

Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2

Evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010 - 2014

J.W.M. Wijsman, R. van Hal en R.H. Jongbloed

Deltares project 1205045-000
IMARES project 4303103201

© Deltares, 2015

Titel

Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor - Fase 2 Evaluatie benthos, vis, vogels en zeezoogdieren 2010 - 2014

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer, Leefomgeving	1205045-000	1205045-000-ZKS-0107 IMARES C125/15	109

Trefwoorden

Zandmotor, benthos, vis, vogels, zeezoogdieren, evaluatie.

Samenvatting

Dit document beschrijft de resultaten van de tussentijdse evaluatie voor het onderdeel ecologie van monitoring en evaluatieproject Zandmotor. In deze evaluatie zijn de hypothesen getoetst aan de hand van de veldgegevens die zijn verzameld in de periode 2010 tot en met 2014. Deze evaluatie is een opmaat voor de evaluatie die in 2016 zal worden uitgevoerd aan het eind van Fase II van dit project.

De meest recente gegevens voor bodemdieren en vis die zijn meegenomen in deze evaluatie dateren van het najaar van 2013. De Zandmotor bestond toen al 2 jaar. De analyses laten duidelijke patronen zien die mede zijn veroorzaakt door de aanwezigheid van de Zandmotor. Zo is er in de beschutte gebieden in en rond de Lagune een specifieke bodemdiergemeenschap aangetroffen die niet wordt aangetroffen in de meer geëxponeerde gebieden. Aanvankelijk was de beschutte lagune ook een geschikt gebied voor juveniele schol, maar waarschijnlijk vanwege de invang van organisch rijk slib in de lagune is dit snel minder geworden. De stranden van de lagune zijn wel een interessant gebied geworden voor steltlopers, meeuwen en aalscholvers.

De verwachting is dat de meer geleidelijke sedimentatie (over een periode van 20 jaar) van het zand van de Zandmotor aan de stranden en de vooroever zullen leiden tot een andere bodemdiergemeenschap ten opzichte van de bodemdiergemeenschap die iedere 3-5 jaar wordt verstoord door een reguliere suppletie. De gegevens tot 2013 (2 jaar na de aanleg van de Zandmotor) laten nog geen duidelijke verschillen zien tussen het gebied waar de Zandmotor is aangelegd, het gebied ten zuiden van de Zandmotor en het gebied ten noorden van de Zandmotor waar verwacht wordt dat het sediment van de Zandmotor zal worden afgezet. Het is op dit moment ook nog te vroeg om de effecten van de Zandmotor te kunnen vergelijken met een reguliere strand of vooroeversuppletie. Mogelijk dat deze effecten zich de komende jaren wel zullen gaan openbaren.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	Sept. 2015	Dr. Ir. J.W.M. Wijsman (IMARES)		prof. dr. R.W.P.M. Laane (Laane Advies)		drs. F.M.J. Hoozemans (Deltares)	
		Ir. R. van Hal (IMARES)		dr. ir. M.J. Baptist (IMARES)		dr. ing. R.E. Trouwborst (IMARES)	
		Dr. R.H. Jongbloed (IMARES)					

Status

definitief

Inhoud

1 Introductie **1**
1.1 Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor 1
1.2 Beschrijving meetprogramma perceel Ecologie 2
1.3 Doelstelling evaluatie 3

2 Monstername, metingen en data **5**
2.1 Benthos 5
2.1.1 Opzet van het meetplan 6
2.1.2 Monstername 10
2.1.3 Analyse 10
2.2 Vis 11
2.2.1 Monitoring rondom de Zandmotor 11
2.2.2 Lagune monitoring 12
2.3 Vogels en zeezoogdieren 13

3 Hypothesen en analyses **15**

4 Resultaten & discussie **19**
4.1 Sediment 19
4.1.1 Korrelgrootteverdeling 19
4.1.2 Organisch koolstof en totaal N 26
4.2 Benthos 28
4.2.1 Schaaf 28
4.2.2 Strand 42
4.2.3 Van Veen Happer 48
4.3 Vis en epibenthos in het najaar 60
4.3.1 Post-hoc power analyse 60
4.3.2 Resultaten vis en epibenthos 64
4.3.3 Evaluatie van de bemonstering 69
4.4 Vis in de lagune 71
4.4.1 Groei van schol 74
4.4.2 Discussie 77
4.5 Vogels 78
4.6 Zeezoogdieren 82

5 Toetsing van de hypothesen **85**
5.1 Hypothese EF2-2a 85
5.2 Hypothese EF2-2b 85
5.3 Hypothese EF2-2c 86
5.4 Hypothese EF2-2d 86
5.5 Hypothese EF2-2e 87
5.6 Hypothese EF3-1b1 87
5.7 Hypothese EF3-1b2 87
5.8 Hypothese EF3-1b3 88
5.9 Hypothese EF3-1b4 88
5.10 Hypothese EF3-1b5 89

