

De ekologische ontwikkeling van de Voordelta

Deelrapport 2

De autonome ekologische ontwikkeling

J. Craeymeersch*, O. Hamerlynck**, K. Hostens**, A. Vanreusel**
& M. Vincx**

* Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Vierstraat 28, 4401 EA
Yerseke

** Instituut voor Dierkunde, Sectie Mariene Biologie, K.L. Ledeganckstraat
35, B 9000 Gent, België

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Directie Noordzee

Inhoud

<u>Samenvatting</u>	1
<u>Inleiding</u>	5
<u>I. De abiotische omgeving</u>	7
<u>II. Relaties tussen biotische karakteristieken en abiotische factoren</u> .	9
<u>II.1. Inleiding</u>	9
<u>II.2. Het meiobenthos</u>	10
II.2.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twingroepen	10
II.2.1.1. Meiofauna totaal - Voordelta 1984-1985	10
II.2.1.2. De nematoden - Voordelta 1984-1985	11
II.2.1.3. Meiofauna totaal - Oosterschelde-Grevelingen 1987	12
II.2.1.4. Samenvatting	13
II.2.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters	14
II.2.2.1. Meiofauna totaal - 1984-1985	14
II.2.2.2. Nematoden - 1984-1985	15
II.2.2.3. Meiofauna totaal - Grevelingen-Oosterschelde .	15
II.2.2.4. Samenvatting	16
<u>II.3. Het makrobenthos</u>	30
II.3.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata	30
II.3.2. Relatie abiotische parameters - biologische parameters	30
<u>II.4. Hyperbenthos</u>	36
II.4.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twingroepen	36
II.4.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters	37
II.4.3. Samenvatting	38
<u>II.5. Epibenthos</u>	43
II.5.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twingroepen	43
II.5.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters	45
II.5.3. Samenvatting	45
<u>III. Habitatspreferenties van de dominante soorten</u>	51
<u>III.1. Inleiding</u>	51
<u>III.2. Het meiobenthos</u>	52
<u>III.3. Het makrobenthos</u>	55
<u>IV. Autonome ontwikkeling</u>	63
<u>IV.1. Inleiding</u>	63
<u>IV.2. Het meiobenthos</u>	64
IV.2.1. Voorspellingen naar het jaar 2000	64
IV.2.1.1. Meiofauna - totaal	64
IV.2.1.2. Nematoda	65
IV.2.2. Voorspellingen naar het jaar 2100	66
<u>IV.3. Het makrobenthos</u>	68
IV.3.1. Voorspellingen naar het jaar 2000	68
IV.3.2. Voorspellingen naar het jaar 2100	69
<u>IV.4. Het hyper- en epibenthos</u>	70
IV.4.1. Voorspellingen naar het jaar 2000	70
IV.4.1. Voorspellingen naar het jaar 2100	71
<u>IV.5. Vogels</u>	72
<u>IV.6. Zeezoogdieren</u>	73
<u>V. Referenties</u>	75

Samenvatting

In deze tweede nota ten behoeve van het Integraal Beleidsplan Voordelta wordt gepoogd om de ekologische ontwikkeling van de Voordelta te schetsen. Hiervoor hebben we vooral op de geomorfologische ontwikkeling, die zeer sterk de ekologische evolutie bepaalt, gebruikt als maat voor de voorspellingen.

In eerste instantie is de structuur van de bodemdiergemeenschappen bestudeerd in relatie tot relevant beschouwde omgevingsfactoren (Hoofdstuk II). Hierbij zijn verschillende significante correlaties vastgesteld. Opmerkelijk is dat, niettegenstaande de Voordelta een heterogeen en onstabiel gebied is, gekenmerkt door meerdere brede omgevingsgradiënten (bodemmorfolgie, hydrodynamiek, waterkwaliteit, vervuiling,...), de relatief beperkte sedimentologische gradiënt het meest uitgesproken gekorreleerd is met verschuivingen in de structuur en de samenstelling van de infauna gemeenschappen. Het **sediment** is waarschijnlijk de meest representatieve parameter voor het gezamenlijk effect van alle mogelijke habitatsdimensies die de uiteindelijke structuur van een gemeenschap bepalen. Hogere aantallen nematoden worden in de slibrijke en fijnzandige sedimenten, hoge aantallen copepoden in slibarme en minder fijne sedimenten waargenomen. Ook de totale dichtheden van de meiobenthische organismen zijn het hoogst in de fijne sedimenten. Wat makrobenthos betreft, correleren hogere dichtheden en biomassa's met hogere slibgehalten (maar < 10%) en fijnere zanden. Met afnemend slibgehalte en grovere zanden wordt vooral een daling in biomassa van mollusken en een toenemende dichtheid van kleine kreeftachtigen gekonstateerd.

In tegenstelling tot de voorgaande faunagroepen is het voorkomen van de verschillende hyperbenthische gemeenschappen in veel mindere mate gebonden aan een bepaald bodemtype. Voor het hyperbenthos lijken de hydrodynamische karakteristieken belangrijker, en deze faunagroep wordt blijkbaar vooral gestructureerd door het gebeuren in de waterkolom zelf. In die zin zijn de lage stroomsnelheden in en de geringe golfimpact op de Grevelingen buitendelta essentieel verklarend voor de rijkdom van dit gebied. In het gebied worden passief getransporteerde organismen (larven, viseieren, fytaal materiaal) gekoncentreerd, en aasgarnalen worden vermoedelijk hierdoor aangetrokken.

Het epibenthos is sterk gekorreleerd met de rijkdom aan meio-, makro- en hyperbenthos, dus met voedselaanbod. Voor de belangrijkste epibenthische organismen (juvenile platvissen, zeesterren, garnalen) worden in de Grevelingen buitendelta dan ook de hoogste dichtheden aangetroffen.

Tabel I geeft een overzicht van de gevonden (statistische) associaties tussen verschillende bodemdiergroepen (en verdere onderverdelingen) en een aantal abiotische variabelen. In deze tabel wordt aangegeven of er wel (J) dan niet (N) een correlatie gevonden is tussen de beschouwde biotische en abiotische variabele (Spearman rangcorrelatie). In een aantal gevallen blijkt wel de dichtheid maar niet de biomassa met een bepaalde abiotische variabele gekorreleerd (J/N), of vice versa (N/J). Verder blijven een aantal vakken in de tabel leeg. In deze gevallen is geen correlatie berekend (abiotische variabele niet als relevant beschouwd, dataset abiotische gegevens niet conform dataset biotische gegevens). Verder dient opgemerkt te worden dat de abiotische gradiënten niet voor iedere bodemdierkomponent even groot zijn. Zo is er bijv. gevist op twee dieptes (5 en 10 m) maar zijn er makrobenthos gegevens reikend van 0 tot 30 m beneden NAP.

De genoemde vaststellingen over de relatie bodemdiersamenstelling - sediment hebben nu geleid tot de hypothese dat op basis van de verzamelde gegevens over de Voordelta voorspellingen gedaan kunnen worden over de aanwezige infaunasoorten, op voorwaarde dat de evolutie van het sedimentstype gekend is. Daarom werd het habitat van de belangrijkste soorten beschreven aan de hand van hun verspreiding over de belangrijkste abiotische gradiënten, met name diepte en sedimentsamenstelling (Hoofdstuk III).

Uiteindelijk zijn op basis van bovenstaande relaties (de relatie tussen de structuur van de gemeenschappen enerzijds en de verspreiding van individuele soorten anderzijds, met de belangrijkste omgevingsfactoren) voorzichtige voorspellingen gemaakt over de ekologische toekomst (welke soort gemeenschappen en welke soorten gaan aanwezig zijn?) van de Voordelta (Hoofdstuk IV). Zonder menselijk ingrijpen zal de geomorfologische evolutie in het gebied gedurende het volgend decennium een vrij langzame continuering inhouden van reeds bestaande trends. Bij een ongestoorde autonome ontwikkeling verwachten we dat naar het jaar 2000 toe geen grote veranderingen zullen optreden in de biota.

Tabel I. Korrelatietabel bodemdieren - abiotische variabelen
(J ; associatie; N : geen associatie; - : associatie
niet onderzocht) (voor nadere uitleg: zie tekst)

	slib	mediaan	sort	grint	seston	chiphl	zoet	Vmax	Vmin	Vmax-Vmin	golf1%	orbit	diep
Meiobenthos													
Nematoda	J	J	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
A. elongatus	J	N	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
S. celtica	J	N	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
D. stylosum	J	N	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
G. longii	J	N	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
E. propinquus	J	N	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
Copepoda	J	J	N	N	-	N	N	N	-	-	-	N	N
Makrobenthos													
aantal soorten	J	J	-	-	J	N	N	-	-	-	N	N	N
totale dichtheid	J	J	-	-	J	N	N	-	-	-	N	J	J
totale biomassa	J	J	-	-	N	N	N	-	-	-	N	J	J
surface dep. feeders	J	J	-	-	J	N	N	-	-	-	N	J	J
suspension feeders	J	J	-	-	N	J	J	-	-	-	N	N	N
subsurface dep. feeders	J	J/N	-	-	N	N	N	-	-	-	N	J	J
mollusca	J	J	-	-	N	J	J	-	-	-	N	N	N
annelida	N/J	J	-	-	N	N	J/N	-	-	-	J	N	J
echinodermata	N	N	-	-	N	N	N	-	-	-	N	J/N	J
arthropoda	J	N	-	-	N	J	N	-	-	-	J	N	N
Hyperbenthos													
Hyperbenthos "totaal"	N	J	-	-	J	N	-	N	J	J	J	N	-
makrobenthoslarven	N	J	-	-	J	N	-	N	J	J	N	N	-
gamaallarven	N	J	-	-	J	N	-	N	N	N	N	N	-
amphipoden	N	J	-	-	J	J	-	N	N	N	J	N	-
aasgarnalen	J	J	-	-	J	N	-	N	N	N	N	N	-
pijlwormen	N	J	-	-	N	N	-	N	N	N	N	N	-
viseieren en -larven	N	J	-	-	J	N	-	J	J	J	N	N	-
Epibenthos													
Epibenthos "totaal"	J	N	-	-	N	J	-	J	J	N	J	J	-
kabeljauwachtigen	J	N	-	-	N	J	-	N	N	N	J	J	-
grondels	J	J	-	-	J	J	-	J	N	N	N	N	-
platvissen	J	N	-	-	N	J	-	J	N	N	J	J	-
{zandspiering, smelt, kleine pieterman}	J	N	-	-	N	J	-	N	J	N	J	J	-
krabben, adult	J	J	-	-	J	J	-	J	N	N	N	J	-
garnalen, adult	J	N	-	-	N	J	-	J	J	N	J	J	-
zeesterren, adult	J	J	-	-	N	J	-	J	N	N	J	J	-

Inleiding

De voor u liggende nota is de tweede uit een reeks van vier die de huidige kennis van de ekologische waarde van de Voordelta schetst. In de eerste nota werd de huidige ekologische situatie van dit mondingsgebied van Schelde, Rijn en Maas beschreven. Deze ontwikkeling staat onder invloed van de natuurlijke ontwikkeling van het gebied zelf, met name de geomorfologie, en van ontwikkelingen vanuit omliggende gebieden en andere beleidsvelden. Wat dit laatste betreft, kan gedacht worden aan de functies kustverdediging, recreatie, lozingen/waterkwaliteit en visserij. In deze tweede nota wordt de autonome ontwikkeling van het gebied geschetst, met name ontwikkelingen op middellange termijn (2000). Preliminair wordt ook ingegaan op een verdere ontwikkeling (2100).

Grote uitbreidingen en/of veranderingen binnen de functies scheepvaart, delfstoffenwinning, militaire activiteiten zijn er niet te verwachten (zie Vertegaal, 1989).

In de discussienota 'kustverdediging na 1990' (RWS, 1989) worden vier beleidsopties voor de verdediging van de duinenkust gepresenteerd: 1) terugtrekken, 2) volledig handhaven of 3) selectief handhaven van de belangen en waarden die nu in het duingebied aanwezig zijn, en 4) zeewaartse kustverdediging. Elk alternatief zal de nodige maatregelen met zich meebrengen, die de ontwikkeling van bodem en leven zullen beïnvloeden. Aangezien op het moment dat deze nota tot stand kwam nog geen beleidsoptie gekozen was, is uitgegaan worden van de huidige situatie.

Uit de beleidsplannen van de Provincies Zuid-Holland en Zeeland blijkt dat recreatie via plankzeilen, pleziervaart, sportvisserij en strandrecreatie zal toenemen.

De waterkwaliteit in de Voordelta wordt vooral bepaald door de kwaliteit van het Rijnwater. Scheldewater wordt alleen aangetroffen voor de Westerscheldemonding en naar het noorden toe, in de zone op 10-20 km uit de kust. Gezien de beleidsaccenten vastgelegd in de derde Nota Waterhuishouding, het Natuurbeleidsplan en het Nationaal Milieubeleidsplan, mag een toekomstige verbetering van het rivierwater verwacht worden. Dit zal gunstig uitwerken op de verontreinigingsgraad van het kustwater, de waterbodem en de bodemdieren.

Het belang van de visvangst, inclusief kokkelvisserij, in de Voordelta is de laatste jaren toegenomen. Maar in hoeverre deze zo intensief is geworden dat negatieve effecten op de omvang van de vispopulaties en op die van andere organismen optreden, is niet bekend (Vertegaal, 1989). Voor de eenvoud gaan we er daarom van uit dat de visvangst niet intensiever gaat worden.

Op basis van de verwachte ontwikkelingen op bovengenoemde beleidsvelden wordt in dit rapport verondersteld dat de belangrijkste faktor in de autonome ekologische ontwikkeling de geomorfologische ontwikkeling is. In het hoofdstuk over zeezoogdieren (met name zeehonden) wordt ook ingegaan op de mogelijke effecten van veranderingen in waterkwaliteit en recreatie.

De opbouw van dit rapport is als volgt. In een eerste hoofdstuk wordt een overzicht van de in de analyse meegenomen abiotische parameters gegeven. Deze worden beschouwd als voor het benthos relevante karakterisering. In het tweede hoofdstuk wordt de relatie die bestaat tussen de structuur van de gemeenschap (zie deelnota 1) en enkel biologische parameters enerzijds en de verschillende abiotische omgevingsgradiënten anderzijds geanalyseerd. In een derde hoofdstuk hebben we het habitat van de belangrijkste infaunasoorten beschreven aan de hand

van hun verspreiding over de belangrijkste abiotische gradiënten, met name diepte en sedimentsamenstelling. We gaan hierbij uit van de hypothese dat, als die soorten een duidelijke habitatspreferentie hebben, voorspellingen over de soorten zelf gedaan kunnen worden. Tenslotte wordt in het vierde hoofdstuk de autonome ontwikkeling van de behandelde bodemdiergemeenschappen geschetst.

Tot slot willen we opmerken dat biologische interacties in deze deelnota niet expliciet in beschouwing zijn genomen. Nochtans wordt in het algemeen het verspreidingspatroon van bodemdieren niet alleen bepaald door de tolerantie van de verschillende bodemdiersoorten ten opzichte van allerlei abiotische milieufactoren, maar door combinaties van abiotische milieufactoren en biotische factoren. Maar vooral in mariene bentische gemeenschappen bestaan er weinig gegevens over het belang van dichtheidsafhankelijke factoren zoals bijv. competitie. Verder kan opgemerkt worden dat interspecifieke interacties indirect afhankelijk zijn van de abiotische omgeving (Maurer, 1987).

Zoals bij de eerste deelnota kwam zowel de inhoud als vorm van deze deelnota tot stand tijdens discussies tussen het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek (DIHO), de Sectie Mariene Biologie van het Instituut voor Dierkunde van de Rijksuniversiteit Gent, de Dienst Getijdewateren (DGW) en de Direktie Noordzee van de Rijkswaterstaat, en het Advies- en Onderzoeksbureau voor duinbeheer Duin en Kust. Bij deze discussies waren volgende personen betrokken:

Delta Instituut:	C. Heip
	J. Craeymeersch
Rijksuniversiteit Gent:	M. Vincx
	O. Hamerlynck
	A. Vanreusel
	K. Hostens
Dienst Getijdewateren:	J. Mulder
	A. Smaal
	L. van Geldermalsen
	A. Phernambucq
Direktie Noordzee:	J. van Alphen
Duin en Kust:	K. Vertegaal

I. De abiotische omgeving

Op de verschillende monsterplaatsen zijn, voor zover mogelijk, tevens een aantal abiotische variabelen bepaald, waarvan verondersteld werd dat ze van invloed zijn op het bodemdierleven. We kunnen ze opsplitsen in drie categorieën:

1. geomorfologische en waterbewegingsvariabelen.

Volgende variabelen zijn bepaald: de diepte, de significante golfhoogte (d.i. de golfhoogte die in 1% van de tijd, gerekend over 1 jaar, overschreden wordt), de orbitaalsnelheid aan de bodem (d.i. de snelheid die optreedt ten gevolge van de orbitaalbeweging in een golf; aan de bodem blijft alleen een horizontale komponent over), en de maximale en minimale stroomsnelheid.

Golfwerking in relatie tot de diepte is samen met de stroomsnelheid bepalend voor de stabiliteit van het sediment, en tevens de vorm waarin en de wijze waarop erosie- en/of sedimentatie kan optreden (d.i. de aard van het sediment). De orbitaalsnelheid is een maat voor de snelheid van het water op de bodem als gevolg van de golfslag. Het is een functie van de golfhoogte, de golfperiode en de diepte. De orbitaalsnelheid neemt exponentieel af met de diepte. Voor de referenties en berekeningen van deze abiotische karakteristieken verwijzen we naar van Dijke en Buijs (1987).

2. bodemsamenstellingsvariabelen

Als variabelen zijn de slibfractie, mediane korreldiameter en sortering van de zandfractie bepaald.

Uit de literatuur blijkt een duidelijke samenhang te bestaan tussen de aard van het sediment en het verspreidingspatroon van bodemdieren. De samenstelling van het sediment wordt dan weer voor een belangrijk deel bepaald door de hydrodynamische condities (Govaere et al, 1980). De aard van het sediment hangt onder andere samen met de volgende voor bodemdieren relevante factoren: voedselvoorziening, substraatfunctie, mate van uitwisseling tussen bodemwater en bovenstaand water.

3. waterkwaliteitsvariabelen

De gebruikte variabelen zijn jaargemiddelden van de zoetwaterfractie, het chlorfyl a-gehalte en het zwevende stofgehalte. Ze zijn bepaald op grond van maandelijkse oppervlaktebemonsteringen in '83 en '84 door Rijkswaterstaat (zie van Dijke en Buijs, 1987).

In het algemeen zijn de ter plekke optredende complexe combinaties van abiotische factoren bepalend voor het verspreidingspatroon van bodemdieren (Eisma, 1966 en Beukema, 1976).

Kaarten met de ruimtelijke verspreiding van een aantal van deze parameters zijn te vinden in Kohsiek & Mulder (1988).

II. Relaties tussen biotische karakteristieken en abiotische factoren

II.1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden relaties tussen het verspreidingspatroon van bodemdierpopulaties en een aantal omgevingskarakteristieken onderzocht. Hierbij is uitgegaan van de in deelnota 1 onderscheiden soortengroepen (twinggroepen, clusters). Met een statistische test (Kruskal-Wallis H-test) werd nagegaan of deze groepen significant verschillen in de gemeten abiotische variabelen. De strata worden aldus gekarakteriseerd naar hun abiotische eigenschappen. Verder is de relatie tussen een aantal biologische en abiotische parameters nagegaan. Verschillen in o.a. totale dichtheid en verdeling over de verschillende taxonomische groepen werden hierbij nader bekeken.

II.2. Het meiobenthos

II.2.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twinggroepen (= stationsgroepen gebaseerd op de faunistische gegevens)

II.2.1.1. Meiofauna totaal - Voordelta 1984-1985

De vier strata die in het Voordeltagebied werden onderscheiden op basis van de meiofaunataxasamenstelling (fig. 1) worden in dit deelrapport verder gekarakteriseerd op basis van hun abiotische eigenschappen: diepte, hydrodynamiek, sediment (mediane korrelgrootte, slib) en waterkwaliteit. In een tweede benadering worden de relaties tussen de abiotische omgeving en de structuur van de gemeenschappen onderzocht.

II.2.1.1.1. Diepte (Fig. 2a)

Stratum 2 is het meest ondiepe gebied, en wordt in feite vertegenwoordigd door het station gelegen ter hoogte van de Haringvliet. De strata 3 en 4 komen overeen met de platen ter hoogte van de Oosterschelde en de Grevelingen en hebben een gemiddelde diepte van respectievelijk 12 en 8 m. De onderzochte stations in deze twee strata zijn echter niet significant verschillend wat hun diepte betreft. De Vlake van de Raan en de geulen ter hoogte van de Oosterschelde en Grevelingen (stratum 1) hebben een gemiddelde diepte van 14 m.

II.2.1.1.2. Hydrodynamiek (Fig. 2b)

De orbitaalsnelheid is niet significant verschillend tussen de vier onderscheiden strata. Alhoewel in fig. 2 duidelijk is dat de orbitaalsnelheid het hoogst is in stratum 2, vertaalt dit zich niet in statistisch significante verschillen omdat het aantal waarnemingen in stratum 2 te laag is (zie ook in fig. 3b).

II.2.1.1.3. Sediment (Fig. 3a & 3b)

De mediane korrelgrootte van de zandfractie is niet significant verschillend voor de vier onderscheiden strata. De geulen, met uitzondering van de Westerscheldegeul, en het gebied ter hoogte van de Haringvliet (i.e. stratum 1 en 2) hebben gemiddeld genomen wel de fijnste sedimenten. Dit komt ook tot uiting bij de vergelijking van de slibfractie tussen de vier strata onderling, waarbij vooral de slibakkumulaties (schommelend rond de 10 %) van het stratum 1 (geulen en Vlake van de Raan) zich onderscheiden van de gemiddeld genomen, slibarme gebieden in de strata 2 tot 4.

II.2.1.1.4. Waterkwaliteit (Fig. 4a & 4b)

De saliniteit, uitgedrukt als het percentage zoetwater, is opvallend hoger in stratum 2 (Haringvlietgebied) dan in de overige gebieden. Het chlorofyl a gehalte van de waterfase daarentegen vertoont geen opmerkelijke verschillen binnen deze vier strata.

Men moet echter voorzichtig blijven bij de interpretatie van deze verbanden, daar het aantal onderzochte stations niet echt representatief is voor het hele Voordeltagebied. Om die reden hechten we dan ook meer belang aan de correlaties die zullen gevonden worden bij de meer nauwkeurige gegevens van de twee proefgebieden in de Grevelingen en de Oosterschelde buitendelta's (zie verder), en zullen de meeste voorspellingen voornamelijk gebaseerd worden op de korrelaties tussen biotische en abiotische factoren die in die twee deelgebieden worden aangetroffen.

II.2.1.2. De nematoden - Voordelta 1984-1985

Zoals aangetoond in deelrapport 1, worden er op basis van de soorten-samenstelling van de nematodengemeenschappen twee grote twingroepen onderscheiden binnen de Voordelta: enerzijds TWIN 1+2 die alle ondiepe plaatstations bevat en anderzijds TWIN 3+4 waarin de meeste geulstations zijn gegroepeerd. Binnen elk van beide groepen worden nog eens drie twingroepen onderscheiden. In totaal zijn er dus zes groepen (TWIN 1a, 1b, 2, 3, 4a en 4b) die elk gekarakteriseerd worden door een bepaalde soortenassociatie (zie het vorige verslag). In dit hoofdstuk worden de abiotische omgevingsfactoren besproken voor elk van de twingroepen.

II.2.1.2.1. Diepte (Fig. 5a & 5b)

De zes twingroepen verschillen onderling significant voor de diepte. Hierbij onderscheiden vooral TWIN 1 en TWIN 2 zich van TWIN 3 en TWIN 4. De twee eerste twingroepen bevatten alle ondiepe stations, gelegen op de platen. De twee overige twingroepen worden gevormd door alle geulstations (die meestal dieper zijn dan 10 meter). Het dieper station 43, gelegen in de Oude Roompot, tegen de stormvloedkering, vormt hierop de enige uitzondering (behoort tot TWIN 1).

II.2.1.2.2. Hydrodynamiek (Fig. 6a)

De zes twingroepen verschillen ook op basis van de maximale stroomsnelheid. Hierbij onderscheiden vooral de stations gelegen in de Wielingen (Westerschelde buitendelta) (TWIN 3) zich door hoge stroomsnelheden. Deze stations zijn verder nog gekenmerkt door de laagste minimale stroomsnelheden. In TWIN 1B worden ook nog hoge stroomsnelheden waargenomen, in vergelijking tot de overige stations. Dit is vooral te wijten aan de aanwezigheid van station 43 (Oude Roompot - Oosterschelde buitendelta) in deze twingroep.

II.2.1.2.3. Sediment (Fig. 7a - 7d)

De mediane korrelgrootte en vooral de slibfractie zijn belangrijke omgevingsgradiënten, waarlangs verschillende nematodengemeenschappen van elkaar worden onderscheiden.

Het meest opvallende verschil wordt gevonden tussen de gemeenschappen van de slibarme (< 5 % slib) stations (TWIN 1 en 2) en de gemeenschappen van de slibrijke (3 - 60 % slib) zandstations (TWIN 3 en 4). Op basis van de grintfractie worden er ook significante verschillen gevonden tussen de zes twingroepen. De overige granulometrische parameters (sortering, skewness, kurtosis) zijn niet significant verschillend voor de respektievelijke twingroepen.

TWIN 1a, waartoe de meeste ondiepe stations behoren, wordt gekenmerkt door een slibarm (<2.5 %), goed gesorteerd, fijnzandig substraat (0.170-0.270 mm).

TWIN 1b, gevormd door twee stations aan de rand van het Westgat en station 43 in de Oude Roompot (allen in de Oosterschelde buitendelta), is meestal gekenmerkt door een minder goed gesorteerd, relatief grintrijk (0.11 - 3.8 %), mediumzandig (0.250 - 0.320 mm) sediment.

Station 3 ten zuiden van de Maasvlakte (Haringvliet buitendelta) (TWIN 2) onderscheidt zich door een fijnzandig sediment.

De stations van TWIN 3 worden gekenmerkt door een relatief onstabiel substraat, vooral wat de slibfractie betreft (respectievelijk 1 tot 9 %, en 1 tot 60 %). Het betreft hier twee stations gelegen in de Wielingen (buitendelta Westerschelde).

De stations van TWIN 4a onderscheiden zich door hun relatief grote, en vooral stabiele slibfractie (5-15 %), en door hun fijnzandige sedimenten (0.140 - 0.160 mm). Deze stations bevinden zich zeewaarts van de Hinderplaat (Haringvliet buitendelta), in het Brouwerhavensche Gat (Grevelingen buitendelta) en nabij de Domburger Rassen (Oosterschelde buitendelta).

De stations van TWIN 4b zijn, in vergelijking tot die van Twin 4a, grintrijker (1.36-1.7 %), mediumzandig (0.220-0.320 mm) en gekenmerkt door een minder grote slibfractie (4 %). Deze stations situeren zich in de Oude Roompot en ten noorden van de Vlakte van de Raan.

II.2.1.2.4. Waterkwaliteit (Fig. 6b)

Er worden geen significante verschillen gevonden tussen de zes twingroepen op basis van de saliniteit. De saliniteit is nochtans een zeer belangrijke faktor voor de zonatie van nematodengemeenschappen (Heip *et al.*, 1985). De grotere zoetwater input (30 % zoet water) ter hoogte van de Haringvliet is dan ook de meest waarschijnlijke verklaring voor de relatief unieke soortensamenstelling van station 3. Dit station splitst zich relatief vroeg af van de overige stations om een afzonderlijk twingroep (TWIN 2) te vormen.

TWIN 1+2 verschillen significant van TWIN 3+4 op basis van het chlorofyl-a gehalte. Op de ondiepe platen, die meestal dicht tegen de kust gelegen zijn, is het chlorofyl gehalte gemiddeld hoger dan in de diepere geulstations.

Op basis van het zwevende stofgehalte worden er geen significante verschillen gevonden tussen de respectievelijke twingroepen.

II.2.1.3. Meiofauna totaal - Oosterschelde-Grevelingen 1987

In de twee proefgebieden van de Oosterschelde en de Grevelingen buitendelta werden, op basis van de meiofaunataxasamenstelling, vier stationsgroepen onderscheiden. Om de vergelijking van die twee proefgebieden door te voeren, hebben we de abiotische karakteristieken van de vier stationsgroepen, per proefgebied, met elkaar vergeleken, zodat we dus in feite 8 groepen onderscheiden: grevel 1, ooster 1,... ooster 4 (zie fig. 8 - 10).

II.2.1.3.1. Diepte (Fig. 8a)

De diepte van elke stationsgroep is duidelijk groter in de Oosterschelde buitendelta dan in de Grevelingen buitendelta. Dit is uiteraard konform met de algemene toename van de diepte naar het zuiden toe in het Voordelta-gebied.

Verder is er een lichte, doch niet statistisch significante, toename van de diepte van gebied 4 naar gebied 1, en dit voor beide proefgebieden (ooster 3 vormt hierop echter een uitzondering).

