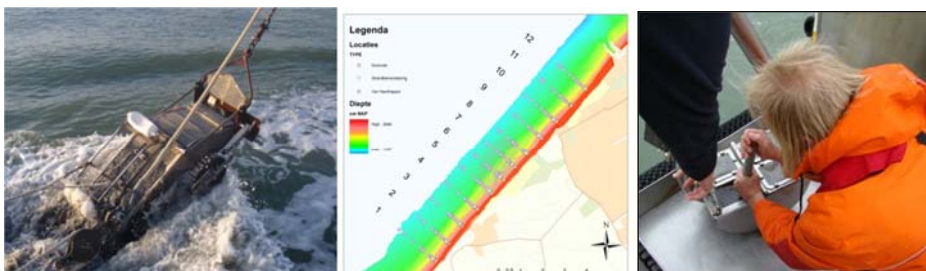


# T<sub>0</sub> monitoring Zandmotor Delflandse kust: benthos ondiepe kustzone en natte strand

Jeroen Wijsman<sup>1</sup>, Edwin Verduin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wageningen IMARES, <sup>2</sup>Grontmij

Rapport C039/11



# IMARES Wageningen UR

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Waterdienst  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum:

8 april 2011

**IMARES is:**

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: [imares@wur.nl](mailto:imares@wur.nl)

[www.imares.wur.nl](http://www.imares.wur.nl)

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart 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 uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A\_4\_3\_1-V11.2

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	5
Summary .....	7
1 Inleiding .....	9
1.1 Achtergrond .....	9
1.2 Doelstelling .....	10
2 Opzet van het onderzoek .....	12
2.1 Bemonsteringlocaties .....	12
2.2 Methodieken .....	14
3 Materiaal en methoden .....	15
3.1 Sedimentsamenstelling .....	15
3.1.1 Bemonstering .....	15
3.1.2 Verwerking .....	15
3.1.3 Analyse .....	15
3.2 Bodemdieren ondiepe kustzone .....	16
3.2.1 Bodemschaaf .....	16
3.2.2 Van Veen happer .....	19
3.3 Bodemdieren natte strand .....	21
3.3.1 Bemonstering .....	21
3.3.2 Verwerking .....	22
3.3.3 Analyse .....	22
3.4 Weersomstandigheden tijdens bemonsteringscampagnes .....	22
4 Resultaten .....	24
4.1 Sedimentsamenstelling .....	24
4.2 Bodemdieren schaaf .....	29
4.2.1 Power analyse .....	32
4.2.2 Cluster analyse .....	33
4.3 Bodemdieren Van Veen bemonstering .....	37
4.3.1 Gegevens .....	37
4.3.2 Biomassa .....	40
4.3.3 Power analyse .....	41
4.3.4 Cluster analyse .....	42
4.4 Bodemdieren natte strand .....	46
5 Conclusies en discussie .....	49
5.1 T <sub>0</sub> beschrijving sedimentsamenstelling en bodemdiergemeenschap .....	49
5.2 Geschiktheid van het referentiegebied .....	49
5.3 Monitoringstrategie .....	49
Kwaliteitsborging .....	53

Dankwoord .....	54
Referenties .....	55
Verantwoording .....	56
Bijlage A: Overzicht bemonsteringslocaties Van Veen happer ondiepe kustzone.....	57
Bijlage B: Overzicht bemonsteringslocaties natte strand .....	60
Bijlage C: Sedimentsamenstelling.....	62
Bijlage D: Soortensamenstelling bodemschaafbemonsteringen .....	64
Bijlage E: Soortensamenstelling Van Veen happer.....	67
Bijlage F: Opmerkelijke soorten Van Veen happer .....	71
Bijlage G: Soortensamenstelling natte strand .....	74

## Samenvatting

Aan de Delflandse kust wordt in 2011 een pilot uitgevoerd met de aanleg van een Zandmotor in de vorm van een "Zandhaak" om de Zuidhollandse kust in de komende jaren van zand te voorzien. De Zandmotor verschilt van de reguliere suppletie doordat er eenmalig een grote hoeveelheid (21,5 miljoen m<sup>3</sup>) zand wordt aangelegd op één locatie tegenover reguliere suppleties, waarbij meerdere kleinere suppleties worden uitgevoerd op verschillende locaties. Het zand dat vrijkomt uit de Zandmotor als gevolg van erosie zal voornamelijk naar het Noorden worden getransporteerd en daarmee de kust versterken. De doelen van de pilot Zandmotor zijn: (1) Vergroten van de kustveiligheid op lange termijn; (2) Natuurontwikkeling en recreatie door verbreding van strand en duinen en (3) kennisontwikkeling en innovatie in relatie tot kustverdediging.

Om deze drie doelen te kunnen evalueren is er een uitgebreid monitoringsplan opgezet (Tonnon *et al.* 2011). Als onderdeel hiervan worden ook de bodemdieren van het strand en in de ondiepe kustzone gemonitord. De resultaten moeten bijdragen aan de doelen (2) en (3). De doelen van dit rapport zijn: (1) Het vastleggen van de T<sub>0</sub> situatie (situatie voor aanleg van de Zandmotor) voor de bodemdieren en sedimentsamenstelling; (2) Onderzoeken of het referentiegebied geschikt is en (3) Optimalisatie van de monitoring strategie.

In het najaar van 2010 zijn de T<sub>0</sub> bemonsteringen uitgevoerd van de bodemdieren en sedimentsamenstelling op het natte strand en in de ondiepe kustzone (sublitoraal tot een diepte van maximaal 11,5 meter beneden NAP). De monsterlocaties zijn uitgezet in een twaalfstal raaien loodrecht op de kust en gestratificeerd naar diepteligging. Vier van de raaien zijn gelegen in het gebied waar de Zandmotor wordt aangelegd (*Zandhaak*). Vier raaien liggen ten noorden van de zandmotor en staan vermoedelijk onder invloed van het effect van de zandmotor (*Invloed*). Ten slotte zijn er vier raaien gelegen in het gebied ten zuiden van de zandmotor (*Referentie*). Dit gebied wordt vermoedelijk niet beïnvloed door de Zandmotor en kan gezien worden als referentiegebied. Bodemdieren in de ondiepe kustzone zijn zowel bemonsterd met een Van Veen happer als met een bodemschaaf. Beide methodieken vullen elkaar goed aan. De bodemschaaf is meer gericht op de grotere (>5 mm) organismen en geeft een beeld van de voedselbeschikbaarheid voor hogere trofische niveaus. De Van Veen happer bemonstert ook kleinere organismen (> 1mm) en geeft een beter beeld van de biodiversiteit.

De resultaten laten zien dat het referentiegebied, Zandmotorgebied en het invloedgebied in de T<sub>0</sub> situatie sterk op elkaar lijken wat betreft de sedimentsamenstelling en de bodemdiersamenstelling. Het sediment van het natte strand is grover (gemiddelde mediane korrelgrootte 344 µm) dan het sediment in de ondiepe kustzone (gemiddelde mediane korrelgrootte 252 µm). In de ondiepe kustzone neemt de mediane korrelgrootte af en de fractie zeer fijn zand toe met de waterdiepte. Op een diepte van meer dan 10 meter beneden NAP is het sediment van het invloedgebied grover dan in de gebieden zandhaak en Referentie. De organisch stofgehalten van de sedimenten zijn laag en omgekeerd evenredig gerelateerd met de mediane korrelgrootte.

In totaal zijn er 23 soorten bodemdieren aangetroffen in de 114 bemonsterde locaties met de bodemschaaf. De maximale dichtheid aan soorten is aangetroffen op locatie 66, met een dichtheid van 125 mesheften (*Ensis*) per m<sup>2</sup>. *Ensis* is de meest dominante soort in de schaaftmonsters, in termen van zowel aantallen als biomassa's. De gemiddelde dichtheid van *Ensis* is 17 exemplaren per m<sup>2</sup>. Na mesheften zijn de dominante soorten de breedpootkrab (*Portunus latipes*) en de kleine heremietkreeft (*Diogenes pugilator*) met een gemiddelde dichtheid van respectievelijk 0,52 en 0,32 exemplaren per m<sup>2</sup>. De breedpootkrab komt voornamelijk voor in de ondiepe locaties in de brandingszone. Een aantal soorten zoals de kleine slangster (*Ophiura albida*), de gewone slangster (*Ophiura ophiura*), de mossel (*Mytilus edulis*), de nagelkrab (*Thia scutellata*), de rechtsgestreepte platschelp (*Tellina fabula*) en de

venusschelp (*Chamelea striatula*) zijn slechts op één locatie aangetroffen. De mesheften (*Ensis*) is verreweg het genus met de hoogste biomassa (gemiddeld 27 gram per m<sup>2</sup>). Omdat van een deel van de mesheften slechts de topjes (siphonen) zijn bemonsterd met de schaaf is de biomassa aan mesheften zelfs onderschat. Overige soorten van belang voor de biomassa zijn krabben (de breedpootkrab en de strandkrab) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*). Het aantal soorten per monster en de Shannon-Wiener diversiteitsindex neemt toe met de diepte. In de monsters die verzameld zijn met de bodemschaaf zijn op een diepte van -1 m NAP geen bodemdieren aangetroffen. Er is geen duidelijk verschil in soortensamenstelling tussen de verschillende deelgebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). Er is wel een duidelijke relatie tussen de soortensamenstelling en de waterdiepte.

Ook in de monsters van de Van Veen happer was *Ensis* de soort met de hoogste dichtheid. De soort is aangetroffen in 44 van de 61 geanalyseerde monsters (72%). Andere veelvoorkomende soorten waren de polychaeten *Magelona johnstoni*, *Capitella capitata*, *Spio martinensis*, *Microphthalmus similis*, *Magelona mirabilis*, *Spiophanes bombyx*, *Nephtys cirrosa*, *Phyllodoce mucosa* en *Scolelepis squamata*. In totaal zijn er een kleine 80 soorten in de monsters aangetroffen. Het totaal aantal aanwezige soorten is geschat tussen de 90 en 120. Het aantal soorten per monster neemt vrijwel lineair toe met de diepte over het geanalyseerde interval. Ook de Shannon-Wiener diversiteitsindex neemt toe met de waterdiepte. Er is geen duidelijk verschil in diversiteit tussen de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). De biomassa neemt toe met de waterdiepte tot een diepte van ongeveer 7 meter beneden NAP. Daarna stabiliseert de biomassa aan bodemdieren zich.

De soortendiversiteit van de monsters van het natte strand is over het algemeen zeer laag. In totaal zijn er slechts 9 soorten aangetroffen. De meest algemene soorten in de strandmonsters zijn de gemshoornworm (*Scolelepis squamata*) en de zandvlokreeft (*Haustorius arenarius*). Specifieke soorten die wel in de strandbemonstering zijn aangetroffen en niet in de ondiepe kustzone zijn de zeepissebed (*Eurydice pulchra*) en de vlokreeft (*Pontocrates arcticus*). De zandvlokreeft (*Haustorius arenarius*) komt weliswaar ook voor in de ondiepe kustzone, maar dan alleen op de meest ondiep gelegen stations (maximaal tot 3 meter beneden NAP). De diversiteit van de strandmonsters neemt toe met de overspoelingsduur.

Voor de toekomstige bemonsteringen in de ondiepe kustzone wordt aanbevolen om zowel met de bodemschaaf als met de Van Veen happer te bemonsteren. Beide bemonsteringen zouden tegelijkertijd dienen te worden uitgevoerd vroeg in het najaar (september – oktober). Uit een power analyse blijkt dat 120 monitoringslocaties in de ondiepe kustzone voldoende is om een eventueel effect van de zandmotor te kunnen aantonen. Het totaal aantal locaties van 120 is voldoende om een eventueel effect van de Zandmotor aan te kunnen tonen. Bij de keuze van de bemonsteringlocaties zou het goed zijn om naast de diepte gradiënt ook rekening te houden met de locatie van brekerbanken.

## Summary

In 2011 a Sand engine will be created through a mega-nourishment of approximately 21.5 Mm<sup>3</sup> on the coast of Holland, between Hook of Holland and The Hague. The purpose of this pilot project is to provide the beaches for the coming 20 years with sand and to protect the coast against erosion. This is in contrast to the traditional sand nourishments that should be repeated every 5 years on average. An extensive long-term monitoring programme is associated with this pilot project in order to evaluate the effects of the Sand engine. This report is partly a result of the monitoring and describes the baseline situation (before construction) of the macrozoobenthos in the intertidal beach area and the subtidal coastal sea.

Benthos were sampled in Autumn 2010. Sampling locations were located on 12 transects perpendicular to the coastline, from the base of the dunes to a maximum depth of 11.5 meter below NAP. The locations were stratified according to depth. Four transects were located in the location of the sand engine (*Sand engine*). Four transects were located North of the Sand engine and are supposed to be influenced by sand from the Sand engine (*Influence*). Finally, four transects were located South of the Sand engine and are regarded as a reference (*Reference*). The subtidal locations were sampled both with a Van Veen grab and a trawled dredge. Both methods are complementary. The trawled dredge is more specific for the larger (> 5 mm) benthos and gives information on the food conditions for higher trophic levels such as birds and fish. The Van Veen grab samples the smaller macrozoobenthos (> 1 mm) and is more indicative for the biodiversity.

The presented results show that both the abiotic and biotic sediment composition in the three regions (Sand engine, Influence and Reference) are comparable in the baseline situation. The median grain size of the intertidal samples is higher (344 µm) than in the subtidal samples (252 µm). In the subtidal locations the median grain size decreases with water depth and the fraction very fine sand increases. In the Influence region, at water depths of more than 10 meter below NAP, the sediments are coarser grained than in the Sand engine and Reference regions. Organic matter content is low and decreases with increasing grain size.

In total 23 macrozoobenthic species are observed at the 114 sampling locations that have been sampled with the trawled dredge. *Ensis directus* is by far the most dominant species in these samples, both in terms of density as in biomass. The maximum density is found at location 66 (125 individuals m<sup>-2</sup>). On average the density of *Ensis directus* was 17 individuals m<sup>-2</sup>. The average *Ensis* biomass (27 g fresh weight m<sup>-2</sup>) is probably even underestimated because of for some of the individuals only the siphons are sampled. Other dominant species were *Portumnus laptipes* and *Diogenes pugilator* with an average density of 0.52 and 0.32 individuals m<sup>-2</sup>, respectively. *Portumnus laptipes* is characteristic for the shallow locations in the breaker zone. Some species, *Ophiura albida*, *Ophiura ophiura*, *Mytilus edulis*, *Thia scutellata*, *Tellina fabula* and *Chamelea striatula* are observed at one single location only. The Shannon-Wiener biodiversity index of the trawled dredge samples increases with water depth. No living macrozoobenthos species have been found at the shallowest samples (1 meter below NAP). There appeared to be no difference in macrozoobenthic community composition between the regions (Reference, Sand engine and Influence). There is a strong effect of water depth on the composition of the macrozoobenthic community sampled by the trawled dredge.

*Ensis directus* was also the most dominant species in the Van Veen grab samples. The species was present in 44 of the 61 analysed samples. Other dominant species were *Magelona johnstoni*, *Capitella capitata*, *Spio martinensis*, *Microphthalmus similis*, *Magelona mirabilis*, *Spiophanes bombyx*, *Nephtys cirrosa*, *Phyllodoce mucosa* and *Scolecopsis squamata*. All of them are polychaete species. The total biomass increases with water depth down to a depth of 7 meter below NAP. From there the biomass does

not increase further with water depth. In total almost 80 different species were observed in the sublittoral Van Veen grab samples. The total amount of species present in the area is estimated between 90 and 120. The number of species present in the samples increases with water depth. Also the Shannon-Wiener diversity index increases with water depth. There is no difference observed in diversity indices between the regions (Reference, Sand engine and Influence).

At het intertidal beach, the macrozoobenthic diversity is very low. Only 9 species were observed in the 60 samples. Most dominant species in the samples were *Scolecopsis squamata* and *Haustorius arenarius*. Specific species observed in the beach samples were *Eurydice pulchra* and *Pontocrates arcticus*. Both species were not found in the sublittoral samples. *Haustorius arenarius* was found in the sublittoral samples, but only in the shallow areas ( $\leq 3$  meters below NAP). The average diversity increases with inundation time.

The plan is to continue the monitoring of the macrozoobenthic community for the coming years (at least until 2021) in order to evaluate the effects of the Sand engine. We suggest to combine both the sampling with the Van Veen grab and the trawled dredge in the shallow sublittoral. The sampling should take place in early Autumn (September – October). The results of the power analysis show that 120 sampling locations should be sufficient to detect eventual effects of the Sand engine. The sampling locations should be stratified according to water depth, but in the shallow area breaker banks should be taken into account as well.



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Het huidige onderhoud van de kust bestaat uit het in stand houden van de basiskustlijn en het laten meegroeien van het kustfundament met de zeespiegel. Hiertoe dient de kust regelmatig te worden gesuppleerd met zand. Als gevolg van de stijgende zeespiegel zal het kustonderhoud in de toekomst toenemen.

Voor het onderhoud van de Delflandse kust zal de benodigde hoeveelheid zand verdubbelen tot 1 a 1,5 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (Fiselier 2010). In dit unieke pilot project zal het benodigde zand voor kustonderhoud niet periodiek (ongeveer iedere 5 jaar) maar in één keer in de vorm van een "zandmotor" worden gestort. Het zand zal door de golven, stroming en wind worden verspreid en door vegetatie worden vastgelegd, zodanig dat de kust ten noorden van de Zandmotor voor een lange periode (20 jaar) zal worden versterkt vanuit de Zandmotor. Hierdoor wordt de veiligheid van de kust voor langere tijd gewaarborgd en is er ruimte voor groei van natuur en recreatie in het gebied.

De Zandmotor zal worden aangelegd in de vorm van een haak, die 1,5 kilometer de zee in steekt (Figuur 1). Op het strand ligt dan een basis van twee kilometer breed. Deze haak komt ten noorden van Ter Heijde, ter hoogte van natuurgebied Solleveld te liggen. In totaal zal er voor de aanleg van de zandmotor 21,5 miljoen m<sup>3</sup> zand worden aangebracht. De aanleg van de Zandmotor is inmiddels gestart. De "haak" wordt aangelegd in de periode tussen 1 maart en 31 oktober 2011. Dit project is een pilotproject, want er is nog geen ervaring met de aanleg en effecten van een Zandmotor. Het doel van het project is dan ook om kennis en ervaring op te doen over deze vorm van suppleren (aanleg, ontwikkeling, effecten). Om die reden is er een uitgebreid monitoringsprogramma opgenomen om te onderzoeken wat het gedrag en het effect is van de Zandmotor.

Als gevolg van de aanleg van de Zandmotor zal een deel van de huidige ondiepe kustzone onder het zand verdwijnen en zal het kustprofiel wijzigen. Een wezenlijke verandering is de aanleg van een ondiepe, luwe "lagune" aan de binnenzijde van de Zandhaak. Om te bepalen of een eenmalige suppletie in de vorm van een Zandmotor minder verstorend is voor de ecologie dan regelmatig suppleren, is het noodzakelijk om de optredende veranderingen te kunnen vaststellen (footprint van de Zandmotor en de wijzigingen in de geomorfologie en ecologisch functioneren) en deze te kunnen vergelijken met de ontwikkelingen in een referentiegebied.



Figuur 1 Overzicht van de locatie van de Zandhaak voor de Delflandse kust.

## 1.2 Doelstelling

Om de effecten van de Zandmotor te kunnen onderzoeken is er een uitgebreid monitoringsprogramma opgesteld. In het Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor (Tonnon *et al.* 2011) is de evaluatiesystematiek en het monitoringsplan beschreven voor de Pilot Zandmotor voor de periode 2011 tot en met 2021. De evaluatiesystematiek is gericht op het evalueren van de MER doelen (Ebbens & Fiselier 2010):

1. Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie;
2. Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren;
3. Het toevoegen van aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse kust.

In het advies extra benodigde monitoring  $T_0$ -beschrijving Zandmotor (Deltares/IMARES, 2010) is de voor de  $T_0$ -rapportage benodigde monitoring geïdentificeerd welke nog in 2010 zou dienen te worden uitgevoerd. Omdat is vastgesteld dat voor benthos in de ondiepe kustzone en op het strand van het plangebied weinig of geen geschikte datasets voorhanden zijn om de uitgangssituatie ( $T_0$ ) op basis van bestaande data te kunnen beschrijven zijn er in het najaar van 2010 bemonsteringen uitgevoerd van bodemfauna en sediment van het natte strand en de ondiepe kustzone voor de Delflandse kust. De uitvoering van de bemonstering is beschreven in een veldrapportage (Wijsman & Verduin 2010). Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van de  $T_0$  metingen. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door IMARES (hoofdaannemer) en Grontmij (onderaannemer) in opdracht van de Waterdienst van Rijkswaterstaat. Voor het onderzoek zijn sedimentmonsters genomen en is de bodemfauna van de ondiepe kustzone bemonsterd met een Van Veen happer (Grontmij, infauna) en een bodemschaaf (IMARES, epifauna en zeldzamere, veelal grotere infauna). De bemonstering van het benthos en sediment van het natte strand is uitgevoerd door het uitgraven van een vast oppervlakte strand op het

moment van droogval (IMARES). De analyses van de sedimentsamenstelling zijn uitgevoerd door het NIOO-CEME.

De resultaten van deze studie zijn gebruikt voor de beschrijving van de  $T_0$  situatie (Tonnon & Baptist 2011). Dit moet een beeld geven van de situatie voor de aanleg van de Zandmotor. Om de veranderingen in het invloedgebied van de Zandmotor te kunnen evalueren wordt er ook gekeken naar de ontwikkeling in een nabijgelegen referentiegebied. Om dit goed te kunnen toetsen is het van belang dat het referentiegebied overeenkomt met het impactgebied. Om dit te onderzoeken zal de bodemdier- en sedimentsamenstelling in het referentiegebied worden vergeleken met het (potentieel) impactgebied. Tevens is het van belang dat het referentiegebied niet wordt beïnvloed wordt door de aanleg van de Zandmotor.

In het Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor (Tonnon *et al.* 2011) is de monitoring beschreven tot 2021. De resultaten van deze studie kunnen worden gebruikt om het monitoring programma te optimaliseren in de zin van bemonsteringslocaties, methoden en analyses.

De doelstellingen van deze studie kunnen als volgt worden samengevat:

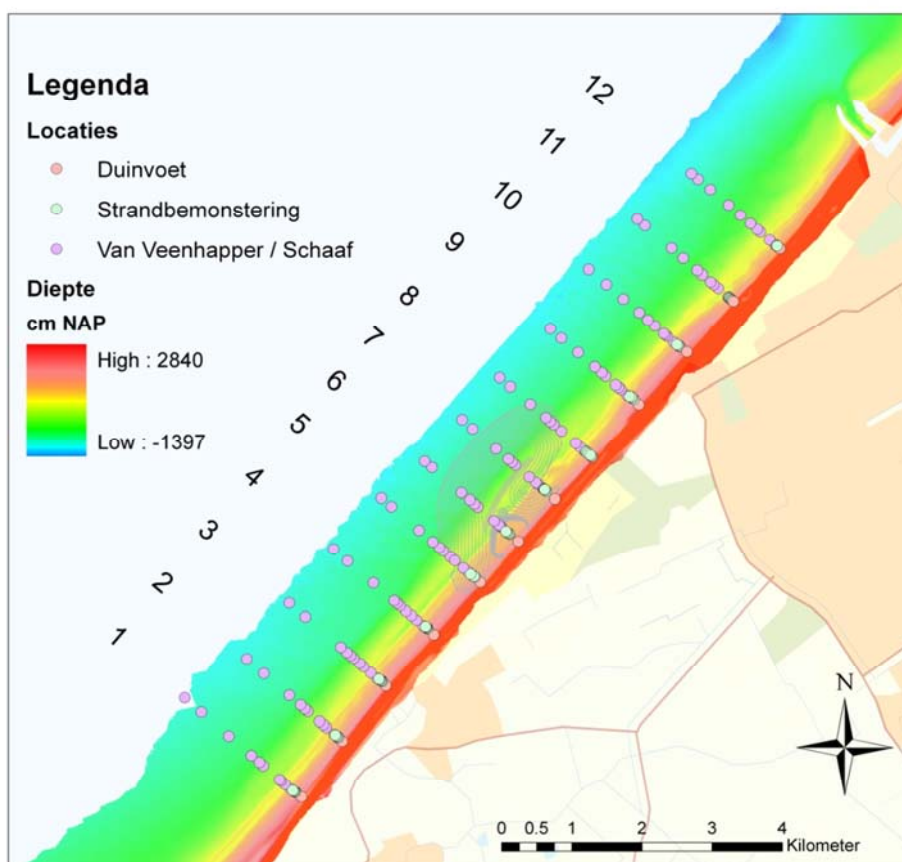
1. Vastleggen van de  $T_0$  situatie voor de sedimentsamenstelling en bodemdiergemeenschap in de ondiepe kustzone en het natte strand van de Delflandse kust;
2. Onderzoeken of er verschillen zijn in bodemdiergemeenschap tussen het impact gebied (locatie waar de Zandmotor wordt aangelegd en het invloedgebied waar het sediment naar toe wordt getransporteerd) en het referentiegebied;
3. Optimalisatie van de monitoring strategie. Berekenen hoeveel monsters er nodig zijn om in de toekomst een eventueel optredend verschil in bodemdiersamenstelling als gevolg van de Zandmotor aan te kunnen tonen.

## 2 Opzet van het onderzoek

### 2.1 Bemonsteringlocaties

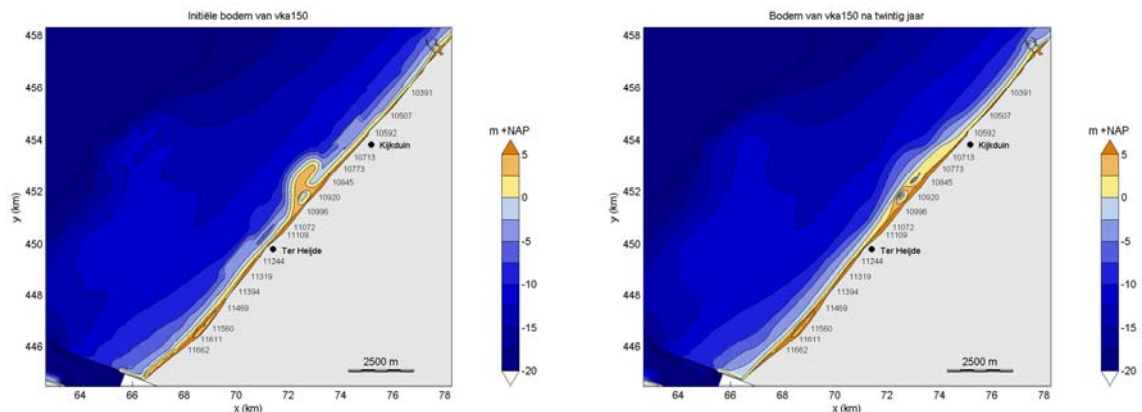
De bemonsteringslocaties (Figuur 2) zijn gebaseerd op de geplande ligging van de Zandmotor en een recente dieptekaart van het gebied (strand en ondiep water) die in het kader van dit project is aangeleverd door RWS. De bemonsteringlocaties zijn onderverdeeld in drie gebieden:

1. **Referentie:** Gebied ten zuiden van de Zandmotor
2. **Zandhaak:** Gebied waar de Zandmotor wordt aangelegd
3. **Invloed:** Gebied ten noorden van de Zandmotor



*Figuur 2* Overzicht van het monitoringsgebied. De morfologie van het strand en de ondiepe kustzone is met kleuren weergegeven. De geplande ligging van de Zandmotor is middels de grijze contourlijnen aangegeven. De monitoringslocaties liggen op een 12-tal raaien loodrecht op de kust. De gekleurde stippen geven de monitoringslocaties weer.

De zandmotor zal worden aangelegd in het gebied Zandhaak. Op basis van morfologische berekeningen is de verwachting dat het zand van de Zandmotor voornamelijk naar het noorden wordt getransporteerd (Invloedgebied)(Figuur 3). De bemonsteringlocaties liggen op 12 raaien die loodrecht op de kustlijn zijn georiënteerd (Figuur 2). Raai 1 tot en met 4 liggen in het referentiegebied ten zuiden van de zandmotor. De onderlinge afstand tussen de raaien is 1000 meter. Raai 5 tot en met 8 liggen in gebied waar de Zandmotor is gepland. De onderlinge afstand tussen deze raaien is 800 meter. Raai 9 tot en met 12 liggen in het invloedgebied van de Zandmotor, ten noorden van de Zandhaak. De onderlinge afstand tussen deze raaien is 1000 meter.



