GROVE FRAKTIE ANALYSES EN SEM WAARNEMINGEN AAN VIER SEDIMENT KERNEN UIT DE NOORSE GEUL TER HOOGTE VAN EGERSUND

E.F.W. PAAUWE

I

Verslagen
nds Instituut voor
ek der Zee, Texel

12902 / 11769

All rights reserved

Internal reports are not to be reprinted or cited, it is only allowed by consent of the Netherlands Institute For Sea Research.

printed by NIOZ *texel*

GROVE FRAKTIE ANALYSES EN SEM WAARNEMINGEN AAN VIER SEDIMENT KERNEN UIT DE NOORSE GEUL TER HOOGTE VAN EGERSUND*

door

E.F.W. PAAUWE

INHOUD

	Summary	2
	Samenvatting	2
I.	Inleiding	3
	1. Doel van het onderzoek	3
	2. Methode	4
	3. Beschrijving van het onderzochte gebied	5
	4. Geologische setting	7
II.	Resultaten	8
	1. Grove fraktie analyse	8
	a. Inleiding	8
	b. Methode	9
	c. Beschrijving van de kernen en oppervlakte-monsters	10
	d. Horizontale verspreiding van de komponenten	15
	d-1. Detritiese komponenten	15
	d-2. Autigene komponenten	17
	d-3. Biogene komponenten	18
	2. SEM-analyse	19
	a. Inleiding	19
	b. Methode	20
	c. Resultaat	24
III.	Diskussie	27
IV.	Literatuur	34
	Tabellen II t/m XIV	37
	Figuren	46
	Platen	55

*Intern verslag over werk verricht als doctoraal studie in de sedimentologie voor de Universiteit van Amsterdam bij Dr. D. Eisma in het tijdvak januari tot april 1979 aan het NIOZ te Texel, onder leiding van Tj. v. Weering.

SUMMARY

In the Norwegian Channel off Egersund four Piston cores were taken from sediments of Late-Post Weichselian age. Of the adjoining part from the less deep North Sea-bottom and the slope between these areas six grab samples were taken. The samples were examined sediment petrographically and described by means of the so called Coarse Fraction Analysis. It was demonstrated that the differences in water depth between the sample areas is expressed in the content of quartz and feldspar, stone fragments, mica, iron-coated quartz grains, authigenic pyrite and benthonic foraminifera. The presumably more intense turbulence in the less deep area is assumed to be responsible for these differences.

From the top and bottom of each piston core about 15 quartz grains were selected for SEM study. Three different types of quartz grains could be distinguished and it was found that in all cores the same trends occurred; an upward decreasing influence of glacially and eolian transported quartz grains and upwards increasing influence of littorally transported quartz grains.

It was assumed that this represents the effect of rising sea-level during and after with-drawal of the ice-cap that covered the examined area during the last phase of the Weichselian.

SAMENVATTING

In de Noorse Geul zijn vier Piston corer monsters genomen ter hoogte van Egersund van Laat-Post Weichselien sedimenten.

Op het aangrenzende deel van de ondiepere Noordzeebodem en de helling tussen biede gebieden in zijn oppervlaktemonsters genomen. De monsters zijn sedimentpetrografisch onderzocht en beschreven - m.b.v. de zogenoemde Grove Fractie Analyse - waarbij de diepteverschillen tussen de drie gebieden tot uiting komen in het gehalte aan kwarts en veldspaat, gesteentefragmenten, glimmer, kwartskorrels met ijzerhuidjes, autigene pyriet, en benthonische foraminiferen. Aangenomen wordt, dat de hogere turbulentie in de ondiepere milieu's hiervan de oorzaak is.

Voorts zijn van de top en bodem van elk kernmonster ± 15 kwartskorrel geselekteerd voor bestudering met de SEM. Drie soorten kwartskorrels konden op deze wijze onderscheiden worden, waarbij bleek, dat in alle keren dezelfde trends voorkomen, t.w. van onder naar boven neemt de invloed van glaciaal en eolisch getransporteerde kwartskorrels af en neemt de invloed van littoraal getransporteerde kwartskorrels toe.

Aangenomen wordt, dat dit de reflektie is van het stijgende zeeniveau tijdens en na terugtrekking van de ijskap, die het betreffende gebied gedurende de laatse fase van het Weichselien heeft bedekt.

I. INLEIDING

1. Doel van het onderzoek

Doel van het onderzoek was inzicht te verkrijgen in de mate waarin windinvloed van belang is geweest voor sedimentatie in de Noorse Geul (zie Fig. 1.) gedurende en na terugtrekking van de ijskap, die grote delen van de huidige Noordzee tijdens de laatste glaciatie heeft bedekt (PRATJE 1951, VEENSTRA 1970, OELE 1971a, 1971b).

2. Methode

Gedurende een tocht met de "Aurelia" in augustus 1977 werd in de Noorse Geul en het aangrenzende deel van de Noordzee een bemonstering uitgevoerd met een Piston-corer van 6 m lengte en een Van Veen-grijper, die de bovenste 15-20 cm van het sediment bemonstert, in het kader van het onderzoek naar laat- Kwartaire sedimentatie in het Skagerrak en de Noorse Geul, zoals dat wordt uitgevoerd binnen de werkgroep Mariene Geologie van het NIOZ.

Van de monsters konden vier Piston kernen worden gebruikt, benevens zes grijpmonsters.

Gedurende de monstername werd een doorlopende akoestische profilering van de zeebodem uitgevoerd met behulp van een 3,5 kHz penetrerend echolood.

Plaatsbepaling van het schip werd gedaan met Decca navigatie apparatuur.

Op het NIOZ werden de kernen in de lengterichting doorgezaagd en makroskopisch beschreven.

Hierna werd om de ± 50 cm een monster van ± 20 g genomen voor de zand-silt-klei ratiobepaling (Nomenclatuur naar SHEPARD 1954) en voor nadere bestudering van de zandfraktie (63 - 2000 μ m).

Van een bijzonder zandrijke kern werd een komplete korrelgrootte-analyse gemaakt volgens standaardprocedure naar FOLK (1968) met behulp van zeef en pipetmethode. Zeeffrakties van ϕ waarden werden gebruikt.

De zandfraktie werd onderzocht en beschreven met de zogenaamde grove fraktie analyse (SHEPARD & MOORE 1954) (deze wordt beschreven in hoofdstuk II-1). Vervolgens werd van de top en bodem van iedere kern en van een oppervlaktemonster een aantal

kwartskorrels met behulp van een Scanning Elektronen Mikroskoop (SEM) bestudeerd en gefotografeerd (beschrijving in hoofdstuk II-2).

3. Beschrijving van het onderzochte gebied

Algemeen overzicht Noordzee

De huidige Noordzee is een ondiepe epikontinentale zee, met dieptes van minder dan 50 m in het zuidelijke deel, geleidelijk toenemend tot 100 m in het centrale deel en tot 200 m op de shelfrand tussen Noorwegen en Schotland.

Plaatselijk worden diepe depressies (> 200 m) aangetroffen, zoals "Devil's Hole" en het "Fladen Ground Deep", terwijl langs de Noorse kust de Noorse Geul en het Skagerrak een trogvormige depressie vormen met dieptes tot 700 m in het Skagerrak, afnemend tot 275 m voor Stavanger en weer dieper wordend naar het noorden, waar de Noorse Geul uitmondt op de kontinentale helling op een diepte van ongeveer 500 m.

De Noordzee is de huidige expressie van een gedaald en door "block-faults" begrensd bekken, dat oorspronkelijk gedurende het Perm ontstond en zijn huidige vorm gedurende het Tertiair ontwikkelde.

De maximale dikte van Tertiaire en Kwartaire sedimenten is ongeveer 3500 m in het centrale deel van het bekken (THOMAS et al., 1974), waarvan de Kwartaire sedimenten de bovenste 400-750 m omvatten (CLARKE, 1973; THOMAS et al., 1974). Naar het oosten en westen wiggen de Tertiaire lagen uit (RONNEVIK et al., 1975) en ontbreken zelfs plaatselijk.

De dikte van de Kwartaire sedimenten varieert belangrijk, voornamelijk als gevolg van de opeenvolging van glaciale en interglaciale stadia gedurende het Pleistoceen, toen grote delen van het gebied met ijs waren bedekt.

De oorsprong van de Noorse Geul wordt toegeschreven aan glaciale aktiviteit (SHEPARD, 1931, 1963; KUENEN 1950), terwijl HOLTEDAHL (1929, 1956, 1964) een primair tektonische oorsprong verdigde.

Recent seismisch onderzoek (SELLEVOL & AALSTAD, 1971; FLODÉN & SELLEVOL, 1972; SELLEVOL & SUNDVOR, 1974) heeft aangetoond, dat het ontstaan van de Noorse Geul niet primair tektonisch is, maar voornamelijk het gevolg is van glaciale erosie.

De bodem van de Noordzee bestaat grotendeels uit omgewerkte zanden en gravel van glaciale en fluviatiele oorsprong met lokaal Laat-Pleistocene en Holocene klei in depressies van de zeebodem (VEENSTRA, 1971; Mc CAVE, 1973, EISMA, 1973; JANSEN, 1976; JANSEN et al., 1979). Een gedetailleerde bathymetrische kaart van het gebied ten noorden van de 56^{e} breedtegraad werd gekonstrueerd door FLINN (1973), terwijl JANSEN (1976, 1978) onderzoek heeft verricht naar de L-Pleistocene - Holocene geschiedenis van de noordelijke Noordzee.

Hydrografie en Oceanografie

In het algemeen wordt aangenomen, dat de stromingen in het onderzochte gebied beheerst worden door twee systemen. Een van deze, de Norwegian Coastal Current (NCC) stroomt noordwaarts, langs de Noorse kust terwijl een ander systeem zuidwaarts stroomt langs de westelijke helling van de Noorse Geul (Fig.2). Deze twee stroomsystemen hebben door hun verschillende oorsprong sterk verschillende hydrografische eigenschappen.

De NCC is een vervolg van de "Jutland stroom" en de "Baltische stroom". Zoet water wordt langs de Noorse kust gemengd met de NCC, terwijl Atlantisch water vanuit het Westen langs de Westelijke helling van de Noorse Geul toestroomt. De zuid-

waartse stroming langs de westhelling van de Noorse Geul bevat water van Atlantische oorsprong, dat rond het Tampen plateau langs de 200 m dieptelijn stroomt en daarna zuidwaarts verder gaat (FURNES & SAELEN, 1977).

4. Geologische Setting

Uit gegevens verkregen uit een akoestische profilering blijkt, dat in het onderzochte gebied vier Laat-Postglaciale sedimentaire eenheden kunnen worden onderscheiden (VAN WEERING, et al., 1973). Zie figuur 3.

Eenheid 1 (E 1) is de meest recente afzetting en is aanwezig in de diepere delen van de Noorse Geul. De dikte in het onderzochte gebied bedraagt maximaal 20 m in de diepere bekkens. Naar de randen van de Geul wordt deze laag dunner en wigt tenslotte geheel uit. Eenheid 1 is vermoedelijk van Holocene ouderdom.

Eenheid 2 (E 2) heeft een vrijwel identieke verspreiding als Eenheid 1. In het onderzochte gebied echter komt E 2 ook voor ten oosten van E 1, waar deze eenheid aan de oppervlakte komt. In het onderzochte gebied zijn lokaal diktes > 60 m gevonden voor E 2. Eenheid 2 wordt beschouwd als een glaciomariene afzetting. De vermoedelijke ouderdom is Laat Weichselien - Vroeg Holoceen.

Ten noorden van het onderzochte gebied wordt onder Eenheid 2 nog Eenheid 2a onderscheiden. Deze is, evenals E 2, waarschijnlijk van post-glaciale ouderdom, maar slechts lokaal aanwezig. In het door mij onderzochte gebied komt E 2a niet voor.

Eenheid 3 ligt in het onderzochte gebied onder E 2 en loopt in westelijke richting door onder de Noordzeebodem. Een maxi-

male dikte van 40 m is voor deze afzetting gevonden, die geïnterpreteerd is als een glaciale drift afzetting, vermoedelijk van Weichselien ouderdom.

Eenheid 4 kon slechts op enkele plaatsen onder E 3 worden aangetoond. Deze eenheid is waarschijnlijk gedeeltelijke geërodeerd en eveneens als glaciale drift geïnterpreteerd.

Voor de lokatie van de monsterpunten zie Fig. 1

Pistoncorer-monsters worden met P-nummers aangegeven; Van Veen-grijper-monsters met V-nummers.

Monster nr.	Diepte	Lengte in cm.	N.Br.	O.L.
P 77-1	271 m	572	58° 32'	4° 48'
P 77-3	301 m	585	58° 13'	4° 53'
P 77-4	337 m	590	58° 10'	5° 50'
P 77-5	334 m	582	58° 9'	5° 51'
V 75-12	260 m	15-20	58° 51'	3° 40'
V 75-13	112 m	"	58° 46'	3° 24'
V 76-34	260 m	"	58° 34'	3° 56'
V 76-35	158 m	"	58° 31'	3° 44'
V 77-1	116 m	"	58° 5'	4° 21'
V 77-2	184 m	"	58° 13'	4° 21

II. RESULTATEN

1. Grove fraktie analyse

a. Inleiding

De bestudering van de uitgewassen zandfraktie (63 - 2000 µm) van ongekonsolideerde mariene sedimenten met behulp van het binoculair is een effektieve methode gebleken om recente sedimenten en hun afzettings- en herkomstmilieu's te karakteriseren en te differentiëren.

De methode werd geïntroduceerd door SHEPARD & MOORE (1954), die voor recente sedimenten voor de kust van Texas de ligging en afstand tot de kustlijn en de bron van het sediment konden reconstrueren uit het voorkomen van en de relatieve hoeveelheid van bepaalde komponenten in de diverse uitgewassen frakties van het sediment. TRUMBULL (1972) kon de methode aanpassen voor een vergelijkbaar onderzoek van de shelf sedimentatie aan de oostkust van de Verenigde Staten tussen New Jersey en Nova Scotia.

1.b. Methode

Een aantal van 58 monsters is geanalyseerd, waarvan 10 oppervlaktemonsters en 48 monsters uit kernen. Het percentage van de zandfraktie van de monsters is weergegeven in Tabel III t/m VII en kolom 1 t/m 4. De monsters zijn onder het binoculair bestudeerd en het voorkomen van de verschillende komponenten genoteerd.

Percentages zijn bepaald met een nauwkeurigheid van ± 5% (V.d. PLAS & TOBI 1965) door tellingen van 300-400 korrels. De belangrijkste komponenten zijn kwarts en veldspaat, gesteentefragmenten, donkere mineralen. glimmers, glaukoniet, pyriet, Foraminiferen en Molluskenfragmenten.

Het voorkomen en de relatieve hoeveelheid van minder veelvuldig voorkomende komponenten is eveneens genoteerd. Deze omvatten sponsnaalden, ostracoden, zeeëgelstekels, Bryozoa, houtresten en stengelig plantaardig materiaal.

Tevens in het voorkomen van kwartskorrels met ijzerhuidjes (of de resten daarvan) genoteerd.

Aangezien alleen in de Noorse Geul met de Piston corer kernen zijn gemaakt en op de helling en de ondiepere Noordzeebodem uitsluitend oppervlaktemonsters zijn genomen kunnen

alleen oppervlakte sedimenten uit de verschillende gebieden met elkaar vergeleken worden, zodat een beeld is verkregen van de horizontale verspreiding, terwijl uit de analyse van de kern monsters uit de Noorse Geul het verloop van de diverse komponenten in vertikale richting nagegaan kan worden

1.c. Beschrijving van de kernen en oppervlakte monsters

P 77-1 (Fig. 4, Tabel III en IX)

De totale lengte van deze kern is 572 cm. De bovenste 2 m bestaat uit een geelgrijze (2,5 Y 4 -5/1) siltige klei (alle kleuren volgens "Revised Standard Soil Charts" ed. YOSHIRO IMAIZUMI, Japan, 22-11-1967), met een zand gehalte van 5 - 20%. De basis van deze sektie bevat het minimale zandpercentage. Een stratifikatie in de vorm van dunne (1 - 4 mm) zandlenzen komt voor. Het gehalte (voornamelijk Benthonische) Foraminiferen varieert van 3 - 13%. Molluskenfragmenten komen sporadisch voor. Het gehalte detritiese pyriet en glaukoniet is aan de basis van deze sektie hoog (22% van de zandfraktie) en neemt snel af naar boven (4 - 8 %).

Van 200 - 572 cm bestaat deze kern uit een grijze (N 4/0) pebblehoudende siltige klei met een zandgehalte van ± 8%. Het gehalte van materiaal > 2 mm beslaat 1 - 3% en is het hoogst onderin de kern. Zandlenzen komen slechts sporadisch voor. De aanwezige pebbles (6 - 15 mm Ø) bestaan uit vuursteen en krijtfragmenten.

Donkergrijze - zwarte sulfidische vlekken komen veelvuldig voor. Foraminiferen komen niet veel voor (1 - 4% van de zandfraktie) evenmin als Molluskenfragmenten. Het gehalte detritiese pyriet en glaukoniet varieert van 9 - 20%.

P 77-3 (Fig. 5, Tabel IV en X)

De totale lengte der kern bedraagt 585 cm. In verband met het hoge zandgehalte is van deze kern een komplete korrelgrootte analyse uitgevoerd. Frakties (in µm): 2000 - 1000 - 500 - 400 - 315 - 250 - 200 - 160 - 125 - 100 - 80 - 63 - 32 - 16 - 8 - 4 - 0 (zie Fig. 4).

De bovenste 2 m van deze kern bestaat uit een grijze (5 Y 4 1) zand-slit-klei en siltige klei met een sterk afnemend zandgehalte van onder naar boven. Slechts op 10 cm onder de top neemt het zandgehalte weer iets toe. Van 150 - 200 cm komen enkele 2 - 4 mm dikke zandlenzen voor. Materiaal > 2 mm bestaat uit sporadisch aanwezige Molluskenfragmenten. Het gehalte Foraminiferen bedraagt 7 - 11%. Detritiese pyriet en glaukoniet komt in geringe hoeveelheden voor (3 - 5% van de zandfraktie).

Op 202 cm onder de top loopt een scherp grensvlak. Het volgende gedeelte van 202 - 510 cm bestaat uit geelgrijs (2,5 Y 5/2) fijn zand. In de bovenste 25 cm komen 2 hoekige kleipebbles voor (Ø tot 5 cm). De lengte-as van één van deze pebbles staat vertikaal. Op 225 cm ligt een onduidelijk grensvlak. Het percentage materiaal > 315 µm boven het grensvlak bleek belangrijk groter dan eronder. Op 420 cm ligt een eveneens onduidelijke grens. Het zand hieronder bleek iets grover te zijn dan erboven. Tevens zijn onder het grensvlak onduidelijke sporen van scheve gelaagheid aanwezig.

