

Rechten voorbehouden

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

Saliniteit, nutriënten en planktonpigment in open zee en
in de brandingszone van de Zuidelijke Bocht
in voorjaar en zomer 1974

door

B. van Hattum

P. de Voogt

P. van Tilburg

Intern verslag

over

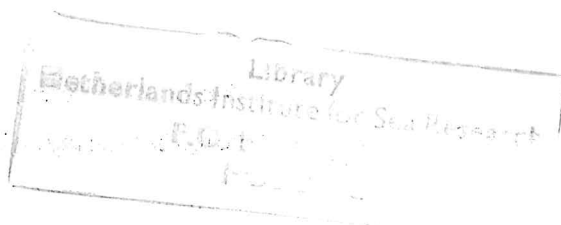
werkzaamheden verricht als doctoraalstudie (bijvak)
in de periode maart - november 1974

aan

het NIOZ te Texel

onder supervisie van

Drs. S.B. Tijssen



NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

VERSLAGEN

nummer 1976 - 2

Saliniteit, nutriënten en planktonpigment in open zee en
in de brandingszône van de Zuidelijke Bocht
in voorjaar en zomer 1974

door

B. van Hattum

P. de Voogt

P. van Tilburg

Intern verslag

Inhoud:

Summary	2
Samenvatting	2
1. Inleiding	3
1.1. Doel van het onderzoek	3
1.2. Uitvoering	3
1.3. Bepalingen	4
2. Hydrografie en nutriëntenregime Zuidelijke Bocht	5
3. Methoden	8
3.1. Monsternamen	8
3.2. Chemische Analysemethoden	10
4. Resultaten	12
4.1. Saliniteitsverdeling van de Zuidelijke Bocht	12
4.2. Nutriëntendistributie in de Zuidelijke Bocht	14
4.3. Zwevend materiaal-, Chlorofyl-a- en Zuurstof- waarden	20
4.4. Deeltjesgrootteverdelingen m.b.v. Coulter Counter	21
4.5. Temperatuur- en Secchiwaarden	22
5. Conclusies en discussie	22
5.1. Conclusies	22
5.2. Discussie	23
6. Referenties	24
Figuren	

SUMMARY

The distribution of salinity and nutrients in the eastern part of the Southern Bight of the North Sea was compared with their distribution in a one mile wide area along the Dutch beach, called "beach-zone".

A special sampling program was established, consisting of a general survey in the eastern part of the Southern Bight and a detailed survey of the beach-zone.

It was found that the salinity-gradient in the Southern Bight can be extrapolated into the beach-zone. Phosphate- phosphorus, Nitrate-nitrogen and Nitrite-nitrogen were found to have a steeper gradient in the beach-zone.

Very low reactive-Silicate concentrations were found, particularly in the beach-zone.

Outside the beach-zone a significant negative correlation was found between salinity and nutrient-concentrations; inside this zone the correlation was slightly negative or nil.

SAMENVATTING

De saliniteits- en nutriëntendistributie in het oostelijke deel van de Zuidelijke Bocht van de Noordzee werd vergeleken met de verdeling in de nederlandse brandingszone. Hiervoor werd een speciaal bemonsterings programma opgesteld, dat bestond uit een algemeen onderzoek van het oostelijke deel van de Zuidelijke Bocht en een gedetailleerd onderzoek in de brandingszone.

Gevonden werd dat de saliniteitsgradiënt in de Zuidelijke Bocht geëxtrapolleerd kon worden in de brandingszone. De nutriënten $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NO}_2\text{-N}$ bleken in de brandingszone een sterkere gradiënt te vertonen dan in het overige deel van de Zuidelijke Bocht. Reactief-

silicaat bleek vooral in de brandingszone in erg lage concentraties voor te komen.

Buiten de brandingszone werden er duidelijke, negatieve correlaties gevonden tussen saliniteit en de nutriëntconcentraties, in de brandingszone zelf waren die correlaties minder duidelijk of niet aanwezig.

1. INLEIDING

1.1. Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was tweeledig:

1. Een vergelijking van de nutriëntenverdeling in de Zuidelijke Bocht met de distributie in de brandingszone, ten einde de resultaten van zeeonderzoek mogelijk te extrapoleren naar de kust toe. Met de brandingszone wordt hier bedoeld de strook tussen het strand en de 10 m dieptelijn (die meestal zo'n 1 à 2 km uit de kust loopt).
2. Een beschouwing van eventuele relaties in de brandingszone tussen het voorkomen van nutriënten en de aanwezigheid van plankton (kwantitatief), en tussen nutriënten en saliniteit.

Het onderzoek past in het kader van onderzoek naar nutriënten-distributie op de Noordzee en in Nederlandse kustwateren, en het transport ervan, zoals dat door de werkgroep chemische oceanografie wordt uitgevoerd. Een soortgelijk onderzoek heeft nog niet eerder plaats gevonden. Daarom is verder onderzoek in deze kuststrook noodzakelijk, zodat het uiteindelijk mogelijk wordt een model op te stellen voor het transport van nutriënten en de verdeling ervan.

1.2. UITVOERING

Het onderzoek bestond uit drie tochten met het onderzoekingschip

Aurelia in de periode april-juni 1974. Elke tocht bestond uit een algemene survey van de Zuidelijke Bocht tot ca. 50 zeemijlen uit de Nederlandse kust en een gedetailleerde survey van de brandingszone op drie plaatsen voor de kust, nl. bij Callantsoog, Bloemendaal en Kijkduin.

1.3. BEPALINGEN

Voor elke tocht stonden de volgende bepalingen op het programma:

- de concentraties van $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{SiO}_4\text{-Si}$,
P-organisch opgelost en gesuspendeerd-P.
- saliniteit
- zuurstofgehalte
- chlorofyl a en phaeo pigment
- temperatuur van het zeewater
- deeltjes aantal en grootte (coulter counter)
- zwevend materiaal en de anorganische fractie daarvan
- secchimetingen

Overigens zijn in de brandingszone bij Kijkduin geen metingen verricht.

Het verslag bestaat uit een beschrijving van de hydrografie van de Zuidelijke Bocht, een beschrijving van de methoden, een overzicht van de meetresultaten en een discussie van de resultaten.

Terwille van de overzichtelijkheid zijn kaartjes, grafieken, etc. toegevoegd in de vorm van bijlagen. In de tekst wordt naar deze figuren verwezen.

2. HYDROGRAFIE EN NUTRIËNTENREGIME ZUIDELIJKE BOCHT

Bij de hieronder gegeven beschrijving van de hydrografie is geenszins naar volledigheid gestreefd. Het overzicht is samengesteld aan de hand van eerder uitgevoerde metingen en gepubliceerde gegevens.

De Zuidelijke Bocht van de Noordzee is een min of meer open systeem, waarin het zeewater een gemiddelde verblijftijd heeft van circa $2\frac{1}{2}$ maand (v. BENNEKOM et al., 1974). De verblijftijd wordt bepaald door de aanvoer van oceaanwater van het Kanaal door Straat Dover; deze bedraagt gemiddeld zo'n 5000 km^3 per jaar (v. BENNEKOM et al., 1974).

Het gebied wordt begrensd door Straat Dover, de 53e parallel en de kusten van Engeland, Nederland, België en Frankrijk. Het beslaat een oppervlak van circa 39000 km^2 . De gemiddelde diepte is circa 28 m, het water-volume bedraagt circa 1100 km^3 .

Er zijn drie watertypen te onderscheiden: oceaanwater (aanvoer door Straat Dover en van de Atlantische Oceaan), water afkomstig van de engelse kust en water afkomstig van de nederlandse kust.

Het oostelijke deel, in het westen begrensd door de lijn van maximale saliniteit, wordt fysisch en chemisch in hoge mate beïnvloed door de wateraanvoer van enkele belangrijke Europese rivieren, zoals de Rijn en de Maas. De nutriëntenaanvoer in dit gebied wordt dan ook door de rivieraanvoer bepaald.

In oceaanwater is de aanvoer van nutriënten in de oppervlakte laag afhankelijk van fysische factoren als wind, oppervlakteafkoeling, turbulentie (vertikale aan- en afvoer door verticale instabiliteit, RYTHER, 1971; DUGDALE, 1967). De P:N verhouding in het water is er hetzelfde als die in het plankton.

In kustwateren is dat anders. Daar wordt de aanvoer van nutriënten bepaald door de zoetwaterafvoer van het land. In vele kustgebieden, ook

in het nederlandse, is sprake van eutrophiëring: versnelde toename van aanvoer van chemische stoffen, die de fotosynthese bevorderen en algenpopulaties beïnvloeden. In het nederlandse kustgebied is de Rijn de belangrijkste bron van zoetwater en nutriënten.

Er is al vaak aangetoond (v. BENNEKOM et al., 1974; RYTHER, 1971; FOLKARD, 1974; TIJSSEN, 1968, 1970) dat de concentratie van voedingsstoffen in dit gebied zeer sterk is toegenomen de laatste (tientallen) jaren, terwijl de concentratie van die stoffen in oceaanwater niet noemenswaardig is veranderd (FOLKARD, 1974). Er is in het Noordzeewater dat afkomstig is van de oceaan alleen een seizoensinvloed merkbaar (JOHNSTON, 1971).

De invloed van rivierwater kan ver op zee nog goed merkbaar zijn. Door de hoge en fluctuerende aanvoer van nutriënten via de Rijn zou theoretisch een enorme fluctuatie in planktongroei merkbaar kunnen zijn in het Rijn-Maas estuarium. Dit is echter niet het geval. De planktongroei wordt hier misschien beperkt door de (mede-)aanvoer van toxische stoffen in het rivierwater. (zie ook POSTMA, 1969 en GIESKES, 1975).

De saliniteit in het gebied is niet veranderd (FOLKARD, 1974); TIJSSEN, 1968, 1970), zodat de hoeveelheid nutriënten per volume-eenheid zoet water is toegenomen. Dit geldt vooral voor fosfor- en stikstofverbindingen.

In de zomer is het gehalte aan reaktief silikaat in de Rijn laag, omdat een groot gedeelte ervan in de zwitserse meren wordt geconsumeerd. In de benedenloop van de rivier neemt het fosfor-gehalte af ten gevolge van sedimentatie. Er is geen netto verlies van stikstof in de Rijn. De Schelde heeft verhoudingsgewijs evenveel reaktief silikaat als de Rijn, hoewel de zoetwateraanvoer veel geringer is. (v. BENNEKOM et al., 1974).

Het kustwater bevat derhalve veel N-verbindingen, en heeft een

hoge N:P verhouding, terwijl stikstof in het midden van de Noordzee (JOHNSTON, 1971; SCHOTT, 1969) en elders in kustwateren (RYTHER, 1971) vaak een beperkende factor is voor algengroei. Reaktief silikaat is door de veranderingen in het gehalte aan P- en N-houdende voedingsstoffen in de rivieren juist in de Zuidelijke Bocht een beperkende factor geworden.

Studies over het watertransport in de Zuidelijke Bocht komen alle tot een noordwaartse reststroom (v. BENNEKOM et al., 1974; OTTO, 1970; RONDAY, 1973). In het oostelijke deel is dit transport min of meer evenwijdig aan de Nederlandse kust. Zie ook fig. 3 en 4 en TIJSSEN, 1968; 1969; 1970. Het zoete water wordt dan ook niet homogeen verdeeld over de zee. Circa 50 % ervan wordt in een 15 km brede strook langs de kust getransporteerd. Omdat het zoete water, zoals gezegd, afkomstig is van de rivieren, is de nutriëntendistributie hier sterk afhankelijk van de saliniteit.

De bijdrage van een strandraai aan het zoetwatertransport kan als volgt berekend worden:

$$\% \text{ zoetwater} = \frac{S_{\max} - \bar{S}}{S_{\max} - 0,5}$$

Het oppervlak van het zoete water is dan:

$$\text{oppervlak} = 0 \times \% \text{ m}^2 \text{ zoetwater}$$

In de zomer is de aanvoer van nutriënten via het Kanaal laag. Vooral in die periode is de invloed van de Rijn dus merkbaar. Door het lage gehalte aan reaktief silikaat in de rivieren raakt deze voedingsstof het eerst uitgeput en beperkt zo de diatomeeënbloei. De rest van de stikstof- en fosfor-houdende verbindingen wordt, vooral in het voorjaar, vaak niet door andere planktonsoorten geconsumeerd. Het planktonregime is overigens überhaupt niet stabiel: gedurende 6 maanden is er een vegetatief seizoen met hoge en lage primaire productie.

Een gevolg van dit alles is dat er voor de kust soms veel planktonvelden zijn, terwijl in een andere periode veel afvoer van (ongebruikte) nutriënten naar zee plaatsvindt.

Significante veranderingen in de chemische samenstelling van het Noordzeewater zijn beperkt gebleven tot de nutriënten, Br, I en sporenmetalen (JOHNSTON, 1971). Uit het voorgaande blijkt dat die veranderingen vooral bewerkstelligd zijn en worden door de zoetwateraanvoer. Er is echter ook in situ produktie aangetoond. De zeebodem is bijvoorbeeld een bron voor fosforverbindingen (TIJSSEN et al., 1974).

In het bovenstaande is aangegeven dat het nutriëntenregime afhankelijk is van een aantal factoren. De biologische activiteiten in zee worden beheerst door de verdeling van voedingsstoffen, de mate van eutrophiëring, de saliniteit en een aantal fysische factoren (bv. wind). Het vergelijken van primaire produktie, biomassa en andere planktonindices met de genoemde factoren kan de eventuele onderlinge relaties verduidelijken.

3. METHODEN

3.1. Monsternamen

Tijdens de algemene survey werd de bemonstering verricht met voor het NIOZ gebruikelijke methoden. De zeewatermonsters werden genomen met Nansen-waterscheppers, Dubbele Postma-waterscheppers en putsen. Bij de gedetailleerde survey van de brandingszone (die wij verder met strandraai zullen aangeven) moest de bemonstering plaats vinden met behulp van rubberboten. Dit vereiste een bijzondere organisatie van het bemonsteringsprogramma. Daar er in de toekomst mogelijkerwijze weer een dergelijke survey van de brandingszone plaats gaat vinden, zullen wij dit aspect wat uitvoeriger behandelen.

In het monsterprogramma van de rubberbootraaien kunnen drie fasen

onderscheiden worden. Ten eerste de voorbereidende fase, welke plaatsvindt aan boord van het moederschip. Ten tweede de eigenlijke monstername met de rubberboot in de zone tussen moederschip en de kust (strand). Ten derde de fase, waarin de verzamelde monsters een - voorzover dat nodig is - nabewerking ondergaan, waardoor ze geschikt zijn voor opslag en transport. Dit kan zowel in de rubberboot als aan boord van het moederschip plaatsvinden, afhankelijk van de soort nabewerking.

Fase 1: voorbereiding

Hieronder vallen: het inrichten van de rubberboot met alle voor fase 2 benodigde materialen, zoals kratten met flessen, voor zoutmonsters, chlorophyl monsters, voedingsstoffenmonsters, zuurstofmonsters, coulter counter monsters; Postma-waterscheppers; thermometers; dieplood (lijn); Secchi-schijf; walkie-talkie; administratiemateriaal. Vervolgens het strijken van de rubberboot.

Fase 2: monstername

Vanaf de ligplaats van het moederschip wordt in een rechte lijn naar de kust toegevaaren. Vanaf het moederschip wordt de koers met behulp van radar gecontroleerd en zonodig gecorrigeerd door middel van portofoons. Tevens worden op deze manier de plaatsen aangewezen waar de monsters genomen moeten worden. Deze plaats wordt geregistreerd aan boord van het moederschip. De rubberboot gaat op die plaats voor anker en voert de verschillende procedures uit. Vervolgens wordt er naar het volgende, door het moederschip aan te wijzen, punt gevaren, enz. Op elke punt worden de handelingen dubbel uitgevoerd, nl. voor elke bepaling een oppervlakte waarde en een waarde van ca. 1 m boven de bodem. Alleen aan het strand worden die handelingen maar één keer gedaan. Vervolgens keert men naar het moederschip terug.

De start van fase 2 ligt steeds ca 1 à 1½ uur vóór de maximale stroomsterkte, dan wel de kentering op die plaats. De gegevens hiervoor

zijn met behulp van stroomatlas en getijtafels berekend. De duur van fase 2 is 2 à 3 uur steeds, afhankelijk van de weersomstandigheden.

Eén ding dient hierbij nog opgemerkt te worden. De voorbehandeling van zuurstofmonsters, fase 3 dus al, vindt reeds aan boord van de rubberboot plaats, om nauwkeurigheden in de Winklermethode te voorkomen. Hetzelfde geldt voor coulter counter monsters.

Fase 3: nabewerking

Aan boord van het moederschip worden de verzamelde monsters, waar nodig, (voedingsstoffen, zwevend materiaal bepaling, chlorophyl) gefiltreerd. De monsters waarin voedingsstoffen (ook de ongefiltreerde) bepaald zullen worden, worden vervolgens ingevroren (ca. -25°C), evenals de filters die gebruikt zijn voor de chlorophyl-bepaling. De voorgewogen filters voor de bepaling van het zwevend materiaal worden gedroogd in een stoof bij 70°C .

3.2. Chemische Analysemethoden

3.2.1. Totaal-fosfor

De bepalingen van totaal-P van ongefiltreerd en gefiltreerd zee-water verliepen volgens de door J. MURPHY & J.P. RILEY 1962 beschreven methode.

De destructie met behulp van Kaliumpersulfaat volgens de methode van D.W. MENZEL & M. CORWIN. De extincties werden gemeten met Zeiss spectrofotometers PMQ II met doorstroomcuvetten van 1 en 5 cm en met behulp van een Scalar spectrofotometer met doorstroomcuvet van 5 cm. Tijdens de destructies bleek dat een van de gebruikte merken Kaliumpersulfaat een te grote hoeveelheid fosfor bevatte: 20 mikrogram P per gram persulfaat. Een bij de bepaling toelaatbare hoeveelheid P bedraagt 1 mikrogram per gram Kaliumpersulfaat. Het ging in dit geval om een van de potten van het merk Baker.

3.2.2. Overige Nutriënten

De voedingstoffen $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{SiO}_4\text{-Si}$ werden bepaald met behulp van de Technicon Autoanalyzer CSM 6, volgens de in STRICKLAND & PARSONS beschreven methoden. (STRICKLAND & PARSONS 1968). De zeewatermonsters werden in alle gevallen gefiltreerd over Milipore cellulose acetaat filters (poriëngrootte 0,45 mikrometer). Filtratie geschiedde met behulp van plastic systemen, waarna de monsters in bevroren toestand bewaard werden. Het ontdooien van de monsters gebeurde door ze gedurende 48 uur bij 4°C te laten staan. Dit in verband met het instellen van evenwichten mbt. reaktief silikaat.

3.2.3. Bepaling van Saliniteit

De monsters werden bewaard bij kamertemperatuur in serumflessen van 500 ml. De saliniteit werd bepaald met inductief gekoppelde salinometers (Autolab. Industries, Sydney type 601-MK III).

3.2.4. Zuurstofbepaling

Het opgeloste zuurstofgehalte werd bepaald met behulp van de door CARRIT & CARPENTER aanbevolen aanpassingen van de Winklermethode. (CARRIT & CARPENTER, 1966).

3.2.5. Chlorofyl-a en Phaeopigment

Deze bepalingen werden verricht in 90% alcohol/water extracten, met een Turner 111 fluorometer volgens de methoden beschreven in STRICKLAND & PARSONS (1968) en DERENBACH (1970). De volgende filters werden gebruikt : excitatielicht een combinatie van Wratten 2A en 47B (436nm) en voor het emissielicht Corning 2-64.

3.2.6. Zwevend materiaal en Asvrij drooggewicht

De bepaling van het gewicht verliep volgens in STRICKLAND & PARSONS (1968) beschreven methoden. Er werd gebruik gemaakt van Milipore cellulose acetaat filters ($\varnothing$ 0,45 mikrometer). De gewichtsbepaling gebeurde met een analytische balans. Voor de bepaling van het asvrij-drooggewicht werden de monsters in een oven gedurende 1 uur bij ca 800° C verast.

3.2.7. Temperatuur

De temperatuur bepalingen werden verricht met putsthermometers en Nansen -thermometers. Na correctie met behulp van de bijbehorende ijkstaten werden de werkelijke temperaturen verkregen.

3.2.8. Deeltjesgrootteverdeling

De verdeling van de deeltjesgrootte van het zwevende materiaal werd bepaald met behulp van een Model B Coulter Counter volgens de methoden beschreven door SHELDON & PARSONS (1967). Ter bepaling van deeltjesgrootten > 100 mikrometer werd een buis met een diameter van 560 mikrometer aangeschaft. De monsters werden bewaard in beugelflessen van 1 l. bij kamertemperatuur. Direct na de monsternamen werden de monsters gefixeerd met KI. In verband met tijdgebrek konden de monsters pas 1½ maand na de monsternamen geanalyseerd worden.

4. RESULTATEN

4.1. Saliniteitsverdeling van de Zuidelijke Bocht

4.1.1. Algemene survey van de Zuidelijke Bocht

Met behulp van een wijdmazig net van monsterstations werd de algemene survey uitgevoerd (zie fig. 1 en fig. 2). De saliniteitsverdeling tijdens de beide tochten (fig. 3a, 3b en 4a) werd

gekaracteriseerd in April door maximale waarden van 35 ‰ langs de zoutas en minimale waarden van 30,5 ‰ langs de Nederlandse Kust. In Juni werden langs de zoutas maximale waarden van 35,5 ‰ en minimale waarden van 29,5 ‰ langs de kust gevonden. Tussen oppervlakte- en bodemwaarden voor de Saliniteit werd in April weinig verschil geconstateerd.

4.1.2. Saliniteitsverdeling binnen de strandraaien

Om het verloop van de Saliniteitswaarden binnen de strandraaien te illustreren staan in Tabel I, de beginwaarden (ca 1,5 km van het strand) en de eindwaarden (bij het strand) van de Saliniteit opgegeven (fig. 5e t/m 11e).

Tabel I

Verloop van de oppervlaktewaarden van de Saliniteit (‰ S) per strandraai. Beginwaarde bij 10 m diepte gemiddeld ca 1,5 km uit de kust; eindwaarde bij 0,5 m diepte aan het strand. Bij de strandraaien beteken A en J resp. April en Juni; m en k beteken bij maximale stroomsterkte, resp. kentering.

Raai	Gemiddelde waarde	Beginwaarde	Eindwaarde	Verandering
Callantsoog, A, k	32,9	33,2	32,4	-2%
Callantsoog, A, m	32,8	32,8	32,8	0%
Callantsoog, J, k	32,0	32,2	31,8	-1%
Callantsoog, J, m	32,0	32,3	31,8	-1%
Bloemendaal, A, k	30,8	30,8	30,7	-0,3%
Bloemendaal, J, k	29,7	29,8	30,0	+0,5%
Bloemendaal, J, m	29,7	29,7	29,6	-0,3%

Zowel in April als in Juni kunnen er geen duidelijke verschillen geconstateerd worden tussen maximale stroomsterkte en kentering. De saliniteitswaarden per monsterstation per strandraai zijn weergegeven in fig. 5e t/m 11e.

4.2. Nutrientendistributie in de Zuidelijke Bocht

4.2.1. Algemene Survey

Bij de beschouwing zijn de volgende nutriënten betrokken : $\text{PO}_4\text{-P}$, Totaal-P, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{SiO}_4\text{-Si}$. Zie fig. 3d t/m 3o en 4c t/m 4h.

Fosfor

De verdeling van $\text{PO}_4\text{-P}$ (zie fig. 3d, 3e, 4c) vertoont het volgende beeld : Zowel in Juni als in April werden er maximale waarden van 2,5 $\mu\text{gat/l}$ waargenomen langs de kust en minimale waarden van 0,1 $\mu\text{gat/l}$ langs de zoutas.

