

RONALD VAN BALEN

Faculteit Aarde- en Levenswetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam  
De Boelelaan 1085, 1081 HV Amsterdam  
Ronald.van.Balen@falw.vu.nl, www.geo.vu.nl/~balr

# DE ONDERGROND VAN SCHOKLAND

Het eiland Schokland, dat vroeger bijna door het water werd verzwolgen, wordt na inpoldering juist bedreigd door een tekort aan water. Door de verdroging klinkt het veen in en wordt het aan de lucht blootgesteld, waardoor het veen oxideert en vergaet. Hierdoor dreigt het veenreliëf van het voormalige eiland te verdwijnen. Om de bodem natter te maken en zo het veen te redden, zijn er sloten gegraven waarin het waterpeil hoger is dan in de omringende polder. Bij het graven van de sloten werd de ondergrond van Schokland ontsloten en kon men de geologische geschiedenis ervan bestuderen. Deze publicatie toont enige slootprofielen en verteld daarbij wat er op geologisch gebied te zien valt.

## Verdroging van Schokland

Schokland is een voormalig eiland in de Noordoostpolder (1939). Het is in 1859 ontruimd in verband met gevaar voor de bewoners: het eiland werd door afslag door de Zuiderzee steeds kleiner. In 1995 is Schokland door UNESCO opgenomen in de lijst van Werelderfgoedgebieden, als symbool van de Nederlandse strijd tegen het water. Dankzij zijn bijzondere geschiedenis is de bodem van Schokland een schatkamer voor archeologen. Ze hebben er resten gevonden uit de prehistorie en uit de periode vanaf de Middeleeuwen tot aan de ontruiming. Maar door de drooglegging en de bodemgesteldheid wordt dat archief bedreigd. De ondergrond van Schokland bestaat namelijk voor een belangrijk deel uit veen, dat door ontwatering inklinkt en verdwijnt door oxidatie. Daarom is in 2003 begonnen met het verhogen van de grondwaterstand op en direct rondom het gebied. Hiertoe zijn sloten gegraven die er voor zorgen dat er een trapsgewijs verloop is tussen de

stand van het grondwater op het eiland en dat van de omringende polder.

## Geologie van Schokland

Bij het maken van de sloten werd de ondiepe ondergrond van Schokland op spectaculaire wijze ontsloten, een ondergrond die een aantal belangrijke aspecten van de ontwikkeling van de Nederlandse kust illustreert. Het is het verhaal van een stijgende zeespiegel die aanleiding gaf tot moerasvorming. Dit verjoeg de oudste bewoners van deze plek. De moerasafzettingen zijn tenslotte ook weer ten prooi gevallen aan de verder landwaarts oprukkende zee. Dit maakte het gebied in eerste instantie weer geschikt voor bewoning, maar uiteindelijk moest het weer verlaten worden. Delen van de slootprofielen zijn vastgelegd op fraaie foto's en zijn de achterliggende reden van deze publicatie. Echter, om de foto's goed te begrijpen is het nodig de geologie van Schokland te kennen. Daarom geef ik eerst een overzicht van de geologie.

De oude kern van Schokland wordt gevormd door keileem uit het Saalien, de een-na-laatste ijstijd. Deze keileem ligt aan het oppervlak in het Schokkerbos (Afb. 1), aan de westkant van het eiland. In het hele gebied komt zand voor dat is neergelegd tijdens de laatste ijstijd, door de wind (dekzand) of door de rivieren uit die tijd. Dit zand ligt dicht onder het oppervlak aan de zuidpunt van Schokland, en iets ten noorden van de noordpunt (Afb. 2). Hier bevinden zich namelijk rivierduinen langs takken van de toenmalige IJssel (zuid) en Vecht (noord). Op het zand ligt Holoceen veen, zowel in de ondergrond van het eiland als in de ondergrond van voormalige Zuiderzee. Op het eiland is het veenpakket vrijwel intact. De veenvorming is hier namelijk doorgedaan tot ongeveer 1200 jaar geleden. Naast het eiland heeft de Zuiderzee het veen echter

Afbeelding 1.  
De ligging van Schokland in de Noordoostpolder.  
I = Schokkerbos,  
II = Locatie Afb. 4,  
III = Locatie Afb. 5 en 6,  
IV = Locatie Afb. 7,  
V = Locatie Afb. 8.