Resultaat korrelgrootte-analyse van het zandpakket (zie Fig. 6, Tabel VIII)

Uit het zandpakket werden 5 monsters genomen met ± 50 cm tussenruimte, voor een volledige korrelgrootte-analyse. Parameters werden berekend volgens FOLK & WARD (1957).

Monsternr.	Mediaan	St. Dev.	Skewness	Kurtosis
P 77-3-211	2.59	0.525	- 0.151	0.966
Grensvlak				
P 77-3-253	2.66	0.445	- 0.071	0.990
P 77-3-380	2.69	0.412	- 0.032	0.956
Grensvlak				
P 77-3-443	2.53	0.487	+ 0.081	0.893
P 77-3-491	2.50	0.462	+ 0.036	0.956

Mediaan: Op 211 cm is deze iets grover dan in het gedeelte eronder. Dit wordt uitsluitend veroorzaakt door de grovere staart van de korrelgrootteverdeling. Het zand onder het grensvlak op 420 cm onder de top is iets grover dan het zand erboven.
Standaard Deviatie: Monster 211 is matig gesorteerd. De overige monsters blijken een goed sortering te hebben.
Skewness: Monster 211 heeft een aanzienlijk groter percentage van de fraktie > 315 µm dan de overige monsters. Dit resulteert in een grovere staart in de korrelgrootteverdeling. De overige monsters zijn praktisch symmetrisch verdeeld.
Kurtosis: Alle monsters zijn normaal wat betreft kurtosis.
Het grensvlak met het onderste deel van de kern (510 - 585 cm) verloopt onregelmatig en konvex; dit is vermoedelijk door sleuring ontstaan tijdens de monstername. Dit deel bestaat uit een donker geel-grijze (2,5 Y 4/2) pebble houdende zand-silt-klei. Het zandgehalte neemt af van onder naar boven. Bovenin komt een dun zandlensje voor. Materiaal > 2 mm beslaat 1 - 2 %. Forminiferen ontbreken vrijwel, evenals andere biogene komponenten.

Donkergrijze-zwarte sulfidische vlekken komen veelvuldig voor. Het gehalte detritiese pyriet en glaukoniet is gering (2 - 3% van de zandfraktie).

P 77-4 (Fig. 7, Tabel V en XI)

De totale lengte der kern bedraagt 590 cm. Deze bestaat geheel uit een grijze-bruingrijze (2,5 Y 5/1 - 7,5 YR 5/1) pebble houdende siltige klei. Het zandgehalte varieert van 1 - 9%. Op 506 cm onder de top is in een zandlens gemonsterd; hier bedraagt het zandgehalte 34%. Overigens wordt het hoogste zandgehalte in de top aangetroffen (9%). Hier wordt ook de grootste hoeveelheid materiaal > 2 mm gevonden, namelijk 17%. Zandlenzen van enkele mm dikte komen voornamelijk voor in het gedeelte van 300 - 590 cm, waarvan de meeste parallel aan het horizontale vlak verlopen. De grensvlakken op 300 cm en op 430 cm staan schuin hierop.

Materiaal > 2 mm komt in de gehele kern voor. Twee grote pebbles (max. lengte 6-7 cm) komen voor op 100 cm en op 320 cm.

Het percentage detritiese pyriet en glaukoniet is hoog (14 - 27% van de zandfraktie) evenals het mica-gehalte (4 - 19%).

Het gehalte Foraminiferen is gering en maximaal aan de top (5%). Molluskenfragmenten en overige biogene komponenten komen in de hele kern sporadisch voor (< 1%). Donkergrijze-zwarte sulfidische verkleuringen komen veelvuldig voor, vooral van 300 - 590 cm.

P 77-5 (Fig. 8, Tabel VI en XII)

De kern is 582 cm lang en bestaat uit een geelgrijze tot grijze (2,5 Y 5/1 - 10 Y 4/1), deels pebblehoudende siltige klei. Het bovenste monsterpunt is in een zandlens genomen en bevat 27% zand. Overigens varieert het zandgehalte van 1-5%. Enkele zandlenzen van 2-4 mm dikkte komen in de hele kern voor. Deze verlopen alle parallel aan het horizontale vlak.

Materiaal > 2 mm is in het gedeelte 0 - 300 cm aangetroffen. Percentages variëren van 1 - 3%. De maximum lengte van de

pebbles is 2 cm. Het gehalte detritiese pyriet en glaukoniet varieert van 3 - 14%, met een minimum in de sektie tussen 177 en 335 cm. Op 470 cm werd een 2 cm lange dubbelkleppige mossel aangetroffen. Overigens komen Molluskenfragmenten en andere biogene komponenten in de hele kern sporadisch voor. Donker-grijze-zwarte sulfidische vlekken komen voor, in de gehele kern.

Oppervlakte monsters (zie Tabel VII en XIII)

V 75-12

Dit monster bestaat uit zand-silt-klei. Het zandgehalte bedraagt ± 55%. Materiaal > 2 mm komt niet voor.

V 75-13

Dit monster bestaat uit zand. Het zandgehalte bedraagt 96%, 4% materiaal > 2 mm komt voor.

V 76-34

Dit monster bestaat uit zand-silt-klei. Het zandgehalte bedraagt ± 45% + Grover materiaal komt niet voor.

V 76-35

Dit monster bestaat voornamelijk uit zand (± 95%). Grover materiaal komt niet voor.

V 77-1

Dit monster bestaat voornamelijk uit pebblehoudend zand. De zandfraktie bedraagt 95%; ± 1% grover materiaal komt voor.

V 77-2

Dit monster bestaat uit pebblehoudend zand. De zandfraktie bedraagt 95%; ± 1% grover materiaal komt voor.

De samenstelling van de zandfraktie wordt besproken in hoofdstuk II-d-2.

1.d. Horizontale verspreiding van de komponenten (zie Tabel IX t/m XIV)

De oppervlakte sedimenten in het onderzochte gebied zijn van overwegend detritiese aard met een geringe bijmenging van autigeen en biogeen materiaal.

d-1. Detritiese komponenten

Kwarts en Veldspaat

Kwarts en veldspaat zijn tezamen als een groep beschouwd. Geen speciaal onderzoek is verricht naar het relatieve gehalte van kwarts en veldspaat onderling. Uit het onderzoek blijkt, dat de diepte een direkte invloed heeft op het gehalte kwarts en veldspaat van de zandfraktie. De monsters op de ondiepere noordzeebodem bevatten het hoogste gehalte (81-87%). Het gehalte kwarts en veldspaat op de helling tussen ondiepere noordzeebodem en Noorse Geul is het geringst (64-65%).

Het gehalte in de Noorse Geul ligt tussen beide andere milieu's in en varieert van 68-85%.

Donkere mineralen

Wat hier genoemd wordt donkere mineralen zijn voornamelijk mineralen uit de pyroxeen en amfiboolgroep met enige zware mineralen, met uitzondering van pyriet, dat als een aparte komponent is beschouwd.

Röntgenanalyse van een hoeveelheid donkere mineralen toont vooral een hoog gehalte gewone hoornblende aan (S.J. v.d. Gaast, pers. comm.). Sporadisch werd granaat aangetroffen.

Het gehalte variëert van 3 - 21%. Geen relatie is gevonden tussen het voorkomen van donkere mineralen en de lokatie van de monsterpunten.

Gesteente Fragmenten

De meeste gesteentefragmenten in de onderzochte monsterpunten zijn van magmatische of metamorfe herkomst, sedimentaire gesteentefragmenten vormen een zeer gering aandeel of ontbreken geheel. In de Noorse Geul bestaat 1-6% van de zandfraktie uit gesteentefragmenten.

Op de ondiepere Noordzeebodem is het gehalte slechts 1%, terwijl op de helling het gehalte gesteentefragmenten hier tussenin ligt (0-5%).

Glimmer

De meest voorkomende soort is kleurloze glimmer, daarnaast komt een geringe hoeveelheid licht - donker bruine en groene glimmers voor.

Het percentage glimmer in de Noorse Geul is het hoogst. Gehaltes variëren van 2 - 8%.

Op de ondiepere Noordzeebodem is de hoeveelheid glimmer het geringst (1-2%).

Op de helling ligt het percentage glimmer in tussen beide milieu's en bedraagt 2 - 5%.

Glaukoniet

Detritiese glaukoniet komt in geringe hoeveelheden in het hele gebied voor, als donkergroene bolvormige korrels met gebarsten randen op het oppervlak.

De hoogste percentages worden in de Noorse Geul aangetroffen (5%), terwijl het gehalte op de ondiepere Noorzeebodem maximaal 4% bedraagt en op de helling maximaal 2% van de zandfraktie uit detritiese glaukoniet bestaat.

Pyriet

Detritiese pyriet komt sporadisch voor in de Noorse Geul, als helder goudgele, goed ontwikkelde kristallen van 50 - 150 µm Ø. Buiten de Noorse Geul is dit mineraal niet aangetroffen.

Kwartskorrels met Ijzerhuidjes

Het percentage kwartskorrels met ijzerhuidjes is het hoogst op de ondiepere Noordzeebodem (3-60% van de zandfraktie). De ijzerhuid is hier ook het minst aangetast.

In de Noorse Geul is het gehalte het geringst (1-3%). De ijzerhuid wordt hier slechts in depressies op de korrels waargenomen. De helling neemt een intermediaire plaats in. Percentages variëren hier van 3 - 29%.

d-2. Autigene Komponenten

Glaukoniet

Autigene glaukoniet komt sporadisch voor als holteopvulling in Foraminiferen en andere organismen. De kleur is over het algemeen iets lichter groen dan van de detritiese glaukoniet.

De broosheid van de organismen waarin glaukoniet voorkomt tesamen met hun gaafheid duiden op een autigene genese van de glaukoniet. De hoeveelheden autigene glaukoniet zijn in het gehele gebied dermate gering, dat het voorkomen ervan niet in relatie kan worden gebracht met de lokatie van de monsterpunten.

Pyriet

De meest voorkomende soort zijn aaneengekitte roodbruine bolletjes, waarvan RØ-analyse heeft aangetoond dat het hier Pyriet betreft (S.J. v.d. Gaast, pers. Comm.). De grootte van deze

aggregaten die in de litteratuur als pyriet framboiden worden aangeduid (zie o.a. RICHARD, (1970)) en SWEENEY & KAPLAN (1973), varieert van 100-500 µm. Sommige korrels lijken opvullingen van inwendige holtes van Foraminiferen.

Tevens zijn sporadisch roodzwarte gepyritiseerde, faecal pellets en graafgangen aangetroffen.

De hoogste percentage worden in de Noorse Geul gevonden (1-2%). Op de helling en op de ondiepere Noordzeebodem komt het mineraal nauwelijks voor (< 1%).

d-3. Biogene komponenten

Foraminiferen

Wat hier onder Foraminiferen s.l. wordt verstaan zijn voor het grootste deel benthonische soorten. Pelagische vormen zijn niet of nauwelijks aangetroffen in de onderzochte monsters. In het beperkte kader van deze studie is het niet mogelijk de benthonische soorten nader onder te verdelen, teneinde meer inzicht te verkrijgen in ouderdom en klimaatsomstandigheden. Volstaan moet worden deze groep als een geheel te behandelen.

Een kort onderzoek van de top monsters van P77-4 en P77-5 toonde een veelvuldig voorkomen aan van Nonion Labradoricum en Islandia Norcrossi.

In de Noorse Geul bestaat 3-10% van de zandfraktie uit Foraminiferen. Het hoogste percentage wordt op de helling gevonden (13-23%), terwijl op de ondiepere Noordzeebodem zeer weinig Foraminiferen voorkomen (2-5%).

Opvallend is, dat in alle bathymetrische milieu's het hoogste gehalte Foraminiferen wordt aangetroffen in de meest noordelijk gelegen monsterpunten. (zie Tabel XIV).

Mollusken en overige Biogene komponenten

Molluskenfragmenten vormen het grootste deel van deze restgroep. Ondergeschikt is het voorkomen van sponsnaalden, Ostracoden, Zeeëgelstekels en Bryozoen.

Op één monster na (P 77-1), waar deze groep 3% van de zandfraktie beslaat, komt deze komponent slechts sporadisch voor in het betrokken gebied.

Hout en Plantenmateriaal

Deze komponent is uitsluitend in de Noorse Geul aanwezig en is noch op de helling, noch op de ondiepere Noordzeebodem aangetroffen. Het gehalte bedraagt maximaal 1 % van de zandfraktie.

II-2. SEM-analyse

a. Inleiding

De studie van oppervlaktekenmerken van kwartskorrels, door Cailleux (1942) morfoskopie genoemd, heeft zich - met de ontwikkeling van de Scanning Elektronen Mikroskoop - ontwikkeld tot een belangrijke methode in het onderzoek naar genese, transportmechanismen en afzettingsomstandigheden, van o.a. zandige sedimenten.

Diagnostische kenmerken voor diverse milieu's zijn duidelijk bepaald, o.a. voor het eolisch, littoraal en glaciale milieu (KRINSLEY & TAKAHASHI, 1962a, b, c; KRINSLEY & DONAHUE, 1968; KRINSLEY & MARGOLIS, 1969), terwijl meer recent kustduinzanden en periglaciale duinzanden doeltreffend konden worden gekarakteriseerd (MARGOLIS & KRINSLEY, 1971) en een nadere differentiatie van glaciale milieu's mogelijk is geworden WHALLEY & KRINSLEY, 1974).

II-2b. Methode

De analytische technieken om diverse milieu's te differentiëren zijn uitgebreid beschreven (o.a. KRINSLEY & NEWMAN, 1965; KRINSLEY & MARGOLIS, 1969), zodat hier kan worden volstaan met een kort overzicht van de kriteria gebruikt voor differentiatie van de milieu's zoals die in deze studie voorkomen.

Glaciale abrasie wordt aangetoond door schelpvormige breukpatronen met een grote variatie in afmetingen (0,5 - 500 µm), een onregelmatige hoekige vorm van de korrels en een zeer hoog reliëf, parallelle treden en striaties, boogvormige treden en onregelmatige afgebroken blokken (zie Platen 8 t/m 13).

Geen van deze kriteria afzonderlijk wordt voldoende geacht om glaciale abrasie te karakteriseren; een kombinatie van minimaal vier van deze kriteria is vereist.

Het littorale milieu wordt gekarakteriseerd door korrels met een meestal glad oppervlak, waarop V-vormige inkepingen van 0,5 - 2 µm grootte, rechte of gebogen groeven van 1 - 15 µm lengte, vaak met assecorische V's hieraan verbonden en boogvormige barsten van 25 - 100 µm lengte, vaak met enigszins afgeronde begrenzingen, voorkomen.

Deze kenmerken komen vooral voor op de korrelranden, maar kunnen ook het gehele oppervlak bedekken (zie Platen 14 t/m 19).

Kenmerken van chemische precipitatie en neerslag, zoals V-vormige etsfiguren en miniskule silikaatkristallen, worden vaak aangetroffen in depressies van het korreloppervlak, die door hun ligging beschut zijn tegen mechanische abrasie (zie Platen 3 t/m 7). Eolische abrasie wordt gekarakteriseerd door het voorkomen van opstaande platen van geringe hoogte (max. 5 µm). Deze meestal parallel verlopende platen kunnen over grote lengte ononderbroken doorlopen, maar kunnen eveneens gebroken

en diskontinu zijn. In het periglaciale eolische milieu hebben deze platen scherpe randen. Hier worden zij echter niet in die frekwentie aangetroffen als het geval is in een aride woestijn milieu.

Kenmerkend voor het periglaciale kunstduinenmilieu is het onregelmatige grove oppervlak, waarop veelsoortige abrasiekenmerken aanwezig zijn zoals V-vormige afschilferingen en sikkelvormige inkepingen. Deze kenmerken bezitten scherpe en heldere kontouren zonder het minste spoor van polijsting (zie Platen 20 t/m 29).

Voor deze studie kon gebruik gemaakt worden van de Cambridge Stereoscan van het Lab. v. Elektronenmikroskopie van de Universiteit van Amsterdan.

In het verband met het tijdrovende karakter van dit soort onderzoek werd per monster volstaan met het bestuderen van ± 15 korrels. Uit voorgaande studies (o.a. KRINSLEY, BISCAYE & TUREKIAN, 1973) is echter gebleken, dat dit aantal voldoende statistische signifikantie bezit ter kwalifikatie van een sediment. Waar in Tabel I minder korrels vermeld worden bleek na afdruk van de Platen een aantal korrels ongeschikt voor bestudering doordat bijvoorbeeld een groot deel van het korreloppervlak bedekt was met een ijzerhuidje of dat zodanige chemische verwering had plaats gevonden dat een analyse van de mechanische verweringspatronen onmogelijk bleek.

De korrels zijn alle genomen uit de fraktie 200 - 400 µm teneinde de resultaten rechtstreeks vergelijkbaar te maken. Hoeveel de mediaan van vrijwel alle monsters kleiner is dan 200 µm moest deze relatief grove fraktie worden gebruikt, daar korrels < 200 µm geacht worden voornamelijk in suspensie getransporteerd te worden, waarbij specifieke kenmerken niet of in veel mindere mate optreden (KRINSLEY & DOORNKAMP, 1973).

Voor het verwijderen van organisch materiaal en kalkaanslag behandelt men de korrels met H_2O_2 en kookt men ze gedurende 20 min. in 0,1 N HCl. Voor het verwijderen van ijzeraanslag kan men de korrels koken in een Tinchloride-oplossing, of in Na-dithioniet. Na grondig wassen in gedistilleerd water worden de monsters gedroogd en met behulp van een binoculair worden aselekt ± 15 korrels genomen en geplaatst op metalen objekttafeltjes behorende bij het gebruikte type SEM.

Men kan de objekttafels bedekken met een dun laagje zilverlijm, waar de kwartskorrels op vastgezet worden of gebruik maken van dubbelzijdig plakkend band. Men dient dan de buitenrand van de objekttafels vrij te laten zodat men ter betere geleiding hier met zilverlijm kontakt kan maken tussen het oppervlak van het plakband en de objekttafel.

De methode van het plakband bleek betere resultaten te gegeven, zodat deze na een testperiode steeds gebruikt is.