II.2.1.3.2. Hydrodynamiek (Fig. 8b)

De orbitaalsnelheid is niet significant verschillend tussen de vier onderscheiden stationsgroepen.

II.2.1.3.3. Sediment (Fig. 9a & 9b)

Stationsgroep 1 van zowel de Grevelingen als de Oosterschelde buitendelta, heeft een significant hogere slibfractie (gemiddeld 7%) dan de overige stationsgroepen (die alle rond de 2% slib gesitueerd zijn).

De mediaan van de zandfractie vertoont een duidelijk stijgende trend van stationsgroep 1 (grevel 1 en ooster 1) naar stationsgroep 4 (grevel 4 en ooster 4).

II.2.1.3.4. Waterkwaliteit (Fig. 10a & 10b)

Het percentage zoetwater is voor elke stationsgroep binnen de twee proefgebieden duidelijk niet verschillend; wel is er een duidelijk lager % zoetwater in het proefgebied van de Oosterschelde.

Eenzelfde patroon is terug te vinden voor het gehalte aan chlorofyl a.

Beide parameters hebben duidelijk verband met de keuze van de proefgebieden: het Grevelingenproefgebied ligt korter bij de kust dan het Oosterscheldeproefgebied. De gegevens van Kohsiek & Mulder (1988) betreffende de zoetwaterfractie (kaartje 13) en het chlorofylgehalte (kaartje 14) bevestigen het door ons gevonden patroon.

Het gehalte zwevende stof is niet significant verschillend tussen de vier stationsgroepen, noch tussen de twee proefgebieden.

II.2.1.4. Samenvatting

De vier strata die in de Voordelta worden onderscheiden aan de hand van de meiofaunasamenstelling tijdens de periode '84--'85 onderscheiden zich niet uitgesproken op basis van een van de abiotische parameters. Uitsluitend het gebied ter hoogte van de Haringvlietsluizen kenmerkt zich door een lagere saliniteit in vergelijking tot de overige deelgebieden van de Voordelta.

De zes twingroepen gevormd op basis van de structuur en de samenstelling van de nematodengemeenschappen onderscheiden zich voornamelijk op basis van de sedimentsamenstelling. Maar ook de maximale stroomsnelheid, de diepte en het chlorofyl-a gehalte zijn gekorreleerd met de samenstelling van de nematodengemeenschappen. De saliniteit is nogmaals verantwoordelijk voor de karakteristieke samenstelling van de nematodengemeenschappen ter hoogte van de Haringvlietsluizen.

De twee proefgebieden van de Oosterschelde en de Grevelingen buitendelta's verschillen van elkaar op basis van een hoger gehalte zoetwater en chlorofyl-a gehalte ter hoogte van de Grevelingen buitendelta. De strata gevormd op basis van de meiofaunasamenstelling in de periode '87 onderscheiden zich voornamelijk van elkaar op basis van de sedimentsamenstelling.

II.2.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters

II.2.2.1. Meiofauna totaal - 1984-1985

In deelrapport 1 hebben we aangetoond dat stratum 1 en 2 gekenmerkt worden door de hoogste meiofaunadensiteiten (>2500 ind./10 cm² gemiddeld) voornamelijk veroorzaakt door een dominantie ($>80\%$) aan nematoden (Fig. 11a-11d).

Uit de literatuur (zie Heip et al., 1985, voor een overzicht) weten we dat de aantallen en de dominantie van nematoden positief gekorreleerd zijn met het gehalte aan fijne sedimenten (% slib, mediaan zandfractie). Nematoden kunnen vrij diep (tot 20 cm en meer) in het sediment voorkomen en bovendien zijn er soorten (e.g. *Sabatieria* spp. zie verder) die nog bij een zeer laag gehalte aan opgeloste zuurstof zeer hoge densiteiten kunnen bereiken.

Wat stratum 1 betreft, achten wij vooral het hoge slibpercentage (gemiddeld 9%) verantwoordelijk voor de hoge aantallen van de nematoden. Wat stratum 2 betreft, lijkt niet zozeer het percentage slib (3%) maar wel het gehalte aan fijn zand (mediaan van de zandfractie is er het kleinst van de onderzochte stations, 155 μ m) in combinatie met de hogere saliniteit verantwoordelijk voor de hoge densiteiten. Opmerkelijk voor dit stratum is ook het aantal mosbeertjes (tardigraden 13%).

Het belang van de copepoden neemt toe in stratum 3 en 4, wat eveneens een belangrijker voedselaanbod betekent voor grondels en juveniele vissen, dit dus hoofdzakelijk op de platen ter hoogte van de Grevelingen en de Oosterschelde. De verhoogde densiteiten van de copepoden in deze gebieden zijn voornamelijk te wijten aan het geringe % slib en aan een mediaan van de zandfractie die schommelt rond 250 μ m.

Algemeen kunnen we besluiten dat, wat de meiofaunataxasamenstelling betreft, de algemeen gekende relaties tussen abiotische en biologische parameters hier ook gelden; we kunnen echter niet verder in detail ingaan op deze correlaties, daar te weinig biologische informatie over de meiofauna voor het ganse Voordeltagebied voorhanden is.

De autonome ontwikkeling zal dan ook alleen in kader van het meer in detail onderzochte Grevelingen en Oosterscheldegebied worden besproken enerzijds, en voor de nematodensoorten van het ganse Voordeltagebied anderzijds. Het verband dat bestaat tussen de aanwezigheid van een bepaalde soort en zijn omgeving (voornamelijk weerspiegeld in de korrelgroottesamenstelling van het sediment) leert ons dat niet alle soorten op dezelfde manier reageren op veranderende milieufactoren; bovendien is het nog complexer om te voorspellen op welke manier een bepaald taxon (als groepering van, in het geval van het meiobenthos, zéér veel soorten) zal reageren op een geringe wijziging in zijn biotoop. Habitatspreferenties voor een welbepaald taxon zijn daarom ook zeer moeilijk te achterhalen en te interpreteren. De habitatspreferenties zullen daarom alleen voor enkele belangrijke en karakteristieke nematodensoorten besproken worden (zie verder).

De korrelgrootte is dus de belangrijkste faktor die de structuur van de meiofaunagemeenschappen bepaald: de fijnste sedimenten herbergen de rijkste meiofaunadensiteiten wanneer we de totale densiteit beschouwen. Dit vertaalt zich voornamelijk in hoge densiteiten en biomassa van de nematoden die niet direkt zo belangrijk zijn als voedselbron voor de hogere trofische niveaus. Wel blijken nematoden een belangrijk aandeel te

hebben in de nutriëntenregeneratie (terug beschikbaar maken van organische stoffen); deze rol is op dit ogenblik moeilijk kwantitatief in te schatten. De copepoden daarentegen, die belangrijk zijn als voedselbron voor grondels en jonge vissen, hebben de hoogste densiteiten bij percentages slib kleiner dan 5% gekoppeld aan een mediaan van de zandfractie groter dan 250µm.

II.2.2.2. Nematoden - 1984-1985

Het aantal soorten is, met uitzondering van een negatieve correlatie met de maximale stroomsnelheid, niet gekorreleerd met een van de abiotische parameters. Vooral de Wielingen, waar de hoogste stroomsnelheden worden waargenomen, is gekenmerkt door een minimum aantal soorten (tot 3 soorten per 10 cm² tijdens het najaar van 1985). In TWIN 1a en TWIN 4a+b, die gekenmerkt worden de laagste maximale stroomsnelheden, wordt het hoogste aantal soorten gevonden (van 20 tot 40 soorten per 10 cm²) (fig. 12c).

De dichtheid en de biomassa per oppervlakte-eenheid zijn het meest uitgesproken gekorreleerd met de mediane korrelgrootte en de slibfractie. De hoogste densiteiten worden gevonden in de fijnste sedimenten met de grootste slibfractie. Zo worden in de stations van TWIN 1a en b, die gekenmerkt zijn door een slibarm, fijn- tot mediumzandig sediment, steeds het laagste aantal nematoden (< 500 ind./10 cm²) en de laagste biomassawaarden (< 0.2 mg dwt/10 cm²) aangetroffen (fig. 12a en 12b).

Met de overige abiotische factoren (waterkwaliteit en hydrodynamiek) worden er geen correlaties gevonden.

II.2.2.3. Meiofauna totaal - Grevelingen-Oosterschelde (fig. 13a-b)

Omwille van de graad van onvolledigheid in de dataset (zie deelrapport 1), zullen we alleen de dichtheden van de nematoden en copepoden bespreken in functie van de abiotische parameters.

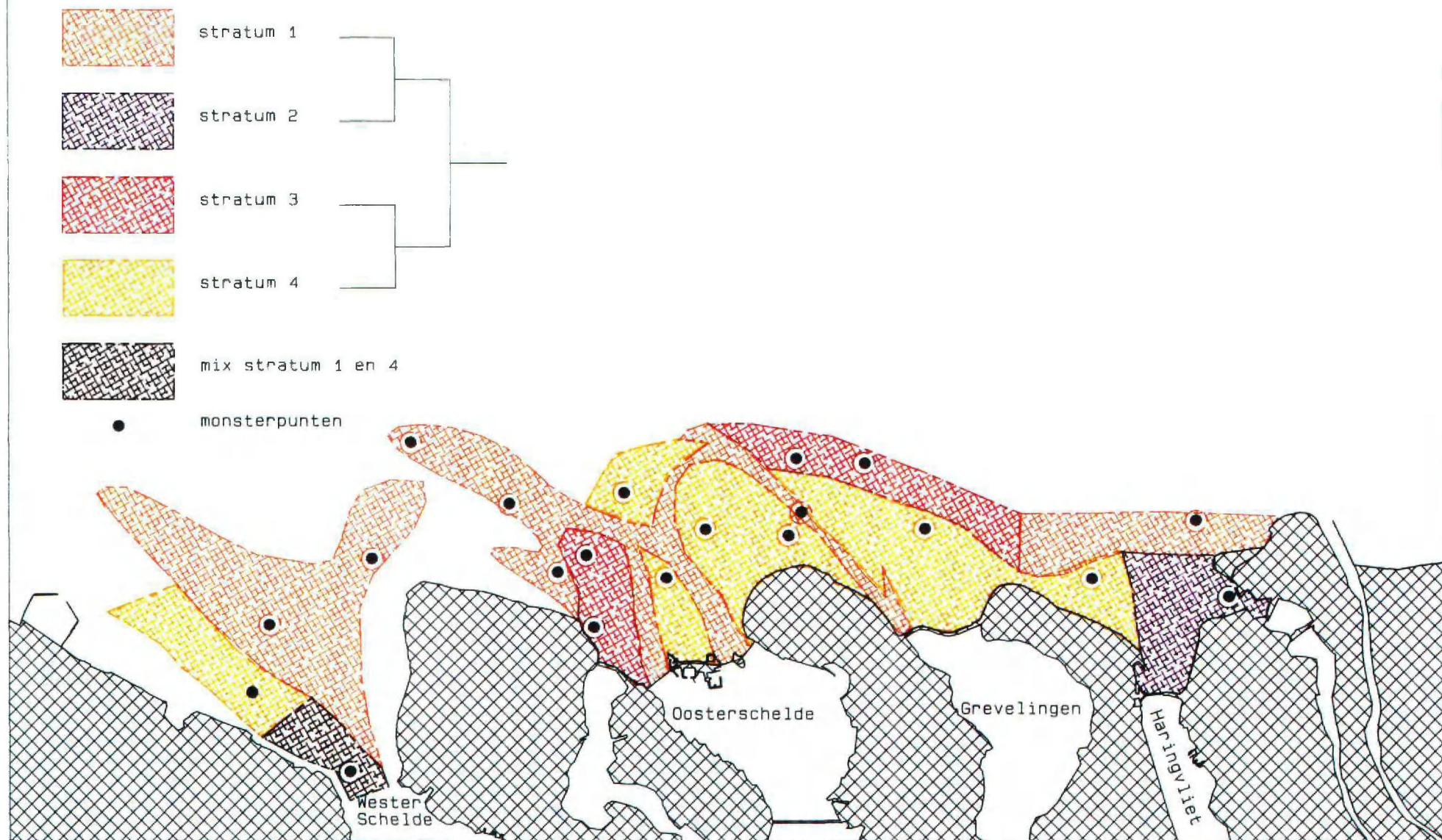
De dichtheden van de meiofauna in het algemeen, en van de nematoden in het bijzonder, zijn het hoogst in de stationsgroep 1, en dit zowel voor het Grevelingen- als voor het Oosterscheldeproefgebied. Deze stations liggen verspreid in de gebieden (geulen) rond de 5 m in de Grevelingen en rond de 14 m in de Oosterschelde buitendelta. Vergelijking tussen de diepte van het beide proefgebieden moet ons doen besluiten dat de diepte alleen niet van zeer groot belang is in het bepalen van de dichtheden: alhoewel er belangrijke verschillen zijn tussen de twee proefgebieden, komt dat niet in die mate tot uiting in de dichtheden van de meiofauna van de vier stationsgroepen.

De korrelgrootte van het sediment daarentegen, voornamelijk duidelijk bij het bekijken van fig. 9a (% slib), is zeer significant positief gekorreleerd met de densiteit van de meiofauna (nematoden), en negatief gekorreleerd met de densiteit van de copepoden; dichtheden van copepoden bereiken een waarde van 200 of meer ind./10 cm² vanaf een sediment met mediaan 250 µm en een slibgehalte lager dan 2%. Het verschil in individuele biomassa bij de copepoden tussen stationsgroep 3 en 4 (zie deelrapport 1) kan op dit ogenblik niet verklaard worden door een of andere abiotische factor. Het belang van de nematoden neemt zeer drastisch toe vanaf een slibgehalte groter dan 5 - 10 %, gekoppeld aan een mediaan van de zandfractie < 250µm.

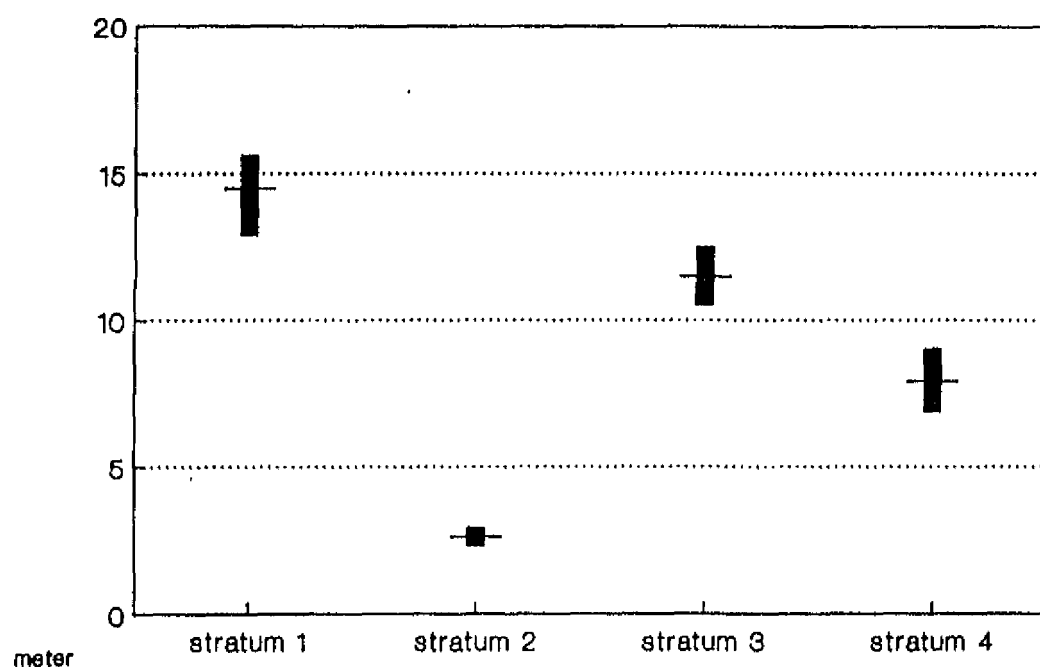
II.2.2.4. Samenvatting

De korrelgrootte is de belangrijkste faktor die de structuur van de meiofaunagemeenschappen bepaalt: de hoogste dichtheden zijn gekorreleerd met de fijnste sedimenten. Deze hoge dichtheden worden uitsluitend veroorzaakt door de nematoden, aangezien de copepoden minder goed vertegenwoordigd zijn bij een slibfractie groter dan 5% en bij fijnzandige sedimenten.

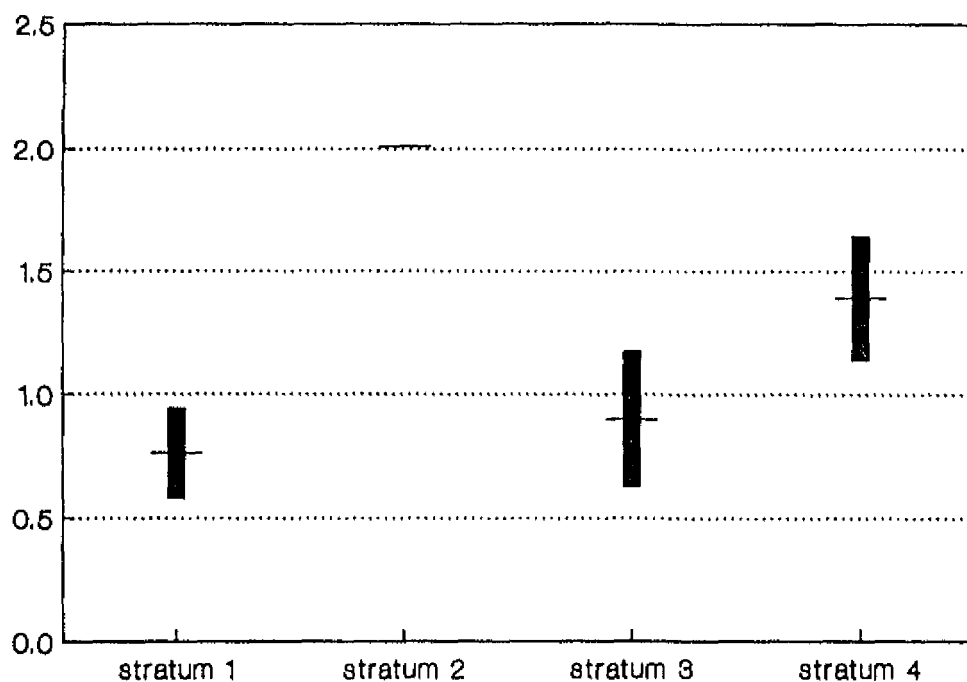
Figuur 1: Kaart van de Voordelta met vermelding van de 4 strata (d.z. deelgebieden), die op basis van de meiofauna samenstelling worden onderscheiden in de periode 1984-1985.



Meiobenthos voordelta 1984-1985 vergelijking diepte

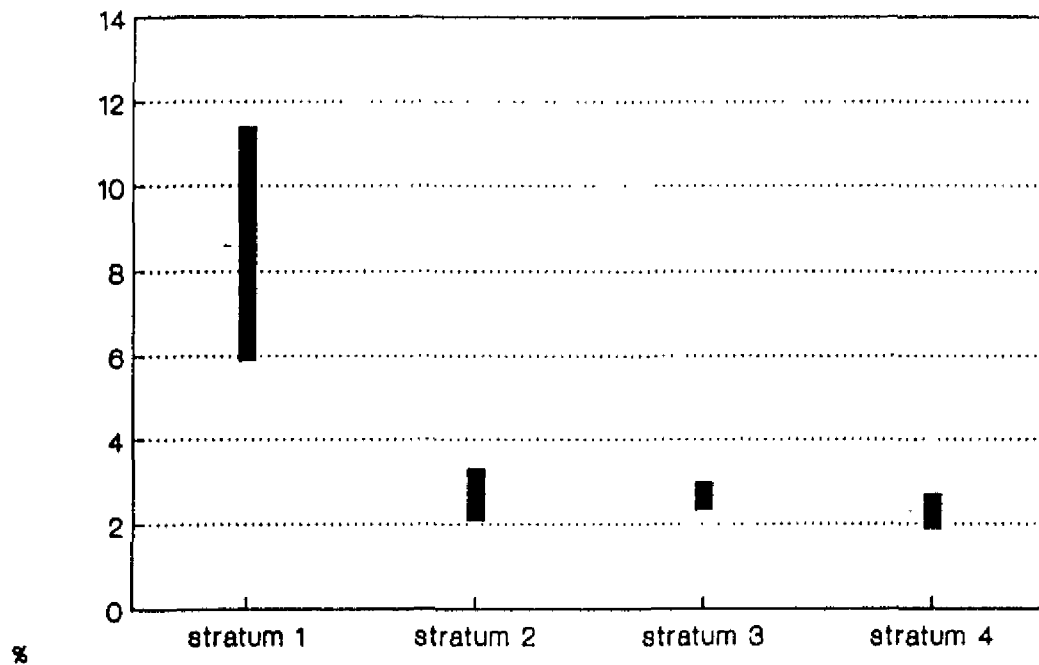


vergelijking V orb

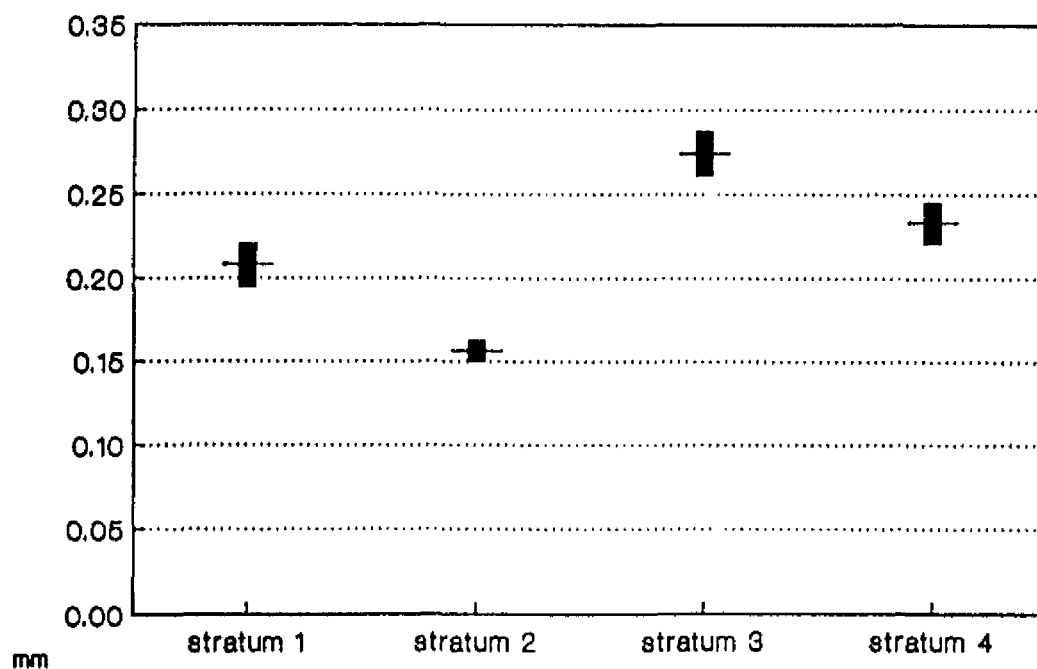


Figuur 2 : Vergelijking van de diepte (a) en de orbitaalsnelheid (Vorb) (b) van de vier meiobenthosstrata in de Voordelta (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Meiobenthos voordelta 1984-1985 vergelijking slibfractie



voordelta 1984-1985 vergelijking mediaan zandfractie

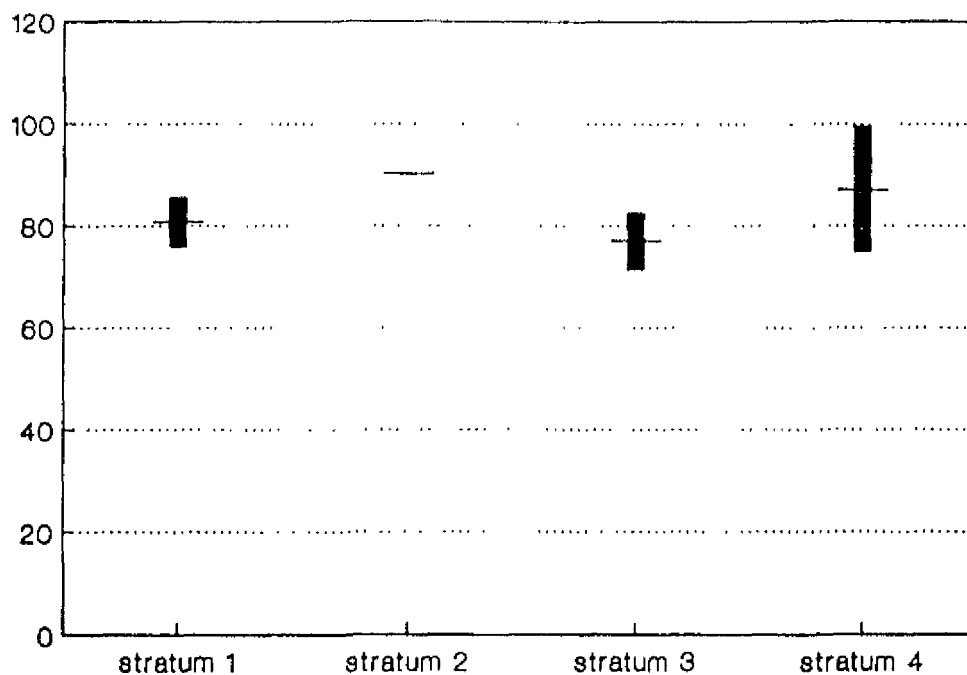


Figuur 3 : Vergelijking van de slibfractie (a) en de mediaan van de zandfractie (b) van de vier meiobenthosstrata in de Voordelta (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Meiobenthos

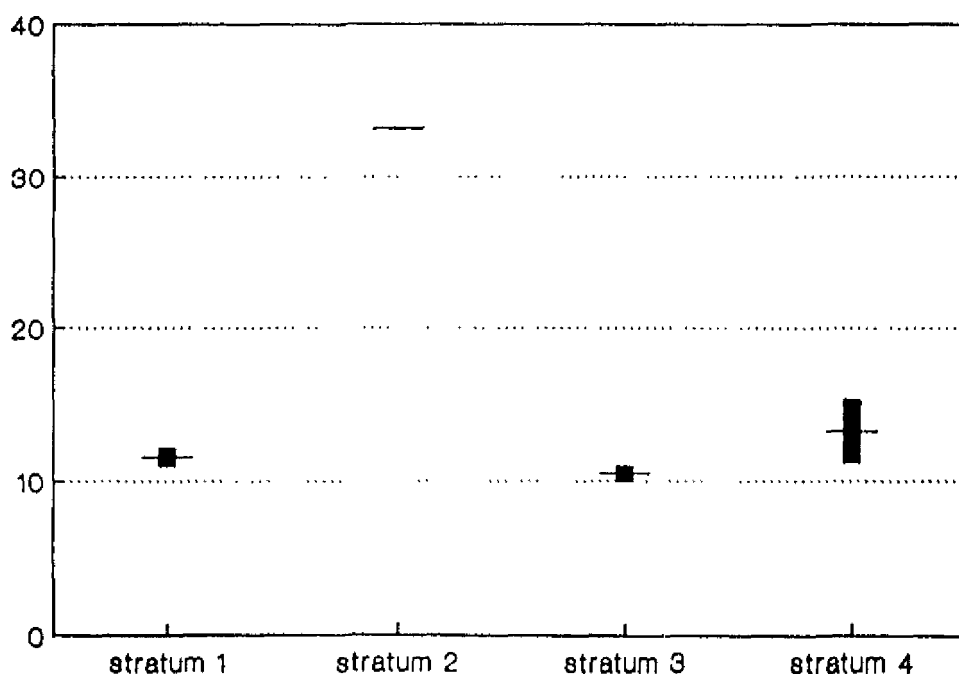
voordelta 1984-1985

vergelijking chlorofyl a



voordelta 1984-1985

vergelijking percentage zoetwater

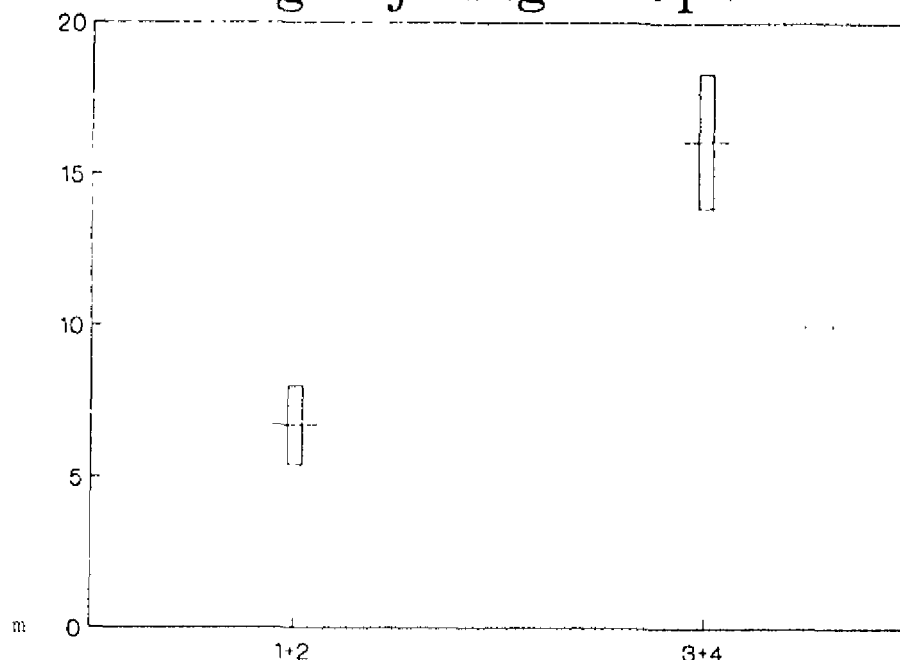


Figuur 4 : Vergelijking van het chlorofyl a gehalte ($\mu\text{g}/10\text{l}$) (a) en het percentage zoet water (b) van de vier meiobenthosstrata in de Voordelta (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Nematoda

