

Palynologie en de oorsprong van Acritarchen

Isabel van Waveren

In zeesedimenten worden veel verschillende organische microfossielen afgezet. Hun wand bestaat uit zeer taai organisch materiaal dat lijkt op de wanden van stuifmeelkorrels. Deze kleine resten kunnen de merkwaardigste vormen hebben. Een grote groep verschillende vormen waarvan de oorsprong onbekend is wordt met de fraaie naam 'acritarch' aangeduid. Tot voor kort werd aangenomen dat het de resten van ééncellige organismen waren. Een onderzoek dat de auteur uitvoerde bij de Universiteit van Utrecht toont echter aan, dat een groot deel bestaat uit de ei-omhulsels van roepootkreeftjes. Omdat dergelijke acritarchen al in Precambrische afzettingen gevonden worden, zou dit betekenen dat meercellige organismen veel eerder voorkwamen dan tot nu toe gedacht werd.

Pollenanalyse

Elke plantesoort produceert zijn eigen vorm van stuifmeelkorrels. Een verzameling korrels wordt ook wel aangeduid als het pollen. Zo kunnen we door het analyseren van fossiel pollenmateriaal veel te weten komen over de plantegroei in het verleden en daarmee ook over klimaatsveranderingen. Ook wordt het pollen veel gebruikt als gidsfossiel, omdat het ruim verspreid voorkomt en makkelijk fossiliseert. Het onderzoeken van stuifmeelkorrels wordt pollenanalyse of palynologie genoemd.

Rond de kern van een stuifmeelkorrel zit een beschermend omhulsel van een zeer taaie, uit koolstofverbindingen bestaande, stof. Omdat deze stof zowel bij pollen als bij de sporen van

varens en dergelijke voorkomt heeft men het de naam sporenpollenine gegeven. De chemische samenstelling ervan is zeer complex en tot op heden slechts ten dele ontrafeld. Sporenpollenine verweert bijna niet. Het kan makkelijk miljoenen jaren onveranderd in een sediment verblijven.

Doordat het zo enorm zuurbestendig is kan het pollen op eenvoudige wijze uit het gesteente vrijgemaakt worden. De werking van de zuren, die het gesteente moeten oplossen, wordt nog versneld door het gesteente eerst te vergruizen. Het kalkaandeel wordt eerst opgelost door zoutzuur over het gruis te gieten. De silicabestanddelen worden vervolgens met fluorzuur verwijderd. De overige anorganische bestanddelen worden van het organi-

sche restje gescheiden door centrifugatie met zinkchloride. Zinkchloride is tweemaal zo zwaar als water. Tijdens het centrifugeren komt het lichte organische materiaal als een dunne film op de vloeistof te drijven terwijl de zwaardere bestanddelen naar de bodem van de reageerbuis zakken.

Andere organische microfossielen

Bij een dergelijke scheiding op soortelijk gewicht bestaat de dunne film, die op het zinkchloride blijft drijven, maar heel zelden uit louter pollen. Meestal bestaat het uit een grote verscheidenheid aan organische microfossielen die tijdens de afzetting van het sediment bijeen zijn gewaaid, gespoeld of gewoon neergedwarreld. Het kan een bonte verzameling zijn van pollen en sporen, van chitinozoën en tasmanaceën, van dinoflagellaten en acritarchen.

De chitinozoën vormen een groep uitgestorven organismen waarvan de relatie met de rest van de biologische wereld niet bekend is. Ze zien eruit als kleine urntjes (0,05-2 mm). Hun ontdekker, Alfred Eisenack, noemde ze in 1931 chitinozoën omdat hij meende dat de wand van deze urntjes uit chitine bestaat. Inmiddels is gebleken dat de wand juist niet uit chitine bestaat. Waar die dan wel uit bestaat is nog steeds niet duidelijk. Chitinozoën worden veel gebruikt voor het dateren en correleren van gesteentes van Ordoviscische tot en met Devonische ouderdom.

