

**Een kleinschalig onderzoek naar de fysieke
gaafheid en conserveringstoestand
van de vindplaatsen Schokkerhaven-E170
en Schokland-J125 (prov. Flevoland)
in het kader van het beheersplan
Schokland (*UNESCO World Heritage Site*)**



Auteurs: H. Huisman, A. Müller, B. van Os en H. Peeters

BEKNOPT
RAPPOR
ARCHEOLOGISCHE
MONUMENTENZORG

nr. 11

rijksdienst voor
archeologie,
cultuurlandschap
en monumenten



ONDER
RISCH
LTUUR
NIELM
SCHAP

Colofon:

RACM Beknopte Rapportage Archeologische Monumentenzorg 11
Een kleinschalig onderzoek naar de fysieke gaafheid en conserveringstoestand
van de vindplaatsen Schokkerhaven-E170 en Schokland-J125 (prov. Flevoland)
in het kader van het beheersplan Schokland (*UNESCO World Heritage Site*)

Auteurs: H. Huisman, A. Müller, B. van Os en H. Peeters

Opmaak: M.Ghars (RACM)

Druk: RACM

© RACM, Amersfoort, september 2008

rijksdienst voor
archeologie,
cultuurlandschap
en monumenten



ISBN 978 905 799 136 3

Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten
Postbus 1600
3800 BP Amersfoort
www.racm.nl

Een kleinschalig onderzoek naar de fysieke gaafheid en conserveringstoestand van de vindplaatsen Schokkerhaven-E170 en Schokland-J125 (prov. Flevoland) in het kader van het beheersplan Schokland (UNESCO World Heritage Site)

Inhoud

1 Inleiding

- 1.1 Aanleiding voor het onderzoek
- 1.2 Opbouw van het rapport
- 1.3 Administratieve gegevens

2 Context van de vindplaatsen

- 2.1 Landschappelijke context
- 2.2 Archeologische context

3 Doelstelling, onderzoeksvragen en methoden

- 3.1 Doelstelling
- 3.2 Onderzoeksvragen
- 3.3 Methoden

4 Lithostratigrafie, omvang en fysieke gaafheid

- 4.1 Algemene lithostratigrafie en bodemvorming
- 4.2 E170: lithostratigrafie, omvang en gaafheid
- 4.3 J125: lithostratigrafie, omvang en gaafheid

5 Conserveringstoestand

- 5.1 Micromorfologie
- 5.2 Geochemie
- 5.3 Archeobotanie

6 Conclusies en aanbevelingen

- 6.1 Conclusies en aanbevelingen voor Schokkerhaven-E170
- 6.2 Conclusies en aanbevelingen voor Schokland-J125

Literatuur

Afbeeldingen

Tabellen

Bijlagen

Bijlage 1: Vondstencatalogus

Bijlage 2: Overzicht van bodemmicromorfologische verschijnselen

Bijlage 3: Slijpplaatfoto's

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

Tijdens een veldkartering in de Noordoostpolder door het toenmalige A.E. van Giffen Instituut voor Prae- en Protohistorie¹ van de Universiteit van Amsterdam in 1984, zijn archeologische resten aangetroffen op twee rivierduinen op de kavels E170/E171 (Schokkerhaven) en kavel J125 (ten noordwesten van Schokland) (afb.1). In het

kader van de aanwijzing (1996) van Schokland als *UNESCO World Heritage Site* zijn bestuurlijke afspraken gemaakt tussen het Rijk en de Provincie, die o.a. inhouden dat de ROB² nader onderzoek doet naar de behoudenswaardigheid van beide vindplaatsen t.b.v. de ontwikkeling van een behoudsstrategie.³ Het onderzoek dat tot dusver had plaatsgevonden op beide locaties bleek echter onvoldoende om concreter invulling te kunnen geven aan een behoudsstrategie en eventueel te nemen beheersmaatregelen. Derhalve is kleinschalig veldonderzoek uitgevoerd om enkele lacunes te kunnen opvullen. Deze lacunes betroffen de omvang en fysieke gaafheid van de vindplaatsen, evenals de conserveringsomstandigheden van (eventueel aanwezige) organische materialen. Dit veldonderzoek is uitgevoerd op verzoek van de sector Behoud van de ROB (Regio West; drs. G. Mauro).⁴

Het veldonderzoek vond plaats van 14 t/m 18 en op 22 augustus 2006 en is uitgevoerd door drs. Axel Müller (veldarcheoloog), drs. Gerben van Bergeijk (veldassistent), dr. Hans Peeters (projectleider), drs. Guido Mauro (allen RACM), Dick Veldhuizen (Nieuw Land Erfgoedcentrum, Lelystad) en drs. André Kerkhoven (destijds Provincie Flevoland). De boringen en de profielputten zijn ingemeten door Willem Derickx (RACM). Op 30 oktober 2007 zijn op E170 twee aanvullende gutsboringen gezet, waaruit botanische en geochemische monsters zijn genomen.⁵

De uitwerking van de monsters heeft betrekking gehad op micromorfologische slijpplaten, geochemische analyse en archeobotanisch onderzoek. De twee eerst genoemde analyses zijn uitgevoerd door dr. Hans Huisman en dr. Bertil van Os (beiden RACM). De archeobotanische analyse heeft plaatsgevonden in het kader van het veldwerkpracticum voor studenten o.l.v. dr. Bas van Geel aan het *Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics* (IBED, Universiteit van Amsterdam). In vervolg op dit practicum is een meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd door Felix Weijdemá (master-student aan het IBED) onder begeleiding van dr. Bas van Geel, dr. Otto Brinkkemper (RACM) en dr. Hans Peeters (RACM).

1.2 Opbouw van het rapport

In dit rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt een beknopte beschrijving gegeven van de (paleo)landschappelijke en archeologische context van de vindplaatsen. Het daarop volgende hoofdstuk gaat in op de doel- en vraagstellingen en de daaraan gekoppelde onderzoeksmethoden. In hoofdstuk 4 worden de resultaten beschreven van het onderzoek naar de lithostratigrafische opbouw, de omvang en fysieke gaafheid van de vindplaatsen. Hoofdstuk 5 gaat in op de conserveringstoestand van organische materialen en lagen en behandelt tevens de resultaten van de geochemische analyses. In hoofdstuk 6 worden conclusies getrokken met betrekking tot de behoudenswaardigheid van beide vindplaatsen en worden adviezen verstrekt voor te nemen beheersmaatregelen.

¹ IPP, thans Amsterdams Archeologisch Centrum (AAC).

² De afspraken zijn gemaakt toen de ROB nog niet in de RACM was overgegaan door de fusie met de RDMZ.

³ Mauro 2008.

⁴ Thans Regio West van de sector Regioservice en Beleid binnen de RACM.

⁵ De botanische monsters zijn genomen t.b.v. onderzoek van drs. Johan Kool (destijds Instituut voor Geo- en Bioarcheologie, IGBA, Vrije Universiteit Amsterdam).

1.3 Administratieve gegevens

Provincie : Flevoland
Gemeente : Noordoostpolder
Plaats : Nagele
Toponiem : E170 en J125
Kaartblad : 20F (E170); 21A (J125)
Centrumcoördinaten : 179.700/514.640 (E170); 180.025/518.250 (J125)
Objectnaam : SCUN06
CMA-nummer : 20F- 002 (E170)
 : 21A- 008 (J125)
CAA-nummer : nvt
Cis-code : 18496 (E170)
 : 18497 (J125)
Complextype(n) : Nederzetting
Periode : Meso-Neo
Huidige grondgebruik : Akkerland
Opdrachtgever : ROB/RACM
Bevoegd gezag : ROB/RACM
Opdrachtnemer : ROB/RACM
Projectleider : dr. H. Peeters
Aanvang onderzoek : 14-8-2006
Einde onderzoek : 22-8-2006
Documentatie : RACM Amersfoort
Archivering : RACM Amersfoort
Auteur(s) : dr. H. Huisman, dr. B. van Os en drs. A. Müller en dr. H. Peeters

2 Context van de vindplaatsen

2.1 Landschappelijke context

Beide vindplaatsen liggen op rivierduinen (Laagpakket van Delwijnen), welke zijn ontstaan aan het einde van de laatste ijstijd (Weichselien) en mogelijk nog in het Vroeg-Holoceen. Destijds werd de zuidelijke helft van de Noordoostpolder en het gebied van het Ketelmeer doorsneden door de IJssel en de Vecht. In het Weichselien was sprake van een vlechtend riviersysteem. Belangrijke kenmerken van dit vlechtend riviersysteem waren een breed stroomdal en een rivier met verschillende stroomgeulen, waarin zand en grind werd afgezet. Bij verlegging van een van de vele geulen kwamen de beddingafzettingen droog te liggen, waardoor de wind er vat op kon krijgen. Het zand werd in het stroomdal opgeblazen en herafgezet in de vorm van duinen,⁶ die een aanzienlijke hoogte konden bereiken.

Vanaf het begin van het Holoceen werd het klimaat warmer en steeg de zeespiegel. Het vlechtende riviersysteem maakte plaats voor een meanderend, insnijdend systeem. Rond 7000 v.Chr. lag de kustlijn nabij de huidige kustlijn. Het duurde evenwel nog 500 tot 1000 jaar alvorens het huidige Flevoland direct invloed ondervond van getijdenwerking (afb.2). Een gevolg hiervan was dat de hydrologische omstandigheden structureel veranderden. Het inmiddels door droog bos gedomineerde landschap transformeerde tot een mozaïeklandschap, waarin verschillende vegetatietypen en open water zich afwisselden. Als gevolg van de sterk stijgende zeespiegel kon ook zeewater het IJsselmeergebied binnendringen. Dit verliep grotendeels via de het stroomdal van de Vecht en de IJssel. Vanaf 5000 voor Chr. veranderde het landschap van een veenmoeras naar een kweldergebied. De kwelderafzettingen werden voorheen geassocieerd als 'oude getijdafzettingen' (Laagpakket van Wormer) en kennen regionaal verschillende eenheden. In het onderzoeksgebied is op het pleistocene dekzand en uitwiggend tegen de rivierduinen een eveneens een laag klei aanwezig. Deze klei is afgezet in een kwelderlandschap, dat wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van grote getijdengeulen met oeverwallen en komgronden. Wetland-omstandigheden zouden uiteindelijk het beeld gaan domineren. Delen van het rivierdal veranderden in een groot moeras, waarin de hoogste delen van de rivierduinen droog lagen. Rond 4400 v.Chr. verlegde de Vecht haar loop ter hoogte van Schokland in een meer noordwestelijke richting. Rond 3200 voor Chr. werd de invloed van de zee minder door het ontstaan van een gesloten kustbarrière van strandwallen en lage kustduinen. Hierdoor verzoette het getijdengebied en ontstonden er uitgestrekte meren. In de meren werden organisch materiaal afgezet (detritusgyttja) en aan de randen kon veen ontstaan.

Rond het begin van de jaartelling kwam het IJsselmeergebied weer in verbinding te staan met de zee. Rond de 13 eeuw veranderde de brakwater lagune (het Almere) in een binnensee (Zuiderzee). In 1932 werd de Zuiderzee afgesloten door de afsluitdijk. De Noordoostpolder werd in 1942 ingepolderd.

2.2 Archeologische context

E170/171

Op deze vindplaats, die gelegen is in het prehistorische IJssel/Vecht stroomgebied, zijn bewoningssporen aangetoond. In 1984/85 zijn aan de slootkant tussen E170 en E171 grondsporen (kuilen, houten palen en planken), afvallagen, botanisch materiaal (w.o. hazelnootdopjes), vuursteen, natuursteen en aardewerk aangetroffen (afb.3).⁷

In 1988 is het terrein middels een proefsleuf parallel aan de kavelsloot nader onderzocht door de ROB.⁸ Aan het oppervlak zijn in de loop der jaren diverse vondsten verzameld, waaronder enkele laat-neolithische bijlen. Uit het geheel aan waarnemingen komt naar voren dat het duin waarschijnlijk vanaf het Mesolithicum

⁶ In de regel worden deze duinen 'rivierduinen' genoemd. Met name in het Midden-Nederlandse rivierengebied wordt van 'donken' gesproken.

⁷ Palarczyk 1986.

⁸ Hogestijn 1991.

werd gebruikt. Onder invloed van voortgaande vernatting zijn aan de flanken veen-, detritus- en kleilagen afgezet, waarin ook veel archeologisch materiaal aanwezig is. De afzetting van verschillende organogene en klastische afzettingen vond vooral plaats gedurende de (laat) Swifterbant- en trechterbekerbewoning. Houten planken en relatief zware palen die aan de zuidelijke flank zijn aangetroffen, wijzen mogelijk op de aanwezigheid van een palissade. Gezien de ¹⁴C-dateringen⁹ is een toewijzing aan de late Swifterbantcultuur of de trechterbekercultuur waarschijnlijk. Sporen van latere (neolithische en latere) bewoning/activiteit zijn vooralsnog alleen op de hogere delen van het duin aangetroffen. Archeologisch gezien hebben we dus met een terrein te maken waar verschillende complextypen en perioden vertegenwoordigd zijn. Waarschijnlijk is de mate van conservering van materialen en grondsporen eveneens variabel. De vindplaats behoort tot één van de weinigen in het gebied waar sporen van de late Swifterbantcultuur en trechterbekercultuur bewaard zijn gebleven.

J125

In 1984 zijn tijdens de veldverkenningen, een aantal vuurstenen werktuigen gevonden op kavel J125. Naar aanleiding hiervan is in 1985 een kleine opgraving (proefsleuf parallel aan het kavelpad J125/126) uitgevoerd door het IPP. Tijdens de opgraving zijn geen afvallagen aangetroffen; wel zijn enkele grondsporen en fragmenten vuursteen en aardewerk in kaart gebracht. Op basis van een ¹⁴C-datering¹⁰ en het aardewerk kan worden gesteld dat in ieder geval sporen van activiteit uit het Mesolithicum en het Vroeg-Neolithicum (Swifterbantcultuur) aanwezig zijn. Over het karakter van de vindplaats is voor het overige nog niets bekend. Intacte delen van de top van het duin bevonden zich onder het kavelpad en direct naast het pad. Andere delen zijn geëgaliseerd. Onduidelijk is of aan de flanken van het duin afvallagen aanwezig zijn.

⁹ Lanting & Van der Plicht 2002.

¹⁰ *Ibid.*

3 Doelstelling, onderzoeksvragen en methoden

3.1 Doelstelling

E170/171

Onderzoek na 1984 heeft aanwijzingen opgeleverd voor een snelle achteruitgang van de fysieke kwaliteit van deze vindplaats, waarschijnlijk onder invloed van kwel, maar ook door verploeging en het periodiek opschonen van slootkanten. Monitoring van van het grondwater heeft uitgewezen dat de degradatie op grotere diepte waarschijnlijk minder snel verloopt.¹¹ De verschillende onderzoeken hebben zich vooral geconcentreerd op een zone langs de kavelsloot tussen E170 en E171. T.b.v. de ontwikkeling van een behoudsstrategie dient een beter beeld van het gehele duin te worden verkregen.

J125

De vindplaats is na 1985 niet meer archeologisch onderzocht. Wel heeft in 2003-2004 monitoringsonderzoek plaatsgevonden, maar dit heeft weinig gegevens m.b.t. degradatie opgeleverd (Smit, Mol & Van Heeringen 2005).

Het doel van het huidige onderzoek op beide vindplaatsen is:

- de omvang, het diepteverloop en de mate van fysieke aantasting (erosie) van het duin in kaart brengen;
- het vaststellen van de lithostratigrafie (met name aan de flanken) en bodemkundige situatie in relatie tot archeologische indicatoren;
- het vaststellen van de conserveringstoestand van organische materialen en lagen (paleobotanie, bodemmicromorfologie, geochemie).

3.2 Onderzoeksvragen

In relatie tot de genoemde doelstelling zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat is de omvang en het diepteverloop van de rivierduinen op E170/171 en J125/126?
- Wat is de mate van erosie van (de top van) de rivierduinen?
- Wat is de lithostratigrafische opbouw aan de flanken van de rivierduinen?
- Wat is de bodemkundige situatie op de rivierduinen?
- Indien aan de flanken aanwijzingen voor afvallagen worden gevonden, wat zijn hiervoor de indicatoren en tot welke afstand van het duin zijn deze vastgesteld?
- Welke indicaties voor (geochemische) degradatie zijn aanwijsbaar in de boorkernen en te nemen grondmonsters (archeobotanie, micromorfologie, geochemie) en hoe verhoudt zich dit tot eerdere onderzoeksresultaten?¹²

3.3 Methoden

Om de bovengenoemde vraagstellingen te kunnen beantwoorden is gekozen voor een booronderzoek om, onder andere, de omvang van de duinen te bepalen en zijn kleine profielputten uitgegraven ten behoeve van de monsternamen (afb. 4 en 5). Er zijn op beide kavels geen systematische oppervlaktekarteringen uitgevoerd, omdat de vondstzichtbaarheid wegens de aanwezige gewassen zeer slecht was. Op de plaatsen waar de vondstzichtbaarheid wel goed was en vondstmateriaal aan het oppervlak is waargenomen, zijn *ad hoc* vondsten verzameld.