Figuur 3 Berekende bodemhoogtes (m NAP) één jaar na aanleg van de Zandmotor (links) en 20 jaar na de aanleg van de Zandmotor (rechts). (Bron: Rijkswaterstaat).

Bij het plannen van de onderlinge afstand tussen de verschillende monsterlocaties op een raai is rekening gehouden met het diepteprofiel van het strand en de ondiepe kustzone. In de ondiepe kustzone zijn de locaties gelegen op de dieptelijnen. De dieptelijnen zijn berekend in ArcGIS uit de bathymetrische kaart van het gebied die verkregen is van Rijkswaterstaat. De monsterlocaties zijn bepaald uit het snijpunt van de raaien met de betreffende dieptelijnen. Op basis van de hoogteligging heeft iedere locatie een hoogteklaas meegekregen (Tabel 1). Hoogteklaas 0 ligt bij de voet van de duin. Hoogteklaas 1 t/m 5 liggen op het natte strand (litoraal) en hoogteklaas 6 tot en met 15 liggen in de ondiepe kustzone (sublitoraal).

Tabel 1 Hoogteligging van de locaties op de raaien

Klasse	Hoogteligging (NAP)
0	+ 3,0 meter
1	+ 1,0 meter
2	+ 0,6 meter
3	+ 0,2 meter
4	- 0,2 meter
5	- 0,6 meter
6	- 1,0 meter
7	- 3,0 meter
8	- 4,0 meter
9	- 5,0 meter
10	- 7,0 meter
11	- 8,0 meter
12	- 9,0 meter
13	- 10,0 meter
14	- 11,0 meter
15	- 11,5 meter

## 2.2 Methodieken

Er zijn drie typen bemonsteringen uitgevoerd.

1. Van Veen happer vanuit een schip: Bemonstering van benthos (> 1 mm) en sediment ondiepe kustzone;
2. Bodemschaaf met een schip: Bemonstering van benthos (>5 mm) in de ondiepe kustzone;
3. Met een spade uitgraven van een meetframe tijdens droogval: Bemonstering benthos (>1 mm) en sediment op het strand

De bemonstering met de bodemschaaf en de Van Veen happer vullen elkaar goed aan. Happers zijn vooral geschikt voor het bemonsteren van de relatief kleinere vrij algemeen voorkomende, in de bodem levende dieren (maaswijdte zeef = 1 mm). Het bemonsterde oppervlak is beperkt (0,1 m<sup>2</sup>) ten opzichte van het bemonsterde oppervlakte met een bodemschaaf (ongeveer 15 m<sup>2</sup>). Grotere mobiele en sedentaire, relatief zeldzame dieren, worden daarom kwantitatief beter bemonsterd met een bodemschaaf. Omdat er bij de bodemschaaf gebruik wordt gemaakt van een grotere maaswijdte (5 mm) wordt er echter geen totaalbeeld van het macrobenthos verkregen omdat dieren < 5 mm niet meegenomen worden (Ens *et al.* 2007).

## 3 Materiaal en methoden

### 3.1 Sedimentsamenstelling

#### 3.1.1 Bemonstering

Op 185 locaties is een sedimentmonster verzameld voor de analyse van korrelgrootteverdeling en organisch stofgehalte. 113 locaties zijn bemonsterd in de ondiepe kustzone met behulp van een Van Veen happer (zie Figuur 6). 60 locaties op het natte strand en 12 locaties aan de rand van de duinvoet zijn bemonsterd tijdens de strandbemonstering (zie paragraaf 3.3.1). In de ondiepe kustzone is een steekbuis ( $\varnothing$  3 cm) vijf cm diep in het verzamelde sediment in de Van Veen happer gestoken. Gedurende de bemonstering zijn de sedimentmonsters koel bewaard en vervolgens in het laboratorium opgeslagen bij  $-32$  °C.

#### 3.1.2 Verwerking

Alle 185 verzamelde monsters zijn gevriesdroogd. Een deel van de monsters (133 stuks) is geanalyseerd op korrelgrootte verdeling en sedimentsamenstelling in het kader van dit project. De niet geanalyseerde monsters zijn opgeslagen voor een eventuele analyse op een later moment.

Alle bemonsterde locaties op het strand (72 monsters, Tabel 7) en 61 van de 113 bemonsterde locaties in de ondiepe kustzone (Tabel 6) zijn geanalyseerd. De 61 locaties zijn dezelfde locaties waar ook het macrobenthos is geanalyseerd (zie paragraaf 3.2.2.1).

#### 3.1.3 Analyse

De korrelgrootte verdeling van het sediment is geanalyseerd middels laser diffractie met een Malvern Mastersizer (detectie range 0.02 – 2000  $\mu\text{m}$ ), op het laboratorium van het NIOO-CEME. Het sediment is niet voorbehandeld. Van het sediment zijn onder andere de korrelgrootteverdeling (onderverdeeld in 5 verschillende fracties, Tabel 2) en de mediane korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ) bepaald. Daarnaast is binnen de silt-fractie ook nog onderscheid gemaakt tussen 7 klassen van silt (grenzen: 2, 4, 8, 16, 32, 50 en 63  $\mu\text{m}$ ).

Tabel 2 Klassegrenzen korrelgrootteverdeling

Fractie	Range
Silt	< 63 $\mu\text{m}$
Zeer fijn zand	62.5 – 125 $\mu\text{m}$
Fijn zand	125 – 250 $\mu\text{m}$
Medium zand	250 – 500 $\mu\text{m}$
Grof zand	500 – 1000 $\mu\text{m}$

De bepaling van de fractie organisch koolstof en organisch stikstof in het sediment is bepaald met een Carlo Erba elemental analyzer, type NA-1500. Als voorbehandeling is het monster na vriesdrogen gemaal. De analyses zijn uitgevoerd door het NIOO-CEME.

Ruimtelijke verschillen in sediment samenstelling zijn geanalyseerd door middel van Generalised Additive Modelling (GAM). Hiertoe zijn er drie verschillende modellen opgesteld. Model 1 is het GAM met als enige verklarende variabele de hoogteligging. Er wordt hierbij geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende transecten. Model 2 is hetzelfde GAM model als model 1 waarbij de verschillende gebieden

als factor zijn meegenomen (Referentie: locaties van transect 1 t/m 4; Zandhaak: transect 5 t/m 8; Invloed: transect 9 t/m 12). Model 3 is een GAM als functie van diepte en gebied als by-factor.

De verschillende modellen zijn getoetst op significantie door middel van ANOVA ( $\alpha=0.05$ ). Indien er sprake is van een significant verschil tussen model 1 en model 2 is er een verschil tussen de verschillende gebieden. Indien er een verschil is tussen model 3 en model 1 is er (tevens) sprake van interactie tussen gebied en diepte. Alle berekeningen zijn uitgevoerd in R met de mgcv bibliotheek (versie 1.6-1).

## 3.2 Bodemdieren ondiepe kustzone

Het benthos in de ondiepe kustzone is met twee verschillende manieren bemonsterd: met de Van Veen happer en de bodemschaaf. De Van Veen happer is voornamelijk gericht op de bepaling van de biodiversiteit en richt zich op alle organismen die op een 1 mm zeef achterblijven. De bodemschaaf is meer gericht op de bepaling van de biomassa van de grotere organismen die een belangrijke voedselbron vormen voor hogere trofische niveaus zoals vogels en vissen.

### 3.2.1 Bodemschaaf

#### 3.2.1.1 *Bemonstering*

De bemonstering met de bodemschaaf is door IMARES uitgevoerd met de YE-42 in de periode 16 tot en met 18 november 2010. De bodemschaaf wordt gebruikt voor een kwantitatieve bemonstering van de grotere en relatief zeldzame epifauna en infauna soorten. De bodemschaaf is een kooi (maaswijdte 0,5 cm) die aan de onderzijde is voorzien van een mes van 10 cm breed (Figuur 4). Het mes is ontworpen om een strip sediment over een bepaalde afstand tot een diepte van 10 cm weg te halen en in de kooi te brengen. Omdat het voorste deel iets boven de bodem hangt, worden ook epibenthische dieren gevangen. Bepaalde vissen worden ook gevangen in de schaar (b.v. zandspiering), maar voor een kwantitatieve bemonstering van de vispopulaties zijn andere methodieken (bijvoorbeeld sleepnetten) nodig. De kooi van de schaar fungeert tijdens het vissen als zeef. De bodemschaaf wordt achter een schip over de zeebodem getrokken. De beviste afstand wordt bepaald via een aan de zijkant van de bodemschaaf gemonteerd wiel (diameter 1,5 meter) voorzien van een elektronische teller die het aantal omwentelingen van het wiel registreert.



*Figuur 4 Bodemschaaf. Links de bodemschaaf op het moment dat deze wordt opgehaald. Rechts de onderkant van de bodemschaaf waarop het mes is te zien. Aan de zijkant is het wiel te zien waarmee de sleepafstand wordt geregistreerd.*

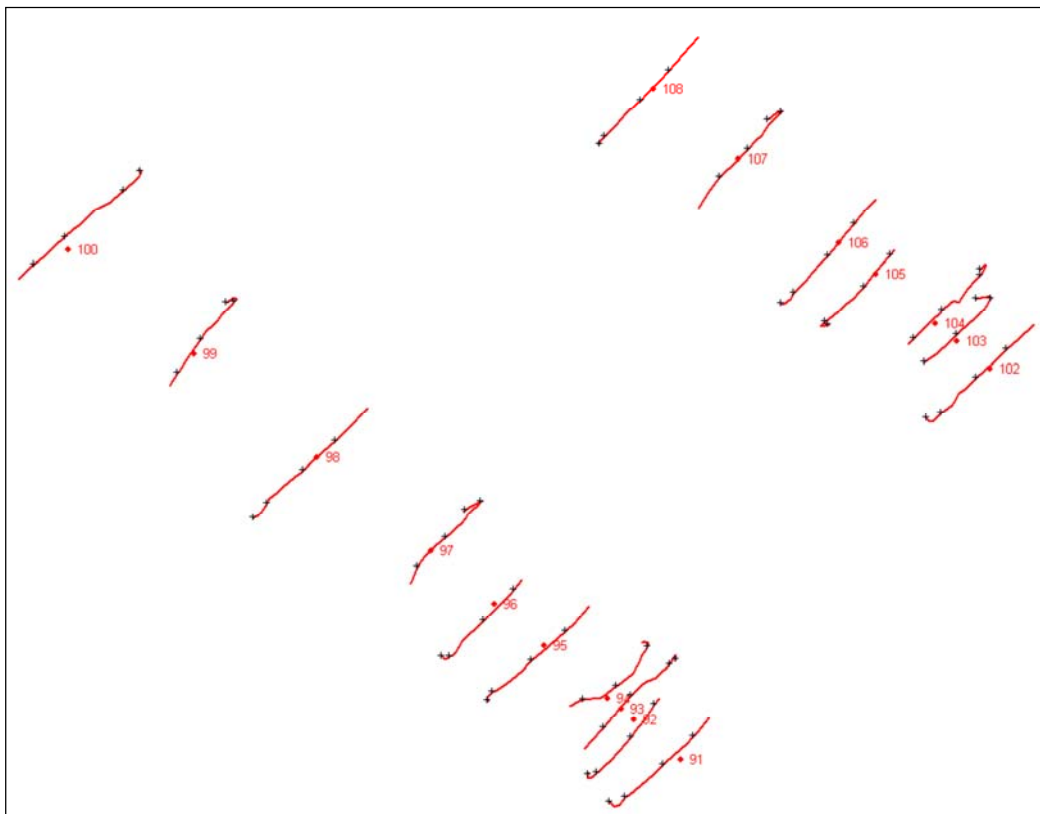
Om te zorgen voor een goed bodemcontact is er een gewicht (280 kg) geplaatst in het voorste deel van de bodemschaaf waar het mes zich bevindt. Het scharnier tussen dit voorste deel en de kooi is



vastgezet. Om te voorkomen dat het wiel ronddraaide terwijl de bodemschaaf geen bodemcontact heeft, is een verstelbare blokkeerinrichting aangebracht. De valdiepte waarbij het wiel (inclusief schoepen) nog juist vrij kan draaien is op 90 mm ten opzichte van de onderkant van de bodemschaaf gezet.

De beoogde trek lengte bedroeg 150 m, resulterend in een bemonsterd oppervlakte van 15 m<sup>2</sup>. De minimale trek lengte was 120 meter en de maximale trek lengte was 288 meter. Tevens werd het tijdstip van het begin en einde van vieren en halen genoteerd, evenals de waterdiepte en de kabellengte. De DGPS-positie van het schip is vastgelegd via twee onafhankelijke DGPS-ontvangers: Fugro Seastar DGPS met externe correctie vanaf de ARFSAT satelliet (20Hz) en, als reserve, een JRC DGPS (1 Hz).

Alle slepen zijn genomen evenwijdig aan de kust. Dit om verschillen in heterogeniteit als gevolg van een verandering in bathymetrie te beperken. Er is zoveel mogelijk gestreefd om over het vooraf bepaalde punt heen te slepen met de bodemschaaf (Figuur 5).



*Figuur 5* Detail van een deel van de gevaren tracks met de bodemschaaf (rode lijnen) en de vooraf gedefinieerde monsterlocaties (rode punten). De zwarte kruisjes geven de positie van het schip aan op de momenten van respectievelijk het laten zakken van de bodemschaaf, het vastzetten, het ophalen en het bovenkomen van de bodemschaaf.

De locaties 1, 11, 21, 71 101 en 111 zijn niet bemonsterd omdat deze te ondiep lagen. De locaties 28, 31, 41, 51, 61, 62, 63, 81 en 91 zijn wel bemonsterd, maar daar zijn geen organismen aangetroffen.

Ieder monster genomen met de bodemschaaf is in een bak, aan de onderzijde voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm overgebracht en, indien noodzakelijk, is het monster gespoeld om het overtollige sediment te verwijderen. De vangst is nadien overgebracht in kisten van 48 liter of emmers van 10 liter.

### 3.2.1.2 Verwerking

Het totale volume van de vangst (liter) is genoteerd. Het maximale volume was 96 liter op locatie 100. De vangst is aan dek verder uitgesorteerd. Alle levende organismen zijn uit de gehele vangst gehaald, tenzij er bepaalde soorten (invertebraten) in hoge aantallen voorkwamen. Voor die soorten is een deelmonster genomen. Een deelmonster van een soort bevatte minimaal 25 individuen van die soort.

In geval van een monster met veel schelpkokerwormen, slangsterren of veel (niet uit te spoelen) klei is een afwijkende procedure gevolgd. Het gehele monster is dan eerst onderzocht op de minder abundante grotere soorten. Vervolgens zijn er twee deelmonsters van 10 liter genomen. Één van deze deelmonsters is op de overige soorten onderzocht. Indien er minder dan 100 tweekleppigen in dit deelmonster aanwezig waren is ook het tweede deelmonster verder uitgezocht.

Vervolgens is per soort het aantal individuen en het versgewicht (met uitzondering van heremietkreeften) bepaald en is de lengte van intacte vissen opgemeten. Het versgewicht is bepaald door weging op een zeeveegschaal van Marel M2000 series (weegvermogen: 0-300 gr (nauwkeurigheid 0,1 gr); 300-600 gr (0,2 gr); 600-1500 gr (0,5 gr)).

Kapotte exemplaren van schelpdieren zijn meegeteld bij de bepaling van het aantal individuen indien a) het slot en vleesresten of b) enkel de sifons (bijv. mesheften, otterschelpen) aanwezig zijn. Alle hele exemplaren van schelpdieren zijn per soort samen gewogen. Aantallen van krabben, slangsterren en zeesterren zijn bepaald aan de hand van respectievelijk het aantal carapaxen, het aantal schijven en het aantal armen (1 arm = 0,2 individuen). De kapotte exemplaren en delen zijn ook gewogen. De breedte van mesheften is zoveel mogelijk aan boord gemeten.

Volledige exemplaren van vissen en garnalen zijn per individu gewogen. Tevens is per individu de lengte gemeten. Van kapotte exemplaren van vissen en garnalen zijn de koppen geteld, en meegeteld bij de bepaling van het aantal individuen. Alle restanten (incl. koppen) per soort zijn gezamenlijk gewogen (versgewicht). Niet te identificeren visresten zijn gezamenlijk gewogen.

Alle gegevens m.b.t. de aantallen en de versgewichten per soort, evenals de gemeten breedtes van mesheften, zijn direct aan boord ingevoerd in een database. De gegevens m.b.t. tellerstand en vangstvolumes zijn eerst aan dek genoteerd, en op een later tijdstip in de invoerdatabase overgenomen.

### 3.2.1.3 Analyse

De gegevens van de dichtheden zijn gebruikt om diverse diversiteits indices te berekenen: het totaal aantal aangetroffen soorten per monster ( $I$ ), de Shannon-Wiener diversiteitsindex ( $H'$ ) en de Pielou evenness index ( $J'$ ).

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{P_i}{\ln(P_i)}$$

$$J' = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Hierbij is  $S$  het aantal soorten per monster,  $P_i$  is relatieve abundantie van de  $i^e$  meest dominante soort per monster.

Om een inschatting te kunnen maken hoeveel monsters er minimaal genomen dienen te worden om een vooraf gedefinieerd verschil met een bepaalde betrouwbaarheid te kunnen aantonen tussen impact gebied en referentiegebied is er een power analyse uitgevoerd. Met te weinig monsters is het mogelijk dat een verschil dat wel bestaat niet kan worden aangetoond (Type II fout =  $\beta$ ). Men wil deze kans zo klein mogelijk maken. De power is het onderscheidend vermogen dat kan worden berekend als één min

de kans op een Type II fout ( $1-\beta$ ). Bij het toetsen wil men tevens de kans op een Type I fout (kans dat er ten onrechte een verschil wordt aangetoond =  $\alpha$ ) zo klein mogelijk houden. Voor  $\alpha$  is een waarde van 0.05 genomen en voor de power een waarde van 0,8. De power hangt af van het effect dat men wil kunnen aantonen, het aantal monsters en de variatie in de te testen gegevens.

Om de ruimtelijke verschillen in soorten samenstelling te beschrijven is gebruik gemaakt van een cluster analyse en een ordinatie van de data. Classificatietechnieken verdelen de bemonsterde locaties in discrete gelijksoortige groepen op basis van de aangetroffen soortensamenstelling. In deze studie is een hiërarchische clusteringstechniek (Group Average Method) uitgevoerd. De analyses zijn uitgevoerd op basis van de Bray-Curtis similariteitsindex tussen de monsters na een transformatie (vierdemachtswortel) van de dichtheidsgegevens. De monsters die zijn genomen op de locaties 28, 31, 41, 51, 61, 62, 63, 81 en 91 bevatten geen levende organismen en zijn in de analyse niet meegenomen. De clustering is getest met een SIMPROF permutatie test. Deze test kijkt bij iedere opsplitsing of de verschillen tussen de groepen significant zijn ( $\alpha = 0,05$ ).

### 3.2.2 Van Veen happer

#### 3.2.2.1 *Bemonstering*

De bemonstering van het macrobenthos en het sediment in de ondiepe kustzone is door Grontmij (team Ecologie) uitgevoerd van 12 tot en met 14 oktober 2010 aan de kust tussen Scheveningen en Hoek van Holland (Wijsman & Verduin 2010). Het gebied bestaat uit 12 raaien van tien monsterlocaties (totaal 120 locaties).

De bemonstering is uitgevoerd met een verzwaarde Van Veen bodemhapper, met een oppervlakte van 0,1 m<sup>2</sup>. Op iedere locatie is één monster genomen. Wanneer de Van Veen happer niet vol zat is het monster voor een tweede maal genomen.

De weersomstandigheden waren zeer gunstig voor de tijd van het jaar (zie Figuur 9). Echter is gebleken dat de bemonstering in de branding vrijwel niet mogelijk was, door de golven en de geringe waterdiepte. Daarom konden 112 van de 120 geplande locaties bemonsterd worden. Van 8 locaties zijn er geen monsters genomen (locaties 1, 2, 11, 21, 31, 61, 81, 101). Gedurende de strandbemonstering (zie paragraaf 3.3.1) bleek het mogelijk om locatie 61 alsnog te bemonsteren. De overige 7 locaties konden tijdens de strandbemonstering niet vanaf het strand worden bereikt. De coördinaten van de bemonsterde locaties zijn weergegeven in bijlage A.

Op 112 locaties is een macrozoöbenthos monster verzameld. Het materiaal dat is verzameld met de Van Veenhapper is gezeefd op een 1 mm zeef en gefixeerd op pH gebufferde formaldehyde (4% in zeewater). De monsters zijn gecodeerd en opgeslagen.

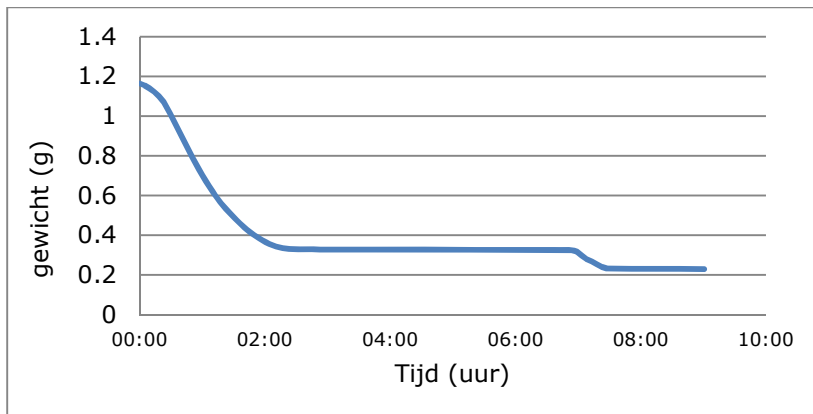


Figuur 6 Sedimentmonster wordt genomen uit een Van Veen monster.

#### 3.2.2.2 Verwerking

De helft van de benthosmonsters uit de ondiepe kustzone die verzameld zijn met de Van Veenhapper en alle benthosmonsters die verzameld zijn op het strand zijn uitgezocht en de aangetroffen soorten zijn (indien mogelijk) tot op soort gebracht door taxonomen van IMARES en Grontmij. In Tabel 6 is aangegeven welke monsters er zijn uitgezocht. Om een gelijke verdeling te garanderen van monsters van verschillende monstertieptes zijn van de oneven transecten (1, 3, 5, 7, 9 en 11) de 5 oneven monsters en van de even transecten (2, 4, 6, 8, 10 en 12) de 5 even monsters uitgezocht. Indien een monster niet is genomen maar wel geanalyseerd moest worden is gekozen om het volgende monster op het transect te analyseren. In totaal zijn er 61 monsters uitgezocht uit de ondiepe kustzone. Er is in deze studie geen cross-validatie uitgevoerd op de determinaties. In een eerdere studie (Wijsman *et al.* 2010) is een dergelijke cross-validatie wel uitgevoerd. Er zijn toen 10 bodemdiermonsters onafhankelijk geanalyseerd door taxonomen van IMARES en Grontmij. De resultaten van de determinaties waren vergelijkbaar (Wijsman *et al.* 2010). De monsters die niet zijn geanalyseerd zijn gecodeerd opgeslagen zodat deze eventueel op een later moment nog kunnen worden geanalyseerd.

Per locatie per soort is het asvrijdrooggewicht (AFDW) bepaald met een prepAsh. Deze verassingsoven kan maximaal 29 monsters (afhankelijk van de grootte van het monster) in een run analyseren. Tijdens het drogen en het verassen wordt het gewicht van het monster continu gemonitord. Wanneer de gewichten van de monsters tijdens het drogen respectievelijk verassen niet meer veranderen ( $< 0,1\%$  per 30 minuten) is de betreffende fase afgerond. Het drogen is uitgevoerd bij  $100^{\circ}\text{C}$  en het verassen bij  $520^{\circ}\text{C}$ . AFDW is bepaald uit het verschil tussen het drooggewicht en het gewicht na verassing (Figuur 7).



Figuur 7 Voorbeeld gewichtsverloop tijdens een verassing. De bepaling duurde ongeveer 9 uur. Het monster is gedroogd op 100°C. Na 7 uur is de temperatuur verhoogd naar 520°C voor de verassing.

### 3.2.2.3 Analyse

Tijdens de determinatie is voor enkele soorten onderscheid gemaakt tussen juveniele en adulte exemplaren. In de analyses is dit onderscheid verder niet meegenomen. De exemplaren van de genera *Grania*, *Harmothoe*, *Pontocrates* en *Diastylis* zijn ingedeeld in respectievelijk de soorten *Grania postclitellochaeta*, *Harmothoe imbricata*, *Pontocrates althamarinus* en *Diastylis bradyi*. De overige genera zijn als aparte soorten beschouwd in de analyse.

Het totaal aantal soorten dat men vindt binnen een gebied neemt doorgaans toe met het aantal monsters. Het totaal aantal soorten kan worden geschat door extrapolatie van zogenaamde "species accumulation curves" (Palmer 1990, Colwell & Coddington 1994). In deze studie zijn species accumulation curves opgesteld volgens de Chao, Jackknife en Bootstrap methode. De curves zijn geëxtrapolerd om een schatting te maken van het totaal aantal soorten in het gebied en de betrouwbaarheid van de schattingen zijn bepaald door middel van bootstrapping.

## 3.3 Bodemdieren natte strand

### 3.3.1 Bemonstering

De bemonstering van het strand is door IMARES uitgevoerd op donderdag 4 en vrijdag 5 november 2010 (Bijlage B). Op 4 november zijn de 6 meest noordelijke raaien bemonsterd (locaties 151 tot en met 180 en 187 tot en met 192). Op vrijdag 5 november zijn de 6 zuidelijke raaien bemonsterd (locaties 121 tot en met 150 en 181 tot en met 186). Op 4 november is tevens locatie 61 bemonsterd. Volgens planning moest deze locatie m.b.v. Van Veen happer worden bemonsterd, maar het bleek niet mogelijk deze locatie per schip te bereiken.

Tijdens de bemonstering bleek dat de morfologie van delen van het strand was veranderd ten opzichte van de hoogteligingskaart die door Rijkswaterstaat was aangeleverd, als gevolg van de aanleg van de versterking Delflandse Kust. Zo was een deel van het strand, ten noorden van Ter Heijde, inmiddels opgespoten waardoor de beoogde locaties permanent droog zijn komen te liggen. Ter plekke zijn deze bemonsteringslocaties aangepast door nieuwe locaties te kiezen op het transect, telkens ter hoogte van de waterlijn op dat moment. De exacte locatie is bepaald door middel van een hand-held GPS.

De bemonstering is uitgevoerd met 2 personen en een 4WD. De locaties zijn bezocht tijdens afgaand water. Op 4 november was het voorspelde hoogwater bij Scheveningen om 13:11 (105 cm NAP) en laagwater om 21:25 (-71 cm NAP). Op vrijdag 4 november was het hoogwater om 13:59 (117 cm NAP)

en laagwater om 22:06 (-66 cm NAP). Zodra de locatie droog kwam te staan is er een rvs frame (37 x 27 cm  $\approx$  0,1 m<sup>2</sup>) de bodem ingedrukt tot een diepte van 13 cm (Figuur 8). Met een spade is de inhoud van het frame leeggeschept en in emmers overgebracht. De inhoud van de emmers is vervolgens gezeefd over een 1 mm zeef. Het residu dat op de zeef is achtergebleven is overgebracht in potten (500 ml) en geconserveerd in zeewater gebufferde formaline (4%).



