

Fosfor verdeling en fosforbalans in de Zuidelijke Bocht
van de Noordzee in september en oktober 1973

door

H.J. Lindeboom

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN:

nummer 1975.- 9

1305A

1

1

Fosfor verdeling en fosforbalans in de Zuidelijke Bocht
van de Noordzee in september en oktober 1973

door

H.J. Lindeboom

Intern verslag

over

werkzaamheden verricht als doctorale studie bij een
chemisch oceanografisch onderzoek (van juni 1973 -
mei 1974)

aan

het NIOZ te Texel

voor

Prof. Dr. H.J. Veldkamp

Rijksuniversiteit te Groningen

onder supervisie van

Drs. S.B. Tijssen

NEDERLANDS INSTITUUT VOOR ONDERZOEK DER ZEE

PUBLICATIES EN VERSLAGEN:

nummer 1975 - 9

Rechten voorbehouden

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

Fosfor verdeling en fosforbalans in de Zuidelijke Bocht
van de Noordzee in september en oktober 1973

door

H.J. Lindeboom

Intern verslag

Inhoud:

I. Summary	2
Samenvatting	3
II. Inleiding	5
2.1. Monster programma	5
2.2. Waterbalans	6
2.3. Fosfor	10
2.3.1. Verschillende vormen waarin fosfor voorkomt	10
2.3.2. Fosforbalans	10
2.4. Fosfor in plankton	11
III. Methoden	11
3.1. Monstername	11
3.1.1. Zeewater voor fosfor en saliniteits-	
bepalingen	11
3.1.2. Plankton monsters voor fosfor bepaling	12
3.2. Fosfor gehalte	12
3.2.1. Destructie	12
3.2.2. Bepaling PO_4 -P gehalte	14
IV. Resultaten	14
4.1. Zoutgehalte verdeling in het betrokken gebied	14
4.2. Waterbalans	16
4.3. Rivieraanvoer	16
4.3.1. Hoeveelheid water	16

4.3.2. Fosfor gehalten in de rivier	17
4.4. Fosfor situatie	18
4.5. Fosfor balans	18
4.6. Fosfor in plankton monsters	19
V. Discussie	21
5.1. Waterbalans	21
5.2. P - S grafieken van de estuaria	22
5.3. Fosforbalans	23
VI. Literatuur	25
Figuren	

I. SUMMARY

The purpose of the investigation was to get insight into the distribution of phosphorus compounds in Autumn 1973 in the Southern Bight of the North Sea and to interpret the concentration changes found by means of a mass balance. Furthermore some destruction methods for organic phosphate esters were studied. Also the phosphorus content of plankton samples, caught with a 50 and 300 μm net, was measured.

During JONSDAP 1973 a sampling program was executed. Three cruises were carried out between 3 September and 2 November. For the intervals of 28 days (5 Sept. - 3 October and 3 - 31 October) between the cruises, a phosphorus balance was calculated.

To make a massbalance it is necessary to know the advective water-transport during the two periods. These were computed starting from salinity distributions and river discharge values.

It appeared that in period I a rest transport towards the north of 170 km³ was present, whereas in period II watertransport was almost absent.

Charts were drawn showing salinity and phosphorus distributions. River input phosphorus concentrations were deduced from P-S- graphs. The in- and output through northern and southern boundary, were calculated

using mean concentrations (averaged in time and space).

In both periods it appeared that a big in situ production of ortho-P and suspended -P had taken place, whereas organic-P decreased. The area of the biggest PO_4 -P production of phosphorus was situated near the Belgian coast where an important part of the increase took place.

In conclusion it can be said that big variations in watertransport through the Southern Bight were calculated. Reliable estimates for the advective watertransport are clearly necessary to improve the reliability of mass balance studies. If we assume for a moment that no advective watertransport in period I was present, the calculated in situ phosphate-P production is halved, but is still at the same level, as the total phosphate -P river input! It is quite possible that the in situ phosphate-P originates from an exchange process occurring between water - and bottom phases.

SAMENVATTING

Het doel van het onderzoek was een inzicht te verkrijgen in de fosforverdeling en het opstellen van een massabalans voor fosfor in de Zuidelijke Bocht van de Noordzee. Tevens werd de hoeveelheid fosfor in plankton vangsten, gevist met een 50 en 300 μm net, bepaald om te zien of deze van betekende invloed kunnen zijn op de op onze manier verkregen fosforcijfers.

In het kader van JONSDAP 1973 werd een monsterprogramma uitgevoerd, waar bij tussen 3 september en 2 november 3 keer een vaartocht werd gemaakt. Voor de tussen de vaartochten gelegen periodes van 28 dagen van 5 september - 3 oktober en van 3-31 oktober werd een fosforbalans berekend.

Voor het opstellen van een massabalans is het noodzakelijk een waterbalans over de betrokken periode te kennen. Om deze waterbalans

te maken, werd een model opgesteld, waarbij gebruik werd gemaakt van de bekende zoutsituaties's. Deze zoutsituatie's werden gedurende de tochten gemeten en kaartjes werden getekend, totale volumes in het gebied werden bepaald. Uit de op deze wijze berekende waterbalans bleek dat in september een rest transport naar het noorden aanwezig was, terwijl in oktober het water nagenoeg niet getransporteerd werd.

Uit de afvoeren van de Nieuwe Waterweg, het Haringvliet en de Westerschelde werd door sommatie de hoeveelheid rivierwater afgevoerd per 28 dagen berekend.

Voor de tochten werden situatie kaartjes voor totaal P ortho-P, gesuspendeerd P, en organisch P getekend.

Uit P-S grafieken werd de gemiddelde fosfor concentratie in de rivieren berekend. De aan- en afvoer van fosfor door de Noord- en Zuid-raai volgden uit de waterbalans en de op de monsterpunten van Noord- en Zuid-raai gemeten fosfor concentraties.

Uit al deze gevonden waarden, en de totale hoeveelheden fosfor in het betrokken gebied volgde de fosforbalans, die voor ortho-P, gesuspendeerd P en organisch P voor beide periode's werd uitgerekend.

In beide periode's werd in de waterkolom een grote in situ productie van orthofosfaat en gesuspendeerd fosfor geconstateerd, terwijl organisch fosfor iets afname. De toename aan ortho fosfaat kwam waarschijnlijk direct of indirect uit of van de bodem.

De plaats waar de grootste toename van fosfor plaats vond, blijkt een gebied voor de Belgische kust bij Oostende te zijn, alwaar naar schatting 50% van de toename plaats vond.

Als conclusie kan worden gezegd, dat grote variabiliteit in doorstroming door de Zuidelijke Bocht aanwezig was, en dat gezocht zal moeten worden naar betrouwbare middelen om deze doorstroming op termijnen van 1 week tot 1 maand te kunnen meten of berekenen. Uit de fosfor cijfers

blijkt, dat naast een grote nutriënten aanvoer door de rivieren een belangrijke aanvoer van of uit de bodem, die in september zelfs 3 maal zo groot was als de rivier aanvoer, aanwezig was.

II. INLEIDING

2.1. Monster programma

In het kader van het JCint North Sea Data Acquisition Programme (JONSDAP) werd in september en oktober 1973 samengewerkt door Engelse, Belgische en Nederlandse onderzoekers.

In het gebied, liggende tussen de Engelse en Frans - Belgische - Nederlandse kust, ten zuiden van de 53^o breedtegraad en ten noorden van de Straat van Dover, werden stroom en getij metingen gedaan om een inzicht te verkrijgen in de waterbeweging op kortere en langere termijn.

Tegelijkertijd werden zout en temperatuue metingen gedaan.

Door het M.S. "Aurelia" van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) werden in de betrokken periode drie vaartochten van een week gemaakt en wel van 3 t/m 7 september, 1 t/m 5 oktober en van 29 oktober t/m 2 november. Aan het onderzoek werd deelgenomen door personeel en studenten van de werkgroep productie en voedselketen onderzoek, oecologie en migratie, geologie en geochemie, zeeverontreiniging en chemische oceanografie. Tijdens de tochten werd een programma afgewerkt, waarbij op volgens een raaien patroon gelegen monsterpunten (zie Fig. 1.) zoutgehalte, temperatuur en zuurstofgehalte zowel aan de oppervlakte als op twee meter boven de bodem werd gemeten.

Tevens werd in deze monsters de hoeveelheid fosfor stikstof, silicium, koper en zink bepaald o.a. ten behoeve van een massabalans studie voor deze elementen.

Met een plankton torpedo, waarin een 50 en 300 µm net waren gemonteerd werden plankton monsters genomen, deze werden zowel kwantitatief

als kwalitatief bekeken.

Door ons werden de in de water monsters aanwezige hoeveelheden opgelost ortho PO en organische P, en gesuspendeerd fosfor bepaald. Hiervan werden situatie kaartjes gemaakt en een massa balans werd opgesteld. Om een juist beeld te verkrijgen van de voor deze balans benodigde rivier concentraties, werden in de betrokken tijd 4 auto-tochten naar het Nederlandse Deltagebied ondernomen. De op 27 augustus, 24 september, 17 en 24 oktober bij de Maasbruggen te Rotterdam, de brug over de Noord bij Dordrecht, in de Oude Maas bij Spijkenisse en in het Haringvliet bij Hellevoetsluis en de spuisluisen genomen monsters werden op fosfor, stikstof, silicium, koper en zink componenten geanalyseerd.

Om misverstanden te voorkomen, zal in de verdere benaming over een tocht worden gesproken, als een vaartocht met de "Aurelia" bedoeld wordt. Onder een periode wordt verstaan : de 28 dagen tussen de woensdagen van twee opeen volgende tochten, waarbij periode I van 5 september tot 3 oktober en periode II van 3-31 oktober loopt.

2.2. Waterbalans

Voor het opstellen van een nutriëntenbalans is het noodzakelijk om de waterverplaatsing in het betrokken gebied te kennen.

Nu zijn er door verschillende instituten (o.a. KNMI) stroommetingen in het betrokken gebied gedaan, maar de resultaten hiervan zijn nog niet bekend.

Om reeds nu iets van de massabalans te kunnen zeggen werd uit de zoutsituatie een waterbalans berekend, de hiermee verkregen resultaten kunnen in een later stadium met de stroommetingen vergeleken worden.

Tot nu toe zijn alleen resttransportmodellen opgesteld voor langere termijnen, onder anderen door RONDAY (1972) en ELSKENS (1972). Zij gebruikten mathematisch-fysische modellen, waarbij met gebruik

making van windkracht, luchtdruk en bodem reliëfgegevens een transportpatroon over langere termijn werd berekend. Deze doorstroming werd als zijnde constant gedurende langere tijden beschouwd. Bij het model van ELSKENS werd de Zuidelijke Noordzee in twee delen verdeeld, zoals gegeven door LAEVASTU (1963) een waarbij een centraal gebied met Engels Kanaal water en een brede kuststrook met gemengd Kanaal en rivierwater aanwezig was, een en ander gebaseerd op de aanwezigheid van verschillende, al of niet van de Atlantische Oceaan afkomstige plankton soorten (BÖHNECKE, 1922). Om de doorstroming op kortere termijn te kunnen berekenen werd gebruikgemaakt van de zoetwater fracties in het gebied. Om deze te kunnen berekenen is het noodzakelijk een indeling in vakken te maken (zie Tabel I).

Tabel I

Volumina vakken behorende bij Figuur 2.

Vak	Volumina tochten (km ³)		
	tocht 1	tocht 2	tocht 3
1	7,01	7,01	7,01
3	20,96	20,96	20,96
5	18,27	18,69	17,34
7	--	7,81	4,35
19	49,57	51,46	51,46
21	48,69	48,69	48,69
23	8,76	8,76	8,76
24	3,03	3,03	3,03
36	6,73	6,73	6,73
37	8,11	8,11	8,11
40	16,73	16,73	16,73
42	32,06	32,06	32,06
45	41,81	37,28	36,86
53	14,19	2,85	--
55	52,02	47,35	45,41
57	39,23	39,23	39,23
59	8,39	8,39	8,39
67	20,73	7,41	10,10
69	9,41	9,41	9,41
70	5,15	5,15	5,15
71	9,52	9,52	9,52
76	1,95	1,95	1,95
80	4,68	4,68	4,68
totaal	427,00	403,26	395,93

Hierbij wordt aan elk station een vak toegekend, waarbij dat station representatief wordt gedacht voor het erbij behorende gebied.

Als westgrens werd de as van de zouttong (maximale zout waarde) genomen. Bij de vakingeling werden zoveel mogelijk de isohalinen gevolgd. Het oppervlak van de vakken werd bepaald door ze op transparant papier over te tekenen, uit te knippen te wegen en het gewicht met een stukje transparant papier van 100 mijl² te vergelijken.

Door dit oppervlak te vermenigvuldigen met de voor het vak representatieve diepte werd de inhoud van een vak verkregen. De gemiddelde diepte van een vak werd o.a. m.b.v. diepte kaarten bepaald. Voor een station wordt nu de zoetwater fractie (f) bepaald uit:

$$f = (S_{\max} - S) / (S_{\max} - S_R) \quad (1)$$

waarbij $S_{\max} \approx 35\text{‰}$

S = gemeten zoutgehalte op station

S_R = zoutgehalte rivier water $\approx 0,5\text{‰}$

Uit:

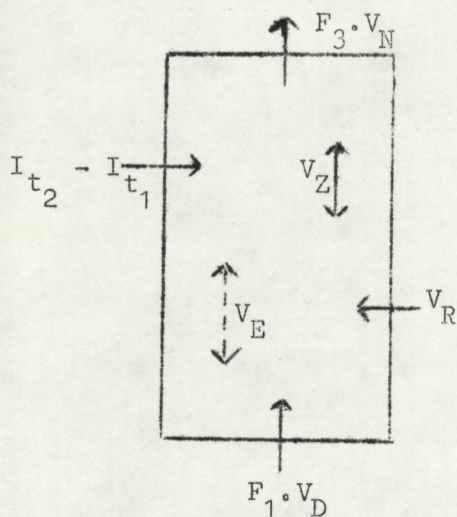
$$M_{\text{zoet}} = \sum_1^n f_n \cdot V_n \quad (2)$$

waarbij V_n het volume van een vak is volgt nu de totale zoetwater massa M_{zoet} . Per definitie geldt nu dat voor een water massa:

$$F = \frac{\sum_1^n f_n V_n}{\sum_1^n V_n} \quad (3)$$

In plaats van een verblijfstijd berekening, die stationaire condities verondersteld, werd gebruik gemaakt van een doosmodel, waarbij de advectie berekend werd per periode tussen 2 tochten.

Uit de aan- en afvoer van zoetwater kan nu de advectie berekend worden. Het volgende schema geeft de aan- en afvoer van zoetwater weer.



I_t = totale inhoud van het beschouwde gebied op tijdstip t . (verandert door verschuiving zoutas).

V_D = volume aanvoer door Straat van Dover.

V_R = volume aanvoer door de rivieren Rijn - IJssel + Maas + Schelde.