¹¹ > 75 cm (Van Heeringen, Mauro & Smit 2004); > 100 cm (Smit, Mol & Van Heeringen 2005).

¹² Van Heeringen, Mauro & Smit 2004; Smit, Mol & Van Heeringen 2005.

Booronderzoek

De boringen zijn in raaien gezet, zo veel mogelijk haaks op de morfologische kenmerken van de rivierduinen. De afstand van de boringen op de raai was variabel. Waarin de boorprofielen duidelijk delen van een geërodeerd rivierduin werden aangetroffen, zijn de boringen om de 40 meter gezet. Indien het echter duidelijk was dat de boringen op de flank van de (niet geërodeerde) rivierduin waren geplaatst, werden de boringen om de 20 of 10 m gezet. Om opvallende diepteverschillen van het duinzand beter in kaart te brengen zijn op enkele raaien tussenboringen om de vijf meter verricht.

Alle boringen zijn gezet met behulp van een Edelmanboor met een diameter van 7 cm en een gutsboor met een diameter van 3 cm. Er is geboord tot een maximale diepte van 4,0 m -Mv. De boringen zijn beschreven conform NEN 5104 en ingemeten met behulp van een GPS.

Tijdens het booronderzoek zijn op enkele boorlocaties monsters genomen van de overgang van het pleistocene dekzand naar het holocene veen om op de aanwezigheid van archeologische indicatoren te controleren. De monsters zijn genomen met behulp van een Edelmanboor met een diameter van 10 cm en zijn nat gezeefd over een zeef met een maaswijdte van 2 mm.

Op kavel E170 zijn in totaal 63 boringen gezet in zeven parallelle, N-Z georiënteerde raaien.

Als eerste zijn er drie raaien uitgezet: twee langs de westelijke en oostelijke randen van de kavel (parallel aan de kavelsloten) en een in het midden. Op basis van de gegevens van deze drie boorraaien zijn er aan weerskanten van de middelste raai twee tussenraaien gezet.

Op kavel J125 zijn twee noord-zuid boorraaien haaks op de oriëntatie van de rivierduin gezet, vervolgens zijn twee oost-west raaien uitgezet. In totaal zijn er 24 boringen verricht.

Profielputten

Ten behoeve van onderzoek naar de conserveringstoestand van met name organische materialen en lagen op de vindplaatsen zijn monsters verzameld in metalen bakken (afb.6). Hiervoor zijn drie profielputten van 1x1 m handmatig uitgegraven. De locatie van de putten is aan de hand van de bevindingen van het booronderzoek bepaald. Van elke put is één profiel gedocumenteerd. Uit dat profiel zijn monsters genomen voor micromorfologisch en archeobotanisch onderzoek.

Op kavel E170 zijn twee profielputten gegraven: put 1 op de overgang van de flank naar de top en put 2 lager op de flank naar een geul die in de boringen kon worden vastgesteld. In put 1 is archeologisch materiaal in het vlak aangetroffen. Deze put is verdiept in vakken van 50x50 cm met een laagdikte van 5 cm; de grond is gezeefd over een maaswijdte van 2 mm.¹³ Vervolgens zijn micromorfologische monsters genomen door middel van vijf monsterbakjes van 8x8 cm. De monsters zijn genomen in de top van het duinzand. In put 2 zijn twee monsterbakken in het profiel gesneden t.b.v. archeobotanische en micromorfologische monsternamen. Door de zeer droge bovenlaag was het niet mogelijk de bovenste niveaus te bemonsteren in een brede pollenbak (15x50 cm), maar wel in een smalle bak (5x50 cm). De onderste lagen zijn wel met een brede pollenbak bemonsterd. Bij het afsteken van het profiel werd helemaal onder in de put wat archeologisch materiaal aangetroffen, maar vanwege de grondwaterstand konden geen nauwkeurige observaties worden gedaan.

Op kavel J125 is een profielput aangelegd, waarvan de locatie op basis van het booronderzoek is bepaald. In deze put is het westprofiel bemonsterd voor zowel micromorfologisch onderzoek als archeobotanisch onderzoek. Hiervoor zijn vier brede pollenbakken in twee parallelle trajecten in het profiel geslagen.

Geochemisch bemonstering

Op kavel E170 zijn in 2007 twee gutsboringen gezet en bemonsterd voor degradatieonderzoek aan pollen en plantenresten (door drs. Johan Kool)¹⁴ en geochemische analyse: een op een locatie met een dik veenpakket en een op een locatie met een dunner pakket, hoger op de duin. De geochemische monsters zijn naar TNO Bouw & Ondergrond (thans Deltares) gestuurd voor analyse van het zwavelgehalte en de fractie pyriet daarvan (sulfide-sulfaat onderscheid). Daarnaast is m.b.v. redox-prikkers onderzocht in hoeverre zuurstof doorgedrongen is in de bodem. Op basis van deze gegevens kan inzicht worden verkregen in de oxidatieproblematiek (totale hoeveelheid te oxideren pyriet) en kan worden aangegeven in hoeverre beheersmaatregelen deze bedreiging zouden kunnen tegengaan (herkomst en indringing van de zuurstof).

¹³ Alle werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de KNA 3.1 (specificaties opgraven).

¹⁴ Het onderzoek van Kool staat los van het onderzoek uitgevoerd door de RACM en is buiten dit rapport gehouden.

4 Lithostratigrafie, omvang en fysieke gaafheid

4.1 Algemene lithostratigrafie en bodemvorming

De bodemopbouw op de twee kavels is relatief homogeen en bestaat uit een afwisseling van klei, veen en zand. De dikte van de hieronder beschreven lagen is echter zeer variabel, voor een groot deel als gevolg van de morfologie van de rivierduinen. De specifieke kenmerken van de twee percelen zullen apart beschreven worden in de paragrafen 4.2 en 4.3 in relatie tot de omvang en fysieke gaafheid van de duinen. In het nu volgende worden de algemene kenmerken van de bodemopbouw beschreven en geïnterpreteerd. Van boven naar onder zijn de volgende lagen waargenomen.

1) Een uiterst siltige bruingrijze kleilaag met veel schelpfragmenten. Deze laag is geïnterpreteerd als de Zuiderzee Laag. De top van deze laag is door landbouwactiviteiten sterk aangetast (de bouwvoor). De basis van deze klei laag bestaat uit een gelaagde afzettingen van siltige en humeuze kleilagen. Dit pakket verschilt aanzienlijk in dikte, van enkele centimeters tot bijna een meter. Deze afzettingen zijn geïnterpreteerd als de Almere Laag, afgezet in een lagunair brak tot zoetwater milieu.

2) Een laag mineraal-arm veen. De top van dit veenpakket bestaat uit een laag donkerbruin zeer droog veraard veen. Door de vele fragmenten hout in deze veenlaag is het veen geïnterpreteerd als bosveen. Hieronder ligt een bruin tot lichtbruine veenlaag met veel houtresten; ook dit betreft bosveen. Aan de basis van deze laag zijn de organische resten minder duidelijk te herkennen en lijkt eerder sprake van fijne detritus.

3) Een laag zwak siltig, matig fijn tot matig grof zand. Deze zand laag is geïnterpreteerd als rivierduinzand (Laagpakket van Delwijnen). Waar het zand relatief hoog ligt ten opzichte van het NAP, is de top over het algemeen donkergrijs van kleur (ca. 5-10 cm), waarna de kleur verandert in lichtgrijs. Daaronder verkleurt het zand naar donkerbruin. Deze kleurverschillen zijn ontstaan door bodemvorming. Macroscopisch zou een dergelijke opeenvolging beschreven worden als een AEB(C) profiel van een podzolbodem. Op de plaatsen waar het zand zeer diep ligt is de kleur van het zand grijs, wat wijst op reducerende omstandigheden onder natte omstandigheden waarin geen bodemvorming optrad. Opgemerkt dient te worden dat de bodems macroscopisch zijn beschreven op basis van de kleur van het zand. Micromorfologisch onderzoek van vergelijkbare bodems in verdrongen landschappen laat zien dat dergelijke interpretaties op basis van de kleur van de bodems onjuist kunnen zijn en dat macroscopisch vergelijkbare opeenvolgingen kunnen ontstaan in milieus met sterk fluctuerende grondwaterstanden.¹⁵ Op verschillende plaatsen bestaat de top van het zandpakket op de vindplaatsen uit een lichtbruingrijze laag met witte zand- en humusbandjes. Dit laagje is geïnterpreteerd als verspoeld rivierduinzand. Waarschijnlijk is tijdens de vernatting van het gebied een deel van het duinlichaam geërodeerd. Dit donkzand is op de flanken afgezet in de vorm van een spoelzandlaagje.

4) Op plaatsen waar onder het veen geen rivierduinzand is aangetroffen, is wel een laag klei aangetroffen. Het betreft een laag zwak siltige, lichtbruingrijze tot lichtblauwgrijze klei. Deze kleilaag is in de laagste delen van de twee kavels aangetroffen en is geïnterpreteerd als een geul- of komafzetting die deel uitmaakt van het Laagpakket van Wormer.

4.2 E170: lithostratigrafie, omvang en gaafheid

Algemene laagopeenvolging

De diepte en de dikte van de boven genoemde lithologische lagen op kavel E170 is zeer variabel. Dit wordt voor een groot deel veroorzaakt door de morfologie van de rivierduin in de ondergrond. Aan de

¹⁵ Spek, Bisdom & Van Smeerdijk 2001. Onlangs kon in Oostelijk Flevoland worden vastgesteld dat in hooggelegen zandprofielen zelfs zeer recentelijk podzolachtige bodems kunnen zijn ontstaan als gevolg van de inpoldering en successievelijke drainage. Naar dit fenomeen wordt momenteel interdisciplinair onderzoek uitgevoerd bij de RACM.

noordwestkant van het perceel ligt het rivierduinzand direct onder de bouwvoor. In zuidelijke richting daalt de top van het rivierduinzand tot meer dan 3,5 m -Mv. Op basis van de hoogtemetingen van de top van het duinzand is het reliëf van het duin in kaart gebracht (afb.7).

Aan de hand van deze informatie is het duidelijk op het noordelijk deel van het perceel de zuidflank van het rivierduin ligt. De noordflank van het duin ligt tegen de noordgrens van het kavel, maar ook deels op kavel E155 ten noorden van E170. Ten westen strekt het duin zich uit over kavel E169. Een punt van het duin ligt tenslotte in kavel E171. De oriëntatie van het rivierduin is grofweg noordwest-zuidoost. Het rivierduin heeft een omvang van meer dan 300 m lengte en 200 m breedte. Op basis van de gegevens van het bureauonderzoek op basis van het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) kan worden vastgesteld dat de totale omvang van het duin zeker 600 bij 200 m bedraagt (afb.8).

De zuidflank van het duin heeft een kenmerkend reliëf. Aan de westkant van het perceel is de flank zeer steil. In het midden van het perceel is aan de flank een lobvormige uitstulping aanwezig. Deze gaat in oostelijke richting over in een stijrand (tussen boringen 51 en 52), waarna de duin zeer vlak is en in zuidelijke richting (vanaf boring 56) naar beneden duikt.

De top van de rivierduin is zwaar aangetast, wat blijkt uit de afwezigheid van een afdekkende veenlaag. Waar het zand zich binnen de eerste meter -Mv bevindt is doorgaans van aantasting sprake (afb.9). als gevolg van natuurlijke erosie, verploeging en egalisatie. Het laatste blijkt uit de aanwezigheid van een zandlaag (met daarin archeologisch materiaal) tussen de bouwvoor en het onderliggende veen (boringen 38 t/m 41). Daar waar de top van het duin is geërodeerd, is het bodemprofiel eveneens in meerdere of mindere mate afgetopt. Op de zuidflank zijn wel resten van bodemvorming aangetroffen. Op basis van de boringen en de profielputten (zie hieronder) lijkt het dat tussen de hoogte/diepte lijnen 1,0 en 1,5 m -Mv met name bodemprofielen voorkomen die bestaan uit een A, E en een lichtbruine B-horizont. Aan de zuidkant van de flank is de top van het zand uit donkergrijs, daaronder is het zand lichtgrijs. Deze opeenvolging is geïnterpreteerd als een AC-profiel dat onder natte omstandigheden is gevormd.

In die zones waar het rivierduinzand dieper ligt ten opzichte van het maaiveld is het pakket veen en klei ook dikker. Hieruit is een duidelijk beeld te reconstrueren hoe het veen uitwigt tegen het duin en in welke mate de klei het veenlandschap heeft afgedekt (afb.10).

Door de lage grondwaterstand is het veen tot bijna 1,0 m -Mv sterk verdroogd en treedt veraarding op

Profielput 1

De lithostratigrafie van het profiel in deze put verschilt weinig van de algemene laagopeenvolging die hierboven is beschreven. Van boven naar onder komen de volgende lagen voor:

- 1) Bruingrijze, uiterst siltige klei. In dit pakket is een ploegzone herkend door recent ingeplogde plantenresten, de dikte van deze ploegzone is ca. 30 cm.
- 2) Een 5 cm dikke lichtbruingrijze siltlaag op een diepte van ca. 40 cm -Mv (de Almere laag).
- 3) Een 5 cm dikke laag donkerbruin, mineraalarm veen.
- 4) Zwak siltig donkergrijs tot zwart zand met humus op ca. 50 cm -Mv, met daaronder grijs, overgaand in lichtbruin (70 cm -Mv) naar geelbruin zand (80 cm -Mv). De opeenvolging is geïnterpreteerd als een AEBC profiel. In het zand zijn archeologische resten in primaire context aangetroffen, met name vuursteen (zie bijlage 1 voor een beschrijving).

Profielput 2

Deze put is lager op de flank van het duin aangelegd en heeft een andere profielopbouw dan put 1. De laagopeenvolging is als volgt:

- 1) Bruingrijze uiterst siltige klei tot 40 cm -Mv.
- 2) Een ca. 10 cm dikke siltlaag (de Almere laag) tot 50 cm -Mv.
- 3) Een 40 cm dik pakket donkerbruin, mineraal arm veen tot 90 cm -Mv. Door de aanwezigheid van houtresten wordt dit veen geïnterpreteerd als broekveen. Het veen is zeer droog.
- 4) Een zwak kleiige 'veenlaag'. Deze laag moet echter worden geïnterpreteerd als detritus. De top (10 cm dikte) van het detrituspakket is donkerbruin, daaronder is de laag lichtbruin.
- 5) Een zwak siltig zandlaag op 90 cm -Mv. De top van het zand is donkergrijs en bevat veel humus en is geïnterpreteerd als Ah-horizont. Onder deze laag is het zand lichtgrijs van kleur; het lichtgrijze, gereduceerde zand betreft de C-horizont. In de top van het zand zijn archeologische resten aangetroffen in

de vorm van handgevoemd, prehistorisch aardewerk, vuursteen en enkele fragmentjes verbrand bot (zie bijlage 1).

4.3 J125: lithostratigrafie, omvang en gaafheid

De omvang van deze duin is een stuk kleiner in vergelijking met E170 en is aan de oppervlakte niet of nauwelijks zichtbaar (afb.12). De top van de duin ligt binnen 1 m -Mv (boringen 113, 114, 115 en 119). De westflank van de duin is zeer steil en duikt over een afstand van 20 m ruim 1,5 m diep weg (afb.13).

Ook in de noord-zuid lijn zijn dergelijke hoogteverschillen aan het licht gekomen. Het hoogteverschil bedraagt ruim 1,7 meter (boringen 100-103) over een afstand van 20 m. Het hoogteverschil boringen A20 en A25 bedraagt meer dan een meter. Op basis van deze waarden heeft (de top van) het rivierduin een omvang van grofweg 40 m bij 50 m. Buiten deze zone ligt het rivierduinzand dieper dan 6 m -Mv. De rivierduin sterkt zich uit op het oostelijke kavel J126. Daar is door egalisatie werkzaamheden een groot deel van de rivierduin sterk aangetast. Een zeer korte inspectie van het kavel waar de zichtbaarheid goed was, leverde ca. 100 fragmenten vuursteen op (voornamelijk brokken, maar ook verschillende kernfragmenten, klingen en afslagen).

Op kavel J125 is de top van het duin nauwelijks door landbouwactiviteiten verstoord. Bijna overal wordt het duinzand afgedekt door een laag veen, maar op de top is deze relatief dun (15 tot 30 cm dik). Alleen in de boringen A0, A5 en A10 is geen intacte veenlaag aangetroffen en zijn direct onder de bouwvoor veen- en zandbrokken waargenomen. Deze boringen liggen langs het kavelpad en zijn wellicht in de proefsleuf van 1984 gezet.

De lithostratigrafie wijkt weinig af van het algemene beeld. In de meest noordelijke boringen op de NZ-raaien is geen rivierduinzand meer aangetroffen, maar ligt het veen op een pakket lichtbruin tot blauwgrijze, matig siltige klei (afb.14).