Hierna wordt de bovenzijde van de objekttafels egaal bedekt met een dunne goudfilm (400 - 1000 Å dikte). Hiertoe worden de objekttafels geplaatst in een SEM Coating Unit (Polaron Equipment E 5000) en gedurende 4 minuten onder 1,2 kV en 40 mA "besputterd".

Hierna zijn de objekttafels gereed voor plaatsing in de SEM. Inklusief een instruktie- en inwerkperiode werd in totaal ± 45 uren gewerkt met de SEM. In deze periode zijn ± 150 korrels bestudeerd en zijn de verschillende kenmerken gefotografeerd met vergrotingen van 200 - 10.000 maal. De honderden foto's, die op deze manier tot stand kwamen, werden alle nauwkeurig bestudeerd en geanalyseerd. Van elke korrel werd de geologische geschiedenis genoteerd.

Zoals blijkt uit Tabel I is het mogelijk drie hoofdtypen kwartskorrels te onderscheiden:

Glaciale Kwartskorrels

Deze korrels vertonen uitsluitend glaciale en glaciomariene kenmerken. Kenmerkend voor glaciomariene kenmerken bij deze korrels is, dat het littorale stadium slechts van korte duur is geweest. Deze korrels zijn meestal slecht tot matig afgerond, tenzij er sprake is van remaniering van in een eerdere cyclus goed afgeronde korrels.

Ingespoelde kwartskorrels

Deze korrels kunnen glaciale, glaciomariene, eolische en littorale kenmerken vertonen. Typerend voor deze groep is, dat het laatste stadium een littoraal milieu vertegenwoordigt, waar de korrels langere tijd in vertoefd moeten hebben.

Ingewaaide kwartskorrels

Deze korrels kunnen glaciale, glaciomariene en littorale kenmerken vertonen, maar typerend is, dat het definitieve stadium een eolisch milieu vertegenwoordigt, waar de korrels langere tijd in vertoefd moeten hebben. Een gering aantal littorale kenmerken kan hierop gesuperponeerd zijn.

Afgezien van deze kenmerken vertonen veel korrels kenmerken veroorzaakt door oplossing of afzetting van silikaat. Dit wordt toegeschreven aan de concentratie van silikaat in de intergranulaire vloeistof (MACKENZIE & GEES, 1971; PARAGUASSU, 1972; RIEZEBOS, 1974), terwijl korrels die hierdoor worden aangetast, gedurende deze periode weinig of geen mechanische abrasie ondergaan.

Tabel I

Resultaat SEM-analyse (zie Figuur 9.)

Monster nr.	Oppervlaktekenmerken	Belangrijkste laatste stadium
P 77-1-2	4 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken, gesuperponeerd op glaciale breukpatronen. Bij 3 van deze korrels zijn de glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 2 Korrels vertonen uitsluitend glaciale kenmerken. 7 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium, gesuperponeerd op glaciale, mariene en/of eolische kenmerken. 1 Korrel vertoont kenmerken van langdurige eolische aktie gesuperponeerd op glaciomariene, eolische en/of mariene kenmerken.	6 k. glaciaal en/of gl.m 7 k. littoraal 1 k. eolisch 14 korrels
P 77-1-565	3 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken, gesuperponeerd op glaciale kenmerken. Bij 1 korrel zijn deze glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 3 Korrels vertonen uitsluitend glaciale kenmerken. 2 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciomariene, mariene en/of eolische kenmerken. 6 Korrels vertonen kenmerken van langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene, eolische en/of mariene kenmerken.	6 k. glaciaal of gl. marien 2 k. littoraal 6 k. eolisch 14 korrels
P 77-3-98	1 Korrel vertoont een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale kenmerken, die gesuperponeerd zijn op eolische en mariene kenmerken. 1 Korrel vertoont uitsluitend glaciale kenmerken. 11 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium, gesuperponeerd op glaciomariene, mariene en/of eolische kenmerken.	2 k. glaciaal of gl. marien 11 k. littoraal 13 korrels
P 77-3-211	1 Korrel vertoont een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breukvormen. 14 Korrels vertonen kenmerken van belangrijk eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene, eolische en/of mariene kenmerken.	1 k. gl.marien 14 k. eolisch 15 korrels

Tabel I (Vervolg)

Resultaat SEM-analyse (zie Figuur 9.)

Monster nr.	Oppervlaktekenmerken	Belangrijkste laatste stadium
P 77-3-573	4 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken, gesuperponeerd op glaciale breukpatronen. Bij 1 korrel zijn deze glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 3 Korrels vertonen uitsluitend glaciale kenmerken. Bij 2 korrels zijn uitsluitend glaciale breukvormen gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 5 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciomariene, mariene en/of eolische kenmerken. 1 Korrel vertoont kenmerken van een langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene kenmerken.	9 k. glaciaal of gl. marien 5 k. littoraal 1 k. eolisch 15 korrels
P 77-4-24	1 Korrel vertoont een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breuken. 1 Korrel vertoont uitsluitend glaciale kenmerken. 11 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciomariene, mariene en/of eolische kenmerken. 2 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig eolisch transport gesuperponeerd op eolische en/of mariene kenmerken.	2 k. Glaciaal of gl. marien 11 k. littoraal 2 k. eolisch 15 korrels
P 77-4-579	3 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breukpatronen. Bij 1 korrel zijn deze glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 1 Korrel vertoont kenmerken van langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciomariene en eolische kenmerken. 9 Korrels vertonen kenmerken van langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene, eolische en/of mariene kenmerken.	3 k. gl. marien 1 k. littoraal 9 k. eolisch 13 korrels
P 77-5-26	5 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breukpatronen. Bij 2 van deze korrels zijn deze glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 1 Korrel vertoont uitsluitend glaciale kenmerken. 6 Korrels vertonen kenmerken van langdurig littoraal stadium gesuper-	6 k. glaciaal of gl. marien 6 k. littoraal 3 k. eolisch 15 korrels

Tabel I (Vervolg)

Resultaat SEM-analyse (zie Figuur 9.)

Monster nr.	Oppervlaktekenmerken	Belangrijkste laatste stadium
	poneerd op glaciomariene, mariene en/of eolische kenmerken. 3 Korrels vertonen kenmerken van langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene of eolische en mariene kenmerken.	
P 77-5-572	5 Korrels vertonen een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breukpatronen. Bij 2 korrels zijn deze glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 1 Korrel vertoont uitsluitend glaciale kenmerken. 1 Korrel vertoont uitsluitend glaciale kenmerken gesuperponeerd op eolische en mariene kenmerken. 2 Korrels vertonen kenmerken van een langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciale en glaciomariene en eolische kenmerken. 1 Korrel vertoont uitsluitend littorale kenmerken. 5 Korrels vertonen kenmerken van langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene, eolische en/of mariene kenmerken. 1 van deze korrels vertoont kenmerken van een kortstondig littoraal stadium na het laatste eolische stadium.	7 k. glaciaal of gl.marien 3 k. littoraal 5 k. eolisch 15 korrels
V 75-13	1 Korrel vertoont een gering aantal littorale kenmerken gesuperponeerd op glaciale breuken. 6 Korrels vertonen kenmerken van langdurig littoraal stadium gesuperponeerd op glaciomariene, marien en/of eolische kenmerken. 4 Korrels vertonen kenmerken van langdurig eolisch transport gesuperponeerd op glaciomariene of Mariene kenmerken.	1 k. gl. marien 6 k. littoraal 4 k. eolisch 11 korrels

Het verband tussen deze processen en de diagenese van mariene zanden is tot op heden niet bevredigend onderzocht. Hierdoor is het op dit moment nog niet mogelijk konklusies te trekken uit deze verschijnselen.

III. DISKUSSIE

Samenvoeging van de resultaten van het analytische onderzoek met akoestische profielen, die tijdens de monstername gemaakt zijn, toont aan, dat de top van P 77-1 en de top van P 77-3 uit (E1) materiaal bestaat. De basis wordt gevormd door (E2) materiaal. P 77-4 en P 77-5 bestaan volledig uit E2 materiaal. De Foraminiferen uit de top van P 77-4 en P 77-5 bestaan vooral uit "koude" soorten, zoals Nonion Labradoricum en Islandia Norcrossi. Warmere Holocene-Recente soorten als de elders frekwent voorkomende Bulimina Marginata ontbreken.

De in deze studie toegepaste analyses tonen vooral graduele overgangen aan tussen de glaciale afzettingen van Laat-Weichselian - Vroeg-Holocene ouderdom (E2) en de daarop afgezette (sub-)recente siltige kleien (E1). Slechts het voorkomen van terrigeen materiaal > 2 mm is geheel voorbehouden aan E2.

Dit is in overeenstemming met wat HOLTEDAHL e.a. (HOLTEDAHL, H. & BJERKLI, K., 1975; HOLTEDAHL et al, 1974 & HALDORSON, 1974) vinden ten noorden van het in deze studie onderzochte gebied. Het zandgehalte in E2 zowel als in E1 sediment lijkt gebonden aan lokale variaties. Zo kan bijvoorbeeld het relatief hoge zandgehalte in P 77-1, behalve door een iets ondiepere ligging, ook beïnvloed zijn door de ligging vlak ten zuiden van een zandige lob, die voor de kust van Egersund in zee steekt, waarbij het sedimenttransport tegen de overheersende noord-

waarts gerichte oppervlaktestroming in veroorzaakt kan zijn door de door de Noorse Geul zuidwaarts stromende Atlantische tegenstroom.

De glaciale oorsprong van deze ondiepte is waarschijnlijk ook debet aan het hoge gehalte glaciale zandkorrels, dat in P 77-1 is aangetroffen (zie Fig. 3). Metingen van karbonaatgehaltes en korrelgrootteverdelingen in en om de Noorse Geul door Van Weering (voordracht NIOZ en pers. comm.) geven aanleiding tot aanname van materiaaltransport via de westrand langs de bodem van de Noorse Geul in zuidwaartse richting, terwijl in het onderzochte gebied over de westelijke helling van de Noorse Geul Atlantisch bodemwater naar het oosten de diepere delen van de Noorse Geul binnenstroomt.

Dit is in overeenstemming met recente stroommetingen en oceanografische waarnemingen door FURNES & SAELEN (1977).

Ook het effekt van omwerking van bodemmateriaal tengevolge van stormgolven, die op een diepte van 18-20 m de bovenste 2 m van het sediment kunnen verplaatsen (TERWINDT, 1971; Mc CAVE, 1971) en in de gehele zuidelijke Noordzee zandtransport over de zeebodem mogelijk maken (DRAPER, 1967), kan doordat de richting van de nettogetijdestroming, die in de Noordzee antiklokswijs verloopt, invloed hebben op de sedimentatie van fijn zand en silt in de Noorse Geul en mogelijkerwijs ook in de noordelijke Noordzee.

Het toenemende zandgehalte in de top van P 77-4 en P 77-5 en het ontbreken van E1 sediment ter plaatse kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan uitspoeling van fijn materiaal, tesamen met nondepositie in het huidige regiem.

Uit het resultaat van de SEM-analyse blijkt, dat E2 sediment voornamelijk afkomstig is uit glaciale afzettingen, waarschijnlijk van de nabijgelegen dagzoom daarvan op de Noordzee-

bodem. Een aanrijking met ingeblazen materiaal is vooral belangrijk in het onderste deel van E2, terwijl aanrijking door ingespoeld materiaal belangrijk is in het bovenste deel van E2 en in E1. Hierdoor lijkt het waarschijnlijk, dat E2, in ieder geval ten dele, kontemporair is afgezet met de post-glaciale overspoeling van het Noordzeebekken, dus gedurende het Laat-Weichselian, waarbij de ZW kustlijn zich gedurende E2 sedimentatie van de Noorse Geul verwijdert in ZZW richting. Dit wordt ondersteund door de resultaten van het onderzoek van Kwartaire sedimentatie door VAN WEERING et al., 1973; VAN WEERING, 1975 & JANSEN et al., (1978 in press).

Het hoge gehalte ingewaaide korrels in de middensektie van P 77-3 tesamen met de goede sortering van het zand, maken het waarschijnlijk, dat dit materiaal is geremanieerd vanuit een eolische zandafzetting. Littorale (SEM) kenmerken ontbreken veelal op deze korrels. Hieruit volgt, dat de transportafstand slechts kort kan zijn geweest, zodat een plaatselijk voorkomen van zanden die wellicht vergelijkbaar zijn met de eolische dekzanden in de zuidelijke Noordzee (OELE, 1971) ook voor het noordelijke gedeelte niet uitgesloten kan worden. De hoekige kleipebbles in de top van dit zandpakket zijn vermoedelijk in bevroren toestand vervoerd en na afzetting niet meer geërodeerd, zodat transport onder invloed van ice-rafting voor de hand ligt.

De variatie in dikte en samenstelling van E1 sediment, mede in verband met wat HOLTEDAHL, H. & BJERKLI, K., (1975) & HOLTEDAHL et al., (1974) ten noorden van het onderzochte gebied vinden, duidt op een afzettingsmechanisme dat mede beïnvloed wordt door de verschillen in diepte binnen het Noorse Geulgebied. Het idee, dat E1 sedimenten zijn afgezet vanuit suspensie - mogelijk geworden doordat het stijgende zeeniveau resulteerde in grotere waterdieptes en verminderde turbulentie

en stroomsnelheden langs de bodem (VAN WEERING et al., (1973) - lijkt enige aanvulling te behoeven. Met name nader onderzoek naar de invloed van door de Noorse Geul zuidwaarts stromend Atlantisch bodemwater en de invloed van stormgolven lijkt gewenst.

Samenvattend kan gesteld worden, dat E2 en E1 sedimenten verschillen op de volgende punten:

1. E2 bevat gravel en pebbles;
2. het zandgehalte in E1 varieert in vertikale richting; in E2 is er per kern nauwelijks variatie;
3. meer en andere Foraminiferen in E1;
4. meer Pyriet en Glaukoniet in E2, afnemend naar de top;
5. meer hout- en ander Plantaardig materiaal in E2;
6. Meer sulfidische zwarte vlekken in E2, afnemend naar de top;
7. meer glaciale en "ingewaaide" kwartskorrels in E2, afnemend naar de top;
8. minder "ingespoelde" kwartskorrels in E2, toenemend naar de top.

Het hoge gehalte autigene pyriet in E2 sedimenten kan wellicht verklaard worden doordat tijdens post-glaciale overspoeling van de Noordzee grote hoeveelheden glaciale sedimenten met grote hoeveelheden organisch materiaal werden geërodeerd, hetgeen resulteerde in lokaal zeer hoge sedimentatiesnelheden, waarbij het nieuw gevormde (E2) sediment zo snel werd begraven, dat anaërobe omstandigheden in het sediment hiervan het gevolg waren. De afname van het gehalte autigene pyriet in de top van E2 is een logisch gevolg van een dergelijke genese. Evenzo kan het voorkomen van de sulfidische zwarting in E2 sedimenten verklaard worden.

Ten aanzien van het ontstaan van pyriet framboiden bestaat geen consensus van opinie. LOVE (1967) neemt een ontstaan aan vanuit colloidale sulfidische gelbolletjes. RICHARD (1970) kwam tot de konklusie, dat de bolvorm overgeërfd was door vervanging of opvulling van organische pellets. BERNER (1970) & SWEENEY & KAPLAN (1973) stelden een ontwikkeling voor van pyriet via een monosulfidisch stadium in een milieu met overmaat aan zwavel. ELVERHOEI (1977) neemt aan, dat de framboide struktuur het resultaat is van pyrietkristallisatie, onafhankelijk van pré-existente materialen en konkludeert dat de vorming een recent process is.

Hoewel de oppervlaktesedimenten in het onderzochte gebied uit twee verschillende sedimentaire eenheden bestaan en dus niet zonder meer vergelijkbaar zijn, kunnen hierover toch enige opmerkingen gemaakt worden. Het gehele gebied is beïnvloed door de uitbreiding van het Landijs in het Weichselian (MADSEN, 1928; PRATJE, 1951; VALENTIN, 1957; ANDERSEN, 1965; VEENSTRA, 1965, 1970; VAN WEERING, 1975; JANSEN, 1976, 1978). Als gevolg van de diepteverschillen is de invloed hiervan op de huidige oppervlakte-sedimenten echter in verschillende mate merkbaar. In de Noorse Geul, waar de grootste dieptes worden gemeten, is de invloed van de glaciatie nog het best overgebleven, met name in de relatief hoge gehalten aan donkere mineralen en gesteentefragmenten (die waarschijnlijk afkomstig zijn van het Skandinavische vasteland). Dit is in overeenstemming met de resultaten van het onderzoek van BAAK (1936) naar de petrologie van Noordzeezand, waarin hij de Skandinavische provincie karakteriseert met het voorkomen van voornamelijk granaat, epidoot en hoornblende, evenals in de hoeveelheid houtresten en ander plantaardig materiaal. Op de helling en op het platform heeft een betere her-omwerking van het materiaal plaatsgevonden, onder

invloed van grotere stroomsnelheden en turbulentie door golfwerking, hetgeen ook tot uiting komt in het gehalte aan plaatvormige mineralen, die indikatief worden geacht voor de mate van turbulentie in het afzettingsmilieu (LIEBLING & SCHERP, 1976).

Een opvallend verschijnsel is het hoge gehalte aan Benthonische Foraminiferen op de helling, terwijl in alle milieu's de hoogste percentages Foraminiferen in de meest noordelijke monsterpunten worden aangetroffen. In een dwars over de Noorse Geul verlopende sektie voor de zuidkust van Noorwegen vindt KIHLE (1971) eveneens de hoogste gehalten aan Benthonische Foraminiferen op de helling, met een afname naar de ondiepere Noordzeebodem en eveneens naar de diepere delen van de Noorse Geul. Volgens MOORE (1954), LANKFORD (1959) & KIHLE (1971) wordt het verschillende gehalte aan Benthonische Foraminiferen behalve door verschillen in produktie mede bepaald door de sedimentatiesnelheid en de textuur van het sediment. Geringe hoeveelheden Benthonische Foraminiferen zijn volgens hen te wijten aan hoge sedimentatiesnelheden en een fijnkorrelig sediment en grote hoeveelheden logischerwijs aan lage sedimentatiesnelheden en een grover sediment. Abrasie en oplossing van de skeletten spelen eveneens een rol, evenals de mate waarin het sediment aan omwerking onderhevig is.

PARKER (1948) vindt dat bodemstromen een belangrijke rol spelen in de dichtheid van foraminiferen in het sediment buiten de banken voor de noordoostkust van de USA.