5.11 Hypothese EF3-1b6 89

6 Vervolgmonitoring 91
6.1 2015 en 2016 91
6.1.1 Sediment 91
6.1.2 Bodemdieren 91
6.1.3 Vis 91
6.1.4 Vogels en zeezoogdieren 91
6.1.5 Ecotopen 92
6.2 Fase III: 2016 – 2020 92

Literatuur 93

Bijlage A: Ruimtelijke verdeling soorten schaaf 95

Bijlage B: Clusteranalyse Schaafdata 99

Bijlage C: Ruimtelijke verdeling soorten Van Veen 101

Bijlage E: Overzicht aantal gevangen vissen 107

1 Introductie

1.1 Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor

Tussen maart en oktober 2011 is er in opdracht van Rijkswaterstaat en de Provincie Zuid-Holland een grootschalige strandsuppletie aangelegd tussen Ter Heijde en Kijkduin, de Zandmotor. De Zandmotor is een schiereiland in de vorm van een haak. Bij aanleg stak de Zandmotor 1.5 km de zee in en was aan het strand 2 km breed. Voor de aanleg is ongeveer 21.5 miljoen m^3 (volumes in het beun) zand gebruikt, waarvan 19 miljoen m^3 is gebruikt voor de aanleg van de haak en de rest voor additionele vooroeversuppleties ten noorden en ten zuiden van de zandhaak. De Zandmotor is het eerste experiment met een zogenaamde megasuppletie.

De idee is dat de Zandmotor langzaam erodeert door wind, golven en getijdenbeweging en dat het zand de kustlijn ten noorden van de Zandmotor versterkt. De Zandmotor is een alternatief voor de strand en vooroeversuppleties die iedere 4-5 jaar dienen te worden herhaald. Het eenmalig aanbrengen van een grote hoeveelheid zand is goedkoper dan het herhaaldelijk aanbrengen van kleinere hoeveelheden zoals gebeurt bij de reguliere vooroever- en strandsuppleties. Tevens leidt het tot minder verstoring van bijvoorbeeld de recreatie en de zeebodem en de daarin levende bodemdiergemeenschap. Deze krijgt daardoor meer kans om zich te ontwikkelen.

Met het concept van een Zandmotor is nog geen ervaring opgedaan. Het project Monitoring en Evaluatie Zandmotor is opgestart om de ontwikkelingen op en rond de Zandmotor te volgen en hier kennis en ervaring uit op te doen. Uitgangspunt van de monitoring zijn de vier hoofddoelstellingen en de beheerdoelstelling van de Zandmotor zoals geformuleerd in het MER (Fiselier, 2010):

- MER 1: Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied tussen Hoek van Holland en Scheveningen voor veiligheid, natuur en recreatie;
- MER 2: Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud meerwaarde voor recreatie en natuur kan opleveren;
- MER 3: Het toevoegen van aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse Kust.
- MER 4: Het vergaren van voldoende en adequate informatie om de Zandmotor en omgeving op een goede wijze te kunnen beheren.

De Zandmotor kan op verschillende manieren effect hebben op de bodemdiergemeenschap op het strand en de vooroever. De verwachting is dat een Zandmotor een levensduur heeft van 20 jaar. Dat betekent dat bij kustsuppleties met een Zandmotor over een relatief klein oppervlak de bodemdiergemeenschap iedere 20 jaar bedekt zal worden met een dikke laag zand. Het ruimere gebied rondom de Zandmotor zal geleidelijk worden voorzien met zand dat erodeert van de Zandmotor. Aangenomen wordt dat een groter aantal normaliter in de kustzone voorkomende soorten bodemdieren om kan gaan met deze geleidelijke bedekking met zand. Bij reguliere vooroever- en strandsuppleties daarentegen wordt de bodemdiergemeenschap over een groter oppervlak iedere 4-5 jaar met een laag sediment bedekt. De verwachting is dat deze innovatieve vorm van kustsuppletie zich zal uitten in de samenstelling van de bodemdiergemeenschap waarbij er betere kansen zijn voor

langlevende soorten. Daarnaast is de verwachting dat de vorm van de Zandmotor zal leiden tot een grotere diversiteit in habitats (stroomsnelheid, golfenergie en sedimentsamenstelling) dan normaliter voorkomt in het gebied. Dit kan een effect hebben op de ruimtelijke verdeling van de bodemdiergemeenschap en op het aantal soorten in de kustzone rondom de Zandmotor. Het benthos is een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveaus (vogels en vis en indirect zeezoogdieren) en daarmee kunnen effecten van de Zandmotor op de bodemdiergemeenschap (samenstelling en biomassa) ook effect hebben op de hogere trofische niveaus.