De waarnemingen van S.B. TIJSSEN voor overeenkomstige perioden in het kustgebied (resp. 1,0 in 1968 en 2,0 in 1969) zijn lager. (S.B. TIJSSEN 1968, 1969 en 1970). De voor organische opgelost fosfor (P-org) en aan gesuspendeerd materiaal gebonden fosfor (P-susp) konden niet overzichtelijk gepresenteerd worden met behulp van isolijnen. Wel is in fig. 3f, 3g, 4d een overzicht gegeven van het verloop van het totaal-P gehalte. Er zijn weinig verschillen gevonden tussen oppervlakte- en bodemwaarden voor $\text{PO}_4\text{-P}$ en Totaal-P. Alleen voor $\text{PO}_4\text{-P}$ in April is er bij de Nieuwe Waterweg sprake van een duidelijk lagere waarde bij de bodem.

Stikstof

De verdeling van $\text{NO}_3\text{-N}$ (zie fig. 3h, 3i, 4e) vertoont het volgende beeld : In April zijn er hogere kustwaarden dan in Juni (resp. 40 en 25 $\mu\text{gat/l}$). De minimumwaarden voor April en Juni bedragen 1,0 $\mu\text{gat/l}$ langs de zoutas. In April is er weinig verschil waar- te nemen tussen bodem- en oppervlaktewaarden.

De $\text{NO}_2\text{-N}$ verdeling (zie fig. 3j, 3k, 4f) wordt gekarakteriseerd door kustwaarden van 2,0 en 2,5 $\mu\text{gat/l}$ voor resp. April en Juni, waarbij in April de oppervlaktewaarden hoger waren dan de bodemwaarden. Minimale waarden van 0,3 en 0,1 $\mu\text{gat/l}$ werden resp. in April en Juni verder op

zee gevonden. De Juni waarde van 0,1 werd ook langs de zoutas aangetroffen. De verdeling van het $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalte (zie fig. 3l, 3m, 4g) vertoont het volgende beeld : Maximale waarden aan de kust voor April 7,0 $\mu\text{gat/l}$ en voor Juni 15,0 $\mu\text{gat/l}$. Langs de zoutas werden in April minimale waarden gevonden van 0,5 $\mu\text{gat/l}$ en in Juni waarden van 1,0 $\mu\text{gat/l}$. De bodemwaarden vertoonden in April weinig verschil t. o. v. de oppervlaktewaarden.

Silicium

We kunnen de verdeling van het reaktief silikaat als volgt kenschetsen (zie fig. 3n, 3o, 4h) : De Aprilwaarden zijn lager dan de Juni waarden. De waarden aan de kust bedroegen voor April en Juni resp. 0,5 en 1,0 $\mu\text{gat/l}$, terwijl langs de zoutas waarden van 0,1 $\mu\text{gat/l}$ voor zowel April als Juni gevonden zijn. Overigens zijn in April bij de Nieuwe Waterweg ook waarden van 10 $\mu\text{gat/l}$ gemeten. In bodemwaarden en oppervlaktewaarden van April konden geen duidelijke verschillen worden aangetoond.

4.2.2. Relaties tussen Nutriënten en Saliniteit in de Zuidelijke Bocht

Het verband tussen de nutriënt-concentraties enerzijds en de Saliniteit anderzijds in de Zuidelijke Bocht wordt weergegeven in de fig. 12 t/m 15. Deze waarden zijn steeds gemiddelden van 24 monsters verdeeld over raaien van 11 of 2,8 km lengte. Deze raaien werden vanuit 12 monsterstations van de algemene survey van April en Juni gevaren. Dit vond overigens plaats in het kader van een ander onderzoek. Uit de figuren 12 t/m 15 blijkt dat er in de Zuidelijke Bocht zowel in April als in Juni sprake is van een negatieve correlatie tussen de nutriënten en de Saliniteit. De grafieken vertonen noch in April noch in Juni het beeld van conservatieve menging. (d.i. toename van de Saliniteit is recht evenredig met de afname van de voedingsstoffenconcentraties).

In April heeft er maximale verwijdering van voedingsstoffen plaats gevonden bij niet maximale Saliniteit van 34,5 ‰. In Juni komt dit voor

bij $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{NO}_2\text{-N}$. $\text{PO}_4\text{-P}$ en $\text{SiO}_4\text{-Si}$ echter vertonen dit beeld in Juni niet. Bij $\text{SiO}_4\text{-Si}$ heeft hier reeds maximale verwijdering van het $\text{SiO}_4\text{-Si}$ plaatsgevonden bij een relatief lage Saliniteit van 32,5 ‰. Tevens is er in April bij de $\text{PO}_4\text{-P}$ en de $\text{SiO}_4\text{-Si}$ waarden aan de kust een effect van consumptie waarneembaar. Deze kustwaarnemingen zijn afkomstig van de raai die bij Bloemendaal werd gevaren.

4.2.3. Nutriëntenverdeling binnen de strandraaien

In Tabel II wordt een overzicht gegeven van de waarnemingen t.a.v. de strandraaien. Tevens worden hier de onderlinge nutriënten-verhoudingen aangegeven.

Tabel II

Gemiddelde waarden van Saliniteit (‰S) en Nutriënten ($\mu\text{g}/\text{l}$) per strand-raai met opgave van onderlinge nutriëntverhouding. De gebruikte afkortingen voor de strandraaien zijn als in Tabel I met de toevoegingen Op en Bo die aanduiden dat het om resp. oppervlakte en bodemwaarden gaat.

Strandraai	(‰S)	$\text{PO}_4\text{-P}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{SiO}_4\text{-Si}$	P:N:Si	P:N
Call. A, k, Op	32,9	0,61	15,4	0,38	1,3	0,3	2,0:57:1	1:28
Call. Bo	32,9	0,65	14,9	0,37	1,0	0,4	1,6:41:1	1:25
Call. A, m, Op	32,8	0,74	16,9	0,32	1,0	0,4	1,6:40:1	1:25
Call. Bo	32,8	0,75	17,0	0,31	1,0	0,5	1,5:37:1	1:24
Call. J, k, Op	32,0	1,16	20,2	1,57	4,6	0,9	1,3:29:1	1:23
Call. Bo	32,0	1,16	20,1	1,55	4,1	0,7	1,7:37:1	1:22
Call. J, m, Op	32,0	1,18	19,8	1,67	5,2	0,7	1,7:38:1	1:23
Call. Bo	31,9	1,19	19,8	1,57	5,9	0,8	1,5:34:1	1:23
Bloem. A, k, Op	30,8	1,32	44,3	1,7	4,6	0,1	(13:506:1)	1:38
Bloem. Bo	30,7	1,43	45,4	1,6	4,5	0,1	(14:515:1)	1:36
Bloem. J, k, Op	29,7	1,89	30,9	5,3	13,1	0,7	2,6:68:1	1:26
Bloem. Bo	29,9	1,92	29,7	5,5	15,5	3,1	0,6:16:1	1:26
Bloem. J, m, Op	29,7	2,08	29,2	3,4	20,1	0,7	3,0:75:1	1:25
Bloem. Bo	29,8	1,91	30,1	3,6	24,2	0,7	2,7:83:1	1:30

De gemiddelde P-N verhouding draagt 1:27. De verhouding is vrijwel op alle raaien hetzelfde met uitzondering van de waarde bij Bloemendaal in April tijdens de kentering. Het Si gehalte bedroeg hier vrijwel 0,0 (zie ook 5.2) terwijl het $\text{NO}_3\text{-N}$ gehalte uitzonderlijk hoog was. De gemiddelde P-N verhouding van 1:27 komt overeen met de door van BENNEKOM et al., (1975) opgegeven waarde voor de P-N verhouding in de Rijn.

Vergelijking van de Nutriëntconcentratie bij Bloemendaal en Callantsoog laat zien dat zowel in April als in Juni de waarden bij Bloemendaal een factor 1,5 to 5 hoger zijn dan bij Callantsoog. ($\text{PO}_4\text{-P}$ waarden zowel in April als in Juni een factor 2 hoger. $\text{NO}_3\text{-N}$ bij Bloemendaal in April een factor 3 hoger en in Juni een factor 1,5-2. $\text{NO}_2\text{-N}$ waarden in April en Juni een factor 3-4,5 hoger bij Bloemendaal. $\text{NH}_3\text{-N}$ bij Bloemendaal in April en Juni een factor 4-5 hoger. $\text{SiO}_4\text{-Si}$ waarden zijn in April bij Bloemendaal uitgeput, terwijl in Juni de Bloemendaalwaarden een factor 1,5 hoger liggen).

Er zijn weinig opmerkelijke verschillen tussen de waarden voor de kentering en de maximale stroomsterkte. ($\text{PO}_4\text{-P}$: weinig verschil, alleen bij Callantsoog in April is de kenteringwaarde 15% lager dan de waarde voor maximale stroomsterkte. $\text{NO}_3\text{-N}$: geen verschillen. $\text{NO}_2\text{-N}$: weinig verschillen, uitzondering wordt gevormd door de waarden bij Bloemendaal in Juni, die bij maximale stroomsterkte 40% lager zijn dan bij kentering. $\text{NH}_4\text{-N}$: In April weinig verschil in Juni is de gemiddelde waarde bij Callantsoog tijdens de kentering 30% lager dan tijdens maximale stroomsterkte, dit geldt ook voor Bloemendaal in Juni. $\text{SiO}_4\text{-Si}$: geen relevante verschillen).

Het verloop van de Nutriënten concentraties per strandraai in de richting van het strand wordt in Tabel III en fig. 5b, c, d, f, g, h, i t/m 11b, c, d, f, g, h, i weergegeven.

Tabel III

Verloop van de oppervlaktewaarden van de Nutriënten per strandraai. De strandraaien zijn afgekort weergegeven: Call=Callantsoog, Bloem=Bloemendaal, A=April, J=Juni, k=kentering, m=maximale stroomsterkte, Op=oppervlaktewaarde, Bo=bodemwaarde. Begin duidt de waarden aan bij het begin van een strandraai, bij 10 m diepte, ca 1,5 km uit de kust verwijderd. Met eind wordt de eindwaarde bedoeld bij 0,5 m diepte aan het strand. De concentraties staan opgegeven in $\mu\text{g}/\text{l}$. Daar waar bij het verloop 0 staat opgegeven, betekent dit dat er ofwel geen toe- of afname te zien was, ofwel dat de waarden over de raai niet gradiënts-gewijs verliepen.

Strandraai	Begin	Eind	Verloop
Call. A, k: $\text{PO}_4\text{-P}$	0,4	0,7	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	13,2	17,5	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	0,4	0,4	0
$\text{NH}_4\text{-N}$	1,2	1,0	-
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,2	0,4	+
Call. A, m: $\text{PO}_4\text{-P}$	0,5	1,2	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	16,1	17,9	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	0,3	0,3	0
$\text{NH}_4\text{-N}$	1,0	0,8	0
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,4	0,7	+
Call. J, k: $\text{PO}_4\text{-P}$	1,0	1,4	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	18,5	23,5	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	1,4	1,9	+
$\text{NH}_4\text{-N}$	4,0	4,0	0
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,7	0,5	0
Call. J, m: $\text{PO}_4\text{-P}$	1,0	1,6	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	18,1	23,5	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	1,3	2,0	+
$\text{NH}_4\text{-N}$	4,2	9,3	+
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,5	0,7	0

Tabel III vervolg

Strandraai	Begin	Eind	Verloop
Bloem. A, k: $\text{PO}_4\text{-P}$	1,3	1,3	0
$\text{NO}_3\text{-N}$	42,2	45,3	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	1,7	1,7	0
$\text{NH}_4\text{-N}$	4,8	4,6	-
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,2	0,0	0
Bloem. J, k: $\text{PO}_4\text{-P}$	1,8	2,0	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	31,3	31,3	0
$\text{NO}_2\text{-N}$	4,9	4,6	0
$\text{NH}_4\text{-N}$	16,7	22,2	0
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	1,2	0,6	-
Bloem. J, m: $\text{PO}_4\text{-P}$	2,0	2,7	+
$\text{NO}_3\text{-N}$	29,7	31,7	+
$\text{NO}_2\text{-N}$	3,3	4,0	+
$\text{NH}_4\text{-N}$	28,7	10,2	-
$\text{SiO}_4\text{-Si}$	0,9	0,2	-

Indien wij de in Tabel III vermelde veranderingen per raai vergelijken met het verloop van de Saliniteitswaarden (zie Tabel I), dan blijkt dat in het algemeen $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NO}_2\text{-N}$ een lichte negatieve correlatie vertonen met de Saliniteit. $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{SiO}_4\text{-Si}$ laten geen duidelijk waarneembare correlatie met de Saliniteit zien.

In de fig. 5c, d t/m 11c, d worden de waarden voor organisch opgelost fosfor (P-org) en aan gesuspendeerd materiaal gebonden fosfor (Psusp) gegeven. De P-org waarden zijn in het algemeen vrij laag (0-0,2 $\mu\text{gat/l}$). Alleen bij Bloemendaal werd in Juni een hoger niveau gevonden. (tijdens maximale stroomsterkte 0,8 $\mu\text{gat/l}$ en tijdens de kentering 0,4 $\mu\text{gat/l}$). Noch P-org waarden, noch P-susp waarden vertonen een correlatie met de Saliniteit. Bij Bloemendaal zijn de P-susp waarden gemiddeld een factor 2-3 hoger dan bij Callantsoog. (resp. 2,5-6 en 0,5-2 $\mu\text{gat/l}$). Opvallend

is dat de bodemwaarden voor P-susp overal een factor 2 of meer hoger zijn dan de oppervlaktewaarden.

4.3. zwevend materiaal-, Chlorofyl-a- en Zuurstofwaarden

4.3.1. Algemene survey van de Zuidelijke Bocht

Tijdens de algemene surveys van April en Juni zijn er geen waarnemingen verricht ten aanzien van zwevendmateriaal, chlorofyl-a en zuurstofgehalten.

4.3.2. zwevend materiaal-, Chlorofyl-a-, en Zuurstofwaarden op de strandraaien in April en Juni

De waarden voor het zuurstofgehalte staan vermeld in fig. 5k t/m 11k. De verzadigingspercentages lagen voor alle raaien tussen 100% en 115%. Tussen de waarden voor Callantsoog en voor Bloemendaal zijn, evenals tussen de waarden voor maximale stroomsterkte en voor de kentering, geen duidelijke verschillen waarneembaar. In het gebied tussen 200 m en 1200m uit de kust is het zuurstofgehalte steeds hoger dan buiten deze grenzen.

De waarden voor Chlorofyl-a en zwevend materiaal staan vermeld in de figuren 5m-p t/m 11m-p. Een vergelijking tussen de gemiddelde oppervlakte- en bodemwaarden van Chlorofyl-a, zwevend materiaal en het asvrijdrooggewicht per raai is te vinden in Tabel IV.

Het procentuele gedeelte asvrijdrooggewicht van het zwevende materiaal bedraagt gemiddeld 34% met een minimale waarde van 8% en een maximale waarde van 67%. De bodemwaarden van zwevend materiaal en chlorofyl-a zijn gemiddeld hoger dan de oppervlakte waarden. Bovendien blijkt uit de figuren 5m-o t/m 11m-o, dat meestal tussen 200 m en 1200 m uit de kust maxima optreden voor deze parameters. Bij Bloemendaal werden in Juni tijdens de kentering uitzonderlijk hoge waarden voor beide parameters gevonden. (resp. $73,4 \text{ mg/m}^3$ en 2984 mg/l).

Tabrl IV

Gemiddelde waarden zwevend materiaal, chlorofyl-a phaeopigment en asvrij drooggewicht, per strandraai. Afkortingen voor strandraaien als bij Tabel III, terwijl Opp is oppervlaktewaarden en Bod is bodemwaarde. Gehalten phaeopigment uitgedrukt als procentuele fractie van Chlorofyl-a en phaeopigment (v gewicht).

Strandraai	Chlorofyl =a (mg/m ³)	Phaeo- pigment (in %)	Zwevend materiaal (mg/l)	Asvrij drooggewicht (mg/l)
Call. A,k, Opp.	2,2	37,3	83,4	7,4
Call. Bod.	5,5	41,5	104,4	14,4
Call. A,m, Opp.	4,2	45,9	46,2	15,6
Call. Bod.	9,4	39,2	112,3	33,1
Call. J,k, Opp.	2,8	37,7	39,8	26,8
Call. Bod.	6,5	36,6	58,9	28,6
Call. J,m, Opp.	4,2	40,2	42,5	26,8
Call. Bod.	5,0	40,8	63,8	30,6
Bloem. A,k, Opp.	6,2	35,4	48,1	11,3
Bloem. Bod.	8,2	34,9	77,7	17,2
Bloem. J,k, Opp.	10,2	31,0	26,6	9,2
Bloem. Bod.	34,4	35,9	164,3	46,3
Bloem. J,m, Opp.	5,3	25,5	34,6	7,9
Bloem. Bod.	7,4	31,0	59,2	19,4

4.4. Deeltjesgrootteverdelingen m.b.v. Coulter Counter.

In Juni zijn bij Callantsoog voor de maximale stroomsterkte- en de kenteringraai verdelingen van de deeltjesgrootte opgesteld. Zie hiervoor fig. 13 en 14. Uit deze grootte-spectra komt naar voren dat alle spectra een min of meer Gaussiaanse verdeling weergeven met een modus voor de diameter tussen 10 en 20 mikrometer. Steeds is het aantal deeltjes bij de bodem groter dan aan het oppervlak. Naarmate men de kust nadert, neemt aan het oppervlak het aantal deeltjes toe, met een maximum aantal op het strand.

In de richting van de kust neemt langs de bodem eveneens het aantal deeltjes toe, maar hier treedt het maximum gemiddeld 400 m uit de kust op. Daarna neemt het aantal weer enigszins af. Tijdens de kentering vinden we bij de bodem gemiddeld grotere aantallen deeltjes dan tijdens maximale stroomsterkte. Aan het oppervlak vinden we daarentegen juist bij maximale stroomsterkte grotere aantallen deeltjes dan bij kentering.

4.5. Temperatuur- en Secchiwaarden

In de figuren 51 en 111 zien we de resultaten van de temperatuurmetingen van het zeewater en Secchi waarnemingen. Overigens zijn de Secchi waarnemingen alleen in April verricht.

5. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

5.1. Conclusies

5.1.1. Trends

In de Zuidelijke Bocht vinden we over een traject van ca. 50 mijl (van de zoutas naar de kust) een gemiddelde daling in het zoutgehalte van 0,1 - 0,35 ‰ per mijl. Bij de strandraaien vinden we een daling van 0 - 0,4 ‰ per mijl. De trend: het zoutgehalte neemt af naarmate men de kust nadert zet zich derhalve ook door in de onderzochte brandingszone.

De $\text{PO}_4\text{-P}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$ waarden nemen naarmate men de kust nadert (en dus de saliniteit afneemt) sterker toe. In de brandingszone zet deze trend zich voort; hier is de toename van $\text{PO}_4\text{-P}$ en $\text{NO}_3\text{-N}$ -concentraties per mijl het sterkst. Deze trend vinden we voor de $\text{NO}_2\text{-N}$ -concentraties alleen in Juni. $\text{NH}_4\text{-H}$ en $\text{SiO}_4\text{-Si}$ vertonen in de brandingszone geen duidelijk waarneembaar verloop.

Het aantal deeltjes in de brandingszone neemt toe naarmate men de

kust nadert. Aan het oppervlak wordt het maximale aantal deeltjes aan het strand aangetroffen; bij de bodem bevat het water ca. 400 m uit de kust de meeste deeltjes.

5.1.2. Correlaties

Tussen saliniteit en nutriëntconcentraties vinden we bij de algemene survey over het hele gebied negatieve correlaties. Er is echter niet sprake van een conservatieve menging, aangezien de maximale verwijdering van voedingsstoffen vaak reeds plaatsvindt bij niet-maximale saliniteit.

Bij het strandraai-onderzoek zijn deze correlatie minder duidelijk. $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ en $\text{NO}_2\text{-N}$ vertonen een lichte negatieve correlatie met de saliniteit, $\text{NH}_4\text{-N}$ en $\text{SiO}_4\text{-Si}$ helemaal geen. $\text{SiO}_4\text{-Si}$ is bijna overal uitgeput.

Er is een positieve correlatie tussen chlorofyl a-, zwevend materiaal en deeltjes-aantallen-waarden. Steeds zijn bij deze parameters de bodemwaarden hoger dan de oppervlaktewaarden.

Tussen de 200 m en 1200 m uit de kust vinden we steeds hogere waarden voor chlorofyl a en zwevend materiaal dan buiten deze grenzen. Opvallend is dat de zuurstofverzadigingswaarden (aan het oppervlak) in deze strook van 200 tot 1200 m ook hoger zijn dan daarbuiten.

5.2. Discussie

Bij het onderzoek is gekozen voor een zo breed mogelijke opzet in die zin, dat er veel parameters per monsterpunt beschouwd zijn. De nadruk is gelegd op de kwantiteit. Daarbij moet in de gaten gehouden worden dat de informatie per monsterpunt over één parameter beperkt is.

Er zijn duplobepalingen gedaan in het simultaan met dit onderzoek verrichte statisties onderzoek. Voor de resultaten van de duplometingen

verwijzen we naar dat onderzoek (van TILBURG et al., 1976).

Bij de bemonstering van de strandraaien met behulp van de rubberboot zijn we gebonden geweest aan randvoorwaarden als: hoeveelheid ruimte aan boord (ten aanzien van mee te nemen kratten), tijd, enz. Daardoor zijn we niet in staat geweest zelf duplometingen te doen.

Ten aanzien van nutriëntconcentraties moet het volgende opgemerkt worden: daar waar lage concentraties aangetroffen worden, is de nauwkeurigheid van het resultaat kleiner. Bijvoorbeeld voor een $\text{SiO}_4\text{-Si}$ concentratie van $0,1 \mu\text{g/l}$ per liter, een f-waarde van 20 en een 5 cm cuvet vinden we een extinctie van 0,005. Nemen we een fluctuatie aan van 0,001 extinctie eenheden in de meteruitslag, dan is de fout dus 20%. Hiermee moet bij de interpretatie van de meetresultaten rekening gehouden worden.

6. REFERENTIES

- BENNEKOM, A.J. van, W.W.C. GIESKES & S.B. TIJSSEN, 1974. Eutrophication of Dutch Coastal waters.
- CARRIT, D.E. & J.H. CARPENTER, 1966. Comparision and evaluation of currently employed modifications of the Winkler-method for the determination of dissolved oxygen in seawater. J. of Mar. Res. vol. 24, no. 2.
- DERENBACH, J., 1970. Zur Homogenisation des phytoplanktons für die chlorophylbestimmung. Kieler Meeresforsch. 7, no. 2, p. 166-171.
- DUGDALE, R.C., 1967. Nutrient limitation in sea; dynamics, identification and significance. Limnol. Oceangr. 12 p. 685-695.
- FOLKARD, A.R. & P.G.W. JONES, 1974. The distribution of nutrient salts in the Southern North Sea during early 1974. ICES CM 1974/C: 17: p. 1-5.
- GIESKES, W.W.C. & G.W. KRAAY, 1975. The phytoplankton spring bloom in Dutch coastal waters of the North Sea. Neth. J. Sea Res. V. 9 (2): p. 166-196.
- JOHNSTON, R., 1971. Nutrients and metals in the North Sea. In: North Sea Science, conferention 1971; M.I.T. press 1973, ed. P. Goldberg.