*Figuur 8* Monstername strand. Te zien is hoe het rvs meetframe in de bodem wordt gedruwd

### 3.3.2 Verwerking

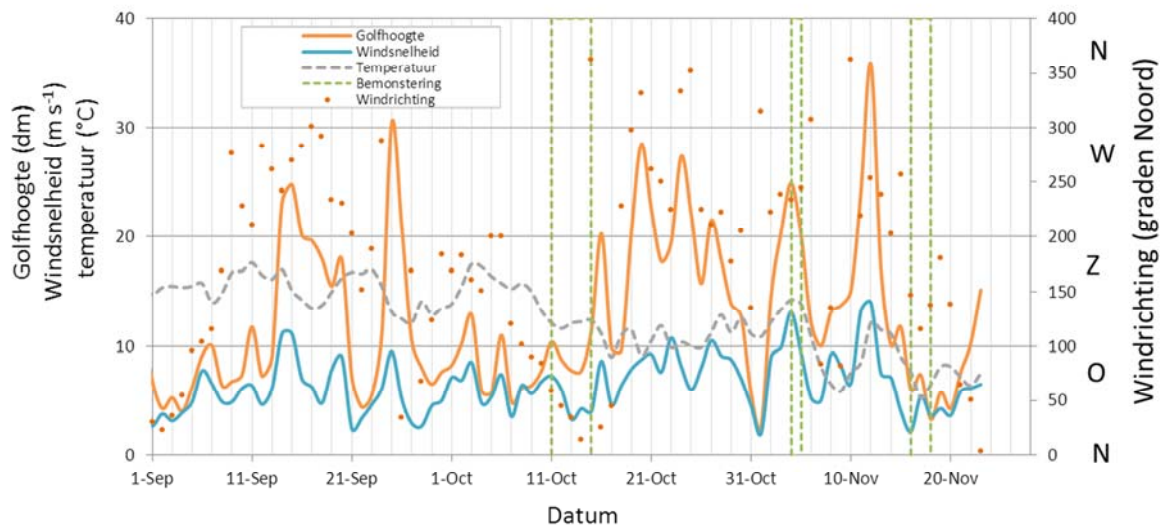
Alle verzamelde monsters van het natte strand (litoraal) zijn uitgezocht en de aangetroffen soorten zijn (indien mogelijk) tot op soort gebracht. Per locatie zijn de dichtheden (aantal per m<sup>2</sup>) berekend voor de aangetroffen soorten. Asvrij drooggewichten zijn bepaald met de prepAsh (zie paragraaf 3.2.2.2)

### 3.3.3 Analyse

De resultaten zijn gebruikt om de diversiteitsindices te berekenen (zie ook paragraaf 3.2.1.3). Vanwege het beperkt aantal soorten dat in de monsters is aangetroffen zijn er geen gemeenschapsanalyses uitgevoerd.

## 3.4 Weersomstandigheden tijdens bemonsteringscampagnes

De bemonsteringen zijn uitgevoerd in het najaar. Deze periode kenmerkt zich doorgaans door kans op storm en grote golfhoogtes. In Figuur 9 zijn de weersgegevens voor de locatie Ter Heijde weergegeven. De gegevens zijn afkomstig van [www.windguru.cz/nl](http://www.windguru.cz/nl) locatie Ter Heijde. De gegevens zijn indicatief voor de werkelijk opgetreden weersomstandigheden. De periodes van hoge golven gaan doorgaans samen met harde wind vanuit het westen tot noorden. De periode voorafgaand aan de bemonstering met de Van Veen happer was relatief rustig met weinig wind vanuit het oosten. In het weekend na de bemonstering is het harder gaan waaien en is de wind gedraaid naar het westen. Dit is terug te zien in de sterke toename in golfhoogtes. De strandbemonstering is uitgevoerd op het moment van een harde storm vanuit het zuidwesten. De bemonstering met de bodemschaaf is uitgevoerd in een relatief rustige periode na een storm vanuit het west-zuid-westen. De daggemiddelde golfhoogtes waren in die stormperiode hoger dan 3,5 meter.

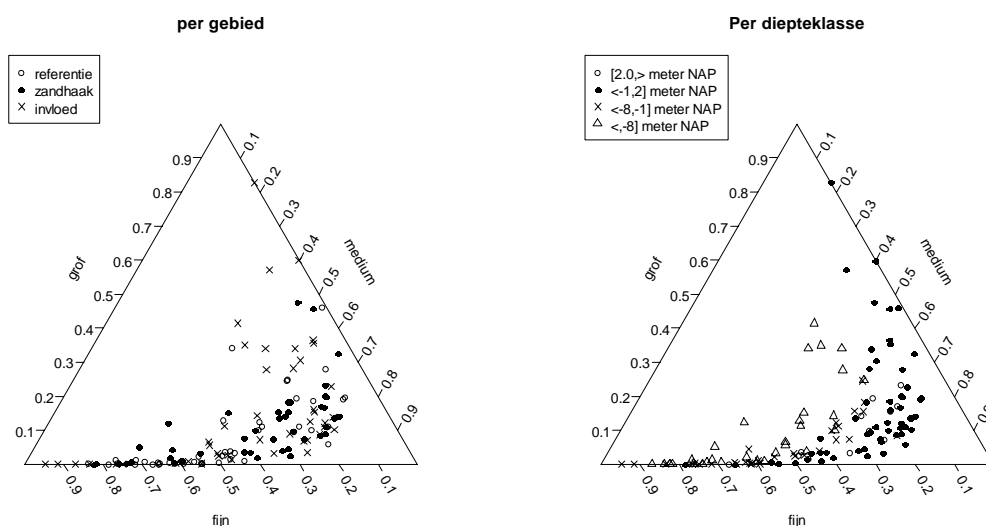


*Figuur 9* Overzicht weersgegevens Ter Heijde in de periode tussen 1 september en 23 november 2010. De oranje lijnen geven de daggemiddelde golfhoogtes (dm), de blauwe lijn de daggemiddelde windsnelheid ( $m s^{-1}$ ) en de gebroken grijze lijn de luchttemperatuur. De oranje stippen geven de windrichting aan ten opzichte van het Noorden. De bemonsteringperioden zijn gemarkeerd met de onderbroken groene lijnen. De eerste periode is de bemonstering met de Van Veen happer. De tweede periode is de strandbemonstering en de derde periode is de bemonstering met de bodemschaaf.

## 4 Resultaten

### 4.1 Sedimentsamenstelling

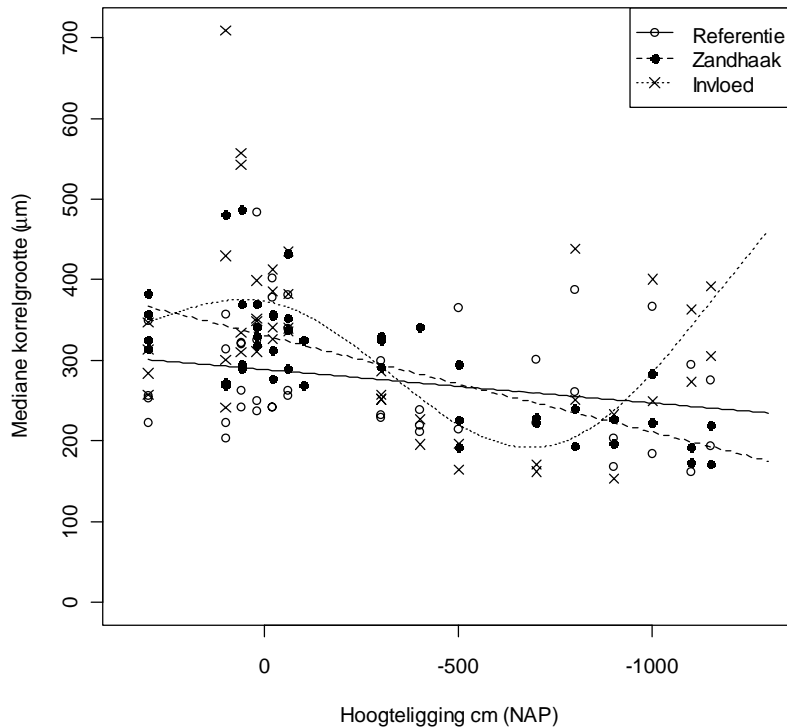
Het sediment dat is verzameld heeft een mediane korrelgrootte variërend van 153 tot en met 700  $\mu\text{m}$  (Tabel 8, Bijlage C). De meeste monsters zijn hiermee te karakteriseren als medium zand (Figuur 10). Op het natte strand van het invloedgebied zijn er drie monsters te karakteriseren als grof zand (mediane korrelgrootte > 500  $\mu\text{m}$ ). De gemiddelde mediane korrelgrootte bedraagt  $300 \pm 88 \mu\text{m}$ . Op het natte strand is de gemiddelde mediane korrelgrootte groter (gemiddeld 344  $\mu\text{m}$ ) dan in de ondiepe kustzone (gemiddeld 252  $\mu\text{m}$ ). Dit is vergelijkbaar met de resultaten van Janssen en Mulder (2005). Zij vonden voor de Hollandse kust een gemiddelde korrelgrootte van 326  $\mu\text{m}$ . Op slechts 9 locaties, allen gelegen in het sublitoraal, is het slibgehalte groter dan 1%. De grove sedimenten met een laag slibgehalte is karakteristiek voor de Noordzeestranden die doorgaans onder grote hydrodynamische stress staan van de golfwerking.



*Figuur 10 Weergave van korrelgrootte verdeling over de verschillende grootteklassen (fijn: < 250  $\mu\text{m}$ , medium 250-500  $\mu\text{m}$  en grof > 500  $\mu\text{m}$ ). In de figuur links is een onderverdeling gemaakt per gebied (Referentie, Zandhaak en Invloed) en in de figuur rechts is een onderverdeling gemaakt per diepteklasse.*

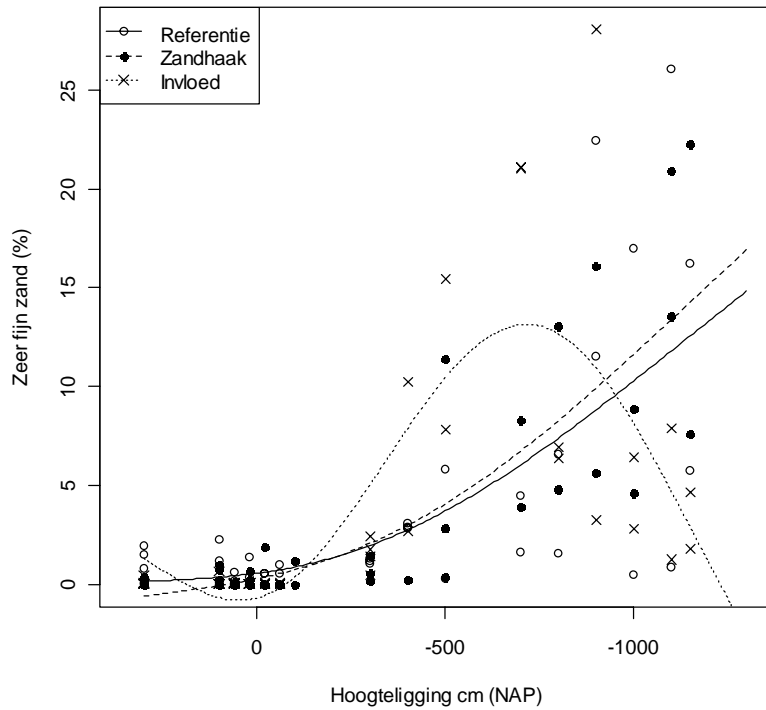
Zoals uit Figuur 11 blijkt, is er een verband tussen de mediane korrelgrootte en de diepteligging van het monster, waarbij de mediane korrelgrootte afneemt met de diepte. Deze afname in mediane korrelgrootte is het gevolg van de afnemende bodemschuifspanning door golfwerking met toenemende diepte. De grootste mediane korrelgroottes zijn te vinden op het natte strand. De resultaten van de GAM analyse laten zien dat in het invloedgebied relatief grove sedimenten zijn te vinden op het natte strand en in het sublitoraal op een diepte van meer dan -10 meter NAP.



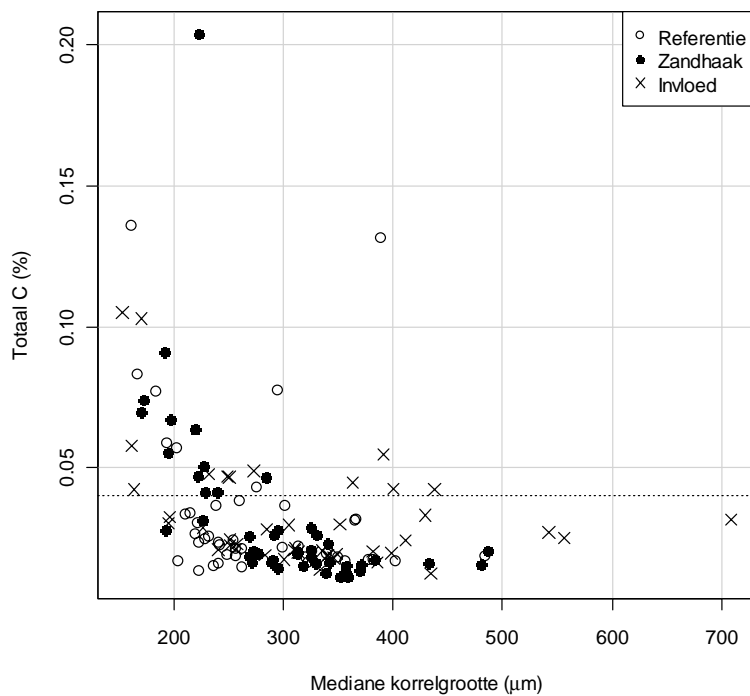


*Figuur 11 Mediane korrelgrootte als functie van de hoogteligging (cm t.o.v. NAP). Referentie zijn de raaien 1 tot en met 4, Zandhaak zijn de raaien 5 tot en met 8 en Invloed zijn de raaien 9 tot en met 12.*

De fracties zeer fijn zand (65 tot 125 µm) nemen toe met de waterdiepte (Figuur 12). Vrijwel alleen in het sublitoraal (dieper dan -4 meter NAP) wordt er zeer fijn zand gevonden. De gebieden Referentie en Zandhaak lijken sterk op elkaar. In het invloedgebied is de fractie zeer fijn zand relatief hoog in de diepte range tussen -4 meter NAP en -8 meter NAP. Op grotere dieptes (dieper dan -10m NAP) neemt de fractie zeer fijn zand weer af en wordt het sediment weer grover. Dit komt overeen met het patroon dat is gevonden voor de mediane korrelgrootte (Figuur 11).



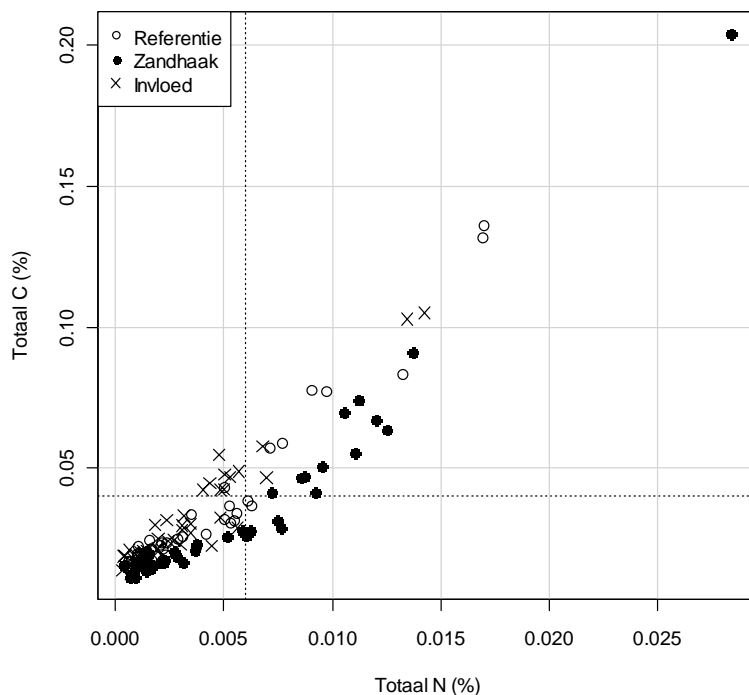
Figuur 12 Fractie zeer fijn zand (%) als functie van de hoogteligging (cm t.o.v. NAP). Referentie zijn de locaties op raaien 1 tot en met 4. Zandhaak zijn de raaien 5 tot en met 8 en Invoed zijn de raaien 9 tot en met 12.



Figuur 13 Relatie tussen totaal organisch koolstof (%) en de mediane korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ) van het sediment voor de verschillende gebieden. De detectielimiet voor de bepaling van totaal organisch koolstof is 0,04 %.

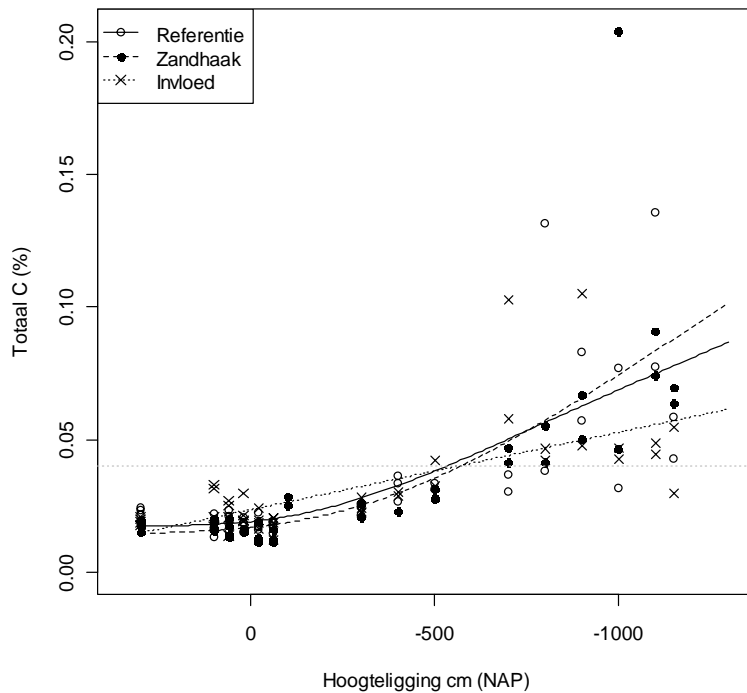
De concentratie organisch koolstof (en ook organisch stikstof) is over het algemeen sterk gecorreleerd aan de mediane korrelgrootte (Mayer 1993)(Figuur 13). Hoe grover het zand, hoe lager het gehalte organisch koolstof. Doordat het sediment in het onderzoeksgebied relatief grof is zijn de concentraties organisch koolstof en organisch stikstof in het sediment zeer laag en liggen in de buurt van de detectielimiet (0,04% voor totaal C en 0,006% voor totaal N). Beneden de detectielimiet zijn de resultaten minder betrouwbaar maar kunnen nog wel een indicatie geven.

Het gehalte aan totaal C varieert tussen 0,011 en 0,20 %. De gemiddelde waarde is  $0,033 \pm 0,027$  %. Totaal N varieert tussen de 0,0003 en 0,028%. De gemiddelde waarde is  $0,004 \pm 0,004$ %. Er is een duidelijke relatie tussen het gehalte totaal C en totaal N in het sediment (Figuur 14). Omdat de concentraties op het strand en in het ondiepe sublitoraal veelal beneden de detectielimiet liggen zijn er geen C/N ratios berekend.

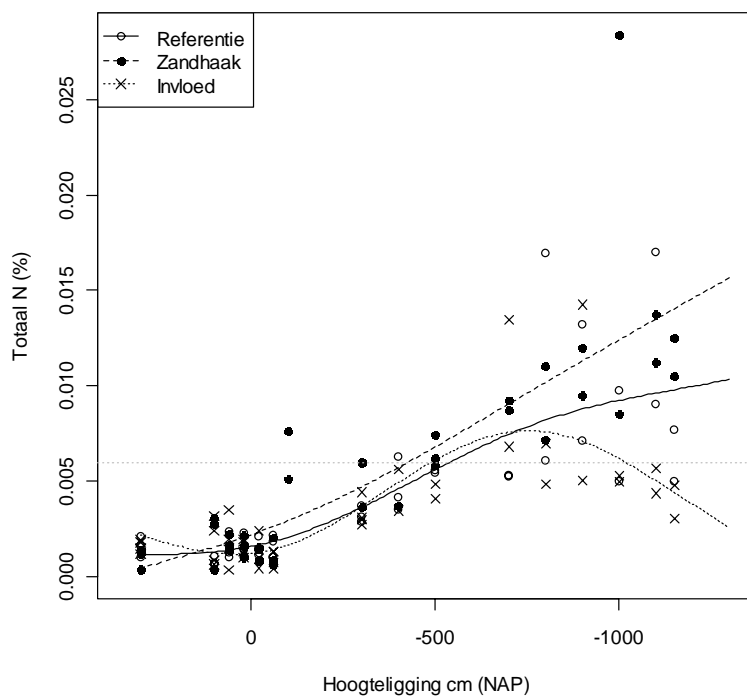


*Figuur 14 Relatie tussen totaal organisch koolstof (%) en het totaal stikstof (%) in het sediment voor de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). De detectielimiet voor de bepaling van totaal organisch koolstof en stikstof is respectievelijk 0,04 % en 0,006%.*

De gehalten totaal C en totaal N in de bodem nemen over het algemeen toe met de diepte (Figuur 15 en Figuur 16). Er zijn relatief hoge waarden gevonden in het Zandhaak gebied op een diepte van -10 meter NAP. Er zijn geen significante verschillen tussen de verschillende GAM modellen voor het organisch C. Dit betekent dat er geen significant verschil is aangetoond in organisch C tussen de verschillende gebieden. Er is wel een significant verschil tussen model 1 en model 2 voor totaal N. Het lijkt erop dat de concentraties organisch N in het invloedgebied iets lager zijn in het gebied dieper dan -10 meter NAP. Dit heeft waarschijnlijk zijn oorzaak in het feit dat het sediment relatief grof is en daarmee een relatief lage organische fractie bevat.



Figuur 15 Totaal organisch koolstof in het sediment (%) als functie van de hoogteligging (cm t.ov. NAP) voor de het referentiegebied (raai 1 t/m 4), Zandhaak (raai 5 t/m 8) en het invloedgebied (raai 9 t/m/ 12). De lijnen zijn het resultaat van de GAM. De detectielimiet voor de bepaling van totaal organisch koolstof is 0,04 %.



Figuur 16 Totaal organisch stikstof in het sediment (%) als functie van de hoogteligging (cm t.ov. NAP) voor het referentiegebied (raai 1 t/m 4), Zandhaak (raai 5 t/m 8) en het invloedgebied (raai 9 t/m/ 12). De lijnen zijn het resultaat van de GAM. De detectielimiet voor de bepaling van totaal N is 0,006 %.

## 4.2 Bodemdieren schaaf

In de bijlage D wordt een overzicht gegeven van de dichtheden (aantal m<sup>-2</sup>) van de aangetroffen soorten per monster. In totaal zijn er 23 soorten aangetroffen in de 114 bemonsterde locaties. Maximale dichtheid aan soorten is aangetroffen op locatie 66, met een dichtheid van 125 mesheften per m<sup>2</sup>. *Ensis directus* is ook de meest dominante soort in de schaafmonsters, in termen van zowel aantallen als biomassa's. De gemiddelde dichtheid van *Ensis directus* is 17 exemplaren per m<sup>2</sup>. Naast *Ensis* zijn ook de breedpootkrab en de kleine heremietkreeft met een gemiddelde dichtheid van respectievelijk 0,52 en 0,32 exemplaren per m<sup>2</sup> abundant aanwezig. Een aantal soorten, Kleine slangster, Gewone slangster, Mossel, Nagelkrab, Rechtsgestreepte platschelp en Venusschelp zijn slechts op één locatie aangetroffen.

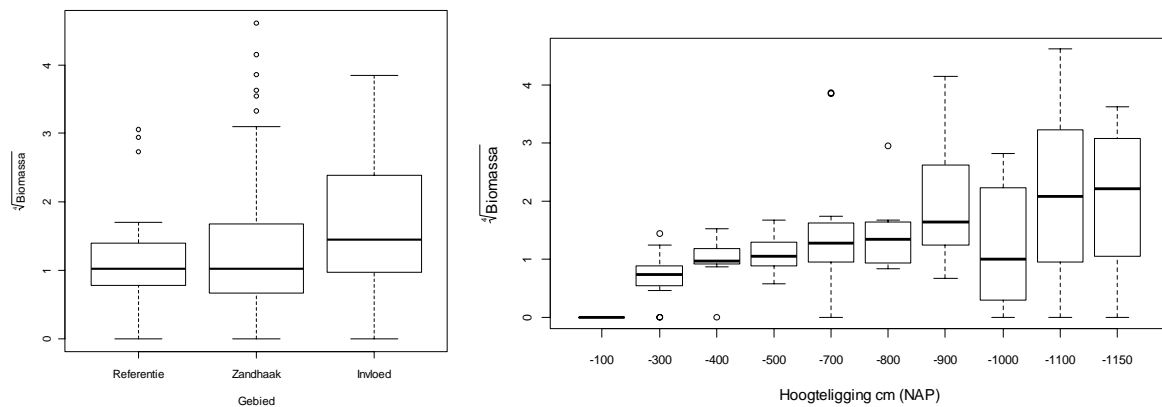
De Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) is verreweg de soort met de hoogste biomassa per m<sup>2</sup>. De geschatte gemiddelde biomassa van de mesheften (27 g m<sup>-2</sup>) is een onderschatting omdat van een deel van de mesheften slechts de topjes (siphonen) zijn bemonsterd met de schaaf. Overige soorten die een belangrijk aandeel aan de biomassa leveren zijn krabben (breedpootkrab en de strandkrab) en de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*).

Tabel 3 Gemiddelde biomassa (g versgewicht m<sup>-2</sup>) macrobenthos in de bodemschaaf. Biomassa van heremietkreeften en otterschelpen zijn niet meegenomen in deze tabel.

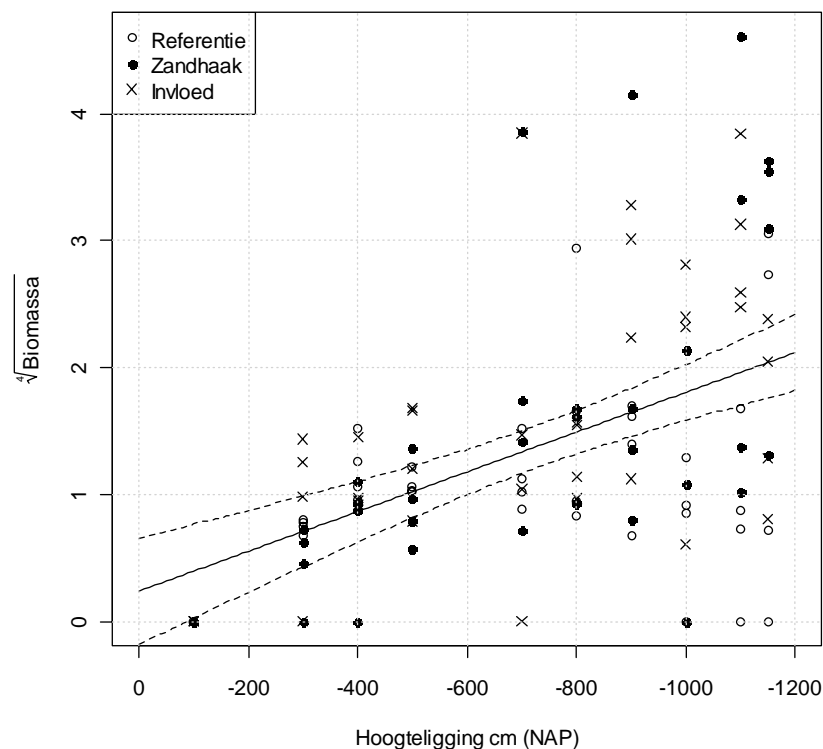
Soort	Biomassa (g m <sup>-2</sup> )
Amerikaanse zwaardschede	26,9
Breedpootkrab	0,39
Halfgeknotte strandschelp	0,24
Strandkrab	0,24
Zee-anemonen	0,087
Stevige strandschelp	0,07
Witte dunschaal	0,058
Grof geribde fuikhoren	0,055
Gewone zwemkrab	0,024
Glanzende tepelhoren	0,011
Gewone slangster	0,0076
Zaagje	0,0073
Helmkrab	0,0053
Slangsterren	0,0050
Gewimperde zwemkrab	0,0045
Mossel	0,0034
Venusschelp	0,0034
Nagelkrab	0,0006
Rechtsgestreepte platschelp	0,0004
Kleine slangster	0,0002

De totale biomassa van de bodemdieren varieert van 0 tot 452 gram versgewicht per m<sup>2</sup>. De biomassa wordt voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van *Ensis*. Er is geen duidelijk verschil in biomassa tussen de verschillende gebieden (Figuur 17). Wel lijkt er een relatie te zijn met de diepteligging. In Figuur 18 is dit verband duidelijk te zien. De hoogste biomassa's zijn te vinden op een diepte van dieper

dan -8 m NAP. Ook neemt de spreiding in de gegevens toe. Uit de figuur lijkt het erop dat in het referentiegebied de biomassa in het diepe gebied iets lager is dan in de overige gebieden.