Voordelta 1984-1985

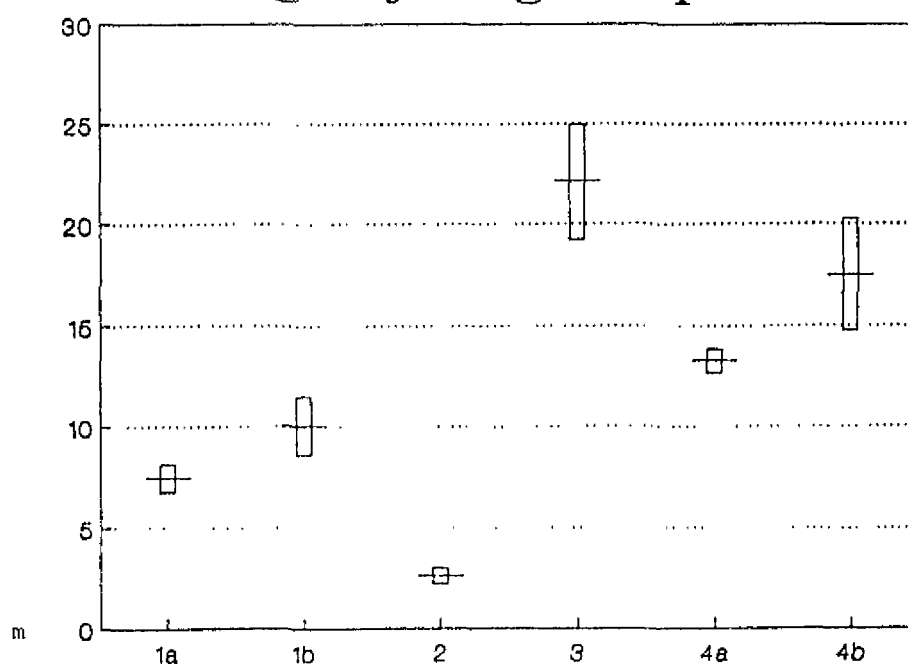
vergelijking diepte



Nematoda

Voordelta 1984-1985

vergelijking diepte

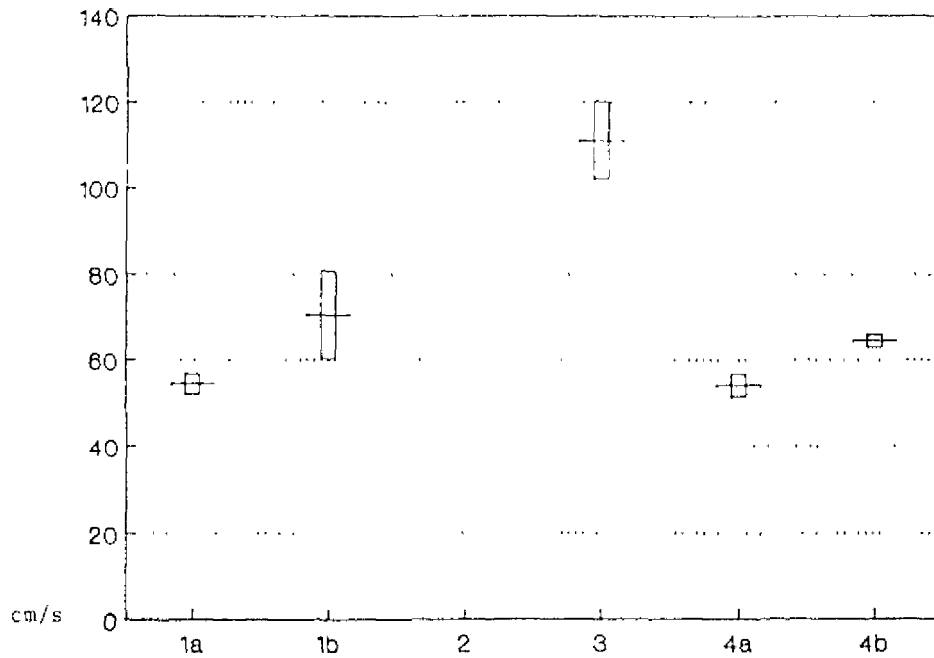


Figuur 5 : Vergelijking van de diepte (in m) van de twingroepen die op basis van de nematodengemeenschappen worden onderscheiden; (a): vergelijking van de diepte van twingroep 1+2 met twingroep 3+4 (dus na de eerste dichotomie); (b): vergelijking van de diepte van de zes twingroepen 1a, 1b, 2, 3, 4a en 4b. (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Nematoda

Voordelta 1984-1985

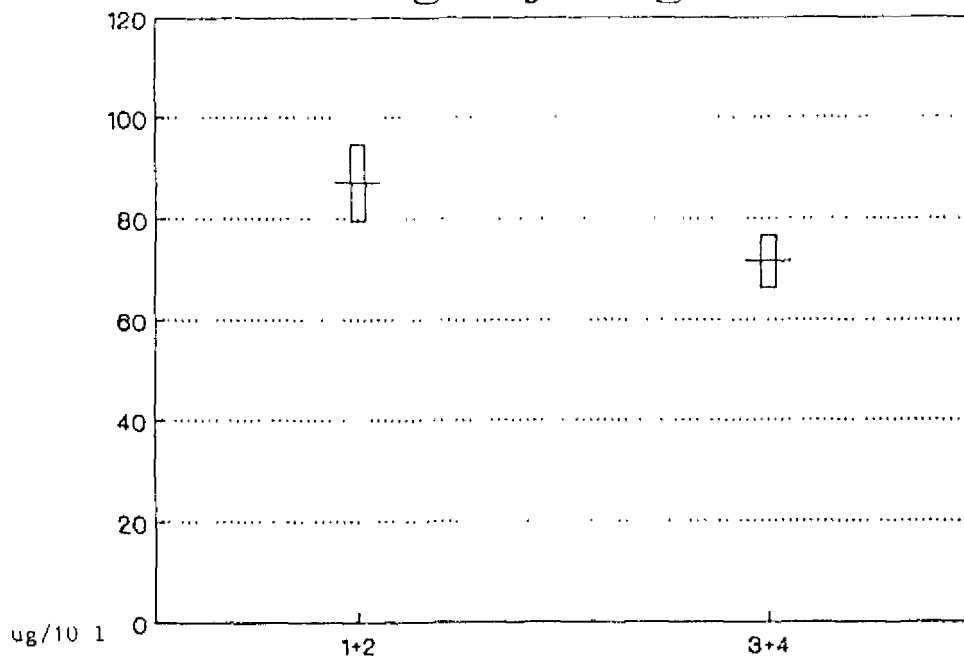
vergelijking V max



Nematoda

Voordelta 1984-1985

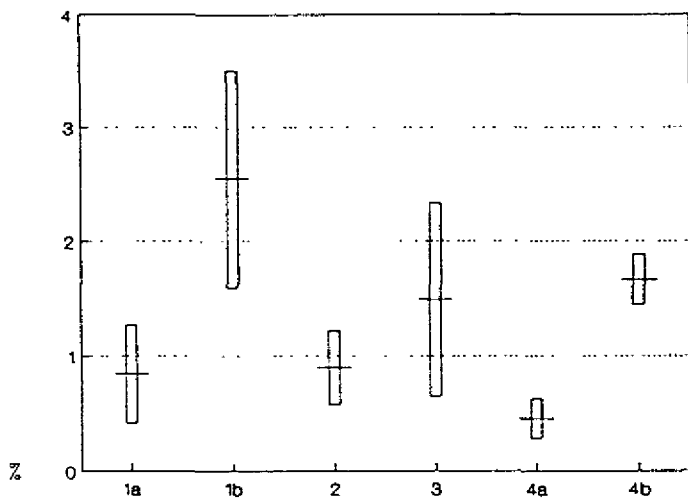
vergelijking chl.a



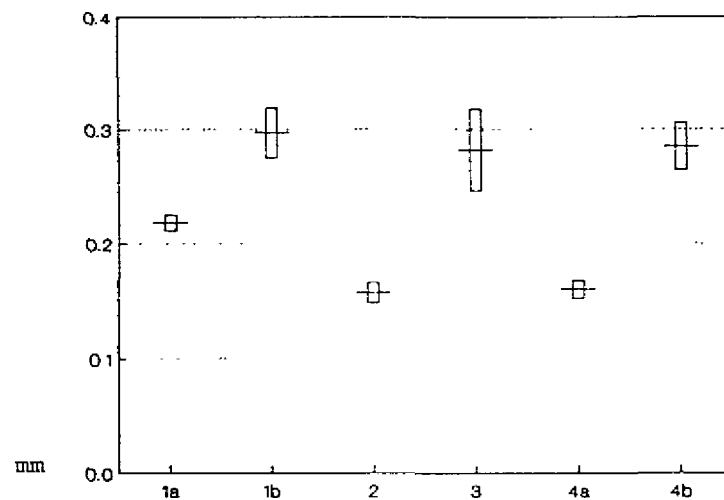
Figuur 6 : Vergelijking van de maximale stroomsnelheid (Vmax) (a) van de zes twinggroepen en het chl a gehalte ($\mu\text{g}/10\text{ l}$) (b) van de twee twinggroepen onderscheiden op basis van de nematodengemeenschappen in de Voordelta (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Figuur 7 : Vergelijking van de grintfractie (a), mediane korrelgrootte van de zandfractie (b) en slibfractie (c en d) van de twinggroepen onderscheiden op basis van de nematodengemeenschappen (a,b en c : voor de zes twinggroepen; d: voor de twee twinggroepen achter de eerste dichotomie) (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

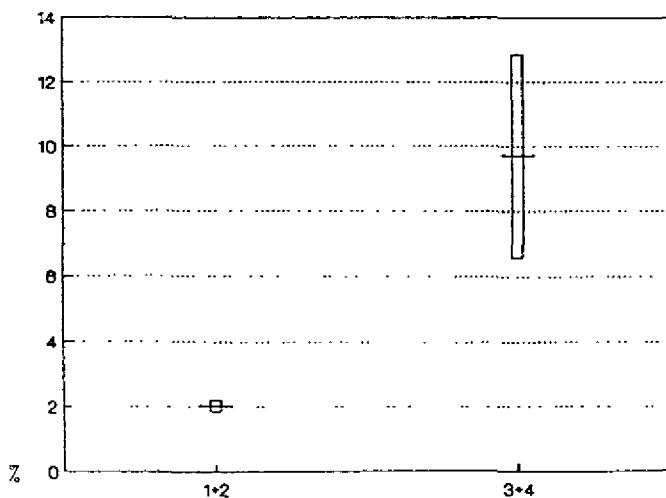
Nematoda
Voordelta 1984-1985
vergelijking grint



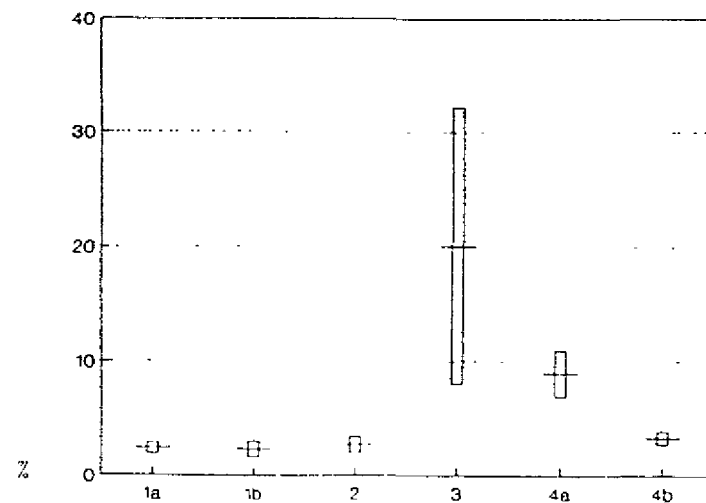
Nematoda
Voordelta 1984-1985
vergelijking med.korrel



Nematoda
Voordelta 1984-1985
vergelijking slib



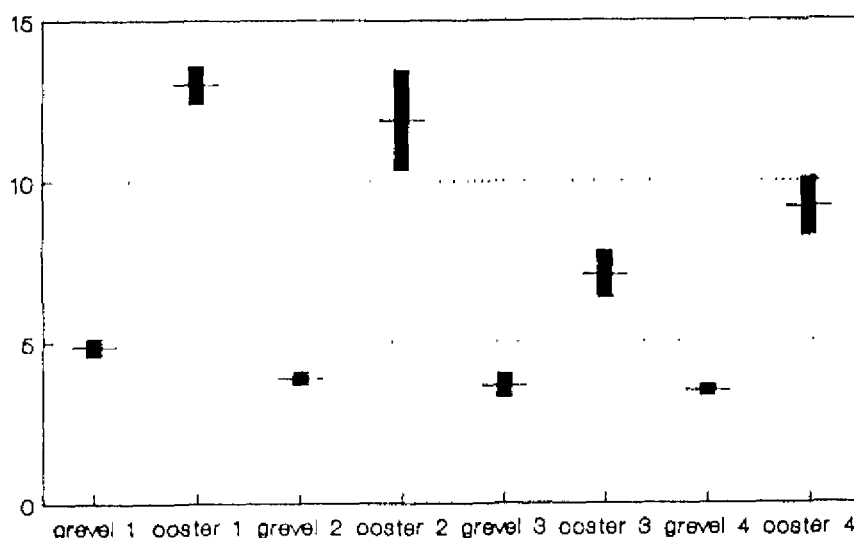
Nematoda
Voordelta 1984-1985
vergelijking slib



BUITENDELTA

oosterschelde - grevelingen 1987

vergelijking diepte

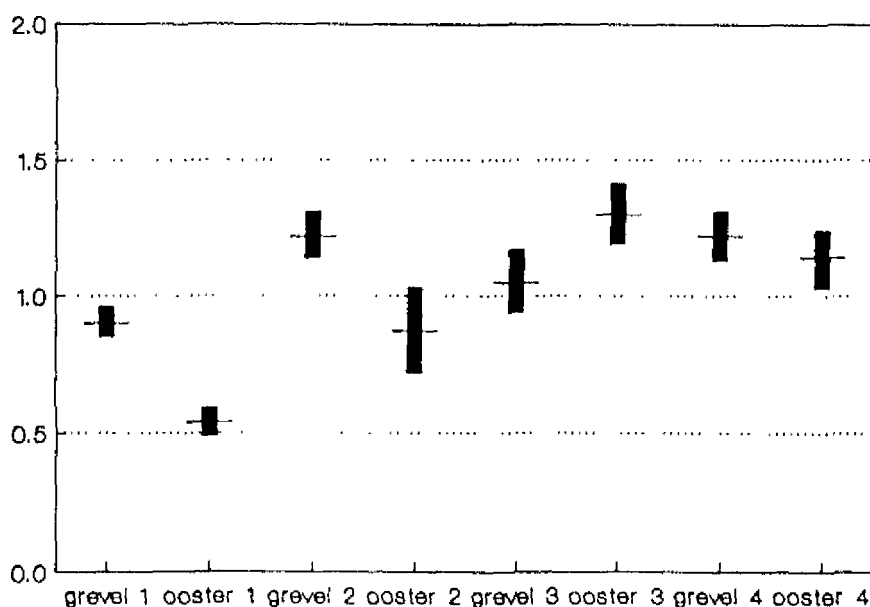


m

BUITENDELTA

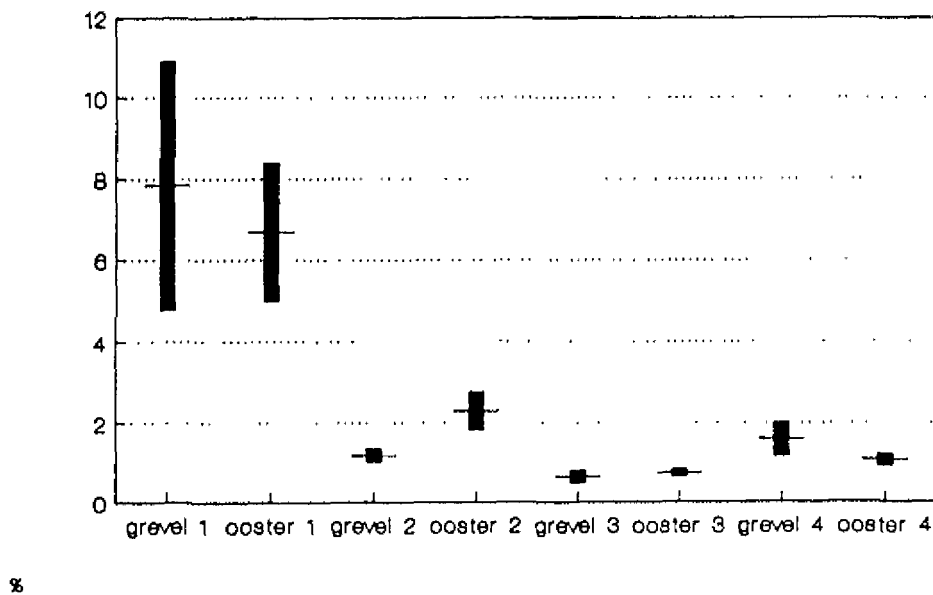
oosterschelde - grevelingen 1987

vergelijking V orbit

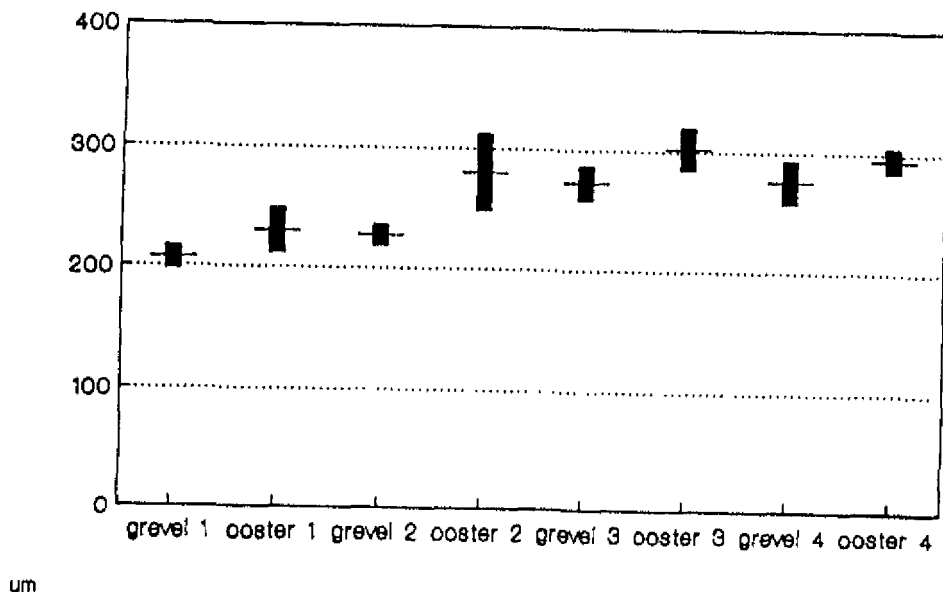


Figuur 8 : Vergelijking van de diepte (a) en de orbitaalsnelheid (b) van de vier stationsgroepen in respectievelijk het Oosterschelde- en het Grevelingenproefgebied (zie tekst) die onderscheiden worden op basis van de meiofaunasamenstelling (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

BUITENDELTA oosterschelde - grevelingen 1987 vergelijking slibfractie



BUITENDELTA oosterschelde - grevelingen 1987 vergelijking mediaan zandfractie

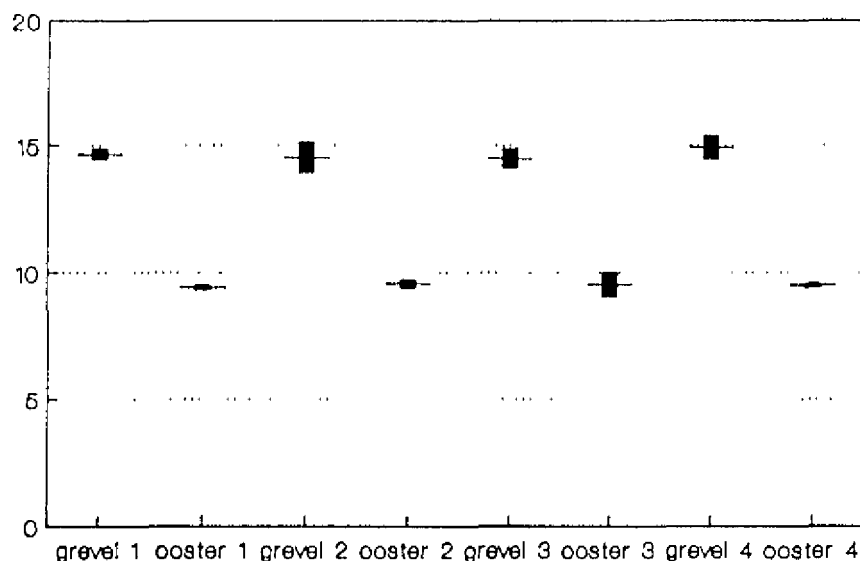


Figuur 9 : Vergelijking van de slibfractie (a) en de mediaan van de zandfractie (b) van de vier stationsgroepen in respectievelijk het Oosterschelde- en het Grevelingenproefgebied (zie tekst) die onderscheiden worden op basis van de meiofaunasamenstelling (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

BUITENDELTA

oosterschelde - grevelingen 1987

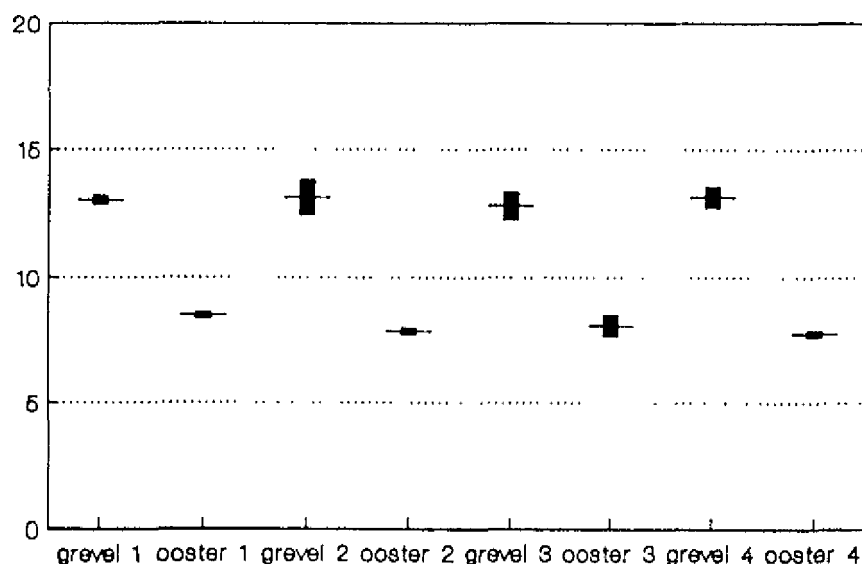
vergelijking zoetwater %



BUITENDELTA

oosterschelde - grevelingen 1987

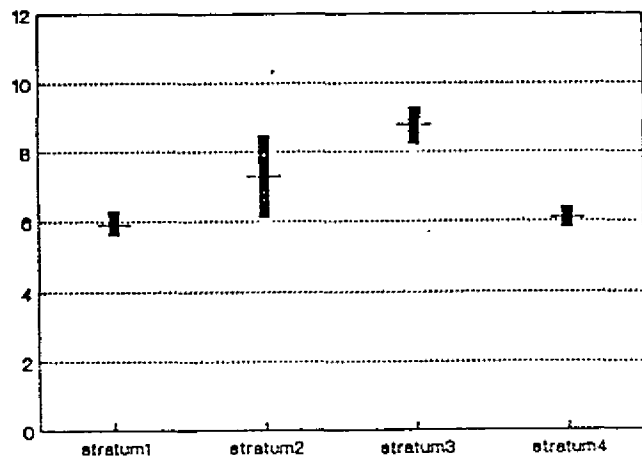
vergelijking chlorofyl water



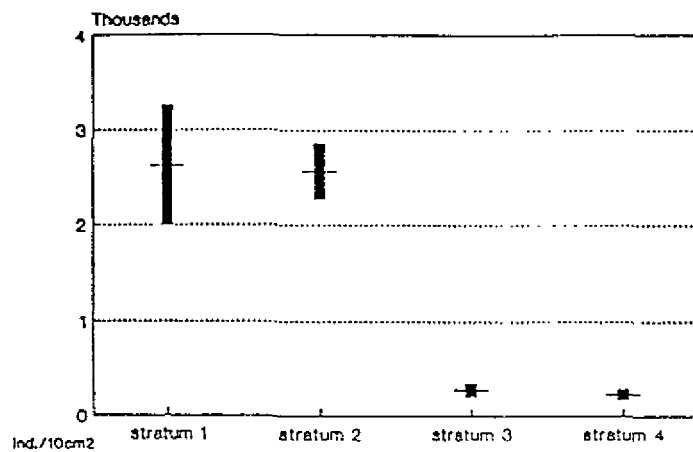
Figuur 10 : Vergelijking van het percentage zoet water (a) en het chlorofyl a gehalte van de waterkolom (b) van de vier stationsgroepen in respectievelijk het Oosterschelde- en het Grevelingenproefgebied (zie tekst) die onderscheiden worden op basis van de meiofaunasamenstelling (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

Figuur 11 : (a): Aantal taxa (dit zijn meiofaunagroepen) per stratum in de Voordelta 1984 - 1985.
 (b): Gemiddelde dichtheid (densiteit) van de totale meiofauna in de Voordelta per stratum tijdens de periode 1984 - 1985.
 (c): Gemiddelde dichtheid (densiteit) van de nematoden in de Voordelta per stratum tijdens de periode 1984 - 1985.
 (d): Gemiddelde dichtheid (densiteit) van de copepoden in de Voordelta per stratum tijdens de periode 1984 - 1985.