Ten aanzien van het door mij onderzochte gebied lijken deze kriteria niet weersproken te worden (zie ook Tabel IV) met de restriktie dat over de sedimentatiesnelheden in de diverse milieu's onvoldoende gegevens bestaan.

Ten aanzien van de primaire doelstelling van het onderzoek kan samenvattend gesteld worden, dat de ongetwijfeld aanwezige windinvloed op de, na terugtrekking van de ijskap, drooggevallen Noordzeebodem, tijdens en na het Weichselien duidelijk wordt gerepresenteerd in de genomen monsters, waarbij eveneens de afname van de windinvloed met de toenemende stijging van de zeespiegel zijn weerklank vindt in de afname van het gehalte ingeblazen korrels.

De methode van kwalitatief onderzoek met de SEM is gebleken effektief te zijn, waarbij ook geringe plaatselijke verschillen, zoals de ligging van P 77-1 tot uiting komen in het resultaat. Het onderzoek is gebleken niet geschikt te zijn voor een meer kwantitatieve aanpak, voornamelijk als gevolg van het ontbreken van goede en voldoende referenties van andere onderzoekingen. Het zou daarom aanbeveling verdienen een dergelijk onderzoek uit te breiden over een groter gebied, waarbij ook analyses gemaakt zouden moeten worden van afzettingen waarvan de geschiedenis reeds goed bekend is.

IV. LITERATUUR

ANDERSEN, B.G., 1965. The Quarternary of Norway. In: K. Rankama. The Quarternary Intersc. Publ., New York: 91-138.

BAAK, J.A., 1936. Regional petrology of the southern North Sea. Veenman en Zn. Wageningen, Netherlands.

BERNER, R.A., 1970. Sedimentary pyrite formation, Am. J. Sci. 268, 1-23.

CAILLEUX, A., 1942. Les actions éoliennes periglaciaires en Europe. Mém. Soc. Géol. F.t. XXI fasc. 1-2, 1-176.

CLARKE, R.H., 1973. Cainozoic subsidence in the North Sea. Earth planet. Sci. Lett. 18: 329-332.

DRAPER, L., 1967. Wave activity at the sea bed around North Western Europe; Mar. Geol. 5, 2, 133-140.

ELVERHOEI, A., 1977. Original of framboidal pyrite in clayey Holocene sediments and in Jurassic black shale in the North Western part of the Barents Sea; Sedimentology, 24, 591-595.

FLINN, D., 1973. The topography of the seafloor around Orkney and Shetland and in the northern North Sea. J. geol. Soc. 129, 1, 39-59.

FLODÉN, T. & M.A. SELLEVOL, 1972. Two seismic profiles across the Norwegian Channel west of Bergen. Stockholm Contr. Geol. 24(2): 25-32.

FOLK, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks: Austin, TX, Hemphills Book Store, 170 p.

FOLK, R.L. & W.C. WARD, 1957. Brazos River bar; a study in the significance of grain size parameters. J. Sed. Petr. 27, (1), 3-26.

FURNES, G.K. & O.H. SAELEN, 1977. Currents and hydrography in the Norwegian Coastal Currents off Utsira during JONSDAP - 76. Report 2/77, contribution 4 to JONSDAP - 76. The Norwegian Coastal Project.

HALDORSEN, S., 1974. Four sediment cores from the Continental Shelf outside Trøndelag. Norg. Geol. Unders., 304, 21-31.

HOLTEDAHL, O., 1929. On the geology and physiography of some Antarctic and sub- Antarctic islands. With notes on the character of fjords and strandflats of some northern lands. Scientific Results Norwegian Antarctic Exped. 3: 1-172.

———, 1956. Junge Blockverschiebungstektonik in der Randgebieten Norwegens. Geotektonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille, Stuttgart, p. 55-63.

———, 1964. Echo soundings in the Skagerrak. Norg. geol. Unders. 223. p. 139-160.

HOLTEDAHL, H. & K. BJERKLI, 1975. Pleistocene and recent sediments of the Norwegian Continental Shelf (62^{o}N - 71^{o}N) and Norwegian Channel Area. Norg. geol. Unders. 316: 241-252.

———, HALDORSEN, S. & I. VIGRAN, 1974. A study of two sediment cores from the Norwegian continental shelf between Haltenbanken and Frøyabanken (64^{o}06'N, 7^{o}38'E). Norg. geol. Unders. 304: 1-20.

IMAIZUMI, Y., 1967. Revised Standard Soil Charts. Japan 22, 11, 1967.

JANSEN, J.H.F., 1976. Late pleistocene and Holocene history of the northern North Sea, based on acoustic reflection records. Neth. J. Sea Res. 10, 1, 1-43.

———, 1978. Late Pleistocene and Holocene deposits in the Witch and Fladen Ground area, northern North Sea. In Press.

JANSEN, J.H.F., Tj.C.E. van WEERING & D. EISMA, 1977. Late Quarternary sedimentation in the North Sea; in: Oele, E., Schüttenhelm, R.T.E.

and Wiggers, A.J. (ed.). The Quarternary History of the North Sea. In Press.

KIHLE, R., 1971. Foraminifera in five sediment cores in a profile across the Norwegian Channel South of Mandal; Norsk Geol. Tidsskr. 51. 261-286.

KRINSLEY, D.H., P.E. BISCAYE & K.K. TUREKIAN, 1973. Argentine basin sediment sources as indicated by quartz surface textures. J. Sed. Petr. 43, (1), 251-257.

KRINSLEY, D.H. & I. DONAHUE, 1968. Environmental interpretation of sand grain surface textures by electron microscopy. Bull. geol. Soc. Am., 79, 743-748.

KRINSLEY, D.H. & I.C. DOORNKAMP, 1973. Atlas of quartz sand surface textures. Cambridge Univ. Press., 91 p.

KRINSLEY, D.H. & S. MARGOLIS, 1969. A study of quartz grain surface textures with the SEM. New York; Acad. Sci. Trans. 11, 31, 457-477.

KRINSLEY, D.H. & W.S. NEWMAN, 1965. Pleistocene glaciation: a criterion for recognition of its onset. Science, 149, 442-443.

KRINSLEY, D.H. & T. TAKAHASHI, 1962a. Surface textures of sand grains: an application of electron microscopy. Science 135, 923-925.

———, 1962b. Surface textures of sand grains - an application of electron microscopy: Glaciation. Science, 138, 1262-1264.

———, 1962c. Applications of electron microscopy in geology. Trans. New York Acad. Sci., 25, 3-22.

KUENEN, P.H., 1950. Marine Geology. New York: John Wiley and Sons. 458 p.

LANKFORD, R.R., 1959. Distribution and ecology of Foraminifera from East Mississippi Delta Margin; Bull. Am. Ass. Petr. Geol. 43, no. 9.

LIEBLING, R.S. & H.S. SCHERP, 1976. Chlorite and Mica as indicators of depositional environment and provenance; Geol. Soc. Am. Bull. 87, 513-514.

LOVE, L.G., 1967. Sulphides of metals in recent sediments. Sedimentary ores: ancient and modern; Proc. 15th Inter-Univ. Geol. Congr.

MACKENZIE, F.T. & R. GEES, 1971. Quartz: Synthesis at earth surface conditions. Science, 173, 533-535.

MADSEN, V., 1928. Summary of the geology of Denmark. Danm. geol. Unders. Raekke 5, Nr. 4: 14.47.

MARGOLIS, S. & D.H. KRINSLEY, 1971. Submicroscopic frosting on eolian and subaqueous quartz grains. Bull. Geol. Soc. Am. 82, 3395-3406.

Mc CAVE, I.N., 1971. Sand waves in the North Sea off the coast of Holland; Mar Geol. 10, 3, 199-225.

Mc CAVE, I.N., 1973. Mud in the North Sea. In: North Sea Science. E.D. Goldberg (ed) M.I.T. Press, Cambridge, Mass.

MOORE, D.G., 1954. Rates of deposition as indicated by Foraminifera abundance; Am. Petr. Inst. Proj. 51, Rept. XIV, Inst. Mar. Research, Univ. Calif. Ref. 54-1.

OELE, E., 1971a. Late Quarternary geology of the North Sea south-east of the Dogger Bank. Inst. Geol. Sci., Rep. No. 70/15, 25-34.

———, 1971b. The Quarternary geology of the southern area of the Dutch part of the North Sea. Geol. Mijnbouw 50, 3, 461-474.

PARAQUASSU, A.B., 1972. Experimental silification of Sandstone. Geol. Soc. Am. Bull., 83, 2853-2858.

PARKER, F.L., 1948. Foraminifera of the continental shelf from the Gulf of Maine to Maryland; Bull. Mus. Comp. Zool. 100, no. 2. Cambridge, Mass.

PLAS, L. v.d. & A.C. Tobi, 1965. A chart for judging the reliability of the point counting results. Am. J. Sci., 263, 87-90.

PRATJE, O., 1951. Die Deutung der Steingrunde in der Nordsee als Endmoränen. Dt. hydrogr. Z. 4, 106-114.

RICKARD, D.T., 1970. The origin of framboids; Lithos, 3, 269-293.

RIEZEBOS, P.A., 1974. SEM observations on weekly cemented miocene sands; Geol. en Mijnb. 53 (4), 109-122.

RONNEVIK, H., E.I. BERGSAGER, A. MOE, V. OVREBØ, T. NAVRESTAD, & Y. STANGENES, 1975. The geology of the Norwegian Continental Shelf. In: Woodland, A.D. (ed). Petroleum and the Continental Shelf of North-West Europe. Vol. 1: Geology. Appl. Sci. Publ. England: 117-129.

SELLEVOL, M.A. & I. AALSTAD, 1971. Magnetic measurements and seismic profiling in the Skagerrak. Mar. geophys. Res. 1, 284-302.

SELLEVOL, M.A. & E. SUNDVOR, 1974. The origin of the Norwegian Channel. A discussion based on seismic measurements. Can. J. Earth Sci., 11, 224-231.

SWEENEY, R.E. & I.R. KAPLAN, 1973. Pyriet framboid formation: Laboratory synthesis and marine sediments; Econ. Geol. 68, 618-634.

TERWINDT, J.J.H., 1971. Sandwaves in the Southern Bight of the North Sea; Mar. Geol. 10, 51-67.

THOMAS, A.N., P.J. WALMSLEY & D.A.L. JENKINS, 1974. Forties field, North Sea. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 58, 396-406.

TRÜMBÜLL, J.V.A., 1972. Atlantic continental shelf and slope of the U.S.A. Sand Size fraction of bottom sediments. New Jersey to Nova Scotia. Geol. Servey Prof. Paper. 529-K.

VALENTIN, H. 1957. Die Grenzen der letzten Vereisung im Noordseeraum. Abh. dt. Geogr. tg. Hamburg 30, 359-372.

VEENSTRA, H.J., 1965. Geology of the Dogger Bank area, North Sea. Mar. Geol., 3, 245-262.

———, 1970. Quarternary North Sea Coasts. Quarternaira 22, 169-184.

———, 1971. Sediments of the Southern North Sea. Rep. No. 70/15, Inst. Geol. Sci.: 9-23.

WEERING, Tj.C.E. van, 1975. Late Quarternary history of the Skagerrak; an interpretation of acoustical profiles. Geol. Mijnbouw 54, (3-4), 130-145.

WEERING, Tj.C.E. van, J.H.F. JANSEN & D. EISMA. 1973. Acoustic reflection profiling of the NOrwegian Channel between Oslo and Bergen. Neth. J. Sea Res., 6, 241-263.

WHALLEY, W.B., & D.H. KRINSLEY, 1974. A SEM study of surface textures of quartz grains from glacial environments. Sed., 21, 87-105.

Tabel II

Verantwoording SEM-foto's

	Film nr.	Monster nr.	Plaat nr.
Fe-coating	2898-30	V 75-13	1 a
	2898-31	V 75-13	1 b
Chem. opl.	2821-18	P 77-3-98	4 a
	2821-19	P 77-3-98	4 b
	2895-28	P 77-3-211	5
Chem. neerslag	2825- 8	P 77-1-565	2
	2897-17	V 75-13	3
Glaciaal	2811-34	P 77-5-26	6 a
	2811-35	P 77-5-26	6 b
	2812-32	P 77-3-573	7 a
	2812-33	P 77-3-573	7 b
	2898-16	V 75-13	8 a
	2898-17	V 75-13	8 b
Ingespoeld	2811- 1	P 77-5-26	10 a
	2811- 3	P 77-5-26	10 b
	2811- 4	P 77-5-26	10 c
	2811- 7	P 77-5-26	10 d
	2898- 1	V 75-13	9 a
	2898- 3	V 75-13	9 b
Ingewaaid	2801-16	P 77-5-26	11 a
	2801-19	P 77-5-26	11 b
	2801-20	P 77-5-26	11 c
	2832-28	P 77-1-565	12 a
	2832-31	P 77-1-565	12 b
	2832-32	P 77-1-565	12 c
	2895- 6	P 77-3-211	13 a
	2895- 7	P 77-3-211	13 b
	2895- 8	P 77-3-211	13 c
	2895- 9	P 77-3-211	13 d

Tabel III

Zand-Silt-Klei ratio's (in %); monster nummer P 77-1.

Cm onder sedimentopp.	Materiaal >2 mm	Zand	Silt	Klei
2	-	17	27	56
45	-	20	31	49
100	-	9	36	55
147	-	20	29	51
200	-	5	40	55
254	-	8	37	55
300	0,1	9	27	64
342	0,8	9	27	63
390	0,2	8	28	64
430	-	9	27	64
474	0,1	9	27	64
520	-	8	27	65
565	2,9	8	26	63

Tabel IV

Zand-Silt-Klei ratio's (in %); monster nummer P 77-3.

Cm onder sedimentopp.	Materiaal >2 mm	Zand	Silt	Klei
15	-	6	31	63
65	-	9	28	63
80	-	11	31	58
120	-	4	31	65
197	-	43	32	25
211	-	97	1	2
253	-	97	1	2
298	-	98	-	2
330	-	99	-	1
380	-	99	-	1
443	-	99	-	1
491	-	97	1	2
518	2	32	37	29
573	2	40	25	33

Tabel V

Zand-Silt-Klei ratio's (in %); monster nummer P 77-4.

Cm onder sedimentopp.	Materiaal >2 mm	Zand	Silt	Klei
24	17	10	25	48
75	-	3	38	59
132	-	3	37	60
165	-	1	35	64
200	-	2	41	57
250	-	3	40	57
297	-	2	39	59
350	-	3	38	59
405	0,1	4	40	56
455	-	1	29	70
506	2,5	34	24	40
540	-	4	32	64
579	-	2	30	68

Tabel VI

Zand-Silt-Klei ratio's (in %); monster nummer P 77-5.

Cm onder sedimentopp.	Materiaal >2 mm	Zand	Silt	Klei
26	1,4	27	30	42
80	-	2	39	59
137	0,1	2	39	59
177	2,6	2	38	57
230	-	5	38	57
283	-	2	42	56
335	-	1	42	57
385	-	4	41	55
425	-	6	37	57
467	-	2	36	62
525	-	1	38	61
572	-	1	35	64

Tabel VII

Zand-Silt-Klei ratio's (in %) Oppervlaktemonsters.

Monsternr. Helling	Materiaal >2 mm	Zand	Silt	Klei
V 75-12	-	55	25	20
V 76-34	-	45	30	25
V 77- 2	1	95	2	2
Platform				
V 75-13	4	95	-	1
V 76-35	-	95	3	2
V 77- 1	1	95	3	1

Tabel VIII

Resultaat korrelgrootte-analyse zand P 77-3.

Monsternr.	Ø 5	Ø 16	Ø 25	Ø 50	Ø 75	Ø 84	Ø 95
P 77-3-211	1,8	2,0	2,3	2,68	3,0	3,1	3,45
P 77-3-253	1,9	2,2	2,4	2,68	3,0	3,1	3,35
P 77-3-380	1,9	2,3	2,4	2,68	3,0	3,1	3,3
P 77-3-443	1,85	2,0	2,25	2,50	2,9	3,1	3,25
P 77-3-491	1.85	2,0	2,25	2,50	2,85	3,0	3,25

Tabel IX

Resultaat grove fraktie analyse P 77-1. Verklaring van de in de Tabellen gebruikte afkortingen. Nivo: aantal cm onder zeebodem. Kw. Vsp: kwarts en veldspaat. KW. Fe: kwartskorrels met ijzerhuidjes. do. min.: donkere mineralen. st. gest frag: stollingsgesteente-fragmenten. sed. gest frag: sedimentaire gesteente-fragmenten. glau: glaukoniet. pyr: pyriet. For: Foraminiferen. Moll: Mollusken. spons: sponsnaalden. Ostr: Ostracoden. Ech: Echinodermen. Bryo: Bryozoën. wier: stengeling plantaardig materiaal. T1: Terrigeen 1 (kwarts + veldspaat). T2: Terrigeen 2 (donkere mineralen + gesteentefragmenten). T3: Terrigeen 3 (mika). A: Authigeen (glaukoniet + pyriet). B1: Biogeen 1 (Foraminiferen). B2: Biogeen 2 (Mollusken, sponsnaalden, ostracoden, echinodermen, bryozoën). B3 Biogeen 3 (hout + stengelig plantaardig materiaal).

Nivo	T1					T2	T3			A	B1					B2				B3
	Kw. Vsp	Kw. Fe	do. min.	st. gest frag	sed. gest frag		mi-ka	glau	pyr.		For.	Moll	spons	Ostr.	Ech.	Bryo		hout	wier	
2	71,8	0,7	3,0	4,7	1,0	8,7	2,4	2,0	1,7	3,7	9,5	0,3	1,4	0,3	0,3	0,3	2,6	0,3	1,0	1,3
45	71,8	1,1	10,9	0,4		11,3	4,9	3,2	4,9	8,1	2,8	1,1				a	1,1		a	a
100	66,6	1,6	7,9	0,3		8,2	7,0	1,4	4,6	6,0	10,0	0,3					0,3	1,1	0,8	1,9
147	73,3	1,5	5,6	0,6	0,9	7,1	6,5	1,8	3,0	4,8	7,1	a	0,3				0,3	a	0,9	0,9
200	47,9	0,5	3,9	0,8	0,3	5,0	7,1	0,5	22,0	22,5	12,8	a				0,3	0,3	3,1	1,3	4,4
254	73,4	6,9	7,3	a		7,3	5,9	2,7	8,3	9,0	1,7	0,7	0,7			a	1,4	1,0	0,3	1,3
300	72,6	2,4	5,2	1,5	0,3	7,0	3,0	5,8	6,1	11,9	1,2							a	4,3	4,3
342	73,6	1,8	5,4	0,7		6,1	3,6	8,2	5,7	13,9	2,1	0,7				a	0,7			
390	60,4	1,7	6,1	1,2	0,7	8,0	7,1	7,3	12,2	19,5	3,7		0,2		0,2	0,2	0,6		0,7	0,7
430	65,4	1,9	7,7	0,5	0,3	8,5	7,1	7,4	6,6	14,0	4,4	a	0,3		a	a	0,3	0,3		0,3
474	67,1	4,0	9,3	1,2	0,6	11,1	3,4	7,8	7,5	15,3	3,1	a				a	a		a	a
520	75,4	2,4	4,5	3.5	0,3	8,3	4,5	3,1	7,0	10,1	1,4					0,3	0,3			
565	70,2	3,6	6,8	0,5	0,8	8,1	3,8	4,9	7,4	12,3	3,3	0,8	0,5		a	a	1,3	0,5	0,5	1,0

Tabel X

Resultaat grove fraktie analyse P 77-3 (zie Fig. IX).