Tasmanaceën zijn kleine bolletjes waarvan de wand talloze fijne radiaal-stralige kanaaltjes bevat. De eerste tasmanitiden werden aangetroffen in

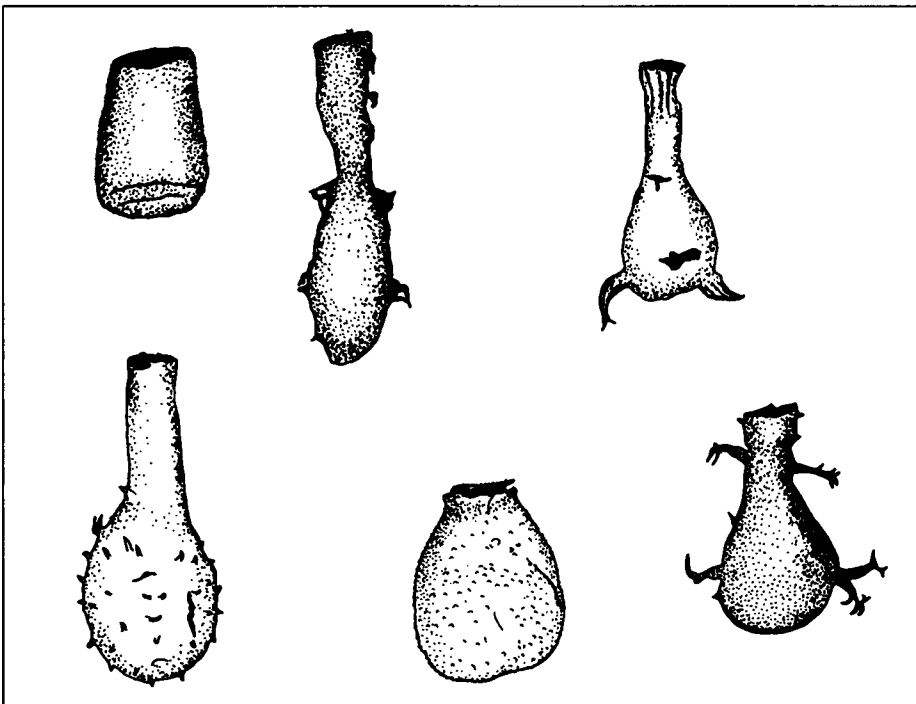


Fig. 1. Enkele Silurische en Devonische Chitinozoën.

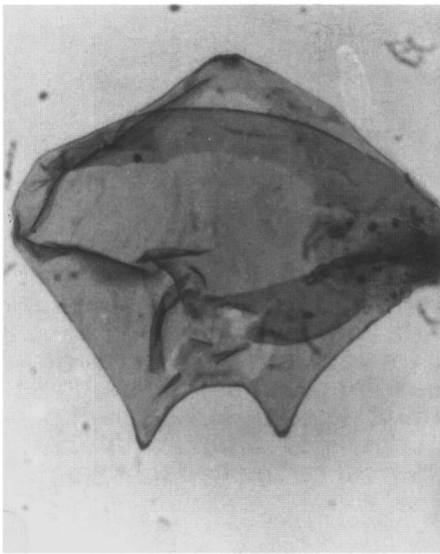


Fig. 1. Cysten van dinoflagellaten.

een laag tasmaniet of 'white coal'. Dit is een zeer onzuivere steenkool van Permische ouderdom op het eiland Tasmanië. De tasmaniet bleek vrijwel geheel uit deze organische bolletjes te bestaan en zo kwamen deze microfossielen aan hun naam. Ze komen van het Cambrium tot in het Holoceen voor. Het zijn de cysten van een uitgestorven soort groenalgen.

Over dinoflagellaten wordt weleens in de krant gesproken. In plaatselijke kranten omdat ze het water in de branding van de zee laten oplichten.

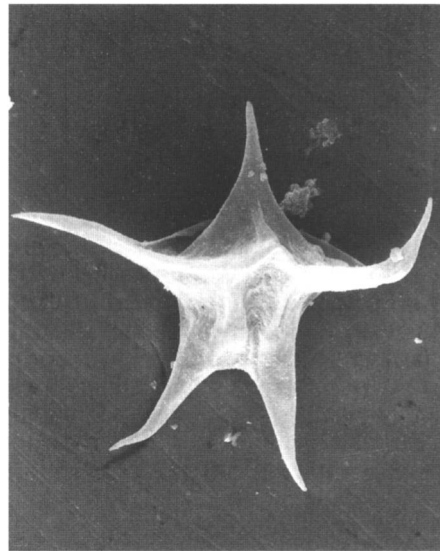


Fig. 2.