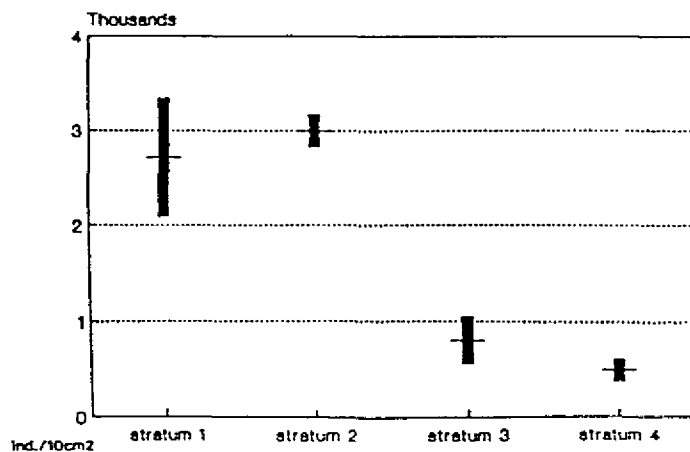
meiofauna voordelta 1984-1985
aantal taxa



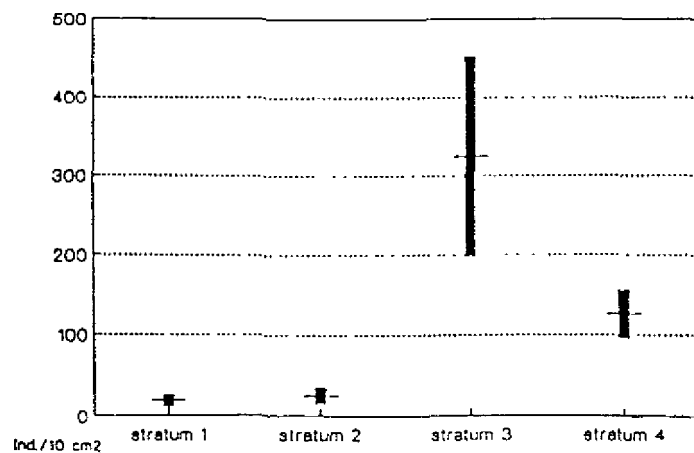
densiteit nematoden voordelta
gemiddelde 1984-1985



densiteit meiofauna voordelta
gemiddelde 1984-1985

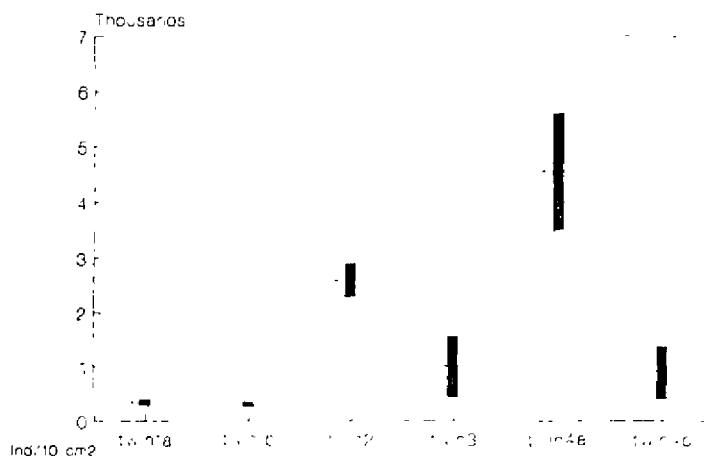


densiteit copepoden voordelta
1984-1985

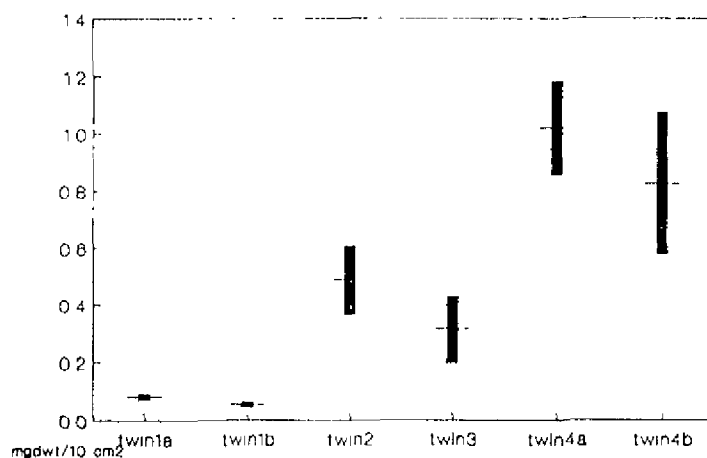


Figuur 12 : (a): Gemiddelde densiteit (dichtheid), (b) gemiddelde biomassa en (c) gemiddeld aantal soorten van de nematoden in de zes onderscheiden twingroepen in de Voordelta (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout)

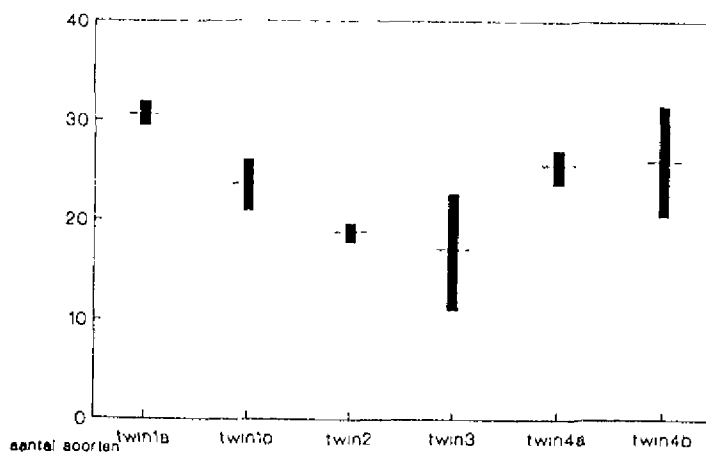
densiteit nematoda voordelta 1984 - 1985



biomassa nematoda voordelta tot.biom. 1984-1985



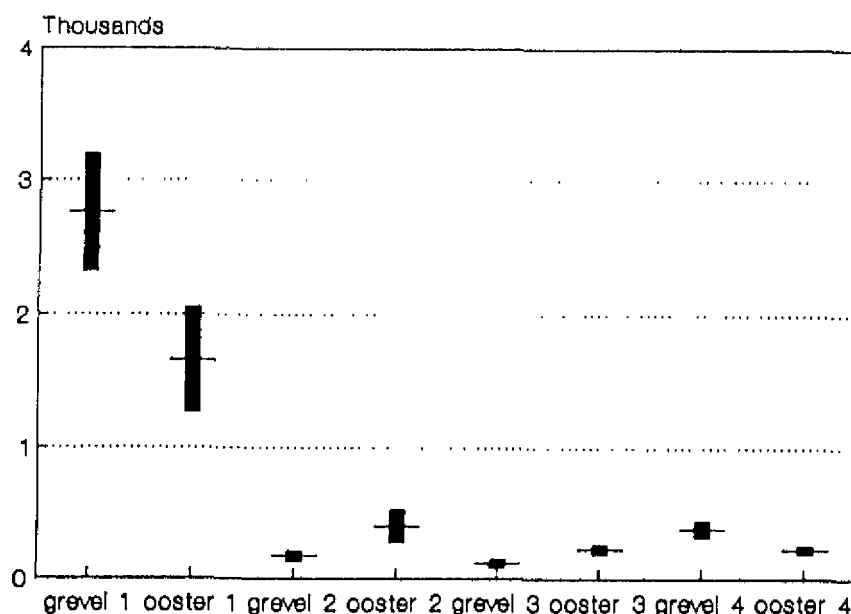
aantal soorten nematoda voordelta 1984 - 1985



BUITENDELTA

oosterschelde - grevelingen 1987

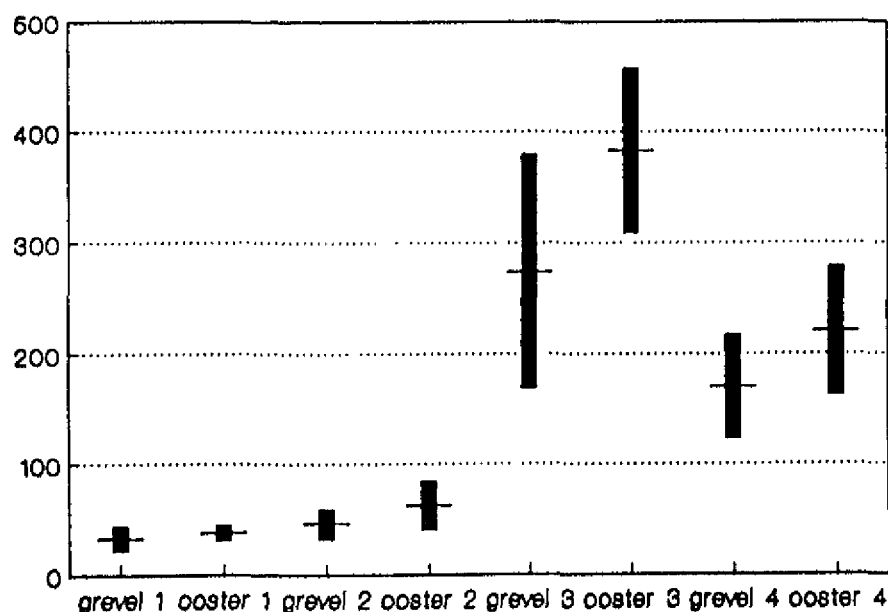
vergelijking densiteit nematoden



BUITENDELTA

oosterschelde - grevelingen 1987

vergelijking densiteit copepoden



Figuur 13 : Vergelijking van de densiteit (dichtheid) van de nematoden (a) en van de densiteit van de copepoden (b) van de vier stationsgroepen in respectievelijk het Oosterschelde- en het Grevelingenproefgebied (zie tekst) die onderscheiden worden op basis van de meiofaunasamenstelling (gemiddelde waarde $\pm$ standaardfout).

II.3. Het makrobenthos

II.3.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata

Van volgende abiotische factoren waren voldoende gegevens beschikbaar om in deze nota te gebruiken: slibgehalte, mediane korrelgrootte van de zandfractie, gehalte zwevende stof, zoetwaterfractie, golfhoogte, orbitaalsnelheid en diepte.

Uit de analyse blijkt dat de 6 strata (zie fig. 14) sterk significant verschillen op basis van alle hierboven genoemde abiotische variabelen. De onderlinge verschillen zijn na te gaan in figuren 15 en 16. In deze figuren wordt de abiotische gegevens samengevat in de vorm van box-and-whisker plots. De mediaan deelt de doos (box) middendoor; er zijn evenveel waarnemingen groter als kleiner dan deze waarde. De linkerkant van de doos geeft de waarde waarboven 75% van de waarnemingen vallen, de rechterkant de waarde waarboven 25% van de waarnemingen vallen. De horizontale lijntjes (whiskers) geven de extremen (minimum en maximum) (maximaal 1.5 maal de afstand van mediaan tot rand van doos); elk sterretje staat voor een uitbijter groter dan 1.5 maal de afstand mediaan-doostrand. Uitbijters groter dan 3 maal deze afstand zijn niet weergegeven.

Uit deze figuren blijkt dat de strata 1 tot en met 4 (en dus ook de strata zoals aangeduid in fig. 14) een gradiënt vormen van ondiep naar diep, van slibarm zand naar slibrijker, waarbij vooral cluster 4 erg slibrijk is (op 75% van de bemonsterde punten was het slibgehalte groter dan 10%). Stratum 4 is verder gekarakteriseerd door een hoger sestongehalte in het water dan strata 1 tot en met 3. Dit is te verklaren doordat stratum 4 bijna volledig op de Westerschelde buitendelta ligt, en daar de hoogste gehalten zwevende stof gemeten worden (zie bijlage in Kohsiek & Mulder, 1988).

Stratum 5 bevat ondiepe, slibrijke, fijnzandige stations sterk onder invloed van de zoetwatertoevoer via de Rijn. Hierdoor kan er blijkbaar een type gemeenschap bestaan die in de rest van de Voordelta niet voorkomt. In dit gebied worden trouwens ook typische brakwater fytoplanktonsoorten gevonden (Anonymus, 1984).

Stratum 6, beperkt tot de Wielingen, is gekenmerkt door tijdelijke slibakkumulaties van 1 tot 60% (zie deelnota 1). Waarschijnlijk daardoor kunnen er zich weinig dieren vestigen.

II.3.2. Relatie abiotische parameters - biologische parameters

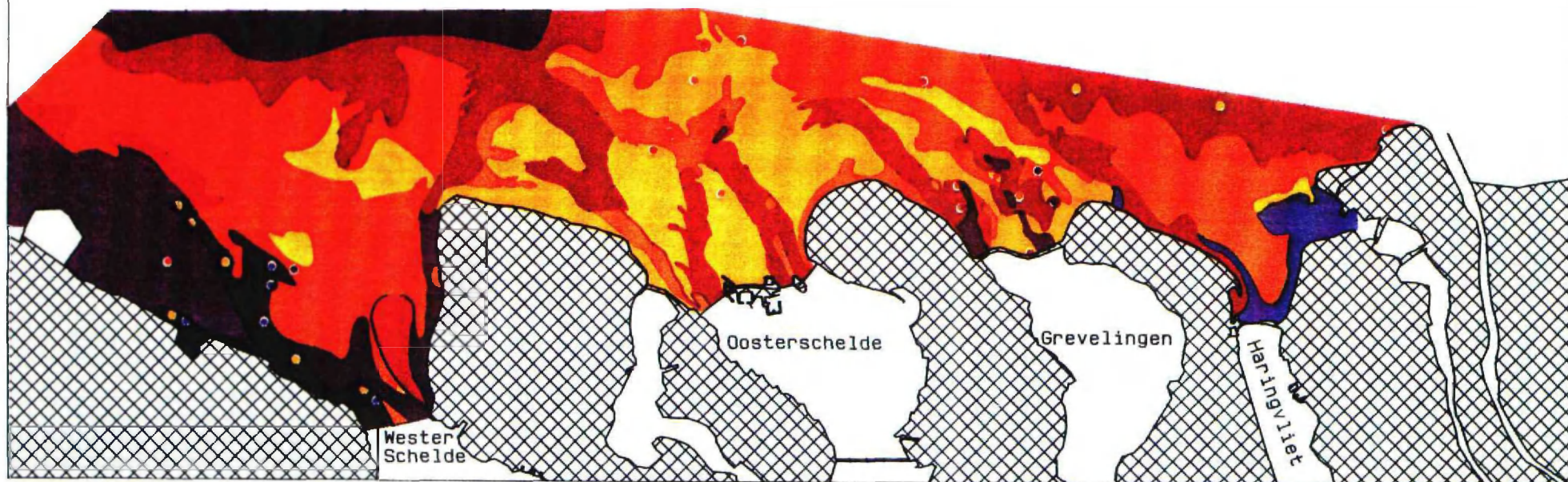
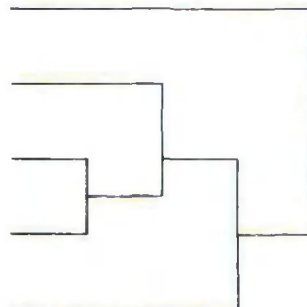
Uit deelrapport 1 weten we dat stratum 3 zowel het soortenrijkst is, als de hoogste gem. dichtheid en biomassa heeft. Hiervoor achten we de diepteligging (golfinwerking minimaal) en de sedimentsamenstelling (slibrijk zand) verantwoordelijk. De strata 1 en 2 zijn minder diep, en staan bijgevolg meer aan golfinwerking bloot. Het slibgehalte is laag en de mediane korrelgrootte van de zandfractie is groter. Hiermee correleren lagere dichtheden en biomassa's. Er treedt ook een verschuiving op in de dominantieverhoudingen ten nadele van mollusken (vooral qua biomassa) ten voordele van arthropoden (vooral qua dichtheden). In stratum 1 tot en met 3 valt een toenemende biomassa en dichtheid dus samen met een toenemende diepte en slibgehalte (maar kleiner dan 10%). Wanneer dit gehalte hoger wordt dan 10% vinden we terug een veel lagere gem. dichtheid en iets lagere biomassa (stratum 4). Wat stratum 5 betreft, lijken de hoge slibgehalten, het gehalte fijn zand in combinatie met het hoge

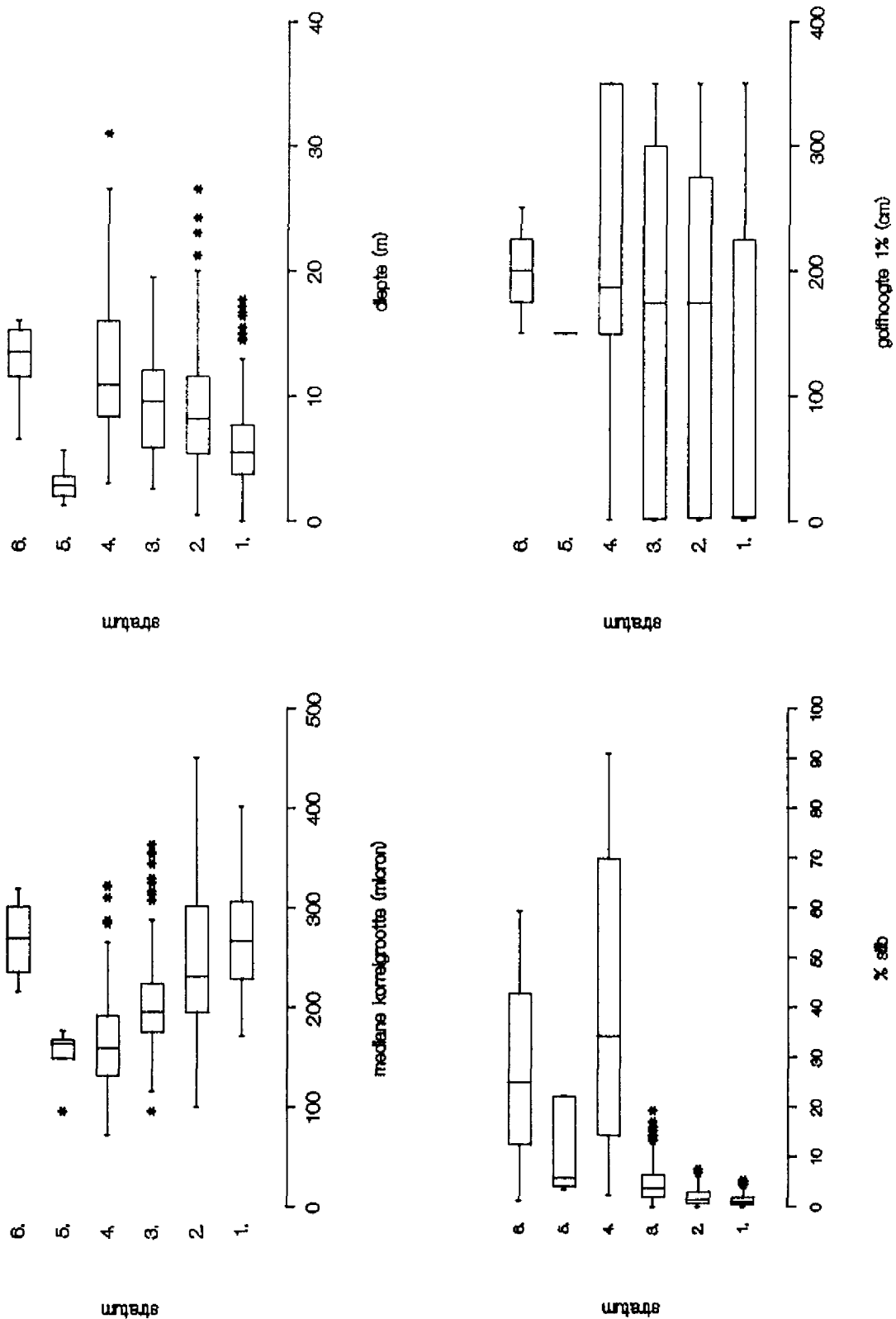
zoetwatergehalte verantwoordelijk voor de kleine soortenrijkdom en lage gem. dichtheid.

Zowel geomorfologische, hydrodynamische, sedimentologische als waterkwaliteitsvariabelen beïnvloeden de biologische variabelen (aantal soorten, totale dichtheid en biomassa, dichtheid en biomassa van de verschillende taxonomische groepen of voedingstypes), ook al blijken globaal gezien de sedimentkarakteristieken het belangrijkste. Meerdere factoren spelen dus tegelijkertijd een rol. Voor de meeste abiotische variabelen is er dan ook wel een bepaalde range waarbinnen de biotische variabelen hoog scoren, maar binnen die range worden ook lage scores gevonden. De gevonden associaties tussen een aantal biotische en abiotische variabelen (zie korrelatietabel in samenvatting) zijn dan ook niet eenvoudig te vertalen naar bijv. 'hoe slibrijker, hoe groter de biomassa aan makrobenthos', alhoewel er een significante, positieve korrelatie bestaat tussen deze twee variabelen. Bij wijze van voorbeeld wordt in figuur 17 de spreiding van aantal soorten, totale dichtheid en totale biomassa over een aantal abiotische karakteristieken gegeven. Analoge figuren worden bekomen voor dichtheden en biomassa's van afzonderlijke taxonomische taxa of voedingstypes.

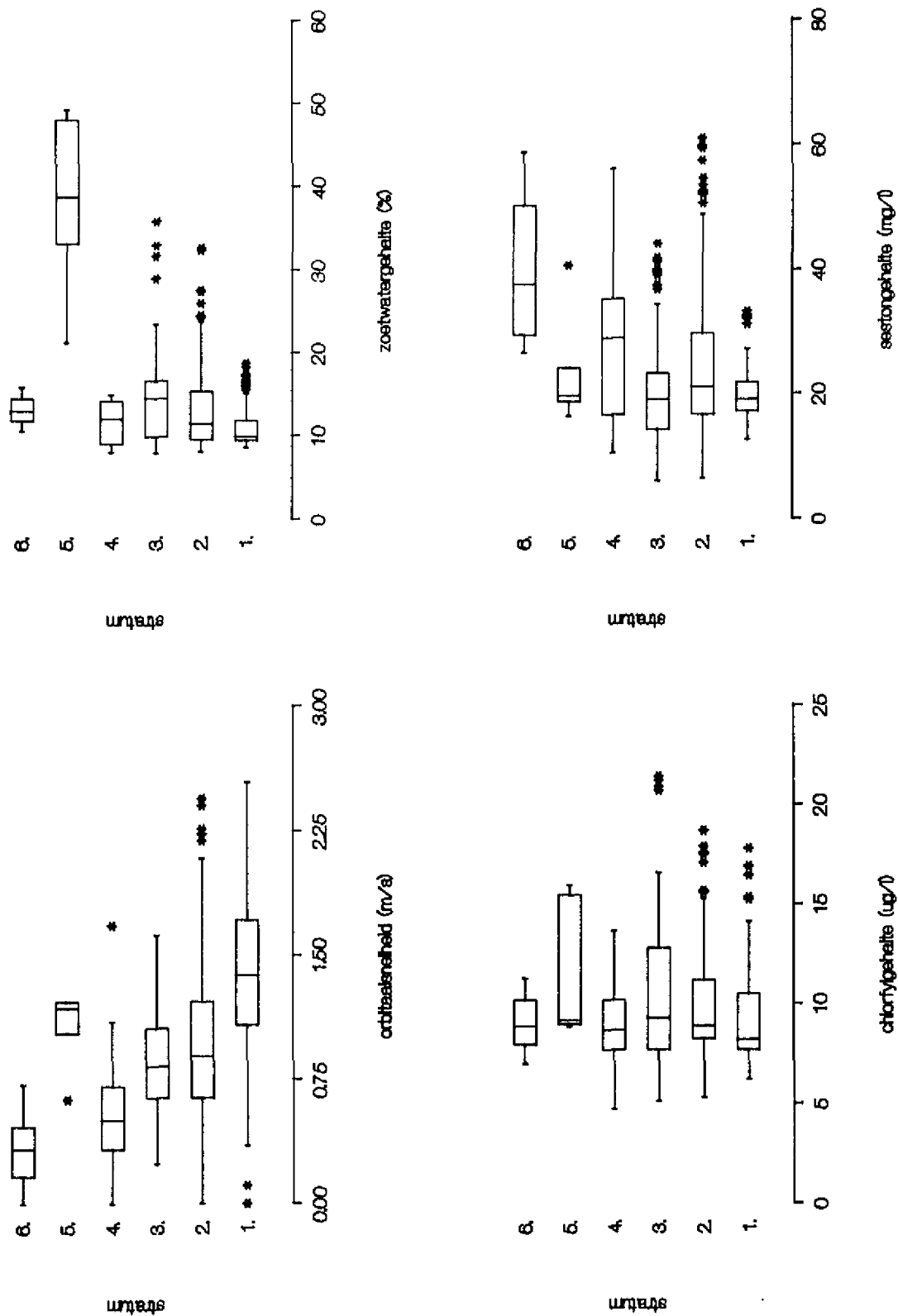
Figuur 14: Kaart van de Voordelta met vermelding van de 6 verschillende strata, die op basis van de makrofauna samenstelling worden onderscheiden

-  stratum 1 (= cluster 1)
-  stratum 2 (= cluster 2)
-  stratum 3 (= cluster 3)
-  stratum 4 (= cluster 4)
-  stratum 5 (= cluster 5)
-  stratum 6 (= mix cluster 1 + 5)
-  land
-  uitbijters

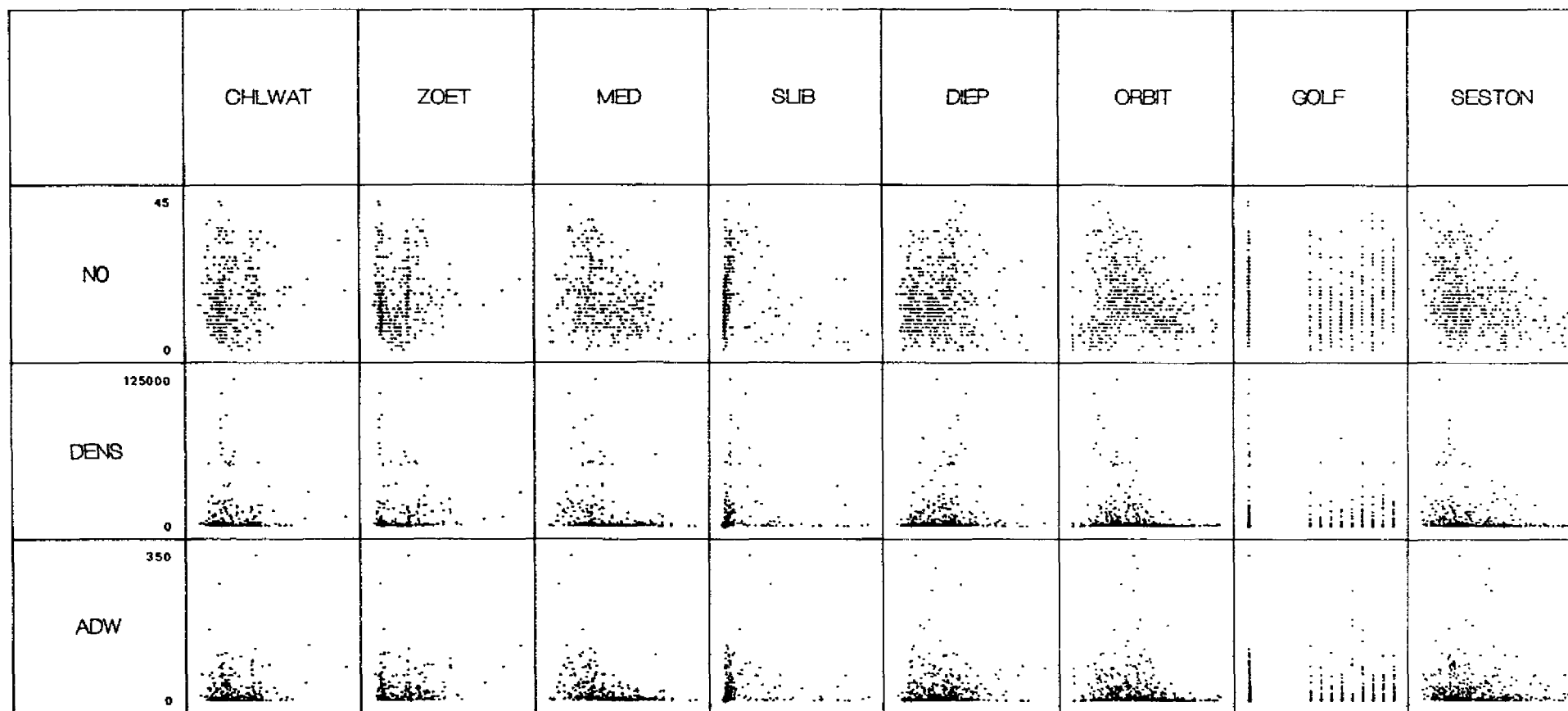




Figuur 15: Vergelijking van de zes makrobenthosstrata naar mediane korrelgrootte, siltgehalte, diepte en significante golfhoogte (box-and-whisker plots).



Figuur 16: Vergelijking van de zes makrobenthosstrata naar orbitaalsnelheid aan de bodem, en chlorofyl-, seston- en zoetwatergehalte van het water (box-and-whisker plots).



Figuur 17: Aantal soorten, totale dichtheid (N/m^2) en totale biomassa ($gADW/m^2$) uitgezet tegen enkele abiotische variabelen.

II.4. Hyperbenthos

II.4.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twinggroepen (= stationsgroepen gebaseerd op de faunistische gegevens)

De relatie tussen de verschillende strata (figuur 18) en verschillende omgevingsparameters werd onderzocht. Algemeen werd een 5% niveau gehanteerd voor significanties.

II.4.1.1. Sediment

In tegenstelling tot de andere faunagroepen werden geen significante verschillen gevonden in de sedimentkarakteristieken van de verschillende strata. Het voorkomen van de verschillende hyperbenthische gemeenschappen is dus in veel mindere mate gebonden aan een bepaalde bodem dan het geval is bij de andere benthische faunagroepen. Toch blijkt uit figuur 19 dat de slibgehalten het hoogst zijn in stratum 1, het laagst in stratum 2 en intermediair in stratum 3. De spreiding is echter zo groot dat de verschillen statistisch niet significant zijn. Op dezelfde wijze is de mediane korrelgrootte van de zandfractie het kleinst in stratum 1 en het grootst in stratum 3 (figuur 19).

Er is dus op zijn minst een suggestie dat het rijkste stratum gebonden is aan de fijnste sedimenten.

II.4.1.2. Waterkwaliteit

Voor waterkwaliteit waren zowel percentage zoet water, sestongehalte als chlorophylgehalte zeer significant verschillend (figuur 20). Stratum 1, de Grevelingenbuitendelta, is het rijkste stratum en heeft ook het laagste zoutgehalte, de laagste sestonbelasting en het hoogste chlorophyl. Stratum 2, het buitenbanjaardgebied heeft de hoogste saliniteit, intermediair seston en de laagste chlorophylgehalten. Stratum 3, de rest van de Oosterschelde buitendelta, is intermediair voor zout en chlorophyl, maar heeft de hoogste sestongehalten.

II.4.1.3. Hydrodynamiek

Wat de hydrodynamiek betreft werden significante verschillen gevonden tussen de verschillende strata voor 4 van de 5 geteste parameters. Enkel voor de orbitaalsnelheid werden geen significante verschillen gevonden. Het significantieniveau is het minst hoog voor de minimale stroomsnelheid. De overige 3 parameters: maximale stroomsnelheid, maximaal snelheidsverschil ($v_{\max} - v_{\min}$) en 1% significante golfhoogte waren zeer significant verschillend voor de verschillende strata (figuur 21).