V_N = volume afvoer door noord-raai.

V_Z = verandering zoetwater volume in het betrokken gebied op $\approx I_{t_2} \cdot F_5 - I_{t_1} \cdot F_4$

V_E = volume neerslag minus verdamping (waarbij neerslag positief is).

F = zoetwater fractie in de water-massa's.

Als men nu aanneemt dat:

- 1) Er geen zoetwater in de zoutas aanwezig is,
- 2) Bij een verplaatsing van de zoutas, dit water door de noord-raai afvloeit, of door de zuid-raai aangevoerd wordt,
- 3) Het watertransport in een oost-west doorsnede homogeen is,
- 4) Turbulent diffusief transport verwaarloosbaar is,

Volgt hieruit:

$$V_D + V_R + V_E + (I_{t_2} - I_{t_1}) = V_N \quad (4)$$

$$\text{en} \quad F_1 V_D + V_R + V_E + V_Z = F_3 \cdot V_N \quad (5)$$

Hetgeen herleidt kan worden tot:

$$F_1 (V_N - V_R - V_E - (I_{t_2} - I_{t_1})) + V_R + V_E = I_{t_2} \cdot F_5 - I_{t_1} \cdot F_4 + V_N \cdot F_3 \quad (6^a)$$

$$\text{of } V_N = \frac{(V_R + V_E)(1 - F_1) + I_{t_1} (F_4 - F_1) - I_{t_2} (F_5 - F_1)}{F_3 - F_1} \quad (6^b)$$

aangezien: $1 - F_1 \approx 1$ is en $I_{t_1} \approx I_{t_2}$. kan (zoals later gebleken is).

dit vereenvoudigd worden tot:

$$V_N (\approx V_D) = \frac{V_R + V_E + I (F_4 - F_5)}{F_3 - F_1} \quad (6^c)$$

2.3. Fosfor

2.3.1. Verschillende vormen waarin fosfor voorkomt

Fosfor komt in natuurlijke wateren in drie vormen voor n.l. als opgelost ortho-fosfaat PO_4^{-P} , als opgelost organische verbindingen + gecondenseerde fosfaten (organische P) en als gesuspendeerd fosfor (gebonden in organismen an andere partikelletjes $> 0,45 \mu m$).

Met de destructie en kleuring zoals beschreven in 3.2. worden de volgende concentraties fosfor gemeten.

- a) Zonder destructie in gefiltreerd zeewater = PO_4^{-P}
- b) Met destructie in gefiltreerd zeewater = oplosbaar-P = alle vormen van fosfor, die vrij voorkomen of aan partikelletjes kleine dan $0,45 \mu m$ zitten.
- c) Destructie op ongefiltreerd zeewater = totaal P. Uit de op deze wijze verkregen getallen zijn ook de hoeveelheden van de andere vormen van fosfor te berekenen.

$$\text{n.l. d) gesuspendeerd fosfor} = c - b$$

$$\text{e) organisch fosfor} = b - a$$

Voor een eventuele verdere onderverdeling zie: STRICKLAND & PARSONS (1963).

2.3.2. Fosforbalans

Als de watertransport gegevens en de hoeveelheden van een bepaald element bekend zijn, kan een massabalans als volgt worden opgesteld:

Als de totale hoeveelheid in het gebied op tijdstip t van stof A

$$\left(\sum_1^n C_n V_n \right)_t \text{ is, dan geldt:}$$

$$\left(\sum_1^n C_n V_n \right)_{t_2} - \left(\sum_1^n C_n V_n \right)_{t_1} = V_{D_{t_1 \rightarrow t_2}} \cdot (\bar{C}_{D_{t_1}} + \bar{C}_{D_{t_2}}) / 2 + V_{R_{t_1 \rightarrow t_2}} \cdot (\bar{C}_{R_{t_1}} + \bar{C}_{R_{t_2}}) / 2 - (V_{N_{t_1 \rightarrow t_2}}) \cdot (\bar{C}_{N_{t_1}} + C_{N_{t_2}}) / 2 + Pr \quad (7)$$

waarbij: V = watervolumina

V_D = volume wateraanvoer door Strait of Dover

V_R = volume rivieraanvoer

V_N = afvoer door N grens beschouwd gebied

(V_n en V_d volgen uit de waterbalans)

C = conc. van stof A

C_n = conc. in een vak = $\frac{C_{\text{opp}} + C_{\text{bod}}}{2}$

C_D = conc. in Strait of Dover. Er wordt een gemiddelde conc. over de doorsnede genomen, waarbij het stuk tussen de as van de zouttong en de Engelse kust niet meetelt

C_R = conc. in de rivieren

$C_S = 0$ extrapoleren uit Saliniteit-conc. grafiek

C_N = conc. in de noord-raai

(Diffusief transport wordt ook hier verwaarloosd),

Pr = in situ productie = de waarde die de linkse en rechtse term gelijk moet maken en aangeeft of er fosfor in situ wordt vrijgemaakt of opgenomen.

2.4. Fosfor in plankton

Uit de fosfor analyses in combinatie met gegevens van het plankton-onderzoek kunnen nu de fosfor hoeveelheden gebonden in zooplankton, fytoplankton, detritus $> 300 \mu$ en detritus $< 300 \mu$ berekend worden. De manier waarop dit kan geschieden is gegeven door G. FRANSZ (NIOZ, Texel). Deze berekeningen en de discussie hierover waren nog niet afgerond ter zijde van het gereed komen van dit verslag.

III. METHODEN

3.1. Monsternamen

3.1.1. Zeewater voor fosfor en saliniteitsbepalingen

Op de monsterpunten werd met een Nansen waterschepper vlak onder het oppervlak en op twee meter boven de bodem een watermonster genomen.

Naast zuurstof en temperatuur werd hiervan het zoutgehalte bepaald met

een inductief gekoppelde salinometer (Auto-Lab. model 601-M III).

Tevens werden d.m.v. flessen- waterscheppers watermonsters genomen voor de nutriënten bepalingen. De monsters werden in plastic flesjes (200 ml.) ingevroren. Een deel werd gefiltreerd door een 0,45 μm filter en ingevroren. Een ander deel werd d.m.v. de Technicon Autoanalyser CSM-6 aan boord geanalyseerd op $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$.

In het laboratorium werden de monsters ontdooid, waarna zo snel mogelijk de totaal en oplosbaar fosfor bepalingen werden gedaan.

3.1.2. Plankton monsters voor fosfor bepaling

Met een plankton torpedo voorzien van een 50 en 300 μm net werd plankton gevist. De torpedo werd hierbij met constante snelheid, over de gehele diepte door het water gehaald.

Na de monsternamen werd het plankton in een zo klein mogelijk volume zeewater gebracht en diepgevroren.

Na droogvriezen werd d.m.v. $\text{K}_2 \text{S}_2 \text{O}_8$ -destructie het fosforgehalte van de monsters bepaald.

3.2. Fosfor gehalte

3.2.1. Destructie

Drie methodes om gebonden fosfaat te destrueren werden toegepast en vergeleken.

- nl. a) koude verassing
- b) perchloor zuur - destructie
- c) persulfaat - destructie

De koude verassing, waarbij "aangeslagen" zuurstof bij een temperatuur van $\approx 100^\circ\text{C}$ zich met de te verassen stof verbindt, bleek niet te voldoen, daar bij alle fosfor bevattende model stoffen (A-5-MP, Gly-3-P, Glu-6-P, Rib-5-P) resultaat of uitbleef, of pas na zeer lange inwerking meetbaar werd, (nooit hoger dan 25% teruggevonden). Bij geen van de fosfor

bevattende stoffen werd een redelijk snelle oxidatie bereikt, en er werd dan ook van de koude verassing afgezien.

De destructie met perchloorzuur werd gedaan, zoals door STRICKLAND & PARSONS (1963) beschreven, waarbij ook werd uitgegaan van 40 ml monster. De methode met persulfaat, zoals gegeven door MENZEL & CORWIN (1965), werd als volgt uitgevoerd:

Aan 40 ml zeewater werd 5 ml $K_2 S_2 O_8$ (5%) toegevoegd, dit mengsel werd gedurende 1 uur in een kokend waterbad geplaatst. Na afkoeling werd de PO_4 -P meting volgens MURPHY & RILEY (1962) toegepast.

Door diverse mensen, o.a. MENZEL & CORWIN (1965) en P.G.W. JONES (1966) is al een vergelijk gemaakt tussen de verschillende methoden, met variërende resultaten.

Ook hier is een dergelijke vergelijking gemaakt. Om een goede vergelijking tussen de verschillende methoden mogelijk te maken, werd gebruikt gemaakt van vier fosfor bevattende ijkstoffen namelijk; adenosine -5- monofosfaat, glycerine -3- fosfaat, glucose -6- fosfaat en ribose -5- fosfaat.

De volgende resultaten werden hiermee bereikt (zie Tabel II).

Uit de resultaten blijkt dat de persulfaat destructie de beste is (gemiddelde spreiding 4% tegen perchloorzuur tot 30%). Tevens blijkt dat het vrijmaken van fosfaat uit adenosine -5- monofosfaat slechter gaat dan uit de fosfaat houdende suikers.

Ook blijkt, dat bij de lagere concentraties (zoals ze ook in zee-water voorkomen) de methode met persulfaat zeer goed werkt. (97% teruggevonden).

Een methode met waterstof peroxide werd ook nog geprobeerd, maar overblijvende hoeveelheden peroxide bleken teveel invloed op de kleuring met molybdaat te hebben, wat zeer variabele resultaten opleverde. Voor alle verdere bepalingen werd voor de persulfaat methode gekozen, waarbij

Tabel II

Efficiëntie van destructie met $K_2S_2O_8$ en $HClO_4$.
(Alle bepalingen in triplo uitgevoerd).

Stof	Ingezet ($\mu\text{gat}/1$)	$K_2S_2O_8$		$HClO_4$	
		Terug- gevonden ($\mu\text{gat}/1$)	Eff. %	Terug- gevonden ($\mu\text{gat}/1$)	Eff. %
KH_2PO_4	6	5,93 \pm 0,12	99	5,72 \pm 0,30	95
A-5-MP	6	4,59 \pm 0,30	76,5	4,58 \pm 1,23	76,5
Gly-3P	6	5,51 \pm 0,22	92	5,19 \pm 0,58	87
Glu-6-P	6	5,12 \pm 0,26	85	5,19 \pm 0,62	87
Rib-5-P	6	5,69 \pm 0,18	95	5,42 \pm 0,37	90
KH_2PO_4	0,6	0,59 \pm 0,01	98,5	0,59 \pm 0,04	87
A-5-MP	0,6	0,52 \pm 0,04	87,5	0,32 \pm 0,16	54
Gly-3-P	0,6	0,60 \pm 0,01	100	0,51 \pm 0,06	85
Glu-6-P	0,6	0,59 \pm 0,01	98,5	0,48 \pm 0,08	80
Rib-5-P	0,6	0,58 \pm 0,02	98	0,55 \pm 0,03	92

bleek dat de destructie na ongeveer 3 kwartier koken compleet was. Bij alle bepalingen werd een uur in een goed kokend waterbad gedestruëerd.

3.2.2. Bepaling PO_4 -P gehalte

Het PO_4 -P gehalte werd volgens de methode van MURPHY & RILEY (1962) bepaald. De absorbtie door de ontstane blauwe kleur werd bij 802 m μ gemeten op een Zeiss- PMQ II spectrofoto meter in 5 cm cellen. De gele kleur van het reagens bleek hierop geen invloed te hebben. De blauwe extinctie van reagentia blanco bepalingen lagen meestal beneden 0,010.

IV. RESULTATEN

4.1. Zoutgehalte verdeling in het betrokken gebied

De figuren 3, 4 en 5 geven de zoutgehalte verdeling tijdens de betrokken vaartochten weer.

Uit de kaartjes blijkt dat het zoutgehalte aan de kust in periode I toe neemt en in periode II afneemt.

In het gebied bij de zoutas blijkt het omgekeerde het geval, in periode I een afname en in periode II een toename van zoutgehalte. Daar een invloed van zoet rivier water in dit laatst gebied uit gesloten is, moet deze verandering geheel door een positieve regen val- verdampings- balans verklaard worden. In het gebied met een zoutgehalte $>34\text{‰S}$, blijkt dat in periode I een afname van $0,077 \text{‰S}$ en in periode II een toename van $0,066 \text{‰S}$ waar genomen werd.

Hieruit volgt:

Tabel III

Neerslag- verdamping en de overeenkomstige water volume's.

Periode	Neerst. verd. m	Ve_3 km ³
I	+ 0,063	+ 0,95
II	- 0,054	- 0,81

In Tabel IV en V zijn enkele resultaten van de berekening samengevat.

Tabel IV

Totaal volume, volume zoetwater en F-waarden voor het gehele gebied.

Tocht	I_{tot} (km ³)	I_{zoet} (km ³)	$F = I_{\text{zoet}} / I_{\text{tot}}$
1	427	9,3	0,0218
2	403	8,2	0,0204
3	396	9,9	0,0249

In figuur 6 is de zoutverdeling over de noord- en zuid-raai weer-
gegeven met de bijbehorende F-waarden.

Tabel V

Periode	Tocht	F_3	F_3 per periode	F_1	F_1 per periode
I	1	0,0343		0,0034	
	2	0,0243	0,0293	0,0044	0,0039
II	3	0,0369	0,0306	0,0065	0,0055

4.2. Waterbalans

Uit formule 6^b en de Tabellen III, IV, V en VI (zie 4.3) kan nu de waterbalans berekend worden. (zie fig. 7 en 8). Het blijkt dat in periode I een reststroom naar het noorden plaats vindt, die door de noord-raai 170 km^3 water verplaatst. In periode II blijkt deze reststroom nog maar 20 km^3 , door de noordraai te bedragen. Ook in een door BOWDEN (1956) berekende correlatie tussen de wind richting en wind snelheid en de snelheid van water transport door de Straat van Dover, bleek deze laatste snelheid nogal variabel.

4.3. Rivieraanvoer

4.3.1. Hoeveelheid water

Figuur 9 geeft de rivieraanvoer per dag in de betrokken periode weer. Uit Fig. 9 en Tabel VI blijkt dat de aanvoer door de rivieren erg laag is (normaal $5,3 \text{ km}^3/28$ dagen). Tevens blijkt, dat pas in de 2^e periode water uit het Haringvliet komt, daar de sluizen pas opengaan als er meer dan $1100 \text{ m}^3/\text{sec}$ water door de Waal stroomt en dit getal alleen in de laatste twee weken van periode II voorkwam.

Tabel VI

Rivieraafvoer Nieuwe Waterweg, Haringvliet en Schelde (in km^3).

Periode	N. Waterweg ¹	Haringvliet ¹	Schelde ²
I	2,21	0,02	0,08
II	2,54	0,36	0,12

1) Deze cijfers zijn ontleend aan door Rijkswaterstaat Directie Bovenrivieren Arnhem ter beschikking gesteld cijfer materiaal van (Nieuwe Waterweg + Haringvliet = Boven Rijn - IJssel + Maas).