- MENZEL, D.W. & N. CORWIN, 1965. The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. Contribution no. 1528 of the Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts. *Limnol. en Oceanogr.*, vol. 10: p. 280-282.
- MURPHY, J. & J.P. RILEY, 1962. A modified single solution for the determination of phosphate in natural water, *Anal. Chim. Acta.*, 27.
- OTTO, L., 1970. The mean residual transport pattern in the southern North Sea. I.C.E.S. CM 1970/C:21.
- POSTMA, H., 1969. Hydrologische problemen in estuariumgebieden. Voor- dracht voor de koninklijke maatschappij voor Natuurkunde.
- RONDAY, F.C., Y. RUNFOLLA & Y. ADAM, 1973. Residual and wind driven circulation in the Southern Bight. Modèle mathématique. Rapport de synthèse. Journées d'études des 6, 7, 8 Novembre 1972, p. 95-112 (Belgique).
- RYTHER, J.H. & W.M. DUNSTAN, 1971. Nitrogen, Phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171 (1971) 1008-1013.
- SCHOTT, F. & M. EHRHARDT, 1969. On fluctuations and mean relations of chemical parameters in the Northwestern North Sea. *Kieler Meeresf.* 25 (2) 272-278.
- SHELDON, R. W. & T. R. PARSONS, 1967. A practical manual on the use of the Coulter Counter in marine science. Coulter Electronics Sales Cy. Canada: p. 1-66.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS, 1968. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167.
- TIJSSSEN, S.B., 1968, 1969, 1970. Hydrographical and chemical observations in the Southern Bight. *Annales Biol.* 24 p. 52-56; 25 p. 51-59; 26 p. 73-81.
- TIJSSSEN, S.B., A.J. v.BENNEKOM & W. HELDER, 1974. Contribution of in situ production to the budget of dissolved inorganic nutrients in the eastern part of the Southern Bight of the North Sea. I.C.E.S. CM 1974/C:26.

Fig- 1. Monsterstations, survey
22-25 april 1974.

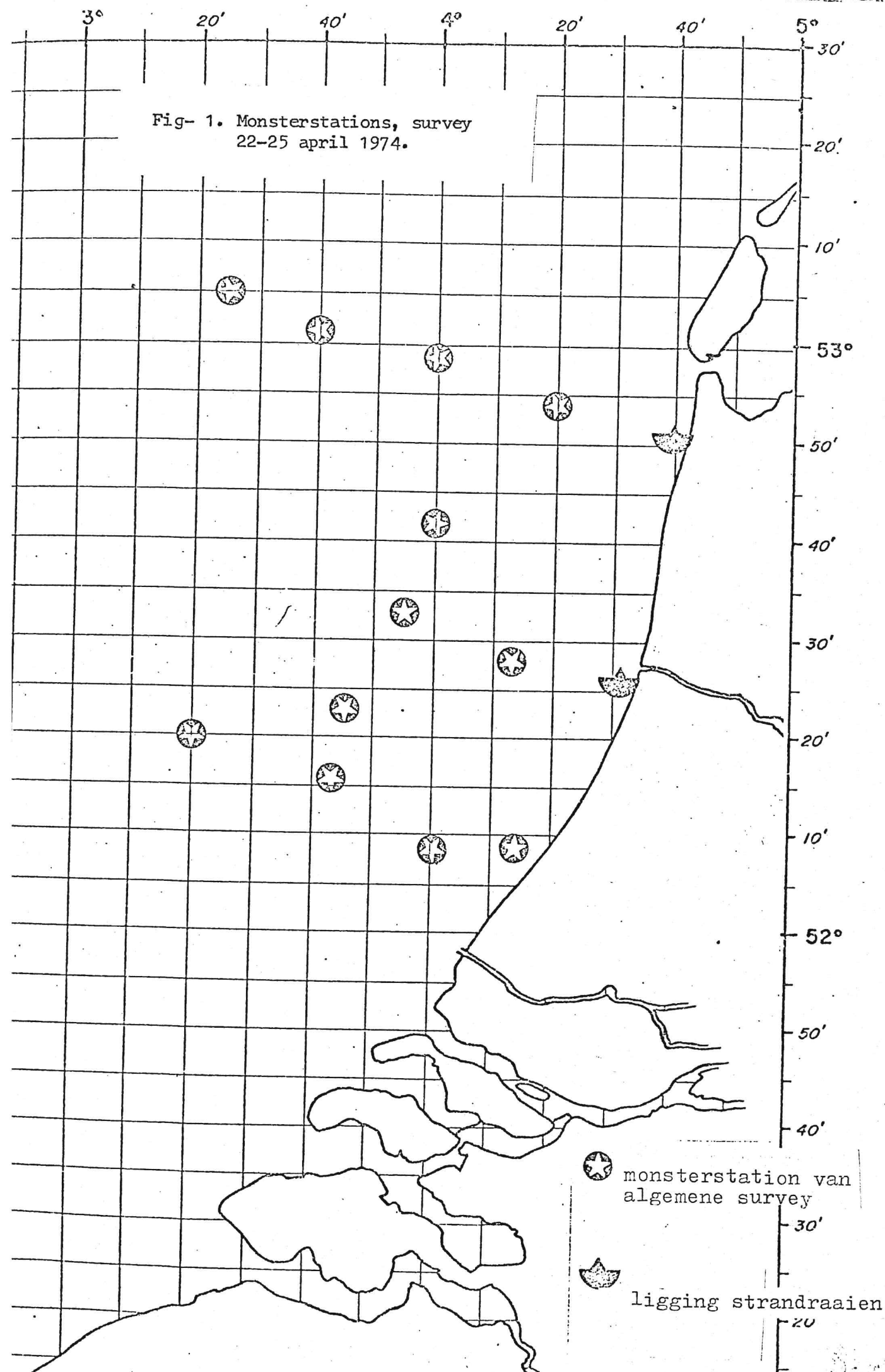


Fig. 2. Monsterstations, survey
4-6 juni 1974.

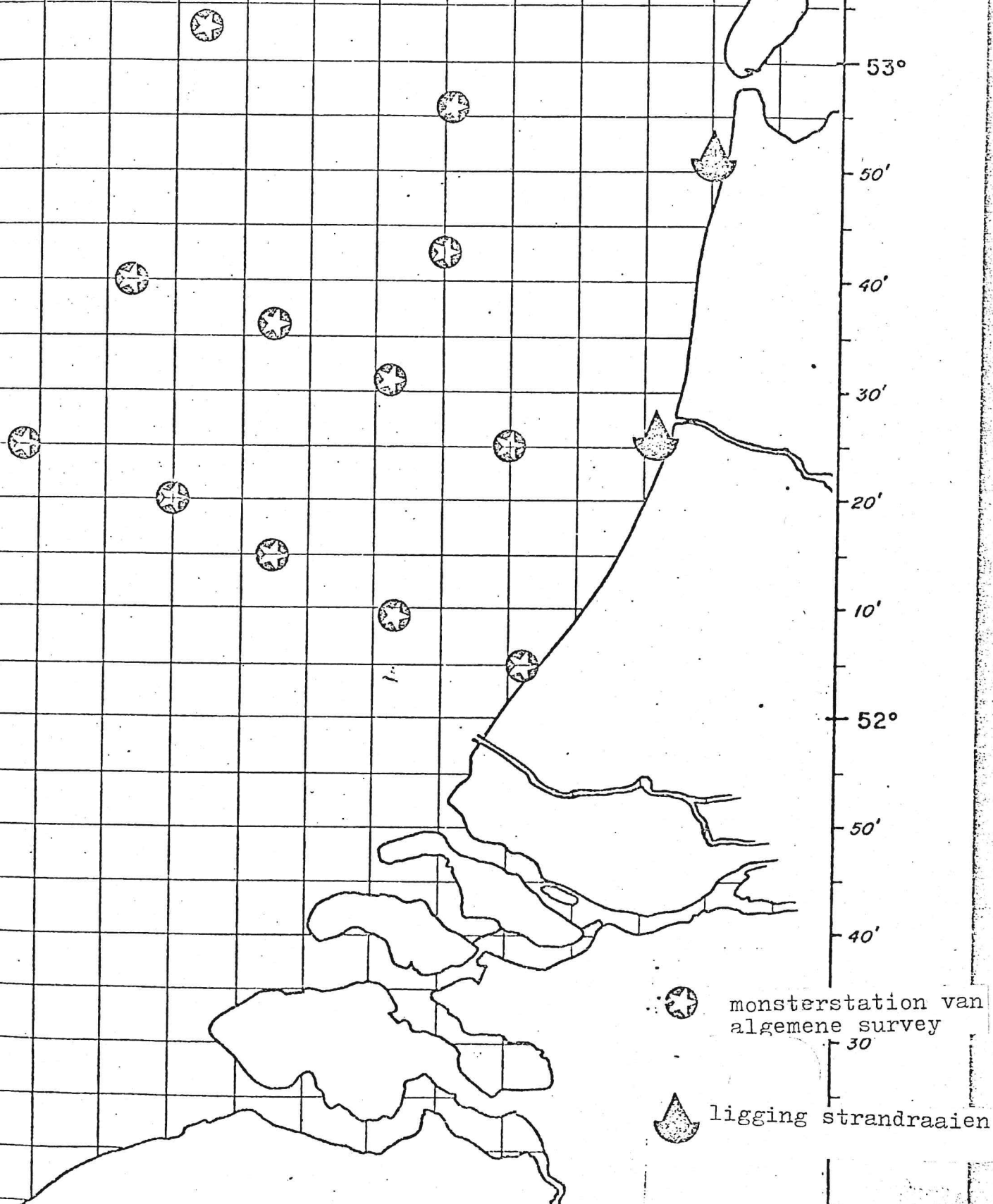


Fig. 3. Concentratie niveau's in de Zuidelijke Bocht, April 1974.

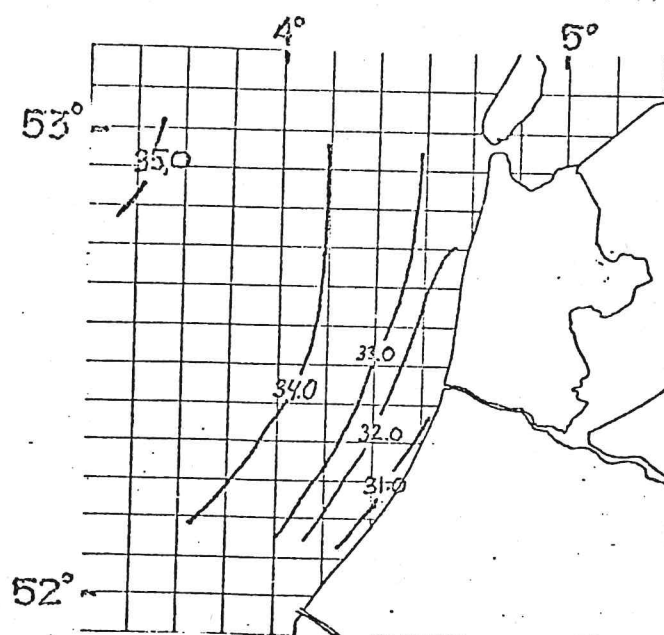


fig. 3a

Period	April '74
Ship	Aurelia
Observation	saliniteit ‰
Remarks	oppervlak
Scale	1 m.m. = 1 n.m.

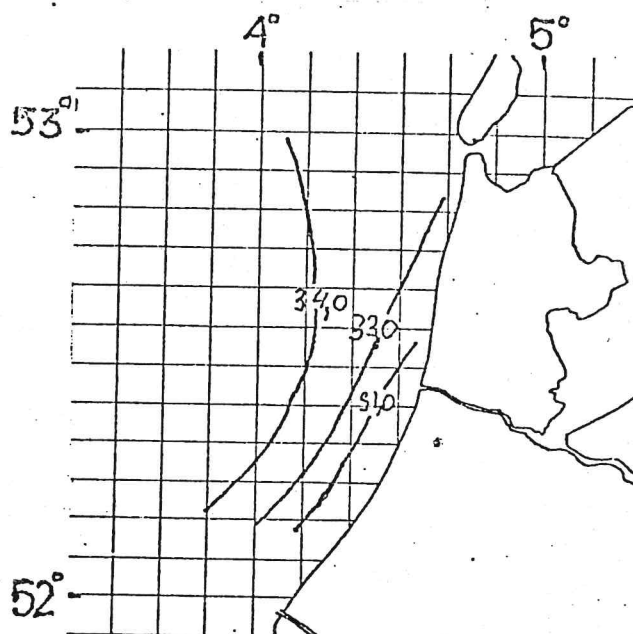


fig. 3b/

Observation	saliniteit ‰
Remarks	bodem

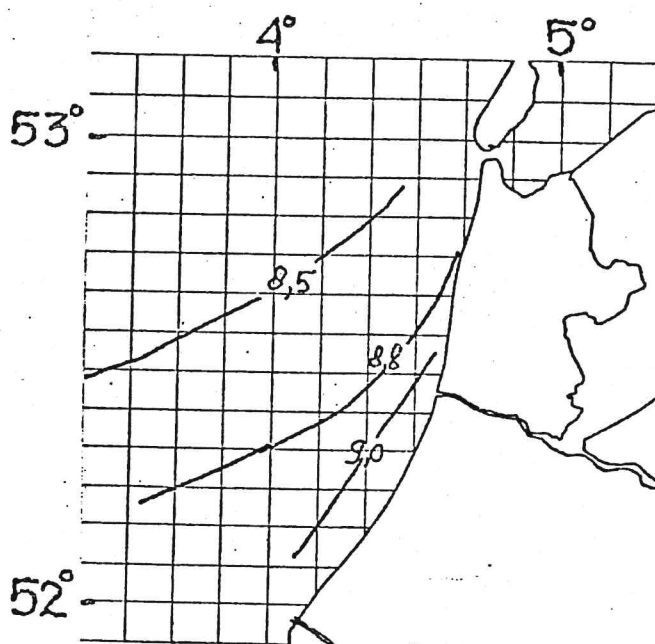


fig. 3c

Observation	temperatuur °C
-------------	----------------

Fig. 3. Concentratie niveau's in de Zuidelijke Bocht, April 1974.

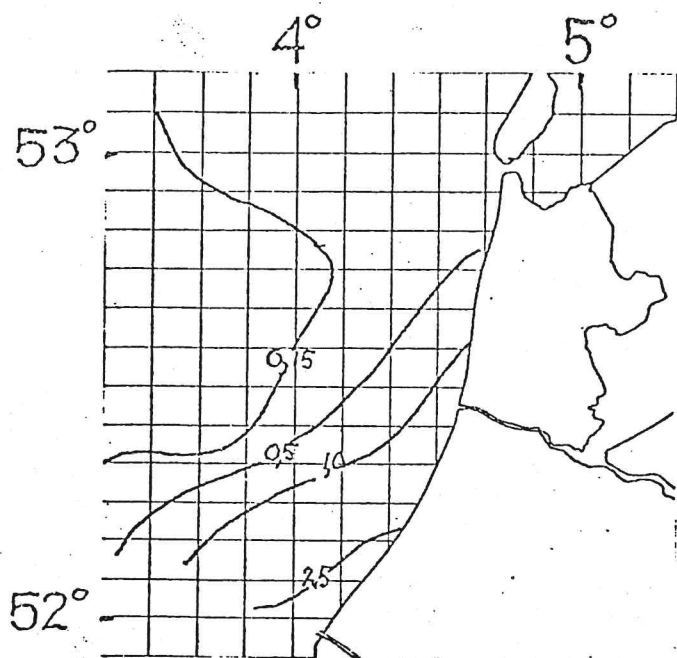


fig. 3d

Period	April '74
Ship	Aurelia
Observation	$P_{24}^3 \mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm. Δ 1 n.m.

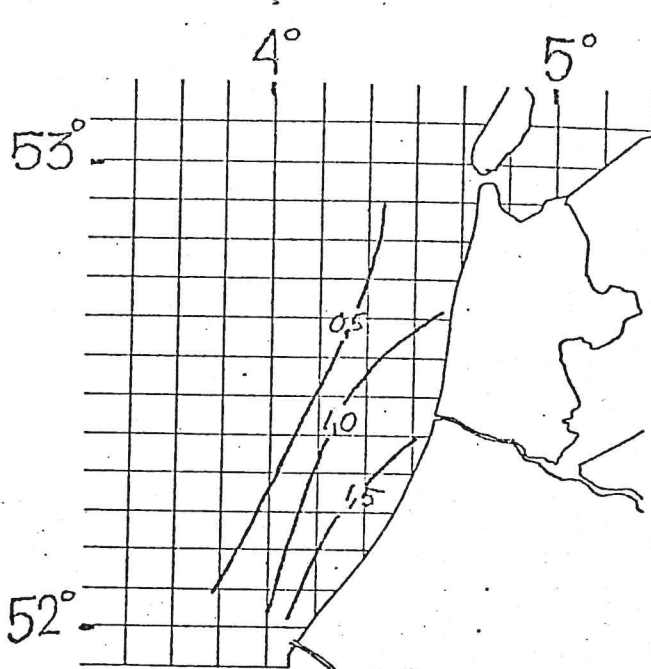


fig. 3e

Observation	$P_{24}^3 \text{ in } \mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	bodem

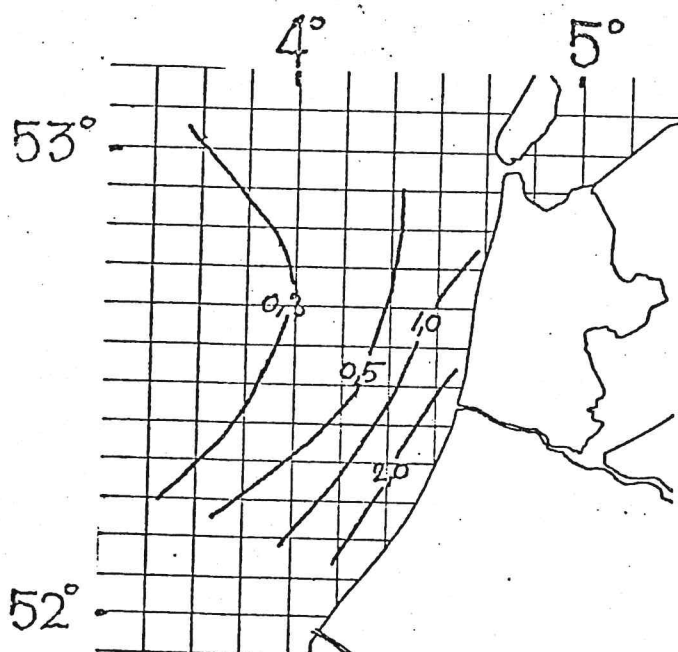


fig. 3f

Observation	totaal- $P_{\mu\text{grat. l}^{-1}}$
Remarks	oppervlak

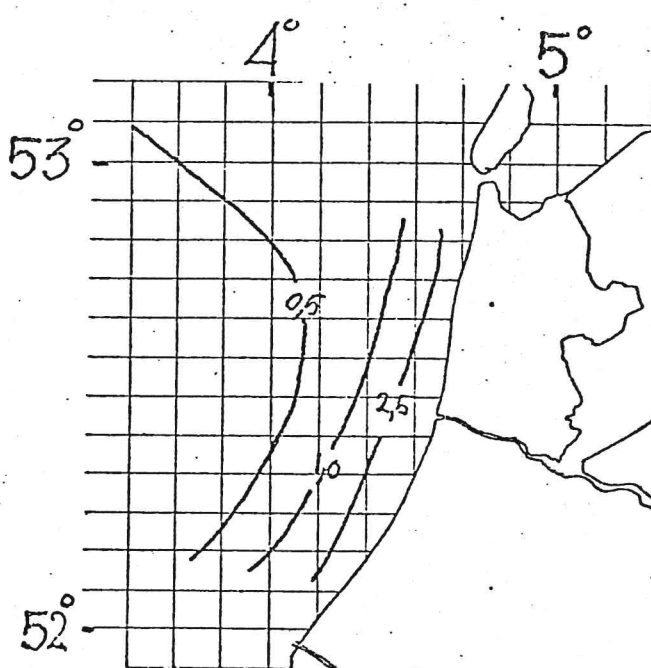


fig. 3g

Observation	totaal- $P \text{ in } \mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	bodem

Fig. 3. Concentratie niveau's in de Zuidelijke Bocht, April 1974.

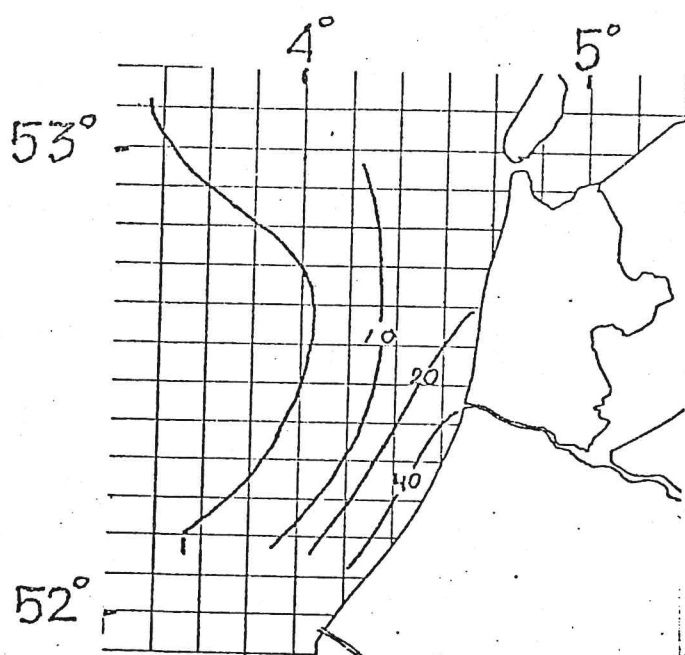


fig. 3h

Period	April 1974
Ship	Aurelia
Observation	NO_3^- $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

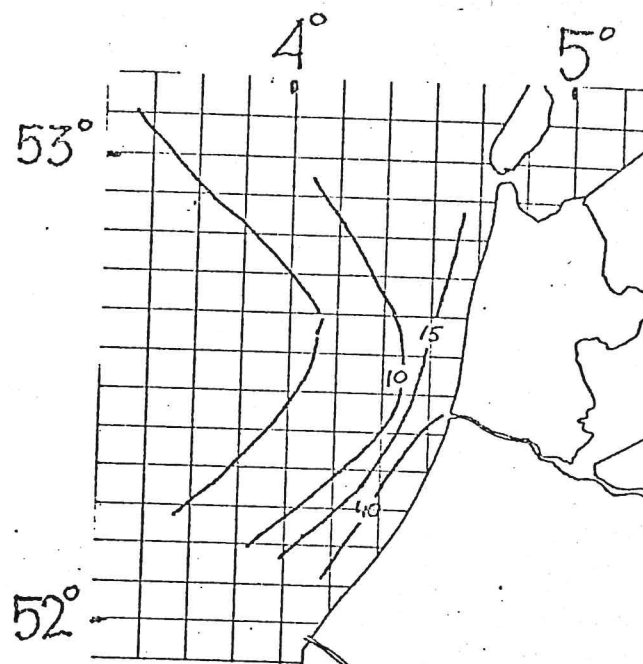


fig. 3i

Observation	NO_3^- $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	bodem
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

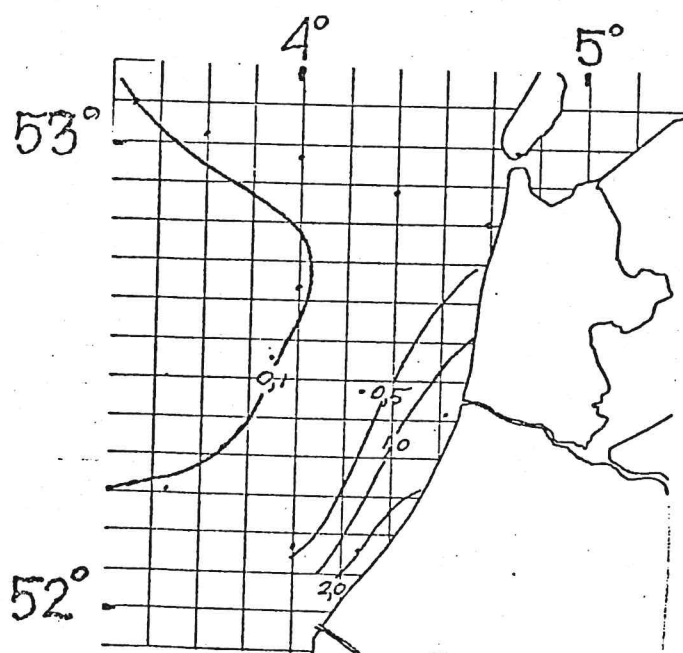


fig. 3j

Observation	NO_2^- in $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

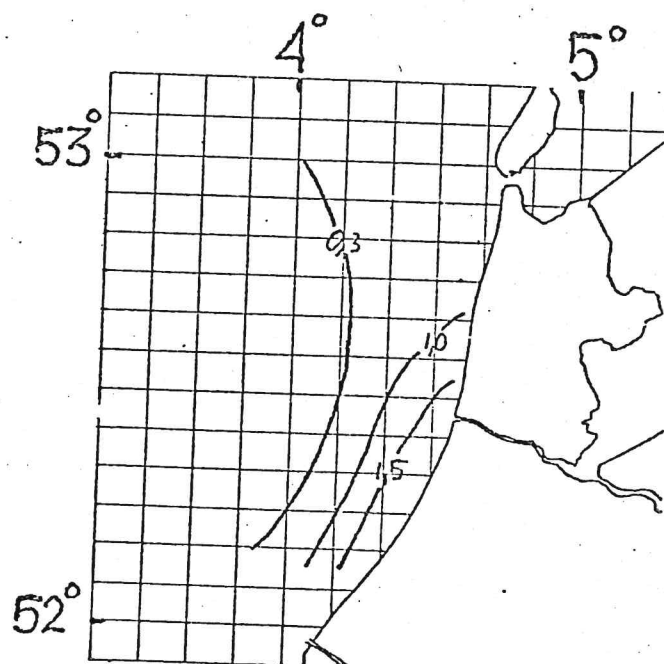


fig. 3k

Observation	NO_2^- in $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	bodem
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

Fig. 3. Concentratie niveaus in de Zuidelijke Bocht, April 1974.