Afbeelding 2.  
Digitaal hoogtemodel van Schokland  
© AHN (www.ahn.nl).  
De kleuren laten het hoogteverloop op en rondom Schokland zien. Het laagste punt heeft een witte kleur, bevindt zich in de linker bovenhoek, en ligt op ongeveer 4,5 m beneden zeeniveau (-NAP). Het hoogste punt heeft een donkerbruine kleur, ligt op Schokland en is ongeveer 0,0 meter NAP, dat wil zeggen op zeeniveau. Het kleurverloop laat het hoogteverloop zien.



weggeërodeerd, waardoor daar het bovenste deel van het veenpakket ontbreekt.

De jongste afzettingen op het eiland zijn een soort kwelderafzettingen die uit compacte vette kleien bestaan. Naast het eiland liggen zandige tot siltige, schelprijke zavelafzettingen die door de Zuiderzee zijn neergelegd.

Hieronder volgt een meer gedetailleerde beschrijving van de geologische ontwikkeling. De vermelde ouderdommen bij de geologische perioden zijn bij benadering.

### Saalien

De oudste afzetting aan het oppervlak van Schokland is keileem uit de voorlaatste ijstijd, de Saale glaciatie. De gesteentetuin in het Schokkerbos is er op aangelegd. Deze grijze keileem is zandig en rijk aan vuursteen. De ouderdom is ongeveer 150.000 jaar. De keileem is een restant van een met keileem bedekte stuwwal, waartoe ook de keileemvoorkomens van Urk, Tollebeek en de Voorst (allen in de Noordoostpolder) behoren. Deze stuwwal maakt deel uit van de 'stuwwallinie' Texel-Wieringen-Gaasterland-Urk-Vollenhove-Steenwijk-Emmen-Itterbeck-Uelsen. Deze lijn behoort tot de Rehburger fase van de Saale glaciatie, een iets oudere stuwwal-fase dan die van de Midden-Nederlandse stuwwallen.

Tijdens het afsmelten van de Saale ijskap is er een breed (ca. 10 km) en diep (ca. 50 m), oost-west gericht rivierdal ontstaan pal ten noorden van Schokland. Door dit rivierdal heeft in elk geval water van de Rijn en smeltwater van de Saale ijskap gestroomd. Maar waarschijnlijk moeten rivieren uit de Duitse laagvlakte ook bijgedragen hebben, zoals de Ems en de Weser, omdat hun afvoer naar het noorden nog geblokkeerd was door het landijs. De Rijn stroomde van Nijmegen-Arnhem via het huidige IJsseldal naar het dal ten noorden van Schokland.

### Eemien

In de ondergrond van Schokland komen geen afzettingen uit het warme, interglaciale Eemien voor (130.000 - 120.000 jaar voor heden). Maar uit het grote dal ten noorden van Schokland zijn wel mariene afzettingen van Eemien ouderdom bekend, waar zij in afwisseling voorkomen met afzettingen van de Rijn. Veem uit het Eemien komt in de ondergrond van de oostelijke Noordoostpolder voor en is waarschijnlijk afgezet op de riviervlakte.

Tijdens het Eemien was de zeespiegel ongeveer 5 meter hoger dan nu en werd een groot deel van de Schokker Saale keileem opgeruimd door mariene erosie (abrasie). Het bewijs voor deze erosie vindt je in de gesteentetuin op Urk, het Pieter van der Lijn reservaat. Sommige van de zwerfstenen daar laten namelijk vorstverweringsverschijnselen zien uit de laatste ijstijd. Dit betekent dat deze stenen dus al in de laatste ijstijd uit de keileem vrijgemaakt waren en aan het oppervlak lagen.

