

# Wageningen IMARES

## Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden  
Postbus 68  
1970 AB IJmuiden  
Tel.: 0255 564646  
Fax: 0255 564644

Vestiging Yerseke  
Postbus 77  
4400 AB Yerseke  
Tel.: 0113 672300  
Fax: 0113 573477

Vestiging Den Helder  
Postbus 57  
1780 AB Den Helder  
Tel.: 022 363 88 00  
Fax: 022 363 06 87

Vestiging Texel  
Postbus 167  
1790 AD Den Burg Texel  
Tel.: 0222 369700  
Fax: 0222 319235

Internet: [www.wageningenimares.wur.nl](http://www.wageningenimares.wur.nl)  
E-mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

## Rapport

Nummer: C026/07

NIOO-Monitor Taskforce Publication Series 2007-03

## Datarapportage Nulmeting Maasvlakte 2

N.H.B.M. Kaag & V. Escaravage\*

\*Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie  
Postbus 140, 4400 AC Yerseke, Tel: 0113 577300 Fax: 0113 573616, <http://www.nioo.knaw.nl/>

Opdrachtgever:

Havenbedrijf Rotterdam N.V.  
Wilhelminakade 909  
3072 AP Rotterdam

Wageningen IMARES is een  
samenwerkingsverband tussen  
Wageningen UR en TNO. Wij zijn  
geregistreerd in het  
Handelsregister Amsterdam nr.  
34135929 BTW nr. NL  
811383696B04



De Directie van Wageningen IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen IMARES; opdrachtgever vrijwaart Wageningen IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets van dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding.....	4
2. Materiaal & Methoden.....	5
2.1 Veldwerk.....	5
2.2 Monsterbehandeling .....	5
2.2.1 Sediment .....	5
2.2.2 Schaafmonsters .....	5
2.2.3 Boxcore Macrofauna.....	6
2.3 Dataverwerking .....	7
2.3.1 Verwerking van de schaafmonsters.....	7
2.3.2 Primaire verwerking van de boxcore gegevens .....	7
2.3.3 Normaliteit en informatieve waarde van het gemiddelde .....	8
2.3.4 Representativiteit met betrekking tot schatting van de dichtheid.....	8
2.3.5 Natuurlijke variatie en onderscheidingsvermogen .....	9
2.3.6 Relaties tussen bodemdieren en hun omgeving .....	9
3. Beschrijving databestanden.....	11
4. Resultaten .....	15
4.1 Sedimentkarakterisering .....	15
4.1.1 Statistische eigenschappen.....	15
4.1.2 Procedureel artefact.....	17
4.1.3 Relaties tussen de abiotische variabelen .....	18
4.1.4 Geografische verdeling van de sedimentaire karakteristieken.....	20
4.2 Schaafmonsters .....	22
4.2.1 Regressie berekeningen.....	22
4.2.2 Schaafmethode .....	22
4.2.3 Ongewervelden .....	23
4.2.4 Vis.....	28
4.3 Macrofauna uit de boxcore monsters .....	29
4.3.1 Totale macrofauna.....	29
4.3.2 Dominante klassen .....	34
4.3.3 Dominante soorten .....	37
4.3.4 Relaties van de macrofauna descriptoren met de omgevingsfactoren.....	39
5. Literatuur.....	49

## Samenvatting

Ten behoeve van de aanleg van de Tweede Maasvlakte zal zand gewonnen worden uit de Noordzee. Om te kunnen bepalen in hoeverre deze werkzaamheden van invloed zijn op de bodemfauna is onderzoek uitgevoerd naar de structuur en samenstelling van de bodemfaunagemeenschappen in het zandwingebied, de directe omgeving ervan en niet-beïnvloede referentiegebieden. Het onderzoek naar de bodemdieren in de omgeving van de zandwinlocaties vormt de basis voor een latere analyse van eventuele effecten van hogere slibgehalten in waterkolom en –bodem op bodemdieren. Voor deze zg. 'nulmeting' zijn 257 locaties bemonsterd met een bodemschaaf en een boxcore in de periode van 18 april 2006 - 22 juni 2006.

Het studiegebied wordt gekarakteriseerd door medium zand (mediane korrelgrootte  $3,30 \pm 6,7 \mu\text{m}$ ) met een laag slib- en organisch stof gehalte (meestal  $<1\%$ ). Een klein deel van de locaties wordt gekenmerkt door fijn, slibrijk sediment.

In de schaafrmonsters werden 37 soorten epifauna en schelpdieren aangetroffen, met een gemiddelde van  $8,5 \pm 3,9$  soort per locatie. De gemiddelde dichtheid was  $13,8 \pm 35,1$  individu per  $\text{m}^2$ . De gemiddelde biomassa (versgewicht) bedroeg  $50,95 \pm 176,54$  gr per  $\text{m}^2$ . Epifauna en schelpdieren in de schaafrmonsters karakteriseren twee gemeenschappen. Een kustgemeenschap en een meer zeewaarts (dieper) gelegen gemeenschap. De kustgemeenschap wordt gekarakteriseerd door fijn tot medium zand met een iets hoger organisch stof gehalte en onderscheidt zich van de meer zeewaarts gelegen gemeenschap door hogere aantallen soorten, dichtheden en biomassa.

In het gebied zijn 22 soorten vis vastgesteld, met een gemiddelde van  $2,2 \pm 1,6$  soort per locatie. Op 25 locaties werd geen vis waargenomen. Gemiddeld werden  $0,3 \pm 0,5$  exemplaren per  $\text{m}^2$  waargenomen, met een gemiddelde biomassa (versgewicht) van  $5,59 \pm 16,55$  gr per  $\text{m}^2$ . Clusteranalyse laat zien dat de vissoorten en aantallen vrij homogeen over het gebied verdeeld zijn.

In de boxcores werden in totaal 126 soorten vastgesteld, met gemiddeld  $12 \pm 4,5$  soorten per locatie. De gemiddelde dichtheid bedroeg  $1048 \pm 1330$  individuen per  $\text{m}^2$ , met een gemiddelde biomassa (asvrij drooggewicht) van  $32,6 \pm 68,4$  gr per  $\text{m}^2$ . De soortenrijkdom, dichtheden en biomassa laten een afnemende gradiënt zien van de kust naar verder zeewaarts gelegen stations. De dichtheden worden gedomineerd door de Polychaeta, terwijl de Bivalvia de biomassa domineren.

Het aantal soorten, de dichtheid en de biomassa zijn significant gerelateerd aan de mediane korrelgrootte en organisch stof gehalte. Op locaties met fijn, organisch rijk sediment werden meer soorten aangetroffen en waren dichtheden en biomassa hoger.

# 1. Inleiding

Ten behoeve van de aanleg van de Tweede Maasvlakte zal zand gewonnen worden uit de Noordzee. Om te kunnen bepalen in hoeverre deze werkzaamheden van invloed zijn op de bodemfauna is onderzoek uitgevoerd naar de structuur en samenstelling van de bodemfaunagemeenschappen in het zandwingebied, de directe omgeving ervan en niet-beïnvloede referentiegebieden. Deze zogenaamde 'nulmeting' dient ter bepaling van de uitgangssituatie als onderdeel van een BACI-analyse (Before After Control Impact analyse), waarin de effecten van zandwinning op aandachtsoorten bodemdieren en de natuurlijkheid van het voedselweb ter plaatse en in de directe omgeving van de zandwinlocaties worden onderzocht. Het onderzoek naar de bodemdieren in de omgeving van de zandwinlocaties vormt de basis voor een latere analyse van eventuele effecten van hogere slibgehalten in waterkolom en –bodem op bodemdieren.

Deze datarapportage hoort bij de databestanden met de onderzoeksresultaten van de 'nulmeting' die is uitgevoerd in 2006. Een overzicht wordt gegeven van de uitgevoerde werkzaamheden (Hoofdstuk 2) en een beschrijving van de databestanden (Hoofdstuk 3).

In een eerste analyse wordt gekeken naar ruimtelijke patronen in het voorkomen van bodemorganismen en vissen in het studiegebied en relaties met omgevingsvariabelen (hoofdstuk 4).

## 2. Materiaal & Methoden

### 2.1 Veldwerk

Het onderzoek is uitgevoerd vanaf de "ARCA" (Rijkswaterstaat) en de "ISIS" (LNV). Voor de bemonstering is gebruik gemaakt van een box-corer (infauna en sedimentmonsters) en een bodemschaaf (epifauna, schelpdieren en vis). Tijdens de bemonsteringen zijn bodemdiepte, waterparameters, vaarrichting en coördinaten (UTM) geregistreerd. De technische uitvoering van het veldwerk is gerapporteerd in een 'vaarrapport' (Perdon & Kaag, 2006).

### 2.2 Monsterbehandeling

#### 2.2.1 *Sediment*

De sediment monsters zijn genomen met behulp van drie doorgezaagde injectiespuiten ( $\varnothing$ :10 mm), die tot 10 cm bodemdiepte in het ongestoorde sediment binnen de ketel van de Reineck Boxcorer werden geduwd.

Vervolgens werden de eerste 5 cm sediment (oppervlak-5 cm) en de tweede 5 cm (5 tot 10 cm) afzonderlijk verzameld in een mengmonster (bestaande uit 3 deelmonsters) voor elke laag. Als aanvulling op de lab analyses is ook de redoxhorizon (in mm bodemdiepte) waargenomen en genoteerd in het monsterformulier.

Om de monsters onder standaard omstandigheden te conserveren, zijn deze ingevroren (-18°C) en opgeslagen in een diepvries aan boord van de Arca. De monsters zijn tijdens het vervoer naar het lab bevroren bewaard (m.b.v. droogijs) en opgeslagen in een diepvries op het lab tot de dag van de analyse.

De sediment analyse gebeurt door een korrelgroottebepaling gebaseerd op het principe van laserdiffractie met behulp van een Malvern particle size analyser (Mastersizer 2000). Het koolstofgehalte wordt bepaald door gevriesdroogde sedimentmonsters gedurende 2 uur te verbranden bij 580°C. Het gewichtsverlies is een schatting van de organische fractie.

#### 2.2.2 *Schaafmonsters*

Voor de bemonstering van epifauna, schelpdieren en kleine vis is gebruik gemaakt van een benthosschaaf (guts) van IMARES. Deze heeft een mesbreedte van 10 cm, zodat bij een schaaftrek van 150 m een oppervlakte van 15 m<sup>2</sup> wordt bemonsterd. Tijdens de schaaftrekken werd de positie bepaald, zodat achteraf nauwkeuriger de geschaafde afstand en daarmee het oppervlak berekend kon worden. Een uitgebreidere beschrijving van de monsternamen is opgenomen in Perdon & Kaag (2006).

De benthosschaaf was voorzien van een net met een maaswijdte van 5 mm. Het bodemmateriaal uit de bodemschaaf werd in een grote roestvrijstalen bak opgevangen en uitgespoeld. De bak is daarvoor aan de onderkant voorzien van gaas (maaswijdte 5 mm). Na uitspoelen werd de vangst samen met het kaartnummer in RIOP-kisten (inhoud 48 liter) gebracht en werd het volume van de vangst bepaald. Monsters met veel klei of slijk zijn eerst gespoeld in een ton met een maaswijdte van 3,2 mm.

Uit het monster werden alle levende organismen uitgezocht en gedetermineerd, het aantal exemplaren bepaald en het versgewicht gemeten. Gewichten zijn genoteerd tot op 0,1 gram nauwkeurig. Afhankelijk van de soort werd onderscheid gemaakt in een aantal lengte- of grootteklassen. Kapotte schelpdieren zijn ook meegeteld. Criteria hiervoor zijn dat er in de schelp nog vleesresten aanwezig zijn en dat het slot van de schelp nog herkenbaar is. Het gewicht van kapotte schelpdieren is niet bepaald, omdat meestal nog maar een deel van het vlees aan de schelp vastzat. Voor *Ensis* sp. (mesheften) is het gewicht van kapotte exemplaren bepaald door middel van een regressieberekening (zie par. 0). Bij twijfel over de soort werd het organisme voorzien van een label met locatienummer, schip en datum en ingevroren/geconserveerd om later te worden gedetermineerd.

Bij grote vangsten werd niet de hele vangst uitgezocht, maar een deelmonster van 6 liter. Bij een totaal volume van meer dan 3 kisten werd een submonster van 11 liter genomen. Grote dieren/exemplaren en weinig voorkomende soorten werden eerst uit de totale vangst gesorteerd, waarna de aantallen en biomassa van de overige dieren/exemplaren uit het deelmonster werden bepaald. Het volume van de vangst ("totvangst") en het volume van het deelmonster ("subsample") zijn opgenomen in het bestand met stationsgegevens.

Als een monster veel schelpdieren van een zelfde soort bevatte en homogeen verdeeld was (visuele beoordeling op basis van ervaring), zijn aantallen en versgewichten voor deze soort(en) niet uit het deelmonster, maar uit een fractie van het deelmonster bepaald. Hiervoor werd het totale monster in een fotobak gedeponneerd en met behulp van een deelplankje verdeeld. Het aantal fracties is afhankelijk van de samenstelling van het (deel)monster. In het bestand met schaaftgegevens is de fractie gespecificeerd in het veld "factor".

Vissen en garnalen zijn, vanwege hun omvang en/of relatief lage dichtheden altijd uit het totale monster geselecteerd. Aan boord zijn de soorten gedetermineerd en werden lengte en gewicht (tot 0,1 gram nauwkeurig) bepaald. Vissen zijn alleen meegeteld in de analyses van dichtheden als de kop aanwezig was. Van de koploze resten is alleen het gewicht bepaald.

Na analyse is de vangst weer overboord gezet, tenzij het nodig was organismen mee naar het laboratorium te nemen voor analyses die niet aan boord konden worden uitgevoerd.

In principe zijn alle organismen tot op soortniveau gedetermineerd, met uitzondering van zeeanemonen (phylum Actinaria) en organismen die te zeer beschadigd waren.

### 2.2.3 *Boxcore Macrofauna*

In het lab zijn de monsters nagespoeld, gekleurd met Bengaals Rood en vervolgens uitgezocht. De monsters zijn, om het uitzoeken te vergemakkelijken, in twee fracties verdeeld met zeven van resp. 3 en 0,5 mm. De dieren zijn uit de residuen gezocht, met het blote oog uit de grove fractie en met behulp van een binoculair (x6 - x12) voor de fijne fractie. De fracties worden verder niet afzonderlijk behandeld.

Met uitzondering van de Oligochaeta, Actinaria en Nemertea zijn alle dieren, zo mogelijk, tot op de soort gedetermineerd, en werd het aantal bepaald. Wegens de soms sterke fragmentatie van de polychaeten, is voor het bepalen van de dichtheid het aantal koppen geteld. Als van een bepaalde soort enkel fragmenten gevonden zijn, werd het aantal gevonden exemplaren als één beschouwd. Van alle schelpdieren, en van de complete exemplaren van de wadpier *Arenicola marina* (dankzij hun stevige structuur) is de lengte of lengteklasse genoteerd.

De biomassa is bepaald op één van de volgende manieren:

- Door het direct bepalen van het asvrijdrooggewicht. Hiervoor werden dieren met verschillende lengte minimaal 2 dagen gedroogd bij 80°C, en nadien gedurende 2 uur bij 560-580°C verast. Het asvrijdrooggewicht (ADW) is het verschil tussen het drooggewicht voor en het gewicht na verassen.

- Door gebruik te maken van lengte-gewicht relaties ( $W=aL^b$  met  $W=ADW$  in mg en  $L=lengte$  in mm). Voor de schaal- en schelpdieren zijn lengte-gewicht regressies opgesteld (geleverd met de database). Voor het berekenen van de regressie zijn per soort de directe bepalingen van het asvrijdrooggewicht gebruikt. Indien van een soort niet voldoende exemplaren gevonden werden, of de spreiding zo groot was dat er geen betrouwbare regressie berekend kon worden, is een eerder berekende regressie gebruikt. Bij gebruik van een alternatieve regressie is altijd gecheckt of deze passend was bij de huidige observaties. Bij het toekennen van een regressie is zo veel mogelijk een regressie van hetzelfde project en seizoen gebruikt.

- Door het converteren van natgewicht in ADW. Natgewichten zijn bepaald met een Sartorius balans tot op 0,1 mg nauwkeurig. De natte exemplaren worden even (1-10 sec) op een filterpapier gedroogd en dan gewogen. In verband met een grotere hoeveelheid aanhangend

water worden de grote exemplaren een langere tijd gedroogd dan de kleine. Voor de omrekening van natgewicht naar asvrijdrooggewicht is gebruik gemaakt van conversiefactoren die werden bepaald tijdens eerdere monitoringcampagnes (geleverd samen met de database).

- Door het toekennen van een gemiddelde biomassa uit de bemonsterde populatie of vergelijkbare populatie in uitzonderlijke gevallen dat lengte noch natgewicht bepaald konden worden.

## 2.3 Dataverwerking

### 2.3.1 Verwerking van de schaaflmonsters

Niet van alle vissen en garnalen is het gewicht bepaald tijdens de bemonstering. Om een schatting te kunnen maken van de ontbrekende biomassa is waar mogelijk de relatie tussen lengte en gewicht bepaald uit de overige gegevens uit deze bemonstering met behulp van regressieberekeningen. Dit is alleen gedaan voor complete exemplaren. De totale biomassa wordt daarom iets onderschat door het ontbreken van het gewicht van incomplete organismen.

Bij de overige organismen uit de schaaflmonsters (epifauna en schelpdieren) kon niet in alle gevallen biomassa bepaald worden, omdat de dieren te zeer beschadigd waren. In deze gevallen is de biomassa berekend uit het gemiddelde van de andere waarnemingen, waarbij de volgende prioritering werd gehanteerd:

1. uit het gemiddelde van intacte organismen van dezelfde soort in hetzelfde monsters;
2. uit het gemiddelde van intacte organismen uit monsters van dezelfde bemonsteringsdag;
3. uit het gemiddelde van intacte organismen uit dezelfde cruise (bemonsteringstocht).

Een uitzondering hierop vormt de biomassabepaling van *Ensis* sp. (mesheft). Deze is primair berekend middels een regressievergelijking waarin de biomassa is gerelateerd aan de mesbreedte ( $y = 0,0032 \times x^{3,0004}$ , waarin  $y$ =gewicht hele exemplaren in gram en  $x$ =mesbreedte in mm). Deze regressievergelijking betreft data uit voorjaar 1996 en is gebaseerd op onderzoek in de Voordelta (Craeymeersch & Van der Land, 1998). Alleen als de schelpen zo zeer beschadigd waren dat de mesbreedte niet meer bepaald kon worden, is het gewicht (na berekenen van regressie voor de overige exemplaren) bepaald volgens de bovengenoemde methode.

De data zijn geanalyseerd met behulp van Bray-Curtis similarity (gelijkenis), waarbij een vierde wortel transformatie is toegepast op de dichtheden (Primer statistische software, Clarke & Gorley, 2001). Op de gelijkenismatrix is een clusteranalyse uitgevoerd. De verdeling in clusters is vervolgens met het oog afgeleid uit het clusterdendrogram en ruimtelijk weergegeven.

Omdat de bodemparameters zijn bepaald uit submonsters van de boxcore bemonstering (een puntbemonstering) zijn geen uitgebreide statistische analyses van de relaties tussen soortensamenstelling in de schaaflmonsters en de bodemparameters uitgevoerd, maar zijn alleen de gemiddelden vergeleken.

### 2.3.2 Primaire verwerking van de boxcore gegevens

De bodemdiergegevens worden op drie taxonomische niveaus benaderd. Op het eerste niveau zijn de gemiddelden voor de dichtheden en de biomassa van de totale macrofauna en het aantal (tot op het niveau van species gedetermineerd) soorten berekend. Op het tweede niveau is er onderscheid gemaakt tussen de dominante taxonomische groepen waarvoor de dichtheid en biomassa berekend is voor elk monster. Op het derde en laatste niveau is een selectie gemaakt van dominante soorten.

Drie verschillende definities kunnen worden gehanteerd voor het selecteren van dominante soorten:

1. de gemiddeld meeste frequente soorten,
2. de soorten met de hoogste gemiddelde relatieve dichtheden, en
3. de soorten met de hoogste gemiddelde relatieve biomassa.

Drie soortenlijsten zijn opgesteld door een selectie te maken van de twintig eerste soorten met betrekking tot deze drie verschillende maten van dominantie. Van elke soortenlijst (op basis van dichtheid, biomassa, frequentie) is een selectie gemaakt van de vijf eerste soorten. De vijf eerste soorten van elke lijst zijn samen met de soorten die in de drie tabellen tegelijk voorkomen samengevoegd in de 'lijst van de dominante soorten'.

Voor de drie niveaus (totale macrofauna, taxa, soorten) zijn verspreidingskaarten geproduceerd voor een overzicht van de geografische verdeling van de bodemdieren over het studiegebied.

### *2.3.3 Normaliteit en informatieve waarde van het gemiddelde*

Van nature zijn de bodemdieren niet homogeen verdeeld op de zeebodem als gevolg van controle door omgeving, interacties tussen soorten en toeval.

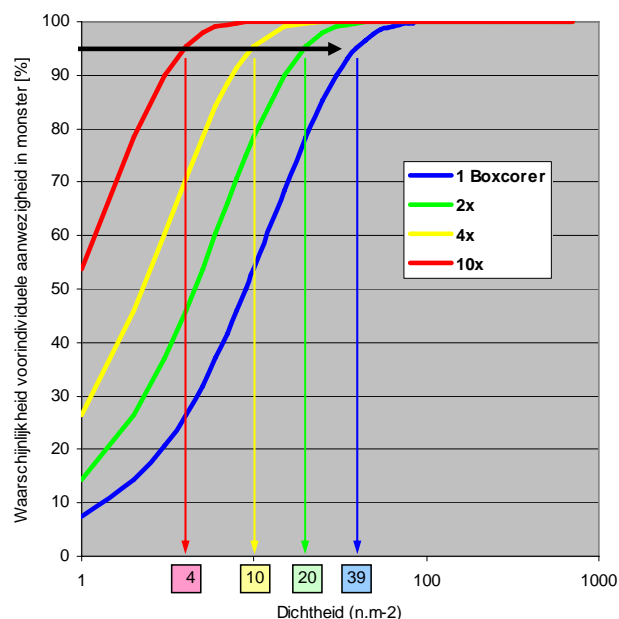
Waar de observaties normaal verdeeld zijn (met als vuistregel dat 95% van de waarnemingen binnen twee standaarddeviaties van het gemiddelde liggen) is het gemiddelde representatief voor de populatie. De 'normaliteit' van de verdeling van de waarnemingen is getoetst met de Shapiro-Wilk toets (Shapiro & Wilk, 1965). In geval van significante afwijking t.o.v. de normale verdeling is verder gezocht naar de aanwezigheid van individuele uitschieters die mogelijk verantwoordelijk kunnen zijn voor de afwijking. In geval dergelijke afwijkingen waargenomen zijn, is de mediaan en/of andere niveaus van de percentielverdeling gebruikt als alternatief voor het gemiddelde.

De mate van representativiteit van de berekende gemiddelden voor dichtheid en biomassa is onderzocht op het eerste niveau van integratie (totale macrofauna).

### *2.3.4 Representativiteit met betrekking tot schatting van de dichtheid*

Elk bemonsteringstoestel wordt gekenmerkt door een minimale dichtheid aan bodemdieren waaronder de betrouwbaarheid van de waarnemingen met de dichtheid evenredig afneemt. Ter illustratie geeft Figuur 1 de trefkans van individuele organismen als functie van hun dichtheid door een bemonstering met de huidige box corer (0,077 m<sup>2</sup>). De minimale (statistisch verantwoord) waarneembare dichtheid aan bodemdieren wordt bereikt wanneer de trefkans van één individu in één monster gelijk is aan 95%. Het vergroten van het bemonsterde oppervlak door een verhoging van de bemonsteringsinspanning is de manier om de minimale waarneembare dichtheid omlaag te krijgen. In het huidige project is de kwaliteit van het bemonsteringsschema gewaarborgd door de hoge dichtheid en ruimtelijke spreiding van de 257 monsterpunten over het studiegebied.





Figuur 1 Individuele trefkans voor bodemdieren organismen bij de bemonstering van een populatie met 1, 2, 4 en 10 boxcores.

### 2.3.5 Natuurlijke variatie en onderscheidingsvermogen

Het onderscheidend vermogen is de kans dat, gegeven de kenmerken van de verdeling en het werkelijk aanwezige verschil (of trend), dit verschil ook ontdekt zal worden. Het onderscheidend vermogen hangt verder af van de gewenste betrouwbaarheid van de test (type I-fout,  $\alpha$ ) en van het aantal waarnemingen (Duin 1994; Van der Meer 1997). Het kleinst te detecteren verschil tussen twee gemiddelden (t-toets) kan berekend worden met de volgende formule (Sokal & Rohlf 1995):

$$D \geq \sigma \cdot \sqrt{\frac{2}{n}} \cdot [t_{\alpha[v]} + t_{2 \cdot (1-P)[v]}] \quad (1)$$

met:

- n = Aantal monsters;
- D = Kleinst te detecteren verandering;
- v = Vrijheidsgraad voor de standaard deviatie;
- $\alpha$  = Betrouwbaarheidsniveau voor de test (5%)
- P = Waarschijnlijkheid om een verschil D met betrouwbaarheid  $\alpha$  waar te nemen (80%);
- $t_{\alpha[v]}$  and  $t_{2 \cdot (1-P)[v]}$  = Waarden van de t distributie voor v vrijheidsgraad en betrouwbaarheden  $\alpha$  en  $2 \cdot (1-P)$ ;
- $\sigma$  = Standaard deviatie.

Waar mogelijk (normale verdeling van de gegevens) wordt Formule 1 toegepast op de macrofauna karakteristieken voor het bepalen van de kleinste waarneembare te meten verandering op basis van de huidige dataset.

### 2.3.6 Relaties tussen bodemdieren en hun omgeving

In het kader van dit project zijn de diepte en de korrelgrootte voor alle monsterpunten gemeten. Eerst worden de relaties tussen de abiotische variabelen zelf in kaart gebracht om zicht te

krijgen op de habitatkarakteristieken van het studiegebied. In een tweede fase wordt onderzoek gedaan naar de relatie tussen de infauna indicatoren en de omgevingsfactoren.

#### 2.3.6.1 Univariate studie naar de relaties tussen infauna en omgeving

Voor de twee eerste niveaus van aggregatie (totale macrofauna en taxonomische eenheden) is onderzoek verricht naar de mogelijke invloed van diepte, organische stof gehalte, mediane korrelgrootte, afstanden tot de kust op de waargenomen waarden. De relaties zijn onderzocht met behulp van de Spearman rangcorrelatie.

#### 2.3.6.2 Multivariate studie naar de relaties tussen infauna en omgeving

Voor het laagste taxonomische niveau zijn de dichtheden van de soorten die in minimaal 10% van de monsters voorkomen mbv multivariate technieken geanalyseerd (Primer statistische software, Clarke & Gorley, 2001).

#### ***Bepaling van de multivariate patronen (B-C gelijkenismatrix en MDS)***

Eerst zijn de coëfficiënten van gelijkenis (Bray Curtis) berekend tussen de monsters op basis van de soortendichtheden. De gelijkenismatrices tussen de monsters zijn vervolgens gebruikt als input voor de MDS (Multi Dimensional Scaling) routine. De MDS routine gebruikt een iteratief algoritme waarmee de relatieve posities van de monsterpunten op een 2D of 3D ruimte (MDS plot) bepaald worden op basis van hun gelijkenisrangorde. Punten die op elkaar lijken komen dicht bij elkaar en ver van de overige punten waarmee ze weinig overeenkomsten hebben. De kwaliteit van de weergave van de gegevens structuur in de MDS ruimte (2D of 3D) is gemeten met de factor stress waarvan de waarden tussen 0 en 0,45 liggen. De kwaliteit van de weergave is excellent voor stresswaarden onder 0,05, goed tot in de details tussen 0,05 en 0,1, goed in de grote lijnen tussen 0,1 en 0,2, twijfelachtig (cross validatie vereist) tussen 0,2 en 0,3 en zeer slecht boven 0,3.