De hoog abstracte doelen en beheerdoelstellingen zijn vertaald in meer concrete hypothesen en evaluatievragen (Ebbens en Fiselier, 2010), waarmee de noodzakelijke informatiebehoefte voor evaluatie is bepaald. De informatiebehoefte bestaat hierbij uit de indicatoren en de periode, frequentie en gebied waarin deze gemonitord dienen te worden, evenals de parameters en meetmethode om de indicatoren af te kunnen leiden. De opzet van het huidige monitoring- en evaluatieprogramma is uitgebreid beschreven in het Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. In dit document is het monitoringsplan en de evaluatiesystematiek beschreven voor de Pilot Zandmotor voor de periode 2011 tot en met 2021. De evaluatiesystematiek is gericht op het evalueren van de MER doelen en de beheerdoelstellingen van de Zandmotor en het kunnen voldoen aan de vergunningsvoorwaarden betreffende het aanleveren van monitoring gegevens.

Globaal is het project monitoring en evaluatie pilot Zandmotor opgesplitst in twee onderdelen: (1) duinen en (2) strand en vooroever. Het consortium onder leiding van Witteveen en Bos richt zich op de veranderingen in morfologie, vegetatie en fauna van de duinen. Het consortium van Deltares en IMARES richt zich op het monitoren van het strand en de vooroever van de Zandmotor. Deltares is daarbij verantwoordelijk voor de abiotiek (morfologie, hydrologie) maar ook het databeheer en de integratie. IMARES is verantwoordelijk voor de biotiek (bodemdieren, vissen, vogels en zeezoogdieren).

Deze rapportage beschrijft de tussentijdse resultaten van de ecologische monitoring die is uitgevoerd tussen 2010 en 2014.

1.2 Beschrijving meetprogramma perceel Ecologie

Het perceel ecologie van het strand en de vooroever bestaat uit een 5 tal onderwerpen:

1. Bodemdieren
2. Vis
3. Vogels
4. Zeezoogdieren
5. Ecotopen

De nadruk bij de monitoring ligt bij bodemdieren en vis. Vogels en zeezoogdieren worden slechts beperkt gemonitord en dit beperkt zich tot jaarlijks drie tellingen van een dag en analyse van tellingen door vrijwilligers. Dit is conform de aanbevelingen van de begeleidingscommissie monitoring Zandmotor (Tonnon e.a., 2011). De monitoring van vogels en zeezoogdieren is wel opgepakt in het NatureCoast programma, waar gebruik wordt gemaakt van de Argus mast en een radarsysteem om vogels en zeezoogdieren te observeren.

1.3 Doelstelling evaluatie

In het uitvoeringsprogramma (Tonnon e.a., 2011) zijn een aantal evaluatievragen en bijbehorende hypothesen gedefinieerd (zie hoofdstuk 3). Het monitoring en evaluatieprogramma is opgesteld met het doel de hypothesen te toetsen en de evaluatievragen te beantwoorden.

De relatief abstracte werkhypothesen uit het uitvoeringsprogramma zijn verder geconcretiseerd tot meer toetsbare hypothesen in het hypothesendocument (Boon e.a., 2013). Tevens zijn er indicatoren opgesteld waarmee de hypothesen zouden kunnen worden getoetst. Aan het eind van fase 2 van dit project in 2016 zullen de verzamelde gegevens worden gebruikt om de hypothesen te toetsen en te onderzoeken of de gestelde doelen zijn gehaald.

Na de aanleg van de Zandmotor in 2011 is de monitoring gestart. Voorafgaand is er nog een T_0 meting uitgevoerd voor het benthos (Wijsman en Verduin, 2011) en is de T_0 situatie voor de overige parameters beschreven (Tonnon en Baptist, 2011).

De tussentijdse evaluatie 2014 heeft tot doel kritisch te kijken naar het verloop van de monitoring die is uitgevoerd in de periode na de aanleg. Hierbij zal worden aangegeven wat er goed is gegaan en waar er verbetermogelijkheden zitten. Indien nodig kunnen er aanpassingen worden gemaakt in het programma voor 2015. Tevens zal er een advies worden gegeven voor de benodigde monitoring in fase III (2016 tot en met 2020).

Voor deze tussentijdse evaluatie zijn de gegevens die over de jaren zijn verzameld geanalyseerd met de focus op het vergelijk tussen de jaren. Tevens is er gekeken in hoeverre de hierboven beschreven hypothesen konden worden getoetst.

