | 850                | 17,0            | 29                  | 18                  |
| 110-565                        | 879                | 19,0            | 1                   | 1                   |
| 110-566                        | 880                | 15,0            | 1                   | 1                   |
| 110-567                        | 881                | 15,0            | 2                   | 1                   |
| 110-568                        | 882                | 20,0            | 9                   | 6                   |
| 110-569                        | 883                | 19,0            | 29                  | 13                  |
| 110-570                        | 884                | 14,5            | 55                  | 32                  |
| 63B-602                        | 921                | 17,5            | 2                   | 1                   |
| 63B-603                        | 922                | 12,5            | 2                   | 2                   |
| 63B-604                        | 923                | 17,5            | 4                   | 2                   |
| 63B-605                        | 924                | 16,5            | 6                   | 5                   |
| 63B-606                        | 925                | 10,5            | 14                  | 15                  |
| 63B-607+608                    | 926                | 24,5            | 16                  | 9                   |
| 63B-609                        | 927                | 13,5            | 24                  | 19                  |
| 63B-610                        | 928                | 14,5            | 24                  | 26                  |
| 53-557                         | 932                | 19,5            | 4                   | 2                   |
| 53-558                         | 933                | 19,5            | 3                   | 3                   |
| 53-559                         | 934                | 19,5            | 3                   | 3                   |
| 53-560                         | 935                | 19,5            | 9                   | 6                   |
| 53-561                         | 936                | 17,0            | 24                  | 6                   |
| 57-549                         | 918                | 19,0            | 2                   | 3                   |
| 57-550                         | 919                | 17,5            | 2                   | 3                   |
| 57-551                         | 920                | 14,5            | 5                   | 3                   |
| 57-552                         | 921                | 14,5            | 8                   | 7                   |
| 57-553                         | 922                | 14,5            | 7                   | 3                   |
| 57-554                         | 923                | 11,5            | 15                  | 4                   |
| 57-555                         | 924                | 7,0             | 36                  | 19                  |
| 57-556 t/m 557,5               | 925 t/m 926,5      | 5,0             | 70                  | 30                  |
| 60-556                         | 923                | 10,0            | -                   | 2                   |
| 60-557                         | 924                | 10,0            | 5                   | 10                  |
| 60-558                         | 925                | 10,0            | 7                   | 10                  |
| 60-559                         | 926                | 8,0             | -                   | 24                  |
| 60-560                         | 927                | 7,3             | 38                  | 21                  |
| 60-561                         | 928                | 7,3             | 53                  | 37                  |
| 60-562                         | 929                | 7,3             | 47                  | 37                  |
| 60-563                         | 930                | 5,5             | 62                  | 35                  |
| 60-564                         | 931                | 6,3             | 70                  | 30                  |

Bijlage 1 (vervolg)

| Boring en<br>diepte in cm - mv       | diepte<br>cm - NAP | volume<br>in ml | zand (%)<br>>170 µm | zand (%)<br><170 µm |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>Profiel Veluwedreef (vervolg)</b> |                    |                 |                     |                     |
| 58-561                               | 932                | 16,0            | -                   | +                   |
| 58-562                               | 933                | 13,0            | -                   | 0                   |
| 58-563                               | 934                | 8,5             | +                   | 1                   |
| 58-564                               | 935                | 8,5             | 9                   | 6                   |
| 58-565                               | 936                | 8,5             | 20                  | 18                  |
| 58-566                               | 937                | 9,5             | 29                  | 25                  |
| 58-567                               | 938                | 9,5             | 32                  | 19                  |
| 58-568                               | 939                | 8,5             | 32                  | 21                  |
| 58-569                               | 940                | 8,5             | 35                  | 21                  |
| 58-570+571                           | 941 + 942          | 8,5             | 42                  | 21                  |
| <b>Profiel Tureluurweg</b>           |                    |                 |                     |                     |
| 89C-197                              | 568                | 15,5            | 5                   | 5                   |
| 89C-198                              | 569                | 19,0            | 3                   | 4                   |
| 89C-199                              | 570                | 13,5            | 14                  | 19                  |
| 89C-200                              | 571                | 16,0            | 18                  | 24                  |
| 97A-169                              | 514                | 7,0             | 1                   | 1                   |
| 97A-170                              | 515                | 9,5             | 7                   | 5                   |
| 97A-171                              | 516                | 20,5            | 6                   | 6                   |
| 97A-172                              | 517                | 18,5            | 9                   | 11                  |
| 97A-173                              | 518                | 16,5            | 14                  | 12                  |
| 97A-174                              | 519                | 14,0            | 13                  | 11                  |
| 97A-175                              | 520                | 11,5            | 30                  | 15                  |
| 97A-176                              | 521                | 10,0            | 35                  | 24                  |
| 97A-177                              | 522                | 10,0            | 35                  | 24                  |
| 97A-178                              | 523                | 15,8            | 23                  | 17                  |
| 97A-179                              | 524                | 17,5            | 40                  | 29                  |
| 97A-180                              | 525                | 13,3            | 40                  | 25                  |
| 96A-252                              | 608                | 23,4            | +                   | -                   |
| 96A-253                              | 609                | 22,5            | 1                   | 0                   |
| 96A-254                              | 610                | 25,0            | 2                   | 2                   |
| 96A-255                              | 611                | 22,5            | 3                   | 1                   |
| 96A-256                              | 612                | 20,5            | 6                   | 2                   |
| 96A-257                              | 613                | 23,0            | 11                  | 6                   |
| 96A-258                              | 614                | 20,0            | 13                  | 11                  |
| 96A-259                              | 615                | 22,5            | 14                  | 12                  |
| 96A-260                              | 616                | 22,0            | 11                  | 12                  |
| 96A-261                              | 617                | 17,5            | 23                  | 20                  |
| 96A-262                              | 618                | 20,0            | 20                  | 11                  |
| 96A-263                              | 619                | 14,0            | 14                  | 11                  |
| 96A-264                              | 620                | 18,5            | 14                  | 15                  |
| 96A-265                              | 621                | 16,5            | 11                  | 9                   |
| 96A-266                              | 622                | 12,0            | 28                  | 21                  |
| 96A-267                              | 623                | 18,5            | 36                  | 28                  |