#### ***Relatie tussen de multivariate patronen en de omgevingsfactoren (Correlatie en BIO-ENV routine)***

De MDS grafieken kunnen vervolgens gebruikt worden om een start te maken met een verkennend onderzoek naar de relatie tussen de macrobenthische gemeenschap en de omgevingsvariabelen. Dat gebeurt door het berekenen van de correlatie (Spearman rangcorrelatie) tussen de coördinaten van de MDS-plot en de waarden van de omgevingsfactoren.

De sterkte van deze relatie is ook te bepalen met behulp van de BIO-ENV routine (Primer). BIO-ENV berekent de rangcorrelatie (Spearman) tussen de gelijkenismatrices afzonderlijk verkregen voor de macrofauna soorten (Bray Curtis coëfficiënt) en de omgevingsfactoren (euclidische afstand). De procedure levert de beste combinaties van omgevingsfactoren ter verklaring van het patroon waargenomen voor de macrofauna dichtheden.

#### ***Identificatie van de soorten verantwoordelijk voor verdelingspatronen (BVSTEP routine) en relatie met de omgevingsvariabelen***

Het identificeren van de kleinste groep van soorten die het algemene verdelingspatroon reproduceren gebeurt met behulp van de iteratieve BVSTEP routine. Door het herhalen van deze routine op de dataset verminderd met de soorten geselecteerd in de vorige sessie wordt gezocht naar de aanwezigheid van verschillende verdelingspatronen binnen de dataset. De verschillende subsets van soorten zijn vervolgens getoetst voor hun relatie met de omgevingsvariabelen met behulp van correlatie met de MDS coördinaten.

### 3. Beschrijving databestanden

#### MV2 Stationsgegevens 2006.xls

##### Tabblad: data

schip	Naam onderzoeksschip
waarnemer	Naam meetleider
datum	monsterdatum
tijd in UTC	Uren:Minuten:Seconden AM/PM
loc nr	Identificatie monsterlocatie
zaknr	Monsteridentificatie aan boord
UTM X	Gemiddelde X-coördinaat van monstertraject (ED50)
UTM Y	Gemiddelde Y-coördinaat van monstertraject (ED50)
GIS (OL)	Gemiddelde positie monstertraject in graden OL
GIS (NB)	Gemiddelde positie monstertraject in graden NB
beschrijving apparaat	Karakteristiek guts
start X-UTM ED50	X-coördinaat begin monstertraject
start Y-UTM ED50	Y-coördinaat begin monstertraject
eind X-UTM ED50	X-coördinaat einde monstertraject
eind Y-UTM ED50	Y-coördinaat einde monstertraject
waterdiepte (m)	Gemiddelde waterdiepte op monstertraject in meters
vaarrichting (°)	Vaarrichting in graden
tellerstand_begin	Tellerstand lier aan begin schaaftrek
tellerstand_einde	Tellerstand lier aan einde schaaftrek
# omwentelingen	Aantal omwentelingen van het meetwiel; een omwenteling is 1,5 m
meters_guts	Aantal meters dat de guts door de bodem is gegaan, berekend uit de tellerstand (elektronisch) van het meetwiel
mesbreedte (m)	Breedte van de guts
bem. oppervlak (m2)	Berekende geschaafde oppervlak mesbreedte x meters_guts
methode vissen schaaft	Methode van schaven Methode 1: Schaaft al varende laten zakken Methode 2: Schaaft laten zakken uit DP
kisten	Aantal kisten monstermateriaal; een volle kist is 48 L
liters	Aantal liters monstermateriaal gemeten met een 30 L emmer met maatverdeling
totvangst	Totaal volume van de vangst
subsample	aantal subsamples uit hoofdvangst (-9 = geen subsamples genomen)
commentaar	
schaafttrack-gegevens bijzonderheden Ferry-box gegevens	Korte opmerkingen
tijd in UTC	Uren:Minuten:Seconden AM/PM
Conduct mS/cm	geleidbaarheid
Saliniteit PSU	saliniteit
Temperatuur C	temperatuur
Fluorescentie ug/l	fluorescentie
Turbidity NTU	turbiditeit
Oxygen mg/l	zuurstofgehalte
pH	zuurgraad
Ferrybox-gegevens. bijzonderheden	Korte opmerkingen

**MV2 Data boxcores  
2006.xls**

ID	Recordnummer
Project	Projectnaam 1
Campagne	Projectnaam 2
Jaar	Onderzoeksjaar
Seizoen	Seizoen in kwartalen vanaf Januari
Regio	Gebiedskarakterisering 1
Gebied	Gebiedskarakterisering 2
Deelgebied	Gebiedskarakterisering 3
Monster	Identificatie monsterlocatie
Mon_opp	Bemonsterd oppervlak (m <sup>2</sup> )
Aantal monsters	(In deze studie altijd 1)
diepte	Waterdiepte op monsterlocatie (m)
UTM(E50) X	X-coördinaat
UTM(E50) Y	Y-coördinaat
Phylum	Nadere taxonomische specificaties van de macrofauna soorten. Waar deze niet bekend/gespecificeerd is, wordt het naast hogere bekende taxonomische niveau aangegeven voorafgegaan door de desbetreffende veldnaam.
Subphylum	id.
superclassis	id.
classis	id.
Subclassis	id.
Superordo	id.
Ordo	id.
Subordo	id.
Superfamilia	id.
Familia	id.
Genus	id.
Species	Wetenschappelijke soortnaam (Genus species). Waar deze niet bekend/gespecificeerd is, wordt het naast hogere bekende taxonomische niveau weergegeven, voorafgegaan door de desbetreffende veldnaam.
Aantal	Aantal exemplaren in het monster
Asvrijdrooggewicht MG	Asvrijdrooggewicht (AFDW) in het monster (mg)
Dichtheid	Aantal exemplaren per m <sup>2</sup>
Biomassa MG/M2	Asvrijdrooggewicht (mg per m <sup>2</sup> )
Determinatie_niveau	Taxonomisch niveau van determinatie 'Species'
Aantal_NatConversie	Aantal exemplaren waarop biomassa (AFDW) is bepaald op basis van conversie uit natgewicht
Aantal_Gewogen	Aantal exemplaren waarop biomassa (AFDW) is bepaald uit directe bepaling AFDW
Aantal_LG-regr	Aantal exemplaren waarop biomassa (AFDW) is bepaald op basis van regressie ten opzichte van de lengte
Biomass_NatConversie	AFDW (mg per m <sup>2</sup> ) op basis van conversie uit natgewicht
Biomass_Gewogen	AFDW (mg per m <sup>2</sup> ) op basis van directe meting
Biomass_LG-regr	AFDW (mg per m <sup>2</sup> ) op basis van regressieberekening
NatDWfactor	Verhouding natgewicht-AFDW
REG_Aantal	Aantal exemplaren in regressieberekening lengte:AFDW
REG_Helling	Helling van regressieberekening lengte:AFDW
REG_Intercept	Intercept van regressieberekening lengte:AFDW
REG_Project(Campagne)	Herkomst data voor regressieberekening lengte:AFDW

**MV2 Data schaaf trekken 2006.xls****Tabblad: Ruwe data evertebraten**

loc nr	Identificatie monsterlocatie
datum	Monsterdatum
factor	Aantal submonsters uit deelmonster
nederlandse naam	Nederlandse soortnaam
wetenschappelijke naam	Wetenschappelijke soortnaam
fylum	Taxonomische hoofdgroep
leeftijdsklasse	Aanduiding leeftijd. zaad=kleine, eerstejaars schelpdieren, mj=meerjarig, nb=niet bekend
lengteklasse	Aanduiding grootte: grt=groot, kln=klein, nb=niet bekend
kapot	Beschadigd (Yes), of intact (No)
aantal	Aantal exemplaren in uitgezocht (deel/sub) monster
gemeten biomassa in veld (gr)	versgewicht (inclusief schaal/schelp) van organisme(n) uit directe bepaling aan boord (alleen intacte exemplaren)
gemeten + berekende biomassa (gr)	Idem + versgewichten (incl. schaal/schelp) berekend uit andere waarnemingen voor ontbrekende waarden
commentaar	Herkomst berekende biomassa

**Tabblad: Ruwe data vis**

loc nr	Identificatie monsterlocatie
datum	Monsterdatum
nederlandse naam	Nederlandse soortnaam
wetenschappelijke naam	Wetenschappelijke soortnaam
lengte (cm)	Lengte intacte exemplaren in cm
stuk	Beschadigd (Yes), of intact (No)
aantal	Aantal exemplaren (Beschadigde exemplaren alleen als kop aanwezig was)
gemeten biomassa in veld (gr vers)	Versgewicht (in gram) uit directe bepaling (aan boord)
gemeten + berekende biomassa (gr vers)	Idem + versgewichten berekend uit regressievergelijking
commentaar	Opmerkingen
UTM X	Gemiddelde X-coördinaat (ED50) van monstertraject
UTM Y	Gemiddelde Y-coördinaat (ED50) van monstertraject
NB	Gemiddelde positie monstertraject in graden NB
OL	Gemiddelde positie monstertraject in graden OL

**Tabblad: Dichtheden en biomassa's**

loc nr	Identificatie monsterlocatie
datum	Monsterdatum
Nederlandse naam	Nederlandse soortnaam
wetenschappelijke naam	Wetenschappelijke soortnaam
fylum	Taxonomische hoofdgroep
dichtheid (aantal per m2)	Aantal exemplaren per soort per locatie per m <sup>2</sup>
biomassa (gram/m2)	Gram versgewicht (incl. schaal/schelp) per soort per locatie per m <sup>2</sup>
UTM X	Gemiddelde X-coördinaat van monstertraject (ED50)
UTM Y	Gemiddelde Y-coördinaat van monstertraject (ED50)



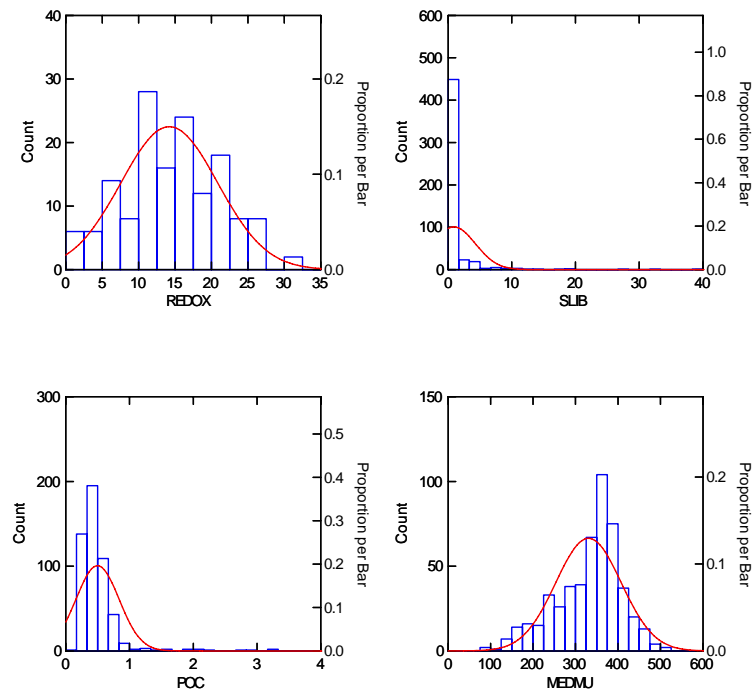
## 4. Resultaten

### 4.1 Sedimentkarakterisering

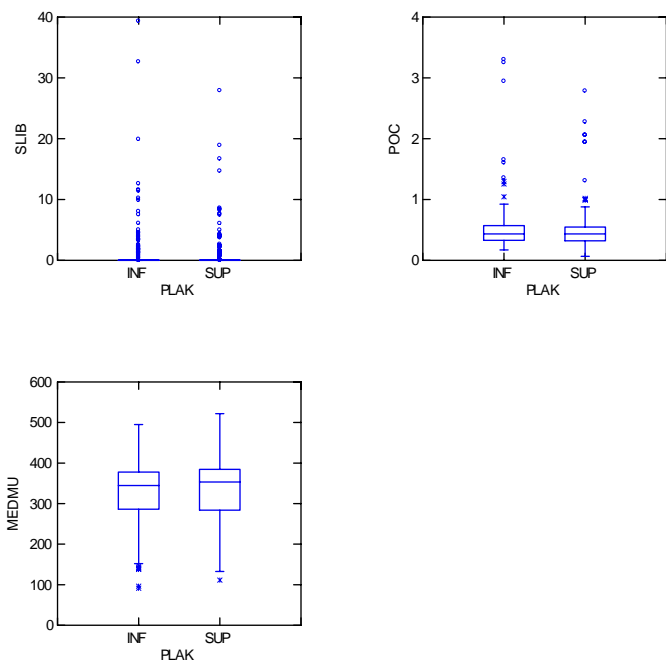
#### 4.1.1 Statistische eigenschappen

De studie naar de sedimentaire eigenschappen van de monsterstations betreft het organisch stof en slib (% deeltjes <63 $\mu$ m) gehalte (als % van het drooggewicht, DW), de mediane korrel diameter ( $\mu$ m) en de diepte van de redox horizon (cm).

De frequentie verdeling (en de daarop gefitte normale verdeling) van de sediment variabelen is weergegeven in Figuur 2. Met uitzondering van de diepte voor de redox horizon laten de andere drie sedimentvariabelen significante afwijkingen zien ten opzichte van een normale verdeling (Shapiro-Wilk toets  $p < 0,001$ ) ook na een log transformatie van de gegevens. Deze afwijkingen zijn de gevolgen van de heterogene sedimentaire samenstelling op de stations waarvan het merendeel uit grof, slib- en organisch arm sediment bestaat terwijl een klein aantal gekenmerkt is door fijner (slibrijker) sediment.



*Figuur 2 Frequentieverdeling (histogram) van de waarnemingen voor de Redox horizon (REDOX, cm), het slib gehalte (SLIB, %), de concentratie in organische stof (POC, %), en de mediane korrelgrootte (MEDMU,  $\mu$ m). De bijbehorende normale verdeling (met zelfde gemiddelde en spreiding als de waarnemingen) is weergegeven als een kromme.*



*Figuur 3 "Box and whisker" plots van de waarnemingen voor het slib gehalte (SLIB, %), de concentratie in organische stof (POC, %), en de mediane korrelgrootte (MEDMU, µm) als functie van de bemonsteringsstrata INF (0-5cm) en SUP (5-10 cm).*

De drie variabelen slibgehalte, POC en mediane korrelgrootte laten geen significant verschil (Mann-Whitney U toets,  $p > 0,05$ ) zien tussen de twee dieptestrata [0-5 cm] en [5-10 cm] (zie Figuur 3). In de vervolganalyses zijn de resultaten uit de twee dieptestrata gepoold voor elk monsterpunt.

De gemiddeldes en medianen zijn berekend voor de vier sediment variabelen. Voor de redox horizon is de standaard deviatie berekend. Voor de andere variabelen waarvan de verdeling afwijkt van de normale verdeling zijn enkele percentielwaarden berekend (Tabel 1).

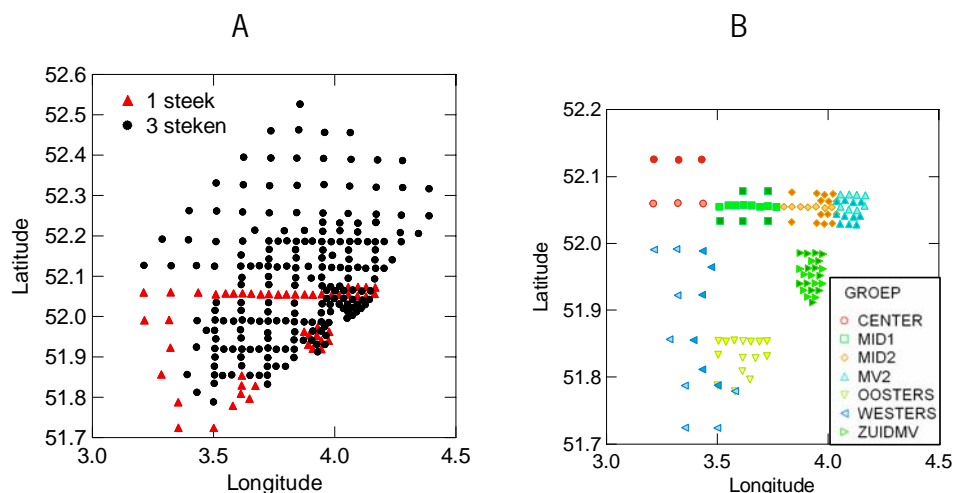
Tabel 1 Statistische waarden, aantal metingen, gemiddelde, mediaan en 5<sup>de</sup>, 25<sup>ste</sup>, 75<sup>ste</sup>, 95<sup>ste</sup> percentielen voor de sedimentaire eigenschappen. \* Bij de redox horizon diepte zijn enkel de punten meegenomen (150) waar de redox horizon daadwerkelijk waargenomen is. De standaard deviatie is enkel voor de redox horizon berekend.

	Organisch stof gehalte (%DW)	Slib gehalte (%DW)	Mediane korrelgrootte (µm)	Diepte Redox horizon (cm)
N metingen	512	513	513	150*
Gem.(± SD)*	0,50	0,90	330,5	14,2 ± 1,1
Mediaan	0,43	0,00	349,6	14,0
5 / 25 / 75 / 95 percentiel	0,24 / 0,33 / 0,57 / 0,83	0,00 / 0,00 / 0,00 / 4,43	179 / 284 / 381 / 434	4 / 10 / 19 / 26



#### 4.1.2 Procedureel artefact

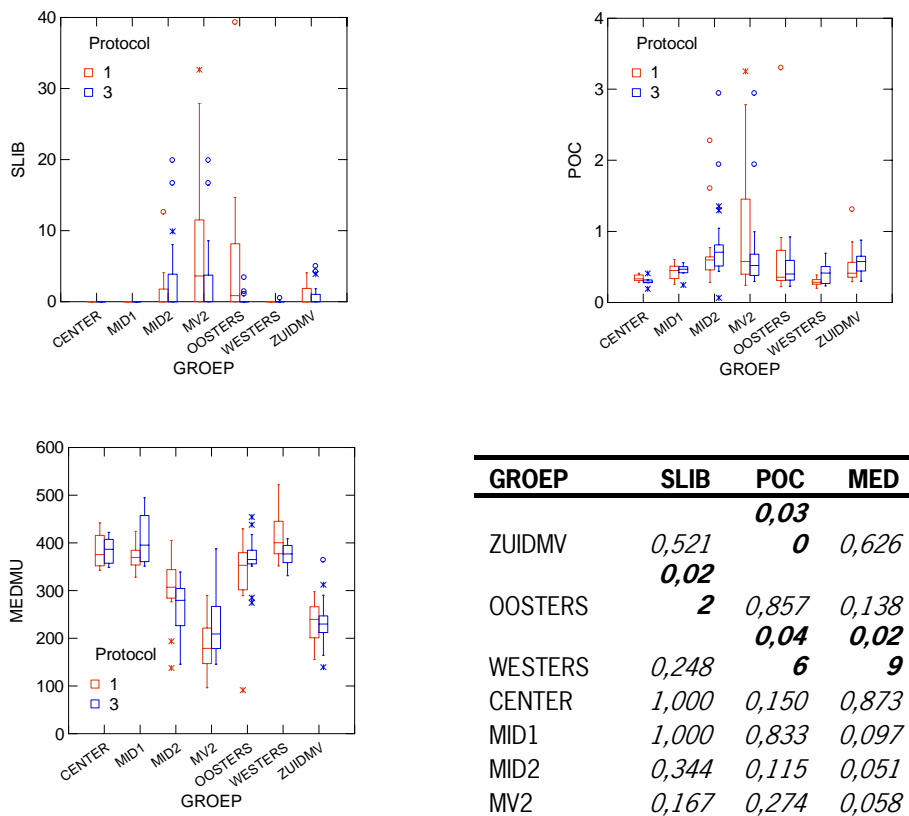
Door een procedurele fout is er voor een aantal monsters (49) een afwijkend protocol toegepast bij het bemonsteren van het sediment. In plaats van een mengmonster uit drie aparte -steken te maken terwijl het sediment nog in de ketel ligt werd, bij die afwijkende monsters, één enkele sediment core genomen na verwijdering van het monster uit de ketel. De ruimtelijke verdeling van de monsterpunten is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 A.-Ruimtelijke verdeling van de afwijkende sediment monsters (1 steek) t.o.v. de gehele sediment bemonstering. B.-Overzicht van de zeven groepen van stations gebruikt voor de vergelijking tussen de twee protocollen (de symbolen voor de stations met één steek hebben een lichtere opvulling dan die voor de stations met drie steken).

Daar de monsterpunten met de verschillende protocollen niet willekeurig (homogeen) ruimtelijk verdeeld zijn (Figuur 4A), zou een vergelijking tussen de twee protocollen over de hele dataset sterk vertekend zijn. Een poging om dit probleem te omzeilen is gedaan door de vergelijkingen afzonderlijk uit te voeren binnen zeven groepen van monsters geselecteerd in de nabijheid van de afwijkende punten (Figuur 4B).

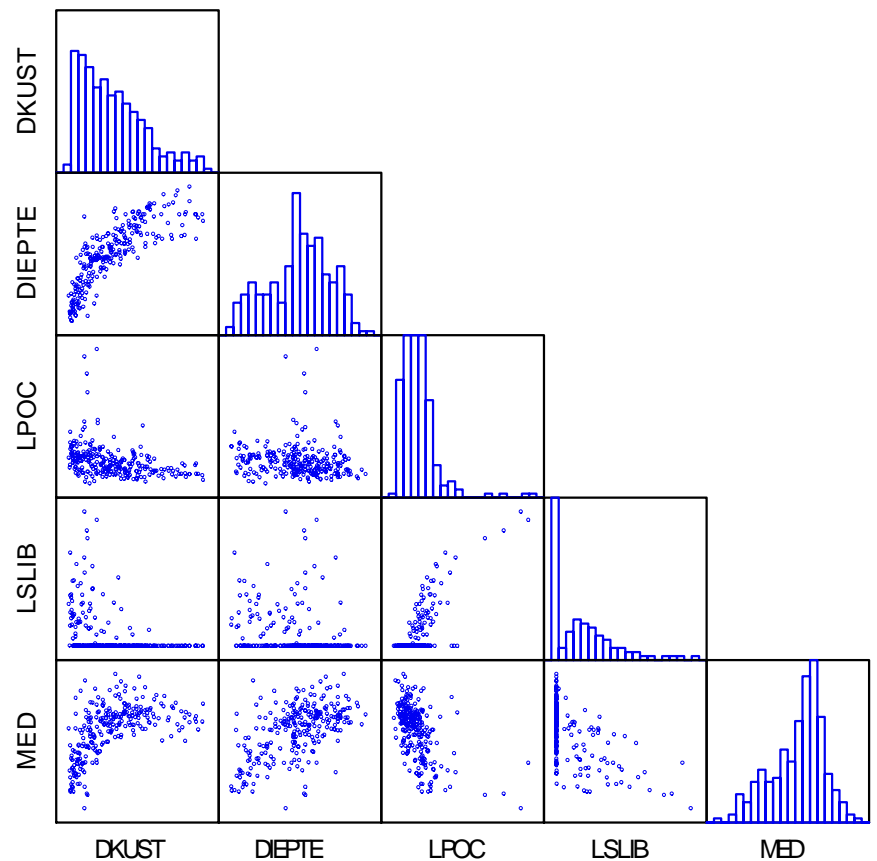
De twee protocollen leiden niet tot systematische verschillen in waarden van mediane korrelgrootte, slib en organisch stof gehalten (Figuur 5). Er zijn weinig significante verschillen waargenomen binnen elk geografische groep tussen de protocollen (verdelingsvrije Mann-Whitney U toets,  $p < 0,05$ ). De verschillen gedetecteerd voor de geografische groep WESTERS zijn bovendien mogelijk toe te schrijven aan de meer zeewaarts locatie (grovere sediment met een lager organisch gehalte) van de 1-steek punten t.o.v. de 3-steken monsters (Figuur 4B).



Figuur 5 “Box plots” voor het slib gehalte (SLIB, %), de concentratie organische stof (POC, %) en de mediane korrelgrootte (MEDMU) waargenomen met de twee verschillende protocollen (1 steek / 3 steken) binnen de zeven geografische groepen geselecteerd voor de vergelijking. Rechtsonder: Overzicht van de p-waarden verkregen met de Mann-Whitney U toets voor de vergelijkingen (significant voor  $p < 0,05$ ) tussen de protocollen binnen elk geografisch gebied.

#### 4.1.3 Relaties tussen de abiotische variabelen

Voorafgaand aan de verkennende studie naar de relatie tussen de infauna en de omgeving zijn eerst de relaties tussen de abiotische variabelen duidelijk in kaart gebracht. Mogelijke interacties tussen de abiotische variabelen kunnen de afzonderlijke relaties van de infauna met de verschillende abiotische variabelen vertroebelen. Een overzicht van de omgevingsvariabelen en van hun onderlinge relaties is verkregen met behulp van een grafische matrix (Figuur 6) waar de sedimentaire variabelen uitgezet zijn tegen de diepte en de afstand tot de kust. De relaties tussen de variabelen zijn getoetst met behulp van Spearman rangcorrelatie omdat de waarnemingen niet normaal verdeeld zijn.



	DIEPTE	MED	LPOC	DKUST	LSLIB
DIEPTE	1				
MED	<b>0,526</b>	1			
LPOC	<b>-0,225</b>	<b>-0,546</b>	1		
DKUST	<b>0,876</b>	<b>0,635</b>	<b>-0,479</b>	1	
LSLIB	<b>-0,342</b>	<b>-0,537</b>	<b>0,583</b>	<b>-0,525</b>	1

*Figuur 6 Boven: Verdeling van de omgevingsvariabelen sediment (MED, POC en SLIB), diepte en afstand tot de kust (DKUST) en hun onderlinge relatie. De waarden van slib en organisch gehalten zijn log-getransformeerd (LSLIB, LPOC). Onder: Spearman rangcorrelatie matrix tussen de variabelen (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).*

De geomorfologische variabelen, diepte en afstand tot de kust, zijn sterk positief met elkaar gerelateerd ( $r=0,88$ ) aangezien diepere stations meestal ook ver van de kust liggen (linksboven in de matrix van Figuur 6).

Met betrekking tot het sediment, is de relatie van de mediane korrelgrootte met de afstand tot de kust ( $r=0,635$ ) beduidend sterker dan de relatie met de diepte ( $r=0,526$ ). Ook de negatieve relatie van het organisch stof gehalte met de afstand tot kust ( $r=-0,479$ ) is sterker dan de relatie met de diepte ( $r=-0,225$ ).