Hydrodynamisch is stratum 1 gekenmerkt door de laagste maximale en minimale stroomsnelheden, het kleinste maximaal snelheidsverschil en een lage golfhoogte, die slechts marginaal hoger is dan in stratum 3. Stratum 2 is het meest geëxposeerde deel en heeft de grootste golfhoogtes. De maximale stroomsnelheid en het maximaal snelheidsverschil zijn er intermediair. Stratum 2 heeft wel de hoogste minimale stroomsnelheden. Stratum 3 heeft de hoogste maximale stroomsnelheden en ook de grootste verschillen tussen maximale en minimale stroomsnelheid, de golfhoogtes zijn er intermediair. Interessant is dat de orbitaalsnelheid aan de bodem niet significant verschilt voor de verschillende strata. Ook dit is weer een teken dat het hyperbenthos veel meer gestructureerd wordt door het gebeuren in de waterkolom dan door de bodem.

II.4.1.4. Diskussie

Aangezien de meeste hyperbenthische soorten zich voeden met phytoplankton (levend of afgestorven) of met andere phytoplanktoneters, is de associatie van de hoogste dichtheden met de hoogste chlorophylgehalten begrijpelijk. In de rijke buitendelta van de Grevelingen werd in juni 1989 een belangrijke sedimentatie vastgesteld van dood phytoplanktonmateriaal, vermoedelijk voornamelijk resten van *Phaeocystis poucheti*. Het volume hyperbenthos per station is normaal minder dan een halve liter. Bij het uitzakken van de phytoplanktonbloei, waarneembaar aan de oplopende Secchidieptes, is dit in het Grevelingengebied gemakkelijk 2 liter door de grote hoeveelheid phytaal materiaal. In de andere deelgebieden werden dergelijke volumeverschuivingen niet waargenomen.

We denken niet dat de verschillende zoetwatergehalten in de deelgebieden op zichzelf een belangrijk effect hebben gehad op de door ons waargenomen hyperbenthische fauna. De Grevelingen buitendelta is het noordelijkst gelegen gebied, en ondergaat zo het sterkst de invloed van de Rijn. Toch konden we tijdens de afzonderlijke campagnes geen significante verschillen in zoutgehalte met de andere gebieden konstaten. Dit heeft natuurlijk veel te maken met de onmogelijkheid om, in weersomstandigheden die het zoete Rijnwater naar het zuiden drijven, monsters te doen op zee. Het is niet uit te sluiten, en zelfs waarschijnlijk, dat er in die omstandigheden belangrijke veranderingen optreden in het hyperbenthos. De gevonden korrelatie tussen het gemiddelde zoutgehalte en onze monsters lijkt ons dus zonder betekenis. Helaas is de buitendelta van de Haringvliet niet onderzocht qua hyperbenthos. De enige gegevens over het hyperbenthos bij lage saliniteiten komen van zeer preliminair Westerscheldeonderzoek (Hamerlynck, ongepubliceerde gegevens), waar de omstandigheden zeker niet vergelijkbaar zijn met de huidige Haringvlietbuitendelta.

De korrelaties met de hydrodynamische karakteristieken lijken dan weer wel van betekenis. De lage stroomsnelheden in en de geringe golfimpact op de Grevelingenbuitendelta zijn ons inziens essentieel verklarend voor de rijkdom van het gebied. Blijkbaar is dit stroomregime geschikt om passief getransporteerde organismen als tongeieren en makrobenthoslarven te concentreren. Ook zijn het vermoedelijk deze karakteristieken die de sterkere sedimentatie van phytaal materiaal toelaten. De aasgarnalen, die qua biomassa de belangrijkste vertegenwoordigers zijn van het permanente hyperbenthos, en die zo cruciaal zijn in het voedsel van juveniele demersale vissen, zullen vermoedelijk ook deels hierdoor naar dit gebied aangetrokken worden.

II.4.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters

Over het algemeen zijn er vnl. negatieve correlaties tussen het hyperbenthos en de abiotische parameters. Hierna volgt voor de belangrijkste groepen een kort overzicht van deze correlaties.

Makrobenthoslarven (vnl. aulophoralarven van de schelpkokerworm *Lanice conchilega*) zijn positief gekorreleerd met minimale stroomsnelheid en negatief met mediane korrelgrootte (verder afgekort als mediaan), seston-gehalte en verschil tussen maximale en minimale stroomsnelheid.

Zoëa en postlarven van de verschillende garnaalsoorten (Caridea) zijn negatief gekorreleerd met mediaan en seston. Voor de verschillende larvale stadia van heremietskreeften (Anomura) en krabben (Brachyura) kunnen we geen eenduidige correlaties leggen met de abiotische parameters.

De amphipoden zijn positief gekorreleerd met minimale stroomsnelheid en golfhoogte en negatief met mediaan, seston en chlorophylgehalte.

De aasgarnalen zijn over het algemeen licht positief gekorreleerd met slib en negatief gekorreleerd met mediaan en sestongehalte.

Sagitta elegans als enige gevangen pijlworm is positief gekorreleerd met minimale stroomsnelheid en negatief met mediaan.

Viseieren en -larven zijn negatief gekorreleerd met mediaan, seston, maximale stroomsnelheid en verschil tussen maximale en minimale stroomsnelheid.

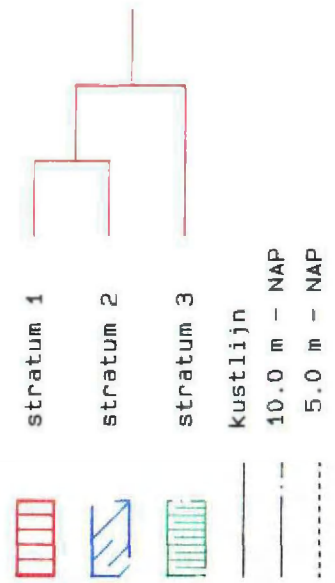
Een korrelatie van het volledige hyperbenthos toont dat het hyperbenthos van de Voordelta positief gekorreleerd is met minimale stroomsnelheid en golfhoogte en negatief met mediaan, seston en verschil tussen maximale en minimale stroomsnelheid.

II.4.3. Samenvatting

Aangezien het hyperbenthos slechts in het centrale deel van de Voordelta onderzocht werd, is de range van de bestudeerde abiotische factoren geringen dan voor de andere benthische kompartimenten. Alhoewel slibsedimentatie optreedt in de gebieden met het rijkst hyperbenthos wordt blijkbaar vooral gestructureerd door processen in de waterkolom zelf. De buitendelta van de Grevelingen is het rijkste gebied; het is beschermt tegen de golfwerking en gekenmerkt door lage stroomsnelheden. Er treedt een akkulatie op van passief getransporteerd materiaal zoals detritus en organismen als makrobenthoslarven en viseieren. Ook heeft het gebied de hoogste chlorofylgehaltes. Dit trekt aasgarnalen aan en mogelijks andere konsumenten van fytoplankton.



Onderzoeksgebied Hyperbenthos



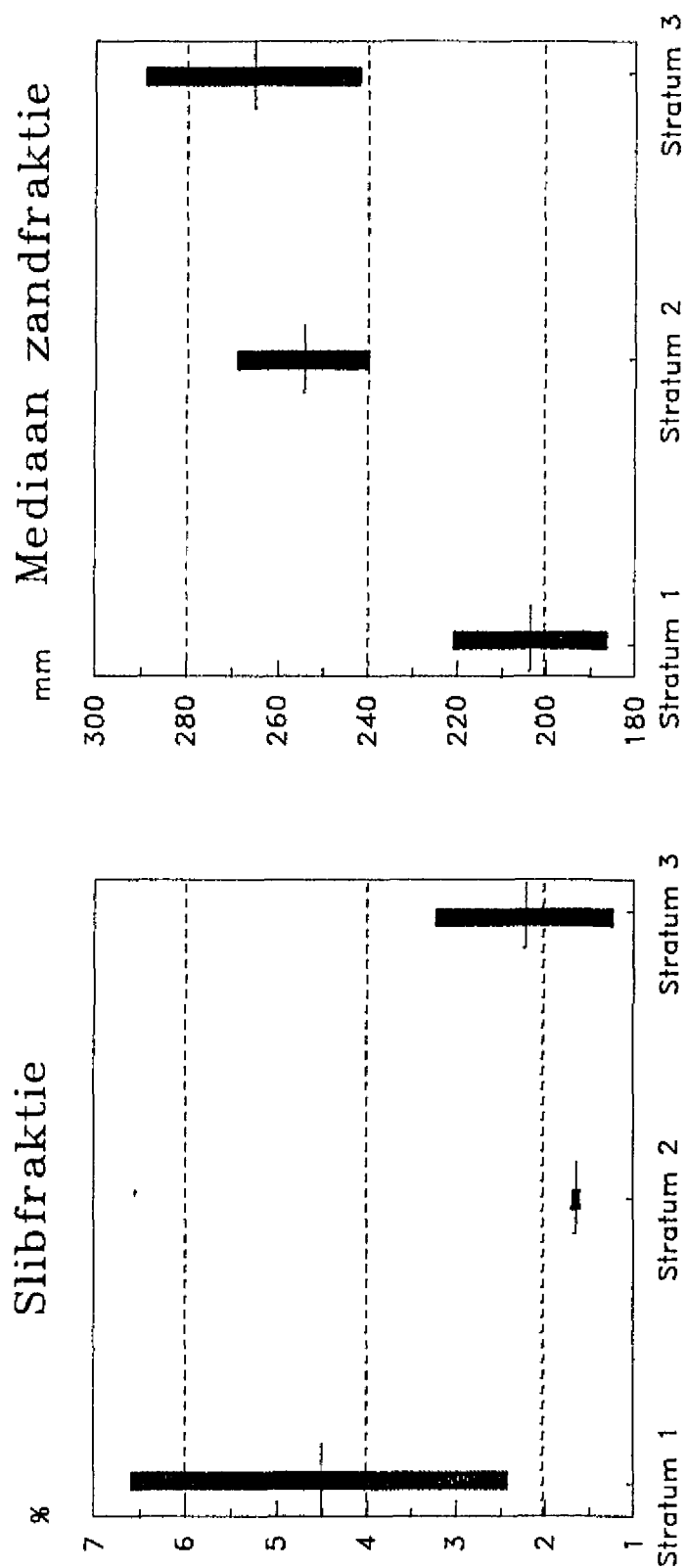
V O O R D E L T A



Figuur 18 : Kaart van de Voordelta met vermelding van de strata, die op basis van de hyperbenthos samenstelling worden onderscheiden.

Hyperbenthos Voordelta aug. '88 – jul. '89

Bodemkarakteristiek

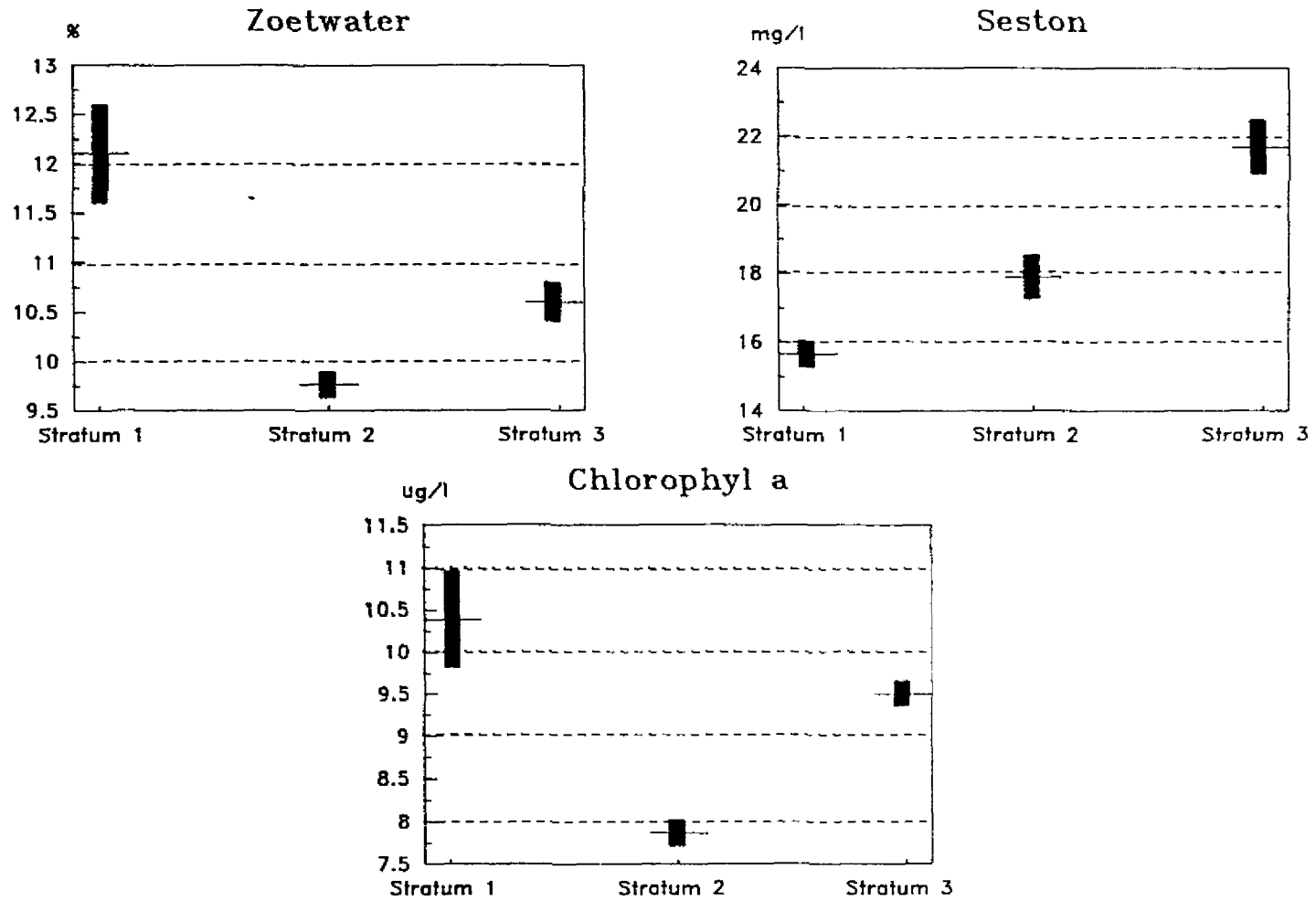


Figuur 19: Vergelijking van de hyperbenthosstrata naar slibgehalte en mediane korrelgrootte (gem. $\pm$ s.f.).

Hyperbenthos Voordelta aug. '88 – jul. '89

Waterkwaliteit

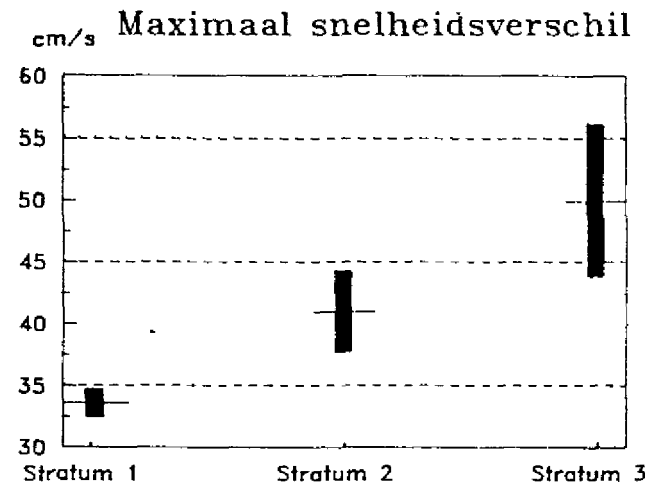
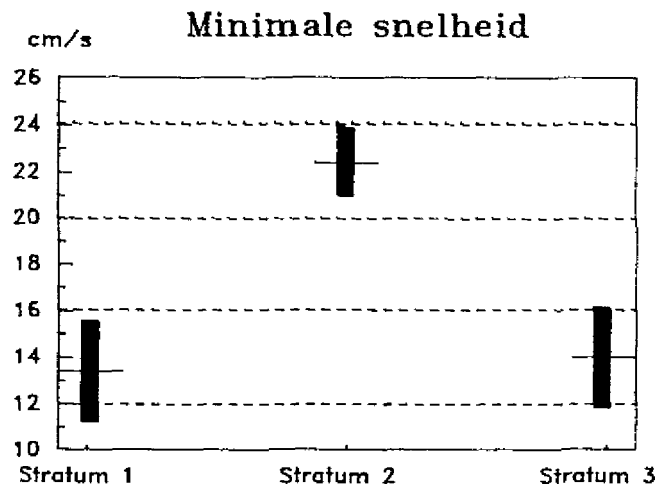
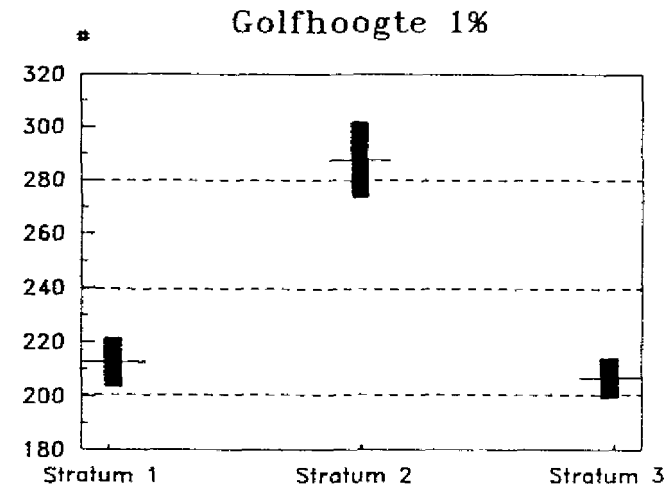
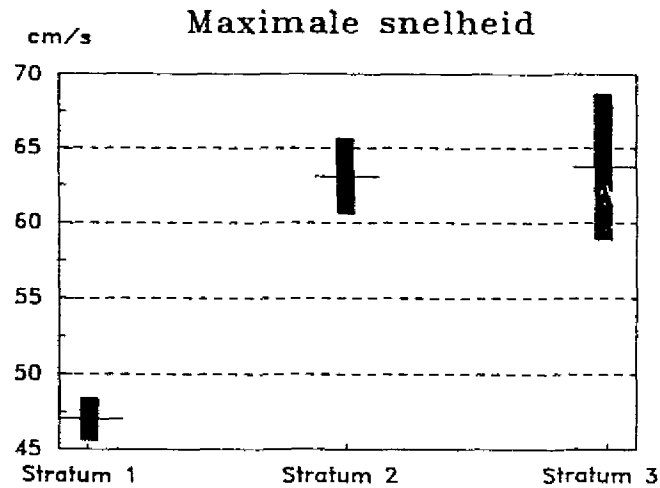
Figuur 20: Vergelijking van de hyperbenthosstrata naar seston-, zoetwater en chlorofylgehalte (gem. $\pm$ s.f.).



Hyperbenthos Voordelta aug. '88 - jul. '89

Hydrodynamiek

Figuur 21: Vergelijking van de hyperbenthosstrata naar minimale en maximale stroomsnelheid, maximaal snelheidsverschil en golfhoogte 1% (gem. $\pm$ s.f.).



II.5. Epibenthos

II.5.1. Verdeling van de abiotische parameters in relatie tot de verschillende strata of twinggroepen (= stationsgroepen gebaseerd op de faunistische gegevens)

Zoals blijkt uit de TWINSPAN analyses, op basis van gemiddelde dichtheid en biomassa, kunnen voor het epibenthos 3 (4) strata onderscheiden worden in het Voordeltagebied (fig. 22). De relatie tussen de verschillende strata en verschillende omgevingsvariabelen wordt in dit hoofdstuk gerapporteerd.

Door gebrek aan gegevens over het epibenthos van de Haringvliet, wordt dit gebied in deze discussie buiten beschouwing gelaten.

II.5.1.1. Sediment

Er is een duidelijk significant verschil tussen de 4 strata wat de slibfractie betreft. De verschillen in mediane zandkorrelgrootte zijn slechts marginaal significant, namelijk op het 10% niveau (figuur 23).

Het slibgehalte in de Grevelingen buitendelta (stratum 1a), dat ook het rijkste gebied is voor zowat alle voorkomende faunistische groepen, is duidelijk veel hoger dan in de andere strata. De rijkste delen van de geulen in de Oosterschelde buitendelta (stratum 1b) hebben een intermediair slibgehalte, lager dan in de Grevelingen buitendelta, maar duidelijk hoger dan in de andere strata: het buitenbanjaardgebied en de rest van de Oosterschelde buitendelta, die beiden zeer slibarm zijn.

De mediane korrelgrootte van het zand is het grootst in stratum 3, het zuidelijke deel van de Oosterschelde buitendelta.

II.5.1.2. Waterkwaliteit

Twee van de drie variabelen, met name het chlorofylgehalte en de zoetwaterfractie zijn net als voor het hyperbenthos zeer significant (figuur 24).

Hoge zoetwater- en chlorophylgehalten in de Grevelingen buitendelta staan tegenover een hoger gehalte aan zwevende stof in de andere strata. Dat er duidelijke verschillen zijn tussen stratum 1b, de geulen en plaatkanten rond het Noordland, en stratum 1a, het Brouwerhavense Gat, wordt ook hier aangetoond.

II.5.1.3. Hydrodynamiek

Naast de bodemkarakteristieken tonen ook de hydrodynamische variabelen aan dat de Grevelingen buitendelta (stratum 1a) vrij stabiel is: de laagste stroomsnelheden, laagste orbitaalsnelheden en geringste golfhoogtes werden er genoteerd (figuur 25). Stratum 1b heeft intermediaire karakteristieken: een lage orbitaalsnelheid en golfhoogte, dus vrij beschut, maar hoge minimale stroomsnelheid, dus toch vrij dynamisch.

De rest van de Oosterschelde buitendelta, stratum 3 wordt duidelijk als dynamisch gebied gekenmerkt door de hoogste maximale en lage minimale stroomsnelheden en een vrij hoge orbitaalsnelheid aan de bodem.

Stratum 2, de buitenplaten van de Banjaard, wordt door de hoogste golfhoogtes en orbitaalsnelheden aan de bodem gekenmerkt als een sterk geëxposeerd gebied.

II.5.1.4. Diskussie

De lage stroomsnelheden en de beschutting tegen de golfwerking in de Grevelingen buitendelta zorgen ervoor dat slib er gemakkelijk kan sedimenteren. Het hoge slibgehalte blijkt goed gekorreleerd te zijn met hoge dichtheden aan juveniele platvissen in het gebied. Ook de zeer hoge dichtheden aan zeesterren en garnalen zijn ongetwijfeld sterk gekorreleerd met de rijkdom aan makro-, meio- en hyperbenthos in dit gebied als gevolg van deze abiotische karakteristieken. Het feit dat de reeds met slib aangerijkte delen van de Oosterschelde buitendelta een gelijkaardige, zij het wat armere fauna hebben (stratum 1b), ondersteunt de hypothese dat slibgehalte en "biologische rijkdom" sterk gekorreleerd zijn. Dit is echter enkel het geval binnen de range van slibgehaltes, gekombineerd met een redelijke waterkwaliteit, zoals geobserveerd in dit deelgebied van de totale Voordelta. Inderdaad het zeer sterk vervuilde en zeer slibrijke gebied voor Zeebrugge heeft vanuit marien biologisch standpunt woestijnkarakteristieken.

Het hydrodynamisch regime in de Grevelingen buitendelta zorgt er ook voor dat de eieren, postlarven en juvenielen van vele demersale vissoorten zoals tong en kabeljauwachtigen, d.m.v. passieve "larval drift" binnenkomen in het Grevelingengebied. Ook postlarven die min of meer actief migreren zoals schol, en vermoedelijk ook schar, zullen in het gebied terecht komen. Het mechanisme bij deze platvissen is, dat als ze een lege maag hebben ze zich laten meevoeren met de stroom, terwijl ze met een volle maag blijven liggen waar ze zijn. Zo blijven ze uiteindelijk in de gebieden met het beste voedselaanbod. Uit de studie van alle onderzochte faunagroepen blijkt dit de Grevelingen buitendelta te zijn.

Het hoge chlorophylgehalte in stratum 1a en het belang van de sedimentatie van het phytoplankton voor het hyperbenthos en het makrobenthos zijn positief gekorreleerd met het belang van beide faunagroepen voor het epibenthos.

Het buitenbanjaardgebied (stratum 2) wijkt van de andere twee strata af door een sterke golfwerking. Dat dit gebied armer is qua epibenthische soortenrijkdom, maar zeker ook qua dichtheid en biomassa, is te wijten aan het feit dat de sterke golfwerking en het voortdurend zandtransport ongunstig zijn voor de vestiging van benthische organismen. Dit betekent dat epibenthische soorten die makrobenthoseters zijn, bvb. platvissen, in het gebied onvoldoende voedsel vinden. Toch kent dit dynamische gebied een hoge dichtheid aan zandspiering (Ammodytes tobianus). De juvenielen van deze soort zijn een zeer belangrijke prooi voor vogels, zoals bijvoorbeeld de grote stern (Sterna sandvicensis). De adulte zandspiering is dan weer een belangrijke prooi voor grotere vispredatoren, zowel vogels als vissen. Ook de kleine pieterman (Trachinus vipera) is blijkbaar een soort die enkel in een dergelijk dynamisch gebied kan gedijen.

In stratum 3, het zuidelijk deel van de Oosterschelde buitendelta en de zone die het dichtst bij de stormvloedkering gelegen is, is het verschil tussen maximale en minimale stroomsnelheid het grootst. Door deze sterke dynamiek krijgen slib en phytoplankton meestal geen kans om te sedimenteren. De zandspiering (Ammodytes tobianus) komt ook in dit dynamische gebied vrij veel voor. Het gebied is in absolute cijfers arm. In relatieve cijfers blijken de grijze garnaal (Crangon crangon) en lozano's grondel (Pomatoschistus lozanoi) het best opgewassen tegen de sterke dynamiek.

II.5.2. Correlaties abiotische parameters - biologische parameters

Voor het epibenthos zijn de correlaties per groep vrij eenduidig en zijn er meestal evenveel positieve als negatieve correlaties.

Kabeljauwachtigen, grondels en platvissen hebben ongeveer dezelfde correlaties. De drie groepen zijn positief gekorreleerd met slib en chlorophylgehalte. Kabeljauwachtigen zijn daarbij nog negatief gekorreleerd met golfhoogte en orbitaalsnelheid aan de bodem (verder afgekort als orbitaal). Grondels zijn nog negatief gekorreleerd met mediaan, maximale stroomsnelheid en seston. Platvissen zijn eveneens nog negatief gekorreleerd met maximale stroomsnelheid, golfhoogte en orbitaal.

Zandspiering (*Ammodytes tobianus*), smelt (*Hyperoplus lanceolatus*) en kleine pieterman (*Trachinus vipera*) als belangrijkste vissoorten van het dynamische Banjaardgebied, zijn de tegenpolen van de vorige groepen: positieve correlaties met minimale stroomsnelheid, golfhoogte en orbitaal staan tegenover negatieve correlaties met slib en chlorophyl.

Het ongewervelde epibenthos sluit terug aan bij de eerste groepen vissen: volwassen krabben, garnalen en zeesterren (*Asterias rubens*) zijn positief gekorreleerd met slib, en chlorophyl en negatief met maximale stroomsnelheid en orbitaal. Krabben zijn daarbij nog negatief gekorreleerd met mediaan en seston, garnalen negatief met minimale stroomsnelheid en golfhoogte en zeesterren negatief met mediaan en golfhoogte.

Zoals blijkt uit de afzonderlijke groepen, mogen we wel een correlatie maken voor het totale epibenthos, rekening houdend dat er toch een aantal soorten zijn die helemaal tegenovergestelde correlaties hebben zoals bijvoorbeeld zandspiering en griet (*Scophthalmus rhombus*).

