

## SEIZOENS-IJSHEUVELS, EEN BIJZONDER GEOLOGISCH VERSCHIJNSEL

Th.A.M. de Groot<sup>1</sup>, P.Cleveringa<sup>2</sup>, B. Klijnstra<sup>3</sup>

**Bij graafwerkzaamheden in de buurt van Scheemda zijn dicht onder het oppervlak ronde, trechtervormige depressies gevonden. Op grond van gedetailleerd geologisch veld- en laboratoriumonderzoek is vastgesteld, dat het gefossiliseerde restanten zijn van seizoenijsheuvels. Hun voorkomen in geologische afzettingen, die tussen 11.000 en 10.000 jaar voor heden gedateerd kunnen worden, verschaft nadere informatie over de klimaatsontwikkeling in voornoemde periode.**

Zwerfstenen en grinden van Scandinavische herkomst in de hier en daar nog aanwezige keileem (grondmorene) zijn stille getuigen van de landijsbedekking uit de voorlaatste ijstijd (het Saalien). Uit dit gegeven kunnen zonder meer koude klimaatsomstandigheden afgeleid worden. De jongste grote landijsuitbreiding (het Weichselien), die het landijs niet verder bracht dan Denemarken en delen van Noord-Duitsland, heeft op het eerste gezicht geen zichtbare getuigen in Nederland achtergelaten. Maar met het landijs hemelsbreed niet zo heel ver van onze landsgrens verwijderd, waren de klimaatsomstandigheden in Nederland evenmin aangenaam.

Vooraf de resultaten van het stuifmeelonderzoek (pollenanalyse of palynologie) in de gebieden, die niet door landijs bedekt waren, hebben indirect het nodige bijgedragen tot onze kennis over het klimaat van de laatste ijstijd. Op grond van de uit het palynologisch onderzoek afgeleide gegevens over de vegetatie weten we, dat de gemiddelde juli-temperatuur in Nederland gedurende de koudste periode van het Weichselien (het Pleniglaciaal) rond de 5° C lag, d.w.z. zo'n 15 graden Celsius lager dan tegenwoordig.

Op grond van dezelfde palynologische gegevens is voor het Weichselien (fig.2) een indeling in

---

(Aan het einde van dit artikel is een verklarende woordenlijst opgenomen).

<sup>1</sup> Rijks Geol. Dienst, District West, Lorentzstraat 1, 1821 BR Alkmaar.

<sup>2</sup> Rijks Geol. Dienst, Hoofdafdeling Wetenschappelijk Laboratoria, Spaarne 17, 2011 CD Haarlem.

<sup>3</sup> Rijks Geol. Dienst, District Noord, Molenweg 21, 8431 HP Oosterwolde.

tijdvakken gemaakt (chronostratigrafie). In warmere (interstadiale) perioden kwamen diverse vegetaties tot ontwikkeling: "struiktoendra", "steppentoendra", berken- en dennenbos en zelfs gemengd eikenbos. Tijdens de koudere perioden (stadialen) bepaalden toendra- en poolwoestijncondities "het gezicht" van de vegetatie. Opvallend is, dat de interstadiale en stadiale perioden in het eerste deel van het Weichselien meerdere duizenden jaren beslaan en dat het in de warmere perioden nog tot een loofbosontwikkeling komt. Aan het eind van het Weichselien worden deze perioden steeds korter. Sommige duren nog maar enkele honderden jaren, terwijl de vegetatie dan voornamelijk een "toendra-achtig" karakter heeft.

Uit het voorgaande is duidelijk, dat met behulp van het stuifmeelonderzoek klimaatsreconstructies gemaakt worden. Pollenanalytisch onderzoek beperkt zich, in veel gevallen, tot organogene afzettingen (veen, gyttja, fossiele bodems). Klastische afzettingen, zoals zanden, kleien, lemen, die in het algemeen minder geschikt zijn voor stuifmeelonderzoek, worden echter in de natuur veelvuldiger aangetroffen dan voornoemde organogene afzettingen. Het selectief gebruik betekent het onbenut laten van informatie bij eventuele klimaatsreconstructie. Deze informatiebeperking is op zich al groot, doordat de fossilisatie-omstandigheden niet overal altijd even gunstig zijn, (geldt zowel voor stuifmeel als voor geologische/geomorologische verschijnselen) of doordat er door (latere) erosie afzettingen met belangrijke informatie verdwenen zijn. Het vinden en herkennen van fossiele vorstverschijnselen (DE GANS, 1983a en 1983b) op bepaalde niveaus in geologische afzettingen is belangrijk. Het spreekt voor zich, dat bij de fossiele vorstverschijnselen een koppeling gemaakt wordt tussen actuele voorkomens en de daarbij geldende

klimaatcondities. Zo gebruikt leveren deze geologisch/geomorfologische "stille getuigen" van een koud klimaat een verdere verfijning van de klimaatreconstructie op.

