

ENKELE PALEO-ECOLOGISCHE OPMERKINGEN OVER DE PLIOCENE AFZETTINGEN IN DE TUNNELPUT  
NABIJ KALLO, BELGIË, PROVINCIE OOST VLAANDEREN.

DEEL 2.<sup>1)</sup>

door

P. A. M. Gaemers, Leiden.

Gaemers, P. A. M. Enkele paleo-ecologische opmerkingen over de Pliocene afzettingen in de tunnelput nabij Kallo, België, provincie Oost Vlaanderen (Some paleoecological remarks on the Pliocene deposits exposed in the tunnelpit near Kallo, province of East Flanders, Belgium), part 2. - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 12 (2): 43-49. Leiden, June 1975.

With the help of sedimentary structures and fossils a paleoecological reconstruction of the Late Pliocene strata is given. In this part the Sands of Kallo and the Sands of Kruisschans are treated. The deposits are generally regressive and have been laid down in an open marine environment. The presence of an approximately W-E running coast south of Kallo can be concluded from paleoslopes and directions of cross-beddings and channels. During the deposition of the Sands of Kallo sea-depth was at least 10-20 m. The Sands of Kruisschans were deposited at a depth of less than 10 m.

Drs. P. A. M. Gaemers, Merendonk 81, Leiden, the Netherlands.

DE ZANDEN VAN KALLO

In de Zanden van Kallo zijn drie duidelijk te onderscheiden eenheden te zien, die grote verschillen vertonen in lithologie, sedimentaire structuren en fauna. De gemiddelde korrelgrootte van het sediment neemt van onder naar boven

---

<sup>1)</sup> deel 1: Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 12 (1): 25-37, maart 1975

af. Grind komt alleen voor in de basale laag, en klei - aanwezig in elk der drie niveau's - neemt naar boven aan belangrijkheid toe. Het bovenste niveau, de Horizon met *Angulus benedeni*, is het rijkst aan klei (zie ook Janssen, 1974: 184). Een dergelijk verschijnsel treedt op in de Zanden van Kattendijk, het wordt wel "fining upwards" genoemd. We kunnen beide formaties daarom als twee afzonderlijke sedimentatiecycli opvatten, die redelijk volledig ontwikkeld zijn. Zij zijn door een duidelijk hiaat van elkaar gescheiden.

De basale laag is zeer variabel van dikte. Dit wordt veroorzaakt doordat er zakvormige depressies aanwezig zijn, die door erosie in de Zanden van Kattendijk gevormd zijn. Hoeveel sediment er van de top van de Zanden van Kattendijk verdwenen is, is uiteraard moeilijk te achterhalen. Veel zal het vermoedelijk niet geweest zijn, want er heeft zich geen hoekdiscordantie ontwikkeld tussen de Zanden van Kattendijk en de Zanden van Kallo. Bovendien is de grens tussen beide formaties, afgezien van de depressies, vrijwel vlak (fig. 4).

Het is mogelijk, dat de depressies gevormd zijn door geulen, alleen is het vreemd dat er zoveel zijn en dat ze nogal klein zijn. Het is minder waarschijnlijk dat het kolkgeden zijn in de Zanden van Kattendijk, welke vrij snel zijn opgevuld met schelpen, die met stromingen aangevoerd zijn. Dikwijls staan de wanden van deze depressies onder een hoek van 50 à 60°. In los afgezet zand is de maximale hellingshoek hooguit een 40°, dus moeten de depressies door verschillen in de belasting van de zeebodem ontstaan zijn ("load cast"). In de depressies konden vanzelfsprekend meer schelpen terechtkomen dan daarbuiten. Aan de oriëntatie van de schelpen is te zien, dat zij niet horizontaal in de depressies liggen, maar subparallel aan de wanden (fig. 8). De oorspronkelijke diepte van de depressies is dus in ieder geval geringer geweest. Het is het meest waarschijnlijk dat de "load cast" als enige verantwoordelijk was voor het ontstaan van de depressies.