Dit pakket veen wordt afgewisseld met dikke (riet)veenlagen. Ook hier is in de top van het duinzand een bodem ontwikkeld. In twaalf boringen zijn kleurverschillen in de top van het duinzand geïnterpreteerd als bodemhorizonten. In de boringen waar het zand rond 1 m -Mv ligt, is in de top van het zand een onderscheid te maken tussen een donkergrijze AE-horizont en een grijsbruine BC-horizont. De kleuren gaan zeer geleidelijk in elkaar over en zijn bijzonder vlekkelig en vaag. De opeenvolging wordt als een slecht ontwikkelde, mogelijk hydromorfe bodem geïnterpreteerd. Waar het rivierduinzand ca. 2 m -Mv ligt, zijn de bovenste 5 tot 10 cm zand donkergrijs als gevolg van humeuze aanrijking. Daaronder ligt echter schoon lichtgrijs, gereduceerd zand waarin roestvlekken ontbreken. Dit wijst op natte omstandigheden (beneden gemiddeld laag grondwaterpeil).

Put 1

Het profiel in put wijkt weinig af van het globale beeld dat is verkregen uit de boringen. De profielput ligt op de noordelijke flank van het duin. De opbouw is als volgt:

- 1) Bruingrijze uiterst siltige klei tot 35 cm -Mv.
- 2) Donkerbruin mineraalarm (broek)veen met veel hout tot 80 cm -Mv.
- 3) Lichtbruin (riet)veen met veel rietresten tot 1,25 cm -Mv.
- 4) Zwak siltig zand. De top van het zand is donkergrijs en humeus en gaat over in lichtgrijs, gereduceerd zand.

5 Conserveringstoestand

5.1 Micromorfologie

Met het oog op de doelstelling van het onderzoek zijn twee soort fenomenen van belang: (1) de mate en de vorm van aantasting van organisch materiaal en (2) de aanwezigheid van mineralen, zoals pyriet, die kunnen reageren met zuurstof. Door te kijken naar de aan- of afwezigheid van dit mineraal en afbraakproducten daarvan kan worden vastgesteld in hoeverre zuurstof doordringt in de archeologische lagen en waardoor degradatie plaats kan vinden. In aanvulling op deze twee fenomenen is ook de mate waarin de microstructuur bewaard is gebleven van belang.

In totaal zijn vier profielen bestudeerd (afb.15 en 16).

E170 bak 1 (monsters 1-9, 10-18, 32-40 en 41-49), E170 put 1 (monsters I, II, III, IV, V), J125 Bak 2A (monsters 0.5-8.5, 11-19, 21-29, 37-45), J125 Bak 2B (monsters 0-8, 11.5-19.5, 20.5-28.5, 29.5-37.5, 39.5-47.5). De waarnemingen zijn in detail beschreven in bijlage 2. In bijlage 3 zijn foto's opgenomen van de meest relevante, micromorfologische verschijnselen.

Pyriet en afbraakproducten

Toen de Noordoostpolder werd drooggelegd kwam pyriet waarschijnlijk vrij algemeen voor in de bodem. In alle venige monsters zijn pyriet en/of afbraakproducten van pyriet aangetroffen. De typische afbraakproducten van pyriet zijn gips en ijzeroxides; een enkele maal wordt ook jarosiet aangetroffen. Dat duidt er op dat de afbraak vooral in een carbonaat-gebufferd milieu plaatsvindt, anders zouden alleen ijzeroxides en jarosiet zijn aangetroffen. Dit betekent dat de aantasting waarschijnlijk niet zorgt voor een sterke verlaging van de pH. Dit zou tot gevolg hebben dat botmateriaal en eventueel aanwezige schelpen zouden verdwijnen door oplossing. Echter, de vorming van gipskristallen zorgt in sommige gevallen wel voor beschadigingen aan de celstructuur van organische weefsel. Dit is met name aangetoond in de diepere monsters van profiel bak 2B van locatie J125.

Alleen in sommige delen van de profielen van E170 is de oxidatie van pyriet zover doorgedaan dat alle pyriet lijkt te zijn omgezet. In veel gevallen is pyriet in associatie met gips vastgesteld, soms ook met ijzeroxides. In de diepere monsters van de profielen van J125 lijkt de mate van aantasting van pyriet het kleinst. Met name hier zien we soms ogenschijnlijk niet aangetaste pyrietclusters in de grondmassa, buiten het bereik van scheuren of andere kanalen.

Het organisch materiaal

In de verschillende profielen is de kwaliteit van organisch materiaal wisselend. Dikwijls komen grote stukken weefsel met zeer weinig aantasting voor in een matrix van sterk aangetast organisch materiaal. De aantasting van de organische stof in de matrix is voor het overgrote deel een gevolg van processen die plaatsvonden tijdens de vorming van het veen. In het geval van recentere aantasting zouden ook de grote weefselfragmenten zijn aangetast. Datzelfde geldt voor het organisch materiaal dat aanwezig is de zandlagen onder het veen, waarbij de aantasting waarschijnlijk het gevolg is van bodemvormende processen voorafgaand aan de veenvorming.

In profielen van E170 zien we echter ook grootschalige, recentere aantasting. In het profiel van bak 1 is alle veen sterk gekrompen als gevolg van uitdroging. Waarschijnlijk is het een vrij recent proces aangezien de uitdroging en krimp nog niet geleid heeft tot biologische aantasting (door mesofauna of microfauna), zoals vaak wel het geval is bij (gedeeltelijke) uitdroging. Het profiel van put 1 vertoont in de eerste plaats zware verstering door grondbewerking. Het organisch materiaal is gefragmenteerd en heeft sterk te lijden gehad van oxidatie.

De monsters van J125 laten vrijwel geen recente degradatie zien; alleen in het allerbovenste monster lijkt enige microbiologische aantasting te hebben plaatsgevonden (merkbaar door slechte dubbelbreking).

5.2 Geochemie

Geochemische analyses zijn alleen uitgevoerd op monsters van E170. Voor de zwavelanalyses zijn onder de zeeklei (Formatie van Naaldwijk, Zuiderzee Laag) in het veen (Formatie van Nieuwkoop) om de 20 cm monsters van 10 cm veen genomen uit de guts. Deze monsters zijn onderzocht op hun totaalgehalten zwavel, sulfide-zwavel en sulfaat-zwavel. Daarnaast is het organisch stof geanalyseerd. Er is op twee plekken tot 2,0 m -Mv een redoxprofiel opgenomen. De grootste redoxsprong (Eh) — van oxisch (zuurstofbevattend) naar anoxisch (sulfaatreducerend) — was waarneembaar op een diepte van 1,60 m -Mv in de waterverzadigde zone.

In afbeelding 17 en 18 zijn de resultaten uitgezet van de Eh, totaal koolstof (C) en totaal zwavel (S) en de S/C-ratio. De eerste twee monsters en het extra monster van boring E170-1 en de eerste drie van E170-2 hebben het laagste zwavelgehalte en de laagste S/C ratio's. Daarnaast bevatten de bovenste monsters van E170-1 gips (tabel 1). De grootste Eh sprong is dieper in boring E170-2 (125 cm) dan in E170-1 (160 cm). Na het behandelen met zuur bevatten alle monsters sulfaat (afb.19). Grote kubische pyriet is redelijk bestand tegen zuur. De fijn verdeelde framboïdale pyriet die hier is aangetroffen oxideert daarentegen makkelijk. Vanaf 120 cm wordt er geen sulfaat meer aangetroffen en is het zwavelgehalte hoger. Dieper in het veen treedt blijkbaar geen oxidatie op en is (secundaire) pyrietvorming mogelijk door afbraak van organische stof en vorming van sulfide door sulfaatreductie. Dit proces is goed waarneembaar door de kenmerkende geur die sulfidevorming met zich mee brengt. Ook in het kader van monitoringsonderzoek in 2001 is gebleken dat op grotere diepte, op een niveau dat zich min of meer permanent onder de grondwaterspiegel bevindt, geen of nauwelijks oxidatie optreedt.¹⁶

5.3 Archeobotanie

In het kader van het archeobotanisch onderzoek dat door Felix Weijdema is uitgevoerd aan het IBED, is gekeken naar de conditie van het pollen. Op een schaal van 1 (zeer goed) tot 5 (zeer slecht) blijkt het pollen van zowel E170 als J125 in matige tot slechte conditie over het gehele veentraject (tabel 2). Dit beeld sluit aan op de waarnemingen die eerder zijn gedaan tijdens monitoringsonderzoek in 1999 en 2001.¹⁷ Desondanks bleek het mogelijk om uit de in 2006 genomen monsters waardevolle informatie over de vroegere vegetatie te verkrijgen, waaronder indicaties voor akkerbouw.¹⁸ Dit vormt een contrast met de eerder onderzochte monsters, waarvoor het niet mogelijk bleek om tot bijvoorbeeld vegetatiereconstructies te komen.

Een duidelijke trend naar een betere conditie bij een grotere diepte ten opzichte van het maaiveld tekent zich niet af. Ook sporen van varens en zwammen, evenals macroresten bleken in een vrij slechte conditie, ondanks dat dit materiaal uit veen afkomstig is. Er kan niet met zekerheid worden vastgesteld of de matige tot slechte conditie een gevolg is van prehistorische of meer recente degradatieprocessen. Mede met het oog op de resultaten van eerder monitoringsonderzoek, lijkt het er op dat de gemiddelde conditie matig tot slecht is, maar dat het informatiepotentieel al naar gelang de monsterlocatie sterk kan verschillen.

¹⁶ Van Heeringen, Mauro & Smit 2004.

¹⁷ Ibid.

¹⁸ Deze onderzoeksresultaten zullen separaat worden gepubliceerd.

6 Conclusies en aanbevelingen

Ten aanzien van de in hoofdstuk 3 geformuleerde doel- en vraagstellingen, kunnen voor de vindplaatsen op de kavels E170 en J125 de volgende conclusies worden getrokken.

6.1 Conclusies en aanbevelingen voor Schokkerhaven-E170

Omvang en het diepteverloop van de rivierduin

De rivierduin op perceel E170 beslaat de volle perceelbreedte (300 m) en zet zich voort in het westelijke deel van perceel E171 en in het oostelijke deel van perceel E169. Het verloop van dit duin tekent zich goed af op het AHN (ook in het veld is de kop als gevolg van inklinkend veen en klei goed herkenbaar), waaruit verder blijkt dat het complex zich in noordwestelijke richting voortzet. Uit de boringen op kavel E170 kan worden afgeleid dat het hoogteverschil tussen de huidige top van het zandlichaam en de basis aan de zuidkant circa 3 meter bedraagt. Aan de zuidflank is het verloop van het zandlichaam grillig en is sprake van een zuidwestelijk georiënteerde lob. De totale breedte van de duin is ca. 200 m.

Erosie

Uit de boringen is gebleken dat het profiel binnen 1,0 m -Mv (ca. 4 m -NAP) in principe geërodeerd is als gevolg van natuurlijke erosie, egalisatie en verploeging. Hoewel de duintop in belangrijke mate is geërodeerd, kan niet de conclusie worden getrokken dat deze zone archeologisch niet waardevol is. Diepere grondsporen (zoals zware paalkuilen, waterkuilen, begravingen) kunnen zeker nog aanwezig zijn. Gezien de grote hoeveelheid materiaal die met name in een in 1988 onderzochte proefsleuf is geborgen, evenals het voorkomen van een mogelijke palissade, maakt de aanwezigheid van diepe grondsporen zeker aannemelijk.

Stratigrafische opbouw aan de flanken

Aan de zuidflank ligt op het duinzand een laag detritus/kleilig veen met daarop een pakket mineraalarm broekveen met veel houtresten. Dit veen is in sterke mate uitgedroogd en aan het veraarden. Het pakket wordt afgedekt door siltige klei. Langs de zuidelijke voet van de rivierduin is een kleilige geulopvulling aanwezig. Zowel deze klei als de veen- en detrituslagen zijn deels gelijktijdig met de prehistorische bewoning op de hogere delen.

Bodemkundige situatie

Daar waar bodemprofielen op de top intact zijn, is sprake van AEB(C)-profielen. Aan de flanken zijn AC-profielen vastgesteld. Dit verschil hangt waarschijnlijk samen met de hydrologische omstandigheden.

Aanwezigheid van afvallagen

In de boringen zijn geen onmiskenbare sporen van afvallagen op de flanken de duin aangetroffen. In de twee profielputten op 175 en 120 meter afstand van de kavelsloot tussen E170 en E171 (waar tot dusver de meeste archeologische waarnemingen hebben plaatsgevonden) werd echter wel archeologisch materiaal *in situ* aangetroffen. In de profielput op de zuidelijke flank bevond dit materiaal zich in het zand juist onder het veen. Gezien de beperkte afmetingen van de profielputten en de grote afstand van de E170/E171 kavelsloot waarlangs zeer veel vondsten zijn gedaan, is het aannemelijk dat archeologische resten over een zeer aanzienlijk deel van de duin aanwezig zijn. Vooralnog moet de archeologische potentie voor het gehele zandlichaam met de daartegen uitwiggende veen- en kleilagen gelijk worden gesteld.¹⁹

Indicaties voor (geochemische) degradatie

Degradatie is vanuit meerdere invalshoeken vastgesteld. Tijdens het veldwerk werd al geconstateerd dat het bovenste deel van het veen sterk veraard was als gevolg van de lage grondwaterstand. In alle

¹⁹ Het 'begrenzen' van steentijdvindplaatsen op basis van archeologische indicatoren middels booronderzoek is problematisch. Bovendien dient de waardering niet alleen betrekking hebben op de zones met relatief hoge dichtheden archeologische verschijnselen, maar ook op de zones met relatief lage dichtheden archeologische verschijnselen, evenals de paleolandschappelijke context van de vindplaats (zie ook Peeters (2007) voor een verdere discussie over de problemen van het 'site-concept' als analytisch uitgangspunt).

slijpplaatmonsters is de indringing van zuurstof in de bodemprofielen vastgesteld. Hoewel de organische materialen, indien goed ingebed in het veen niet direct te lijden hebben van zuurstof, worden ze wel direct beïnvloed door de aantasting van pyriet. Het is niet mogelijk om vast te stellen of de waargenomen aantasting recent is of al veel eerder is begonnen. Als het hier gaat om een proces dat plaatsvindt sinds de drooglegging van de Noordoostpolder is de aantasting extreem langzaam. Is het echter een gevolg van meer recente veranderingen in het hydrologische regime, dan zijn de processen sneller en is er reden tot zorg.

Deze waarnemingen sluiten aan op de resultaten van het geochemisch onderzoek. De duidelijk aanwezige geur van diwaterstofsulfide geeft aan dat in de diepe, natte delen van het veen sulfaatreductie plaatsvindt. In de omringende kavelsloot is precipitatie van ijzerhydroxides te zien. Dit ijzer is vermoedelijk afkomstig van oxiderende sulfides uit het veen en/of uit het grondwater. Dit betekent dat er van bovenaf zuurstof in het veen dringt. Hierdoor neemt ofwel de zuurgraad toe (de pH gaat omlaag), ofwel de gipsvorming (waarbij kalk wordt afgebroken).

Er kan een schatting worden gemaakt van de pyrietoxidatiesnelheid door aan te nemen dat deze is gestart na het droogvallen van de Noordoostpolder (1942). Op basis van de afname van het pyrietgehalte van 2% in het bovenste deel bedraagt de snelheid van pyrietoxidatie ongeveer 15 ton/km²/jaar, ofwel ongeveer 0,8 cm/jaar. Waarschijnlijk is in de bodem te weinig kalk aanwezig om deze zuurvorming te bufferen. Dit betekent dat naar schatting rond 2110 alle pyriet is geoxideerd en het hele veenpakket zuur geworden is. Dit heeft tot gevolg dat botten en ook andere organische resten worden aangetast. De verhoging van de zuurgraad kan bovendien effecten hebben op de kwaliteit van prehistorisch/handgevoerd aardewerk. Vuursteen zal intact blijven, zij het dat eventueel aanwezige gebruiksresiduen (bijv. bloedresten) eveneens zullen worden aangetast.

Aanbevelingen

Door de veranderingen in het reliëf door inklinking van klei en veen zal over enige tijd egalisatie nodig zijn, waardoor archeologische sporen/resten verstoord en/of verspreid zullen worden. Bekalking zal leiden tot gipsvorming waardoor microstructuren verloren kunnen gaan en is dus ook nadelig voor behoud *in situ*. Door de lage grondwaterstand treedt in ernstige mate oxidatie op. Het verhogen van het grondwaterpeil zal de oxidatie van het veen en pyriet kunnen vertragen. Echter, dit houdt in dat het huidig grondgebruik niet voortgezet zou kunnen worden. Desalniettemin is permanente inundatie voor behoud *in situ* waarschijnlijk de beste optie. Indien deze optie niet realistisch blijkt, moet opgraving worden overwogen aangezien in ernstige mate informatieverlies zal optreden.