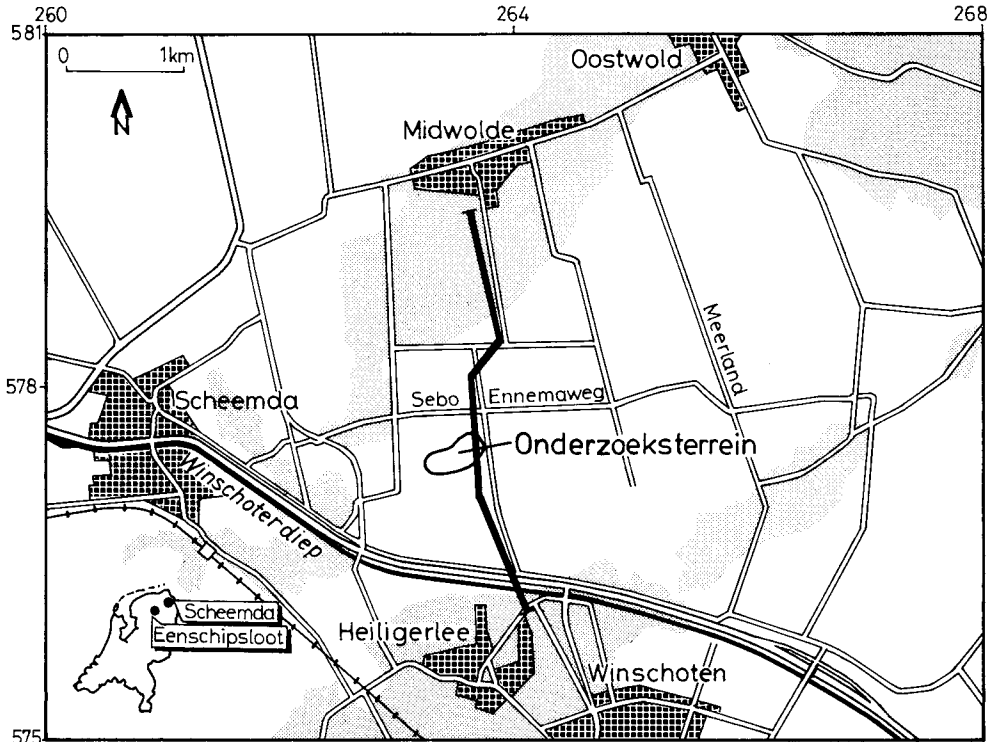
Uit de afzettingen van het Onder- en Midden Weichselien zijn fossiele vorstverschijnselen bekend (V.D. HAMMEN 1951, MAARLEVELD 1976). Zo ook uit het Laat Glaciaal, maar deze worden minder vaak aangetroffen. Bovendien gaat het meestal om één verschijnsel en niet om een aantal onderling samenhangende verschijnselen. Het voorkomen van onderling samenhangende verschijnselen in één geologische profiel (ontsluiting) biedt namelijk een goede mogelijkheid om de klimaatontwikkeling in die tijd te ontrafelen, hetgeen voor klimaatreconstructie een voordeel is. Tijdens ontgravingswerkzaamheden t.b.v. het recreatiepark Midwolderbos, ten oosten van Scheemda (fig.1), waren we in de gelukkige omstandigheid opnieuw een fossiel vorstverschijnsel uit het Laat Glaciaal te ontdekken. Het bestaat



uit ronde (tot ovale) depressies (voorplaat) onder een veen-/gyttjalaag. Omdat het hier om iets bijzonders gaat, wordt door plaatsing ervan in de tijd en door vergelijking met de bestaande gegevens over vorstverschijnselen in het Laat Glaciaal, een beter inzicht in de klimaatontwikkeling verkregen. In de volgende paragrafen wordt eerst de geologie van het gebied toegelicht, vervolgens wordt het voorkomen van het vorstverschijnsel beschreven. Het verschijnsel wordt daarna "in de tijd geplaatst" en verklaard. Tot slot wordt het belang ervan voor de "klimaatstratigrafie" besproken.

## REGIONALE GEOLOGISCHE OPBOUW

De pre-Kwartaire ondergrond in het gebied tussen Scheemda, Midwolde, Oostwold en Winschoten (fig.1) wordt gevormd door rivierafzettingen uit het Tertiair, die tot de Formatie van Scheemda gerekend worden. Zij zijn later (Midden Pleistoceen) opnieuw door een afzetting van

Fig. 1 Locatiekaart



-  *Stuwwal boven N.A.P.*
-  *dwarsdoorsnede*

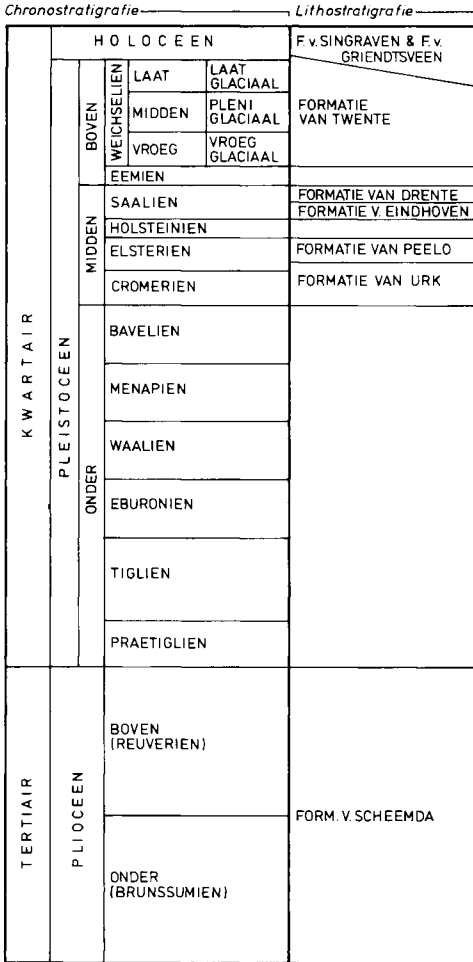


Fig. 2 Chrono- en lithostratigrafie van Noord Nederland (Naar Zagwijn en van Staaldunin, 1975)