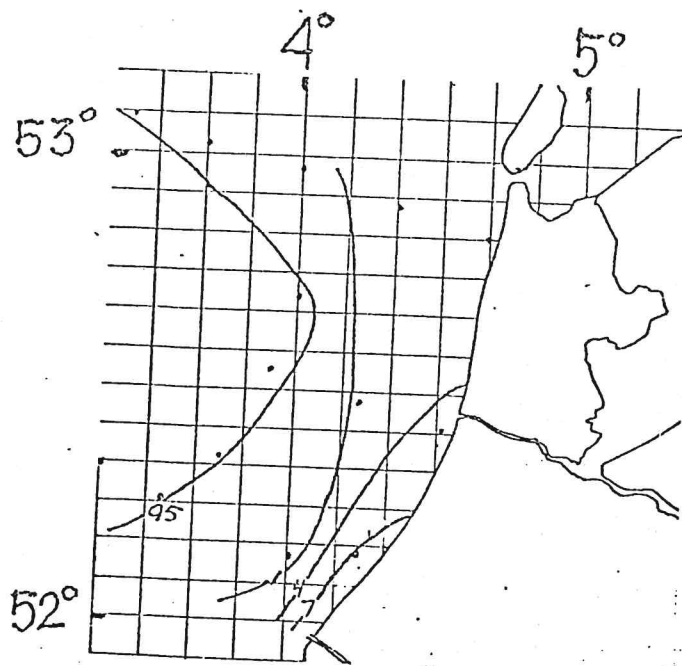


fig.3l

Period	April 1974
Ship	Aurelia
Observation	NH_4^+ in $\mu\text{g}/\text{l}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 m.m. Δ 1 n.m.

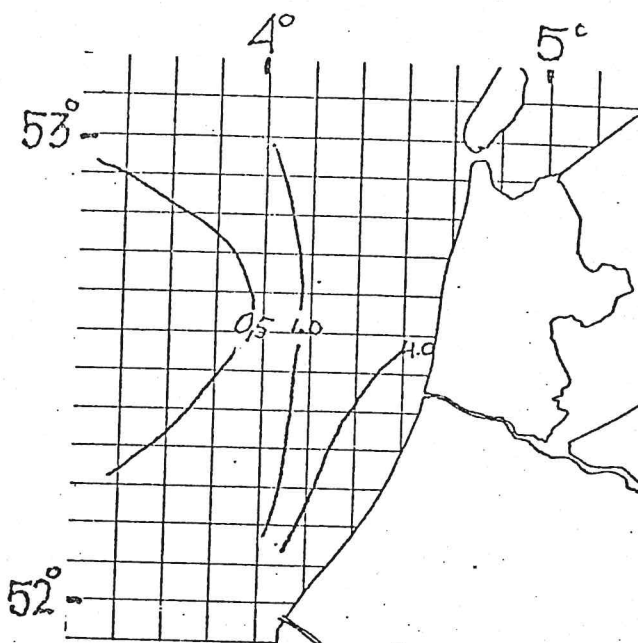


fig.3m

Observation	NH_4^+ in $\mu\text{g}/\text{l}$
Remarks	bodem

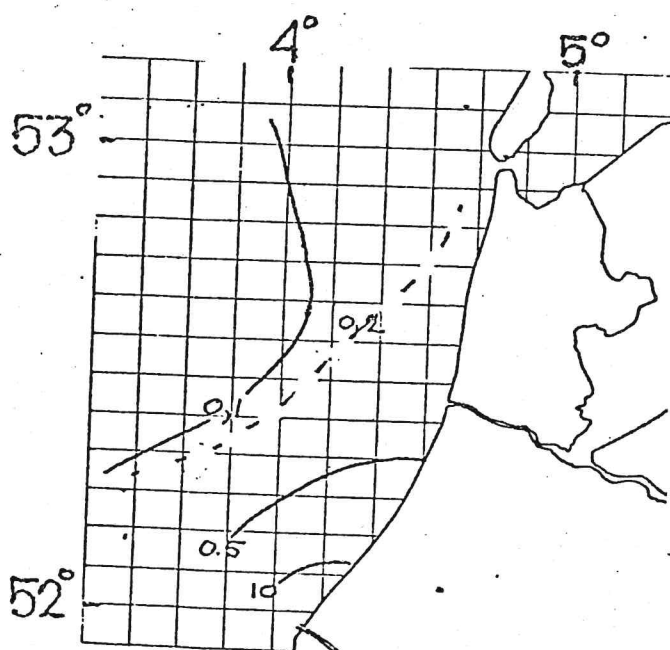


fig.3n

Observation	$\text{SiO}_4^{=}$ in $\mu\text{g}/\text{l}$
Remarks	oppervlak

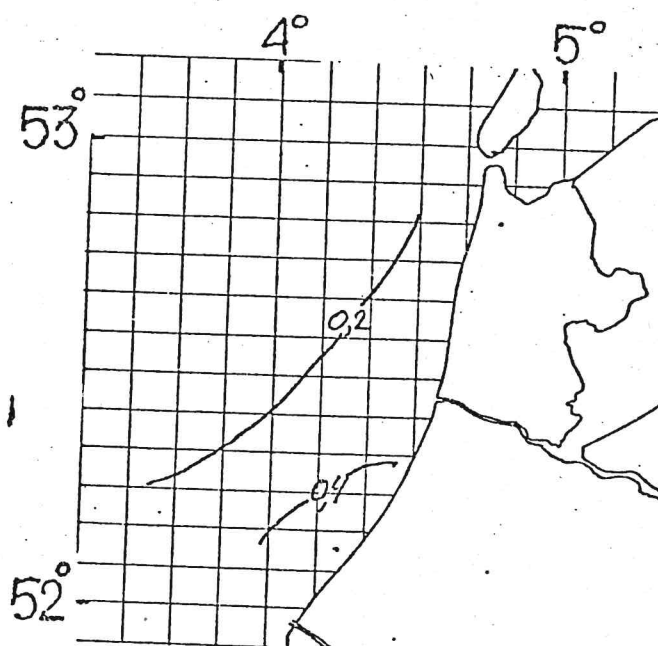


fig.3o

Observation	$\text{SiO}_4^{=}$ in $\mu\text{g}/\text{l}$
Remarks	bodem

Fig. 4. Concentratie niveau's in de Zuidelijke Bocht, Juni 1974.

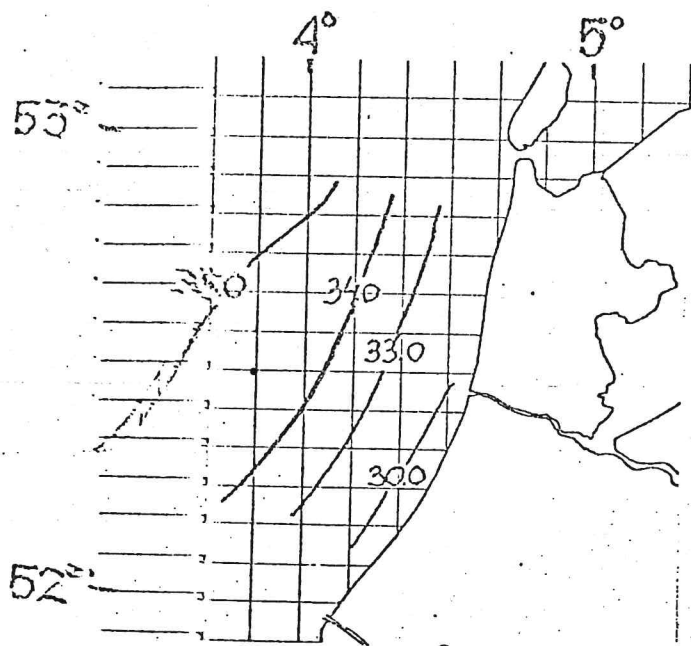


fig.4a

Period	Juni 1974
Ship	
Observation	Saliniteit ‰
Remarks	oppervlak
Scale	1 m.m. Δ 1 n.m.

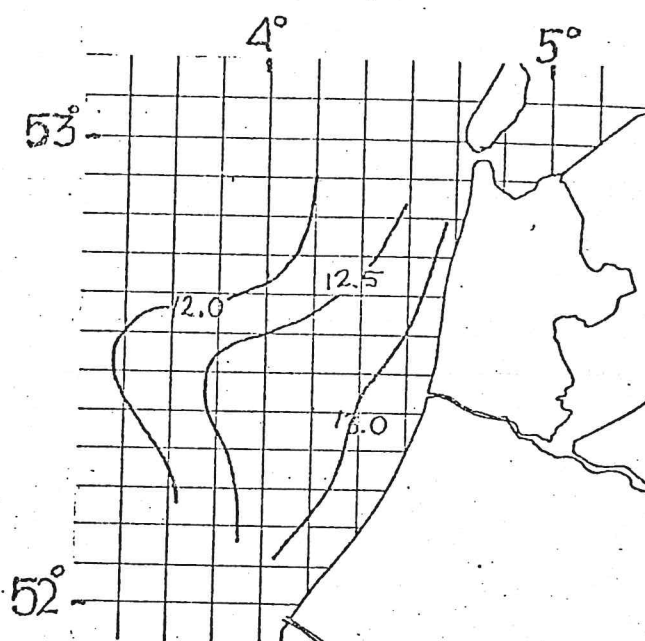


fig.4b

Observation	temperatuur °C
Remarks	oppervlak
Scale	1 m.m. Δ 1 n.m.

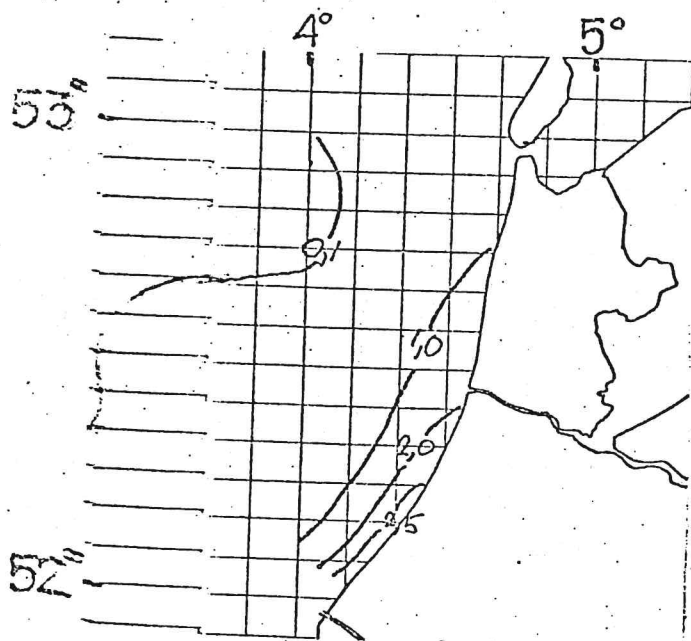


fig.4c

Observation	PO_4^{5-} μ grat. l ⁻¹
Remarks	oppervlak

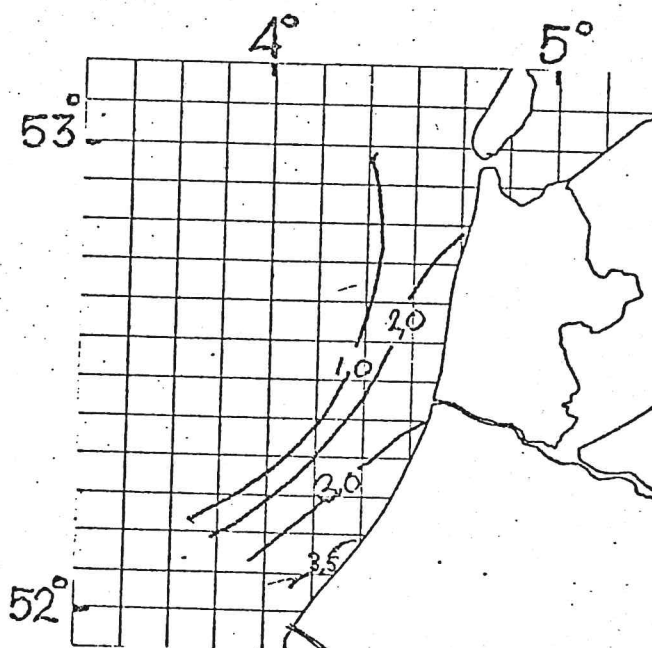


fig.4d

Observation	Ptotaal μ grat. l ⁻¹
Remarks	oppervlak

Fig. 4. Concentratie niveau's in de Zuidelijke Bocht, juni 1974.

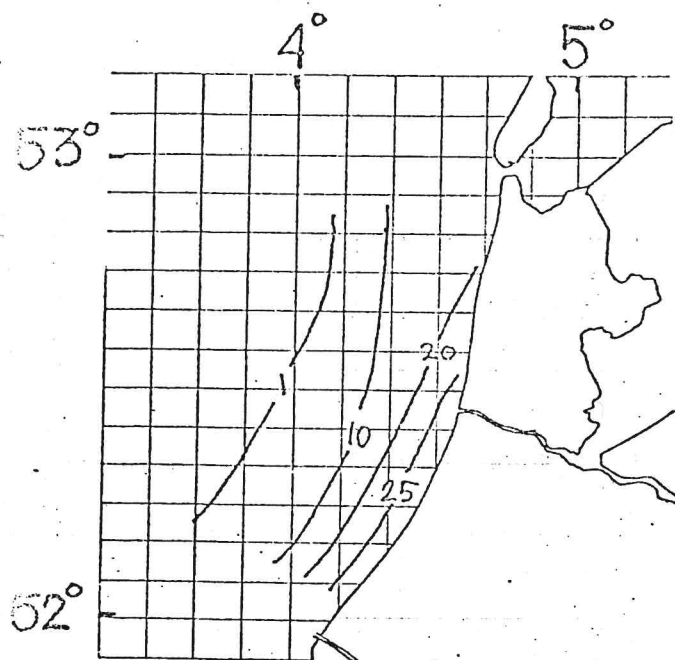


fig.4e

Period	Juni 1974
Ship	Aurelia
Observation	NO_3^- $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

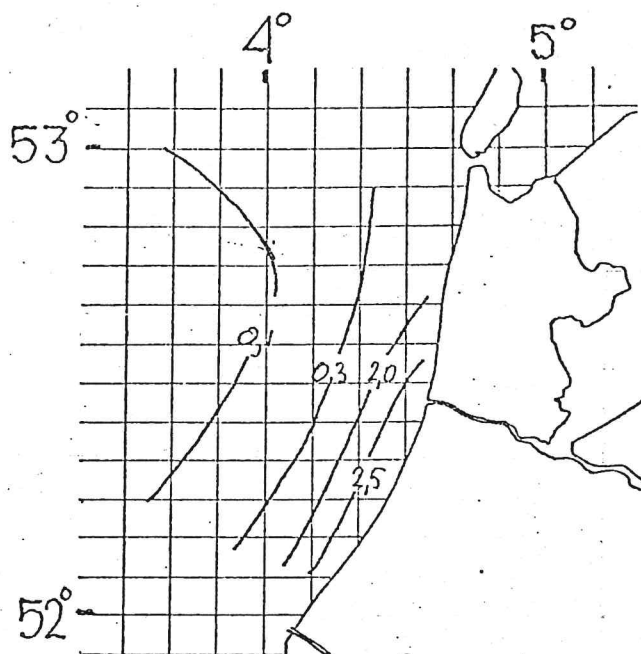


fig.4f

Observation	NO_2^- $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

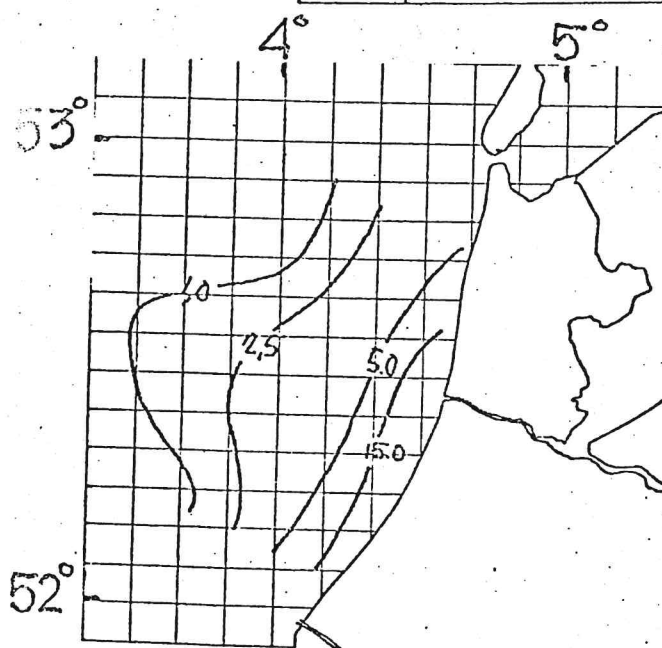


fig.4g

Observation	NH_4^+ $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak
Scale	1 mm Δ 1 n.m.

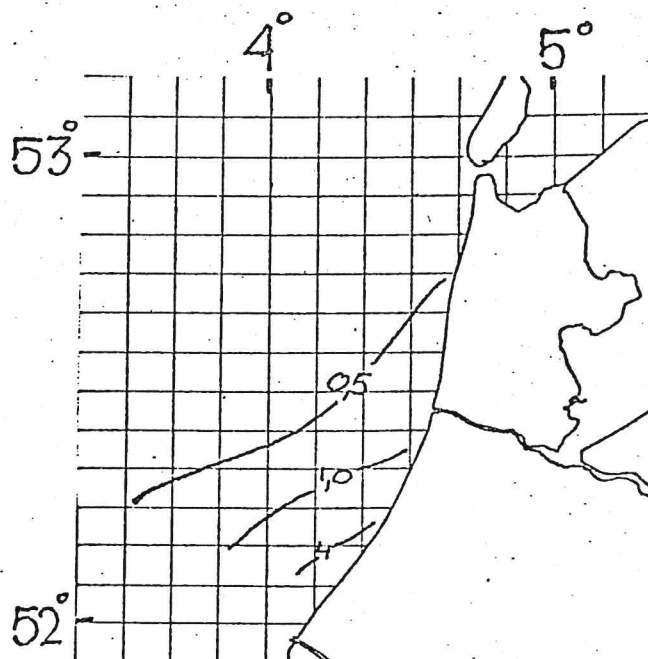


fig.4h

Observation	SiO_4^{2-} $\mu\text{grat. l}^{-1}$
Remarks	oppervlak

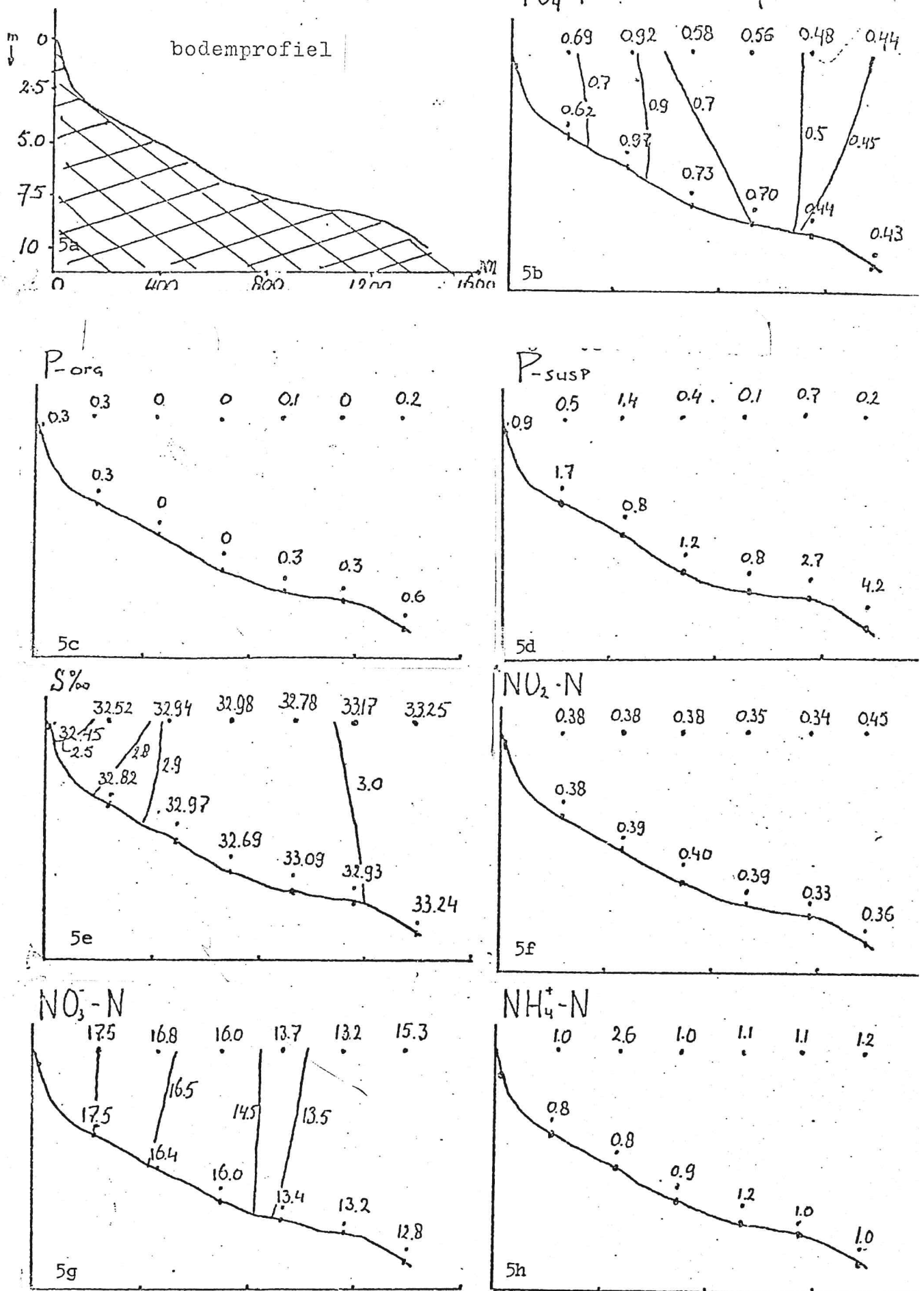


Fig. 5. Concentratie niveaus, strandraai Callantsoog, April 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