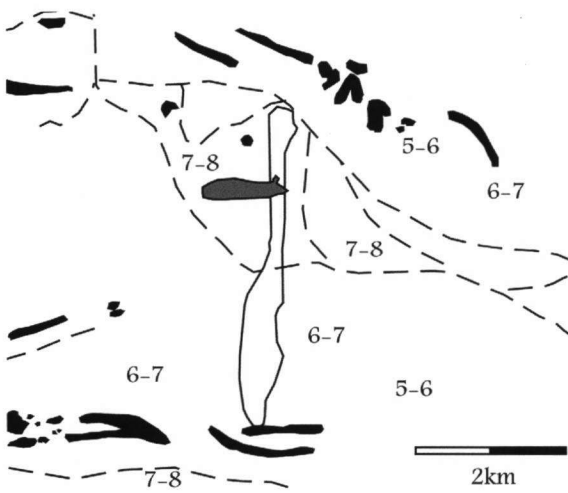
### Weichselien

Van het overgrote deel van deze periode is weinig bekend uit de ondergrond van Schokland en de wijde omgeving. Uit gegevens verzameld elders in Nederland weten we dat de Rijn ca. 80.000 jaar geleden haar loop verlegde naar Midden-Nederland. Vanaf dat moment waren alleen de Vecht, en de riviertjes IJssel (toen zonder verbinding met de Rijn), Tjonger en Kuinder aanwezig in dit gebied. In de loop van het Weichselien verslechterde het klimaat, waardoor de vegetatiedichtheid sterk afnam en de wind een grote invloed kreeg op het landschap.

Uit het Laat-Pleniglaciaal (30.000 - 14.500 jaar geleden) kennen we in de nabijheid van Schokland dekzandafzettingen. Dit zijn poolwoestijnzanden afgezet onder vrijwel vegetatieloze omstandigheden, met invloeden van sneeuw en smeltwater. De herkomst van het zand was lokaal. De dekzanden zijn afgezet met lichte welvingen ('dekzandruggen').

Uit het Laat-Glaciaal (14.500 - 11.500 jaar geleden) zijn slecht gesorteerde rivierzanden bekend in de ondergrond van noordoost Schokland. De zanden worden afgedekt door een grijze leemlaag (de Wijchen laag), die afgezet is door de Vecht en waarschijnlijk gevormd is op een overstromingsvlakte van deze rivier. De Vecht vormde samen met de IJssel een vertakt stelsel van geulen, grofweg oost-west geïntendeerd, waarbij de Vecht langs de noordkant van Schokland stroomde, en de IJssel langs de zuidkant (Afb. 3).

Tijdens de koudere Jonge-Dryas periode (12.500 - 11.500 jaar geleden) zijn langs de rivierarmen duinen gevormd, die 3 à 4 meter hoger waren dan de geulen. Deze duinen komen aan de oppervlakte op de zuidpunt



Afbeelding 3.

Diepte van de bovenkant van het Pleistoceen in meters onder zeeniveau (-NAP). De gestreepte lijnen zijn de lopen van de rivieren. Rivierduinen zijn met een dikke zwarte kleur aangegeven.

van Schokland en iets ten noorden van de noordpunt (Afb. 3). De rivierzanden zijn waarschijnlijk verstoven dankzij een slecht ontwikkelde vegetatie en sterke zuidwestenwinden, op de zelfde wijze als de rivierduinen in Midden-Nederland langs takken van de Rijn en Maas. De rivierduinen zijn later door Mesolithische en Neolithische bewoners gebruikt als natuurlijk terpen (net als de keileemopduiking). Dit waren namelijk de hoge en droge locaties in het Holocene landschap.

## Holocene

Uit het Vroeg-Holocene zijn geen afzettingen bekend. Vanaf ongeveer 5800 jaar geleden werd veen afgezet. Dit vond plaats als reactie op het natter worden van het landschap door de stijgende zeespiegel en de daaruit voortvloeiende stijging van de grondwaterstand. Bovendien werd het natter doordat de verbinding van de Vecht en IJssel met de Noordzee door Noord-Holland min of meer verstopt raakte en zo de waterafvoer belemmerd werd. In het moerassige zoetwater-getijdgebied ontwikkelden zich verschillende veenpakketten en in de geulen van de Vecht en de IJssel die door het gebied heen liepen werden mariene kleien afgezet (de 'Unio-' en 'Cardiumkleien'). Door de verdere afsluiting van de Hollandse zeegaten verslechterde de waterafvoer van het gebied nog meer en ontstonden er uiteindelijk zoetwatermeren. Ongeveer 3500 jaar geleden verslechterden de omstandigheden zo dat het Schokker gebied niet meer voor bewoning geschikt was. De prehistorische bewoners moesten het gebied verlaten, omdat het was veranderd in een groot veenmoeras.