een rivier afgedekt. Op grond van de minerale inhoud van deze sedimenten is vastgesteld, dat het hier om een afzetting van de Rijn (Formatie van Urk) gaat. Gedurende de eerste landijsbedekking van het Pleistoceen in Nederland (het Elsterien) zijn grote delen van deze afzettingen geërodeerd en wordt het restant afgedekt door sedimenten afkomstig uit dit landijs. Deze afzettingen worden tot de Formatie van Peelo gerekend. In het onderzochte gebied worden er twee typen afzettingen toe gerekend, nl. fijnzandige tot kleiige smeltwater afzettingen en "Potklei". Tijdens de hernieuwde landijsuitbreiding van het Saalien worden de hiervoor genoemde afzettingen door het landijs vervormd tot een stuwwal, de z.g. stuwwal van Winschoten (TER WEE, 1962) en plaatselijk bedekt door een dunne laag keileem (Formatie van Drente). Vervolgens zijn in het Weichselien (fig.2), voornamelijk door riviertjes en de wind, fijne, goed gesorteerde sedimenten, waarin plaatselijk organisch materiaal (voornamelijk gyttja) voorkomt, afgezet (Formatie van Twente). In afzettingen van deze Formatie zijn ook de onderzochte depressies aangetroffen.

Volledigheidshalve dient nog vermeld, dat de jongste afzettingen (Holoceen) in de vorm van een veenpakket (Formatie van Griendtsveen) in het onderzochte gebied aanwezig zijn. Figuur 3 geeft, in een geologisch profiel, het voorkomen van de hiervoor beschreven afzettingen weer. Hierin is ook de relatie zichtbaar van het hieronder beschreven fossiele vorstverschijnselen en de geologische opbouw.

### VORM EN OPBOUW VAN DE "RONDE DEPRESSIE" EN DE DAARBIJ WAARGENOMEN STRUKTUREN

Na verwijdering van de holocene veen/gyttjalaag

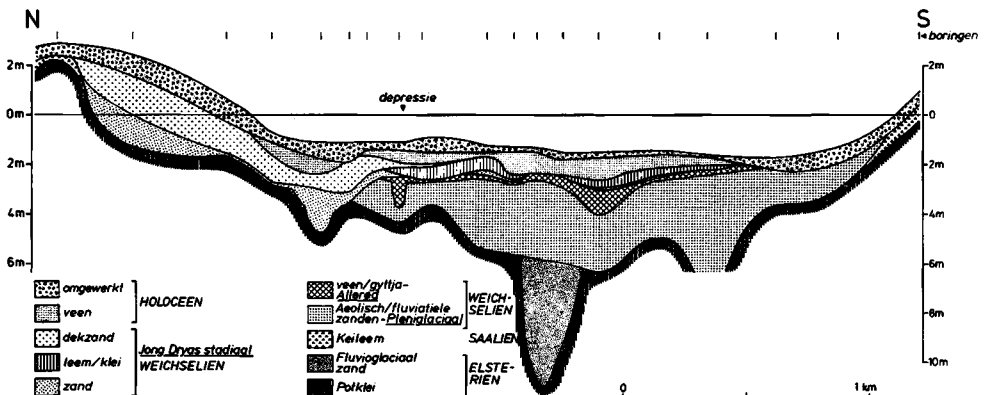


Fig. 3 Dwarsdoorsnede van het onderzochte gebied (zie fig.1). Horizontale schaal van de weergegeven depressie is overdreven.



transporteerd fijn zand voor, die naar het centrum van de depressies toe uitwigen. De zandslierten kunnen plaatselijk inzakkingsverschijnselen vertonen (slumpstructuren).

#### Eenheid 4, subeenheid 4a:

Deze bestaat voornamelijk uit zand, waardoor iets organisch materiaal is vermengd. Het zand vertoont een fraaie golfribbelstructuur. De golfribbels worden bedekt door dunne kleilaagjes. Van onder naar boven neemt het organische aandeel in het sediment af en het kleiaandeel toe.

#### Eenheid 4, subeenheid 4b:

Bedekt plaatselijk subeenheid 4a. De subeenheid bestaat uit zware, glimmerhoudende klei, die sterk op Potklei lijkt. De vorming van deze subeenheid wordt toegeschreven aan erosie en verplaatsing van Potklei vanaf de hoger gelegen stuwwal. Vorstwerking (gelifluctie) zal hierbij een rol gespeeld hebben.

#### Eenheid 5:

Deze eenheid bestaat uit een pakket fijn, matig gesorteerd en vaag horizontaal gelaagd zand. De eenheid behoort tot de z.g. dekzanden van de Formatie van Twente en is voornamelijk door de wind afgezet.

