

Sedimentaire structuren in de "Southern Bight" van de Noordzee

door

H.W. Aalders

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLIKATIES EN VERSLAGEN

nummer 1972-17

12989

Sedimentaire structuren in de "Southern Bight" van de Noordzee

door

H.W. Aalders

Intern verslag

over

werkzaamheden verricht als doctorale studie

in 1962

aan

NIOZ te Texel

voor

Prof. Dr. A.J. Wiggers

o.l.v.

Dr. I.N. McCave

en

Dr. D. Eisma

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLIKATIES EN VERSLAGEN

nummer 1972-17

Wetenschappelijk Instituut voor de Volksgezondheid, Brussel

1960

1961

1962

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

Rechten voorbehouden

Van interne verslagen zijn nadruk of aanhalingen slechts toegestaan met uitdrukkelijke toestemming van het NIOZ

Sedimentaire structuren in de "Southern Bight" van de Noordzee

door

H.W. Aalders

Inhoud:

I. Samenvatting.....	1
Summary.....	2
II. Inleiding.....	2
1. Doel van het onderzoek.....	2
2. Het zuidelijk gedeelte van de Noordzee.....	3
3. Methode van onderzoek.....	3
III. De "Southern Bight" van de Noordzee.....	4
1. Beschrijving.....	4
2. Discussie.....	5
3. Boxcores, genomen Bij de Bruine Bank	6
IV. Boxcores, genomen voor de Hollandse kust.....	7
V. Boxcores, genomen voor de kust van East-Anglia.....	7
1. De zandafzetting.....	7
2. De grindafzetting.....	8
3. De kleirijke afzetting.....	9
VI. Bioturbate verstoringen.....	10
VII. Schelpinhoud.....	10
VIII. Geraadpleegde literatuur.....	11

I. Samenvatting

In de "Southern Bight" van de Noordzee zijn 21 monsters met een boxcore genomen. In het centrale deel van de "Southern Bight" is overwegend bimodaal gerichte kleinschalige scheve gelaagdheid gevonden, met een enkele trogvormige set. In 2 boxcores is grootschalige scheve gelaagdheid aangetroffen. De sedimentaire structuren, de korrelgrootte, en de berekende snelheden op 1 m. boven de zeebodem gedurende springtij wijzen erop dat de sedimentatie plaatsvindt door migratie van kleinschalige ribbels, onder het normaal in de "Southern Bight" heersende stroomregime. Uit de sedimentaire structuren in de boxcores in het sandwavegebied en uit de vlakke gebieden blijkt geen verschil in sedimentatie omstandigheden. Boxcores uit de depressie ten westen van de Bruine Bank vertonen evenmin tekenen van afwijkende sedimentatie omstandigheden.

Een licht overheersen van noordelijke richtingen van de oriëntaties van de scheve gelaagdheid staat een berekend netto zandtransport in noordelijke richting (McCAYE, 1971a). In drie boxcores, op 18 m. diepte voor de Hollandse kust genomen, wijzen de sedimentaire structuur en de oriëntatie van de scheve gelaagdheid op mogelijke golfinvloed bij de sedimentatie. Voor de kust van East Anglia zijn dicht opeen zand-, grind- en kleirijke afzettingen gevonden. Het grind is structuurloos en bestaat voor meer dan 80% uit vuursteen. Het grind is zeer recent verplaatst. De kleirijke afzetting bestaat uit lagen zand, afgewisseld met horizontaal gelaagde kleilagen. De recente sedimentatie van de kleirijke lagen is waarschijnlijk het gevolg van een hoge concentratie van gesuspendeerd materiaal die gedurende langere tijd voorkomt op de bodem, waarschijnlijk als gevolg van een geringe golfwerking.

I. Summary

In the Southern Bight of the North Sea 21 boxcores have been taken. In the central part of the Southern Bight, directional bimodal, mainly small scale crossbedding, with some throughshaped sets are found. In 2 boxcores, large scale crossbedding is found. The grainsize, the sedimentary structures, and the calculated current velocities at one meter above the bed during spring tide, point to (recent) sedimentation by migration of small scale ripple trains under the normal flow regime in the Southern Bight. Boxcores from the sand wave field show no signs of a different sedimentation regime. Nor the sedimentary structures in boxcores from the depression west of the Brown Bank do.

A slight dominance in the northern direction of the orientation of the cross bedding supports the calculated net sand transport to the north (McCAYE, 1971a). Off the coast of Holland, sedimentary structures and their orientation point to wave influence in sedimentation at 18 m. depth.

Sand, gravel and mud has been found close together off Lowestoft (East Anglia). The gravel consists for over more than 80% of flint, and shows no signs sedimentary structures. The gravel has recently been replaced. The mud consists of layers sand, alternating with horizontally laminated mud. The recent deposition of mud is probably the result of a high concentration of suspended sediment during some considerable time, coupled with negligible wave activity (McCAYE, 1971b).

II. Inleiding

1. Doel van dit onderzoek was een indruk te krijgen van de sedimentaire structuren van in de zuidelijke Noordzee gevormde afzettingen.

2. Het zuidelijk gedeelte van de Noordzee

Het zuidelijk gedeelte van de Noordzee, "The Southern Bight" is 20 tot 30 m. diep: het diepste gedeelte is een noord-zuid gerichte depressie aan de oostzijde van ongeveer 50 m. diepte, "The deep Channel". De bodem van de "Southern Bight", bestaat voor een groot deel uit bruingeel zand van holocene ouderdom, het jonge zeezand (Oele, 1971). De dikte varieert van 10 m. in het zuiden tot meer dan 2 m. in het noorden. De mineralogische samenstelling van het jonge zeezand wijst erop dat het voor een groot deel bestaat uit omgewerkte pleistocene zanden (Baak, 1936; Houbolt, 1968). Plaatselijk komen kleirijke en grindrijke afzettingen voor, o.a. voor de kust van Vlaanderen, België (Jarke, 1956; Houbolt, 1968). Verreweg het grootste deel van de bodem in de "Southern Bight" is bedekt met een sandwaves (McCave, 1971; Terwindt, 1971). Voor de Vlaamse kust en voor de kust van East Anglia, Engeland. liggen langgerekte ridges (Houbolt, 1968). De Bruine Bank is een holocene strandwal, die omgeven is door een depressie (Oele, 1971). Het getij in de "Southern Bight" van de Noordzee is dubbeldaags. De sterkte van de getijstromen varieert van 0 tot 3 M/sec. Tijdens stormen kunnen plaatselijk veel grotere stroomsnelheden voorkomen als gevolg van windstuwing en golfwerking. Volgens berekeningen van McCave (1971b) ligt in de "Southern Bight" de grens tussen hoge en lage golfeffektiviteit op ongeveer 18 m. diepte.

3. Methode van onderzoek

In 1969 is met het ms. Willem Beukelsz een tocht gemaakt waarbij 21 ongestoorde bodemonsters zijn genomen, telkens 2 of 3 op ongeveer dezelfde plaats (Fig. 1; Tabel II). In de weken voorafgaande aan de monsternamen was het weer rustig, met een zwakke tot matige wind en een kalme zee.

De monsters zijn genomen met een "Kastengreifer" (Reineck, 1958) of "boxcorer" (Bouma & Marshall, 1964). Hiermee worden rechthoekige, tamelijk ongestoorde bodemonsters gestoken, 20 tot 35 cm. diep. De oriëntatie van de boxcore is bekend, omdat op het moment dat de boxcore de zeebodem raakt een aan de boxcore bevestigd kompas gefixeerd wordt. De boxcore kan op volle zee gebruikt worden tot windkracht 5 of 6 Beaufort, afhankelijk van de windrichting.

Van iedere boxcore zijn in het laboratorium tweemaal twee loodrecht op elkaar staande lakprofielen gemaakt met poly-urethaan en epoxyhars (Aalders, 1970). Van enkele lakprofielen zijn röntgenfoto's gemaakt. De korrelgrootteverdeling van de zandfractie, $<50\mu$, is bepaald met de zeefmethode, de fractie $>50\mu$ is bepaald met de valbuismethode van Atterberg.

Voor de beschrijving van de sedimentaire structuren in het nederlands is de

nomenklatuur van Allen (1968) zo veel mogelijk gevolgd. Een sandwave wordt gedefinieerd aan de hand van de hoogte en de golflengte, die respectievelijk groter dan 1,5 en 30 m. moeten zijn.

III. De "Southern Bight" van de Noordzee

In het sandwavegebied voor de kusten van Holland en Zeeland (Houbolt, 1968; McCave, 1971a; Stride, 1963; Terwindt, 1971). Kunnen de sandwaves een hoogte bereiken van meer dan 8 m. een golflengte van 200 m. tot 500 m. en kunnen zij een symmetrisch of een asymmetrisch profiel hebben. Voorwaarde voor de aanwezigheid van sandwaves is een langwerpige getijstroomellips. Sandwaves zijn afwezig in gebieden met grof zand ($D_{50} > 500\mu$), en in gebieden met "mud" ($D_{50} < 50\mu$). Als gevolg van de golfwerking komen sandwaves alleen dieper dan ongeveer 17 m. voor, en treden er veranderingen op in de begrenzing van het sandwavegebied voor de hollandse en zeeuwse kust (McCave, 1971a; Terwindt, 1971). In de hogere delen van de sandwaves is grootschalige scheve-gelaagdheid waargenomen (Houbolt, 1968). Verplaatsing van de sandwaves voor de nederlandse kust is tot op heden niet aangetoond (Terwindt, 1971). Zandtransport over de sandwave is echter wel waarschijnlijk: op de sandwaves komen grootschalige ribbels voor en ook kleinschalige zijn waargenomen. De sandwaves zijn geheel opgebouwd uit jong zeezand. De zware mineralen-associatie behoort tot de H en NH groep van Baak (1936). Naar het westen toe gaat het sandwavegebied over in vlakke gebieden met plaatselijk gefsoleerde sandwaves (Stride, 1963).

1. Beschrijving

In iedere boxcore uit het centrale deel van de "Southern Bight" (nrs. A4, A12 tot A19) is onder- en bovenin de korrelgrootte bepaald (Fig. 2; Tabel III). Het zand is matig tot goed gesorteerd en heeft mediaanwaarden tussen 200 en 350 μ . Naar het westen toe wordt het zand grover. Binnen eenzelfde boxcore komen geen significante verschillen voor tussen de korrelgrootteverdelingen. Wel treden er wat grotere verschillen op in mediaanwaarden van verschillende boxcores, die toch soms dicht bij elkaar liggen. De sedimentaire structuur bestaat uit niet geheel konsekvent bimodaal gericht scheve gelaagdheid, die overwegend kleinschalig is (Fig. 3 en 4). De sethoogte bedraagt meestal niet meer dan 4 cm., de setlengte soms meer dan 30 cm. De scheve strata zijn recht (angular), de hellingshoeken zijn 10° tot 25° . De grensvlakken van de sets zijn erosief en niet geheel recht. In horizontale doorsnede zijn de setgrenzen licht gebogen. De oriëntatie van de scheve gelaagdheid is weergegeven in Figuur 1 en 6. Plaatselijk komen trogvormige sets voor met licht gebogen strata, elders komt grootschalige scheve gelaagdheid voor. In de boxcores A15 en A18 is

de scheve gelaagdheid groter dan het lakprofiel.