In landelijke kranten omdat ze verantwoordelijk zijn voor het verschijnsel 'zeebloei'. Het water verkleurt dan helemaal door een immense hoeveelheid dinoflagellaten. Onder bepaalde voedselrijke omstandigheden planten ze zich opeens explosief voort. Daarbij vergiftigen ze het water zodat al het leven erin sterft. Een ramp voor vissers, maar het levert wel mooie fossielen op. Veel fossielrijke afzettingen zijn het gevolg van zeebloei.

Dinoflagellaten zijn ééncellige algen met twee zweepharen (flagellen) die zij gebruiken voor hun voortbeweging en voor het manipuleren van hun voed-

sel. Ze variëren in grootte van 0,005 tot 2 mm.

In hun levenscyclus kennen de dinoflagellaten een overlevingsstadium. Ze vormen dan een cyste. Dit is een omhulsel van een op sporenpollenine lijkende stof rondom de cel. Als cyste kan een dinoflagellaat ongunstige om-

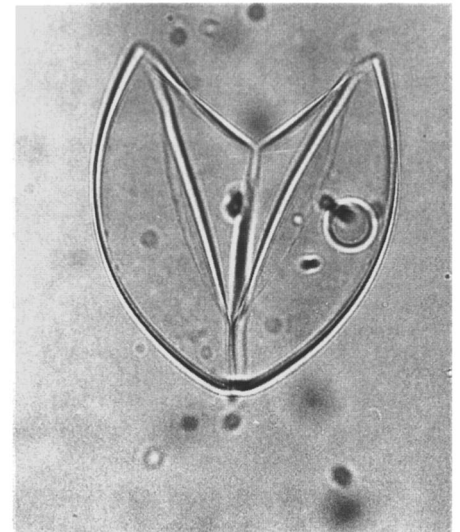


Fig. 4. Ei-envelop van *Labidocera aestiva*, uit een recente kweek van roeipootkreeftjes in de V.S.

standigheden overleven. Wanneer de omstandigheden weer gunstig zijn verlaat de dinoflagellaat het beschermende omhulsel en zwemt naar de oppervlakte. De cysten zijn kleiner dan de dinoflagellaten zelf: 0,005 tot 0,15 mm. Het zijn de cysten die als microfossielen in de sedimenten worden aangetroffen.

Twee soorten of één?

Net zoals het bij de afdrucken van poten moeilijk is om vast te stellen van welk dier ze zijn, is het ook moeilijk