6.2 Conclusies en aanbevelingen voor Schokland-J125

Omvang en het diepteverloop van de rivierduin

De rivierduin ligt deels op kavel J125 en deels op kavel J126. Op J125 is sprake van een intact profiel en is het duinzand overal afgedekt met veen. Op J126 heeft egalisatie plaatsgevonden. De totale omvang is ca. 40 bij 50 m. Het diepteverloop is vrij steil met een hoogteverschil van 1,5 - 1,7 m over een afstand van 20 m.

Erosie

Door egalisatiewerkzaamheden op J126 is de top van de rivierduin daar ernstig aangetast, waardoor archeologische niveaus verstoord zijn. Mogelijk zijn geheel geen sporen *in situ* meer aanwezig. Op J125 is het geheel echter intact en zijn, met uitzondering van een strook langs het kavelpad, geen duidelijke aanwijzingen voor erosie aangetroffen.

Stratigrafische opbouw aan de flanken

De stratigrafie is weinig gedifferentieerd. Op het duinzand ligt een pakket rietveen met veel rietresten, met daarboven mineraalarm broekveen met veel hout. Het geheel is afgedekt met uiterst siltige klei.

Bodemkundige situatie

In het duinzand heeft zich op de hogere delen een AEBC-profiel ontwikkeld. Mogelijk betreft het een slecht ontwikkelde hydromorfe bodem. Op grotere diepte heeft geen bodemvorming opgetreden.

Aanwezigheid van afvallagen

Er zijn in de boringen en in de profielput geen afvallagen vastgesteld.

Indicaties voor (geochemische) degradatie

Van locatie J125 zijn minder gegevens beschikbaar dan van E170. De volgende conclusies zijn gebaseerd op het micromorfologisch onderzoek. Bij het micromorfologisch onderzoek is het veen vanaf ca. 10 cm onder de bovengrens van de laag bemonsterd. Het eerste monster vertoont enige indicaties voor microbiële aantasting van het organisch materiaal (verlies aan dubbelbreking). Het is niet vast te stellen of dit recent ontstaan is, of dat deze aantasting heeft plaatsgevonden voordat het veen werd afgedekt met klei. Het dieper liggende veen bevat nog steeds goed dubbelbrekende plantenfragmenten, dus heeft weinig *in situ* microbiële aantasting ondergaan. Het veen vertoont verder ook geen schade door uitdroging of activiteiten van macrofauna.

Waarschijnlijk heeft de bovenliggende kleilaag de archeologische site beschermd tegen snelle uitdroging, grondbewerking en biologische activiteit.

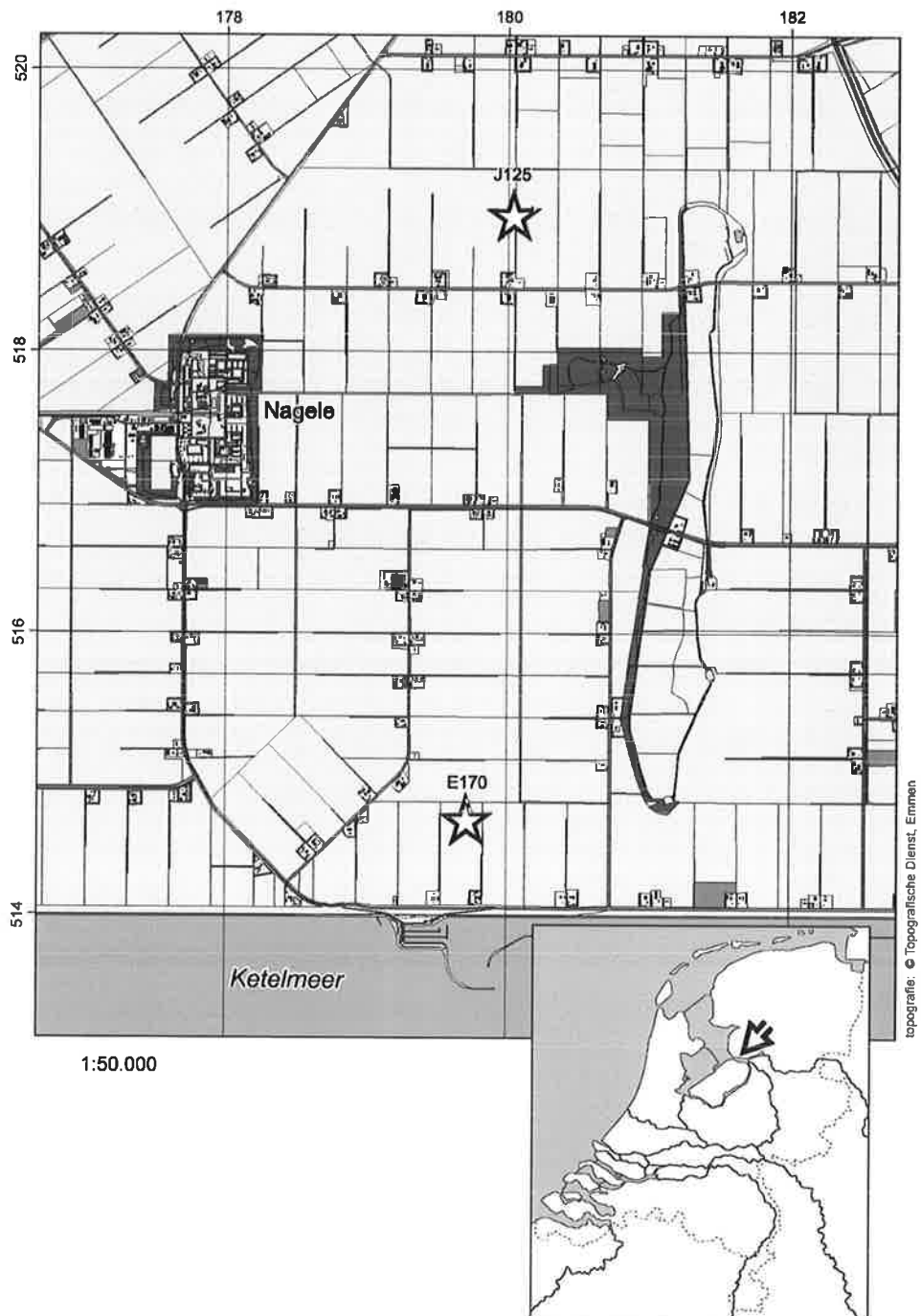
Punt van zorg op J125 is – net als op E170 – de oxidatie van pyriet. Er zijn geen metingen van de sulfidegehalten en mate van omzetting beschikbaar (zoals op E170), maar uit de slijpplaten blijkt dat nog veel pyriet aanwezig is in de bodem. De oxidatie van pyriet in deze setting veroorzaakt met name gipsvorming, wat zorgt voor schade aan organische resten. Hoe groot die schade is, is moeilijk vast te stellen.

Aanbevelingen

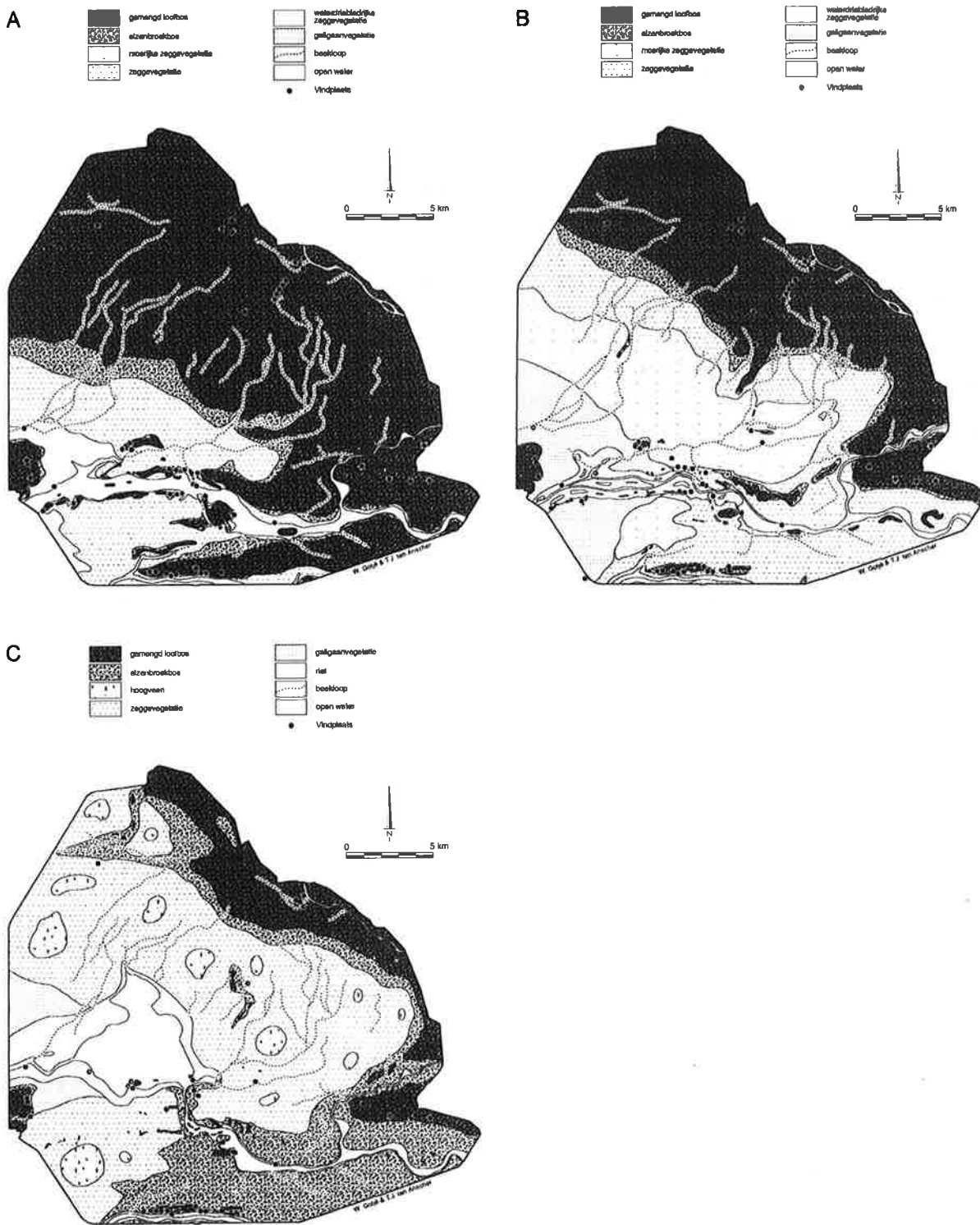
Op J125 is de rivierduin en de daarop aanwezige vindplaats intact. Hoewel geen macroscopische, archeologische resten zijn aangetroffen bij het onderhavige onderzoek, maken de vele vondsten van kavel J126 duidelijk dat op de duin bewoningssporen aanwezig zijn. In hoeverre ook in de moerassige zone rond het duin archeologische resten aanwezig zijn is onduidelijk. Ten behoeve van het beheer van dit terrein is aan te raden (1) de grondwaterspiegel zo hoog mogelijk te houden en indien mogelijk (2) te stimuleren dat het grondwater gevoed wordt door kwel (en niet door regenwater). Ook mechanische versterking van de hogere duintop dient vermeden te worden. Hoewel nader onderzoek naar waterregime, redoxtoestand en zwavelgehalten/-speciatie sterk wordt aanbevolen, lijken op J125 de mogelijkheden voor *in situ* behoud aanzienlijk groter dan op E170.

Literatuur

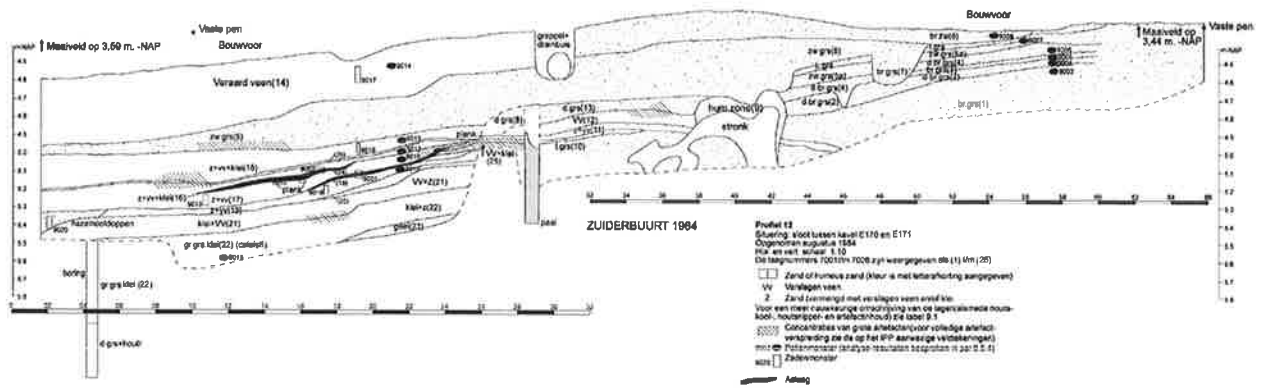
- Gehasse, E.F., 1995: *Ecologisch-archeologisch onderzoek van het Neolithicum en de Vroege Bronstijd in de Noordoostpolder met de nadruk op vindplaats P14*, Amsterdam (proefschrift Universiteit van Amsterdam).
- Heeringen, R.M. van, G.V. Mauro & A. Smit, 2004: *A pilot study on the monitoring of the physical quality of three archaeological sites at the UNESCO World Heritage site at Schokland, province of Flevoland, the Netherlands*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 26).
- Hogestijn, J.W.H., 1991: *Archeologische Kroniek van Flevoland*, Lelystad (Cultureel Historisch Jaarboek voor Flevoland 1).
- Kars, H. & A. Smit, 2003: *Handleiding fysiek behoud archeologisch erfgoed. Degradatiemechanismen in sporen en materialen. Monitoring van de conditie van het bodemarchief*, Amsterdam (Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies 1).
- Kruidhof, C.N., 2003: *Schokland, CMA-terreinen 20F-002, 21A-002 en 21A-005, gemeente Noordoostpolder; een inventariserend archeologisch onderzoek*, Amsterdam (RAAP-rapport 877).
- Lanting, J.N. & J. van der Plicht, 2001: De ¹⁴C-chronologie van de Nederlandse pre- en protohistorie III: Neolithicum, *Palaeohistoria* 41/42, 1-110.
- Palarczyk, M.J., 1986: *Slootkantverkenningen in de Noordoostpolder, Archeologisch en geologisch onderzoek in de sloottaluds van een vijftiental kavels in de Noordoostpolder en Oostelijk Flevoland*, Amsterdam (ongepubliceerde doctoraalscriptie, Instituut voor Prae- en Protohistorie, Universiteit van Amsterdam).
- Smit, A., G. Mol & R.M. van Heeringen, 2005: *Natte voeten voor Schokland. Inrichting hydrologische zone. Archeologische monitoring 2003-2004. Een evaluatie van de waterhuishoudkundige maatregelen*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 124).
- Smit, A., R.M. van Heeringen & E.M. Theunissen, 2006: *Archaeological monitoring standard. Guidelines for the non-destructive recording and monitoring of the physical quality of archaeological sites and monuments*, Amersfoort (Nederlandse Archeologische Rapporten 33).
- Spek, Th., E.B.A. Bisdom & D.G. van Smeerdijk, 2001: Deel 7. Bodemkunde en landschapsecologie I: veranderingen in bodem en landschap, in: J.W.H. Hogestijn & J.H.M. Peeters (red.): *De mesolithische en vroeg-neolithische vindplaats Hoge Vaart-A27 (Flevoland)*, Amersfoort (Rapportage Archeologische Monumentenzorg 79, 20 vols.).