#### Eenheid 6:

Deze bestaat uit veen, een opeenhoping van afgestorven plantenmateriaal.

### DATERING VAN DE AFZETTINGEN IN EN BUITEN DE DEPRESSIES

Met behulp van de pollenanalyse is het mogelijk een afzetting, een waargenomen geologisch/geomorfologisch verschijnsel, etc. te dateren. Voor de achtergronden van het pollenanalytisch onderzoek en de wijze, waarop afzettingen gedateerd worden, wordt verwezen naar JANSSEN 1974 en RIEZEBOS en SLOTBOOM 1984. Zowel in, als buiten de depressies, is ter datering van de afzettingen en van het waargenomen verschijnsel een aantal monsters genomen voor pollenanalytisch onderzoek. De uitkomsten van het stuifmeelonderzoek in de depressie (fig. 5 A) laten op grond van het voorkomen van berk (*Betula*), den (*Pinus*), jeneverbes (*Juniperus*) en wilg (*Salix*)-in het boompollen- en van kraaiheide (*Empetrum*) en alssem (*Artemisia*) in het kruidenpollen, een datering voor de opvulling (eenheid 3) in de Jonge Dryas (LWIII) fig. 6) toe. Opvallend zijn het voorkomen van algenresten (o.a. *Botryococcus* en *Pediastrum*) en veel (omgewerkt) Tertiair pollen in de spectra aan de basis van de opvulling (om "druktechnische" redenen niet afgebeeld in

de diagrammen). De ongestoorde gyttjalaag (eenheid 2), buiten de depressie, heeft in de onderste spectra (fig. 5 B) nog een hoog aandeel aan boompollen (*Betula*) (LWII a). Naar boven toe vermindert dit en neemt het aandeel van de den (*Pinus*) toe (LWII b). Beide pollen nemen in het bovenste deel van het diagram af. Mede op grond van het toenemend aandeel van jeneverbes (*Juniperus*), kraaiheide (*Empetrum*) en alssem (*Artemisia*) in de vegetatie, worden de bovenste spectra in de Jonge Dryas (LWIII) gedateerd (fig. 6). Ook de boven de depressies gelegen veenlaag (eenheid 6) is pollenanalytisch onderzocht (fig. 5 C). Het onderste spectrum bevat weliswaar nog een aantal Laat Glaciale elementen zoals jeneverbes (*Juniperus*), maar laat daarnaast de aanwezigheid van eik (*Quercus*), els (*Alnus*) en hazelaar (*Corylus*) zien. Hoewel er in het onderste spectrum het pollen van het er boven gelegen Holoceen aanwezig is, wordt dit op grond van het voorkomen van Laat Glaciale elementen, nog gedateerd als LW. Als verklaring voor de aanwezigheid van het Holoceen pollen moet aan inspoeling gedacht worden, een normaal verschijnsel in bodems.

De daarboven gelegen spectra laten allen een Holoceen bomenspectrum zien, dat op grond van het verschijnen van bepaalde soorten en de volgorde, waarin deze soorten voorkomen, een nadere onderverdeling in zones toestaat (fig. 5 C).

De uitkomsten van het pollenanalytisch onderzoek geven een nadere datering van de vorming van de depressies. Aangezien buiten de depressies de gyttjalaag (eenheid 2) een Allerød ouderdom heeft en de gyttja/veenlaag boven de depressies uit de Jonge Dryas/Holoceen periode dateert, ligt de vorming van de depressies aan het einde van de Allerød of in de Jonge Dryas voor de hand. Met behulp van uitsluitend de pollenanalyse is geen nauwkeuriger datering te geven. Naast de plaatsing in de tijd zijn ook de milieuomstandigheden, waaronder de depressies gevormd worden, belangrijk. Deze milieuomstandigheden zijn voor een gedeelte via het pollenanalytisch onderzoek duidelijk geworden. Maar ook het diatomeeën en het sedimentologisch onderzoek (zie beschrijving van de eenheden) verstrekken belangrijke informatie. Uit diatomeeën-onderzoek is bijv. gebleken dat, met uitzondering van eenheid 1., de afzettingen vrijwel diatomeeënloos zijn. In een terrestrisch milieu is dat niet zo verwonderlijk, enerzijds, omdat er niet zo'n diatomeeënrijke flora aanwezig is en anderzijds, omdat de kans op fossilisatie gering is (oplossing o.i.v. bodemvormende processen, etc.). De in eenheid 1. aanwezige diatomeeën duiden overigens op ondiep, voedselrijk, zoet water (*Fragilaria brevistriata*, *Fragilaria pinnata* en *Fragilaria*



Chronostratigrafie		Lithostratigrafie	Conventionele C-14 jaren BP	Pollen zones	Pollenanalytische kenmerken
Late Glacial	Jong Dryas Stadiaal	Jong dekzand II	10.200	LW III	Kruiden, Berk, Den, Wilg (subarctisch parklandschap)
	Allerød Interstediaal	Veen, gyttja/lemig zand	11.000	LW II	Dennenbos, Berkenbos
	Vroeg Dryas Stadiaal	Jong dekzand I	11.800	LW Ic	Kruiden (open subarctisch landschap)
	Bølling Interstediaal s.l.	Veen, gyttja/lemig zand	12.000	LW <sup>1</sup> <sub>a</sub>	Kruiden, Berk, Wilg (parklandschap met berk en wilg)
			13.000		

Fig. 6 Chronostratigrafie, pollenzonering en pollenanalytische kenmerken in Noord Nederland.