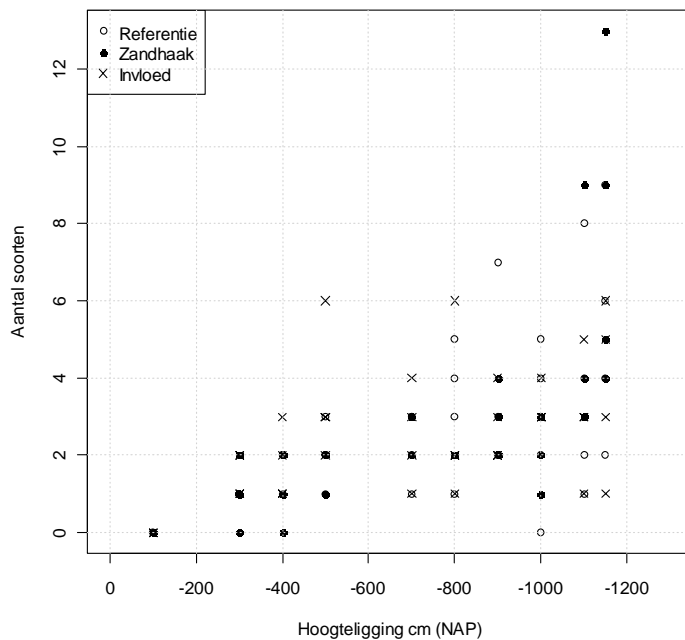
Figuur 17 Boxplots van de totale biomassa per station van de bodemdieren uit de schaaftbemonstering (g versgewicht per  $\text{m}^2$ , vierdemachtswortel getransformeerd). In de linker figuur zijn de stations gegroepeerd per gebied (1: Referentie, 2: Zandhaak, 3: Invloed) en in de rechterfiguur per diepteklasse.



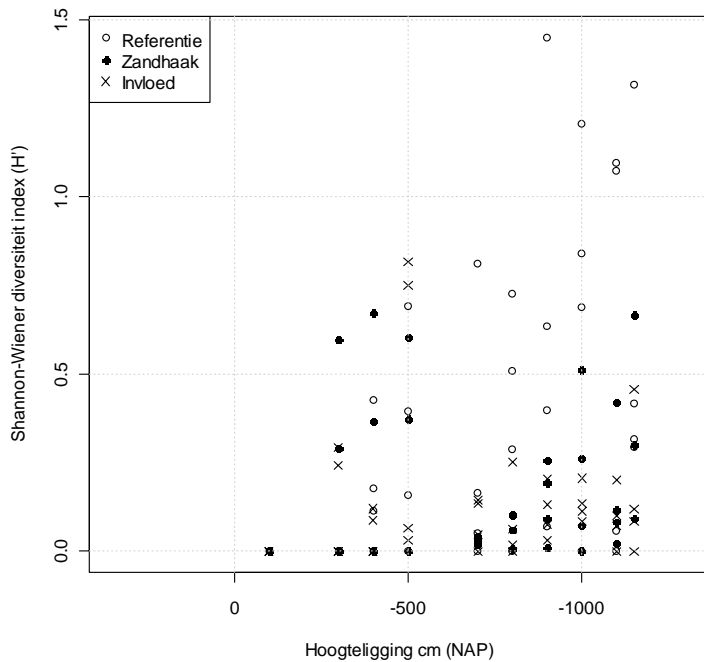
Figuur 18 Biomassa van de bodemdieren uit de schaaftbemonstering (g versgewicht per  $\text{m}^2$ , vierdemachtswortel getransformeerd) als functie van de hoogteligging. De doorgetrokken lijn is het resultaat van het GAM model met de 95% betrouwbaarheidsgrenzen (gestippelde lijnen)

Het gemiddeld aantal soorten per monster is 2,7 (stdev = 2,12). Het hoogste aantal soorten is aangetroffen op locatie 70 (13 soorten). Op locaties 28, 31, 41, 51, 61, 62, 63, 81, 91 zijn helemaal geen levende soorten aangetroffen. De gemiddelde Shannon-Wiener diversiteits index  $H' = 0,23$  (stdev 0,31) en de gemiddelde waarde voor de Pielou evenness index is 0,283 (stdev = 0,27). De hoogste waarde voor de Shannon-Wiener diversiteitsindex is berekend voor locatie 7 ( $H' = 1,45$ ). De hoogste waarde voor de Pielou evenness index is berekend voor locatie 38 (0,996).

Het aantal soorten per monster neemt toe met de diepte (Figuur 19). In de monsters die verzameld zijn op een diepte van -1 m NAP zijn geen soorten aangetroffen. Er is geen duidelijk verschil tussen de verschillende gebieden. Ook de maximale waarden van de Shannon-Wiener diversiteitsindex neemt toe met de waterdiepte (Figuur 20). De diepere locaties in het referentiegebied hebben een hogere  $H'$  dan de Zandhaak en het invloedgebied op vergelijkbare diepte.



Figuur 19 Aantal soorten per monster in de schaaftbemonstering als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden.

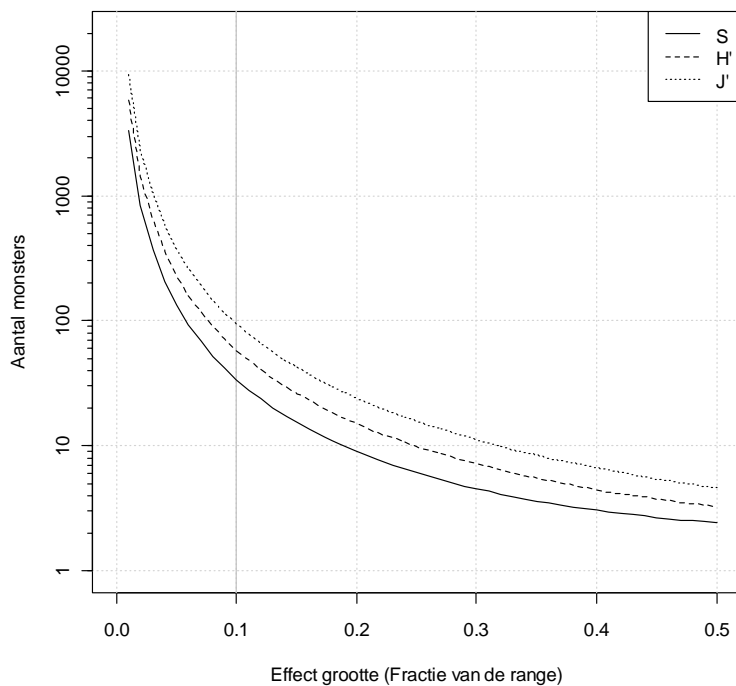


Figuur 20 Shannon-Wiener diversiteitsindex ( $H'$ ) van de schaafbemonstering als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden.

#### 4.2.1 Power analyse

Voor het totaal aantal soorten ( $S$ ), de Shannon-Wiener index ( $H'$ ) en de Pielou evenness index ( $J'$ ) is het totaal aantal benodigde monsters uitgezet als functie van de effect grootte (Figuur 21). De effectgrootte geeft het verschil aan (uitgedrukt in fractie van de totale range) die minimaal moet kunnen worden aangetoond. Het bereik van de waarden (verschil tussen de minimale en de maximale waarde) is voor het aantal soorten 13, voor de Shannon-Wiener index 1,45 en voor de Pielou index 0,984. De curves zijn gebaseerd op een power van 0,8 en een  $\alpha$  van 0,05. Uit de figuur is af te lezen dat in het geval van het aantal soorten ( $S$ ) er 34 monsters nodig zijn voor een bij een effect grootte van 0,1. Dit wil zeggen dat met minimaal 34 monsters een verschil van 1,3 soorten (10% van de range van de waarden) significant kan worden aangetoond tussen twee verschillende populaties middels een T-toets met een kans op een Type I fout van 0,05 en de kans op een Type II fout van 0,2 (Power van 0,8). Voor de Shannon-Wiener diversiteits index zijn er minimaal 43 monsters nodig om een verschil van 10% van de range in waarden te kunnen aantonen middels een t-test en voor de Pielou evenness zijn er 94 monsters nodig.





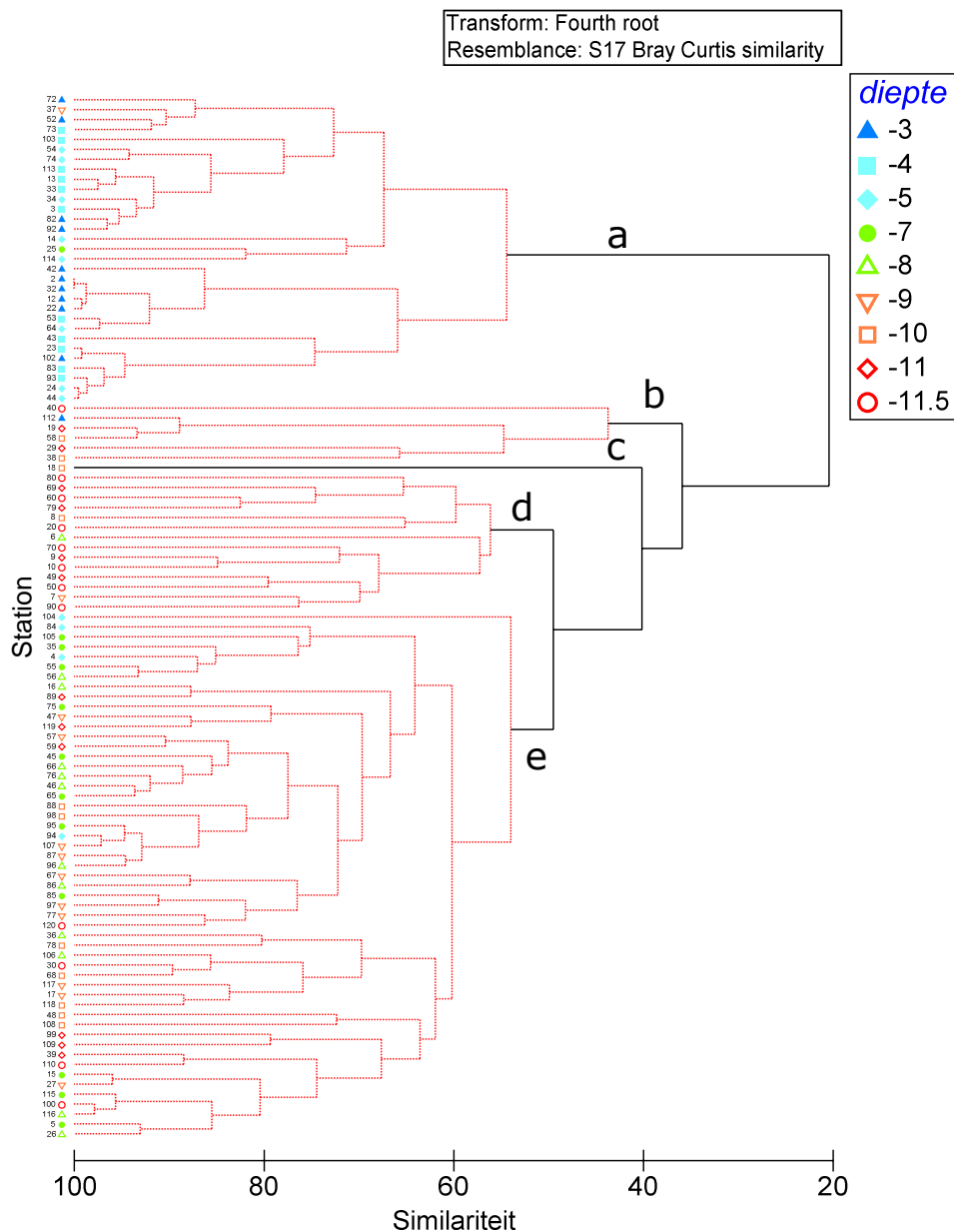
Figuur 21 Minimum benodigd aantal monsters voor de schaafbemonstering (y-as) als functie van de effect grootte (x-as) voor het totaal aantal soorten (S), de Shannon-Wiener diversiteitsindex (H') en de Pielou evenness index (J') .

#### 4.2.2 Cluster analyse

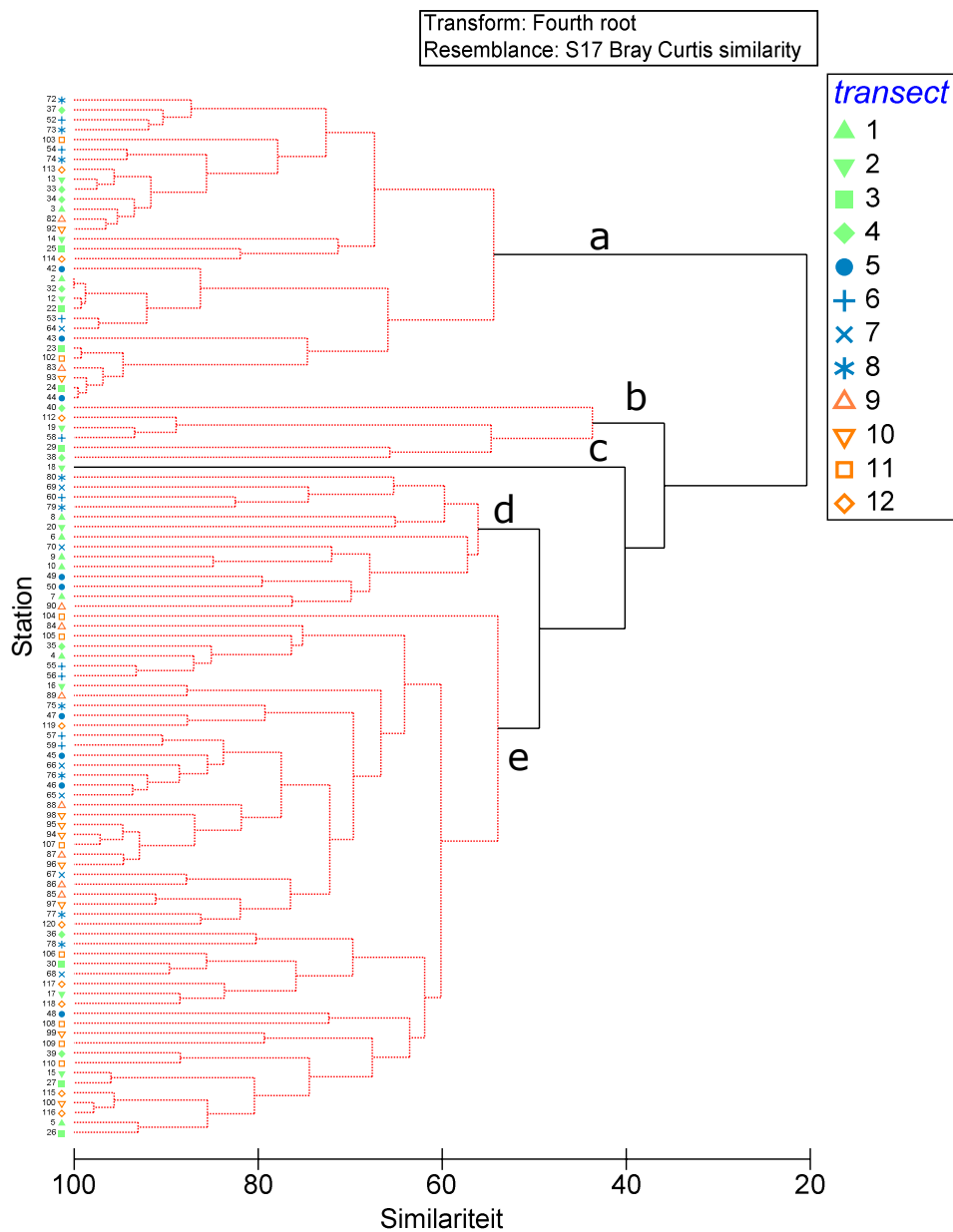
In totaal worden er 5 significante clusters onderscheiden (a tot en met e, Figuur 22 en Figuur 23). De ordinatiediagrammen zijn weergegeven in Figuur 24 tot en met Figuur 26. Cluster a bestaat voornamelijk uit de ondiepe stations. De stations zijn gekenmerkt door het beperkt aantal soorten en een dominante aanwezigheid van de breedpootkrab die in de dieper gelegen stations niet voorkomt. Ensis is vrijwel afwezig op de stations van cluster a. Cluster b is een klein cluster bestaande uit 6 stations. Ook dit cluster kenmerkt zich ten opzichte van de overige clusters door de lage dichtheden van Ensis. Cluster c bestaat uit één enkel station (18) en kenmerkt zich door de aanwezigheid van de grof geribde fuikhoren en gewone zwemkrab en de afwezigheid van halfgeknotte strandschelp en glanzende tepelhoren. De clusters d en e worden gekenmerkt door de aanwezigheid van mesheften. Mesheften zijn afwezig of in zeer lage dichtheden in de clusters a, b en c. Cluster e onderscheidt zich van cluster d door de hogere dichtheden aan *Abra alba* en kleine heremietkreeften. Clusters b, c en d bevatten voornamelijk de diepere stations, waarbij cluster d is gekenmerkt door de aanwezigheid van veel soorten terwijl in clusters b en c relatief soortenarm zijn. Cluster e bevat de meeste stations die op meer dan -5 meter diepte bevinden. De stations zijn gekenmerkt door de aanwezigheid van mesheften, *Abra alba* en kleine heremietkreeften maar zijn verder relatief soortenarm.

Naast de 5 clusters die zijn geïdentificeerd op basis van de aangetroffen soorten kan er ook nog een extra cluster worden gedefinieerd van de stations waar geen bodemdieren zijn aangetroffen (locaties 28, 31, 41, 51, 61, 62, 63, 81 en 91). Op locatie 28 na zijn dit allen locaties in de ondiepe zone (ondieper dan 4 meter beneden NAP). De locaties hebben overeenkomsten met de andere locaties in de ondiepe zone (cluster a) die ook weinig soorten bevatten. De locaties waar geen organismen zijn aangetroffen zijn verdeeld over de drie gebieden. Echter slechts een locatie (91) waar niets is aangetroffen in het invloedgebied. Locatie 28 is wel een diepe locatie (10 meter beneden NAP) in het referentiegebied.

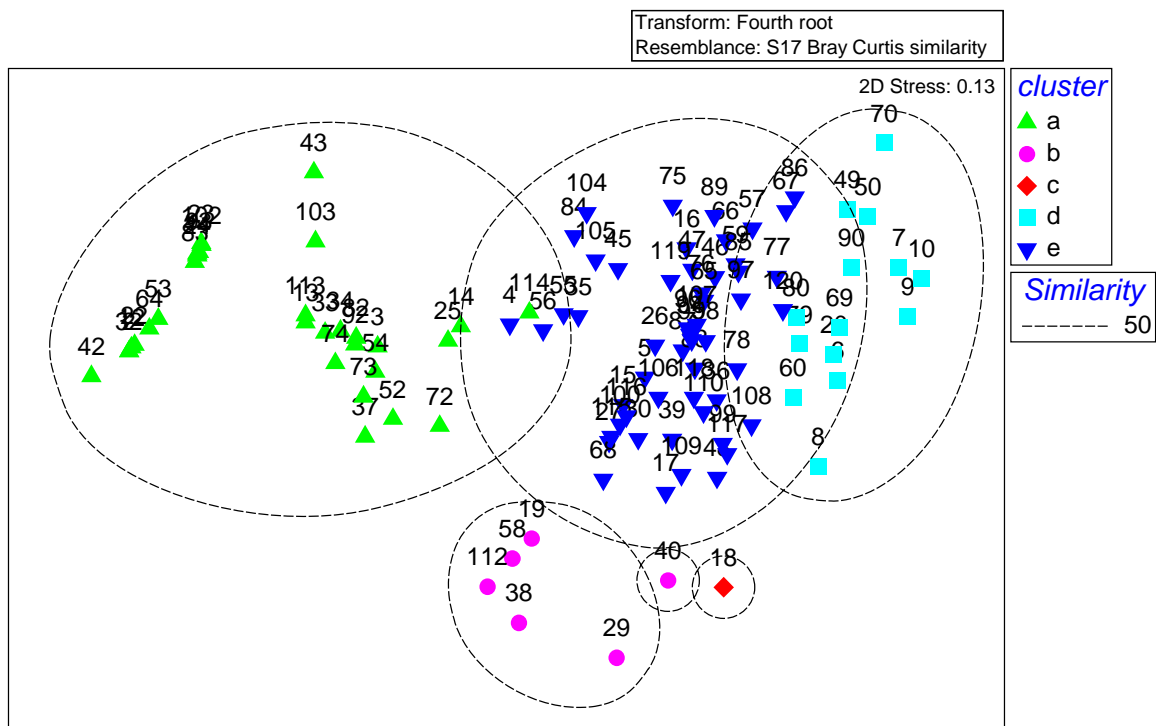
Uit de figuren blijkt dat er een duidelijke relatie tussen de verschillende clusters en de diepteklassen (Figuur 22 en Figuur 25). Dit betekent dat de bodemdiergemeenschap verschillend is op de verschillende diepteklassen. Uit de andere figuren blijkt dat er geen relatie is tussen de verschillende clusters en de transecten (Figuur 23 en Figuur 26). Hieruit kan worden geconcludeerd dat er geen verschil is in bodemdiergemeenschap tussen de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed).



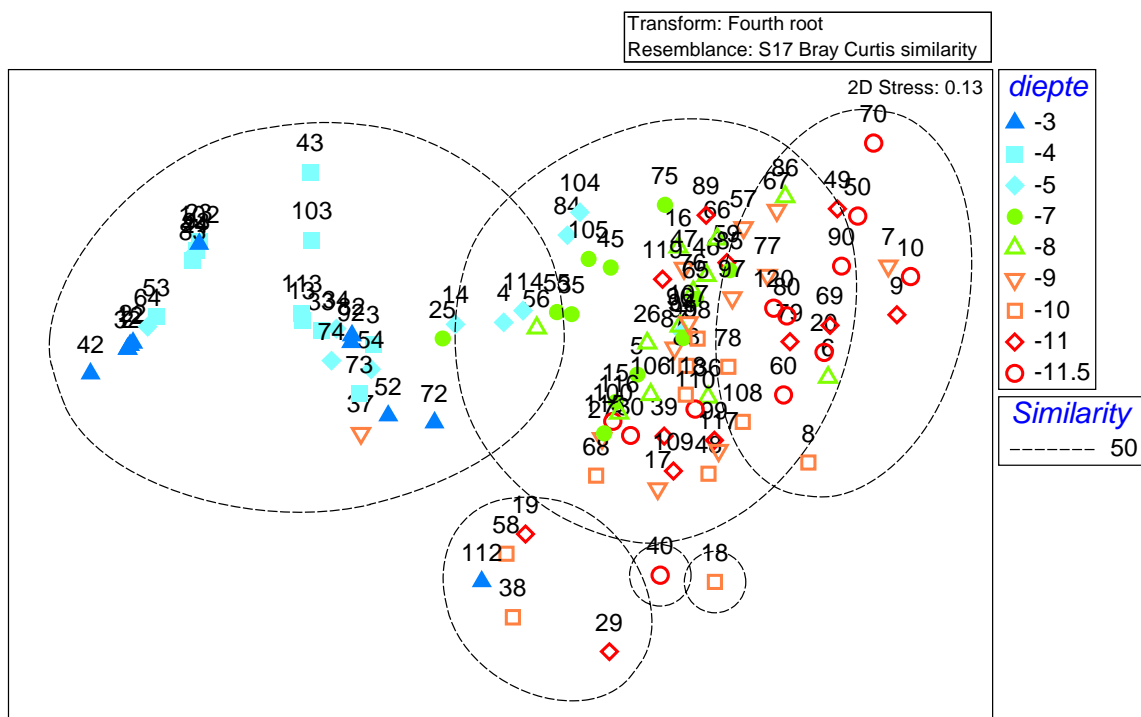
Figuur 22 Dendrogram van de clusteranalyse (group average method) op basis van de gemiddelde dichtheid (vierdemachtswortel getransformeerd) van de schaafebemonstering. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (a tot en met e). De splitsingen in het rood zijn niet meer significant ( $\alpha = 0,05$ ). De labels geven de diepte klassen (meter beneden NAP) weer.



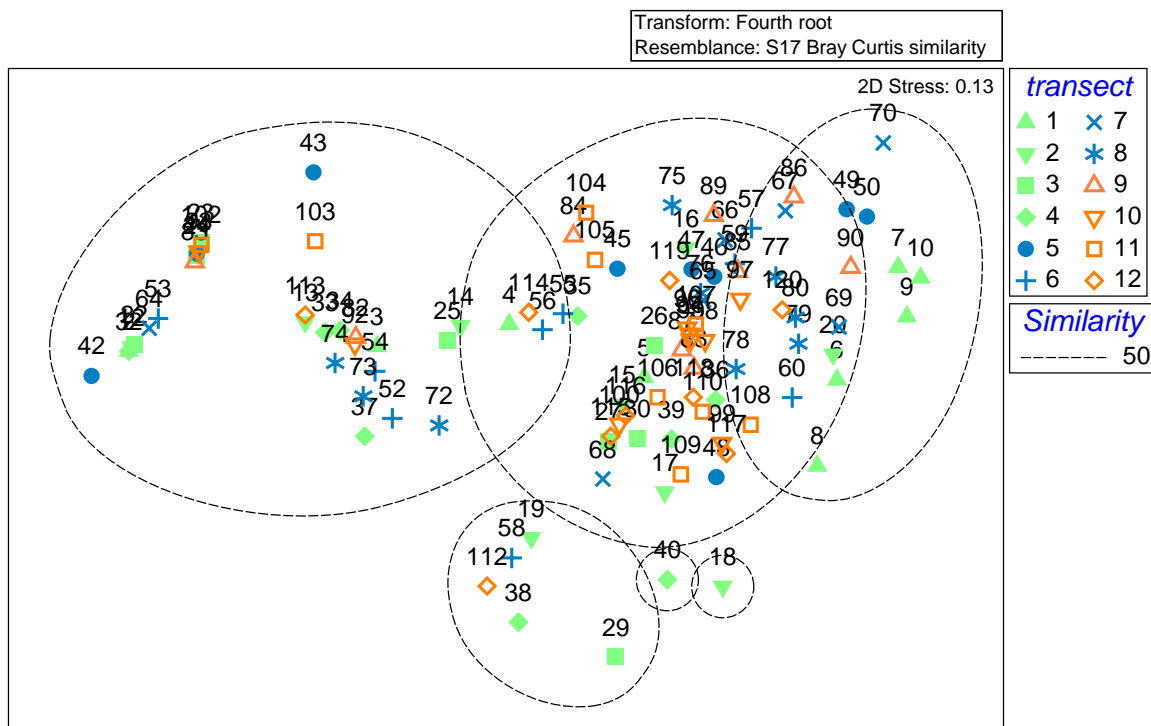
Figuur 23 Dendrogram van de clusteranalyse (group average method) op basis van de gemiddelde dichtheid (vierdemachtswortel getransformeerd) van de schaafebemonstering. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (a tot en met e). De splitsingen in het rood zijn niet meer significant ( $\alpha = 0,05$ ). De labels geven de verschillende transecten weer (transect 1-4: Referentie, transect 5-8: Zandhaak en transect 9-12: Invloed).



Figuur 24 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) van de schaafebemonstering. De markers geven de verschillende clusters van de clusteranalyse weer.



Figuur 25 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) van de schaafebemonstering. De markers geven de verschillende diepteklassen van de clusteranalyse weer.