Bijlage 1 (vervolg)

| Boring en<br>diepte in cm - mv       | diepte<br>cm - NAP | volume<br>in ml | zand (%)<br>>170 µm | zand (%)<br><170 µm |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>Profiel Tureluurweg (vervolg)</b> |                    |                 |                     |                     |
| 95A-319                              | 671                | 21,5            | 2                   | 2                   |
| 95A-320                              | 672                | 21,5            | 2                   | 2                   |
| 95A-321                              | 673                | 20,5            | 5                   | 5                   |
| 95A-322                              | 674                | 19,0            | 9                   | 6                   |
| 95A-323                              | 675                | 20,0            | 16                  | 9                   |
| 95A-324                              | 676                | 21,0            | 12                  | 19                  |
| 95A-325                              | 677                | 18,3            | 33                  | 15                  |
| 95A-326                              | 678                | 15,0            | 40                  | 16                  |
| 100A-346                             | 708                | 20,0            | 1                   | 1                   |
| 100A-347                             | 709                | 16,0            | 3                   | 4                   |
| 100A-348                             | 710                | 21,5            | 5                   | 2                   |
| 100A-349                             | 711                | 21,5            | 4                   | 3                   |
| 100A-350                             | 712                | 18,0            | 9                   | 6                   |
| 100A-351                             | 713                | 18,0            | 14                  | 11                  |
| 101-398                              | 756                | 17,5            | +                   | 1                   |
| 101-399                              | 757                | 15,0            | +                   | 1                   |
| 101-400                              | 758                | 17,0            | 9                   | 5                   |
| 101-401                              | 759                | 17,0            | 20                  | 8                   |
| 101-402                              | 760                | 18,0            | 22                  | 13                  |
| 103-367                              | 721                | 22,0            | 1                   | 0                   |
| 103-368                              | 722                | 15,0            | 5                   | 2                   |
| 103-369                              | 723                | 20,0            | 4                   | 2                   |
| 103-370                              | 724                | 17,0            | 15                  | 6                   |
| 103-371                              | 725                | 17,0            | 35                  | 14                  |
| 103-372                              | 726                | 18,0            | 43                  | 15                  |
| <b>Profiel Musweg</b>                |                    |                 |                     |                     |
| 68-193                               | 519                | 19,5            | 1                   | +                   |
| 68-194                               | 520                | 19,5            | 3                   | 1                   |
| 68-195                               | 521                | 19,5            | 13                  | 3                   |
| 68-196                               | 522                | 19,5            | 30                  | 8                   |
| 68-197                               | 523                | 19,5            | 36                  | 9                   |
| 69-201                               | 528                | 18,5            | -                   | -                   |
| 69-202                               | 529                | 18,5            | -                   | -                   |
| 69-203                               | 530                | 19,0            | +                   | +                   |
| 69-204                               | 531                | 18,5            | 11                  | 6                   |
| 69-205                               | 532                | 18,5            | 24                  | 6                   |
| 69-206                               | 533                | 18,5            | 24                  | 14                  |
| 69-207                               | 534                | 15,5            | 34                  | 19                  |
| 69-208                               | 535                | 15,0            | 48                  | 12                  |
| 65A-222                              | 544                | 18,5            | 3                   | 3                   |
| 65A-223                              | 545                | 18,5            | 9                   | 4                   |
| 65A-224                              | 546                | 18,5            | 19                  | 13                  |
| 65A-225                              | 547                | 18,5            | 31                  | 10                  |
| 65A-226                              | 548                | 18,5            | 38                  | 15                  |
| 65A-227                              | 549                | 18,5            | 43                  | 11                  |

Bijlage 1 (vervolg)