Nivo	T1 Kw. Vsp	Kw. Fe	do. min.	st. gest frag	sed. gest frag	T2	T3 mi- ka	glau	pyr.	A	B1 For.	Moll	spons	Ostr.	Ech.	Bryo	B2	hout	wier	B3
15	87,8	1,3	2,6			2,6	3,5	3,5	1,7	5,2			0,9				0,9			
65	69,7	2,3	9,0	a		9,0	5,0	2,3	1,3	3,6	11,0	a	a			0,3	0,3	0,7	0,7	1,4
80	79	4	3	4		7	3	2	1	3	7	1					1		a	a
120	76	2	4	2		6	6	3	3	6	6	a	a	a			a		a	a
197	94,5		1,3	0,3		1,6	1,0	1,6	1,0	2,6	0,3									
211	98,0		0,3	0,7		1,0		1,0		1,0										
253	98,4		0,3	0,3		0,6	0,7	0,3		0,3										
298	96,7	3,0	2,2			2,2	a	1,1		1,1										
330	93,8	3,5	2,8			2,8	1,4	1,4	0,3	1,7		0,3				a	0,3			
380	96,4		1,0	0,3		1,3	1,0	1,0		1,0	0,3									
443	94,7		1,3	0,3		1,6	1,0	2,0		2,0		0,7					0,7			
491	97,7		0,3	0,3		0,6	0,7	1,0		1,0										
518	89,2		1,6	2,2		3,8	4,5	1,3	0,6	1,9	0,3	0,3					0,3			
573	87,7		3,7	4,0		7,7	2,0	1,3	1,3	2,6										

Tabel XI

Resultaat grove fraktie analyse P 77-4 (Zie Fig. IX).

Nivo	T1 Kw. Vsp	Kw. Fe	do min.	st. gest frag	sed. gest. frag	T2	T3 mi-ka	glau	pyr.	A	B1 For.	Moll	spons	Ostr.	Ech.	Bryo	B2	hout	wier	B3
24	71,2	3,0	7,1	0,7		7,8	8,1	4,7	1,4	6,1	5,1	1,0	a			a	1,0		0,7	0,7
75	57,6	0,3	3,9	0,6	0,3	4,8	18,5	2,1	11,6	13,7	4,8	0,6	a			a	0,6	a	a	a
132	59,1	1,9	4,9	a		4,9	15,1	8,4	8,1	16,5	3,2	a	0,3		0,3	0,3	0,9		0,3	0,3
165	55,7	1,2	1,7	a	a	1,7	18,2	2,4	19,1	21,5	2,9		a				a	a	a	a
200	54,3	1,7	5,8	0,3		6,1	14,7	1,4	15,2	16,6	3,0	0,6					0,6	3,3	1,4	4,7
250	45,1	a	4,3	a	a	4,3	15,0	0,8	32,6	33,4	2,2		a				a	a	a	a
297	50,6	1,3	4,3	0,9	0,2	5,4	18,8	3,0	13,2	16,2	4,7	a	a			0,2	0,2	2,8	1,3	4,1
350	52,5	a	8,3	0,3	a	8,6	11,7	2,0	22,9	24,9	2,0							0,3	a	0,3
405	56,7	3,3	1,8	a		1,8	20,1	5,3	10,4	15,7	2,7							1,8	1,2	3,0
455	43,1	0,3	6,7	a		6,7	10,0	3,3	33,3	36,6	3,6	a					a	a	a	a
506	77,7	4,2	3,1	3,5	1,5	8,1	4,6	2,3	1,9	4,2	2,7	0,4	a			0,4	0,8	1,5	0,4	1,9
540	87,7	0,5	3,2	0,5		3,7	4,3	1,6	a	1,6	2,7					a	a	a	a	a
579	69,1	3,3	4,0	0,7		4,7	12,1	4,7	4,7	9,4	4,0					a	a	a	0,7	0,7

Tabel XII

Resultaat grove fraktie analyse P 77-5 (Zie Fig. IX).

	T1					T2	T3			A	B1				B2			B3
Nivo	Kw. Vsp	Kw. Fe	do. min.	st. gest frag	sed. gest frag		mi- ka	glau	pyr.		For.	Moll	spons	Ostr.	Ech.	Bryo		hout	wier	
26	75,9	1,2	7,5	2,0	0,4	9,9	5,5	0,8	0,8	1,6	3,1					0,4	0,4	1,6	2,0	3,6
80	55,0		7,6			7,6	18,3	1,8	7,6	9,4	8,2		0,3				0,3	1,2		1,2
137	47,1	0,5	6,5	0,2	0,2	6,9	15,8	4,9	12,3	17,2	8,6	0,7	a		0,2	0,2	1,1	2,6	0,7	3,3
177	47,0	1,3	6,0	a		6,0	15,1	2,5	20,2	22,7	3,5	0,8	a			0,8	1,6	2,8	1,3	4,1
230	51,4		7,6	0,3	a	8,2	14,1	0,8	19,5	20,3	3,0	0,5	0,3				0,8	1,9	0,3	2,2
283	47,8	0,3	9,6	0,9	0,3	10,8	20,7	1,5	8,7	10,2	3,7	a	a			a	a	4,6	2,2	6,8
335	49,9		9,6	a	a	10,2	20,5	2,2	12,3	14,5	4,9					a	a	a	a	a
385	48,0	1,8	6,8			6,8	21,0	4,0	9,3	13,3	7,8		a	a		0,3	0,3	2,8	a	2,8
425	54,3	0,9	7,4	a		7,7	12,3	0,6	11,0	11,6	14,1		a			a	a	a	a	a
467	44,5	0,7	9,9	0,5	0,2	10,5	21,0	2,7	13,3	16,0	4,1	0,2	0,2			0,2	0,6	3,1	0,2	3,3
525	48,9	a	11,1	a		11,4	26,0	2,9	9,5	12,4	1,3		a				a	a	a	a
572	46,6	1,4	9,0	0,7	2,0	11,7	16,7	2,7	10,8	13,5	7,2	0,2	0,2			0,5	0,9	2,9	0,5	3,4

Tabel XIII

Resultaat grove fraktie analyse Oppervlaktemonsters.

Monster	T1					T2	T3			A							B2		B3
	Kw. Vsp	Kw. Fe	do. min.	st. gest frag	sed. gest frag		mi- ka	glau	pyr.		For.	Moll	spons	Ostr.	Ech.	Bryo		hout wier	
V 75-12	64	3	5	1		6	5	1	a	1	23		1				1	a	a
V 75-13	85	60	4	2		6	2		1	1	5				1		1		
V 76-34	63	5	5		1	6	3	2	1	3	23		1		1		2		
V 76-35	81	2	7		a	7	1	4		4	5	1	a		1		2	a	a
V 77-1	85	12	5	4	1	10	1	a	1	1	2	a			1	a	1	a	a
V 77-2	60	3	21?	1		22	2	2		2	13				1		1		

Tabel XIV

Resultaat grove fraktie analyse - beknopt overzicht oppervlaktemonsters.

Monsters	% Zandfr.	T1	T2	T3	A	B1	B2	B3
P 77-1	17	71	9	2	4	10	3	1
P 77-3	6	87	3	4	5		1	
P 77-4	10	71	8	8	6	5	1	1
P 77-5	27	75	10	6	2	3		4
V 75-12	52	64	6	5	1	23	1	
V 76-34	45	63	6	3	3	23	2	
V 77-2	90	60	22	2	2	13	1	
V 75-13	95	85	6	2	1	5	1	
V 76-35	87	81	7	1	4	5	2	
V 77-1	95	85	10	.	1	2	1	

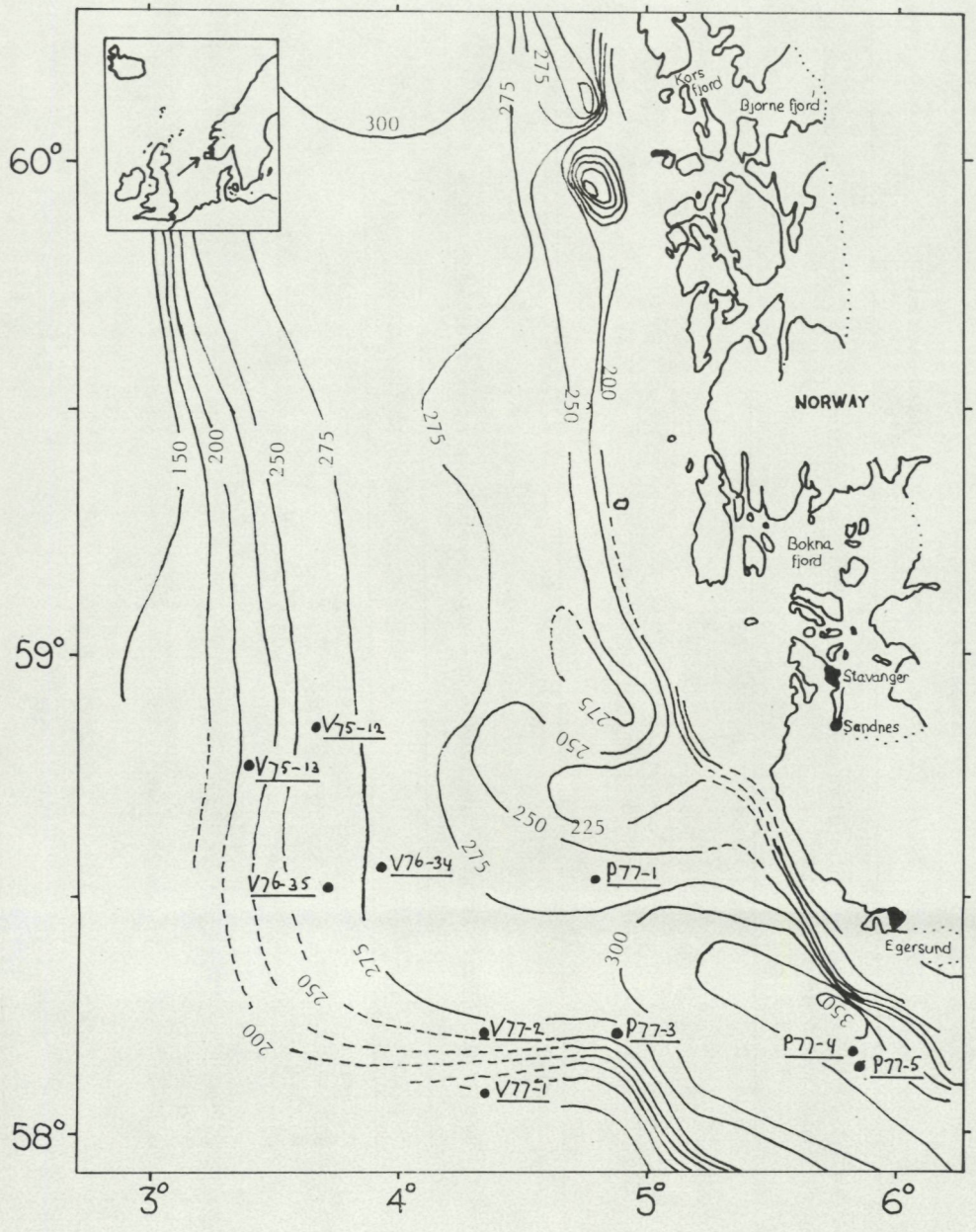


Fig. 1. Lokatie van de monsterpunten.

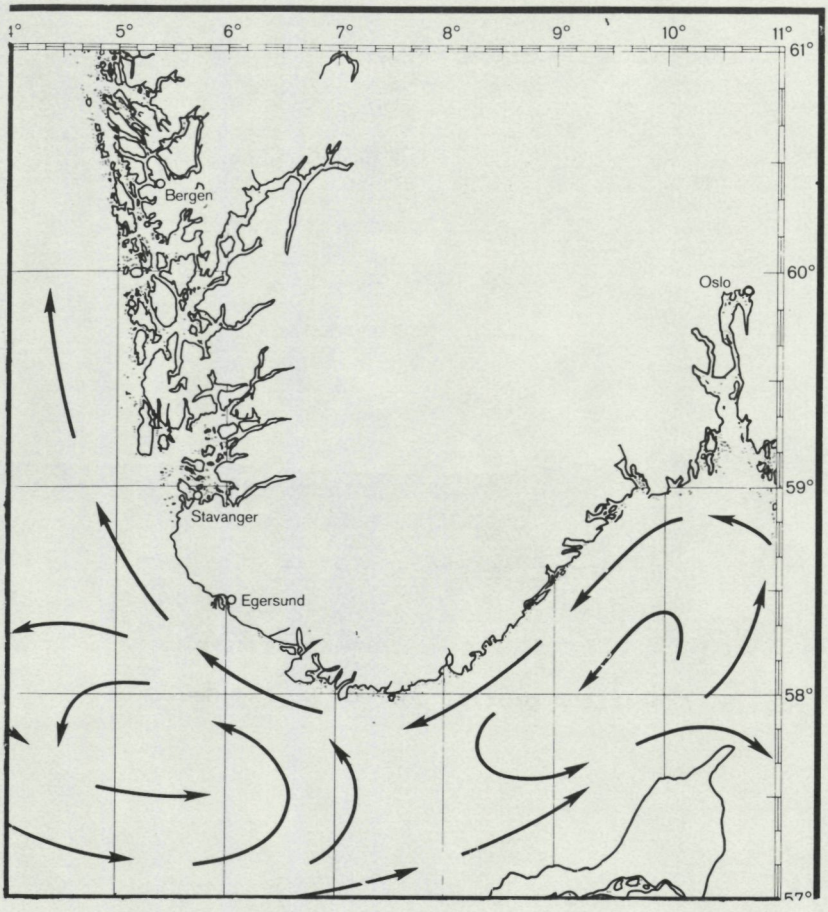


Fig. 2. Oppervlaktestromingen in het onderzochte gebied.

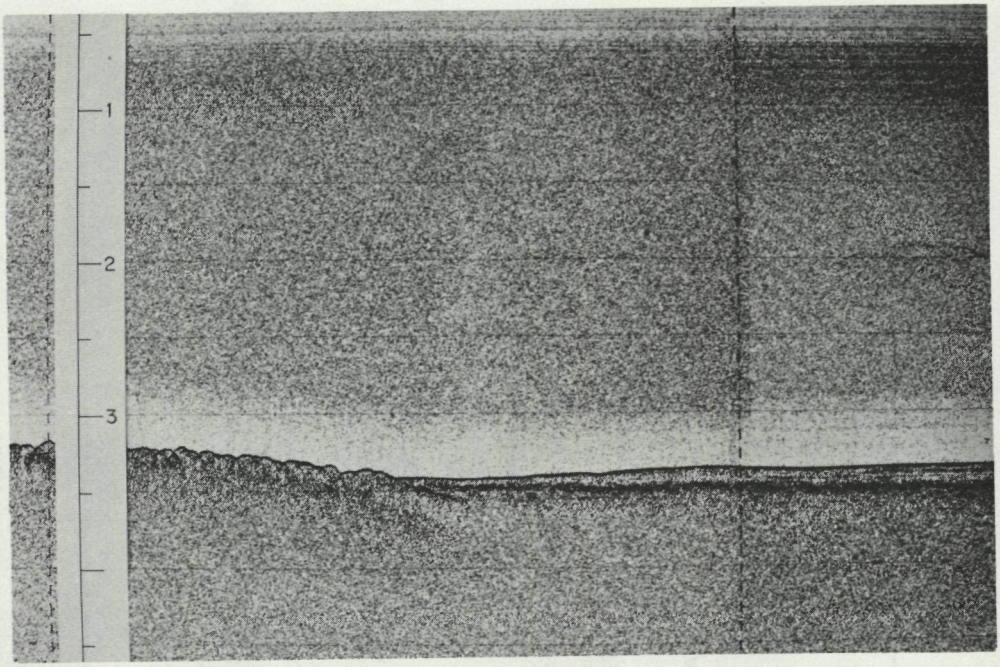


Fig. 3. Akoestisch profiel door de Noorse Geul.

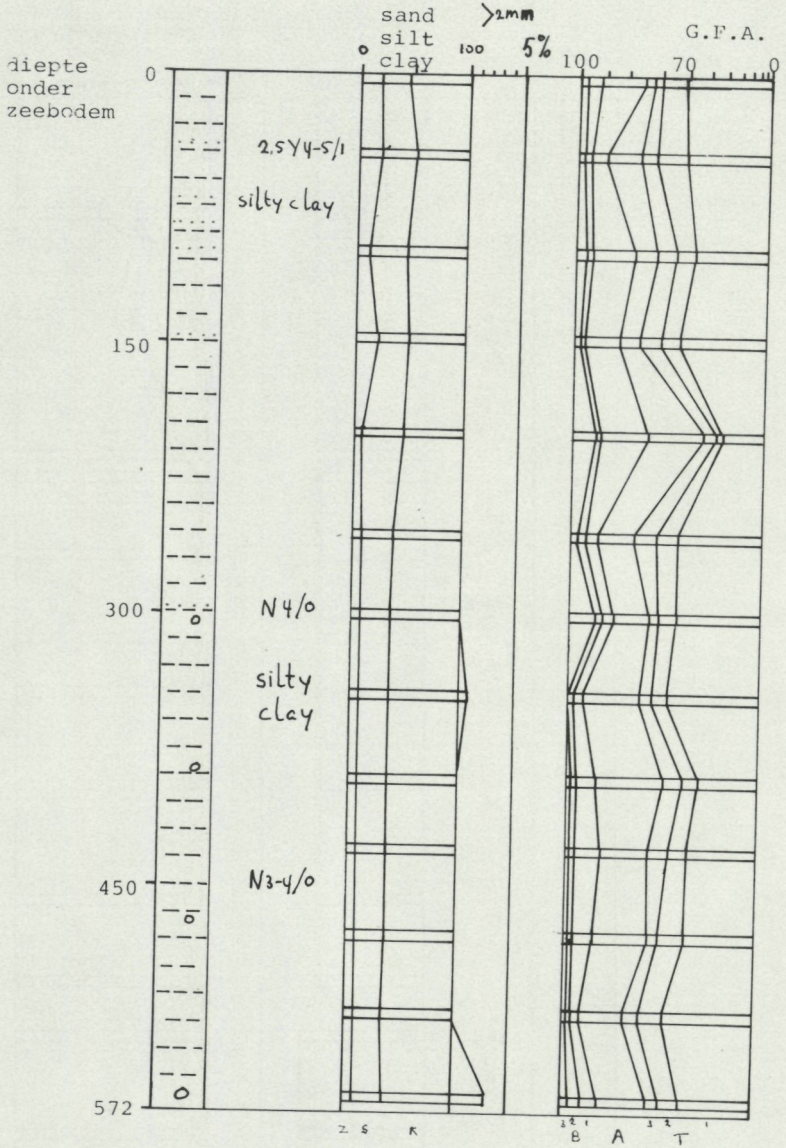


Fig. 4. Analyse kolom 1, P 77-1.