2) Deze cijfers zijn door de Antwerpse Zeediensten (België) ter beschikking gesteld er bij Schelde gemeten.

4.3.2. Fosfor gehalten in de rivier

Tijdens de vaartochten werden in de Nieuwe Waterweg en op de Westerschelde monsters genomen. Tevens vonden 4 tochten per auto naar het Delta gebied plaats (zie 2.1.), waarbij ook monsters verzameld werden. In al deze monsters werd het $\text{PO}_4\text{-P}$, org P en gesup. P gehalte bepaald.

Deze fosfor gehalten werden in een P-S grafiek tegen de saliniteit uit gezet, waarbij door extrapolatie de (fictieve) concentratie bij $S=0,5$ gevonden wordt (zie Fig. 10 en 11).

Tabel VII

$C_{S=0}$ waarden voor Rijn en Schelde voor de beide periode's (in $\mu\text{gat/l}$).

$C_{S=0}$	Periode	tot. P	$\text{PO}_4\text{-P}$	Susp. P	Org. P
Rijn	I	19,9	14,4	5,3	0,0
	II	20,7	15,2	5,3	0,0
Schelde	I	49	43	6	0,0
	II	40	44	0,0	-0,0

Deze concentratie's werden verder in de massabalans gebruikt.

4.4. Fosfor situatie

In de Fig. 12 ^t/m 15 is de fosfor situatie tijdens de 3 tochten geschetst voor resp. totaal-P, PO₄-P, gesuspendeerd-P en organisch-P.

Uit alle kaartjes (behalve org-P) blijkt dat zowel gedurende de periode I als gedurende periode II het fosfor gehalte toeneemt.

Door ook nu weer het fosforgehalte met de d.m.v. de vakindeling verkregen inhouden te vermenigvuldigen kan de totale hoeveelheid fosfor berekend worden.

Tabel VIII

Fosfor berekend voor het gehele gebied (10³ kg).

Tocht	tot. P	PO ₄ -P	susp. P	org. P
1	9600	5000	2200	2400
2	12800	7300	3400	2100
3	15300	9100	4600	1600

Tabel IX

Fosfor transport door de noord- en zuid-raai (10³ kg).

Periode	Raai	tot. P	PO ₄ -P	susp. P	org. P
I	Noord raai	4700	2700	1200	1000
	Zuid raai	2100	1000	400	700
II	Noord raai	660	500	200	60
	Zuid raai	200	100	50	50

4.5. Fosfor balans

Uit de formule (7), en de Tabellen VII, VIII en IX kan nu de fosforbalans voor de verschillende vormen van fosfor opgesteld worden. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 16 en 17 voor resp. periode I en periode II en in Tabel X.

Tabel XIn situ geproduceerde fosfor (10^3 kg).

Periode	PO ₄ -P	susp. P	org. P
I	+ 2700	+ 1600	0
II	+ 800	+ 1000	- 500

4.6. Fosfor in plankton monsters

Uit het gewichtsverlies tijdens het vriesdrogen, aannemende dat het zoutgehalte tussen en in de planktoncellen gelijk aan het omgevingszoutgehalte, werd de hoeveelheid zeezout in elk plankton monster berekend en afgetrokken van het totaal gewicht droge stof. Op deze wijze kan een plankton gewicht gecorrigeerd voor aanwezig zout, berekend worden en ook een P-gehalte berekend op zoutvrij droog gewicht. De resultaten zijn vermeld in Tabel XI.

Tabel XI

Fosfor gehalten van drooggevroren, zoutvrij plankton. (verzameld met planktontorpedo gedurende de JONSDAP 1973).

Station	Met 50 µm net			Met 300 µm net		
	voor tocht:			voor tocht:		
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	1 (%)	2 (%)	3 (%)
1	--	0.18	0.12	--	0.53	0.43
3	--	0.20	0.44	1.48	0.56	0.95
5	0.60	0.20	0.48	1.05	0.83	0.89
7	0.13	0.13	0.36	1.50	0.89	0.46
9	0.22	0.23	0.22	0.74	1.06	0.98
11	0.29	0.24	0.29	1.12	1.24	1.02
15	0.49	0.14	0.24	0.67	1.09	1.08
17	0.23	0.13	0.13	1.47	0.98	0.85
19	0.54	0.16	0.17	0.60	0.88	0.67
21	0.14	0.22	0.22	0.85	1.02	1.17
24	1.12	0.30	0.26	0.55	0.41	1.00
36	0.19	0.33	0.26	0.59	0.73	1.18
37	0.09	0.12	0.09	1.08	1.22	0.70
38	0.10	0.29	0.11	0.89	2.04	0.55
42	0.25	0.25	0.32	1.13	1.29	1.12
45	0.29	0.18	0.19	0.66	0.86	0.94
49	0.13	0.12	0.13	0.93	0.94	1.12
51	0.18	0.09	0.11	0.87	1.22	3.38
53	0.18	0.25	0.13	0.98	1.01	1.00
55	0.20	0.24	0.24	1.94	0.96	0.67
57	0.22	0.41	0.22	2.54	0.74	0.51
61	0.34	0.21	0.19	0.97	1.02	0.90
63	0.29	0.17	0.04	0.94	0.15	0.38
65	0.14	0.15	0.05	0.67	1.24	0.52
69	0.18	0.16	0.10	0.84	0.97	0.81
73	0.47	0.31	0.65	2.32	1.35	0.29
75	0.11	0.16	0.40	0.81	0.55	0.54
76	0.12	--	0.10	1.09	--	0.49
77	0.21	0.33	0.29	0.94	0.83	0.72
78	--	0.27	0.28	0.75	1.51	0.87
80	0.13	0.28	0.23	0.09	2.52	0.66
81	0.26	0.40	0.17	0.48	1.66	0.87
82	0.36	0.38	0.28	1.31	2.30	0.72
\bar{x}	0.27	0.23	0.23	1.03	1.08	0.86
σ	0.21	0.086	0.13	0.51	0.51	0.51
N	30	32	33	32	32	33

V. DISCUSSIE

5.1. Waterbalans

Uit de waterbalansen voor de beide periode's blijkt dat hier tussen nogal verschil is. Terwijl in periode I een duidelijke reststroom naar het noorden aanwezig is, is deze in periode II nagenoeg afwezig.

Dit watertransport is laag in vergelijking met wat CARTWRIGHT (1961) voor de jaar 1957 en 1958 en later DICKSON (1967) voor de jaren 1956 tot 1961 als jaargemiddelde opgeven. Hun waarden berekenden zij uit het door stroming onstane potentiaal verschil over de telefoon kabel door het Nieuw van Calais. Kleine noordwaartse en zelfs zuidwaartse reststromen zijn niet ongewoon; WYRTHI (1952) toonde aan dat noordelijke winden noordwaartse transporten zelfs om kunnen draaien.

De wind lijkt voor de hier gevonden waarden van de reststroom niet van doorslaggevende betekenis, daar voor beide perioden de windresultante qua richting en snelheid ongeveer gelijk was (zie fig. 7 en 8).

De trend van de neerslag- verdampings schattingen wordt gesteund door de neerslagmetingen van het Lichtschip- Noord- Hinder, dat voor periode I een totale neerslag van 100 mm en voor periode II een totale neerslag van 35 mm mat. De tevenslager wordende temperatuur van de atmosfeer in de periode september- oktober zal de verdamping in oktober ook nog groter dan in september maken (de watertemperatuur daalt in oktober sneller dan in september). Zodat het beeld, dat uit de zoutverdelings cijfers werd verkregen, een juiste lijkt.

De in het model aangebrachte verschuiving van de zoutas tussen twee tochten is een discutabel punt. De verschuiving is gering en onregelmatig. Bovendien blijkt dat het aannemen van een vaste lijn op de kaart samenvallende met de gemiddelde positie van de zoutas, in het watertransport model vrijwel de zelfde resultaten geeft als de verschuivende zoutas.

Ook discutabel is de aanname van een homogene stroomsnelheid over

noord- en zuid-raai. Waarschijnlijk is, dat deze snelheid niet overal even groot is, maar tot dat betere stroomgegevens bekend zijn, is het niet mogelijk hiermee rekening te houden.

Van de mate, waarin een station representatief is voor een vak, zal de fout in de waterbalans ook belangrijk afhangen, en metingen om dit te verifiëren zullen uitgevoerd moeten worden. Al met al kan gesteld worden, dat de waterbalans nog zeker niet "waterdicht" is, maar voor berekeningen van massabalansen de enige aanwezige en ook alleszins acceptabele methode.

5.2. P-S- grafieken van de estuaria

(zie fig. 10 en 11)

Uit fig. 10 blijkt, dat de punten van de P-S grafiek (alleen in de bovenste zijn ze ingetekend) niet op zo'n rechte lijn liggen, als wel uit de verdunningstheorie verwacht zou mogen worden. Naar $S=0$ vindt een duidelijke afplating van de grafiek plaats. Helaas konden bij het opvaren van de Nieuwe Waterweg de punten met $19\text{‰} < S < 28\text{‰}$ niet bemonsterd worden, zodat een eventueel optredende knik niet waargenomen werd. Bij in het laboratorium uitgevoerde verdunningsproeven werd wel een rechte P-S grafiek verkregen voor $\text{PO}_4\text{-P}$. Terwijl ook de nutriënten \leftrightarrow saliniteit grafiek voor nitraat en silicaat in hetzelfde gebied wel een rechte lijn vormt.

Het is duidelijk dat fosfor een niet geheel conservatief gedrag vertoont in de estuaria, waarbij eventuele plaatselijke lozingen geen rol kunnen spelen, daar ze volgens de opgave klein zijn. Een mogelijke verklaring kan het uit de bodem komen van fosfaten zijn, die de fosforconcentratie eerst verhogen, waarna daarna een conservatieve verdunning volgt.

Voor de, in de massabalans, te gebruiken $C_{s=0.5}$ werd door alle punten

bij $0 < S < 35 \%$, een d.m.v. de kleinste kwadraten methode verkregen, lijn getrokken. Uit deze lijn werd $C_{S=0.5}$ afgelezen.

Als de hiervoor geopperde theorie juist is, en er dus fosfaat uit de bodem bij komt, zal deze $C_{S=0.5}$ dus voor de Nieuwe Waterweg een iets te lage waarde geven.

Voor de Westerschelde werd slechts een klein deel van het saliniteits gebied bemonsterd. Hier werden zo weinig monsters genomen, dat bij extrapolatie naar $S=0.5$ het voorkwam, dat de lijnen voor ortho-fosfor en totaal fosfor elkaar sneden, hetgeen doet vermoeden dat ook hier evenals in de Nieuwe Waterweg, stroomopwaarts de extrapolatie niet geheel opgaat. In deze gevallen werd de hoogst gemeten waarde voor zowel PO_4-P als totaal P gehanteerd. Door de kleine invloed van de Schelde cijfers (bijna geen rivieraanvoer) op de massabalans, zal een eventueel hier gemaakte fout een geringe invloed op het gehele beeld hebben.

5.3. Fosforbalans

(zie fig. 16 en 17)

Uit de balansen blijkt, dat in beide periode's grote hoeveelheden ortho-fosfaat en totaal fosfor uit of van de bodem moeten komen. Dit is weergegeven in fig. 18.

De eveneens in de eerste periode waargenomen toename van gesuspendeerd materiaal (gravimetrisch zowel als met de Coulter counter bepaald), wijst erop dat dit laatste fosfor afkomstig is van of uit opgewerveld materiaal, dat oorspronkelijk onder het vlak op 2 m boven de bodem voorkwam. In welke vorm het geproduceerde opgeloste orthofosfaat zich oorspronkelijk bevond is uit het hier weergegeven cijfer materiaal niet te halen, en welke rol hierbij biologische, chemische en fysische processen spelen, kan dit onderzoek niet leren. Wel kan een indruk verkregen worden, waar het proces van produktie meer of minder

belangrijk is, door voor elk vak de toename in hoeveelheid fosfor te berekenen, waarbij echter geen rekening werd gehouden met eventuele zoutgehalte veranderingen en uitwisseling van stof tussen de vakken, zodat deze berekeningen slechts semi-kwantitatieve waarde hebben.

In de figuren 19 en 20 zijn enkele resultaten weergegeven. In september lijkt het gebied van de Vlaamse bank relatief veel ortho-fosfaat te produceren.

Een soortgelijk resultaat werd voor de nitraat en silikaat productie gevonden. (TIJSSEN, v. BENNEKOM & HELDER, 1974). Het is bijzonder bevredigend dat het gelijktijdig verrichtte onderzoek naar de stikstof en silicium balans analoge resultaten heeft gegeven en het steunt de mogelijk veronderstelling dat ontleding van organischestof in de bodem de primaire oorzaak van de hier beschreven verschijnselen is.

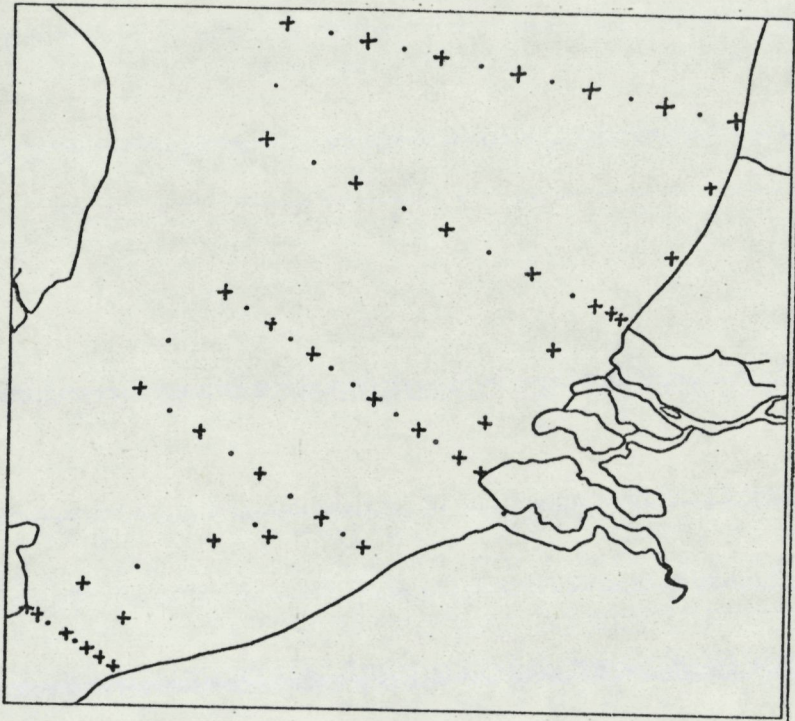
Doordat de in het gebied gemeten hoeveelheden fosfor een belangrijke rol spelen in de massabalans dan de gemeten aan en afvoer door N en Z-grens, is de waterbalans uiteindelijk niet van doorslaggevende betekenis voor de hoofdconclusie. Een groot systematisch fout in het watertransport, zal dan ook voor de slot conclusie van dit onderzoek van ondergeschikt belang zijn.