2 Monstername, metingen en data

2.1 Benthos

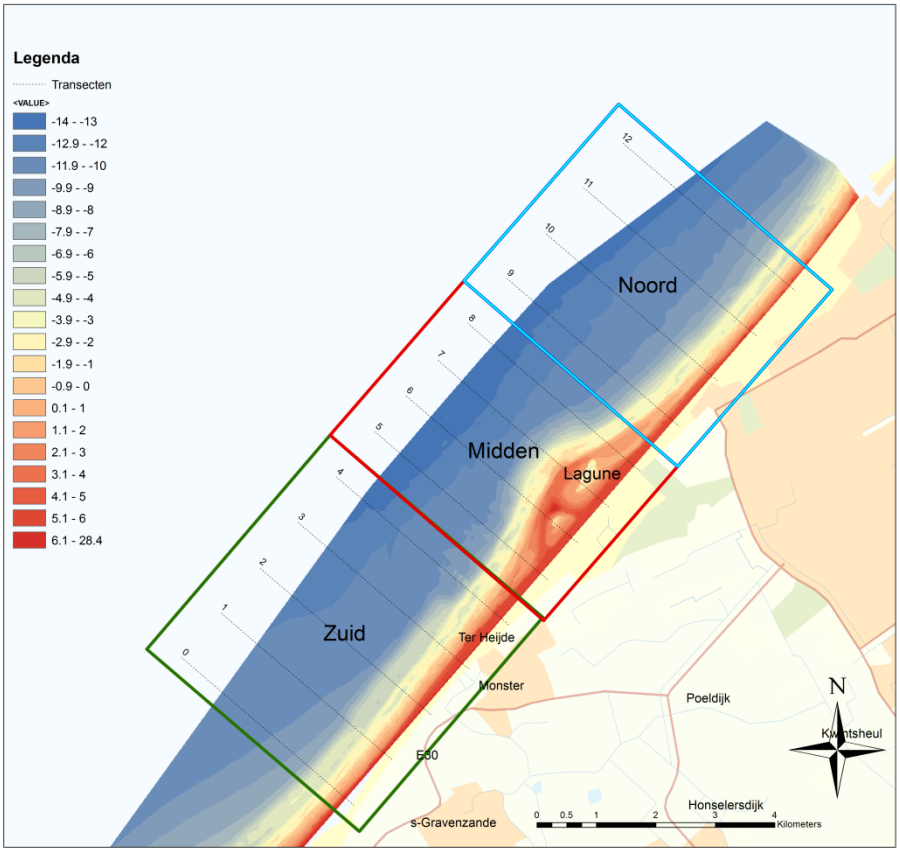
De bodemdiergemeenschap (benthos) wordt op diverse manieren beïnvloed door strand en vooroeversuppleties. Een belangrijke vorm van directe impact is begraving van de oorspronkelijke bodemdiergemeenschap met een laag sediment waarna er zich een nieuwe bodemdiergemeenschap kan ontwikkelen (Birklund en Wijsman, 2005; Goldsmit e.a., 2014). Het zijn doorgaans de kort-levende opportunistische soorten die zich als eerste zullen ontwikkelen. Suppleties kunnen ook via een verandering in sedimentsamenstelling effect hebben op de bodemdiergemeenschap (Van der Wal en Van Dalfsen, 2008; Baptist e.a., 2009).

Het onderzoeksgebied van de Zandmotor kan grofweg ingedeeld worden in drie gebieden (Figuur 1):

Zuid: Het gebied ten zuiden van de Zandmotor (raai 0 tot en met raai 4, Figuur 2 tot Figuur 5). Als gevolg van het netto kustlangs transport naar het noorden kan worden verwacht dat het zand van de Zandmotor over het algemeen niet in dit gebied zal sedimenteren. De term referentie voor dit gebied is discutabel omdat de Zandmotor ook invloed zal hebben op sedimentatie/erosie processen in dit gebied. Mogelijk zal de uitstralende werking van de Zandmotor leiden tot lagere stroomsnelheden in dit gebied waardoor het gebied zal aanzanden met sediment uit het zuiden of vanuit dieper water. Reguliere suppleties zijn dan in de nabije toekomst niet nodig. Indien het gebied, ondanks de uitstralende werking van de Zandmotor blijft eroderen zal het mogelijk in de toekomst weer dienen te worden versterkt door middel van een reguliere (vooroever) suppletie. In dat geval kan het gebied worden beschouwd als een “referentiegebied”.