De slib en organisch stof gehalten laten vergelijkbare relaties (in richting en intensiteit) zien met de andere variabelen en zijn ook samen redelijk goed gecorreleerd ( $r=0,583$ ). Slibrijke sedimenten hebben meestal ook een hoog organisch stof gehalte. Opvallend is echter de afwezigheid van slib in 80% van de monsters. Een dergelijke numerieke dominantie van nulwaarden maakt het moeilijk om het slibgehalte te gebruiken als verklarende variabele voor de ruimtelijke verdeling van de macrofauna. Daarom is het slibgehalte niet meegenomen in de

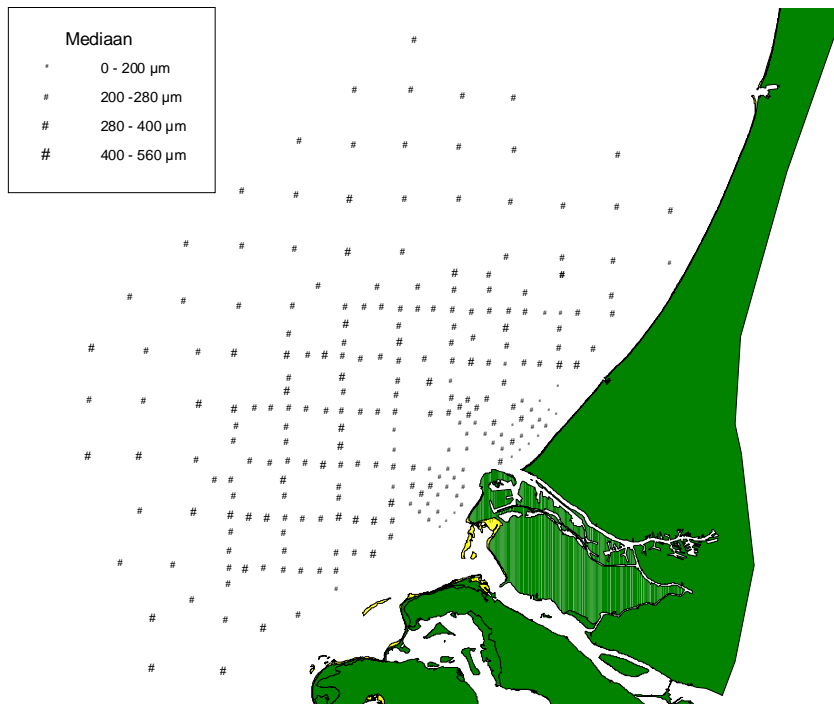
vervolganalyse naar de relatie tussen de omgevingsvariabelen en de macrofauna. Verwacht wordt dat het meenemen van het organische stof gehalte in de analyse voldoende is voor het typeren van de organisch- en slibrijke monsterpunten.

#### 4.1.4 Geografische verdeling van de sedimentaire karakteristieken

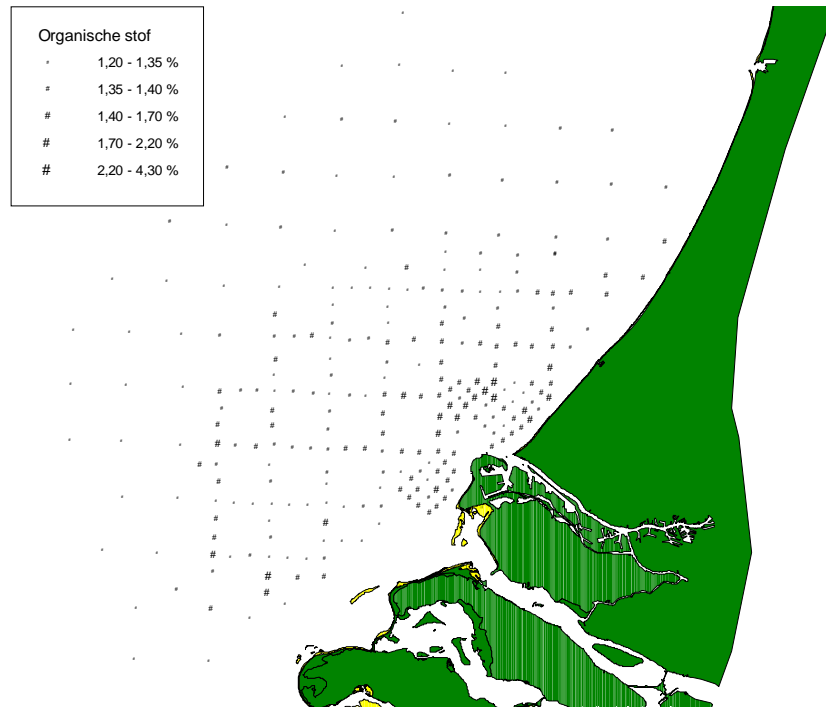
Met uitzondering van een aantal locaties met fijn sediment (<200 µm) aan de noord- en zuidzijde van de monding van de Nieuwe Waterweg zijn de sedimentaire eigenschappen vrijwel homogeen verdeeld over het studie gebied met de meeste mediaan waarden tussen 280 en 400 µm (Figuur 7).

De hoogste gehalten aan organisch stof zijn waargenomen dicht bij de kust aan weerszijde van de monding van de Nieuwe Waterweg. De gehalten nemen zeewaarts progressief af (Figuur 8).

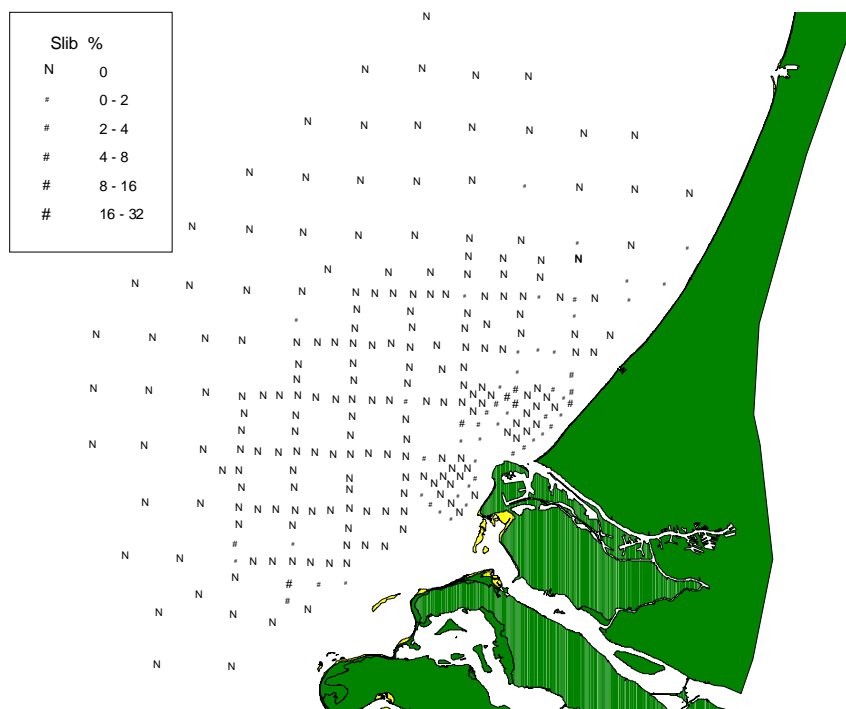
Op de meeste monsterlocaties ontbrak slib in de sedimentmonsters. Alleen een aantal locaties in de kustzone wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van slib in de bodem (Figuur 9).



Figuur 7 Mediane korrelgrootteklassen van sedimentmonsters in het onderzoeksgebied.



*Figuur 8 Organische stof gehalte (%) van de sedimentmonsters in het onderzoeksgebied.*



*Figuur 9 Slib gehalte (%) van de sedimentmonsters in het onderzoeksgebied.*

Het studiegebied wordt gekarakteriseerd door medium zand (mediane korrelgrootte  $3,30 \pm 6,7 \mu\text{m}$ ) met een laag slib- en organisch stof gehalte (meestal  $<1\%$ ). Een klein deel van de locaties ( $<10\%$ ) wordt gekarakteriseerd door fijn, slibrijk sediment.

## 4.2 Schaafmonsters

### 4.2.1 Regressie berekeningen

Om de ontbrekende biomassa van de niet gewogen vissen in te kunnen schatten is deze berekend met behulp van een regressievergelijking, gebaseerd op de relatie tussen lengte en gewicht van de vissen die wel gewogen waren. Dit is alleen gedaan indien minstens 10 lengte-gewicht combinaties beschikbaar waren. Voor vissen die zodanig beschadigd waren dat de lengte niet kon worden bepaald is geen gewicht berekend.

De biomassa van kapotte mesheften is berekend met behulp van de relatie tussen mesbreedte en gewicht die in eerder onderzoek werd bepaald in de Voordelta (voorjaar 1996, Craeymeersch & Van der Land 1998). De gebruikte regressievergelijkingen staan in Tabel 2.

Tabel 2 Overzicht van regressievergelijkingen die zijn gebruikt om ontbrekende biomassa van soorten in de schaafmonsters te schatten.

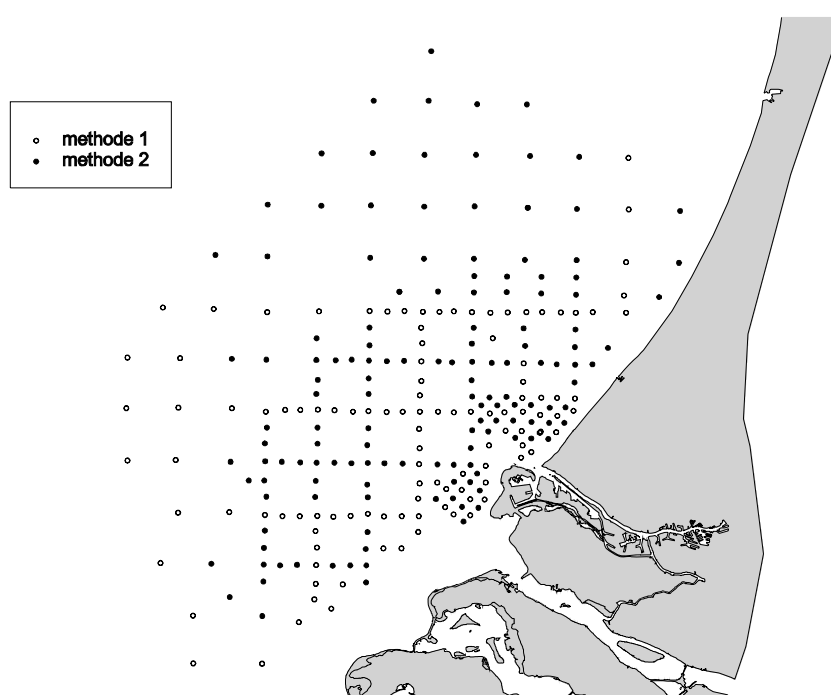
Soort	Vergelijking regressie		variatie coëfficiënt	Aantal gemeten	Aantal berekend
Dikkopje	$y = 0,0042x^{3,3425}$	$R^2 = 0,9293$	13,6%	57	42
Dwergtong	$y = 0,0051x^{3,2875}$	$R^2 = 0,9755$	13,1%	192	48
Gewone pitvis	$y = 0,0063x^{3,0221}$	$R^2 = 0,9681$	14,8%	57	53
Lozano's grondel	$y = 0,0035x^{3,4446}$	$R^2 = 0,9573$	11,7%	11	4
Raster pitvis	$y = 0,0189x^{2,4038}$	$R^2 = 0,9074$	7,6%	16	3
Schar	$y = 0,0064x^{3,1733}$	$R^2 = 0,991$	10,4%	21	9
Schol	$y = 0,0121x^{2,9493}$	$R^2 = 0,9778$	20,3%	17	3
Schurftvis	$y = 0,0026x^{3,4666}$	$R^2 = 0,9927$	11,0%	17	15
Smelt	$y = 0,0038x^{2,8729}$	$R^2 = 0,9238$	20,4%	48	11
Tong	$y = 0,0089x^{2,9691}$	$R^2 = 0,9622$	16,9%	54	32
Zandspiering	$y = 0,0027x^{3,0174}$	$R^2 = 0,9178$	11,9%	238	40
Garnaal	$y = 0,0051x^{3,274}$	$R^2 = 0,944$	17,4%	38	68
Mesheft	$y = 0,0032x^{3,0004}$	Craeymeersch & Van der Land 1998			212

### 4.2.2 Schaafmethode

Tijdens het onderzoek zijn twee verschillende schaafmethoden toegepast (Perdon & Kaag 2006). Het lijkt er niet op dat deze twee methoden tot wezenlijk verschillende resultaten heeft geleid (Tabel 3; Figuur 10). Het gemiddelde schaafoppervlak was met methode 1 waarschijnlijk iets groter (maar ook meer variabel). Methode 2 leverde in totaal een hoger aantal soorten op, maar het gemiddelde aantal soorten per trek was vrijwel gelijk aan het gemiddelde voor methode 1, evenals de dichtheid en hoeveelheid biomassa. Het verschil in totaal aantal soorten wordt daarom waarschijnlijk veroorzaakt doordat met methode 2 een groter gebied bemonsterd is.

Tabel 3 Bemonsteringsresultaten van de twee verschillende schaafmethoden (gemiddelden  $\pm$  SD).

		<b>Totaal</b>	<b>Methode 1</b>	<b>Methode 2</b>
Aantal locaties		257	113	144
Bemonsterd oppervlak (m <sup>2</sup> )	Totaal	4763	2343	2420
	Gemiddeld per trek	18,54 $\pm$ 4,79	20,74 $\pm$ 5,53	16,81 $\pm$ 3,20
Aantal soorten	Totaal	37	32	36
	Gemiddeld per trek	8,47 $\pm$ 3,92	8,42 $\pm$ 3,87	8,52 $\pm$ 3,98
Aantal ind./m <sup>2</sup>		13,8 $\pm$ 35,1	11,5 $\pm$ 18,7	15,6 $\pm$ 43,9
Biomassa (gr/m <sup>2</sup> )		50,95 $\pm$	51,45 $\pm$	50,56 $\pm$
		176,54	143,24	199,32



Figuur 10 Ligging van met de twee schaafmethoden bemonsterde locaties.

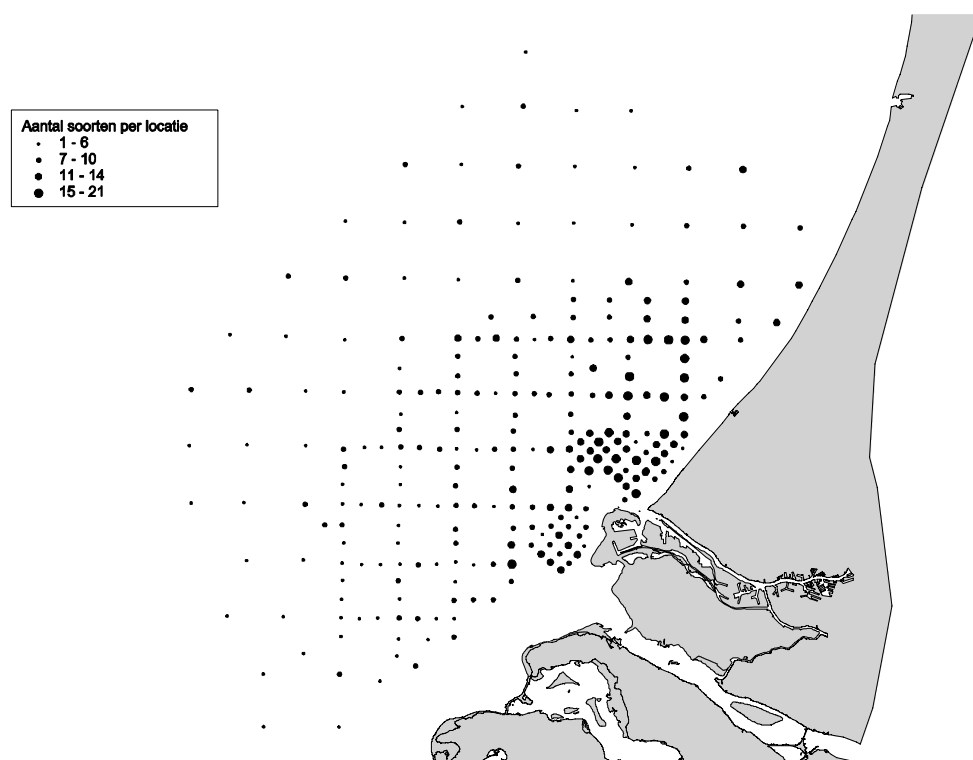
#### 4.2.3 Ongewervelden

In totaal zijn 38 soorten gevonden in de schaafmonsters (excl. vis), verdeeld over 5 Phyla. De individuen van het phylum Cnidaria (Actiniaria; zeeanemonen) zijn verder niet tot op soort gedetermineerd. Het aantal soorten varieert van één (vijf locaties), tot maximaal 20 (locatie 37), met een gemiddelde van ongeveer 8,5 soort per locatie (Tabel 4).

Dicht onder de kust is het aantal soorten hoger dan op verder weg gelegen locaties en ook aan de noordkant van het onderzoeksgebied werden in de schaaftrekken meer soorten aangetroffen dan aan de zuidkant (Figuur 11).

Tabel 4 Overzicht van het aantal soorten totaal en gemiddeld per locatie.

	aantal soorten	gemiddeld aantal soorten per locatie $\pm$ SD
Totaal	37	8,47 $\pm$ 3,92
Arthropoda	14	2,99 $\pm$ 1,34
Mollusca	17	3,56 $\pm$ 2,20
Echinodermata	4	2,00 $\pm$ 0,73
Polychaeta	1	-
Cnidaria	1	-



Figuur 11 Aantal soorten per schaaftrek.

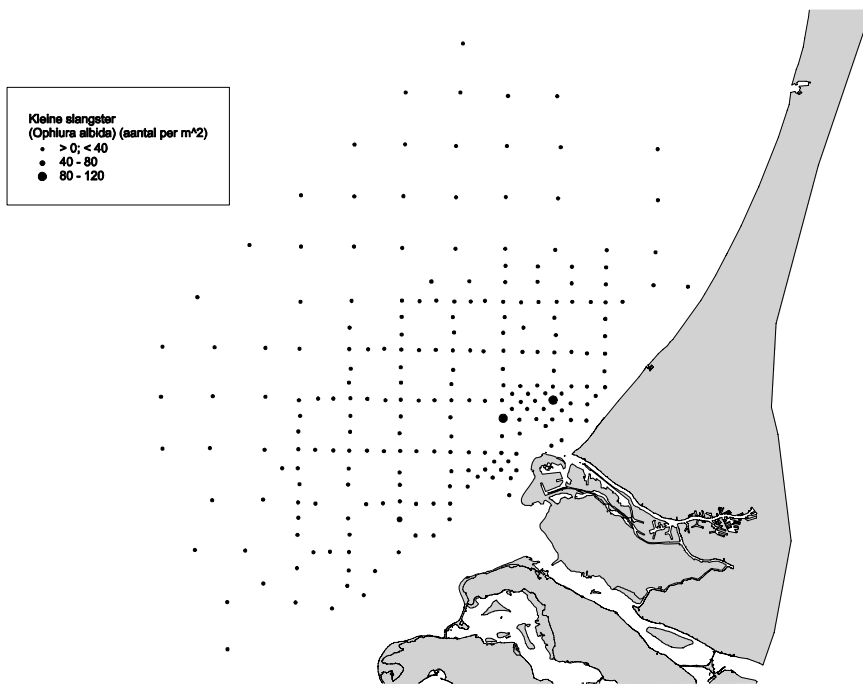
*Ophiura albida* (Kleine slangster, Figuur 12) en *Ensis* sp. (mesheften, Figuur 13) komen het meest wijd verbreid voor (beide 88% van de bemonsterde locaties, zie Tabel 5) en in de hoogste gemiddelde dichtheden. Ook *Liocarcinus holsatus* (Gewone zwemkrab, 74%), *Ophiura ophiura* (Gewone slangster, 70%), *Thia scutellata* (Nagelkrabbetje, 58%) en *Pagurus bernhardus* (Gewone heremietkreeft, 52%) werden op meer dan de helft van de bemonsterde locaties aangetroffen, maar gemiddeld in veel lagere dichtheden.

Met een gemiddelde biomassa van ruim 5 g/m<sup>2</sup> domineert *Ensis* sp. de biomassa in het gebied. Met name locatie 104 draagt hier sterk aan bij met een biomassa van bijna 2 kg/m<sup>2</sup>. Zonder *Ensis* sp. bedraagt de gemiddelde biomassa van de mollusken 3,4 g/m<sup>2</sup>. Dit is vergelijkbaar met de totale biomassa van arthropoden (2 g/m<sup>2</sup>) en Echinodermata (6 g/m<sup>2</sup>). Bij deze groepen wordt de biomassa echter ook gedomineerd door één enkele soort. Bij de Arthropoda wordt de biomassa voor 54% bepaald door *Liocarcinus holsatus* en bij de Echinodermata bepaalt *Asterias rubens* (Gewone zeester) 72% van de biomassa. Beide zijn relatief grote soorten.

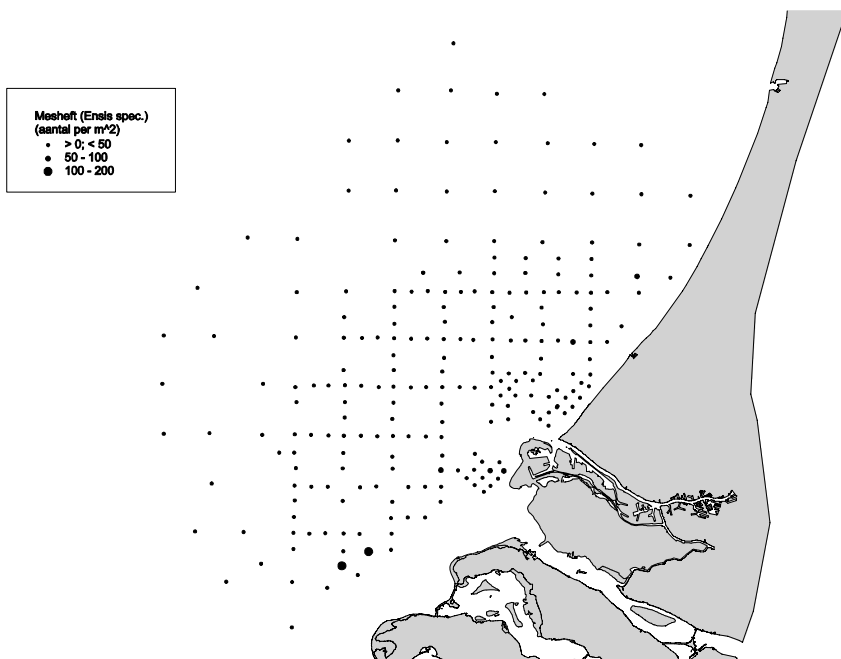


Tabel 5 Overzicht van voorkomen (presentie als % van aanwezigheid), dichtheden (gemiddeld aantal per m<sup>2</sup> ± SD) en biomassa (gr versgewicht per m<sup>2</sup> ± SD).

<b>totaal</b>	<b>Presentie</b> <b>257 stations</b>	<b>n/m<sup>2</sup></b> <b>13,4 ± 35,1</b>	<b>g/m<sup>2</sup></b> <b>50,95 ± 176,5</b>
<b>Arthropoda</b>	<b>93%</b>	<b>0,802 ± 1,349</b>	<b>2,018 ± 2,584</b>
<i>Cancer pagurus</i>	0,4%	0,0002 ± 0,0026	-
<i>Carcinus maenas</i>	0,8%	0,0034 ± 0,0480	0,078 ± 1,251
<i>Corystes cassivelaunus</i>	18%	0,0183 ± 0,0525	0,076 ± 0,273
<i>Crangon crangon</i>	23%	0,0239 ± 0,0583	0,044 ± 0,120
<i>Diogenes pugilator</i>	22%	0,1644 ± 1,0985	0,081 ± 0,528
<i>Ebalia tumefacta</i>	0,4%	0,0008 ± 0,0132	0,0003±0,0053
<i>Liocarcinus arcuatus</i>	17%	0,1113 ± 0,4676	0,128 ± 0,782
<i>Liocarcinus depurator</i>	8,9%	0,0239 ± 0,1218	0,137 ± 0,694
<i>Liocarcinus holsatus</i>	74%	0,2280 ± 0,3229	1,099 ± 1,350
<i>Macropodia</i>	2,7%	0,0026 ± 0,0191	0,001 ± 0,008
<i>Pagurus bernhardus</i>	52%	0,1008 ± 0,1906	0,277 ± 0,530
<i>Pinnotheres pisum</i>	0,8%	0,0006 ± 0,0070	0,0001±0,0007
<i>Portumnus latipes</i>	2,3%	0,0028 ± 0,0208	0,004 ± 0,039
<i>Thia scutellata</i>	58%	0,1207 ± 0,1704	0,094 ± 0,129
<b>Mollusca</b>	<b>97%</b>	<b>8,34 ± 24,95</b>	<b>42,75 ± 163,29</b>
<i>Abra alba</i>	9,7%	1,617 ± 17,252	0,392 ± 3,477
<i>Chamelea striatula</i>	22%	0,0349 ± 0,0892	0,135 ± 0,360
<i>Crepidula fornicata</i>	0,4%	0,0006 ± 0,0103	0,002 ± 0,035
<i>Donax vittatus</i>	11%	0,0459 ± 0,2898	0,073 ± 0,390
<i>Ensis directus</i>	88%	4,601 ± 14,732	39,34 ± 162,36
<i>Lunatia alderi</i>	28%	0,3903 ± 1,1991	0,140 ± 0,364
<i>Lunatia catena</i>	0,4%	0,0006 ± 0,0092	0,0003 ± 0,0055
<i>Lutraria lutraria</i>	19%	0,1022 ± 0,3712	-
<i>Mactra corallina</i>	0,8%	0,0020 ± 0,0291	-
<i>Nassarius nitidus</i>	24%	0,4297 ± 1,5835	0,627 ± 2,237
<i>Nassarius reticulatus</i>	25%	0,4521 ± 1,8728	1,174 ± 5,043
<i>Spisula elliptica</i>	39%	0,0781 ± 0,1997	0,095 ± 0,260
<i>Spisula solida</i>	40%	0,0839 ± 0,1707	0,282 ± 0,797
<i>Spisula subtruncata</i>	32%	0,4190 ± 1,09230	0,458 ± 1,139
<i>Tellina fabula</i>	9,3%	0,0743 ± 0,4730	0,027 ± 0,133
<i>Tellina tenuis</i>	1,2%	0,0010 ± 0,0110	0,002 ± 0,017
<i>Venerupis senegalensis</i>	0,8%	0,0026 ± 0,0296	0,005 ± 0,054
<b>Echinodermata</b>	<b>97%</b>	<b>3,84 ± 10,50</b>	<b>5,75 ± 38,42</b>
<i>Asterias rubens</i>	35%	0,0774 ± 0,3274	4,15 ± 37,02
<i>Ophiura albida</i>	88%	3,2570 ± 9,9880	0,837 ± 2,198
<i>Ophiura ophiura</i>	70%	0,5043 ± 1,1348	0,751 ± 1,349
<i>Psammechinus miliaris</i>	0,4%	0,0010 ± 0,0167	1,012 ± 0,198
<b>Polychaeta</b>			
<i>Aphrodita aculeata</i>	1,6%	0,0009 ± 0,0071	0,016 ± 0,137



Figuur 12 Dichtheden van *Ophiura albida* in het onderzoeksgebied.