Slotconclusie: Tussen 5 september en 31 oktober 1973 werd er grote in situ $PO_4\text{-P}$ (en Sasp. P) productie geconstateerd, deze kwamen uit of van de bodem, en dit vindt in hoofdzaak plaats in een gebied dat van de Belgische kust of de Noordzee in gaat. Of hier bodem gestelheden (eventuele oude aan de oppervlak komende lagen) an/of biologische activiteiten een rol spelen zal toekomstig onderzoek duidelijk moeten maken. Dat de bodem een belangrijke rol speelt er komt in september meer fosfor uit dan uit de rivieren is erg waarschijnlijk, en toekomstig onderzoek (o.a. d.m.o. onderzoekers zal de processen die hiervoor verantwoordelijk zijn duidelijk moeten maken.

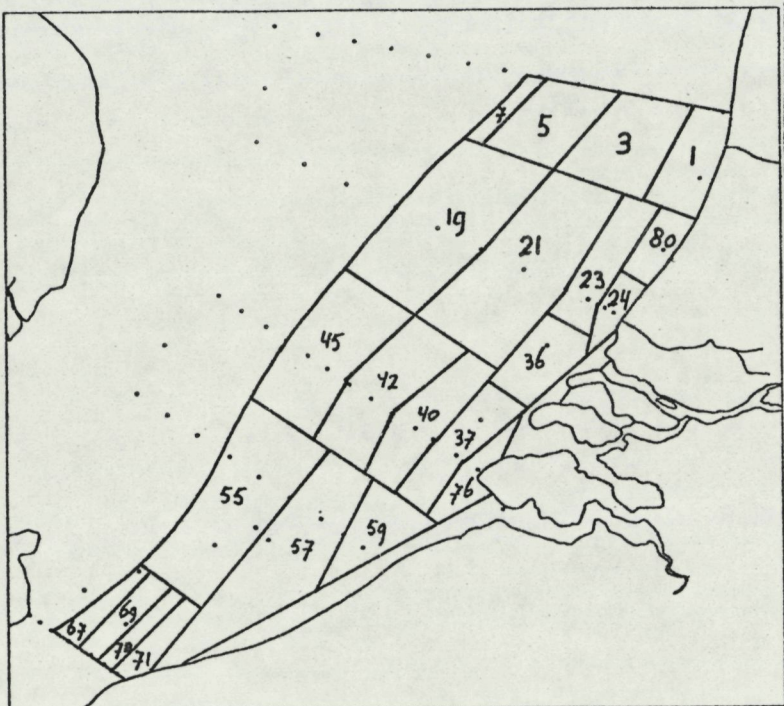
VI. LITERATUUR

- BÖHNECKE, G., 1922. Salzgehalt und Strömungen der Nordsee. Veröff. Inst. Meeres. Univ. Berl. N.F.A. A. Geogr. Naturwiss. R.H., 10: 1-34.
- BOWDEN, K.F., 1956. The flow of water through the Strait of Dover, related to wind and differences in sea level. *Phil. Trans. Roy. Soc. of London. Series A.* -- 248: 517-551.
- CARTWRIGHT, D.E., 1961. A study of currents in the Strait of Dover. -- *J. Inst. of Navigation.* 14: 130-151.
- CHAN, K.M. & P.J. RILEY, 1966. The determination of phosphate in seawater. *Deep Sea Research.* Vol. 13: 467-471.
- DICKSON, R.R., 1967. Long term changes in the hydrography of the European shelf seas since 1905, and the effect of these upon the distribution and abundance of various organisms. -- Ph. D. thesis, University of East Anglia.
- ELSKENS, 1973. Chimie. Rapport de synthèse. Journées d' études des 6-7-8 novembre 1972. -- 295-323.
Rapport de Synthèse. Journées d' études des 6-7-8- Novembre 1972. pag. 95-112. Programme National sur l'environnement physique et biologique. Pollution des Eaux. Projet Mer (Belgique).
- JOHNSTON, R. & P.G.W. JONES, 1965. "Inorganic nutrients in the North Sea". In *Serial Atlas of the Marine Environment. Folio II* American Geographical Society.
- JONES, P.G.W., 1966. Comparisons of several methods of determining inorganic phosphate in oceanic sea water. -- *J. mar. biol. Ass UK.* 46 (1): 19-32.
- LAEVASTU, T., 1963. *Serial Atlas of the Marine Environment Folio 4*, 2 charts, published by Amer. Geogr. Soc.
- MENZEL, D.W. & N. CORWIN, 1965. The measurement of total phosphorus in seawater based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limn. Oceanogr.* 10: 280-282.
- MURPHY, J. & J.P. RILEY, 1956. The storage of seawater samples f.t. determination of dissolved inorganic phosphate. *An. Chem. Acta.* 14: 818-819.
- , 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *An. Chem. Acta* 27: 31-36.
- OTTO, L., 1970. The mean residual transport pattern in the southern North Sea. ICES. Hydr. Committee C.M. 1970/C: 21.

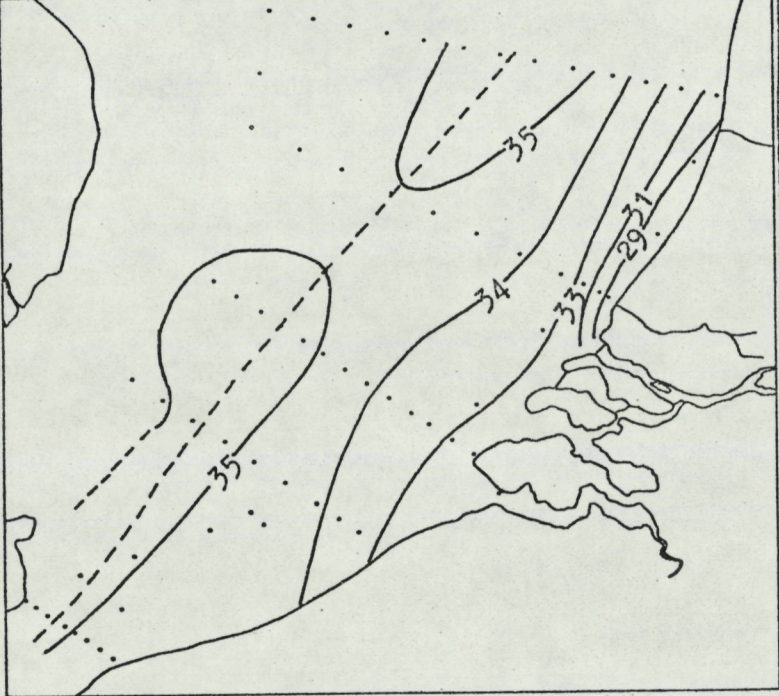
- RONDAY, F.C., Y. RUNFOLLA & Y. ADAM, 1973. Residual and wind driven circulation in the Southern Bight. Modèle mathématique. Rapport de Synthèse. Journées d' études des 6-7-8 Novembre 1972 pp. 93-112. Programme National sur l'environnement physique et biologique. Pollution des Eaux. Projet Mer (Belgique).
- STRICKLAND, J.A.H. & T.R. PARSONS, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada.
- TIJSSSEN, S.B., 1968, 1969, 1970. "Hydrographical and chemical observations in the Southern Bight", Annales Biologiques Vol. XXIV (1967) 22-56, Vol. XXV (1968) 5-59, Vol. XXVI (1969) 71-81.
- TIJSSSEN, S.B., A.J.v. BENNEKOM & W. HELDER, 1974. Contribution of in situ production to the budget of dissolved inorganic nutrients (P, N and Si) in the eastern part of the Southern Bight of the North Sea. ICES C.M. 1974/C:26.
- WYRTHI, K., 1952. Der Einfluss des Windes auf die Wasserbewegungen durch die Strasse von Dover. -- Dt. hydrogr. Z. 5: 21-27.
- ZAUGG, W.S. & R.J. KNOX, Indirect Determination of Inorganic Phosphate by Atomic Absorption Spectrophotometric Determination of Molybdenum. Anal. Chem. Vol. 38: pp. 1719.



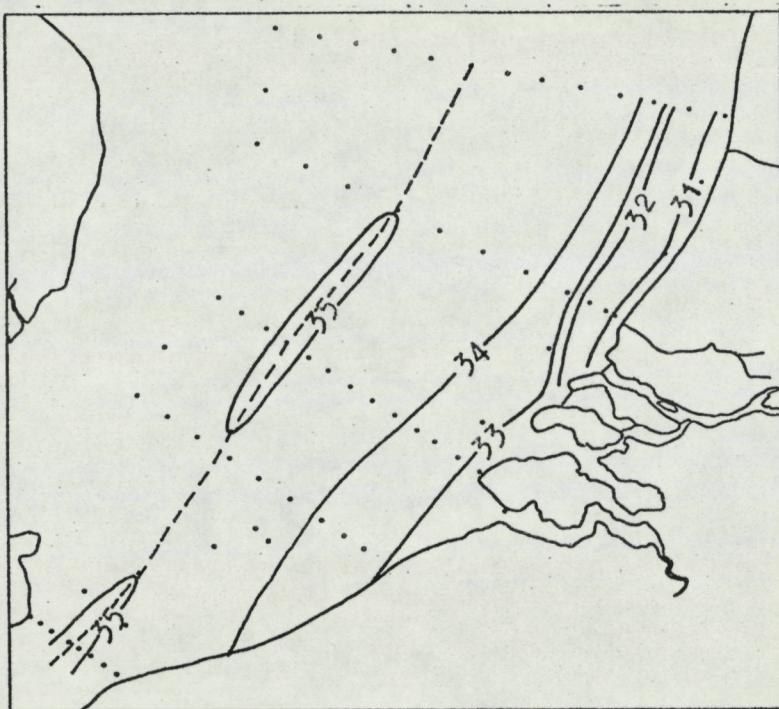
Figuur 1.
 Stations kaartje van de
 drie in het kader van
 JONSDAP gemaakte tochten.
 +=station waar opp. en
 bodem monster werd genomen
 .=station waar opp. monster
 werd genomen.



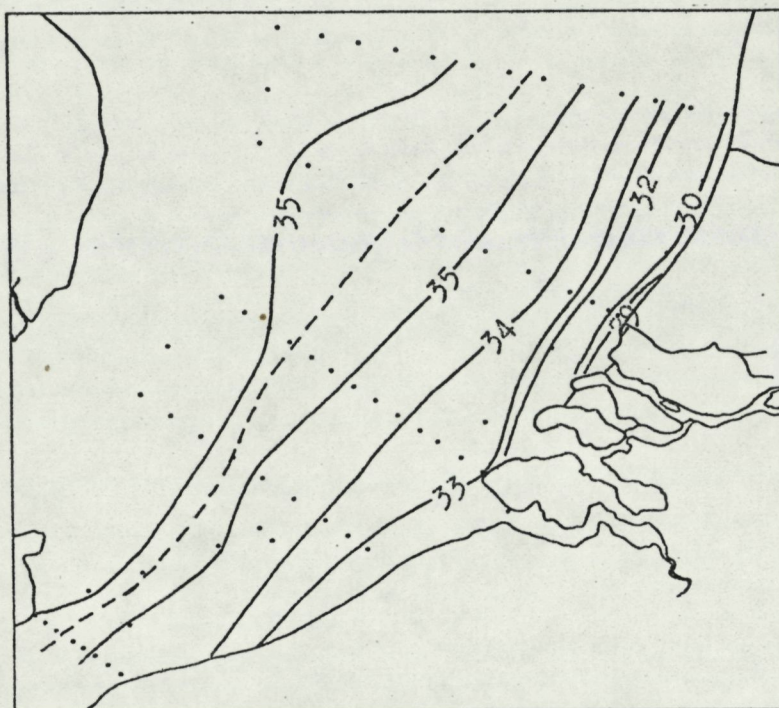
Figuur 2.
 Vakken indeling zoals die
 voor de verdere berekenin-
 gen is gehanteerd.



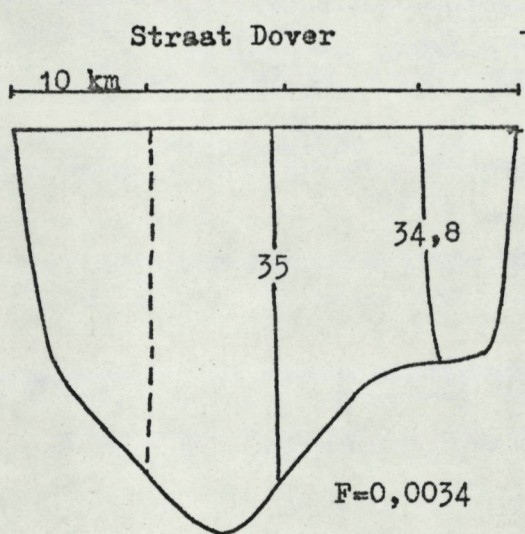
Figuur 3.
 Gem.Saliniteit (opp.+bod.)/2
 Gedurende tocht 1 (3-7 sept. 1973)



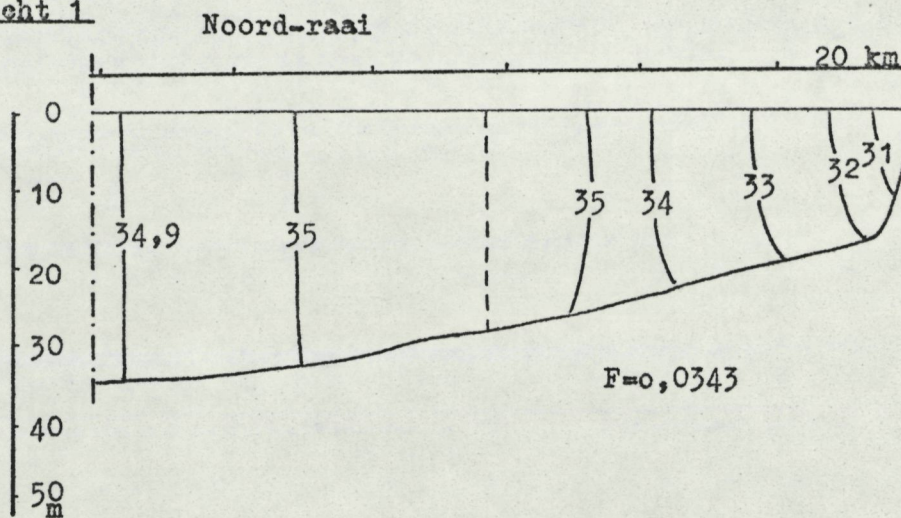
Figuur 4.
 Gem.Saliniteit
 Gedurende tocht 2 (1-5 okt 1973)