Midden: Dit is het gebied waar de Zandmotor is aangelegd (raai 5 tot en met raai 8, Figuur 2 tot Figuur 5). De oorspronkelijke zeebodem is hier bedekt met een dikke laag zand dat deels permanent boven water uitsteekt. Aan de zeezijde is een sterke diepte gradiënt ontstaan en golven en stroming zorgen hier voor een dynamisch klimaat

Noord: Het gebied ten noorden van de Zandmotor (raai 9 tot en met raai 12, Figuur 2 tot Figuur 5). Als gevolg van de dominante stroomrichting naar het noorden wordt verwacht dat het meeste zand van de Zandmotor ten noorden van de Zandmotor zal worden afgezet. Verwacht wordt dat het gebied als gevolg van de Zandmotor een depositiegebied zal worden met een sterk reliëf. Als gevolg van de geleidelijke aanzanding met zand afkomstig van de Zandmotor zullen reguliere suppleties in de nabije toekomst overbodig zijn en krijgt het bodemleven de kans zich te herstellen.



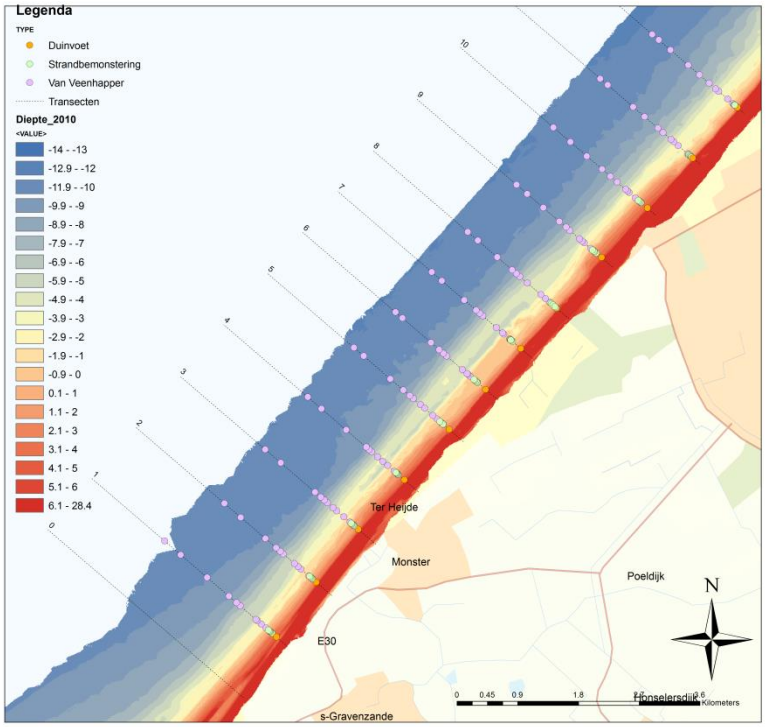
Figuur 1: Gebied rond de Zandmotor met de deelgebieden Zuid, Midden en Noord aangegeven. Tevens is op de kaart aangegeven waar de Lagune zich bevindt.

Om de effecten van de Zandmotor op de bodemdiergemeenschap in kaart te brengen is het benthos in het najaar bemonsterd in 2010 (Wijsman en Verduin, 2011), 2011 (Boon en Wijsman, 2012), 2012 (Wijsman, 2014) en 2013 (Smaal e.a., 2014). Het doel van de benthos bemonstering is inzicht te verkrijgen in de bodemdiersamenstelling in de vooroever (sublitoraal tot een diepte van 12 meter) en het strand (intertidaal) op en rond de Zandmotor. Door over meerdere jaren te monitoren kan de jaarlijkse dynamiek in bodemdiersamenstelling worden gevolgd en kan de ontwikkeling van langlevende soorten in kaart worden gebracht.