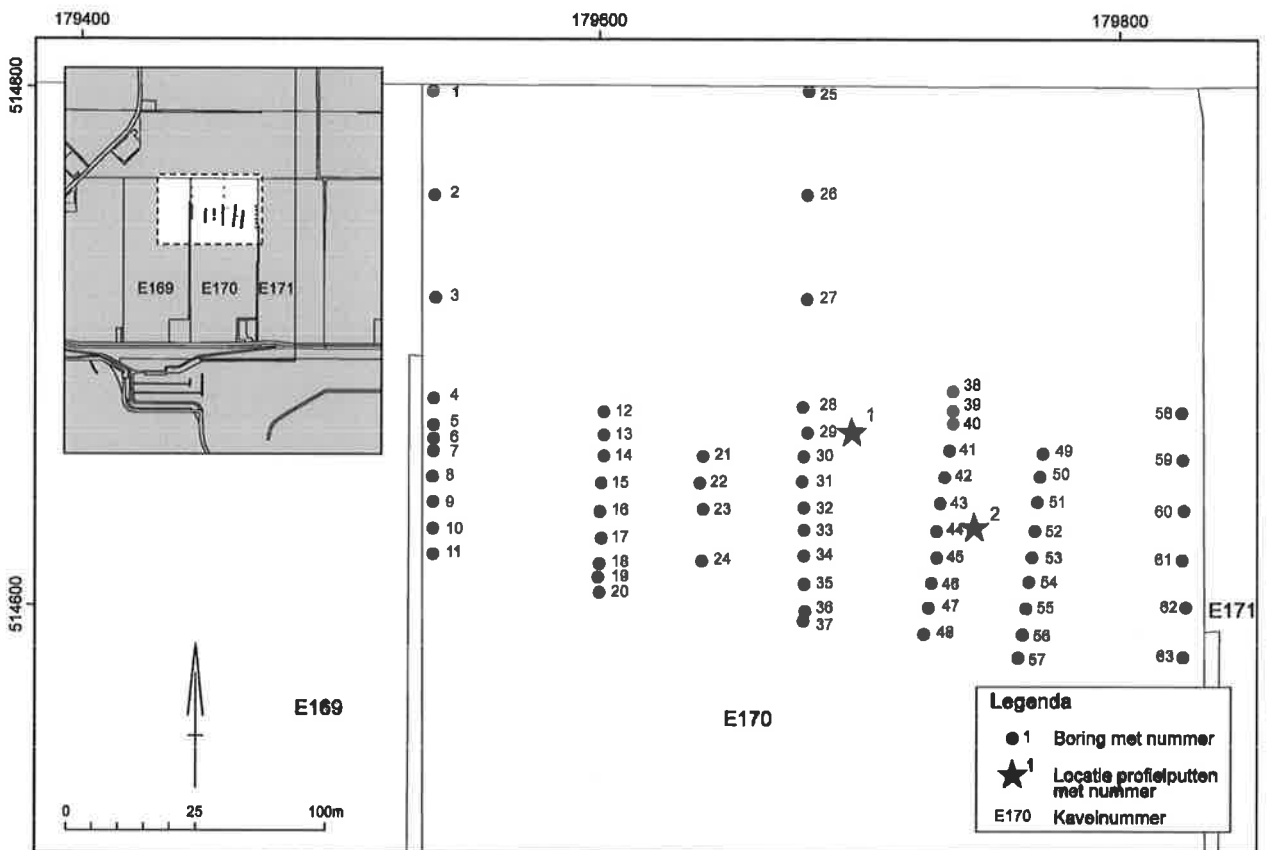
Afbeelding 1 Geografische ligging vindplaatsen op de kavels E170 en J125.



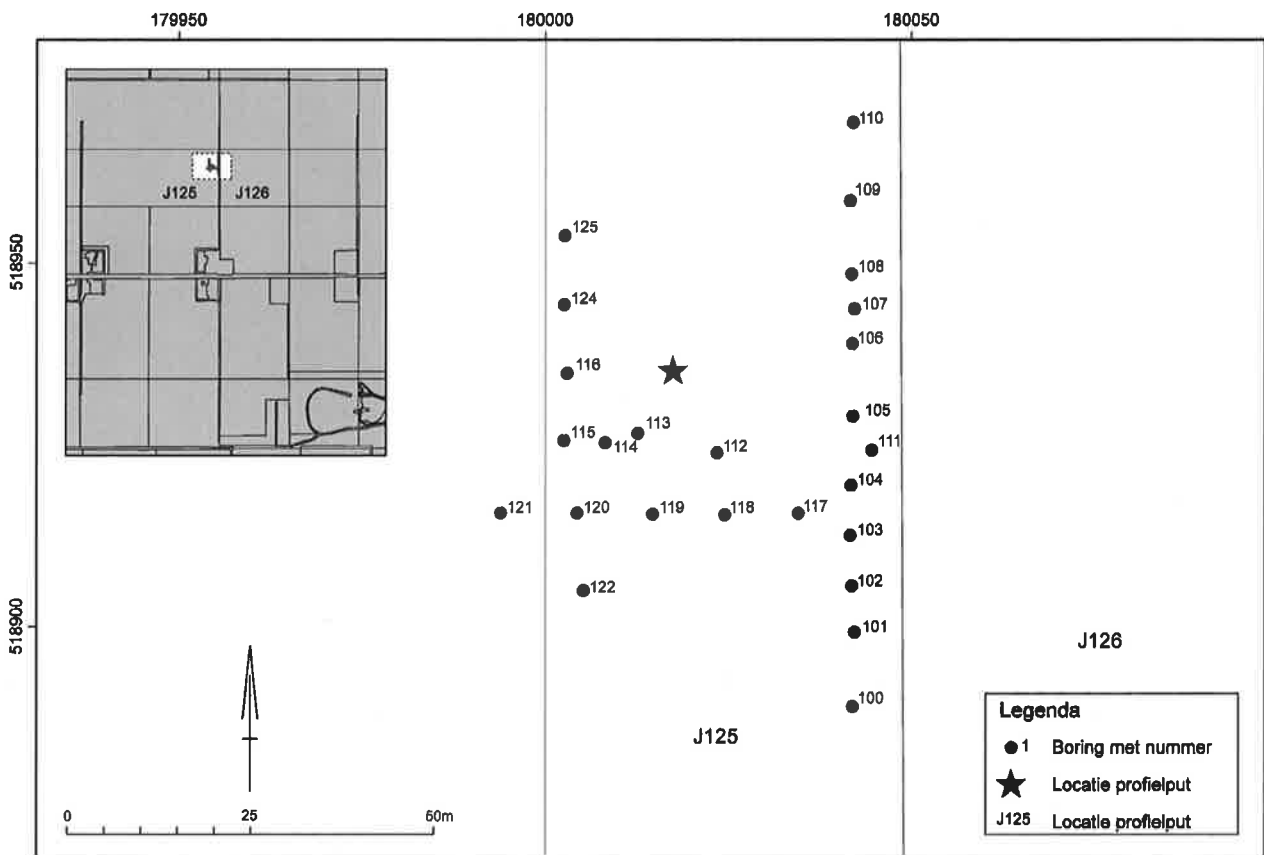
Afbeelding 2 Landschapsreconstructies Noordoostpolder: (A) 4900-4350 v.Chr., (B) 4150-3700 (C) v.Chr. en 3400-3000 v.Chr. (bron: Gehasse 1995).



Abbeelding 3 Slootkantopname van het profiel op de grens van kavels E170 en E171 (naar Palarczyk 1986).



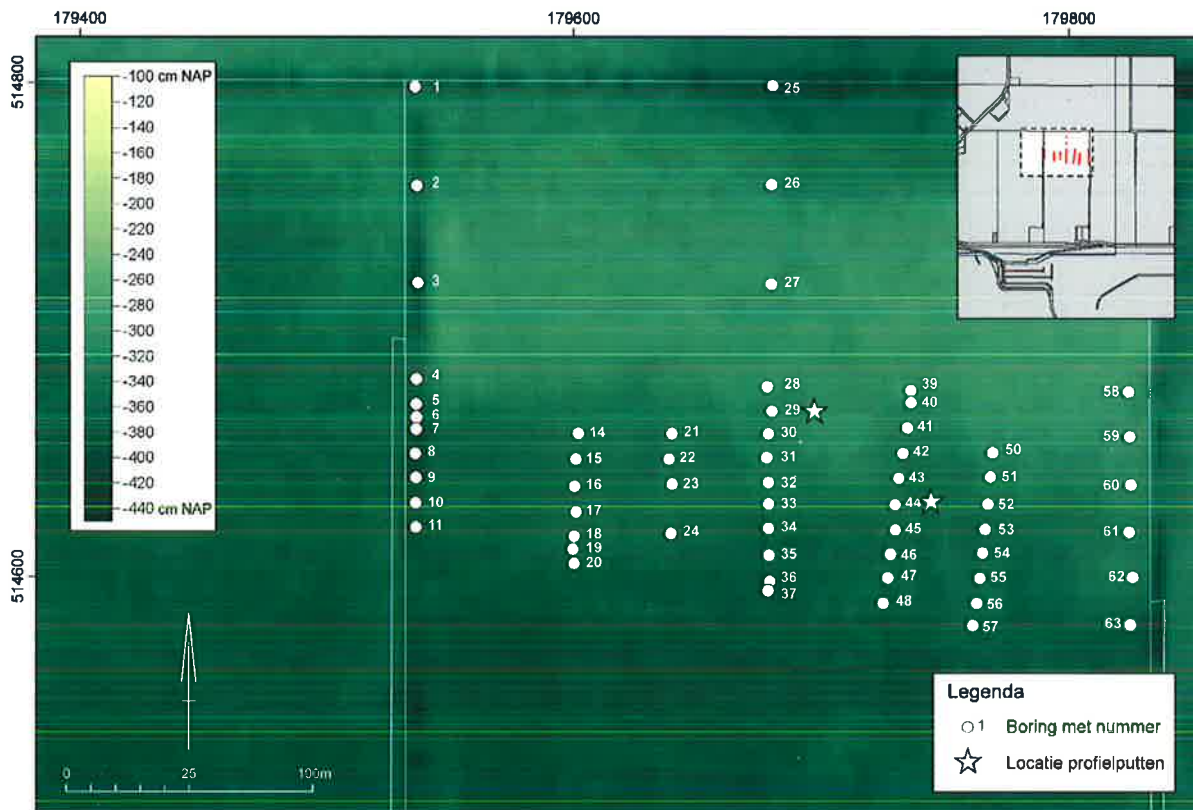
Abbeelding 4 E170: kaart met de locaties van boorpunten en profielputten.



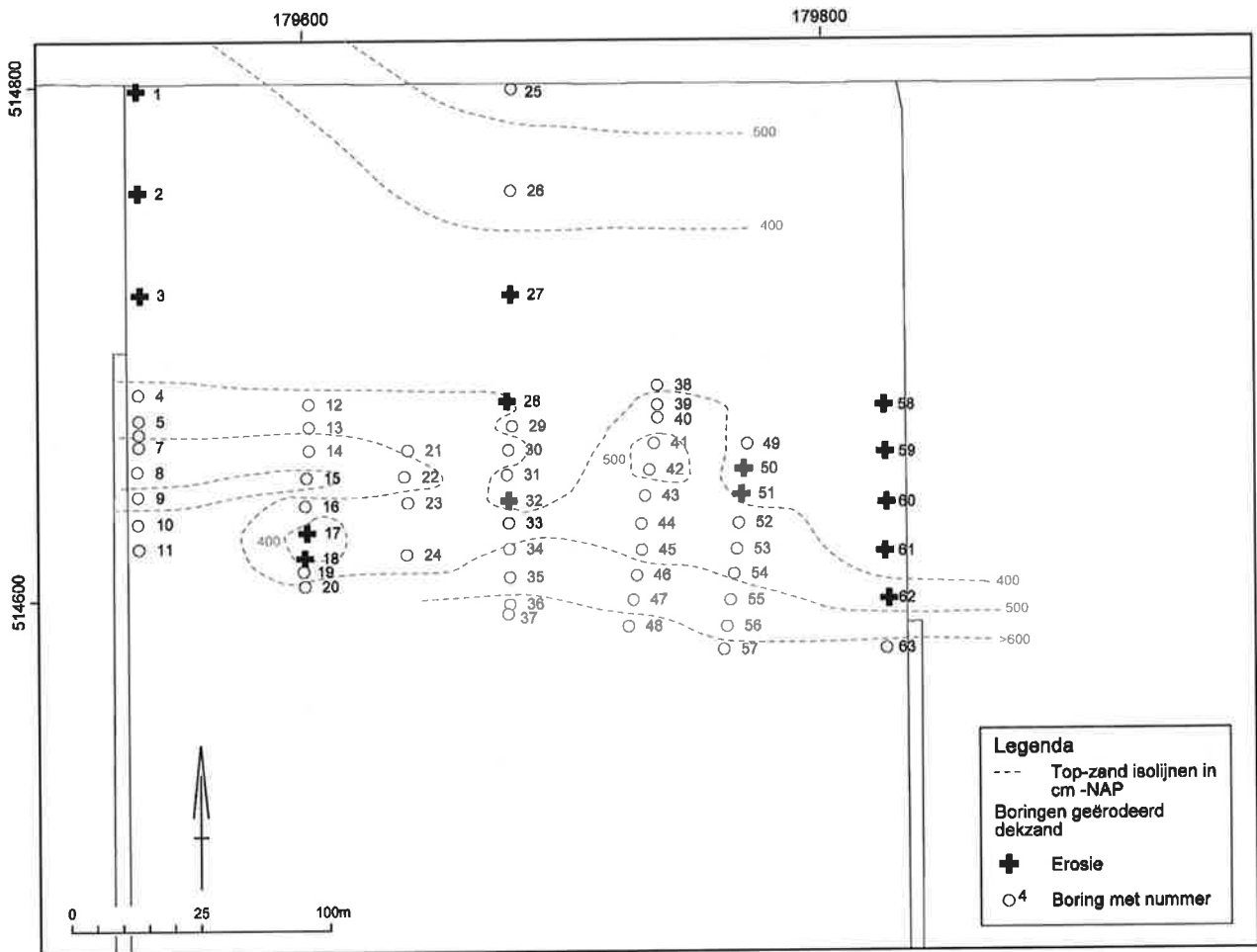
Afbeelding 5 J125: kaart met de locaties van boorputten en de profielput.



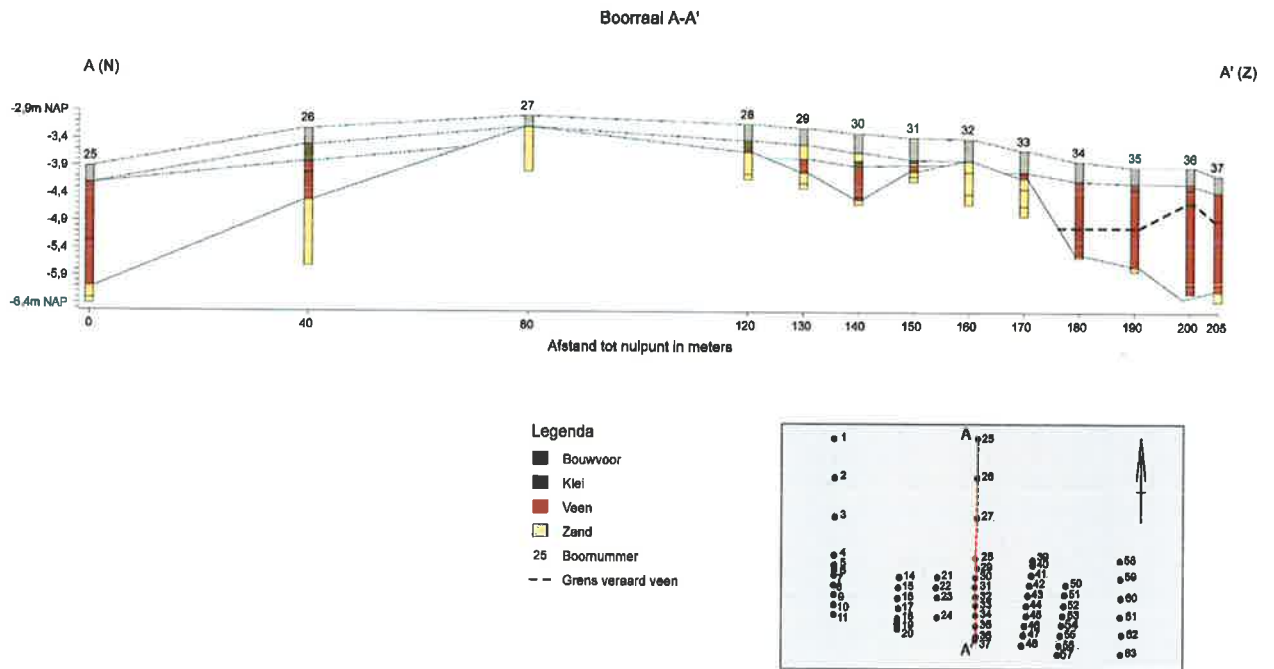
Afbeelding 6 E170: monstername in profielput 2.