*construens var. venter*). Voordat het waargenomen verschijnsel verklaard wordt, kan op grond van het pollenanalytische onderzoek, de diatomeeënanalyse en het sedimentologisch onderzoek het nodige gezegd worden over de milieu-omstandigheden, die tijdens de vorming van de depressies gespeeld hebben:

- tijdens de afzetting van de eenheden 1 en 4 heersten 'waterrijke' milieu-omstandigheden;
- toenemende windactiviteit tussen de eenheden 2 en 5 (er worden eolische zanden afgezet in de vegetaties etc.);
- er treedt, gekoppeld aan een toename van het kleigehalte in het sediment, een afname van het organische materiaal op in de eenheid 3 en 4;
- langs de randen van de depressies (subeenheid 3a) komen grof zand, grind, gyttjabrokken en slumpstructuren voor;
- er worden uitwiggende zandbandjes in de depressies (subeenheid 3b) aangetroffen. Mogelijk is dit een gevolg van een veranderende morfologie tijdens het ontstaan en de verdere vorming van de depressies.

#### MOGELIJKE ONTSTAANSWIJZE VAN DE DEPRESSIES

Op grond van de stratigrafische positie, de resultaten van de pollenanalyse en het diatomeeën-onderzoek en de sedimentaire structuren kan de vorming van de depressies verklaard worden. In het hier te schetsen model speelt de klimaatsontwikkeling, zoals we die van het Laat Glaciaal van Noord Nederland kennen op de achtergrond een rol (VAN DER HAMMEN, 1951; VAN DER HAMMEN & WIJSTRA, 1971; CASPARIE & VAN ZEIST, 1960; CASPARIE, 1972; CLEVERINGA e.a., 1977; DE GANS, 1981).

Startpunt voor het model is de afzetting van de top van eenheid 1 en het onderste deel van eenheid 2. De flora wijst op een lokaal nat milieu. De natheid is waarschijnlijk sterk beïnvloed door de vlak onder het oppervlak aanwezige, ondoorlatende Potklei, alsmede door kwelwater uit de omringende stuwwal (reliëfverschil). De klimaatsverbetering van de Bølling/Allerød periode leidt tot een langzaam verdwijnen van de gedu-

rende het Weichselien gevormde permafrost. Ook begint zich een vegetatie te ontwikkelen. Het lokale milieu blijft echter nat, waardoor het organische materiaal onvolledig afbreekt (gyttjavorming). Het door de wind verplaatste, uit de stuwwal afkomstige, zand wordt door deze vegetatie afgevangen (fig.7; fase 0). De klimaatsverslechtering tijdens de tweede helft van het Allerød (COOPE, 1970, 1975; KOLSTRUP, 1979) en de daaropvolgende Jonge Dryas (fig.6) leidt tot een versterkte vorstwerking. Hierbij speelt, dat de instraling (albedo) en warmtegeleiding lokaal kunnen variëren o.a. door verschillen in vegetatiedichtheid, de aanwezigheid van kleine duintjes van in de vegetatie ingewaaid zand en mogelijk verschillen in dikte van een sneeuwdek tijdens de wintermaanden. Door deze lokale verschillen treedt differentiële vorstwerking op (FRENCH, 1976). Ook kunnen lokale geohydrologische factoren, in dit geval moet gedacht worden aan de aanwezigheid van de ondoorlatende Potklei in de ondergrond en de boven de omgeving uitreikende stuwwallen, bij bevroering van de bovengrond bijdragen tot het onder druk komen staan van het grondwater. Bij toenemende druk breekt het grondwater door naar het oppervlak en ontwikkelt het zich tot ijsheuvels (VAN EVERDINGEN, 1978; POLLARD & FRENCH, 1984). Aan de top en de flanken van deze ijsheuvels vindt, via barsten, erosie van klastisch materiaal plaats (fig. 7; fase 1).

Onder invloed van de hierboven reeds genoemde verschillen in vegetatie op en rond de ijsheuvels, de afzetting van door de wind verplaatst zand tegen de flanken van de heuvels en van mogelijke dikte-verschillen in het sneeuwdek, handhaven zich de verschillen in instraling en warmtegeleiding. Dit resulteert er in, dat in het voorjaar en de zomer de ijsheuvels geheel of gedeeltelijk instorten (fig.7, fase 2). Bij herhaling van deze gebeurtenissen treedt er tevens sortering van het klastisch materiaal op. De op de flanken van de heuvels nog aanwezige, maar door de groei van het ijslichaam sterk aangetaste gyttjalaag verbreekt en wordt, deels samen met het fijnste deel van het zandige materiaal, geërodeerd of komt tijdens het afsmelten in de depressies terecht. Door het geleidelijk verdwijnen van