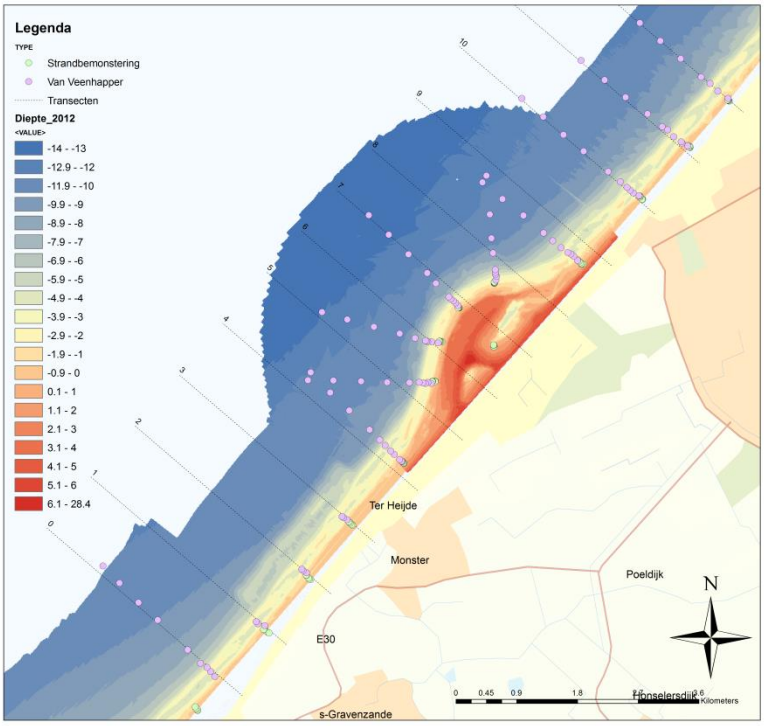
2.1.1 Opzet van het meetplan

Er is gekozen voor een monitoringopzet waarbij de monsterlocaties zijn gelegen op raaien, loodrecht op de voormalige kustlijn (Figuur 2). De 4 meest zuidelijke raaien (onderlinge afstand van 1000 meter) liggen in gebied Zuid en de 4 meest noordelijke raaien (onderling afstand 1000 meter) liggen in gebied Noord. De overige 4 raaien (onderlinge afstand 800 meter) liggen in het gebied waar de Zandmotor is aangelegd (gebied Midden). De raaien lopen van het strand tot een diepte van 12 meter t.o.v. NAP. In 2011 is er gekozen voor een iets andere aanpak waarbij de transecten niet overal evenwijdig aan elkaar liepen en elkaar soms kruisen (Figuur 3). Omdat er in 2011 nog suppletiewerkzaamheden werden uitgevoerd aan de zuidkant van de Zandmotor konden de oorspronkelijke raaien 1, 2 en 3 niet volledig bemonsterd worden. Aanvullend is er een extra raai (raai 0 toegevoegd op ongeveer 1000 meter ten zuiden van raai 1 (Boon en Wijsman, 2012). In 2011 zijn er tevens een aantal

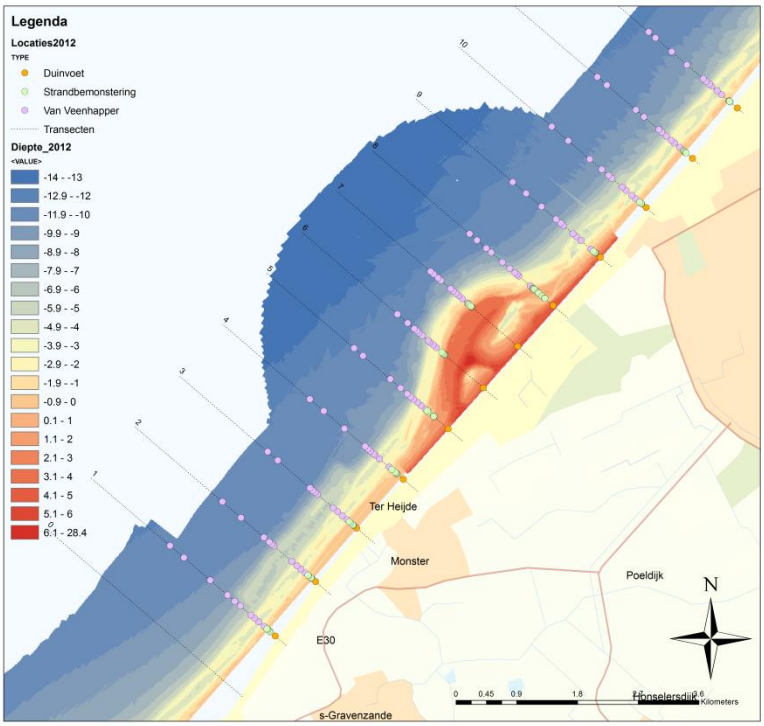
strandmonsters genomen aan de zuidzijde van de lagune. In 2012 is weer het oorspronkelijk monitoringsplan opgepakt (Wijsman, 2014). Wel zijn er op raai 8, aan de luwe zijde van de lagune een 5-tal extra strandmonsters genomen (Figuur 4). In 2012 is er een extra raai bemonsterd (raai 0). Deze raai is in de plaats gekomen van raai 4. De reden om deze raai te verplaatsen is dat er redelijk wat aanzanding optreedt op raai 4 als gevolg van de Zandmotor, waardoor deze raai te veel wordt beïnvloed door de Zandmotor (Smaal e.a., 2014). De nieuwe raai 0 ligt 1000 meter verder van de Zandmotor vandaan waardoor de stations op deze raai minder zullen worden beïnvloed door de Zandmotor. Tussen de benthosraaien zijn ook nog additionele raaien gelegd (0-a, 1-a, 2-a enz, aangegeven met de rode stippen in (Figuur 5). Op deze additionele raaien is alleen een bodemmonster verzameld voor sediment analyse en is geen benthosmonster genomen. Ook zijn er in 2013 een aantal additionele benthosmonsters genomen in de lagune (9 monsters sublitoraal en 10 monsters op het strand).