Figuur 26 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) van de schaafebemonstering. De markers geven de verschillende transecten van de clusteranalyse weer (transect 1-4: Referentie, transect 5-8: Zandhaak en transect 9-12: Invloed).

## 4.3 Bodemdieren Van Veen bemonstering

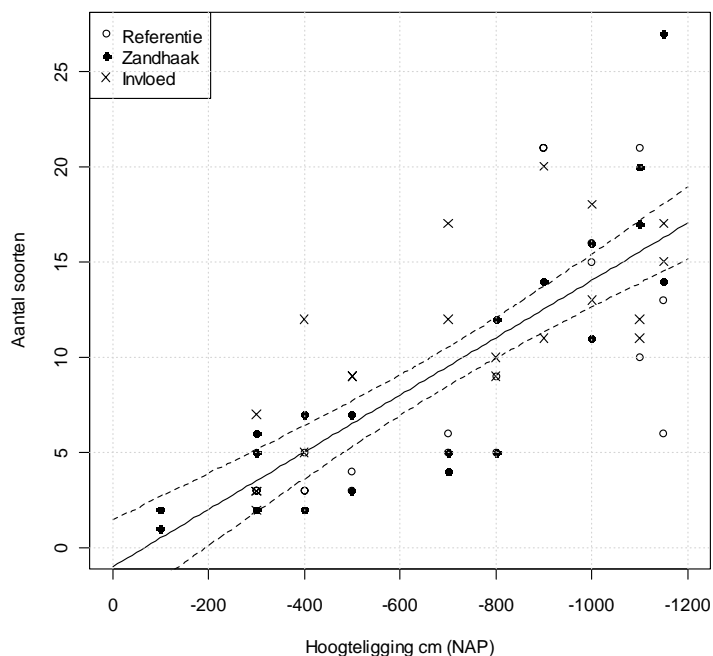
### 4.3.1 Gegevens

In bijlage E wordt een overzicht gegeven van de dichtheden van de verschillende soorten in de Van Veen bemonstering. *Ensis directus* is ook in de Van Veen bemonstering verreweg de meest voorkomende soort. De soort is aangetroffen in 44 van de 61 geanalyseerde monsters (72 % van de monsters). Andere veelvoorkomende soorten waren de polychaeten *Magelona johnstoni*, *Capitella capitata*, *Spio martinensis*, *Microphthalmus similis*, *Magelona mirabilis*, *Spiophanes bombyx*, *Nephtys cirrosa*, *Phyllodoce mucosa* en *Scolecopsis squamata* (Tabel 4). In totaal zijn er een kleine 80 soorten in de monsters aangetroffen. Opmerkelijke soorten in de Van Veen monsters zijn *Grania postclitellochaeta*, *Malmgrenia darbouxi* en *Tharyx spec. A.* (zie Bijlage F).

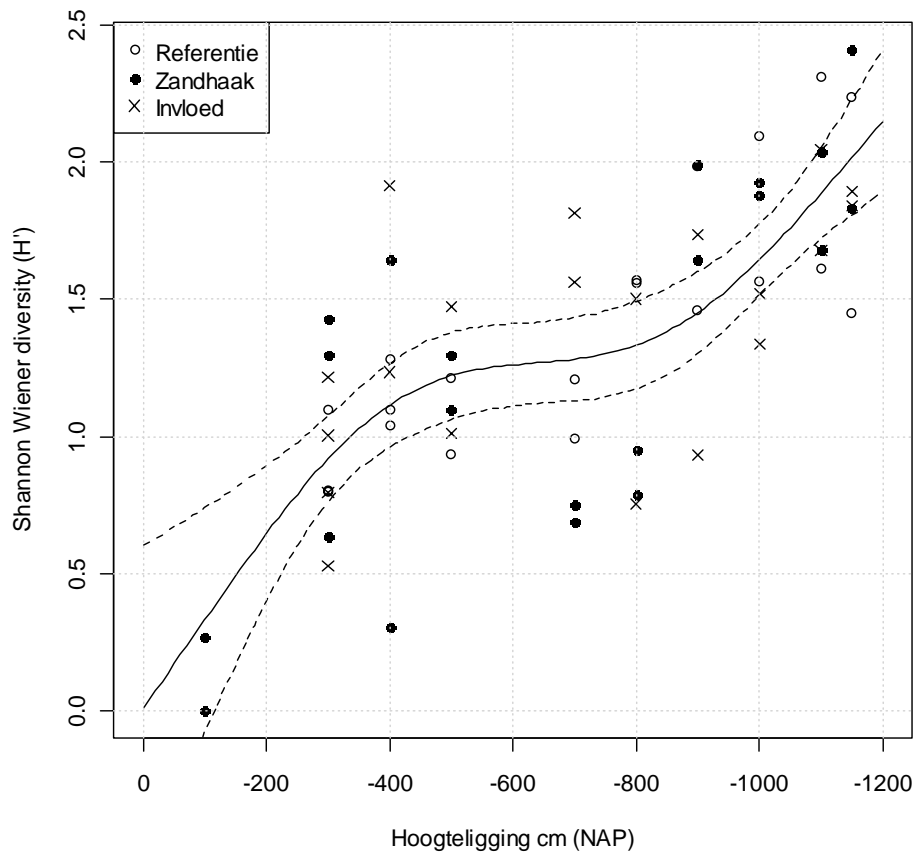
Tabel 4 Gemiddelde dichtheid van de 10 numeriek meest dominante soorten in de van Veen monsters

Species	Dichtheid (# m <sup>-2</sup> )
<i>Ensis directus</i>	367,13
<i>Magelona johnstoni</i>	165,41
<i>Capitella capitata</i>	49,84
<i>Spio martinensis</i>	43,61
<i>Microphthalmus similis</i>	39,02
<i>Spiophanes bombyx</i>	37,54
<i>Magelona mirabilis</i>	37,54
<i>Nephtys cirrosa</i>	33,77
<i>Phyllodoce mucosa</i>	27,38
<i>Scolelepis squamata</i>	22,30

Het aantal soorten per monster neemt vrijwel lineair toe met de diepte over het geanalyseerde interval (Figuur 27). De monsters die verzameld zijn met de Van Veen happer op een diepte van -1 m NAP zijn zeer soortenarm. Er is geen duidelijk verschil tussen de gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). Ook de Shannon-Wiener diversiteitsindex neemt toe met de waterdiepte (Figuur 28). Voor deze parameter is er een sterke toename met de diepte in de ondiepe zone en de diepe zone. In het tussenliggende gebied (tussen de -4 m NAP en -9 m NAP) is de Shannon-Wiener diversiteitindex relatief constant. Er is geen duidelijk verschil in diversiteit tussen de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). In tegenstelling tot de schaaftmonsters hebben de diepere locaties in het referentiegebied geen hogere  $H'$  dan de Zandhaak en het invloedgebied op vergelijkbare diepte. Voor beide diversiteitsindices is een GAM model opgesteld dat het verloop beschrijft als functie van de diepte.

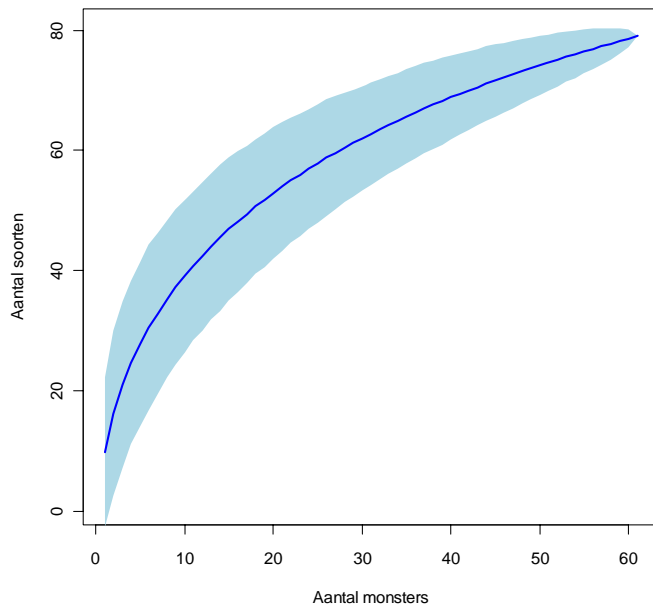


Figuur 27 Aantal soorten per monster in de Van Veen monsters als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden. De lijnen geven de regressielijn (doorgetrokken lijn) en het 95% interval (stippellijnen) van het GAM model.



Figuur 28 Shannon-Wiener index ( $H'$ ) per monster in de Van Veen monsters als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden. De lijnen geven de regressielijn (doorgetrokken lijn) en het 95% interval (stippellijnen) van het GAM model.

Om het totaal aantal soorten in het gebied te schatten is het aantal verwachte soorten uitgezet tegen het aantal monsters (Figuur 29). Uit de figuur is af te lezen dat er nog geen duidelijk maximum is opgetreden in het aantal soorten dat is aangetroffen in de monsters bij 60 monsters. Het maximaal aantal soorten is geschat middels extrapolatie. De resultaten van deze extrapolatie is weergegeven in Tabel 5. De schattingen van het totaal aantal soorten variëren van 90 tot 118 soorten.



*Figuur 29 Totaal aantal soorten als functie van het aantal monsters bepaald middels bootstrapping op de resultaten van de Van Veen bemonstering. In het lichtblauw zijn de 95% betrouwbaarheidsintervallen gegeven.*

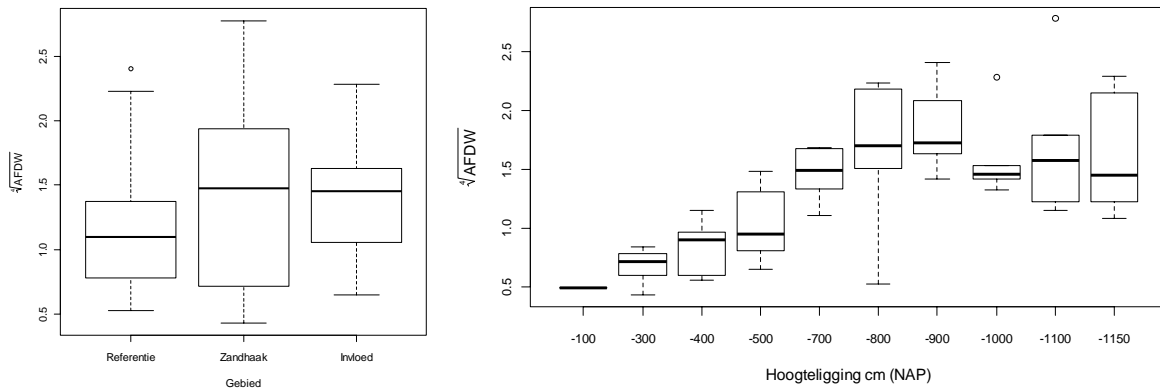
*Tabel 5 Geschatte totaal aantal soorten en standaardfout bepaald volgens verschillende extrapolatietechnieken*

Methode	Max aantal soorten	Standaard fout
Chao schatter	110,3	16,9
Jacknife schatter	103,6	6,3
Jacknife 2 schatter	118,3	-
Bootstrap schatter	90,0	3,9

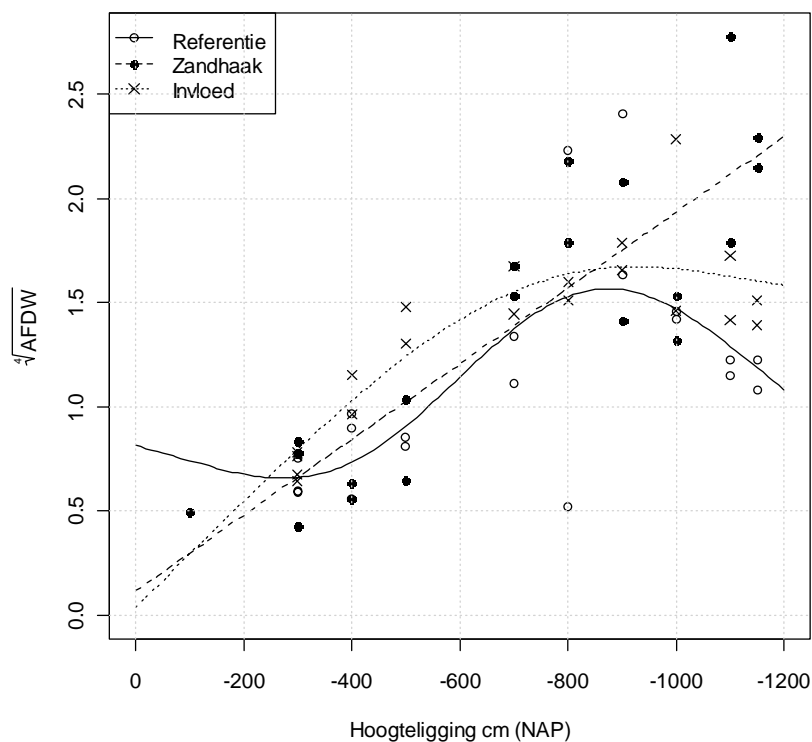
#### 4.3.2 Biomassa

De biomassa (g AFDW) varieert tussen de 0,03 g op locatie 62 en 59,56 g op locatie 49. Er is geen significant verschil in het AFDW tussen de drie verschillende gebieden Referentie, Zandmotor en Invloed. (Figuur 30). De biomassa neemt toe met de waterdiepte tot een diepte van -7 meter NAP. Daarna lijkt de biomassa niet meer verder toe te nemen. In Figuur 31 is te zien dat het verloop in totale biomassa over de diepte niet voor alle drie de gebieden gelijk verloopt. In het referentiegebied en het invloedgebied lijkt de biomassa zich te stabiliseren vanaf een diepte van -7 m NAP terwijl de biomassa in het Zandhaak gebied nog toeneemt en maximaal is op een diepte van meer dan -10 m NAP diepte.





**Figuur 30** Boxplots van de totale biomassa per station van de bodemdieren uit de Van Veenbemonstering (g versgewicht per  $m^2$ , vierdemachtswortel getransformeerd). In de linker figuur zijn de stations gegroepeerd per gebied (1: Referentie, 2: Zandhaak, 3: Invloed) en in de rechterfiguur per diepteklasse.



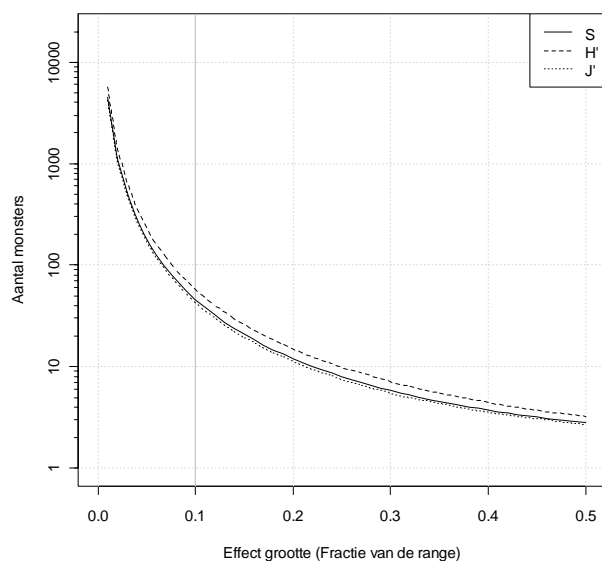
**Figuur 31** Biomassa van de bodemdieren uit de Van Veen bemonstering (g AFDW  $m^{-2}$ , vierdemachtswortel getransformeerd) als functie van de hoogteligging (cm NAP). De lijnen zijn het resultaat van de GAM modellen voor de verschillende gebieden.

#### 4.3.3 Power analyse

Voor de Poweranalyse is gebruik gemaakt van de relatie tussen de diversiteits indices in de waterdiepte. Hiertoe zijn de residuen bepaald tussen de observaties en het GAM model. De power analyse is uitgevoerd op de residuen. Voor het totaal aantal soorten ( $S$ ), de Shannon-Wiener index ( $H'$ ) en de

Pielou evenness index ( $J$ ) is het totaal aantal benodigde monsters uitgezet als functie van de effect grootte. De effect grootte geeft het verschil aan (uitgedrukt in fractie van de totale range van de residuen) die minimaal moet kunnen worden aangetoond. In Figuur 32 wordt het minimaal aantal benodigde monsters weergegeven als functie van de effectgrootte.

Het bereik van de waarden (verschil tussen de minimale en de maximale residue waarde) is voor het aantal soorten 21, voor de Shannon-Wiener index 1,61 en voor de Pielou index 0,75. De curves zijn gebaseerd op een power van 0,8 en een  $\alpha$  van 0,05. Uit de figuur is af te lezen dat bij een effectgrootte van 0,1 het aantal benodigde monsters 46 is voor het aantal monsters ( $S$ ). Voor de Shannon-Wiener diversiteits index zijn er minimaal 56 monsters nodig om een verschil van 10% van de range in waarden te kunnen aantonen middels een t-test en voor de Pielou evenness zijn er 43 monsters nodig.



Figuur 32 Minimum aantal monsters voor de van Veen bemonstering (y-as) als functie van de effectgrootte (x-as) voor het totaal aantal soorten ( $S$ ), de Shannon-Wiener diversiteitsindex ( $H'$ ) en de Pielou evenness index ( $J$ ).

#### 4.3.4 Cluster analyse

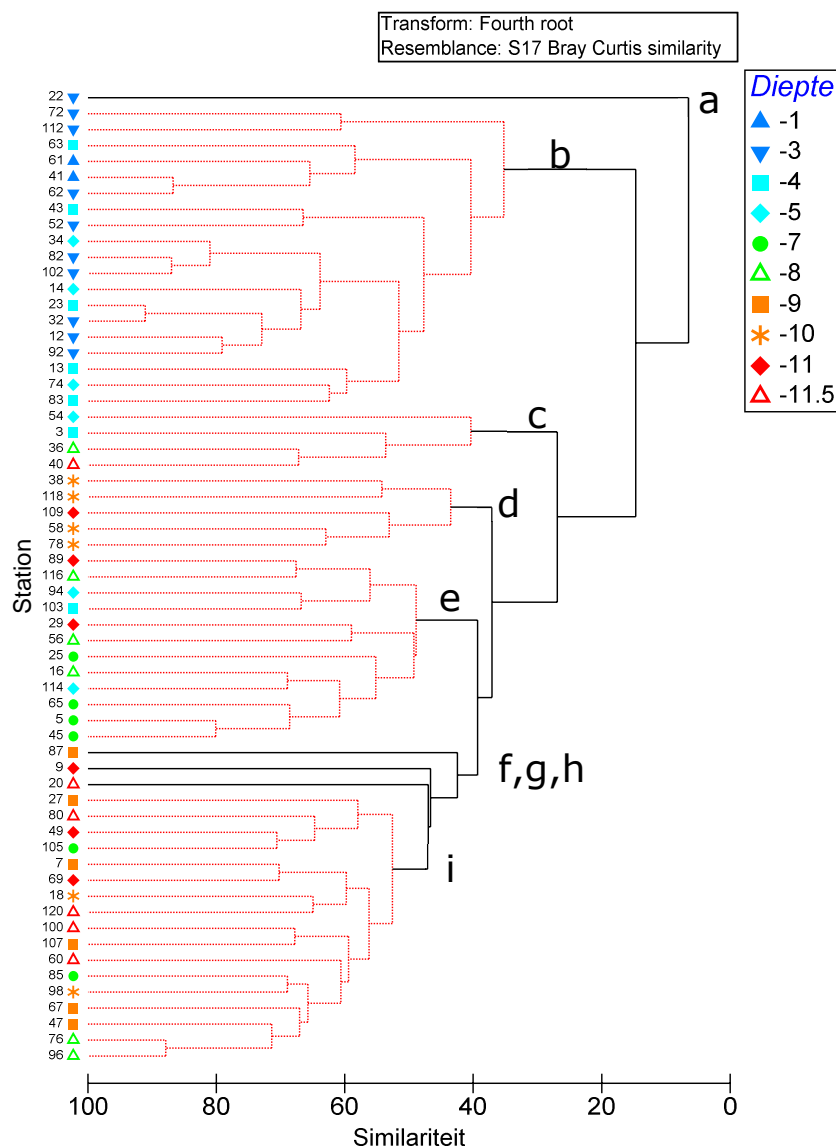
In totaal worden er 9 significante clusters onderscheiden (a tot en met i, Figuur 33 en Figuur 34). De ordinatiediagrammen zijn weergegeven in Figuur 35 tot en met Figuur 37. De clusters a, f, g en h bestaan allen uit één station, respectievelijk 22, 87, 9 en 20. Station 22 is soortenarm. Er komen slechts 3 soorten voor waaronder de relatief zeldzaam voorkomende soorten *Processa parva* en *Polydora* sp. Station 9 is uniek vanwege het voorkomen van de soorten *Heteromastus filiformis*, *Spio filicornis* en *Ampelisca brevicornis* welke op geen van de andere locaties is aangetroffen. Locatie 87 is gekenmerkt door de aanwezigheid van een flinke hoeveelheid *Macoma balthica* (100 individuen  $m^{-2}$ ), die niet op de overige stations zijn aangetroffen en ook vinden we hier relatief hoge dichtheden van *Spisula subtruncata* en *Ensis directus*.

Cluster b bestaat voornamelijk uit de ondiepe stations (Figuur 36). Deze stations zijn soortenarm en worden voornamelijk gekenmerkt door de aanwezigheid van de soorten *Scolelepis squamata* (borstelworm) en *Haustorius arenarius* (vlokkreeft). Dit zijn ook veelvoorkomende soorten in de strandmonsters. Ook *Paraonis fulgens* (borstelworm) is karakteristiek voor de stations van cluster b. Clusters c en e bevatten de stations van de ondiepe tot een diepte van ongeveer -8 m NAP maar ook

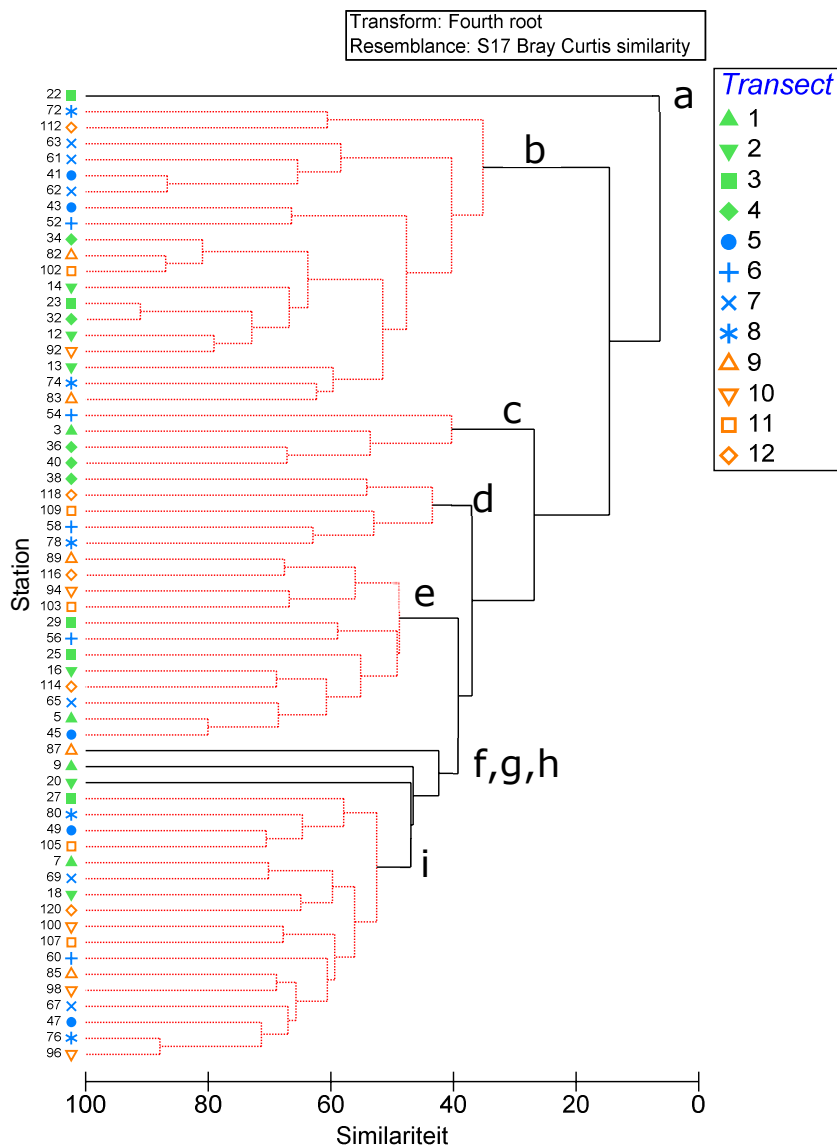
twee diepere stations 40 en 89. Deze clusters kenmerken zich door de afwezigheid van *Eteone longa* en de aanwezigheid van *Nephtys cirrosa*.

De clusters d en i zijn de relatief soortenrijke clusters van de diepere zones (dieper dan -8 m NAP). Cluster d onderscheidt zich van cluster i door de aanwezigheid van *Microphthalmus similis* en *Magelona mirabilis* terwijl *Spiophanes bombyx* voornamelijk voorkomt op binnen cluster i.

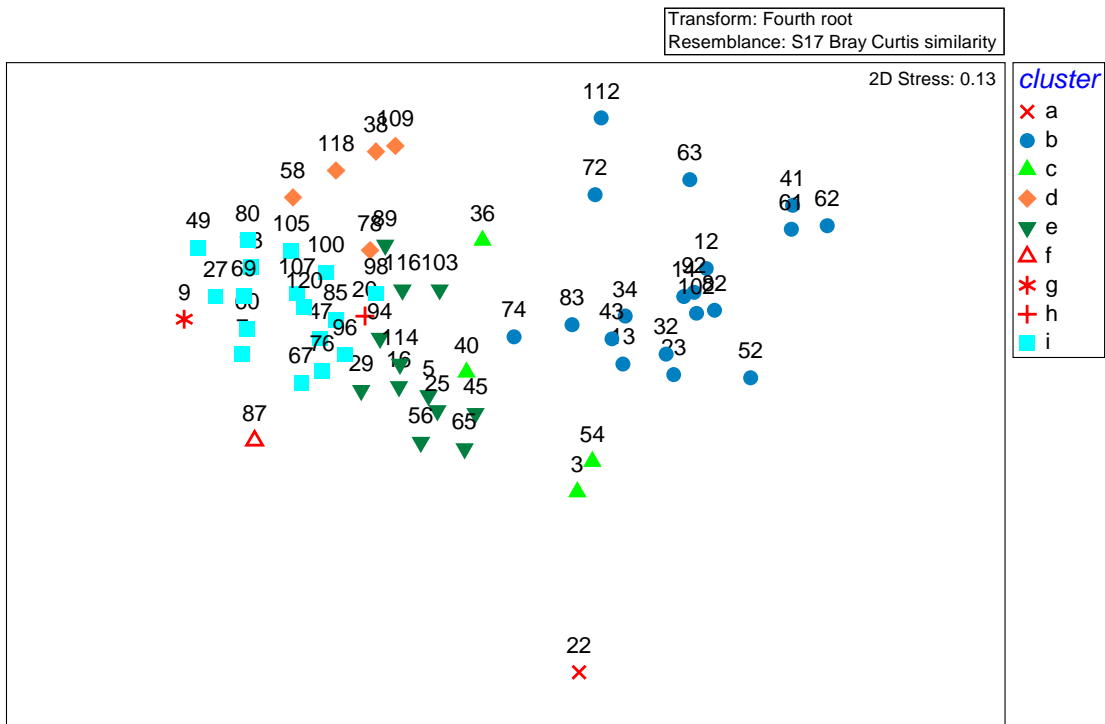
Er blijkt een sterke relatie van de diverse clusters met de diepte (Figuur 33 en Figuur 36). Dit komt overeen met de relatie die ook is gevonden voor de schaaftbemonsteringen en de diversiteitsindices. Er is geen duidelijke relatie tussen de clusters en de transecten. Dit is een aanwijzing dat de macrobenthosgemeenschap niet sterk verschilt tussen de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed).