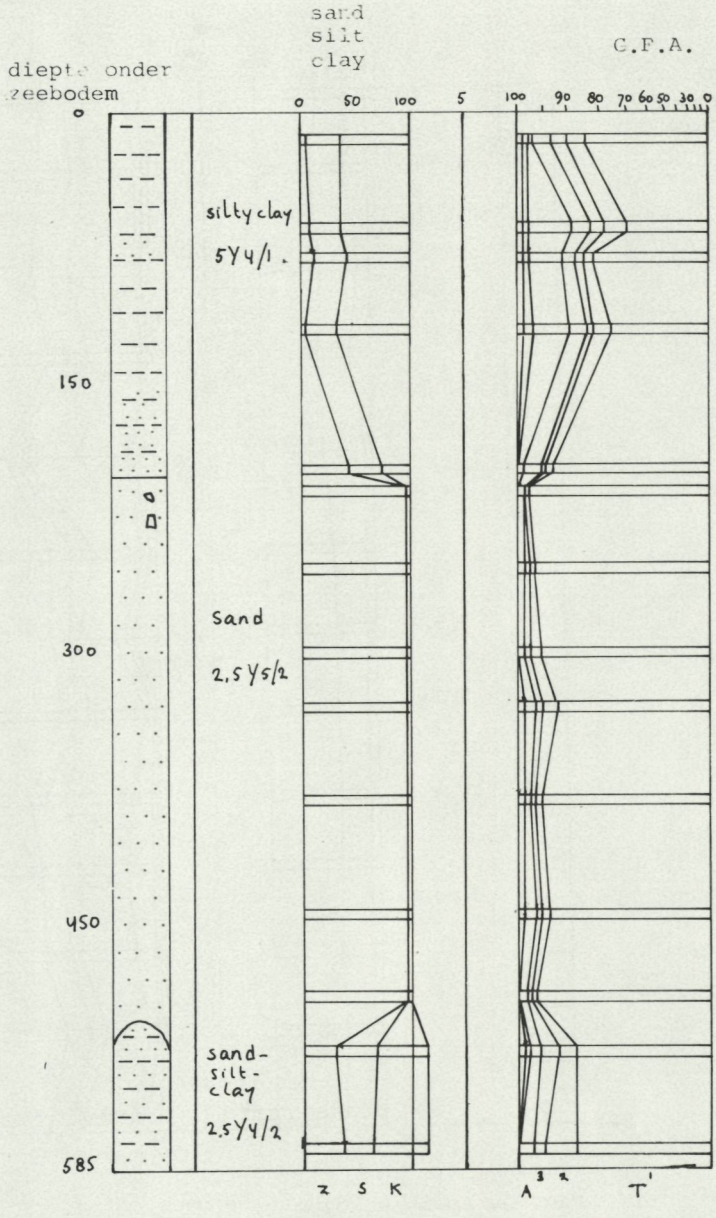


Fig. 5. Analyse kolom 2, P 77-3.

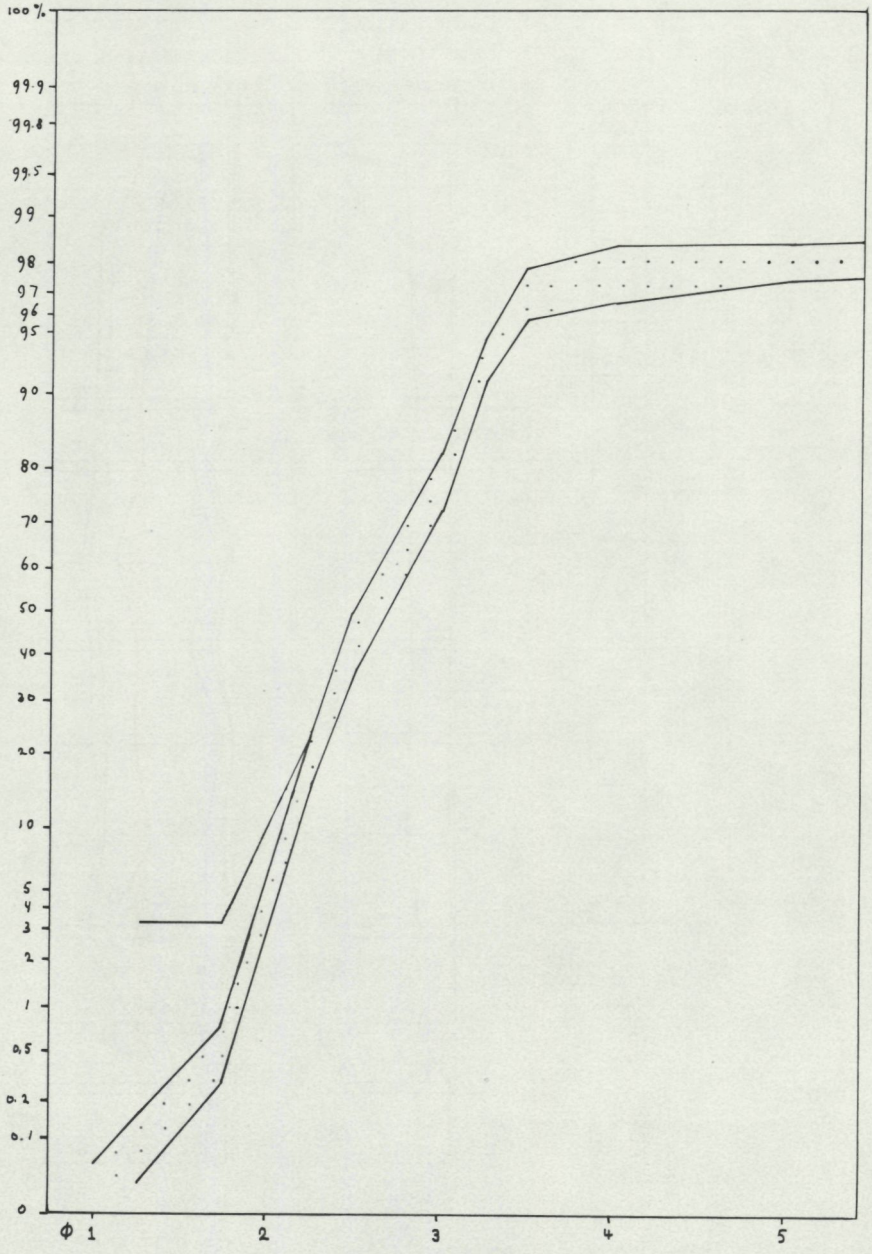


Fig. 6. Resultaat korrelgrootte-analyse P 77-3 zand.

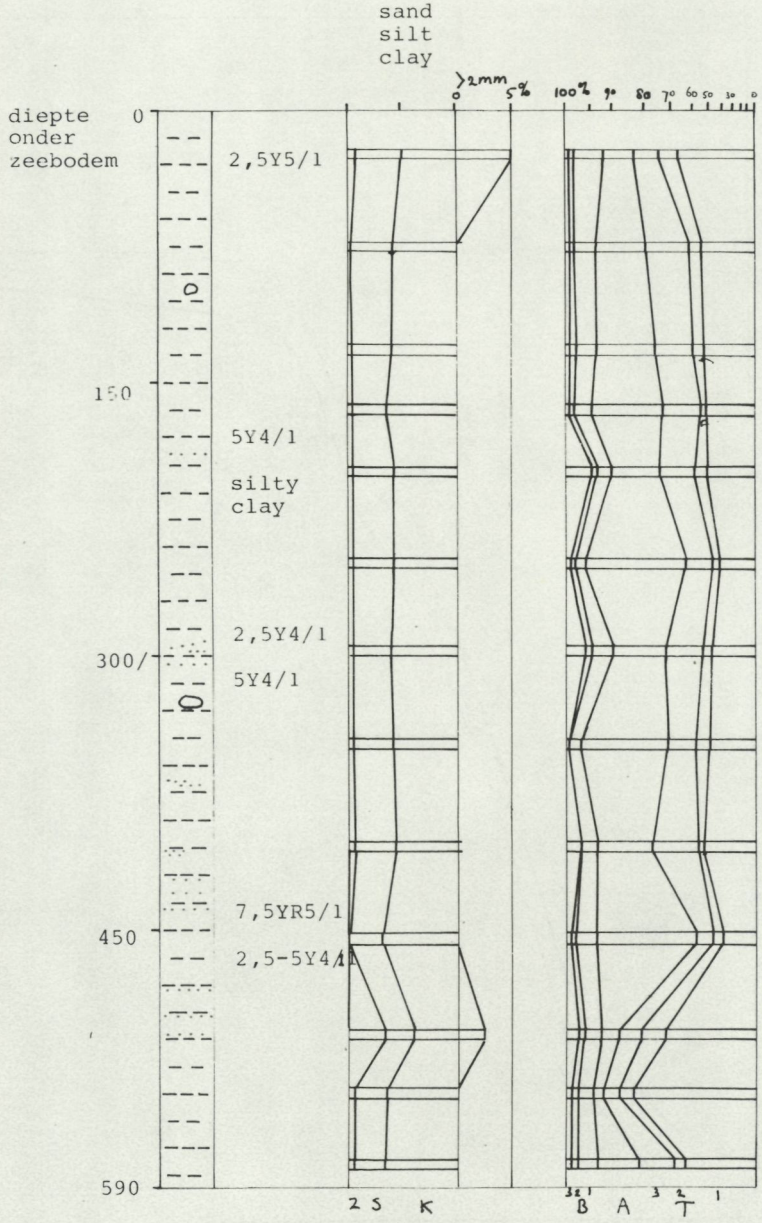


Fig. 7. Analyse kolom 3, P 77-4.

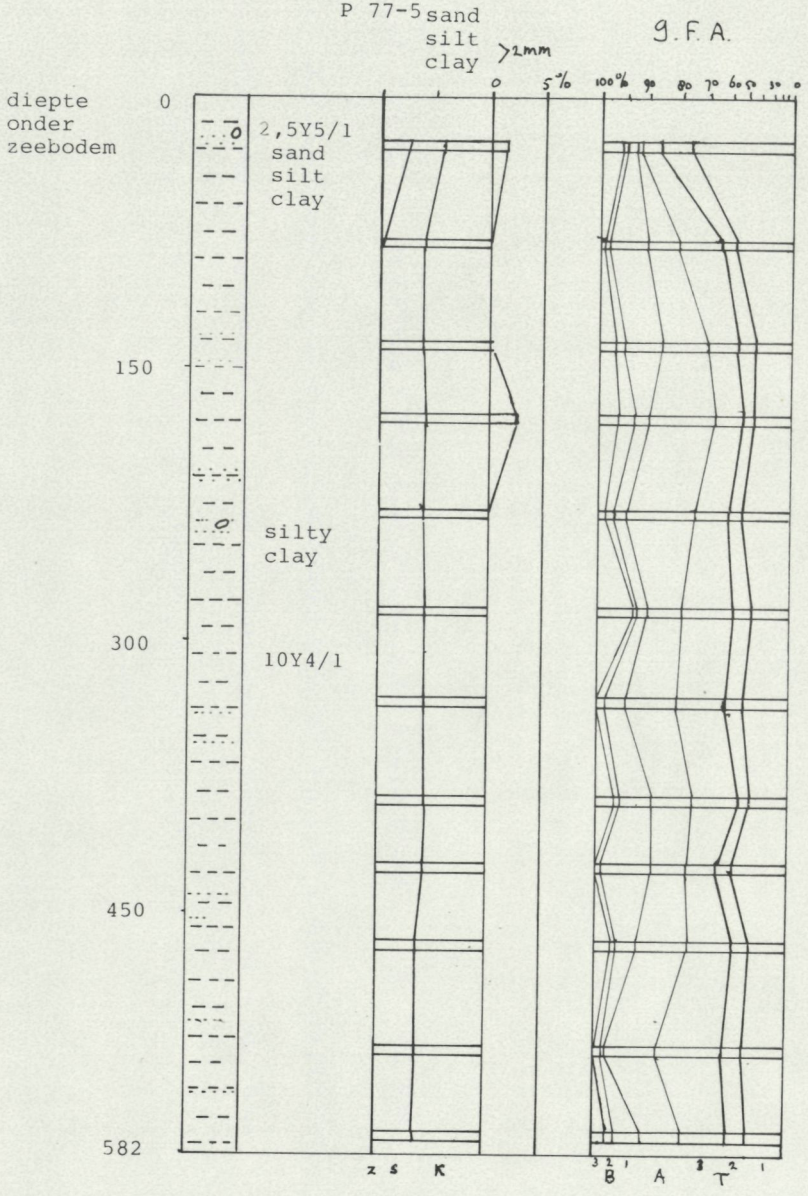


Fig. 8. Analyse kolom 4, P 77-5

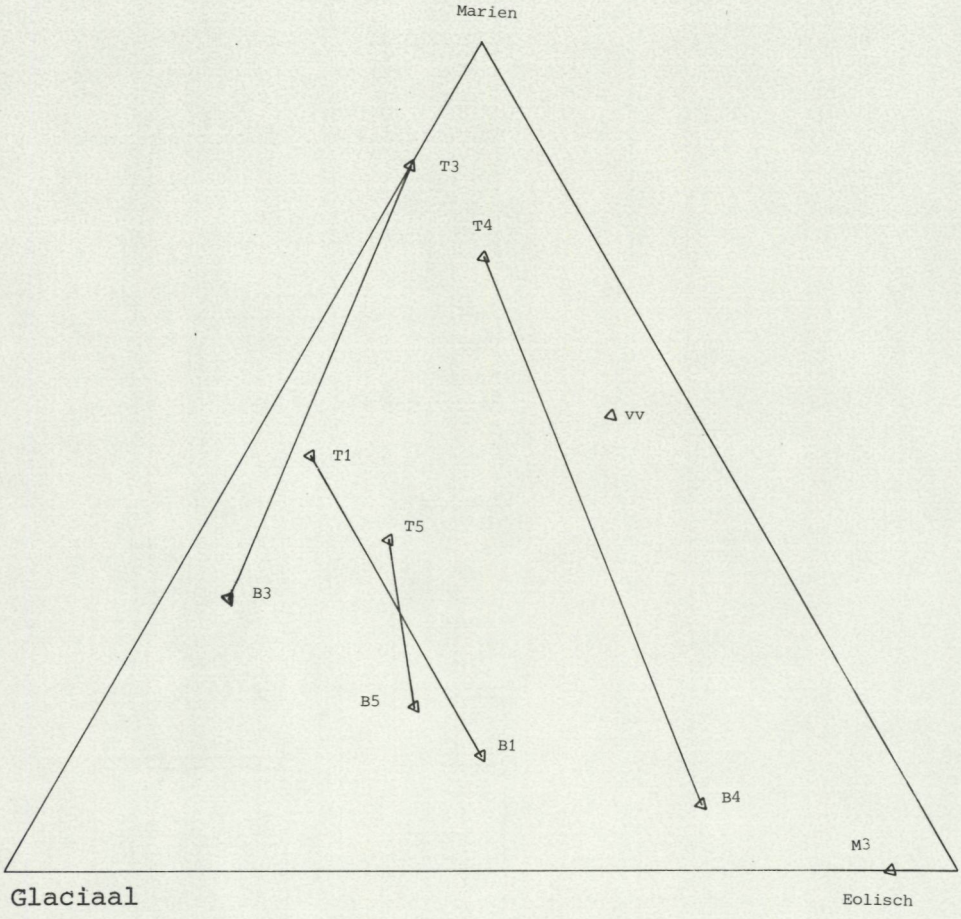
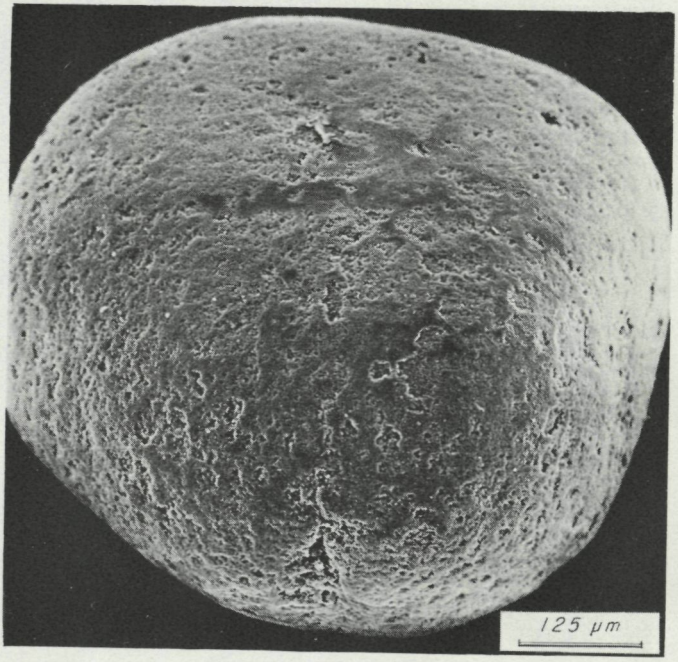
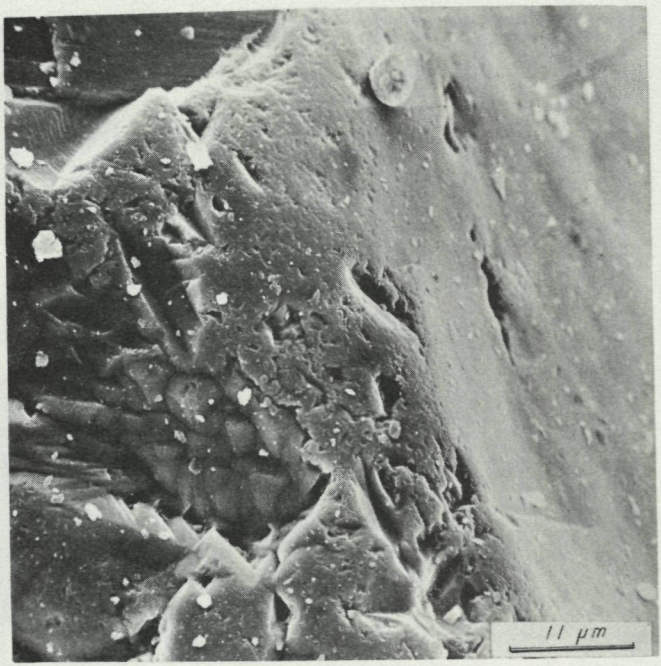


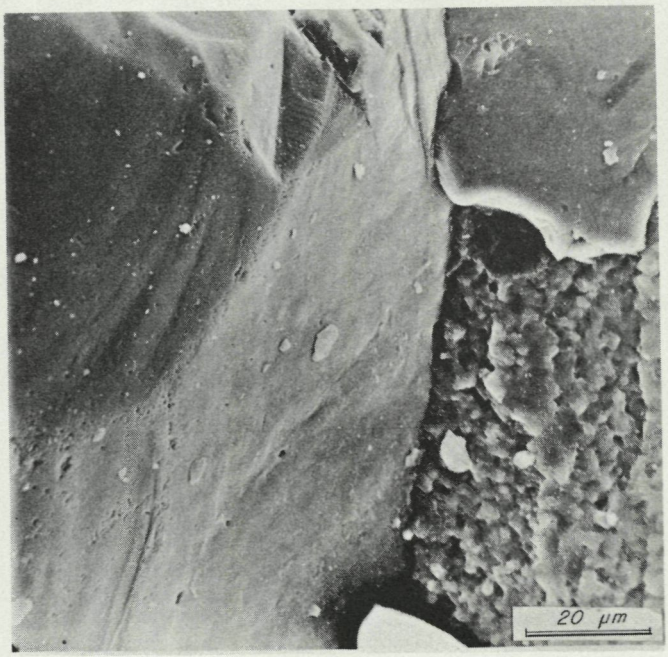
Fig. 9. Resultaat SEM analyse.