In de ondergrond komen voor vier soorten veen voor: rietveen, zeggeveen, bosveen (vnl. els) en veenmosveen. De opeenvolging van deze verschillende veentypes vormt een verlandingssequentie. Riet kan in het diepste water groeien en kan ook tegen brakwater. De accumulatie van rietmateriaal maakte het water ter plekke ondieper, waardoor er op een gegeven moment zegge kon groeien. Toen door de vorming van zeggeveen het moeras nog verder verlandde, kon er uiteindelijk elsenbos ontstaan. Op een aantal plaatsen is het laagveen van het elzenbos overgegaan in hoogveen dat gedomineerd

werd door veenmos (Sphagnum) en boven het niveau van het grondwater uit kon groeien. Deze complete verlandingssequentie wordt teruggevonden in buurt van de Vecht- en IJsselgeulen, de diepste plekken in het moeraslandschap. Op de hogere delen begint de opeenvolging meteen met bosveen.

De verlandingssequentie werd onderbroken door één of meerdere vernattingsfasen, die in verband gebracht worden met de 'klassieke' Calais transgressiefasen uit de kustzone. Een vernatting in het veen komt waarschijnlijk overeen met een fase van mariene kleiafzetting in de geulen van de Vecht en de IJssel (de 'Unio-' en 'Cardiumkleien'). Dankzij de vernattingsfasen kan bijvoorbeeld op zeggeveen rietveen zijn afgezet, dat vervolgens weer over gaat (verland) naar zeggeveen. Naast de vier hoofdveensoorten komen ook venen voor die uit waterplanten (bijvoorbeeld waterdriehblad) bestaan of uit herafgezette veenresten (veendetritus).

Door slechte ontwatering werden de zoetwatermeren steeds groter en ontstond de Almere lagune. Het veenlandschap werd door het water afgebroken. Plinius (Gaius Plinius Secundus maior) beschreef in de eerste eeuw na Christus griezelige, drijvende eilanden van losgeslagen stukken veen. In die tijd kreeg de IJssel weer een (door mensen gemaakte?) verbinding met de Rijn, wat tot gevolg had dat er nog meer water in het Schokkergebied terecht kwam. Rondom het eiland Schokland werden silten (sloeflagen) afgezet. Schokland zelf werd alsmaar kleiner en raakte gescheiden van Urk. Vanaf de achtste eeuw werd op Schokland kalkloze kwelderklei afgezet, wat daar het einde van de veengroei betekende. Het lijkt tegenstrijdig, maar dankzij de oprukkende lagune kon het veengebied op de plek van Schokland beter ontwateren. Het moeras werd op natuurlijk wijze drooggelegd en het gebied werd daardoor geschikt voor ontginning en bewoning. Tegelijkertijd ging ook de afbraak van het veenlandschap door en werd Schokland steeds kleiner. De Almere-lagune kreeg tussen de elfde en de dertiende eeuw via het tegenwoordige wadengebied een goede verbinding met de Noordzee. Vanaf 1600 werden rondom Schokland zoutwaterkleien (met Cardiumschelpen) neergelegd. Dit is de Zuiderzee-fase. Op Schokland werd vanaf dat moment door overslaand zeewater kalkrijke, zware klei afgezet (hiervóór was de klei kalkarm). In 1939 stopten de natuurlijke geologische processen.

## Toelichting op de afbeeldingen

### Hoogtemodel van Schokland

Afbeelding 2 toont een hoogtemodel van Schokland. Dit model is verkregen door laser-altimetrie en heeft een resolutie van 1 hoogtepunt per oppervlakte van 5 x 5 meter. Naast de recente verkaveling, de boerderijen en sloten in de polder, is het hogere reliëf van Schokland duidelijk zichtbaar. Dit reliëf wordt gevormd door de harde, uitstekende keileembult in het Schokkerbos, de terpen, de dijkjes, en de havenwerken van het oude Emmeloord op de noordpunt van het eiland. Ten zuiden van Schokland zie je dat de rivierduinen aanleiding geven tot een hoger reliëf, waarschijnlijk omdat het duinzand minder inklinkt dan de omliggende veen- en kleipakketten. De duinen vormen lichte welvingen in het huidige vlakke polderlandschap. Aan de oost- en zuid-oostkant van Schokland zie je de topografie langzaam oplopen richting de Post-Romeinse IJsseldelta. Dit is het resultaat van sediment aangevoerd door de IJssel

Afbeelding 4.  
Doorsnede door  
een rivierduin aan  
de zuidpunt van  
Schokland.



en afgezet op de bodem van de Zuiderzee. Schokland vormde kennelijk een barrière voor de verspreiding van dat sediment.