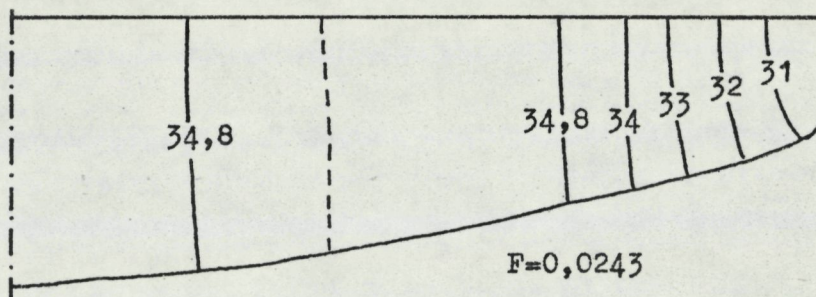
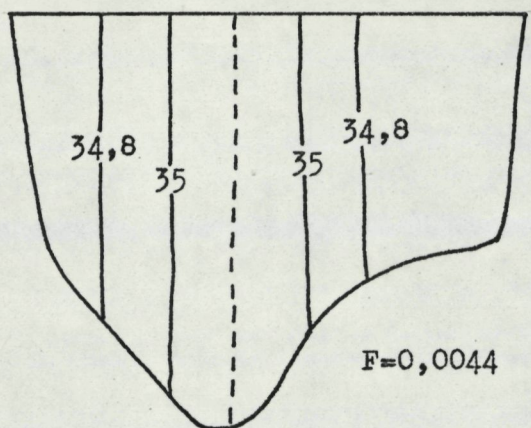
Figuur 5.
 Gem.Saliniteit
 Gedurende tocht 3 (29 okt-
 2 nov. 1973)



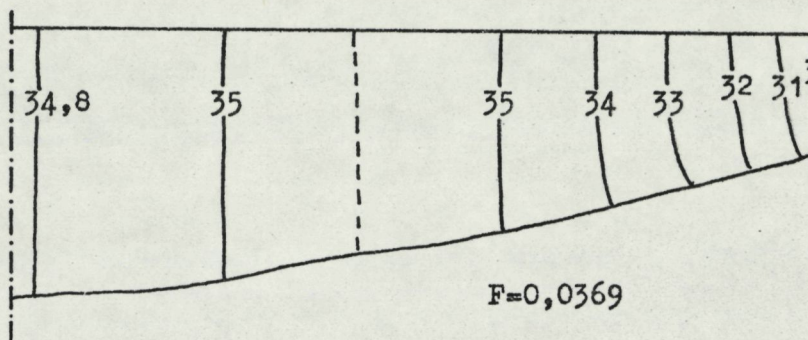
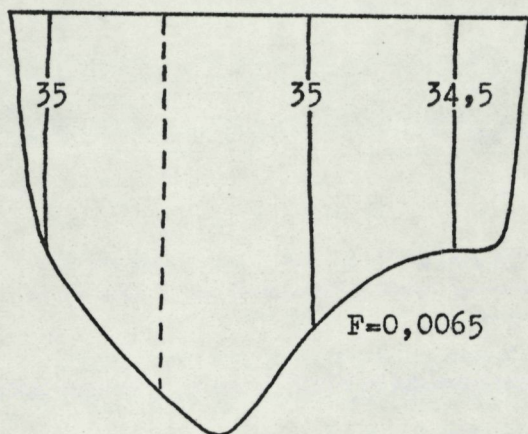
Tocht 1



Tocht 2



Tocht 3

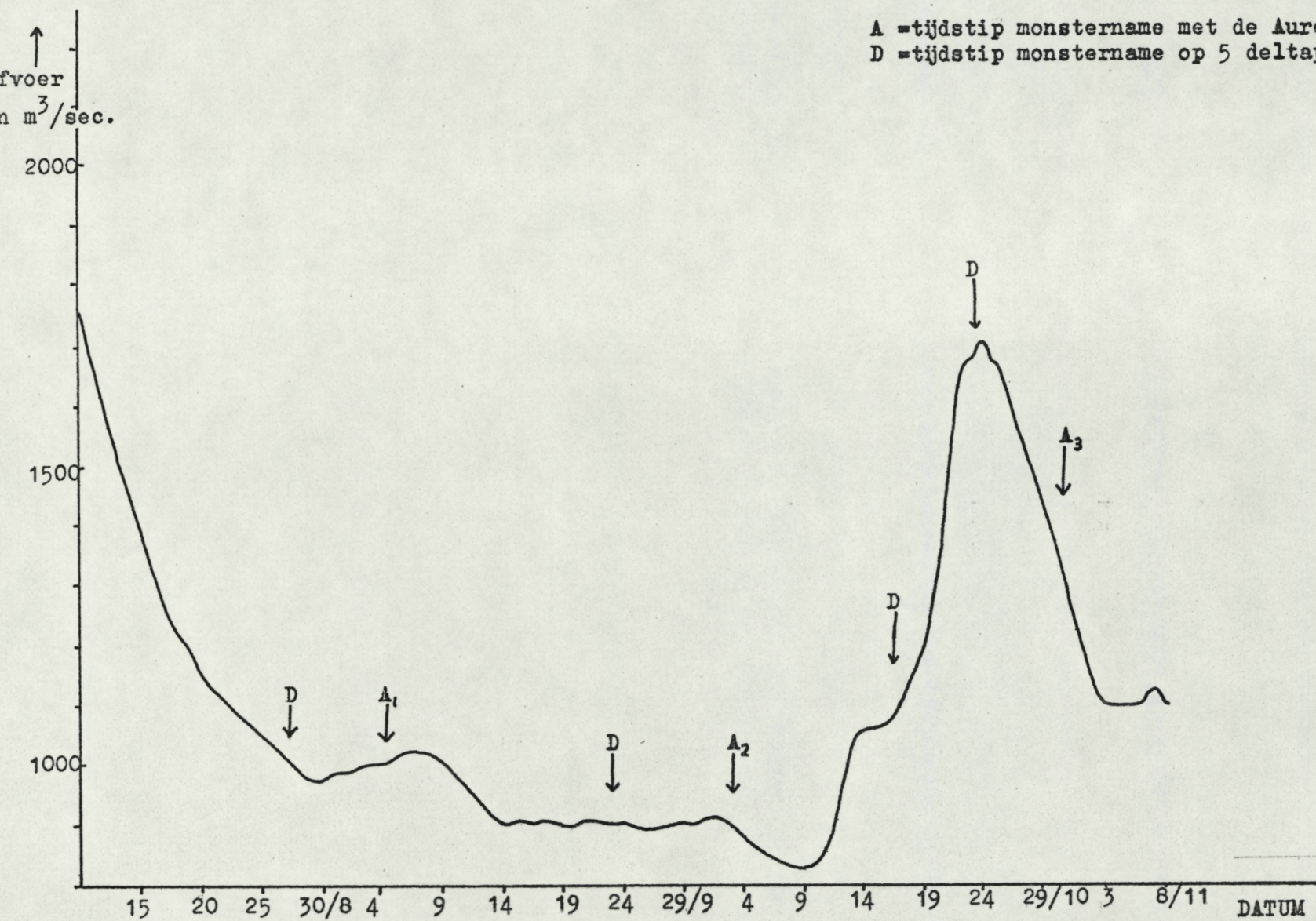


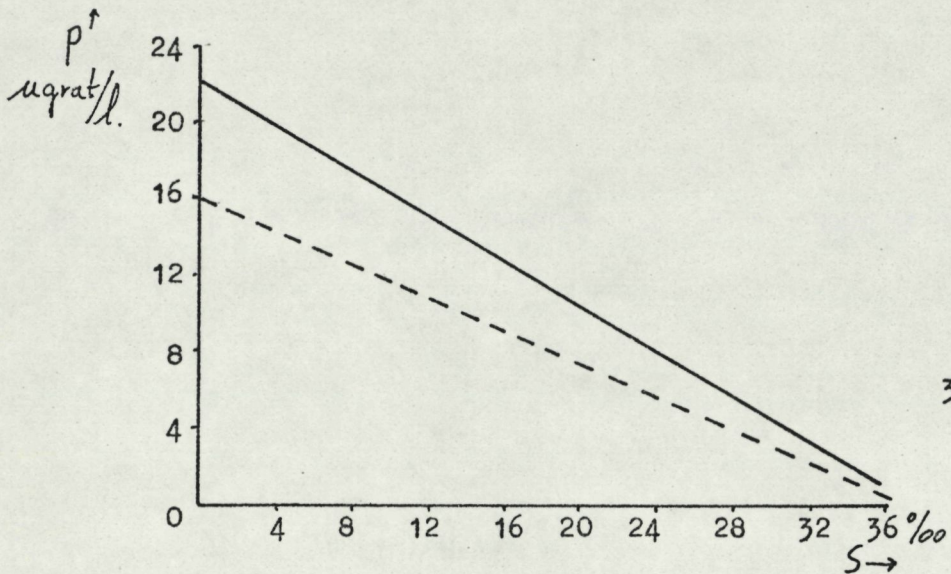
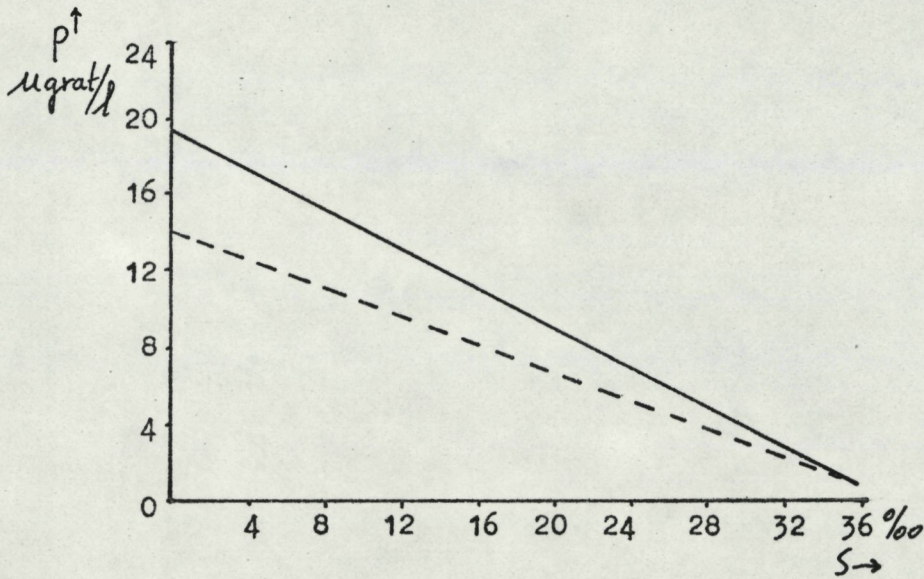
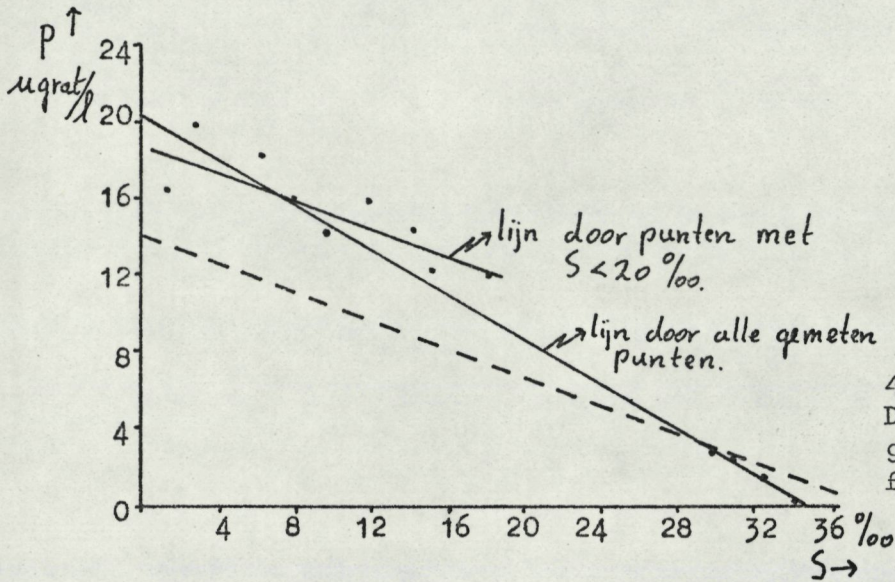
Figuur 6.
De zoutverdeling in de noord- en
zuid-raai.
-----=as zouttong.

Figuur 9.

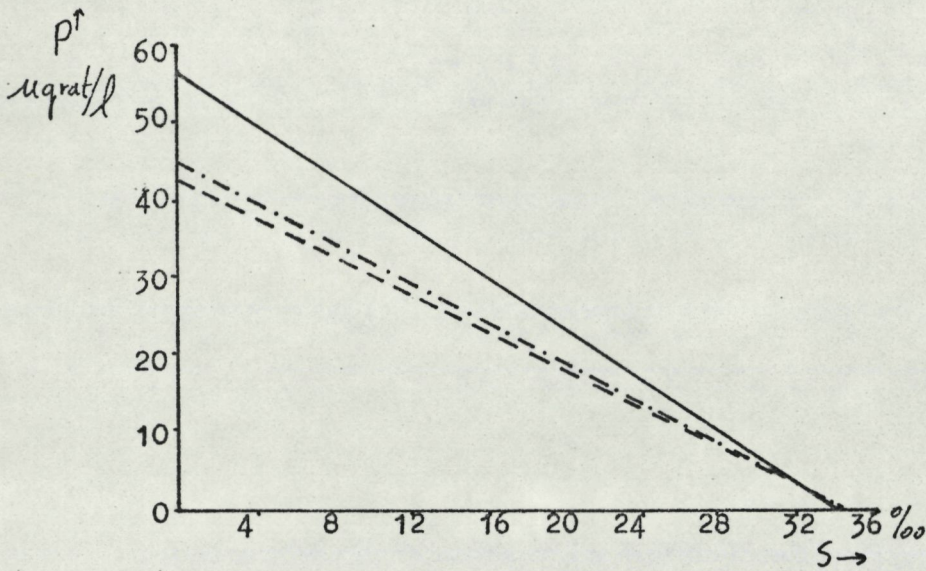
Waterafvoer Boven-Rijn - IJssel + Maas
tussen 10/8 en 8/11 1973 in m³/sec.

A = tijdstip monsternamen met de Aurelia.
D = tijdstip monsternamen op 5 deltapunten.