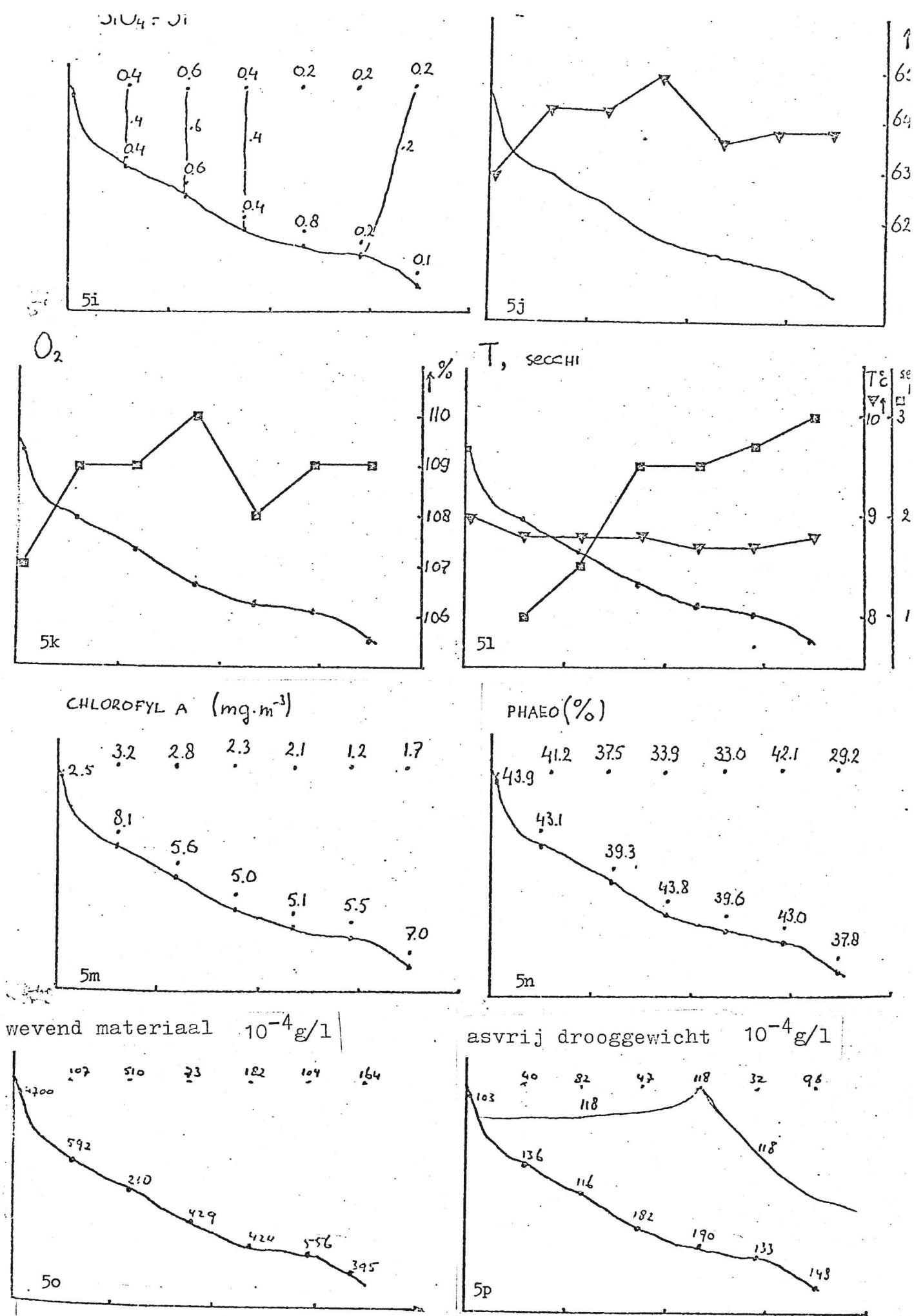
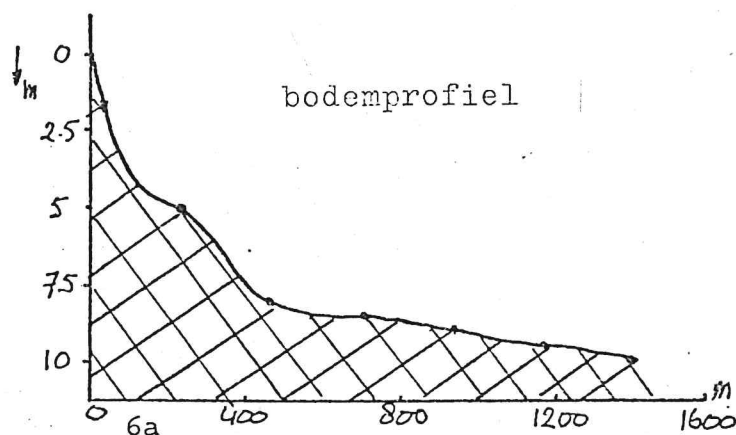
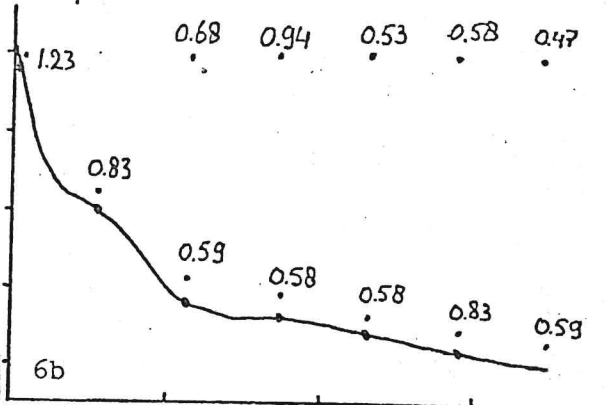


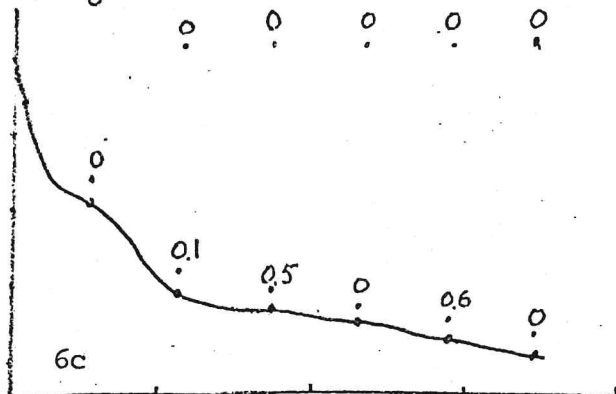
Fig. 5. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, April 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v.



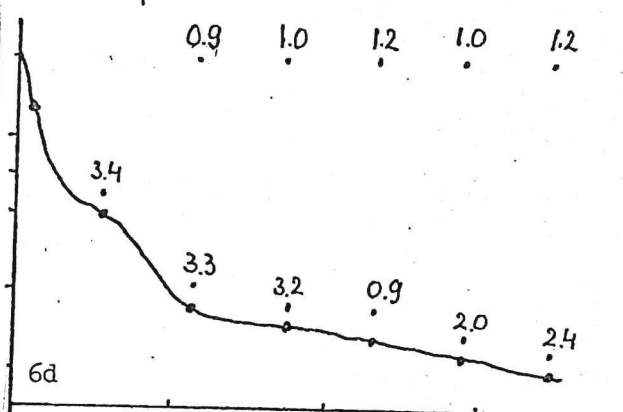
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$



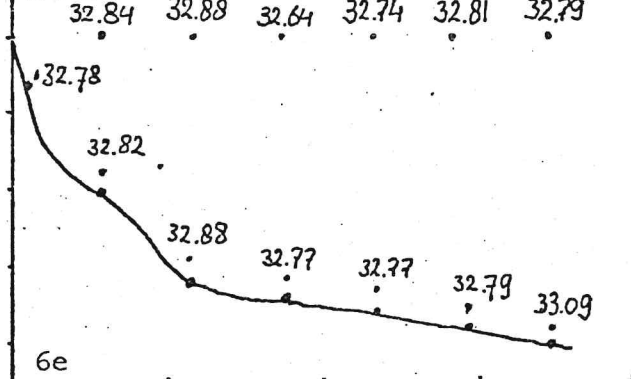
Porg



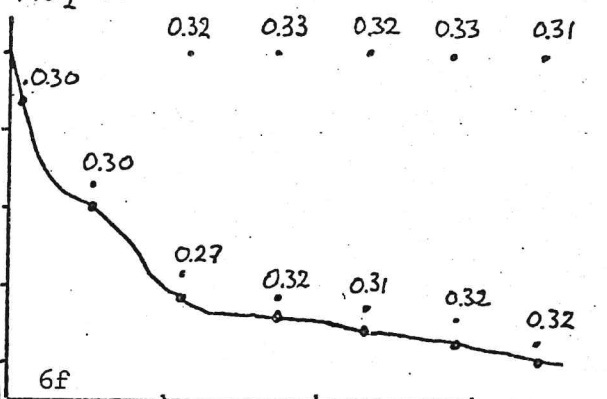
P_{susp}



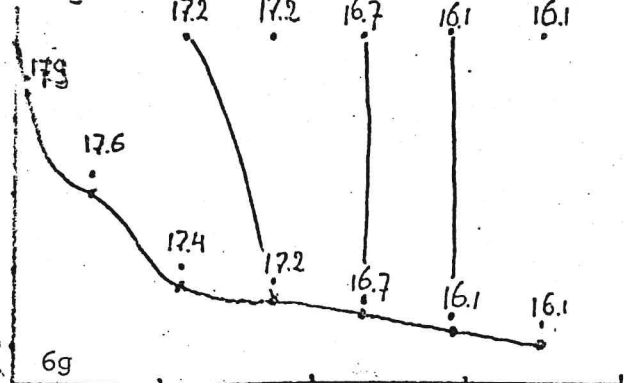
S^{2-}



$\text{NO}_2^-\text{-N}$



$\text{NO}_3^-\text{-N}$



$\text{NH}_4^+\text{-N}$

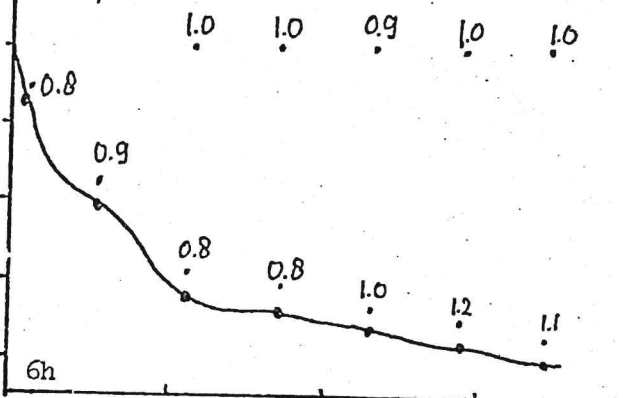


Fig. 6. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, April 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

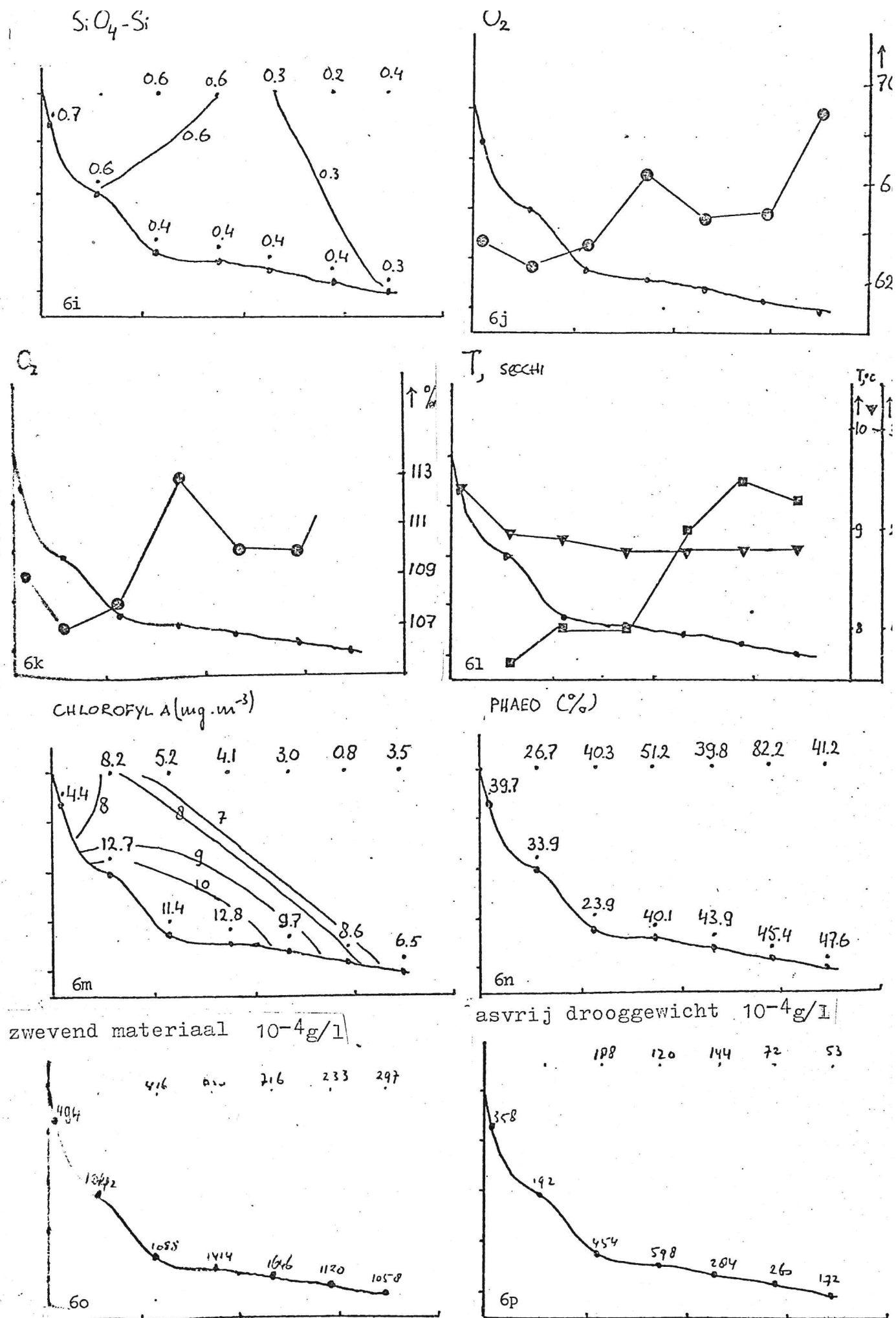


Fig. 6. Concentratie niveau's strandraai Callantsoog, April 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v.

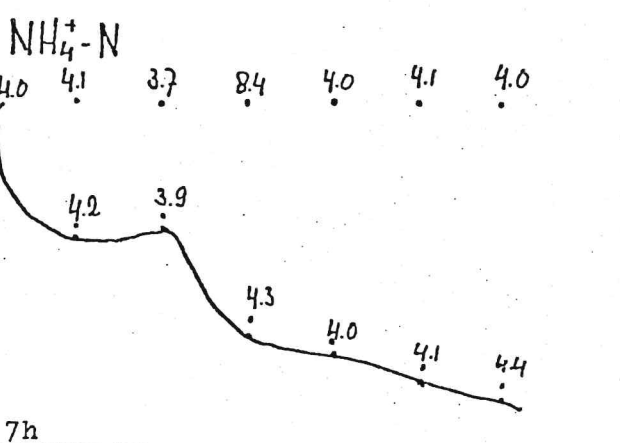
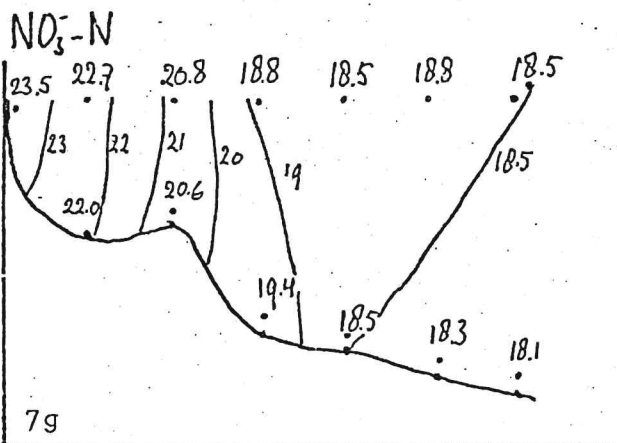
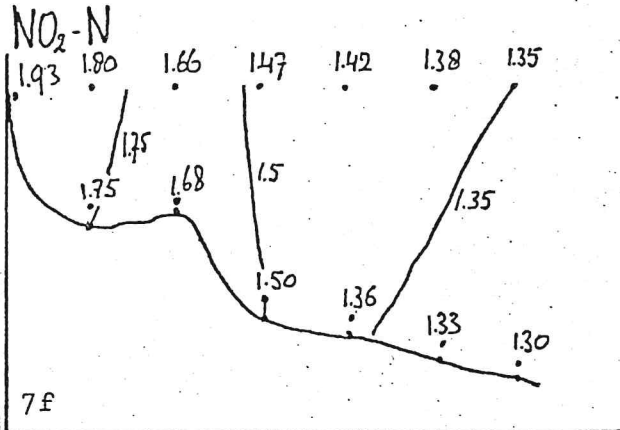
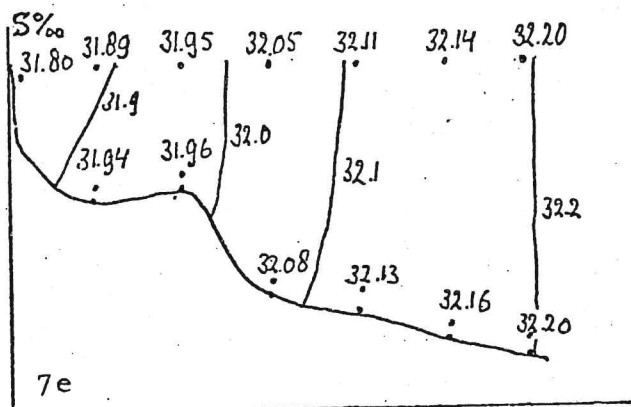
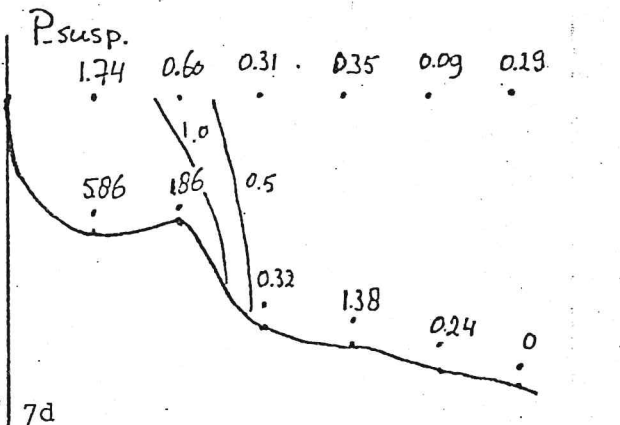
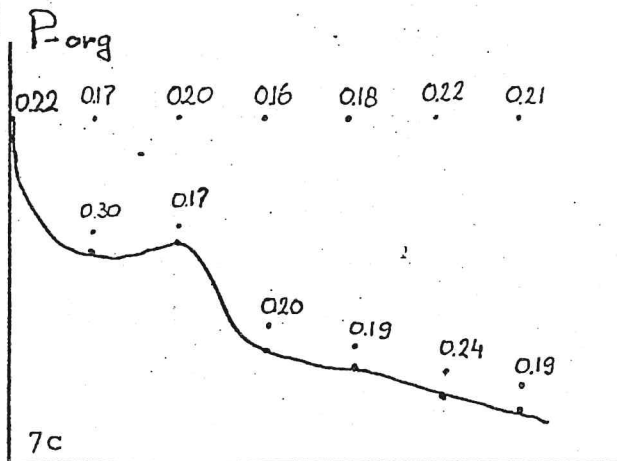
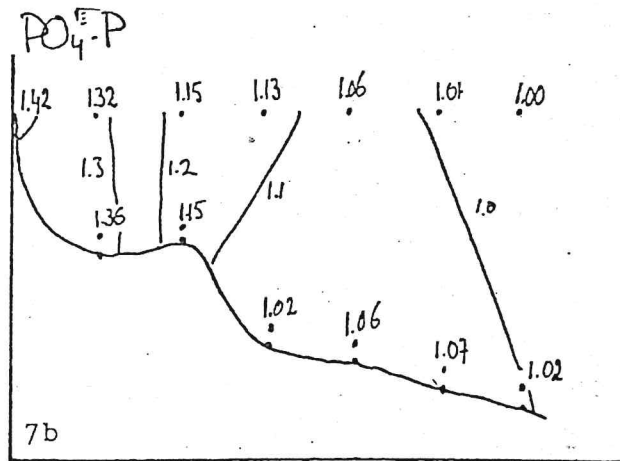
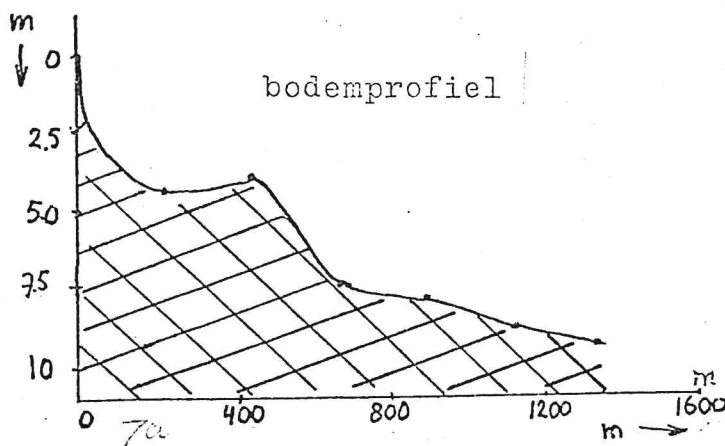


Fig. 7. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, Juni 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