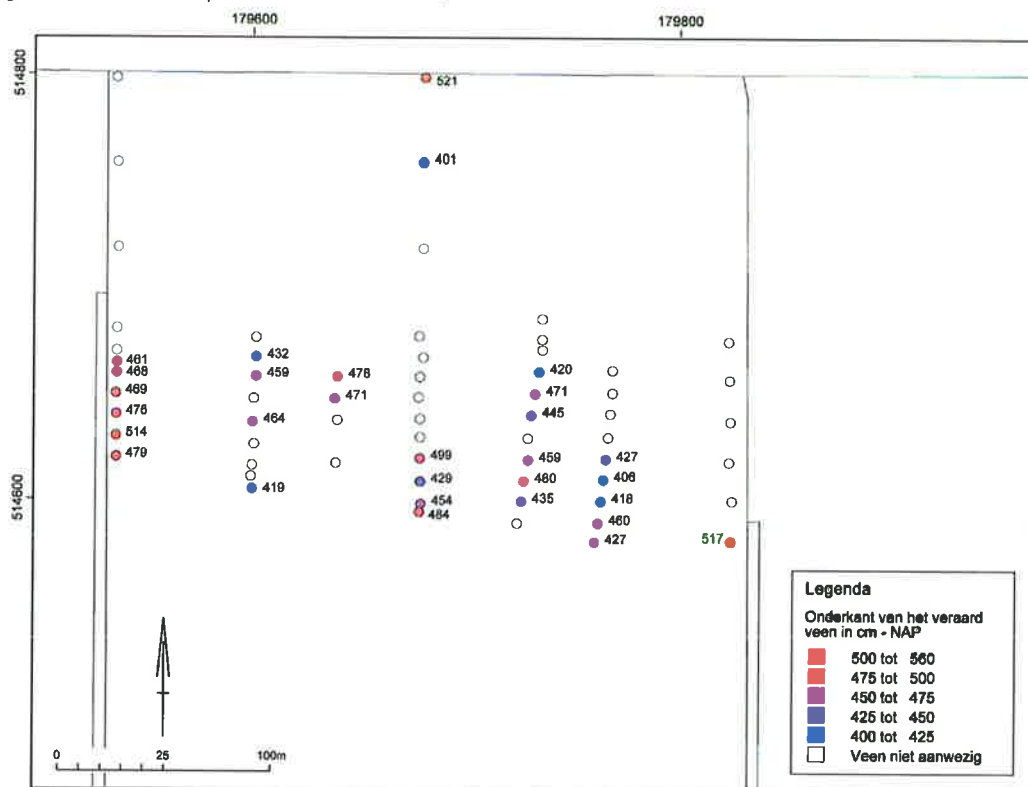
Afbeelding 8 E170: sectie uit het Actueel Hoogtebestand Nederland met de locatie van de boorpunten.



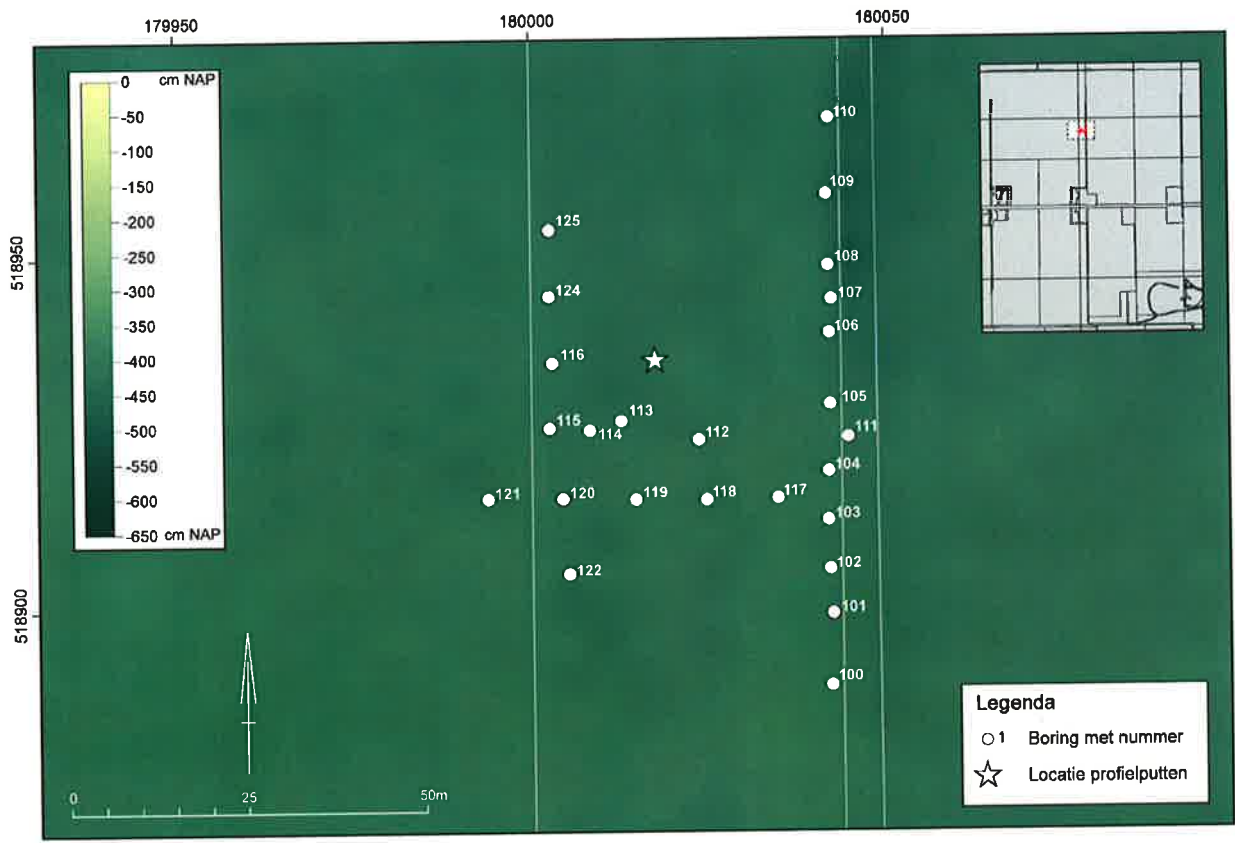
Afbeelding 9 E170: aftopping van het duin.



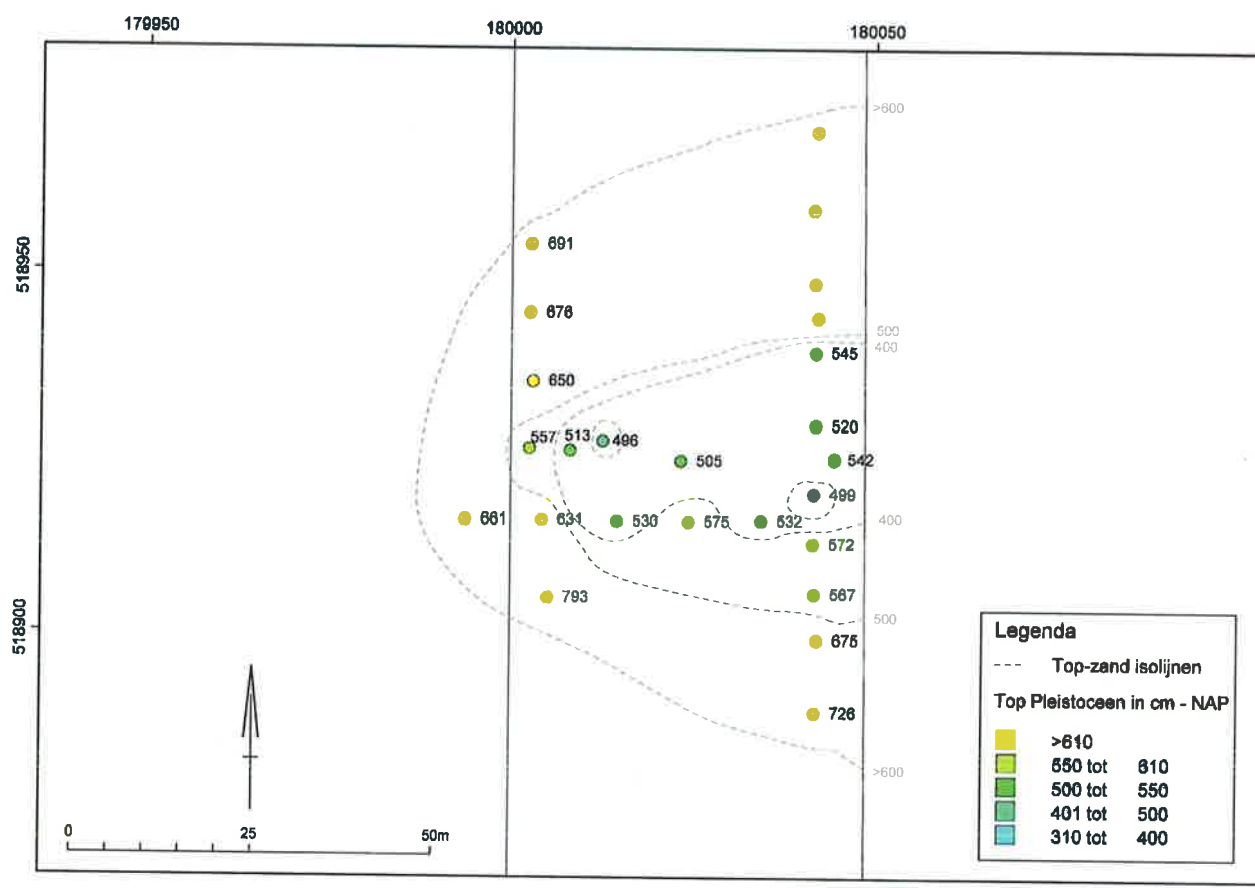
Afbeelding 10 E170: boorprofiel over het duin.



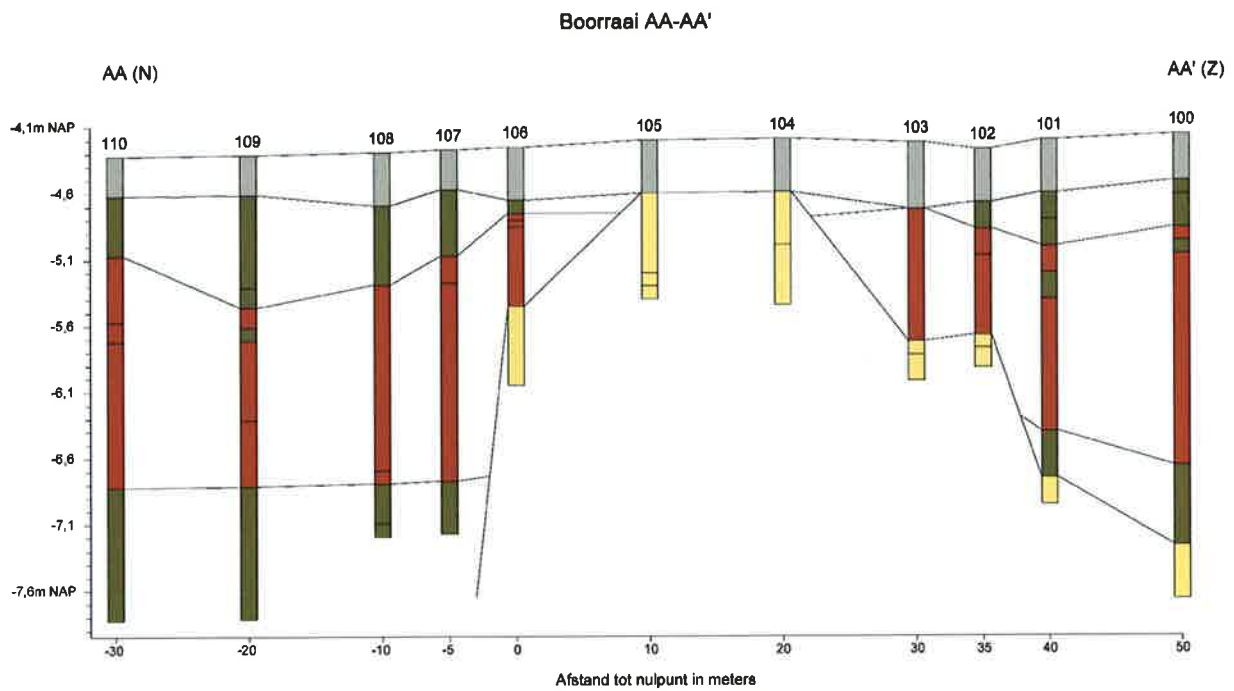
Afbeelding 11 E170: Basis veraard veen.



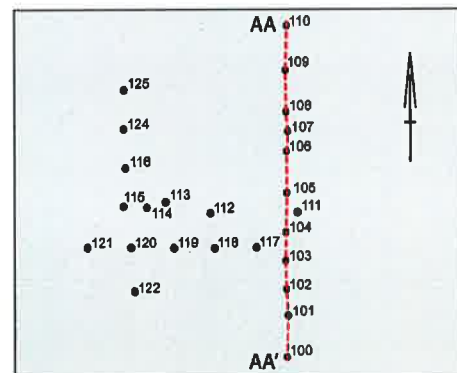
Afbeelding 12 J125: sectie uit het Actueel Hoogtebestand Nederland met de locatie van deboorpunten.



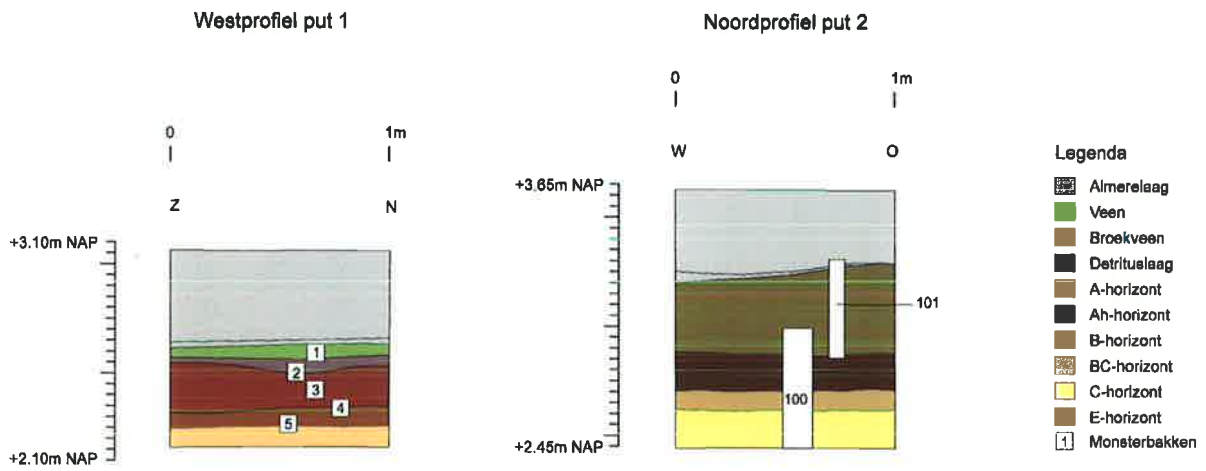
Afbeelding 13 J125: hoogtelijnen en boorpunthoogten van de top van het duinzand.



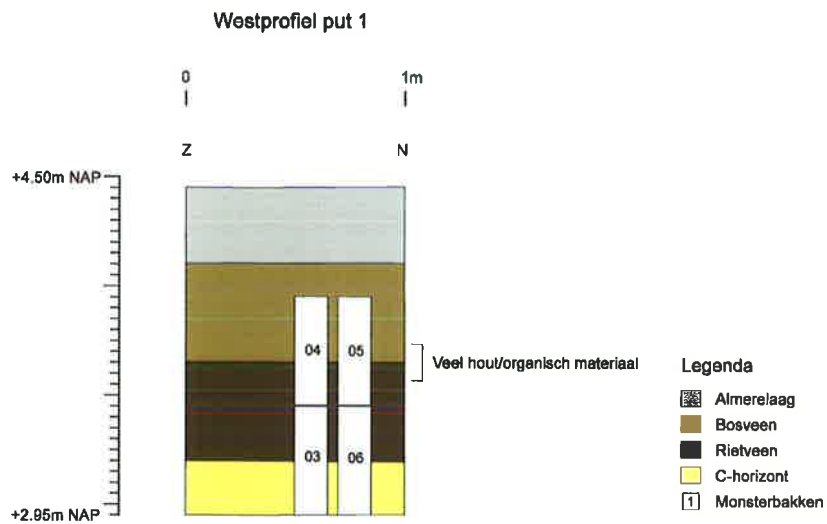
- Legenda**
- Bouwvoor
 - Klei
 - Veen
 - Zand
 - 100 Boornummer



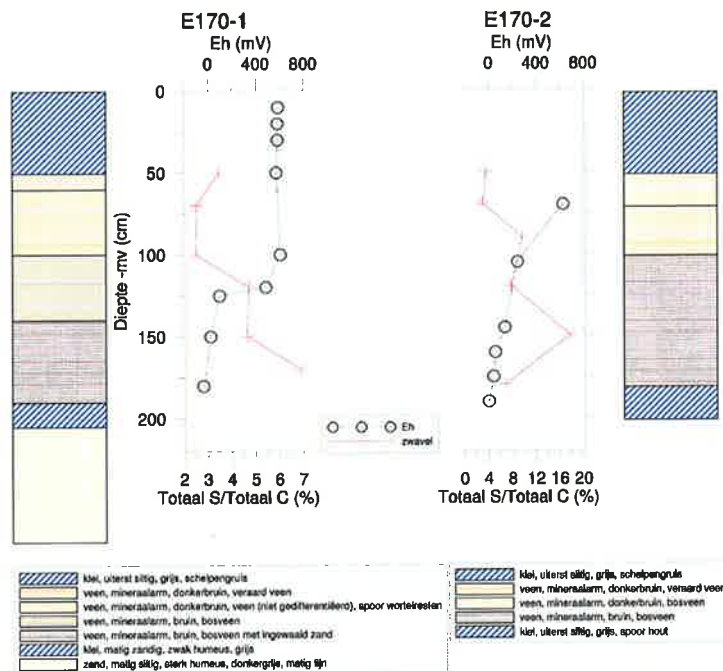
Afbeelding 14 J125: boorprofiel over het duin.