Overigens zijn lang niet alle schelpen ingespoeld (dus allochthoon) in de basale laag. Gave dubletten van *Aequipecten opercularis* (L.), *Ostrea edulis* L., *Pygocardia rustica* (Sowerby), *Astarte fusca basteroti* De la Jonkaiere en andere soorten bewijzen, dat deze ter plaatse hebben geleefd en dus autochthoon zijn. In vergelijking met de hogere niveau's zijn sterk verspoelde fossielen in de basale laag in ieder geval bijzonder algemeen. Soms kan men door middel van de sedimentinhoud van de fossielen en/of hun conservatietoestand nog vaststellen, dat ze afkomstig zijn uit oudere lagen (Zanden van Luchtbal of Zanden van Kattendijk). Vele getransporteerde schelpen zullen ook uit de Zanden van Kallo zelf stammen.

De meeste en fraaiste sedimentaire structuren zijn te zien in het middelste niveau van de Zanden van Kallo, de Horizon met *Pinna*. Feitelijk bestaat deze horizon hier vrijwel geheel uit geulafzettingen en scheve gelaagdheden. Op het eerste gezicht doet dit alles nogal rommelig en chaotisch aan. Dit komt vooral doordat de lengteassen van de geulen en dus ook van de stromingen die deze gevormd hebben, verschillende richtingen gehad hebben. Zowel in de lange NNE - SSW gerichte wanden van de bouwput als in de loodrecht daarop staande korte noordelijk gelegen wand zijn geulen gevonden in dwarsdoorsnede. De preciese oriëntatie van deze geulen is niet eenvoudig te bepalen. Hiervoor zouden van elke geul twee sneden loodrecht op elkaar bestudeerd moeten worden.

De meeste geulen zijn ondiep en vrij breed. Dit geldt vooral voor de ongeveer oost-west verlopende geulen. Dikwijls eroderen zij eerder gevormde geul-

afzettingen, waardoor een tamelijk gecompliceerd geheel ontstaat (fig. 4). De basis van de Horizon met *Pinna* is enigszins erosief. Dit is te zien aan het wat onregelmatige grensvlak met de basislaag van de Zanden van Kallo, dat is ontstaan door zeer ondiepe, vrij brede gulvormingen (fig. 4).

Zeer interessant is een gefossiliseerd zeebodemreliëf, dat het best zichtbaar is in de oostelijke lange wand van de bouwput (foto 2), maar ook in de westelijke lange wand aanwezig is. Van noord naar zuid (op de foto van links naar rechts) zien we een geleidelijk oplopende, regelmatig gevormde lijn binnen de sterk gestructureerde zanden van de Horizon met *Pinna*. Na het bereiken van een hoog punt zien we een niet erg diepe depressie, waarin de erosie actief is geweest (er zijn daar veel geulen aanwezig), waarna al vrij spoedig de top van de Horizon met *Pinna* bereikt wordt. Dit beeld herhaalt zich met kleine variaties verschillende keren van zuid naar noord. We zien hier een mooi voorbeeld van een zeebodemreliëf, dat zich progressief van zuid naar noord heeft verplaatst en dat de zee dus ondieper heeft gemaakt van het zuiden uit. Dit klopt prachtig met de opvatting, dat de kustlijn van de toenmalige zee ongeveer een oost-west verloop had en op een zekere afstand ten zuiden van Antwerpen lag. De geulen in de depressies, die lengteassen hebben die ook vrijwel oost-west gericht zijn, zijn dus gevormd door stromingen die evenwijdig aan de kust liepen. Het uitbouwen in noordelijke richting van de Horizon met *Pinna* is ongetwijfeld met horten en stoten gegaan en zonder diepe erosie, anders waren de structuren op vele plaatsen zeker niet zo mooi bewaard gebleven. De depressie is de ene keer dieper geweest dan de andere keer en zal soms zelfs afwezig zijn geweest. De bovenzijde van de Horizon met *Pinna* is opmerkelijk vlak. Een afvlakkende, erosieve fase, die alle onregelmatigheden vereffende, heeft de vorming van deze horizon afgesloten.