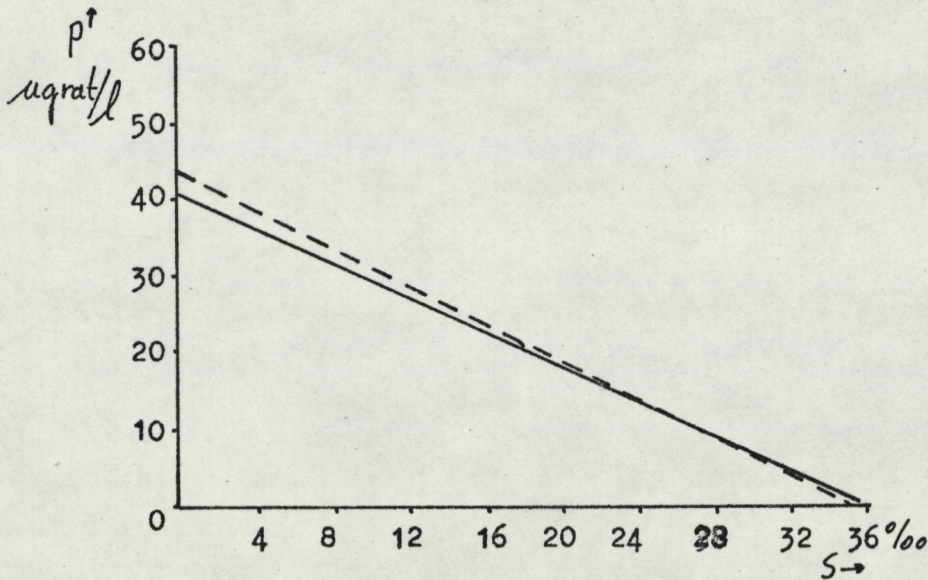




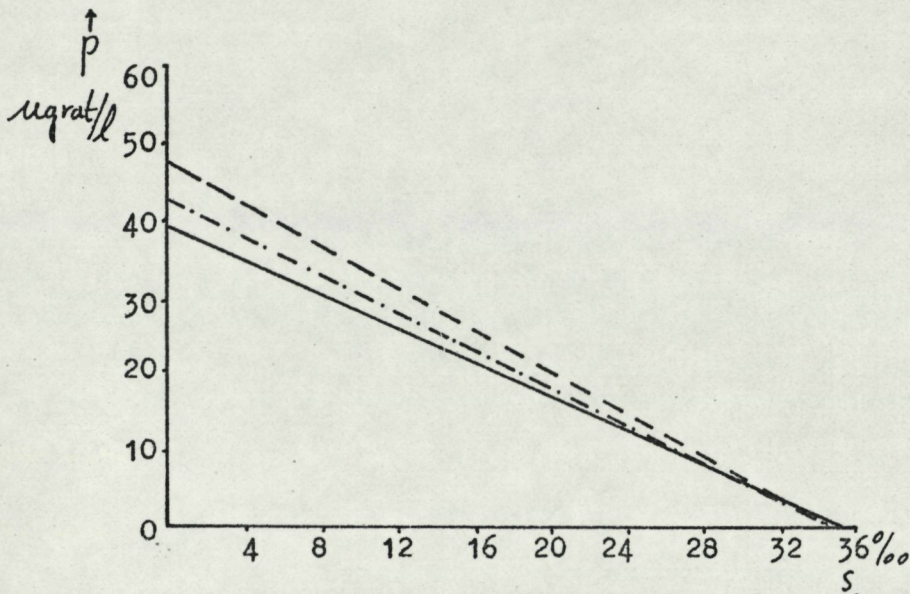
Figuur 10.
P-S grafieken voor de Nieuwe Waterweg.
—=totaal fosfor.
---=ortho fosfor.



6 september.

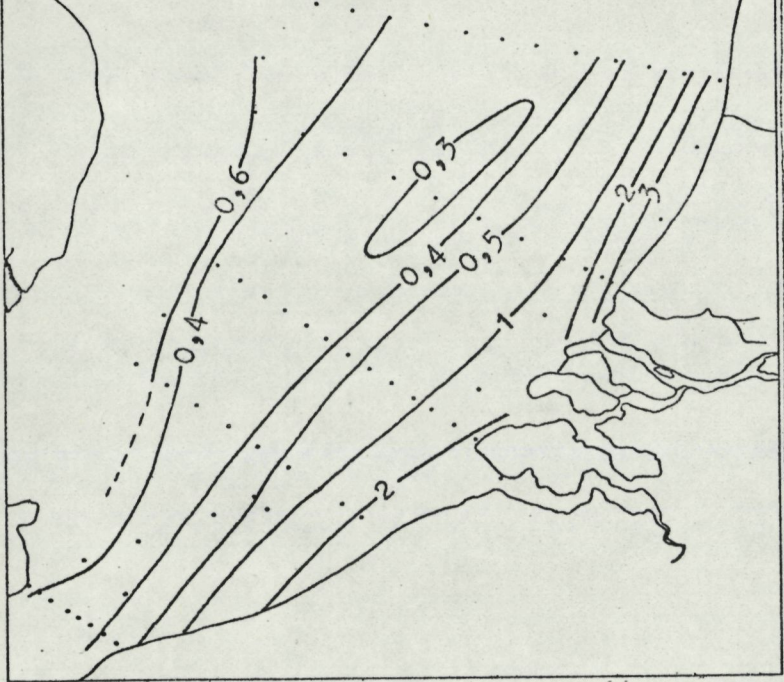


4 oktober.
— en — — — vallen samen.

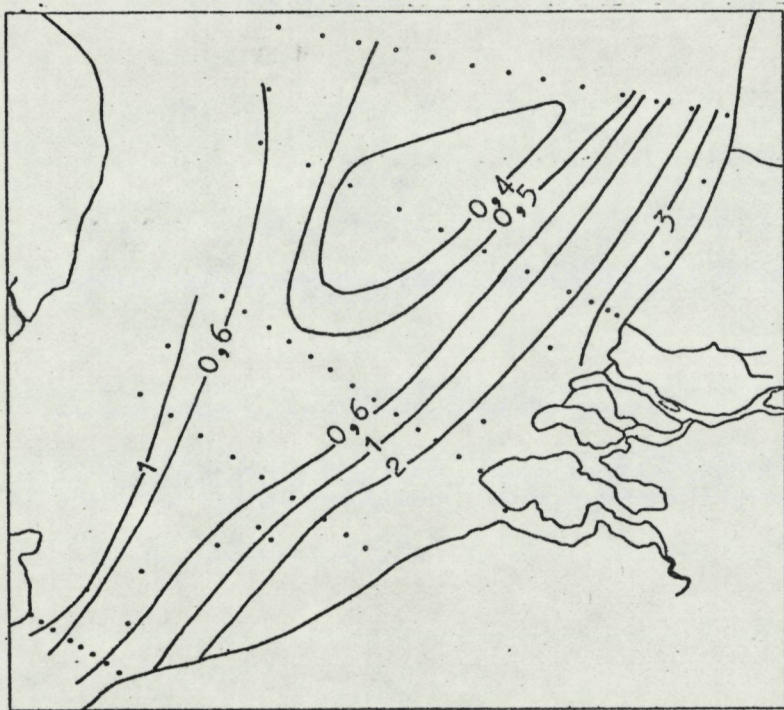


1 november.

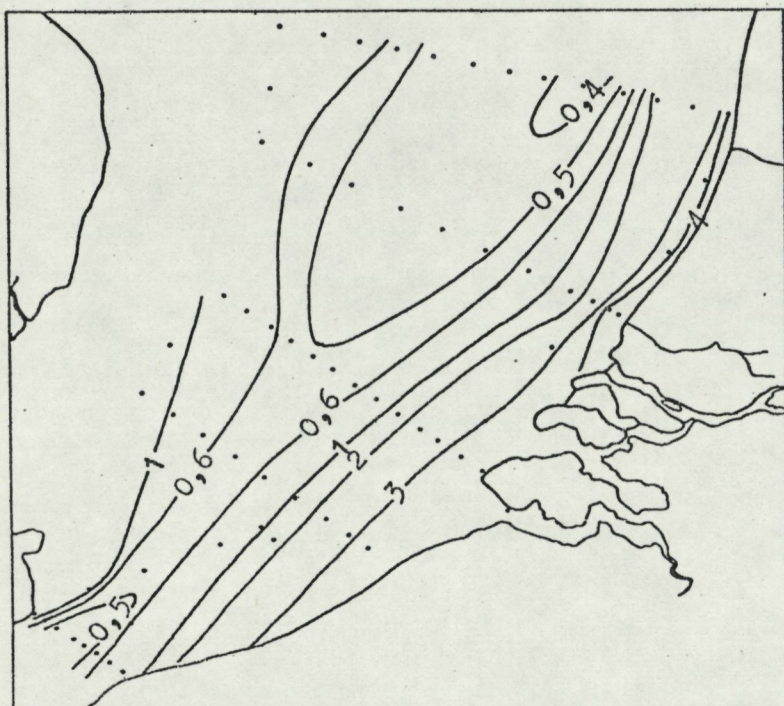
Figuur 11.
P-S grafiek voor de Weste
schelde.
——=totaal fosfor.
- - - - =gesuspendeerd fosfo
- - - =ortho fosfor.



3 - 7 september 1973.

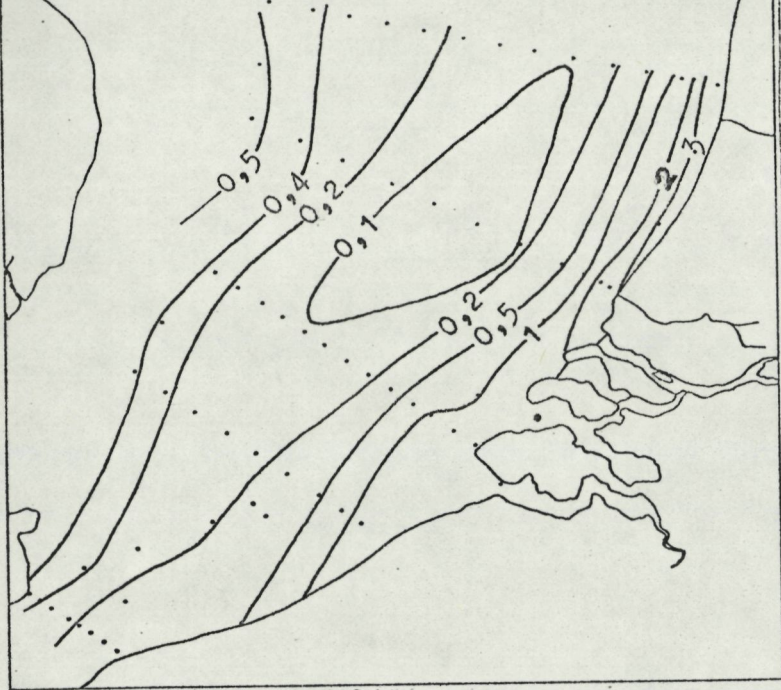


1 - 5 oktober 1973.

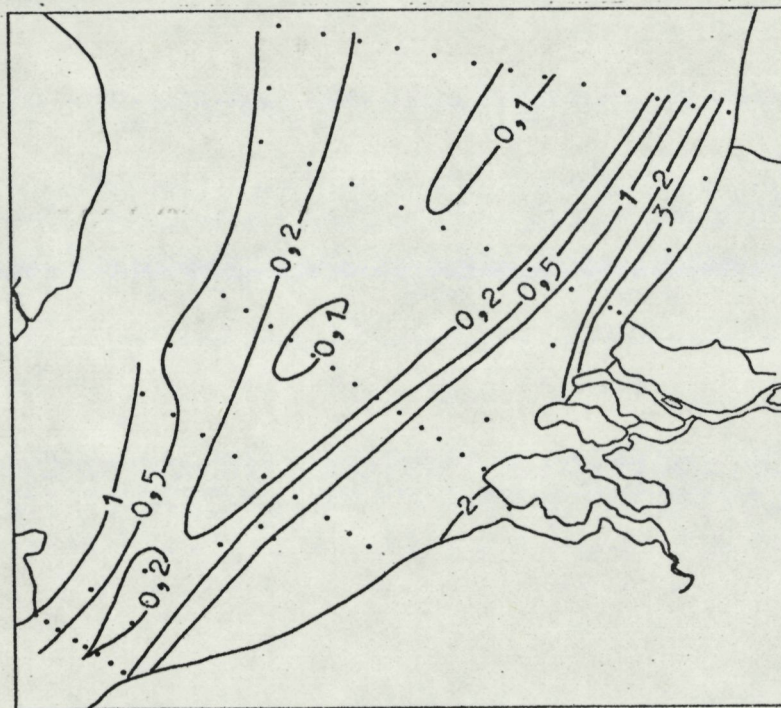


29 okt.-2 nov. 1973.

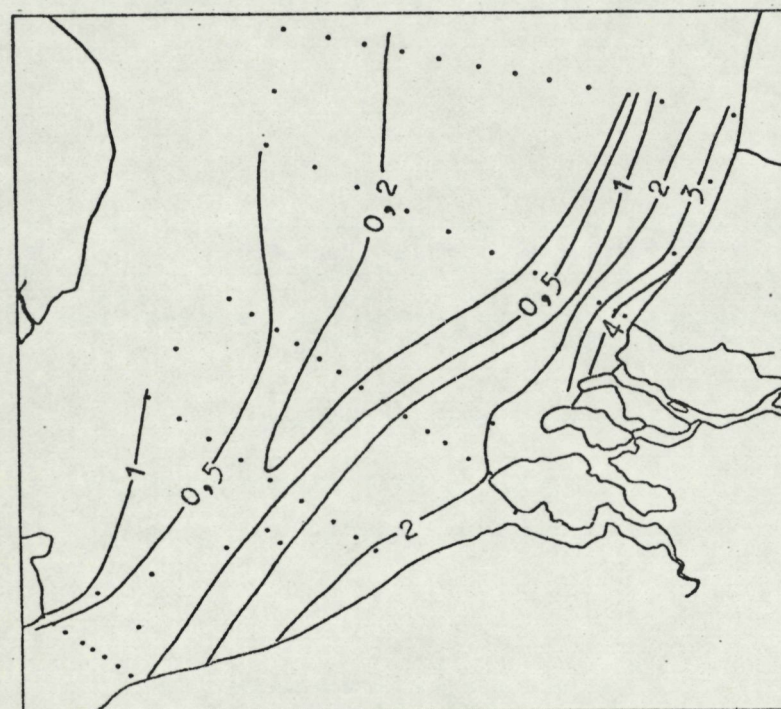
Figuur 12.
Fosforsituatie voor totaal fos
in $\mu\text{grat/}$
(alle waarden van fig.12 t/m 1
zijn gemiddelden over de verti



3-9 september 1973.