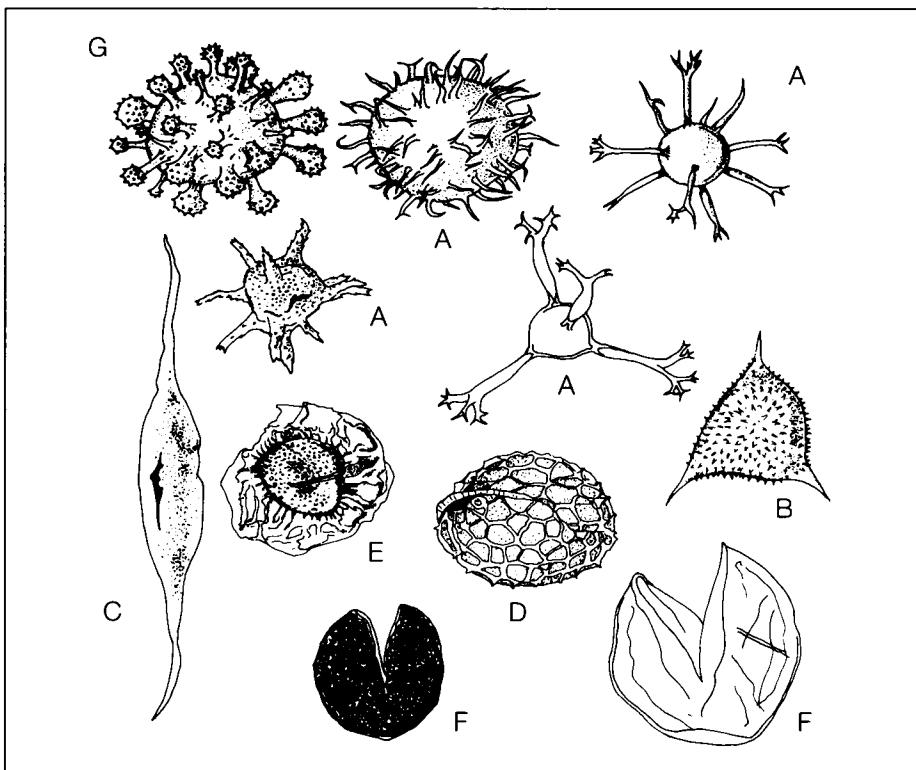


Fig. 3. Acritarchen. Enkele voorbeelden van subgroepen. A: Acanthomorf. B: Polygonomorf "veelhoekige vorm". C: Netromorf. "spoelvorm". D: Herkomorf. E: Pteromorf "vorm met vleugel of rokje". F: Schizomorf "gespleten vorm". G: Santellomorf. "vorm met knotsen".

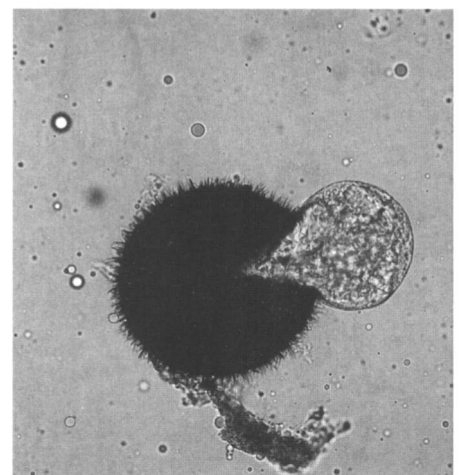


Fig. 5. Eitje op punt van uitkomen. *Pontella meadii*.

om aan een cyste te zien van welke dinoflagellaat hij afkomstig is. Pootafdrukken krijgen deze soortnaam van de maker, hoewel we de niet kennen. Het kan voorkomen dat de botten van dezelfde soort gevonden worden zonder dat we weten dat het om één en dezelfde soort gaat. Dit heeft tot gevolg dat beide overblijfselen, afdrukken en botten, een andere naam krijgen.

Zo kunnen ook cysten en de makers van cysten beschreven worden als totaal verschillende organismen, hoewel ze slechts de verschillende levensstadia van hetzelfde organisme zijn.

De enige mogelijkheid om erachter te komen of verschillende fossiele vormen tot hetzelfde of tot verschillende organismen behoren is wanneer ze nog niet uitgestorven zijn en in een laboratorium te kweken zijn.

Acritarchen

Zo is ontdekt dat microfossielen die eerst hystrichosferen genoemd werden, in veel - maar niet alle - gevallen, de cysten zijn van dinoflagellaten. Hystrichosfeer is Grieks voor 'stekelbolletje'. De overige vormen die niet zomaar als cyste van een dinoflagellaat beschouwd kunnen worden zijn tot nader order ondergebracht in een verzamelgroep: de acritarchen. Dit betekent in het Grieks 'van onbekende oorsprong'. Informeel bestond er echter weinig twijfel over dat het in wezen de cysten van ééncellige orga-

nismen waren. Acritarchen worden op grond van uiterlijke kenmerken ingedeeld in een aantal vormgroepen. Fig. 3 geeft een overzicht van de meest voorkomende vormen. In de loop der jaren is er een aantal acritarchen uit deze verzamelbak verdwenen omdat men, aan de hand van recente vormen, toch kon aantonen dat het cysten waren van bijvoorbeeld een bepaalde groenalg.