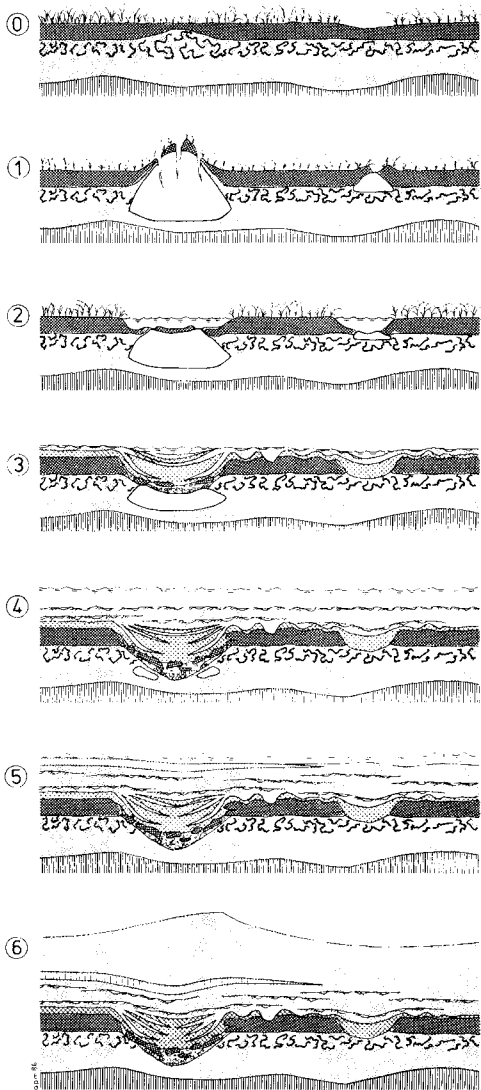


Fig. 7 Ontwikkelingsmodel van de depressies. Voor de legenda zie fig. 4. Niet op schaal getekend.

klastisch materiaal op en rond de ijsheuvels ontstaat er een tekort aan sediment, waardoor depressies ontstaan, waar de instabiele flanken in wegzakken (fig.7, fase 3).

In de zomer is het gebied bezaaid met meertjes, poelen en hele of half ingezakte ijsheuveltjes. Het in de wintermaanden door de wind aangevoerde zand, wordt zomers, in de dan ontstane meertjes, door golfwerking verplaatst. 's Winters, wanneer de meertjes dichtgevroren zijn, sedimenteert het fijne, in suspensie zwevende, klastische materiaal (klei en plantenresten), ter-

wijl vers eolisch zand op het ijs wordt afgezet (fig.7, fase 3 en 4). Daarnaast vindt er op sommige plaatsen nog steeds injectie van grondwater plaats en vormen zich ijsheuveltjes.

De afname van het aandeel aan organisch materiaal in het sediment (subeenheid 4a) weerspiegelt een verslechtering van de bedektingsgraad van de vegetatie. Mogelijk kwam door vorstwerking sediment bloot te liggen. Door verdere erosie, in het bijzonder moet aan gelifuctie gedacht worden, wordt ook de Potklei in de stuwwal aangetaast en verplaatst (subeenheid 4b). Tegelijkertijd vindt in het slappe, waterverzadigde materiaal in de drogere zomermaanden klink plaats (fig.7, fase 5). Tenslotte zorgt de lokaal nog aanwezige vegetatie er voor, dat de depressie vol stuift met zand, dat van elders aangevoerd wordt. Er wordt een dikke laag dekzand afgezet (fig.7, fase 6). In de slotparagraaf wordt hier nader op ingegaan.

#### DE BETEKENIS VAN DE DEPRESSIES VOOR DE KLIMAATSREKONSTRUKTIE

Op grond van het bovenstaande wordt geconcludeerd, dat bij Scheemda de ronde tot ovale depressies de fossiele restanten zijn van wat eens kleine ijsheuvels geweest moeten zijn. Uit literatuurgegevens over de huidige permafrost gebieden wordt afgeleid, dat het gaat om een seizoensverschijnsel. Dit betekent, dat er geen permafrost in de ondergrond aanwezig hoeft te zijn om injectie van grondwater te krijgen. Het bevriezen van de bovengrond en de aanwezigheid van een ondoorlatende laag in de directe ondergrond (Potklei) leidt in het najaar en de wintermaanden tot toename van de hydrostatische druk in de actieve laag, waardoor injectie van grondwater plaats vindt, en de z.g. "seasonal frostmounds" (= seizoensijsheuvels) gevormd kunnen worden.

Bij de klimaatsreconstructie van het Laat Glaciaal dienen we dan ook met het lokale karakter van het waargenomen verschijnsel rekening te houden. Met de nodige terughoudendheid kunnen we het waargenomen verschijnsel "vertalen" naar het klimaat. Vergelijken we echter ons verschijnsel met andere studies over vorstverschijnselen in Allerød en Jonge Dryas (VAN DER HAMMEN, 1951; VEENENBOSCH, 1954; WIGGERS, 1955; VAN DER TAK-SCHNEIDER, 1958; VAN DER HAMMEN & WIJNSTRA, 1971; MAARLEVELD, 1976; VAN GEEL EN KOLSTRUP 1978, STAPERT, 1982, 1986, DE GROOT e.a. 1987, dan blijkt, dat:

- a. er sprake is van toenemende natheid en vorstverwerking op de overgang Allerød/Jonge Dryas (cryoturbatie);
- b. er ergens in de Jonge Dryas smalle vorstwig-



gen gevormd worden, die opgevuld raken met dekzand;

- c. de seizoensijsheuvels pas worden gevormd, nadat eerst smalle vorstwiggen gevormd zijn (CASPARIE & TER WEE, 1981).