Doubletten van *Pinna* zijn op sommige plaatsen zeer talrijk. Nergens zijn ze echter in levenspositie aangetroffen, steeds lagen ze plat in de gelaagdheid. Ze moeten toen wel geleefd hebben op de plaats van de bouwput, want hun schelpen zijn zeer breekbaar. Flink getransporteerde fossielen zijn in dit niveau trouwens zeker niet zeldzaam. De meeste zijn afkomstig uit de Zanden van Kallo zelf; deze zijn dus intraformationeel verspoeld en niet uit oudere lagen afkomstig.

De veel kleiiger Horizon met *Angulus benedini* bevat bovenaan veel subparallel verlopende graafgangen, die de primaire sedimentaire structuren grotendeels vernietigd hebben. Zij hebben een flinke diameter (+ 3-5 cm) en zijn opgevuld met vrij grof zand dat door het geringe kleigehalte lichtgekleurd is en goed afsteekt tegen het donkergekleurde omringende sediment.

De faunaverschillen tussen de drie niveau's zijn voor een belangrijk deel veroorzaakt door verschillen in bodemcondities (soort sediment en stromingen). Daarnaast spelen diepteverschillen een rol. De Zanden van Kallo zijn in hun geheel trouwens beslist ondieper afgezet dan de Zanden van Kattendijk, want o.a. *Laevicardium*, *Angulus* en verschillende Naticidae komen frekwent voor. De aanwezigheid van *Colus*, *Neptunea*, *Aporrhais* en *Turritella* bewijst dat de Zanden van Kallo onmogelijk in een zeer kustnabij en ondiep milieu kunnen zijn afgezet. De zeediepte zal zeker 10 tot 20 m bedragen hebben en getijdestromingen hebben zeer waarschijnlijk grote invloed gehad.

## DE ZANDEN VAN KRUISSCHANS

Deze formatie is opgebouwd uit een afwisseling van matig grove tot grove zanden met kleien en zeer kleiige zanden. In de zuidelijke helft van de bouwput hellen deze lagen zeer duidelijk onder een hoek van 5 tot 15° ten opzichte van hun zeer vlakke basis (foto 5). In het noordelijke deel van de bouwput is de opbouw veel onregelmatiger en een duidelijke helling is niet te zien (fig. 7, foto 2).

Vanuit de verte lijkt de helling in het zuidelijke deel van de bouwput op een gigantische mega-scheve-gelaagdheid. Wanneer we de rijkelijk aanwezige sedimentaire structuren in detail bekijken, blijkt de werkelijkheid anders te zijn. De scheef afgezette lagen zijn namelijk grotendeels opgebouwd uit geulen en mega-scheve-gelaagdheden. Deze scheef verlopende lagen zijn hier dus weer een gefossiliseerd zeebodemreliëf, dat ruwweg naar het noorden afhelde. In de lange wanden is deze helling ideaal aangesneden en hier zien we de maximale hellingshoek van het reliëf. Dit wordt bewezen doordat in de korte zuidelijke wand de lagen horizontaal verlopen. Deze wand staat loodrecht op de lange zijden van de bouwput. Sedimentatie en erosie wisselden elkaar zeer frekwent af en doordat de sedimentatie overheerste kon dit reliëf zich steeds meer naar het noorden verplaatsen en bleef het in het sediment bewaard. De lijnen van gelijke zeediepte hebben derhalve ongeveer WNW-ESE gelopen, wat alweer op een ongeveer oost-west verlopende kustlijn wijst ten zuiden van de bouwput.

Een afvlakkingsfase volgt op de vorming van deze duidelijk hellende sedimenten. In het zuidelijke deel van de put is zelfs een volkomen horizontale zeebodem te zien (fig. 7), welke de oudere lagen discordant afsnijdt. In het midden van de put helt deze laag onder een zeer flauwe hoek van ongeveer 2° naar het noorden. Een deel van de wat oudere sedimenten is dus beslist weggeërodeerd en het reliëf dat zo ontstond was zeer gering. Meer naar het noorden bereikt de afzetting van deze afvlakkingsfase de basis van de Zanden van Kruisschans (fig. 7).

Tijdens de vorming van de jongere sedimenten bleef de helling van de zeebodem gering en kregen stromingen de kans om de sedimentoppervlakte grilliger te modelleren door uitschuren van soms vrij diepe geulen (zie het rechterdeel van foto 2). Nog verder naar het noorden in de bouwput is te zien dat de sedimentatie weer de overhand kreeg bij de vorming van het reliëf, dat daardoor weinig onregelmatigheden vertoont.

De stratigrafische opeenvolging van oud naar jong in de Zanden van Kruisschans is zodoende niet alleen van onder naar boven, maar ook nog van zuid naar noord. De oudste afzettingen vinden we in het zuidelijke deel van de bouwput, waar de jongste lagen van deze formatie vrijwel ontbreken. In het noordelijke deel van de ontsluiting is het precies omgekeerd. Bij het nemen van monsters moeten we hiermee natuurlijk terdege rekening houden.

De hierboven besproken reliëftypen van de Zanden van Kruisschans geven geen informatie over de richting van zeestromingen, want het zijn geen scheve gelaagdheden. Janssen (1974) interpreteerde het steile reliëf in het zuidelijke deel van de put als mega-scheve-gelaagdheden en leidde daaruit een stroomrichting af van SSW-NNO. De sedimentaire structuren op dit reliëf geven wel aanwij-

zingen over de stroomrichtingen. Er zijn maar liefst drie verschillende. De meest frekwente stroomrichting heeft geulen gevormd die met hun lengteassen ruwweg oost-west lopen. Deze stromingen liepen dus parallel aan de dieptelijnen en de kust. Zij bezaten een sterk eroderende kracht, maar hun geulen werden ook weer snel opgevuld. In de lange wanden van de bouwput vinden we deze geulen steeds op dwarsdoorsnede. De stromingsrichtingen varieerden enigermate, zodat lang niet alle geulen precies op dwarsdoorsnede te zien zijn. De opvulling van de geulen geeft aanwijzingen over de afwijking van de lengteassen ten opzichte van de ideale dwarsdoorsnede. De geulen worden namelijk door megaribbels opgevuld, welke tongvormig zijn. Zijn deze precies dwars doorgesneden, dan vinden we een symmetrische opvulling in de geul (fig. 9a, foto 3). Hoe schever de geul is aangesneden, hoe schever ook de opvulling is aangesneden en hoe asymmetrischer de mega-scheve-gelaagdheid er uit ziet. Vertonen deze scheve gelaagdheden in de oostelijke wand een schijnbare helling naar het noorden (fig. 9b), dan was de stromingsrichting meer SW-NE gericht dan de symmetrisch gerichte geulen, die meer oost-west gericht zijn. Wanneer de schijnbare helling van de geulopvulling naar het zuiden gericht is, zal de stromingsrichting meer SE-NW geweest zijn (fig. 9c). Deze zelfde geulen zijn door Michel (1967) reeds eerder gevonden in de Zanden van Kruisschans, die ontsloten waren in het 7de Havendok ten noorden van Antwerpen. De meeste metingen van Michel concentreerden zich rond west-oost richtingen met afwijkingen naar NW-SE en SW-NE. Ikzelf heb geen exacte metingen gedaan, maar de geulopvullingen kloppen goed met Michel's metingen. De SW-NE richting lijkt wat meer vertegenwoordigd dan de NW-SE richting. Uit Michel's publicatie weten we, dat de stromingen van west naar oost liepen.

Verder zijn er duidelijke mega-scheve-gelaagdheden met een volkomen vlakke basis (zogenoemde planaire sets, foto 3). Deze zijn in de lange wanden evenwijdig aan de stromingsrichting gesneden, waardoor hun steile helling prachtig te zien is. Hun richtingen kunnen tegengesteld zijn; het zijn dus eb- en vloedstromen, want bijna altijd hellen de megasetts naar het noorden, terwijl scheve gelaagdheden die naar het zuiden gericht zijn, slechts met moeite te vinden zijn. De sterkere ebstroom zorgde ervoor, dat er meer sediment van de kust werd afgevoerd dan er door de vloedstroom heengevoerd werd. Dit is de reden van het bewaard blijven van deze afzettingen: hier werd veel zand en klei heengebracht, wat ten koste ging van de kustsedimenten.

Hier en daar zijn vertikale graafgangen te vinden met een wisselende, meestal vrij grote diameter. Schelpgruis uit fossielrijke laagjes is hierin steeds naar beneden meegenomen. Het zijn daarom geen vluchtgangen maar leefgangen, vermoedelijk van Crustacea. De meeste fossielen zijn op zijn minst sterk afgerold. Onbeschadigde schelpen zijn erg schaars en fossielgruis is in grote hoeveelheden aanwezig. De meeste fossielen zijn dus aan intens transport onderhevig geweest. De losse kleppen van bivalven liggen meestal met de bolle zijde naar boven, wat wijst op afzetting in stromend water.

De basis van de Zanden van Kruisschans is erosief. Het talrijke voorkomen van afgesleten kleppen van *Aequipecten opercularis* (L.) en *Pecten complanatus* Sow. in de basislaag wijst op verspoeling van deze schelpen, vermoedelijk uit de Zanden van Kallo. Hoger in de formatie zijn deze soorten beduidend minder algemeen. In de gehele Zanden van Kruisschans zijn autochthone fossielen uiterst schaars. In volgorde van belangrijkheid zijn dit: *Varicorbula gibba* (Olivi) (soms doubletten), *Aequipecten opercularis* (L.). Naticidae, *Macoma pre-*

*tenuis* (Woodward), *Laevicardium parkinsoni* (Sow.), *Hinia reticosa* (Sow.), *Timoclea ovata* (Pennant), zeepokken, *Mangelia* sp., *Digitaria digitaria* (L.), *Abra* cf. *alba* (W. Wood), *Mysella bidentata* (Montagu), *Parvilucina scaldensis* (Glibert & Van de Poel), fragmenten van *Barnea cylindrica* (Sowerby) en *Spisula subtruncata* (Da Costa). Het is echter niet uitgesloten dat een deel van deze soorten toch verspoeld is uit oudere lagen. Het is een fauna arm aan soorten en aan individuen, hetgeen te verwachten is in een gebied, waar sterke stromingen voorkomen.

De meeste exemplaren van *Varicorbula gibba* en vele van *Aequipecten opercularis* zullen afkomstig zijn uit de Zanden van Kallo. De vondsten van sterk afgerolde fragmenten van *Atrina* (= *Pinna*), *Angulus benedeni* (Nyst & Westendorp), *Laevicardium decorticatum* (Wood) en blauwgekleurde exemplaren van *Anomia* bewijzen, dat de Zanden van Kallo ten tijde van de vorming van de Zanden van Kruisschans al gedeeltelijk werd opgeruimd. Ook vele exemplaren van zeepokken, *Ostrea edulis* L., en enkele van *Dosinia exoleta* en *Mytilus edulis* L. moeten uit de Zanden van Kallo afkomstig zijn. Opvallend is, dat de basislaag, welke alleen in het zuidelijke deel van de bouwput duidelijk aanwezig was, voornamelijk grote schelpen uit de Zanden van Kallo bevatte. De hogerliggende lagen bevatten veel meer fijn fossielmateriaal. Hoger in de formatie werden zelfs vele, vaak grote fragmenten van de brachiopode *Lingula* gevonden. Dit kan alleen verklaard worden door aan te nemen, dat na verloop van tijd ook de Zanden van Kattendijk aan erosie ten prooi gevallen zijn. *Lingula* is namelijk alleen in laatstgenoemde formatie als autochthoon element aangetroffen. Fragmenten van het solitaire koraaltje *Sphenotrochus milletianus* (Defrance) en een eocene nummuliet wijzen eveneens op erosie van oudere sedimenten. Verspoelde nummulieten komen in de Zanden van Kallo regelmatig voor. Dat het Eoceen ten tijde van de afzetting van de Zanden van Kallo gedeeltelijk werd opgeruimd, is derhalve wel zeer waarschijnlijk.