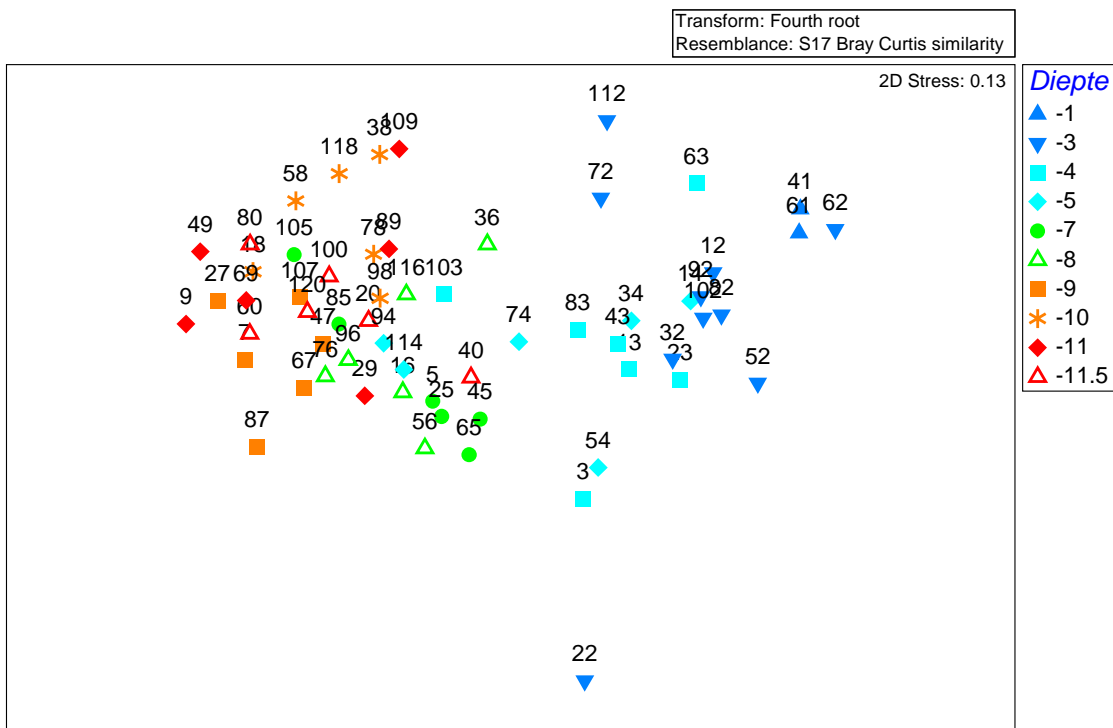
Figuur 33 Dendrogram van de clusteranalyse (group average method) op basis van de gemiddelde dichtheid (vierdemachtswortel getransformeerd) uit de Van Veen bemonstering. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (a tot en met i). De splitsingen in het rood zijn niet meer significant. De labels geven de dieptes weer.



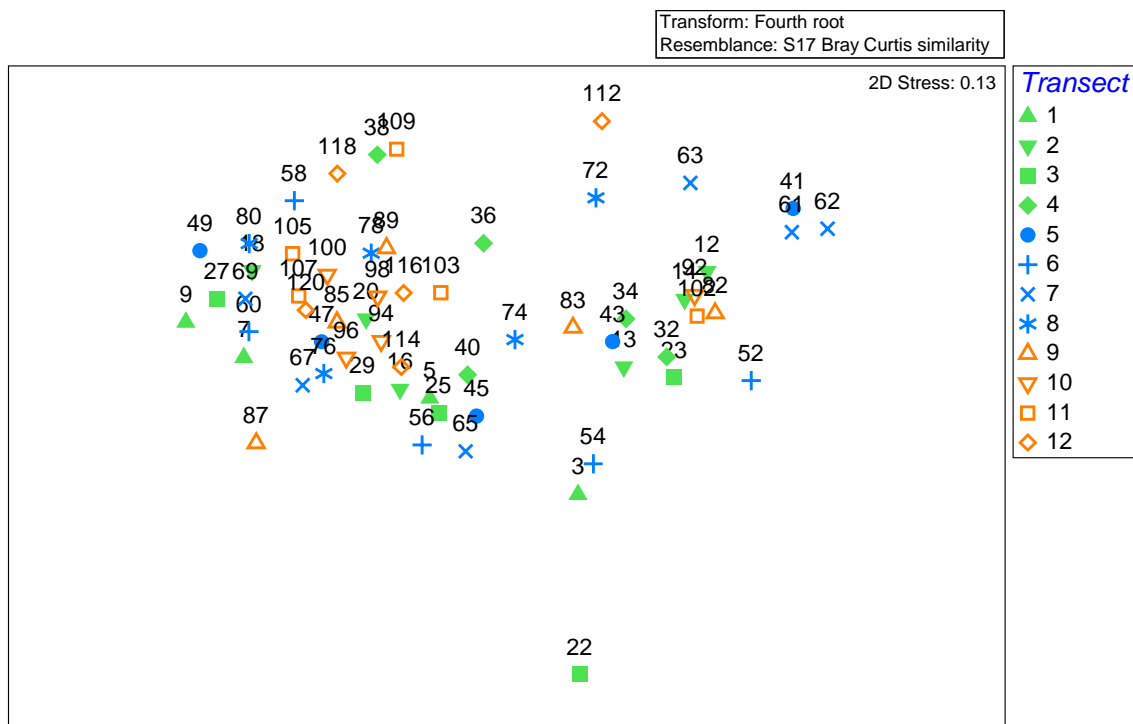
Figuur 34 Dendrogram van de clusteranalyse (group average method) op basis van de gemiddelde dichtheid (vierdemachtswortel getransformeerd) uit de van Veen bemonstering. De zwarte lijnen geven de significante clusters weer (a tot en met i). De splitsingen in het rood zijn niet meer significant. De labels geven de transecten weer (transect 1-4: Referentie, transect 5-8: Zandhaak en transect 9-12: Invloed).



Figuur 35 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) uit de Van Veen bemonstering. De markers geven de verschillende clusters weer.



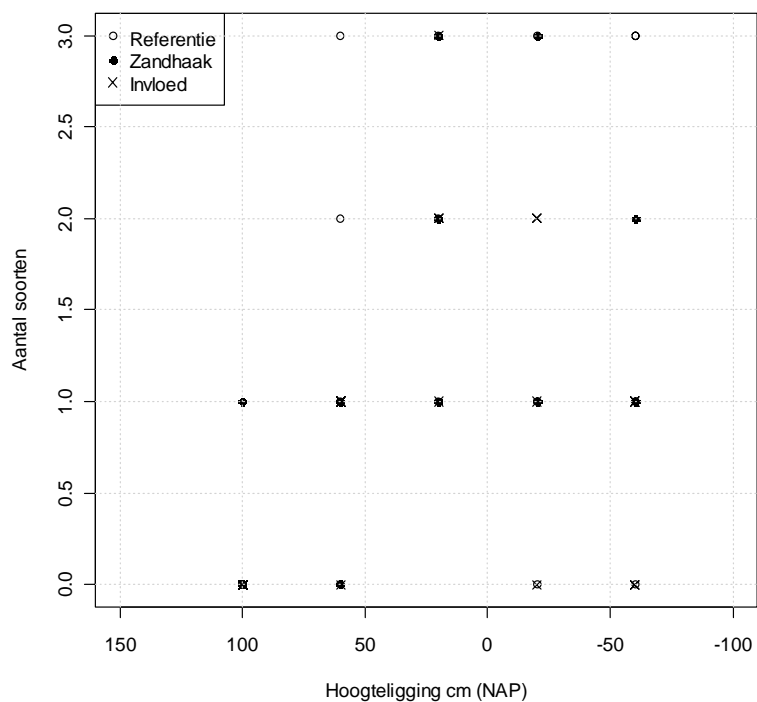
Figuur 36 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) uit de Van Veen bemonstering. De markers geven de verschillende diepteklassen van de clusteranalyse weer.



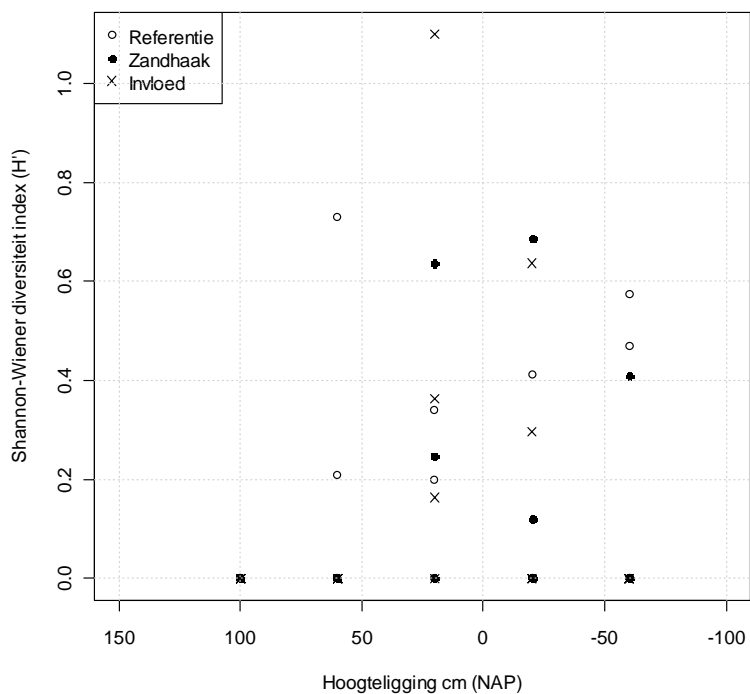
Figuur 37 NMDS-ordinatiediagram op basis van de gemiddelde dichtheid van elke soort per monster (vierdemachtswortel getransformeerd) uit de van Veen bemonstering. De markers geven de verschillende transecten van de clusteranalyse weer (transect 1-4: Referentie, transect 5-8: Zandhaak en transect 9-12: Invloed).

#### 4.4 Bodemdieren natte strand

De diversiteit van de monsters van de strandbemonstering is in het algemeen zeer laag. In totaal zijn er slechts 9 soorten aangetroffen (Bijlage G). De meest algemene soorten in de strandmonsters zijn de borstelworm *Scolelepis squamata* en de vlokreeft *Haustorius arenarius*. Specifieke soorten die wel in de strandbemonstering zijn aangetroffen en niet in de ondiepe kustzone zijn de zeepissebed *Eurydice pulchra*, de vlokreeft *Pontocrates arcticus* en de mossel *Mytilus edulis* (één exemplaar aangetroffen). Deze laatste is waarschijnlijk aangespoeld op het strand. *Haustorius arenarius* komt weliswaar ook voor in de ondiepe kustzone, maar dan alleen op de meest ondiep gelegen stations (maximaal 3 meter beneden NAP). Er is geen duidelijke relatie van het aantal soorten met de hoogteligging (Figuur 38). Alleen hoog op het strand (1 meter boven NAP) komen aanzienlijk minder soorten voor (maximaal 1 soort) per monster maar meestal helemaal geen.



Figuur 38 Totaal aantal soorten ( $S$ ) van het macrobenthos op het natte strand als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden.

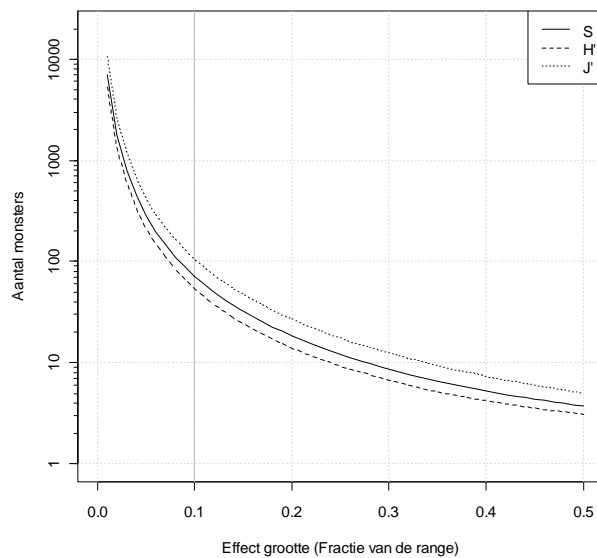


Figuur 39 Shannon-Wiener diversiteitsindex ( $H'$ ) van het macrobenthos op het natte strand als functie van de hoogteligging voor de verschillende gebieden.

De maximale waarde van de Shannon-Wiener diversiteits index neemt af met de droogvalduur (Figuur 39). Het is duidelijk dat de diversiteit van de bodemdiergemeenschap op het natte strand aanzienlijk

lager is dan de diversiteit in de ondiepe kustzone. Alleen de diversiteit in de ondiepe brandingszone (-1 m NAP) is vergelijkbaar met de diversiteit op het strand.

Op basis van de diversiteitsindices is ook een power analyse uitgevoerd op de gegevens van de strandbemonstering. Om een effectgrootte van 0,1 te bereiken zijn voor de Shannon-Wiener index 61 monsters nodig, voor de Pielou index 110 monsters en voor het totaal aantal soorten zijn 150 monsters nodig. Om een effect grootte van 0,2 te bereiken zijn respectievelijk 14, 17 en 27 monsters nodig. Het gemiddeld aantal soorten per monster is 1,1. Bij een effectgrootte van 0,2 kan een verschil van 0,22 soorten significant worden aangetoond.



*Figuur 40 Minimum aantal monsters (y-as) voor de strandbemonstering als functie van de effectgrootte (x-as) voor het totaal aantal soorten (S), de Shannon-Wiener diversiteitsindex (H') en de Pielou evenness index (J) .*



## 5 Conclusies en discussie

### 5.1 T<sub>0</sub> beschrijving sedimentsamenstelling en bodemdiergemeenschap

*Ensis directus* is de meest voorkomende soort, in de ondiepe kustzone van de Delflandse kust. De gemiddelde biomassa is meer dan 27 g versgewicht per m<sup>2</sup>. Er blijkt een duidelijke relatie te zijn tussen de bodemdierbiomassa en diversiteit enerzijds en de waterdiepte. De ondiepe gebieden in de brandingszone zijn relatief arm (lage biomassa en weinig diversiteit) en hebben een karakteristieke samenstelling die veel overeenkomsten heeft met de soorten van de het natte strand. Ook de breedpootkrab is een soort die specifiek in de brandingszone voorkomt. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de hoogdynamische condities in de brandingszone (Janssen & Mulder 2005). De gradiënt in dynamiek is ook terug te vinden in de korrelgrootteverdeling van de sedimenten. Met toenemende diepte neemt de mediane korrelgrootte af en neemt de fractie zeer fijn zand toe.

De macrobenthosmonsters die zijn genomen op het natte strand zijn doorgaans soortenarm en laag in biomassa. Er zijn slechts 9 soorten aangetroffen in de 60 monsters die zijn genomen. Dit komt overeen met het aantal soorten dat eerder is gevonden op de stranden van de Nederlandse kust (Janssen & Mulder 2005). Belangrijkste soorten die zijn gevonden zijn *Scololepis squamata* (gemshoornworm) die in 35 van de 60 monsters is aangetroffen en *Haustorius arenarius* (zandvlokreeft). Dit zijn ook de meest algemeen voorkomende soorten op de stranden (Janssen & Mulder 2005, Janssen & Rozemeijer 2009). De arme gemeenschap is waarschijnlijk het gevolg van de sterke dynamiek als gevolg van de golfwerking en de periodieke droogval. Er is doorgaans een afname in aantal soorten in de strandzone van de hoogwaterlijn naar de laagwaterlijn als gevolg van het watergehalte en de korrelgrootte samenstelling (Janssen & Mulder 2005).

### 5.2 Geschiktheid van het referentiegebied

Er is geen duidelijk verschil in bodemdier- en sedimentsamenstelling tussen de verschillende gebieden (Referentie, Zandhaak en Invloed). Alleen de sedimentsamenstelling op de diepe locaties (dieper dan 10 meter onder NAP) in het invloedgebied is duidelijk anders dan in het referentiegebied en de Zandhaak. Het sediment is hier grover en ook de fractie organisch materiaal is daarmee lager. Deze verschillen in sedimentsamenstelling zijn niet direct terug te vinden in de bodemdiersamenstelling. Zowel de biomassa van de bodemdieren als de diversiteit neemt toe met de waterdiepte. In het referentiegebied zijn de biomassa's van het benthos in de diepere zone (> -7 meter diepte) lager dan in de overige gebieden (Zandhaak en Invloedgebied).

### 5.3 Monitoringstrategie

Er is bij de bemonstering van de macrofauna gebruik gemaakt van monstertuig dat niet heel erg diep de bodem in dringt (schaaf: 10 cm, Van Veen: ±10 cm en strand: 13 cm). Hierdoor worden een aantal dieper voorkomende soorten niet kwantitatief bemonsterd. De meeste soorten zitten echter in de bovenste zone van de zeebodem. Het gebruik maken van alternatief monstertuig zoals een box-corer is risicovol in de dynamische, ondiepe brandingszone. Er is een relatief groot schip nodig om met een box-corer te kunnen bemonsteren. Doordat het strand is bemonsterd tijdens droogval worden ook hier de mobiele epibenthos soorten zoals krabben niet bemonsterd.

Door praktische redenen is de bemonstering laat in het seizoen uitgevoerd. De Van Veen bemonstering is uitgevoerd half oktober, de strandbemonstering begin november en de bemonstering met de bodemschaaf eind november. In het najaar neemt het risico op storm toe. Voorafgaand aan de

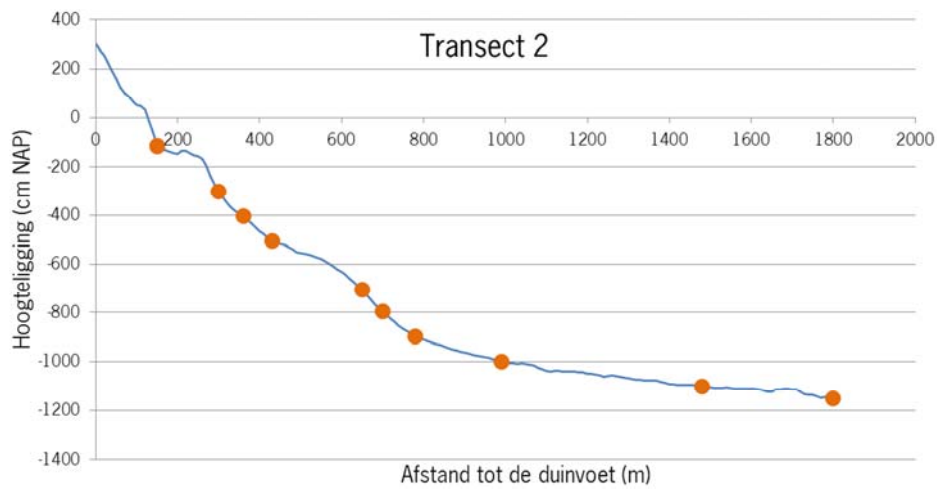
bemonstering met de schaaaf is er nog geen sprake geweest van een extreme storm zodat in overleg met de opdrachtgever is besloten deze bemonstering door te laten gaan. Hoge dynamiek als gevolg van golfwerking is juist een eigenschap van de brandingszone waaraan de lokale bodemdiergemeenschap zich heeft aangepast. Echter, aan het eind van het seizoen wordt het water ook kouder en zal de herstelcapaciteit verminderen. Voor toekomstige bemonsteringen wordt aanbevolen deze uit te voeren in de maanden september-oktober. Ook is het te prefereren om de bemonsteringen met de Van Veen happer, bodemschaaaf en de bemonstering van het natte strand in eenzelfde periode uit te voeren.

Het is de vraag of het nuttig is om bij een volgende bemonstering de asvrij drooggewichten per soort te bepalen voor de monsters die verzameld zijn met de Van Veen bemonstering. De Van Veen bemonstering is voornamelijk gericht op de bepaling van de biodiversiteit en de soortensamenstelling. De analyses duren relatief lang en ze geven niet veel meer inzicht dan de dichtheid per soort. Wellicht is het een optie om het totale asvrij drooggewicht te bepalen per monster (dus niet per soort). De bemonstering met de schaaaf is juist gericht op het bepalen van de biomassa van de grotere, dominante soorten (in termen van biomassa). Dit zijn ook de soorten die een belangrijke rol spelen als voedsel voor de hogere trofische niveaus (vogels en vissen).

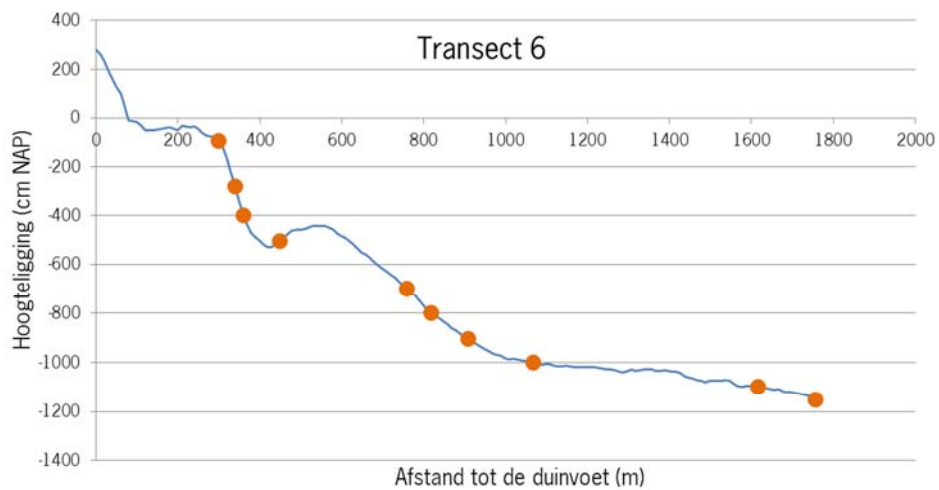
De bemonstering van het benthos met de Van Veen happer en de bodemschaaaf vullen elkaar goed aan. Met de bodemschaaaf worden de grotere bodemdieren bemonsterd (maaswijdte zeef is 5 mm). De vangst bestaat vooral uit schelpdieren en epibenthos dat een rol kan spelen als voedselbron voor hogere trofieniveaus zoals vogels en vis. Met de Van Veen happer worden ook kleinere organismen bemonsterd (groter dan 1 mm) en is daarmee van belang voor de diversiteit. Het bemonsterde oppervlak per monster van de bodemschaaaf (15 m<sup>2</sup>) is aanzienlijk groter dan het bemonsterd oppervlak met de Van Veen happer (0,1 m<sup>2</sup>). De resultaten van de bodemschaaaf (dichtheden en biomassa versgewicht per soort) zijn direct na de bemonstering beschikbaar. De verwerking van de monsters uit de Van Veen happer duren aanzienlijk langer en is daarmee kostbaarder dan de bodemschaaaf.

De power analyses laten zien dat het aantal locaties dat bemonsterd is met de bodemschaaaf (120 locaties) voldoende is om eventueel optredende verschillen in het grotere (>5 mm) macrofauna als gevolg van de Zandmotor te kunnen detecteren. Voor de bemonstering met de Van Veen happer wordt voorgesteld om in de vervolgmonitoring ook alle 120 monsters uit te zoeken en de gevonden organismen tot op soort te determineren. De effectgrootte die hiermee kan worden aangetoond is 10% van de range (minimale min maximale waarde). Het aantal monsters dat nodig is komt overeen met het aantal monsters dat berekend is op basis van een power analyse voor de kust van Ameland (Wijsman *et al.* 2010).

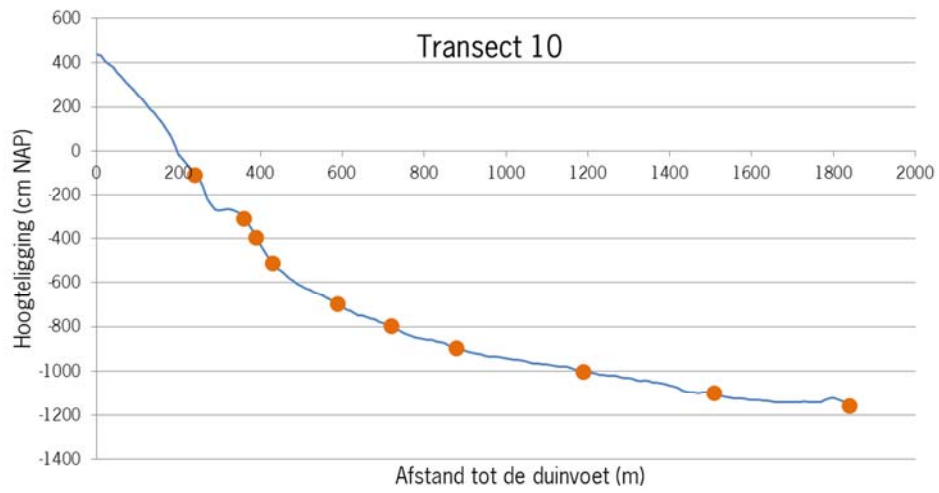
De bodemdiergemeenschap in de Delflandse kustzone heeft een belangrijke relatie met de diepteligging. In eerdere studies is gebleken dat de lokale morfologie van brekerbanken ook een belangrijke rol kan spelen in de bodemdiersamenstelling (Van Dalfsen 2007, Janssen *et al.* 2008). De dichtheid aan bodemdieren in de troggen is vaak hoger dan op de toppen. Ook buiten de buitenste brekerbank neemt de diversiteit van de bodemdieren toe (Janssen *et al.* 2008). In Figuur 41 tot Figuur 43 zijn de monsterlocaties geplot op de bodemprofielen voor de verschillende gebieden. Uit de profielen is te zien dat er voornamelijk in het gebied van de Zandmotor een duidelijke brekerbank aanwezig is op een diepte van 5 meter onder NAP. Deze is ook terug te vinden in Figuur 2. Vanwege de dynamiek van de brekerbank is het niet eenvoudig om het monitoringplan hierop aan te passen. De bemonsteringstrategie in deze studie is gebaseerd op dieptestrata. Dit omdat diepte een sturende factor is voor de bodemdiersamenstelling. Bij een volgende bemonstering is het aan te bevelen om bij de bepaling van de monsterpunten in het ondiepe gedeelte (minder dan 5 meter beneden NAP) ook rekening te houden met de ligging van de brekerbank. In verband met de grote dynamiek moeten deze locaties ter plekke in het veld definitief worden bepaald.



Figuur 41 Profiel de bodemligging voor transect 2 in het referentiegebied (blauwe lijn) en de monsterpunten in de ondiepe kustzone (oranje stippen).



Figuur 42 Profiel de bodemligging voor transect 6 in het Zandhaak (blauwe lijn) en de monsterpunten in de ondiepe kustzone (oranje stippen).



Figuur 43 Profiel de bodemligging voor transect 10 in het invloedgebied (blauwe lijn) en de monsterpunten in de ondiepe kustzone (oranje stippen).

## Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2012. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Milieu over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Dankwoord

De volgende mensen willen we danken voor hun bijdrage aan deze studie: Mario de Kluiver (Grontmij, bemonstering), Edwin van der Pouw Kraan (Grontmij, bemonstering), Stefan Wijffe (Grontmij, bemonstering), Chiel Veldhuisen (Grontmij, bemonstering), Amy de Beauvesère Storm (Grontmij, determinaties), David Tempelman (Grontmij, determinaties), Ton van Haaren (Grontmij, determinaties), Godfried van Moorsel (EcoSub, determinaties), Douwe van de Ende (IMARES, bemonstering), Eva Hartog (IMARES, asvrij drooggewicht bepalingen), Martin Baptist (IMARES, interne review), Jack Perdon (IMARES, bemonstering), Johan Jol (IMARES, bemonstering), Wilma Lewis (IMARES, determinaties), Joel Cuperus (IMARES, determinaties), Babeth van der Weide (IMARES, determinaties), Marco Houtekamer (NIOO-CEME, sedimentanalyses).

Dank ook aan Fred Benoist (DHV), Evelien van Eijsbergen (RWS-WD), Gerard Janssen (RWS-WD), Sarah Marx (RWS-WD), Jan van Dalfsen (Deltares) en Johan Craeymeersch (IMARES) voor hun verbeterpunten op een eerdere versie van het rapport.