De kleinschalige scheve gelaagdheid wijst op sedimentatie door migratie van tweedimensionale of kwasi-driedimensionale kleinschalige ribbels (two-dimensional en quasi-three-dimensional smallscale ripples), onder invloed van getijstromen met geringe energie. De trogvormige sets kunnen ontstaan door migratie van sinoïde ribbels (sinuous ripples). De grootschalige scheve gelaagdheid ontstaat door migratie van grootschalige ripples, onder een stromingsregime met hogere energie, of misschien aan de lijzijde van een sandwave (McCave, 1971a).

2. Discussie

De kritieke stroomsnelheden op 1 m. boven de zeebodem voor zand van 200 μ en 350 μ , zijn met behulp van de grafiek van Sundborg (1956) bepaald en bedragen 35 tot 40 cm/sec. Figuur 5 laat de getijstroomellipsen voor gemiddeld springtij op 1 m. boven de zeebodem zien, berekend met de oppervlakte snelheden, gegeven door het Deutsches Hydrografisches Institut (1963). Hierbij is het parabolisch snelheidsprofiel gebruikt, voorgesteld door Van Veen (1936):

$$v = v_s \sqrt{\frac{q}{d}}$$

waarbij v de stroomsnelheid op 1 m. boven het bed is, v_s de oppervlakesnelheid is, d de diepte is en voor q de waarde 5,3 gebruikt is (McCave, 1971a). De berekende maximale stroomsnelheid tijdens springtij op 1 m. boven de zeebodem is voor IJmuiden 40 cm/sec. en loopt in westelijke richting gaande op 60 cm/sec. bij boxcore A12. Kleinschalige ribbels, opgebouwd uit zand met mediaanwaarden tussen 200 en 350 μ , worden gevormd onder geringe energievoorwaarden, die zich voordoen bij stroomsnelheden die maar weinig groter zijn dan de kritische snelheden voor transport van dat zand.

Het is dus waarschijnlijk dat de sedimentatie voornamelijk door migratie van kleinschalige ribbels plaatsvindt onder het normaal heersende stromingsregime in de "Southern Bight".

Uit Fig. 1 en 6 blijkt dat de oriëntatie van de scheve gelaagdheid in noordelijke richting vaker voorkomt. Dit staft het berekende netto zandtransport in noordelijke richting van McCave (1971a) op de plaatsen van de monsternamen. De oostelijke en zuidoostelijke oriëntatie van de scheve gelaagdheid wijzen erop dat de stroomrichting boven de zeebodem sterk afwijken van de stroomrichting aan het oppervlak. De afwijking is te groot om alleen verklaard te kunnen worden uit het verschil in stroomrichting op de kammen en in de troggen tussen de sandwaves (Terwindt, 1971).

Het is niet mogelijk om met de weinig beschikbare gegevens een verband te leggen tussen de korrelgrootteverdelingen en de sedimentaire structuur.

De verschillen in korrelgrootte zijn niet afwijkend van de verschillen zoals deze door andere onderzoekers zijn gevonden (Houbolt, 1968; Terwindt, 1971). Tussen het sandwavegebied en de vlakke gebieden ten westen daarvan zijn geen verschillen in sedimentaire structuur gevonden. Dit wijst erop, dat de sedimentatie-omstandigheden op de zeebodem op de plaats van de monsternamen niet verschillen.

Over de grootschalige scheve gelaagdheid die plaatselijk ook in het sandwave-gebied voorkomt kunnen geen verdere uitspraken worden gedaan, bij gebrek aan stromingsgegevens uit de "Southern Bight".

3. Boxcores, genomen bij de Bruine Bank

In de depressie ten westen van de Bruine Bank zijn vier boxcores genomen. 1 boxcore (A2) verschilt niet van de boxcores elders uit het centrale deel van de "Southern Bight". De boxcores A1, A6, en A3 zijn afwijkend. Op aanbod van Dr. E. Oele zijn een zware mineralenanalyse en een bepaling van de schelpinhoud uitgevoerd op de Geologische Dienst (Haarlem).

De boxcores A1 en A6 (Fig. 1) die op 43 m. diepte zijn genomen, bevatten bruingroen zand. De korrelgrootteverdeling verschilt niet significant van die in het centrale gedeelte van de "Southern Bight". Uit de aanwezigheid van de schelpen van o.a. Angulus pygmaeus, Alvania lactea, en Tornus subcarnatus blijkt dat het sediment tot het jonge zeezand gerekend moet worden (Spaink, 1971). In beide boxcores is de sedimentaire structuur geheel verstoord. In boxcore A1 komen de kruipsporen van Echinocardium cordatum, een zeeëgel, voor tot bovenin de boxcore. Daar Echinocardium cordatum in de zeebodem leeft op ongeveer 20 cm. diepte, moet op de plaats van de monstername minstens 20 cm. van de zeebodem geërodeerd zijn.

In boxcore A3 ligt bruingeel jong zeezand, ongeveer 10 cm. dik, met aan de basis een schelpenlaag, op wit structuurloos zand. De sedimentaire structuur in het jonge zeezand bestaat uit kleinschalige scheve gelaagdheid, die niet verschilt van die in het sandwavegebied. Beide zanden bevatten een augietarme granaat-epidoot-alteriet-hoornblende associatie (ongefractioneerde analyse) (Zandstra, 1971), de H.-associatie van Baak (1936). In beide afzettingen zijn schelpen gevonden van Angulus pygmaeus, zodat ook het witte zand tot het jonge zeezand moet worden gerekend. De kleur van de zanden is onderling verschillend als gevolg van een verschil in ijzerpigmentatie. Dit verschil in ijzerpigmentatie is, gewoonlijk wat dieper in het bed van de Noordzee, eerder waargenomen, maar de oorzaak is niet bekend.

De ouderdom van de afzetting, de korrelgrootteverdeling en de sedimentaire structuur tonen niet aan dat de sedimentatie-omstandigheden op de plaats van de monstername verschillen van die in het sandwavegebied.

IV. Boxcores, genomen voor de Hollandse kust

Voor de Hollandse kust, aan de rand van het sandwavegebied, zijn 5 boxcores genomen. De 2 meest westelijk genomen boxcores vertonen geen verschil met de boxcores uit het centrale gebied van de "Southern Bight" (hfst. 2). De 3 meer oostelijk genomen boxcores, A19, A20 en A21 zijn respectievelijk op 19, 18 en 18 m. diepte genomen, in een gebied met matige golfeffektiviteit (McCave, 1971b). De Korrelgrootteverdeling verschilt niet significant van die meer naar het westen toe.

Er komt scheve gelaagdheid voor, die asymmetrisch naar 2 zijden helt, en imbrikatief op elkaar ligt (Fig. 7). De oriëntatie van de scheve gelaagdheid is oost-west (Fig. 8). Door de sterke bioturbatie, vooral in de bovenste decimeter is een gedetailleerde beschrijving van de scheve gelaagdheid niet mogelijk. De oriëntatie van de scheve gelaagdheid en de tegengesteld gerichte gelaagdheid binnen één set wijzen op de invloed van golfwerking bij de sedimentatie.

V. Boxcores, genomen voor de kust van East Anglia

Voor de kust van East Anglia, Engeland, komen op de bodem van de Noordzee zand, grind en kleirijke afzettingen voor (Jarke, 1956; Houbolt, 1968). Achtereenvolgens zullen boxcores uit een zandafzetting, A7, uit een grindafzetting A8, A11 en uit een kleirijke afzetting, A9, A10, beschreven worden.

1. De zandafzetting

De afzetting bestaat uit matig gesorteerd zand met een mediaanwaarde van 375 μ (Fig. 9). De sedimentaire structuur bestaat uit bimodaal gerichte scheve gelaagdheid, met een enkele trogopvulling. De scheve strata zijn recht (angular) of tangentieel, en bestaat soms uit een laagje fijn schelpgruis. De grensvlakken van de sets zijn erosief en niet geheel recht.

De sets worden enkele malen begrensd door een kleilaagje of een laagje schelpgruis; er komen kleirolstenen voor. De oriëntatie van de scheve gelaagdheid is ongeveer oost-west (Fig. 1), en verschilt aanzienlijk van de stroomrichting aan het oppervlak.

De bimodaal gerichte scheve gelaagdheid wijst op sedimentatie door migratie van kleinschalige ribbels, onder invloed van (getij)stromen met geringe energie. De oriëntatie van de scheve gelaagdheid toont aan, dat de stroomrichtingen op de plaats van de monsternamen boven de zeebodem sterk afwijken van de stroomrichtingen aan het zeeoppervlak. De betrekkelijk grote dieptever verschillen op een korte afstand van elkaar, de hoge getijstroomsnelheden (vgl. Fig. 5) en de betrekkelijk rustige sedimentatie-omstandigheden doen

vermoeden dat als gevolg van het reliëf verschillen in stroomsnelheid ontstaan (zoals bv. "spiral currents", Houbolt, 1968). De sedimentatie van kleilaagjes is het gevolg van een verhoogde concentratie van gesuspendeerd materiaal, samen met geringe golfwerking (McCave, 1970).

McCave (1971b) berekende dat in de "Southern Bight" beneden de 30 m. diepte de golfeffektiviteit gering is; de diepte op de plaats van de monstername is 32 m. De kleilaagjes zijn waarschijnlijk ontstaan door het, gedurende langere tijd, optreden van een verhoogde concentratie van gesuspendeerd materiaal (McCave, 1971b).

2. De grindafzetting

Twee boxcores, A8 en A11, respectievelijk op 38 en 32 m. diepte genomen, bevatten grind. De boxcores zijn meer dan 30 cm. in het grind gedrongen. Boven- en onderin de boxcores zijn de korrelgrootteverdeling, de grind-samenstelling en de schelpinhoud bepaald. De afzetting is geheel structuurloos en er is geen dominante oriëntatie in het grind gevonden. Het sediment bevat 50 tot 60% grind > 2 mm. (Fig. 11a). De korrelgrootteverdeling van de grindfractie is weergegeven in de figuren 11b en 12. De zandfractie is slecht gesorteerd, de mediaanwaarden liggen tussen 200 en 300 μ (Fig. 13). De korrelgrootteverdeling onder- en bovenin de boxcore is vrijwel gelijk. De korrelgrootteverdeling van de zandfractie verschilt zeer weinig van de korrelgrootteverdeling van de zandlagen in de kleirijke afzetting voor de kust van Lowestoft (hfst. 4-3). De grindsamenstelling is weergegeven in Tabel I. Opvallend zijn het zeer hoge percentage vuursteen en het voorkomen van gerolde vuursteen (enkele procenten). Het hoge percentage vuursteen wijst op herkomst uit tertiaire afzettingen (Veenstra, 1964). De boxcores bevatten schelpen van Cardium, Spisula, Echinocyanus en Nucula. Boven- en onderin de boxcores is op enkele grinddeeltjes teer gevonden. Het grind is niet begroeid.