| Boring en<br>diepte in cm - mv  | diepte<br>cm - NAP | volume<br>in ml | zand (%)<br>>170 µm | zand (%)<br><170 µm |
|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| <b>Profiel Musweg (vervolg)</b> |                    |                 |                     |                     |
| 70A-206                         | 536                | 19,5            | -                   | -                   |
| 70A-207                         | 537                | 19,5            | -                   | -                   |
| 70A-208                         | 538                | 19,5            | +                   | -                   |
| 70A-209                         | 539                | 19,0            | 2                   | 2                   |
| 70A-210                         | 540                | 19,0            | 2                   | 2                   |
| 70A-211                         | 541                | 20,0            | 13                  | 6                   |
| 70A-212                         | 542                | 19,5            | 27                  | 9                   |
| 70A-213                         | 543                | 19,0            | 29                  | 9                   |
| 50-246                          | 575                | 22,5            | 0                   | +                   |
| 50-247                          | 576                | 22,5            | 0                   | +                   |
| 50-248                          | 577                | 21,5            | +                   | +                   |
| 50-249                          | 578                | 21,5            | +                   | 0                   |
| 50-250                          | 579                | 21,5            | 2                   | 0                   |
| 50-251                          | 580                | 21,5            | 7                   | 3                   |
| 50-552                          | 581                | 21,5            | 5                   | 1                   |
| 50-253                          | 582                | 21,5            | 4                   | 3                   |
| 50-254                          | 583                | 21,5            | 5                   | 2                   |
| 50-255                          | 584                | 21,5            | 13                  | 7                   |
| 50-256                          | 585                | 21,5            | 20                  | 5                   |
| 50-257                          | 586                | 21,5            | 24                  | 11                  |
| 50-258                          | 587                | 21,5            | 36                  | 9                   |
| 50-259                          | 588                | 21,5            | 27                  | 12                  |
| 50-260                          | 589                | 21,5            | 33                  | 23                  |
| 73A-202                         | 532                | 19,0            | +                   | 3                   |
| 73A-203                         | 533                | 19,5            | 5                   | 1                   |
| 73A-204                         | 534                | 19,5            | 9                   | 4                   |
| 73A-205                         | 535                | 19,5            | 3                   | 3                   |
| 73A-206                         | 536                | 19,5            | 7                   | 3                   |
| 73A-207                         | 537                | 19,5            | 21                  | 8                   |
| 73A-208                         | 538                | 19,0            | 31                  | 12                  |
| 73A-209                         | 539                | 19,5            | 35                  | 13                  |
| 73A-210                         | 540                | 19,0            | 32                  | 5                   |
| 84-231                          | 563                | 19,0            | +                   | 0                   |
| 84-232                          | 564                | 19,5            | 1                   | +                   |
| 84-233                          | 565                | 19,5            | 1                   | +                   |
| 84-234                          | 566                | 19,0            | 3                   | 2                   |
| 84-235                          | 567                | 19,5            | 18                  | 8                   |
| 84-236                          | 568                | 19,0            | 51                  | 17                  |
| 74C-303                         | 625                | 19,5            | 1                   | 2                   |
| 74C-304                         | 626                | 18,5            | 1                   | 1                   |
| 74C-305                         | 627                | 19,5            | 5                   | 6                   |
| 74C-306                         | 628                | 19,5            | 13                  | 7                   |
| 74C-307                         | 629                | 17,0            | 16                  | 6                   |
| 74C-308                         | 630                | 15,3            | 29                  | 36                  |
| <b>Profiel Gooimeerdijk</b>     |                    |                 |                     |                     |
| 82A-141                         | 466                | 21,0            | +                   | 0                   |
| 82A-142                         | 467                | 14,5            | 7                   | 3                   |
| 82A-143                         | 468                | 15,3            | 25                  | 11                  |

## **Bijlage 2**

### **Resultaten van de macrorestenanalyse:**

- (A) Profiel Veluwedreef**
- (B) Profiel Tureluurweg**
- (C) Profiel Musweg**
- (D) Profiel Gooimeerdijk**













Bijlage 2B (vervolg)

| Boring nummer                                | 89C     | 89C     | 89C     | 89C     | 97A     | 97A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 96A     | 95A     | 95A     | 95A     | 95A     | 95A     | 95A     | 100A    | 100A    | 100A    | 100A    | 100A    | 101     | 101     | 101     | 101     | 103     | 103   | 103     | 103   | 103   |       |  |  |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|--|--|
| diepte m - mv                                | 1,97    | 1,98    | 1,99    | 2,00    | 1,69    | 1,72    | 2,52    | 2,53    | 2,54    | 2,55    | 2,56    | 2,57    | 2,58    | 2,61    | 2,66    | 3,19    | 3,20    | 3,21    | 3,22    | 3,23    | 3,24    | 3,46    | 3,47    | 3,48    | 3,49    | 3,51    | 3,98    | 3,99    | 4,00    | 4,01    | 3,67    | 3,68  | 3,69    | 3,70  | 3,71  |       |  |  |
| diepte m - NAP                               | 5,68    | 5,69    | 5,70    | 5,71    | 5,14    | 5,17    | 6,08    | 6,09    | 6,10    | 6,11    | 6,12    | 6,13    | 6,14    | 6,17    | 6,22    | 6,71    | 6,72    | 6,73    | 6,74    | 6,75    | 6,76    | 7,08    | 7,09    | 7,10    | 7,11    | 7,13    | 7,56    | 7,57    | 7,58    | 7,59    | 7,21    | 7,22  | 7,23    | 7,24  | 7,25  |       |  |  |
| afbraak                                      | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | z sterk | sterk | z sterk | sterk | sterk | sterk |  |  |
| Categorie 6: macroresten van hoogveenplanten |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |       |         |       |       |       |  |  |
| Myrica gale (vruchtdelen)                    | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | 2     | .     |       |  |  |
| Eriophorum vaginatum (sklerenchym spoel)     | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 4       | 4     | 2       | 9     | .     |       |  |  |
| Calluna vulgaris (zaaddoosdelen)             | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 2       | .       | .       | .     | 2       | 14    | .     |       |  |  |
| Calluna vulgaris                             | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 2       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Erica tetralix (blad) verkoold               | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .       | .       | .     | .       | 2     | .     |       |  |  |
| Erica tetralix                               | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 44      | 4       | .       | .       | .       | .     | .       | 1     | .     |       |  |  |
| Cenococcum geophilum (bodemschimmel)         | 27      | 120     | 40      | 80      | .       | 15      | .       | 3       | 3       | 10      | 13      | 5       | 16      | 4       | 10      | 4       | 10      | 10      | 25      | 29      | 14      | .       | .       | .       | .       | 10      | 5       | 150     | .       | 170     | 300     | 30    | 110     | 320   | >825  | 225   |  |  |
| Polytrichum strictum (bladschede)            | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 5       | .     | 2       | 1     | .     |       |  |  |
| Potentilla erecta                            | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .       | .       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Sphagnum palustre (blad)                     | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1     | 1       | .     | .     |       |  |  |
| Sphagnum spec. (blad)                        | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 4       | .       | .       | .       | 7       | 16    | .       | 2     | .     |       |  |  |
| Sphagnum spec. (kale takjes)                 | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| mosblaadjes                                  | .       | .       | .       | .       | .       | 2       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 10      | 7     | 11      | 1     | .     |       |  |  |
| mostakje (kaal, verkoold)                    | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 15    | 1       | .     | .     |       |  |  |
| varen sporangia                              | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | +       | 25    | +       | 35    | .     |       |  |  |
| Categorie 7: macroresten van moerasbos       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |       |         |       |       |       |  |  |
| Alnus spec.                                  | .       | .       | .       | .       | 1       | 1       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | 1     | .     |       |  |  |
| Betula spec.                                 | .       | .       | .       | .       | 1       | 8       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | 1     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Betula spec. (katjesschub)                   | .       | .       | .       | .       | .       | 5       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Betula spec. (helmknop)                      | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .       | .       | .       | .     | .       | .     | .     | .     |  |  |
| Betula spec. (periderm)                      | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | +     | .       | +     | .     |       |  |  |
| Salix spec.                                  | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Diversen                                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |       |         |       |       |       |  |  |
| Chenopodiaceae                               | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | 1       | .     | .     |       |  |  |
| Atriplex patula/A. prostata                  | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 4       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | .       | 5     | .     |       |  |  |
| Poaceae                                      | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .     | 2       | .     | .     |       |  |  |
| Polygonum spec.                              | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 1       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |
| Foraminifera                                 | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | .       | 3       | .     | .       | .     | .     |       |  |  |