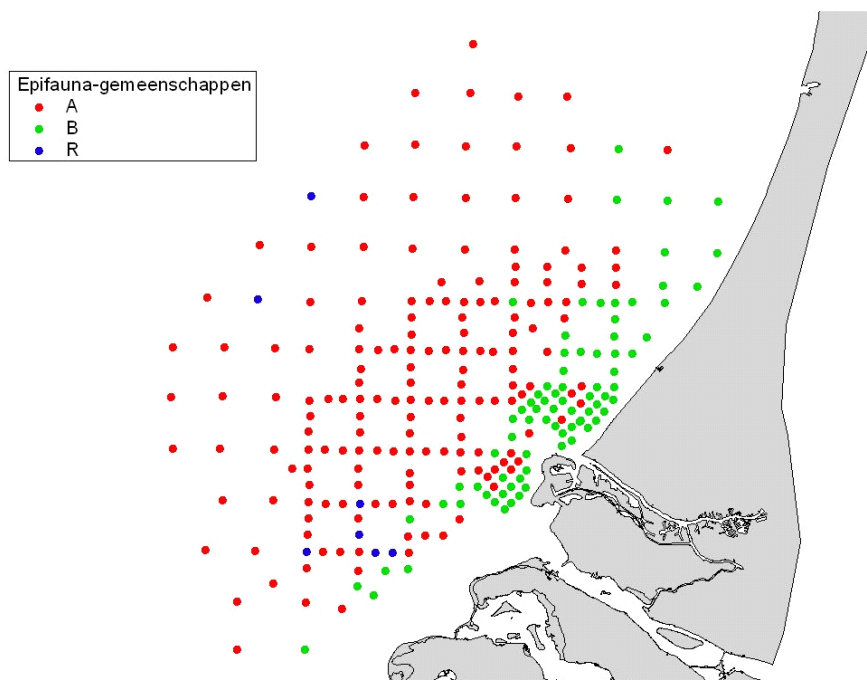
Figuur 13 Dichtheden van *Ensis sp.* in het onderzoeksgebied.

Clusteranalyse van de gegevens laat zien dat er twee grote clusters te onderscheiden zijn in het onderzoeksgebied (A en B), alsmede een aantal soortenarme locaties die ieder apart geplaatst worden, vanwege een afwijkende soortensamenstelling (restgroep R).

De samenstelling van bodemfaunagemeenschappen uit de schaafrmonsters lijkt enigszins gerelateerd aan de korrelgroottesamenstelling van het sediment (Tabel 6). Gemeenschap B komt voor op gemiddeld fijner sediment met een hoger organisch stof gehalte dan gemeenschap A en de restgroep R.

Tabel 6 Karakteristieken van de drie bodemfaunaclusters (gemiddelden  $\pm$  SD).

Parameter	A	B	Rest
<63 $\mu\text{m}$ (% ds)	0,34 $\pm$ 2,21	2,11 $\pm$ 4,51	0,48 $\pm$ 0,88
Mediane korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ )	359 $\pm$ 75	266 $\pm$ 81	362 $\pm$ 18
Mediane korrelgrootte ( $\phi$ )	1,51 $\pm$ 0,24	1,95 $\pm$ 0,47	1,46 $\pm$ 0,08
Organisch stof (% ds)	0,44 $\pm$ 0,27	0,65 $\pm$ 0,41	0,41 $\pm$ 0,20
Aantal soorten	34	35	20
Aantal soorten per locatie	7,05 $\pm$ 2,60	12,06 $\pm$ 3,73	2,00 $\pm$ 2,24
Shannon-Wiener	1,52 $\pm$ 0,30	1,99 $\pm$ 0,38	0,35 $\pm$ 0,70
Aantal ind per locatie	3,46 $\pm$ 3,91	37,00 $\pm$ 56,27	0,81 $\pm$ 1,02
Biomassa per locatie (gr nat)	11,80 $\pm$ 31,41	138,4 $\pm$ 296,0	1,93 $\pm$ 2,35



Figuur 14 Voorkomen van de gemeenschappen in het onderzoeksgebied.

In de gemeenschappen A en B zijn ongeveer evenveel soorten gevonden, maar per monster is het aantal soorten, evenals de dichtheid en biomassa in gemeenschap B aanzienlijk hoger dan in gemeenschap A.

Gemeenschap B wordt alleen in de kustzone aangetroffen, terwijl gemeenschap A kenmerkend is voor het gebied verder uit de kust vandaan (Figuur 14). De restmonsters (R) zijn zowel qua ligging, als qua karakteristieken te beschouwen als zeer soortenarme monsters uit cluster A.

De bemonstering heeft in totaal een periode van tien weken in beslag genomen van 18 april tot en met 22 juni. Dit zou kunnen leiden tot een verandering in aantallen en biomassa van soorten gedurende de onderzoeksperiode. De indeling in clusters vertoont geen echter verband met het tijdstip van bemonsteren. Het lijkt dus niet waarschijnlijk dat er een seizoenseffect aanwezig is.

In het onderzoeksgebied zijn de locaties te verdelen in twee gemeenschappen, waarbij de kustgemeenschap (B) gekarakteriseerd wordt door een hoger aantal soorten, hogere dichtheden en een grotere biomassa op de locaties. Deze locaties zijn gekenmerkt door fijn tot medium zand met een iets hoger organisch stof gehalte.

#### 4.2.4 Vis

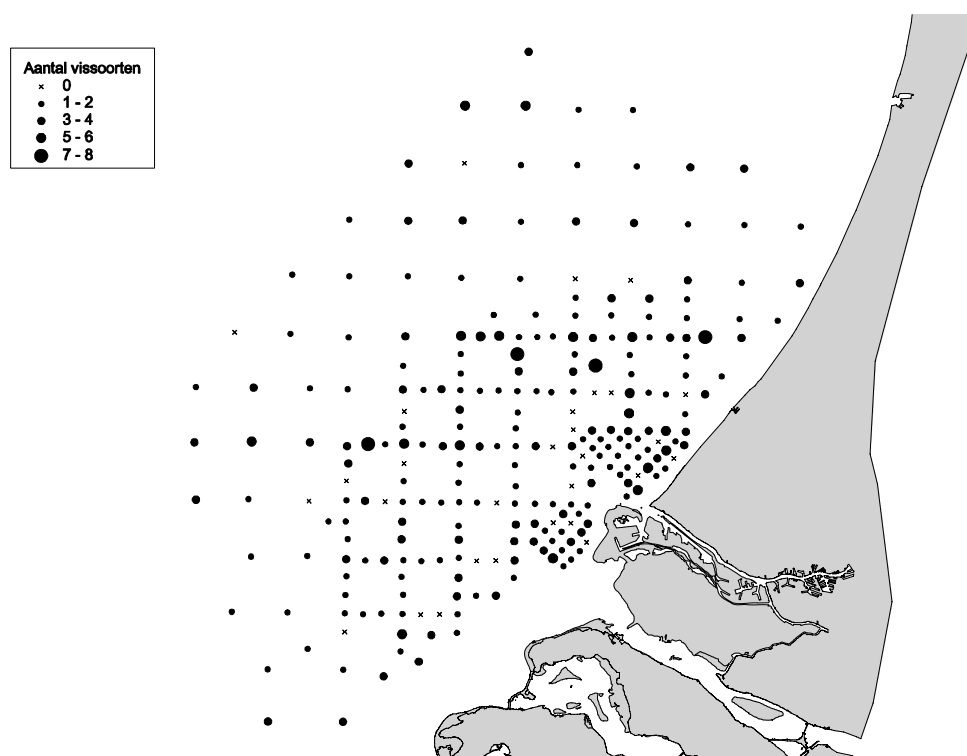
In totaal zijn 22 vissoorten vastgesteld op 228 locaties, met een maximum van 8 soorten op locatie 72. Op 25 locaties werd geen vis aangetroffen, op 4 locaties waren de visresten te zeer beschadigd om de soort(en) te kunnen bepalen. Deze 29 locaties liggen verspreid in het onderzoeksgebied. Gemiddeld werden per locatie  $2,20 \pm 1,56$  soorten gevangen. In tabel 7 zijn de resultaten van de visbemonstering samengevat.

Tabel 7 Overzicht van vissoorten. -: niet bepaald (gemiddelden  $\pm$  SD).

Soort	Aantal locaties	Presentie	Aantal per m <sup>2</sup>	g per m <sup>2</sup> (vers)	
<b>Gadiformes</b>	<b>Kabeljauwachtigen</b>				
<i>Ciliata mustela</i>	5-Dradige meun	1	0,4%	0,0002 $\pm$ 0,0033	-
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljauw	1	0,4%	0,0002 $\pm$ 0,0029	-
<b>Gasterosteiformes</b>	<b>Stekelbaarsachtigen</b>				
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine zeenaald	5	1,9%	0,0013 $\pm$ 0,0099	0,0007 $\pm$ 0,0070
<b>Scorpaeniformes</b>	<b>Schorpioenvisachtigen</b>				
<i>Agonus cataphractus</i>	Harnasmannetje	6	2,3%	0,0017 $\pm$ 0,0116	0,0024 $\pm$ 0,0280
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Rode poon	2	0,8%	0,0004 $\pm$ 0,0049	0,0615 $\pm$ 0,8646
<i>Liparis liparis</i>	Slakdolf	4	1,6%	0,0010 $\pm$ 0,0085	0,0006 $\pm$ 0,0067
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Zeedonderpad	1	0,4%	0,0002 $\pm$ 0,0032	0,0138 $\pm$ 0,2209
<b>Perciformes</b>	<b>Baarsachtigen</b>				
<i>Ammodytus</i>	zandspiering	82	32%	0,1024 $\pm$ 0,4246	0,4597 $\pm$ 1,6622
<i>Callionymus lyra</i>	Gewone pitvis	63	26%	0,0214 $\pm$ 0,0457	0,1270 $\pm$ 0,4919
<i>Callionymus reticulatus</i>	Raster pitvis	16	6,2%	0,0043 $\pm$ 0,0216	0,0151 $\pm$ 0,0801
<i>Echiichthys vipera</i>	Kleine pieterman	1	0,4%	0,0004 $\pm$ 0,0071	-
<i>Hyperoplus immaculatus</i>	Smelt	40	16%	0,0320 $\pm$ 0,1635	0,1872 $\pm$ 0,8694
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Lozano's grondel	14	5,4%	0,0028 $\pm$ 0,0125	0,0037 $\pm$ 0,0165
<i>Pomatoschistus minutes</i>	Dikkopje	56	22%	0,0211 $\pm$ 0,0551	0,0393 $\pm$ 0,1278
<b>Pleuronectiformes</b>	<b>Platvisachtigen</b>				
<i>Arnoglossus laterna</i>	Schurftvis	28	11%	0,0073 $\pm$ 0,0231	0,0810 $\pm$ 0,2777
<i>Limanda limanda</i>	Schar	28	11%	0,0060 $\pm$ 0,0193	0,2018 $\pm$ 0,7766
<i>Microstomus kitt</i>	Tongschar	1	0,4%	0,0002 $\pm$ 0,0025	0,0003 $\pm$ 0,0047
<i>Monochirus luteus</i>	Dwergtong	123	48%	0,0514 $\pm$ 0,0717	0,3586 $\pm$ 0,5643
<i>Platichthys flesus</i>	Bot	4	1,6%	0,0010 $\pm$ 0,0078	0,3919 $\pm$ 3,2815
<i>Pleuronectes platessa</i>	Schol	22	8,6%	0,0053 $\pm$ 0,0208	0,3026 $\pm$ 1,4172
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Griet	1	0,4%	0,0002 $\pm$ 0,0029	0,0361 $\pm$ 0,5785
<i>Solea solea</i>	Tong	67	26%	0,0252 $\pm$ 0,0658	0,8315 $\pm$ 2,5797
Ondetermineerbaar		4	1,6%		2,4712 $\pm$ 15,2209
Geen vis		25	9,7%		
<b>Totaal</b>		<b>257</b>		<b>0,2860 <math>\pm</math> 0,5170</b>	<b>5,5861 <math>\pm</math> 16,5461</b>

De meest voorkomende vissoort in het onderzoeksgebied was *Monochirus luteus* (Dwergtong), die op bijna de helft van de locaties werd aangetroffen met 1 tot 7 exemplaren per schaaftrek. Zandspiering werd op minder locaties aangetroffen, maar lokaal in hogere dichtheden (maximaal 49 in een schaaftrek).

In Figuur 15 is het aantal gevangen vissoorten per schaaftrek aangegeven. Er zijn geen gebieden aan te wijzen waar duidelijk meer soorten gevangen werden. Wel lijken de 'visloze' schaaftrekken vooral wat dicht onder de kust te liggen.



Figuur 15 Aantal soorten vis per schaaftrek.

Clustering van de visgegevens laat zien dat de soortensamenstelling vrij homogeen is in het hele onderzoeksgebied. De gelijkenis van de Bray-Curtis similarity is voor vrijwel alle 228 monsters met determineerbare vis hoger dan 60%. Slechts 5 locaties worden met een lagere gelijkenis afgesplitst (locatie 93, 235, 239, 252 en 266) door de lage aantallen soorten en individuen in combinatie met het voorkomen van zeldzame soorten (Kleine zeenaald, Griet, Rode poon). Deze vijf locaties liggen allen in de kustzone.

In het onderzoeksgebied zijn 22 soorten vis vastgesteld op 228 (89%) locaties. Clusteranalyse laat zien dat de soorten en aantallen vrij homogeen over het gebied verspreid zijn.

### 4.3 Macrofauna uit de boxcore monsters

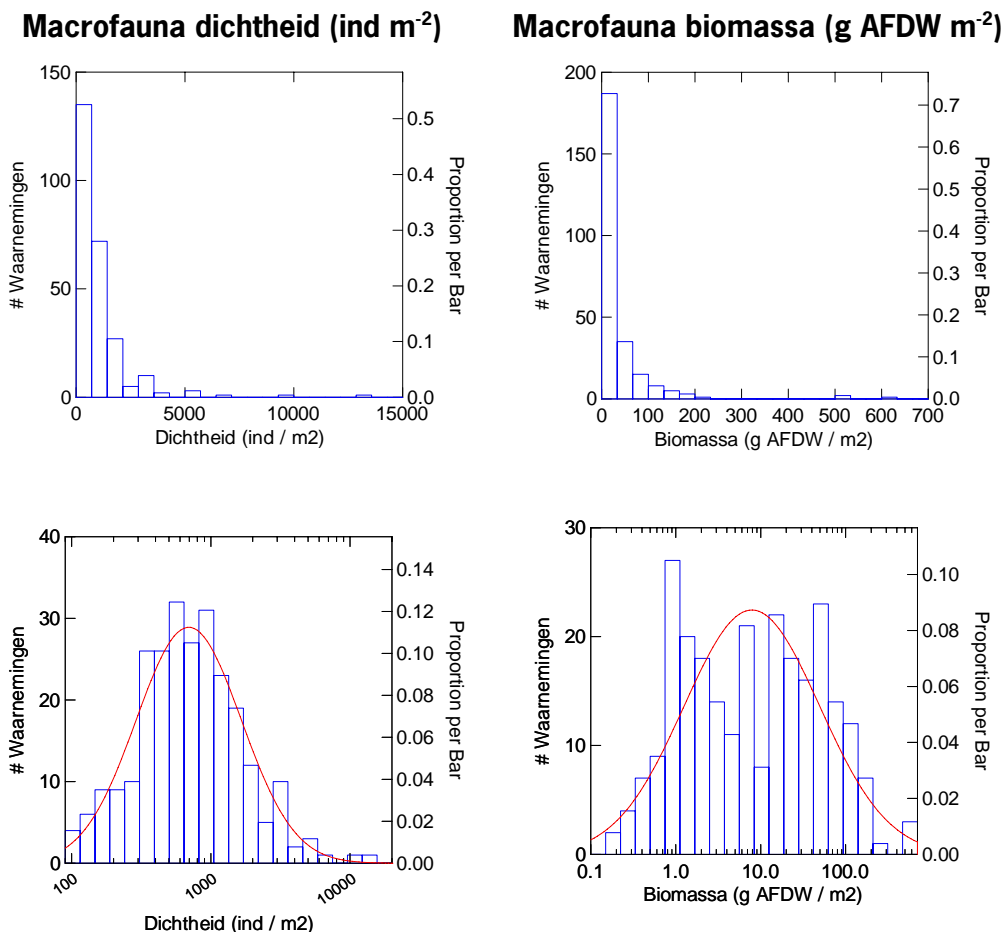
#### 4.3.1 Totale macrofauna

##### 4.3.1.1 Frequentieverdeling en gemiddelden van de totale infauna indicatoren

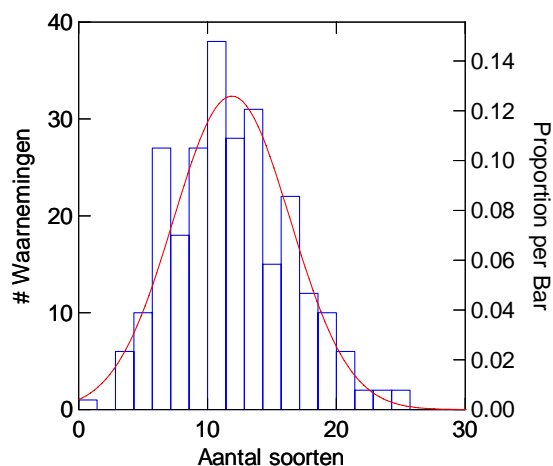
De gemiddelde ( $\pm$  SD) dichtheid en biomassa van de totale macrofauna bedragen  $1048 \pm 1330$  ind  $m^{-2}$  en  $32.6 \pm 68.4$  g AFDW  $m^{-2}$  respectievelijk. Beide variabelen worden sterk gedomineerd door waarnemingen met lage waarden, zodat de waarnemingen significant afwijken van de normale verdeling (Shapiro-Wilk toets,  $p < 0,001$ ) zoals geïllustreerd met de frequentie verdelingen in de bovenste (lineaire) grafieken in Figuur 16.

Na logaritmische transformatie (Figuur 16 linksonder) wijken de dichtheden niet significant af van de normale verdeling (Shapiro-Wilk toets,  $p > 0,05$ ) terwijl dit nog wel het geval is voor de biomassa (Figuur 16 rechtsonder). De afwijking t.o.v. van de normale verdeling voor de biomassa is voornamelijk te wijten aan de bimodale verdeling van de logaritmisch getransformeerde biomassa's. Er vallen duidelijk twee groepen waarnemingen te onderscheiden; met biomassa's tussen 0 en 10 en met een biomassa groter dan 10 g AFDW  $m^{-2}$ .

In totaal zijn er 126 (tot het soortsniveau geïdentificeerde) soorten aangetroffen in de 257 geanalyseerde monsters. Per monster zijn er gemiddeld ( $\pm$  SD)  $12 \pm 4,5$  soorten aangetroffen. De verdeling van het aantal soorten over de monsterpunten wijkt significant af van de normale verdeling (Shapiro-Wilk toets,  $p < 0,01$ ). De proportie van waarnemingen aan de linkse kant van de distributie, d.w.z. monsters met weinig soorten, is relatief te groot ten opzichte van het aantal monsters met een aantal soorten groter dan gemiddeld. De afwijking ten opzichte van de normale verdeling is echter gering (Figuur 17).



*Figuur 16 Frequentieverdelingen van de waarnemingen voor de bodemdieren dichtheid en biomassa weergegeven op lineaire (boven) en logaritmische (onder) schalen. De bijbehorende normale verdeling (met zelfde gemiddelde en spreiding als de waarnemingen) is weergegeven in de grafieken.*



*Figuur 17 Frequentieverdelingen van de waarnemingen voor het aantal soorten bodemdieren. De bijbehorende normale verdeling (met zelfde gemiddelde en spreiding als de waarnemingen) is weergegeven in de grafiek.*

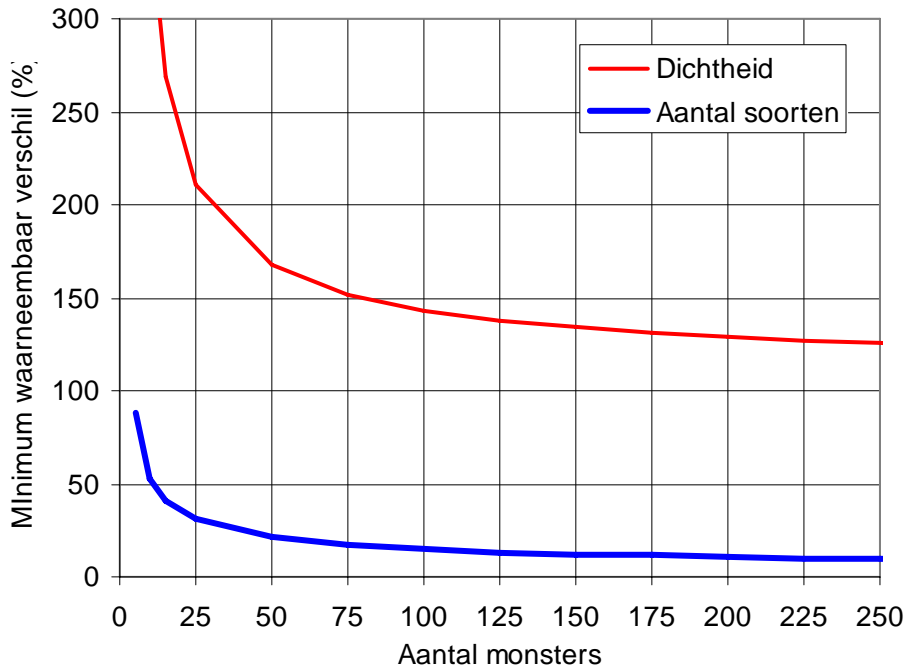
#### 4.3.1.2 Onderscheidend vermogen voor de totale infauna indicatoren

Formule 1 (Materiaal & Methoden) is gebruikt om op basis van het gemiddelde en de standaard deviatie van infauna dichtheid (na log transformatie) en het aantal soorten het minimaal waarneembare verschil te berekenen. Die berekening kon niet worden uitgevoerd voor de biomassa waarvan de waarnemingen niet normaal verdeeld zijn, ook niet na logaritmische transformatie.

Uit deze analyse blijkt dat bij het vergelijken van twee datasets met 257 monsters genomen in het huidige studie gebied (met dezelfde standaard deviatie) verschillen van tenminste 125 % in dichtheid en 9,5% in het aantal soorten waargenomen kunnen worden (Tabel 8).

Tabel 8 Aantal observaties, gemiddelde, standaard deviatie en minimum waarneembaar verschil (%) voor de dichtheid (op basis van log getransformeerde gegevens) en het aantal soorten

Variabelen	Aantal observaties	Gemiddelde	Standaard Deviatie	Waarneembaar verschil (%)
Dichtheid	257	1048	1330	125 %
Aantal soorten	257	12	4,6	9,5 %



*Figuur 18 Het minimum waarneembaar verschil in de dichtheid, en aantal soorten als functie van het aantal monsters genomen in het studie gebied.*

De niveaus van de waarneembare verschillen zijn verder strikt afhankelijk van het aantal monsters. Formule (1) kan gebruikt worden voor het weergeven van de relatie tussen het minimum waarneembaar verschil en het aantal monsters (Figuur 18). Daaruit blijkt vooral een sterke afname van het onderscheidend vermogen wanneer minder dan 50 monsters worden geanalyseerd.

#### 4.3.1.3 Ruimtelijke verdeling van de totale infauna indicatoren

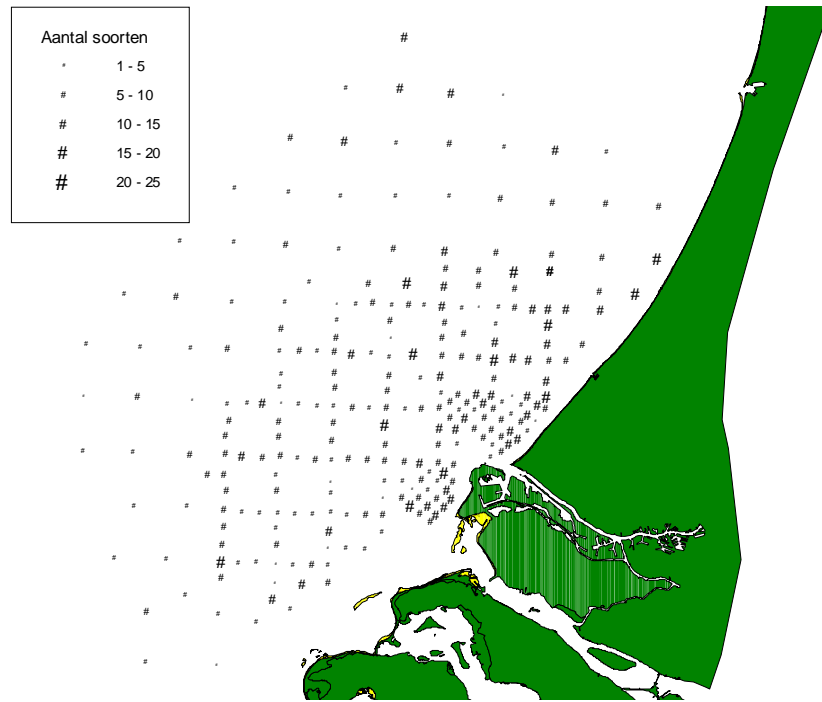
Er is een algemene afnemende gradiënt in het aantal soorten vanaf de kust naar verder van de kust gelegen locaties (Figuur 19). Ook de dichtheden lijken dicht onder de kust hoger dan op verder zeewaarts gelegen locaties, maar de gradiënt is minder duidelijk dan voor het aantal soorten (Figuur 20).

De verdeling van de biomassa over het studiegebied is minder homogeen dan bij de dichtheden. Over het algemeen zijn de hoge biomassa waarden waargenomen op locaties dicht bij de kust.

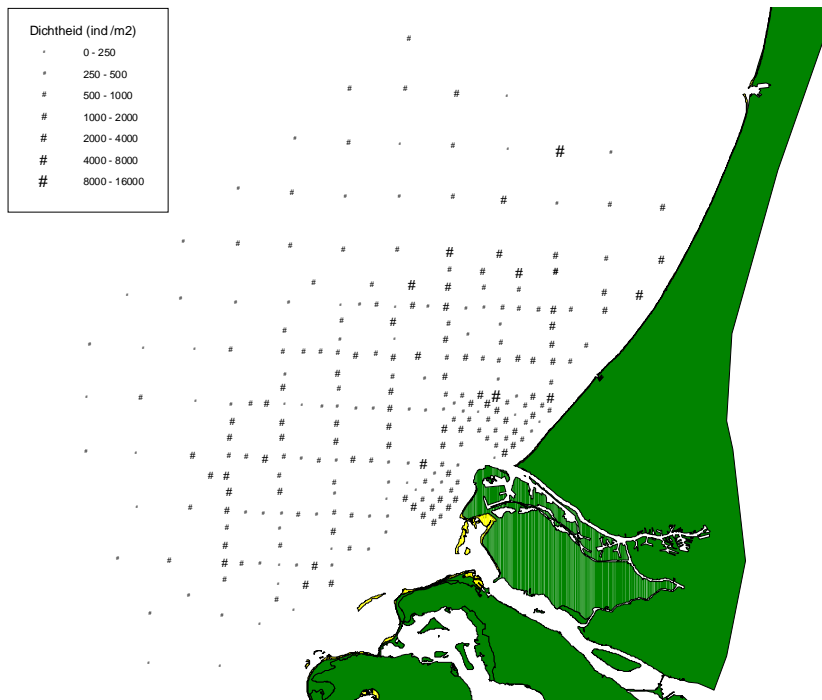
De gemiddelden berekend voor de dichtheid en het aantal soorten kunnen, ongeacht de (lichte) afwijking ten opzichte van de normale verdeling voor het aantal soorten, beschouwd worden als redelijke schattingen van de veldsituatie en zouden geschikt moeten zijn voor het toetsen van verschillen t.o.v. de toekomstige monitoring waarnemingen. Op basis van de huidige waarnemingen is berekend dat een verschil in dichtheid van 125% en een verschil in het aantal soorten van 9,5% gedetecteerd kan worden

De totale macrofauna soortenrijkdom, dichtheid en biomassa laten een afnemende gradiënt zien vanaf de kust naar verder zeewaarts gelegen stations.