## Referenties

- Colwell R.K., Coddington J.A. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *philosophical Transactions of the Royal Society of London* 345:101-118
- Ebbens E., Fiselier J. (2010) Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor, DHV
- Ens B.J., Craeymeersch J.A., Fey F.E., Heessen H.J.L., Smaal A.C., Brinkman A.G., Dekker R., Van Der Meer J.R., Van Stralen M. (2007) Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van de onderzoeksopzet voor een studie naar het effect van mosselzaadvisserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Report No. C077/07, Wageningen IMARES, Texel
- Fiselier J. (2010) Projectnota/ MER. Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust. Report No. C6158-01.001, DHV
- Janssen G., Kleef K., Mulder S., Tydeman P. (2008) Pilot assessment of depth related distribution of macrofauna in surf zone along Dutch coast and its implications for coastal management. *Marine Ecology* 29:186-194
- Janssen G., Mulder S. (2005) Zonation of macrofauna across sandy beaches and surf zones along the Dutch coast. *Oceanologia* 47:265-282
- Janssen G., Rozemeijer M. (2009) Zandwinning en kustsuppleties: het samengaan van kustverdediging en natuurbescherming. *De Levende Natuur* 110:280-283
- Mayer L.M. (1993) Surface area control of organic carbon accumulation in continental shelf sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58:1271-1284
- Palmer M.W. (1990) The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology* 71:1195-1198
- Tonnon P.K., Baptist M.J. (2011) T<sub>0</sub>-rapportage Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. Report No. Deltares 1203519-000 / IMARES C016/11, Deltares/IMARES
- Tonnon P.K., Van der Valk L., Holzhauer H., Baptist M.J., Wijsman J.W.M., Vertegaal C.T.M., Arens S.M. (2011) Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie pilot Zandmotor, Deltares/Wageningen IMARES
- Van Dalfsen J.A. (2007) Inventarisatie brandingszone. Report No. Rapport C138/07, Wageningen IMARES
- Wijsman J.W.M., Goudswaard K., Meesters E., Vanagt T. (2010) Macrofaunagemeenschap in het vooroeversuppletiegebied Ameland Midden tijdens de zomer 2009 (T<sub>0</sub>-meting). Report No. C119/09, Wageningen IMARES, Yerseke
- Wijsman J.W.M., Verduin E. (2010) T<sub>0</sub> monitoring Zandmotor Delflandse kust: Vaarrapport bemonstering benthos ondiepe kustzone en natte strand. Report No. C166/10, Wageningen IMARES, Yerseke

## Verantwoording

Rapport C039/11  
Projectnummer: 4303101501

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. Ir. M.J. Baptist  
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 8 april 2011

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe  
Hoofd afdeling Delta

Handtekening:



Datum: 8 april 2011



## Bijlage A: Overzicht bemonsteringslocaties Van Veen happer ondiepe kustzone

Tabel 6 Bemonsteringslocaties bemonsterd met de Van Veen happer. De coördinaten van de locatie zijn gegeven in decimale graden. De hoogteligging (cm t.o.v. NAP) is bepaald aan de hand van de ligging op de dieptekaart. In de kolom analyse is aangegeven welke monsters en door welk instituut zijn uitgevoerd. Op deze locaties zijn bovendien de sedimentmonsters geanalyseerd.

Locatie	Noord	Oost	Raai	Diepte	Datum	Tijd	Analyse
001	+52.014803	+4.140937	1	-99	-	-	-
002	+52.015305	+4.139926	1	-286	-	-	-
003	+52.015730	+4.139094	1	-405	14-10-2010	12:33	GRONTMIJ
004	+52.015891	+4.138762	1	-502	14-10-2010	12:26	-
005	+52.017665	+4.135331	1	-704	14-10-2010	12:41	IMARES
006	+52.018084	+4.134509	1	-794	14-10-2010	12:55	-
007	+52.018936	+4.132828	1	-902	14-10-2010	13:06	GRONTMIJ
008	+52.021359	+4.128063	1	-1001	14-10-2010	13:14	-
009	+52.024315	+4.122281	1	-1099	14-10-2010	13:26	IMARES
010	+52.026119	+4.118746	1	-1150	14-10-2010	16:56	-
011	+52.021813	+4.150017	2	-93	-	-	-
012	+52.022687	+4.148299	2	-307	14-10-2010	12:06	GRONTMIJ
013	+52.023028	+4.147661	2	-400	14-10-2010	11:52	IMARES
014	+52.023415	+4.146883	2	-495	14-10-2010	11:33	GRONTMIJ
015	+52.024676	+4.144416	2	-704	14-10-2010	11:25	-
016	+52.025002	+4.143774	2	-793	14-10-2010	11:14	IMARES
017	+52.025472	+4.142859	2	-906	14-10-2010	11:06	-
018	+52.026674	+4.140501	2	-998	14-10-2010	10:57	GRONTMIJ
019	+52.029429	+4.135116	2	-1101	14-10-2010	10:39	-
020	+52.031264	+4.131530	2	-1148	14-10-2010	10:27	IMARES
021	+52.029054	+4.158698	3	-125	-	-	-
022	+52.029731	+4.157373	3	-281	13-10-2010	18:22	GRONTMIJ
023	+52.030511	+4.155845	3	-391	13-10-2010	18:35	IMARES
024	+52.030928	+4.155028	3	-502	14-10-2010	7:52	-
025	+52.031573	+4.153750	3	-703	14-10-2010	8:15	GRONTMIJ
026	+52.031917	+4.153098	3	-798	14-10-2010	8:26	-
027	+52.032312	+4.152320	3	-899	14-10-2010	8:45	IMARES
028	+52.032966	+4.151043	3	-1000	14-10-2010	8:59	-
029	+52.036796	+4.143534	3	-1105	14-10-2010	9:32	GRONTMIJ
030	+52.038527	+4.140142	3	-1151	14-10-2010	9:53	-
031	+52.035921	+4.168116	4	-94	-	-	-
032	+52.036660	+4.166654	4	-288	13-10-2010	18:06	IMARES
033	+52.037203	+4.165589	4	-410	13-10-2010	17:55	-
034	+52.037791	+4.164450	4	-498	13-10-2010	17:40	GRONTMIJ
035	+52.038445	+4.163164	4	-708	13-10-2010	17:20	-
036	+52.038735	+4.162585	4	-807	13-10-2010	17:05	IMARES
037	+52.039063	+4.161955	4	-902	13-10-2010	16:55	-
038	+52.041302	+4.157564	4	-1000	13-10-2010	16:40	GRONTMIJ
039	+52.044074	+4.152127	4	-1098	13-10-2010	16:25	-
040	+52.045593	+4.149163	4	-1149	13-10-2010	16:10	IMARES
041	+52.042968	+4.177162	5	-96	13-10-2010	8:45	GRONTMIJ
042	+52.043434	+4.176240	5	-315	13-10-2010	8:55	-
043	+52.044818	+4.173536	5	-493	13-10-2010	9:15	-
044	+52.044358	+4.174439	5	-403	13-10-2010	9:35	IMARES
045	+52.045625	+4.171951	5	-691	13-10-2010	9:40	GRONTMIJ
046	+52.046030	+4.171174	5	-798	13-10-2010	9:55	-
047	+52.046721	+4.169800	5	-902	13-10-2010	10:05	IMARES
048	+52.048202	+4.166907	5	-998	13-10-2010	10:25	-
049	+52.051178	+4.161085	5	-1099	13-10-2010	10:40	GRONTMIJ
050	+52.052271	+4.158925	5	-1150	13-10-2010	10:50	-
051	+52.048744	+4.184126	6	-104	13-10-2010	8:00	-

Locatie	Noord	Oost	Raai	Diepte	Datum	Tijd	Analyse
052	+52.048977	+4.183671	6	-283	13-10-2010	8:15	IMARES
053	+52.049079	+4.183485	6	-403	13-10-2010	8:30	-
054	+52.049595	+4.182458	6	-507	13-10-2010	12:25	GRONTMIJ
055	+52.051350	+4.178993	6	-701	13-10-2010	12:15	-
056	+52.051709	+4.178320	6	-791	13-10-2010	12:05	IMARES
057	+52.052198	+4.177361	6	-902	13-10-2010	11:55	-
058	+52.053105	+4.175578	6	-1000	13-10-2010	11:35	GRONTMIJ
059	+52.056306	+4.169326	6	-1101	13-10-2010	11:20	-
060	+52.057082	+4.167821	6	-1147	13-10-2010	11:10	IMARES
061	+52.053756	+4.192594	7	-100	4-11-2010	-	IMARES
062	+52.054400	+4.191303	7	-307	12-10-2010	18:19	GRONTMIJ
063	+52.054556	+4.191024	7	-437	12-10-2010	18:08	IMARES
064	+52.055263	+4.189620	7	-498	12-10-2010	18:01	-
065	+52.056776	+4.186703	7	-705	13-10-2010	13:05	GRONTMIJ
066	+52.057113	+4.186021	7	-799	13-10-2010	13:15	-
067	+52.057514	+4.185228	7	-900	13-10-2010	13:25	IMARES
068	+52.058833	+4.182619	7	-998	13-10-2010	13:35	-
069	+52.061356	+4.177698	7	-1101	13-10-2010	13:50	GRONTMIJ
070	+52.062502	+4.175471	7	-1151	13-10-2010	14:05	-
071	+52.058786	+4.201006	8	-105	12-10-2010	17:49	-
072	+52.059231	+4.200152	8	-299	12-10-2010	17:46	IMARES
073	+52.059731	+4.199187	8	-402	12-10-2010	17:25	-
074	+52.061252	+4.196197	8	-507	13-10-2010	15:35	GRONTMIJ
075	+52.062096	+4.194546	8	-699	13-10-2010	15:25	-
076	+52.062469	+4.193817	8	-796	13-10-2010	15:15	IMARES
077	+52.062958	+4.192867	8	-900	13-10-2010	15:03	-
078	+52.064631	+4.189586	8	-1003	13-10-2010	14:50	GRONTMIJ
079	+52.066800	+4.185350	8	-1098	13-10-2010	14:35	-
080	+52.067923	+4.183131	8	-1148	13-10-2010	14:25	IMARES
081	+52.065984	+4.209783	9	-119	-	-	-
082	+52.066713	+4.208381	9	-294	12-10-2010	17:12	GRONTMIJ
083	+52.066927	+4.207929	9	-381	12-10-2010	17:06	IMARES
084	+52.067250	+4.207319	9	-502	12-10-2010	16:53	-
085	+52.068339	+4.205176	9	-696	12-10-2010	16:41	GRONTMIJ
086	+52.068761	+4.204361	9	-802	12-10-2010	16:27	-
087	+52.069495	+4.202914	9	-897	12-10-2010	16:20	IMARES
088	+52.071305	+4.199377	9	-1000	12-10-2010	16:08	-
089	+52.073094	+4.195850	9	-1099	12-10-2010	15:53	GRONTMIJ
090	+52.074289	+4.193513	9	-1151	12-10-2010	15:39	-
091	+52.072800	+4.219278	10	-105	12-10-2010	19:08	-
092	+52.073520	+4.217907	10	-310	12-10-2010	18:50	IMARES
093	+52.073719	+4.217513	10	-417	12-10-2010	18:36	-
094	+52.073911	+4.217120	10	-497	12-10-2010	15:22	GRONTMIJ
095	+52.074866	+4.215260	10	-703	12-10-2010	15:12	-
096	+52.075607	+4.213796	10	-801	12-10-2010	15:02	IMARES
097	+52.076560	+4.211950	10	-899	12-10-2010	14:50	-
098	+52.078255	+4.208603	10	-1000	12-10-2010	14:41	GRONTMIJ
099	+52.080117	+4.204998	10	-1098	12-10-2010	14:25	-
100	+52.081997	+4.201297	10	-1151	12-10-2010	14:13	IMARES
101	+52.078783	+4.230425	11	-98	-	-	-
102	+52.079858	+4.228332	11	-303	12-10-2010	13:30	GRONTMIJ
103	+52.080344	+4.227380	11	-393	12-10-2010	13:20	IMARES
104	+52.080667	+4.226738	11	-498	12-10-2010	13:01	-
105	+52.081551	+4.224996	11	-700	12-10-2010	12:54	GRONTMIJ
106	+52.082123	+4.223901	11	-803	12-10-2010	12:32	-
107	+52.083625	+4.220962	11	-902	12-10-2010	12:08	IMARES
108	+52.084904	+4.218481	11	-1000	12-10-2010	11:54	-
109	+52.087769	+4.212879	11	-1101	12-10-2010	11:35	GRONTMIJ
110	+52.088583	+4.211247	11	-1152	12-10-2010	11:25	-

Locatie	Noord	Oost	Raai	Diepte	Datum	Tijd	Analyse
111	+52.085563	+4.240017	12	-84	12-10-2010	8:01	-
112	+52.086157	+4.238869	12	-304	12-10-2010	8:18	IMARES
113	+52.087143	+4.236896	12	-397	12-10-2010	8:32	-
114	+52.087486	+4.236256	12	-504	12-10-2010	8:45	GRONTMIJ
115	+52.088216	+4.234828	12	-688	12-10-2010	8:58	-
116	+52.089294	+4.232700	12	-801	12-10-2010	9:11	IMARES
117	+52.090585	+4.230225	12	-899	12-10-2010	9:27	-
118	+52.092555	+4.226340	12	-1000	12-10-2010	9:43	GRONTMIJ
119	+52.093874	+4.223759	12	-1097	12-10-2010	10:15	-
120	+52.094586	+4.222346	12	-1149	12-10-2010	10:35	IMARES

## Bijlage B: Overzicht bemonsteringslocaties natte strand

*Tabel 7 Bemonsteringslocaties bemonsterd op het natte strand op 4 en 5 november 2010. De coördinaten van de locatie zijn gegeven in decimale graden. De hoogteligging (cm t.o.v. NAP) is bepaald aan de hand van de ligging op de dieptekaart. Klasse geeft de hoogteklasse aan (Tabel 1). De laatste twee kolommen geven aan of er sedimentmonsters en/of benthosmonsters zijn genomen. De monsters 121 tot en met 180 zijn allemaal geanalyseerd op macrobenthos en sediment. Monsters 181-192 zijn alleen geanalyseerd op sedimentsamenstelling.*

Locatie	Noord	Oost	Raai	Hoogte	Klasse	Sediment	Benthos
121	+52.014521	+4.141528	1	38	5	ja	ja
122	+52.014426	+4.141737	1	89	4	ja	ja
123	+52.014380	+4.141872	1	124	3	ja	ja
124	+52.014318	+4.142035	1	143	2	ja	ja
125	+52.014200	+4.142390	1	275	1	ja	ja
126	+52.021743	+4.150189	2	-16	5	ja	ja
127	+52.021652	+4.150376	2	49	4	ja	ja
128	+52.021549	+4.150618	2	48	3	ja	ja
129	+52.021468	+4.150778	2	86	2	ja	ja
130	+52.021385	+4.150858	2	107	1	ja	ja
131	+52.028936	+4.159059	3	45	5	ja	ja
132	+52.028856	+4.159179	3	61	4	ja	ja
133	+52.028763	+4.159402	3	54	3	ja	ja
134	+52.028703	+4.159578	3	136	2	ja	ja
135	+52.028643	+4.159746	3	145	1	ja	ja
136	+52.035841	+4.168591	4	117	5	ja	ja
137	+52.035779	+4.168693	4	147	4	ja	ja
138	+52.035715	+4.168831	4	163	3	ja	ja
139	+52.035626	+4.168980	4	176	2	ja	ja
140	+52.035562	+4.169047	4	172	1	ja	ja
141	+52.042622	+4.177772	5	-37	5	ja	ja
142	+52.042504	+4.178063	5	-25	4	ja	ja
143	+52.042345	+4.178379	5	18	3	ja	ja
144	+52.042323	+4.178493	5	27	2	ja	ja
145	+52.042265	+4.178596	5	40	1	ja	ja
146	+52.048255	+4.184975	6	-32	5	ja	ja
147	+52.048174	+4.185101	6	-34	4	ja	ja
148	+52.048039	+4.185379	6	-36	3	ja	ja
149	+52.047994	+4.185681	6	-43	2	ja	ja
150	+52.047902	+4.185711	6	-45	1	ja	ja
151	+52.053725	+4.192736	7	-113	5	ja	ja
152	+52.053690	+4.192834	7	-98	4	ja	ja
153	+52.053666	+4.192895	7	-98	3	ja	ja
154	+52.053617	+4.192982	7	-95	2	ja	ja
155	+52.053462	+4.193213	7	-88	1	ja	ja
156	+52.058667	+4.201263	8	-63	5	ja	ja
157	+52.058555	+4.201481	8	-19	4	ja	ja
158	+52.058387	+4.201811	8	20	3	ja	ja
159	+52.058212	+4.202281	8	100	2	ja	ja
160	+52.058086	+4.202468	8	156	1	ja	ja
161	+52.065851	+4.210270	9	87	5	ja	ja
162	+52.065804	+4.210536	9	133	4	ja	ja
163	+52.065753	+4.210691	9	155	3	ja	ja
164	+52.065682	+4.210805	9	176	2	ja	ja
165	+52.065490	+4.211116	9	233	1	ja	ja
166	+52.072502	+4.219917	10	82	5	ja	ja
167	+52.072481	+4.220039	10	103	4	ja	ja
168	+52.072412	+4.220147	10	124	3	ja	ja
169	+52.072313	+4.220383	10	179	2	ja	ja
170	+52.072211	+4.220519	10	203	1	ja	ja
171	+52.078684	+4.230617	11	-73	5	ja	ja

Locatie	Noord	Oost	Raai	Hoogte	Klasse	Sediment	Benthos
172	+52.078624	+4.230750	11	-22	4	ja	ja
173	+52.078503	+4.230981	11	20	3	ja	ja
174	+52.078397	+4.231187	11	67	2	ja	ja
175	+52.078346	+4.231283	11	106	1	ja	ja
176	+52.085406	+4.240349	12	32	5	ja	ja
177	+52.085390	+4.240422	12	61	4	ja	ja
178	+52.085383	+4.240435	12	61	3	ja	ja
179	+52.085343	+4.240443	12	61	2	ja	ja
180	+52.085192	+4.240738	12	103	1	ja	ja
181	+52.013705	+4.143388	1	447	0	ja	nee
182	+52.020982	+4.151656	2	295	0	ja	nee
183	+52.028117	+4.160531	3	283	0	ja	nee
184	+52.034799	+4.170332	4	440	0	ja	nee
185	+52.041602	+4.179827	5	276	0	ja	nee
186	+52.046993	+4.187550	6	282	0	ja	nee
187	+52.052518	+4.195013	7	302	0	ja	nee
188	+52.057952	+4.202658	8	316	0	ja	nee
189	+52.064814	+4.212174	9	415	0	ja	nee
190	+52.071593	+4.222028	10	434	0	ja	nee
191	+52.078217	+4.231538	11	294	0	ja	nee
192	+52.085045	+4.241029	12	336	0	ja	nee

## Bijlage C: Sedimentsamenstelling

Tabel 8 Overzicht resultaten sedimentsamenstelling. Aangegeven zijn de parameters mediane korrelgrootte ( $\mu\text{m}$ ), percentage silt ( $<63\mu\text{m}$ ), percentage zeer fijn zand ( $62.5 - 125 \mu\text{m}$ ), percentage fijn zand ( $125 - 250 \mu\text{m}$ ), percentage medium zand ( $250 - 500 \mu\text{m}$ ) en grof zand ( $500 - 1000 \mu\text{m}$ ).

Monsterpunt	Mediane korrelgrootte	% Silt	% zeer fijn zand	% fijn zand	% medium zand	% grof zand
3	219.67	0.00	3.11	62.36	34.42	0.10
5	221.99	0.00	4.49	58.38	36.61	0.52
7	167.37	8.95	22.44	44.95	22.45	1.29
9	161.36	2.19	26.05	55.60	16.07	0.13
12	229.04	0.00	1.21	60.47	38.25	0.07
13	210.89	0.00	2.87	68.97	28.15	0.00
14	215.03	0.00	5.82	59.93	33.72	0.53
16	260.47	0.00	1.61	44.14	50.55	3.70
18	183.76	1.79	17.02	57.44	23.50	0.24
20	193.50	0.01	16.24	54.83	27.69	1.24
22	232.42	0.00	1.31	58.13	40.40	0.16
23	239.05	0.00	2.93	51.74	43.15	2.18
25	301.42	0.00	1.67	32.42	53.66	12.25
27	203.20	0.00	11.51	57.49	30.37	0.63
29	294.69	3.45	0.89	31.12	54.60	9.95
32	298.93	0.00	1.05	32.99	54.87	11.09
34	365.29	0.00	0.33	20.73	54.43	24.52
36	388.32	9.81	6.60	13.83	35.71	34.10
38	366.59	0.00	0.50	20.16	54.66	24.68
40	275.11	0.00	5.79	37.16	44.21	12.84
41	268.91	0.00	1.17	41.19	53.75	3.89
44	225.80	0.00	2.84	59.04	37.72	0.40
45	228.68	0.00	3.95	55.53	39.57	0.95
47	227.03	0.00	5.62	54.00	39.39	0.99
49	191.64	1.84	13.60	58.55	25.88	0.15
52	291.40	0.00	1.47	34.87	53.72	9.94
54	294.95	0.00	0.39	32.78	59.50	7.33
56	239.69	0.00	4.84	49.10	42.79	3.28
58	223.01	9.55	8.85	39.01	30.40	12.20
60	219.92	0.00	7.62	54.29	36.07	2.03
61	325.34	0.00	0.00	20.52	71.13	8.35
62	324.81	0.00	0.58	27.05	56.80	15.58
63	340.73	0.00	0.25	23.58	57.91	18.26
65	222.00	0.00	8.28	51.85	35.43	4.44
67	196.79	0.01	16.08	52.35	26.41	5.15
69	172.59	0.01	20.90	61.47	17.61	0.01
72	330.09	0.00	0.20	25.15	59.18	15.47
74	192.35	0.00	11.42	64.45	23.95	0.18
76	194.49	0.00	13.03	59.69	26.65	0.63
78	284.34	0.00	4.64	36.07	44.18	15.11
80	170.78	0.01	22.27	59.47	18.10	0.15
82	251.41	0.00	1.77	47.63	48.30	2.30
83	226.92	0.00	2.68	58.69	38.24	0.40
85	170.74	0.00	21.05	62.36	16.59	0.01
87	153.51	5.00	28.04	54.05	12.99	0.00
89	273.44	0.01	7.89	35.64	45.27	11.19
92	257.61	0.00	1.41	45.37	50.52	2.69
94	196.31	0.00	7.83	68.92	23.25	0.00
96	250.77	0.00	6.39	43.38	43.62	6.61
98	249.50	0.00	6.45	43.71	44.21	5.63
100	305.50	0.00	1.82	31.86	52.10	14.22
102	251.58	0.00	2.44	46.91	47.39	3.25
103	195.29	0.00	10.22	64.74	24.94	0.10
105	161.72	0.00	21.11	70.45	8.44	0.00
107	232.44	0.00	3.25	54.67	41.16	0.91
109	363.39	0.00	1.26	23.30	47.71	27.72
112	285.48	0.00	0.47	36.02	56.32	7.19
114	164.14	0.00	15.46	79.23	5.31	0.00
116	437.89	1.83	6.93	16.25	33.59	41.41
118	400.51	0.91	2.81	17.99	44.35	33.95
120	391.31	0.72	4.68	21.07	38.57	34.97
121	262.28	0.00	1.02	43.82	51.76	3.40
122	241.33	0.00	0.55	54.24	45.00	0.21
123	236.83	0.00	1.41	55.16	42.83	0.59
124	241.23	0.00	0.60	54.20	44.92	0.28
125	223.16	0.00	1.23	64.53	34.23	0.02
126	256.50	0.00	0.53	46.34	51.77	1.36
127	241.62	0.00	0.58	54.01	45.17	0.23
128	249.20	0.00	0.35	50.08	49.18	0.38

Monsterpunt	Mediane korrelgrootte	% Silt	% zeer fijn zand	% fijn zand	% medium zand	% grof zand
129	262.22	0.00	0.15	43.45	55.54	0.86
130	203.88	0.00	2.28	76.36	21.36	0.00
131	382.06	0.00	0.00	8.68	71.65	19.67
132	402.27	0.00	0.00	9.48	62.62	27.91
133	325.92	0.00	0.00	22.07	67.88	10.06
134	319.95	0.00	0.00	19.92	74.29	5.80
135	314.26	0.00	0.09	26.58	63.93	9.40
136	339.19	0.00	0.00	17.26	71.70	11.04
137	377.99	0.00	0.00	9.43	71.56	19.02
138	484.15	0.00	0.00	1.33	52.59	46.07
139	322.66	0.00	0.07	24.48	64.32	11.13
140	356.59	0.00	0.00	17.29	64.04	18.67
141	432.05	0.00	0.00	3.89	63.45	32.65
142	277.28	0.00	1.87	38.65	51.85	7.63
143	318.72	0.00	0.69	27.95	57.83	13.53
144	295.00	0.00	0.10	30.73	64.53	4.64
145	268.40	0.00	1.03	41.43	53.90	3.64
146	338.21	0.00	0.00	17.74	71.16	11.09
147	356.29	0.00	0.00	13.08	72.83	14.10
148	341.81	0.00	0.25	23.23	58.21	18.31
149	369.95	0.00	0.00	13.41	66.79	19.80
150	271.31	0.00	0.24	39.80	58.04	1.92
151	352.13	0.00	0.00	14.29	72.14	13.57
152	357.98	0.00	0.00	15.46	67.82	16.72
153	329.68	0.00	0.00	19.11	71.95	8.94
154	289.84	0.00	0.10	32.63	63.34	3.94
155	271.82	0.00	0.75	40.22	55.40	3.63
156	289.31	0.00	0.02	31.11	66.31	2.56
157	312.18	0.00	0.02	25.29	67.34	7.35
158	370.30	0.00	0.00	13.64	66.32	20.04
159	486.79	0.00	0.00	6.84	45.45	47.71
160	480.55	0.00	0.00	3.66	50.43	45.91
161	339.74	0.00	0.00	16.07	73.76	10.18
162	340.93	0.00	0.00	17.51	70.42	12.07
163	348.66	0.00	0.00	18.39	65.64	15.96
164	334.04	0.00	0.00	21.04	66.52	12.44
165	241.03	0.00	0.65	54.28	44.89	0.18
166	434.79	0.00	0.00	8.30	55.24	36.47
167	385.85	0.00	0.00	10.62	66.61	22.77
168	310.72	0.00	0.02	25.48	67.79	6.71
169	310.16	0.00	0.11	27.87	63.03	8.99
170	300.82	0.00	0.00	26.37	70.23	3.40
171	335.81	0.00	0.00	18.33	70.82	10.85
172	326.28	0.00	0.00	20.56	70.70	8.74
173	351.91	0.00	0.00	14.54	71.73	13.73
174	556.62	0.00	0.11	8.93	33.88	57.07
175	429.52	0.00	0.00	8.68	55.83	35.48
176	382.17	0.00	0.07	17.53	54.27	28.14
177	412.08	0.00	0.07	14.20	51.81	33.91
178	399.02	0.00	0.01	14.53	54.94	30.52
179	542.39	0.00	0.00	0.22	39.87	59.91
180	708.53	0.00	0.00	0.00	17.21	82.79
181	253.87	0.00	1.49	46.85	49.06	2.60
182	222.41	0.00	0.79	66.51	32.69	0.01
183	257.10	0.00	1.93	45.19	49.31	3.56
184	349.74	0.00	0.08	20.99	59.58	19.36
185	383.60	0.00	0.00	11.92	64.71	23.36
186	356.87	0.00	0.00	15.95	67.04	17.01
187	325.10	0.00	0.37	26.18	59.18	14.26
188	314.10	0.00	0.09	26.66	63.55	9.70
189	283.63	0.00	0.10	34.84	61.84	3.23
190	346.32	0.00	0.00	18.55	66.08	15.37
191	257.22	0.00	0.49	46.03	52.06	1.42
192	313.59	0.00	0.00	24.41	68.46	7.13

## Bijlage D: Soortensamenstelling bodemschaafbemonsteringen

Tabel 9 Dichtheden (aantal per vierkante meter) van het macrobenthos verzameld met de bodemschaaf.