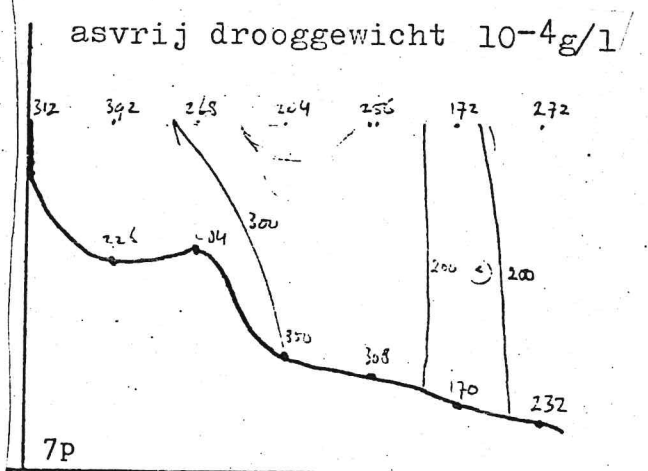
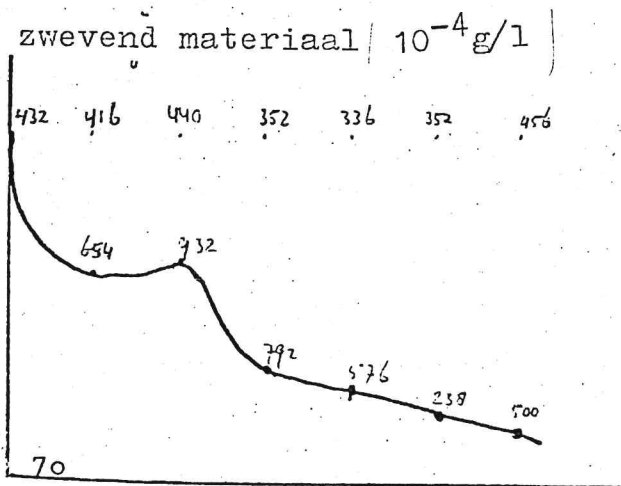
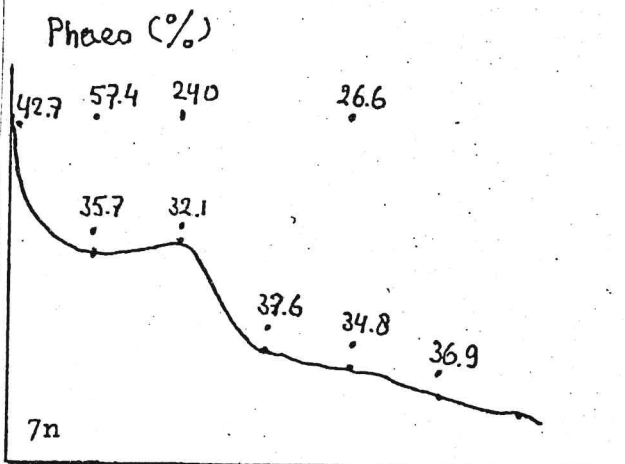
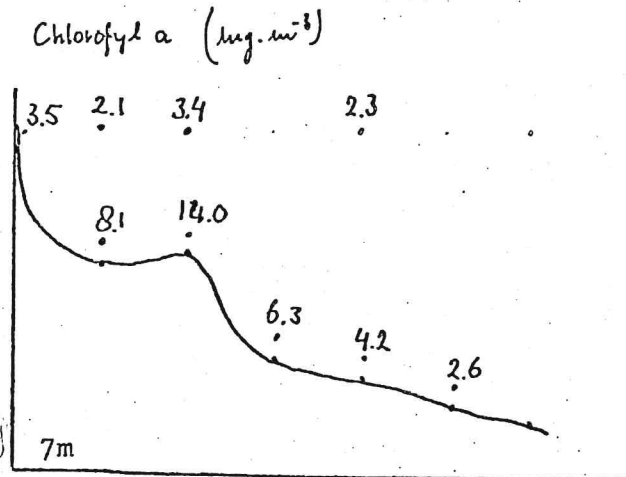
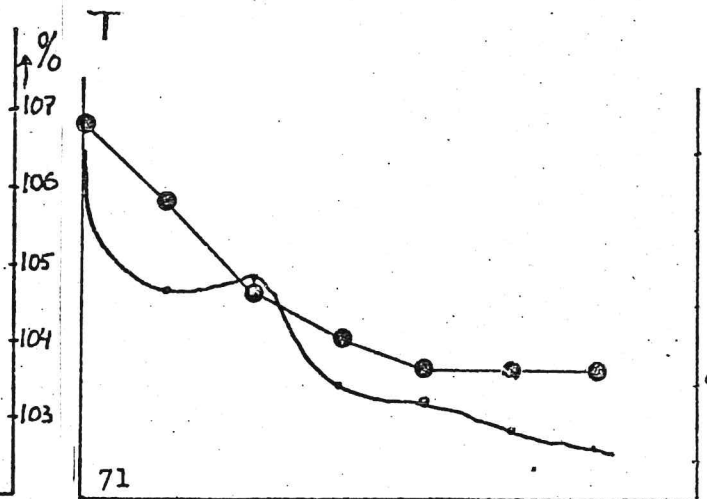
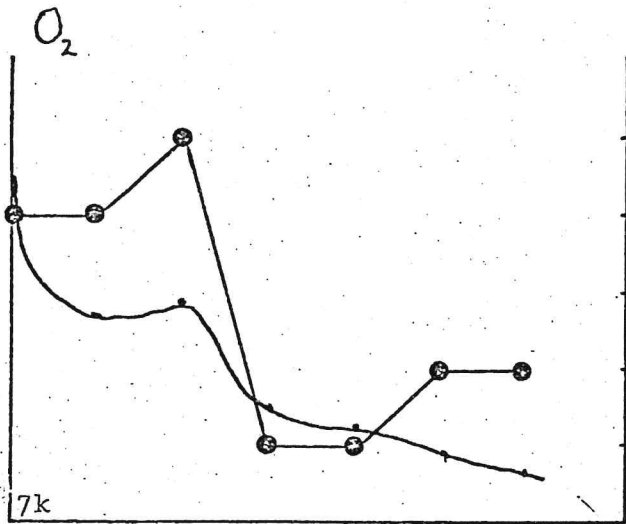
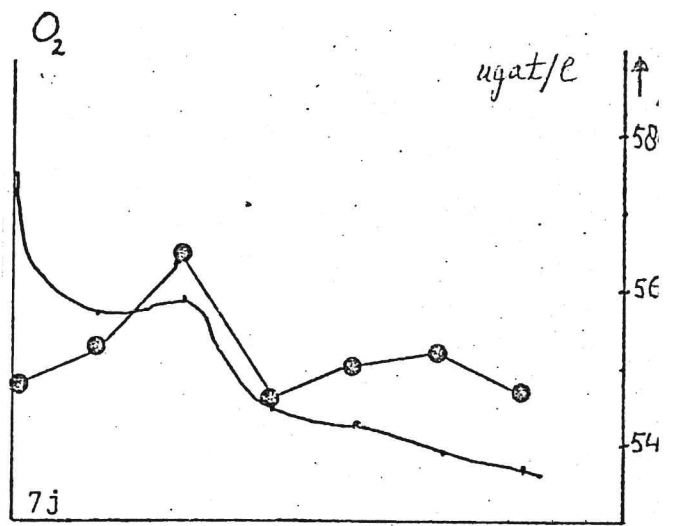
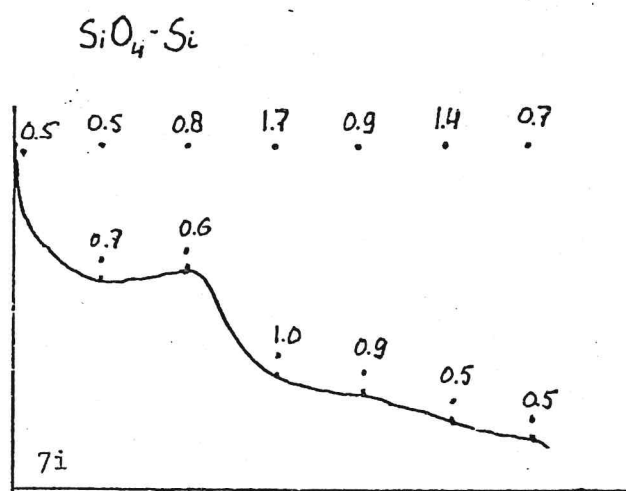


Fig. 7. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, Juni 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand

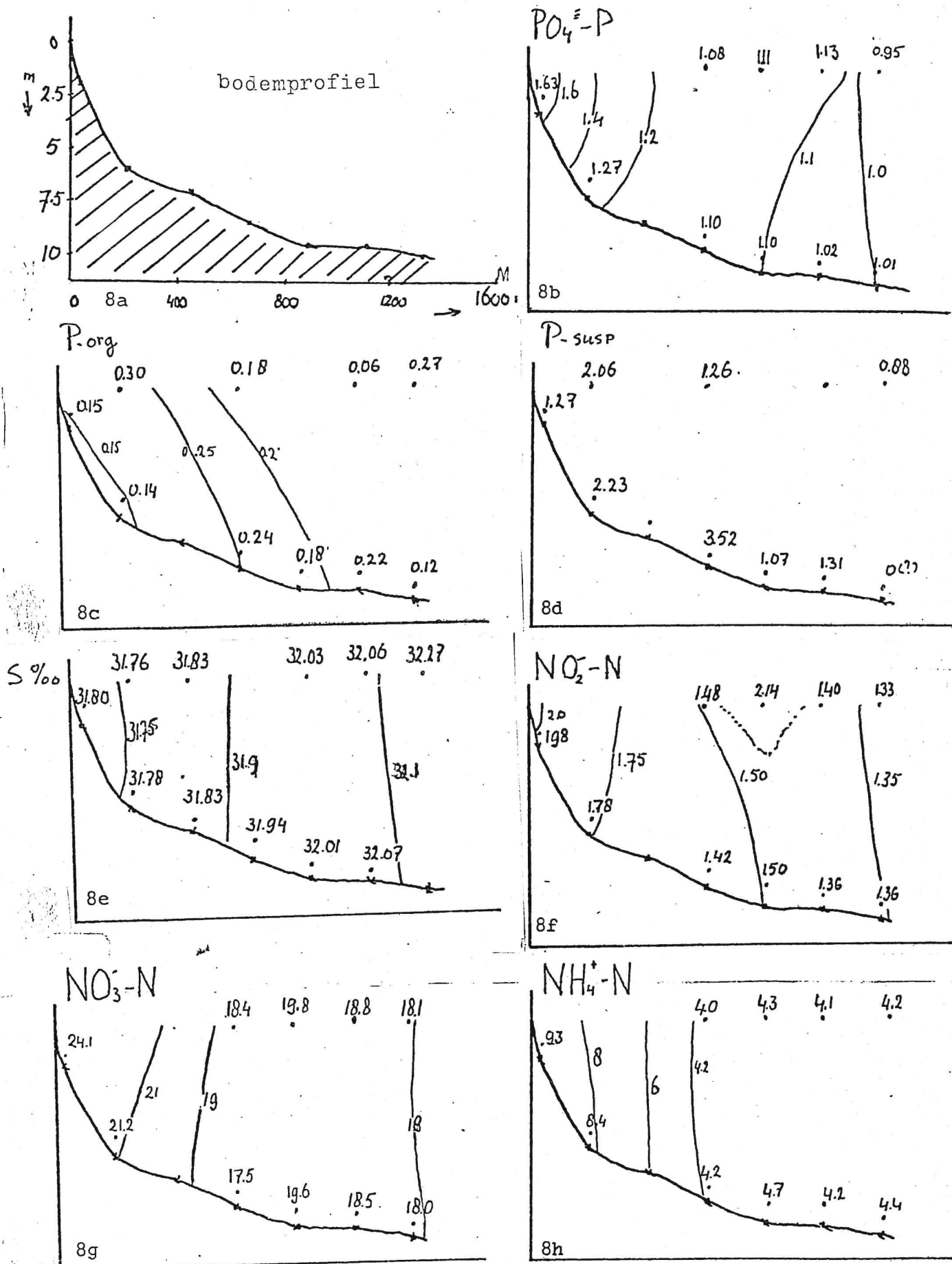


Fig. 8. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, Juni 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

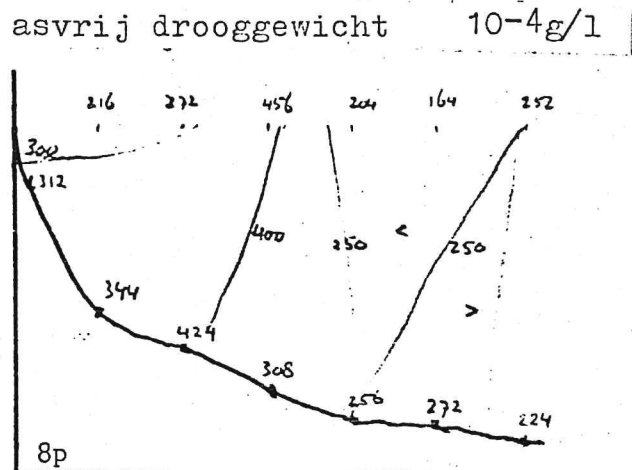
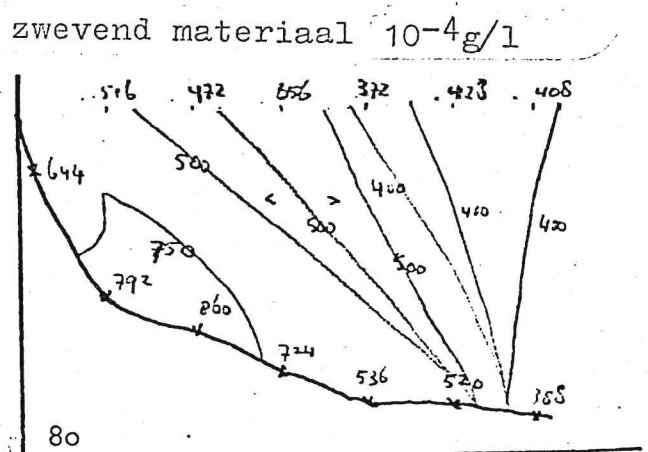
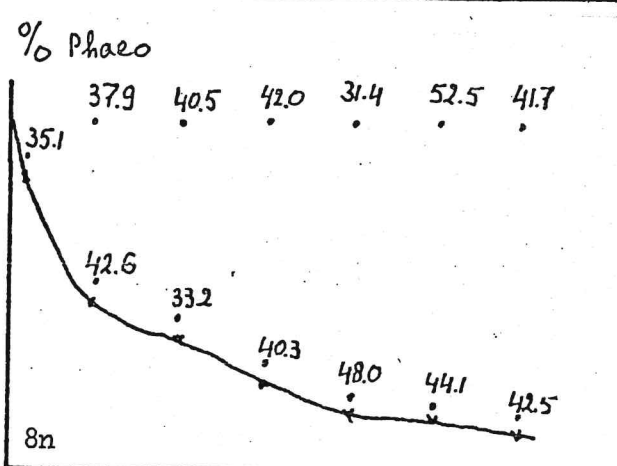
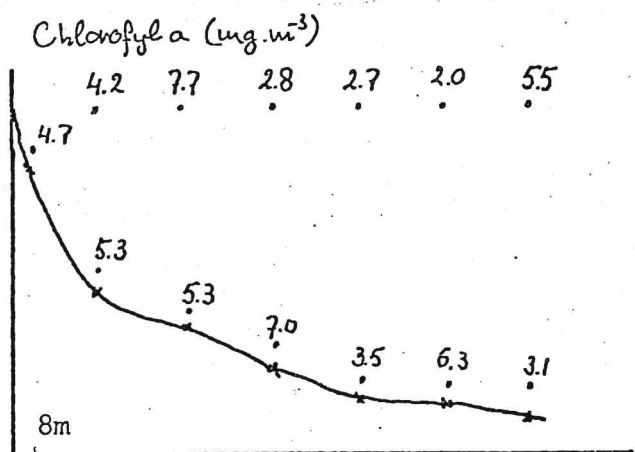
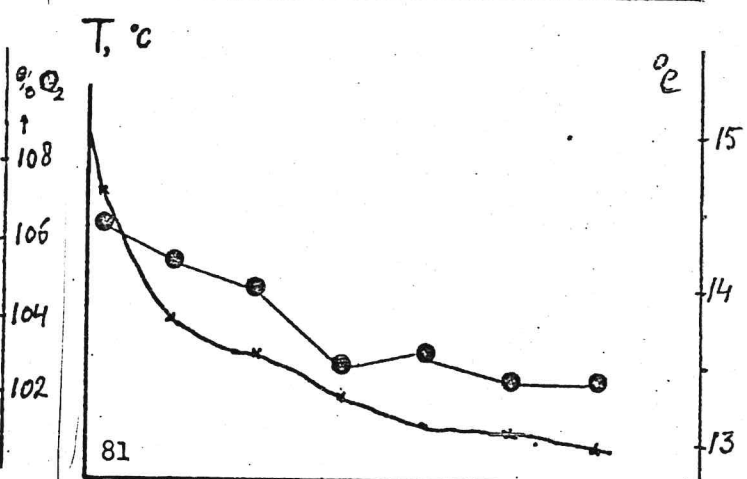
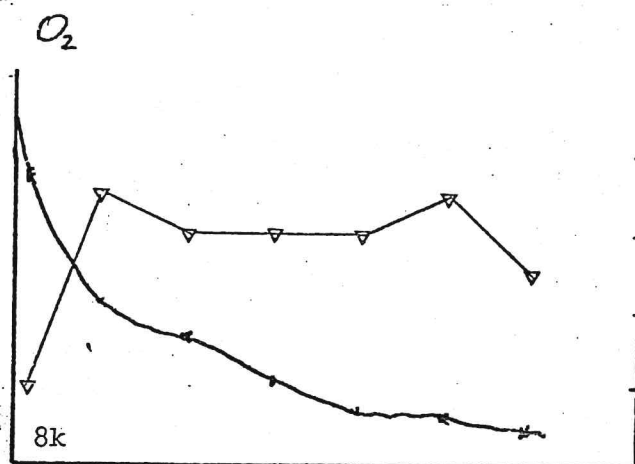
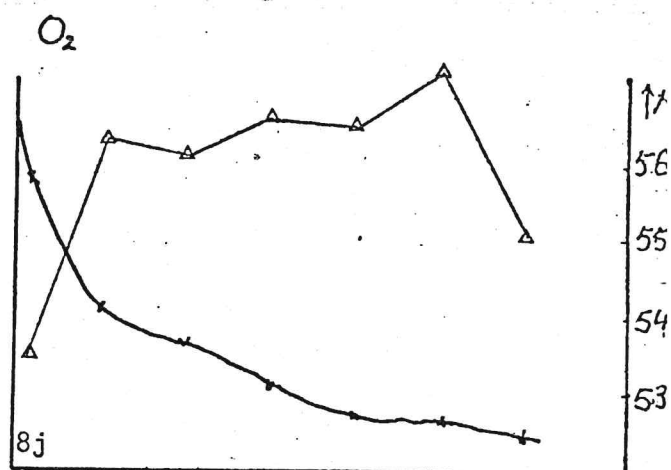
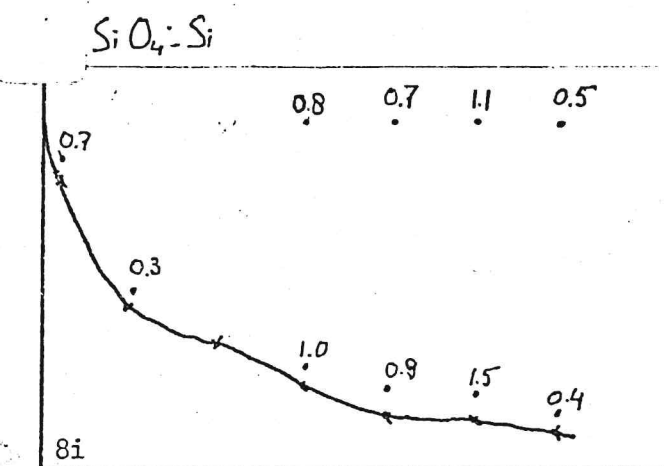


Fig. 8. Concentratie niveau's, strandraai Callantsoog, Juni 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

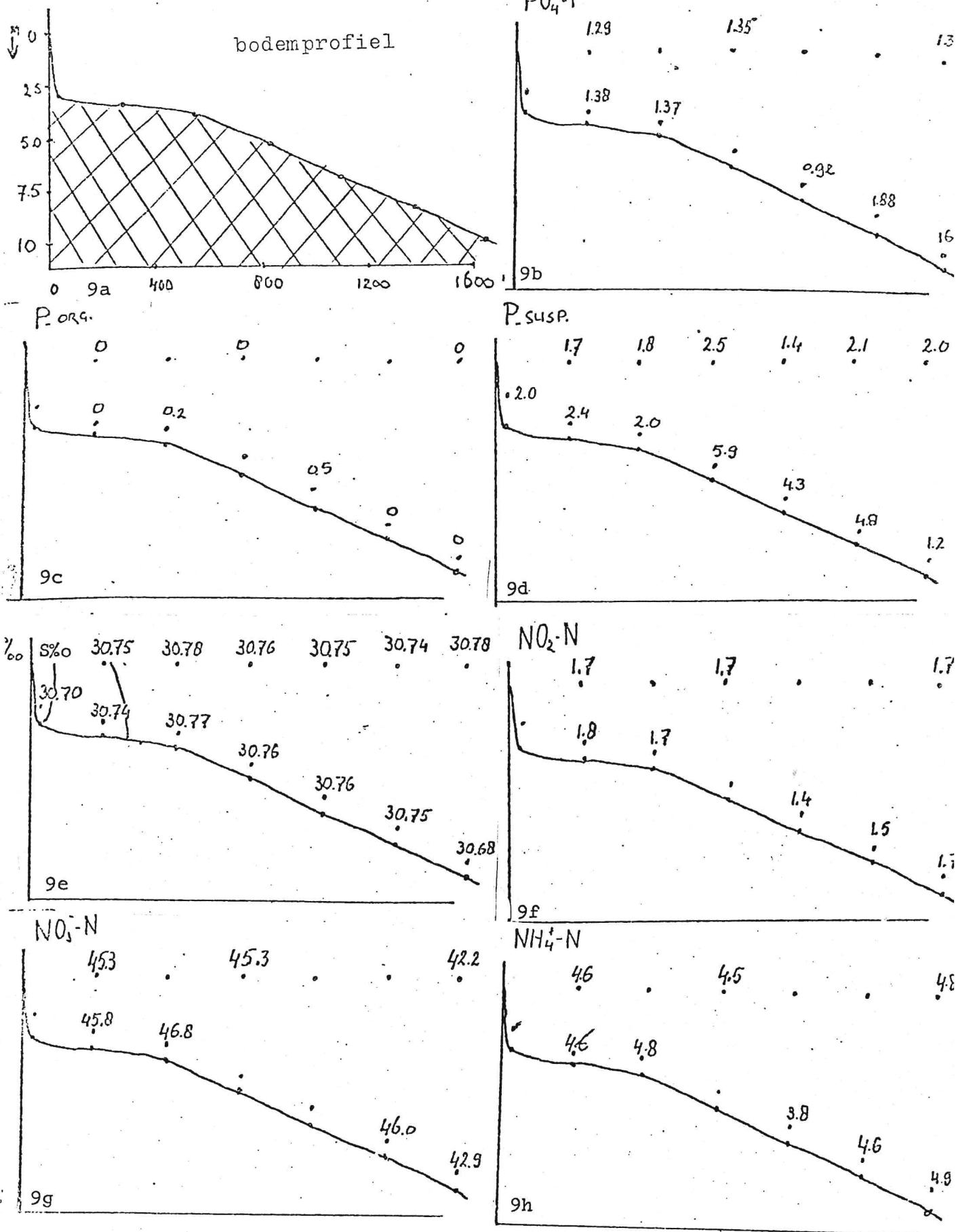


Fig. 9. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, April 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