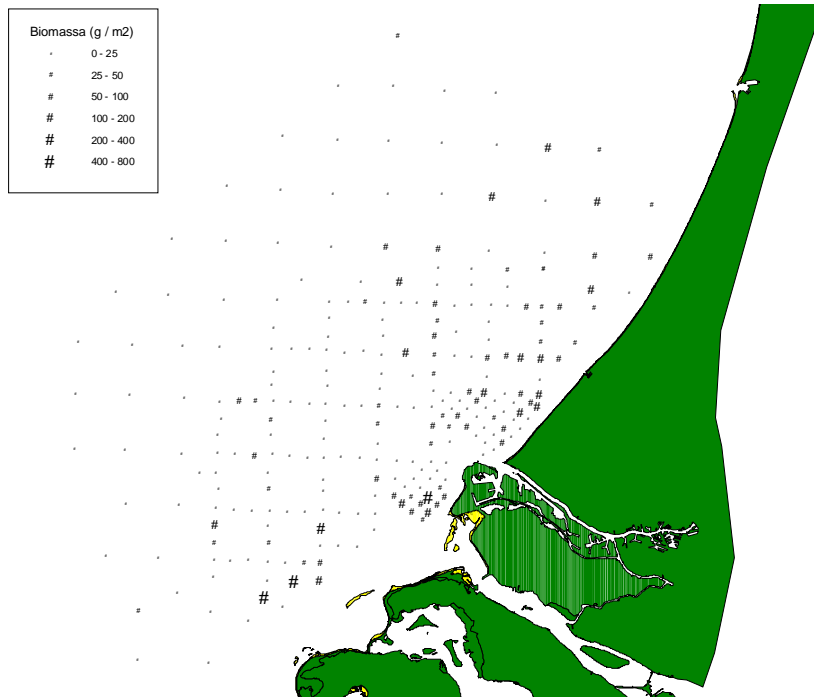




*Figuur 19 Aantal macrofauna soorten.*



*Figuur 20 Totale macrofauna dichtheid (ind. m<sup>2</sup>).*



Figuur 21 Totale macrofauna biomassa (g AFDW m<sup>2</sup>).

#### 4.3.2 Dominante klassen

##### 4.3.2.1 Gemiddelde dichtheid en biomassa van de dominante klassen

De meeste soorten (98%) horen bij de volgende zes taxonomische klassen: Polychaeta, Crustacea, Bivalvia, Gastropoda, Stelleroidea en Echinoidea (Tabel 9).

Tabel 9 Numeriek dominante taxonomische klassen en bijbehorend aantal geïdentificeerde soorten aangetroffen tijdens de huidige studie. Gemiddelde dichtheid en biomassa (maximale waarden zijn vet afgedrukt) van de taxonomische klassen. \*Bij de Nemertea, Oligochaeta en Anthozoa, zijn de individuen niet tot op soortniveau geïdentificeerd.

Taxonomische Klasse	Aantal soorten	Gemiddelde Dichtheid	Gemiddelde Biomassa	Aanwezigheid
Polychaeta	54	653,38	5,690	100,00
Crustacea	43	177,16	1,850	96,50
Bivalvia	16	59,67	17,250	52,92
Gastropoda	6	2,56	0,180	14,79
Stelleroidea	3	17,34	0,750	35,41
Echinoidea	2	17,44	5,850	52,14
Nemertea	*	18,15	0,300	66,93
Oligochaeta	*	4,88	0,0005	10,89
Anthozoa	*	4,83	0,670	5,06

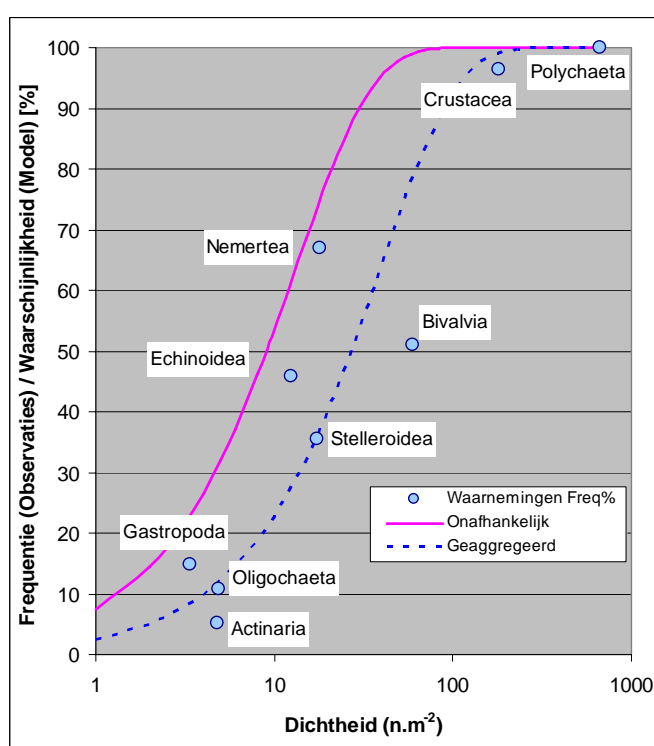
De Polychaeta zijn met gemiddeld 653 individuen per m<sup>2</sup> de meest abundante groep, gevolgd door de Crustacea (177 ind m<sup>2</sup>) en de Bivalvia (60 ind m<sup>2</sup>). Met betrekking tot de biomassa zijn de Bivalvia de dominante groep met een gemiddelde biomassa van 17 g AFDW m<sup>-2</sup>, gevolgd door de Echinoidea (5,9 g AFDW m<sup>-2</sup>), de Polychaeta (5,7 g AFDW m<sup>-2</sup>) en de Crustacea (1,9 g AFDW m<sup>-2</sup>).

#### 4.3.2.2 Representativiteit mbt schatting van de dichtheid

Van de hogere taxonomische groepen waren alleen de Polychaeta in alle monsters aanwezig. Het grote aantal monsters zonder individuen uit een bepaalde klasse roept vragen op m.b.t. de representativiteit van de gemiddelden berekend voor de verschillende taxonomische klassen (Tabel 9). Een hoog aantal lege monsters kan het gevolg zijn van:

- Inadequate bemonsteringstechniek zoals een te klein bemonsteringsoppervlak en/of een heterogeen voorkomen van de organismen.
- Lage veldichtheid van de organismen waardoor de trefkans laag is.

In het tweede geval, valt er een consistente relatie te verwachten tussen de berekende dichtheden en de aanwezigheid van de verschillende groepen zoals waargenomen in de huidige dataset (Figuur 22). De punten in Figuur 22 zijn systematisch lager dan de voorspelling gemaakt voor een Poisson verdeling van de organismen op de zeebodem. Een redelijk fit wordt verkregen voor een voorspelling waarbij organismen geaggregeerd zijn per groep van drie individuen.

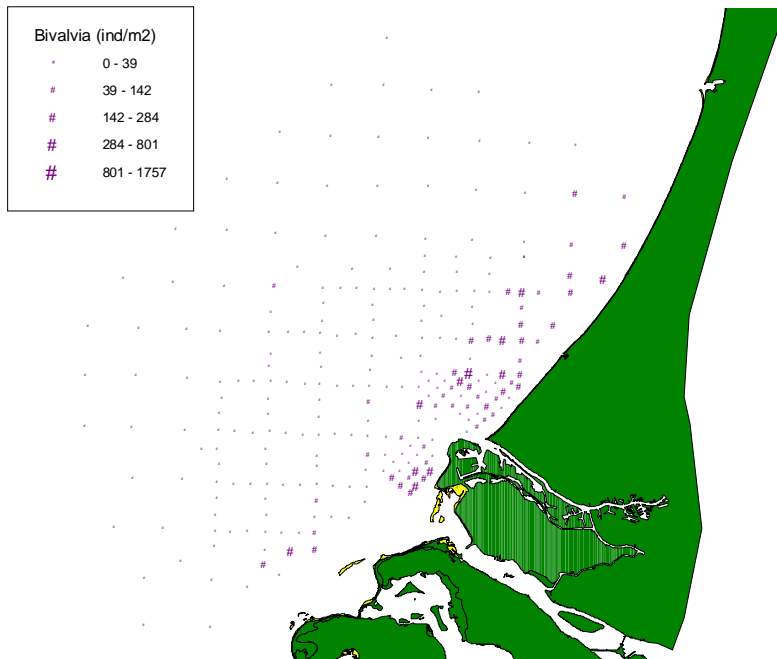


Figuur 22 Aanwezigheid van de dominante taxonomische groepen tegenover de waargenomen dichtheden (Punten). Trefkans als functie van de dichtheid voorspeld door de Poisson verdeling voor monsteroppervlak gelijk aan  $0,077\text{m}^2$  (ononderbroken lijn). Voorspellingen voor een individuele aggregatie ( $\times 3$ ) van de organismen (gebroken lijn).

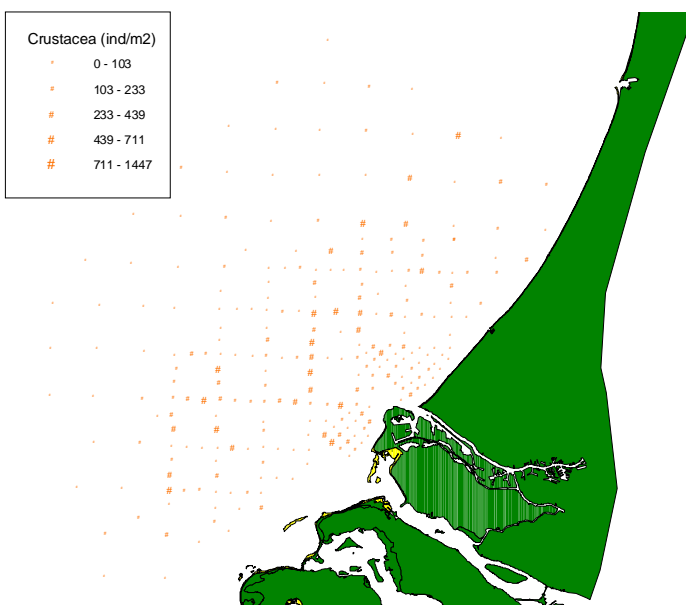
Een dergelijke relatie tussen de frequentie en de dichtheid suggereert een relatief homogene verdeling van de individuen over het onderzoeksgebied. Dit is een opvallende waarneming gezien de habitatverscheidenheid van het onderzoeksgebied en de zeer uiteenlopende ecologische profielen van de soorten binnen elk taxon. Deze schijnbare homogene verdeling van de taxa onder de monsters is mogelijk te wijten aan de ruimtelijke en taxonomische schalen (taxonomische klassen over het hele studie gebied) waarop de gegevensaggregatie werd uitgevoerd.

#### 4.3.2.3 Ruimtelijke distributie van de dominante taxonomische klassen

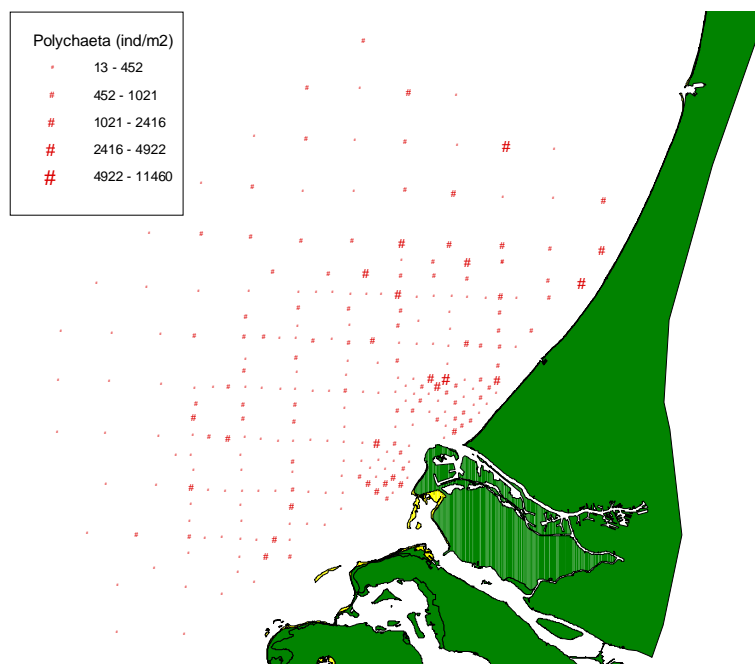
De geografische verdeling van de drie dominante taxonomische klassen (Polychaeta, Bivalvia, Crustacea) is weergegeven op de volgende figuren (met betrekking tot dichtheid). Hoge dichtheden aan Bivalvia bevinden zich binnen een strook vlak langs de kust (Figuur 23) terwijl hoge dichtheden aan Crustacea meer zeewaarts, op intermediair afstand tussen de kust en de buitenrand van het studiegebied waargenomen worden (Figuur 24). De Polychaeta (Figuur 25) hebben een bredere distributiegebied dan de twee vorige taxa en laten hoge dichtheden zien dicht bij de kust (samen met de Bivalvia) maar ook meer zeewaarts (zoals de Crustacea). De buitenkant van het studiegebied wordt gekenmerkt door lage dichtheden van alle drie groepen.



Figuur 23 Geografische verdeling van de Bivalvia dichtheden.



Figuur 24 Geografische verdeling van de Crustacea dichtheden.



Figuur 25 Geografische verdeling van de Polychaeta dichtheden.

Zes taxonomische groepen vertegenwoordigen 98% van de infauna soorten. De dichtheden worden gedomineerd door de Polychaeta, terwijl Bivalvia de biomassa domineren. Na een taxonomische (klassen) en ruimtelijke (hele onderzoeksgebied) aggregatie van de gegevens blijkt de verhouding tussen de treffrequenties en de dichtheden consistent te zijn met een homogene ruimtelijke verdeling van de organismen. De dichtheden van de Bivalvia nemen sterk af met de afstand van de kust terwijl iets zeewaarts hoge dichtheden aan Crustacea gevonden worden. Polychaeta bereiken hoge dichtheden in beide deelgebieden. De buitenkant van het studiegebied wordt gekenmerkt door lage dichtheden voor de drie taxonomische groepen.

#### 4.3.3 Dominante soorten

De drie lijsten van de twintig eerste soorten geselecteerd op basis van: 1. de gemiddeld meeste frequente soorten, 2. de soorten met de hoogste gemiddelde dichtheden, en 3. de soorten met de hoogste gemiddelde biomassa zijn geplaatst in Bijlage 1 tot Bijlage 3.

##### 4.3.3.1 Taxonomische samenstelling van de dominante soorten lijsten

De twintig soorten uit de lijst van dominante soorten op basis van dichtheid behoren tot vier taxonomische klassen, met een sterke dominantie (70%, 14 soorten) van de Polychaeta (Tabel 10). Een vergelijkbare verhouding is waargenomen voor de soortenlijst geselecteerd op basis van frequentie (60% Polychaeta).

De soortenlijst op basis van biomassa telt zeven klassen met een meer evenwichtige onderlinge verhouding tussen de dominante klassen (45% Polychaeta, 20% Bivalvia, 15% Crustacea). Er zijn in totaal 34 soorten geselecteerd in de drie lijsten. Daarvan hoort 53% (18) tot de Polychaeta, 21% (7) tot de Crustacea en 15% (5) tot de Bivalvia (Tabel 10, Pool lijst).

Tabel 10 Aantal soorten per klasse op basis van de samengevoegde lijsten van dominante soorten (t.o.v. dichtheid, biomassa, aanwezigheid).

Klasse	Lijst mbt dichtheden	Lijst mbt biomassa	Lijst mbt frequentie	Pool lijst
Polychaeta	14	9	12	18
Crustacea	3	3	5	7
Bivalvia	2	4	2	5
Gastropoda	0	1	0	1
Stelleroidea	0	1	0	1
Echinoidea	1	1	1	1
Nemertea	0	0	0	0
Oligochaeta	0	0	0	0
Anthozoa	0	1	0	1

#### 4.3.3.2 Lijst van dominante soorten

Een selectie is gemaakt van elke soortenlijst (op basis van dichtheid, biomassa, frequentie) van de vijf eerste soorten. Dit levert een soortenlijst van twaalf soorten (Tabel 11). Zeven soorten komen in alle drie lijsten voor. De geografische verdeling van de twaalf dominante soorten is weergegeven in de bijlagen 8 t/m 19.

Tabel 11 Soorten uit de top 5 van de drie soortenlijsten (op basis van dichtheid, biomassa, frequentie). De namen van de soorten die in alle drie lijsten voorkomen zijn vet afgedrukt. Gemiddelde waarden van dichtheid en biomassa ( $\pm$  SD).

Species	Klasse	Dichtheid	Biomassa	Frequentie
<b><i>Nephtys cirrosa</i></b>	Polychaeta	51,1 $\pm$ 38,3	0,416 $\pm$ 0,362	85,6
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta	51,6 $\pm$ 73	0,032 $\pm$ 0,056	76,65
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea	92,8 $\pm$ 187,7	0,038 $\pm$ 0,078	51,75
<b><i>Lanice conchilega</i></b>	Polychaeta	127 $\pm$ 471,4	2,876 $\pm$ 13,803	45,91
<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta	31,7 $\pm$ 106,2	0,059 $\pm$ 0,141	45,53
<b><i>Echinocardium cordatum</i></b>	Echinoidea	12 $\pm$ 19,8	5,846 $\pm$ 13,391	43,58
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	56,9 $\pm$ 122,8	0,01 $\pm$ 0,022	42,41
<b><i>Scoloplos armiger</i></b>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 77,4	0,074 $\pm$ 0,211	41,63
<b><i>Notomastus latericeus</i></b>	Polychaeta	25,7 $\pm$ 84,2	0,645 $\pm$ 1,925	25,29
<b><i>Nephtys hombergii</i></b>	Polychaeta	9,5 $\pm$ 22,2	0,222 $\pm$ 0,62	24,51
<i>Callianassa tyrrhena</i>	Crustacea	6,6 $\pm$ 21	1,123 $\pm$ 3,015	21,4
<b><i>Ensis directus</i></b>	Bivalvia	19,9 $\pm$ 71,1	14,189 $\pm$ 49,035	20,62

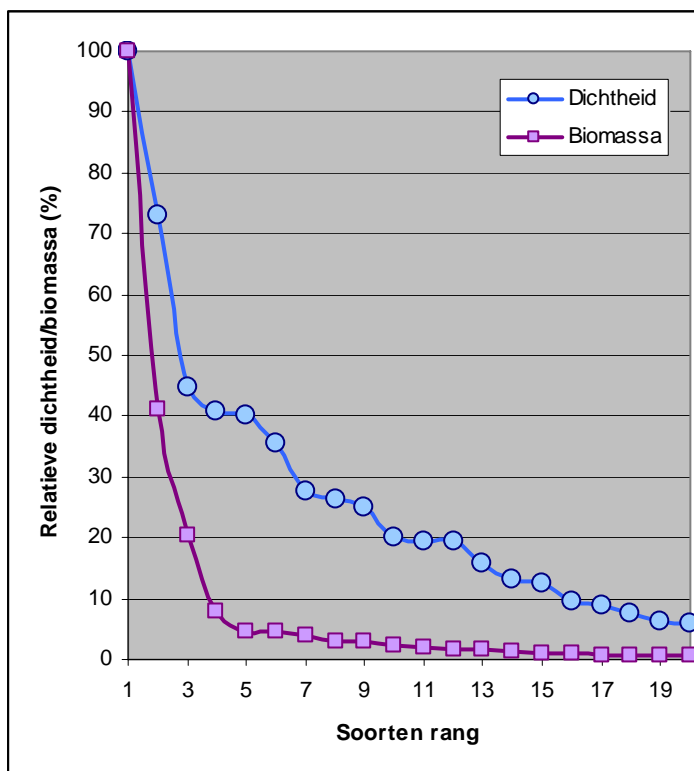
#### 4.3.3.3 Kwantitatieve samenstelling van de dominante soorten lijsten

Voor deze analyse zijn de macrofauna soorten gerangschikt volgens hun gemiddelde dichtheid of biomassa uitgedrukt als percentage ten opzichte van de maximale waarde van de (gemiddeld) meeste dominante soort.

Meer dan tien soorten hebben een gemiddelde dichtheid groter dan 20% van de maximale waarde (Figuur 26).

In tegenstelling tot de dichtheid, wordt de verdeling van de biomassa's sterk gedomineerd door een klein aantal soorten. Slechts drie soorten (*Ensis directus*, *Echinocardium cordatum* en

*Lanice conchilega*) hebben een gemiddelde biomassa groter dan 10% van de maximale biomassa.



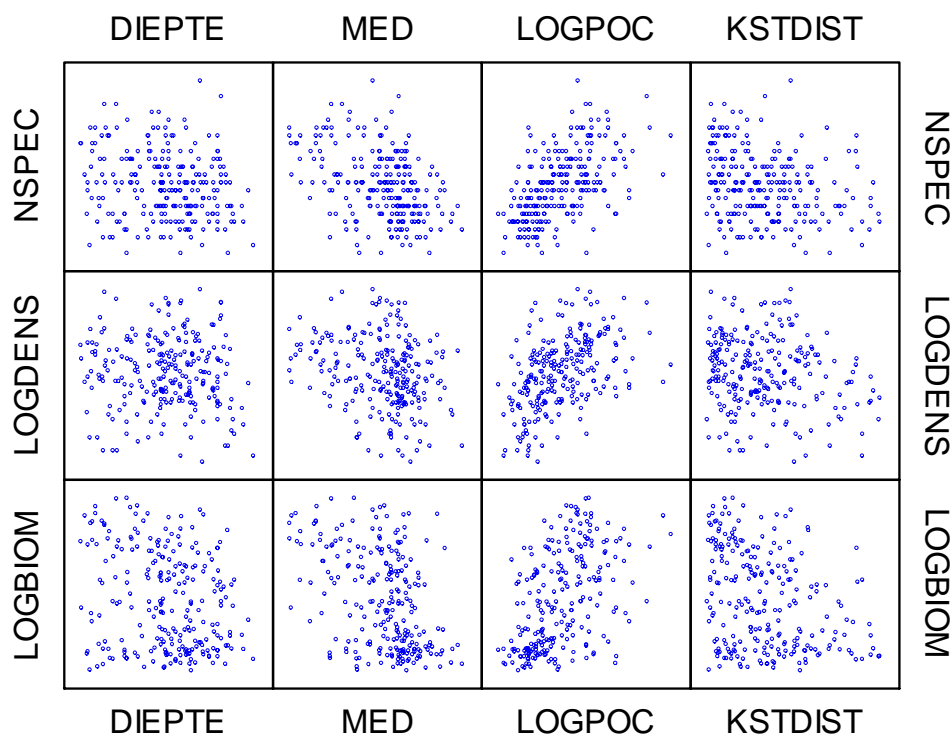
Figuur 26 Relatieve (t.o.v. maximale waarde) gemiddelde dichtheid en biomassa tegen de soorten gesorteerd op respectievelijk afnemende dichtheid en biomassa.

De lijst van de 20 eerste soorten gesorteerd op dichtheid of aanwezigheid bevat slechts vier taxonomische klassen, terwijl zeven klassen vertegenwoordigd zijn in de op basis van biomassa opgestelde lijst. De gemiddelde waarden van dichtheid zijn meer evenredig verdeeld tussen de soorten dan voor de biomassa's die sterk gedomineerd worden door een drietal soorten.

#### 4.3.4 Relaties van de macrofauna descriptors met de omgevingsfactoren

Ten behoeve van de eenduidigheid van de analyse is er voor gekozen om het aantal sterk onderling gerelateerde sedimentaire variabelen (namelijk groottefracties) te beperken tot de mediane korrelgrootte en het organische gehalte. Samen met de diepte en de afstand tot de kust zijn deze sedimentaire variabelen gebruikt om onderzoek te doen naar de relaties tussen de macrofauna en de omgeving.

#### 4.3.4.1 Relatie tussen de totale macrofauna indicatoren en de omgeving



Figuur 27 Biomassa (LOGBIOM), dichtheid (LOGDENS) en aantal macrofauna soorten (NSPEC) als functie van de diepte, mediane korrelgrootte (MED) organische stof gehalte (LOGPOC), afstand tot de kust (KSTDIST).

In verband met de aanwezigheid van uitschieters die het algemene beeld te veel verstoren, zijn 17 monsters buiten beschouwing gelaten. Scatterplot matrices zijn samengesteld als grafische weergave van de relaties tussen de omgevingsvariabelen en de macrofauna descriptoren (Figuur 27). Deze relaties zijn getoetst met behulp van de Spearman rangcorrelatie (Tabel 12).

Tabel 12. Spearman rangcorrelatie matrix tussen de biomassa (LOGBIOM), dichtheid (LOGDENS) en aantal macrofauna soorten (NSPEC) als functie van het organische stof gehalte, de mediane korrelgrootte (MED), de afstand tot de kust (KSTDIST) en de diepte (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).

	LOGPOC	MED	KSTDIST	DIEPTE
NSPEC	<b>0,568</b>	<b>-0,404</b>	<b>-0,276</b>	<b>-0,181</b>
LOGDENS	<b>0,507</b>	<b>-0,269</b>	-0,161	-0,067
LOGBIOM	<b>0,516</b>	<b>-0,413</b>	<b>-0,318</b>	<b>-0,206</b>

De drie macrofauna descriptoren vertonen een maximale (positieve) correlatie met het organisch stof gehalte. De correlaties zijn zwakker (en negatief) voor de drie macrofauna descriptoren ten opzichte van de mediane korrelgrootte, de afstand tot de kust en de diepte. De correlatie coëfficiënten voor het aantal soorten en de biomassa lijken veel op elkaar. Zij duiden erop dat het aantal soorten en de biomassa dicht onder de kust (ondiep) in fijn, organisch rijk sediment hoger zijn, dan verder weg (dieper) in grover, organisch arm sediment.



De dichtheid daarentegen vertoont geen significante relatie met de afstand tot de kust en de diepte.

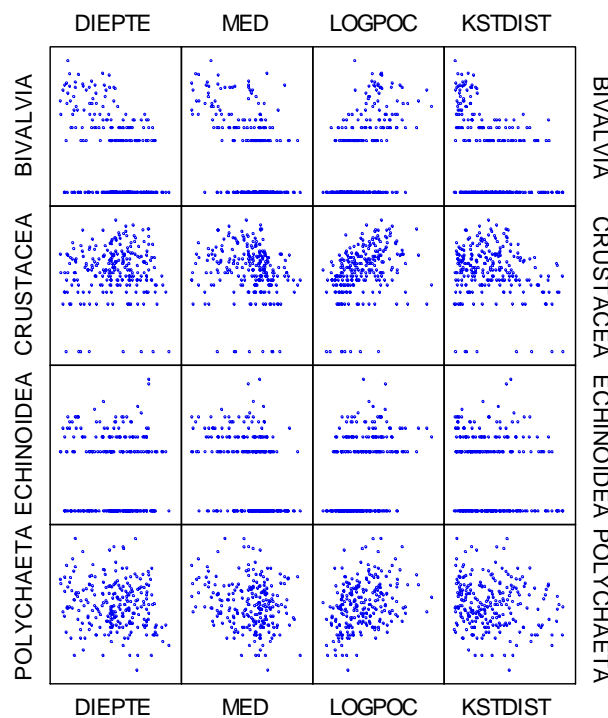
4.3.4.2 Relatie tussen de taxonomische klassen en de omgeving

Voor de studie naar de relatie tussen de taxonomische klassen en de omgevingsvariabelen is er een selectie gemaakt van de dominante klassen zowel met betrekking tot de dichtheid, als van biomassa en aanwezigheid (Tabel 9 en Tabel 11). De huidige studie is beperkt tot de klassen Polychaeta, Crustacea, Bivalvia en Echinoidea.