#### Rivierduin bedekt met veen en klei (Afb. 4)

Afbeelding 4 toont een doorsnede door een rivierduin aan de zuidpunt van Schokland. Het duinzand heeft een geelbruine kleur. Het bovenste stuk van de duin is wit gekleurd door bodemvorming (podzolbodem). Het is door bodemzuren uitgeloofd zand. In de podzolbodem zijn bewerkte stukjes vuursteen gevonden. Op het zand ligt een donkerbruin veenpakket. Dichtbij de duin lopen de tijdslijnen in dit veenpakket ongeveer horizontaal, zodat het veen dat op de hogere delen van het duin ligt jonger is dan het veen op de lagere delen. In het veen komen concentraties van witte schelpen voor die daarin zijn terechtgekomen toen het veen door de zee werd afgebroken. Ze zijn dus een stuk jonger dan het veen. Een grijs, schelprijk kleipakket (verploegd voor de landbouw) dekt zowel het veen als de rivierduin af. Dit kleipakket is een Zuiderzeeafzetting. De relaties tussen veen, zand en klei laten zien dat in een belangrijke fase van erosie zowel de top van het duin - waar de podzolbodem ontbreekt - als het veen zijn afgeërodeerd, voordat de Zuiderzee de klei afzette.

#### Stormgeulen in het veen (Afb. 5 - 7)

Op afbeeldingen 5 en 6 kan je de geulen zien die door de stormen op de Zuiderzee zijn gemaakt in de venige ondergrond. De geulopvullingen hebben een lichtbruine kleur dankzij brokjes verslagen veen. Wanneer je de grijze Zuiderzeeafzettingen en de geulopvullingen wegdenkt, kun je het veenlandschap voorstellen zoals dat er uitzag na een hevige storm, waarbij de Zuiderzee hoekige geulen in het veenpakket had geslagen.

De geulen in het veen zien er enigszins vreemd uit omdat ze zo recht begrensd zijn. Dit komt door de manier waarop de zee tijdens een storm het veen afbreekt. Bij dit proces is van belang dat veen lichter is dan water, waardoor de afgebroken stukken veen meteen