Locatie	Abra alba	Breedpootkrab	Ensis	Gewimperde zwenkrab	Gewone slangster	Gewone zwenkrab	Glanzende tepelhoren	Grof geribde fuikhorren	Halfgeknotte strandschelp	Helmkraab	Heremietkreeft	Kleine heremietkreeft	Kleine slangster	Mossel	Nagelkrab	Otterschelp	Rechtsgestrepte plaatschelp	Slangsterren	Stevige strandschelp	Stkrab	Venuschelp	Zaagje	Zee-anemonen	
2		0.14																						
3		2.79	0.50																					
4		1.55	9.97																					
5			13.56																					
6			16.87			0.08	0.08		0.08			11.55												
7	1.93		7.73		0.15		0.08		1.62			2.78											1.70	
8			1.55					0.07	0.13			0.07											0.20	
9	1.21		9.16				0.34	0.40	2.02			0.13			0.07								0.20	
10	2.83		11.85				0.17	1.25	0.96			2.89			0.06		0.23						0.11	
12		0.15																						
13		2.83	0.07																					
14		1.09	2.65																		0.08			
15			7.91																		0.07			
16			11.22		0.07							0.56									0.14			
17			1.42				0.08					0.08												
18			0.33			0.08		0.08				0.17												
19			0.51																					
20	0.06		13.61		0.06			0.61	0.11			0.11												
22		0.16																						
23		2.88																						
24		1.83																						
25		0.88	0.48									0.07												
26			23.73																					
27			5.16																		0.07			
28																								
29			0.35						0.07															
30			1.91									0.18									0.07		0.07	
31																								
32		0.14																						
33		2.67	0.12																					
34		6.05	0.23																					
35		0.37	14.04									0.12												
36			4.58							0.07		0.90												
37		0.07	0.14																					
38			0.30																					
39			6.73						0.07															
40			1.72												0.06								0.06	0.06
41																								
42		0.06																						
43		2.19										0.30												
44		1.90																						
45		0.15	78.50									0.15												
46			58.22									1.27												
47			46.49																					0.07
48			12.99			0.08														0.08				
49	0.06		101.72			0.06	0.19		0.64	0.06		0.38										0.13	0.25	



Locatie	Abra alba	Breedpootkrab	Ensis	Gewimperde zwenkrab	Gewone slangster	Gewone zwenkrab	Glanzende tepelhoren	Grofgewijde fuikhoorn	Halfgeknotte strandschelp	Helmkrab	Heremietkreeft	Kleine heremietkreeft	Kleine slangster	Mossel	Nagelkrab	Otterschelp	Rechtsgestrepte platschelp	Slangsterren	Stevige strandschelp	Stkrab	Venuschelp	Zaagje	Zee-anemonen
50	2.77		74.33		0.06	0.06	0.28	0.17	0.72			0.44											0.11
51																							
52		0.12	0.30																				
53		0.31																					
54		0.82	0.34																				
55		0.19	26.20																				
56		0.34	15.42																				
57			103.45									0.78											0.86
58			0.30																				
59			83.50									0.17											0.08
60			15.80						0.06													0.06	0.12
61																							
62																							
63																							
64		0.25																					
65			47.40									0.30											
66			125.77									1.36											
67	0.62		75.76									2.94											0.77
68			0.88									0.07											
69	1.70		14.69						0.20														0.07
70	5.09		55.85				1.89	0.91	1.03		0.11	0.11		0.06		0.17	0.11				0.06	0.06	0.46
72		0.06	0.65																				
73		0.30	0.20																				
74		0.92	0.13																				
75			52.31								0.07										0.07		
76			67.63									0.07											
77	0.60		27.14									0.15											0.30
78			5.06									0.83											0.15
79			23.66						0.08							0.08							0.15
80			32.87						0.30	0.06		0.06				0.06							
81																							
82		4.68	0.33																				
83		1.50																					
84		0.27	78.96	0.07																			
85	0.11		58.31									0.32											
86	0.66		62.79		0.08						0.08	2.48											0.17
87			16.40									0.08											
88			9.52									0.17	0.08										
89			23.21		0.08							0.72				0.08				0.08			
90	1.89		29.27		0.97		0.06		0.51			0.06											
91																							
92		3.21	0.30																				
93		2.08																					
94			19.85									0.24											
95			15.18									0.52											
96			27.21									0.07											
97	0.32		25.31									0.32											
98			14.42		0.05							0.16											
99			11.72				0.07				0.07												
100			5.72																				

Locatie	Abra alba	Breedpootkrab	Ensis	Gewimperde zwenkrab	Gewone slangster	Gewone zwenkrab	Glanzende tepelhoren	Grofgeribde fuikhoorn	Halfgeknotte strandschelp	Helmkrab	Heremietkreeft	Kleine heremietkreeft	Kleine slangster	Mossel	Nagelkrab	Otterschelp	Rechtsgestrepte platschelp	Slangsterren	Stevige strandschelp	Stkrab	Venuschelp	Zaagje	Zee-anemonen	
102		2.70																						
103		7.14	0.08																	0.08				
104		0.95	9.52									0.95								0.14		0.07	0.27	
105		1.17	47.84									0.07											0.07	
106			5.18									0.06												
107			23.94									0.34												
108			12.94								0.08	0.08							0.40					
109			9.12	0.08							0.08													
110			5.79					0.09				0.04												
112			0.16																					
113		4.02	0.07																					
114		0.66	3.28									0.74												
115			4.39																					
116			6.80																					
117			5.77				0.06					0.06							0.11					
118			6.73				0.07					0.07												
119			64.27																					
120	0.08		24.97						0.08			0.08												0.08

## Bijlage E: Soortensamenstelling Van Veen happer

Tabel 10 Dichtheden (aantal per vierkante meter) van het macrobenthos verzameld in de ondiepe kustzone met de Van Veen happer.

Soort	3	5	7	9	12	13	14	16	18	20	22	23	25	27	29	32	34
<i>Grania postclitellochaeta</i>																	
<i>Apherusa iurinei</i>				10													
<i>Arenicola marina</i>																	
<i>Capitella capitata</i>	10		30	80					160	70				250			
<i>Cirratulidae</i>																	
<i>Eteone</i>																	
<i>Eteone lonaa</i>			10	30					20					10			
<i>Eumida sanaivnea</i>									20								
<i>Eumida species</i>																	
<i>Eunereis lonaissima</i>																	
<i>Glyceria</i>														10			
<i>Harmothoe imbricata</i>														20			
<i>Heteromastus filiformis</i>				60													
<i>Lanice conchileaa</i>									80	10				70	10		
<i>Maaelona johnstoni</i>			150	470				40	100	30				1120	20		
<i>Maaelona mirabilis</i>			40	80				20	60				10	500			
<i>Malmareniella marohvsae</i>																	
<i>Malmareniella darbouxi</i>																	
<i>Microphthalmus similis</i>																	
<i>Nephtys</i>			10	40						20				10			
<i>Nephtys assimilis</i>								10						10			
<i>Nephtys caeca</i>										10				20			
<i>Nephtys cirrosa</i>	10	60			10	30	50	60		70		10	70		90	20	40
<i>Nephtys homberaii</i>		10	40						70					130			
<i>Notomastus latericeus</i>			10						10								
<i>Ophelia limacina</i>																	
<i>Owenia fusiformis</i>				30													
<i>Paraonis fulaens</i>																	80
<i>Pectinaria koreni</i>				30													
<i>Phyllodoce aroenlandica</i>				10													
<i>Phyllodoce mucosa</i>				20				10	10	10			10	20	10		
<i>Phyllodocidae</i>																	
<i>Polychaeta</i>																	
<i>Polvdora</i>												10					
<i>Pvaospio eleaans</i>								10									
<i>Scolecopsis bannieri</i>															20		
<i>Scolecopsis sauamata</i>					50	90	30					20				70	50
<i>Scoloplos armiaer</i>				80					10	120					140		
<i>Spio filicornis</i>				10													
<i>Spio martinensis</i>		40	10			10		60	260	70				340			
<i>Spiophanes bombyx</i>		20	10	20										410	20		
<i>Tharvx saec. A</i>			10						10								
<i>Ampelisca brevicornis</i>				20													
<i>Atylus falcatus</i>									20								
<i>Atylus swammerdami</i>																	
<i>Bathyporeia eleaans</i>															10		
<i>Haustorium arenarius</i>																	
<i>Leucothoe incisa</i>																	
<i>Leucothoe lillieboraii</i>														10			
<i>Meagaluropus aailis</i>																	
<i>Periculodes lonaimanus</i>														10			
<i>Pontocrates altamarinus</i>					10												
<i>Urothoe poseidonis</i>																	
<i>Carcinus maenas</i>																	
<i>Cranaon cranaon</i>									10								
<i>Dioaenes puailator</i>	10	10	10			30		10		20	10	10				10	
<i>Liocarcinus holsatus</i>														10			
<i>Portunus latipes</i>																	
<i>Processa parva</i>											10						
<i>Idotea linearis</i>																	
<i>Balanus crenatus</i>																	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>							10										
<i>Schistomysis kervillei</i>																	
<i>Diastrylis bradvi</i>			10						10								
<i>Monopseudocuma ailsoni</i>																	
<i>Nemertea</i>			10										20		10		
<i>Ophiura</i>			10														
<i>Ananx sarsi</i>																	
<i>Echinocardium cordatum</i>																	
<i>Abra alba</i>			100	90						20				40			
<i>Ensis directus</i>		350	1020	270				230	1190	40			110	1310	260		10
<i>Euspira pulchella</i>			10														
<i>Kinorhyncha</i>				10						10				20			
<i>Kurtiella bidentata</i>			20														
<i>Macoma balthica</i>																	
<i>Nassarius reticulatus</i>			10	10		10											
<i>Spisula subtruncata</i>			10	40													
<i>Tellina fabula</i>			10	10										20			
<i>Tellinva ferruginosa</i>																	

Soort	36	38	40	41	43	45	47	49	52	54	56	58	60	61	62	63	65
<i>Grania postclitellochaeta</i>		60															
<i>Apherusa jurinei</i>							10										
<i>Arenicola marina</i>												10					
<i>Capitella capitata</i>	10	10	10				30	760				280	220				
<i>Cirratulidae</i>												30					
<i>Eteone</i>		20															
<i>Eteone longa</i>								50				10					
<i>Eumida sanguinea</i>																	
<i>Eumida species</i>																	
<i>Eunereis longissima</i>								10									
<i>Glycera</i>		10										10					
<i>Harmothoe imbricata</i>																	
<i>Heteromastus filiformis</i>																	
<i>Lanice conchilega</i>		40					10	200									
<i>Magelona johnstoni</i>	10		10				340	1210			20	10	680			10	
<i>Magelona mirabilis</i>							200					10	140				20
<i>Malmgreniella marphysae</i>																	
<i>Malmgreniella darbouxi</i>		10						30									
<i>Microphthalmus similis</i>	10	240			10							100					
<i>Nephtys</i>		10										20					
<i>Nephtys assimilis</i>																	
<i>Nephtys caeca</i>		10															
<i>Nephtys cirrosa</i>	10	50	80		10	60	20			10	50						60
<i>Nephtys hombergii</i>							40	50				10	30				
<i>Notomastus latericeus</i>								60				10					
<i>Ophelia limacina</i>		40															
<i>Owenia fusiformis</i>																	
<i>Paraonis fulgens</i>					60				20	10							
<i>Pectinaria koreni</i>																	
<i>Phylodoce groenlandica</i>		10															
<i>Phylodoce mucosa</i>							20	250				10					
<i>Phyllodoceidae</i>																	
<i>Polychaeta</i>																	
<i>Polydora</i>																	10
<i>Pygospio elegans</i>																	
<i>Scolecopsis bannieri</i>							10				20						
<i>Scolecopsis squamata</i>				120	50				40					30	20	100	
<i>Scoloplos armiger</i>			20				10	40					30				
<i>Spio filicornis</i>																	
<i>Spio martinensis</i>		20				10	130					20	110				
<i>Spiophanes bombyx</i>		10					120	270					90				
<i>Tharyx spec. A</i>								10									
<i>Ampelisca brevicornis</i>																	
<i>Atylus falcatus</i>								20									
<i>Atylus swammerdami</i>								20									
<i>Bathyporeia elegans</i>																	
<i>Haustorium arenarium</i>				10					10						10		
<i>Leucothoe incisa</i>																	
<i>Leucothoe lilljeborgii</i>																	
<i>Megaluropus agilis</i>													10				
<i>Periculodes longimanus</i>								10									
<i>Pontocrates altamarinus</i>																	
<i>Urothoe poseidonis</i>								10					20				
<i>Carcinus maenas</i>																	
<i>Crangon crangon</i>												10					
<i>Diogenes pugilator</i>			10		10	30	10		10								10
<i>Liocarcinus holsatus</i>					20				10				10				
<i>Portunus latipes</i>																	
<i>Processa parva</i>												10					
<i>Idotea linearis</i>																	
<i>Balanus crenatus</i>																	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>																	
<i>Schistomysis kervillei</i>																	
<i>Diastylis bradyi</i>																	
<i>Monopseudocuma gilsoni</i>																	
<i>Nemertea</i>													10				
<i>Ophiura</i>																	
<i>Anonyx sarsi</i>													10				
<i>Echinocardium cordatum</i>																	
<i>Abra alba</i>								60			10						
<i>Ensis directus</i>	20	100	40		10	390	60	340		10	360	140	210				370
<i>Euspira pulchella</i>																	
<i>Kinorhyncha</i>													10				
<i>Kurtiella bidentata</i>																	
<i>Macoma balthica</i>																	
<i>Nassarius reticulatus</i>																	
<i>Spisula subtruncata</i>								20									
<i>Tellina fabula</i>								30									
<i>Tellinomya ferruginosa</i>																	

Soort	67	69	72	74	76	78	80	82	83	85	87	89	92	94	96	98	100
<i>Grania</i>																	
<i>Apherusa jurinei</i>																	
<i>Arenicola marina</i>																	
<i>Capitella capitata</i>		100	50		40	180	150			90		20			80	50	40
<i>Cirratulidae</i>																	
<i>Eteone</i>																	
<i>Eteone longa</i>		20				20	70									10	30
<i>Eumida sanguinea</i>																	
<i>Eumida species</i>																	
<i>Eunereis longissima</i>																	
<i>Glycera</i>																	
<i>Harmothoe imbricata</i>																	
<i>Heteromastus filiformis</i>																	
<i>Lanice conchilega</i>		30					160			10				10			10
<i>Magelona johnstoni</i>	310	100			310	10	740			10	100	50		30	270	1190	40
<i>Magelona mirabilis</i>	40	30			180					160	20				220	60	10
<i>Malmgreniella</i>							10										
<i>Malmgreniella darbouxi</i>																	
<i>Microphthalmus similis</i>			20			90											40
<i>Nephtys</i>							10				10						10
<i>Nephtys assimilis</i>																	
<i>Nephtys caeca</i>																	
<i>Nephtys cirrosa</i>	10		40	30	20	40	10	10	70	60		10	20	140	30	50	60
<i>Nephtys hombergii</i>	20	10			50		20				50				30		
<i>Notomastus latericeus</i>		10				10	70					10					
<i>Ophelia limacina</i>																	
<i>Owenia fusiformis</i>							10										
<i>Paraonis fulgens</i>								10									
<i>Pectinaria koreni</i>	10						30										
<i>Phyllodoce</i>																	10
<i>Phyllodoce mucosa</i>	50	100		10		10	370			30	10	30		10		10	240
<i>Phyllodoceidae</i>																	
<i>Polychaeta</i>																	
<i>Polydora</i>					10												
<i>Pygospio elegans</i>																	
<i>Scolecipis bannieri</i>																	10
<i>Scolecipis squamata</i>			170	30				50	20				70			20	
<i>Scoloplos armiger</i>						10	60										10
<i>Spio filicornis</i>																	
<i>Spio martinensis</i>	300	130		10	70	20	60		10	220		20		30	50	70	10
<i>Spiophanes bombyx</i>	160	100			50		430			20				100	10	60	50
<i>Tharyx spec. A</i>		10															
<i>Ampelisca brevicornis</i>																	
<i>Atylus falcatus</i>	10																
<i>Atylus swammerdami</i>							10										
<i>Bathyporeia elegans</i>		10															
<i>Haustorius arenarius</i>																	
<i>Leucothoe incisa</i>												10					
<i>Leucothoe lilljeborgii</i>																	
<i>Megaluropus agilis</i>																	
<i>Periculodes</i>	10				10												
<i>Pontocrates</i>			10											10			
<i>Urothoe poseidonis</i>			10				50										
<i>Carcinus maenas</i>																	
<i>Crangon crangon</i>							10										
<i>Diogenes pugilator</i>	10			10	20						10				20		
<i>Liocarcinus holsatus</i>									10							10	
<i>Portunus latipes</i>				10													
<i>Processa parva</i>																	
<i>Idotea linearis</i>											20						
<i>Balanus crenatus</i>																	
<i>Gastrosaccus spinifer</i>																	
<i>Schistomysis kervillei</i>														10			
<i>Diastylis bradyi</i>										10		10					
<i>Monopseudocuma</i>												10					
<i>Nemertea</i>					20		10			30		100			20	10	20
<i>Ophiura</i>							10										
<i>Anonyx sarsi</i>																	
<i>Echinocardium</i>							20										10
<i>Abra alba</i>	10	50					60			10	30						
<i>Ensis directus</i>	770	1120		160	2640	155	390		10	730	2120	60		910	780	620	470
<i>Euspira pulchella</i>																	
<i>Kinorhyncha</i>							20										
<i>Kurtiella bidentata</i>		10															
<i>Macoma balthica</i>											100						
<i>Nassarius reticulatus</i>		10					40										
<i>Spisula subtruncata</i>	10	80				40					290					10	
<i>Tellina fabula</i>							20										
<i>Tellinomya ferruginosa</i>							10										

Soort	102	103	105	107	109	112	114	116	118	120
<i>Grania postclitellochaeta</i>									80	
<i>Apherusa jurinei</i>										
<i>Arenicola marina</i>										
<i>Capitella capitata</i>		10	30	60	40	10		10	10	150
<i>Cirratulidae</i>										
<i>Eteone</i>										
<i>Eteone longa</i>			20	40	10				30	10
<i>Eumida sanguinea</i>									10	
<i>Eumida species</i>				10						
<i>Eunereis longissima</i>										
<i>Glycera</i>										
<i>Harmothoe imbricata</i>										
<i>Heteromastus filiformis</i>										
<i>Lanice conchilega</i>			30		10				50	30
<i>Magelona johnstoni</i>		10	710	1790			10	20		170
<i>Magelona mirabilis</i>		10		440						40
<i>Malmgreniella</i>										
<i>Malmgreniella darbouxi</i>									20	
<i>Microphthalmus similis</i>				20	250	10		40	1550	
<i>Nephtys</i>				20						
<i>Nephtys assimilis</i>										10
<i>Nephtys caeca</i>										
<i>Nephtys cirrosa</i>	30	140		30			190	80	90	30
<i>Nephtys hombergii</i>			50	50						10
<i>Notomastus latericeus</i>			10	40	10				20	
<i>Ophelia limacina</i>									20	
<i>Owenia fusiformis</i>										
<i>Paraonis fulgens</i>	50					20				
<i>Pectinaria koreni</i>										
<i>Phyllodoce groenlandica</i>										
<i>Phyllodoce mucosa</i>		20	130	130	20	10	10	10	70	30
<i>Phyllococidae</i>					10					
<i>Polychaeta</i>									10	
<i>Polydora</i>										
<i>Pygospio elegans</i>										
<i>Scolelepis bannieri</i>				10						
<i>Scolelepis squamata</i>	90	60	10		10	160				
<i>Scoloplos armiger</i>			10	10	20				40	30
<i>Spio filicornis</i>										
<i>Spio martinensis</i>		20	90	280			130	10	10	40
<i>Spiophanes bombyx</i>		50	240	30			10			10
<i>Tharyx spec. A</i>										
<i>Ampelisca brevicornis</i>										
<i>Atylus falcatus</i>							10			
<i>Atylus swammerdami</i>			10							
<i>Bathyporeia elegans</i>										
<i>Haustorium arenarium</i>										
<i>Leucothoe incisa</i>										
<i>Leucothoe lilljeborgii</i>										
<i>Megaluropus agilis</i>					10					
<i>Periculodes longimanus</i>			10							
<i>Pontocrates altamarinus</i>		10				20				
<i>Urothoe poseidonis</i>				30						
<i>Carcinus maenas</i>		10				10				
<i>Crangon crangon</i>										
<i>Diogenes pugilator</i>				40			10			
<i>Liocarcinus holsatus</i>										
<i>Portunus latipes</i>										
<i>Processa parva</i>										
<i>Idotea linearis</i>										
<i>Balanus crenatus</i>										20
<i>Gastrosaccus spinifer</i>										
<i>Schistomysis kervillei</i>										
<i>Diastylis bradyi</i>		10						10	50	
<i>Monopseudocuma gilsoni</i>										
<i>Nemertea</i>			30	20	10		10	10	70	
<i>Ophiura</i>										20
<i>Anonyx sarsi</i>										
<i>Echinocardium cordatum</i>										
<i>Abra alba</i>										
<i>Ensis directus</i>		160	880	1060	100		220	910	760	530
<i>Euspira pulchella</i>										
<i>Kinorhyncha</i>				10						
<i>Kurtiella bidentata</i>									10	
<i>Macoma balthica</i>										
<i>Nassarius reticulatus</i>										
<i>Spisula subtruncata</i>			120							
<i>Tellina fabula</i>			10							
<i>Tellinomya ferruginosa</i>										

## Bijlage F: Opmerkelijke soorten Van Veen happer

David Tempelman, Grontmij, april 2011. Alle foto's: T. van Haaren en D. Tempelman (Grontmij).

De meeste van de aangetroffen soorten in het Zandmotor-project zijn bekende, algemeen in het kustgebied voorkomende soorten. Onder de aangetroffen fauna is echter ook een aantal opmerkelijke soorten. Er zijn zelfs drie soorten aangetroffen, die niet eerder voor Nederland werden gemeld:

***Grania postclitellochaeta*** (Oligochaeta, Enchytraeidae) (locaties 38, 118 en 148) – deze worm was nog niet eerder in Nederland bekend (Van Haaren & Soors, in voorbereiding). Deze soort is draaddun, en doet op het eerste gezicht denken aan een nematode. Bij nadere inspectie blijkt de worm echter borstels te hebben. Typerend voor het genus *Grania* is dat deze borstels slechts in het achterste deel van het lichaam aanwezig zijn (foto 1), en pas achter het zadel 'beginnen': vandaar de soortnaam *postclitellochaeta*. Op de detailfoto is te zien, dat de borstels enkelpuntig zijn en een sterk verbrede voet hebben (foto 2). Omdat de soort zeer dun is, zal een groot deel door de zeef spoelen. Het is daarom aannemelijk dat de soort plaatselijk talrijk aanwezig is. Oligochaeten werden en worden in marien onderzoek traditioneel niet nader gedetermineerd (*Oligochaeta* indet.). Van Haaren & Soors (in voorbereiding) bieden determinatietabellen voor deze diergroep.



Foto 1, links: Habitus van *Grania postclitellochaeta* (Zandmotor, locatie 38). Kleuring: Bengaals Roze.

Foto 2, rechts: Detail van een borstel, met duidelijk sterk verbrede voet.

***Malmgrenia darbouxi*** (Polychaeta, Polynoidae) (locaties 38, 49 en 118) zijn Zeerupsen die leven in de kokers van andere borstelwormen, zoals de zandkokerworm (*Lanice conchilega*) en wadpier (*Arenicola marina*). Mogelijk leven ze daar van 'afval' van de gastheer. Ze worden echter ook veel 'los' in monsters aangetroffen. Een correcte determinatie was altijd problematisch. In dit onderzoek heeft Dr. Barnich (Senckenberg instituut, Frankfurt) de soort mede-gedetermineerd. Daarmee is aangetoond dat de soort *Malmgrenia darbouxi* ook in de Nederlands kustzone voorkomt. Net als de voorgaande soort is de worm dus niet nieuw, maar nooit eerder herkend. De soort is onder andere te herkennen aan de vorm van de parapodia (de 'flapjes' aan weerszijden van het lichaam) en de vorm van de borstels; een van de kenmerken van deze soort is de aanwezigheid van een lange, slanke borstel in het notopodium. Voor de determinatie van deze soort is het determinatiewerk van Barnich (2010) gebruikt, wat beschikbaar is gesteld tijdens de taxonomische workshop in het NMBAQC-programma (Dove Laboratory, Cullercoats, november 2010).



Foto 3, links De schubworm *Malmgrenia darbouxi* (locatie 49).

Foto 4, rechts Detail van de borstels in het notopodium van een van de voorste segmenten.

***Tharyx spec. A. sensus*** Worsfold, 2009 (Polychaeta, Cirratulidae) – Deze soort is voorheen mogelijk wel aangezien voor *Aphelochaeta marioni*. De Cirratulidae is een lastig te determineren polychaetenfamilie. Verschillende soorten, zoals beschreven in Worsfold, 2009 hebben een voorlopige naam, zoals ook *Tharyx spec. A*. De soort verschilt van *Chaetozone*-soorten en van *Aphelochaeta marioni* onder andere door de aanwezigheid van 'knob-tipped chaetae' in het staartdeel van het lichaam (zie detailfoto). De andere soorten hebben enkelpuntige borstels. Een andere Cirratulidae-soort met dergelijke dubbel-toppige staartborstels is *Tharyx killariensis*, die in de Oestergronden voorkomt. Die soort heeft echter onder andere een langer prostomium.



Foto 5, links: De Cirratulidae worm *Tharyx spec. A* (locatie 49).

Foto 6, rechts: Detail van enkele staartborstels. De borstel op de voorgrond is duidelijk twee-toppig: een knob-tipped chaeta. Foto genomen bij 1000X vergroting.



## Literatuur

- Barnich, R. (2010). Identification of scale worms in British and Irish waters. Document gepresenteerd op de NMBAQC workshop scaleworms, Newcastle, november 2010. Senckenberg – Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt. Versie oktober 2010. Frankfurt, 12p en pictorial key.
- Haaren, T. van & J. Soors (in voorbereiding). Aquatic oligochaetes of The Netherlands and Belgium and notes on the occurrence in Germany including annotated and illustrated keys to species (Annelida, Clitellata). Amsterdam / Gent, 269p.
- Worsfold, T. (2009). Progress on the identification of Cirratulidae in British and Irish waters through the NMBAQS-scheme 1996-2009. Uitgave Unicomare, 114p.

## Bijlage G: Soortensamenstelling natte strand

Tabel 11 Dichtheden (aantal per vierkante meter) van het macrobenthos verzameld op het natte strand.

Station	<i>Grania</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Scolecipis squamata</i>	<i>Hauistorius arenarius</i>	<i>Pontocrates altamarinus</i>	<i>Pontocrates arcticus</i>	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Scatella</i>	<i>Mytilus edulis</i>	Aantal soorten	Totale dichtheid
121			420	10	100					3	530
122			70							1	70
123			570	30						2	600
124			890	50						2	940
125										0	0
126			400	20		40				3	460
127			840	50	50					3	940
128			1150	110			10			3	1270
129			680	190			60			3	930
130										0	0
131			20							1	20
132			30							1	30
131										0	0
134								10		1	10
135										0	0
136			10							1	10
137										0	0
138			50							1	50
139										0	0
140										0	0
141			60				10			2	70
142			900	10			10			3	920
143			130							1	130
144								30		1	30
145										0	0
146			20							1	20
147			30							1	30
148	10		350	10						2	360
149										0	0
150										0	0
151			710							1	710
152			430							1	430
153			60							1	60
154			200							1	200
155			10							1	10
156				10						1	10

Station	<i>Grania</i>	<i>Nephtys cirrosa</i>	<i>Scolecipis squamata</i>	<i>Haustorium arenarium</i>	<i>Pontocrates alkanarinus</i>	<i>Pontocrates arcticus</i>	<i>Eurydice pulchra</i>	<i>Scatella</i>	<i>Mytilus edulis</i>	Aantal soorten	Totale dichtheid
157		10	100	20						3	130
158			20	10						2	30
159			20							1	20
160										0	0
161			80							1	80
162			210	20						2	230
163			150	20						2	170
164			100							1	100
165										0	0
166				10						1	10
167			410							1	410
168			250	10						2	260
169				20						1	20
170										0	0
171										0	0
172		20		10						2	30
173			10	10				10		3	30
174										0	0
175										0	0
176										0	0
177										0	0
178			10							1	10
179			50							1	50
180										0	0