## Bijlage 2C (vervolg)

| Boring nummer                                | 68    | 68    | 68    | 68    | 69    | 65A   | 70A   | 70A   | 70A   | 70A   | 70A   | 70A     | 70A   | 50    | 50    | 73A   | 84    | 84    | 84    | 84    | 84    | 84    | 84    | 74C     | 74C   | 74C   | 74C   | 74C   | 74C     |
|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
| diepte m - mv                                | 1,93  | 1,94  | 1,95  | 1,96  | 2,03  | 2,22  | 1,80  | 2,06  | 2,07  | 2,08  | 2,09  | 2,10    | 2,11  | 2,49  | 2,54  | 2,03  | 2,31  | 2,32  | 2,33  | 2,34  | 2,35  | 2,36  | 3,03  | 3,04    | 3,05  | 3,06  | 3,07  | 3,08  |         |
| diepte m - NAP                               | 5,19  | 5,20  | 5,21  | 5,22  | 5,30  | 5,44  | 5,10  | 5,36  | 5,37  | 5,38  | 5,39  | 5,40    | 5,41  | 5,78  | 5,83  | 5,33  | 5,63  | 5,64  | 5,65  | 5,66  | 5,67  | 5,68  | 6,25  | 6,26    | 6,27  | 6,28  | 6,29  | 6,30  |         |
| afbraak                                      | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | z sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | z sterk | sterk | sterk | sterk | sterk | z sterk |
| Categorie 6: macroresten van hoogveenplanten |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |
| Eriophorum vaginatum (sklerenchym spoel)     | 3     | 45    | 2     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | 6     | 4     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Calluna vulgaris (bloem)                     | .     | 2     | .     | .     | .     | .     | .     | 1     | 1     | 2     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Calluna vulgaris                             | .     | .     | .     | .     | 5     | .     | .     | 1     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Erica tetralix (blad) verkoold               | .     | 17    | 1     | .     | 4     | .     | .     | 1     | .     | 3     | 1     | .       | .     | .     | .     | 2     | 1     | .     | 4     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Erica tetralix                               | 3     | 2     | 7     | 1     | 28    | .     | .     | 7     | 4     | 1     | 3     | .       | .     | .     | .     | .     | 42    | 8     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | 1     | .     |         |
| Vaccinium spec.                              | .     | .     | .     | .     | 2     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | 1     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Cenococcum geophilum (bodemschimmel)         | 400   | 200   | 500   | 700   | 25    | 1     | .     | 1     | .     | .     | 235   | 33      | 5     | .     | .     | .     | 40    | 50    | 115   | >200  | >600  | 30    | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Polytrichum strictum (bladscheden)           | .     | .     | .     | .     | +     | .     | 7     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum cuspidatum (grote blaadjes)         | .     | .     | .     | .     | +     | .     | .     | 4     | .     | >20   | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum spec. (operculum)                   | 1     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 5     | 2     | 3     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum spec. (sporenkapsel)                | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 4     | 5     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum magellanicum (blad)                 | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 3     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum palustre (blad)                     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | >20   | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum spec. (blad)                        | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 5     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Sphagnum spec. (kale takjes)                 | .     | .     | .     | .     | .     | .     | +     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| mosblaadjes                                  | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 2     | .     | 1     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| mostakje (kaal, verkoold)                    | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 1     | 2     | .     | 1     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| mostakje (kaal)                              | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | +     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| varen sporangia                              | +     | .     | .     | .     | +     | .     | .     | 17    | 15    | .     | 5     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Thelypteris palustris (wortels) (%)          | .     | .     | .     | .     | 5     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Categorie 7: macroresten van moerasbos       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |
| Betula spec.                                 | 3     | .     | .     | .     | .     | .     | 1     | 2     | .     | 3     | 2     | .       | .     | .     | .     | 2     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Betula spec. (periderm)                      | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | +     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Diversen                                     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |       |       |       |       |         |
| Chenopodiaceae                               | .     | 1     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Chenopodium album                            | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 3     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |
| Poaceae                                      | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | 1     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .     | .       | .     | .     | .     | .     |         |