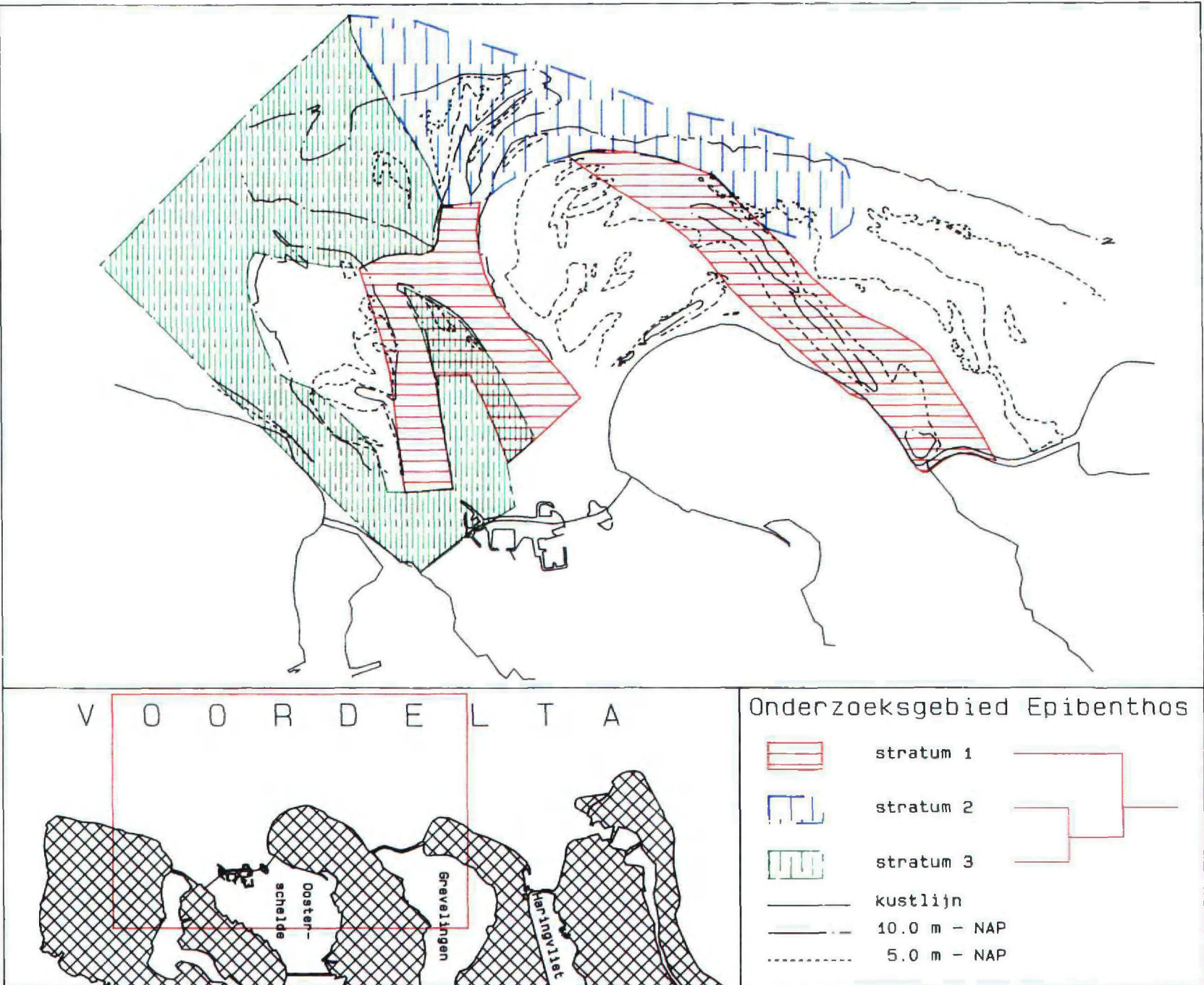
Het totale epibenthos is positief gekorreleerd met slib en chlorophylgehalte en negatief met maximale en minimale stroomsnelheden, golfhoogte en orbitaalsnelheid aan de bodem. Het gros van het epibenthos verkiest dus dezelfde abiotische omstandigheden als een groot deel van het hyperbenthos, dat als belangrijke voedselbron van dit epibenthos wordt beschouwd.

Naar ons gevoel heeft de positieve correlatie met het gehalte aan zoetwater geen enkele relevante betekenis, vermits uit de "Luctor" gegevens blijkt dat de saliniteit bij elke bemonstering homogeen was over het gehele onderzochte gebied. Ook het belang van de parameter "diepte" is uit dit onderzoek niet in te schatten.

Uit alle correlaties kunnen we besluiten dat slib, chlorophyl en minimale stroomsnelheid (+ ev. zoet en diepte) als abiotische parameters bijna altijd samengaan, terwijl mediaan, seston, golfhoogte, orbitaalsnelheid en maximale stroomsnelheid tesamen daartegenover staan.

II.5.3. Samenvatting

Het epibenthos is in het onderzochte deel van de Voordelta sterk gekorreleerd met dezelfde karakteristieken die de rijkdom aan meio-, makro- en hyperbenthos bepalen. Het voedselaanbod is vermoedelijk de belangrijkste faktor die concentraties van mobiele dieren zoals platvissen, zeesterren en garnalen bepaalt. In de meer dynamische gebieden leeft een karakteristieke fauna met vooral zandspiering.

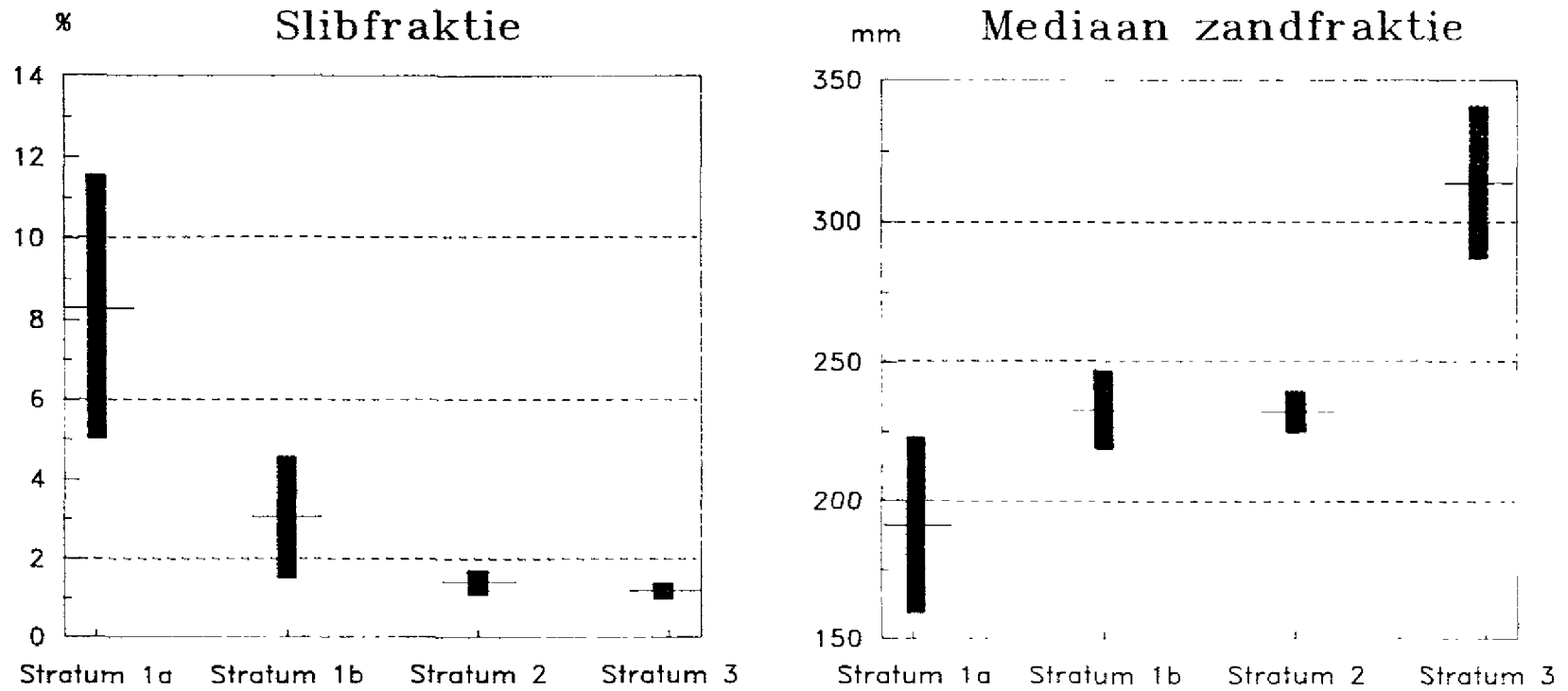


Figuur 22 : Kaart van de Voordelta met vermelding van de strata, die op basis van de epibenthos-samenstelling worden onderscheiden.

Epibenthos Voordelta mei '88 – april '89

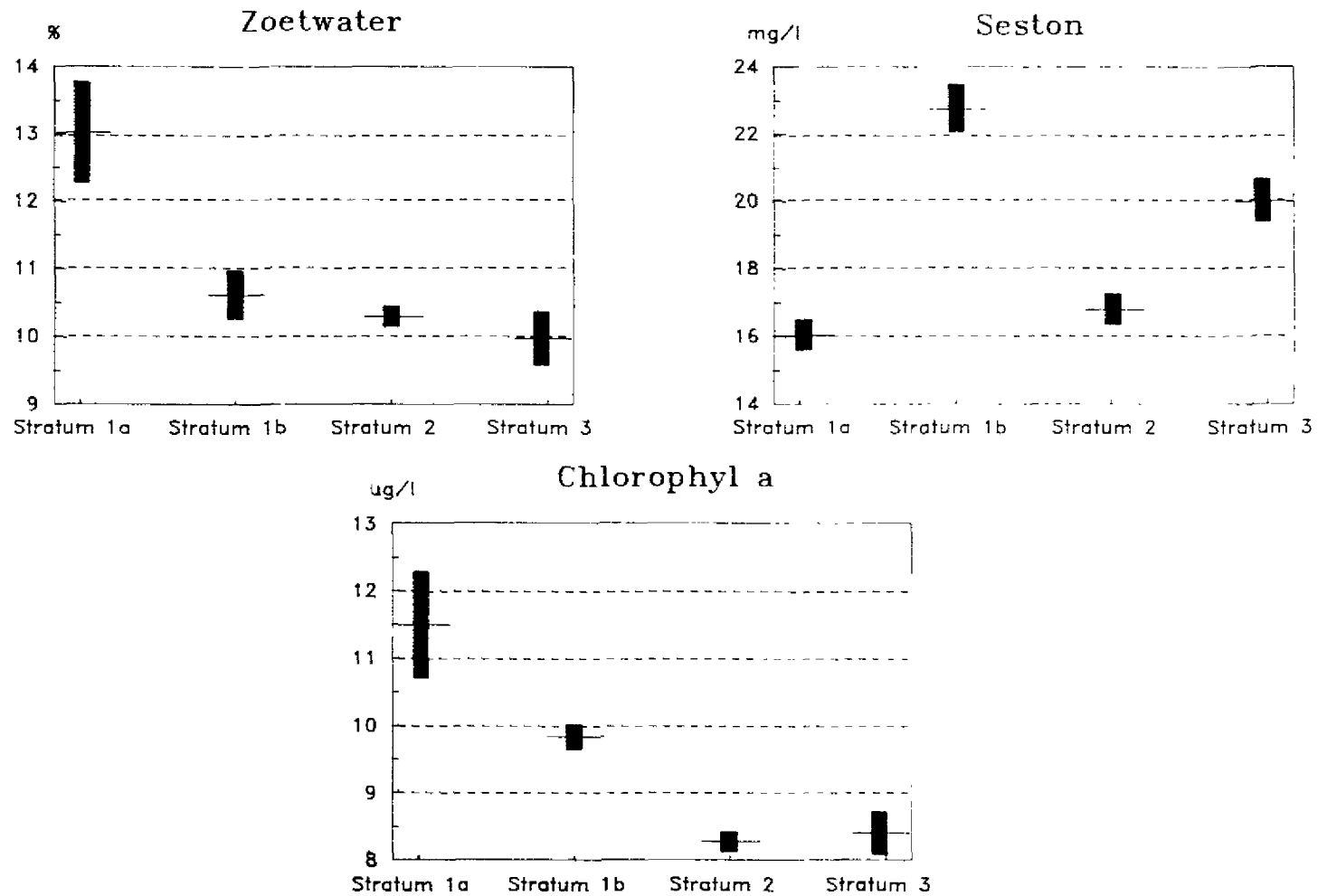
Bodemkarakteristiek

Figuur 23: Vergelijking van de epibenthosstrata naar slijbgehalte en mediane korrelgrootte (gem. $\pm$ s.f.).



Epibenthos Voordelta mei '88 -- april '89 Waterkwaliteit

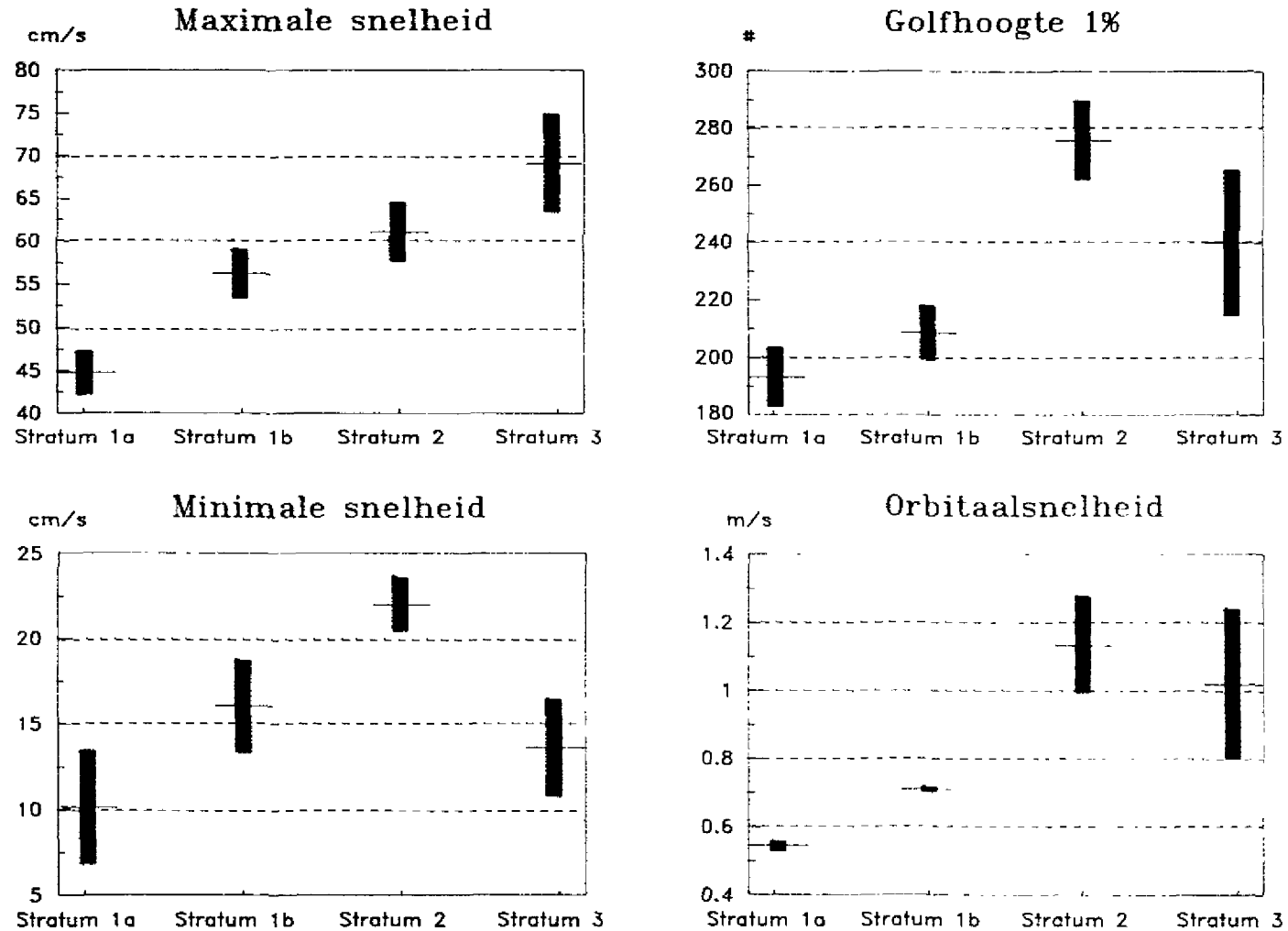
Figuur 24: Vergelijking van de epibenthosstrata naar seston-, zoetwater en chlorofylgehalte (gem. $\pm$ s.f.).



Epibenthos Voordelta mei '88 – april '89

Hydrodynamiek

Figuur 25: Vergelijking van de epibenthosstrata naar minimale en maximale stroomsnelheid, maximale snelheidsverschil en golfhoogte 1% (gem. $\pm$ s.f.).



III. Habitatspreferenties van de dominante soorten

III.1. Inleiding

In hoofdstuk II is de relatie tussen de structuur en de soorten-samenstelling van de gemeenschappen en de aard van hun habitat beschreven. We kunnen aldus voor elk habitatstype, dat binnen een bepaald studiegebied wordt onderscheiden, een min of meer typische soorten-associatie beschrijven.

Daarnaast kan nu de vraag gesteld worden in hoeverre voorspellingen kunnen gedaan worden over de aanwezigheid van bepaalde soorten in een gegeven habitatstype, zodat eventuele afwijkingen op deze voorspellingen een maat zijn (1) voor het dominant effect van andere factoren dan diegene die in de oorspronkelijke habitatsomschrijving zijn beschouwd, of (2) voor kort- of langdurige veranderingen in het habitat.

Voor de berekeningswijze verwijzen we naar Vanreusel (1989). Het volstaat hier te zeggen dat 1) de omgevingsvariabelen onderverdeeld werden in een aantal klassen, en 2) de berekeningen enkel gebaseerd zijn op het voorkomen van een soort, onafhankelijk van het aantal individuen die deze soort vertegenwoordigen. De resultaten zijn voorgesteld in histogrammen waarin per klasse het aantal monsters waarin een bepaalde soort voorkomt, uitgedrukt als een percentage van het totaal aantal monsters waarin deze soort voorkomt, gegeven wordt. Volgende klasse-indelingen werden gebruikt.

diepte	klasse 1: $\leq 5\text{m}$ klasse 2: $>5\text{m}$ en $\leq 10\text{m}$ klasse 3: $>10\text{m}$ en $\leq 15\text{m}$ klasse 4: $>15\text{m}$
mediane korrelgrootte	klasse 1: $\leq 200\mu\text{m}$ klasse 2: $>200\mu\text{m}$ en $\leq 250\mu\text{m}$ klasse 3: $>250\mu\text{m}$ en $\leq 300\mu\text{m}$ klasse 4: $>300\mu\text{m}$
slibgehalte	klasse 1: $\leq 2\%$ klasse 2: $>2\%$ en $\leq 6\%$ klasse 3: $>6\%$ en $\leq 15\%$ klasse 4: $>15\%$
grintgehalte	klasse 1: $=0\%$ klasse 2: $>0\%$ en $\leq 2\%$ klasse 3: $>2\%$
sortering	klasse 1: $\leq .30$ klasse 2: $>.30$ en $\leq .35$ klasse 3: $>35\%$

Enkel voor de infauna hebben we voldoende gegevens om deze analyse uit te voeren.

III.2. Het meiobenthos

III.2.1. Sediment

De relatie tussen de structuur en de soortensamenstelling van sublittorale nematodengemeenschappen en de aard van het substraat wordt uitgebreid geïllustreerd in de literatuur (Heip *et al.*, 1985). Voor elk sedimenttype, dat binnen een bepaald studiegebied wordt onderscheiden, kan een min of meer typische soortenassociatie beschreven worden. De gemeenschappen, die algemeen zijn in slib tot zeer slibrijk zand, van zowel brakke als mariene milieus, vormen zelfs een uitgesproken voorbeeld van parallelisme tussen mariene nematodengemeenschappen. Volgens verscheidene auteurs is bijvoorbeeld de relatieve abundantie van Sabatieria punctata positief gekorreleerd met de slibfractie, terwijl Sabatieria celtica subdominant is in slibrijk zand, en eerder zeldzaam voorkomt in slib en zuiver zand. Samengevat worden er over een gradiënt van zuiver slib tot slibrijk zand verschillende types slibgemeenschappen gevonden, waarvoor de dominantie van het genus Sabatieria de meest opvallende eigenschap is.

In de Voordelta worden er binnen de slibrijke geulen drie types Sabatieria - gemeenschappen onderscheiden (zie soortensamenstelling TWIN 3, 4a en 4b in deelnota 1).

Bij een kleine slib/klei-fractie is de nematodenfauna meer heterogeen (daar in dergelijk habitat meer niches aanwezig zijn). Medium zand en/of minder goed gesorteerde, grintrijke sedimenten zijn dikwijls gekenmerkt door de dominantie van de nematodenfamilies Chromadoridae (Dichromadora, Prochromadorella, Hypodontolaimus) en de subdominantie van Desmodoridae (Onyx, Sigmaphoranema). In goed gesorteerde fijnzandige sedimenten zijn naast de Desmodoridae ook nog Linhomoeidae (Eleutherolaimus), Xyalidae (Daptonema, Metadesmolaimus, Theristus) en Tripyloididae (Bathylaimus) dominant.

In de Voordelta worden drie soorten zandgemeenschappen onderscheiden die de genoemde preferenties illustreren.

Verder kan opgemerkt worden dat, niettegenstaande de Voordelta een heterogeen en onstabiel gebied is, gekenmerkt door verscheidene brede omgevingsgradiënten (hydrodynamiek, waterkwaliteit,...), de relatief beperkte sedimentologische gradiënt het meest uitgesproken gekorreleerd is met verschuivingen in de structuur en de samenstelling van de nematodengemeenschappen. Het sediment is waarschijnlijk de meest representatieve parameter voor het gezamenlijke effect van alle mogelijke habitatsdimensies die de uiteindelijke structuur van een gemeenschap bepalen.

Deze vaststellingen hebben nu geleid tot de hypothese dat op basis van de verzamelde gegevens in de Voordelta en over andere sublittorale gebieden, voorspellingen kunnen gedaan worden over de aanwezige nematodensoorten, op voorwaarde dat het sedimenttype gekend is, zodat eventuele afwijkingen op deze voorspellingen een maat zijn voor kort- en langdurige veranderingen in het habitat. Daarom werd het habitat van de meest abundante soorten van de Voordelta beschreven aan de hand van hun verspreiding over verschillende horizontale sedimentologische gradiënten (Vanreusel, 1989). Daarvoor werd elk van de granulometrische gradiënten onderverdeeld in een drie- tot viertal klassen. Per soort is voor elke klasse berekend in welke mate (%) deze soort aanwezig is. Deze resultaten zijn voorgesteld in histogrammen (figuur 26). Op deze manier krijgen we een idee van het type habitat waarvoor elke soort karakteristiek is, en van de mate waarin een soort aan een bepaald sedimenttype is gebonden.

(eurytope of algemeen verspreide soorten, en stenotope of in hun verspreiding beperkte soorten).

Voor een groot deel van de stenotope soorten is de grootte van de slibfractie een limiterende factor. De verspreiding van deze soorten is steeds beperkt tot een sediment met minder dan 6 % slib. Typische soorten voor slibarme sedimenten zijn bijvoorbeeld Daptonema stylosum, Gonionchus longicaudatus en Enoplolaimus propinquus. Daartegenover staat dat het grootste deel van de eurytope soorten wordt gekenmerkt door een affiniteit voor slibrijk zand of minder goed gesorteerde sedimenten. Eurytope soorten of generalisten zijn immers toleranter en beter aangepast aan onstabiele en stresserende milieu-omstandigheden, die vaak, en zeker in de Voordelta, met dergelijke substraatstypes zijn geassocieerd. Algemeen voorkomende soorten in de Voordelta, die een affiniteit vertonen voor de meest slibrijke sedimenten, zijn bijvoorbeeld Ascolaimus elongatus en Sabatieria celtica. Deze soorten zijn dikwijls dominant in de slibrijke geulen.

II.2.2. Waterkwaliteit

Dat de saliniteitsredukatie ter hoogte van de Haringvliet de meest waarschijnlijke verklaring is voor de relatief unieke soortensamenstelling van station 3 (= TWIN 2) wordt aangetoond door de soortensamenstelling van de aanwezige gemeenschappen. Ongeveer de helft van de indicatorsoorten van TWIN 2 zijn euryhalien met een verspreiding tot 11 pro mille en zelfs 0.5 pro mille (Heip et al., 1985).

Volgens verschillende auteurs zijn meiobenthische gemeenschappen zowel structureel, numeriek als functioneel georganiseerd in relatie tot de voedselrijkdom van hun milieu, meer bepaald de hoeveelheid beschikbaar organisch materiaal en microphytobenthos (hier bepaald als het chlorofyl-a-gehalte). Bovendien wordt de korrelatie van de soortensamenstelling met andere abiotische factoren zoals de grootte van de interstitiën en de slibfractie grotendeels verklaard aan de hand van de relatie tussen sedimentologische eigenschappen en het voedselaanbod.

In de Voordelta wordt er een verband gevonden tussen enerzijds de reproductiestrategie van de dominante soorten en de grootte en continuïteit van het voedselaanbod (chlorofyl a). Bij een voedseltekort overleven vooral soorten met een kleine groei-ratio en een kleine reproductieactiviteit; terwijl bij voldoende voedsel vooral r-strategisten met een snelle groei en een grote reproductie-activiteit aanwezig zijn.

Zo zijn de stations van TWIN 4b (station 55 en 46, in de zeewaartse uitloper van de Oosterscheldemonding), waar het chlorofyl a gehalte lager is dan in alle overige stations van de Voordelta, gekenmerkt door de dominantie (zowel kwantitatief als kwalitatief) van Thoracostomopsidae sp. en Oncholaimidae sp. (Metoncholaimus scanicus, Enoploides spiculohamatus, Enoplolaimus propinquus, E.denticulatus, Oncholaimellus calvadosicus, Oxyonchus dentatus), van grote predatorische soorten (Onyx perfectus, Sigmaphoranema rufum) of van andere conservatieve soorten zoals Sabatieria punctata. Experimenteel en veldonderzoek heeft aangetoond dat deze (meestal grote) soorten een konservatieve reproductiestrategie vertonen: hun levenscyclus kan van enkele maanden tot een jaar duren, en hun produktie bedraagt slechts 25 eieren per wijfje gemiddeld. Algemeen zouden grotere nematoden een kleinere reproductiepotentiaal hebben dan kleine soorten (Heip et al., 1985).

In de stations van TWIN 1a (de meeste ondiepe platen) behoren 50 % van de differentiële soorten (meestal kleine soorten) tot de Xyalidae of de Cyatholaimidae. Op de najaarscampagnes van de stations 25, 28 en 39 na, zijn deze families steeds dominant. De levenscycli van deze families zijn in vergelijking tot die van de bovenstaande families (zie TWIN 4b) veel korter (1 tot 2 maanden), terwijl hun reproductiepotentiaal groter is. In

de stations van TWIN 1a worden tevens, wat de Voordelta betreft, de hoogste chlorofyl a waarden gevonden.

II.2.3. Hydrodynamiek

De verspreiding van soorten is niet alleen gebonden aan een bepaalde range van omgevingsfactoren; hun distributie wordt ook beïnvloed door de amplitude en de voorspelbaarheid van fluktuaties van omgevingsfactoren. De belangrijkste fluktuaties in de Voordelta zijn een gevolg van de wisselende stroomsnelheden.

In de Wielingen (buitendelta Westerschelde) zijn de fluktuerende stroomsnelheden geassocieerd met slibakkumulaties. Door de sterkere stromingen kunnen grotere hoeveelheden slib worden getransporteerd. Op het moment dat de stroomsnelheid afneemt tot beneden een bepaalde kritische waarde, wordt het slib op de bodem afgezet. In de Voordelta zijn deze onstabiele sliblagen gekenmerkt door een zeer karakteristieke fauna met Daptonema tenuispiculum, Ascolaimus elongatus en Sabatieria punctata als dominante soorten. Dit zijn zeer tolerante, mobiele en dus eurytope soorten en vandaar ook aangepast aan dergelijke onstabiele milieus.

III.3. Het makrobenthos

Als soorten voor verdere studie zijn de kensoorten genoemd in deelnota 1 genomen: de anneliden Spio filicornis, Magelona papillicornis, Anaitides mucosa, Nephtys hombergi, Nephtys cirrosa, Heteromastus filiformis, Nereis longissima, Spiophanes bombyx, Pectinaria koreni en Lanice conchilega; de mollusken Spisula subtruncata, Tellina fabula, Abra alba en Mysella bidentata; de crustaceeën Bathyporeia sp. en Urothoe poseidonis.

In vorig hoofdstuk bleek dat vooral sediment (slibgehalte, mediane korrelgrootte van zandfractie) en diepte belangrijke omgevingsvariabelen zijn. Daarom wordt hier enkel voor deze drie variabelen een eventuele preferentie voor een bepaalde klasse nagegaan. In figuren 27, 28 en 29 zijn de preferenties ten opzicht van deze factoren weergegeven.

Op basis van de aard van hun preferentie voor een bepaalde diepte kunnen we de bestudeerde soorten als volgt indelen:

- soorten die voornamelijk beperkt zijn tot ondiepe gebieden (Heteromastus filiformis);
- soorten waarvan, tot een diepte van 15m, hun verspreiding toeneemt met de diepte (Nereis longissima, Abra alba, Pectinaria koreni);
- soorten die hun grootste verspreiding hebben in de zone van 5-10m; hiertoe behoren alle overige soorten; ze kunnen verder ingedeeld worden in:
 - soorten die verder eenzelfde affiniteit hebben voor de minder diepe en diepere zone (S. subtruncata);
 - soorten die verder hun grootste verspreiding hebben in de zone 10-15m (S. filicornis, M. papillicornis, A. mucosa, N. hombergi, T. fabula, U. poseidonis, S. bombyx, M. bidentata, L. conchilega);
 - soorten die verder hun grootste verspreiding hebben in de zone 0-5m (N. cirrosa, Bathyporeia sp.).