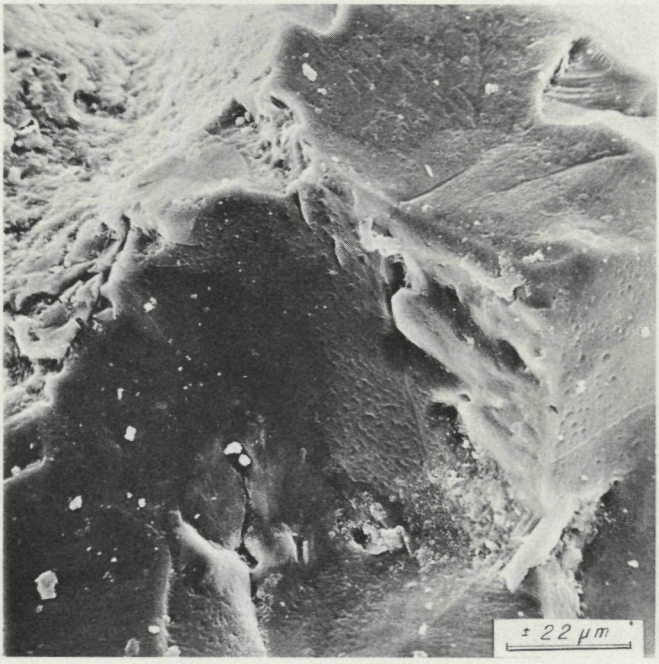
Plaat 1 (a en b). Kwartskorrel met ijzerhuidje.



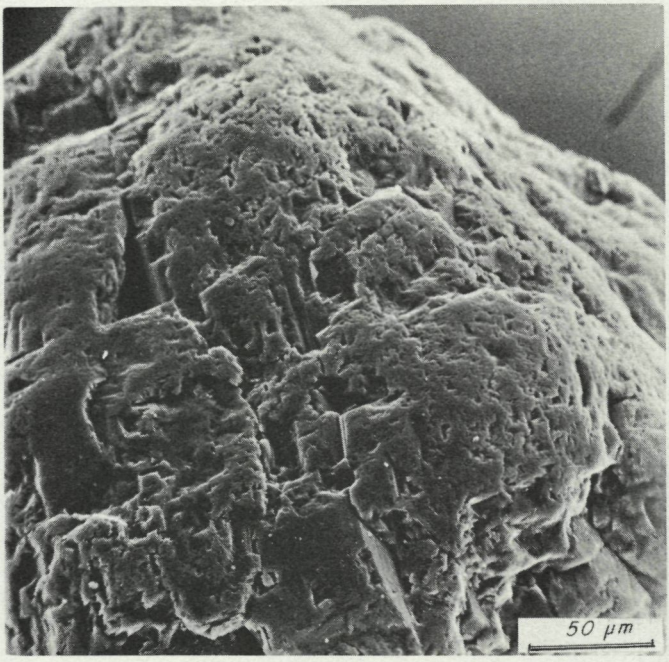
Plaat 2. V-vormige etsfiguren en nieuwvorming van silikaatkristallen.



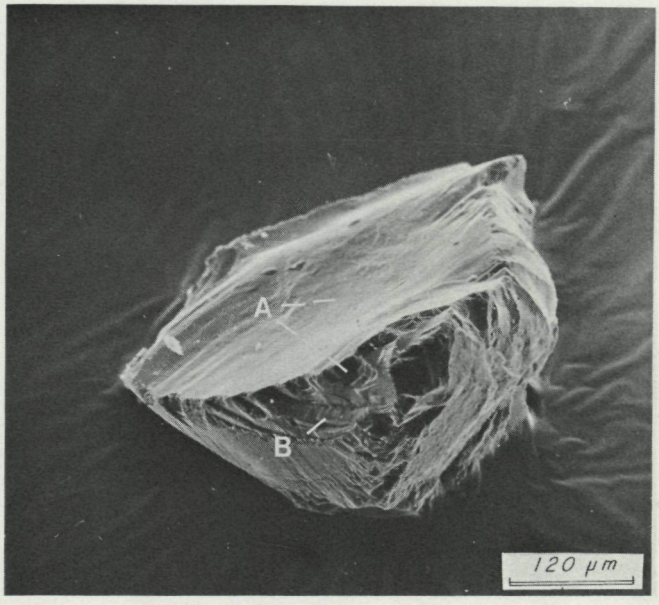
Plaat 3. Nieuwvorming van silikaatkristallen.

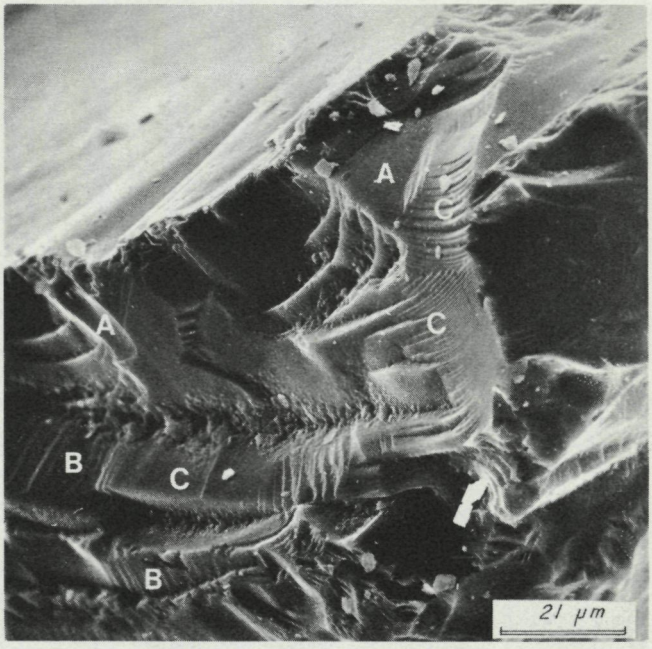


Plaat 4. (a en b). Etsfiguren op glaciaal korreloppervlak.

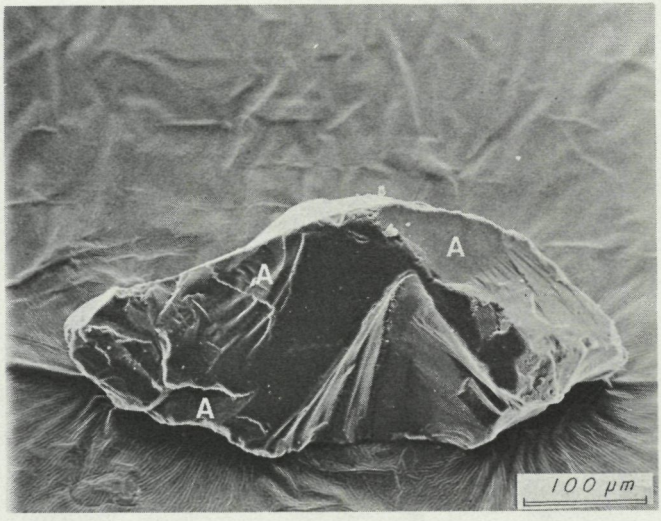


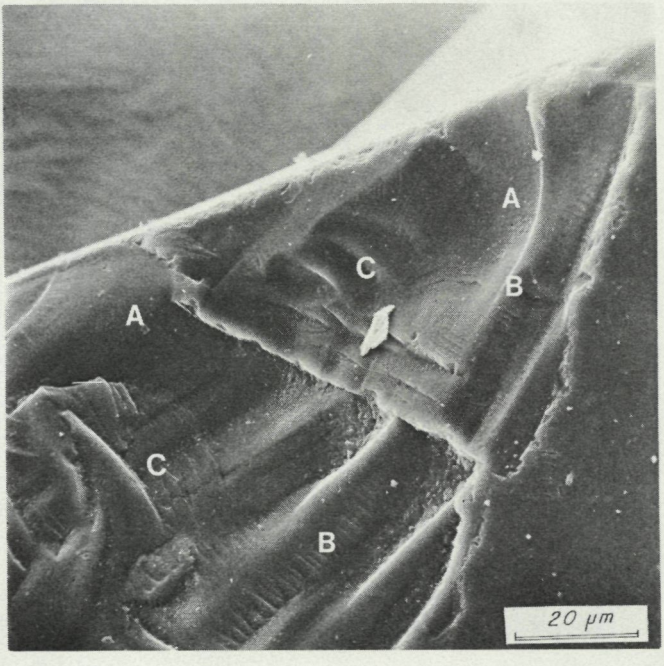
Plaat 5. Sterke chemische verwering.



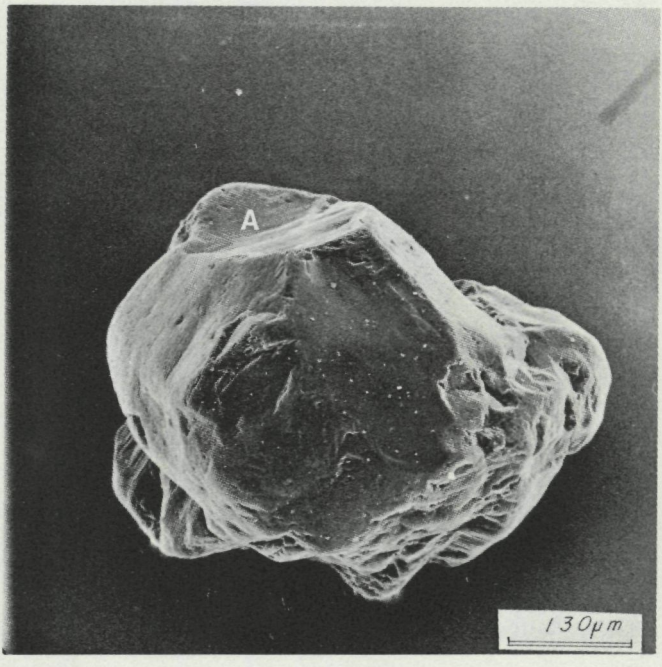


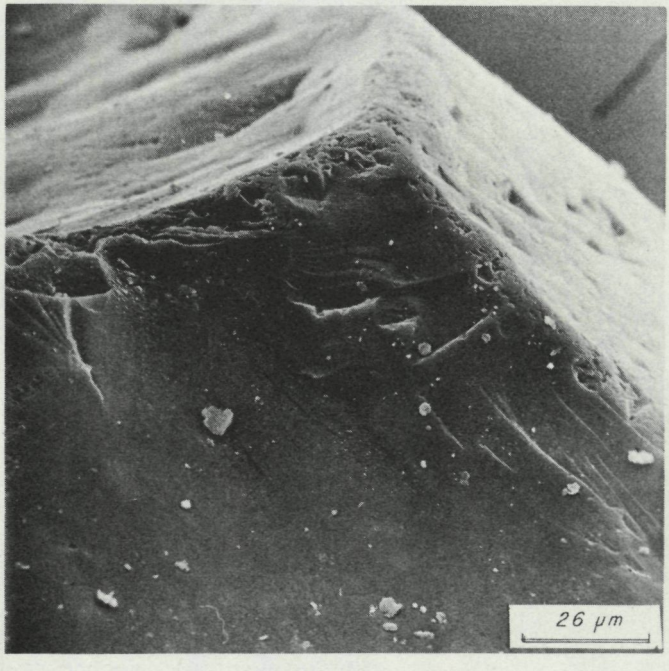
Plaat 6. (a. en b) Glaciale kwartskorrel met grote variatie van de schelpvormige breukpatronen (A), hoekige vorm, hoog reliëf, parallelle treden en striaties (B) en boogvormige treden (C).



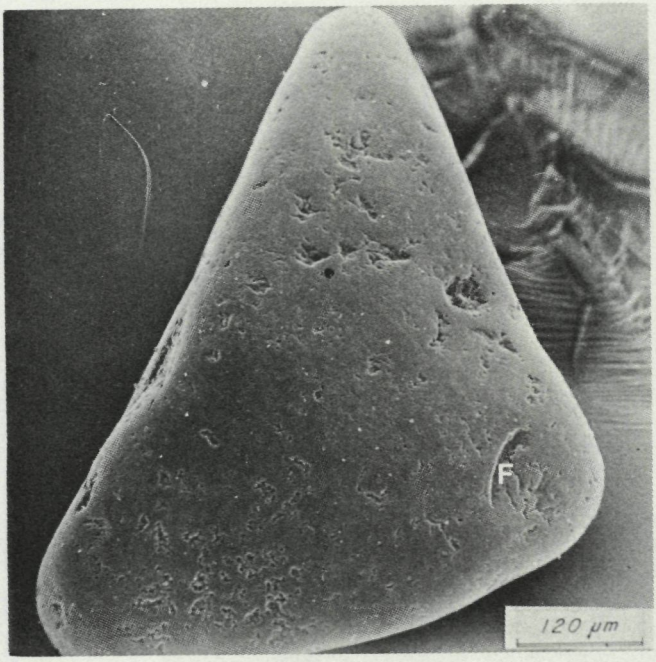


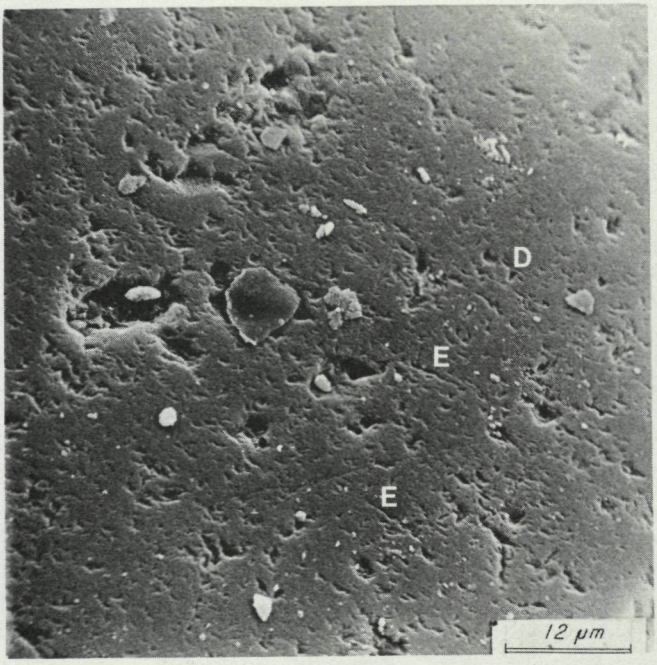
Plaat 7a. Als Plaat 6a, maar korrelranden enigszins afgerond door littorale abrasie. b. Detail.



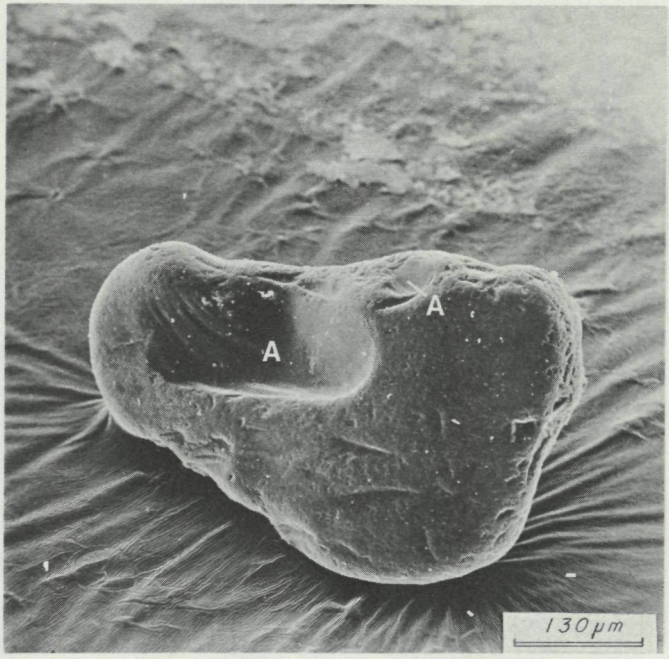


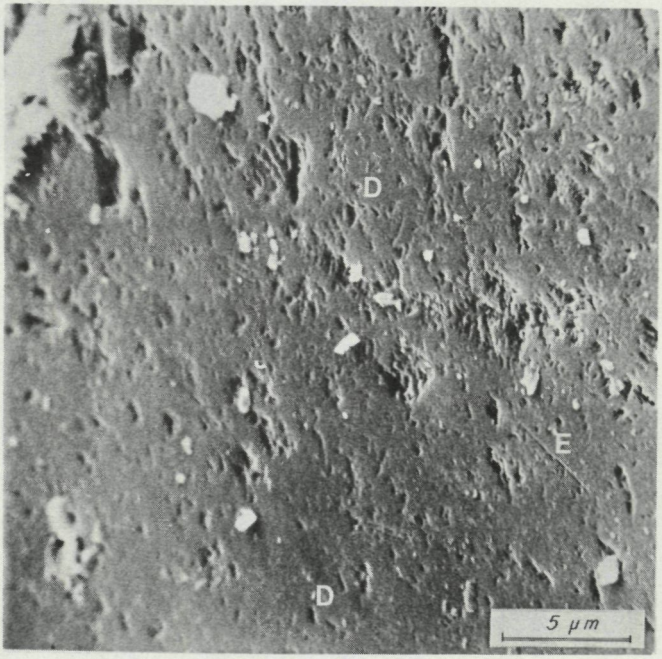
Plaat 8 (a en b). Als Plaat 61, maar met sterk afgeronde korrelranden.