Bijlage 2D Resultaten van de macrorestenanalyse van monsters uit profiel Gooimeerdijk

| Boring nummer                                                   | 82A     | 82A     | 82A     |
|-----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| diepte in m -mv                                                 | 1,41    | 1,42    | 1,43    |
| diepte in m -NAP                                                | 4,66    | 4,67    | 4,68    |
| afbraak                                                         | z sterk | z sterk | z sterk |
| <b>Categorie 1: niet nader te identificeren macroresten</b>     |         |         |         |
| monocotylen wortels (grover) %                                  | 20      | 20      | 10      |
| monocotylen wortels (fijn) (%)                                  | 30      | 75      | 80      |
| hout (takjes) verkoold (%)                                      | .       | +       | +       |
| houtskoolfragmenten (%)                                         | +       | .       | .       |
| plantenmateriaal verkoold (%)                                   | .       | +       | 5       |
| indet plantenmateriaal (%)                                      | 30      | .       | .       |
| <b>Categorie 2: niet-botanische resten</b>                      |         |         |         |
| insecten                                                        | +       | +       | +       |
| mijten                                                          | 60      | .       | 1       |
| <b>Categorie 3: micro-organismen uit zoet water</b>             |         |         |         |
| Cladocera                                                       | ++      | .       | .       |
| <b>Categorie 4: macroresten van oever- en moeras vegetaties</b> |         |         |         |
| Carex rostrata/C. vesicaria (nootje)                            | .       | 3       | .       |
| <b>Categorie 6: macroresten van hoogveenplanten</b>             |         |         |         |
| Eriophorum vaginatum (sklerenchym spoel)                        | 1       | .       | .       |
| cf. Molinia caerulea epidermis (%)                              | 10      | .       | .       |
| Calluna vulgaris (bloem)                                        | 16      | .       | .       |
| Calluna vulgaris                                                | .       | 1       | .       |
| Erica tetralix (blad, verkoold)                                 | 4       | .       | .       |
| Erica tetralix                                                  | 150     | .       | .       |
| Sphagnum spec. operculum                                        | 15      | 1       | .       |