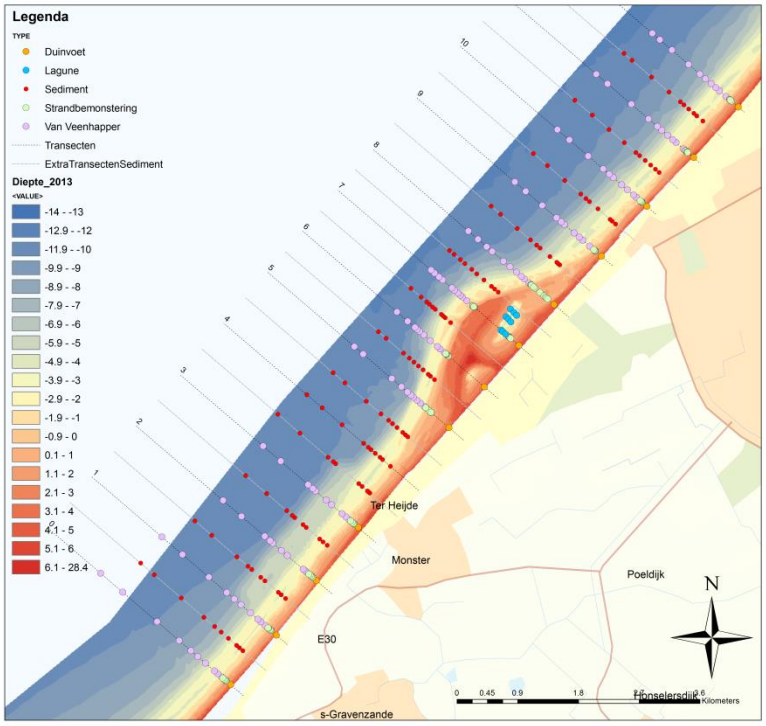
Figuur 2: Monitoringslocaties benthos Zandmotor 2010.



Figuur 3: Monitoringslocaties benthos Zandmotor 2011.



Figuur 4: Monitoringslocaties benthos Zandmotor 2012.



Figuur 5: Monitoringslocaties benthos Zandmotor 2013.

In de vooroever (sublitoraal) zijn telkens 10 monsters verzameld per transect. De exacte ligging van de monsterlocaties is bepaald aan de hand van een recente bathymetriekaart, waarbij rekening is gehouden met de diepteligging en de morfologie. Indien er een brekerbank aanwezig was op de raai zijn de bemonsterde locaties zo gekozen dat er een locatie ligt op de top van de brekerbank en een locatie in de trog voor de brekerbank. Indien er geen (duidelijke) brekerbank aanwezig is liggen de locaties op het snijpunt van de raaien met de dieptelijnen zoals aangegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Voorgenomen diepteligging (m t.o.v. NAP) van de monsterlocaties voor het macrobenthos in de vooroever.

Klasse	Diepteligging (m NAP)
1	-1.0
2	-3.0
3	-4.0
4	-5.0
5	-7.0
6	-8.0
7	-9.0
8	-10.0
9	-11.0
10	-11.5

De exacte ligging van de monsterlocaties op het strand zijn bepaald aan de hand van het actuele getij. Bij Scheveningen is de tijd tussen hoogwater en laagwater ongeveer 5 uur. De eerste monster zijn genomen tijdens hoogwater. Om de droogvalduur van de locaties per

droogvalduurklasse uniform te houden zijn er iedere 75 minuten monsters van de te bemonsteren raaien verzameld. De coördinaten van de monsterlocaties op het strand zijn geregistreerd met een handheld GPS (Garmin GPS 60).

2.1.2 Monstername

Er zijn drie verschillende typen monstertuig gebruikt om de bodemdieren te bemonsteren. Het strand is bemonsterd met een RVS steekframe (≈ 0,1 m^2). De stations in de vooroever zijn bemonsterd met een Van Veen happer en een bodemschaaf. De Van Veen happer is vooral geschikt voor het bemonsteren van de relatief kleinere (maaswijdte zeef is 1 mm), minder zeldzame, in de bodem levende dieren. Het bemonsterde oppervlak is echter beperkt (0,1 m^2) ten opzichte van de bemonsterde oppervlakte met de bodemschaaf (ongeveer 15 m^2). 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) worden kleinere organismen zoals polychaeten gemist. De bemonstering met de bodemschaaf en de Van Veen happer (of een vergelijkbare methode als de box-corer) vullen elkaar goed aan (Ens e.a., 2007) en worden vaker naast elkaar gebruikt (Wijsman e.a., 2014).