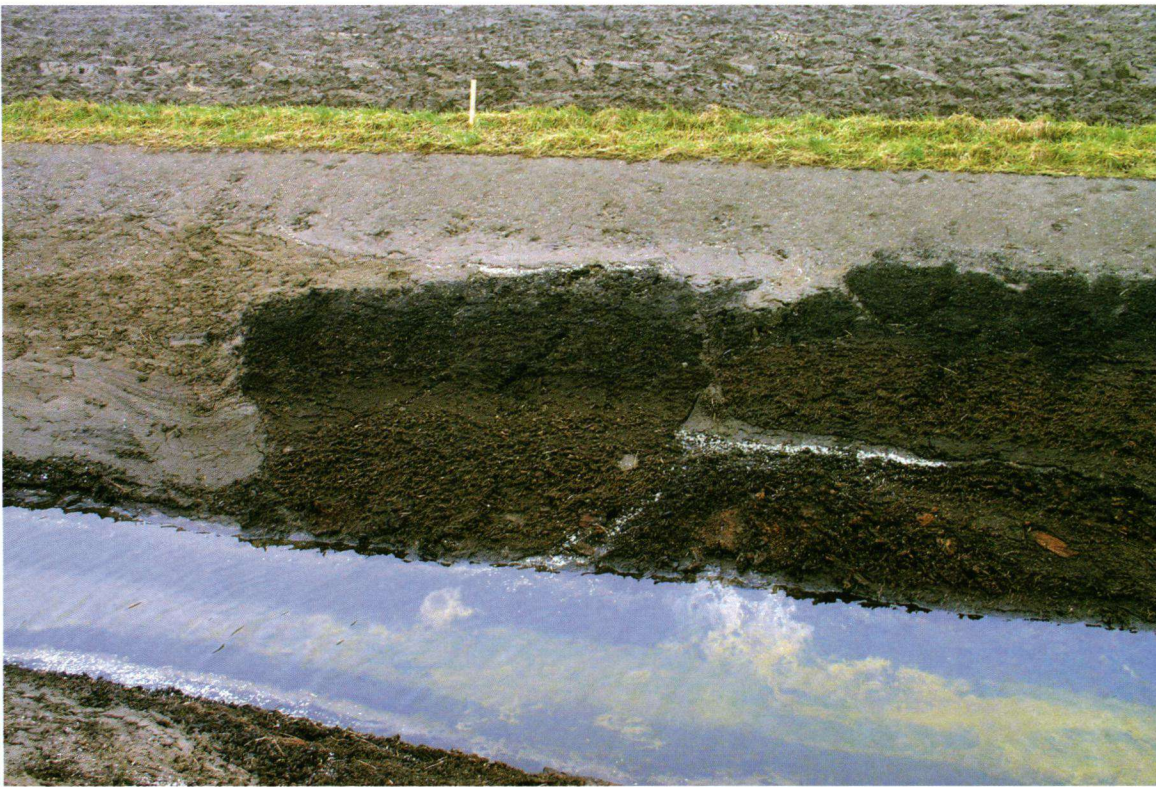


Afbeelding 5.

Geulen door het veenpakket langs de zuidpunt van Schokland, kijkend in oostelijke richting. Van onder naar boven zien we op deze foto een donkerbruin veenpakket, fijngelaagde, lichtbruine afzettingen, en daarop omgeploegde, grijze, schelprijke Zuiderzeeafzettingen. De fijngelaagde afzettingen bevinden zich in geulvormige structuren tussen, en gedeeltelijk op het veen.

gaan drijven. Ze zien er dan uit als drijvende eilanden. Ook belangrijk is dat dankzij doorworteling veen behoorlijk sterk is. Als veen wordt weggeslagen door beukende golven en hoog water, dan scheurt het af, zowel aan de bovenkant als aan de zijkant. Als zo'n scheur maar gedeeltelijk lukt, wordt hij opgevuld met klei of schelpgrijs. Dit is te zien op afbeelding 6.

De geulen in het veen werden geleidelijk opgevuld met een pakket gelaagde silt, klei en schelpen, maar ook met de kapotgeslagen fijnere resten van het veen. Een opvallende vondst was een schedeldak: Het restant van een in de storm omgekomen drenkeling? De laagjes van de geulopvullingen zijn bol naar onderen, omdat ze zwaarder zijn dan het veen en na sedimentatie door hun gewicht het onderliggende veen in elkaar drukten. Ze zijn dus vervormd na afzetting. De inklinking van het



**Afbeelding 6.**  
Detail van de rand van een geul in het veen. Rechts van het midden zien we een horizontale scheur in het veen, opgevuld met schelpgruis en klei. De bovenkant van het veen is opvallend donker. Dit is een gevolg van oxidatie van het veen. De met klei opgevulde onregelmatige barsten aan de rechterkant zijn waarschijnlijk ontstaan door uitdroging van het veen. De oxidatie en de uitdroging moeten beide plaats hebben gevonden toen dit deel van het veen nog droog lag, en mogelijk in gebruik was als akkerland.



sediment is groter daar waar de geulen dieper waren. De zetting (de mate van 'samendrukking') van de jongere laagjes is minder dan die van de oudere laagjes. Dit geeft aan dat de zetting al plaatsvond tijdens het opvullen van de geulen, wat dus een geleidelijk proces moet zijn geweest.

### Fossiel veendijkje (Afb. 8)

Op afbeelding 8 zie je een fossiel veendijkje. In hun strijd tegen het water hebben de Schokkers dijkes gebouwd van plaggen en bouwafval. Dit dijkje in het midden van de foto heeft niet mogen baten. Het is door de Zuiderzee uiteindelijk overspoeld en bedekt met Zuiderzeeafzettingen. Het ligt nu een honderdtal meters oostelijk van de laatste kustlijn. De zwarte veenballen naast en onder het dijkje getuigen van de vernietigende kracht van het Zuiderzeewater.

**Afbeelding 7.**

Gezicht op het kerkje van Schokland. De kijkrichting is naar het noorden. In het slootprofiel zien we het veenpakket dat wordt afgedekt door schelprijke klei. Links van het midden van de foto is een geul bijna overlangs aangesneden.

### DANKWOORD

Met dank aan Kees Kasse en Gerard Aalbersberg voor stimulerende discussies in het veld. De revisie van redactielid Riex van der Straaten heeft de leesbaarheid van dit artikel sterk verbeterd.



**Afbeelding 8.**

Gefossiliseerd veendijkje.