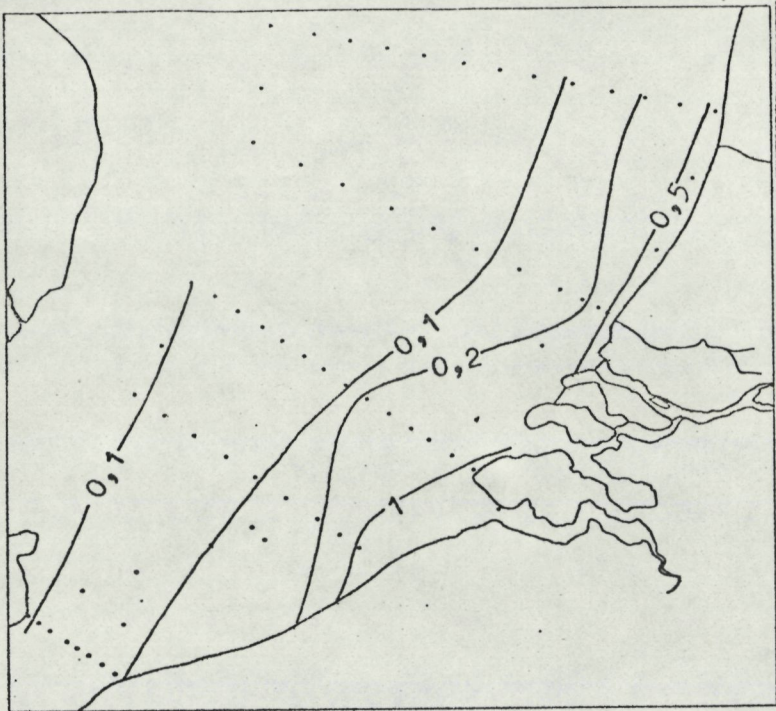


1-5 oktober 1973.

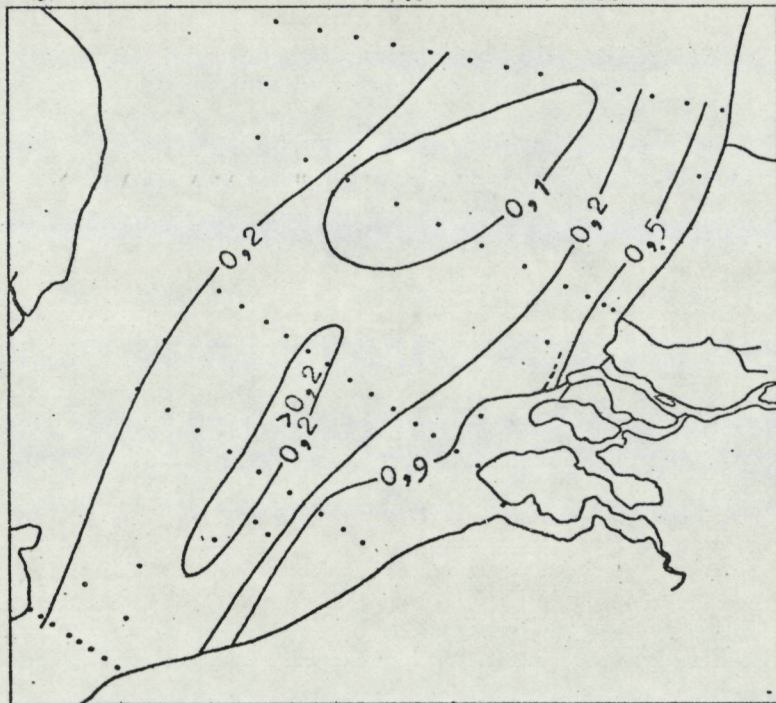


29 okt. - 2 nov. 1973.

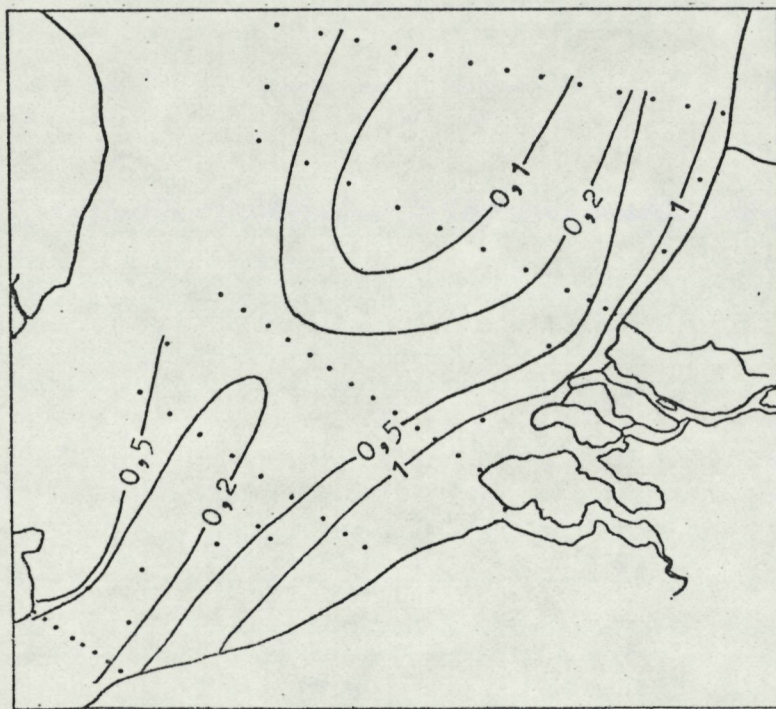
Figuur 13.
Fosforsituatie voor ortho fosfor
in $\mu\text{grat/l}$



3-7 september 1973.

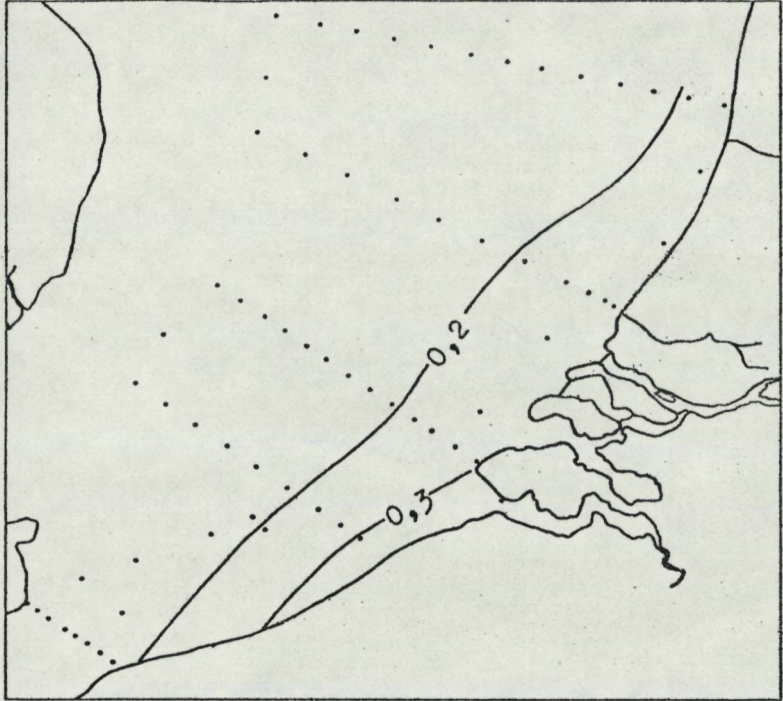


1-5 oktober 1973.

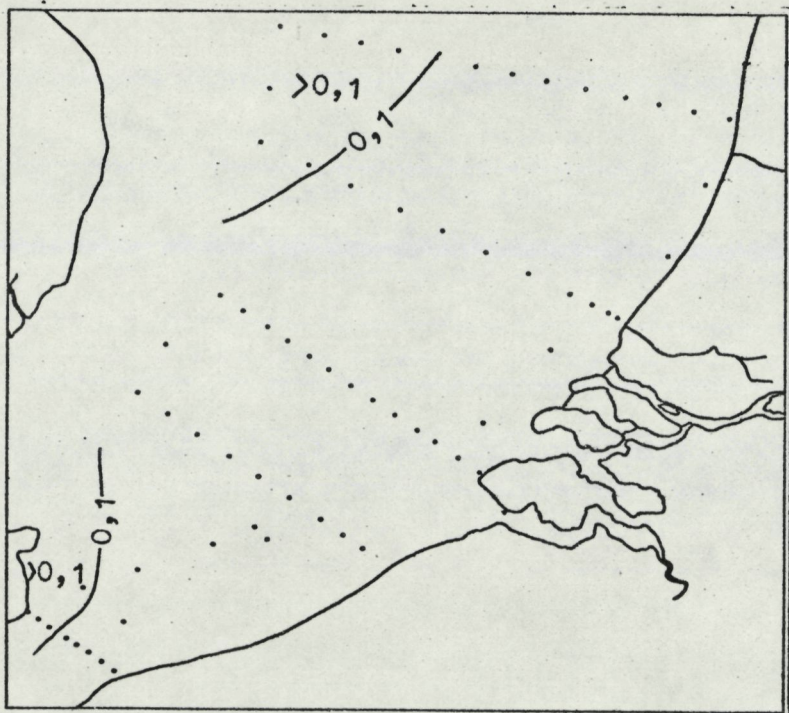


29 okt.-2 nov. 1973.

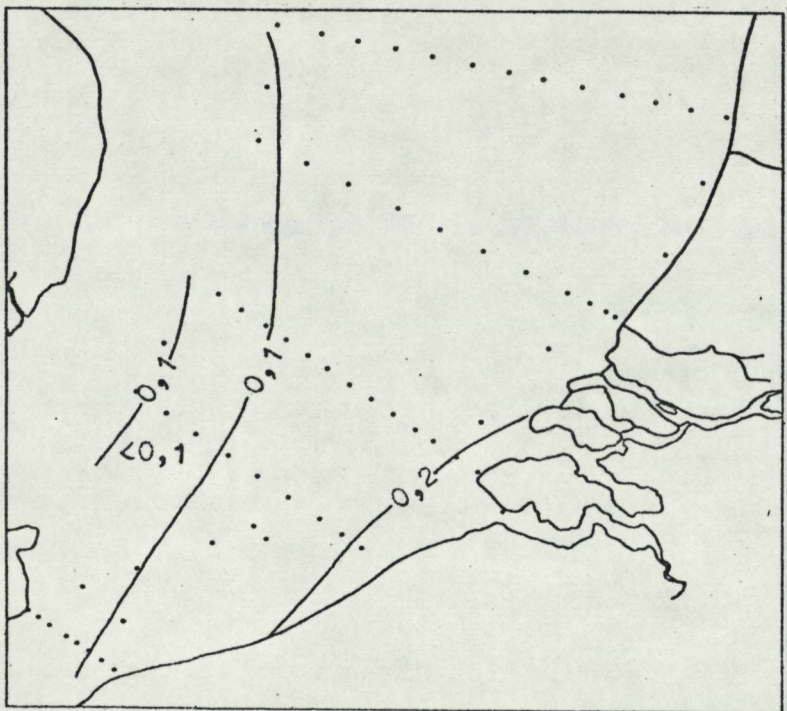
Figuur 14.
Fosforsituatie voor gesuspendeerd fosfor. (in $\mu\text{grat/l}$)



3-7 september 1973.

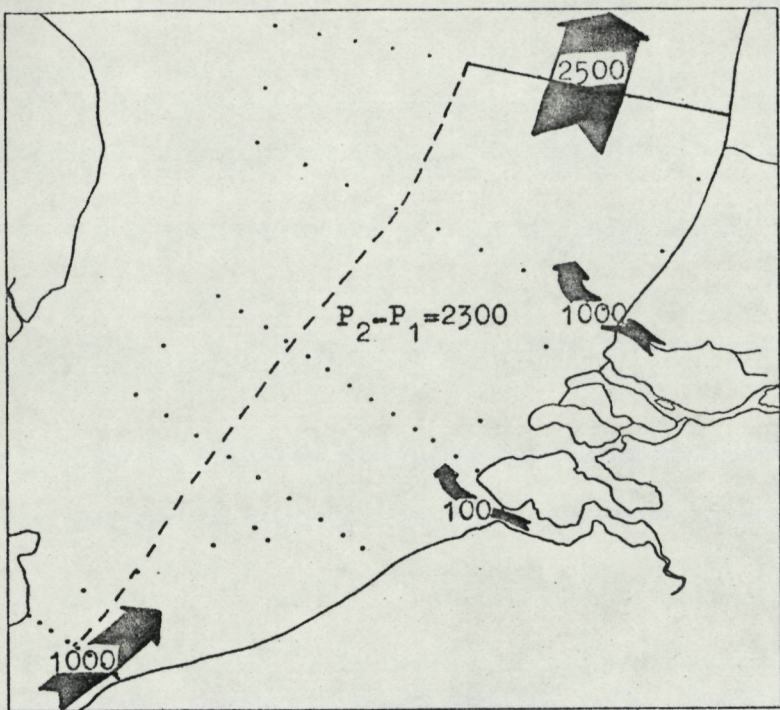


1-5 oktober 1973.

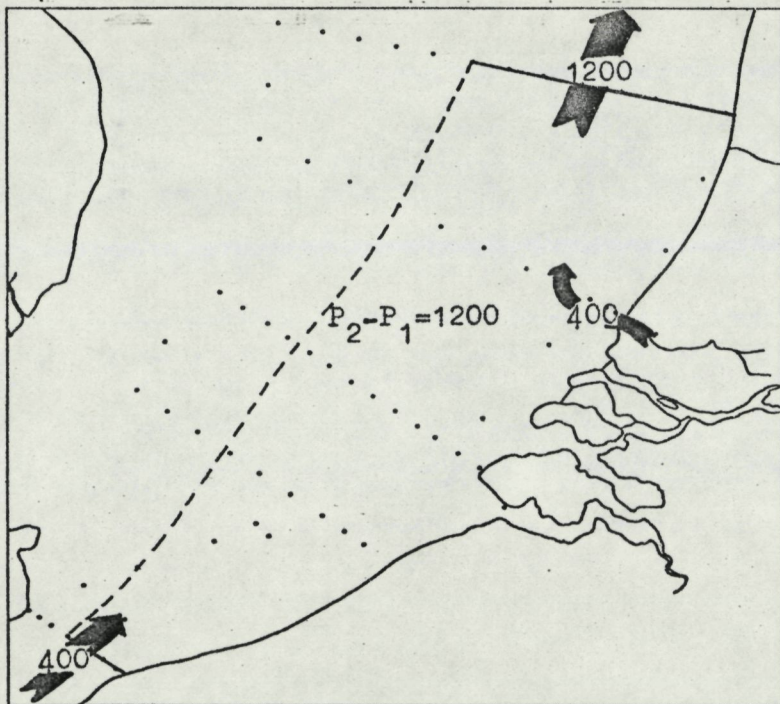


29 okt.-2 nov. 1973.