De bemonstering in de ondiepe brandingszone is niet eenvoudig en sterk afhankelijk van de weerscondities. Voor de bemonstering is een schip nodig met een geringe diepgang (liefst minder dan 0.7 meter) dat groot genoeg is om niet door de branding te worden meegenomen. Buiten dat is men ook nog afhankelijk van goed weer met weinig golven. In het najaar wanneer de bemonstering plaatsvindt is de kans op goed weer doorgaans kleiner. In 2012 waren de weersomstandigheden goed, maar in 2013 waren de weersomstandigheden slechter waardoor verschillende pogingen gestaakt dienden te worden vanwege het slechte weer. Als gevolg hiervan is de bemonstering toen uitgesmeerd over een periode van 2 maanden. Bemonstering aan het eind van de zomer moet ook vermeden worden. Nieuwsgierige recreanten zwemmen bij mooi weer vaak ver de zee op waardoor er gevaarlijke situaties kunnen optreden bij de bemonstering van de ondiepe stations.

2.1.3 Analyse

De monsters die met de schaaf zijn verzameld zijn direct aan boord uitgezocht en per soort geteld. Per soort is het versgewicht bepaald. Voor de mesheften, die meestal beschadigd zijn, is het gewicht bepaald aan de hand van de breedte van de schelp.

De monsters van het strand en de monsters die verzameld zijn in de vooroever met de Van Veen happer zijn gespoeld over een 1 mm zeef. Vervolgens zijn deze monsters geconserveerd op formaline. De soorten in de monsters zijn gedetermineerd door twee verschillende labs, IMARES en de Grontmij. Beide labs hebben elk de helft van de verzamelde monsters uitgezocht. Tijdens de T_0 studie (Wijsman en Verduin, 2011) zijn er monsters door beide labs geanalyseerd. Er waren geen systematische verschillen tussen de labs. Tevens vindt er intensieve communicatie plaats tussen de taxonomen van beide labs.

Per locatie per soort is het asvrijdrooggewicht (AFDW) bepaald met een PrepAsh. Deze verassingsoven kan 12 tot 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°C en het verassen bij 520°C. AFDW is bepaald uit het verschil tussen het drooggewicht en het gewicht na verassing.

2.2 Vis

De visgemeenschap van de Nederlandse kustzone wordt mobiel genoeg geacht om de directe impact van zandsuppletie te voorkomen. En aangezien veel van de vissen in de dynamische kustzone opportunistisch gedrag vertonen, is de verwachting dat ze zich snel kunnen aanpassen aan verstoring zoals een zandsuppletie (Greene, 2002). Echter zijn er mogelijke indirecte effecten of effecten op de langere termijn die wel een impact kunnen hebben op de visgemeenschap. Hierbij moet gedacht worden aan de verandering in voedselbeschikbaarheid doordat de benthosgemeenschap in eerste instantie wordt begraven en zich vervolgens mogelijk anders ontwikkelt. Eventuele veranderingen in sedimentsamenstelling kunnen mogelijke effect hebben op demersale vissen die zich ingraven. Daarnaast kan een zandsuppletie, en zeker in het geval van de Zandmotor die over een langere tijd zand moet aanvoeren, leiden tot verandering in turbiditeit. De grotere hoeveelheid zand in de waterkolom zou kunnen leiden tot verstoppingen van de kieuwen en mogelijke effecten kunnen hebben op de voedselbeschikbaarheid van zichtjagers. De fysieke aanwezigheid van de Zandmotor inclusief de gecreëerde lagune, kunnen zorgen voor verandering in stroming en daarmee de bereikbaarheid van het gebied. De sterke dieptegradiënt aan de zeezijde kan een niet eerder aanwezige habitat hebben gecreëerd net als dat het waarschijnlijk is dat de in de luwte liggende lagune een nieuw type habitat is welke mogelijk beschikbaar komt voor vis.

Om de effecten van de Zandmotor op de visgemeenschap in kaart te brengen en de hypotheses te beantwoorden zijn er twee verschillende monitoringsactiviteiten opgezet.

1. monitoring rondom de Zandmotor waarbij de ontwikkelingen in de verschillende deelgebieden (Zuid, Midden en Noord) met elkaar vergeleken worden.
2. monitoring in de lagune om de aanwezigheid en groei van vis in de lagune te volgen over het seizoen.

2.2.1 Monitoring rondom de Zandmotor

De monitoring van het impact gebied van de Zandmotor is opgezet als een BACI (Before, After, Control, Impact) onderzoek. De keuze van een referentie (Control) gebied is daarbij altijd discutabel. De ontwikkelingen in het referentie gebied worden daarbij beschouwd als de ontwikkeling in het impact gebied in het geval de Zandmotor niet was aangelegd. