

MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN LEEFMILIEU

BEHEERSEENHEID MATHEMATISCH MODEL NOORDZEE EN SCHELDE - ESTUARIUM

STUDIE VAN DE EKOLOGISCHE EFFEKTEN VAN DE VOORHAVEN VAN ZEEBRUGGE

**I. Synthese over de fysische, fysico-chemische, chemische,
biologische en bacteriologische variabelen in de zone
rond Zeebrugge (periode 1972 - 1978)**

Voorwoord

Deze studie laat toe zich een beeld te vormen van de situatie in het marien ecosysteem van de Belgische kustzone en meer in het bijzonder in de streek van Zeebrugge. Gezien vanuit de hoek van de ecooloog, is het meer een interpretatieve synthese dan de ruwe gegevensbank die had kunnen gerealiseerd worden door alle momenteel beschikbare resultaten te verzamelen onder vorm van tabellen (zie lijst van bibliografische referenties, blz. 36).

Men moet zich dus goed rekenschap geven van het feit dat de tabellen en de krommen enkel tendensen of grootorders weergeven. In België is inderdaad de inspanning m.b.t. de monitoring van de parameters van het leefmilieu slechts recent, zodat er over het algemeen nog geen voldoende statistisch materiaal voorhanden is om de spatiale en tijdelijke spreidingen te bepalen.

In afwachting is het gepast te onthouden dat de schommelingen van de natuurlijke fenomenen belangrijk kunnen zijn, vooral als het gaat om biologische compartimenten of om compartimenten die met de biologische compartimenten interageren.

INHOUDSTAFEL

	blz.
I. Inleiding	1
II. Hydrografie : fysische en fysico-chemische parameters	4
1. De chloriniteit	4
2. De temperatuur	5
3. Het gehalte aan opgeloste zuurstof	5
4. Doorzichtigheid van het water en gesuspendeerde stoffen	6
III. Scheikunde van het water	8
1. De nutriënten	8
1.1. Spatiale distributies	8
1.2. Seizoenevolutie	10
1.2.1. Nitraten + nitriten	10
1.2.2. Ammonium	10
1.2.3. Fosfaten	11
1.2.4. Silicium	11
2. De toxische spoormetalen	12
2.1. Kwik	12
2.2. Zink	12
2.3. Andere metalen	12
3. Andere pollutanten	14
IV. Biologie van het water	15
1. Fytoplanktonische biomassa	16
2. Heterotrofe mariene bacteriën, biodegradeerbare organische stoffen en verbruiksgraad	17
2.1. Bacteriële densiteit	17
2.2. Lading biodegradeerbare organische stof en bacteriële aktiviteit	17

3. De pollutie door fecale bacteriën	21
V. De sedimenten	23
1. Algemene kenmerken	23
2. Pollutie niveau	25
3. Bentische fauna	25
3.1. Meiobenthos	25
3.2. Macrobenthos	27
4. Bakteriële microflora en nutriënten regeneratie	29
1. Stikstof cyclus	29
2. andere nutriënten	30
VI. De golfbrekers	32
1. Inventaris van de fauna en de flora	32
2. Wieren biomassa's	34
3. Contaminatie door de zware metalen	34

I. Inleiding

1. De kwantitatieve studies, met betrekking tot de zuidelijke baai van de Noordzee, georiënteerd naar een kennis van de dynamische processen die de globale functionering van het marien ecosysteem beheren, zijn in werkelijkheid slechts aangevat in de jaren 1970, met het Nationaal R-D Programma, Project Zee. Van de periode die eraan voorafgaat beschikt men enkel over enkele studies (meestal kwalitatief, bv. inventarissen) die trouwens veel kans maken om volledig of gedeeltelijk voorbijgestreefd te worden als gevolg van de brutale wijziging van de levensvoorwaarden in 1971 (wijziging die veralgemeend wordt in de structuren van de planktonische populaties) zoals blijkt uit de Continuous Plankton Survey (Gieskes en Kraay, 1977; Colebrook et al., 1978).
2. De globale jaarlijkse evolutie van de zuidelijke Baai en de ecologische mechanismen die er de overhand hebben zijn op weg om gekend te worden hoewel er nog talrijke problemen dienen verduidelijkt te worden. De kustzone daarentegen is momenteel veel minder goed bekend vermits :
 - 1°) de translocatiewaarden tussen de verschillende ecologische compartimenten niet rechtstreeks gemeten werden. Alleen de inventaris-studies geven een reeks gegevens die - samengebracht met deze die ons bekend zijn langs de studies over het gebied meer naar volle zee toe - zouden kunnen leiden tot een dynamische visie op het systeem.
 - 2°) de complexiteit van het litoraal ecosysteem is zeer groot :
 - a) men bevindt zich inderdaad aan een grens van het systeem

b) de inputs zijn talrijk (kanalen met polluerende ladingen en zeer verschillende debieten, Schelde-estuarium) en soms slecht gekend. Daarenboven liggen ze - meer nog dan in volle zee - aan de basis van een spatiale en tijdelijke heterogeniteit, nauw verbonden aan de getijstromingen (richting en snelheid).

3. In deze synthese, werden twee keuzen gemaakt :

3.1. Keuze van variabelen :

Hoewel men voor zekere kompartimenten en zekere zones, kan beschikken over een tamelijk volledige floristische- of faunistische inventaris, blijft dit type van informatie over het algemeen in gebreke wat betreft de zone van Zeebrugge. In deze gevallen vereisen de samenbrenging en extrapolatie vanuit de gegevens die voor het grootste deel naar volle zee toe of in andere kustzones werden verworven (vb. Lombardzijde)⁽¹⁾, een specialistenwerk die het kader van deze synthese te buiten gaat.

Dientengevolge, werden voorrang verleend aan de toestandsvariabelen die voorkomen in de ecosystemologische modellen (vb. nutriënten, fytoplanktonische biomassa) evenals aan de parameters verbonden aan zekere leidende variabelen (vb. doorzichtigheid van het water) of dienstdoende als "tracer" (vb. chloriniteit).

Bijzondere aandacht werd voorbehouden voor de variabelen verbonden aan de pollutie, hetzij van huishoudelijke (fecale kiemen) of industriële oorsprong (organische stof gekend door BOD5, zware metalen zoals kwik en zink).

3.2. Keuze van de bestudeerde zone

Daar de nieuwe voorhaven van Zeebrugge zich uitstrekt tot 3,5 km in zee, is de te observeren zone niet zuiver een kustgebied : men zal dus, zodra dit zal mogelijk zijn, verschillende graden hebben in de vergelijkingsschaal (fig. 1).

- a) - gemiddelde waarden voor de mariene kustzone van 60 km x 30 km geregeld bemonsterd door de Beheerseenheid van het Model Noord-zee (20 punten)
 - gemiddelde waarden voor de sektor N-0 van deze zone (6 punten), die meer in 't bijzonder onderworpen is aan de invloeden van de Schelde en de kustlozingen (30 km x 11 km).
 - waarden voor station 14 van deze zone, die het dichtst bij de kust gelegen is (5km), in de streek van Zeebrugge.
- b) waarden verworven door de Inventarisgroep van het Nationaal Programma (Projekt Zee) (fig. 2).
 - verspreid langsheen de kust over een lijn gesitueerd op 400 m van de stranden (vergeleken stations : Blankenberge, Heist West ($\pm$ Zeebrugge), Heist Centrum).
 - verspreid over een loodrecht profiel aan de kust (400 m, 3000 m en 6000 m) voor zekere stations(Heist Centrum).
- c) zekere metingen uitgevoerd op de stranden zelf (inventaris van bacteriële pollutie, studie van de golfbrekers, enz...)
- d) bovendien wordt er soms gerefereerd naar het groot net Zee van het Nationaal Programma (Projekt Zee) en naar de zones die het toeliet te bepalen (fig. 2 bis).

II. Hydrografie : fysische en fysico-chemische parameters

1. De chloriniteit

Het Schelde-estuarium beïnvloedt ruimschoots de distributie van de chloriniteit (of van de saliniteit) in het gebied, zoals blijkt uit figuur 3, ontleend aan een verslag van de Beheers-eenheid van het Model Noordzee (Picard) en 4 (Beckers et al). Deze invloed komt eveneens tot uiting in de stratificatie van de watermassa's klassiek voor de estuaria en goed merkbaar in de Scheur, ter hoogte van Zeebrugge (fig. 5).

De seizoenevoluitie van de chloriniteit in de Belgische kustwateren wordt gekenmerkt door een minimum op het einde van de winter (fig. 6 voorbeeld van de Oostende Bank, R. Orban-Segebarth), begrijpelijkerwijze te wijten aan de seizoenverhoging van de debieten der kanalen en het estuarium.

Op meer lokale schaal ziet men dat

- 1°) de chloriniteit des te lager wordt naarmate men dichterbij de kust is (profiel van Heist-Centrum; Inventarisprogramma) en dit op duidelijk uitgesproken wijze op het ogenblik van het minimum van het einde der winter.
 - 2°) in dezelfde periode, het water van Heist centrum duidelijk zachter is dan dat van Heist West, dat zelf reeds zachter is dan dat van Blankenberge (fig. 7).
- De tendens daarentegen verandert van richting naar Knokke toe : het gaat hier dus om een plaatselijk effect, misschien te wijten aan de toevoer van zachter water door het Boudewijn- en Schip-donkkanaal.

2. De temperatuur

De distributie van de temperatuur is fundamenteel dezelfde als deze van de zoutgehalten (fig. 8), want water afkomstig van de Schelde beïnvloedt sterk de streek.

De temperatuurs-seizoencyclus wordt gegeven in figuur 9. Men ziet dat, in vergelijking met de gemiddelde temperatuurkromme voor de ganse kustzone (20 punten), de krommen die betrekking hebben op de stations dicht bij de kust en de monding gelegen (station 14, Heist C) hogere temperaturen geven in de lente en de zomer en lagere temperaturen in de winter (thermische inertieverschillen). Een plotse daling in januari-februari is niet zeldzaam.

Er is geen zichtbare gradient kust-volle zee (400-6000 m) te Heist. Zo ook laat het inventarisprogramma niet toe gevoelige verschillen te ontdekken op de afstand Knokke-Blankenberge.

3. Het gehalte aan opgeloste zuurstof

De tabel 1 toont aan dat het oostelijk deel van de kust en in 't bijzonder Heist Centrum een duidelijker aanwijzend tekort vertonen aan concentratie van opgeloste zuurstof. Dit tekort dient zonder twijfel in verband gebracht te worden met een duidelijk belangrijker heterotrofe bacterie-activiteit daar waar de inputs van biodegradeerbare organische stoffen plaatshebben.

In Heist C., is het verzadigingsprocent zo laag gedaald tot 62 %!
(variatiedomein : 62 % - 103 %)

4. Doorzichtigheid van het water en gesuspendeerde stoffen

Deze twee parameters staan in onderling verband met elkaar en hebben een rechtstreeks effect op de fotosynthese van het fytoplankton, vermits ze het doordringen van de lichtenergie in de waterkolom conditioneren. Men ziet (fig. 10) dat de stations gelegen ten oosten van onze kuststreek duidelijk meer gestoord zijn dan deze gelegen ten Westen. De zichtbaarheidsdiepte van de schijf van Secchi varieert van 40 cm (periode van de planktonische bloei) tot 120 cm (tussentijdse zomerperiode). Bij wijze van vergelijking, kunnen we vermelden dat de zichtbaarheidsdiepte meerdere meters bedraagt in volle zee en dat het gemiddelde gehalte aan gesuspendeerde stoffen 5 mg/l bedraagt. In de zone die ons aanbelangt, geeft het Inventaris programma gehalten die over het algemeen gelegen zijn tussen 200 en 400 mg/l (fig. 11) met natuurlijk winterse (grotere waterbeweging) en lente-maxima (planktonische bloom).

Nochtans vereisen deze turbiditeitswaarden experimentele controles.

Inderdaad : 1) in het net van het projekt Zee, bereikten de sterkste turbiditeiten (winter) slechts 70 mg/l (station 1, voor De Panne, (Gullentops et al.)

2) de turbiditeiten waargenomen in de Schelde zelf liggen enkel hoger dan 200 mg/l stroomopwaarts van de bocht van Hansweert.

3) de turbiditeiten en diepten van Secchi zijn in het geheel niet coherent meer als de relatie, opgesteld voor de zone van de Scheldemonding (gebaseerd op de talrijke gegevens verzameld door De Pauw, 1975) juist is.

$$y = 0.016 x + 0.840 \quad (r = 0.884)$$

met $y = 1/\text{diepte van Secchi (m)}$

$x = \text{turbiditeit (mg/l)}$

<u>Station</u>	<u>Opgeloste zuurstof (in % van de verzadiging)</u>		
	400 m	3000 m	6000 m
Oostduinkerke	94		
Lombardzijde	95	105	112
Middelkerke	113		
Mariakerke	87		
Oostende	90	99	100
Bredene	90		
Wenduine	87		
Blankenberge	87		
Heist W.	86		
Heist C.	83	101	105
Heist O.	87		
Knokke	89		

Tab. 1. Gemiddelde concentratie aan opgeloste zuurstof in zeewater, op verschillende afstanden van de kust.

<u>Station</u>	Gemiddelde concentraties aan PO_4^{3-} (mg P/m ³)
Blankenberge	85
Heist W.	95
Heist C.	123
Heist O.	94

Tab. 2. Gemiddelde concentraties aan fosphaten in zeewater op 400 m van de kust.

III. Scheikunde van het water

Twee typen variabelen weerhouden de aandacht

- de nutritieve ionen (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{---} , SiO_2) die rechtstreeks interageren met het fytoplankton en alzo de dynamiek van het ganse ecosysteem conditioneren.
- de toxische elementen die kunnen geconcentreerd worden naarmate ze stijgen in de trofische keten of gevat worden door de gesuspendeerde deeltjes en colloïden (vb. : kwik, zink).

1. De nutriënten

Er bestaat een zeer grote variabiliteit van de analytische resultaten naargelang de laboratoria. Daarom werden hier meestal de resultaten van één enkel laboratorium in overweging genomen (Analytische Scheikunde, V.U.B.) dat zowel heeft meegewerkt aan het nationaal programma van de jaren 1971-75 (net van de zuidelijke baai van de Noordzee en inventaris-programma) als aan de maandelijkse monitoring van de Belgische kuststreek, georganiseerd door de Beheerseenheid Model Zee.

1.1. Spatiale distributies

Volgens de seizoenen en de nutriënten neemt men typische konfiguraties waar die momenteel nog het voorwerp uitmaken van onderzoeken :

- distributies in isopleten parallel met de kust (fig. 12), die zich kunnen accentueren in isopleten, gecentreerd op de monding van de Schelde (fig. 13 en 14).
- distributies in concentratiekernen (fig. 15 en 16).

Om dit laatste type van distributie uit te leggen, heeft men de stelling aangenomen dat de residentietijd van de watermassa's veel hoger zou zijn in een zone, waarvan het centrum gemiddeld

gelegen is tussen Zeebrugge en Oostende. Deze zone komt overeen met een "gyre" die voortvloeit uit het feit dat de Scheur essentieel werkt als ebkanaal, terwijl het Oostgat essentieel functioneert als vloedkanaal (fig. 17, Beckers et al.). Deze "gyre" wordt goed gesimuleerd door het residueel circulatiemodel van de Noordzee (Nihoul, fig. 18). Het mechanisme waardoor de voedingsstoffen zich in deze zone opstapelen is nochtans niet volledig duidelijk : men veronderstelt dat de biodegradatie van de particulaire organische stoffen plaatselijk vermeerderd op de bodem, hier bijzonder rijk aan organische stoffen (fig. 42), een overheersende rol speelt in dit fenomeen.

In ieder geval blijven er vele problemen bestaan, die getuigen van de grote complexiteit van de fenomenen. Zo, neemt men - op de schaal van het net van 20 punten - waar dat de verschillende voedingsstoffen afgezonderde systemen vormen : het systeem $[\text{NO}_3^- - \text{NO}_2^- - \text{NH}_4^+]$ enerzijds, en het systeem $[\text{PO}_4^{---} - \text{SiO}_2]$ anderzijds. Binnen ieder systeem bestaat er een tamelijk goede spatiale-tijdelijke correlatie. Nochtans, bevinden, van 't ene systeem tot het andere, de kernen met de hoogste concentratie zich nooit op dezelfde plaatsen. Vooral het systeem $[\text{PO}_4^{---} - \text{SiO}_2]$ schijnt een dichter bij de kust gelegen accumulatiecentrum te hebben (in de omgang van station 14) wat zou kunnen doen denken hebben aan inmengingsfenomenen.

Men moet nochtans opmerken dat de aanvoer van voedingsstoffen door de kanalen (bijv. : concentratie aan PO_4^{---} , 10 tot 20 maal hoger is dan in zee op 400 m van de kust) in principe alleen dichtbij het strand kan gemeten worden, gegeven zijnde het enorme debietverschil tussen de kanalen en de mariene watermassa's :

- kanalen van Schipdonk, Zelzate en Boudewijnkanaal : ongeveer $10 \text{ m}^3/\text{sec}$
- mariene kustzone : voor een hypothetische residuele stroming van 5 cm/sec , heeft men een debiet van ongeveer $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ voor de "hoek" water die gaat tot 5000 meter in volle zee.

Feitelijk, zal men verder zien dat gemiddeld de concentratie aan voedingsstoffen een beetje hoger zijn op het niveau van Heist, op 400 m van de kust.

In het algemeen is de spatiale en tijdelijke evolutie van de stikstofvormen in onderlinge verhouding enerzijds en deze van de fosfaten en het silicium anderzijds.

Wat betreft de fosfaten heeft men meerdere malen vastgesteld dat station 14 zich bevond in het centrum van een isopletensysteem : de streek van Zeebrugge schijnt dus te functioneren als bron voor de fosfaten.

1.2. Seizoenevoluties

1.2.1. Nitraten + nitrieten

De figuren 20, 21 tonen aan hoe de concentraties variëren in 1977 en 1978, respectievelijk voor de ganse kustzone (net van 20 punten), de sektor Noord Oost (6 punten) en station 14.

Men ziet dat de seizoenevolutie zich niet op identieke wijze herhaalt van het ene jaar in 't andere : in een klassieke jaarlijkse cyclus van regeneratie-verbruik (hoge waarden in de winter, lage waarden in de zomer) stapelt zich ten minste een zeer belangrijk maximum op (aan een kern te wijten, die in volle zee gelegen is).

Het is buiten deze maxima dat er zich een gradient aftekent kust-volle zee, met hogere waarden in station 14. In ieder geval zouden de in dit station evenals die in Heist (zie fig. 19) waargenomen variaties enkel kunnen begrepen worden nadat ze in verband zouden gebracht zijn met de lokale fluktuaties van de biologische activiteit (zie ook de variaties van pigmentenconcentratie).

1.2.2. Ammonium

Zoals de nitraten vertoont ook ammonium een onregelmatige cyclus gekenmerkt door een piek in het midden van het jaar (fig. 22, 23, 24)

1.2.3. Fosfaten (fig. 25, 26, 27)

De seizoenevolucie van de fosfaten is in het geheel klassieker, hoewel de zeer sterke waarde waargenomen in de streek van Zeebrugge (punt 14) in september '78 zeer duidelijk een geval van distributie in kernen betreft, zoals hierboven aangehaald. Het leidt geen twijfel dat een bijzonder fenomeen deze streek kenmerkt. Dit blijkt niet duidelijk uit de metingen gedaan ter gelegenheid van het inventarisprogramma (fig. 25) hoewel uit de gemiddelden blijkt dat Heist een inmengingscentrum is (tabel 2).

1.2.4. Silicium (fig. 28)

De seizoenevolucie van opgeloste silicium wordt gegeven in fig. Om op geldige wijze geïnterpreteerd te worden moet deze variatie in verband gebracht worden met de cyclus van de Diatomeeën, fytoplanktonische organismen die dit element op selectieve manier assimileren. Men beschikt niet over onmiddellijk bruikbare gegevens met betrekking tot deze cyclus in de zone van Zeebrugge, niettegenstaande het controle- en extrapolatiewerk vermeld in de inleiding mogelijk zou zijn.

2. De toxische spoormetalen

2.1. Kwik (tab. 3; fig. 30)

Er bestaan bijzondere analytische problemen voor dit element, vermits de adsorptie-tendens op de gesuspendeerde deeltjes zeer sterk is. Dit probleem wordt behandeld in een synthese gemaakt door Baeyens, De Cadt en Elskens, die interessante gegevens leveren met betrekking tot het net van de Beheerseenheid Model Zee. Zo is voor een bijzondere kruisvaart (oktober '78) het spectrum der waarden begrepen tussen 0.02 en 0.15 $\mu\text{g Hg/l}$ voor het kwik verbonden aan de partikulaire fraktie. Men merkt op (fig. 29) dat de Schelde en de kuststreek (zone van Zeebrugge) ageren als bronnen wat betreft het kwik.

De resultaten van het Inventarisprogramma geven een spectrum gaande van "niet-opspoorbaar" tot 0.4 $\mu\text{g Hg/l}$ in het station van Heist C, op 400 m van de kust. Dit station is niet bijzonder meer gecontamineerd als men het geheel der kuststations in ogenschouw neemt (gemiddelde te Heist : 0.09; spectrum langs de kust : 0.05 tot 0.23 ;

2.2. Zink (tab. 3; fig. 31)

De concentratiewaarden aan zink in de streek van Heist (op 400 m van het strand) kunnen variëren tussen 10 en 200 g/l . Het gemiddelde is 79 g/l te Heist O. en is het hoogste van de gemiddelde waarden genoteerd langs de kust (zie tabel). Deze hoge waarden zijn kenmerkend voor het NO van de kust.

2.3. Andere metalen

Zoals zink, en wat betreft het NO deel van de kust, toont geen enkel toxisch zwaar metaal een bijzonder hogere waarde in de streek van Heist (zie tabel 3). Nochtans, naargelang de metalen, bemerkt men dat de concentratie er 2 tot 5 maal groter zijn dan in het ZW deel van de kust.

Station	Zn $\mu\text{g/l}$	Pb $\mu\text{g/l}$	Cu $\mu\text{g/l}$	Cd $\mu\text{g/l}$	Hg $\mu\text{g/l}$	cyaan- zouten $\mu\text{g/l}$	det. mg/l	fenolen $\mu\text{g/l}$
Knokke	63	15	14	0	0.05	0	0.21	11
Heist O.	79	14	14	0	0.12	0.6	0.20	12
Heist C.	49	15	9	0	0.09	0	0	15
Heist W.	54	17	10	0	0.09	0.2	0.11	32
Blankenberge	66	14	12	0	0.07	0.4	0	17
Middelkerke	37	3	4	0	0.07	0	0	41
Oostduinkerke	41	7	8	0	0.14	0.5	0.20	12

Tab. 3. Gemiddelde gehalten aan verscheidene polluenten in zeewater op 400 m van de kust

3. Andere polluenten

In tegenstelling tot de zware metalen, betonen de polluenten zoals cyanides, detergenten, fenolen geen zuivere regionale tendens. Lokale maxima moeten in verband gebracht worden met de - onregelmatige - aanvoer door de kanalen. Men weet bijvoorbeeld dat het kanaal van Schipdonk niet te verwaarlozen hoeveelheden fenolen, detergenten en NH_4 in zee brengt (Bouquiaux, 1976). Zo bedraagt het gemiddelde $32 \mu\text{g/l}$ voor fenolen te Heist W (concentratiepunten hoger dan $100 \mu\text{g/l}$ werden waargenomen).

IV. Biologie van het water

De ervaring die we hebben kunnen opdoen in onze kuststreken toont aan dat de dynamiek van het marien ecosysteem gedomineerd wordt door assimilatie en regeneratieactiviteiten van twee belangrijke compartimenten :

- het fytoplankton : "motor van het systeem", gevoed door de zonneënergie. Gebruikt de opgeloste nutriënten, plaatselijk geregenereerd of ingebracht, en produceert organische stof.
- de heterotrofe bacteriën : benthische en planktonische. Gebruiken de organische stof die op natuurlijke wijze wordt geproduceerd - ofwel ingebracht - en restitueren de opgeloste nutriënten.

Men merkt op dat de klassieke keten fytoplankton-zooplankton-vissen enz... geminoriseerd wordt ten koste van de korte keten (fytoplankton-bacteriën) in dit kust ecosysteem. Men ziet ook hoe de inbreng, door pollutie, van nutriënten of organische stoffen leidt tot hetzelfde effect, d.w.z. tot een verhoging van het volume stof materie (koolstof, stikstof) die draait in deze cyclus. Dit heeft meerdere effecten, als daar zijn : opheffing van de retroactieve effecten door beperkende nutriënten (en vandaar vermindering van de stabiliteit van het systeem), uitputting van de zuurstof (zie § II.3) als gevolg van een stijging van de heterotrofe activiteit, banalisatie van de flora en fauna, vereenvoudiging van de trofische keten, enz..., die, men geeft er zich rekenschap van, reeds wel aangetast zou zijn in onze kuststreek.

1. Fytoplanktonische biomassa

De biomassa van het fytoplankton kan afgeleid worden uit zijn inhoud aan chlorofyl a, een gemakkelijk extraheerbaar pigment in de particulaire fraktie. De verhouding koolstof/chlorofyl is ongeveer 30. De hier besproken resultaten zijn verworven door de "trichromatisch"methode (SCOR). De discussie kan eventueel verdiept worden wat betreft de gefeofytiniseerde fractie en ook wat betreft de verhouding net-/nannoplankton.

De kustzone (net 20 punten) globaal genomen (fig. 31) toont een seizoen-evolutie die gekenmerkt is door een lentebloei over 't algemeen maximaal rond april-mei. Deze omschrijving is eveneens geldig voor het geheel van de Zuidelijke Baai van de Noordzee (nationaal R-D programma) : het maximum situeert zich in het gamma $20-50 \text{ mg chl/m}^3$, terwijl buiten de bloei, de concentratie 1 mg/m^3 benadert.

Als men dichterbij de kust komt, verhoogt de hoeveelheid chlorofyl-pigmenten duidelijk (fig. 32). Meer nog, komt een ander type van seizoen-variëteit voor (geval van punt 14, fig. 31, en de kuststations, fig. 34), die gekarakteriseerd wordt door een tweede bloei in september.

Men ziet eveneens heel goed op welke wijze 1°) de verhouding aan feopigmenten verhoogt als men dichterbij de kust komt, wat het effect van de bovenvermelde globale stijging naar de kust toe verzwakt (fig. 32)

2°) het gehalte aan feopigmenten is hoger tussen de bloeiperiodes (fig. 32)

De gegevens die uitsluitend betrekking hebben op de kust, werden gemeten door van der Ben (1974-75) in het kader van het inventarisprogramma. Zij tonen aan hoe de seizoen-evolutie kan variëren van 't ene jaar in 't andere maar ook naargelang het kuststation (fig. 34). In dit verband is het zeer duidelijk dat de stations gelegen ten westen van onze kust (vb. Maria-kerke) veel rijker zijn. Meer nog, er bestaat een belangrijk verschil wat betreft de intensiteit van de lentebloei, vermits in Heist deze eerste bloei relatief zwakker is.

2. Heterotrofe mariene bacteriën, biodegradeerbare organische stoffen en verbruiksgraad.

2.1. Bacteriële densiteit

De heterotrofe mariene bacteriën zijn een normale constituent van het mariene ecosysteem. Naargelang dit veel al dan niet biodegradeerbare organische stof produceert (of ontvangt), zijn de bacteriën al dan niet talrijk, met als gevolg een min of meer belangrijk zuurstofverbruik in het natuurlijk milieu.

Men begrijpt dientengevolge de seizoencycli met bacteriële densiteit waargenomen in het ICWB rooster (fig. 35) en de punten van het Inventarisprogramma (1) (fig. 36) die getuigen van de lente- en herfstmaximum, volgend op de perioden van een fytoplanktonische aangroei (vergelijken met de Krommen van chlorofyl a - concentratie). De verschillen tussen zone NO en SW kunnen eveneens geverifieerd worden wat betreft de fytoplanktoncyclus.

Het blijkt zich eveneens te bevestigen dat in de streek van Zeebrugge de maximale densiteiten niet waargenomen worden aan de kust maar meer in volle zee geconcentreerd zijn in een zone waarvan het centrum gesitueerd zou zijn op de hoogte van Blankenberge (zie tabel 4).

2.2. Lading biodegradeerbare organische stof en bacteriële activiteit

Een dergelijke concentratiekern werd eveneens bij gelegenheid waargenomen in het ICWB rooster (fig. 37) wat betreft de lading biodegradeerbare organische stoffen (gemeten door de BOD5). Nochtans stelt men op algemene wijze vast en vooral in het Inventarisnet (tabel) dat de lading organische stof die gemakkelijk degradeerbaar is, relatief

(1) verschillende tellingstechnieken maken dat deze cijfers niet kunnen vergeleken worden met deze van het ICWB rooster dan vanuit het standpunt van hun relatieve variaties.

Afstand van de kust

Station	400 m	3000 m	6000 m
Knokke	5860 (3.9)		
Heist O	12347 (3.5)		
Heist C.	11003 (2.9)	15810 (2.8)	10946 (2.6)
Heist W.	8237 (4.4)		
Blankenberge	5050 (3.7)	18483	19268
Wenduine	6132 (4.0)		
Bredene	15670 (3.5)		
Oostende	19699 (2.9)	14615 (4.6)	10302 (2.4)
Mariakerke	22449 (3.6)		
Oostduinkerke	9666 (3.7)	3940	2858

Tabel 4. Gemiddelde aantallen van heterotrofe bakteriën (/ml) en BOD₅ (mg/l) , tussen () .

minder varieert van het ene station tot het andere dan het aantal bacteriën. Bovendien, ligt er geen duidelijk verband tussen de hoeveelheden en de BOD5 waarden, zowel in de ruimte als tijdens een seizoencyclus (fig. 36).

Zo ook ziet men, op een grotere geografische schaal, dat alhoewel er effectieve verschillen bestaan tussen verschillende zones (fig 38) of biotopen (tabel 5) deze minder belangrijk zijn dan de verschillen tussen de heterotrofe activiteiten of het aantal bacteriën. Het is vooral deze waarneming die een nieuwe en blijkbare paradoxale voorstelling heeft geïnspireerd : in een natuurlijk milieu en bij een stationaire toestand, wordt de bacteriële densiteit vooral bepaald door het produktie (of input) snelheid het substraat terwijl de substraatconcentratie daarentegen enkel afhangt van de fysiologische eigenschappen van de bacteriën. Men merkt op dat deze voorstelling contrasteert met de meeste klassieke modellen (bv. Streeter & Phelps, 1925) volgens dewelke de heterotrofe activiteit wordt geacht proportioneel te zijn aan de totale organische lading. Ze vloeit nochtans voort uit de waarnemingen geleid door de groep "Organische Stoffen" in het kader van de Genconcerteerde Onderzoeksakties in Oceanologie en kan aangetoond worden bij middel van een eenvoudig model die gebruik maakt van een michaeliaanse assimilatiekinetiek.

Spijtig genoeg beschikt men aktueel nog niet over metingen van de heterotrofe activiteit in de streek van Zeebrugge. Het zou inderdaad bijzonder nuttig zijn dergelijke metingen in verband te kunnen brengen met de kwalitatief verschillende ladingen aan organische :

1°) in volle zee (kern)

2°) aan de kust (waarschijnlijke inmenging, aangeduid door een gemiddelde waarde aan BOD5, hoger in Heist W).

Station	BOD ₅ (mg/l)	substraatsverbruik (μ g C/lh)
Kanaal (vóór Calais)	1.29	0.33
Noordzee		
- open zee : 1974	2.76	
1975	2.32	
- kustgebied 1974	4.49	
1975	4.96	
- Oostende (5 km vóór)	3.10	2.50
Schelde (Hansweert)	5.74	8.45

Tabel 5. Gemiddelde waarden voor biodegradeerbare stoffen (BOD₅) en heterotrofe activiteiten in verschillende biota
(uit Billen, G. et Joiris, C. , 1979. Groupe "Matières Organiques",
Synthèse des recherches en microbiologie (période 1977-1978) -
SYNTHESE OM/1977-1978 : 04).

3. De pollutie door fecale bacteriën

Men beschikt over tamelijk recente gegevens i.v.m. de pollutie van destrand- en kustwateren door kiemen van fecale oorsprong (fecale coli's en fecale streptocoques). Zo is het mogelijk zich aan de hand van een verslag van Barbette en Yde (1978) een synthetisch idee te vormen over de seizoenevolutie van het aantal fecale coli's en streptocoques (1) op de stranden van Blankenberge (aquarama), Zeebrugge (Havendam) en Heist (centrum) tijdens de jaren 1975-1976-1977.

De stalen werden steeds genomen op een diepte van - 20 cm, daar waar de diepte van het water 50cm bereikte. Men merkt op (fig. 39)

- 1°) dat de krommen een neiging hebben te passeren langs een seizoenminimum (lente en helft van de zomer).
- 2°) dat Zeebrugge duidelijk minder vervuild is dan Blankenberge of vooral Heist

Een onderzoek van Pinon (1972) heeft aangetoond dat het tijdstip van het tij een reële invloed had (fig. 40). Inderdaad, ziet men dat zowel in Blankenberge als in Heist (maar vooral in Heist), het aantal fecale kiemen groter zijn bij hoogtij dan bij laagtij.

Tenslotte levert de inventaris van de pollutie der wateren (in Project Zee, vol. 11; ed. Nihoul en Boelen) interessante gegevens over contaminatieniveau's van het water, respectievelijk op 400, 3000 en 6000 m van de kust (fig. 41). Deze studie laat toe waar te nemen dat, in Heist, er niet alleen een lente-vermindering is zoals hierboven aangeduid, maar vooral hoe de afstand en dus de residentietijd in zee) een invloed heeft op de overlevingsgraad (vermindering met ± 50 % alle 1000 m). Men ziet eveneens dat de streptocoques meer weerstand bieden vermits ze op afstanden van 0, 400, 3000 en 6000 m respectievelijk 0.43, 0.95, 1.41 en 1.54 maal talrijker zijn dan de fecale coli's.

(1) de fecale coli's zijn gemiddeld 2.3 maal talrijker dan de streptocoques.

Discussie :

- het waargenomen seizoenminimum tijdens de lente en de helft van de zomer is waarschijnlijk in verband te brengen met een antibiotisch effect van het zeewater, dat geaccentueerd wordt als zekere planktonische elementen aanwezig zijn. Dit effect, bestudeerd door Joiris (1973), zou alsoo tijdelijk de stijging van de fecale pollutie verbonden aan het toeristisch seizoen compenseren.
- Het zijn uiteraard de toeristische stranden en deze waar kanalen uitmonden die het meest gepollueerd zijn. Van de twee kanalen die in Zeebrugge uitmonden, is dat van Schipdonk het meest gepollueerd (10^4 tot 10^5 fecale bacteriën/100 ml). De veel hogere pollutie bij hoogtij te Heist is begrijpelijk in de mate dat de pluim van dit kanaal op het strand wordt neergelegd.
- De kromme van de verdwijning der kiemen in functie van de afstand t.o.v. de kust laat toe — de input-, advection- en diffusie termen kennende — het sterftecijfer te berekenen als gevolg van het hogervermeld antibiotisch effect. Deze berekeningswijze werd reeds gebruikt voor de zone van Lombardzijde (Pichot en Barbette, 1978) en zou kunnen herhaald worden in Zeebrugge.

V. De sedimenten

1. Algemene kenmerken

De figuur 42 (Beckers et al., 1976) laat toe zich een algemeen idee te vormen van de situatie, rekening houdend met een "gyre" circulatie, vermeld in III § 1.1. Inderdaad bevinden de grootste gehalten aan organische stoffen ($> 2\%$ gewichtsverlies bij 550°C) die kenmerkend zijn voor het slib zich op het traject van de eb- (Scheur), en vloedkanalen (Oostgat).

Zij duiden eveneens het naar boven gaande deel aan van dit circulatiesysteem van de watermassa's. In het centrum van deze "gyre" vindt men sedimenten die duidelijk armer zijn aan organische stoffen ($< 1\%$ gewichtsverlies bij 550°C voor de Walvisstaartbank). Anderzijds, is de accumulatiezone van slib ($> 10\%$ gewichtsverlies bij 550°C), gelegen tussen de Scheur en de kust (tussen Oostende en Zeebrugge), merkwaardig. Men stelt ook twee kleine accumulatiezones vast gelegen langs weerszijden van de Scheur, dicht bij de monding.

De tabel 6 (Inventarisprogramma), die een verzameling geeft van een reeks gemiddelde gegevens voor de Belgische kust, bevestigt de figuur 42 : de zone NO bevat duidelijk meer slib, vooral in een band gelegen in volle zee (zie Heist en Oostende op 3000 m).

De waarden van het gewichtsverlies bij 550° zijn goed in onderlinge verhouding met de granulometrische metingen (fig. 44). Anderzijds wordt de relatie tussen het gewichtsverlies en het gehalte aan organische stoffen gegeven door fig. 43.

Station	code fig.	Gewichts- verlies bij 550° C (%)	korrel- fraktie < 37 μ (%)	Pb (ppm)	Cu (ppm)	Cd (ppm)	Hg (ppm)	Zn (ppm)	PCB (ppb)	Dieldrine (ppb)
Knokke	1	6.8	41.1	63	11	0	0.37	98	26	1.2
Heist	2	5.0	51.8	71	11	0	0.63	103	25	0.6
Heist C :										
400 m	3	4.9	47.9	54	10	0	0.26	83	27	0.3
3000 m	4	9.0	77.6	51	17	0	-	-	47	0.8
Heist W	5	2.5	21.4	41	8	0	0.15	70	5	0.2
Blankenberge	6	6.1	64.0	114	27	0	0.61	164	6	0.2
Wenduine	7	7.3	67.4	78	20	0	0.61	138	15	0.3
Bredene	8	2.5	20.3	54	5	0	0.16	59	4	0.1
Oostende :										
400 m	9	6.6	71.6	124	21	0	0.75	154	18	0.5
3000 m	10	9.9	84.9	66	16	0	0.70	-	39	0.8
6000 m	11	1.7	2.3	11	2	0	0.02	-	4	0.1
Mariakerke	12	2.2	38.0	50	8	0	0.28	84	-	-
Middelkerke	13	3.3	37.4	59	8	0	0.29	70	9	0.2
Lombardsijde :										
400 m	14	3.8	23.4	31	4	0	0.21	52	33	0.6
3000 m	15	3.5	37.7	29	7	0	0.28	-	29	0.5
6000 m	16	0.9	8.8	13	4	0	0.02	-	6	0.2
Oostduinkerke	17	0.6	6.3	15	3	0	0.03	-	4	0.2

Tabel 6 . Eigenschappen van de bodemsedimenten en gehalten aan polluenten

2. Pollutieniveau

De tabel 6 en de figuren ~~44-49~~ laten toe er zich rekenschap van te geven dat de ladingen pollutanten (zware metalen, PCB, pesticiden) op algemene wijze in goede correlatie staat met de rijkdom aan slib. In dit verband is fig. 48 nuttig te vergelijken met fig. 42. Nochtans blijken zekere bijzonderheden uit de grafieken : zo is, in relatieve waarde, het lood minder overvloedig in de slibachtige sedimenten van de volle zee en het westen van de kust, terwijl het duidelijk meer aanwezig is voor Blankenberge en Oostende (mengingspatroon aan de kust ?) De PCB's zijn overvloediger in de slibachtige sedimenten van het gebied gelegen voor Lombardzijde (invloed van de Ijzer).

3. Bentische fauna

Het meio- en macrobenthos van de kustzone werden bestudeerd in het kader van de Geconcerteerde Acties in Oceanologie door Herman et al. (1978) (fig. 50). De auteurs onderlijnen de relatie die bestaat tussen de granulometrie en de fauna.

Inderdaad, hoe fijner de granulometrie, des te beperkter is de interstitiële ruimte, wat een vermindering voor gevolg heeft van de aerobische laag van de sedimenten.

3.1. Meiobenthos

Het meiobenthos bevat de kleinste dierlijke vormen (< 1 mm), waaronder de nematoden (1) van het type "niet selectieve deposit feeders" de belangrijkste biomassa vertegenwoordigen.

Men vindt ook copepodes (2) en polycheten (3).

(1) microscopische wormen

(2) " schaaldieren

(3) wormen

Station	Nematoden		Copepoden	Polychaeta	Anderen	Bodemsamenstelling	
	aantal/m ² (x 10 ³)	biomassa mg/m ²	aantal (x10 ³)/m ²	aantal (x10 ³)/m ²	aantal (x10 ³)/m ²	zand (%)	Slib-klei (%)
Grens (11851)	1470	470	0.98	0	0	62.9	37.1
Zeebrugge (11671)(kust)	69	40	0	0	0	54.0	46.0
Zeebrugge (12110) (zee)	1166	396	0.98	0.98	0	77.0	23.0
Blankenberge (11315)	223	≥ 112	0.98	0	0	80.3	19.7
Zandbank tegen het Oostgat (00050)	4858-5353	≥ 1875	29.50	1.90	4	80.6	19.4

Tabel 7. Aantallen en asvrij-drooggewicht bij het meiobenthos.

De tabel 7 laat toe zich te vergewissen van het contrast dat bestaat tussen het station 11671, gelegen voor Zeebrugge en andere stations waarvan zekere stations bijna zo rijk zijn aan slib (vb. station 11851) : inderdaad is er de meiobenthische fauna bijzonder arm. Vergeleken met een station rijk aan zand (00050), ziet men dat het verschil twee grootorden bevat ! De streek van Blankenberge is eveneens zeer arm.

3.2. Macrobenthos

Het macrobenthos bevat dieren die tegengehouden worden door een zeef met mazen van 1 mm. Men vindt er hoofdzakelijk Polychaeta (1), maar ook weekdieren, schaaldieren (2), Echino dermata (3).

Men vindt dezelfde tegenstelling terug tussen de verschillende stations (tabel 8) :

inderdaad het station 11671, gelegen voor Zeebrugge bevindt zich aan de lage kant van de overvloedige gamma ($80 \text{ individuen/m}^2$), het maximum zijnde 30.780 individuen (station 12085). De streek van Blankenberge is eveneens tamelijk arm. Nochtans onderscheidt het station voor Zeebrugge zich door een bijzonder lage specifieke diversiteit, wat een aanduiding is voor lokale pollutie.

(1) wormen

(2) bv. garnalen, krabben

(3) bv. zeesterren

Station	Polychaeta		Weekdieren		Schaaldieren		Echinodermata		Anderen		Diversiteit
	aantal/m ²	asvrij-ge- wicht(mg/m ²)	aantal/m ²	asvrij- gewicht (mg/m ²)	aantal/m ²	asvrij- gewicht (mg/m ²)	aantal/m ²	asvrij gewicht (mg/m ²)	aantal/m ²	asvrij gewicht (mg/m ²)	H
Grens (11851)	1353	622	514	1039	23	72	0	0	343	2.7	2.042
Zeebrugge (11671) (kust)	16	0.8	46	0.4	16	2.9	0	0	0	0	0.803
Zeebrugge (12110) (zee)	1163	274	116	801	70	54	3	77	0	0	2.499
Blankenberge(11315)	106	298	133	1.9	16	157	0	0	3	0	2.230
Zandbank tegen het Oostgat (00050)	3800	9136	5630	10133	100	98	5	229	185	1409	2.643

Tabel 8 . Aantallen, asvrij-drooggewichten en specifieke diversiteit bij het macrobenthos

4. Bakteriële microflora en nutriëntenregeneratie

Het sediment is de zetel bij uitstek van de remineralisatieproces van de partikulair organische stof. De snelheid van de recyclage beperkt de primaire produktie. Het speelt dus een belangrijke kontrolerol in het systeem.

De organismen bedoeld in deze paragraaf zijn essentieel van bacteriële aard, maar de globale heterotrofe aktiviteit bevat ook deze en het niet bacterieel micro- en meiobenthos.

4.1. Stikstof cyclus

Wat betreft de stikstofcyclus, zijn drie grote metabolismen werkzaam (Billen, 1977)

ammonificatie : organische stoffen $\rightarrow$ NH_4^+
nitrificatie : $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$
denitrificatie : $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{N}_2$

De hoeveelheden anorganische stikstof die kunnen diffuseren naar het water zijn een gevolg van het samenspel van deze drie metabolismen, rekening houdend met de wet van Fick :

$$\begin{aligned} \text{flux van } \text{NH}_4^+ &= \text{ammonificatie} - \text{nitrificatie} \\ \text{flux van } \text{NO}_3^- &= \text{nitrificatie} - \text{denitrificatie} \end{aligned}$$

Deze aktiviteiten kunnen, bij middel van mathematisch model, afgeleid worden van de concentratieprofielen (fig. 51) van de verschillende vormen van anorganische stikstof in de interstitiële wateren van de sedimenten, rekening houdend met het bestaan van twee lagen met verschillende oxydo-reducerende eigenschappen (fig. 52), vooral in de slibachtige sedimenten (Billen en Vanderborght, 1974).

Deze analyse werd voornamelijk doorgevoerd in de Spuikom te Oostende, waar er slib-en zandachtige sedimenten bestaan, op zodanige wijze dat het mechanisme van de seizoenvariaties van de stikstofflux wordt

verklaard. Wat betreft de Noordzee, zijn de seizoenvariatiën minder goed gekend, maar er bestaan reeds talrijke gegevens over, zodat een eerste budget (fig. 53) kan opgemaakt worden voor de kustzone (1-zuid). De tabel 9 laat toe deze budgetwaarden te vergelijken met deze van de twee stations van het net van het projekt Zee met de extreme kenmerken :

1°) het station 1149, gelegen tegenover Blankenberge in een zeer slibachtige zone (gewichtsverlies bij 550 °C : 6,5 %) en waarschijnlijk representatief genoeg voor de streek van Zeebrugge.

2°) het station 14, gelegen in volle zee in een zandachtige zone (0.5 % gewichtsverlies 550 °C)

4.2. Cyclus van de andere nutriënten

Gelijkaardige modellen werden eveneens ontwikkeld voor de berekening van de produktie van opgeloste silicium (competitie tussen de opale oplossing en de reprecipitatieprocessus) evenals voor de gedragingen van de zuurstof en de sulfaten (Billen, Vanderborght en Wollast, 1976).

Process	bijzondere stations		budget v. gebieden van de Noordzee	
	1149 (slib) (10 ⁻⁶ M N/cm ² sec)	14 (zand) (10 ⁻⁶ M N/cm ² sec)	>2 % gewichtsver- lies bij 550°C (gN/m ² jaar)	<1 % gewichtsver- verlies bij 550 °C
Ammonificatie	7.8	2.3	34	9
Nitrificatie	5.25	0.6	23	6
Denitrificatie	2.40	0	8	1
Flux NH ₄ ⁺	2.55	1.7	11	3
Flux NO ₃ ⁻	2.85	0.6	15	5

Tabel 9 : Bakteriële aktiviteit en stikstof diffusie in verschillende stations of gebieden van de Noordzee

VI. De golfbrekers

1. Inventaris van de fauna en de flora

Drie golfbrekers werden bestudeerd tijdens het Nationaal Programma-Projekt (van der Ben, 1976) waarvan één, gelegen te Knokke (fig. 54), misschien beschouwd kan worden als zijnde representatief voor de zone van Zeebrugge. Hij was reeds goed gekend door het werk van Daro (1970). De twee andere golfbrekers zijn gelegen te Raversijde en Nieuwpoort. Elk van de drie bestudeerde golfbrekers strekt zich uit in de vier niveau's van het kustmilieu :

- 1) subterrestrisch niveau : nooit bereikt door de getijden
- 2) supralittoraal niveau : smalle band bereikt door de sterkste hoge vloedgetijden en stuifzeewater
- 3) eulittoraal niveau (= intertidaal) : het grootste deel van de golfbreker, onderworpen aan de schommelingen van de getijden.
Dit fenomeen vertegenwoordigt de belangrijkste faktor van dit milieu-type, vermits er zich naast de periodieke opdroging, sterke temperatuurs- en saliniteitsschommelingen optreden
- 4) infralittoraal niveau : lage kant, altijd ondergedompeld

Gezien de residuele stroming en vooral de overheersende zuidwestenwinden, wordt de westflank meer bespoeld dan de noordoostflank, op zodanige wijze dat de fauna en de flora zich beter ontwikkelen op de beschermde flank. De golfbreker van Knokke vertoont de meest volledige zonatie en heeft de grootste rijkdom aan fauna en flora.

Daartegenover is de golfbreker van Raversijde de armste, met een zeer vereenvoudigde zonatie en slechts een beperkt aantal organismen, waarvan sommige zeer klein blijven.

Zone (zie fig. 54)		Knokke	Raversijde
4	flora	<u>Blidingia minima</u> Enteromorpha compressa Nitzschia lanceolata var minor Achnanthes parvula Cyanophyceae	<u>Blidingia minima</u> Porphyra umbilicalis
	fauna	Halacariidae	Balanus sp.
5	flora	<u>Fucus spiralis</u> Enteromorpha compressa Ulva lactuca Navicula ramosissima Navicula grevillei	<u>Enteromorpha compressa</u>
	fauna	Littorina littorea Littorina saxatilis Balanus balanoides Elminius modestis	Littorina littorea Balanus sp.
6	flora	<u>Ulva lactuca</u> Navicula (cf. zone 5)	<u>Ulva lactuca</u>
	fauna	<u>Balanus balanoides</u> <u>Littorina littorea</u> Littorina saxatilis Nucella lapillus Mytilus edulis	<u>Balanus sp.</u> Littorina littorea
7	flora	<u>Ulva lactuca</u> Enteromorpha intestinalis Enteromorpha spp. Polysiphonia nigrescens Ceramium deslongchampsii Navicula spp.	Ulva lactuca Enteromorpha intestinalis Achnanthes groenlandica Pleurosigma sp.
	fauna	<u>Mytilus edulis</u> Littorina littorea Nucella lapillus Balanus balanoides Spio filicornis Carcinus maenas Asterias rubens Actinia equina	<u>Mytilus edulis</u> Balanus sp.
8	flora	Enteromorpha intestinalis Porphyra sp.	
	fauna	<u>Tubularia larynx</u> <u>Polydora ciliata</u> Balanus crenatus Metridium senile	<u>Tubularia larynx</u> Metridium senile

Tab. 10. Fauna en flora van twee golfbrekers (——— : talrijk; ----- : relatief talrijk)

2. Wieren biomassa's

De wieren biomassa's hebben het voorwerp uitgemaakt van een verslag van van der Ben (1973) in het kader van het Nationaal Programma - Projekt Zee. De golfbreker van Knokke werd bijzonder bestudeerd vanuit het oogpunt van de seizoenvariatie van de biomassa's van de overheersende algen *Fucus spiralis* en *Ulva Lactuca* (fig. 55). Men merkt op dat als gevolg van de levenscyclus van deze organismen, het maximum bereikt wordt in september met een vers gewicht van ongeveer 10 kg algen per m² (= 1 tot 2 kg droog gewicht).

3. Contaminatie door de zware metalen

De organismen van verschillende golfbrekers werden bestudeerd in het kader van het inventarisprogramma. De tabel 11 geeft de gemiddelde resultaten voor een overheersende wier (*Fucus spiralis*) en een overvloedig aanwezig weekdier (*Mytilus* = mossel) in vijf stations van de Belgische kust. Men neemt waar dat 1°) de globale gemiddelden voor de kust reeds 1 tot 3 maal hoger zijn dan het geval van de niet gecontamineerde organismen en 2°) de gemiddelde contaminatieniveau's duidelijk worden voorbijgestreefd in de streek van Zeebrugge en Heist.

	Station	Hg	Cd	Cu (ppm)	Pb	Zn
Fucus	Knokke	0.06	1.40		6.7	
	Heist	0.04	1.10		4.4	
	Zeebrugge	0.04	1.60		10.20	
	Raversijde	-	-		-	
	Nieuwpoort	0.05	0.60		9.90	
	$\bar{m}$	0.04	1.36	4.95	7.90	214.5
Mytilus	Knokke	0.57	2.90		9.9	
	Heist	0.58	3.10		12.2	
	Zeebrugge	0.36	2.20		9.7	
	Raversijde	0.26	1.50		6.0	
	Nieuwpoort	0.30	1.40		5.10	
	$\bar{m}$	0.42	2.46	11.78	8.80	192.2

Tabel 44 . Contaminatie aan zware metalen van twee vertegenwoordigende organismen van de golfbrekers.

BIBLIOGRAFIE.

- Baeyens, W., Decadt, G. en Elskens I., 1979. Bepaling van opgelost, particulier en totaal kwik in de waterkolom van het marien milieu, met aangepaste analytische technieken. Synthese SURVEY/1977-78 : 01
- Barbette, J. en Yde, M., 1978. Bakteriële pollutie van het kustwater in de periode 1975-1977. I.H.E. Ministerie van Volksgezondheid en van het Gezin.
- Beckers, O., Wollast, R. et Nihoul, J.C.J., 1976. Validation expérimentale du modèle. Un exemple : la circulation résiduelle et la caractérisation des masses d'eau dans la zone côtière belge (in J.C.J. Nihoul, ed. : Modélisation des systèmes Marins Vol 1 Projet Mer⁽¹⁾).
- Billen, G. , 1977. Etude écologique des transformations de l'azote dans les sédiments marins. Doctoraatsthesis, Université Libre de Bruxelles.
- Billen, G., Vanderborght, J.P. et R. Wollast, 1976. Modèles diagénétiques des substances nutritives dans les sédiments marins côtiers. (in : J.C.J. Nihoul en F. Gullentops, eds. : Sedimentologie, vol. 4 Projet Mer⁽¹⁾).
- Bouquiaux, J. et Herman, P. , 1976. Niveaux de pollution du réseau hydrographique et de la zone côtière belge. (in : J.C.J. Nihoul et Elskens, I., eds. : Inventaire des polluants, Vol. 6 Projet Mer⁽¹⁾).
- Colebrook, J.M., Reid, P.C. and Coombs, S.H., 1978. Continuous Plankton Records : A change in the Plankton of the Southern North Sea between 1970 and 1972. Mar. Biol. 45 : 209-213.
- Daro, M.H., 1970. Etude écologique d'un brise-lames de la côte belge. II. Biologie et développement saisonnier des espèces. Ann. Soc. Roy. Zool. Bel., 100 : 159-190
- Decadt, G. en Goeyens, L. , 1979. Seizoenvariatie en ruimtelijke verspreiding van de nutriënten in de Zuidelijke Noordzee. Tech. rep. SURVEY/78 : 07
- De Pauw, C., 1975. Bijdrage tot de kennis van milieu en plankton in het Westerschelde-Estuarium. Doctoraatsthesis, Rijksuniversiteit Gent.

- Désirant, M., van der Ben, C. et Sleenwagen, D., 1975. La chlorophylle a dans les eaux côtières belges durant l'année 1975. C.I.P.S. Rapport tech. 1 1975/Biologie
- Gieskes, W.W.C. and Kraay, G.W. , 1977. Continuous plankton records : changes in the plankton of the North Sea and its eutrophic Southern Bight from 1948 to 1975. Neth. J. Sea Res., 11(3/4) : 334-364
- Gullentops, F., Moens, M., Ringele, A. et Sengier, R., 1976. Geologische kenmerken van de suspensie en de sedimenten. (in : J.C.J. Nihoul en F. Gullentops, eds : Sedimentologie, vol. 4 Projet Mer⁽¹⁾).
- Herman, R., De Coninck, L. en Heip, C. , 1978. Analyse van het benthos voor de Belgische Noordzeekust en in het Schelde-estuarium. In : Geconcentreerde Akties O.O.A.1 , Tech. Rep. Benthos 1978 : 01
- Joiris, C. , 1973. Etude de l'effet antibiotique potentiel en Mer du Nord. C.I.P.S. Tech. Rep. 1973/BACT. 06
- Joiris, C. , Vanthomme, R., Wijnant, J. en Swaelens, R., 1978. Zuurstofconcentratie en mikrobiologische aktiviteiten in de Belgische kustzone in 1977. Tech. Rep. SURVEY/1978 : 05
- Mommaerts, J.P. en Elskens, I. , 1978. Seizoen variatie en ruimtelijke verspreiding van de nutriënten in de Zuidelijke Noordzee. Tech. rep. SURVEY 1978 : 02
- Nihoul, J.C.J. et Runday, F.C., 1976. Modèles hydrodynamiques. Vol. 3 Projet Mer⁽¹⁾.
- Nihoul, J.C.J. et Boelen, C. , 1976. Niveaux de pollution du réseau hydrographique et de la zone cotière belges. Recueil des données, vol. 11, tome C, Projet Mer⁽¹⁾.
- Nihoul, J.C.J. et Polk, P., 1976. Chaînes trophiques et cycles des nutriments. Vol. 8, Projet Mer.⁽¹⁾
- Nijs, J. en Bertels, A., 1978. Dosage van chlorofyl- en pheophytinepigmenten in de Belgische kustwateren tijdens het jaar 1977. Tech. rep. SURVEY/1978 : 03
- Picard, H., 1978. Relevé des températures et des salinités en 1977 dans la zone côtière. Tech. rep. SURVEY/1978 : 01

- Pichot, G. et Barbette, J., 1978. Estimation des taux moyens de disparition des bactéries fécales dans les eaux côtières belges de la Mer du Nord. Rev. Int. Océanogr. Méd. Tomes LI/LII : 115-126
- Pinon, J. , 1972. Microbiologie sanitaire le long de la côte belge. Résultats d'analyses de 1972. C.I.P.S. Tech. Rep. 1972/BACT. COAST I
- Segebarth-Orban, R. , 1975. Quelques données sur les variations saisonnières du plancton et sur les caractéristiques hydrologiques en Mer du Nord, au large d'Ostende et de Nieuport. Période 1969-1971. Ann. Soc. Roy. Zool. Bel., 105 (1/2) : 193-227
- T.W.O.Z. (Kommissie voor Toegepast Wetenschappelijk Onderzoek in de Zeevisserij - Ministerie van Landbouw), 1975. Ekologische en biologische studie van de kustwateren ter hoogte van Nieuwpoort in verband met het lozen van afvalwateren. Med. Rijksstation voor Zeevisserij (C.L.O. Gent) Publikatie nr. 99.)
- van der Ben, D. , 1973. Faune et flore côtières. Etude de la biomasse des algues macroscopiques. C.I.P.S. Tech. Rep. 1973/BIOL-SURVEY 02
- van der Ben, C., 1974. Rapport d'avancement des travaux 1974. 1. Synthèse Générale. 4. Eaux-biomasse. C.I.P.S Tech. Rep.
- van der Ben, C., 1975. Synthèse préliminaire concernant les travaux effectués en 1974-1975 sur le phytoplancton marin des eaux côtières belges. C.I.P.S. Rapport tech. 2. 1975/Biologie.
- van der Ben, C., van der Ben, D., van Goethem, J. et Daro, M.H. , 1976. Inventaire et zonation des organismes sur les brise-lames de la côte belge (in : J.C.J. Nihoul et L. De Coninck eds.)⁽¹⁾ Vol. 7.
- Wollast, R., 1976. Propriétés physico-chimiques des sédiments et des suspensions de la mer du Nord. (in : J.C.J. Nihoul et F. Gullentops, eds. : Sedimentologie, vol. 4 Projet Mer ⁽¹⁾).

(1) Nationaal Onderzoeks- en ontwikkelingsprogramma Leefmilieu-Water

Projekt Zee : Eindverslag

Programmatie van het Wetenschapsbeleid, 8 Wetenschapsstraat, 1040 Brussel.

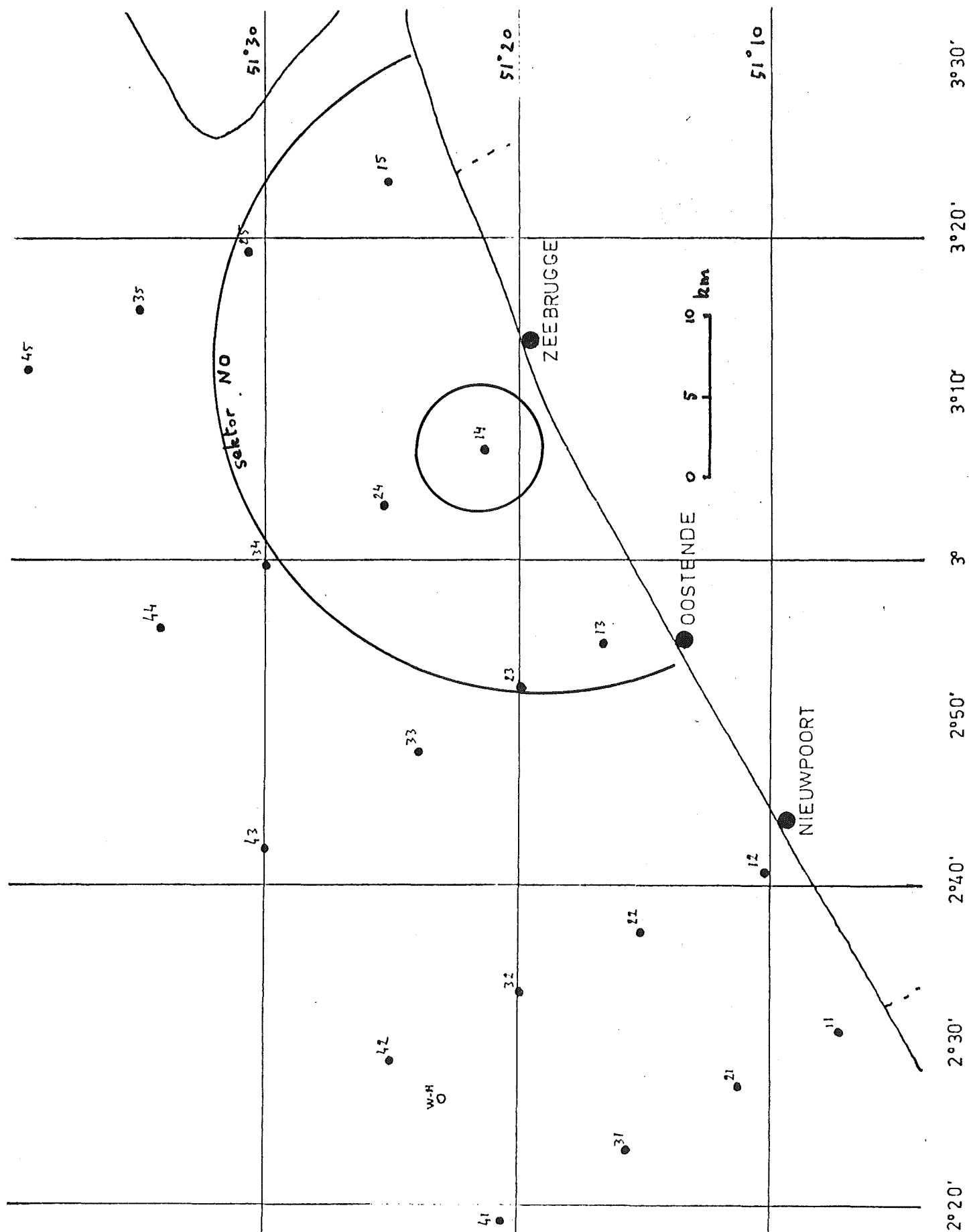


Fig. 1 Netwerk van de Beheerseenheid Noordzee Model

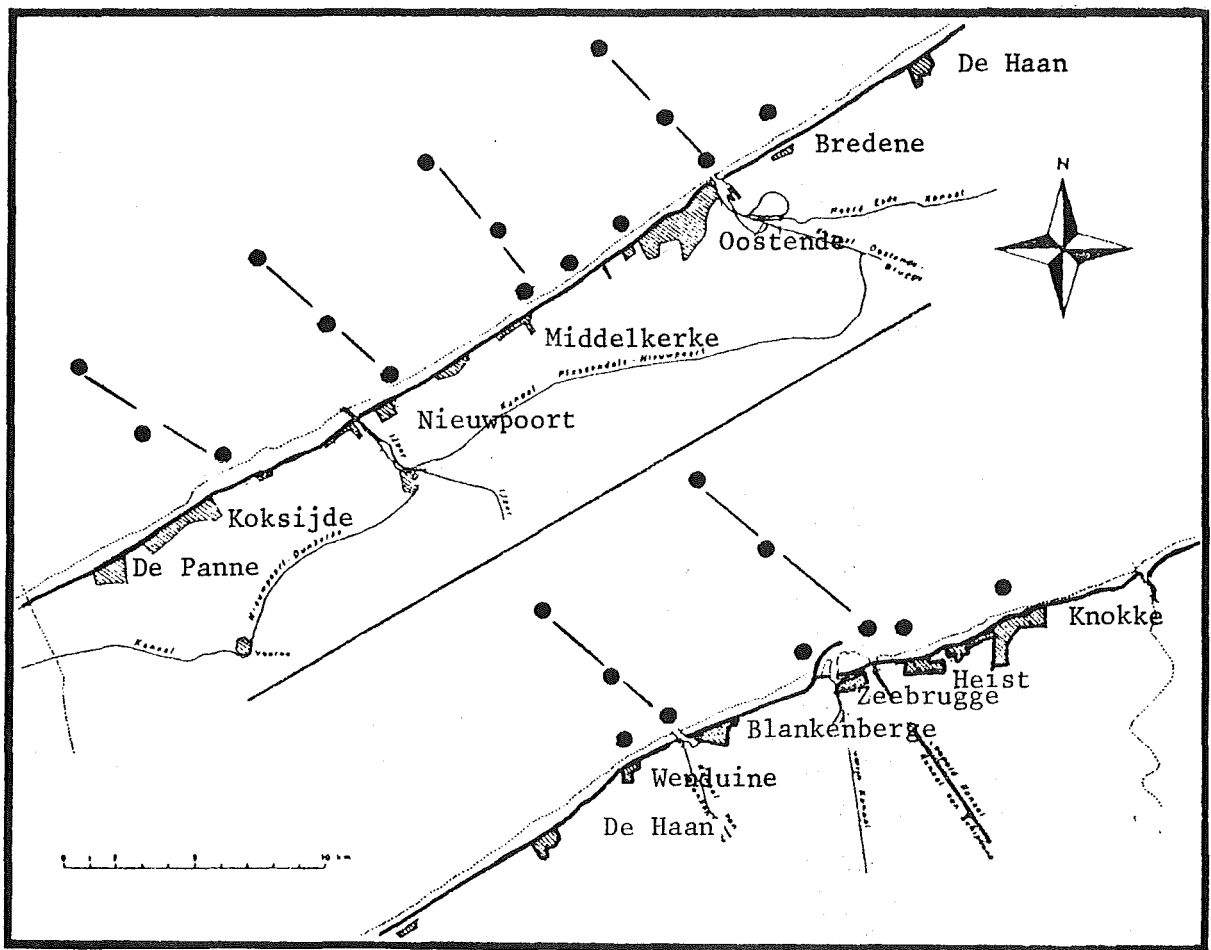
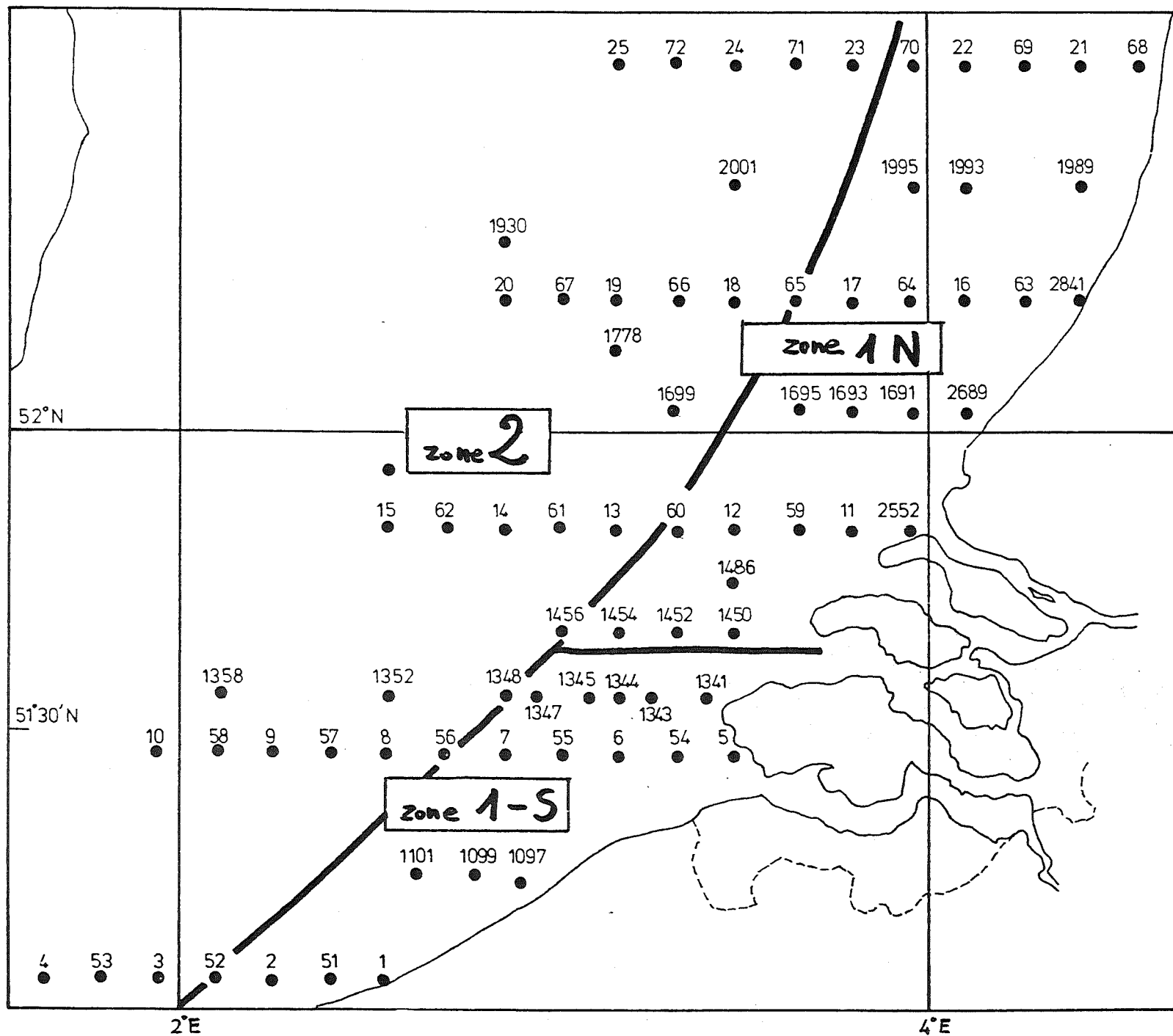


Fig. 2. Netwerk van het Inventaris Programma

Fig. 2 bis. Netwerk van het Nationaal Programma (Project Zee)



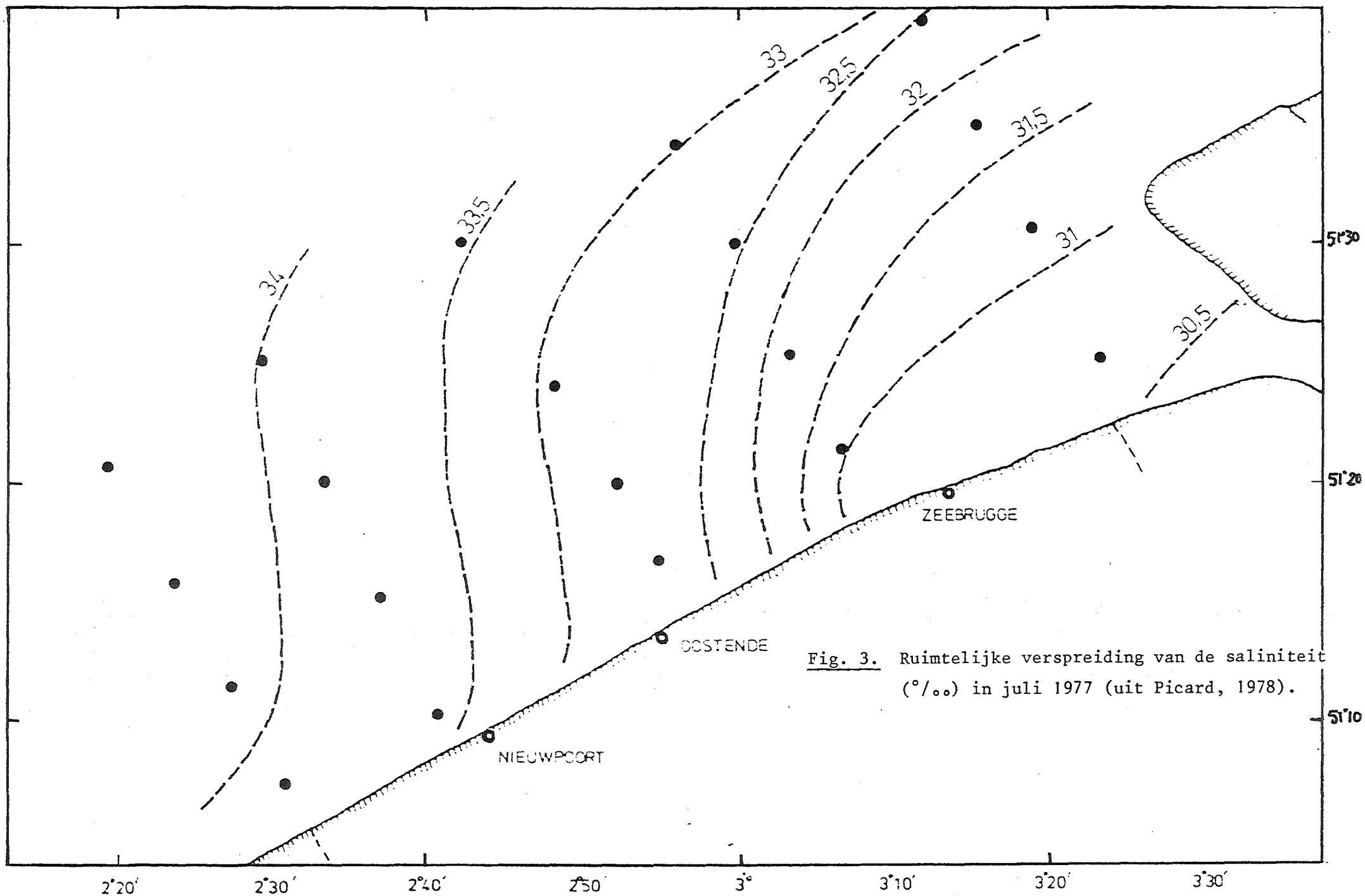


Fig. 3. Ruimtelijke verspreiding van de saliniteit (‰) in juli 1977 (uit Picard, 1978).

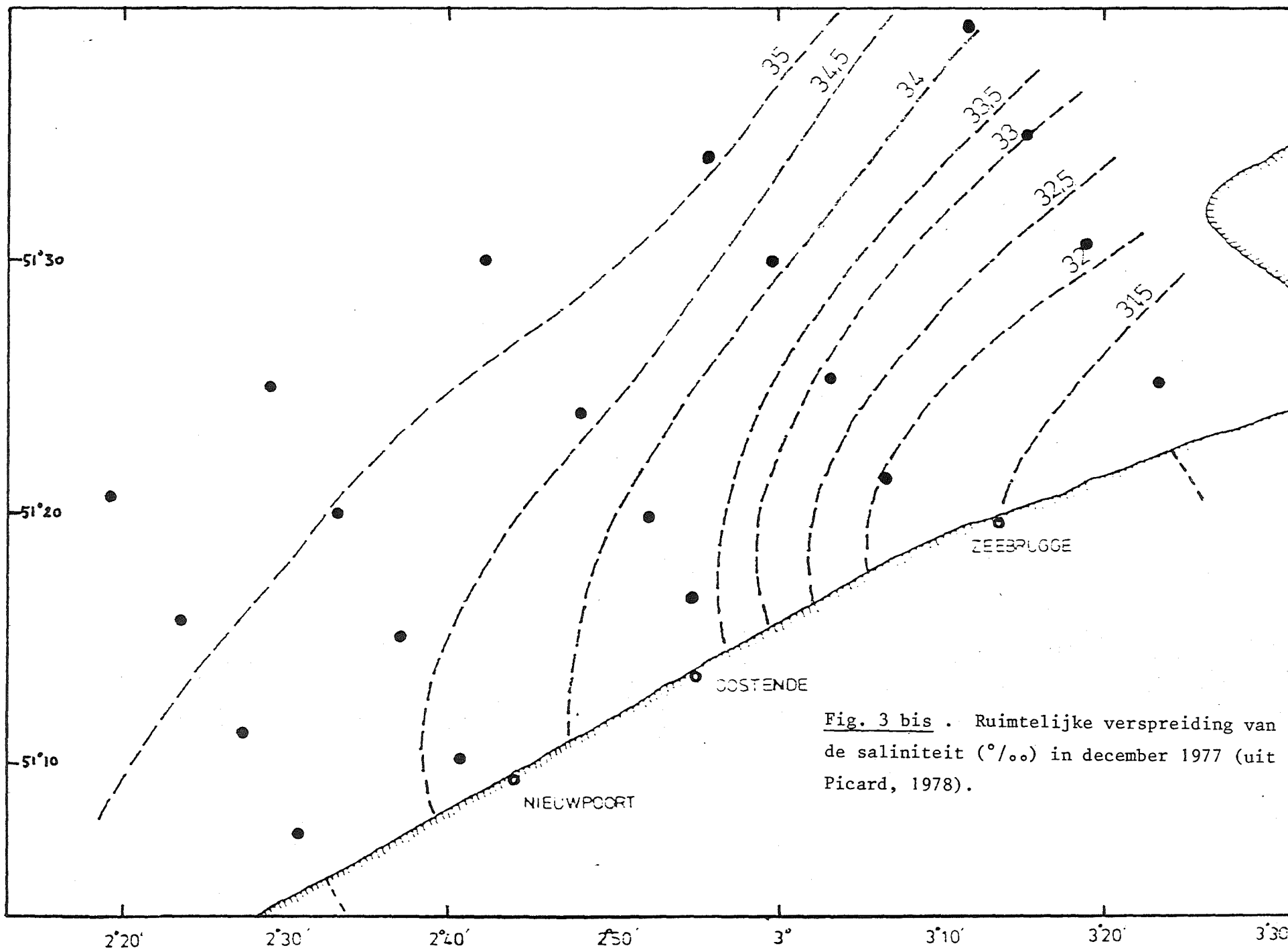


Fig. 3 bis . Ruimtelijke verspreiding van de saliniteit (‰) in december 1977 (uit Picard, 1978).

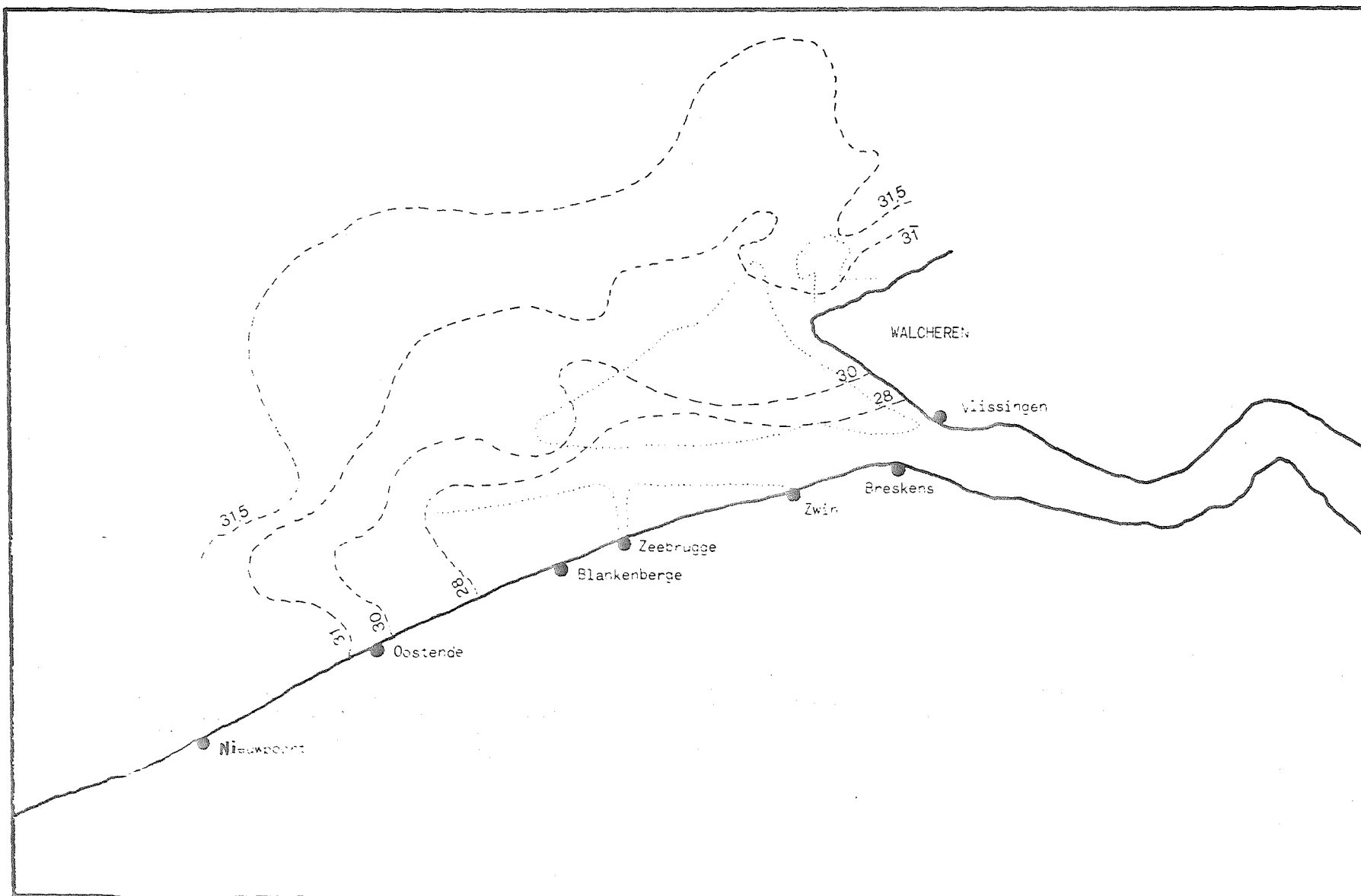


Fig. 4. Ruimtelijke verspreiding van de saliniteit (‰) in april 1975 (uit Beckers et al., 1976)

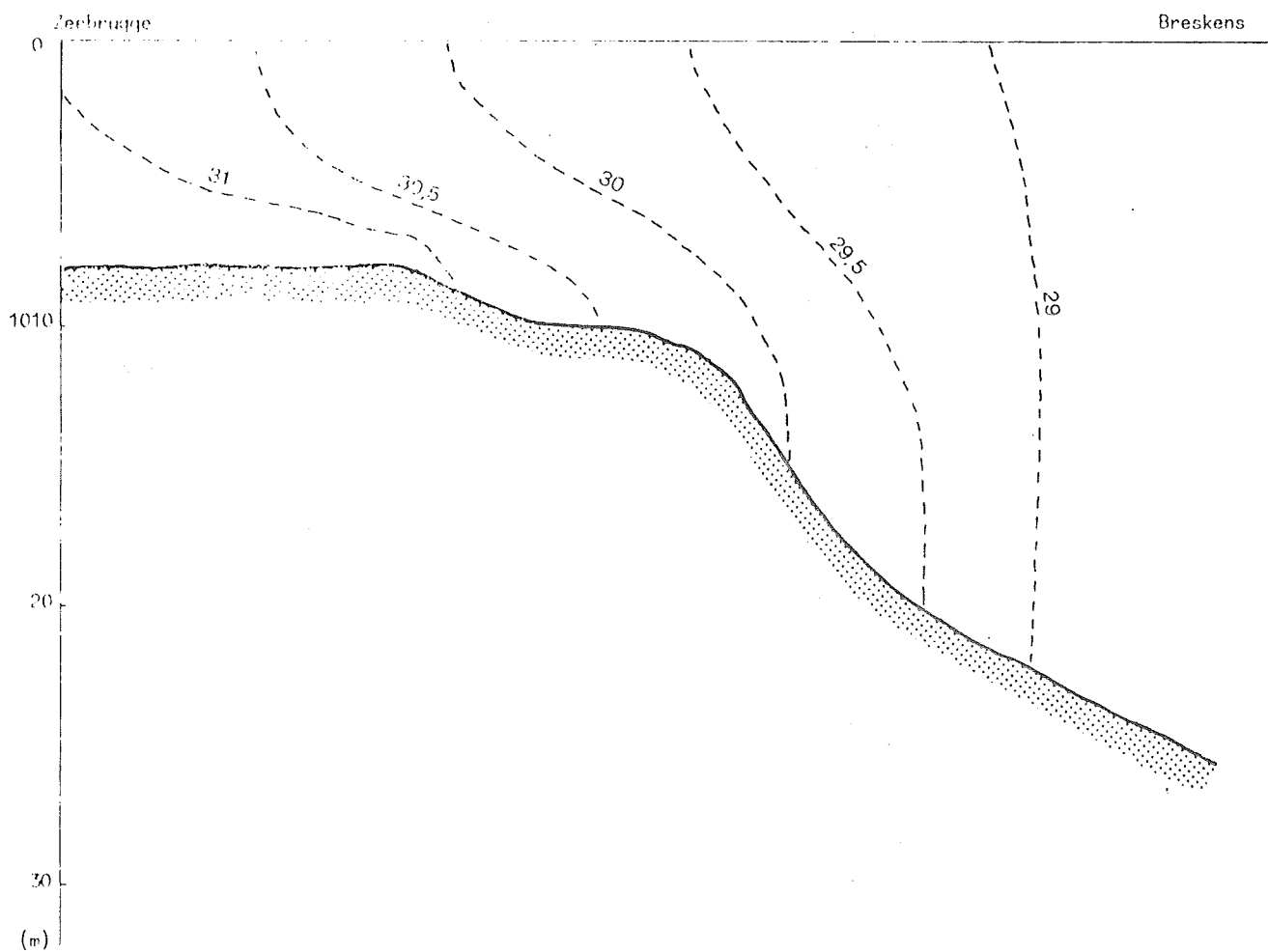


Fig. 5. Saliniteitsprofielen (‰) met laag water tussen Zeebrugge en Breskens, maart 1974 (uit Beckers et al., 1976).

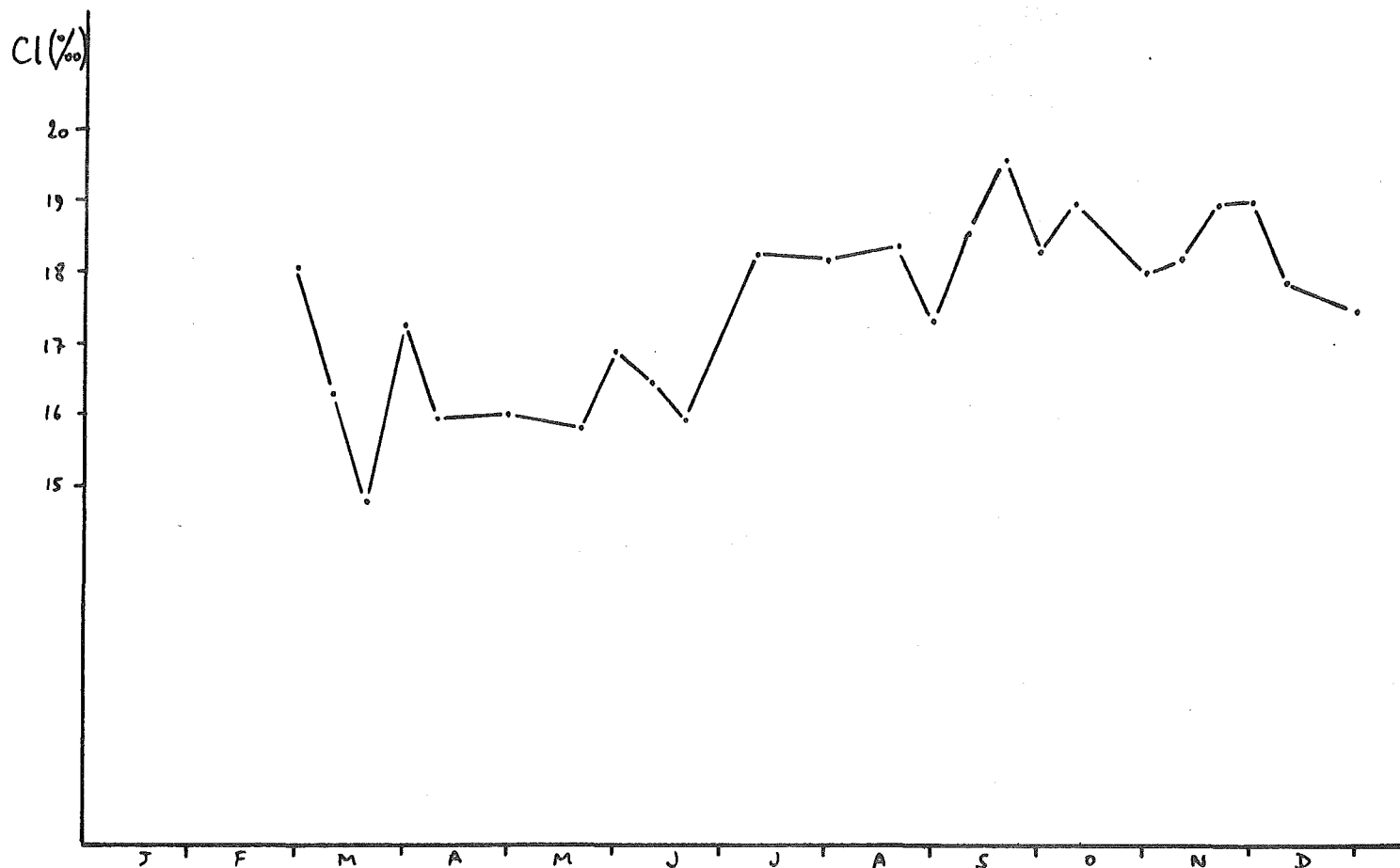


Fig. 6. Chloriniteitkrom (‰) in 1970 op de Oostendse Bank Oost (aanpassing van Segebarth-Orban, 1975)

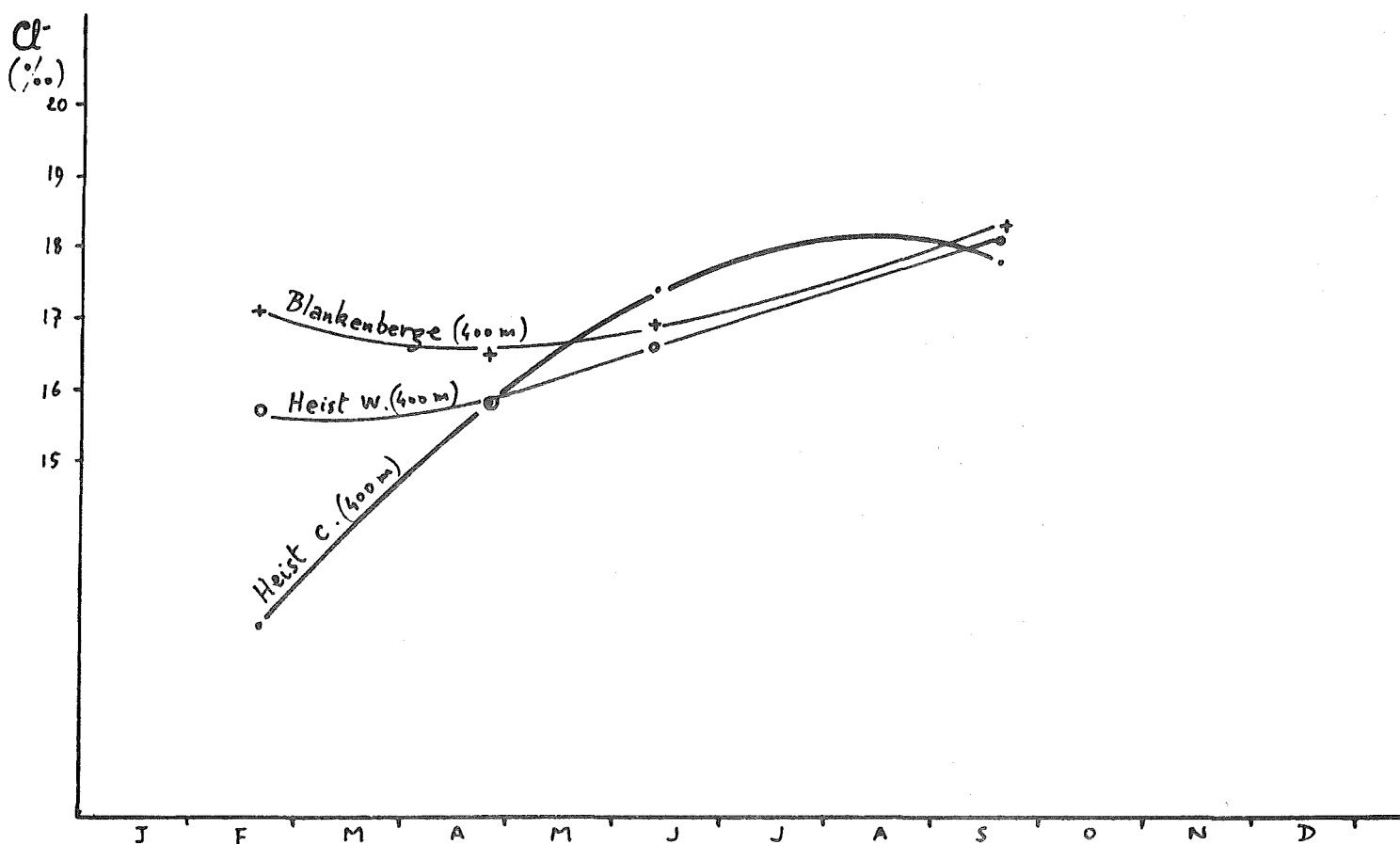


Fig. 7. Chloriniteitkrommen (‰) in 1975 voor drie meetpunten in de nabijheid van Zeebrugge gelegen (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976)

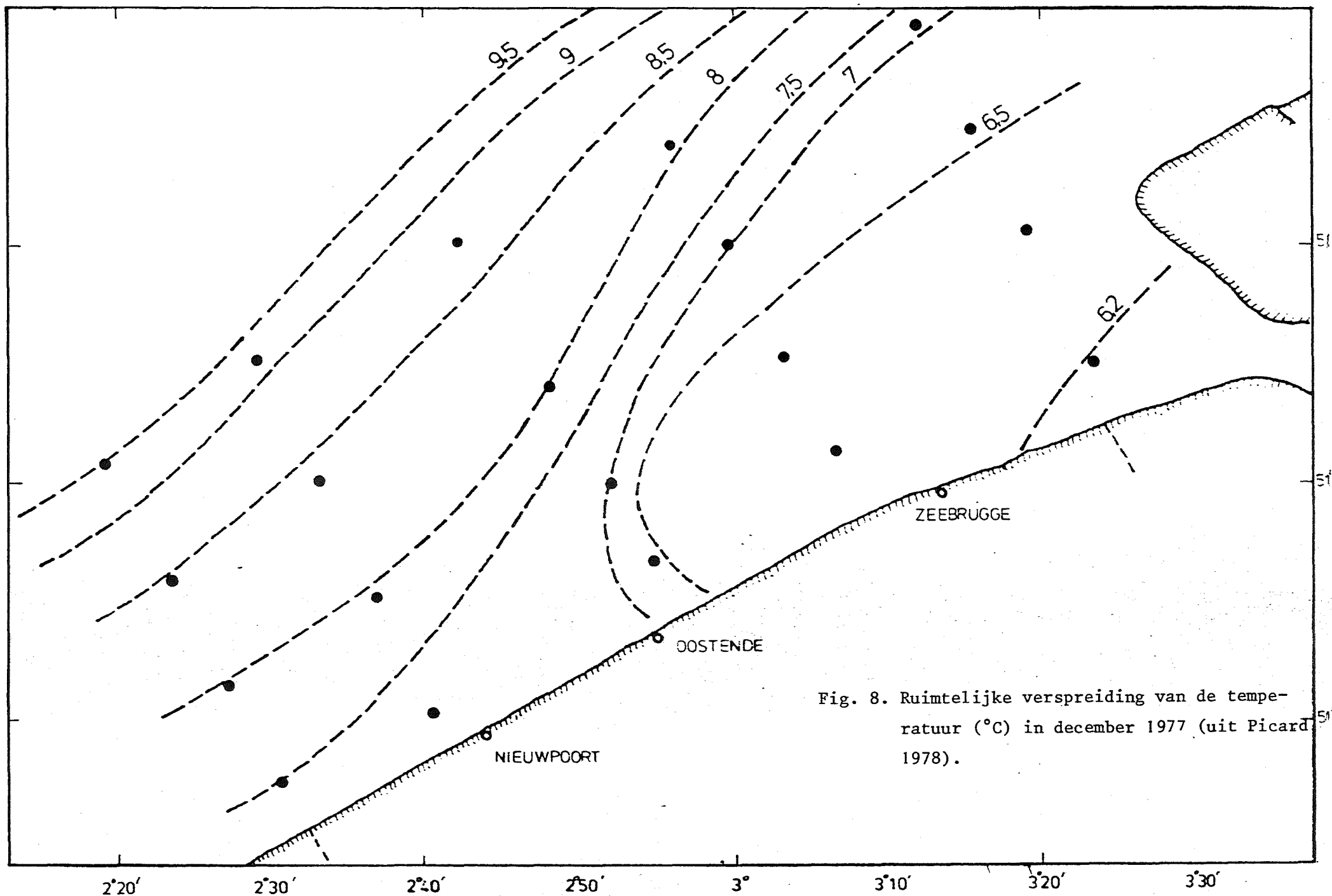
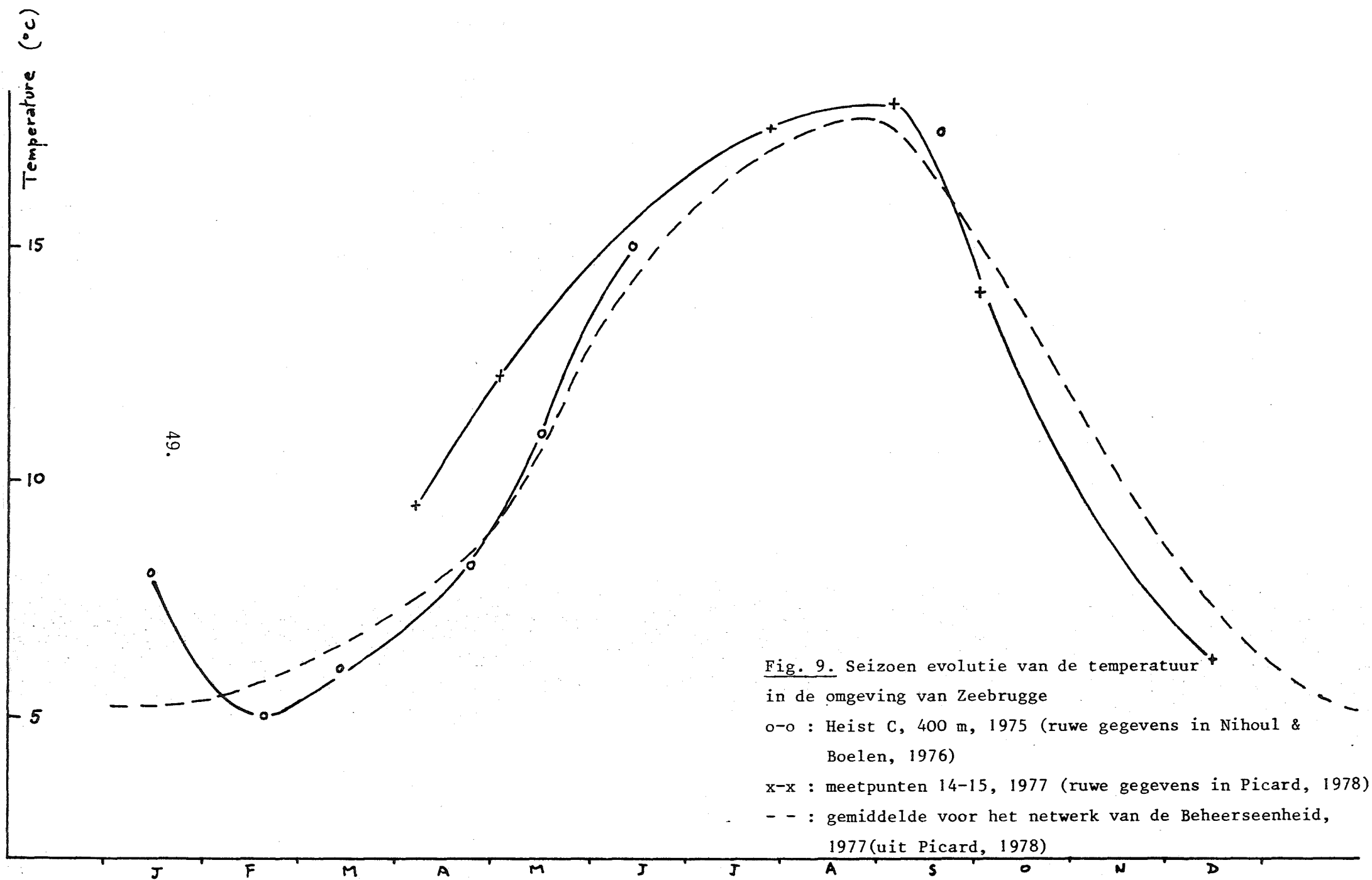


Fig. 8. Ruimtelijke verspreiding van de temperatuur (°C) in december 1977 (uit Picard 1978).



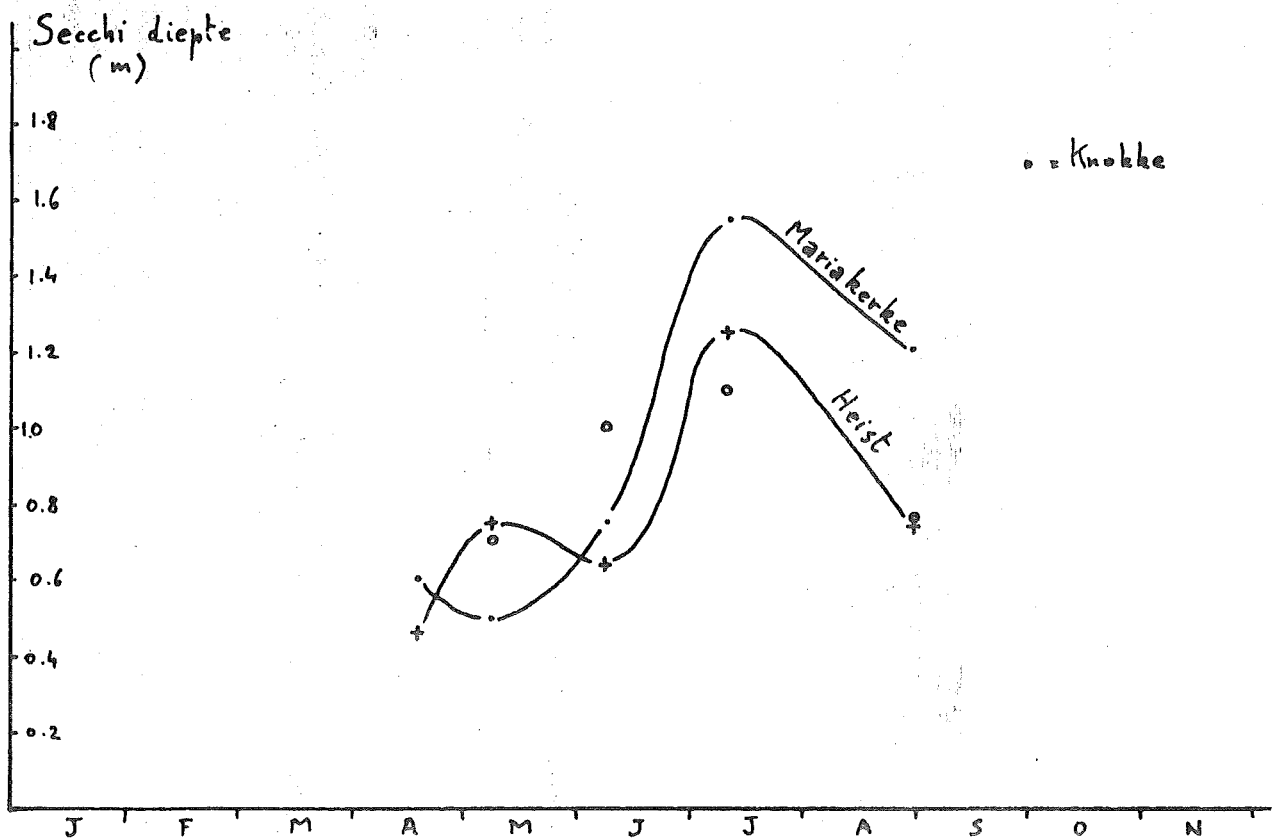


Fig. 10. Seizoenevolutie van de doorzichtigheid van het water (Secchi schijf) in 1974 op 400 m van het strand (ruwe gegevens in van der Ben, 1974)

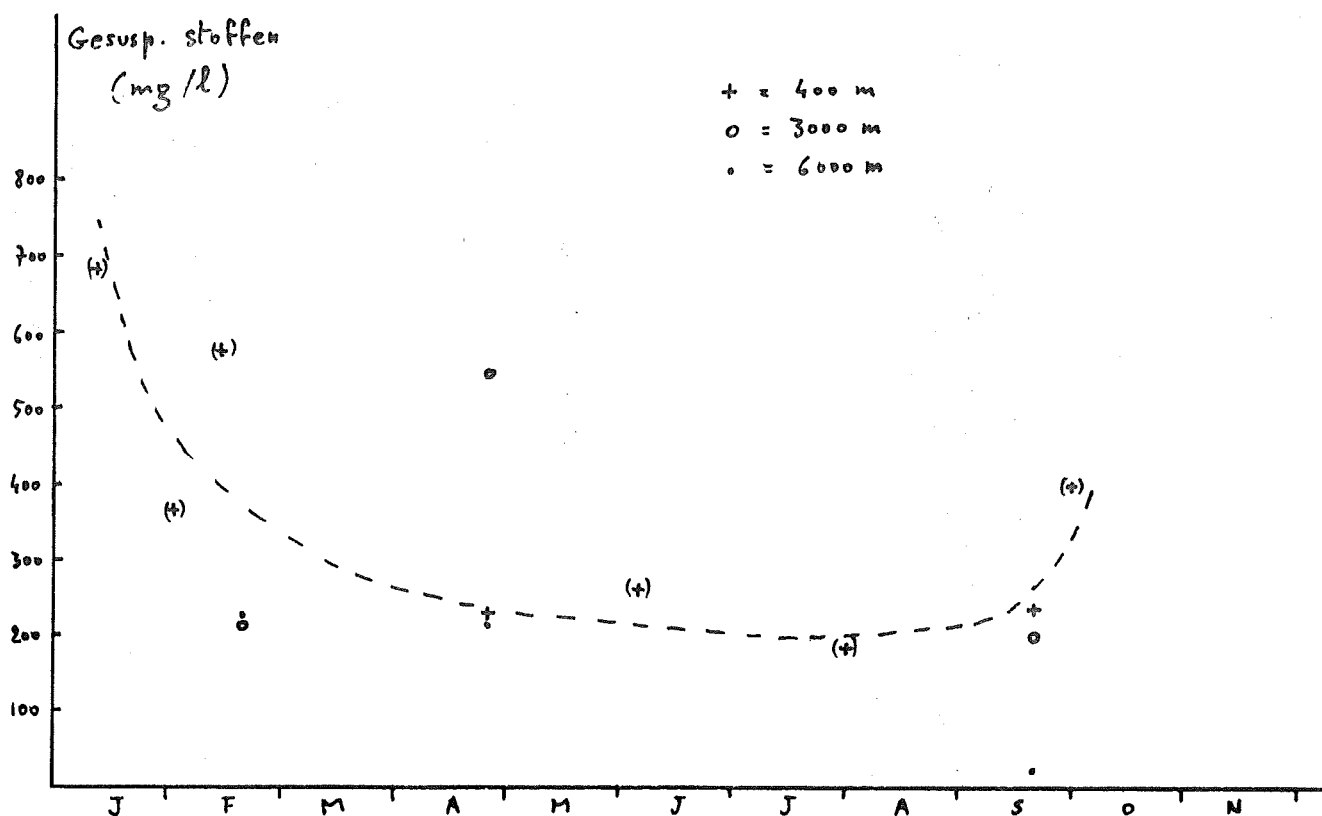


Fig. 11. Gehaltes aan gesuspenseerde stoffen in Heist C. in 1975, met de nadruk op de 400 m lijn. Tussen (), geïsoleerde waarden voor 1971-1974 (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976).

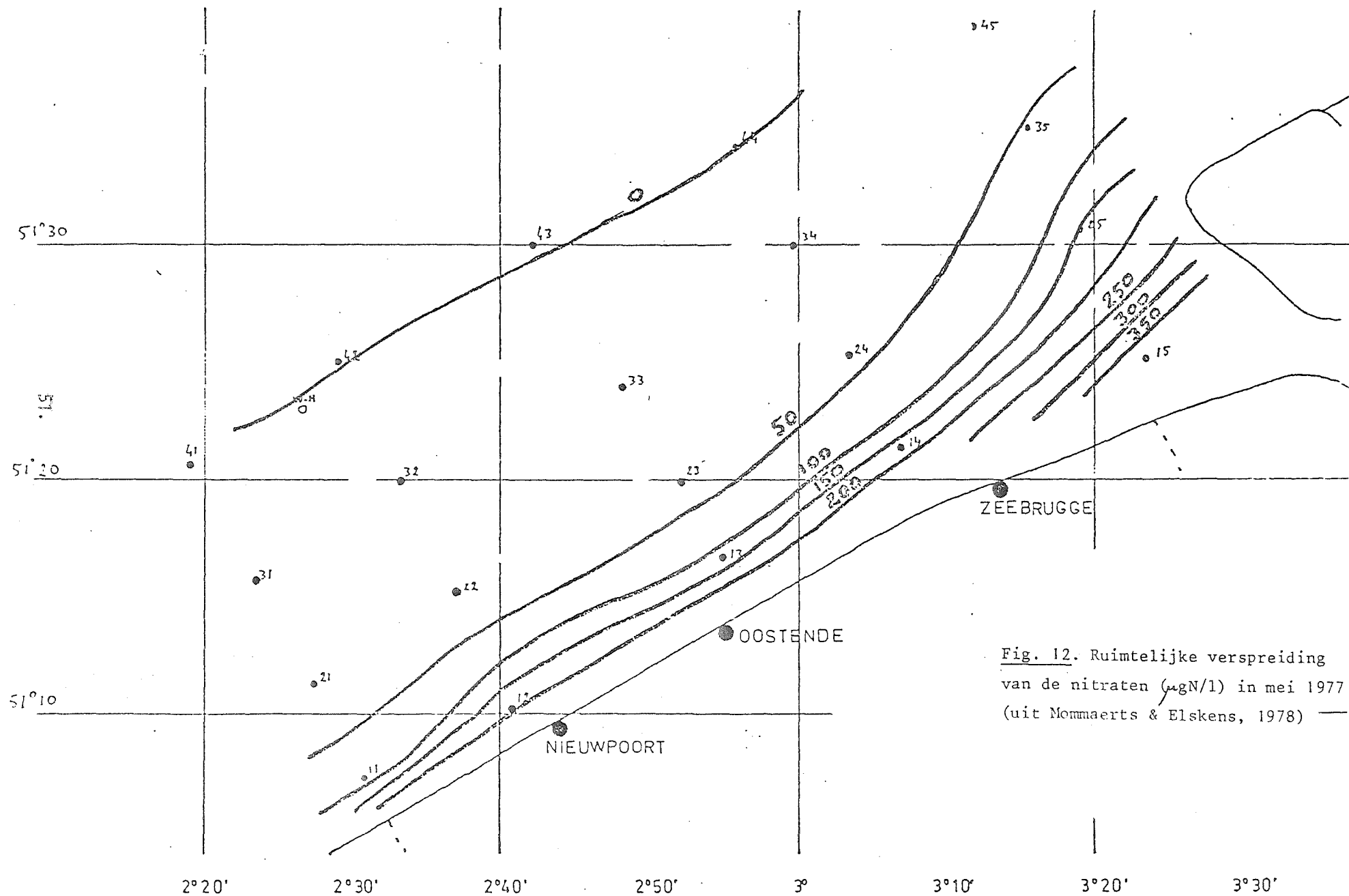


Fig. 12. Ruimtelijke verspreiding
van de nitraten ($\mu\text{gN/l}$) in mei 1977
(uit Mommaerts & Elskens, 1978)

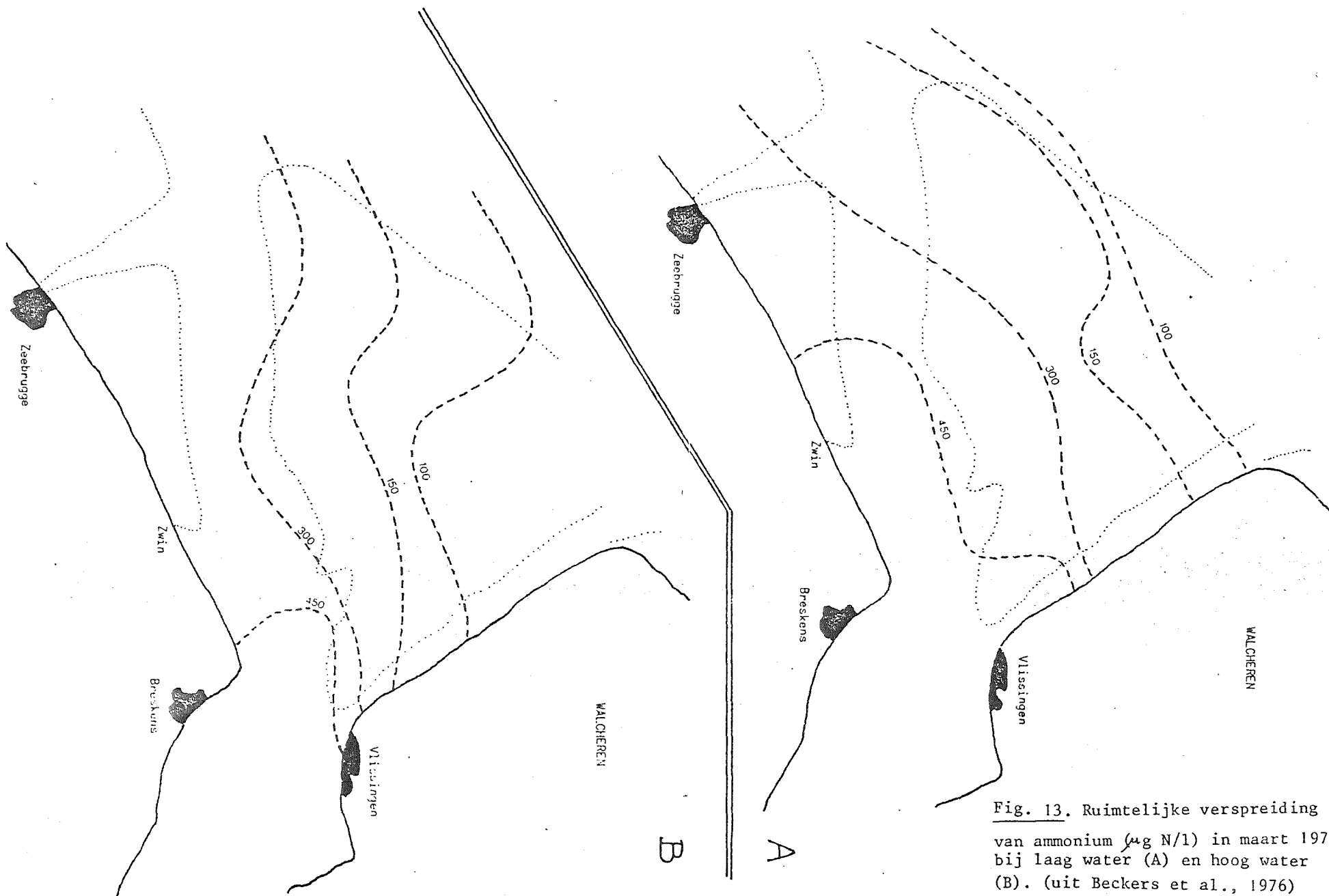


Fig. 13. Ruimtelijke verspreiding van ammonium ($\mu\text{g N/l}$) in maart 1974 bij laag water (A) en hoog water (B). (uit Beckers et al., 1976)

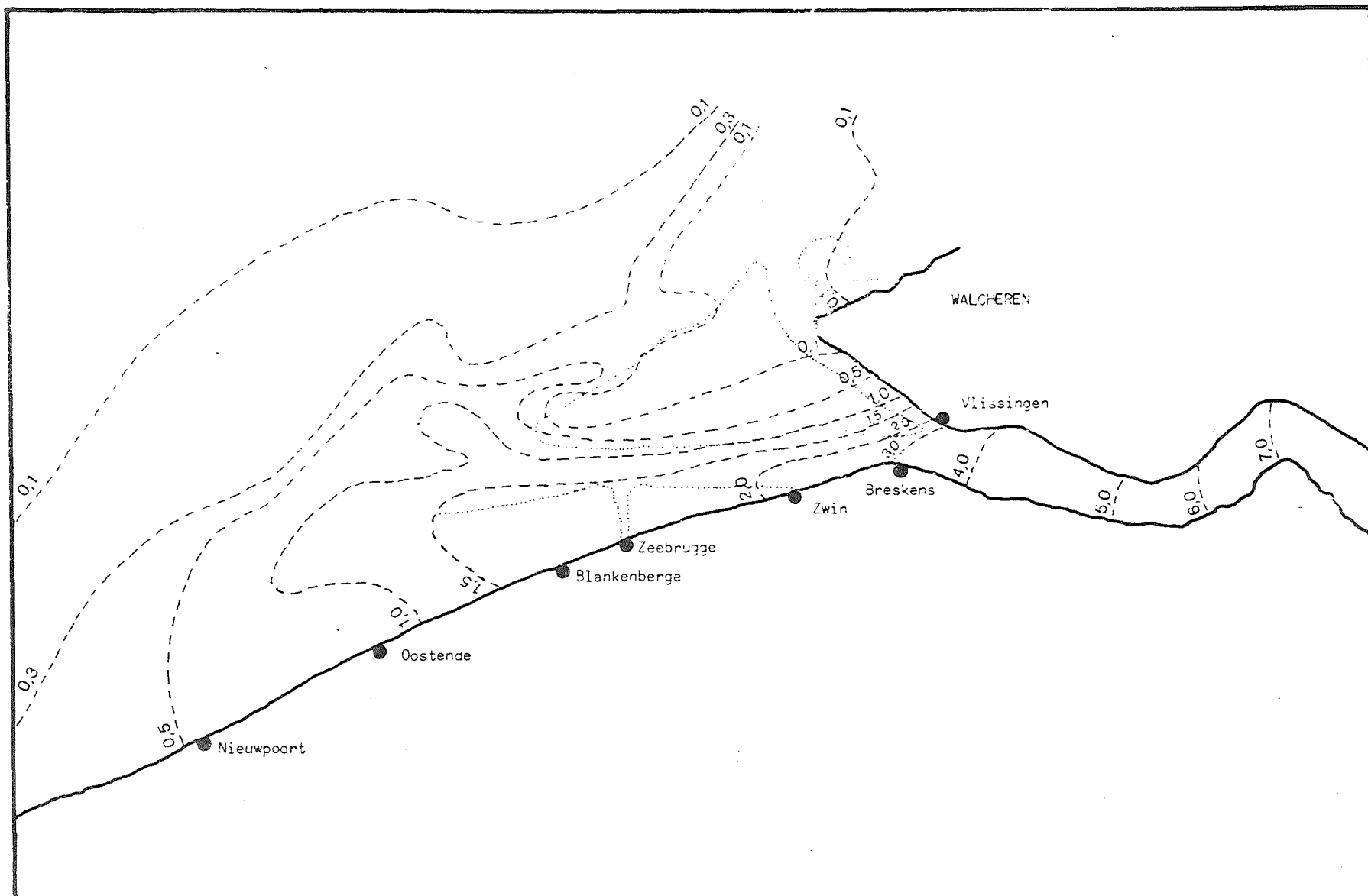


Fig. 14. Ruimtelijke verspreiding van SiO_2 (mg/l) in april 1975 (uit Beckers et al., 1976)

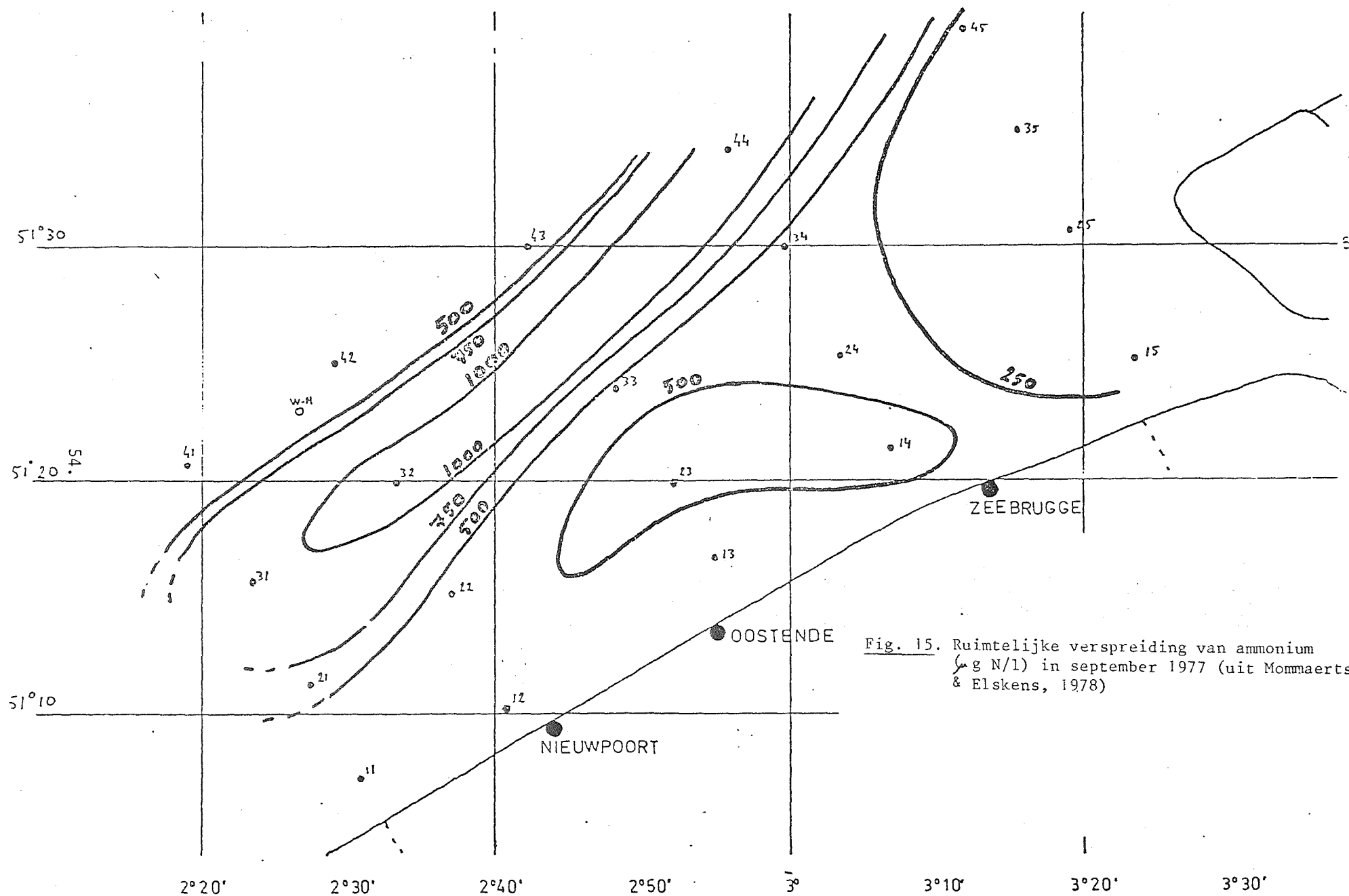


Fig. 15. Ruimtelijke verspreiding van ammonium ($\mu\text{g N/l}$) in september 1977 (uit Mommaerts & Elskens, 1978)

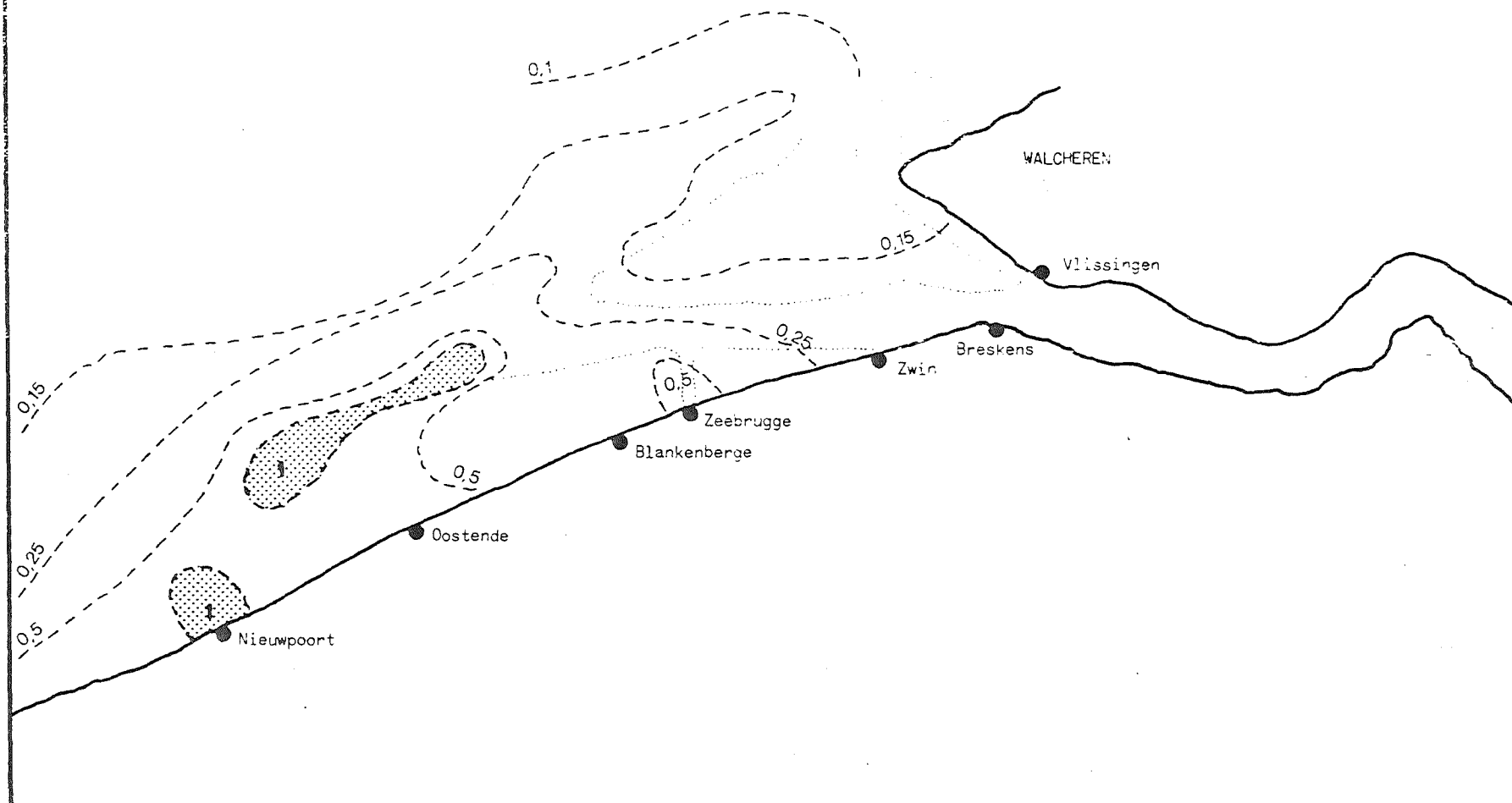


Fig. 16. Ruimtelijke verspreiding van SiO_2 (mg/l) in juni 1975 (uit Beckers et al., 1976).

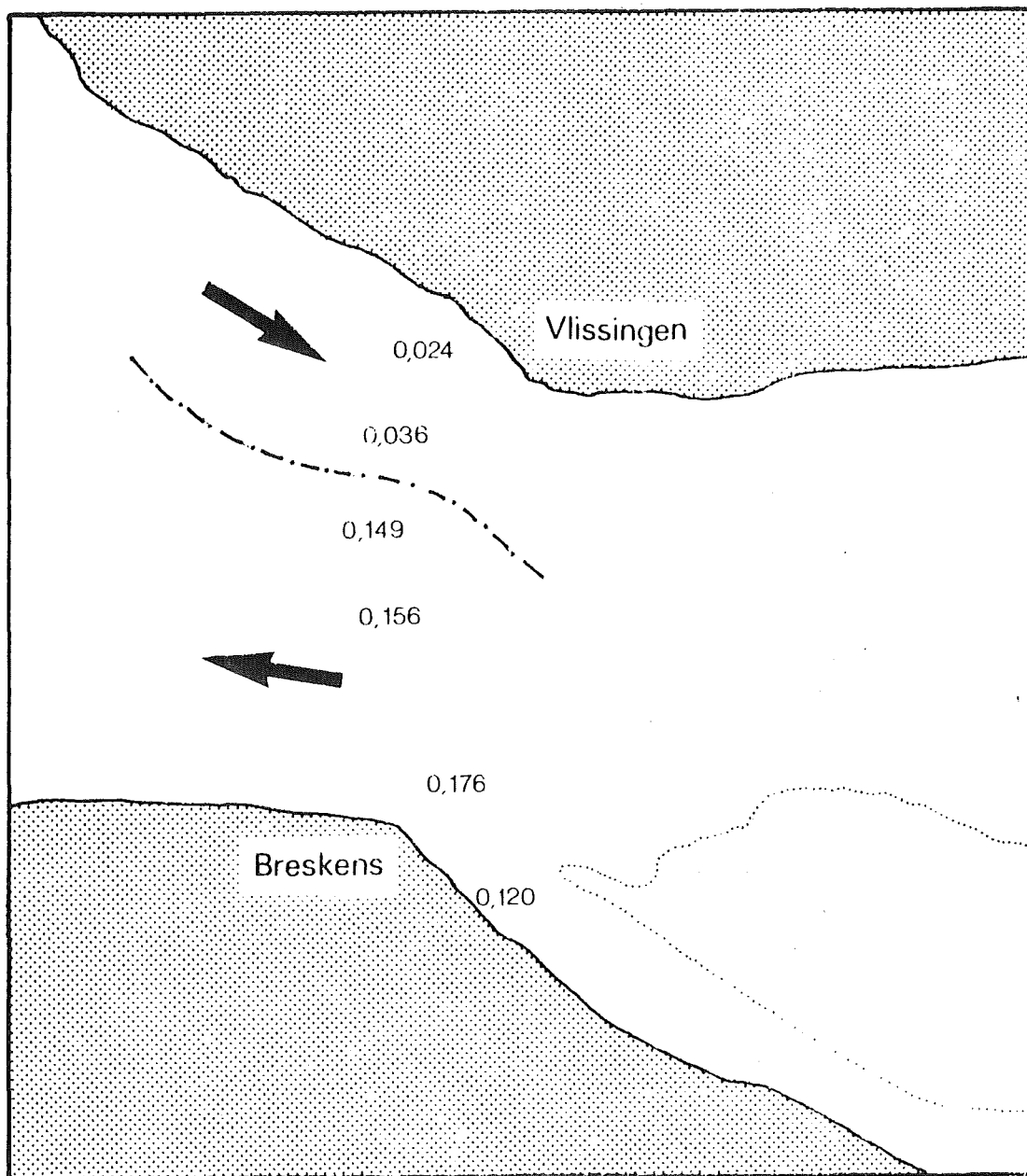


Fig. 17. Ruimtelijke verspreiding van SiO_2 (mg/l) bij hoge tij in de monding van het Schelde-estuarium, april 1975 (uit Beckers et al., 1976).

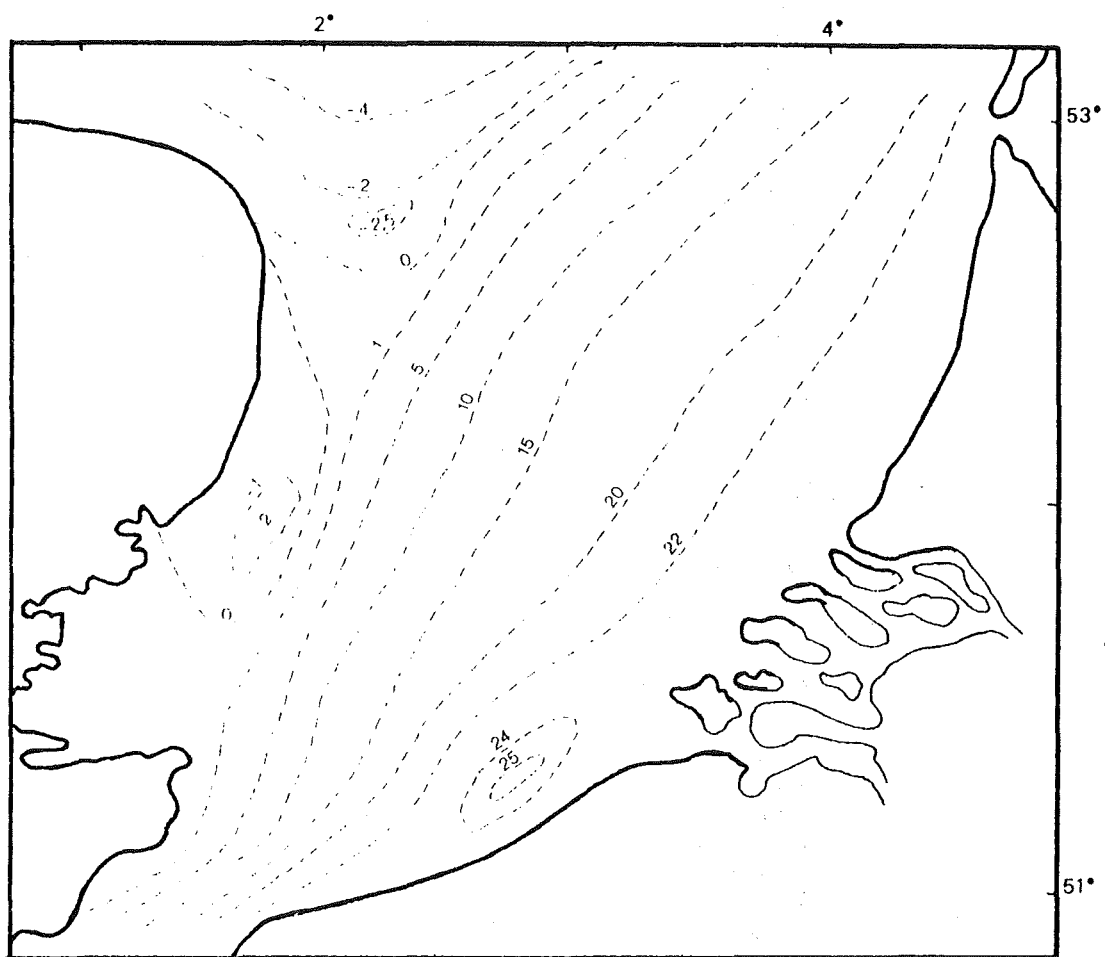


Fig. 18. Stroomlijnen door het mathematisch model berekend ($10^4 \text{ m}^3/\text{sec}$)
(uit Nihoul & Runday, 1976).

Figs. 19 tot 28. Betreffen, per nutriënt (telkens één blz.), de vergelijking tussen seizoen evoluties voor verschillende jaren en plaatsen.

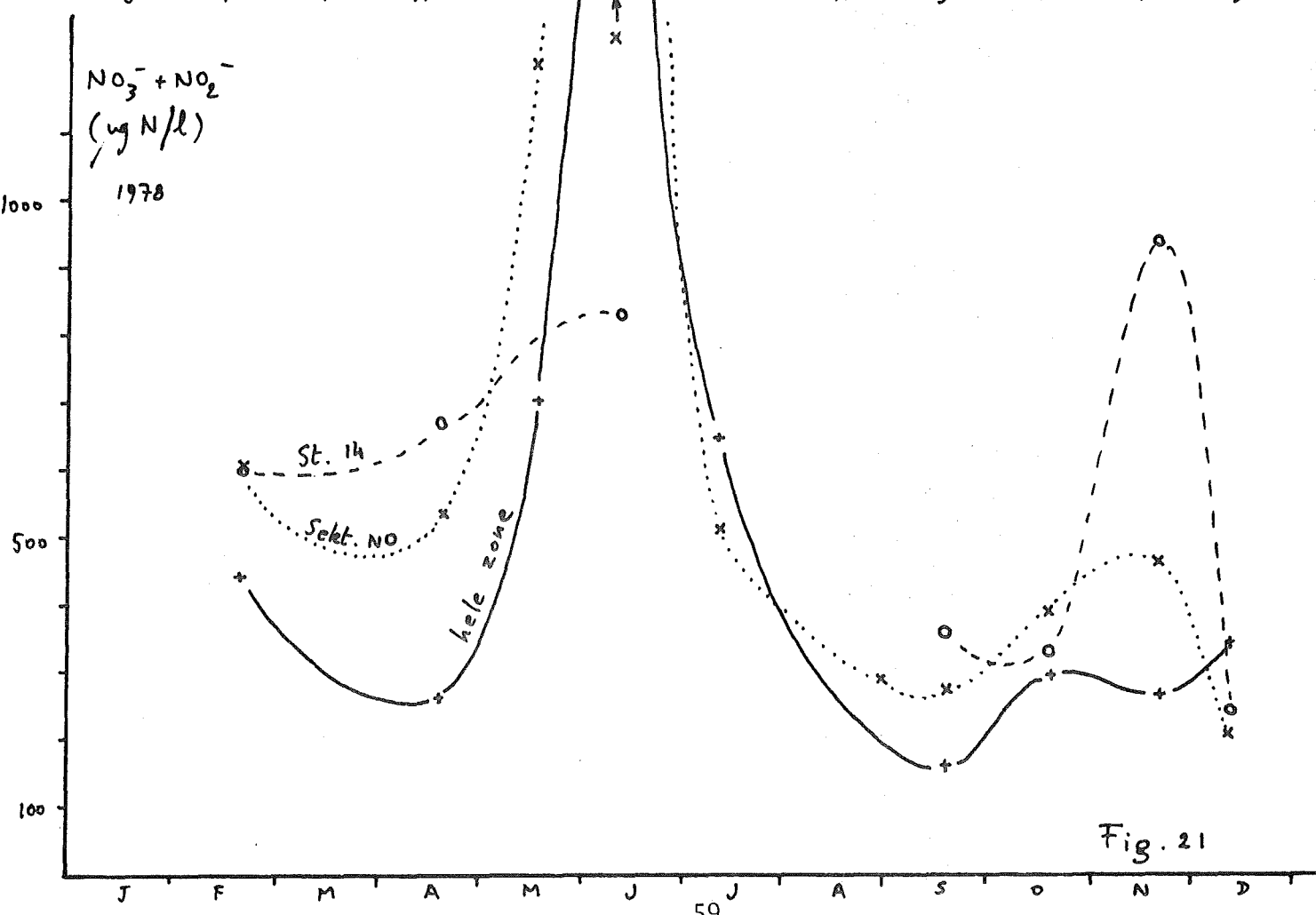
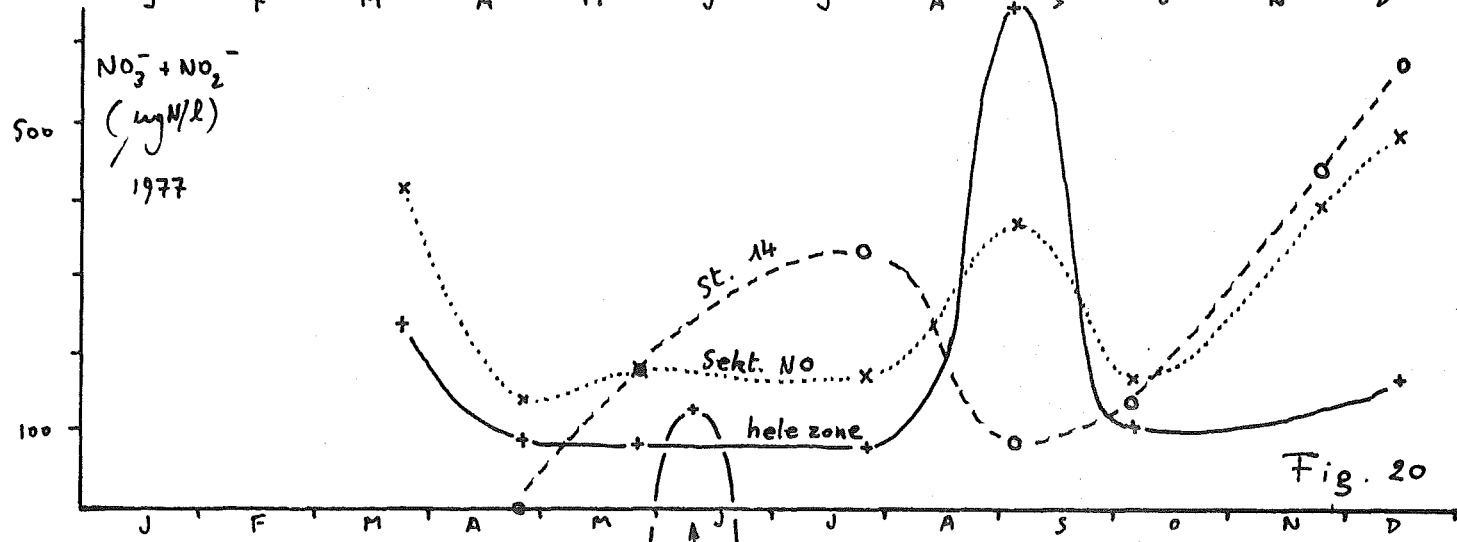
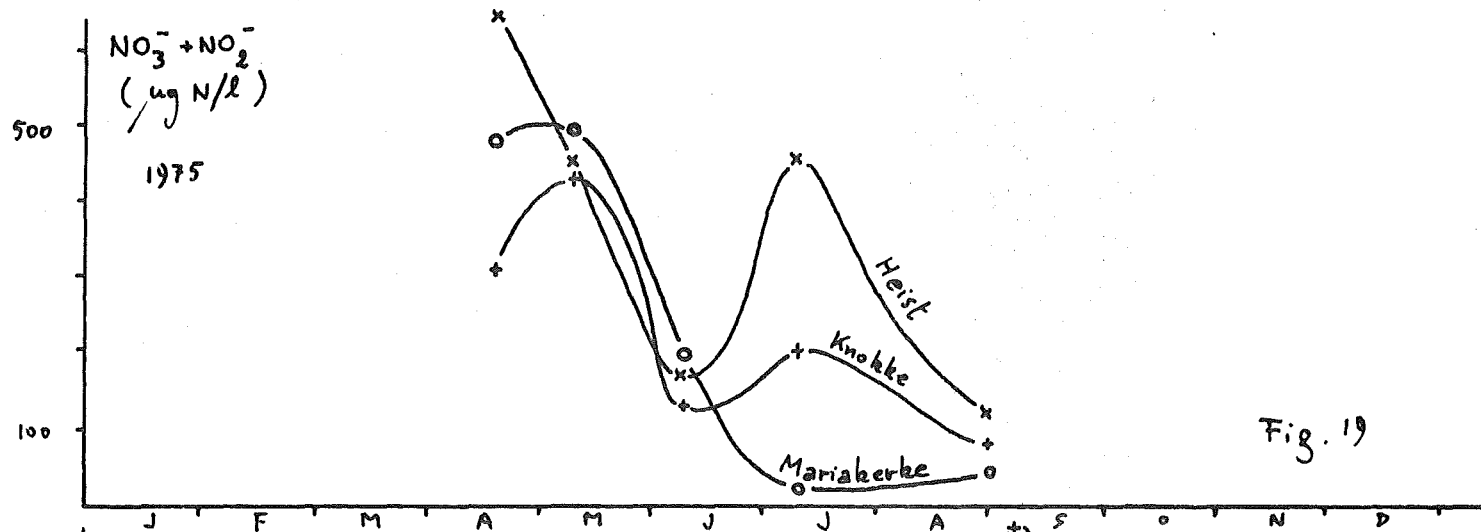
1975 : Inventaris Programma (3 meetpunten gelegen op 400 m van de kust)

1977 en 1978 : Beheerseenheidsmonitoring met :

hele zone : gemiddelde voor de 20 punten (zie fig. 1)

sektor NO : gemiddelde voor 6 punten (zie fig. 1)

meetpunt 14 : (zie fig. 1)



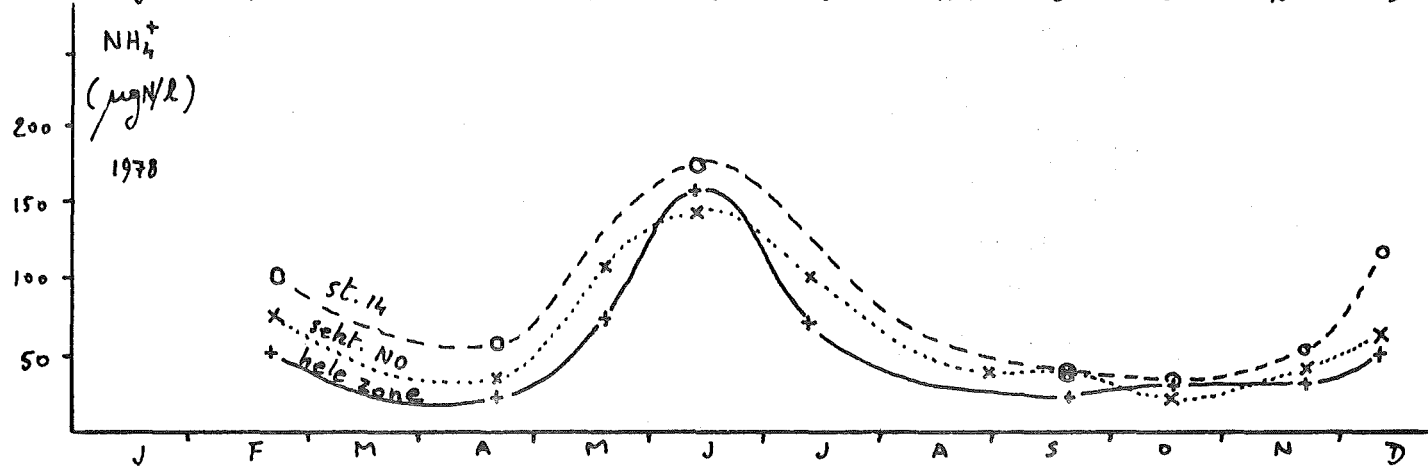
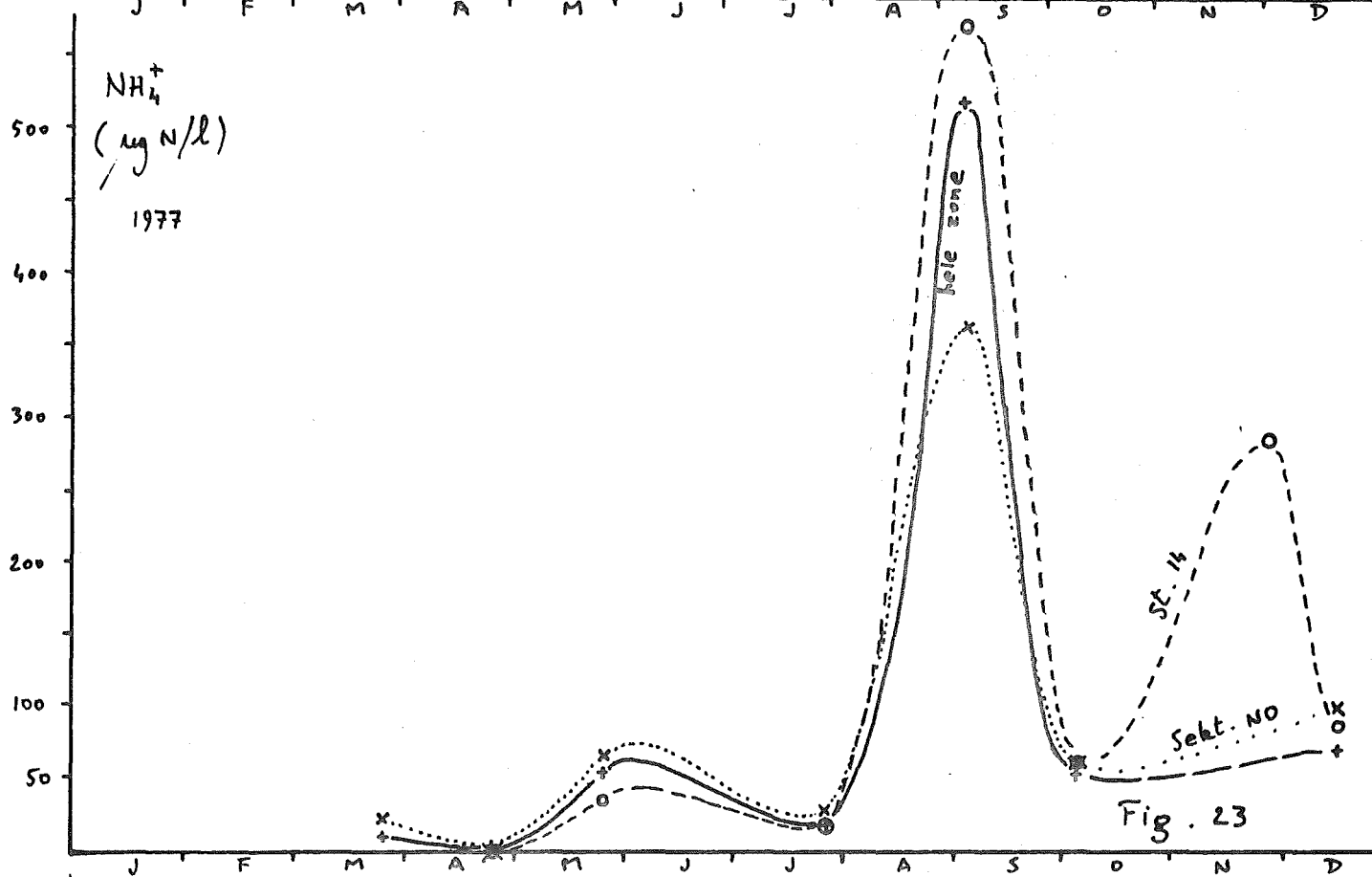
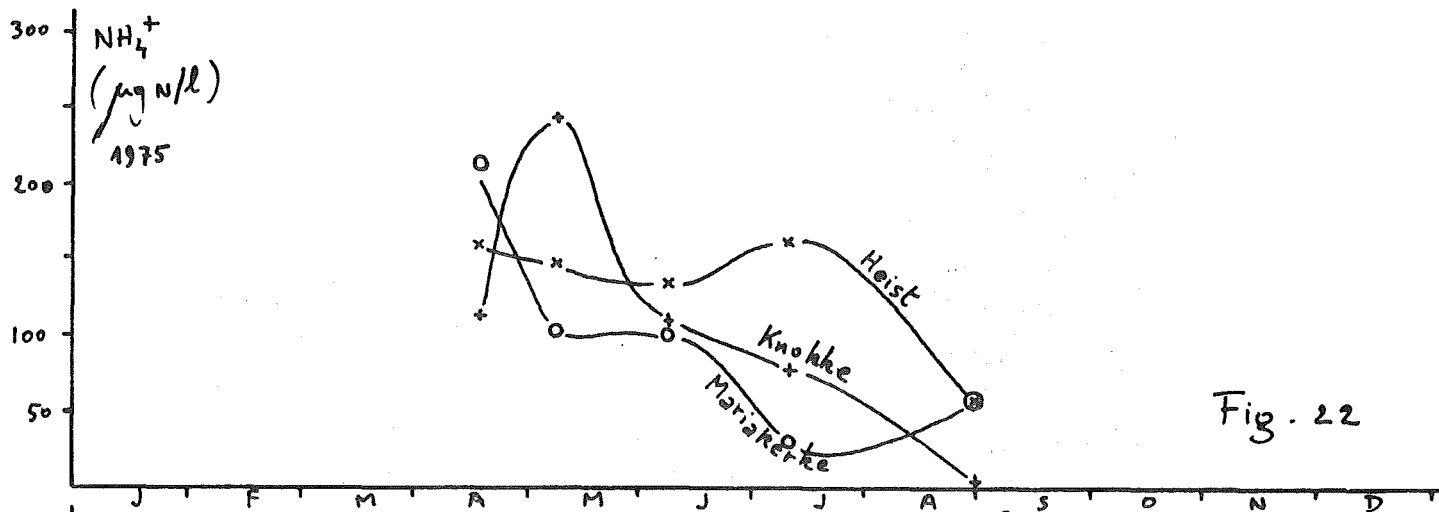
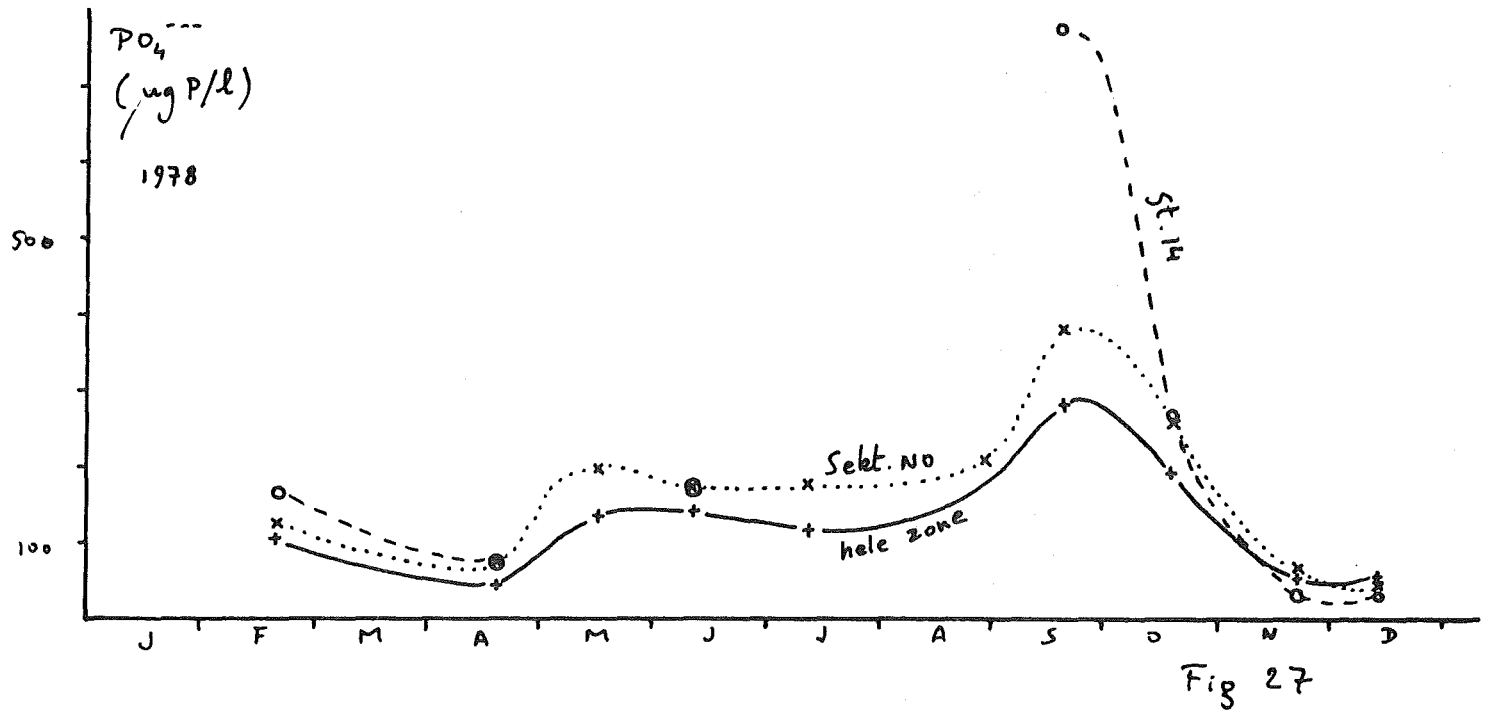
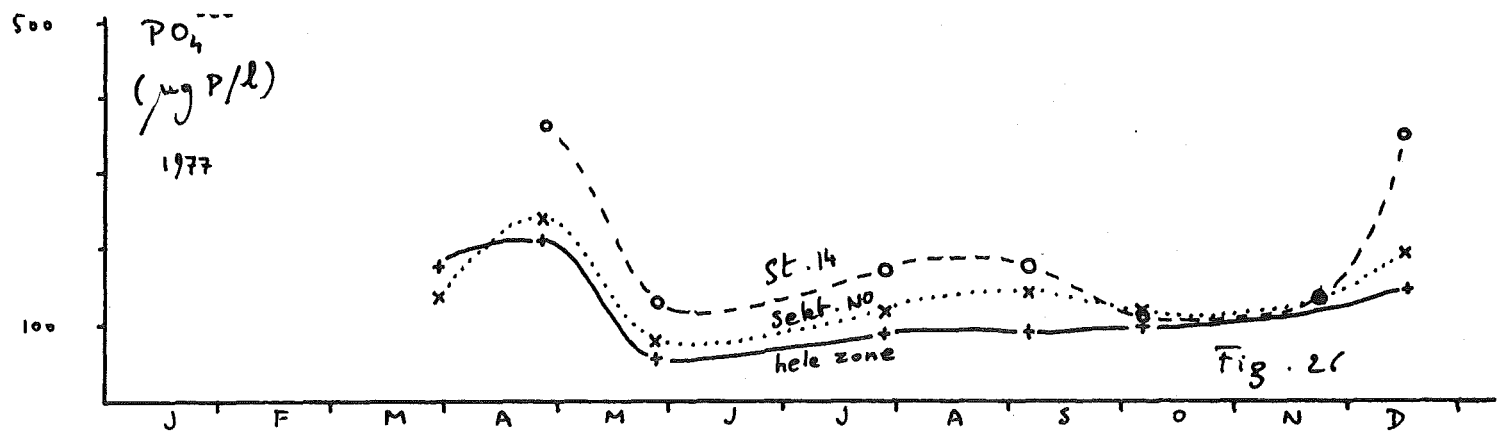
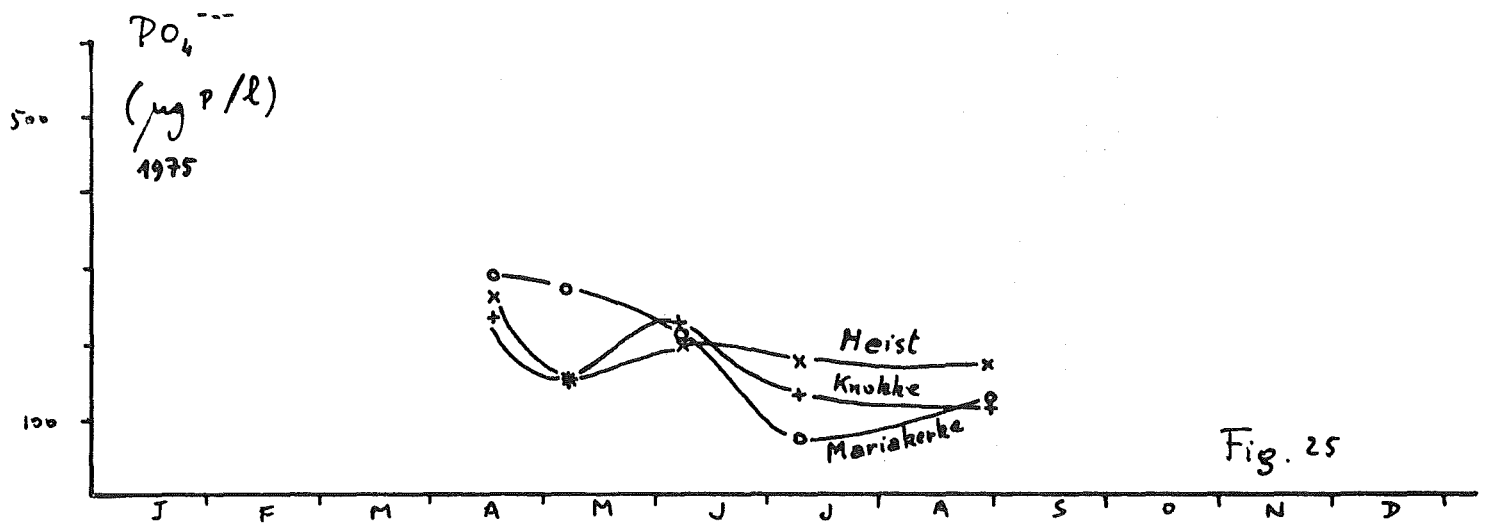
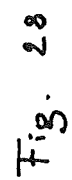


Fig. 24





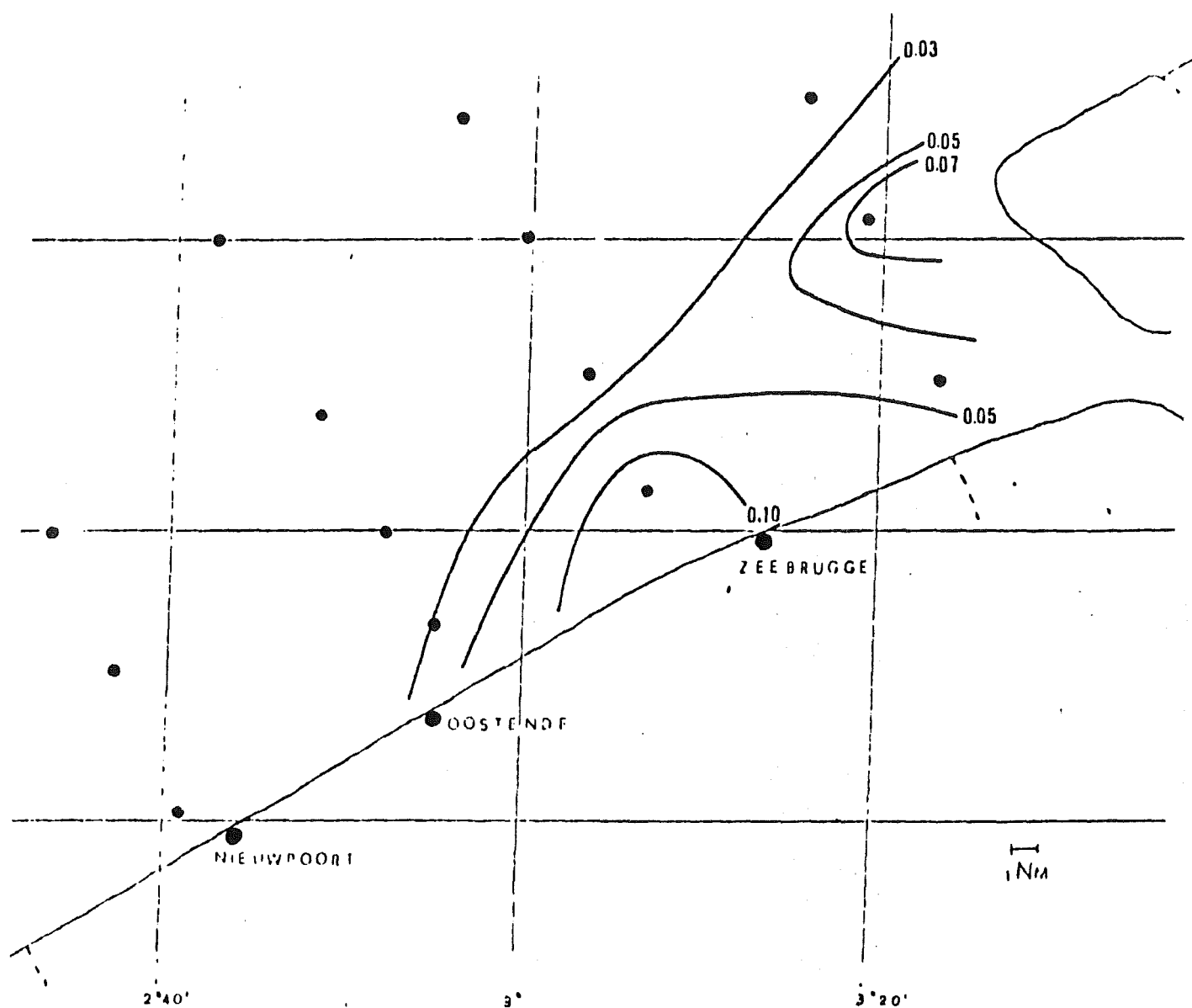


Fig. 29. Ruimtelijke verspreiding van totaal kwik ($\mu\text{g/l}$) in oktober 1978 (uit Baeyens et al., 1979).

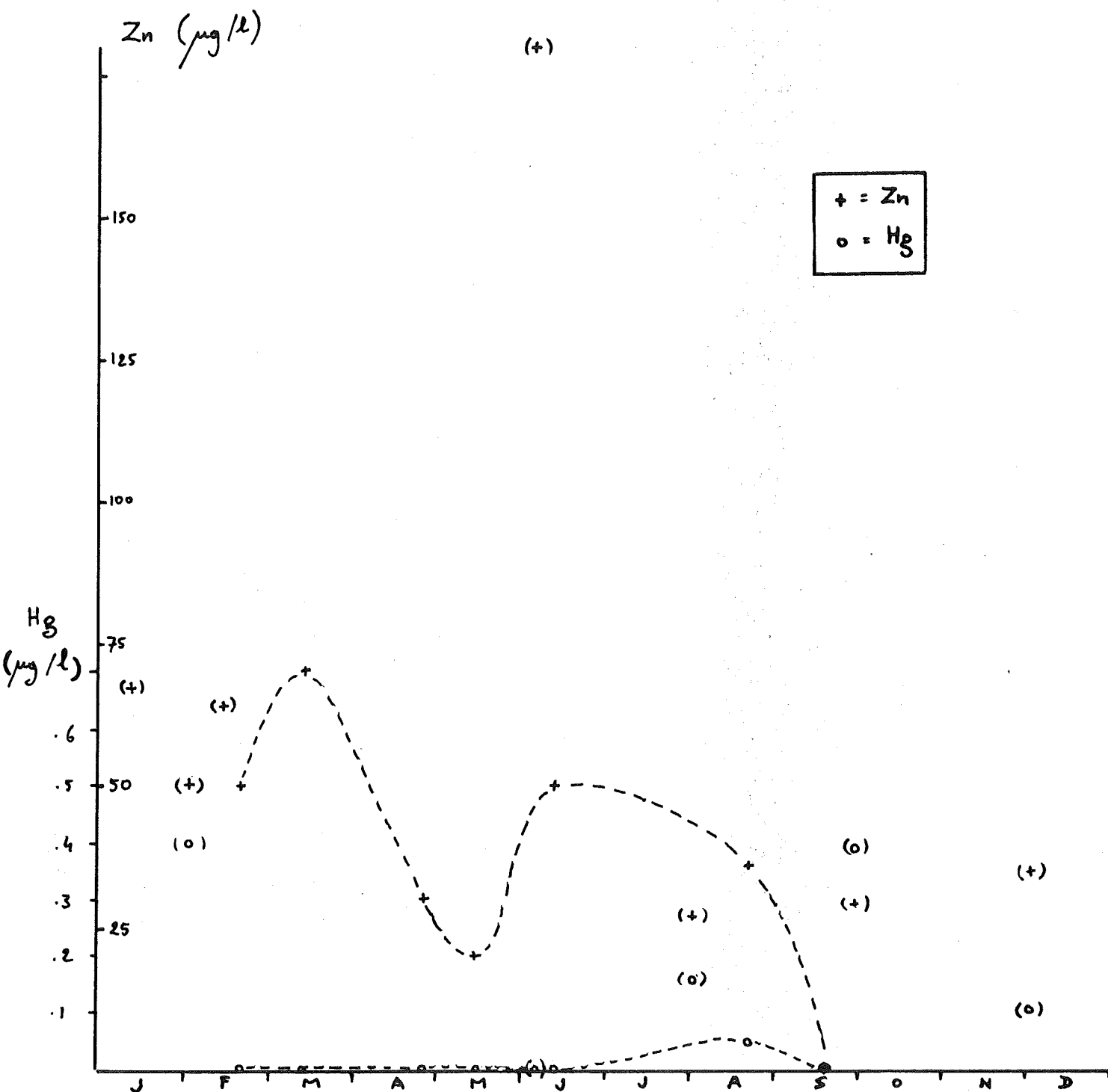


Fig. 30. Schommelingen van het gehalte aan twee zware metalen in Heist C., op 400 m van de kust, met de nadruk op de waarden van 1975 (geïsoleerde waarden van 1971-1973 zijn tussen ()). (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976).

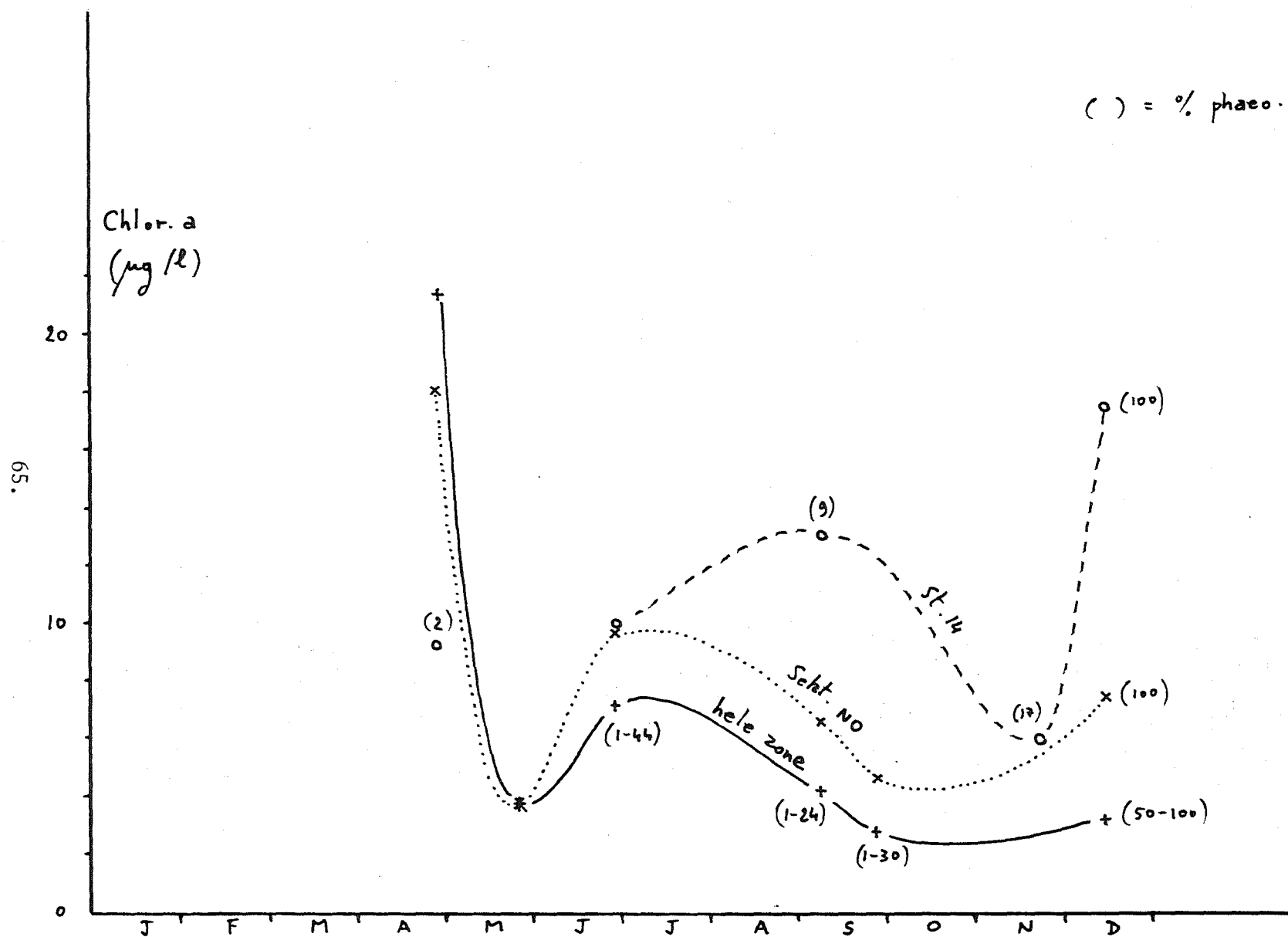


Fig. 31. Seizoenevolutie van het gehalte aan chlorofyl a in het netwerk van de Beheerseenheid, in 1977 (gemiddelden zoals in fig. 19-28)

% Phaeopigmenten

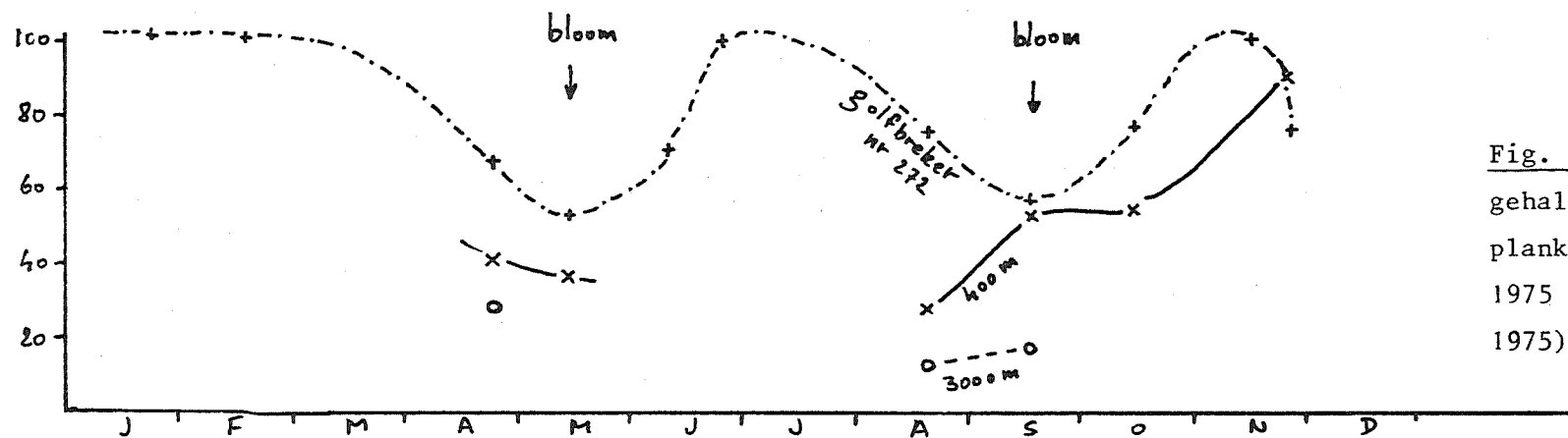


Fig. 32. Seizoenevolutie van het gehalte aan feafytine (%) in het plankton ter hoogte van Heist in 1975 (ruwe gegevens in van der Ben, 1975).

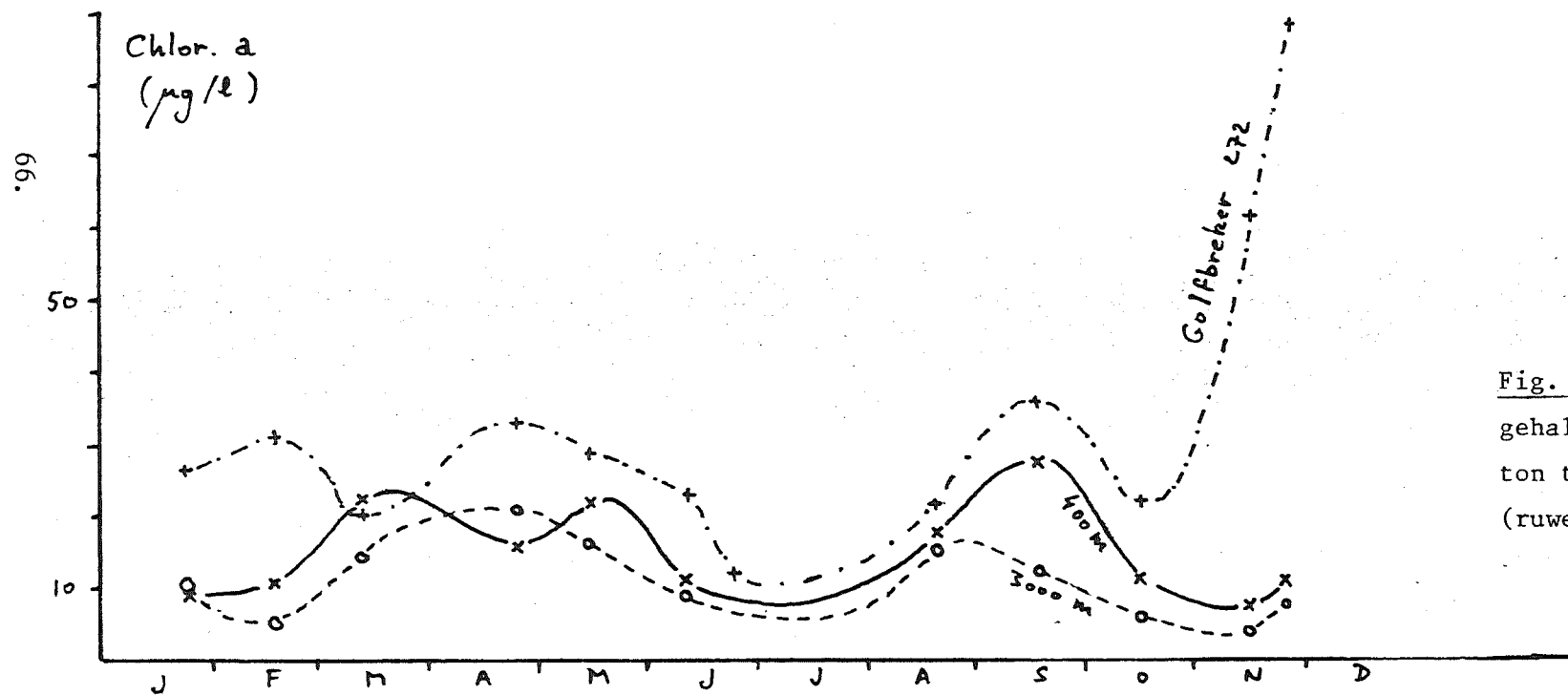


Fig. 33. Seizoenevolutie van het gehalte aan chlorofyl a in het plankton ter hoogte van Heist C. in 1975 (ruwe gegevens in van der Ben, 1975).

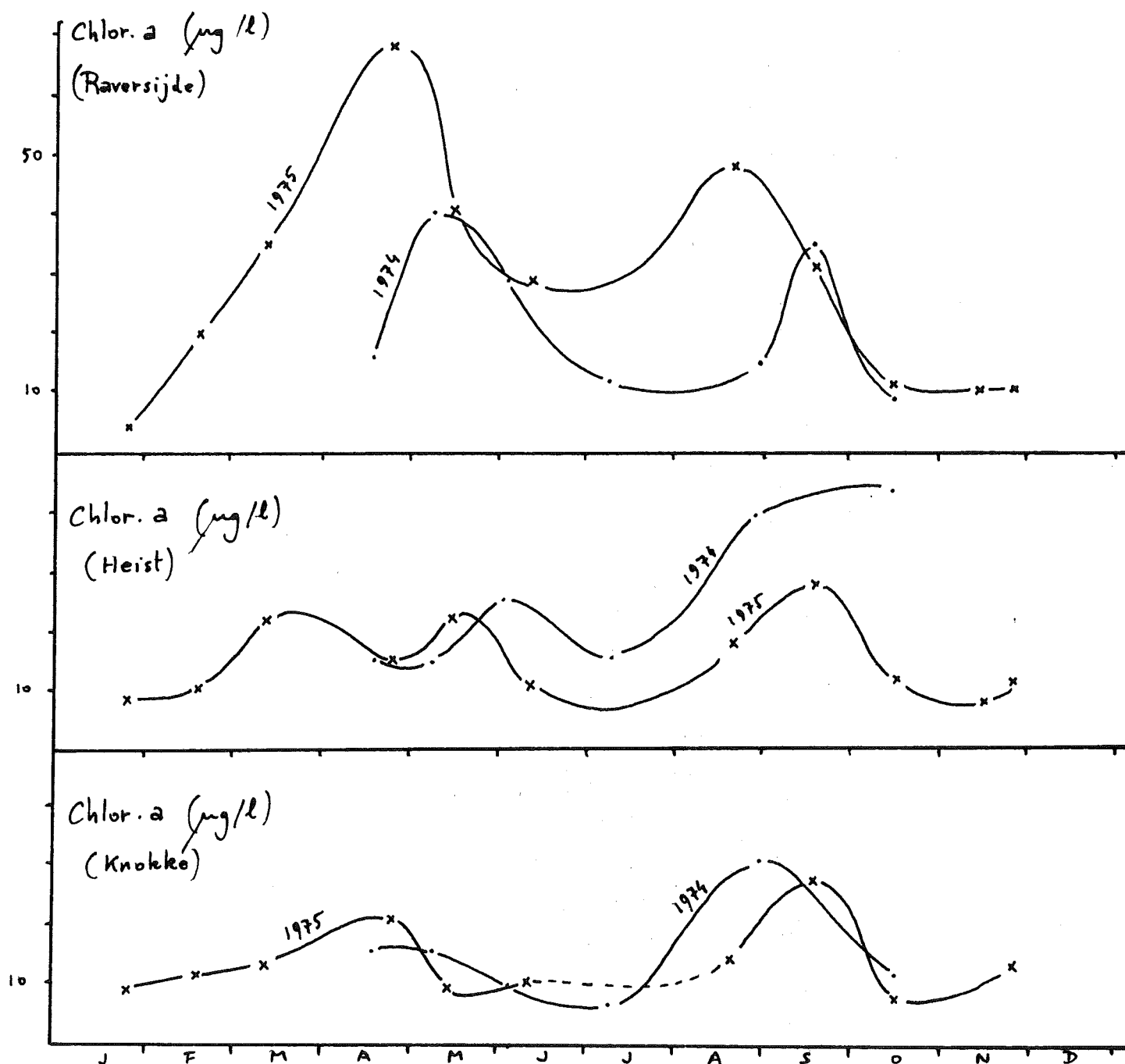


Fig. 34. Vergelijking van de seizoen evolutie in 1974 en 1975 van het gehalte aan chlorofyl a in drie verschillende meetstations, elk op 400 m van de kust gelegen (ruwe gegevens in van der Ben, 1975).

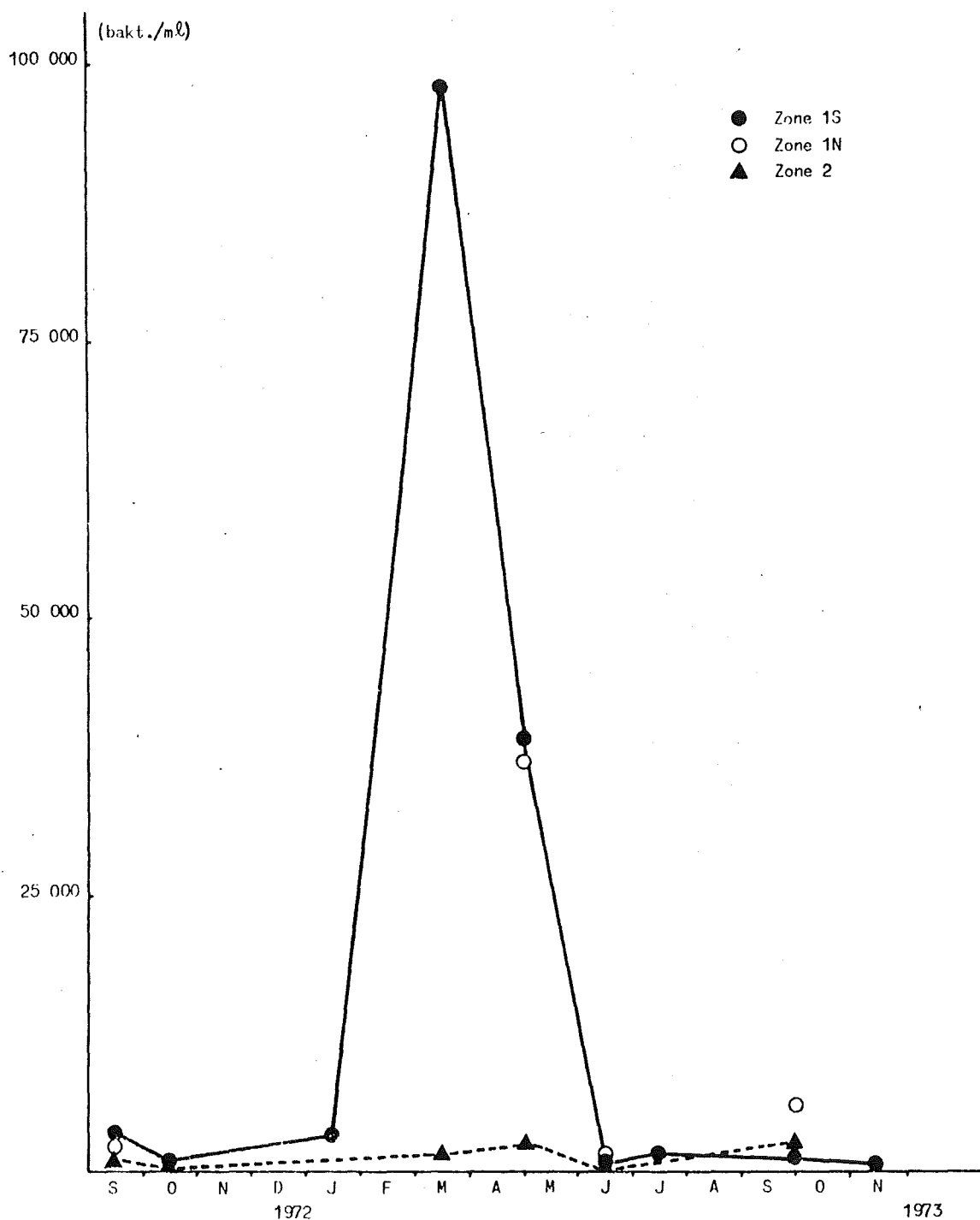


Fig. 35. Seizoen evolutie van het aantal heterotrofe mariene bacteriën in het netwerk Projekt Zee (gemiddelden per zones) in 1972 en 1973 (uit Nihoul & Polk, 1976).

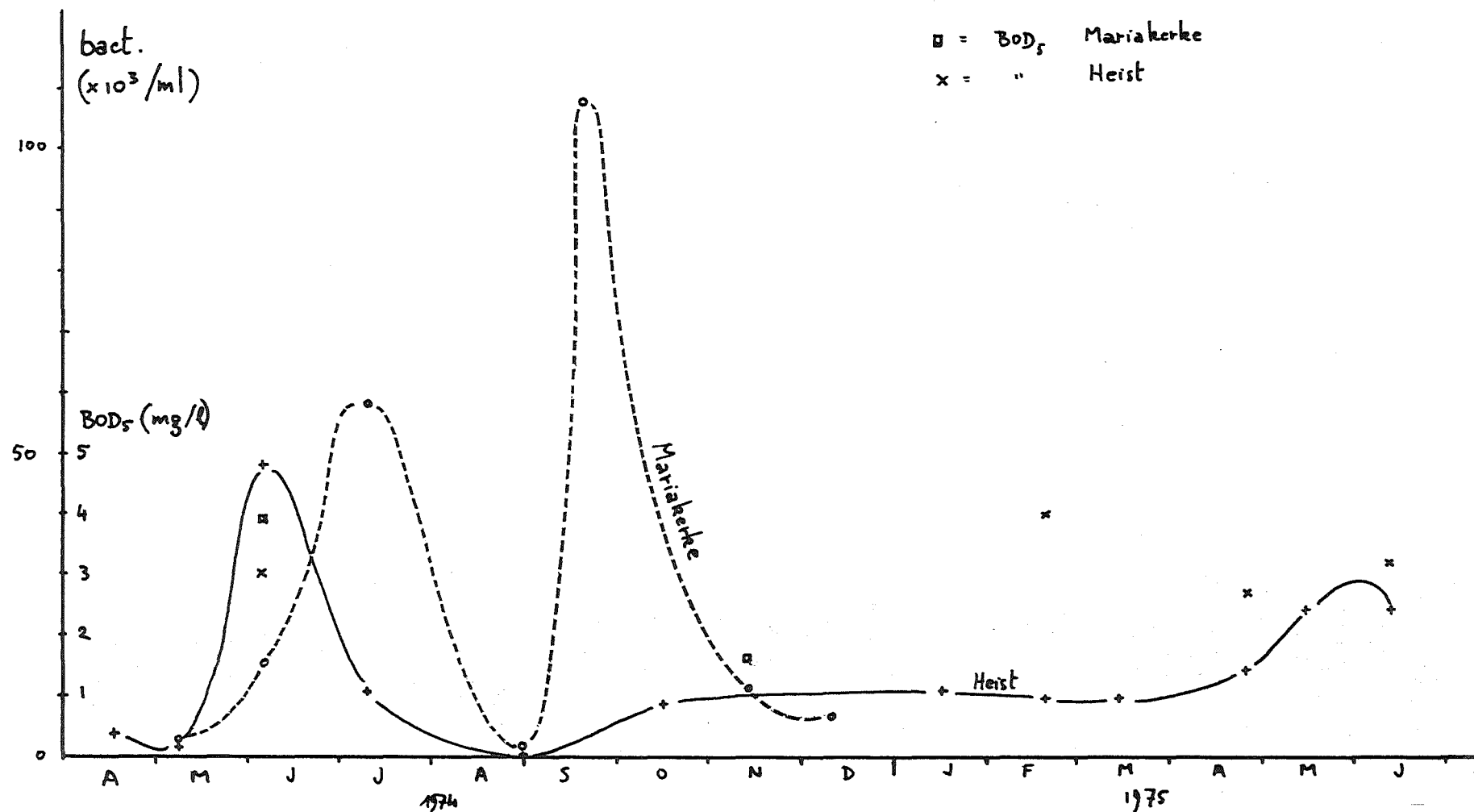


Fig. 36. Vergelijking van de seizoenevolutie (1974-1975) van de BOD₅ en het aantal heterotrofe mariene bacteriën ter hoogte van Heist C. en Mariakerke (400 m lijn).
 krommen : aantal bacteriën
 punten : BOD₅
 (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976).

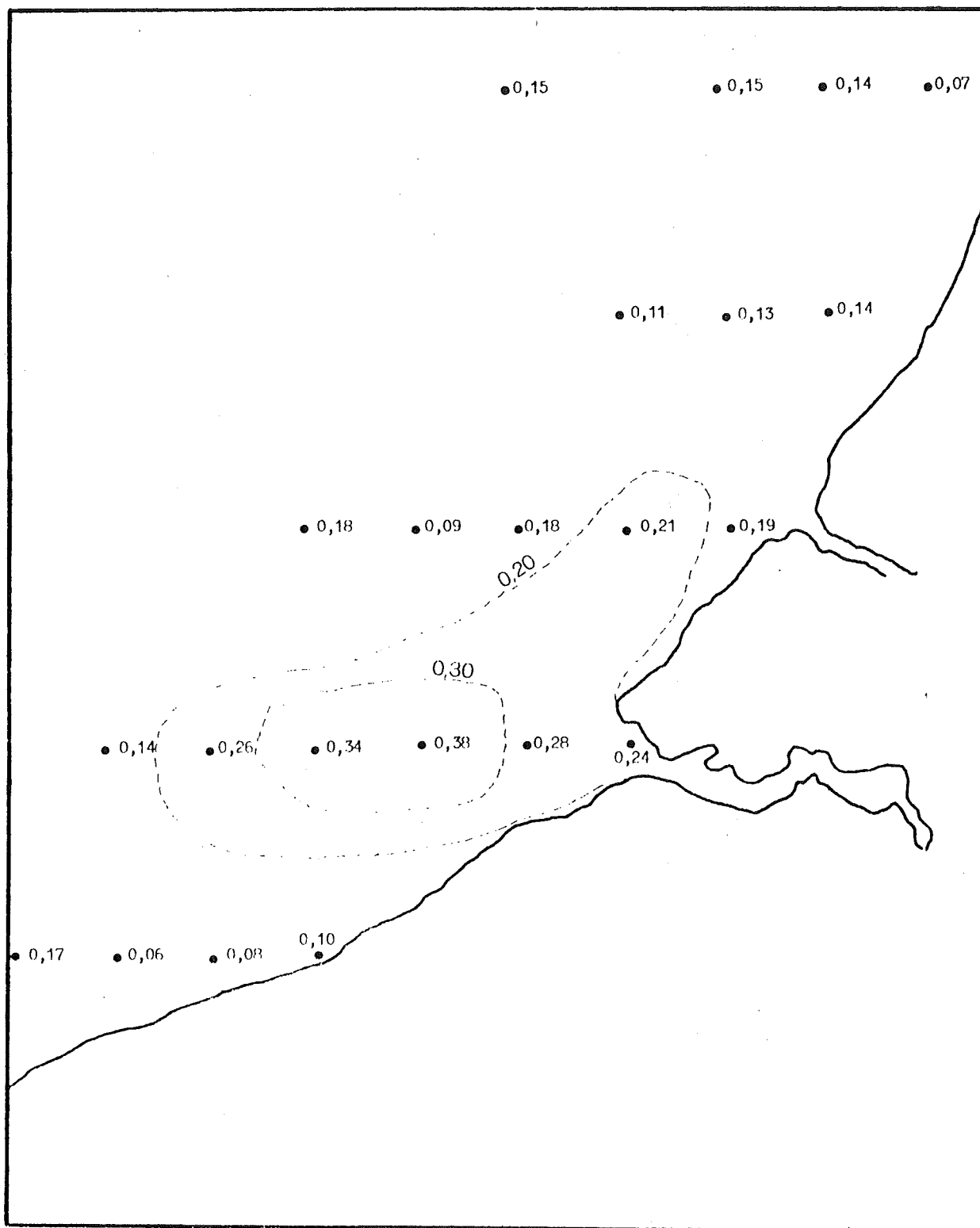


Fig. 37. Ruimtelijke verspreiding van de BOD₅ (mM/l) in april-mei 1973 (uit Beckers et al., 1976).

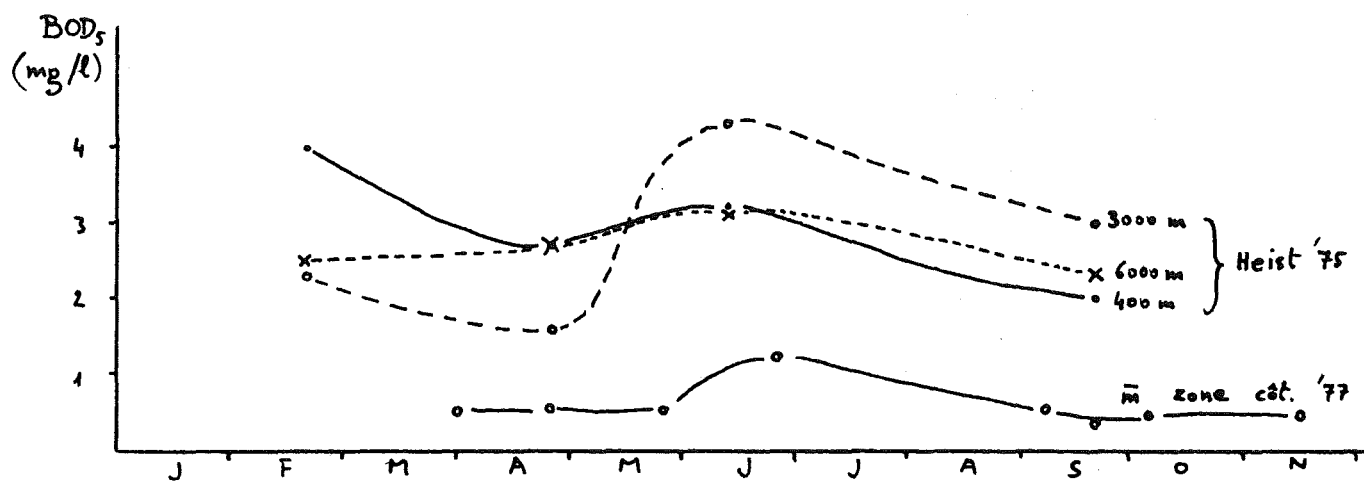


Fig. 38 . Vergelijking van de seizoen evolutie van de BOD₅ ter hoogte van Heist C (1975) en in het netwerk van de Beheerseenheid (gemiddelden voor 1977). (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976 en Joiris et al., 1978).

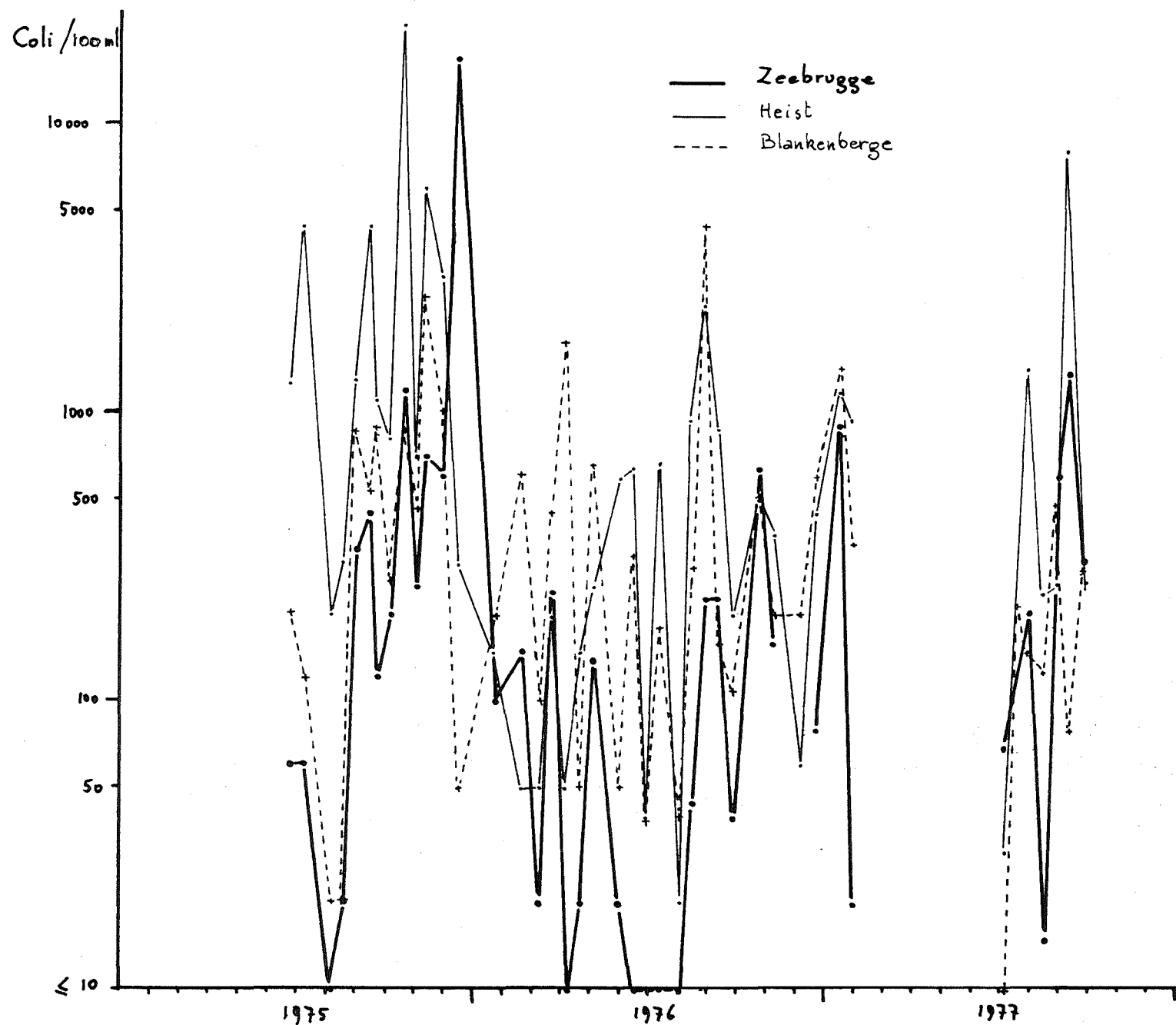


Fig. 39. Seizoenevolutie van het aantal fecale coli's op drie stranden, in de streek van Zeebrugge gelegen (1975 tot 1977). (ruwe gegevens in Barbette & Yde, 1978)

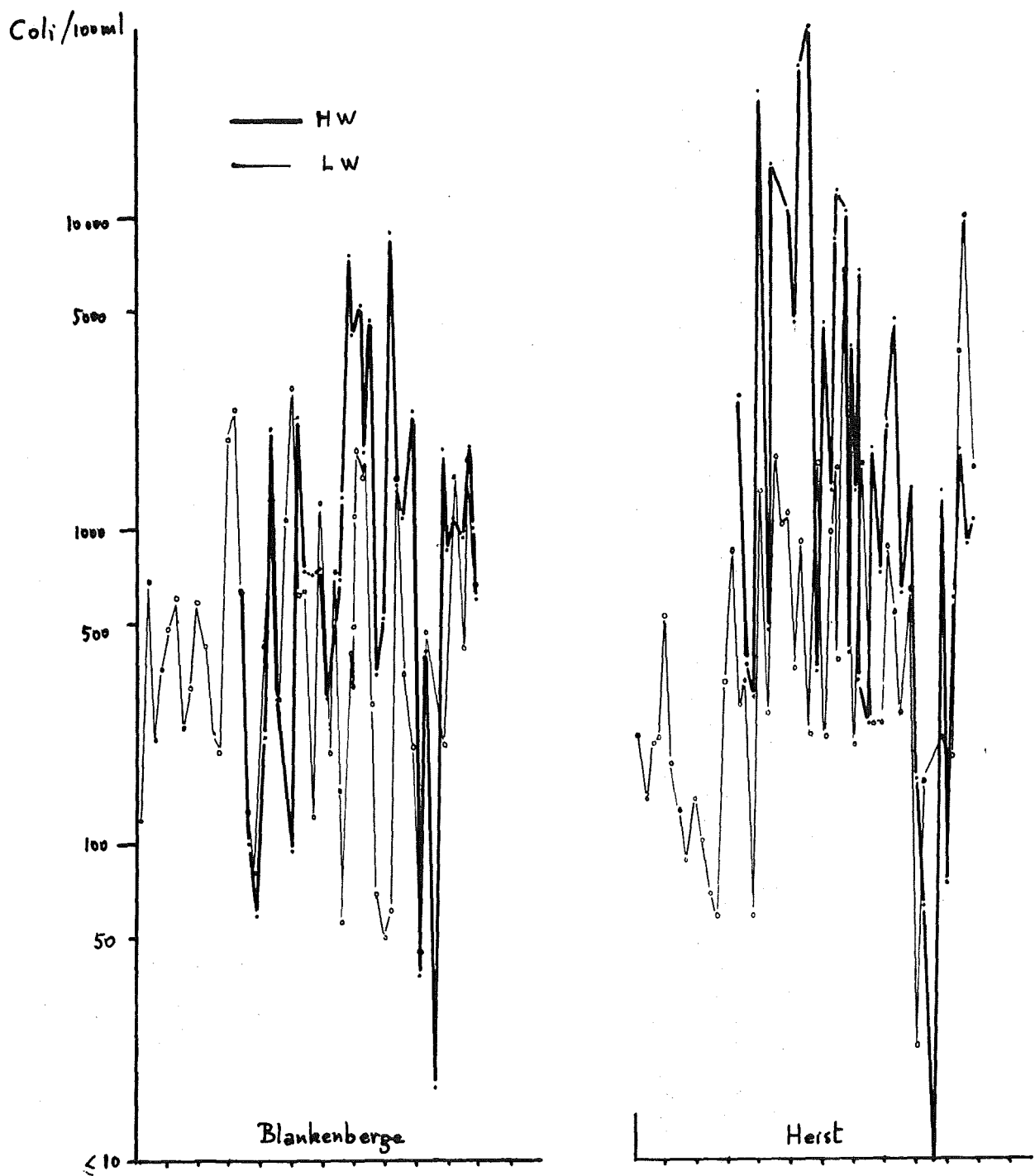


Fig. 40. Seizoen evolutie van het aantal fecale coli's op twee stranden in 1972. Vergelijking van de toestanden bij hoog en laag water (ruwe gegevens in Pinon, 1972).

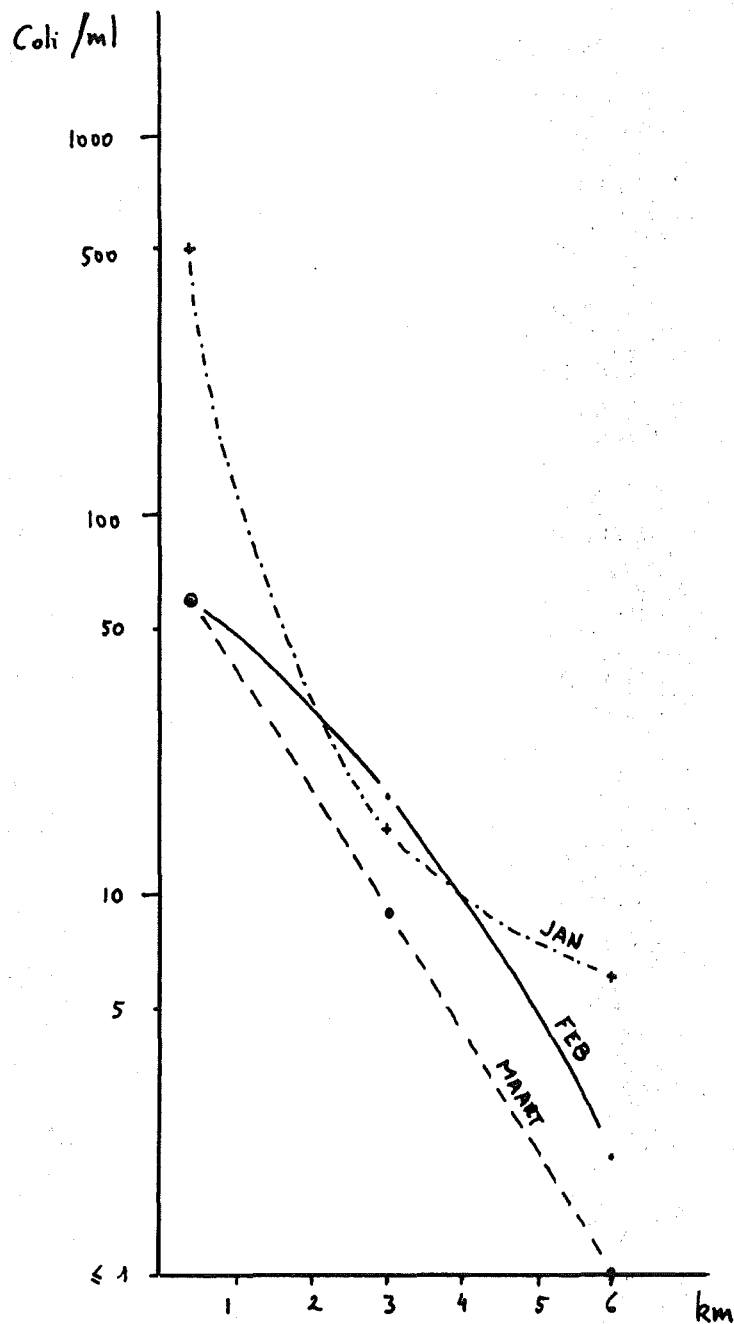


Fig. 41. Vermindering van het aantal fecale coli's met de afstand, ter hoogte van Heist C (1975). (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976).

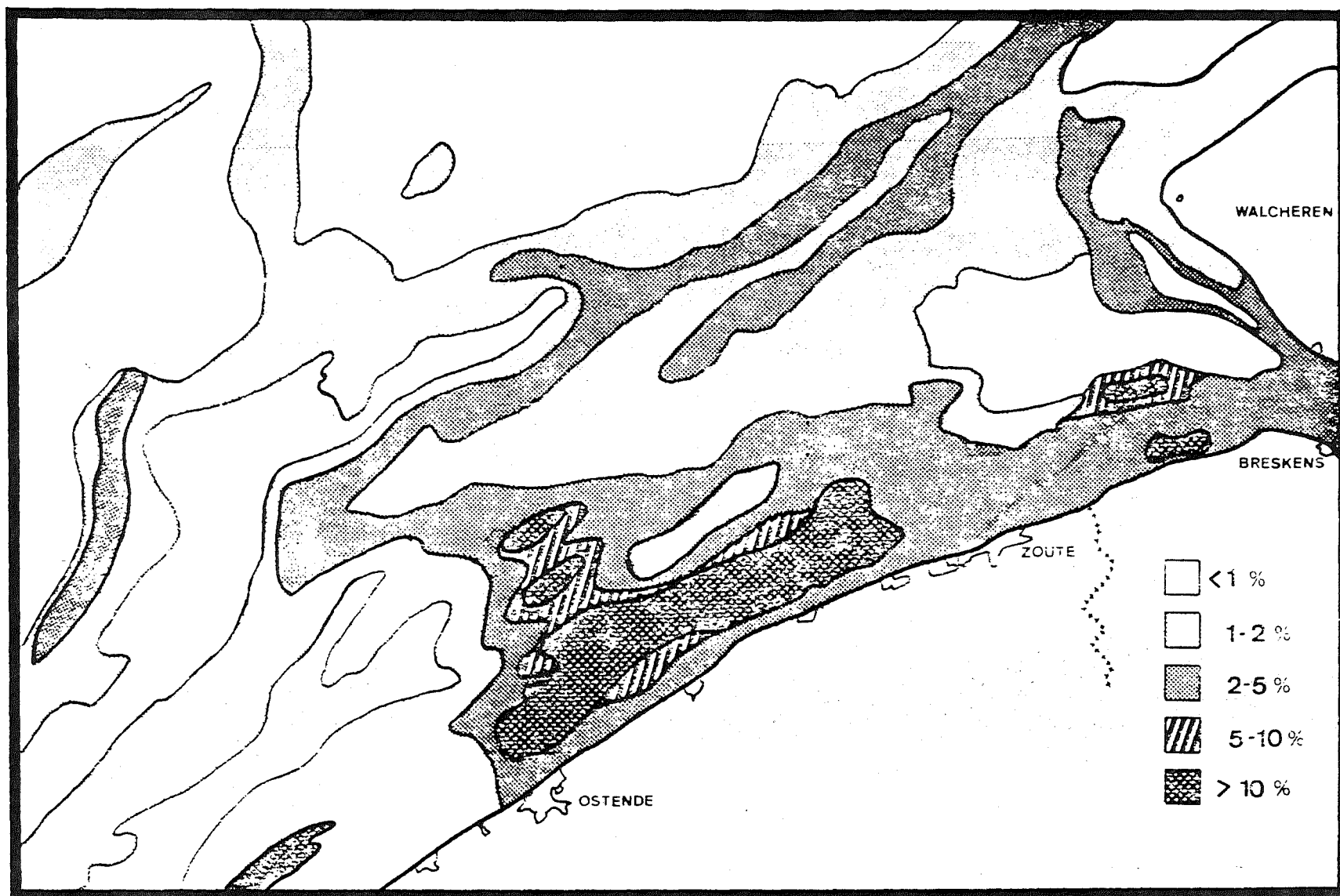


Fig. 42. Ruimtelijke verspreiding van het slibgehalte in het bodem sediment (uitgedrukt als gewichtsverlies bij 550 °C). (Uit Beckers et al, 1976).

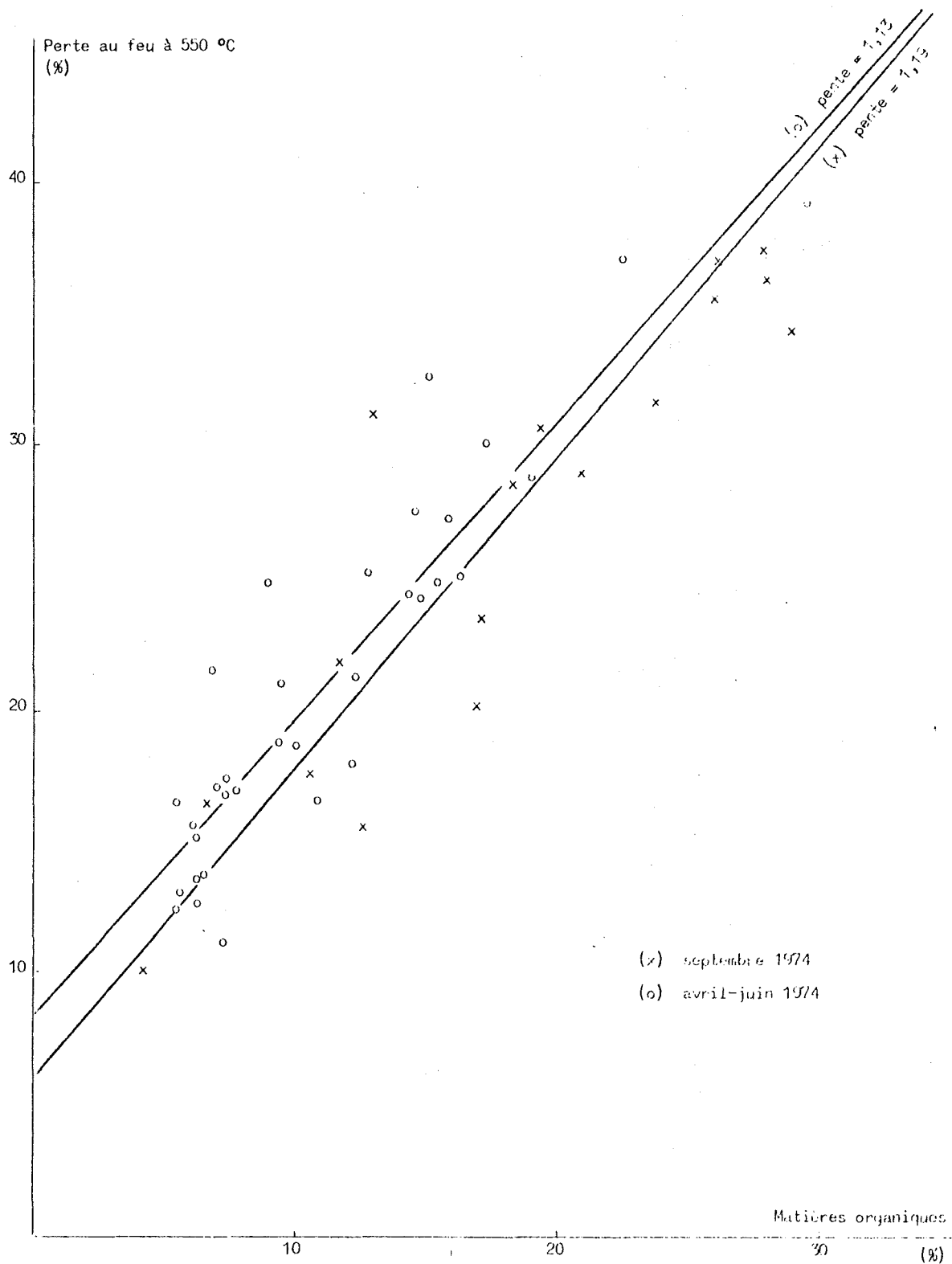
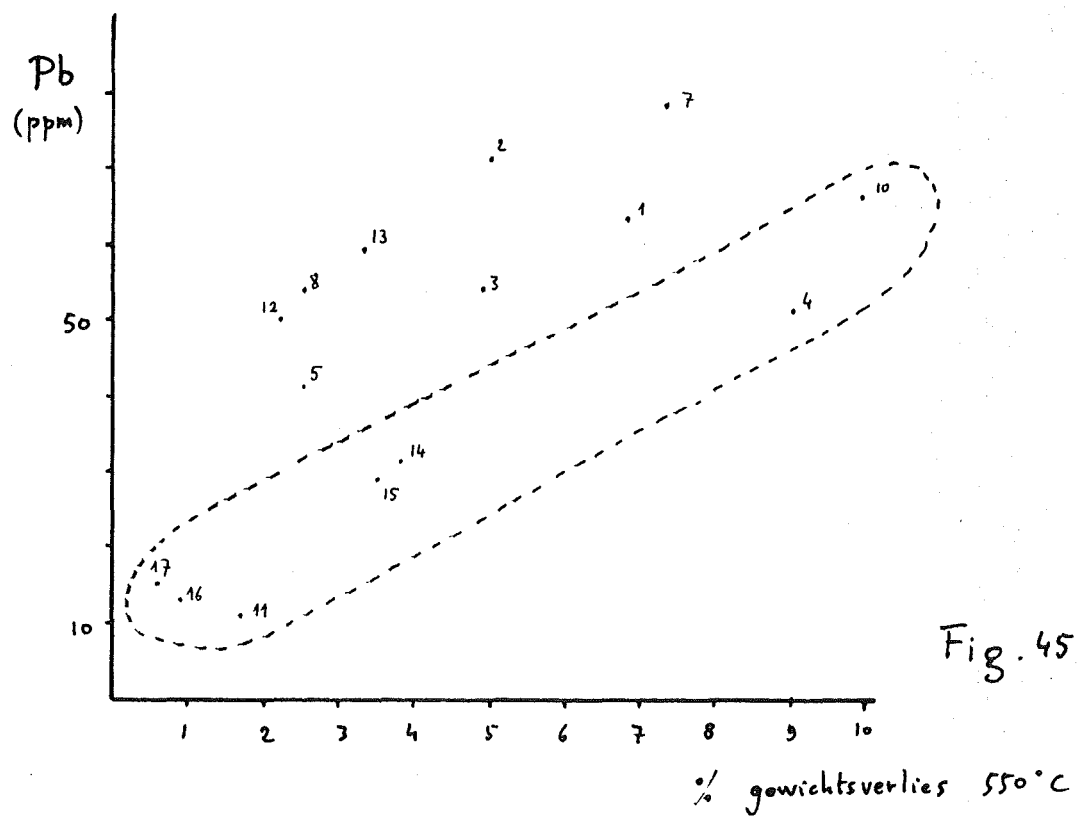
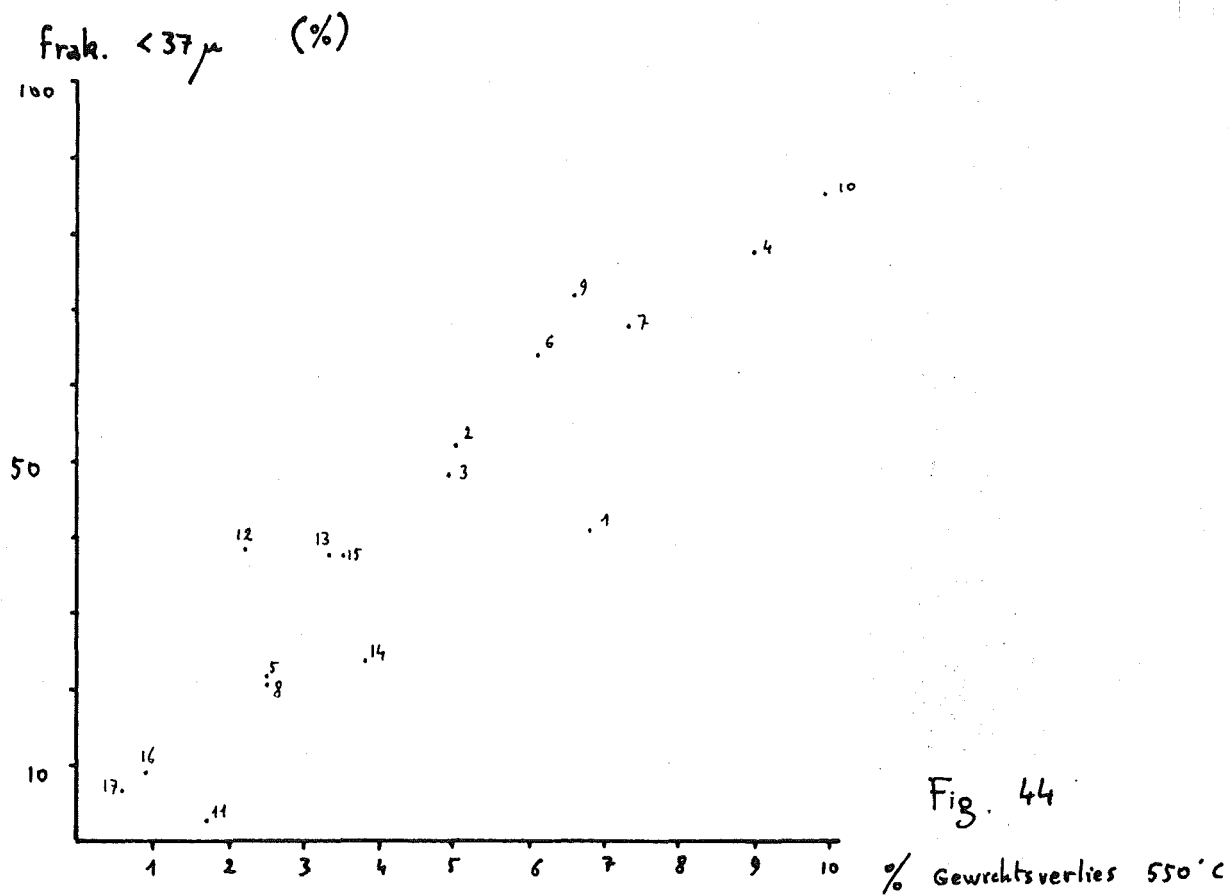
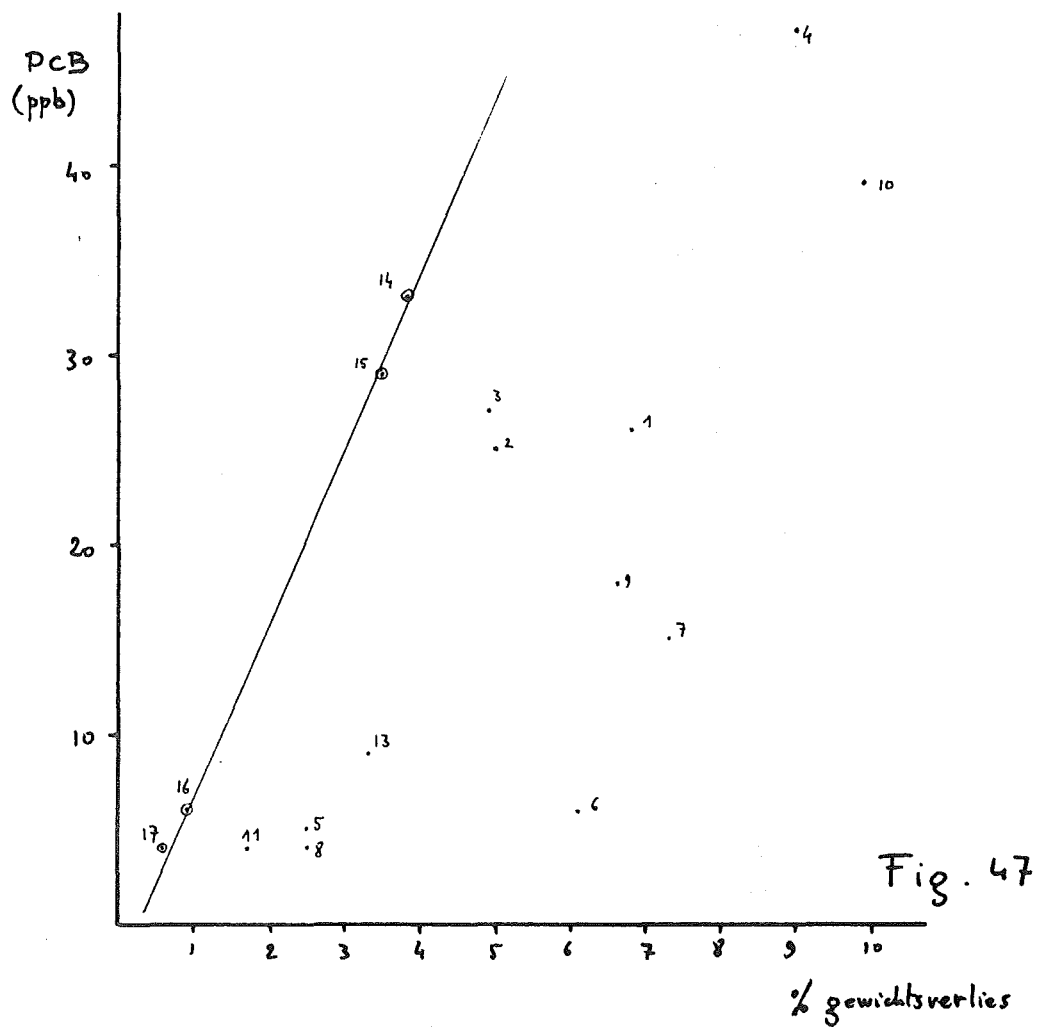
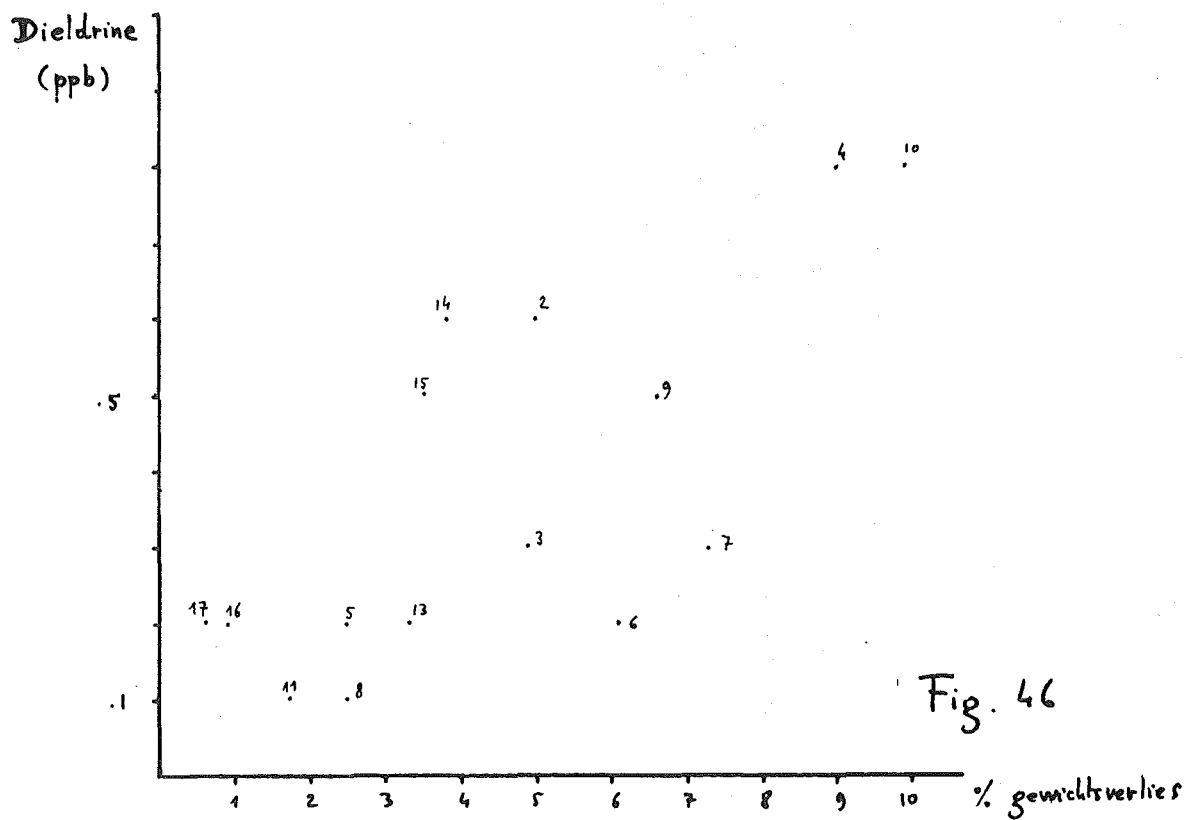


Fig. 43. Relatie tussen gewichtsverlies bij 550 °C en gehalte aan organische stoffen (%) in het bodemsediment (uit Wollast, 1976).

Figs. 44 tot 47. Laten toe de correlatie te zien tussen enerzijds verschillende componenten of pollutia van het bodemsediment en anderzijds het slibgehalte (uitgedrukt als gewichtsverlies bij 550 °C). De cijfers tegen de punten betreffen verschillende meetpunten (zie tabel 6 blz. 24). (ruwe gegevens in Nihoul & Boelen, 1976).





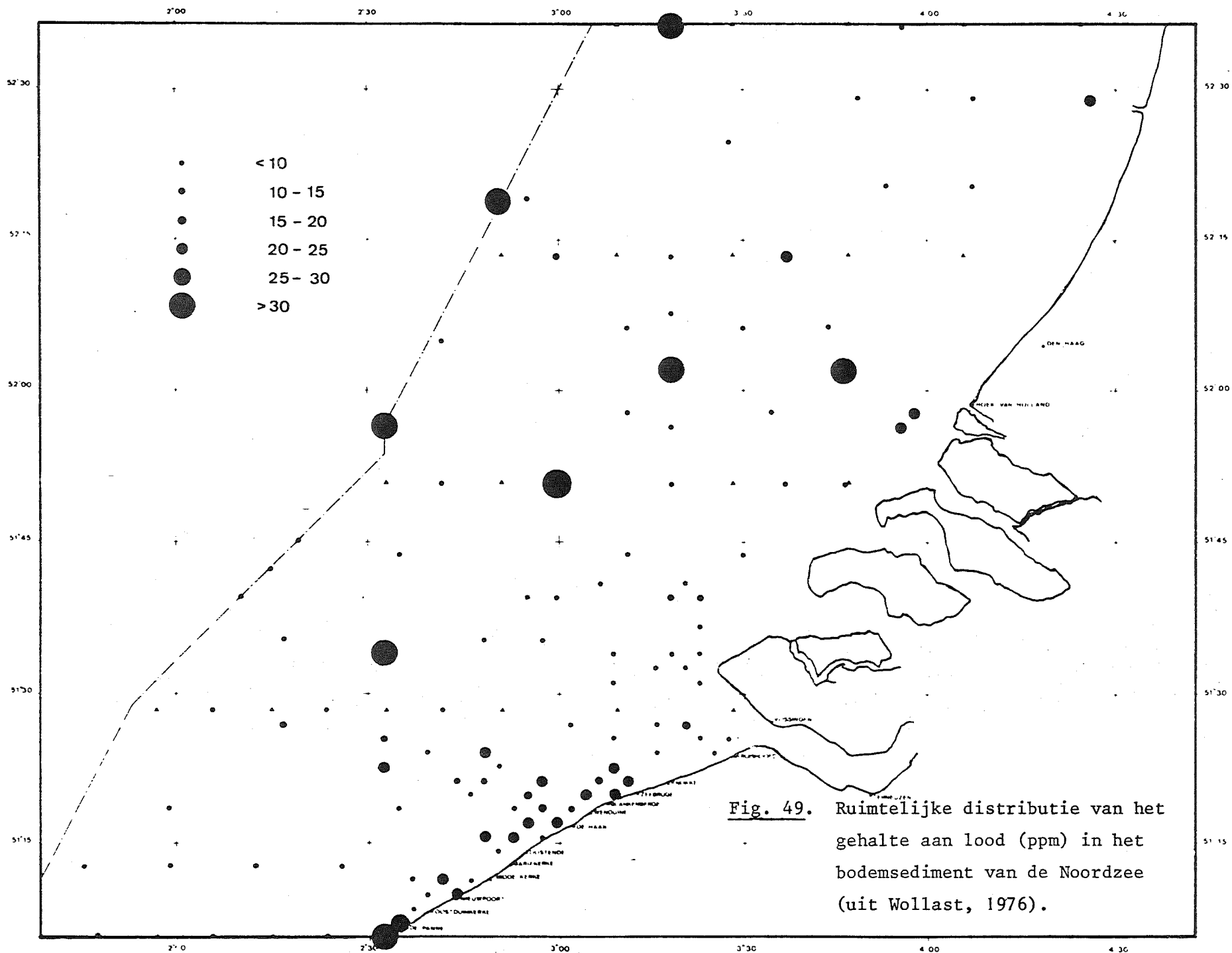


Fig. 49. Ruimtelijke distributie van het gehalte aan lood (ppm) in het bodemsediment van de Noordzee (uit Wollast, 1976).

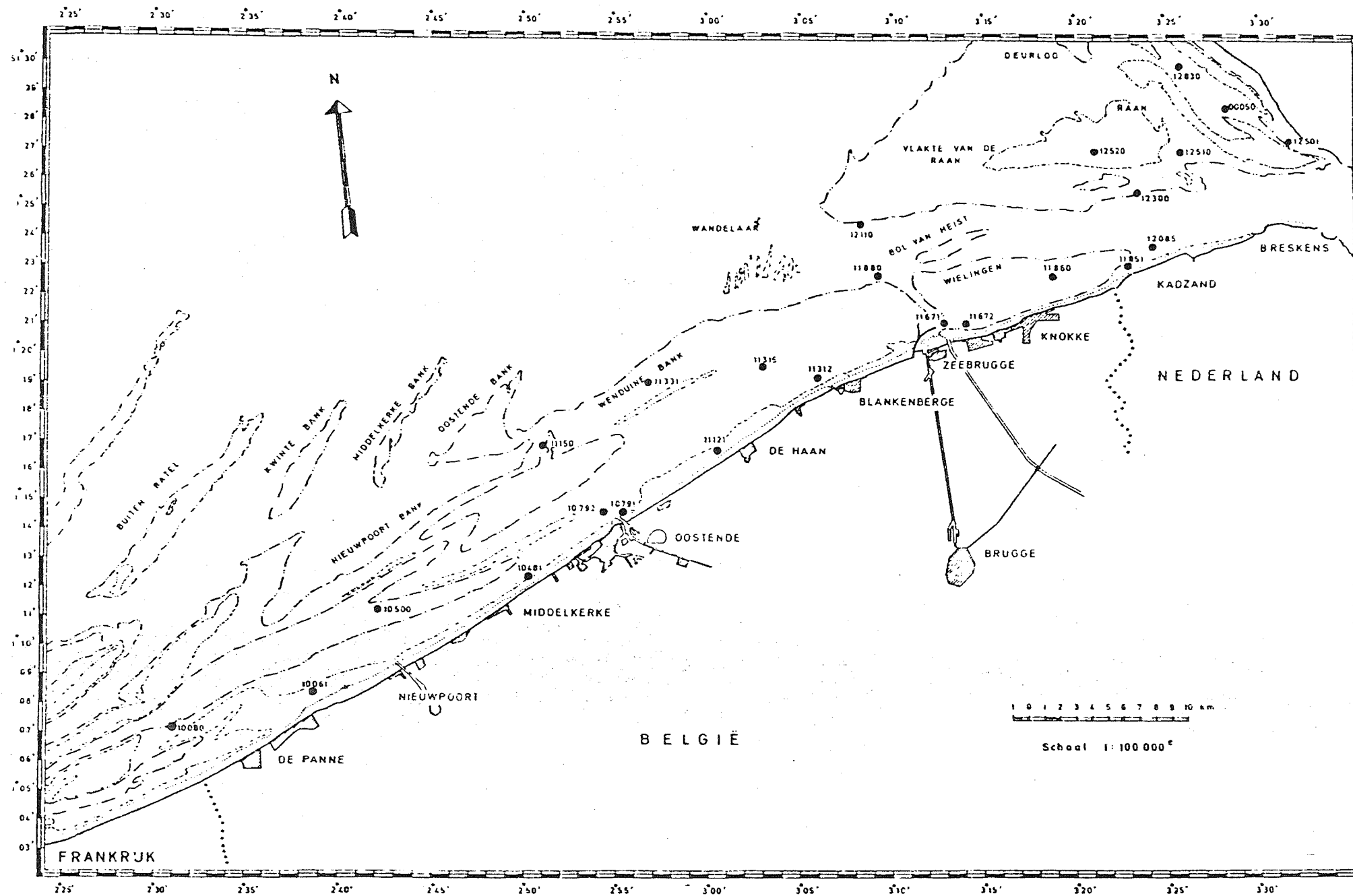
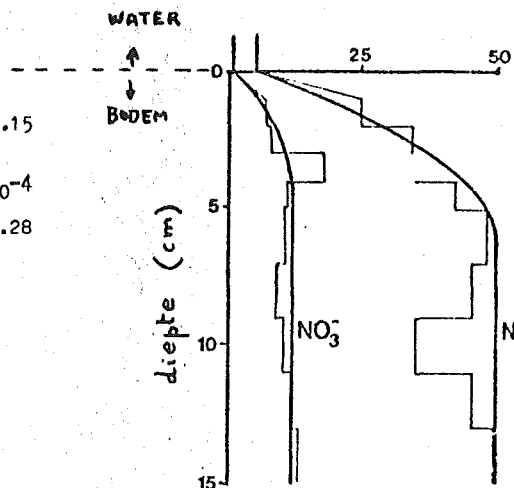


Fig. 50. Meetpunten voor de inventaris van de bodemfauna in het kustgebied (uit Herman et al., 1978).

22.04.75 0.5 NO_3^- : nitr2 $D = 10^{-4}$
 NH_4^+ : amm2 ($D = 10^{-4}$)

per analogie.
 $k_n = 0.15$
 $z_n = 4$
 $D = 10^{-4}$
 $p = 0.28$
 $z_B = 6$

Punt 14



12.03.74 6.5 NO_3^- et NH_4^+
 modèle à 2 zones sup.: 0-3.5 cm
 couches de $D_1 = 10^{-4}$
 D différent zone inf.: 3.5- cm
 (Vanderborcht $D_2 = 10^{-6}$
 et al, 1976)

$D_1 = 10^{-4}$
 $k_n = 1.5$
 $z_n = 5$
 ammon. = 2
 $D_2 = 10^{-6}$
 $k_d = 5$
 ammon. = $0.18 k_{\text{SO}_4}$
 $k_{\text{SO}_4} = 2.5 \cdot 10^{-8} \text{ sec}^{-1}$

Punt 1149

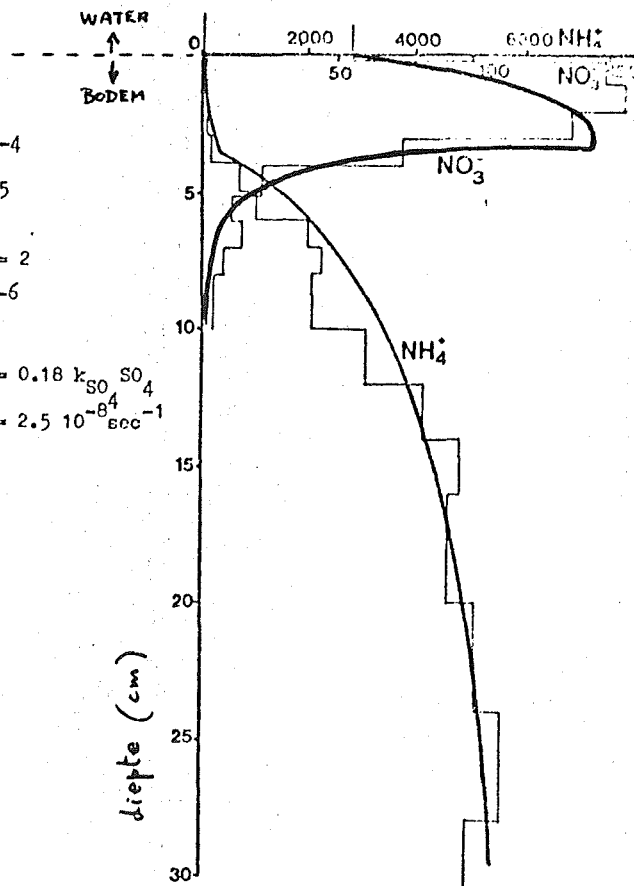


Fig. 51. Gemeten en met een model berekend profielen van nitraat en ammonium in het interstitieel water van de bovenlaag van de bodem, in twee meetpunten van het netwerk Projekt Zee : 14 = zandachtig en 1149 = slibachtig (respektievelijk 0.5 en 6.5 % gewichtsverlies bij 550 °C). (Uit Billen, 1977)

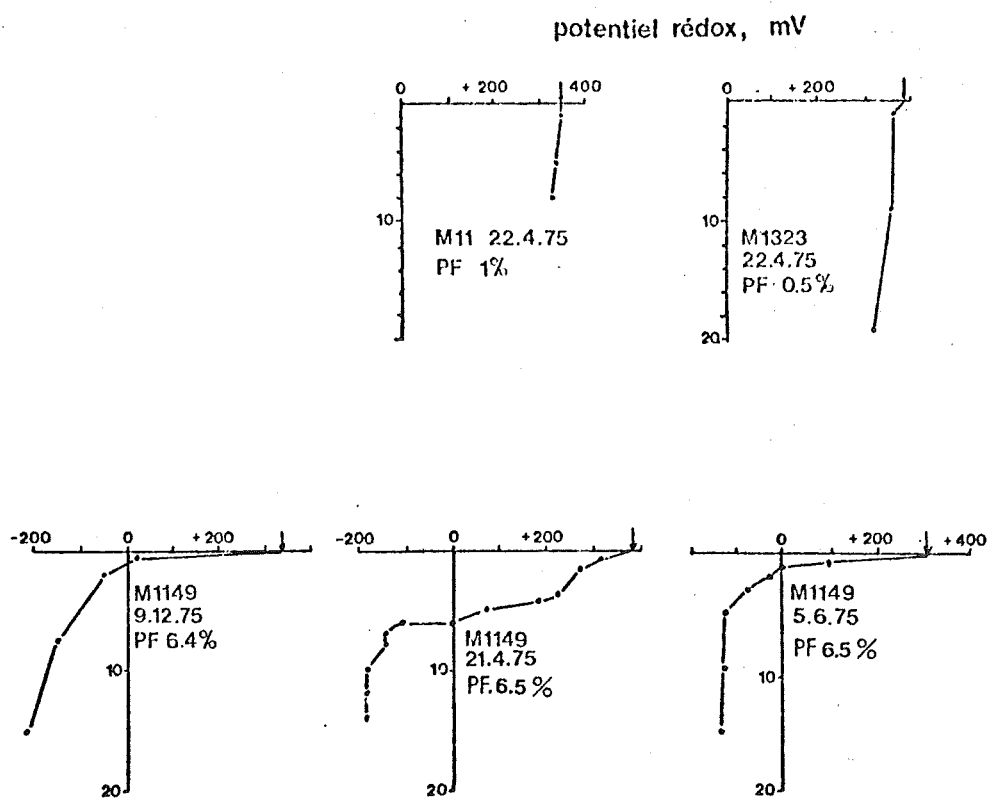


Fig. 52. Redoxpotentiaal profielen in het interstitieel water in de bovenlaag van de bodem in meetpunten 11, 1323 (zand) en 1149 (slib) van het netwerk Projekt Zee. (uit Billen, 1977).

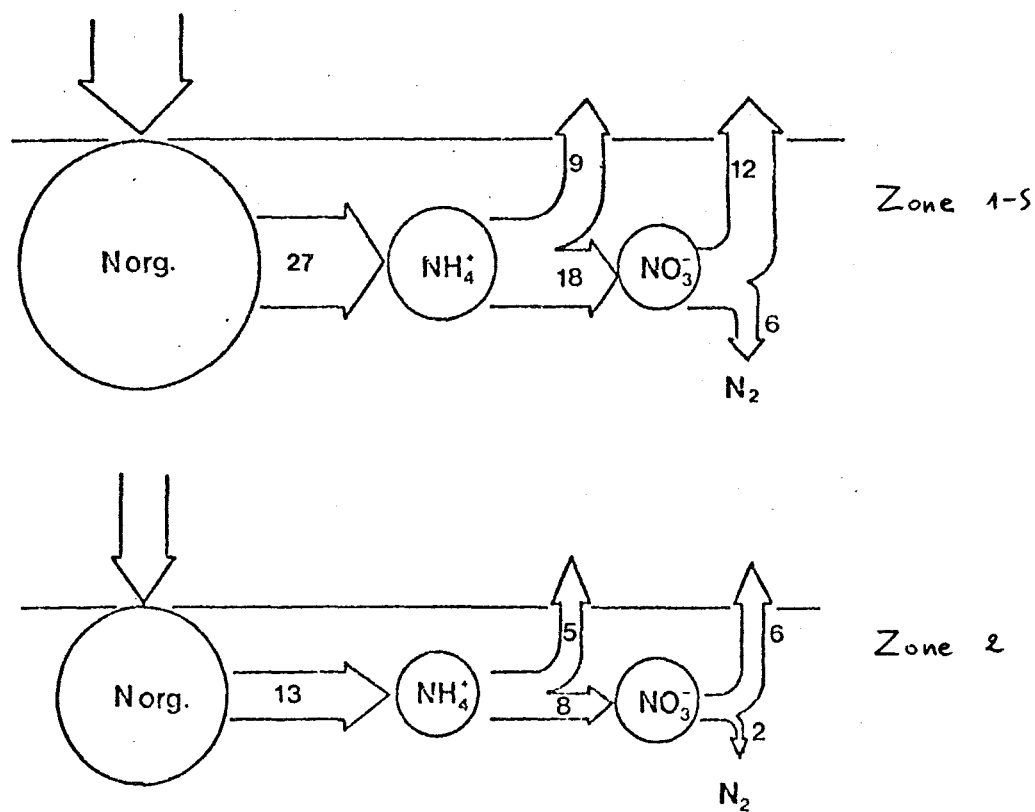


Fig. 53. Gemiddelde stikstof fluxen (g N/m² jaar) naar, in en uit het bodem sediment. Netwerk Projekt Zee : zone 2 meestal zandachtig; zone 15 : meer slib (uit Billen, 1977).

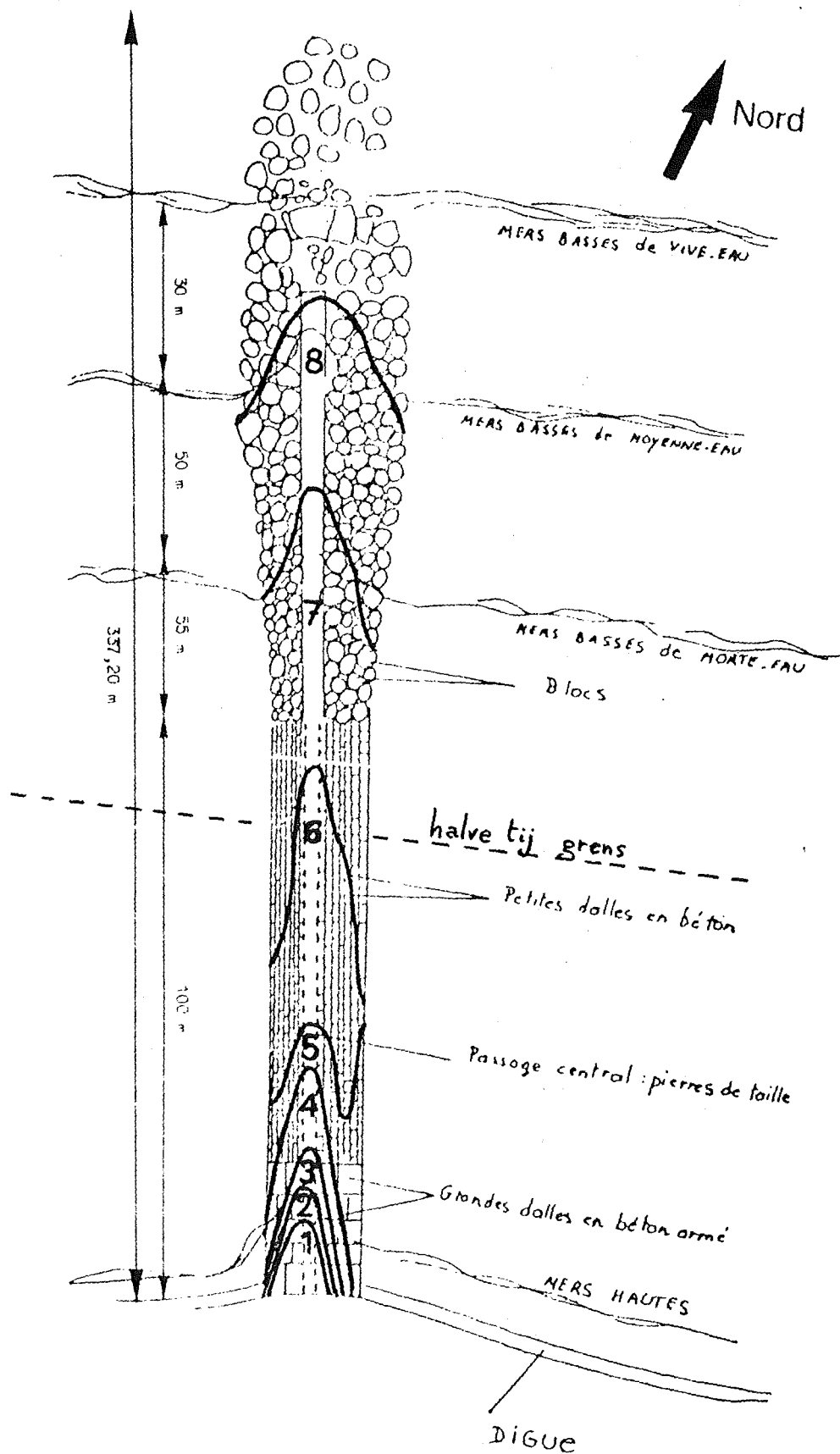


Fig. 54. Zonatie van een golfbreker te Knokke gelegen (uit van der Ben et al., 1976).

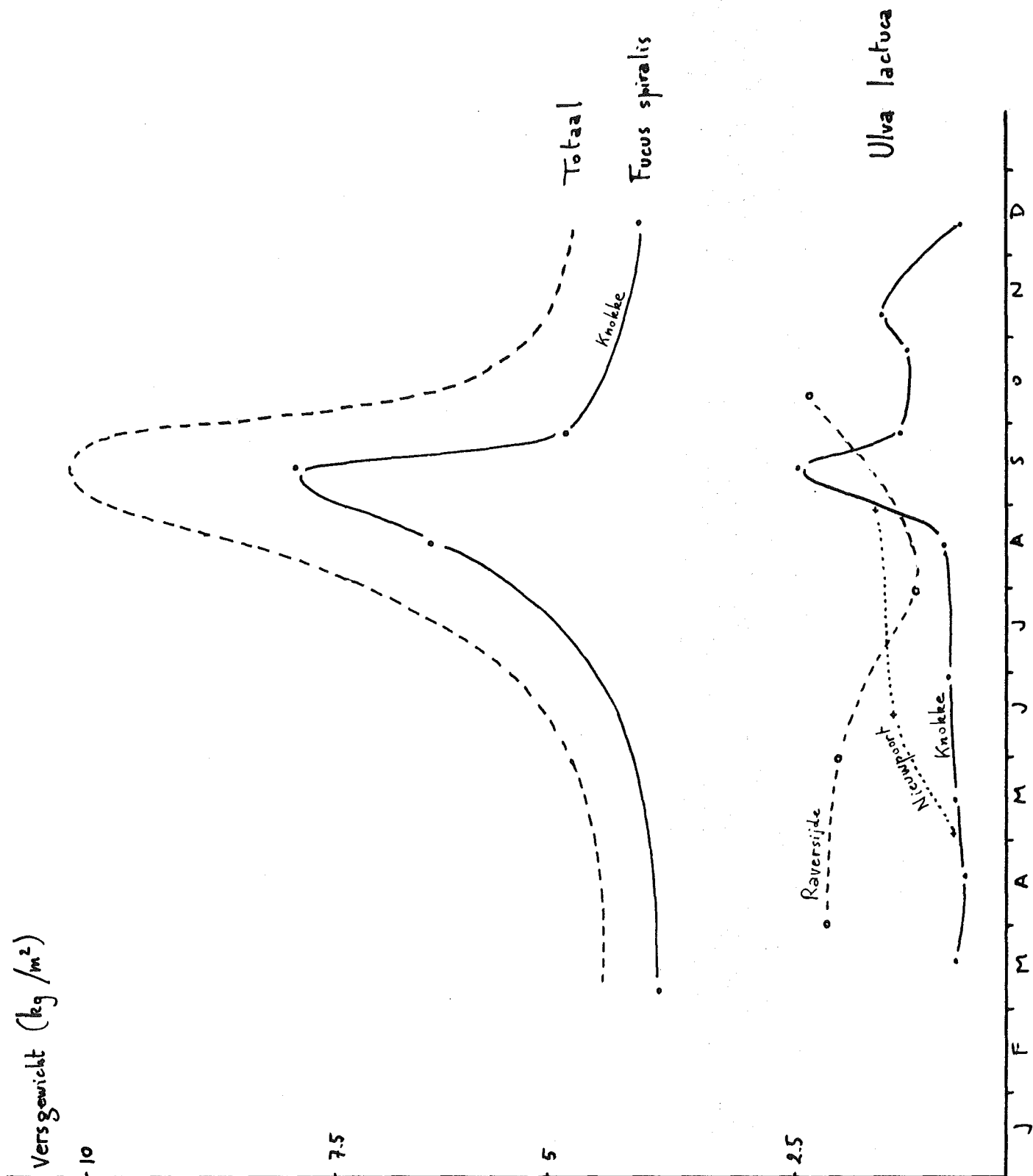


Fig. 55. Seizoenevolutie van het versgewicht van dominante wieren op golfbrekers van de Belgische kust, tijdens het jaar 1972 (ruwe gegevens in van der Ben, 1973).