Op basis van hun preferenties voor een bepaalde zandfractie kunnen we volgende soorten onderscheiden:

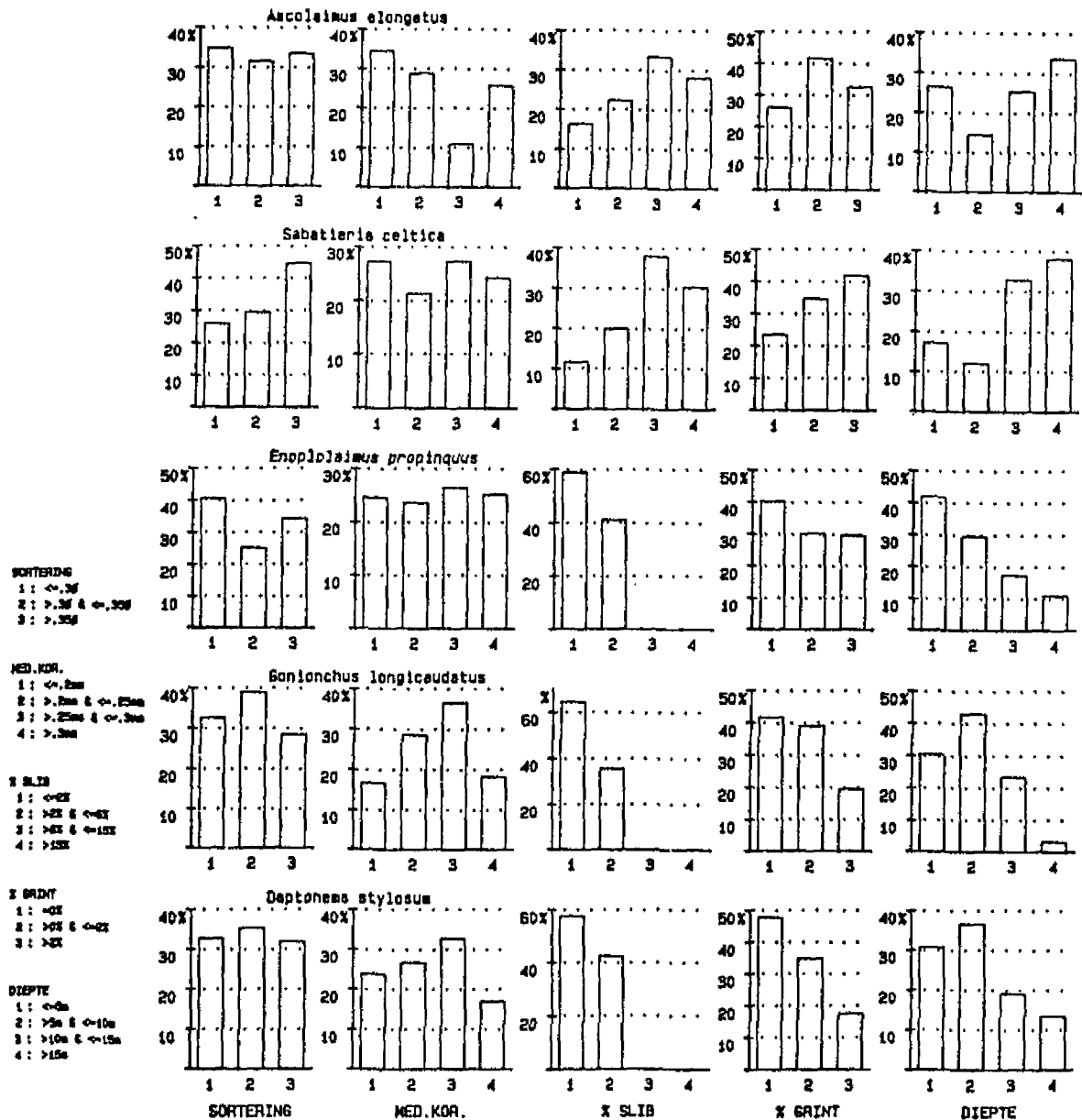
- soorten met slechts een lichte affiniteit voor een bepaalde klasse (met name voor de klasse 200-250 μ) (N. cirrosa, Bathyporeia sp.);
- soorten die praktisch beperkt zijn tot de fijnste zanden (Heteromastus filiformis);
- soorten die de hoogste verspreiding hebben in de fijne zanden (tot 250 μ), met een voorkeur voor de fractie tot 200 μ (alle overige soorten).

Op basis van hun al of niet aanwezig zijn in sedimenten met een verschillend slibgehalte, kunnen we volgende indeling maken:

- soorten die niet echt gebonden zijn aan een bepaald slibgehalte, maar toch de hoogste affiniteit hebben voor sedimenten met slibgehaltes tussen 2 en 6% (H. filiformis, A. alba, P. koreni, M. bidentata);
- soorten voornamelijk verspreid in sedimenten met slibgehaltes kleiner dan 6%, en een lichte voorkeur voor de klasse 2-6% (T. fabula, L. conchilega);
- soorten voornamelijk tot bijna uitsluitend voorkomend in sedimenten met slibgehaltes kleiner dan 6%, en met een voorkeur voor de slibarmste zanden (de overige soorten).

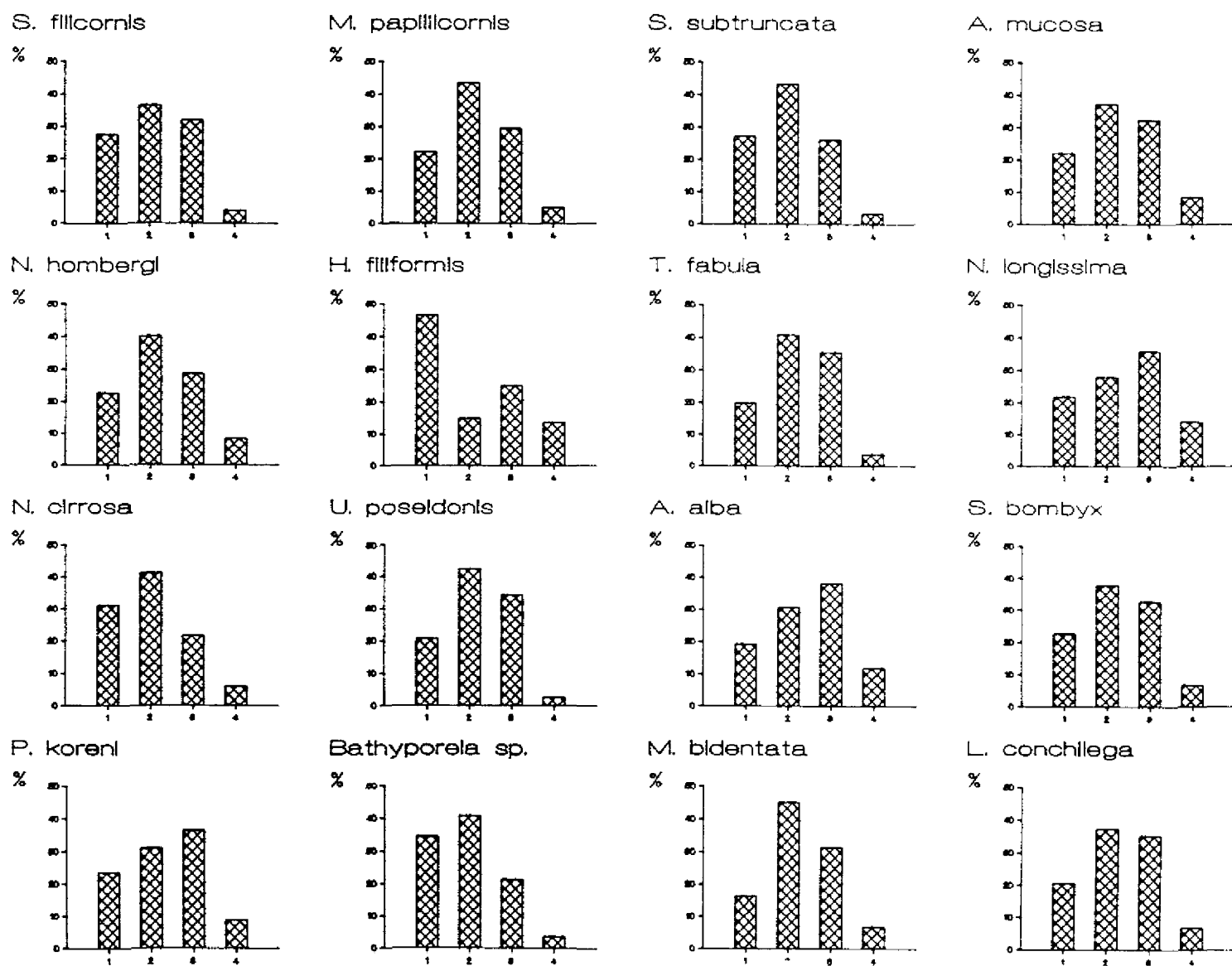
Deze habitatspreferenties kunnen, gekombineerd met de verdeling van de onderscheiden klassen per stratum (fig. 30), mede een idee geven over het waarom van voorkomen van een bepaalde soort in een bepaald stratum. Zo kunnen we de lage dichtheid van bijv. Nephtys hombergi in stratum 5 deels wijten aan het feit dat Nephtys hombergi vooral een voorkeur heeft voor de diepteklassen 2 en 3 en slibklassen 1 en 2, en dat in stratum 5 vooral diepteklasse 1 en slibklasse 4 voorkomt. Heteromastus filiformis heeft een voorkeur voor slibrijke ondiepe sedimenten, en heeft zijn grootste dichtheid in stratum 5. Bathyporeia sp., met voorkeur voor ondiepe gebieden met lage slibgehalten, heeft de hoogste dichtheden in stratum 1 en 2. Stratum 3, met vooral fijne zanden met 2-6% slib en dieptes tussen 5 en 15 m, maakt dat soorten als Lanice conchilega (habitatspreferenties: voorkeur voor diepteklassen 2 en 3, voor slibklasse 2 en mediane korrelgrootte klasse 1) er hun hoogste dichtheid hebben. Hetzelfde geldt voor o.a. Spisula subtruncata en Spiophanes bombyx. Niet bij alle soorten ligt de relatie echter even duidelijk. Dit is toe te schrijven aan o.a. het feit dat ook factoren als competitie en predatie de dichtheid bepalen, en dat mogelijks ook andere abiotische karakteristieken dan de drie in dit hoofdstuk meegenomen, van invloed zijn op de verspreiding van de soort.

Habitatspreferenties Nematoda

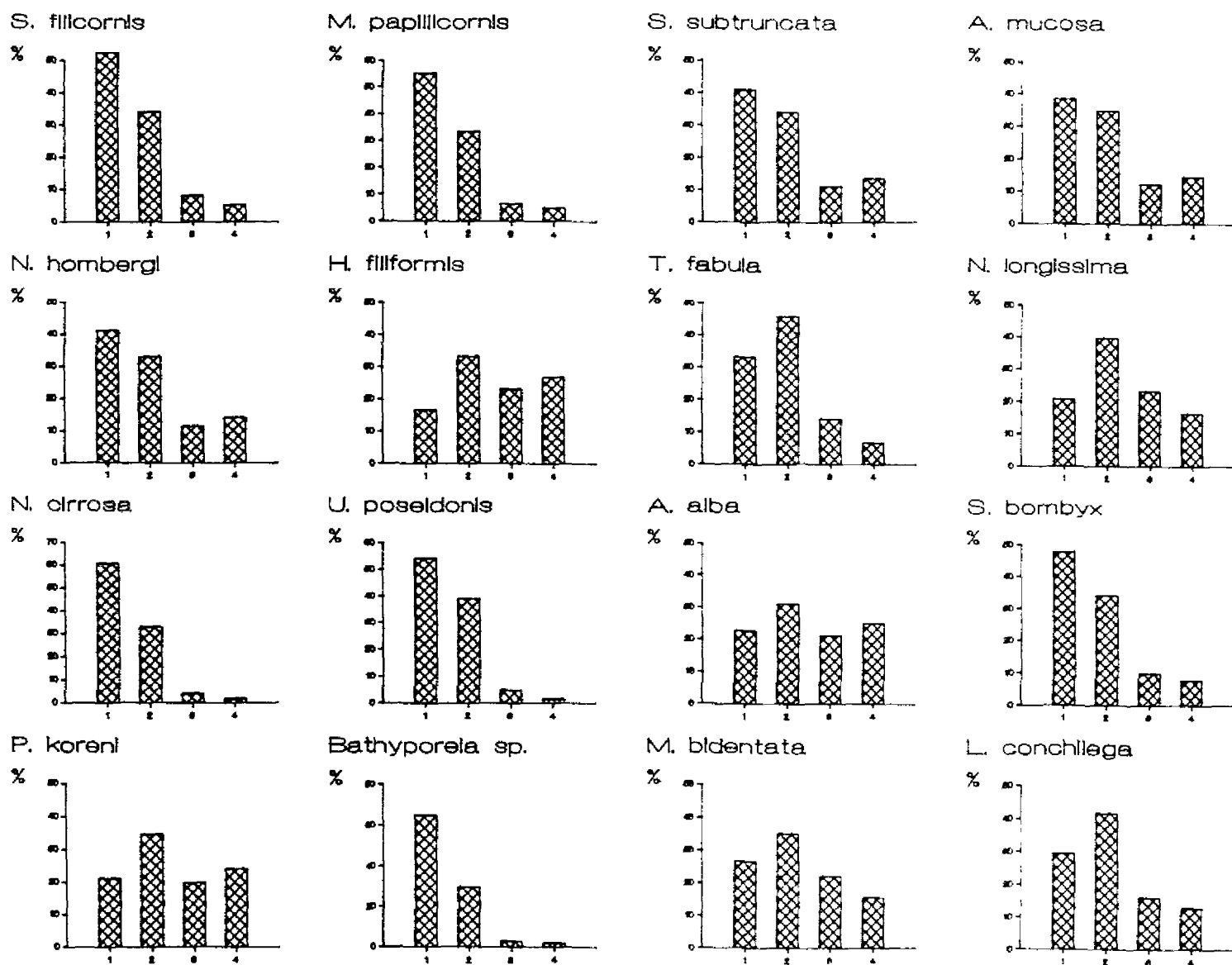


Figuur 26: Habitatspreferentie van vijf dominante nematodensoorten in de Voordelta. Voor elke sedimentologische gradiënt (sortering, mediane korrel, slib%, grint%), diepte en elke grootteklasse is het aantal replica's gegeven waarin de soort aanwezig is, uitgedrukt als een percentage van het totaal aantal replica's waarin de soort aangetroffen wordt en aannemende dat al de geanalyseerde replica's gelijkmatig over de klassen verdeeld zijn.

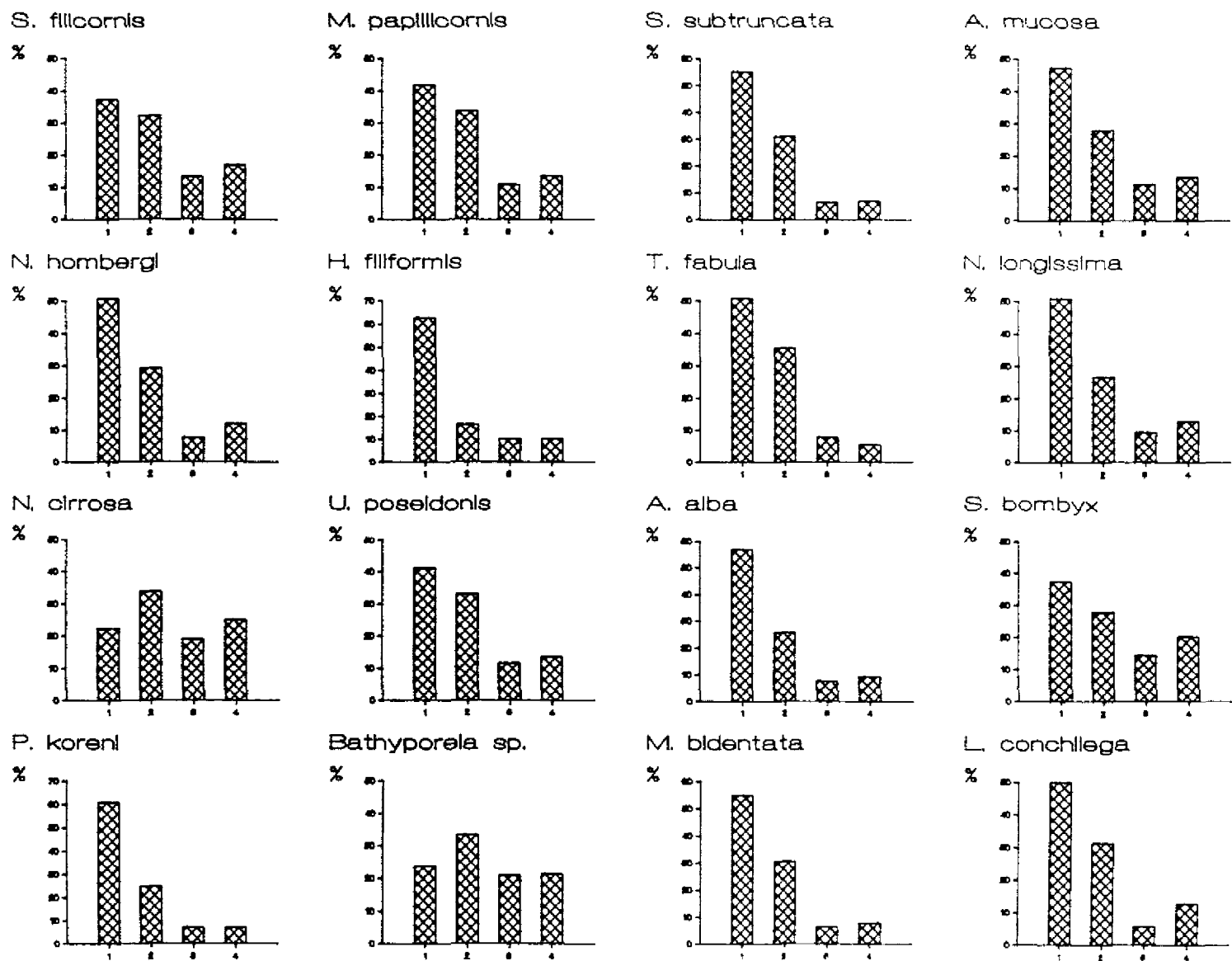
Figuur 27: Habitatspreferentie (diepte) van enkele dominante makrobenthos-soorten in de Voordelta.

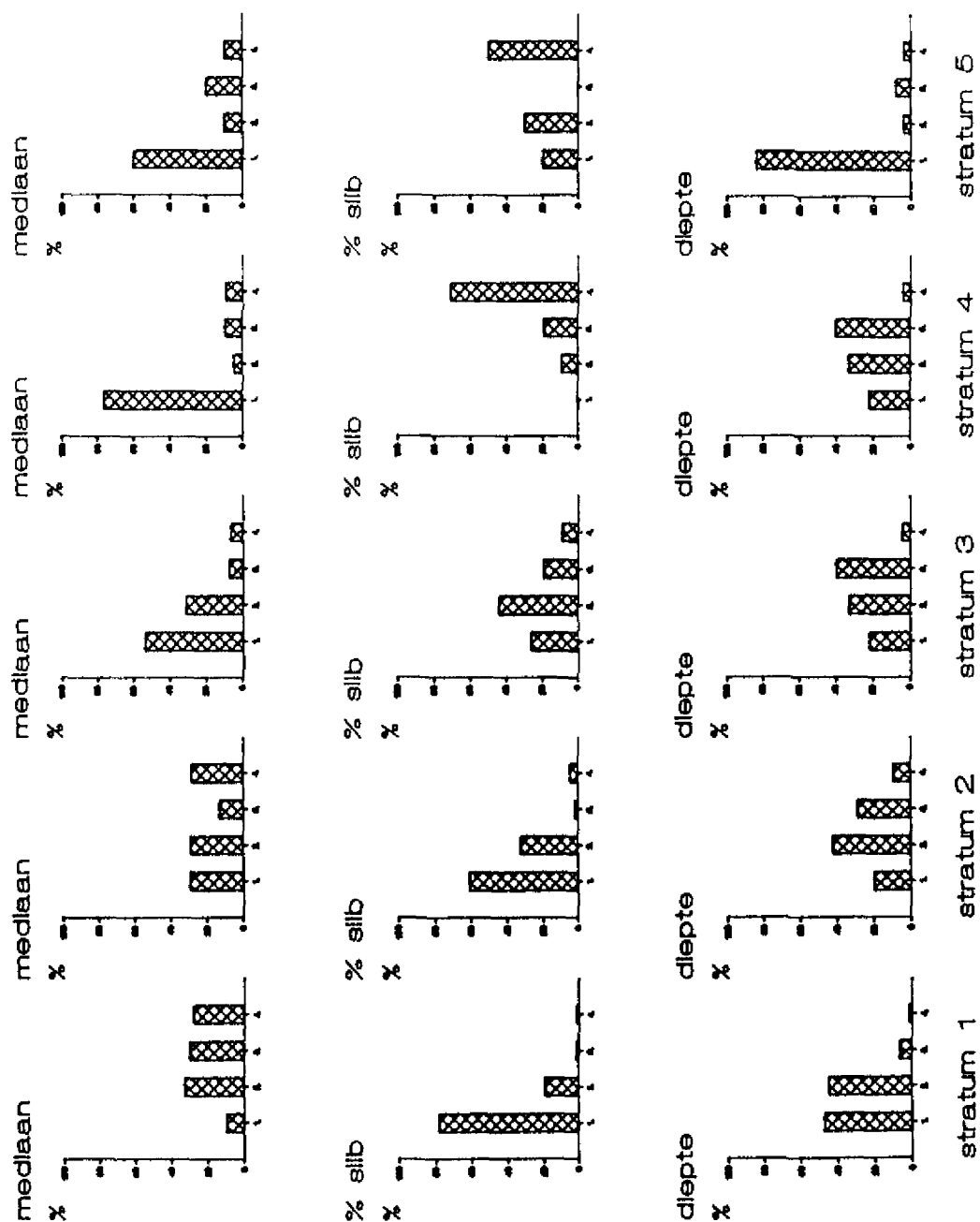


Figuur 28: Habitatspreferentie (slibgehalte) van enkele dominante makrobenthossoorten in de Voordelta.



Figuur 29: Habitatspreferentie (mediane korrelgrootte) van enkele dominante makrobenthossoorten in de Voordelta.





Figuur 30: Verdeling van de onderscheiden abiotische klassen over de makrobenthosstrata 1 t/m 5.

IV. Autonome ontwikkeling

IV.1. Inleiding

In hoofdstuk 1 is de relatie tussen de levensgemeenschappen en de gemeten omgevingsvariabelen nagegaan. Vanuit deze kennis en indicaties over de verwachte ontwikkelingen in de bodemsamenstelling proberen we in dit hoofdstuk vooreerst de autonome ekologische ontwikkeling naar het jaar 2000 te schetsen. Voor de voorspellingen van de sedimentparameters steunen we op Mulder (1990). Gezien de geomorfologische ontwikkeling vooral een indicatieve waarde heeft, geldt hetzelfde voor de ekologische ontwikkeling. Wat de mediane korrelgrootte betreft, worden weinig wezenlijke veranderingen verwacht. Enkel, en dit vooral lokaal, zullen veranderingen optreden in slibgehalte en diepte. De mogelijke invloeden hiervan worden per buitendelta besproken.

Naast de voorspellingen naar het jaar 2000 toe is (met uitzondering van de componenten vogels en zoogdieren) ook preliminair een doorkijk naar de situatie over meer dan 100 jaar toegevoegd. Naast behoud van de huidige bodemsamenstelling en morfologie kunnen twee extreme ontwikkelings-scenario's ontwikkeld worden: (1) de evolutie naar een wadachtig gebied, en (2) de evolutie naar een gebied dat op bodemmorfologisch vlak vergelijkbaar is met de Hollandse kust. Deze twee evolutielijnen worden in het kort naast elkaar gezet.

IV.2. Het meiobenthos

IV.2.1. Voorspellingen naar het jaar 2000

IV.2.1.1. Meiofauna - totaal

Haringvliet buitendelta

- * huidige situatie : er is geen gedetailleerde biologische informatie beschikbaar wat het meiobenthos betreft. De zeer hoge slibgehaltenes doen evenwel veronderstellen, met een vrij grote zekerheid (bijv. vergelijking met de Belgische kustzone), dat zeer hoge dichtheden aan nematoden voorhanden zijn en bijgevolg de copepoden totaal onbelangrijk zijn qua aantallen.
- * 2000 : bij een toename van het areaal met een slibpercentage 2-5 % verwachten we dan ook een lichte toename van de nematoden in dat gebied; ten nadele vooral van de copepoden. De geringe verschuivingen in het areaal 10 - 20 % slib zullen zeker geen drastische veranderingen veroorzaken in de dichtheden van de meiofauna, of de relatieve samenstelling ervan.
Aangezien geen grote veranderingen verwacht worden in het patroon van de bodemsamenstelling, kunnen we zeggen dat dit gebied steeds een meiobenthologisch weinig interessant gebied zal blijven (vnl. wat betreft de copepodendensiteiten).

Grevelingen buitendelta

- * huidige situatie : de extreem hoge slibgehaltenes van de oude getijdegeulen Brouwershavense Gat en het Springersdiep zijn duidelijk gerelateerd met de hoge densiteiten aan nematoden, en de lage densiteiten aan copepoden. De meiobenthosstations waren echter niet gesitueerd in de meest slibrijke geulzones, maar dezelfde besluiten als voor het Haringvliet, wat het slibgehalte betreft, kunnen hiervoor genomen worden.
De slibarme gebieden ter hoogte van de Bollen van de Ooster en de landwaartse delen van de Middelplaten, herbergen een zeer diverse meiofauna, die voornamelijk gekenmerkt is door hoge aantallen copepoden (dus interessante visgronden ?) Het geringe percentage slib (2-5%) ter hoogte van het zeewaartse deel van de Middelplaten, lijkt nog niet te lijden tot een verhoging van de meiofaunadichtheden.
- * 2000 : Mulder (1990) voorziet een toename van het percentage slib in het binnengebied, die waarschijnlijk niet van die mate zal zijn dat een drastische verandering in de meiofaunasamenstelling kan verwacht worden.
De afname van de slibpercentages in de geulen zullen waarschijnlijk ten goede komen van de copepoden.

Oosterschelde buitendelta

- * huidige situatie: Het Westgat en de Oude Roompot hebben hoge slibpercentages (>10 %) die de hoge nematodendichtheden verklaren.
- * 2000 : de geulen worden zowel opgevuld met zand, afkomstig van de nabij gelegen platen en evenzeer zal er een sedimentatie van slib optreden in die geulen. Dit zal waarschijnlijk ongunstige invloeden hebben op de copepoden, die in dit soort biotopen niet in zeer hoge aantallen voorkomen.

Algemeen besluit

De biologisch interessante gebieden, dit zowel wat betreft de diversiteit als de aantallen, zullen niet in belangrijke mate veranderen, wanneer de autonome ontwikkeling in de Voordelta verder gaat. Het gebied ter hoogte van de Haringvlietsluizen zal waarschijnlijk verarmen tot een meer monotoon gebied, wat zeker het geval zal zijn als het Rijslib dit gebied bereikt. Verder onderzoek in dit verband is echter noodzakelijk om een mogelijke, irreversiebele (?) activiteit te begeleiden.

Tenslotte willen we nog opmerken dat de als visvoer interessante copepoden, voornamelijk zullen toenemen bij afname van het slib, wat totnogtoe alleen voorspeld wordt in de geulen van de Grevelingen. Meiofauna (in casu copepoden) vormt een belangrijke voedselbron voor vissen tussen 30 en 60 mm, wat het belang van meiofauna in de kinderkamerfunctie bij vissen illustreert (Gee, 1989).

IV.2.1.2. Nematoda

Haringvliet buitendelta

* huidige situatie : Ondanks de schaarse informatie over de nematodengemeenschappen van de buitendelta van het Haringvliet, is het unieke karakter van deze gemeenschappen reeds duidelijk. Het enige bemonsterde station (3) in dit gebied bevat vooral euryhaliene soorten die aangepast zijn aan de meest brakke milieu-omstandigheden. Vele van deze soorten ontbreken in de rest van de Voordelta.

* 2000 : Door een gebrek aan basisgegevens over dit gebied zijn voorspellingen over de evolutie van de aanwezige gemeenschappen naar het jaar 2000 te speculatief. Het gezamenlijk effect van veranderingen in de slibgehalten, saliniteit en hydrodynamiek is immers moeilijk in te schatten.

Grevelingen buitendelta

* huidige situatie : Het Brouwershavense gat, gekenmerkt door slibrijk fijn zand, met een hoog organisch C-gehalte, onderscheidt zich door de aanwezigheid van een zeer stabiele Daptonema-Sabatieria-gemeenschap. Naast extreem hoge dichtheden en biomassawaarden is deze gemeenschap verder nog gekarakteriseerd door een intermediair aantal soorten.

* 2000 : Aangezien op abiotisch vlak weinig veranderingen worden verwacht ter hoogte van de Grevelingenmonding, wordt er ook wat de nematoden betreft een handhaving van de aanwezige stabiele gemeenschappen voorspeld.