Er moet dus een erosiekust geweest zijn tijdens de afzetting van de Zanden van Kruisschans, welke noordelijker lag dan de uitbreiding van de mariene afzettingen van de Zanden van Kallo en de Zanden van Kattendijk. De regressieve tendens, die vanaf het Oud-Pliocéen in de zuidelijke Noordzee overheerste, is hiermee ook aangetoond voor het jongere deel van het Jong-Pliocéen. De kustlijn heeft ongetwijfeld maar weinig ten zuiden van Kallo gelegen en de zeediepte zal minder dan 10 m bedragen hebben. De tegengestelde scheve gelaagdheden bewijzen, dat de Zanden van Kruisschans hier in een getijdemilieu werden afgezet. De moluskenfauna en de geulen gevormd door kustparallele stromingen bewijzen, dat het een open marien milieu was.

#### LITERATUUR

- Boer, P., 1974. De verspreiding van enkele diergroepen in de zuid-oostelijke Noordzee. - Het Zeepaard, 34 (4): 42-54, 14 fig.
- Gaemers, P. A. M., 1973. Sedimentaire structuren en hun ontstaanswijze. - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 10 (3): 87-108, 22 fig.
- Gaemers, P. A. M. & A. W. Janssen, 1972. Geologische beschrijving van het profiel van de bouwput voor een nieuwe zeesluis te Kallo (België, provincie Oost Vlaanderen), en een palaeoecologische interpretatie van de verschillende afzettingen. - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 9 (1): 23-33, 1 tab., 2 fig.
- Gaemers, P. A. M. & W. Schwarzahns, 1973. Fisch-Otolithen aus dem Pliozän

- von Antwerpen (Belgien) und Ouwerkerk (Niederlande) und aus dem Plio-Pleistozän der Westerschelde (Niederlande). - Leidse Geol. Meded., 49: 207-257, 2 fig., 4 tab., 10 pl.
- Gaemers, P. A. M. & W. Schwarzahns, in prep. Fisch-Otolithen aus der Typuslokalität der obermiozäne Sylt-Stufe (Morsum-Kliff, Insel Sylt, Nordwestdeutschland). - Leidse Geol. Meded.
- Heinzelin, J. de, 1950. Stratigraphie pliocène et quaternaire observée au Kruisschans I. Analyse stratigraphique, II. Conclusions. - Bull. Inst. r. Sc. nat. Belgique, 26 (40): 1-38, 3 fig., 4 pl.; 26 (41): 1-22.
- Heinzelin, J. de, 1952. Note sur les coupes de l'écluse Baudouin à Anvers. - Bull. Soc. belg. Geol., Paléont., Hydrol., 61: 106-108, 1 fig.
- Heinzelin, J. de, 1955. Deuxième série d'observations stratigraphiques au Kruisschans. Coupes de l'écluse Baudouin I. Analyse stratigraphique, II. Conclusions. - Bull. Inst. r. Sc. nat. Belgique, 31 (66): 1-29, 2 fig., 3 pl.; 31 (67), 1-14.
- Janssen, A. W., 1974. Het profiel van de bouwput onder het Eerste Kanaaldok nabij Kallo, provincie Oost Vlaanderen, België. - Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 11 (4): 173-185, 3 fig.
- Michel, W. F. E., 1967. De oriëntatie van scheve gelaagdheid, rolstenen en enkele molluskensoorten in de Zanden van Kruisschans. - Geol. Mijnb., 46 (6): 236-244, 15 fig.
- Muus, B. J., 1966. Zeevissengids. Zeevissen en zeevisserij in Noordwest-Europa. Amsterdam/Brussel (Elsevier), 244 pp., vele fig.