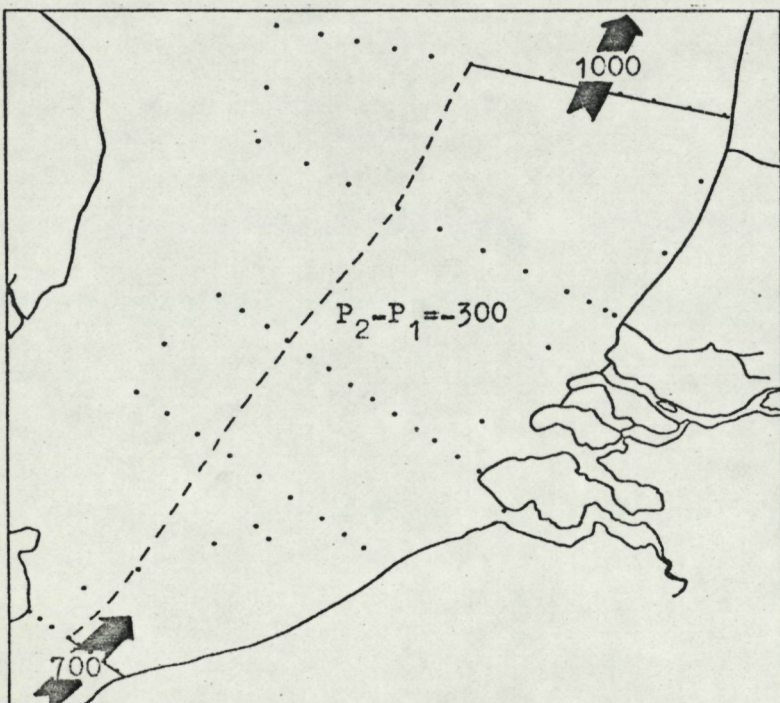
Figuur 15.
Fosforsituatie voor organisch
fosfor. (in $\mu\text{grat/l}$)



Ortho fosfor.
 Produktie 2700 ton.

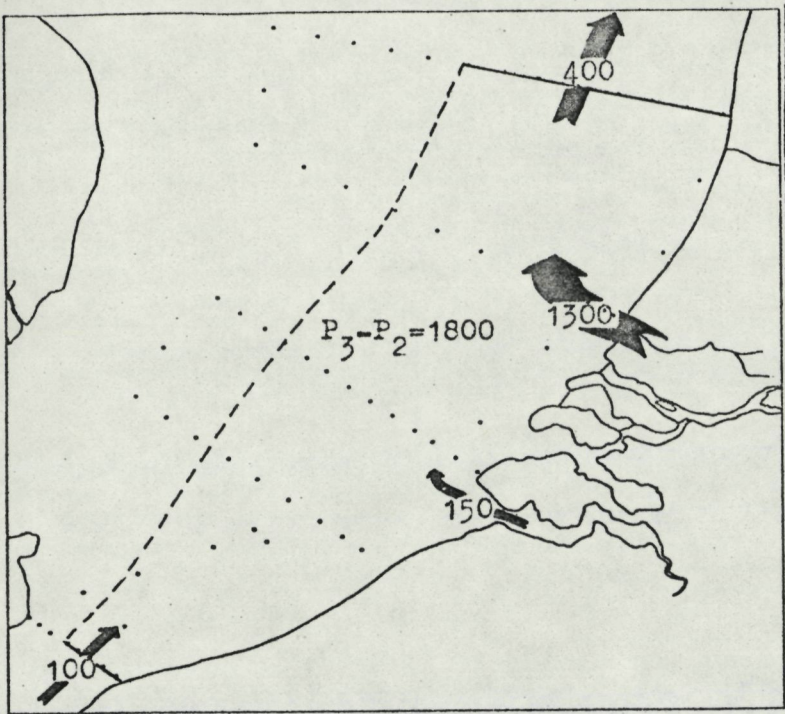


Gesuspendeerd fosfor.
 Produktie 1600 ton.

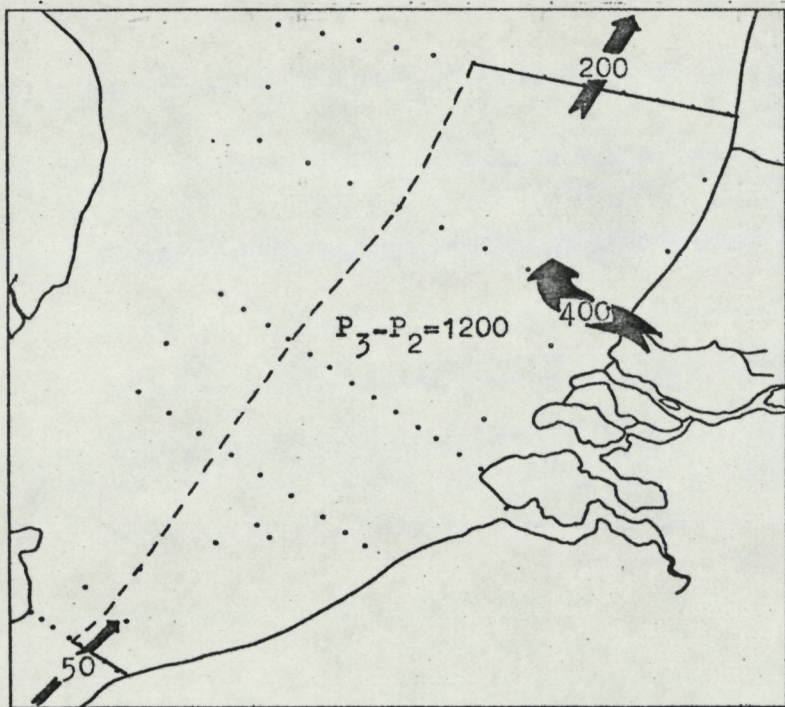


Organisch fosfor.
 Geen netto produktie.

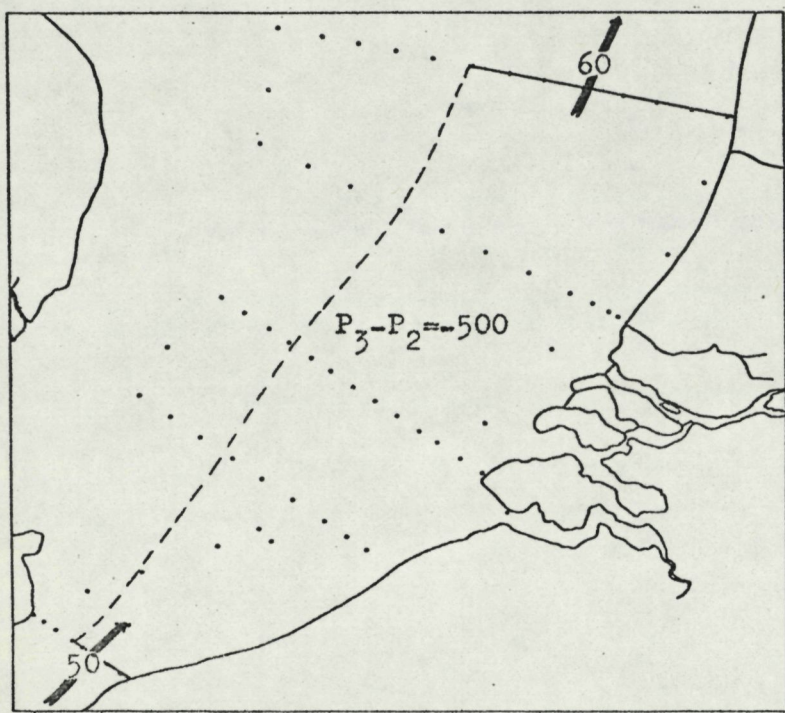
Figuur 16.
 Fosforbalansen voor periode



Ortho fosfor.
 Produktie 800 ton.

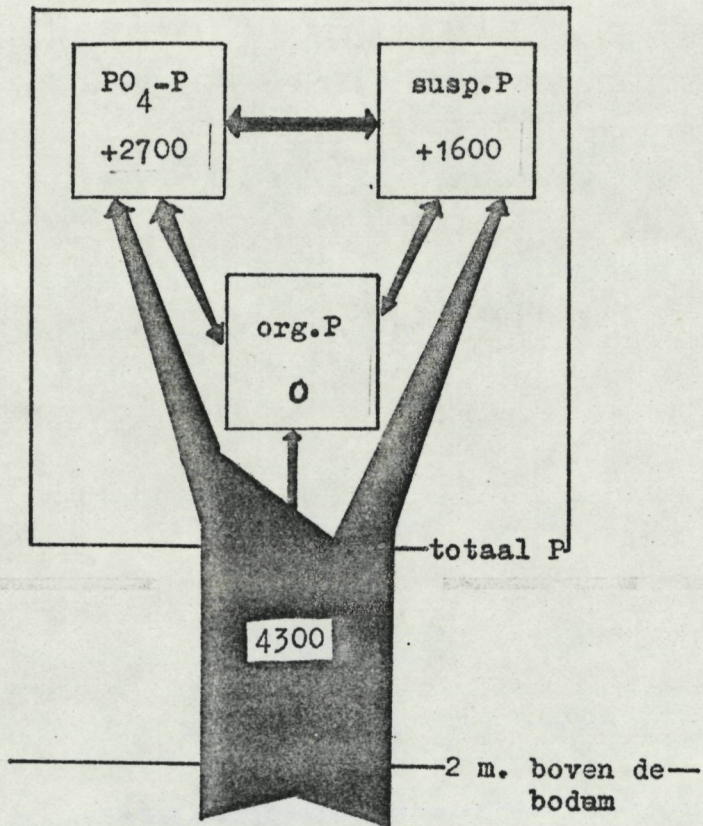


Gesuspendeerd fosfor.
 Produktie 1000 ton.

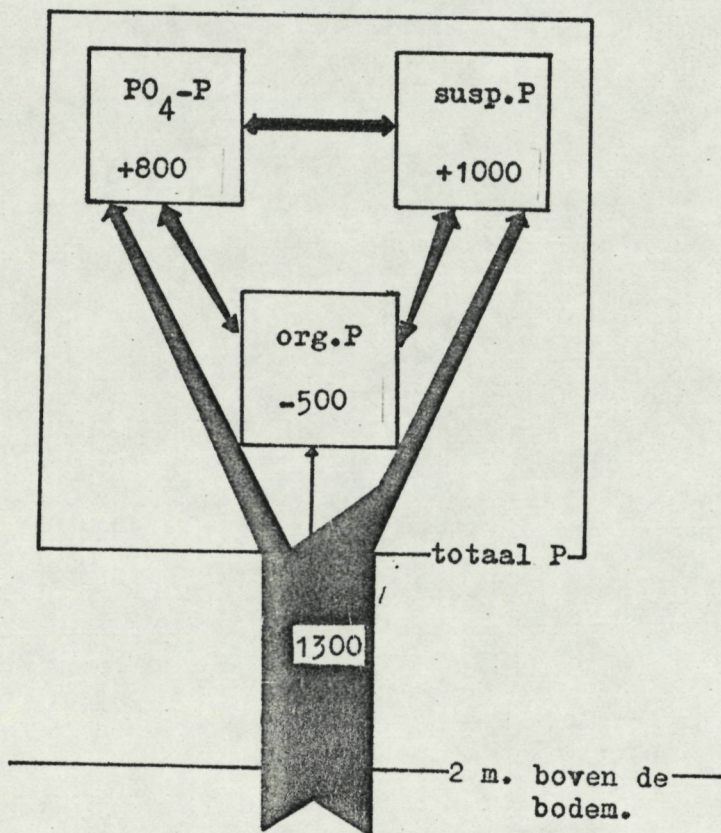


Organisch fosfor.
 Afname 500 ton

Figuur 17.
 Fosfor balansen voor periode 2

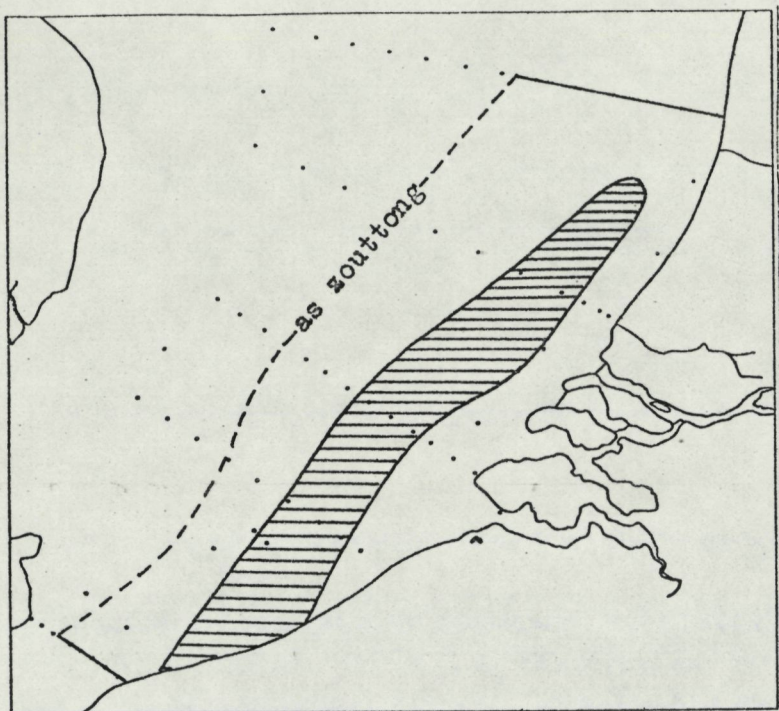


Periode 1.



Periode 2.

Figuur 18.
Het vrijkomen van fosfor van
beneden het vlak op 2 meter
boven de bodem.



Figuur 19.
 Fosfortoename in periode 1.
 In het gearceerde gebied lijkt
 een groot deel van de totaal-
 fosfor en de ortho-fosfaat
 toename plaats te vinden.

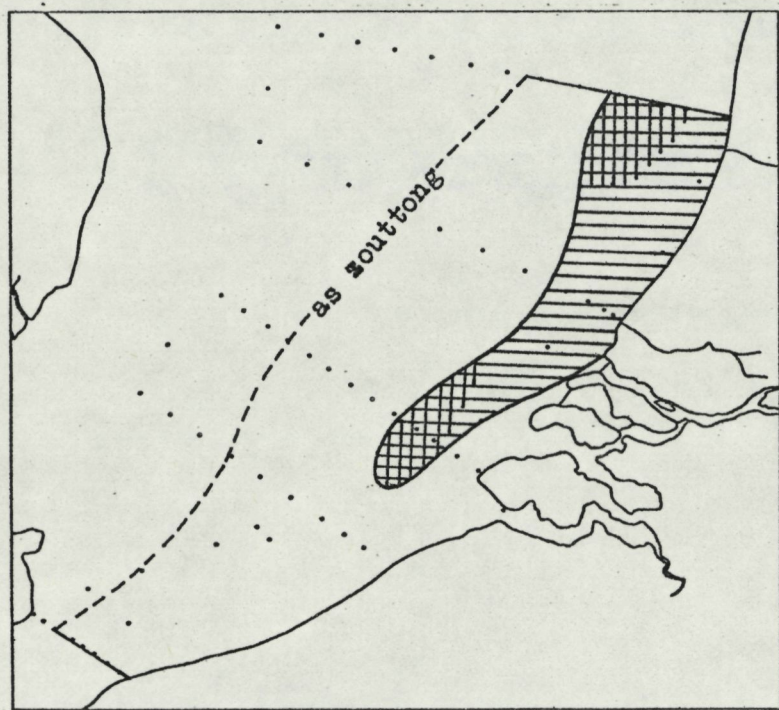


Fig. 20.
 Fosfortoename in periode 2.
 In het gearceerde gebied lijkt
 een groot deel van totaal-
 fosfor en de ortho-fosfaat
 toename plaats te vinden.