Het onderzoek

Enkele jaren geleden is een serie Holocene bodemmonsters uit de oostelijke Bandazee bij Indonesië bestudeerd. Deze bodemmonsters bleken een rijkdom aan acritarchen te bevatten. Maar liefst twintig verschillende vormsoorten werden aangetroffen. Hier lag de kans om tenminste van een aantal acritarchen vast te stellen door welk organisme ze gemaakt

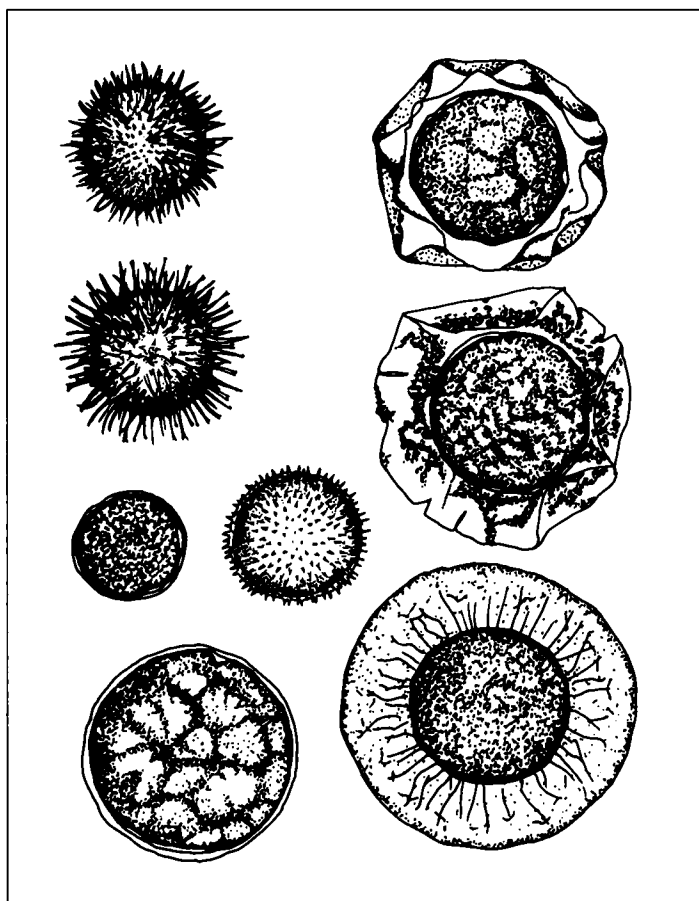


Fig. 8. Zes verschillende typen ei-omhulsels van copepoden. Frappant is de gelijkenis met de acritarchen vormen.

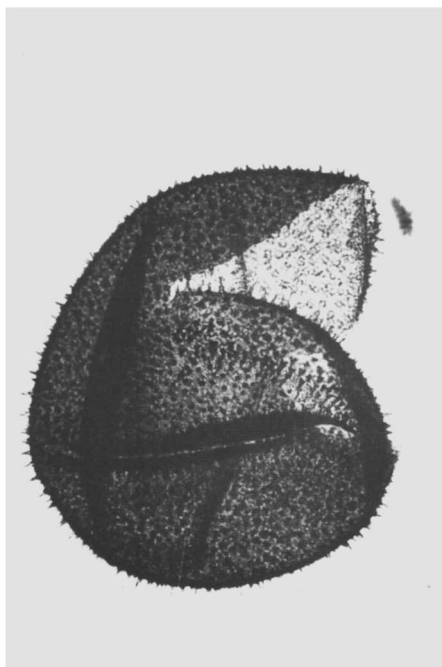


Fig. 6. Schizomorfe acritarch uit de sedimenten van de oostelijke Bandazee.

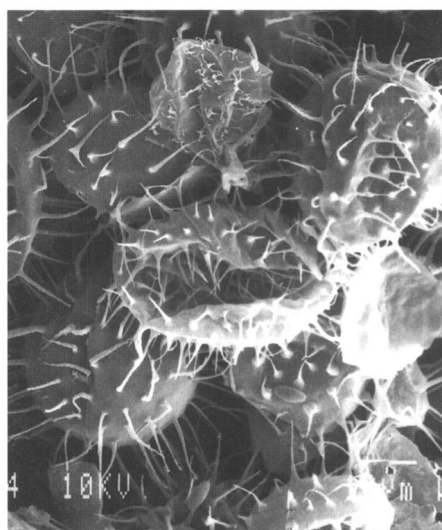


Fig. 7. Ei-omhulsels van *Centropages hamatus*, recent.