Uit de schelpinhoud blijkt dat de grindafzetting van holocene ouderdom is. De afwezigheid van begroeiing op het grind en de aanwezigheid van teer op enkele grinddeeltjes wijst erop dat het grind recent verplaatst is. Hiervoor zijn twee verklaringen mogelijk:

1. Het grind is verplaatst door zeer energierijke stromingen. Als gevolg van windstuwung, golfwerking en getij kunnen onder ekstreme omstandigheden plaatselijk zeer energierijke stromingen ontstaan. Het lijkt onwaarschijnlijk dat deze omstandigheden voldoende zouden zijn om grind van 32 mm. op 40 m. diepte te verplaatsen.

2. Verplaatsing van het grind als gevolg van menselijke invloed. (bv. sleepnetten, mammoettankers e.d.)

Het is in ieder geval niet aannemelijk dat het grind recent over grote afstanden is verplaatst. Veenstra (1969) beschrijft drie grindmonsters, meer zuidelijk voor de kust van East Anglia, ter hoogte van Harwich, op een diepte van 20 m. genomen. Van de grindfractie is 50 tot 60% groter dan 32 mm. Het grind bestaat ook hier overwegend uit vuursteen, voornamelijk gerolde vuursteen: waarschijnlijk heeft het grind ooit eens aan het strand gelegen.

Het grind in de boxcores is iets minder grof (50-70% > 8 mm.), terwijl de vuursteen maar voor enkele procenten uit gerolde vuursteen bestaat. De vuursteen is weinig afgerond. Dit wijst, evenals de korrelgrootteverdeling van de zandfractie, op fluviatiele herkomst van de grindafzetting. Dit betekent dat het grind voor de kust van East Anglia niet overal dezelfde voorgeschiedenis heeft.

3. De kleirijke afzettingen

In de boxcores A9 en A10, genomen op respectievelijk 38 en 32 m. diepte, is een afwisseling van zandlagen en lagen kleirijk materiaal aangetroffen. In de zandlagen is een bimodaal gerichte scheve gelaagdheid aanwezig, waarvan de zandlagen sterk bioturbaat zijn verstoord. De kleilagen zijn horizontaal gelaagd met kleirijke laagjes van enige millimeters dikte, en zandlaagjes tot 1 mm. dikte. Er is één zandlens gevonden (zie ook beschrijving bij Fig. 15). De top van de afzetting wordt in beide boxcores gevormd door een laagje zwarte klei van enkele millimeters dikte.

De korrelgrootteverdeling van de kleirijke lagen en de zandlagen is weergegeven in Fig. 14. Het materiaal is slecht gesorteerd, de mediaanwaarden liggen tussen 100 en 300 μ . Uit Fig. 14 blijkt dat de kleirijke lagen bijmenging van fijn zand vertonen, vergeleken met de korrelgrootteverdeling van de zandlagen. Opmerkelijk is de overeenkomst tussen de korrelgrootteverdelingen van de zandlagen en de zandfractie van de grindafzetting (Fig. 13). Het percentage koolzure kalk bedraagt 8 tot 10%. De kleirijke laagjes waren tijdens de monsternamen zwart. Blootgesteld aan de open lucht trad er snel een verkleuring op naar bruin, door oxidatie. De boxcores bevatten geen pollen of diatomeeën, er zijn geen schelpen in levensstand aangetroffen. Er zijn in de afzetting schelpen gevonden van Cardium, Macoma balthica, Spisula, Pecten, Nucula, Mythilus en Echinocyamus pussillus, en de kokertjes van Pectinatia corriele. Op 15 cm. diepte is een brok steenkool aangetroffen van 8 cm. doorsnede.

Uit de bimodale gerichtheid van de scheve gelaagdheid blijkt, dat de sedimentatie heeft plaatsgevonden onder invloed van getijstromen. Het is op grond van de sedimentaire structuur niet mogelijk om nadere uitspraken te doen over het sedimentatiemilieu (bv. inshore - offshore, intertidal - subtidal etc.) (De Raaf & Boersma, 1971). Schelpen in levensstand of herkenbare bioturbate structuren ontbreken. Uit de schelpinhoud blijkt, dat de afzetting van holocene ouderdom is. De aanwezigheid van een brok steenkool op 15 cm. diepte wijst op een zeer recente sedimentatie (jonger dan 200 jaar). Op de diepte waarop de monsters zijn genomen (32 en 38 m.), is de golfeffektiviteit gering (McCave, 1971b). De stroomsnelheden boven de zeebodem gedurende springtij bereiken waarden van 100 cm./sec. Het lijkt daarom zeker, dat de sedimentatie van de kleihoudende laagjes het gevolg is van het optreden van hogen concentraties gesuspendeerd sediment, gedurende langere perioden. De gelaagdheid van de kleihoudende lagen wijst op korte onderbrekingen, door bijvoorbeeld stormen. Aan de voorwaarde van geringe golfeffektiviteit is door de diepte van de zee ter plaatse voor een belangrijk deel voldaan (McCave, 1970; 1971b).

VI. Bioturbate verstoringen

In verschillende lakprofielen is bioturbate verstoring waargenomen. Van deze lakprofielen zijn röntgenfoto's gemaakt. In boxcores, genomen voor de Hollandse kust, bij de Bruine Bank en in het centrale deel van de "Southern Bight" zijn gangen waargenomen met een doorsnede van 10 mm., die aan Echerius echerius toegeschreven worden. Een aantal dunnere gangen, met een doorsnede tot 3 mm. zijn wellicht afkomstig van Notomasmus laterius of Scalibregma inflatum. In één boxcore (A1) zijn de kruipsporen van Echinocardium cordatum gevonden. Houbolt (1968) beschrijft eveneens het voorkomen van deze ichnofossielen, in het sandwavegebied. Een zonering van bioturbate structuren, zoals die door Reineck e.a. (1967; 1968) is beschreven is niet waargenomen. In de afzettingen voor de kust van East Anglia zijn geen determineerbare bioturbate verstoringen waargenomen.

VII. Schelpinhoud

Van alle boxcores is de inhoud an schelpen > 2 mm. bepaald door Dr. D. Eisma. In verschillende boxcores is de schelpinhoud zowel onderin als bovenin bepaald, maar er zijn geen verschillen gekonstateerd. Over de gehele "Southern Bight" komen schelpen voor van de brakwater molusken Cardium species en Macoma baltica, die fossiel zijn en geremaneerd zijn uit oudere afzettingen. Voorts werden schelpen aangetroffen van

zoutwatermollusken als Spisula species, Venus gallina, Donax vittatus, Angulus fabula, Ensis species en Echinocyanus pusillus. In de boxcores ten westen van 2°45' zijn schelpen gevonden van Pecten species, Nucula species, Abra prosmatica, Alloidas gibba en Ostrea edule. Ten oosten van 2°45' zijn schelpen van Angulus pygmeus gevonden.

Ik wil tenslotte mijn dank betuigen aan de bemanning van het ms Willem Beukelsz, aan Dr. I.N. McCave voor zijn adviezen, Dr. D. Eisma voor zijn kritische begeleiding van het onderzoek, aan Dr. E. Oele voor zijn belangstelling en voor het laten verrichten van enige analyses, aan Dr. J.H.J. Terwindt voor zijn kritische belangstelling, aan het Geologisch Instituut te Utrecht voor het vervaardigen van de röntgenfoto's, en aan Prof. Dr. A.J. Wiggers voor de mogelijkheid om het laboratoriumwerk, het maken van de lakprofielen en de korrelgrootteanalyses, op het Instituut voor Aardwetenschappen in Amsterdam te verrichten.

VIII. Geraadpleegde literatuur

- AALDERS, H.W., 1970. Ervaringen opgedaan bij het maken van lakprofielen van monsters genomen met een Kastengreifer. N.I.O.Z. Int. Publ. 1970-5.
- ALLEN, J.R.L., 1968. Current ripples. North Holland Publ. Comp., Amsterdam 1-433.
- BAAK, J.A., 1936. Regional petrology of the Southern North Sea. Veenman & Zonen, Wageningen.
- BOUMA, A.H. & N.F. Marshall, 1964. A method for obtaining and analysing undisturbed oceanic samples. - Mar. Geol. 2: 81-89.
- EISMA, D., 1968. Composition, origin and distribution of Dutch coastal sands between Hoek van Holland and the island of Vlieland. - Neth. J. Sea Res. 4: 245-274.
- HOUBOLT, J.J.H.C., 1968. Recent sediments in the Southern Bight of the North Sea. - Geologie Mijnb. 47: 245-274.
- JARKE, J., 1965. Eine neue Bodenkarte der südlichen Nordsee. - Dt. hydrogr. Z. 9: 1-9.
- MCCAVE, I.N., 1970. Deposition of fine grained suspended sediment from tidal currents. - J. geophys. Res. 75: 4151-4159.
- _____, 1971(b). Wave effectiveness at the seabed and its relationship to bedforms and the deposition of mud. - J. sedim. Petrol 41: 89-96.
- OELE, E., 1971. The quarternary geology of the southern area of the dutch part of the North Sea. - Geologie Mijnb. 50: 461-474.
- RAAF, J.F.M. DE & J.R. BOERSMA, 1971. Tidal deposits and their sedimentary environment structures. - Geologie Mijnb. 50: 479-504.

- REINECK, H.E., W.F. GUTMANN & G. HERTWICK, 1967. Das Slickgebiet südlich Helgeland als Beispiel rezenter Schelfablagerungen. - Senckenberg. l. 48: 219-275.
- REINECK, H.E., J. DÖRJES, S. GADOW & G. HERTWICK, 1968. Sedimentologie, Faunenzonierung, und Faziesabfolge vor der Ostküste der inneren Deutschen Bucht. - Senckenberg. l. 49: 261-309.
- SPAINK, G., 1971. Rapport 355. Geol. Dienst Haarlem.
- STRIDE, A.H., 1963. Current swept sea-floors near the southern half of Great Britain. - Q. Jl. geol. Soc. Lond. 119: 175-199.
- TERWINDT, J.H.J., 1971. Sandwaves in the Southern Bight of the North Sea. - Mar. Geol. 10: 51-67.
- VAN VEEN, J., 1936. Onderzoekingen in de Hoofden. Algemene Landsdrukkerij, 's Gravenhage.
- VEENSTRA, H.J., 1969. Gravels of the Southern North Sea. - Mar. Geol. 7: 449-4640.
- ZANDSTRA, J.G., 1971. Rapport no. 280. Geol. Dienst, Haarlem.