Oosterschelde buitendelta

* huidige situatie : de ondiepe platen in de Oosterschelde buitendelta worden gekenmerkt door arme nematodengemeenschappen zowel wat het aantal soorten als wat de dichtheden betreft. Ook de diepere zone vlak voor de stormvloedkering, die gekenmerkt wordt door hoge stroomsnelheden is zowel op kwalitatief als kwantitatief vlak verarmd. In de meer slibrijkere delen van de geulen worden hogere nematodendichtheden en soortenrijkere gemeenschappen teruggevonden.

- * 2000 : De toenemende erosie van de ondiepe platen in dit gebied zal de verarming van de nematodenfauna handhaven. Vooral soorten behorende tot de families van de Chromadoridae en in mindere mate de Desmodoridae, zijn geassocieerd met dergelijke slibarme, minder goed gesorteerde sedimenten. De plaatselijke verondieping (door aanslibbing) van de geulen en daaraan gekoppeld de afname van de hydrodynamiek kan aanleiding geven tot gelijkaardige gemeenschappen als in het slibrijkere gedeelte van de Grevelingenmondning. Op dit moment vertonen reeds plaatselijk de gemeenschappen t.h.v. de Domburgse Rassen (Oosterschelde buitendelta) sterke overeenstemming met die van het Brouwerhavense gat (vormen samen TWIN 4a - zie deelnota 1, figuur 7).

IV.2.2. Voorspellingen naar het jaar 2100

(1) De ontwikkeling naar een waddenachtig gebied wordt gekenmerkt door de vorming van een laguneachtige ondiepe kustzone, die in sterke mate wordt beïnvloed door estuaria, meestal vervuild water van de aanwezige estuaria en zeegaten. Deze kustzone wordt in mindere of meerdere mate beschermd door barrière-eilanden en/of zandbanken. Daar bij laagwater grote delen van het ondiepe kustgebied droog komen te staan, wordt binnen de kustzone onderscheid gemaakt tussen twee habitatstypes: enerzijds de sublittorale mariene area's, en anderszijds de meer estuariene getijdenplaten. Voorspellingen over de ecologische ontwikkeling van de meiobenthos-gemeenschappen zijn echter zeer speculatief, des te meer omdat weinig tot geen gegevens beschikbaar zijn over vergelijkbare gebieden zoals de Nederlandse Waddenzee. De kennis over het meiobenthos van de Waddenzee is beperkt tot één studie uitgevoerd door Bouwman (1983) ter hoogte van het Eems-Dollard estuarium. Het kustgebied ter hoogte van dit estuarium is gekenmerkt door een zeer fijnzandig (60 - 130 μm), goed gesorteerd sediment. Wat de nematodengemeenschappen betreft, wordt er in de Waddenzee tot tweemaal zoveel soorten aangetroffen als in het estuarium. De gemeenschappen worden gedomineerd door niet-selectieve detrituseters, maar ook de epistratumeters, die grotere zandkorrels kunnen afschrappen, en die zich vooral voeden met diatomeeën, zijn relatief abundant. Vooral naar de zee en het centrum van de getijdenplaten toe worden de nematoden-families Desmodoridae en Chromadoridae, met vooral epistratumetende soorten, belangrijk, en dit ten koste van de meer predatorische of aasetende soorten. Deze faunaverschuiving wordt in verband gebracht met een toename van de algen, bacteriën en protozoa op het oppervlak van de sedimentpartikels ter hoogte van de getijdenplaten. Hogere abundanties van deze nematodenfamilies gaan dikwijls samen met hogere abundanties van de copepoden, welke op hun beurt een belangrijke voedselbron vormen voor hogere trofische niveaus, zoals vissen.

Ter hoogte van de diepere delen wordt, gekoppeld aan een vermindering van de hydrodynamiek, toenemende sedimentatie, organische aanrijking en een verfijning van het sediment verwacht, wat een stijging van het aantal nematoden zal veroorzaken (tot meer dan 1000 en zelfs meer dan 5000 nematoden per 10cm^2). De copepoden zullen afnemen in belang aangezien deze gevoeliger zijn voor organische aanrijking en voor een verfijning van het sediment. Wat de diversiteit van de nematodengemeenschappen betreft, wordt een intermediaire situatie voorspeld: enerzijds wordt een afname van de diversiteit verwacht ten gevolge van de grotere impact van estuarien water (minder doorstroming) en van de organische aanrijking; anderzijds zijn meestal zeer diverse gemeenschappen geassocieerd met slibarm fijn zand.

Samengevat betekent dit dat, doordat de nematoden meer uitgesproken gaan domineren in de diepere delen, de dichtheid van de meiofauna gaat

toenemen, terwijl de taxasamenstelling meer verarmt. Op de getijdenplaten zal de dominantie van de nematoden minder uitgesproken zijn, terwijl de copepoden in belang toenemen. Wat de soortensamenstelling van de nematodengemeenschappen betreft, worden vergelijkbare soortenassociaties (bestaande uit vooral euryhaliene soorten) verwacht, zols ze nu aanwezig zijn ter hoogte van de Haringvlietsluizen.

(2) De Hollandse kust is bodemmorfologisch, en ook sedimentologisch een zeer homogeen gebied, gekenmerkt door een fijn tot middelfijn, slibarm (<5%) sediment. De meiobenthosgemeenschappen zijn vooral bestudeerd in het kader van het milieuzoneringsprojekt, uitgevoerd in opdracht van de direktie Noordzee, Rijkswaterstaat (zie Milzon-Benthos rapporten van Groenewold & van Scheppingen, 1988, 1989).

Het meiobenthos is hier gekenmerkt door relatief hoge dichtheden (900 tot 2000 ind./10cm²), waarbij de nematoden steeds meer dan 50% voor hun rekening nemen. De gastrotrichen, copepoden en turbellariën zijn de subdominante taxa. Er wordt naast een lichte noord-zuid gradiënt, gekorreleerd aan de mediane korrelgrootte, ook een gradiënt loodrecht op de kust waargenomen, welke hoogst waarschijnlijk te wijten is aan de hydrodynamiek.

Indien het Voordeltagebied in deze richting evolueert, zal, als gevolg van het verdwijnen van het huidige heterogeen karakter van dit gebied, de diversiteit in gemeenschappen eveneens gereduceerd worden, wat een belangrijke afname van de ekologische waarde van de Voordelta betekent.

Daarnaast moet ook in acht worden genomen dat, als gevolg van de verminderde hydrodynamiek, dergelijk homogeen gebied sterk beïnvloed kan worden door menselijke activiteiten op het land. Bij een verhoging van deze activiteiten kan dit aanleiding geven tot een situatie vergelijkbaar met de Belgische kust. Vooral de Belgische oostkust waar grote hoeveelheden vervuild slib (kunnen) bezinken, wordt gekenmerkt door zeer verarmde meiobenthospopulaties (zie Vincx & Herman, 1989).

IV.3. Het makrobenthos

IV.3.1. Voorspellingen naar het jaar 2000

De geschetste ontwikkeling heeft enkel betrekking op de verschuiving van de strata op basis van de verwachte geomorfologische veranderingen. Wel mag van soorten waarvan op basis van hun habitatspreferenties hun voorkomen in dat stratum kan verklaard worden (zie hoofdstuk II), verwacht worden dat ze deze ontwikkelingen zullen volgen.

IV.3.1.1. De Westerschelde buitendelta

Hier worden in feite geen geomorfologische veranderingen verwacht. Ook veranderingen in het makrobenthos zijn wat dit betreft niet te verwachten.

IV.3.1.2. De Oosterschelde buitendelta

In de geulen naar de Oosterschelde is de laatste jaren een sedimentatie ontstaan van slibrijkere zanden (tot 10% slib). Dit areaal wordt naar alle waarschijnlijk nog groter. Dit kan een uitbreiding van stratum 3 betekenen, in landwaartse zin echter beperkt door de te hoge stroomsnelheden nabij de stormvloedkering. [In deelnota 1 schetsten we stratum 3 in de geulen reeds tot nabij de kering. Dit blijkt nu niet reeël, maar is te wijten aan een tekort aan bodem-diergegevens in dit gebied. Het gebied wordt waarschijnlijk beter bij stratum 2 ondergebracht.] Wordt het slibgehalte hoger dan 10%, zoals in '87 en '88 op een aantal plaatsen aangetroffen, dan zou stratum 4 zich kunnen uitbreiden. Verwacht wordt echter dat het slibpercentage over het algemeen laag zal blijven door de gelijktijdige afzetting van zand.

In het noorden voor de geul van de Banjaard gebeurt een sedimentatie van zand. Dit zou een lichte extensie naar het noorden van stratum 3 met zich kunnen meebrengen.

Globaal gezien zijn op dit ogenblik dus weinig grote veranderingen wat betreft het makrobenthos te verwachten.

VI.3.1.3. De Grevelingen buitendelta

Hier zullen de Bollen van de Ooster zich nog iets uitbreiden; dus ook een lichte vergroting van stratum 1. De voornaamste veranderingen doen zich voor in het binnengebied (landwaarts van de Bollen). De Middelpaten zwakken af - dus afname van stratum 1 - maar het gebied met slibpercentage rond 5% zal niet toenemen. We krijgen in feite een extensie van het overgangsgebied tussen platen en geulen, dus van stratum 2. Enkel het gebied tussen de Bollen en de Aardappelbult zou slibrijker kunnen worden. Er wordt echter geen vergroting van het slibgebied in het Brouwershavense Gat verwacht, dus ook geen verdere uitbreiding van stratum 4. Integendeel, de zones met slibgehaltenes groter dan 10% hebben eerder de neiging af te nemen.

Wat makrobenthos betreft, lijkt er daardoor enkel een herverdeling in het gebied op te treden. Tenzij het hele binnengebied zo vervlakt dat het concentratiefenomeen (waarvan sprake in de hoofdstukken epi- en hyperfauna van deelnota 1) verloren zou gaan.

IV.3.1.4. De Haringvliet buitendelta

De trend van verdere erosie van de vooroever zal een uitbouw van stratum 3 naar de Hinderplaat toe betekenen (ten koste van stratum 2). De Hinderplaat zelf is ook nog in uitbouw, wat een toename van stratum 1 met zich meebrengt. Stratum 5 was gekarakteriseerd door zijn geringe diepte, hoge slibgehalten en hoge saliniteit, een samenspel dat in de Voordelta enkel hier wordt gevonden. Het areaal met een slibpercentage 2-5% zal mogelijk nog vergroten. Daardoor zou stratum 5 nog iets kunnen uitbreiden ten koste van stratum 2.

Ook hier worden dus geen grote wijzigingen verwacht.

IV.3.2. Voorspellingen naar het jaar 2100

Voor een beschrijving van een toekomstige Voordelta als 'waddengebied' of als 'Hollandse kust' kunnen we terugvallen op de vergelijking die we in deelnota 1 maakten tussen de Voordelta, de Waddenzee en de kuststrook ter Heyde-Callantsoog.

Zowel de subtidale geulen als de getijdengebieden van de Waddenzee zijn soortenarmer dan de huidige Voordelta. De biomassa is er echter hoger. Vooral mosselbanken zijn hierbij belangrijk.

Ook de kuststrook ter Heyde - Callantsoog is soortenarmer. De gem. biomassa is er iets hoger, wat toegeschreven kan worden aan het voorkomen van droogvallende platen (stratum 1) met een zeer lage biomassa.

Wel dient opgemerkt te worden dat, zowel in het geval van 'waddengebied' als van 'Hollandse kust', de verschillende buitendelta's ook onderlinge verschillen zullen blijven behouden, gezien het verschillend karakter van de verschillende estuaria.

IV.4. Het hyper- en epibenthos

IV.4.1. Voorspellingen naar het jaar 2000

Haringvlietbuitendelta

Aangezien we niet over aktuele gegevens beschikken, noch over het hyperbenthos, noch over het epibenthos van de Haringvliet buitendelta is het moeilijk te voorspellen wat de effecten van de autonome ontwikkeling zullen zijn. We kunnen evenwel vermoeden dat de huidige slibsedimentatiezones evengoed viseieren en makrobenthoslarven zouden kunnen capteren als in de Grevelingen buitendelta. Uit de meio- en makrobenthosgegevens blijkt echter dat deze zones een sterk verarmde fauna hebben, vermoedelijk onder invloed van de zeer grote saliniteitsschommelingen. Welke weerslag dit heeft op het hyperbenthos is onmogelijk te zeggen. De rest van het gebied is bovendien zeer ondiep en geen enkel hyperbenthosmonster werd op minder dan 5 m beneden NAP genomen. Uit de literatuur is wel bekend dat grote zwermen aasgarnalen zich in dergelijke gebieden kunnen ophouden. Aangezien er relatief weinig morfologische evolutie verwacht wordt in het gebied kunnen we stellen dat de huidige, onbekende situatie, vermoedelijk weinig zal veranderen.

Wat de vissen en de rest van het epibenthos betreft, kunnen we vermoeden dat de ondiepe slibrijke gebieden die het minst onderhevig zijn aan de saliniteitsschommelingen een kinderkamerfunctie hebben vooral voor tong, garnaal en mogelijks ook voor bot. Ze zullen deze in het autonoom ontwikkelingsscenario behouden. We verwachten dat deze kinderkamerfunctie minder is en blijft dan in de Grevelingen buitendelta omdat er, door de verarmde infauna, minder gebieden zijn die geschikt zijn voor de wat grotere makrobenthosetende juvenielen van de vissen. Voor garnalen heeft het gebied echter wel een potentieel.

Grevelingenbuitendelta

Dit gebied is blijkbaar morfologisch min of meer gestabiliseerd. De verdere aanslibbing in het gebied van de Kous, de afvlakking van de binnenbanken en de globale verondieping van het Brouwershavense Gat zullen de huidige gunstige situatie vermoedelijk nog verbeteren, zowel voor vissen, als voor epi- en hyperbenthos. De mogelijke slibverrijking op de vooroever is gezien het gunstig effect op het makrobenthos ook gunstig voor garnalen en de wat grotere stadia van demersale vissen. Door de sterke expositie van dit gebied zijn er echter grote interannuele variaties te verwachten in verband met stormsituaties in cruciale periodes bvb. voor settlement. De kinderkamerfunctie van het gebied binnen de banken zal verder versterkt worden.

Oosterscheldebuitendelta

De verdere verslibbing van de geul ten noorden van het Noordland en van de Oude Roompot zullen het belang van het gebied voor demersale vissen, vooral voor wat grotere platvissen gunstig beïnvloeden. Ook rond de zeewaartse kop van het Noordland is sedimentatie, met gunstige effecten voor hyperbenthos en vissen te verwachten. Dichter bij de stormvloedkering zal echter een relatief arm gebied blijven bestaan door de hoge stroomsnelheden.

Het ontstaan van een sedimentatiemilieu in het gebied van de Geul van de Banjaard en juist ten noorden hiervan is ook weer gunstig, zowel voor het hyperbenthos als voor de vissen. Het is nu al zo dat het hyperbenthos van dit gebied op biomassabasis aanleunt bij het Grevelingengebied. Dit

verschijnsel zal zeker nog versterkt worden.

Een echt ideaal kinderkamergebied zoals de Grevelingen buitendelta zal het gebied echter vermoedelijk niet worden. Daarvoor blijft de dynamiek in de ondiepe gebieden te hoog, en de oppervlakte van deze gebieden te klein.

IV.4.1. Voorspellingen naar het jaar 2100

1. evolutie naar een wadachtig gebied

Algemeen zal de diversiteit afnemen en zullen biomassa en produktiviteit toenemen.

De soortsaamenstelling zal een meer estuarien karakter krijgen met een toename van residente soorten zoals de puitaal (Zoarces viviparus), de zeedonderpad (Myoxocephalus scorpius), de slakdolf (Liparis liparis), de botervis (Pholis gunellus), het harnasmannetje (Agonus cataphractus) en de brakwatergrondel (Pomatoschistus microps). De meeste van deze soorten worden nu al okkasideel waargenomen in de Voordelta, vooral in de Grevelingen buitendelta. Indien er zich zeegrasvelden ontwikkelen kan aan deze lijst de zeestekelbaars (Spinachia spinachia) toegevoegd worden. Er zal een verschuiving optreden met toename van de strandkrab (Carcinus maenas) en afname van de zwemkrab (Liocarcinus holsatus).

De kinderkamerfunctie zal afnemen voor tong (Solea solea), haring (Clupea harengus) en sprout (Sprattus sprattus) en waarschijnlijk ook voor schar (Limanda limanda) en zal toenemen voor schol (Pleuronectes platessa) en garnaal (Crangon crangon).

Over het hyperbenthos van wadengebieden is niets bekend.

2. evolutie naar een gestrekte kustlijn.

Dit alternatief zal vooral een verrijking van het terrestrische ekosysteem betekenen. Voor epi- en hyperbenthos betekent het meer dan waarschijnlijk een sterke verarming qua biomassa en produktiviteit. De hollandse kustzone is vrij arm zowel in vergelijking met de huidige situatie in de Voordelta als met de Waddenzee. De totale diversiteit kan wel enigszins toenemen maar de, vanuit wetenschappelijk standpunt, bijzonder boeiende schakering van mikrohabitaten zal verdwijnen.

IV.5. Vogels

In deze deelnota worden de eerste drie van de in deelnota 1 geschetste ornithologische funkties geëvalueerd. De aanwezige kennis van de overige twee is te gering, maar waarschijnlijk zullen deze weinig veranderen.

IV.5.1. Overwinteringsfunctie voor zeeëenden

Het voorkomen van zeeëenden is gebonden aan het voorkomen van voldoende voedsel op ondiepe plaatsen met relatief lage stroomsnelheden. De buitendelta's van de Grevelingen en het Haringvliet voldoen aan deze voorwaarden. Hierin worden weinig veranderingen verwacht. De voedselrijke gebieden voor de Oosterschelde blijven te diep, en ook de stroomsnelheid blijft er te groot.

IV.5.2. Overwinteringsfunctie voor steltlopers

Deze functie is verdeeld over de totale strandlengte. De toenemende rekreatiedruk kan hier van invloed zijn. Verstoringen van de mens kan leiden tot energieverlies, foerageertijdverlies en foerageergebiedverlies. De opvliegafstand van onderzochte soorten in de Oosterschelde ligt meestal tussen de 100 en 150m, van sommige soorten zelfs onder de 100m (steenloper, bonte strandloper, scholekster) (van der Meer, 1985). Bij zware verstoring moeten de vogels misschien zelfs uitwijken naar gebieden waar niet gevoerageerd kan worden. Het blijft dan maar de vraag of vogels deze verliezen kunnen compenseren in de rest van de tijd en de rest van het gebied.

IV.5.3. Een foerageerfunctie voor sterns tijdens het broedseizoen

Deze functie is zowel gebonden aan de afstand tot de geschikte broedplaatsen als aan de aanwezigheid van voldoende voedsel. Broedmogelijkheden zijn beperkt tot de kust, en ook hier kan rekreatiedruk een belangrijke faktor worden. Een verbetering van de waterkwaliteit heeft, indirekt via de voedselketen, een positief effect op het broedsucces. Veranderingen in het voedselaanbod worden niet verwacht.

IV.5.4. Besluit

Kohsiek et al (1984) schetsten o.a. toenemende rustmogelijkheden voor vogels op doortrek, toenemende broedplaatsen voor sterns en meer mogelijkheden voor duikende vogels als eidereenden en zeeëenden als gevolg van de toen verwachte geomorfologische ontwikkelingen. Uit voorgaande moeten we nochtans besluiten dat de nu verwachte morfologische veranderingen niet op zo'n toename van het belang van de Voordelta wijzen.

IV.6. Zeezoogdieren

In deelnota 1 werden reeds de 3 voorwaarden geschetst voor het handhaven of uitbreiden van de zeehonden populatie: de aanwezigheid van voldoende voedsel (vis) van goede kwaliteit, de aanwezigheid van tenminste 6 uur droogvallende zandbanken die tenminste één steile oever hebben, en de afwezigheid van verstoring. Naar schatting is in het ideale geval in de Voordelta en Zeeuwse wateren plaats voor maximaal 1500-3000 zeehonden (Achtergronddocumenten NW-3 Natuur, 1989, RWS-DGW in Mulder & de Vos, 1989).

IV.6.1. Voedselaanbod

Wat het voedselaanbod betreft, worden geen grote verschuivingen verwacht. Enkel op de buitendelta van de Oosterschelde zou de situatie tijdelijk gunstig kunnen evolueren, met name op de vooroever ten westen van de Geul van de Banjaard en het Westgat. Hier breidt het areaal van de slibrijkere zanden (2-5%) zich uit, wat een verhoogde biomassa van het makrobenthos en de daarvan levende visfauna tot gevolg kan hebben. Maar naar verwachting is deze slibafzetting slechts tijdelijk, en zal er nadien opnieuw zand afgezet worden.

IV.6.2. Voedselkwaliteit

Van de talloze contaminanten in zeehonden aangetoond, is enkel voor PCB's een negatief effect ook daadwerkelijk bewezen. Er is een causaal verband tussen het voorkomen van PCB's in het voedsel en het verminderde voortplantingssucces van zeehonden (verminderd aantal zwangere zeehonden, verminderde broedzorg) (Boon et al, 1987; Reijnders, 1986; van Haren & Marquenie, 1988). In tabel II worden de maximale PCB-gehalten in enkele bodemdieren en vissen gegeven (niet gepubliceerde gegevens DIHO, september 1988, buitendelta's Oosterschelde en Grevelingen).

De PCB-belasting van de Noordzee via de Rijn is tussen 1984 en 1986 tot ca. 35% afgenomen. Een dergelijke afname wordt ook in bodemdieren gekonstateerd (van Haren & Marquenie, 1988). Maar het zal duidelijk zijn dat er voorlopig nog sprake zal blijven van een lager geboortecijfer dan in schoon water. Uit berekening blijkt dat het herstel van de reproductie de daling van de PCB-gehalten slechts met grote traagheid volgt. Kwantitatieve kennis over het effect van PCB's op broedzorg ontbreekt, waardoor het herstel van de reproductie in eerste instantie zowel kan leiden tot een sterke afname van het aantal huilers, als tot een toename (van Haren & Marquenie, 1988).

IV.6.3. Zandplaten

Wat de oppervlakte betreft, zijn geen spectaculaire veranderingen te verwachten (tabel III).

Wel zijn er veranderingen te verwachten met betrekking tot de steilheid van de platen. Zowel in de buitendelta van de Grevelingen (met name de Middelplaten) als van het Haringvliet (met name de Garnalenplaat) treedt vervlakking van de platen op. Hierdoor verdwijnen de steile kanten.

Tabel II: Maximum PCB-gehalte in een aantal dieren (in ppm op vet) in de Voordelta (buitendelta's Grevelingen en Oosterschelde) (niet gepubliceerde gegevens DIHO)

organisme	max. PCB-gehalte
schar	2.37
schol	2.32
garnaal	2.83
zeester	4.88
nephtys	6.01
macoma	5.15
spisula	6.38

Tabel III: verwachte oppervlakteveranderingen van het gebied boven de laagwaterlijn (pers. comm. R. Postma, DGW)

Grevelingen	nu:	$0.44 * 10^6$ ha
	2000:	$0.35 * 10^6$ ha
Haringvliet	nu:	$1.75 * 10^6$ ha
	2000:	$2.19 * 10^6$ ha
Oosterschelde	nu:	$1 * 10^6$ ha
	2000:	$1 * 10^6$ ha

IV.6.4. Verstoring

Zeehonden zijn zeer gevoelig voor verstoring, vooral als ze tijdens laagwater op zandplaten liggen. De voortplantingsperiode - van half juni tot eind augustus - is de meest kritische periode. Absolute rust is dan essentieel. Langsvarende motorjachten kunnen op 1500 meter al de zeehonden onrustig maken. En de recreatiedruk zal, naar wordt verwacht, nog toenemen (zie inleiding).

IV.6.5. Besluit

Gunstig voor een uitbouw van de zeehondenpopulatie is de verwachte verbetering van de voedselkwaliteit. Zandplaten blijven er voldoende, maar door de afvlakking, verdwijnen steile kanten. Daarnaast moet er ook rust zijn. Die rust moet vooral zijn gewaarborgd in de maanden juli en augustus, de periode waarin de jongen worden gezoogd op de platen. En daar zullen de dieren, naar de recreatieplannen doen vermoeden, niet aan toekomen.

V. Referenties

- Anonymus, 1984. Grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie uit het benedenrivierengebied. Projectnota/Milieu-effectrapport. Bijlage 5. Pelagische organismen in de Haringvlietmond. Gemeente Rotterdam, Rijkswaterstaat, Openbaar Lichaam Rijnmond.
- Benschop, A. & A. van Haperen, 1988. Zeehonden in de Zeeuwse wateren. Stichting Natuur- en Recreatieinformatie, Middelburg.
- Beukema, J.J., 1976. Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 10, 236-261.
- Boon, J.P., P.H.J. Reijnders, J. Dols, P. Wensvoort & M.T.J. Hillebrand, 1987. The kinetics of individual polychlorinated biphenyl congeners in female harbour seals (*Phoca vitulina*), with evidence for structure-related metabolism. *Aquat. Toxicol.*, 10, 101-107.
- Bouwman, L.A., 1983. A survey of nematodes from the Ems estuary. Part 2: Species assemblages and associations. *Zool. Jb.* (Sept.) 110, 345-376.
- Dethlefsen, V. & von Westernhagen H. 1983. Oxygen deficiency and effects on bottom fauna in the eastern German Bight 1982. *Meeresforsch.* 30: 42-53.
- Dijke, B. van & J. Buijs, 1987. Dataverwerking project Voordelta. Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren. Notitie GWA0-87.505.
- Eisma, D., 1966. The distribution of benthic marine molluscs off the Dutch main coast. *Neth. J. Sea Res.* 3, 107-163.
- Gerlach, S.A. 1980. Pflanzennährstoffe und die Nordsee - ein Überblick. *Seevögel* 8 (4): 49-62.
- Gee, J.M., 1989. An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zoological Joernal of the Linnean Society*, 96: 243-261.
- Govaere, J.C.R., D. Van Damme, C. Heip & L.A.P. De Coninck, 1980. Benthic communities in the Southern Bight of the North Sea and their use in ecological monitoring. *Helgoländer Meeresunters.* 33, 507-521.
- Groenewold, A. & Y. van Scheppingen, 1988. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de Zuidelijke Noordzee. Milzon-benthos rapport nr. 02 (14-88). Rijkswaterstaat.
- Groenewold, A. & Y. van Scheppingen, 1989. De ruimtelijke verspreiding van het benthos in de Zuidelijke Noordzee. Milzon-benthos rapport nr. 89-05 (Milzon 89-010). Rijkswaterstaat.
- Haren, R.J.F. & J.M. Marquenie, 1988. PAS OP VOOR ZEEHONDEN, een prognose voor 1995. Rijkswaterstaat, DGW. Nota GWA0-88.011.
- Heip, C., M. Vincx & G. Vrancken, 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 23, 399-489.
- Kohsiek, L.H.M. & J.P.M. Mulder, 1988. Een verkenning van een veranderend watersysteem: de Voordelta. RWS-DGW, Nota GWA0-88.002.

- Kohsiek, L., J.-R. v.d. Berg, A. Smaal, P. Stortelder, Leewis & A. de Jong, 1984. Onderzoeksvoorstel Voordelta. Rijkswaterstaat. Nota DDMI-85.02.
- Lancelot, C., Billen, G., Sourmia, A., Weisse, T., Coligen, F., Veldhuis, M.J.W., Davies, A. & Wassmann, P. 1987. Phaeocystis blooms and nutrient enrichment in the continental coastal zones of the North Sea. *Ambio* 16: 38-46.
- Maurer, B.A., 1987. Scaling of biological community structure: A systems approach to community complexity. *J. theor. Biol.*, 127, 97-110.
- Meer, J. van der, 1985. De verstoring van vogels op de slikken van de Oosterschelde. Rijkswaterstaat, DDMI. Nota 85.09.
- Mulder, J. Beschrijving globale bodemkaart Voordelta en indicaties voor verwachte ontwikkelingen in de bodemsamenstelling op termijn 2010. RWS-DGW, Notitie GWA0-90.13044.
- Mulder, J.P.M. & F.J. de Vos, 1989. Kustverdediging na 1990. Technische rapport 9. Inventarisatie functies onderwateroever. Rijkswaterstaat. pp.47.
- Reijnders, P.H.J., 1986. Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature*, 432, 456-457.
- Rosenberg, R. & Loo, L.-O. 1988. Marine eutrophication induced oxygen deficiency: effects on soft bottom fauna, western Sweden. *Ophelia* 29: 213-225.
- RWS, 1989. Discussienota kustverdediging na 1990. Rijkswaterstaat.
- Vanreusel, A., 1989. Ecologie van de vrijlevende mariene nematoden van de Voordelta (Zuidelijke Bocht van de Noordzee). Ph.D. Thesis, Rijksuniversiteit Gent. 436pp.
- Vertegaal, C.T.M., 1989. Mogelijkheden voor natuurontwikkeling in de Voordelta. Een beleidsvoorbereidende studie. Directie Natuur-, Milieu- en Faunabeheer, Ministerie vvan Landbouw en Visserij. pp.101.
- Vincx, M. & R. Herman, 1989. The influence of the Western Scheldt on the meiobenthos of the belgian coastal area. In: *Progress in Belgian Oceanographic Research 1989* (Ed. Pichot), 283-296.