worden. De acritarchen uit de oostelijke Bandazee waren allemaal over het midden (equatoriaal) gespleten en be-

hoorden daarmee tot subgroep der Schizomorfitae, de equatoriaal splijpende vormen. Het leek een haalbare kaart om de soorten groenalgen terug te vinden waar dit de cysten van moesten zijn. Wellicht was het zelfs mogelijk ze te kweken. Niets bleek minder waar. Een grondig onderzoek van de literatuur over groenalgen bood geen enkele overtuigende vergelijking. Daarom over is gegaan tot andere methoden. De foto's van deze acritarchen werden, als waren het de foto's van gezochte criminelen, aan verschillende deskundigen getoond, maar telkens was het teleurstellende antwoord: "Nooit eerder gezien". Ten einde raad werden de illustraties van de meest voorkomende vormen van de twintig microfossielen in de Plankton Newsletter geplaatst, een door mariene biologen veel gelezen nieuwsbrief. Elke lezer die meende een van deze microfossielen te herkennen werd verzocht contact op te nemen met de ondergetekende op het laboratorium voor Paleobotanie en Palynologie te Utrecht.

Copepoden!

Zo kreeg het laboratorium één belangrijke tip, nota bene uit Nederland. Marie Kat, toen nog werkzaam bij het Rijks Instituut voor Visserij-onderzoek in IJmuiden had deze vormen al eerder gezien. Het waren de eieren van Copepoden oftewel roeipootkreeftjes. Dat is wel even heel wat anders dan ééncellige groenalgen. Daar moest eerst eens de encyclopedie bijgehaald worden:

Roeipootkreeftjes zijn heel klein. Sommige soorten halen de afmetingen van een rijstkorrel, maar voor het bekijken van de meeste soorten is een microscoop nodig. Ze hebben een torpedo- of peervormig lichaam dat bestaat uit verschillende segmenten. Het meest karakteristiek zijn hun van kieuwen voorziene zwempoten. Hun officiële naam Copepoda, komt van de Griekse woorden 'kope' en 'podos' voor roeispaan en voet. De Roeipootkreeften zijn een onderklasse van het fyllum der Geleedpotigen (Arthropoda). Er zijn meer dan 4000 soorten beschreven. Het meest indrukwekkende is echter hun aantal. De oceanoloog Alister Hardy heeft ooit eens berekend dat het aantal levende roeipootkreeftjes groter is dan het aantal levende individuen van alle soorten meercellige organismen bij elkaar!

Ze vormen de helft van de totale dierlijke biomassa in de zee. In de voedselketen vormen ze de primaire consumenten. Hun voedsel bestaat voornamelijk uit plantaardig plankton. Er bestaan ook zeer gespecialiseerde parasitaire vormen.

De levenscyclus van een roeipootkreeftje bestaat uit 4 verschillende stadia: De eerste is het eitje, daaruit ontstaat de zogenaamde naupliuslarve. De naupliuslarve lijkt wat uiterlijk betreft helemaal niet op de volwassen vorm. In de eerste jaren van oceanologisch onderzoek wist men niet dat dit larven waren. Men dacht dat ze tot een aparte soort behoorde die Nauplius werd gedoopt. Na tijdens de groei in het Naupliusstadium een stuk of zes keer te zijn verveld komt het copepodietstadium. In dit stadium lijkt de larve al aardig op een volwassen exemplaar. Na nog eens vijf keer vervellen in het copepodietstadium is het kreeftje volwassen en kan zelf voor de voortplanting gaan zorgen.

eitjes geen acritarchen zijn.

In tegenstelling tot alle verwachtingen leverden beide eiersoorten toch drie van de twintig Bandazee-acritarchen op.