Met name de datering van het begin van de gyttjavorming in een vrijwel identieke depressie met behulp van C14 (10495 ± 60 BP GrN-6341) (CASPARIE & TER WEE, 1981) biedt mogelijkheden tot een nadere klimaatsreconstructie. Het wil n.l. zeggen, dat de vorming van de ijsheuvels en de depressies plaatsvindt tussen het jongste deel van de Allerød/ begin Jonge Dryas (11.000 - 10.800) en Midden Jonge Dryas (10.500 BP). Ruwweg betekent dit, dat uitingen van een "kouder klimaat" dateren uit de eerste helft van de Jonge Dryas periode. Het betekent tevens, dat de vorming van de Jonge Dekzanden, zoals die in de opvulling van de depressies voorkomen, in de tweede helft van de Jonge Dryas gedateerd moet worden. Vraag blijft dan, of dekzanden onder nog slechter wordende klimaatsomstandigheden zijn afgezet of juist onder mildere. Vooralsnog wijst veel erop, dat juist onder mildere klimaatomstandigheden opeens een grote hoeveel zand beschikbaar komt voor verplaatsing door de wind. Mogelijk is het verdwijnen van een lokaal

aanwezige permafrostlaag, zoals CASPARIE & TER WEE, 1981 reeds veronderstelden, de oorzaak van zandverplaatsingen op grote schaal. De voorwaarden, waaronder seizoensijsheuvels gevormd worden, duiden op aanhoudende vorstwerking gedurende najaar, winter en mogelijk een deel van het voorjaar en op een geringe sneeuwbedekking; bijzonder gunstige omstandigheden, om lokaal een tijdlang een bevroren ondergrond te krijgen. De fossilisatie van seizoensijsheuvels lijkt de aanwezigheid van een lokale permafrost tijdens de Jonge Dryas periode eerder te bevestigen dan tegen te spreken.

#### DANKWOORD

Onze dank gaat allereerst uit naar C. van der Louw (Grontmij, Assen), die de depressies onder onze aandacht heeft gebracht. Verder geldt onze dank S. de Vries en F. Smits (Rijks Geologische Dienst, Oosterwolde), die het regionale veldwerk en de monsternamen hebben verricht. H. de Wolf (R.G.D., Haarlem) heeft de diatomeeën gedetermineerd en daarmee een bijdrage geleverd aan de milieureconstructie. A.P. Marselje, H. Bruinenberg en J. van Delft verzorgden de vormgeving. De Directeur van de R.G.D. gaf toestemming tot de publicatie van dit onderzoek.

#### SUMMARY

Small, oval to round depressions in Weichselian deposits near Scheemda in the northern Netherlands were formed in Late Dryas time. Lithology, sedimentology, and stratigraphic position indicate that these depressions were produced by seasonal frost action followed by thermokarst solution. Comparison with the results of earlier studies on similar features in the northern part of the Netherlands shows that climatic change during the Late Glacial was strongly influenced by local environmental factors.

#### VERKLARENDE WOORDENLIJST

- |                     |  |
|---------------------|--|
| Actieve laag        | - de "jaarlijkse" opdooilaaig in permafrost gebieden.  |
| Chronostratigrafie  | - rangschikking van afzettingen in de tijd.  |
| Cryoturbatie        | - vervorming van lagen o.i.v. herhaalde vorst- en dooiwerking.   |
| Diatomeeën          | - ééncellige kiezelwieren (zie Grondboor en Hamer 1988 3/4).   |
| Gelifluktie         | - wegvloeien van de opdooilaaig langs een helling.   |
| Geohydrologie       | - waterhuishouding van een gebied.   |
| Geomorfologie       | - studie van landschapsvormen ontstaan door geologische processen.   |
| Golfribbel          | - door golfwerking van het water gevormde ribbel bestaande uit sediment.   |
| Gyttja              | - opéénhoping van fijn organisch materiaal.  |
| Hydrostatische Druk | - door bijvoorbeeld verschillen in snelheid van bevriezen, verschillen in hoogteligging etc. ontstane waterdruk. |
| Interstadiaal       | - warmere fase (periode) gedurende een ijstijd (glaciaal).   |
| Klastisch           | - door verwerking van gesteenten ontstane deeltjes (zand, klei etc.)   |
| Klink               | - uittreding van water door samendrukking, waardoor het volume van het sediment afneemt.                         |

Lithologie	- eigenschappen van het gesteente o.a. korrel grootte, mineraleinhoud, sedimentaire structuren etc.
Mor	- opéénhoping van ruwe humus (zuur).
Organogeen	- organisch materiaal (zowel biologisch als chemisch)
Permafrost	- "eeuwig" bevroren ondergrond, door bevroering van het grondwater
Slump	- afglijden van een in stukken gebroken laag.
Stadiaal	- koudere fase (periode) gedurende een ijstijd. (glaciaal)
Stuwwal	- door landijs tot "heuvels" vervormde afzettingen.
Terrestrisch	- op het land gevormd
Tertiair pollen	- stuifmeel van planten die in het Tertiair gegroeid hebben.
Veen	- opéénhoping van, veelal herkenbaar, planten materiaal.
Vorstwijg	- door vorstverwerking ontstane krimpseur, die opgevuld wordt met sediment.