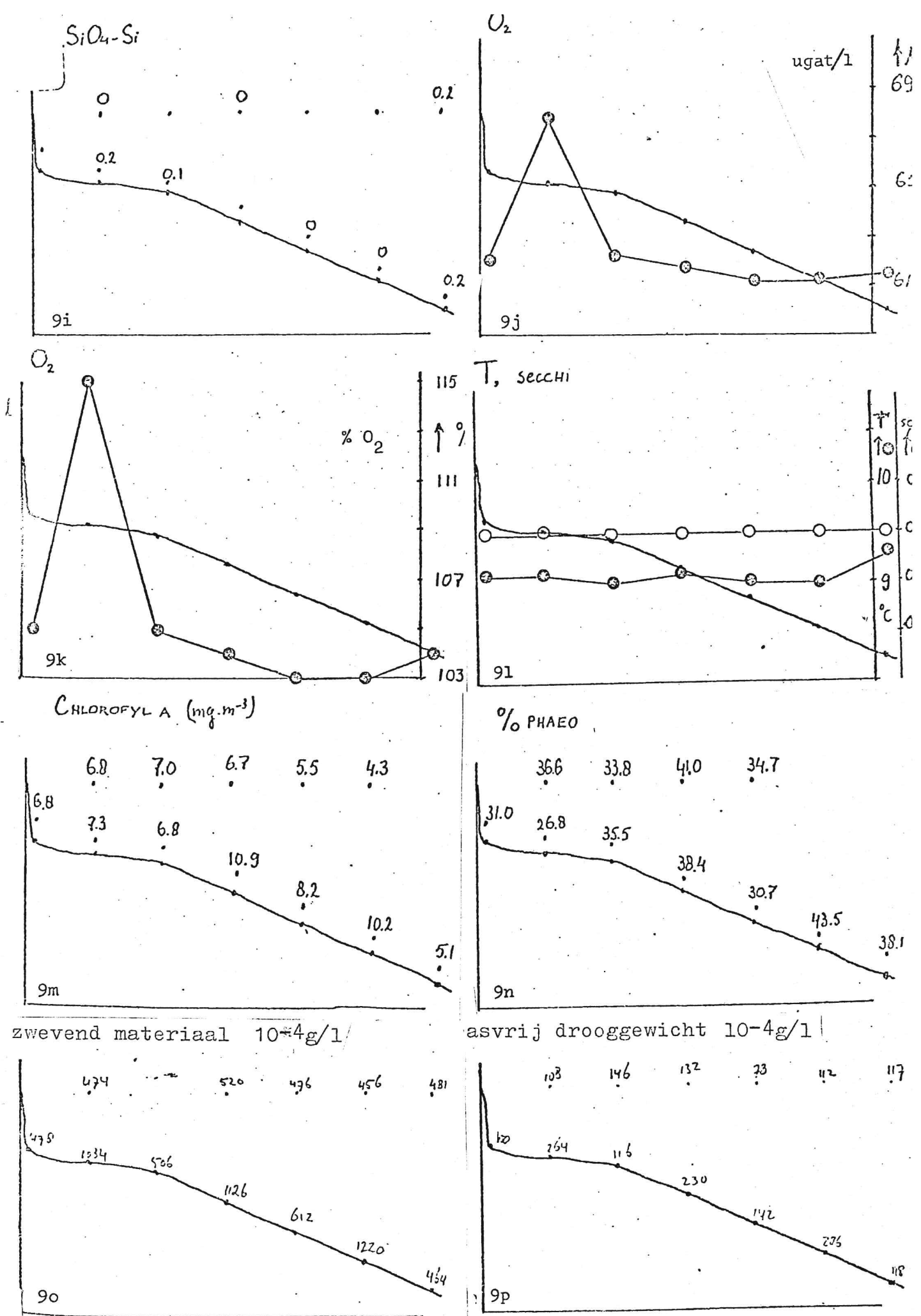


Fig. 9. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, April 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directerelatie t.o.v. afstand tot

voedingsstoffen in $\mu\text{grat/l}$

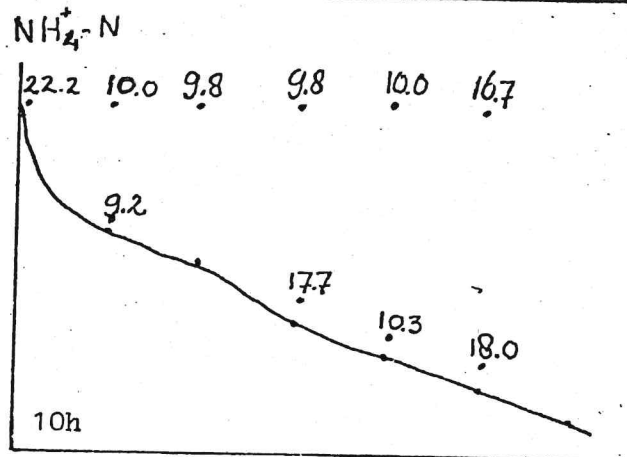
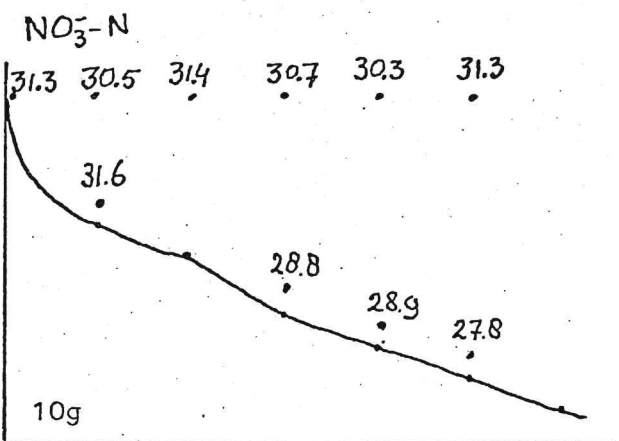
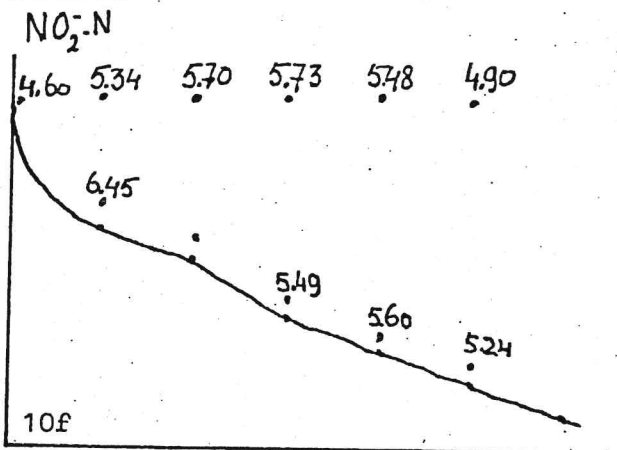
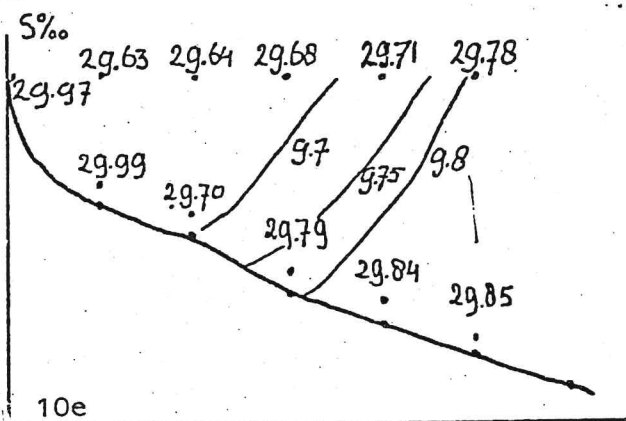
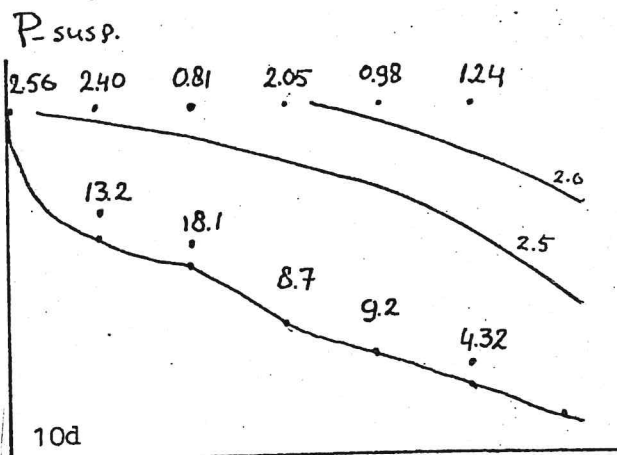
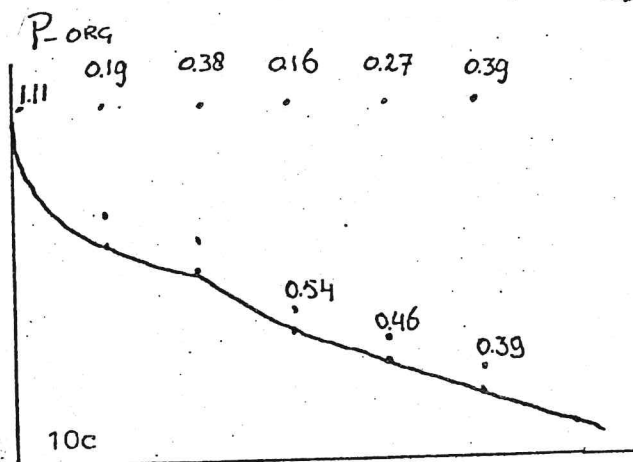
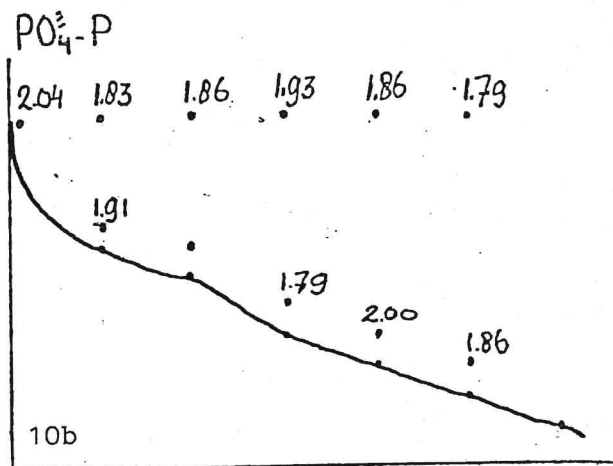
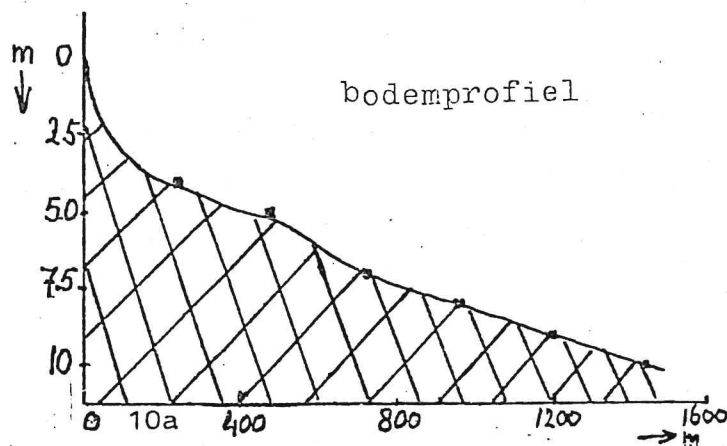


Fig. 10. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, Juni 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

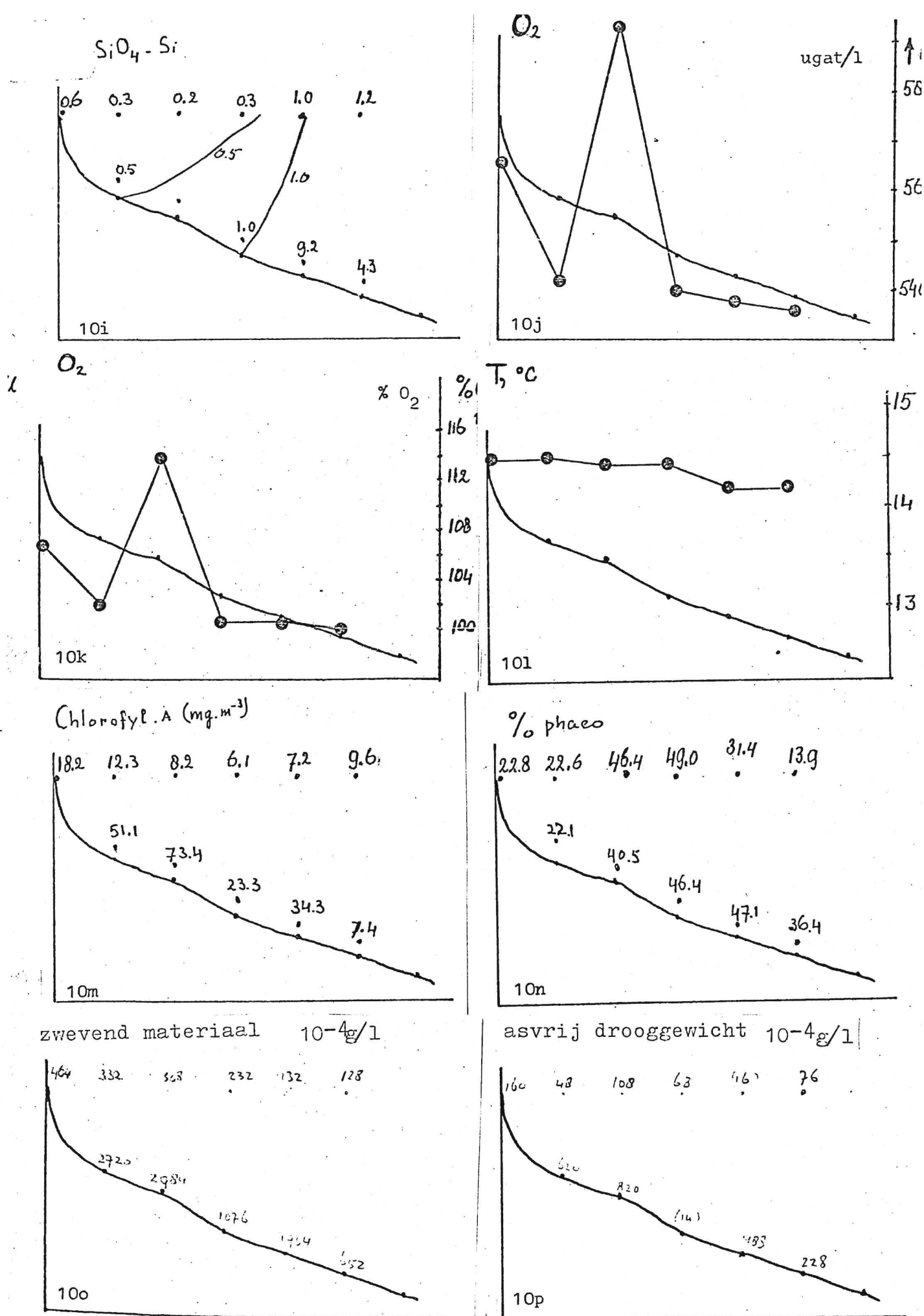


Fig. 10. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, Juni 1974, tijdens kentering, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot

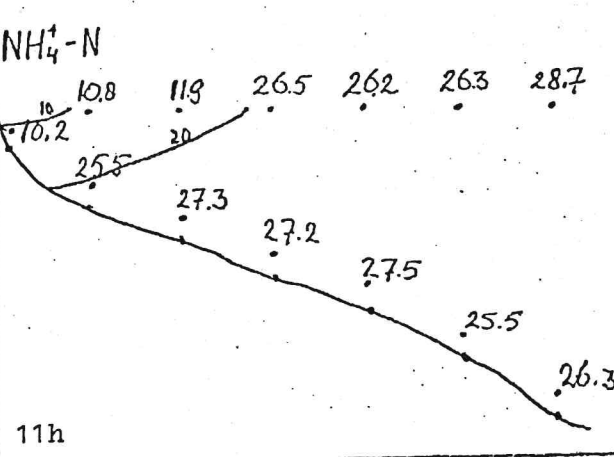
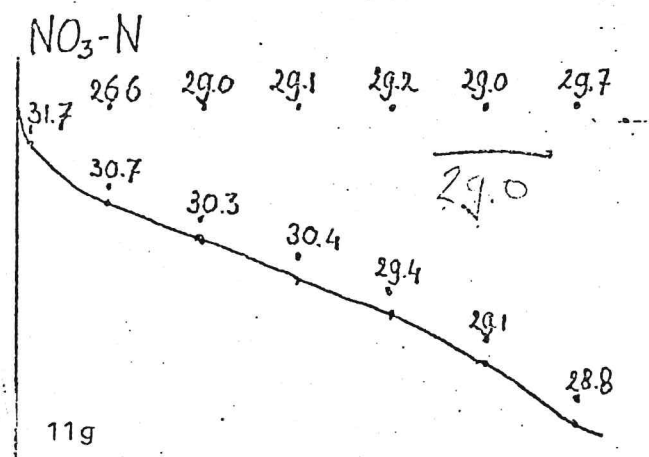
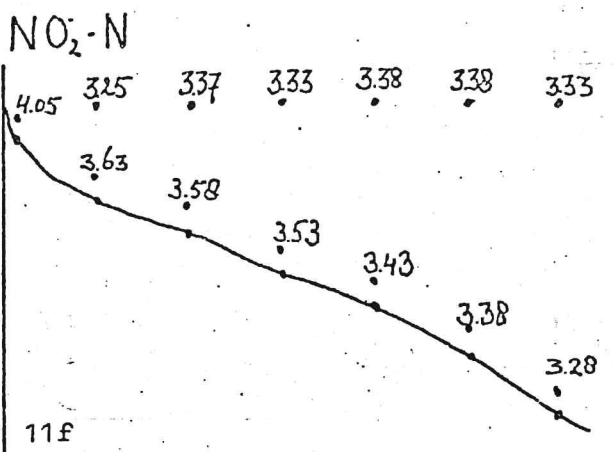
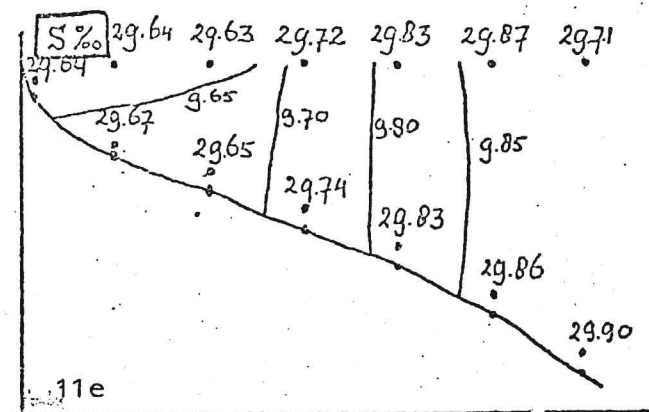
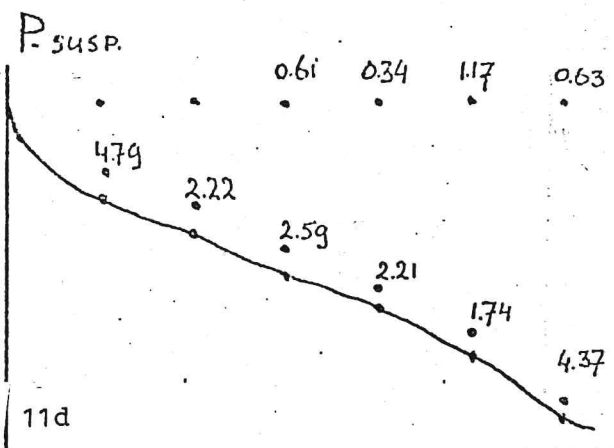
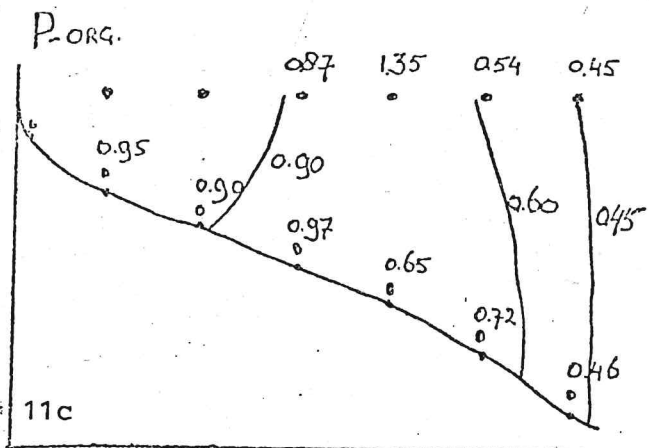
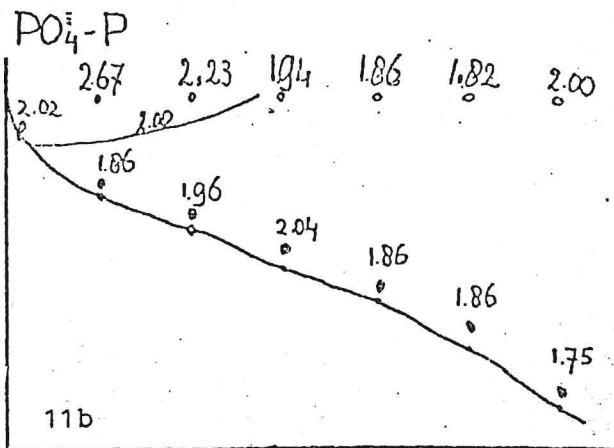
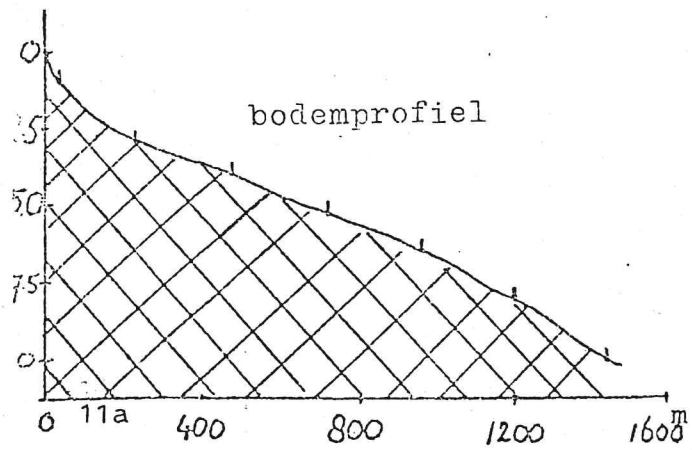


Fig. 11. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, Juni 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