De proeven zijn verschillende malen overgedaan met dezelfde soorten en ook met een andere soort. Telkens bleven er Schizomorfitae onder de microscoop verschijnen. De conclusie dat althans een groot deel van de

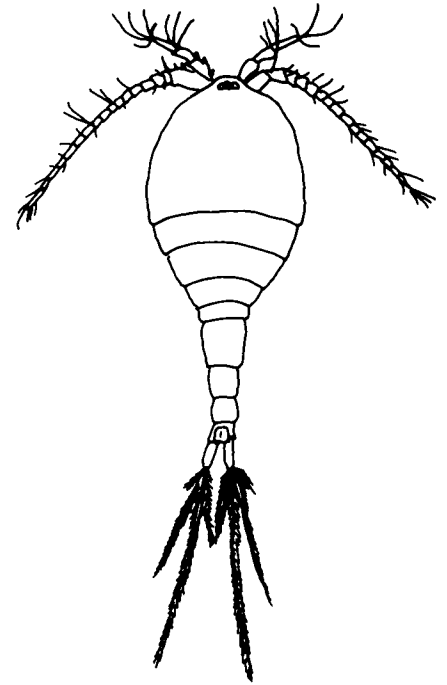


Fig. 9. Een roeipootkreeftje.

Met haar medewerking is het uiteindelijk gelukt om van meer dan de helft van de vormgenera een uitspraak te doen over de familie waar ze toe behoorden en van één enkele soort over het geslacht waar de vormsoort door voortgebracht was. Het bleek een pelagisch (vrij zwemmend) geslacht te zijn.

Het was eigenlijk onvoorstelbaar dat een hele generatie palynologen gemeend had dat de meeste acritarchen, althans de Schizomorfitae, groenalgen waren, terwijl de enige aanwijzing tot nu toe wees op een dierlijke oorsprong. Besloten werd deze vermeend onjuiste veronderstelling uit de wereld te helpen. Een kweek van het NIOZ (Nederlands Instituut voor het Onderzoek der Zee) leverde twee monstertjes met copepoden-eitjes op. Met dank aan Wim Klein Breteler, die op het NIOZ verschillende copepodenkweken in leven houdt.

Deze eitjes kregen dezelfde straffe zuurbehandeling die de Bandazee-sedimenten ook hadden ondergaan. Dat zouden ze vast niet overleven waarmee bewezen zou zijn dat copepode-

acritarchen geen cysten van ééncellige groenalgen zijn, maar de omhulsels van copepode-eitjes, blijkt onvermijdelijk.

Subtropische soorten

De kweken die op het NIOZ werden gedaan, boden slechts de gelegenheid de eitjes van cosmopolitische copepoden te bestuderen of van copepoden uit de Noordzee. Het was nodig om kweken van geïdentificeerde tropische copepodensoorten te beschrijven en te vergelijken met de vormsoorten uit de Bandazee.

Dit bleek maar op één enkele plaats ter wereld mogelijk: In Florida, bij Professor Dr. Nancy Marcus.

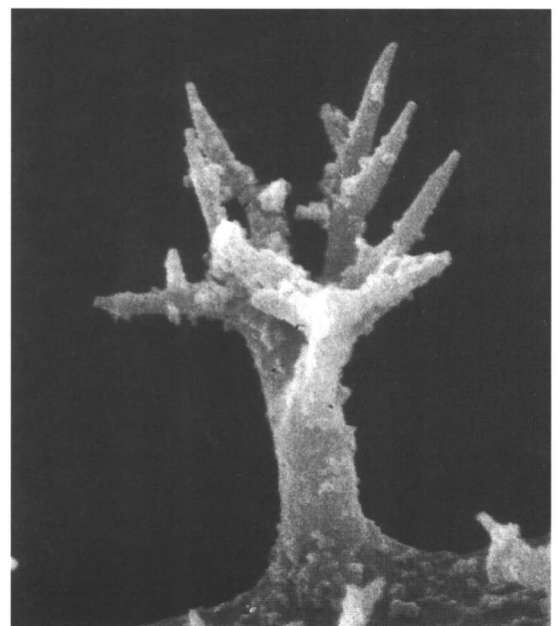


Fig. 10. Voorbeeld van een ornamentatie op de wand van een Schizomorf uit de Bandazee.



Fig.11. Zwempootje van een roeipootkreeftje uit de Bandazee. Ook dit pootje is van taai organische materiaal. Dergelijke pootjes werden eerder aangeduid als vissekaakjes.