+ = aanwezig

+(+) = weinig

++ = veel

+++ = zeer veel



## **Bijlage 3**

### **Pollen / microfossielendiagram:**

**(A) Abies, Picea, Droog bos, Nat bos**

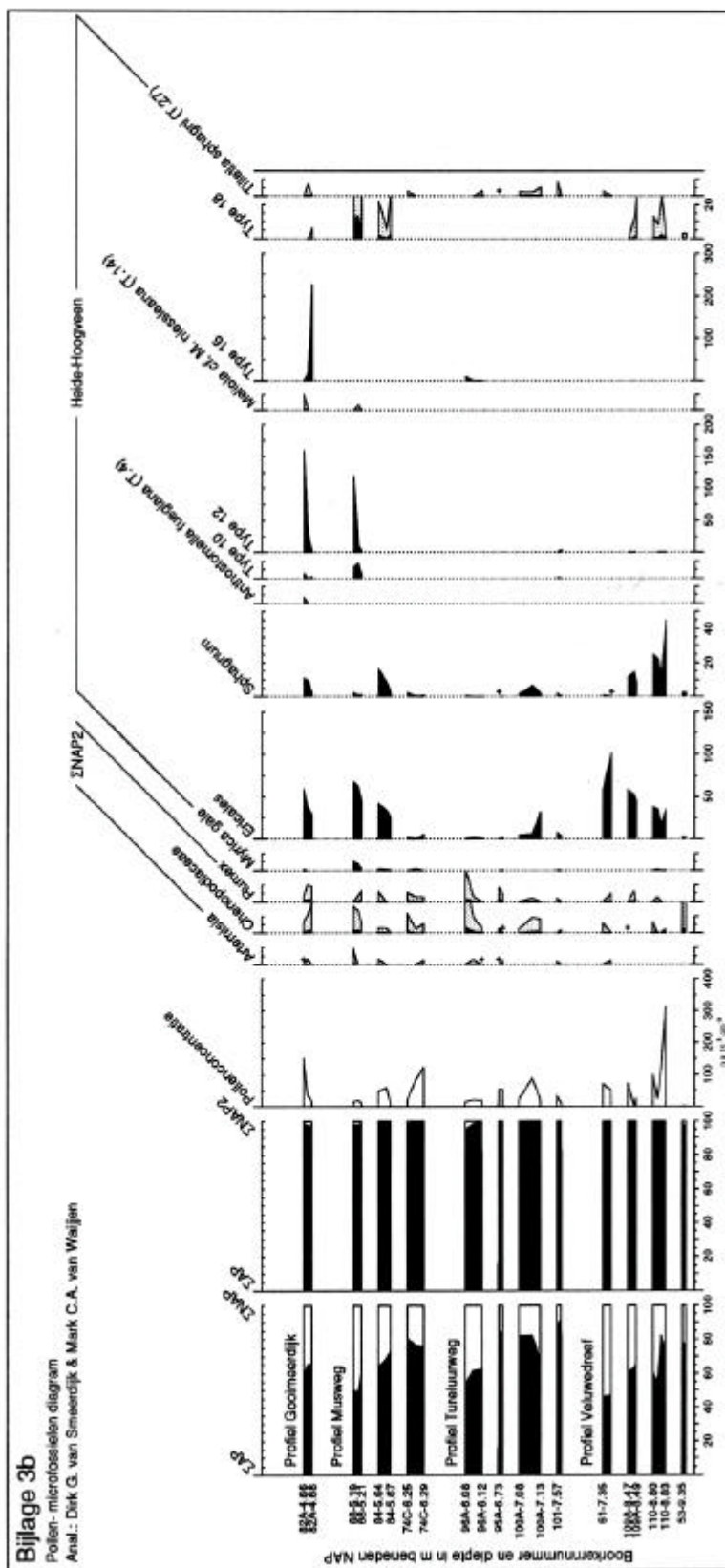
**(B) S NAP2, Heide-Hoogveen**

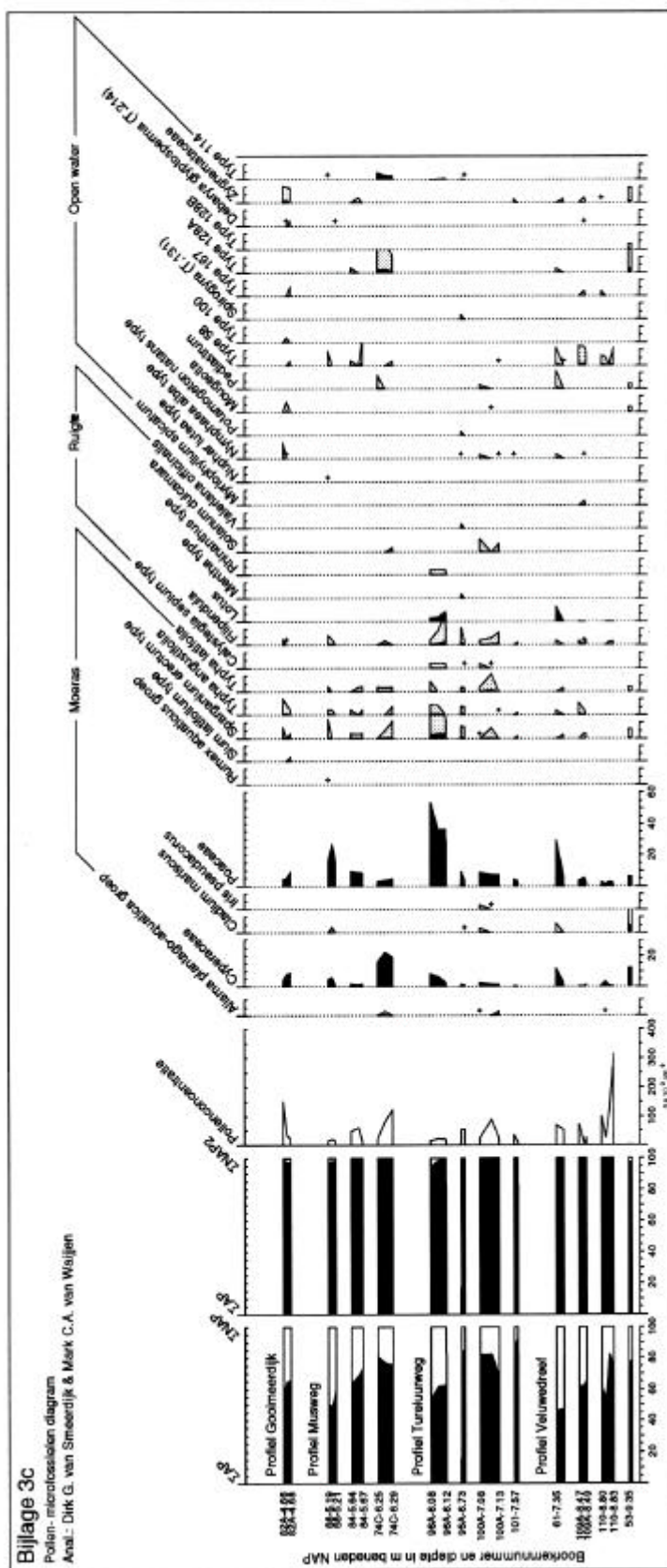
**(C) Moeras, Ruigte, Open water**

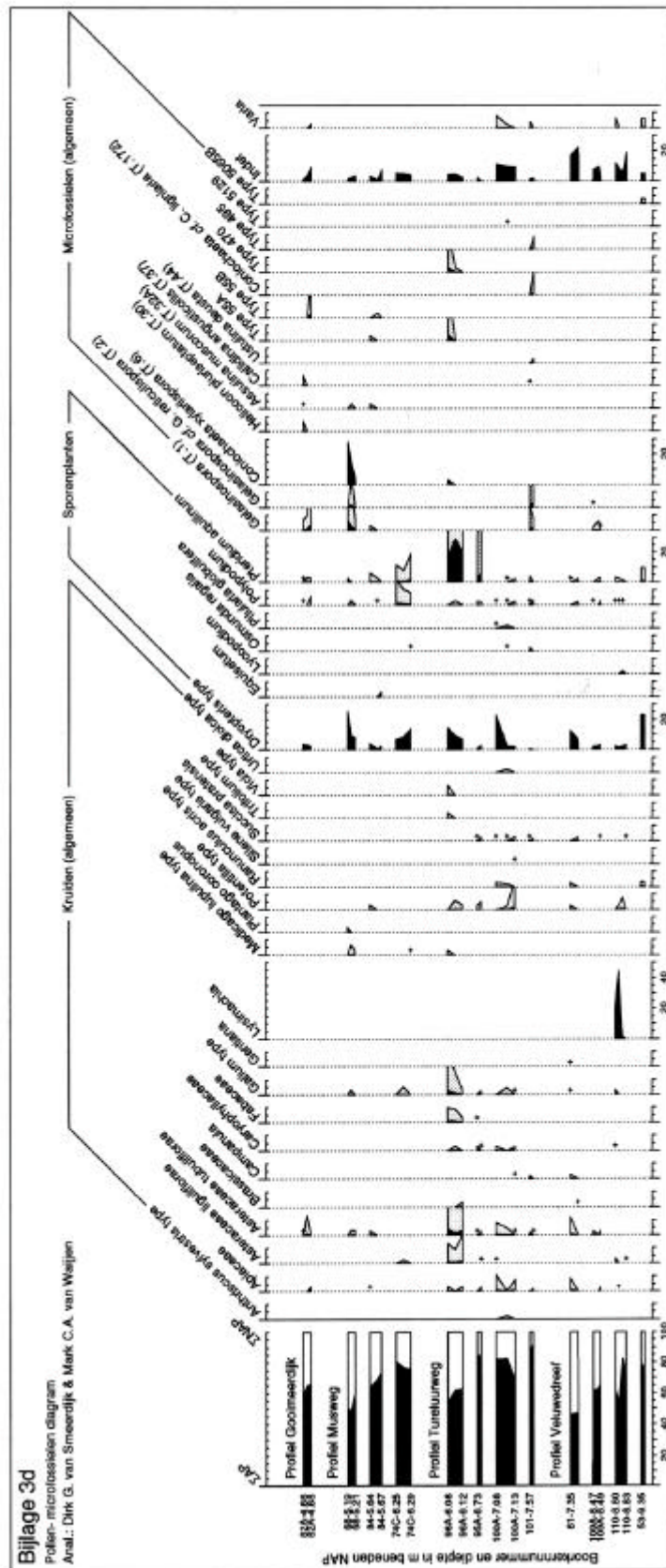
**(D) Kruiden, Sporenplanten, Microfossielen**