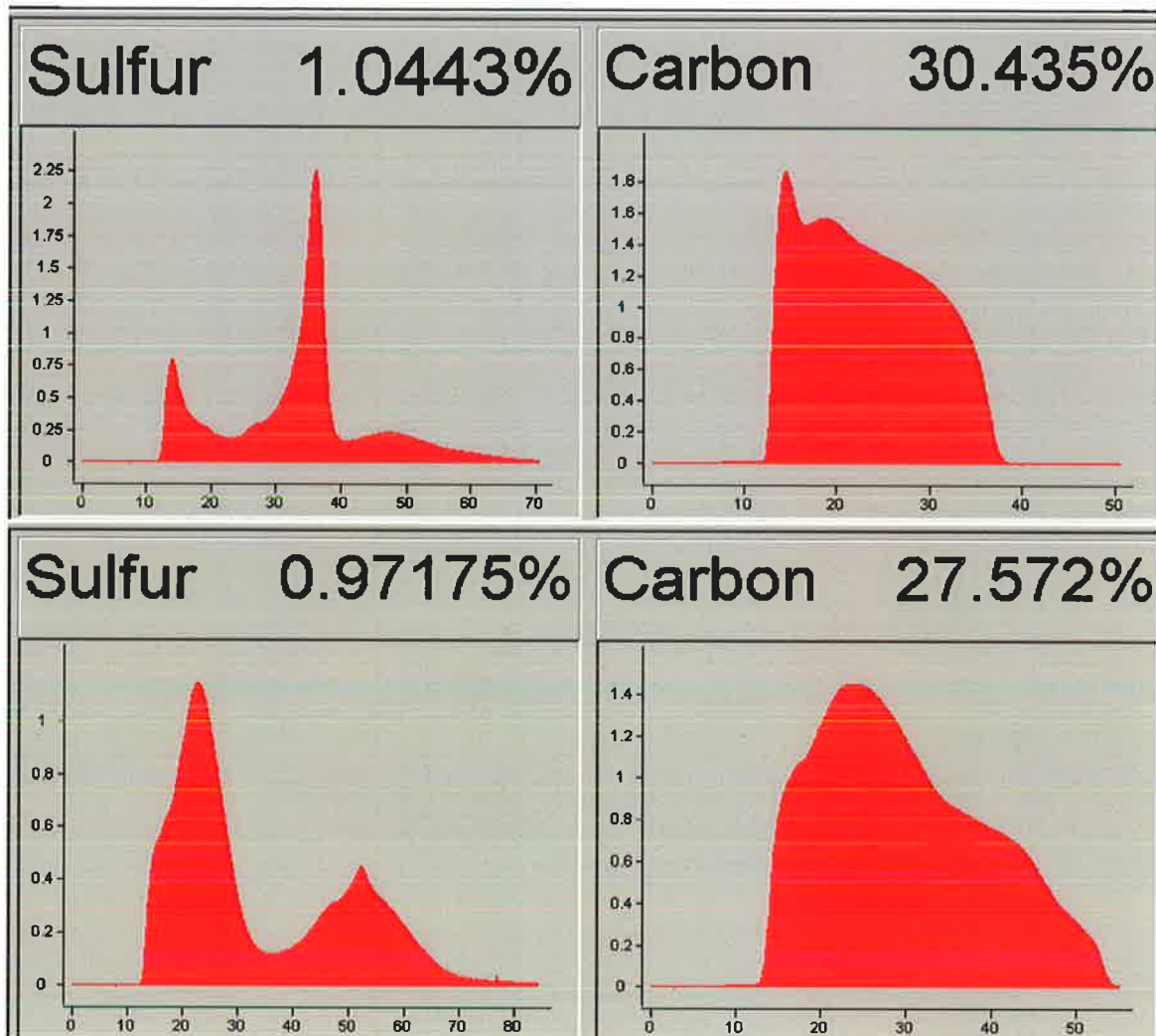
Afbeelding 15 E170: schematische profielen met positie van slijpplaatmonsters.



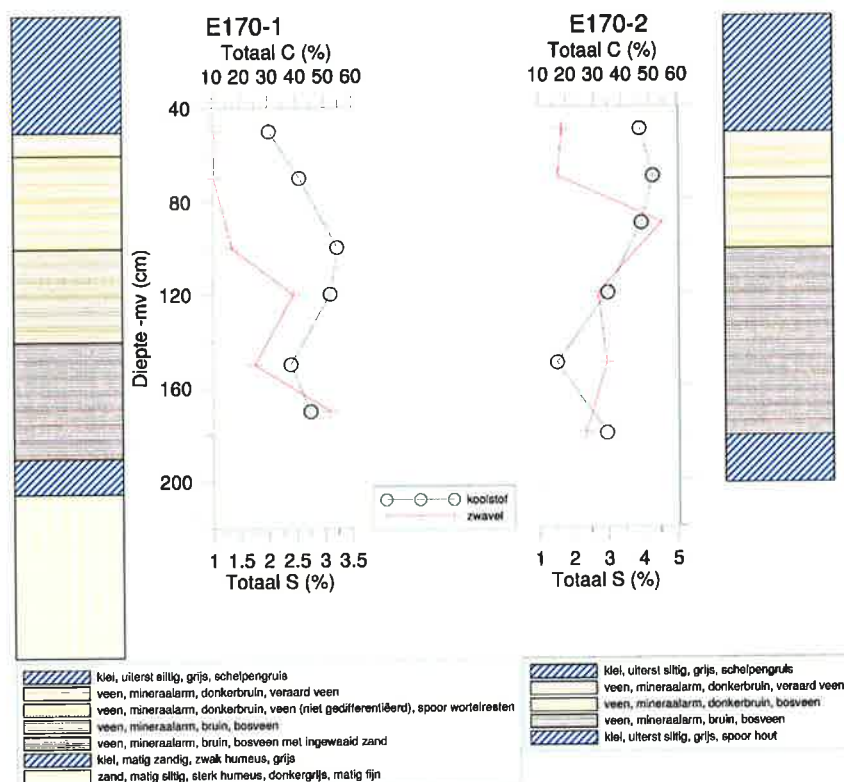
Afbeelding 16 J125: schematische profiel met positie van slijpplaatmonsters.



Afbeelding 17 E170: Eh en S/C uitgezet tegen de diepte. De punten E170-1 en E170-2 liggen ongeveer 7 m uit elkaar. Volgens de klasseïndeling van Smit et al. (2006) liggen de diepste drie punten in redoxklasse 7 (redelijk tot goede preservatie). Echter, voor actieve sulfaatreductie zouden de Eh waarden lager moeten zijn. Tot 1,20 m -Mv zijn de condities oxiderend. De S/C verhouding laat zien dat de bovenste drie monsters van E170-1 en bovenste twee van E170-2, tot een diepte van ongeveer 1 m -Mv een lagere S/C ratio hebben dan de diepere monsters.



Afbeelding 18 E170: zwavel- en koolstofprofielen van de element analysator (tijd tegen signaal) van het bovenste monster van E170-1. Links het profiel van het onbehandelde monster, rechts van het met 1N HCl bij 80 graden behandelde monster. De drie zwavel pieken links zijn waarschijnlijk van links naar rechts: organisch zwavel/fijn verdeelde pyriet, framboïdale pyriet, gevolgd door gips. Rechts is goed te zien dat de gips piek hoger is geworden en de framboïdale piek naar voren is gekomen.



Afbeelding 19 E170: koolstof en zwavelprofielen van E170-1 en E170-2. De zwavelconcentraties in de bovenste 2 monsters van E170-1 en eerste 3 van E170-2 zijn duidelijk lager dan de rest van de monsters. Opvallend is de hoge zwavelconcentratie in E170-1 op een diepte van 90 cm. Het ingewaaide zand in boring E170-1 heeft een duidelijk effect op de organisch stof concentratie, maar niet op het zwavelgehalte.

Boring	Begindiepte	Einddiepte	Org. S (fijn verdeeld)	Pyriet (grof framboïdaal)	Sulfaat
E170-1	50	60	+	+++	++
E170-1	70	80	++	+++	-
E170-1	100	110	+++	++	-
E170-1	120	130	+++	++	-
E170-1	150	160	++	+++	-
E170-1	170	180	++	+++	-
E170-2	50	60	++	+++	+
E170-2	70	80	+++	++	-
E170-2	90	100	++	++	-
E170-2	120	130	++	+++	-
E170-2	150	160	++	+++	-
E170-2	180	200	+++	++	-
E170-1	50		+++	++	+
E170-1	70		++	+++	-
E170-1	160		++	+++	+

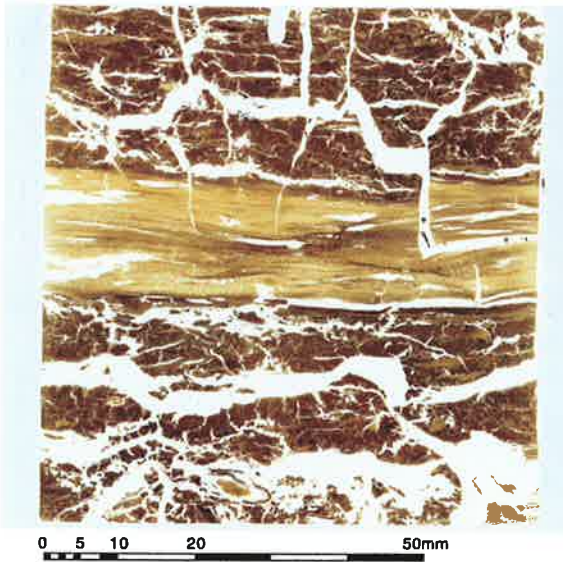
Tabel 1 Kwalitatieve inschatting van de verschillende zwavelfasen op Schokkerhaven-E170, afgeleid uit de CS-meting.

E170		J125	
Diepte	Conditie	Diepte	Conditie
2	3	1	2
6	3	5	2
10	4/5	9	3
14	3	13	3
18	3	17	3
22	4	21	3
26	3/4	25	3
30	4	29	3
33	3/4	33	3
38	3/4	37	3
42	4	41	4
46	4	45	2/3
50	3/4	49	3
54	3/4	53	3
58	3	57	2/3
62		61	3
64		65	4
66		69	3/4
68		73	4
70	3	77	3/4
72		81	3
74		85	3
78		89	4
82		93	4
85	5	97	4

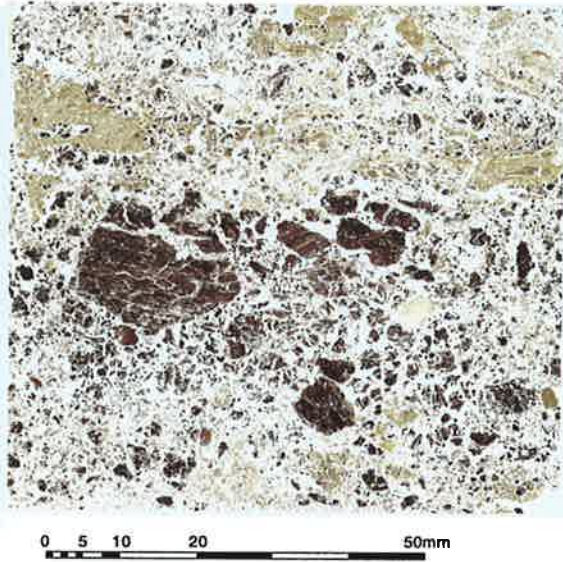
Tabel 2 Relatieve conserveringstoestand (1= goed; 5=slecht) van pollen uit de monsters van E170 en J125 (gegevens Felix Weijdema). De monsterdiepte is aangegeven in centimeters boven de basis van de onderste pollenbak doorlopend in de bovenste pollenbak (zie afb. 15 en 16).

Bijlage 3 Foto's van de slijpplaten en detailopnamen van micromorfologische verschijnselen.

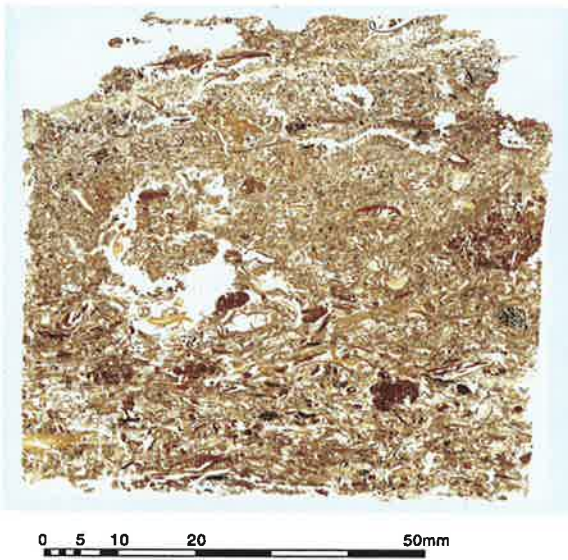
Schokland E 170 10-18 Bak 1



Schokland E 170 put 1-I



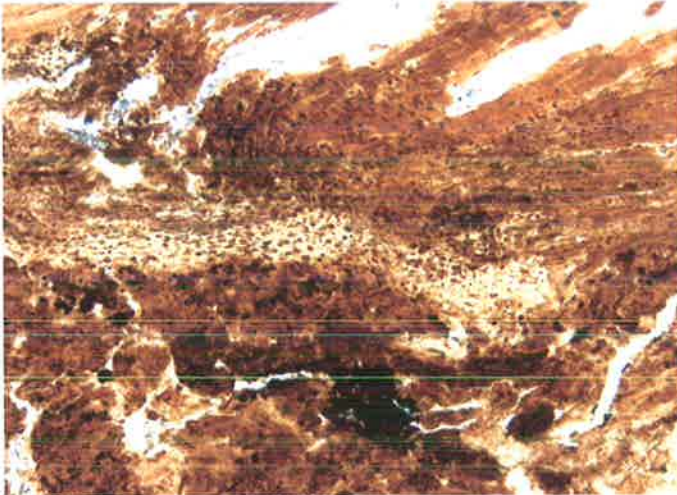
Schokland J 125 0,5-8,5cm Bak 2A



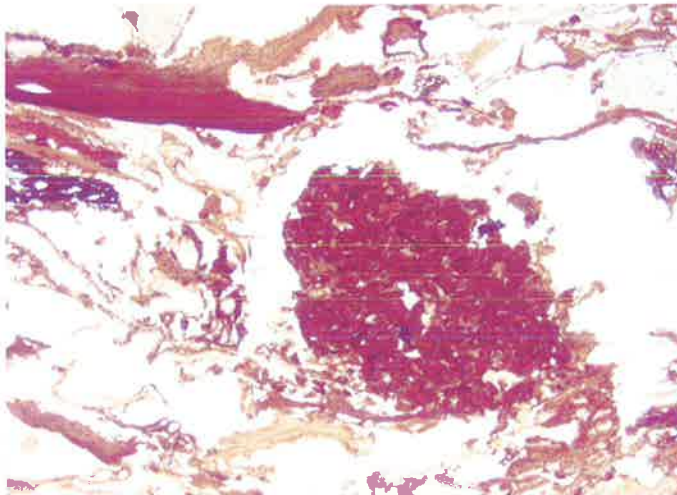
Schokland J 125 37-45cm Bak 2A



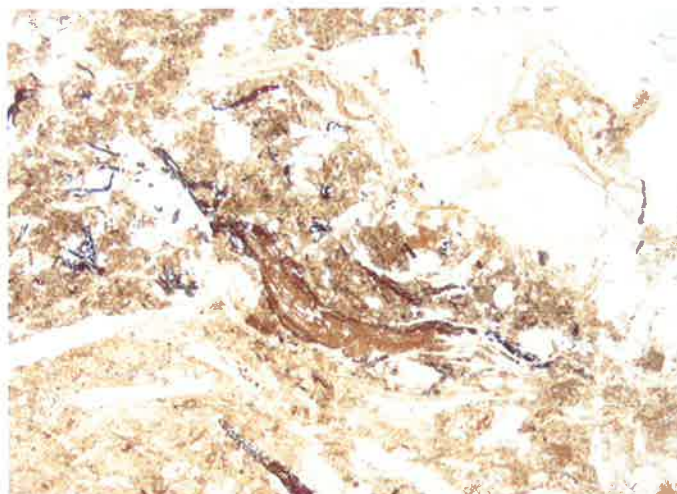
Overzichtfoto's van enkele slijpplaten van Schokkerhaven-E170 en Schokland-J125.