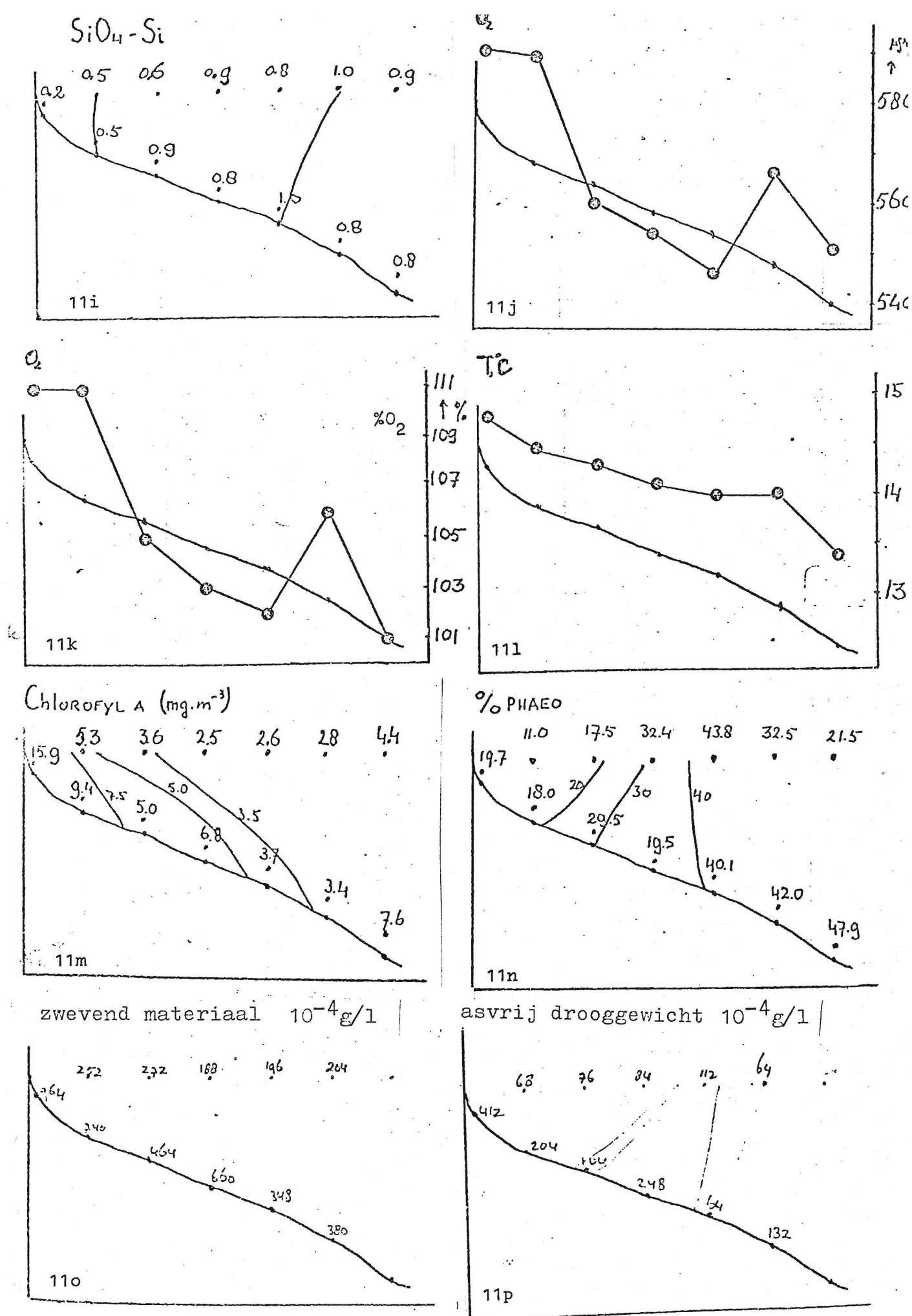
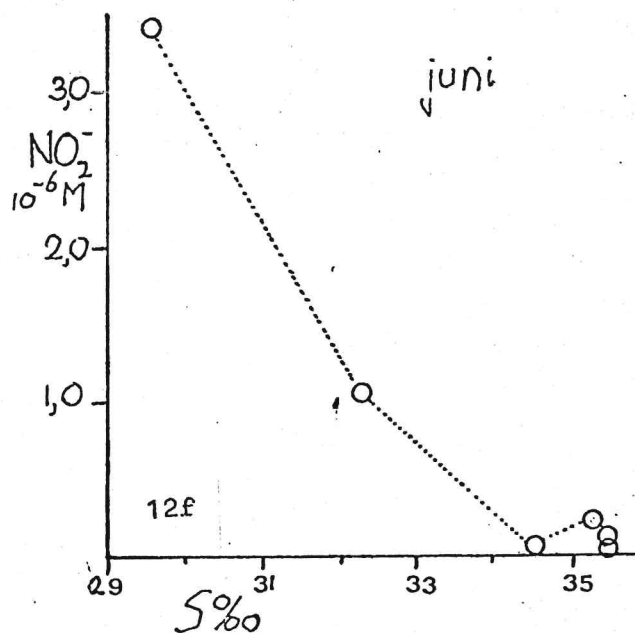
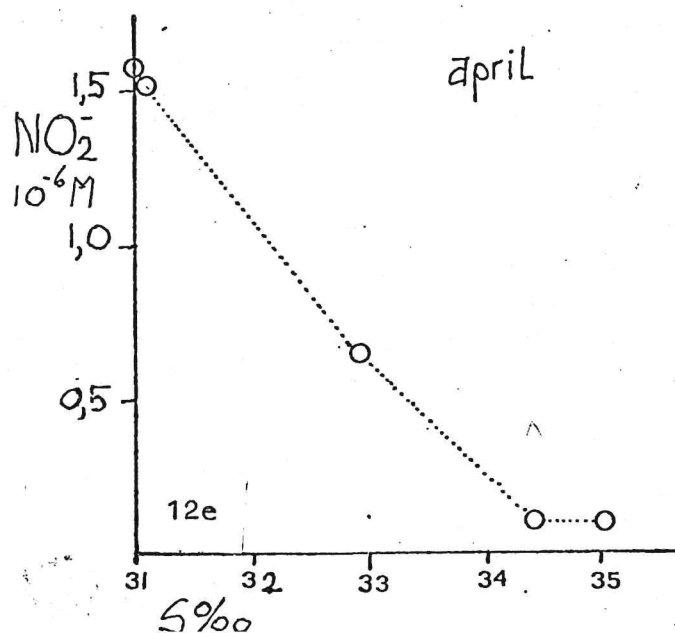
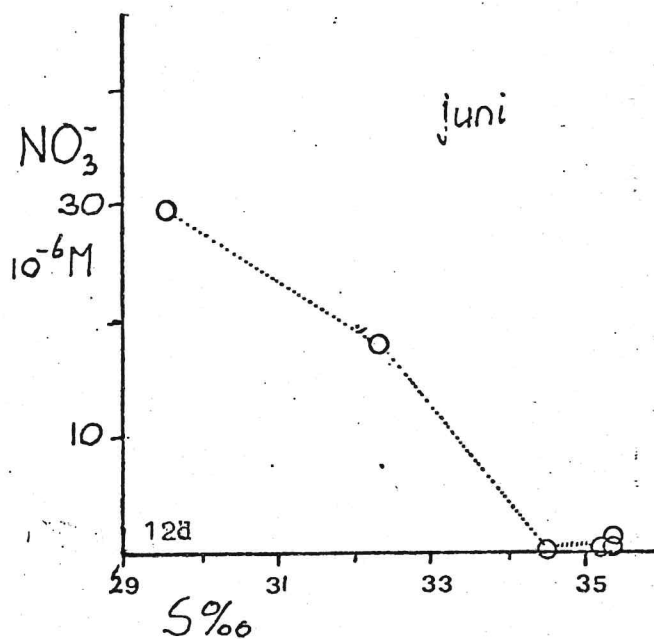
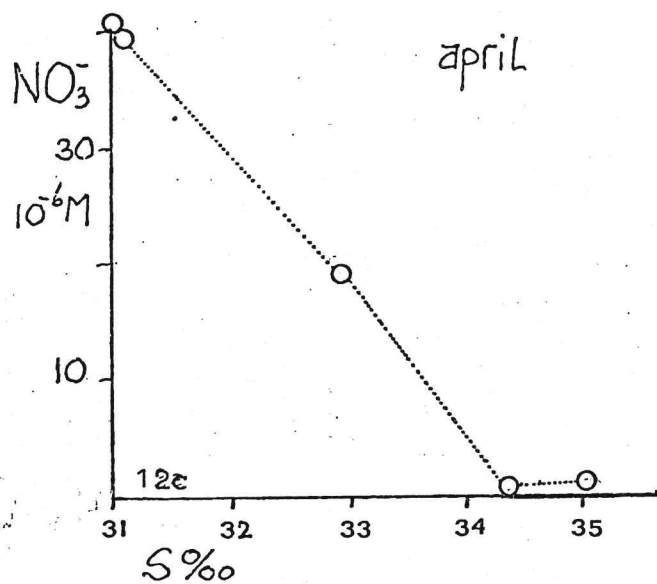
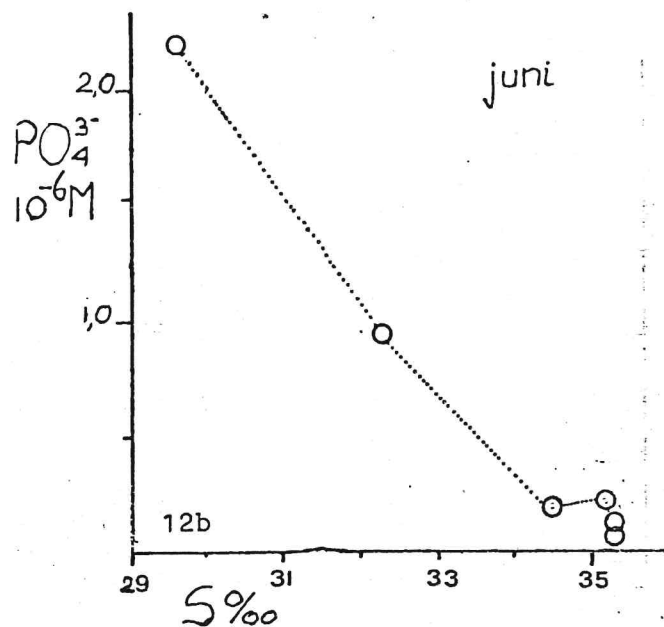
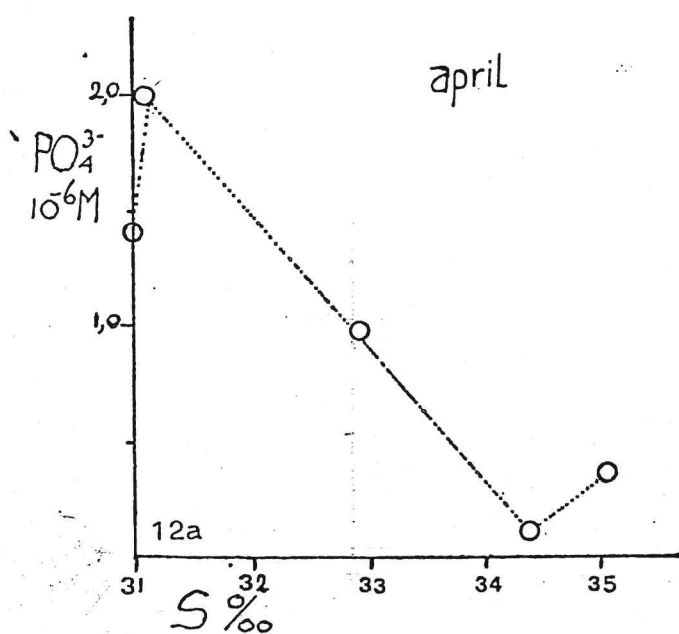


Fig. 11. Concentratie niveau's, strandraai Bloemendaal, Juni 1974, tijdens maximale stroomsterkte, waarden op de monsterpunten en soms ook isolijnen, in bepaalde gevallen is de directe relatie t.o.v. afstand tot de kust uitgezet.

Fig. 12. Relaties tussen concentraties voedingstoffen en saliniteit voor de Zuidelijke Bocht in april en juni.



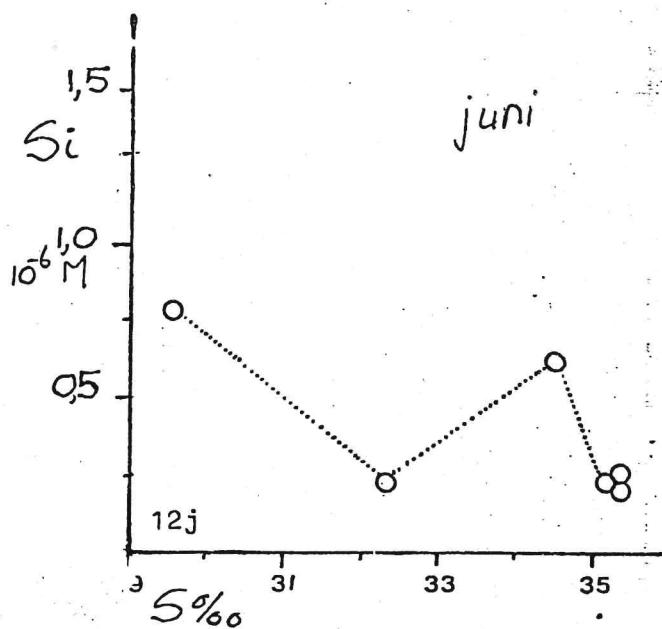
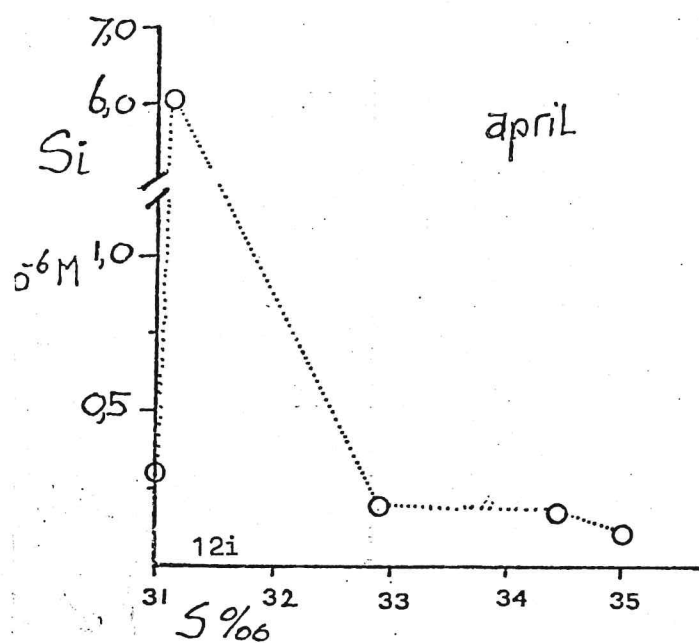
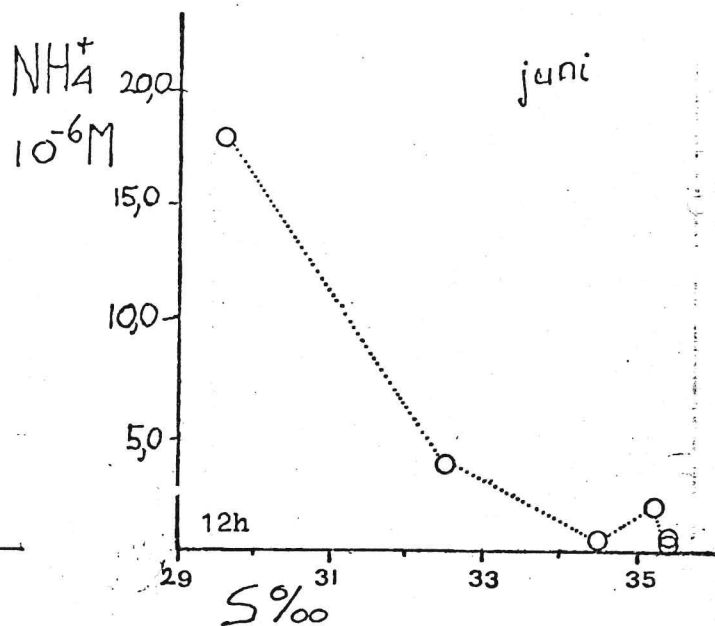
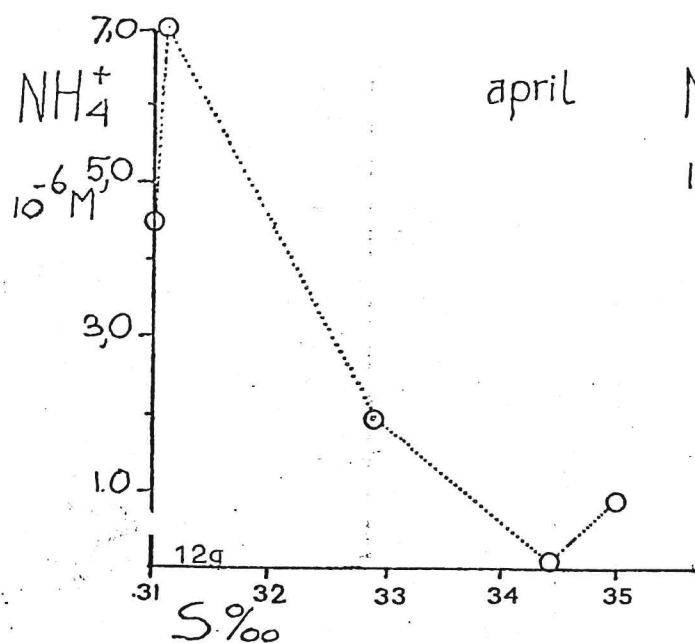


Fig. 12. Relatie tussen concentraties voedingsstoffen en saliniteit voor de Zuidelijke Bocht in april en juni.

Fig. 13. Deeltjesgrootte spectra in ppm v/v voor de monsters van de strandraai Callantsoog tijdens kentering, juni 1974.

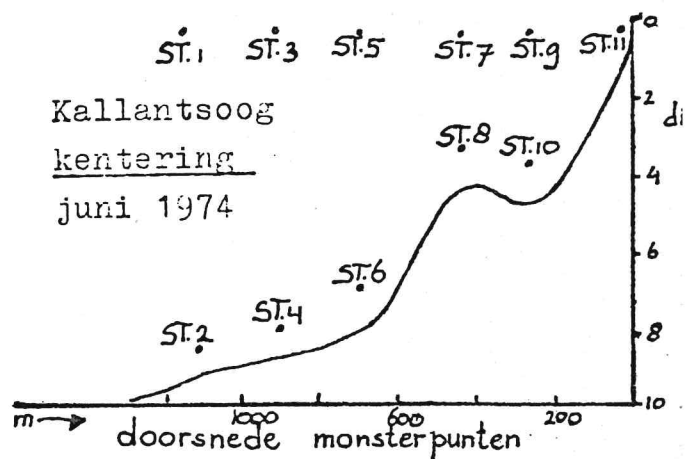
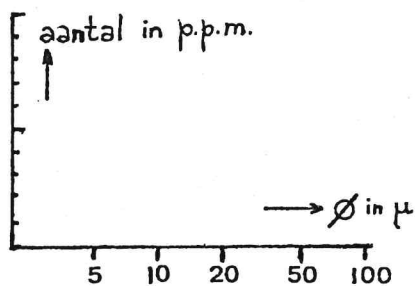
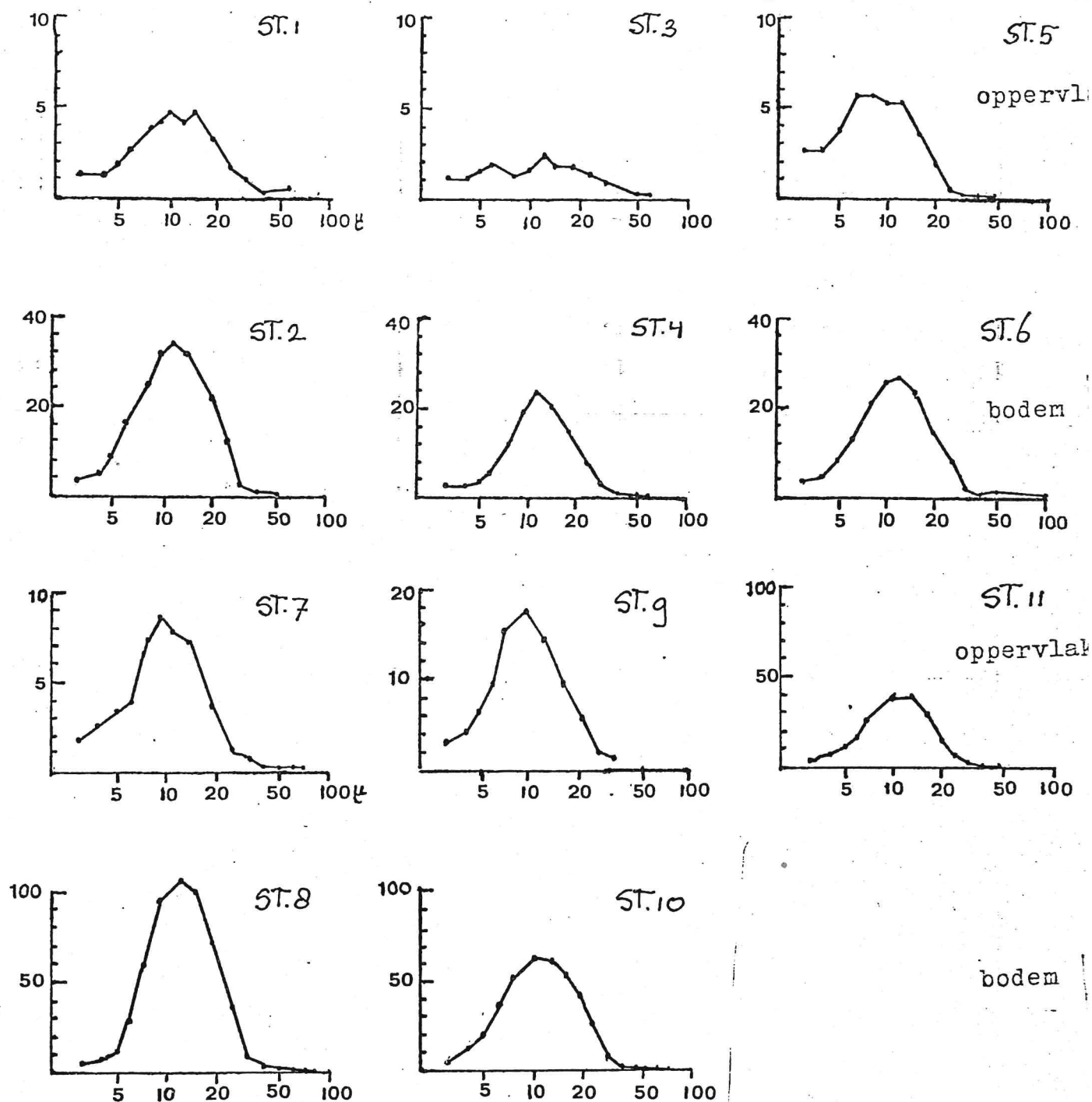
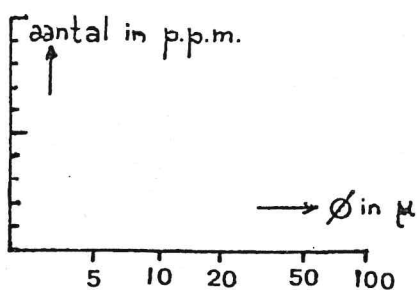
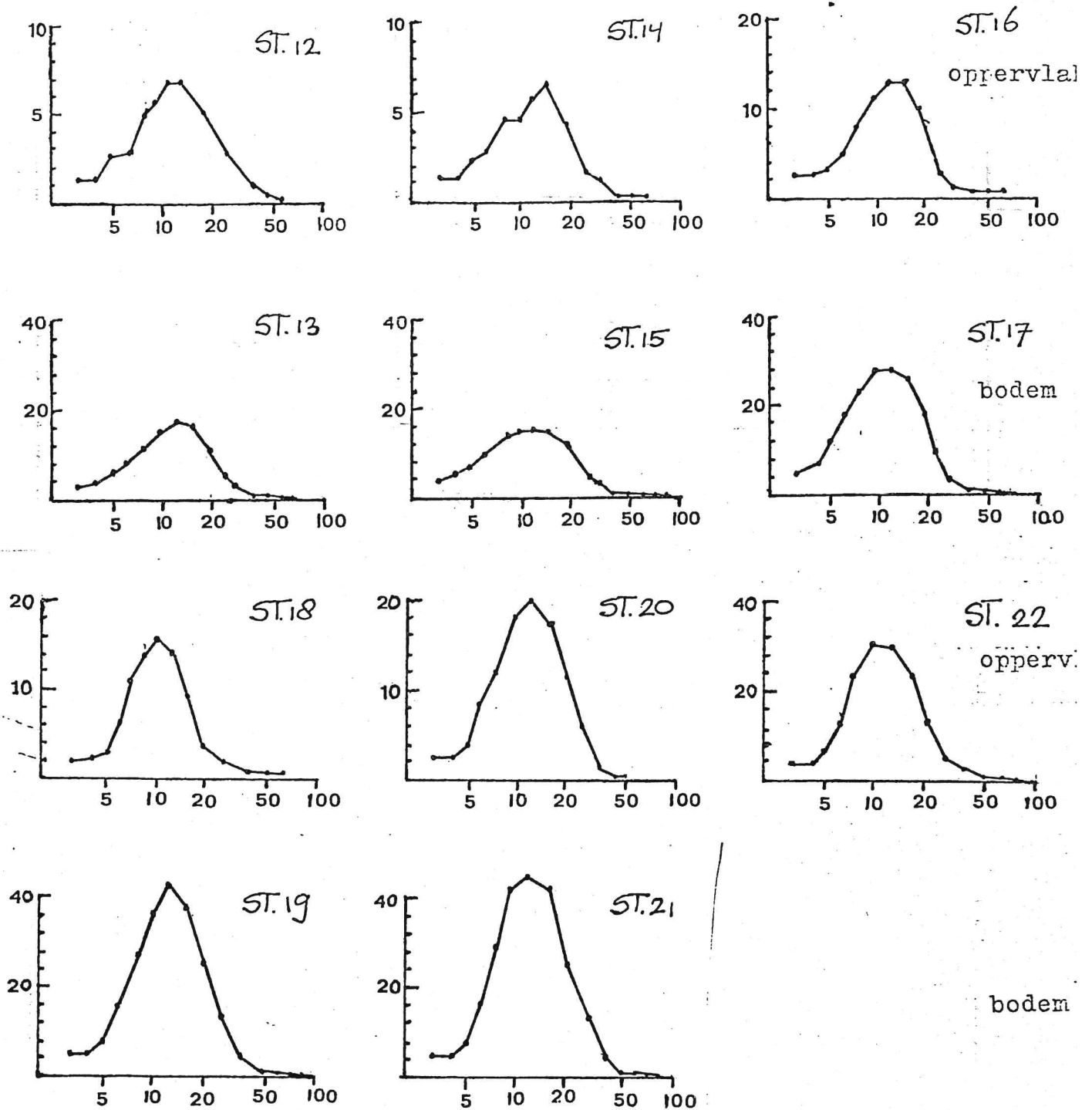


Fig. 14. Deeltjesgrootte spectra in ppm v/v voor de monsters van de strandraai Callantsoog tijdens maximale stroomsterkte.



Callantsoog
Max. Stroomsterkte
Juni 1974