## **Bijlage 4**

### **Lijst van Latijnse en Nederlandse soortnamen gebruikt in de tekst van dit rapport**



**Macroresten hogere planten**

|                                             |                             |
|---------------------------------------------|-----------------------------|
| <i>Alisma plantago-aquatica</i>             | Grote waterweegbree         |
| <i>Alnus spec.</i>                          | Els                         |
| <i>Atriplex patula</i> /A. <i>prostrata</i> | Uitstaande melde/Spiesmelde |
| <i>Betula spec.</i>                         | Berk                        |
| <i>Calluna vulgaris</i>                     | Struikheide                 |
| <i>Carex acuta</i> /C. <i>nigra</i> type    | Scherpe zegge/Zwarte zegge  |
| <i>Carex paniculata</i>                     | Pluimzegge                  |
| <i>Carex pseudocyperus</i>                  | Vroege zegge                |
| <i>Carex rostrata</i> /C. <i>vescicaria</i> | Snavelzegge/Blasszagge      |
| <i>Carex spec.</i>                          | Zegge                       |
| Chenopodiaceae                              | Ganzenvoetfamilie           |
| <i>Chenopodium album</i>                    | Melganzevoet                |
| <i>Cladium mariscus</i>                     | Galigaan                    |
| Cyperaceae                                  | Cypergrassenfamilie         |
| <i>Eleocharis palustris</i>                 | Waterbies                   |
| <i>Erica tetralix</i>                       | Dopheide                    |
| Ericaceae                                   | Heidefamilie                |
| <i>Eriophorum vaginatum</i>                 | Eenarig wollegras           |
| <i>Eupatorium cannabinum</i>                | Koninginnekruid             |
| <i>Hippuris vulgaris</i>                    | Lidsteng                    |
| <i>Hydrocotyle vulgaris</i>                 | Waternavel                  |
| <i>Juncus conglomeratus</i>                 | Biezeknoppen                |
| <i>Juncus effusus</i> type                  | Pitrus type                 |
| <i>Juncus spec.</i>                         | Rus                         |
| <i>Lycopus europaeus</i>                    | Wolfspoot                   |
| <i>Lythrum salicaria</i>                    | Grote kattenstaart          |
| <i>Menyanthes trifoliata</i>                | Waterdrieblad               |
| <i>Molinia caerulea</i>                     | Pijpestrootje               |
| <i>Myrica gale</i>                          | Wilde gagel                 |
| <i>Nuphar lutea</i>                         | Gele plomp                  |
| <i>Nymphaea alba</i>                        | Witte waterlelie            |
| <i>Phragmites australis</i>                 | Riet                        |
| Poaceae                                     | Grassenfamilie              |
| <i>Polygonum spec.</i>                      | Duizendknoop                |
| <i>Potamogeton pectinatus</i>               | Schedefonteinkruid          |
| <i>Potentilla erecta</i>                    | Tormentil                   |
| <i>Salix spec.</i>                          | Wilg                        |
| <i>Schoenoplectus lacustris</i>             | Mattenbies                  |

*Bijlage 4 (vervolg)*

***Macroresten hogere planten(vervolg)***

|                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| Bulboschoenus maritimus | Heen             |
| Thelypteris palustris   | Moerasvaren      |
| Typha spec.             | Lisdodde         |
| Urtica dioica           | Grote brandnetel |
| Vaccinium spec.         | Bosbes           |

***Mossen***

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Polytrichum strictum  | Zand haarmos     |
| Sphagnum cuspidatum   | Water-veenmos    |
| Sphagnum magellanicum | Hoogveen-veenmos |
| Sphagnum palustre     | Gewoon veenmos   |
| Sphagnum spec.        | Veenmos          |

***Diverse macroresten***

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Cenococcum geophilum | bodemschimmel |
| Cladocera            | Watervlooien  |
| Conomelis anceps     | insect        |
| Cristatella mucedo   | mosdiertje    |
| Daphnia pulex type   | Watervlo      |
| Foraminifera         | Krijtdiertjes |
| Olichochaeta         | Bloedzuigers  |
| Plumatella spec.     | mosdiertje    |