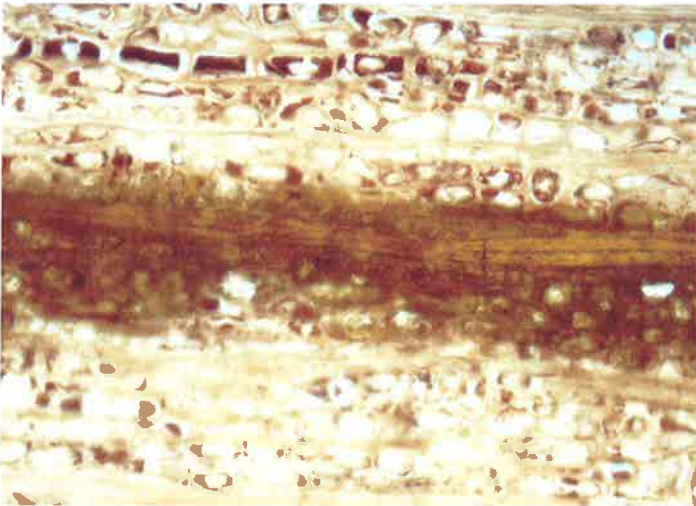
E170 (10 - 18 1a 10 PPL) Goed geconserveerd organisch materiaal in gedegreerde massa met Fe-oxide en pyriet.



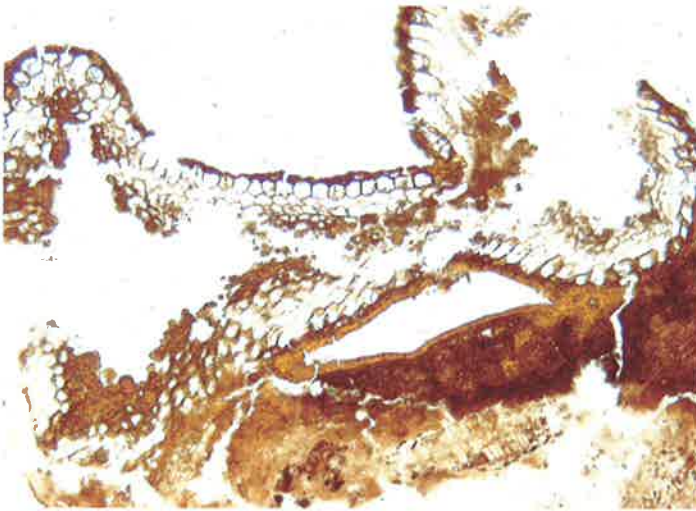
J125 (0.5 - 8.5 Bak 2A 1a 2.5 PPL) Coprolietfragment.



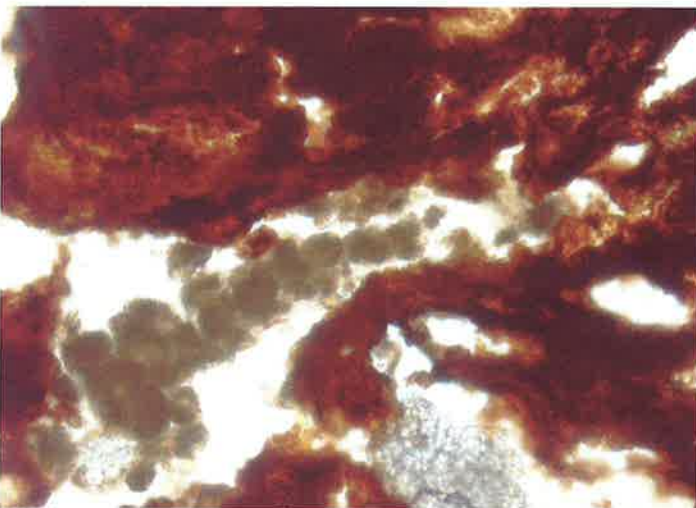
J125 (21 - 29 Bak 2A 1a 2.5 PPL) Gearticuleerde fragmenten deels verkoold organisch materiaal.



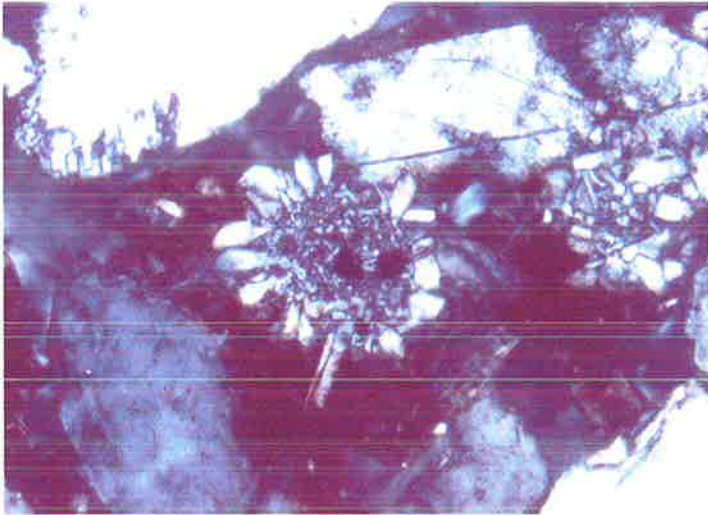
E170 (10 - 18 3a 20 PPL) Hout met Fe-oxide en evt. jarosiet in cellen en deels geïmpregneerd.



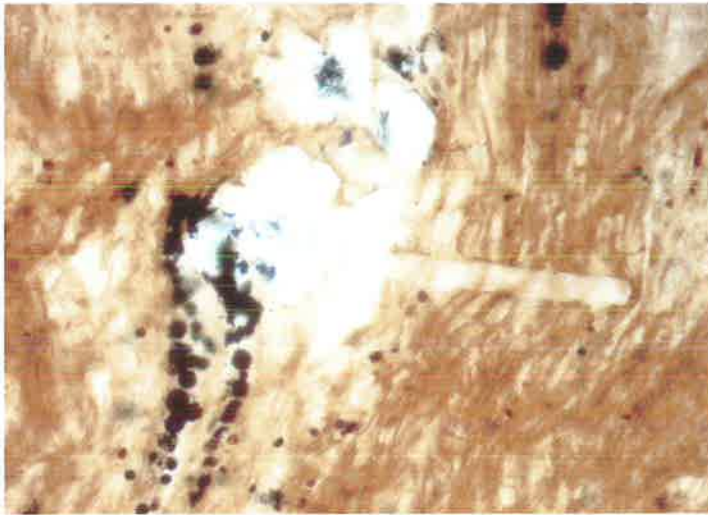
E170 (10 - 18 4a 10 PPL) Celwanden met of vervangen door Fe-oxide.



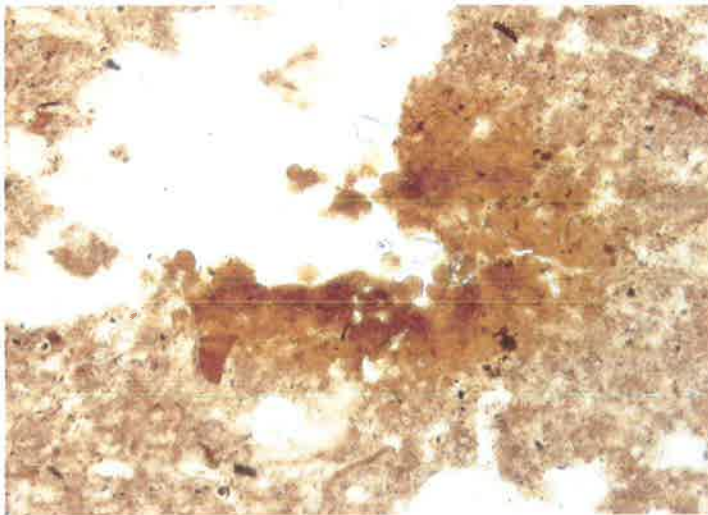
E170 (10 - 18 5d 20 PPL) Fragment met Fe-oxide geïmpregneerd veen, met jarosiet (pseudo framboides).



J125 (29.5 - 37.5 Bak 2B 2b 20 XPL) Pyriet framboides met gipskroon.



J125 (29.5 - 37.5 Bak 2B 3c PPL 20) Pyriet framboides gipszwaard dat celwanden beschadigd.



J125 (29.5 - 37.5 Bak 2B 4a 10 PPL) Fe-oxide pseudo framboides en hypocoatings.

Bijlage 1 Schokkerhaven E170: vondstenlijst (putten 1 en 2) en algemene beschrijving van het vuursteen.

Putnr.	Vaknr.	Viaknr.	Volgnr.	AW	VST	NS	HK	BOT	MACROREST	OPMERKING
1	1	1	1		3		+++			
1	1	2	5		6		+++			
1	1	4	13		6		+			
1	1	5	17		6		+			
1	1	6	19		18		++			
1	1	6	20		6		++			
1	1	7	21		3		++			
1	1	3	9B		5		+			
1	2	1	2		4		++			
1	2	2	6		4	1	+++			NS gefragmenteerd
1	2	3	10		9	1	+++			NS gefragmenteerd
1	2	4	14		12		+			
1	2	5	18		4		+			
1	2	7	22		8		+			Brokje pek?
1	3	2	7		5		+++			
1	3	3	11		8		+			
1	3	4	15A		8		+			
1	3	1	3B		3		+			
1	4	1	4		2		+			
1	4	2	8		8		+++			
1	4	3	12		12		++			
1	4	4	16		9		+	1		
2		1	3	3	11		+	1		1 (hazeln.) AW = Swifterbant

Putnr.	Vaknr.	Viaknr.	Volgnr.	Kern	Brok	Afslag	Kling	Werktuig	Verbrand
1	1	1	1			3			
1	1	2	5			7	1		
1	1	4	13			6			1
1	1	5	17		1	5			1
1	1	6	19			16	2		7
1	1	6	20	1	1	4			2
1	1	7	21		1	2			
1	1	3	9B		1	4			1
1	2	1	2			4			1
1	2	2	6			4			
1	2	3	10			8		1 (indet.)	4
1	2	4	14			9	2	1 (indet.)	4
1	2	5	18			4			4
1	2	7	22			8			1
1	3	2	7			5			1
1	3	3	11			8			5
1	3	4	15A			8			1
1	3	1	3B			3			
1	4	1	4			2			
1	4	2	8			7		1 schrabber)	1
1	4	3	12		4	8			5
1	4	4	16			9			3
2		1	3		1	8		1 schrabber)	1

J125	Bak 2A	0,5	0,5		Veen met weinig zandbitt	Zeer heterogeen en gelaagd, grote hoeveelheden plantenweefsel. Lokaal enkele concentraties fecaal pellets. Enkele afgeronde aggregaten sterk gedegradeerd organisch materiaal (coproeten?). Hierin komen ronde holtes voor die nauwelijks verward worden met spherulieten. Fragmenten verbrand materiaal	Plantenweefsel, lokaal een weefsel met sporadisch dubbelbrekend.		oxides.		coproeten van varken, schape of geit. In sommige gevallen rund?
J125	Bak 2A	11	19		Veen	Zeer heterogeen en gelaagd, grote hoeveelheden plantenweefsel. Lokaal enkele concentraties fecaal pellets. Enkele afgeronde aggregaten sterk gedegradeerd organisch materiaal (coproeten?). Hierin komen ronde holtes voor die nauwelijks verward worden met spherulieten.	Weefsel goede geconserveerd, veel dubbelbreking (dus cellulose bewaard gebleven).		Hier en daar zijn organische weefsels geïmpregneerd met Fe oxides.		
J125	Bak 2A	21	28	Boven	Veen	Zeer grove fragmenten plantenweefsel in los gepakte gelaagde stapeling. Vrij algemeen aggregaten van sterk gedegradeerd plantaardig materiaal. Soms fragmenten verkolde of deels verkolde materiaal.	Weefsel goede geconserveerd, veel dubbelbreking (dus cellulose bewaard gebleven).				Op overgang naar onderlaag ligt een fragmente hout waarvan de buitenkant is verkolde. Daarmee gearticuleerde verkolde fragmenten in ca. horizontaal vlak.
				Onder	Veen	Massieve grondmassa van fijn verdeeld amorf organisch materiaal. Daarin grote weefselfragmenten ingebed.	Grondmassa sterk gedegradeerd. Weefselfragmenten goed geconserveerd.		2-3 discrete weefselfragmenten vertonen impregnatie met ijeroxides.		Op één locatie komen onbekende mineralen voor rondom hout met geïmpregnering aan de binnenkant. Ijersulfaten???
J125	Bak 2A	37	45		Veen	Massieve grondmassa van fijn verdeeld amorf organisch materiaal. Daarin enkele grote weefselfragmenten ingebed. Eén zeer dun zandlaagje.	Grondmassa sterk gedegradeerd. Weefselfragmenten goed geconserveerd.	Pyriet (framboedial) en massief komt vrij algemeen voor in de grondmassa. Grote concentraties in zandlaagje. Verder vaak in lijnvormige, grootschalige groeiporingen van pyriet.	Veel organische stof is geïmpregneerd met ijeroxides. Echter geen separate ijeroxide mineralen waargenomen.	Kransen van gipskristallen rondom pyriet. Van boven naar beneden neemt de mate van omzetting pyriet -> gips af. Bovenin vrijwel alleen gips, midden alle pyriet met gipskristallen, onderin deel van de pyriet zonder gips. Lokaal gipsnaaldjes in holtes.	
J125	Bak 2B	0	8	Boven	Veen	Horizontale weefselfragmenten van behaard of bevestigd blad met daartussen kleinere weefselfragmenten ("Lasagne structuur"). Weinig fijne massa. Enkele zeer grote weefselfragmenten.	Goed geconserveerd, vaak nog dubbelbreking. Een domein in een groot weefselfragment vertoont omzetting van een deel van de massa naar een organisch plasma. Phytolieten??				
				Onder	Veen of grinte	Massieve gedegradeerde organische massa met grote plantfragmenten.	Massa sterk gedegradeerd. Weefselfragmenten goed geconserveerd.	Keine framboedclusters in grondmassa. Grote clusters in scheuren.			
J125	Bak 2B	11,5	20	Boven	Veen	Grondmassa bestaande uit fecaal pellets plasma men anderszins gedegradeerd organische stof met veel grote weefselfragmenten.	Weefsel fragmenten goed geconserveerd.	Enkele pyriet clusters veelal weinig aangestast. Indien aangestast ofwel gips ofwel ijeroxide halo's.		Jarosit in enkele gevallen als corrosieproduct van pyriet. Gips in enkele gevallen als haar	
				Onder	Veen met zand	Massieve grondmassa van organische stof, gedegradeerd organisch materiaal of plasma met ingebed kleine goed geconcentreerde weefsel fragmenten. Veel zandkorrels.	Weefsel fragmenten goed geconserveerd.	Pyriet clusters algemeen in de grond massa. Deels niet aangestast, deels met gips kristallen of vrijwel omgezet naar gips, deels met hypocoatings van ijeroxides. In enkele gevallen gips en ijeroxides gecombineerd.	Ijeroxides komen voor als hypocoatings in de grondmassa rondom pyriet clusters, als ijzer velen in de grondmassa, of als ijzergeïmpregneerde organische stof.	Vrij algemeen als oxidatieproducten bij pyriet clusters.	
J125	Bak 2B	20,5	29		Veen met zand	Massieve grondmassa van organische stof, gedegradeerd organisch materiaal of plasma met ingebed kleine goed geconcentreerde weefsel fragmenten. Veel zandkorrels.	Weefsel fragmenten goed geconserveerd.	Pyriet clusters algemeen in de grond massa. Deels niet aangestast, deels met gips kristallen of vrijwel omgezet naar gips, deels met hypocoatings van ijeroxides. In enkele gevallen gips en ijeroxides gecombineerd.	Ijeroxides komen voor als hypocoatings in de grondmassa rondom pyriet clusters, als ijzer velen in de grondmassa, of als ijzergeïmpregneerde organische stof.	Vrij algemeen als oxidatieproducten bij pyriet clusters.	
J125	Bak 2B	29,5	38		Veen met zand	Massieve grondmassa van organische stof, gedegradeerd organisch materiaal of plasma met ingebed kleine goed geconcentreerde weefsel fragmenten. Groot fragment hout met bast. Veel zandkorrels.	Weefsel fragmenten goed geconserveerd.	Pyriet clusters algemeen in de grondmassa. Standaard vorm pyriet clusters met ijzer oxide hypocoating, in enkele gevallen pyriet clusters met gips kristallen en ijzer oxiden hypocoating. In de weefselfragmenten zijn hypocoatings meestal afwezig maar gips komt dan wel voor.	Als hypocoatings rond pyriet clusters. Ijeroxides komen voor als hypocoatings in de grondmassa rondom pyriet clusters, als ijzer velen in de grondmassa, of als ijzergeïmpregneerde organische stof. Een keer ijeroxide pseudomorfen van pyriet.	Vrij algemeen als oxidatieproducten bij pyriet clusters. In de weefselfragmenten is schade aan de celstructuur van organische stof als gevolg van kristal groei van het gips duidelijk aantoonbaar.	
J125	Bak 2B	39,5	48		Zand	De intergranulaire ruimte bevat resten sterk gedegradeerd organisch materiaal. Soms zijn celstructuren nog vaag herkenbaar. Dit materiaal is voor een deel geïmpregneerd met ijeroxides. Een hout fragment.	Sterk gedegradeerd.				Pyriet en gips afwezig. Waarschijnlijk B horizont van een podsol profiel.