Zoals in het geval van de totale macrofauna tonen de dichtheden van de vier dominante taxonomische groepen een positieve correlatie met het organische gehalte (hoogste r waarden) en een negatieve correlatie met het mediaan. De meeste groepen tonen zwakke negatieve of niet significante correlaties met de afstand tot de kust en de diepte, met uitzondering voor de Bivalvia waarvan het verband met die variabelen net zo sterk is als met de mediane korrelgrootte (Tabel 13 en Figuur 28).

Tabel 13 Spearman rangcorrelatie matrix tussen de dichtheden van de Polychaeta, Crustacea, Bivalvia en Echinoidea als functie van het organische stof gehalte, de mediane korrelgrootte (MED), de afstand tot de kust (KSTDIST) en de diepte (significante correlaties (p<0,01) zijn vet afgedrukt).

	LOGPOC	MED	KSTDIST	DIEPTE
POLYCHAETA	<b>0,324</b>	-0,165	-0,110	-0,121
CRUSTACEA	<b>0,436</b>	<b>-0,259</b>	-0,119	0,043
BIVALVIA	<b>0,498</b>	<b>-0,452</b>	<b>-0,453</b>	<b>-0,383</b>
ECHINOIDEA	<b>0,350</b>	<b>-0,383</b>	-0,163	-0,074



Figuur 28 Dichtheden (log getransformeerd) van Polychaeta, Echinoidea, Crustacea en Bivalvia als functie van de diepte, mediane korrelgrootte (MED), organische stof gehalte (LOGPOC), afstand tot de kust (KSTDIST).

### 4.3.4.3 Relatie tussen de soorten en de omgeving

Voorafgaande aan deze studie is een selectie gemaakt van de soorten (34) gevonden in minimaal 10% (26 keer) van de waarnemingen (Bijlage 4).

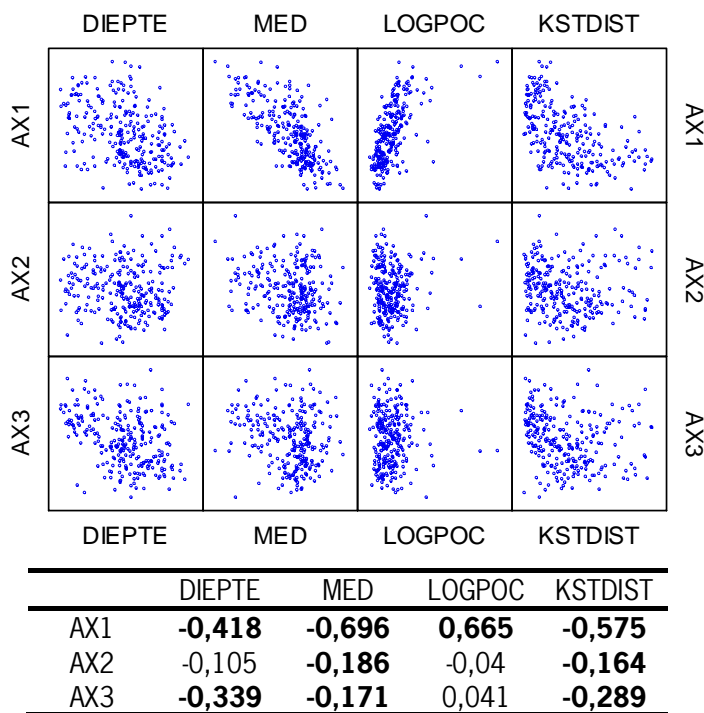
#### **Bepaling van de multivariate patronen (B-C gelijkenismatrix en MDS)**

Een gelijkenismatrix (Bray Curtis coëfficiënt) is berekend tussen de monsterpunten op basis van de dichtheden (na vierde wortel transformatie van de dichtheden) van deze 34 soorten waargenomen in de 257 stations.

De verkregen gelijkenismatrix is gebruikt in een MDS analyse waarmee 2D en 3D MDS plots zijn geproduceerd (Bijlage 5). De 2D en 3D plots worden gekenmerkt door stresswaarden van respectievelijk 0,24 en 0,19. Dat betekent dat de algemene gegevens structuur (met uitzonering van de kleinschalige aspecten) adequaat weergegeven wordt met de 3D plot.

#### **Relatie tussen de multivariate patronen en de omgevingsfactoren (Correlatie en BIO-ENV routine)**

De coördinaten van de monsterpunten op de 3D MDS plot zijn gebruikt voor een studie van de relaties tussen de drie MDS assen en de omgevingsvariabelen (Figuur 29).



*Figuur 29 Boven: Scatterplot matrix van de monsterpunten coördinaten op de drie MDS assen als functie van de omgevingsvariabelen diepte, mediane korrelgrootte (MED), organische stof gehalte (LOGPOC) en afstand tot de kust (KSTDIST). Onder: Spearman rangcorrelatie matrix tussen de MDS-assen en de omgevingsvariabelen (significante correlaties (p<0,01) zijn vet afgedrukt).*

Het verband tussen de coördinaten van de monsterpunten in de MDS ruimte en de omgevingsvariabelen is getoetst met de Spearman rangcorrelatie (Figuur 29).

De vier omgevingsvariabelen hebben een significant verband met de eerste as van de MDS. De relaties zijn het sterkste tussen de eerste as en de sedimentaire eigenschappen (mediane korrelgrootte en POC). De relatie met de eerste MDS-as is al zwakker voor de afstand tot de kust en het zwakste voor de diepte. De relaties tussen de omgevingsvariabelen en de twee volgende MDS-assen zijn zwakker dan met de eerste as. De tweede as is enkel licht verbonden met de mediane korrelgrootte en het afstand met de kust. De derde as is voornamelijk gerelateerd met de diepte en de afstand tot de kust en in mindere mate met mediane korrelgrootte.

Als aanvulling op de directe correlatie analyse van de MDS (macrofauna) coördinaten met de omgevingsvariabelen is de BIO-ENV routine toegepast voor het bestuderen van de relaties tussen de macrofauna soorten en de omgevingsvariabelen. Daarvoor wordt eerst de gelijkenismatrix (Euclidische afstand) van de monsterpunten op basis van de omgevingsvariabelen (vierde wortel transformatie en standaardisatie) berekend. Een MDS-analyse uitgevoerd op deze matrix (Bijlage 6) heeft een stresswaarde van 0,04 (2D) en 0,01 (3D). Dit betekent dat de grootste fractie van de verschillen in omgeving tussen de monsterpunten opgevangen kan worden binnen de drie dimensies van de MDS plot.

Tabel 14 Spearman rangcorrelatie matrix tussen de drie assen van de MDS analyse (op basis van euclidische afstanden tussen de monsterpunten) en de omgevingsvariabelen (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).

	DIEPTE	MED	LOGPOC	KSTDIST
AX1	<b>0,847</b>	<b>0,470</b>	<b>-0,412</b>	<b>0,947</b>
AX2	0,165	0,094	0,073	0,144
AX3	-0,014	<b>-0,662</b>	<b>0,788</b>	<b>-0,187</b>

De relaties tussen de drie MDS-assen en de omgevingsfactoren zijn weergegeven in een grafische matrix in Bijlage 7 en geanalyseerd door correlatie analyse (Tabel 14). De eerste as vertegenwoordigt de toenemende korrelgrootte, afnemend organisch stof gehalte en toenemende diepte op stations op grotere afstand van de kust. Langs de tweede as komen stations te staan met een lichte toename in diepte en afstand maar zonder relatie met veranderingen in de sedimentaire eigenschappen. De derde as is gedomineerd door een sterke variatie in korrelgrootte en organisch stof zonder een directe relatie met de diepte en/of de afstand tot de kust zoals het geval was voor de eerste as.

De uitslag van de BIO-ENV analyse tussen de twee gelijkenismatrices (macrofauna soorten vs omgevingvariabelen) bevestigt het resultaat van de directe correlatie analyse: een correlatie (Spearman rangcorrelatie) van 0,40 is aanwezig tussen de twee matrices, met de mediane korrelgrootte en het organisch stof gehalte als verklarende factoren. Het toevoegen van andere variabelen in de analyse verhoogt het niveau van correlatie niet.

#### ***Identificatie van de soorten verantwoordelijk voor de eerste dominante verdelingspatroon (BVSTEP routine) en relatie met de omgevingsvariabelen***

Met behulp van de BVSTEP routine zijn vijftien soorten geïdentificeerd die verantwoordelijk zijn voor het dominante patroon in de gelijkenismatrix van de macrofauna dichtheden (Tabel 15).

Tabel 15 Lijst van de vijftien soorten (geselecteerd met de BVSTEP routine) verantwoordelijk voor het algemene patroon in de gelijkenismatrix voor de macrofauna dichtheden.

Soorten	Groepen	Soorten	Groepen
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacea	<i>Scolelepis bonnieri</i>	Polychaeta
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea	<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta
<i>Urothoe brevicornis</i>	Crustacea	<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta
<i>Megaluropus agilis</i>	Crustacea	<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta
<i>Spio goniocephala</i>	Polychaeta	<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta		

De vijftien soorten in Tabel 15 zijn gebruikt in een MDS analyse. De eerste MDS-as toont dezelfde relaties met de omgevingsvariabelen als voor de volledige dataset (vergelijk Tabel 16 en Figuur 29). Deze as vertegenwoordigt de verandering in dichtheid en soorten langs een gradiënt van locaties op afnemende afstanden van de kust met een afname van de korrelgrootte. De tweede as (afspiegeling van de derde as van de volledige dataset) staat voor veranderingen in dichtheid en soorten op locaties langs een dieptegradiënt. Uiteindelijk staat de derde as voor dichtheid verandering op locaties met toenemende afstand tot de kust. Gezien de relatief lage correlatie van de twee laatste assen met de omgevingsvariabelen (Tabel 16), is voorzichtigheid vereist bij het gebruik van deze assen bij de analyse van de relatie tussen de soorten en de omgevingsvariabelen.

Tabel 16 Spearman rangcorrelatie matrix tussen de drie MDS-assen verkregen met de 15 soorten (geselecteerd met BVSTEP procedure) als functie van het organische stof gehalte (LOGPOC), de mediane korrelgrootte (MED), de afstand tot de kust (KSTDIST) en de diepte (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).

	DIEPTE	MED	LOGPOC	KSTDIST
AX1	<b>-0,424</b>	<b>-0,700</b>	<b>0,632</b>	<b>-0,576</b>
AX2	<b>0,213</b>	0,132	-0,058	0,125
AX3	-0,145	-0,143	-0,017	<b>-0,198</b>

In Tabel 17 zijn de vijftien soorten geselecteerd met de BVSTEP procedure, gerangschikt volgens de correlatie tussen hun dichtheid en de coördinaten van de monsterpunten op de eerste MDS as.

Een positieve correlatie met de eerste as is kenmerkend voor soorten met hoge dichtheden in fijnkorrelig sediment op dicht bij de kust gelegen stations. Soorten met een negatieve correlatie met de eerste as daarentegen zullen juist hoge dichtheden vertonen in grove sedimenten op meer zeewaarts gelegen stations.

De correlaties met de tweede en derde assen leveren indicaties over marginale effecten van de diepte (positief op tweede as) en de afstand van de kust (negatief op derde as) op de soorten dichtheden.

Tabel 17 De correlaties (Spearman rangcorrelatie coëfficiënt) tussen de coördinaten van de monsterpunten op de drie MDS-assen en de dichtheden van de vijftien soorten geselecteerd met de BVSTEP procedure (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt). De soorten zijn gesorteerd volgens toenemende correlaties met de eerste MDS-as.

Soorten	Groepen	AX1	AX2	AX3
<i>Spio gonioccephala</i>	Polychaeta	<b>-0,484</b>	<b>-0,351</b>	<b>0,199</b>
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	<b>-0,463</b>	<b>-0,454</b>	<b>-0,497</b>
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacea	<b>-0,411</b>	<b>-0,222</b>	-0,114
<i>Urothoe brevicornis</i>	Crustacea	<b>-0,355</b>	<b>0,381</b>	-0,022
<i>Megaluropus agilis</i>	Crustacea	<b>-0,260</b>	<b>0,153</b>	<b>-0,314</b>
<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta	<b>-0,255</b>	<b>0,303</b>	-0,044
<i>Scolecopsis bonnierii</i>	Polychaeta	-0,188	0,125	-0,002
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	0,003	0,164	<b>-0,371</b>
<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta	<b>0,242</b>	<b>-0,514</b>	<b>0,403</b>
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta	<b>0,301</b>	0,035	-0,175
<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta	<b>0,495</b>	0,147	<b>-0,436</b>
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	<b>0,577</b>	0,123	0,031
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta	<b>0,598</b>	<b>-0,199</b>	0,038
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea	<b>0,628</b>	-0,123	<b>-0,310</b>
<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta	<b>0,646</b>	<b>-0,217</b>	0,061

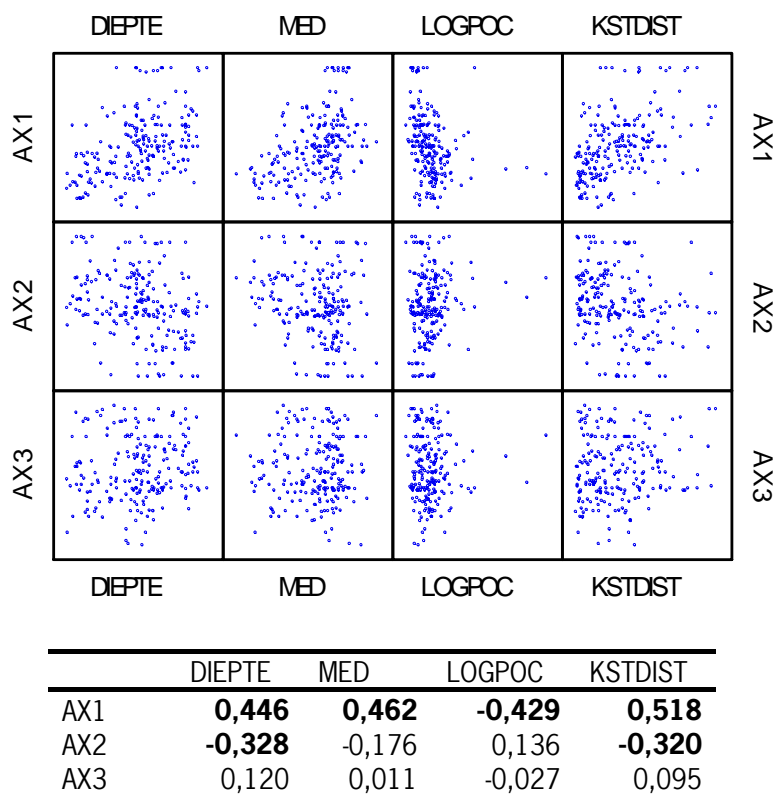
#### **Identificatie van de soorten verantwoordelijk voor de secundaire verdelingspatronen (BVSTEP routine) en relatie met de omgevingsvariabelen**

De negentien soorten die niet geselecteerd werden met de eerste toepassing van de BVSTEP procedure zijn gebruikt in een tweede cyclus van analyse. Met behulp van de BVSTEP procedure zijn tien (van de 19) soorten geselecteerd die verantwoordelijk zijn voor het dominante patroon in deze sub-dataset. Deze tien soorten zijn op hun beurt gebruikt in een MDS analyse om vervolgens de relatie tussen de MDS coördinaten en de omgevingsvariabelen te kunnen toetsen.

De tien soorten geselecteerd met de BVSTEP procedure (tweede ronde) laten andere relaties met de omgevingsvariabelen zien dan de eerste groep (Figuur 30). De correlaties van de MDS-assen zijn niet meer sterk gedomineerd door de mediane korrelgrootte en het organisch stof gehalte zoals het geval was in de eerste analyse, maar eerder door de morfologische variabelen (diepte, afstand tot de kust).

Tabel 18 Lijst van de tien soorten (geselecteerd met de tweede BVSTEP routine) verantwoordelijk voor het algemene patroon in de macrofauna gelijkenismatrix.

Soorten	Groepen
<i>Montacuta ferruginosa</i>	Bivalvia
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia
<i>Thia scutellata</i>	Crustacea
<i>Crangon crangon</i>	Crustacea
<i>Callianassa tyrhena</i>	Crustacea
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Crustacea
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Polychaeta
<i>Malmgreniella lunulata</i>	Polychaeta
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta
<i>Aricidea minuta</i>	Polychaeta



*Figuur 30 Boven: Scatterplot matrix van de monsterpunten coördinaten op de drie assen van de MDS analyse gebaseerd op de dichtheden van de 10 soorten geselecteerd met de tweede BVSTEP procedure en de omgevingsvariabelen diepte, mediane korrelgrootte (MED), organische stof gehalte (LOGPOC), afstand tot de rivier (RIVDIST) en tot de kust (KSTDIST). Onder: Spearman rangcorrelatie matrix tussen de MDS-assen en de omgevingsvariabelen (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).*

In Tabel 19 zijn de tien soorten geselecteerd met de BVSTEP procedure (tweede ronde) gerangschikt volgens de correlatie tussen hun dichtheid en de coördinaten van de monsterpunten op de eerste MDS as.

Een positieve correlatie met de eerste as is kenmerkend voor soorten met hoge dichtheden in fijnkorrelige, dicht bij de kust sedimenten terwijl soorten met een negatieve correlatie met de eerste as zullen hoge dichtheden bereiken in meer zeewaarts gelegen stations met grove sedimenten.

Een positieve correlatie met de tweede as is kenmerkend voor soorten met hoge dichtheden in ondiepe, dicht bij de kust gelegen stations ongeacht de sedimentaire samenstelling. Correlaties met de derde as (geen significant relatie met de omgevingsvariabelen) leveren geen bruikbare informatie met betrekking tot de relatie van de soorten met hun omgeving.

Tabel 19 Correlaties (Spearman rangcorrelatie coëfficiënt) tussen de coördinaten van de monsterpunten op de drie MDS-assen en de dichtheden van de tien soorten geselecteerd met de tweede BVSTEP procedure (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt). De soorten zijn gesorteerd volgens toenemende correlaties met de eerste MDS-as.

Soorten	Groepen	AX1	AX2	AX3
<i>Montacuta ferruginosa</i>	Bivalvia	<b>-0,628</b>	-0,05	0,360
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia	<b>-0,605</b>	<b>0,250</b>	<b>-0,302</b>
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Polychaeta	<b>-0,270</b>	0,080	<b>-0,387</b>
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	<b>-0,263</b>	<b>0,463</b>	-0,142
<i>Thia scutellata</i>	Crustacea	0,014	<b>-0,379</b>	<b>0,235</b>
<i>Malmgreniella lunulata</i>	Polychaeta	0,063	<b>-0,183</b>	<b>-0,407</b>
<i>Callianassa tyrrhena</i>	Crustacea	0,105	<b>-0,515</b>	-0,065
<i>Crangon crangon</i>	Crustacea	<b>0,266</b>	<b>0,460</b>	<b>0,269</b>
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Crustacea	<b>0,387</b>	-0,072	<b>0,339</b>
<i>Aricidea minuta</i>	Polychaeta	<b>0,571</b>	0,013	<b>-0,180</b>

### **Overblijvende soorten en hun relatie met de omgevingsvariabelen**

Negen soorten blijven over na de twee selectierondes met behulp van de BVSTEP procedure (Tabel 20). De drie MDS-assen berekend op basis van de negen soorten die overbleven na de twee BVSTEP selectierondes hebben dezelfde oriëntatie ten opzichte van de omgevingsvariabelen (Tabel 21).

Tabel 20 De negen soorten die overblijven na toepassing van de selectierondes met behulp van de BVSTEP procedure.

Soorten	Groepen
<i>Tellina fabula</i>	Bivalvia
<i>Mysella bidentata</i>	Bivalvia
<i>Abra alba</i>	Bivalvia
<i>Leucothoe incisa</i>	Crustacea
<i>Spio filicornis</i>	Polychaeta
<i>Poecilochaetus serpens</i>	Polychaeta
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta
<i>Nereis longissima</i>	Polychaeta
<i>Ophiura albida</i>	Stelleroidea

Tabel 21 Spearman rangcorrelatie matrix tussen de drie MDS-assen verkregen met de 15 soorten (geselecteerd met BVSTEP procedure) als functie van het organische stof gehalte (LOGPOC), de mediane korrelgrootte (MED), de afstand tot de kust (KSTDIST) en de diepte (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt).

	DIEPTE	MED	LOGPOC	KSTDIST
AX1	<b>-0,596</b>	<b>-0,410</b>	<b>0,272</b>	<b>-0,570</b>
AX2	-0,155	-0,167	<b>0,190</b>	<b>-0,228</b>
AX3	-0,148	<b>-0,296</b>	<b>0,197</b>	<b>-0,271</b>

Alle drie assen vertegenwoordigen de samenvallende gradiënten van de vier omgevingsvariabelen tussen 'ondiepe met fijnkorrelig organisch rijk sediment dicht bij de kust gelegen stations' en 'diepe met zandige organisch arm sediment ver van de kust gelegen stations'.

Tabel 22 Correlaties (Spearman rangcorrelatie coëfficiënt) tussen de coördinaten van de monsterpunten op de drie MDS-assen en de dichtheden van de negen soorten niet geselecteerd door de twee BVSTEP selectierondes (significante correlaties ( $p < 0,01$ ) zijn vet afgedrukt). De soorten zijn gesorteerd volgens toenemende correlaties met de eerste MDS-as.

Soorten	Groepen	AX1	AX2	AX3
<i>Poecilochaetus serpens</i>	Polychaeta	<b>-0,513</b>	<b>-0,232</b>	-0,237
<i>Ophiura albida</i>	Stelleroidea	<b>-0,360</b>	<b>0,634</b>	0,045
<i>Spio filicornis</i>	Polychaeta	-0,112	-0,470	<b>0,435</b>
<i>Tellina fabula</i>	Bivalvia	<b>0,193</b>	0,031	<b>0,344</b>
<i>Leucothoe incisa</i>	Crustacea	<b>0,230</b>	-0,082	<b>-0,449</b>
<i>Abra alba</i>	Bivalvia	<b>0,262</b>	0,100	<b>0,426</b>
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta	<b>0,415</b>	<b>0,308</b>	<b>0,341</b>
<i>Mysella bidentata</i>	Bivalvia	<b>0,454</b>	<b>0,340</b>	0,019
<i>Nereis longissima</i>	Polychaeta	<b>0,461</b>	<b>-0,237</b>	<b>-0,207</b>

Voor de interpretatie van de relatie tussen de soorten en de omgevingsvariabelen is vooral gebruik gemaakt van de eerste as doordat alle vier variabelen het sterkst gecorreleerd zijn met deze as (

Tabel 21). In Tabel 22 zijn de negen soorten gerangschikt volgens de correlatie tussen hun dichtheid en de coördinaten van de monsterpunten op de eerste MDS as. Een positieve correlatie met de eerste MDS-as betekent dat de hoge dichtheden van de soort te vinden zijn in 'ondiepe met fijnkorrelig organisch rijk sediment dicht bij de kust gelegen stations'.

De sedimentaire eigenschappen mediane korrelgrootte en vooral het organisch stof gehalte zijn significant gerelateerd aan de macrofauna descriptorren (aantal soorten, dichtheid, biomassa). De hoogste waarden van soortenrijkdom, dichtheid en biomassa komen voor in fijnere organisch rijke sedimenten. De relaties tussen de macrofauna descriptorren en de morfologische variabelen diepte en afstand tot de kust zijn veel zwakker dan met de sedimentaire eigenschappen.

De dichtheden van alle taxonomische klassen zijn positief gecorreleerd met het organische stof gehalte en negatief gecorreleerd met de mediane korrelgrootte van het sediment. De diepte en afstand tot de kust zijn enkel negatief gecorreleerd met de Bivalvia, terwijl geen correlatie gevonden wordt tussen deze variabelen en de andere klassen.

Uit de multivariate analyses naar de relatie van de dichtheid van macrofauna soorten met omgevingsfactoren, blijkt vooral de structuur van het sediment een sturende rol te spelen bij het voorkomen van de macrofauna gemeenschappen.