***Stuifmeelproducerende planten***

|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| Abies                      | Zilverspar                      |
| Acer campestre type        | Esdoorn type                    |
| Alisma plantago-aquatica   | Grote waterweegbree             |
| Alnus                      | Els                             |
| Anthriscus sylvestris type | Fluitekruid type                |
| Apiaceae                   | Schermbloemenfamilie            |
| Artemisia                  | Bijvoet                         |
| Asteraceae liguliflorae    | Lintbloemige composietenfamilie |
| Asteraceae tubuliflorae    | Buisbloemige composietenfamilie |
| Betula                     | Berk                            |
| Caryophyllaceae            | Anjerfamilie                    |
| Chenopodiaceae             | Ganzenvoetfamilie               |
| Circea                     | Heksenkruid                     |
| Cladium mariscus           | Galigaan                        |

*Bijlage 4 (vervolg)*

***Stuifmeelproducerende planten (vervolg)***

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Corylus avellana         | Hazelaar                |
| Cyperaceae               | Cypergrassenfamilie     |
| Ericales                 | Heideachtigen           |
| Fabaceae                 | Vlinderbloemenfamilie   |
| Fagus sylvatica          | Beuk                    |
| Filipendula              | (Moeras)spirea          |
| Fraxinus                 | Es                      |
| Galium type              | Walstro                 |
| Gentiana                 | Gentiaan                |
| Hedera helix             | Klimop                  |
| Hippophae rhamnoides     | Duindoorn               |
| Iris pseudacorus         | Gele lis                |
| Juniperus communis       | Jeneverbes              |
| Lonicera periclymenum    | Wilde kamperfoelie      |
| Lotus                    | Rolklaver               |
| Lysimachia               | Wederik                 |
| Medicago lupulina type   | Hopklaver type          |
| Melampyrum               | Zwartkoren              |
| Mentha type              | Munt type               |
| Myrica gale              | Wilde gagel             |
| Myriophyllum spicatum    | Aarvederkruid           |
| Nuphar lutea type        | Gele plomp type         |
| Nymphaea alba type       | Witte waterlelie type   |
| Picea                    | Spar                    |
| Pinus                    | Den                     |
| Plantago coronopus       | Hertshoornweegbree      |
| Poaceae                  | Grassenfamilie          |
| Populus                  | Populier                |
| Potamogeton natans type  | Fonteinkruid type       |
| Potentilla type          | Ganzerik type           |
| Quercus                  | Eik                     |
| Ranunculus acris type    | Scherpe boterbloem type |
| Rhamnus catharticus      | Wegedoorn               |
| Rhinanthus               | Ratelaar                |
| Rumex                    | Zuring                  |
| Rumex hydrolapathum type | Waterzuring type        |
| Salix                    | Wilg                    |
| Sambucus nigra           | Zwarte vlier            |

*Bijlage 4 (vervolg)*

***Stuifmeelproducerende planten (vervolg)***

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Silene vulgaris type    | Blaassilene type      |
| Sium latifolium type    | Grote watereppe type  |
| Solanum dulcamra        | Bitterzoet            |
| Sparganium erectum type | Grote egelskop type   |
| Succisa pratensis       | Blauwe knoop          |
| Thalictrum flavum type  | Poelruit type         |
| Tilia                   | Linde                 |
| Tilia platyphyllos      | Zomerlinde            |
| Trifolium type          | Klaver type           |
| Typha angustifolia      | Kleine lisdodde       |
| Typha latifolia         | Grote Lisdodde        |
| Ulmus                   | Iep                   |
| Urtica dioica type      | Grote brandnetel type |
| Valeriana officinalis   | Echte valeriaan       |
| Viburnum opulus         | Gelderse roos         |
| Vicia type              | Wikke type            |
| Viscum album            | Maretak               |

***Sporenplanten***

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Dryopteris type       | Niervaren type |
| Equisetum             | Paardenstaart  |
| Lycopodium            | Wolfsklauw     |
| Osmunda regalis       | Koningsvaren   |
| Pilularia globulifera | Pilvaren       |
| Polypodium            | Eikvaren       |
| Pteridium aquilinum   | Adelaarsvaren  |
| Sphagnum              | Veenmos        |

***Overige microfossielen***

|                                           |              |
|-------------------------------------------|--------------|
| Anthostomella fuegiana (T.4)              | schimmel     |
| Assulina muscorum (T.32A)                 | schaalamoebe |
| Botryococcus                              | groenwier    |
| Callidina angusticollis (T.37)            | raderdiertje |
| Coniochaeta cf. C. ligniaria (T.172)      | schimmel     |
| Coniochaeta xylriispora (T.6)             | schimmel     |
| Debarya glyptosperma (T.214)              | wier         |
| Diporotheca (T.143)                       | schimmel     |
| Gelasinospora cf. G. reticulispora (T. 2) | schimmel     |

*Bijlage 4 (vervolg)*

**Overige microfosielen (vervolg)**

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| Gelasinospora spec. (T. 1)       | schimmel                 |
| Helicoon pluriseptatum (T.30)    | schimmel                 |
| Meliola cf. M. niessleana (T.14) | schimmel                 |
| Mougeotia                        | draadwier                |
| Pediastrum                       | groenwier                |
| Spirogyra                        | draadwier                |
| Tilletia sphagni (T.27)          | schimmel??               |
| Type 10                          | schimmel                 |
| Type 12                          | schimmel                 |
| Type 16                          | schimmel                 |
| Type 18                          | schimmel                 |
| Type 55A                         | schimmel                 |
| Type 55B                         | schimmel                 |
| Type 58                          | draadwier                |
| Type 100                         | wier                     |
| Type 114                         | zeefvat van hogere plant |
| Type 128A                        |                          |
| Type 128B                        |                          |
| Type 167                         | wier?                    |
| Type 470                         |                          |
| Type 495                         |                          |
| Type 5129                        | schimmel                 |
| Type 5065B                       |                          |
| Ustilina deusta (T.44)           | schimmel                 |
| Zygnemataceae                    | Draadwierenfamilie       |