Tabel I.

Number	A8Z1			A8Z2			A11Z1			A11Z2		
	16-32	8-16	4-8	16-32	8-16	4-8	16-32	8-16	4-8	16-32	8-16	4-8
kwarts			2		2	4	7	6	15		4	7
porfier		1				1	3	1				
krist.		3	1		2		1	1	1			
vuurst.	67	87	68		89	90	66	78	78	60	88	90
gerolde vst.					2		15	6			4	
lyd./rad.		1	1									
zandst.							7		2			
rest	33	9	10		5	5		8	4	40	4	2

Tabel II.

Monster	Positie			Diepte (m)	Oriëntatie
A1, A0	52°25'	N	03°15' E	43	N 42 E
A2	52°32'		03°17'5" E	32	N 220 E
A3	52°32'		03°17'5" E	32	N 42 E
A4	52°30'		04°22' E	19	
A6	52°25'		03°15' E	43	
A7	52°30'		02°03'6" E	32	N 160 E
A8	52°27'		02°01' E	38	N 160 E
A9	52°27'		02°00' E	38	N 160 E
A10	52°27'		02°00' E	32	N 315 E
A11	52°30'		02°05'8" E	32	N 247 E
A12	52°27'8" N		02°31'2" E	47	N 225 E
A13	52°27'5" N		02°30'5" E	46	N 90 E
A14	52°29'3" N		03°07'8" E	38	N 247 E
A15	52°29'3" N		03°07'8" E	38	N 190 E
A16	52°29'5" N		03°41'6" E	24	N 190 E
A17	52°29'3" N		03°41' E	25	
A18	52°30'6" N		04°22'7" E	19	N 225 E
A19	52°30'6" N		04°22'7" E	19	N 45 E
A20	52°21' N		04°02' E	18	N 160 E
A21	52°21' N		04°02' E	18	N 202 E

SSM

10/1/77

10-10-10-10-10

3-A

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

10-10-10

Tabel III

Korrelgrootteverdeling.

		% Zand	Subfracties van het zand in % (stoofdroog).											
Profiel	Omschrijving	Atterberg	16-50	50-100	100-160	160-200	200-250	250-315	315-400	400-500	500-630	630-1000	1000-2000	2000
			mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu
AX1Z1	totaal	95.9	0.3	0.7	5.7	13.4	28.5	32.2	11.1	1.7	0.5	0.7	0.6	0.5
A 2Z1		98.5	0.0	0.2	3.5	12.9	39.5	34.4	5.9	1.1	0.5	0.4	0.1	0
A 2Z2		98.4	0.0	0.1	1.7	7.3	26.4	37.3	13.0	5.6	2.8	2.6	1.4	0.2
A 3Z1	top	98.9	0.0	0.1	1.9	9.1	31.1	39.2	11.7	3.0	1.2	1.1	0.9	0.1
A 3Z2	bottom	97.7	0.1	0.5	7.6	30.6	44.4	11.8	1.9	0.4	0.2	0.1	0.1	0
A 4Z1	totaal	98.4	0.0	0.2	5.7	24.7	46.8	16.9	2.0	0.8	0.3	0.4	0.6	0
A 5Z4	totaal	94.8	0.4	1.2	25.9	51.4	11.5	2.3	1.0	0.5	0.3	0.3	0	0
A 6Z1	totaal	97.6	0.1	0.3	3.0	8.5	19.1	26.1	23.2	8.7	2.3	1.5	2.3	2.5
A 7Z1		98.7	0.0	0.1	2.7	3.7	4.5	13.9	31.2	28.9	10.1	2.9	0.1	0.6
A 7Z2		98.4	0.0	0.3	5.0	6.1	6.6	15.8	24.9	25.6	10.2	3.5	0.3	0.1
A 8Z1	top	93.3	0.9	3.0	24.9	17.4	23.7	11.6	4.4	2.1	1.4	1.9	1.9	0.1
A 8Z2	bottom	91.4	2.1	6.6	20.3	10.7	19.2	17.5	8.3	2.9	1.5	1.4	0.9	0
A11Z1	top	91.4	1.8	3.4	10.9	10.4	13.2	16.6	12.2	7.6	4.8	5.9	9.6	0
A11Z2	bottom	94.6	1.0	2.1	12.5	10.3	16.6	17.2	10.7	6.1	4.5	7.5	6.0	0.1
A12Z1	top	99.0	0.1	0.1	0.2	0.9	9.1	12.1	29.0	10.9	3.0	2.0	0.8	0.8
A12Z3	bottom	97.6	0.1	0.2	0.3	1.1	9.1	39.0	28.0	10.2	2.9	2.8	1.9	2.0
A13Z1	top	99.1	0.0	0.1	0.4	1.3	10.2	42.3	28.6	11.4	2.3	1.2	0.5	0.8
A13Z2	middle	99.3	0.1	0.1	0.4	1.5	11.1	42.3	27.4	10.8	2.4	1.0	0.6	1.6
A13Z4	bottom	97.1	0.2	0.2	0.4	0.9	7.0	32.4	26.7	14.5	6.1	5.2	3.0	0.5
A14Z1	top	99.0	0	0	0.4	2.7	17.2	48.9	24.4	4.1	0.7	0.4	0.1	0.1
A14Z2	bottom	98.1	0	0.1	0.9	4.0	20.6	48.9	20.4	1.9	0.4	0.3	0.3	0.3

Tabel III (vervolg)

Korrelgrootteverdeling.

% Zand			Subfracties van het zand in % (stoofdroom)											
Profiel	Omschrijving	Atterberg	16-50	50-100	100-160	160-200	200-250	250-315	315-400	400-500	500-630	630-1000	1000-2000	2000
			mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu
A15Z1	totaal	98.7	0	0.1	0.8	2.9	13.5	38.2	26.9	11.5	3.7	1.1	0	0
A16Z1	totaal	98.2	0	0.1	2.1	9.7	35.2	36.4	9.8	2.1	0.9	1.0	0.6	0.3
A17Z1	top	99.2	0	0	1.5	7.0	21.1	34.0	25.6	8.7	1.0	0.2	0.1	0
A17Z2	bottom	97.8	0.1	0.1	2.3	7.9	22.0	35.4	21.1	6.7	0.9	0.7	0.3	0.3
A18Z1	top	98.8	0	0.3	6.3	27.5	42.6	16.1	2.8	1.3	0.7	0.6	0.4	0.2
A18Z2	bottom	98.5	0	0.3	5.8	25.9	45.0	17.0	2.7	0.6	0.2	0.5	0.5	0
A19Z1	top	97.7	0	0.3	3.4	11.2	26.1	28.7	19.4	6.2	1.1	0.7	0.4	0.2
A19Z2	middle	98.8	0	0.5	3.9	13.2	27.5	28.7	18.7	3.8	0.7	0.4	0.4	0
A19Z3	bottom	97.8	0.1	0.3	3.1	11.6	25.5	28.0	21.6	5.3	1.1	0.6	0.4	0.2
A20Z1	top	98.6	0	0.3	3.5	11.4	24.8	27.5	19.9	8.5	1.6	0.4	0.5	0.2
A20Z2	bottom	98.3	0.1	0.4	3.0	9.0	19.8	24.6	22.7	13.4	3.4	1.0	0.9	0
A21Z1	top	98.8	0	0.3	4.3	16.6	39.9	27.8	77.9	1.5	0.2	0.2	0.1	0
A21Z2	bottom	98.1	0.1	0.4	4.4	14.8	35.3	28.8	9.9	2.2	0.5	0.9	0.8	0
A 7Z3	kleirijk	74.9	2.7	2.1	3.4	3.3	3.9	9.6	16.8	17.8	9.1	5.2	0.8	0.2
A 9Z3	zand	94.7	0.9	3.4	19.9	9.3	20.5	22.1	12.7	3.1	1.5	1.0	0.1	0.2
A 9Z2	zand	97.5	0.2	1.0	17.1	10.3	22.1	24.8	13.3	4.0	2.6	1.7	0.2	0.2
A 9Z11	zand	98.0	0.2	1.0	8.9	5.8	8.7	24.7	19.3	12.1	10.7	5.3	1.3	0
A 9Z6	zand, gelaagd	85.9	2.7	4.6	11.6	8.1	15.1	16.9	10.5	4.3	6.8	4.3	0.9	0.1
A 9Z7	zand	96.9	0.2	1.1	8.5	8.7	27.3	28.1	15.0	3.6	2.4	1.7	0.2	0.1
A 9Z8	kleilaagje	88.5	2.9	7.4	15.8	6.5	11.4	17.1	10.1	5.0	6.8	3.6	0.6	1.3

Tabel III (vervolg).

Korrelgrootteverdeling.

% Zand		Subfracties van het zand in % (stoofdroog)											
Profiel	Omschrijving Atterberg	16-50	50-100	100-160	160-200	200-250	250-315	315-400	400-500	500-630	630-1000	1000-2000	2000
		mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu	mu
A10Z2	97.7	0.2	1.6	16.0	10.2	19.7	23.5	14.6	7.8	3.4	0.7	0	0
A10Z3	kleirijk 86.3	2.6	6.7	13.3	7.4	14.8	16.3	9.9	7.0	5.2	2.2	0.8	0.1
A10Z5	zand, structuurloos 84.5	4.6	6.3	12.0	7.7	15.2	19.0	9.0	5.2	3.5	1.6	0.3	0.1
A10Z6	and, gelaagd 79.6	6.7	7.2	11.2	6.3	13.3	17.8	8.0	4.2	2.8	1.4	0.4	0.3
A10Z7	zand 97.4	0.2	2.2	11.5	8.1	14.1	29.6	21.9	7.8	1.6	0.3	0.1	0
A10Z8	zand 72.7	8.9	17.3	14.7	2.0	5.0	9.1	6.7	4.6	2.6	2.5	0.2	0.1
A10Z9	zand 97.8	0.4	2.4	5.2	3.0	10.3	19.7	19.2	17.5	11.6	7.2	1.3	0
A10Z10	zand 90.0	4.6	12.1	11.7	3.5	10.5	18.9	14.2	10.2	2.9	1.7	0.5	0.1
A10Z11	kleirijk 66.7	8.1	9.3	11.5	4.1	7.0	9.1	6.2	5.8	2.9	1.6	0.7	0.4