## 5. Literatuur

- Clarke, K. R. & R. N. Gorley (2001). Primer v5: User Manual/Tutorial. Plymouth, Plymouth Marine Laboratory: 91.
- Craeymeersch, J.A. & M.A. van der Land (1998). De schelpdierbestanden in de Voordelta 1993-1997. RIVO-DLO rapport C056/98.
- Duin, R.N.M. (1994). Poweranalyse bodemdieren Groninger Wad. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee. Werkdocument RIKZ/OS-94.121.
- Meer, J. van der (1997). Sampling design of monitoring programmes for marine benthos: a comparison between the use of fixed versus randomly selected stations. *Journal of Sea Research* 37:167-169.
- Perdon, K.J. & N.H.B.M. Kaag (2006). Vaarrapport Maasvlakte 2 (nulmeting zandwinning). Wageningen IMARES rapport C076/06.
- Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. (1965). "An analysis of variance test for normality (complete samples)", *Biometrika*, 52, 3 and 4, pages 591-611.
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. W.H. Freeman and Company, New York. 3rd ed.
- Winer, B. J., D.R. Borwn and K. M. Michels (1991). "Statistical Principles in Experimental Design" 3<sup>rd</sup> edition. Mc Graw-Hill Inc., New York

*Bijlage 1 Eerste 20 soorten geselecteerd op basis van hun gemiddelde dichtheid. Gemiddelde waarden van dichtheid en biomassa ( $\pm$  SD) en aanwezigheid (Frequentie van voorkomen).*

<b>Soorten</b>	<b>Klassen</b>	<b>Dichtheid</b>	<b>Biomassa</b>	<b>Frequentie</b>
<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta	127,0 $\pm$ 471,4	2,876 $\pm$ 13,803	45,91
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea	92,8 $\pm$ 187,7	0,038 $\pm$ 0,078	51,75
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	56,9 $\pm$ 122,8	0,010 $\pm$ 0,022	42,41
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta	51,6 $\pm$ 73,0	0,032 $\pm$ 0,056	76,65
<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta	51,1 $\pm$ 38,3	0,416 $\pm$ 0,362	85,60
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta	44,9 $\pm$ 397,5	0,544 $\pm$ 5,130	14,01
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Polychaeta	35,2 $\pm$ 187,3	0,026 $\pm$ 0,205	21,79
<i>Spio gonioccephala</i>	Polychaeta	33,3 $\pm$ 107,8	0,011 $\pm$ 0,032	35,02
<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta	31,7 $\pm$ 106,2	0,059 $\pm$ 0,141	45,53
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta	25,7 $\pm$ 84,2	0,645 $\pm$ 1,925	25,29
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 77,4	0,074 $\pm$ 0,211	41,63
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 144,3	0,003 $\pm$ 0,013	24,12
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia	19,9 $\pm$ 71,1	14,189 $\pm$ 49,035	20,62
<i>Urothoe brevicornis</i>	Crustacea	16,8 $\pm$ 38,2	0,016 $\pm$ 0,035	36,58
<i>Malmgreniella lunulata</i>	Polychaeta	15,7 $\pm$ 70,7	0,056 $\pm$ 0,289	18,29
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	12,0 $\pm$ 19,8	5,846 $\pm$ 13,391	43,58
<i>Abra alba</i>	Bivalvia	11,2 $\pm$ 97,7	0,165 $\pm$ 1,184	10,12
<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta	9,5 $\pm$ 22,2	0,222 $\pm$ 0,620	24,51
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacea	8,1 $\pm$ 18,8	0,012 $\pm$ 0,036	27,24
<i>Poecilochaetus serpens</i>	Polychaeta	7,7 $\pm$ 40,7	0,014 $\pm$ 0,091	15,95

*Bijlage 2 Eerste 20 soorten geselecteerd op basis van hun gemiddelde biomassa. Gemiddelde waarden van dichtheid en biomassa ( $\pm SD$ ) en aanwezigheid (Frequentie van voorkomen).*

<b>Soorten</b>	<b>Klassen</b>	<b>Dichtheid</b>	<b>Biomassa</b>	<b>Frequentie</b>
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia	19,9 $\pm$ 71,1	14,189 $\pm$ 49,035	20,62
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	12,0 $\pm$ 19,8	5,846 $\pm$ 13,391	43,58
<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta	127,0 $\pm$ 471,4	2,876 $\pm$ 13,803	45,91
<i>Callianassa tyrrhena</i>	Crustacea	6,6 $\pm$ 21,0	1,123 $\pm$ 3,015	21,40
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta	25,7 $\pm$ 84,2	0,645 $\pm$ 1,925	25,29
<i>Asterias rubens</i>	Stelleroidea	5,6 $\pm$ 52,3	0,634 $\pm$ 7,928	3,89
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta	44,9 $\pm$ 397,5	0,544 $\pm$ 5,130	14,01
<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta	51,1 $\pm$ 38,3	0,416 $\pm$ 0,362	85,6
<i>Cerianthus lloydii</i>	Anthozoa	0,2 $\pm$ 1,4	0,407 $\pm$ 4,234	1,17
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Crustacea	0,3 $\pm$ 2,0	0,347 $\pm$ 2,338	2,33
<i>Ensis arcuatus</i>	Bivalvia	0,1 $\pm$ 1,6	0,261 $\pm$ 4,191	0,39
<i>Nereis longissima</i>	Polychaeta	2,6 $\pm$ 7,3	0,227 $\pm$ 1,006	15,56
<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta	9,5 $\pm$ 22,2	0,222 $\pm$ 0,620	24,51
<i>Abra alba</i>	Bivalvia	11,2 $\pm$ 97,7	0,165 $\pm$ 1,184	10,12
<i>Ensis ensis</i>	Bivalvia	0,7 $\pm$ 3,4	0,139 $\pm$ 0,885	4,67
<i>Nassarius reticulatus</i>	Gastropoda	0,6 $\pm$ 4,7	0,119 $\pm$ 0,958	2,72
<i>Thia scutellata</i>	Crustacea	2,5 $\pm$ 7,7	0,112 $\pm$ 0,382	12,84
<i>Nephtys caeca</i>	Polychaeta	0,5 $\pm$ 2,5	0,110 $\pm$ 0,799	3,89
<i>Nephtys longosetosa</i>	Polychaeta	0,6 $\pm$ 3,5	0,100 $\pm$ 0,961	3,11
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 77,4	0,074 $\pm$ 0,211	41,63

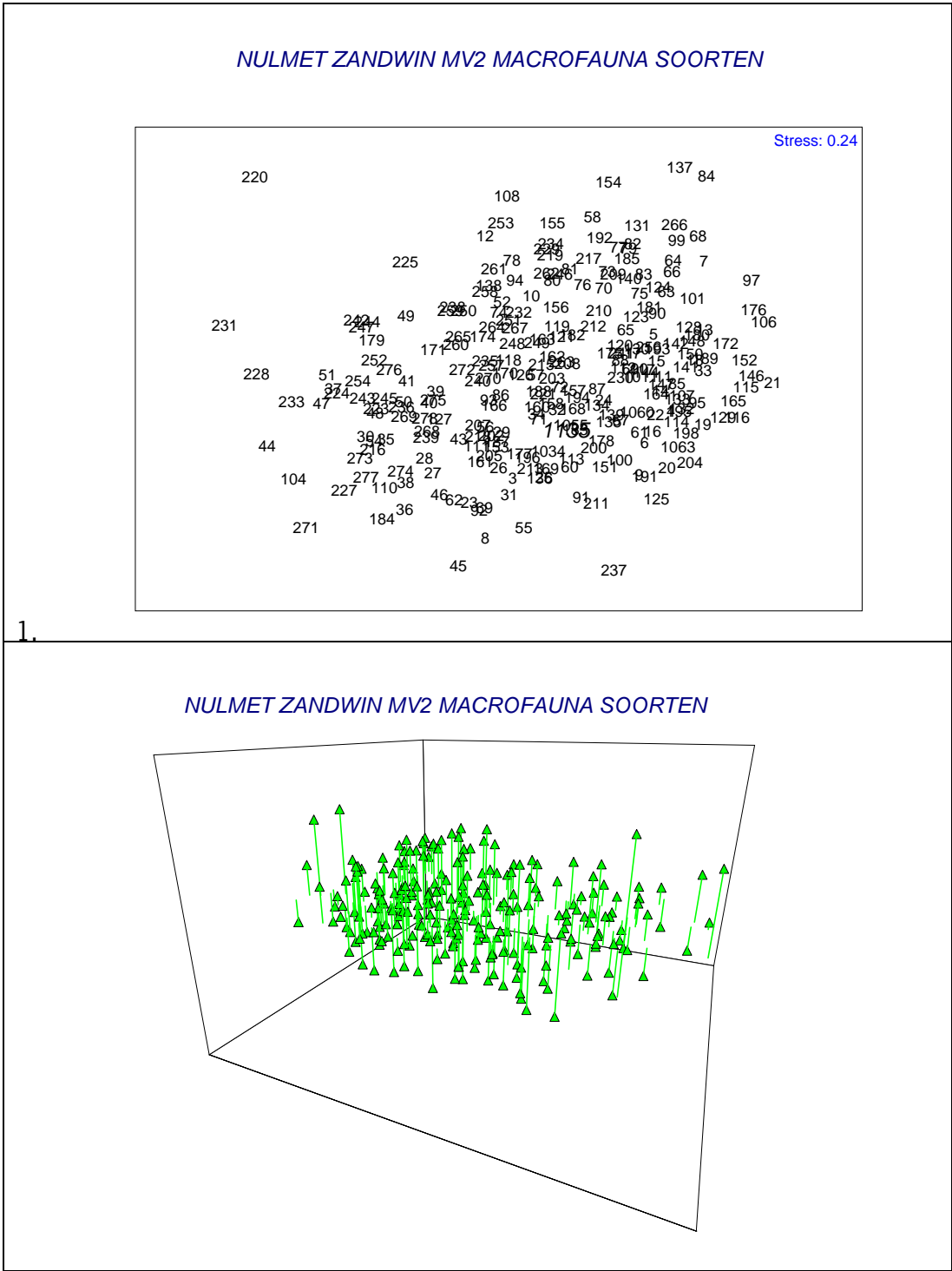
*Bijlage 3 Eerste 20 soorten geselecteerd op basis van hun aanwezigheid. Gemiddelde waarden van dichtheid en biomassa ( $\pm$  SD) en aanwezigheid (Frequentie van voorkomen).*

<b>Soorten</b>	<b>Klassen</b>	<b>Dichtheid</b>	<b>Biomassa</b>	<b>Frequentie</b>
<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta	51,1 $\pm$ 38,3	0,416 $\pm$ 0,362	85,60
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta	51,6 $\pm$ 73,0	0,032 $\pm$ 0,056	76,65
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea	92,8 $\pm$ 187,7	0,038 $\pm$ 0,078	51,75
<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta	127 $\pm$ 471,4	2,876 $\pm$ 13,803	45,91
<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta	31,7 $\pm$ 106,2	0,059 $\pm$ 0,141	45,53
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea	12,0 $\pm$ 19,8	5,846 $\pm$ 13,391	43,58
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta	56,9 $\pm$ 122,8	0,010 $\pm$ 0,022	42,41
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 77,4	0,074 $\pm$ 0,211	41,63
<i>Urothoe brevicornis</i>	Crustacea	16,8 $\pm$ 38,2	0,016 $\pm$ 0,035	36,58
<i>Spio goniocephala</i>	Polychaeta	33,3 $\pm$ 107,8	0,011 $\pm$ 0,032	35,02
<i>Megaluropus agilis</i>	Crustacea	6,2 $\pm$ 11,9	0,001 $\pm$ 0,001	30,74
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacea	8,1 $\pm$ 18,8	0,012 $\pm$ 0,036	27,24
<i>Scolecopsis bonnierii</i>	Polychaeta	6,1 $\pm$ 13	0,069 $\pm$ 0,174	26,07
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta	25,7 $\pm$ 84,2	0,645 $\pm$ 1,925	25,29
<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta	9,5 $\pm$ 22,2	0,222 $\pm$ 0,620	24,51
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta	24,6 $\pm$ 144,3	0,003 $\pm$ 0,013	24,12
<i>Montacuta ferruginosa</i>	Bivalvia	6,9 $\pm$ 18,3	0,004 $\pm$ 0,011	22,57
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Polychaeta	35,2 $\pm$ 187,3	0,026 $\pm$ 0,205	21,79
<i>Callianassa tyrrenna</i>	Crustacea	6,6 $\pm$ 21,0	1,123 $\pm$ 3,015	21,40
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia	19,9 $\pm$ 71,1	14,189 $\pm$ 49,035	20,62

*Bijlage 4 Lijst van de 34 soorten die in meer dan 10% van alle monsters (25 van 257) voorkomen, gebruikt voor de multivariate analyses.*

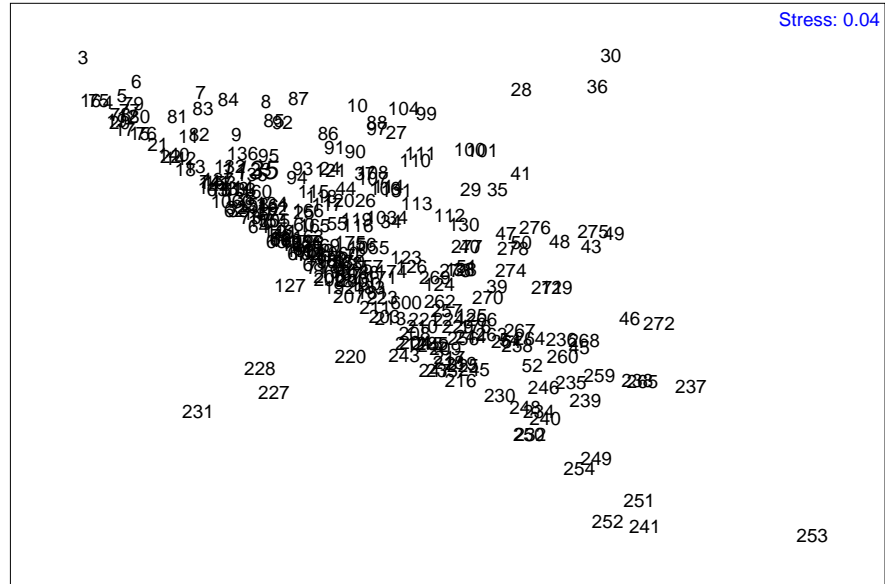
<b>Soorten</b>	<b>Klassen</b>
<i>Abra alba</i>	Bivalvia
<i>Aricidea minuta</i>	Polychaeta
<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>	Crustacea
<i>Callianassa tyrrhena</i>	Crustacea
<i>Crangon crangon</i>	Crustacea
<i>Echinocardium cordatum</i>	Echinoidea
<i>Ensis directus</i>	Bivalvia
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	Crustacea
<i>Heteromastus filiformis</i>	Polychaeta
<i>Lanice conchilega</i>	Polychaeta
<i>Leucothoe incisa</i>	Crustacea
<i>Magelona papillicornis</i>	Polychaeta
<i>Malmgreniella lunulata</i>	Polychaeta
<i>Megaluropus agilis</i>	Crustacea
<i>Montacuta ferruginosa</i>	Bivalvia
<i>Mysella bidentata</i>	Bivalvia
<i>Nephtys cirrosa</i>	Polychaeta
<i>Nephtys hombergii</i>	Polychaeta
<i>Nereis longissima</i>	Polychaeta
<i>Notomastus latericeus</i>	Polychaeta
<i>Ophiura albida</i>	Stelleroidea
<i>Owenia fusiformis</i>	Polychaeta
<i>Phyllodoce mucosa</i>	Polychaeta
<i>Poecilochaetus serpens</i>	Polychaeta
<i>Scolelepis bonnieri</i>	Polychaeta
<i>Scoloplos armiger</i>	Polychaeta
<i>Spio filicornis</i>	Polychaeta
<i>Spio gonioccephala</i>	Polychaeta
<i>Spio martinensis</i>	Polychaeta
<i>Spiophanes bombyx</i>	Polychaeta
<i>Tellina fabula</i>	Bivalvia
<i>Thia scutellata</i>	Crustacea
<i>Urothoe brevicornis</i>	Crustacea
<i>Urothoe poseidonis</i>	Crustacea

Bijlage 5 2D en 3D MDS plot van de gelijkenis matrix (Bray Curtis coëfficiënt) berekend tussen de monsterpunten op basis van de dichtheden (vierde wortel getransformeerd) van de 34 soorten aanwezig in meer dan 10% van alle monsters (Bijlage 4).

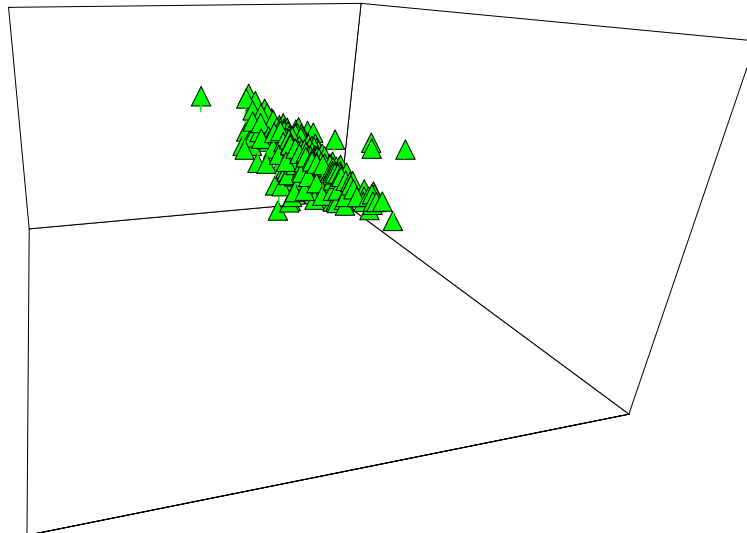


Bijlage 6 2D en 3D MDS plot van de gelijkenis matrix (Euclidische afstand) berekend tussen de monsterpunten op basis van de omgevingsvariabellen (vierde wortel getransformeerd en Standardisatie) van de 34 soorten aanwezig in meer dan 10% van alle monsters (Bijlage 4).

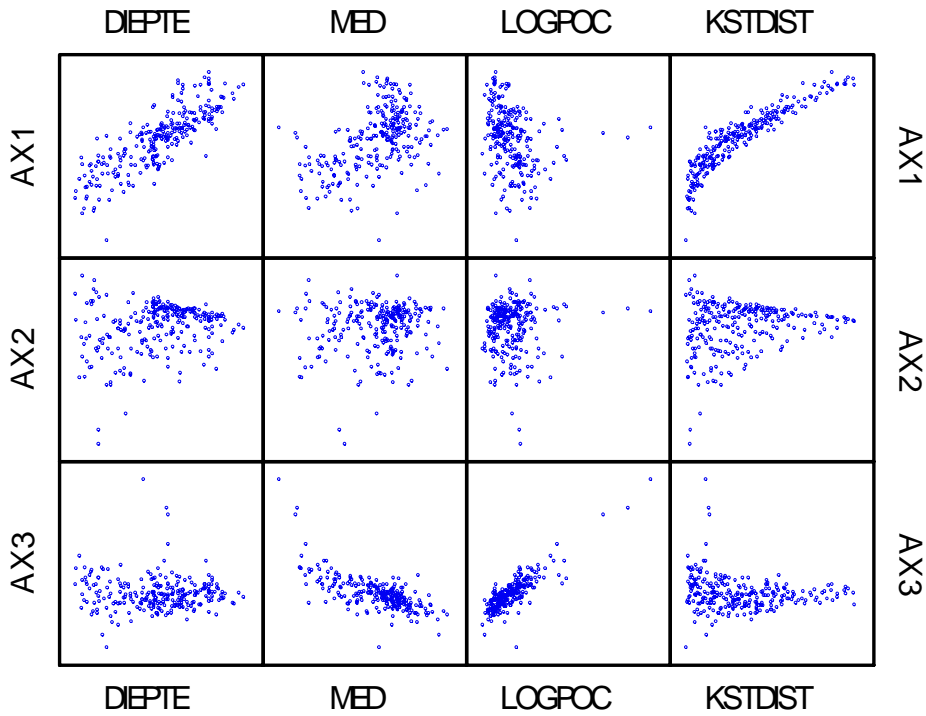
### OMGEVINGSGEGEVENS NULMET ZANDWIN MV2



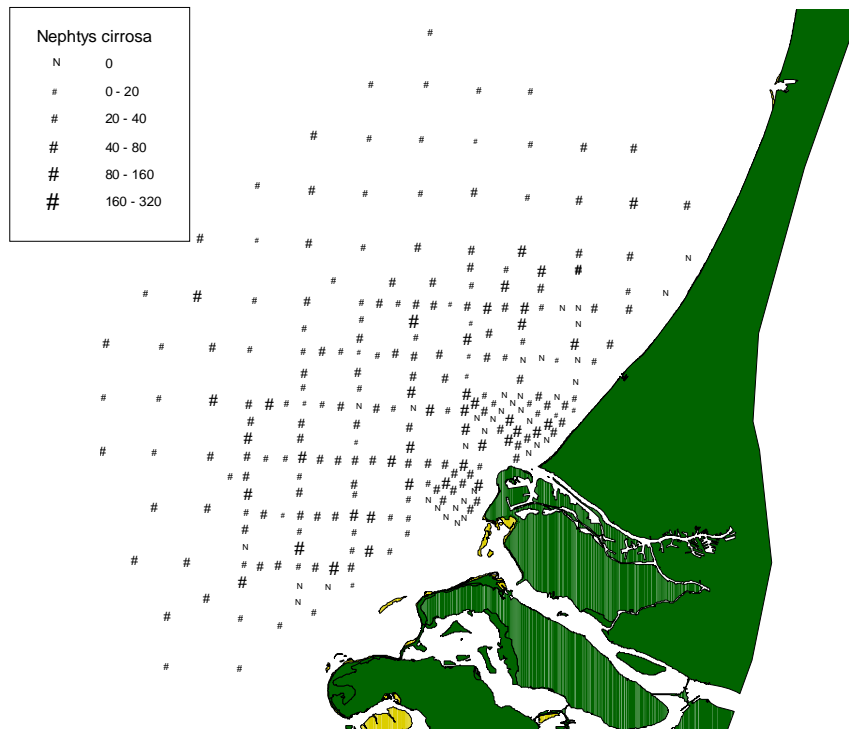
### OMGEVINGSGEGEVENS NULMET ZANDWIN MV2



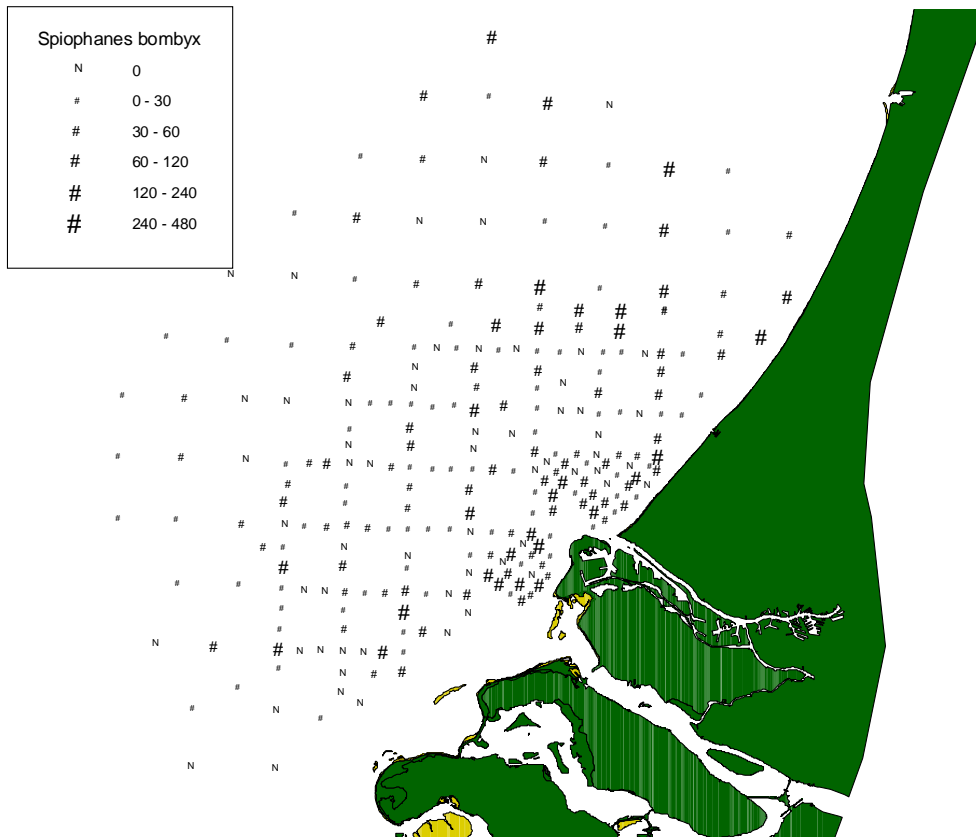
*Bijlage 7 Scatterplot matrix van de monsterpunten coördinaten op de drie assen van de MDS analyse gebaseerd op de omgevingsvariabelen als functie van de omgevingsvariabelen: diepte, mediane korrelgrootte (MED), organische stof gehalte (LOGPOC) en afstand tot de kust (KSTDIST).*



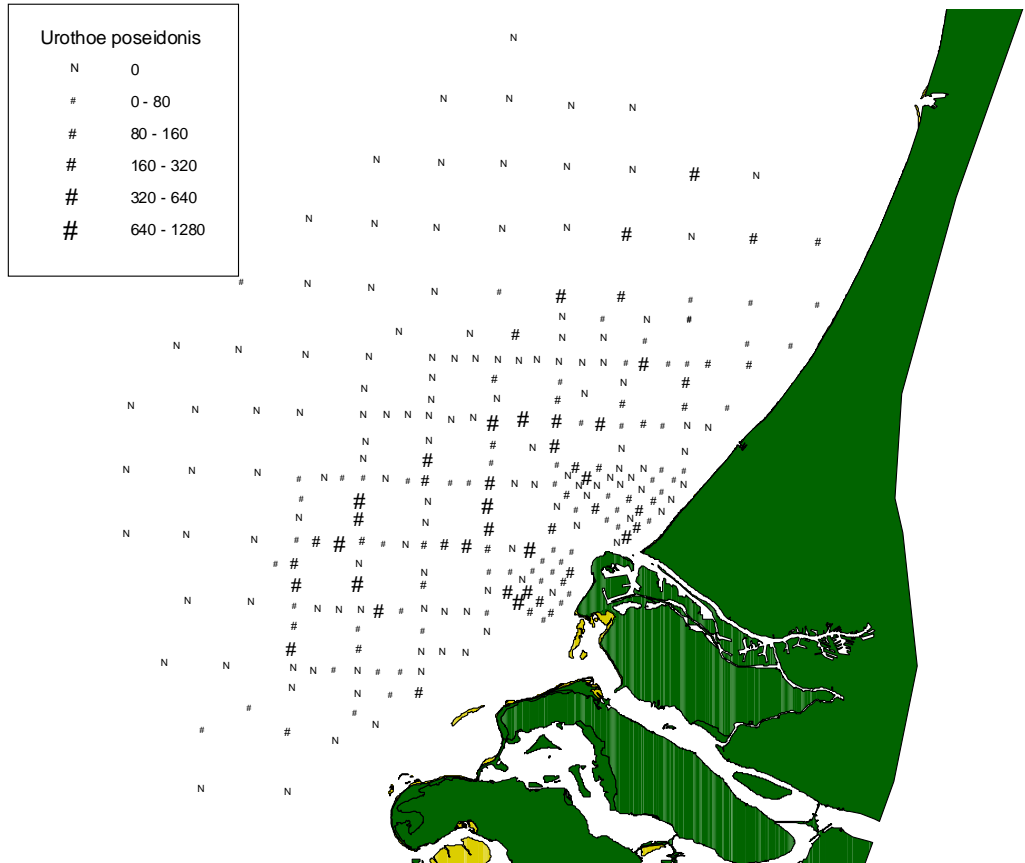




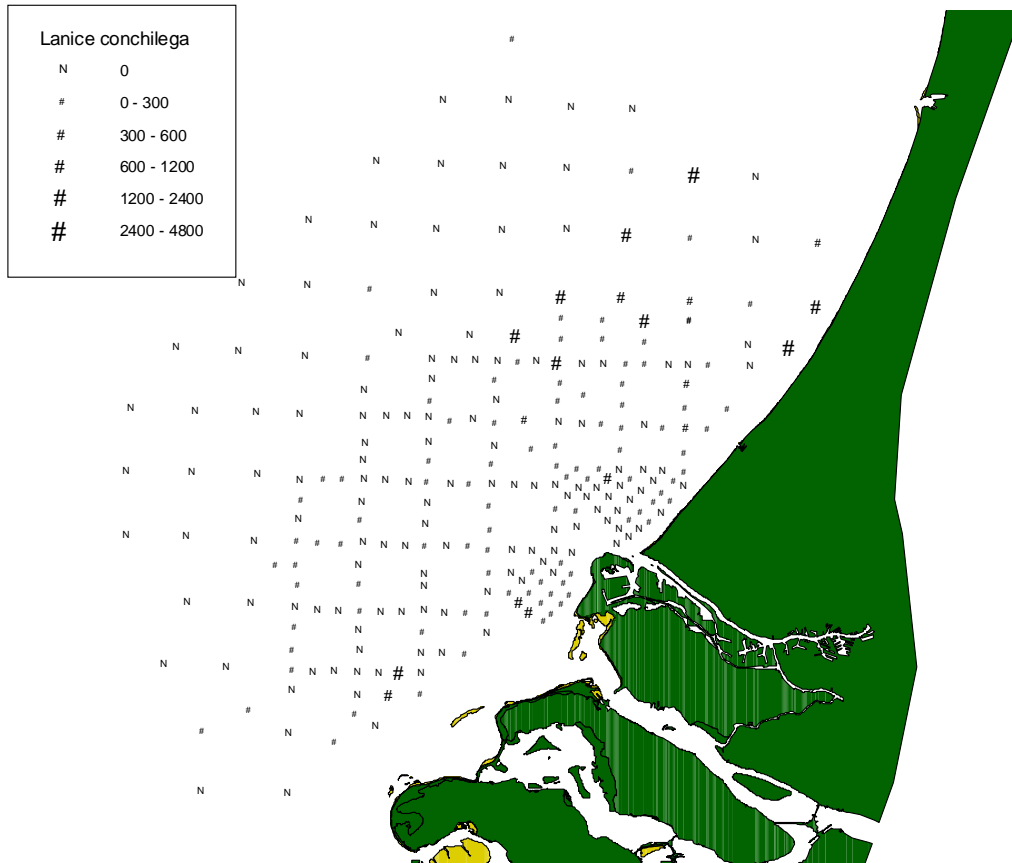
Bijlage 8 *Boxcore macrofauna*, *Nephtys cirrosa* (*Polychaeta*) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