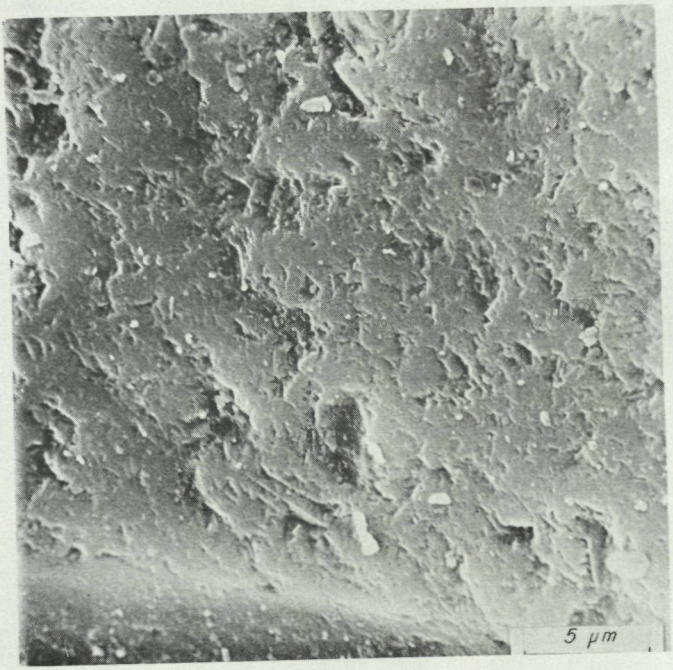




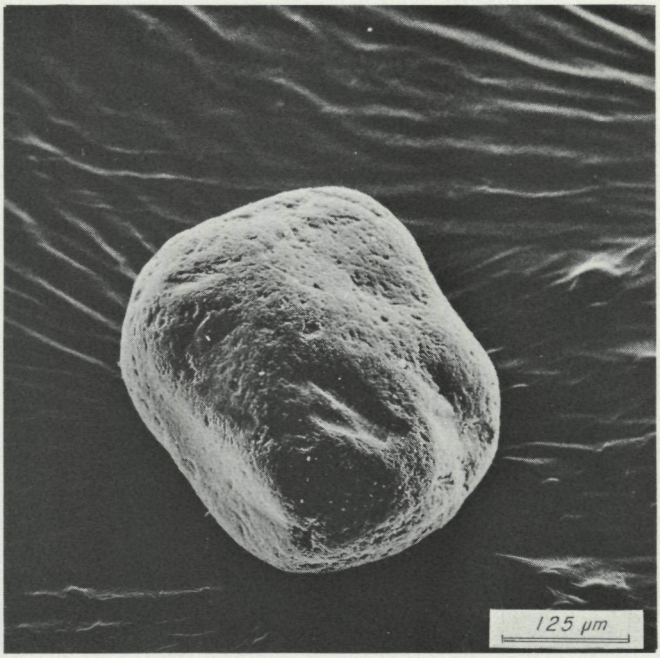
Plaat 9 (a en b). Ingespoeld kwartskorrel met glad korreloppervlak, afgeronde Korrelranden, V-vormige inkepingen (D), rechte of gebogen groven (E) en boogvormige barsten (F). Op het korreloppervlak zijn verweerde striaties zichbaar uit een eerder, vermoedelijk glaciaal stadium.

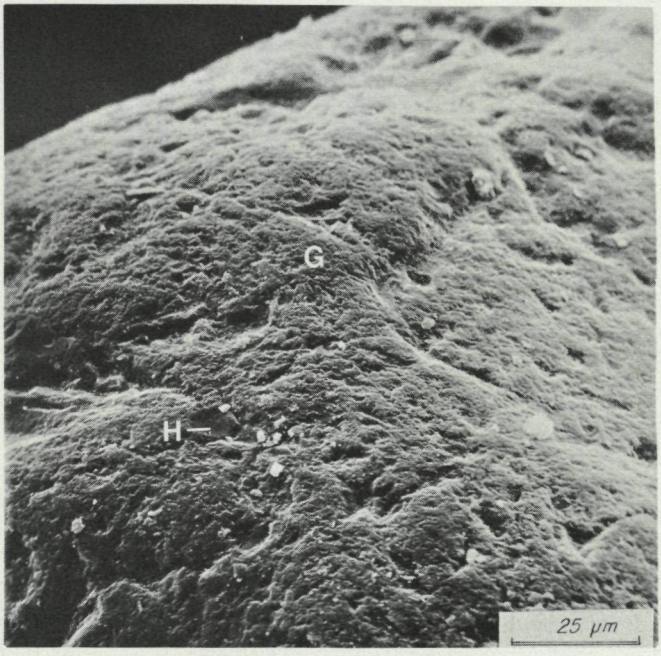

A
A
130 µm

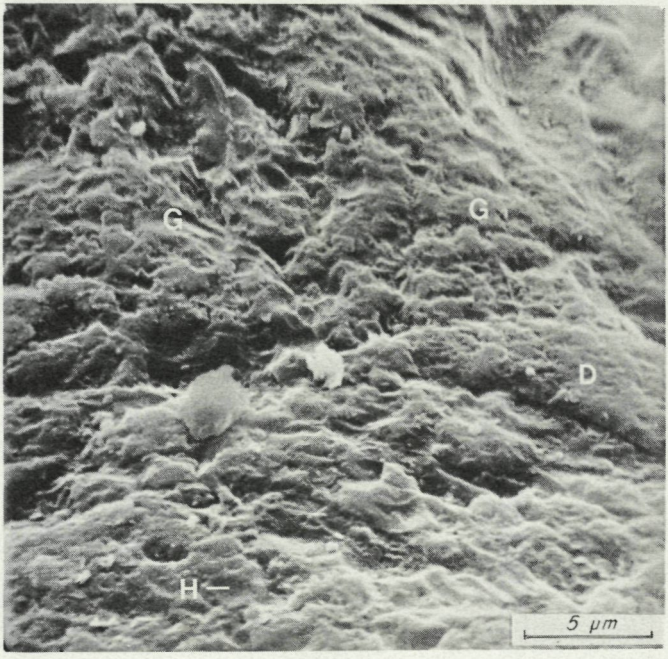

D
E
D
5 µm



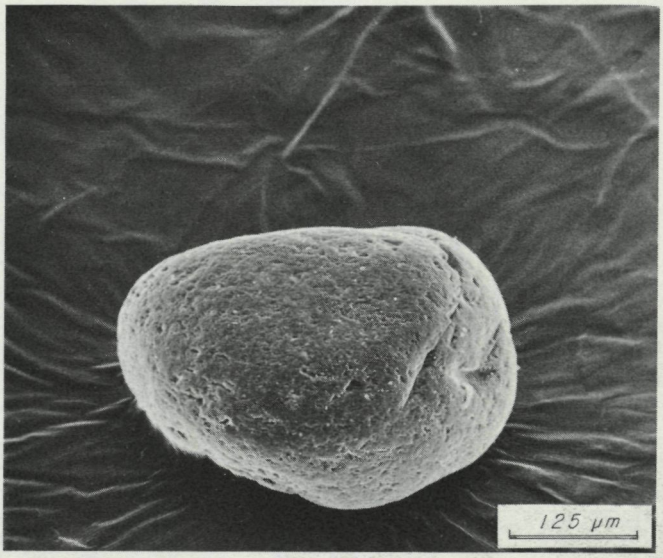
Plaat 10 (a t/m d; a en b op vorige pagina). Ingespoelde kwartskorrel met schelpvormige breukpatronen (A) uit een eerder, vermoedelijk glaciaal, stadium. Het goed afgeronde korreloppervlak wordt bedekt met vele V-vormige inkepingen (D) en groeven (E).

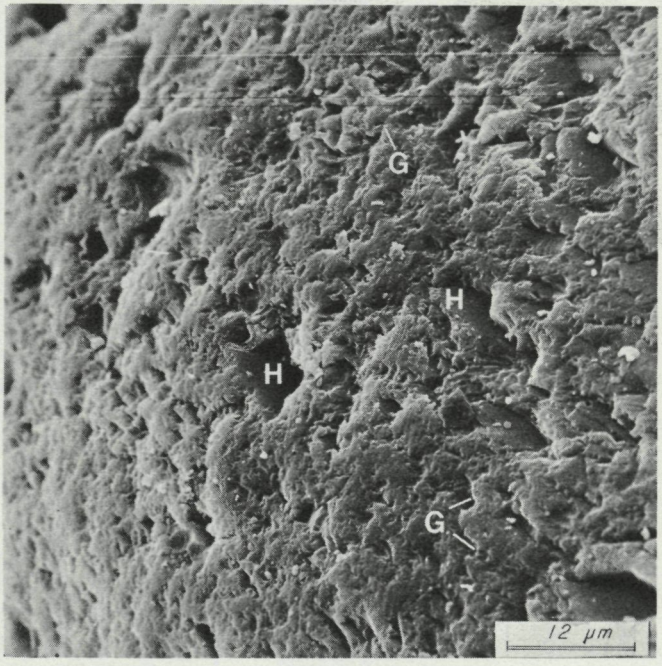

125 µm

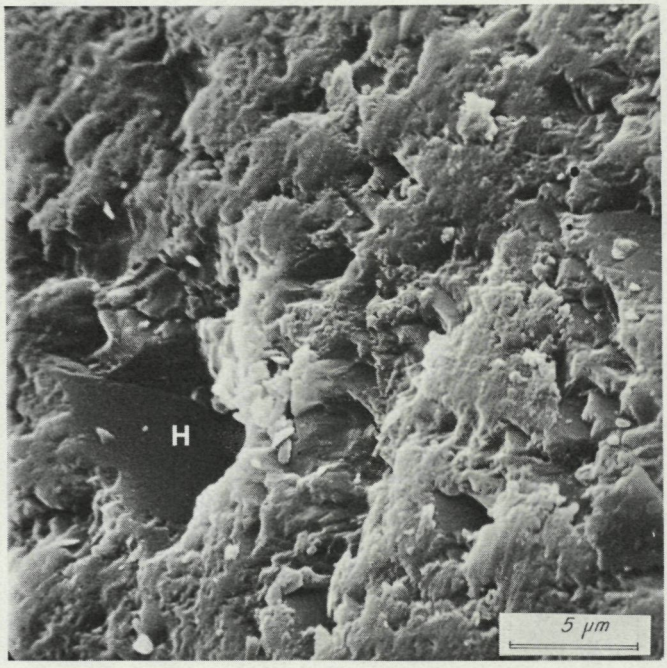

G
H
25 µm



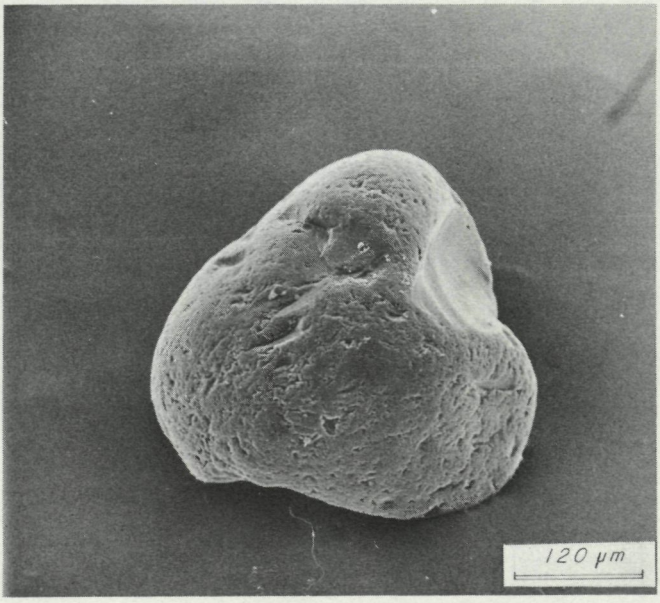
Plaat 11 (a t/m c; a en b op vorige pagina). Ingewaaide kwartskorrel met opstaande platen topografie (G), en onregelmatig grof oppervlak, waarop V-vormige afschilferingen (H). Hierop gesuperponeerd enkele V-vormige inkepingen (D), kenmerkend voor een kortstondig littorale abrasie.

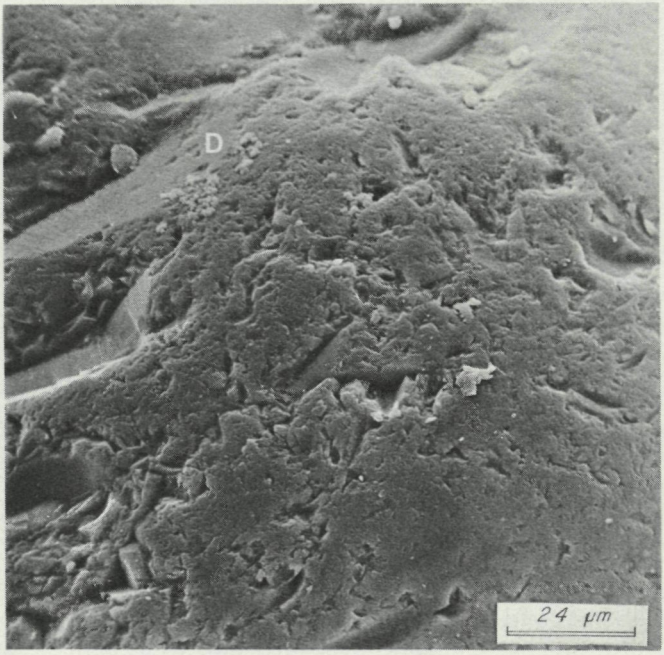

125 µm

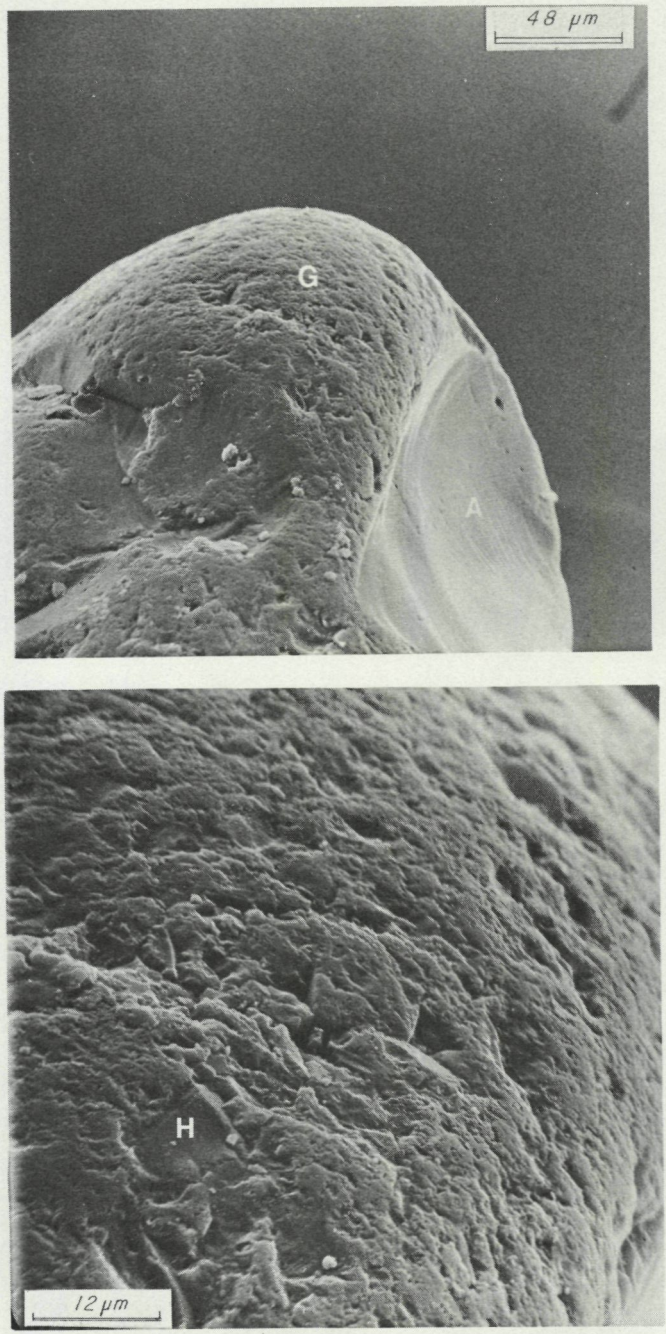

G
H
H
G
12 µm



Plaat 12 (a t/m c; a en b op vorige pagina). Ingewaaide kwartskorrel met opstaande platen topografie (G), onregelmatige grof oppervlak waarop vele V-vormige afschilferingen (H). In deze afschilferingen B-vormige inkepingen (D) uit een later kortstondig littoraal stadium.


120 µm


D
24 µm



Plaat 13 (a t/m d; a en b op vorige pagina). Ingewaaide kwartskorrel met opstaande platen topografie (G), een onregelmatige grof oppervlak met veelsoortige abrasiekenmerken, waaronder V-vormige afschilferingen (H). Hierop gesuperponeerd kenmerken van een kortstondig littoraal stadium (D). De grote schelpvormige breuk rechtsboven op de korrel is vermoedelijk overgeërfd uit een eerder glaciaal stadium.