Profiel	Omschrijving	De stoofdroge grond bevat in %					% Zand Atterberg
		CaCO ₃	Slib	Lutum	Slib	Lutum	
Zonder HCl behandeling							
A 7Z3	kleirijk	10.6	11.2	7.5	13.0	8.2	74.9
A 9Z6	zand, gelaagd	7.0	10.9	7.7	13.4	8.6	85.9
A 9Z8	kleilaagje	6.3	8.5	5.7	9.5	6.2	88.5
A10Z3	kleirijk	7.9	11.3	7.8	13.7	8.8	86.3
A10Z5	zand, strukt.l.	7.2	12.2	8.6	15.4	9.5	84.5
A10Z6	zand, gelaagd	6.7	14.5	9.7	17.8	10.7	79.6
A10Z8	kleirijk	10.7	21.7	14.9	27.8	17.4	72.7
A10Z11	kleirijk	10.8	24.1	16.4	36.4	21.8	66.7

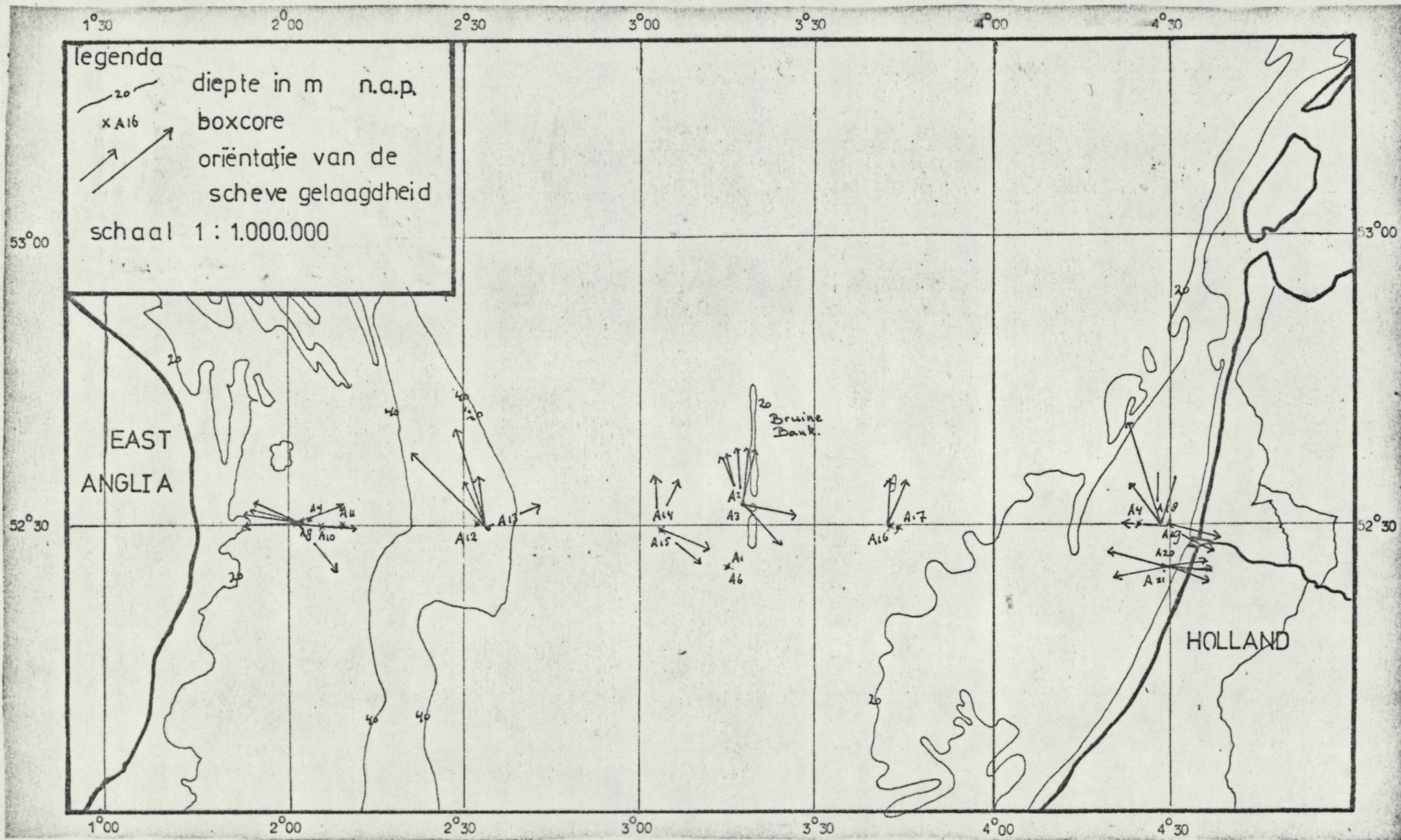


Fig. 1.

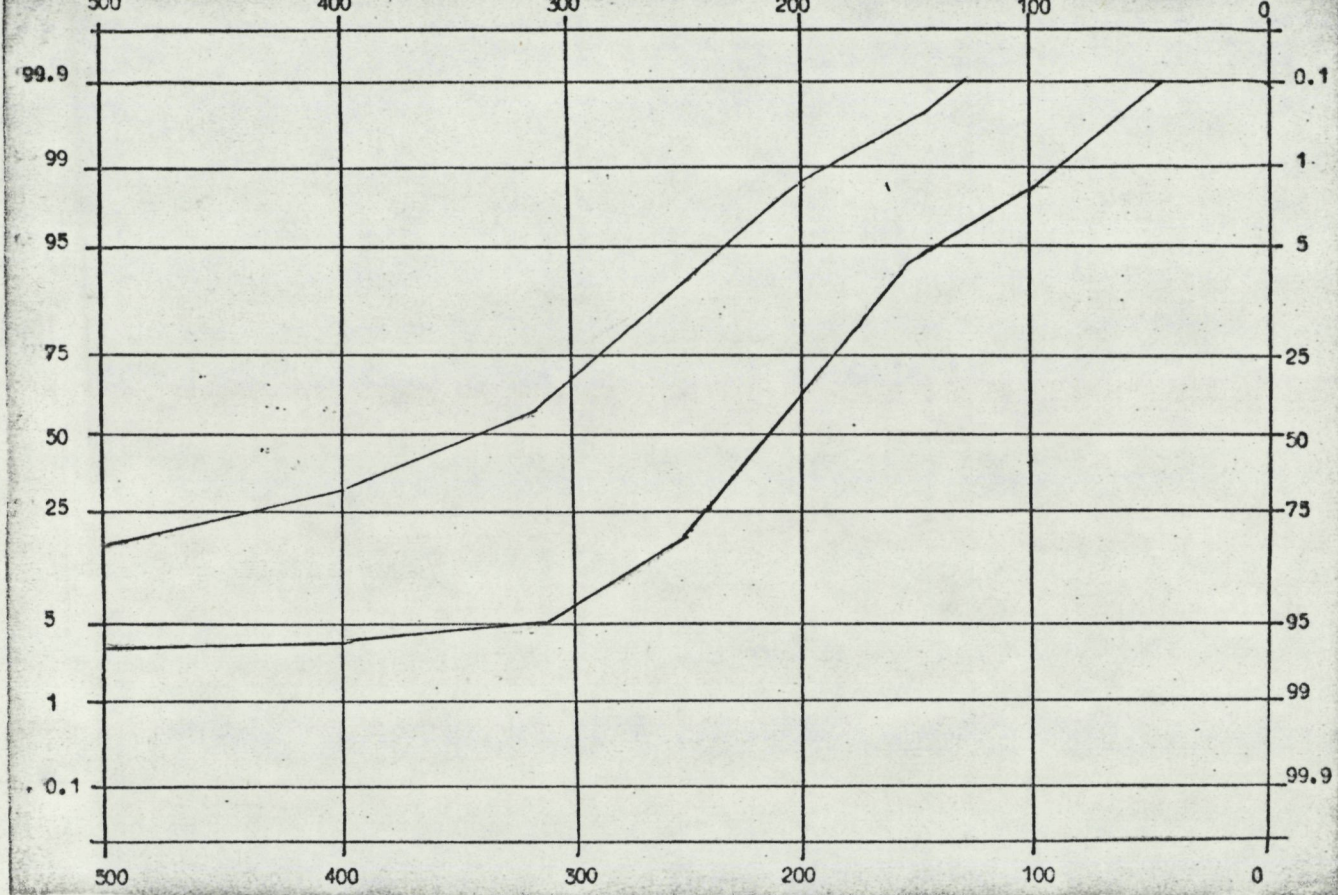


Fig. 2. Korrelgrootte verdeling in het centrale deel v.d. zuidelijke Noordzee.

Fig. 3. Bimodaal gericht, kleinschalige scheve gelaagdheid, met een enkele trogopvulling.

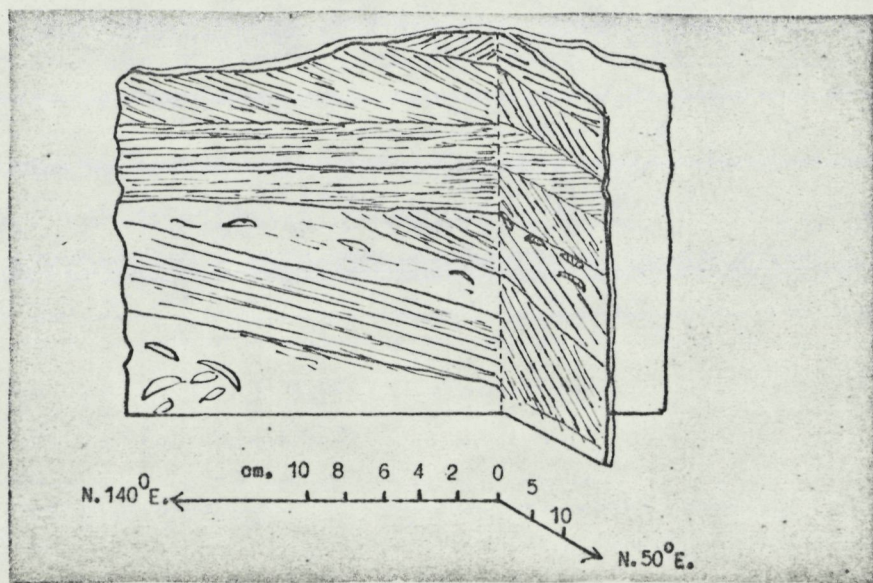
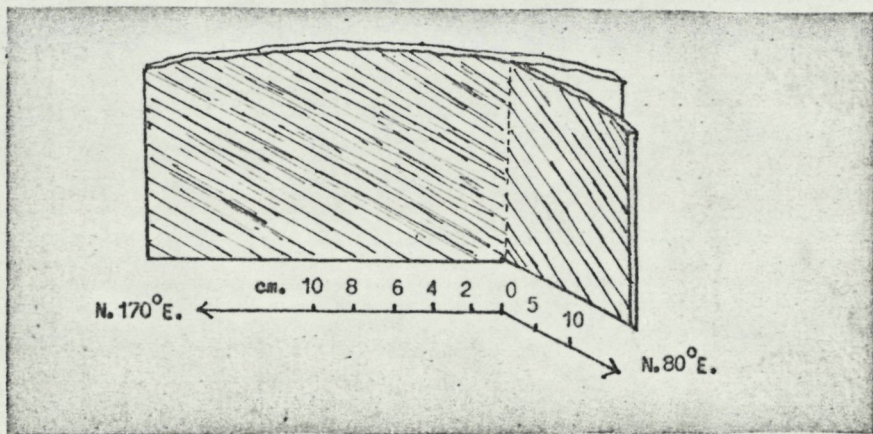


Fig. 4. Grootschalige scheve gelaagdheid.



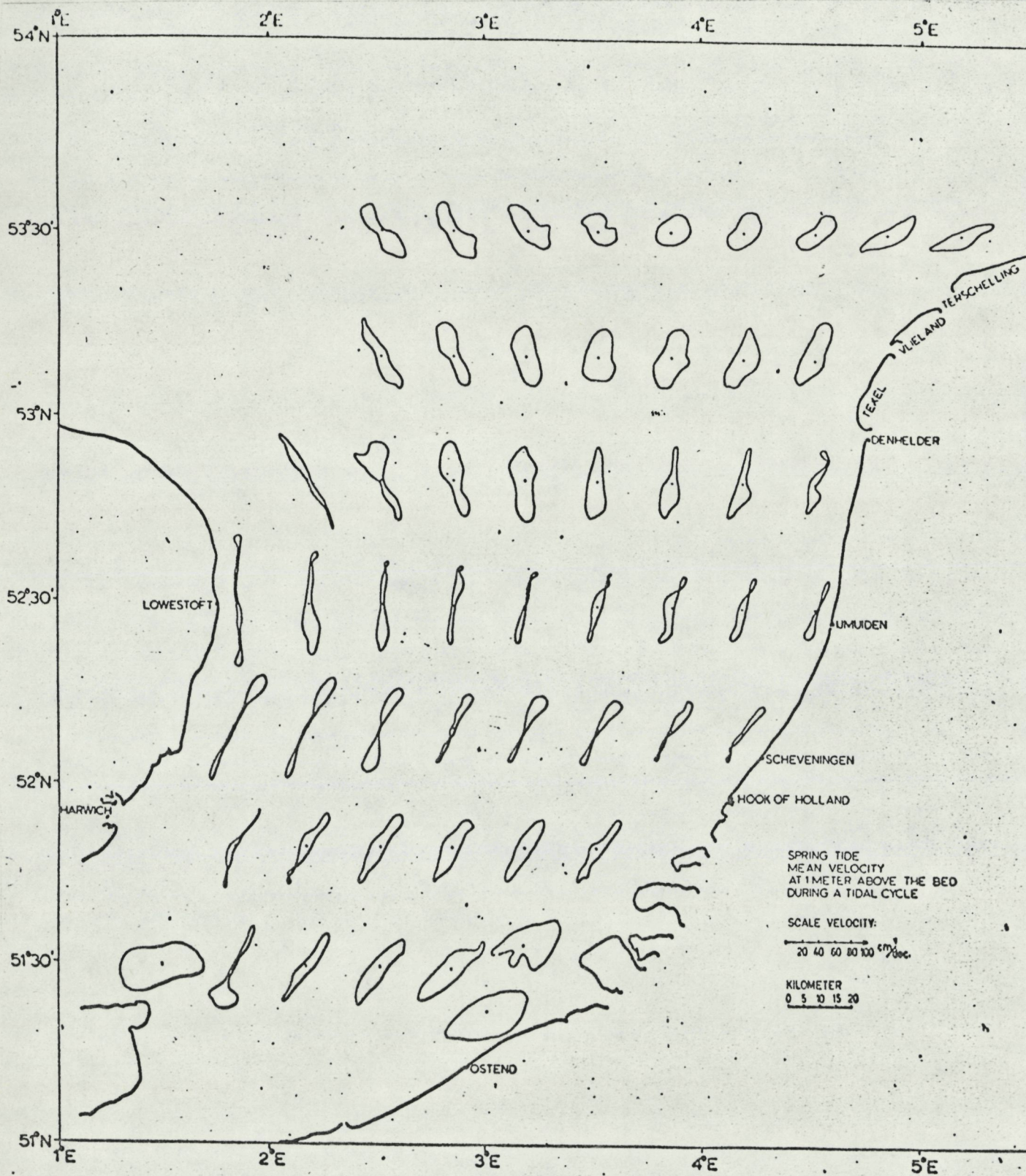


Fig. 5. Springtij: gemiddelde stroomsnelheid op 1 meter boven de zeebodem gedurende één getijdé cyclus (McCave, 1971a).

Fig. 6. Oriëntatie en hellingshoek van de scheve gelaagdheid in het centrale deel van de zuidelijke Noordzee.

- A18
- △ A14, A15
- × A13
- A2, A3
- ▼ A17

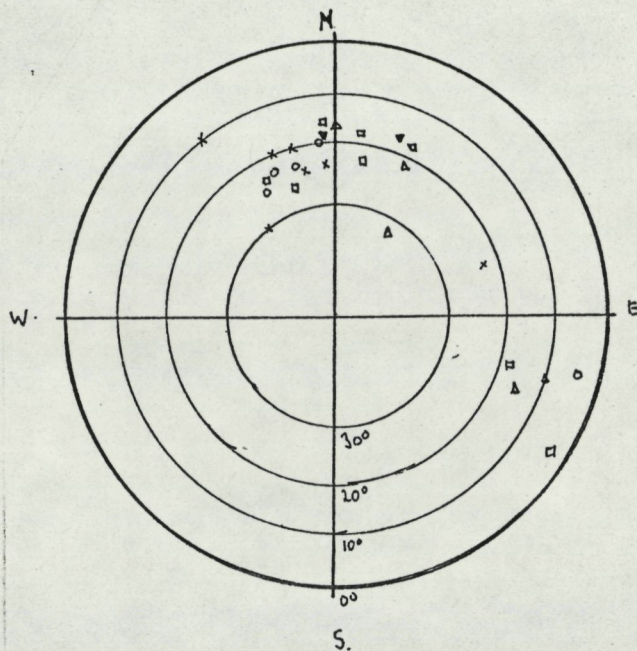


Fig. 7. Asymmetrisch, naar twee zijden hellende scheve gelaagdheid. De bovenste decimeter van het lakprofiel is bioturbaat verstoord.

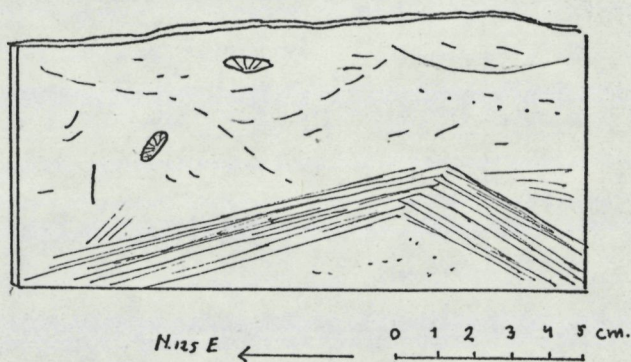
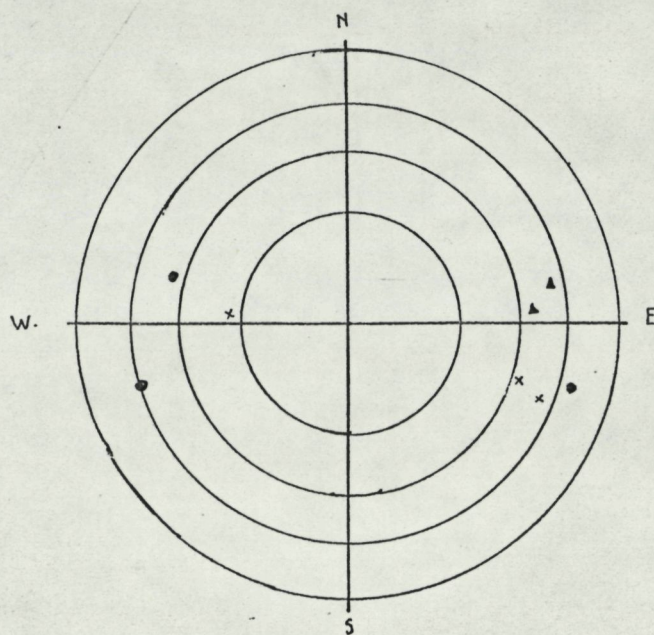


Fig. 8. Oriëntatie en hellingshoek van de scheve gelaagdheid voor de kust van Holland.

- ▲ A20
- A21
- × A19



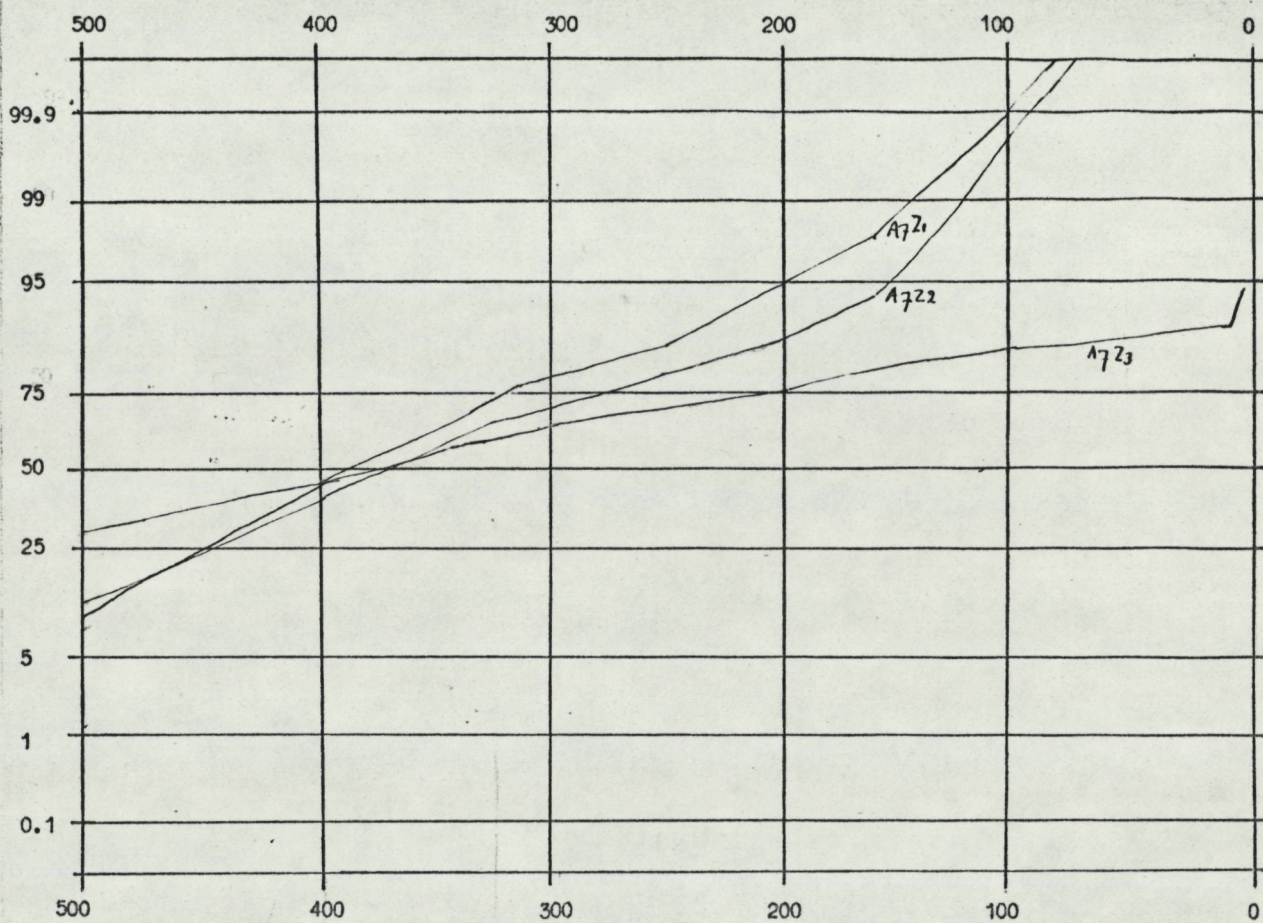
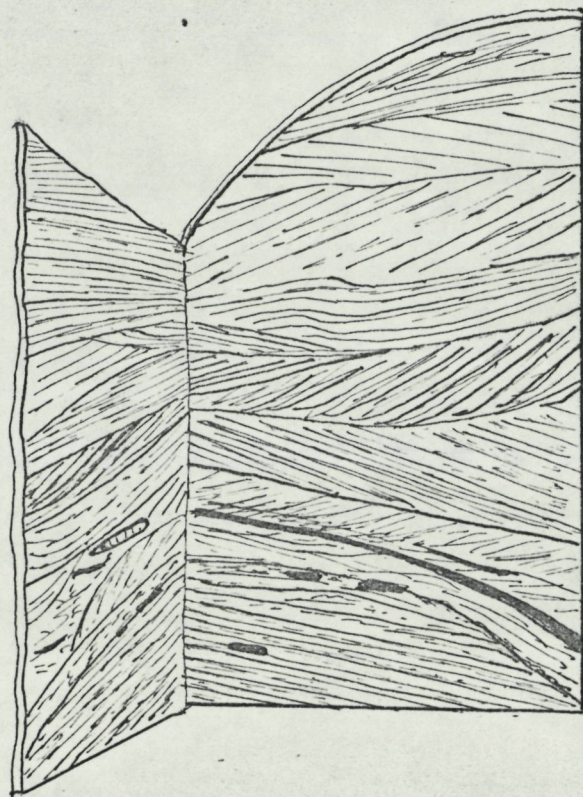


Fig. 9. Korrelgrootte verdeling van het zandafzetting voor de kust van East Anglia. A_7Z_1 : zand, A_7Z_2 : zand, A_7Z_4 : kleibandje.

Fig. 10.
Bimodaal gerichte
kleinschalige
scheve gelaagdheid
in de zandafzetting
voor de kust van
East Anglia.
Enige sets worden
begrensd door een
kleibandje.



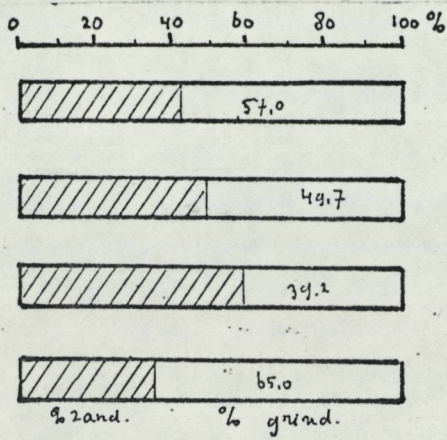


Fig. 11a. verdeling van de zand- en grindfractie.

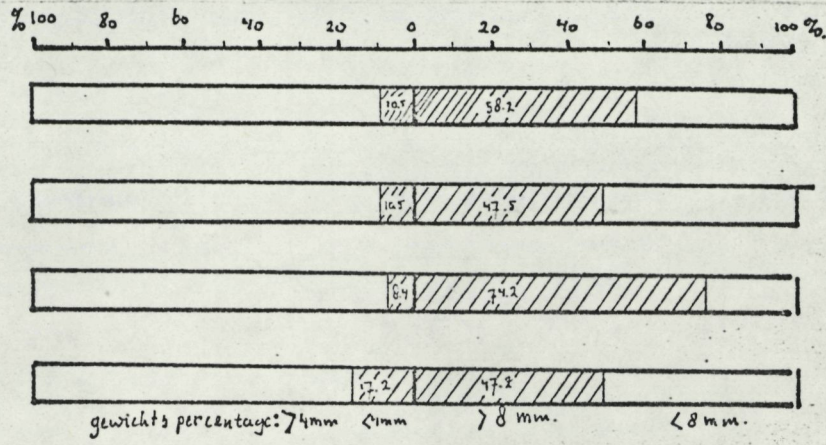


Fig. 11b. Korrelgrootte verdeling van de grindfractie.

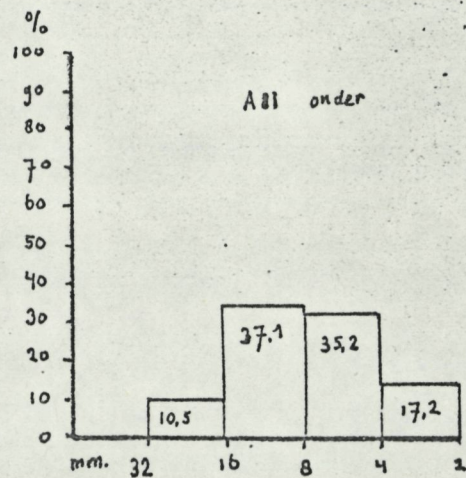
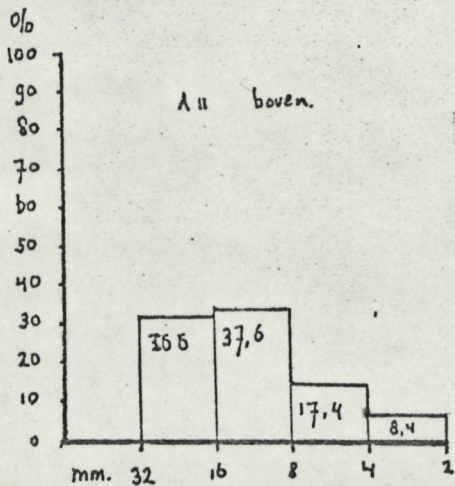
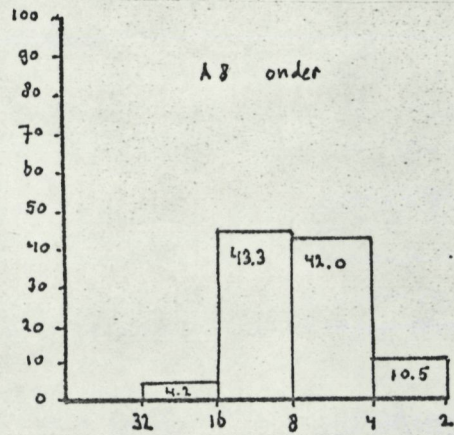
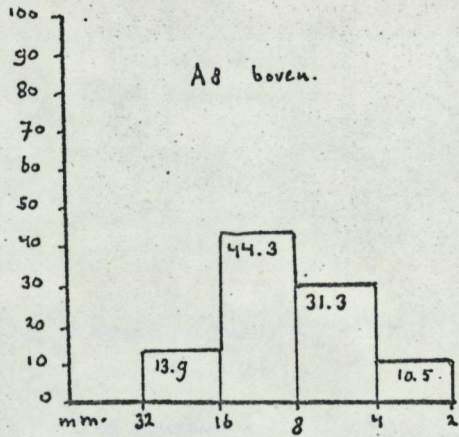


Fig. 12. Korrelgrootte verdeling van de grindfractie.

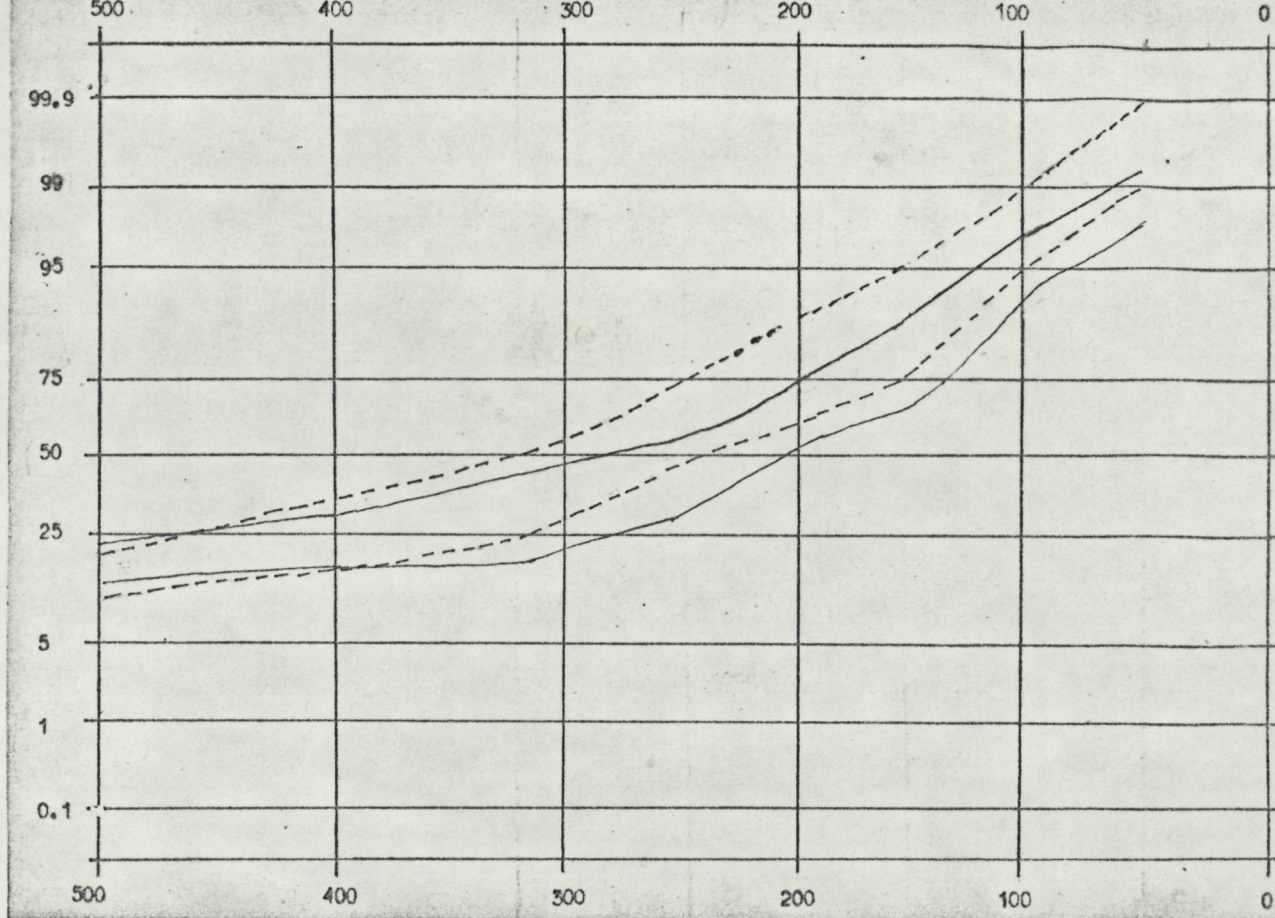


Fig. 13. Korrelgrootte verdeling van de zand- en grindfractie: _____ zandlagen
 -----kleirijke lagen.

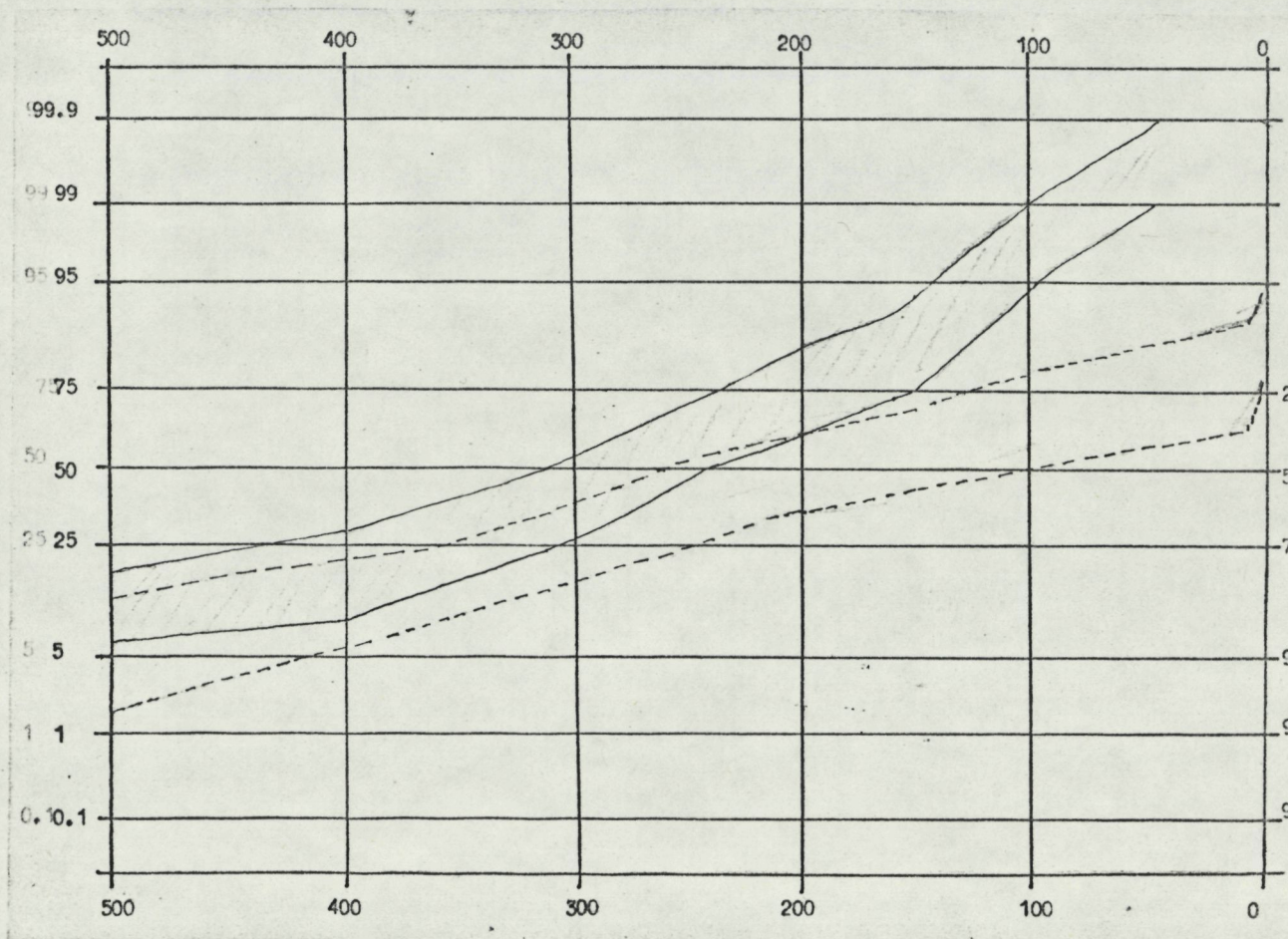


Fig. 14. Korrelgrootte verdeling kleirijke afzetting: _____ zandlagen
 -----kleirijke lagen

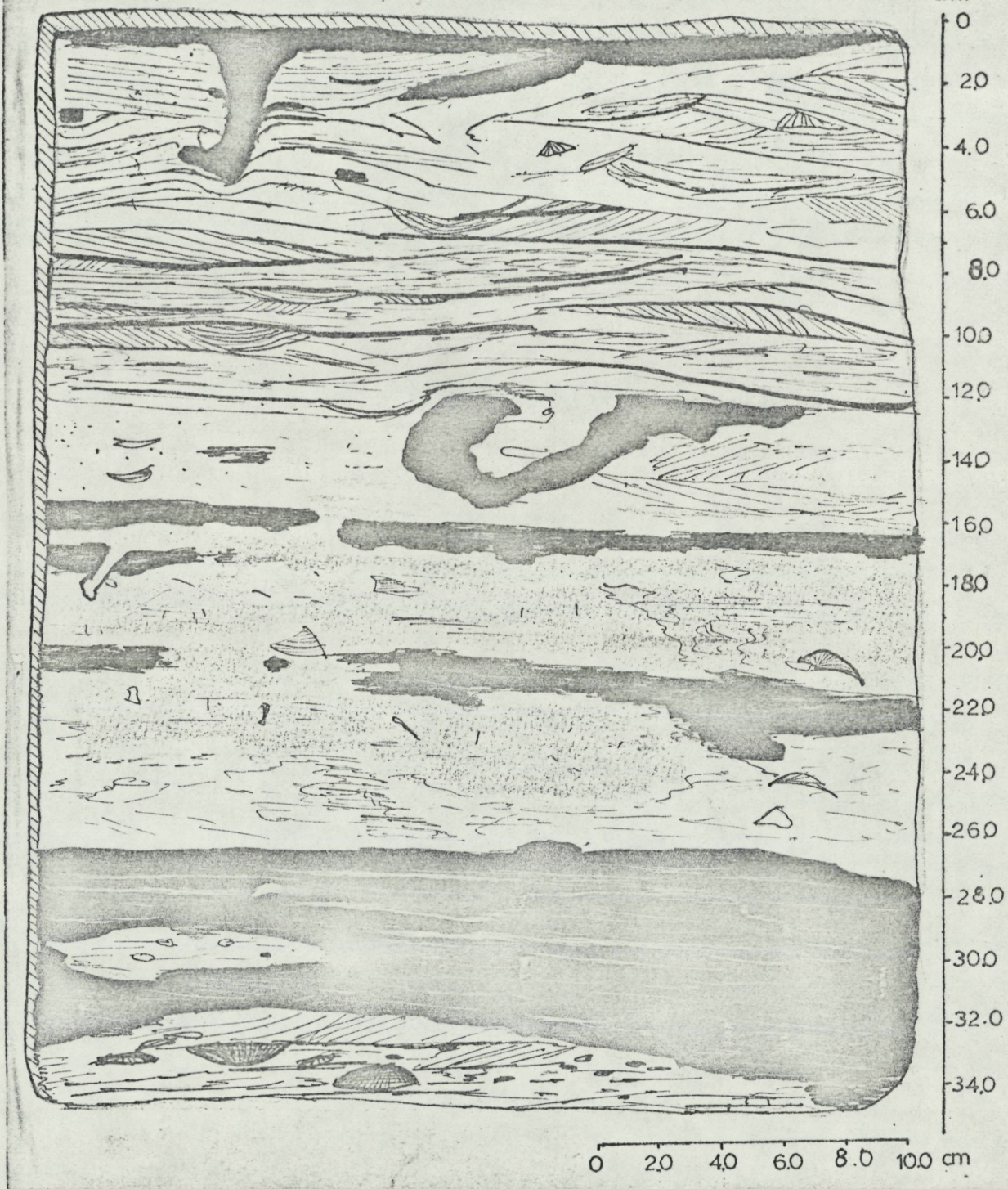


Fig. 15. Lakprofiel van boxcore A9, genomen voor de kust van East Anglia.

Beschrijving:

0,0-0,5 - kleilaagje, zwart—

0,5-12,0 - zand met bimodaal gerichte scheve gelaagdheid, sethoogten 0,5-3,0 cm., setlengten tot 10 cm., setgrenzen erosief tot licht gebogen— trogvormige sets begrenzing van sets of cosets door dunne laagjes klei — sedimentaire structuur moeilijk te ontrafelen — schelpfragmenten — grind tot 4 mm. —

12,0-27,0 - zandlagen, afgewisseld met kleilagen — zandlagen bioturbaat verstoord — grind tot 6 mm. — kleirijke lagen horizontaal gelaagd met zandlaagjes van 1 mm. dikte — op enkele plaatsen bioturbaat verstoord —

27,0-32,0 - kleirijke afzetting, horizontaal gelaagd, laagjes zand van 1 mm dikte — één zandlens — schelpfragmenten — grind tot 2 mm.

32,0-34,5 - zand met bimodaal gerichte scheve gelaagdheid, erosieve en rechte setgrenzen — scheve strata recht (angular) — schelpfragmenten — grind tot 4 mm. —