Gevolgen

De ei-omhulsels van copepoden vertonen meer vormen dan die van de Schizomorfitae. Aan de andere kant blijven er veel acritarchenvormen over die niet op de omhulsels van copepode-eitjes lijken. Van deze acritarchen is de oorsprong dus nog steeds onbekend.

Schizomorfitae komen al vroeg in het Precambrium voor. Als het de ei-omhulsels zijn van roeipootkreeftjes, dan betekent het dat meercellige organismen al veel eerder voorkwamen dan

algemeen wordt aangenomen. De 'explosie' van meercellig leven aan het begin van het Cambrium zou dus schijn kunnen zijn.

Summary

Tiny organic walled fossil organisms called 'acritarchs' are found in sediments of the eastern Banda Sea (Indonesian Archipel). It was believed that these organisms were the remains of one-celled organisms, i.e. the cysts of dinoflagellates. In this article it is shown that at least one type of

acritarchs, the so called schizomorfitae, most likely consists of the remnants of copepod-eggs. Schizomorfitae are found in the Precambrian. This implies that copepods already existed before the 'explosion of multicellular life' at the start of the Cambrian.

Adres van de auteur:
Nationaal Natuurhistorisch Museum
Postbus 9517
2300 RA Leiden

Literatuur

- Barnes, R.D., 1987. Invertebrate Zoology, 5th ed. Saunders College Publishing, Philadelphia, 893 pp.
- Eisenack, A., 1938. Neue Mikrofossiliën des baltische Silur IV. Paläont. Zeits. 19: 2217-2243.
- Haq, B.U. & Boersma, A. (eds.), 1980. Introduction to marine micropaleontology. Elsevier North Holland Inc., New York: 293-358.
- Tappan, H.N., 1980. The Paleobiology of Plant Protists. Freeman, San Francisco, 1028 pp.
- Waveren, I.M. van, 1993. Planktonic Organic Matter in Surficial Sediments from the Banda Sea (Indonesia) - A palynological approach. Geologica Ultraiectina 104.



Een dijbeen van een uitgestorven bever, *Trogontherium cuvieri* Fischer (1809), van de Noordzeebodem en enkele wetenswaardigheden over deze bever

Dick Mol en John de Vos

Begin 1994 viste Gert Jan van Veen, bemanningslid van de kotter GO 31, de "Morgenster", een fragment op van een dijbeen (femur) van de uitgestorven bever *Trogontherium cuvieri*. De vindplaats ligt in het zuidelijke deel van het "Deep Water Channel", een diepe, noord-zuid gerichte geul ten zuidwesten van de Bruine Bank. De Noordzee is hier 30 à 40 meter diep.

De vondst van dit fossiel van *Trogontherium cuvieri* is bijzonder, omdat deze uitgestorven beverssoort tot op heden nog niet van de Noordzeebodem bekend was.

Beschrijving van het fossiel

Het dijbeen (fig. 1) is ingeschreven onder nummer 390 in de collectie zoogdierfossielen van Kommer Tanis te Havenhoofd (Goedereede). Het betreft een exemplaar van de rechterzijde van het skelet.

Het genus *Trogontherium* behoort samen met o.a. het genus *Castor* tot de familie Castoridae (orde Rodentia).

Met behulp van een aantal belangrijke kenmerken kan onderscheid gemaakt worden tussen de resten van *Trogontherium* en *Castor fiber*, de Europese bever. De dissertatie van mevrouw Dr. A. Schreuder (1929) maakte de determinatie betrekkelijk eenvoudig. Mevr. Schreuder heeft het bevermateriaal uit de kleigroeven van Tegelen in de twintiger jaren uitgebreid bestudeerd.

Voor haar dissertatie stonden haar maar liefst 30 dijbeenderen van *Trogontherium* ter beschikking. Daaronder bevonden zich één geheel gaaf exemplaar en zes nagenoeg complete exemplaren. Aan de hand van de afbeeldingen van de dijbeenderen van *Trogontherium* en *Castor* laten zich direct enkele verschillen vaststellen. Aan het dijbeen van *Trogontherium* bevin-