## LITERATUUR

- CASPARIE, W.A. 1972: Bog development in Southern Drenthe (the Netherlands) Thesis, University of Groningen: 271 pp.
- CASPARIE, W.A., TER WEE, M.W. 1981: Een Schip-sloot: geologisch palynologisch onderzoek van een Tjongervindplaats *Palaeohistoria* 23:29-44.
- CASPARIE, W.A., VAN ZEIST, W. 1960: A late-glacial lake deposit near Waskemeer (Prov. of Friesland) - *Acta Botanica Neerl.* 9: 191-196.
- CLEVERINGA, P., W. DE GANS, E. KOLSTRUP, F.P. PARIS 1977: Vegetational and climatic development during the Late Glacial and the Early Holocene and aeolian sedimentation as recorded in the Uteringsveen (Drente, The Netherlands) *Geol. Mijnbouw* 56: 234-242.
- COOPE, G.R. 1970: Climatic interpretation of Late Weichselian Coleoptera from the British Isles *Rev. Geogr. Phys. Geol. Dynam.* 12:149-155.
- COOPE, G.R. 1975: Climatic fluctuations in Northwest Europe since the last Interglacial, indicated by fossil assemblages of Coleoptera. In: Wright A.E. et al. (eds) *Ice Ages: Ancient and Modern*, Seel House Press (Liverpool):153-168.
- FRENCH, H.M. 1976: *The periglacial environment* Longman Ltd. (London): 309 pp.
- GANS, W. DE, 1981: The Drentsche Aa valley system. A study in Quaternary Geology. *Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.* 132 blz.
- GANS, W. DE, 1983(a): Permafrost en permafrostverschijnselen in arctische gebieden. *Grondboor en Hamer* 37: 165-174.
- GANS, W. DE 1983(b): Fossiele permafrostverschijnselen in Nederland. *Grondboor en Hamer* 37: 175-184.
- GROOT, Th. DE, P. CLEVERINGA and B. KLIJNSTR, 1987: Frost-mound scars and the evolution of a late Dryas environment (Northern Netherlands) *Geologie en Mijnbouw* 66: 239-250.
- JANSSEN, C.R. 1974: *Verkenningen in de palynologie - Oosthoek, Scheltema en Holkema*, 176p.
- KOLSTRUP, E. 1979: Herbs as July temperature indicators for parts of the Pleniglacial and Late Glacial in the Netherlands-*Geol. Mijnbouw* 58: 377-380.
- MAARLEVELD, G.C. 1976: Periglacial phenomena and the mean annual temperature during the last glacial time in the Netherlands-*Biuletyn Periglacialny* 26: 57-78.
- POLLARD, W.H., H.M. FRENCH 1984: The groundwater hydraulics of seasonal frost mounds, North Fork Pass, Yukon Territory- *Can. J. Earth Sci.* 21: 1073-1081.
- RIEZEBOS, P.A. en R.T. SLOTBOOM 1984: Palynologie, een sleutel tot de reconstructie van het historisch bodemgebruik. *Geografisch Tijdschrift XVIII*, 7-15.
- STAPERT, D. 1982: A site of the Hamburg tradition with a constructed hearth near Oldeholtwolde (Province of Friesland, The Netherlands); first report- *Paleaohistoria* 24: 53-89.
- STAPERT, D. 1986: Two findspots of the Hamburgian tradition in The Netherlands dating from the Early Dryas Stadial: Stratigraphy - *Meded. Werkg. Tert. Kwart. Geol.* 23 (1): 21 41.
- TER WEE, M.W. 1962: The Saalian Glaciation in the Netherlands-*Meded. Geol. Stichting, N.S.* 15: 57-76.
- VAN EVERDINGEN, R.O. 1978: Frost mounds at Bear Rock, near Fort Nortman, Northwest Territories, 1875-1976 - *Can. J. Earth Sci.* 15 (2):263-276.
- VAN GEEL, B., E. KOLSTRUP 1978: Tentative explanation of the Late Clacial and early Holocene climatic changes in north-western Europe - *Geol. Mijnbouw* 57: 87-89.
- VAN DER HAMMEN, T. 1951: Late-glacial flora and periglacial phenomena in the Netherlands - Thesis, Leiden: 183 pp.
- VAN DER HAMMEN, T., T.A. WIJMSTRA 1971: The Upper Quaternary of the Dinkel Valley. *Meded. Rijks Geol. Dienst, N.S.* 22: 55-214.
- VAN DER TAK-SCHNEIDER, U. 1958: Cracks and fissures of Post-Allerød age in the Netherlands -*Biul. Peryglacialny* 17:221-225.
- VEENENBOSCH, J.S. 1954: *Het Landschap van zuid-oostelijk Friesland en zijn ontstaan-Boor en Spade VII* 111-136. English summary: The landscape in The South-East of Friesland and its Formation, *ibid.*: 134-136.
- WIGGERS, A.J. 1955: De Wording van het Noordoost-poldergebied - Van zee tot land 14. W.E.J. Tjeenk Willink N.V. (Zwolle): 214 pp.