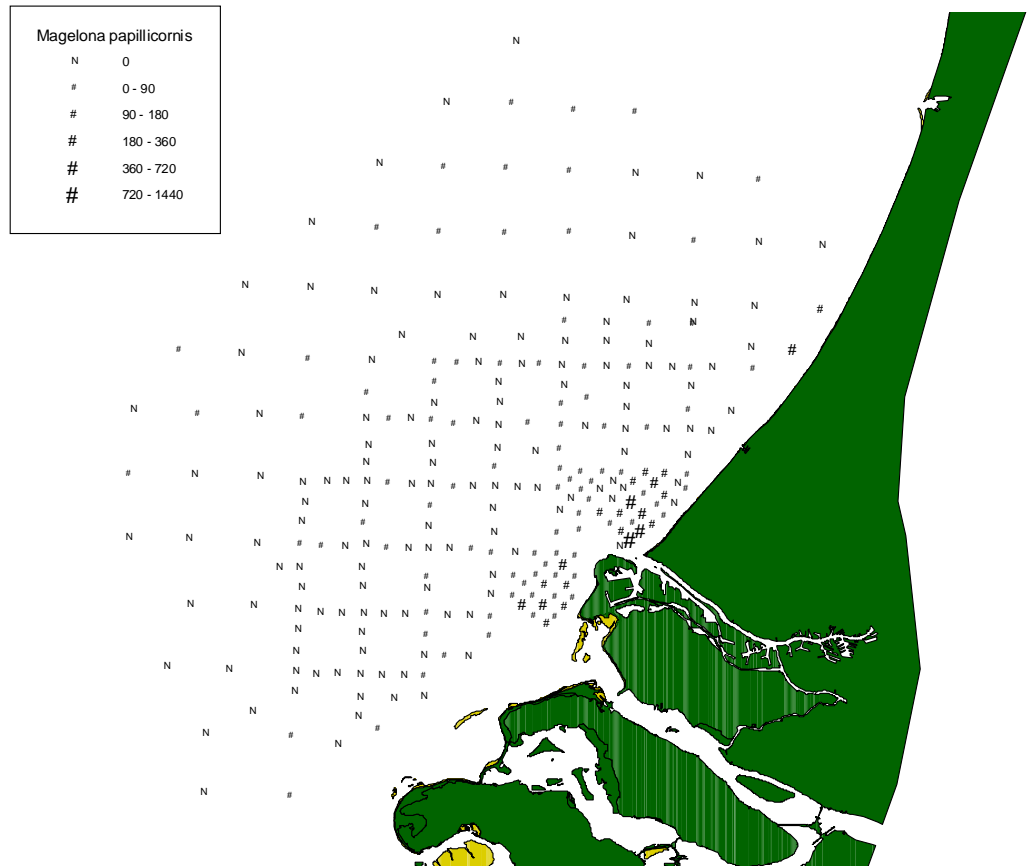
Bijlage 9 Boxcore macrofauna, Spiophanes bombyx (Polychaeta) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



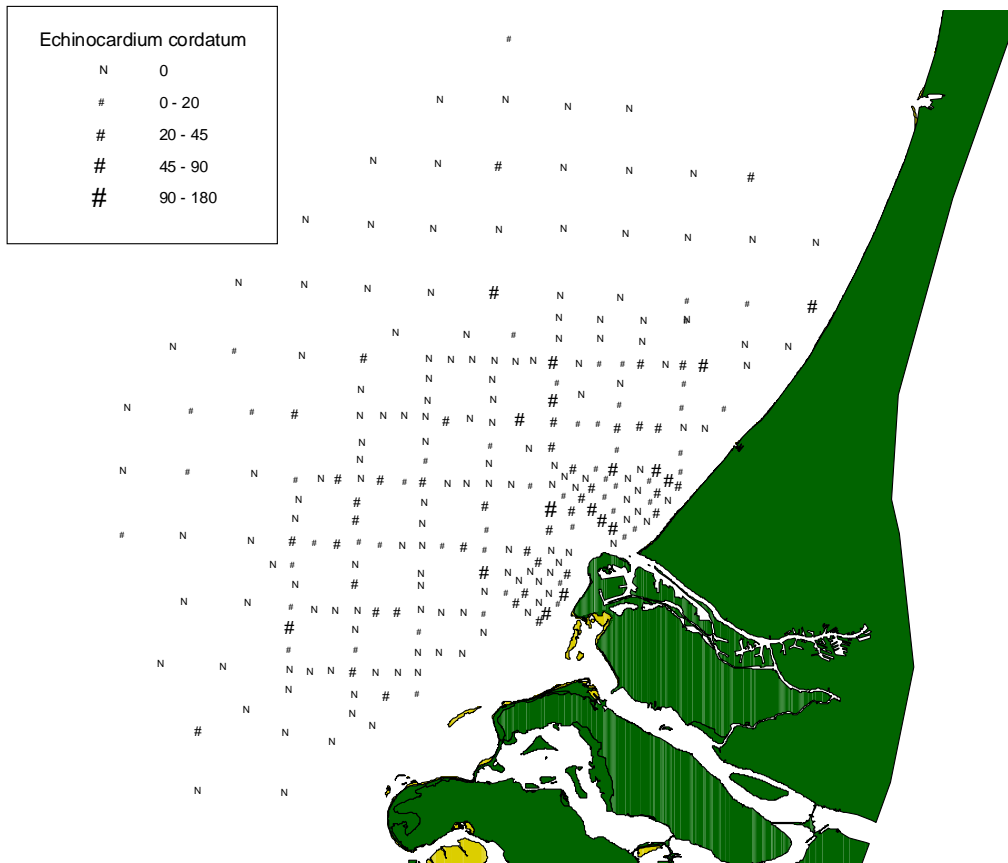
Bijlage 10 Boxcore macrofauna, *Urothoe poseidonis* (Crustacea) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



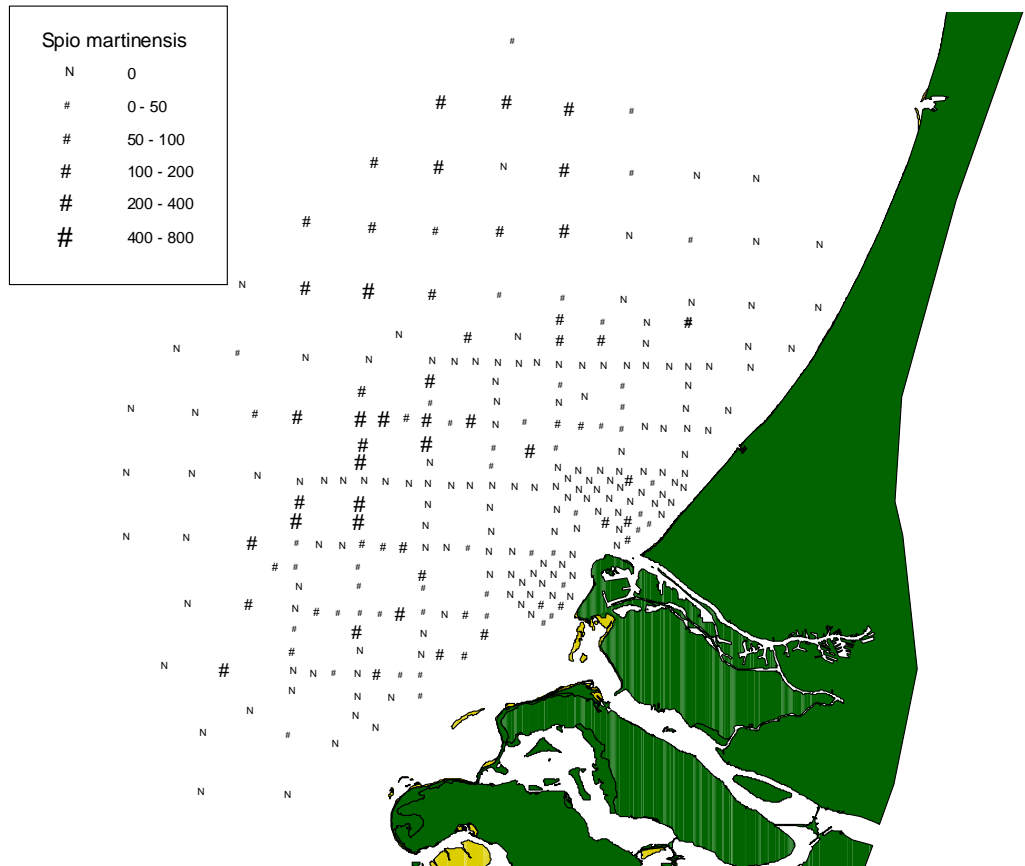
Bijlage 11 Boxcore macrofauna, *Lanice conchilega* (Polychaeta) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



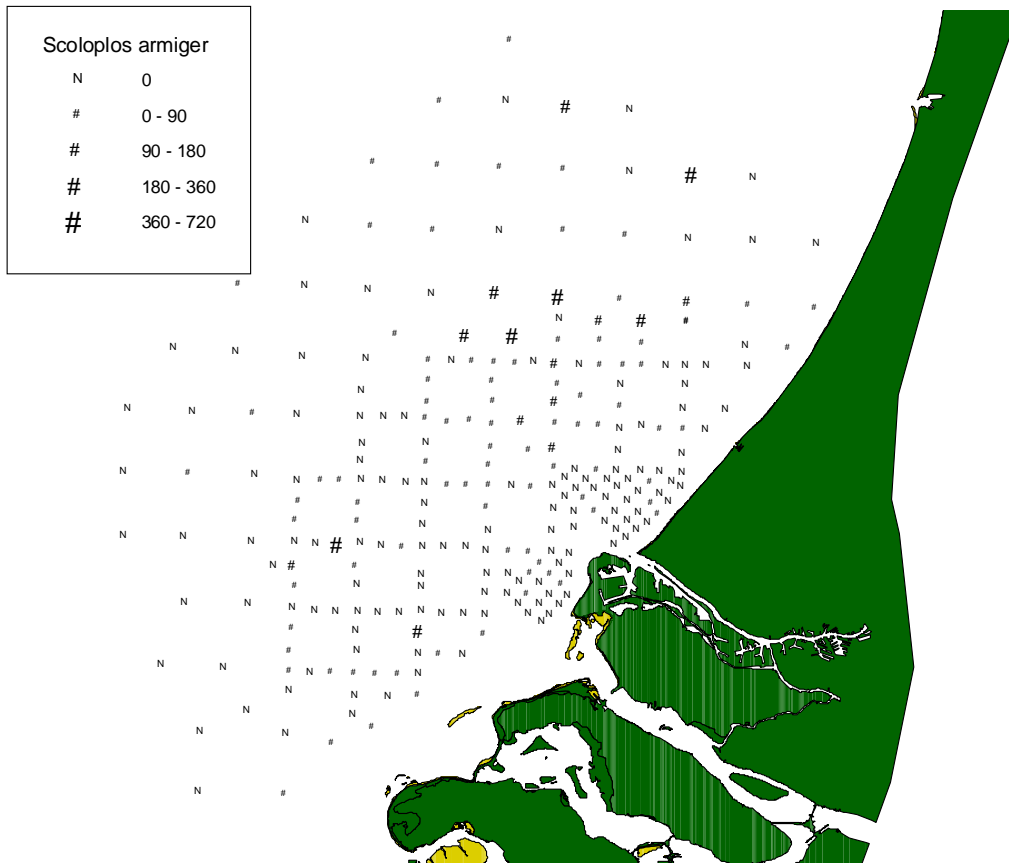
Bijlage 12 *Boxcore macrofauna, Magelona papillicornis (Polychaeta) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).*



Bijlage 13 Boxcore macrofauna, Echinocardium cordatum (Echinoidea) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).

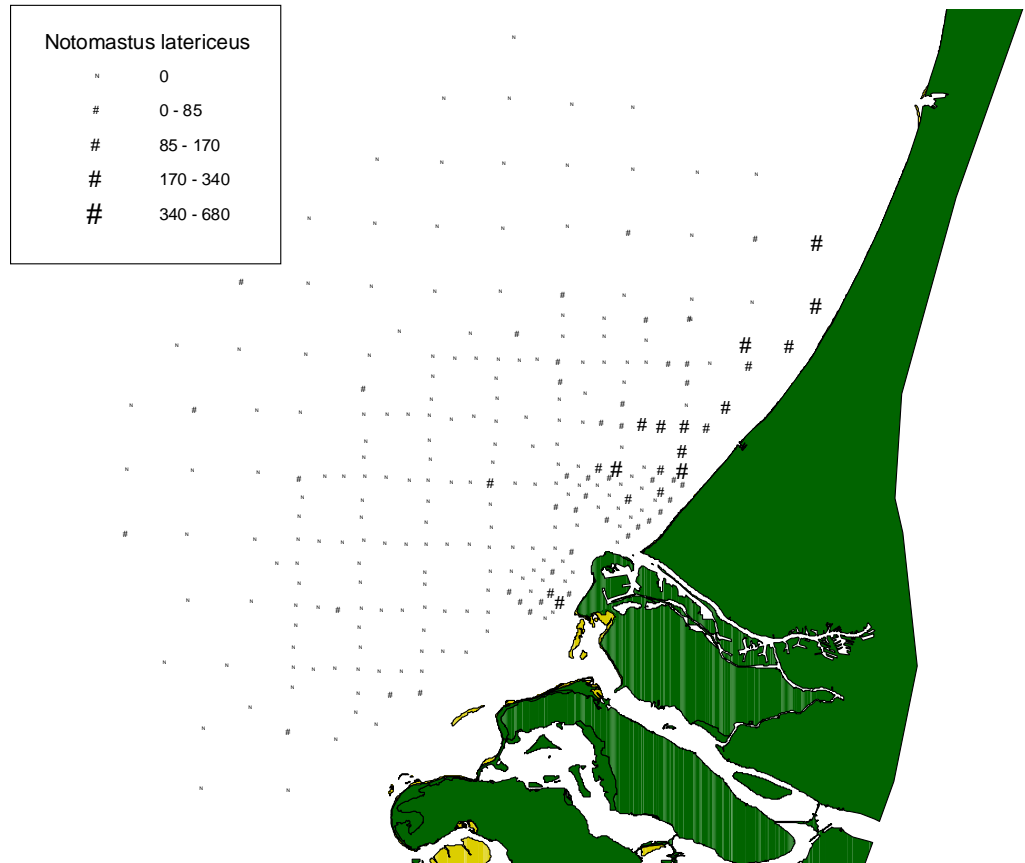


Bijlage 14 Boxcore macrofauna, *Spio martinensis* (*Polychaeta*) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).

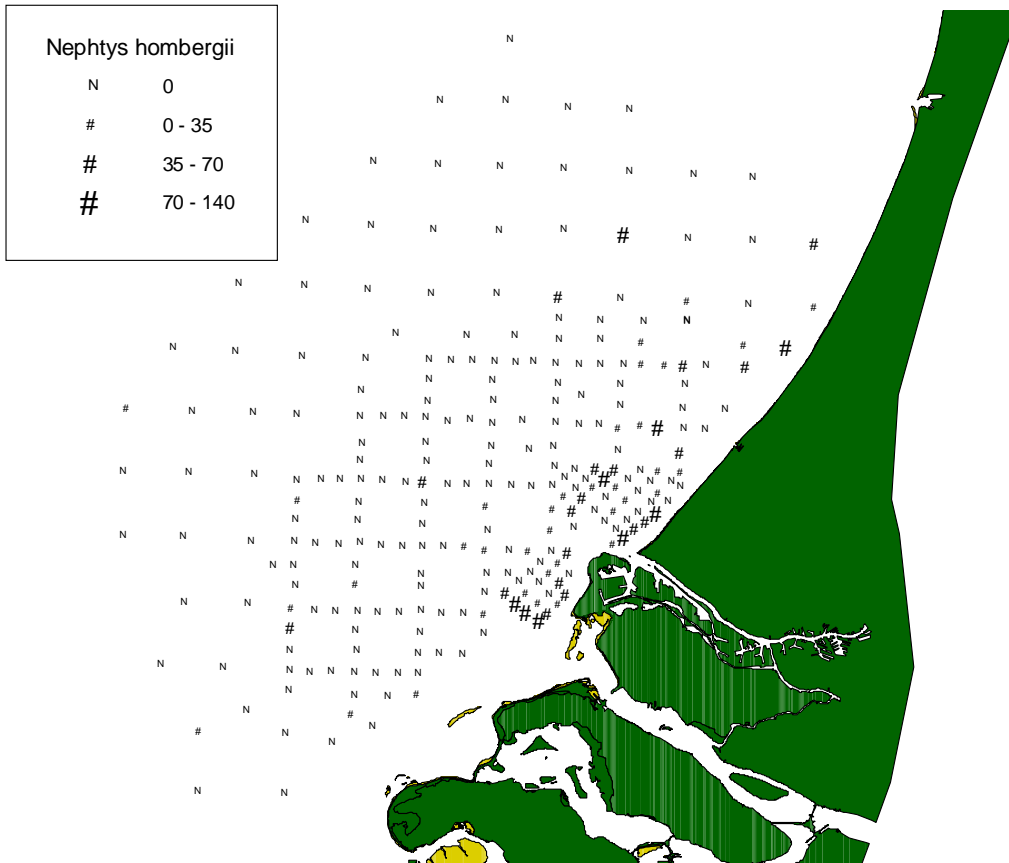


Bijlage 15 Boxcore macrofauna, *Scoloplos armiger* (*Polychaeta*) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).

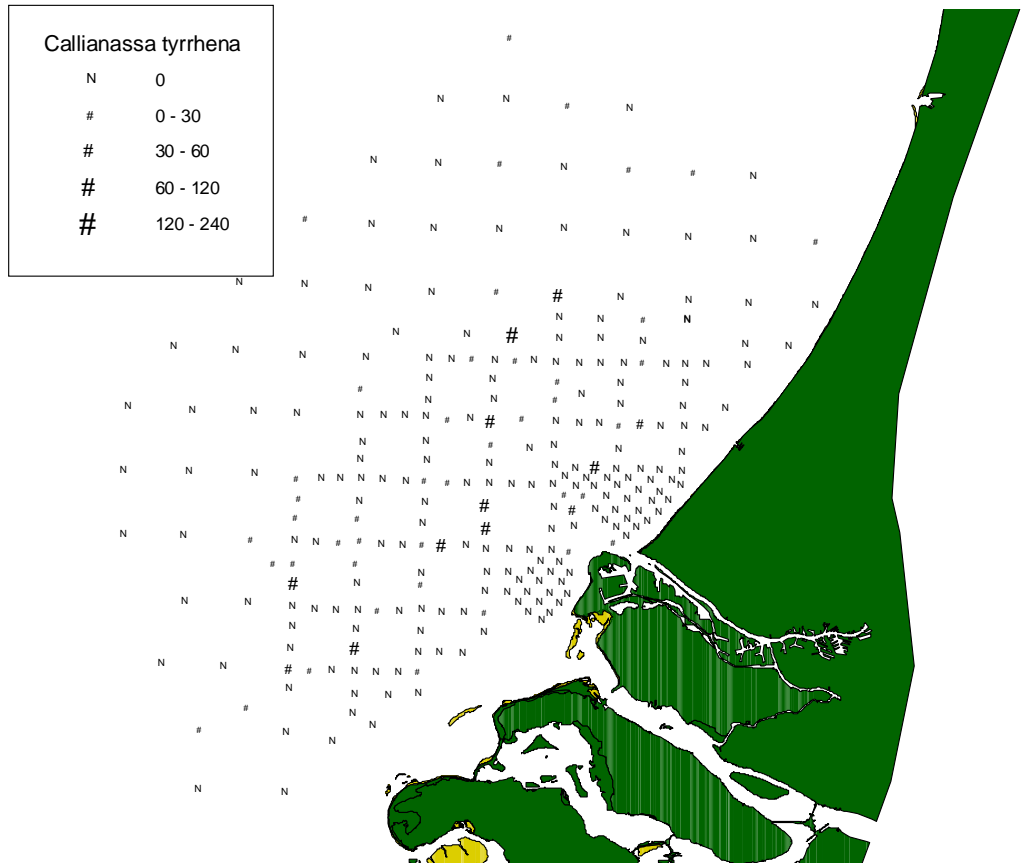




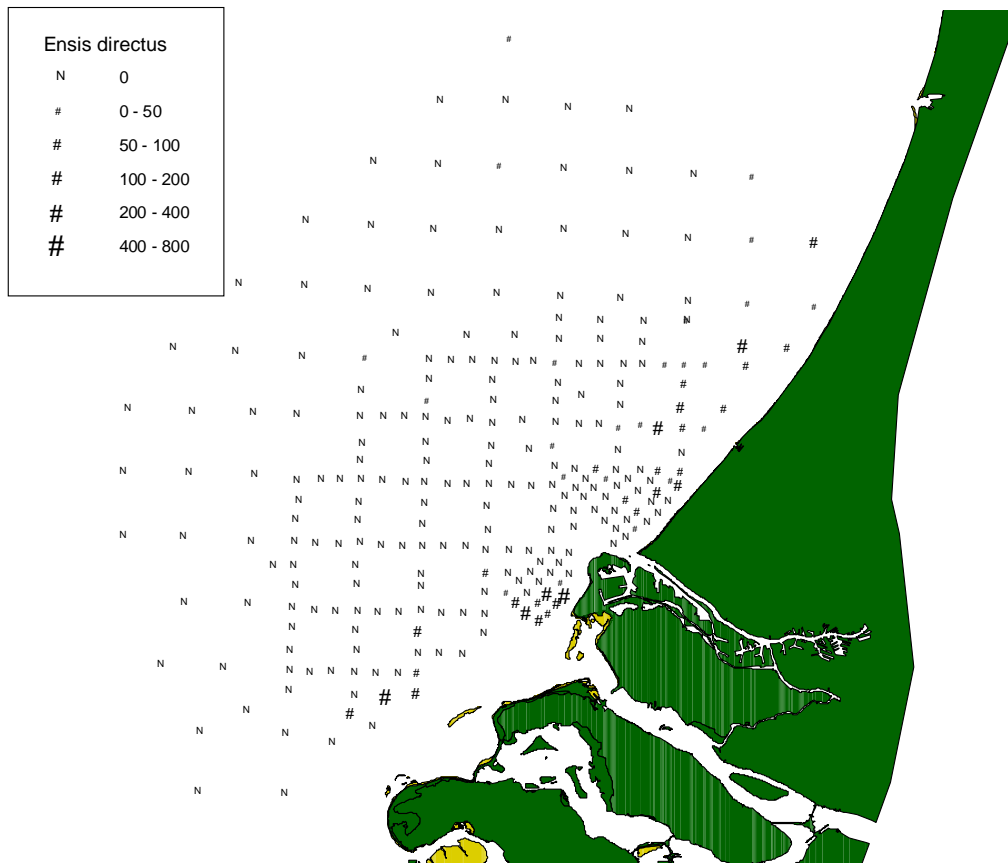
Bijlage 16 *Boxcore macrofauna, Notomastus latericeus (Polychaeta) dichtheden (ind. m<sup>-2</sup>).*



Bijlage 17 Boxcore macrofauna, *Nephtys hombergii* (*Polychaeta*) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



Bijlage 18 Boxcore macrofauna, *Callianassa tyrrenna* (Crustacea) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>).



Bijlage 19 *Boxcore macrofauna*, *Ensis directus (Bivalvia) dichtheden (ind. m<sup>2</sup>)*.

Tabel 23 Regressie parameters en standaardfout voor biomassa schattingen boxcore data

Soort	Constante	Coefficient	Aantal	STD_ERR_Y_EST	R_SQUARED	X_COEFF	ST_ERR_COEFF	Project	Campagne
<i>Abra alba</i>	0,0248	2,5242	23	0,021741588	0,909138529	2,524226635	0,174137999	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Asterias rubens</i>	0,0117	2,8953	16	0,046912063	0,959654426	2,895344795	0,158663411	Maasvlakte 2	Najaar 2005
<i>Callianassa tyrrhena</i>	0,0039	2,8645	20	0,028486279	0,945956232	2,864505771	0,161380382	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Carcinus maenas</i>	0,0157	3,2398	9	0,016334702	0,994996648	3,239856335	0,08683533	BIOMON	Voorjaar 1999
<i>Donax vittatus</i>	0,0288	2,5454	14	0,016230936	0,94241044	2,545415064	0,181643483	Maasvlakte 2	Najaar 2005
<i>Echinocardium cordatum</i>	0,0009	3,6884	36	0,016938772	0,974586628	3,68843176	0,102146437	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Ensis</i>	0,0037	2,4805	14	0,020804022	0,951446782	2,480533241	0,161760018	Verdieping WS	Najaar 2005
<i>Ensis arcuatus</i> var. <i>directus</i>	0,0006	3,1154	37	0,017332815	0,945204252	3,115494291	0,12679541	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Ensis ensis</i>	0,009	2,3741	6	0,016856796	0,959890124	2,374165982	0,242658763	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Hinia</i>	0,0002	0,9789	7	0,069646195	0,978911276	0,978911276	0,277922373	Maasvlakte 2	Najaar 2004
<i>Liocarcinus arcuatus</i>	0,0408	2,8942	17	0,115679165	0,93135898	2,89424499	0,202872401	BIOMON	Najaar 1994
<i>Liocarcinus holsatus</i>	0,0134	3,2778	8	0,041413448	0,984957592	3,277829001	0,165371468	Maasvlakte 2	Najaar 2005
<i>Lunatia poliana</i>	0,0907	2,6231	5	0,083139325	0,979928634	2,623167564	0,216748774	Maasvlakte 2	Najaar 2002
<i>Montacuta ferruginosa</i>	0,0263	2,2216	23	0,029641156	0,930005524	2,221617654	0,132999127	Maasvlakte 2	Najaar 2002
<i>Mytilus edulis</i>	0,0102	2,8072	24	0,023794167	0,963481623	2,807232723	0,116520166	BIOMON	Voorjaar 2005
<i>Nassarius nitidus</i>	0,0066	3,1885	10	0,031716908	0,979656608	3,188580669	0,162452785	Maasvlakte 2	Najaar 2005
<i>Nassarius reticulatus</i>	0,0454	2,5583	12	0,016760816	0,902048034	2,558322476	0,26659195	Mabene	Ria de Vigo Voorjaar 2004
<i>Ophiura albida</i>	0,0225	3,0961	24	0,021290514	0,945354844	3,096142292	0,158704038	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Ophiura texturata</i>	0,0346	2,9039	8	0,015889295	0,993739577	2,903998391	0,09409928	Maasvlakte 2	Najaar 2005
<i>Petricola pholadiformis</i>	0,043	2,3143	10	0,172271569	0,971766794	2,314326844	0,139469349	BIOMON	Voorjaar 1997
<i>Spisula subtruncata</i>	0,0026	3,4673	17	0,062695114	0,800239185	3,467323691	0,447294956	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Tellina fabula</i>	0,0053	2,9848	28	0,029657421	0,957693958	2,984843398	0,123033308	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006
<i>Tellina tenuis</i>	0,0101	2,6924	9	0,289382796	0,901284687	2,692424086	0,336787307	BIOMON	Voorjaar 1994
<i>Thia scutellata</i>	0,0862	2,6746	26	0,039567819	0,857843743	2,674637018	0,222248136	Maasvlakte 2	Zandwinning - nulm. 2006

---

## Verantwoording

Dit rapport voor

Opdrachtgever: Havenbedrijf Rotterdam N.V.  
Wilhelminakade 909  
3072 AP Rotterdam

Projectnummer: 006.36882.01.19

is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en beoordeeld door of namens het Wetenschapsteam van Wageningen IMARES.

Akkoord: Dr. N.H.B.M. Kaag  
Senioronderzoeker Wageningen IMARES

Handtekening: \_\_\_\_\_

Datum: 14 maart 2007

Akkoord: Dr. H.J. Lindeboom  
Directielid Wetenschap

Handtekening: \_\_\_\_\_

Datum: 14 maart 2007

Aantal exemplaren: 15  
Aantal pagina's: 70  
Aantal tabellen: 23  
Aantal figuren: 30  
Aantal bijlagen: 19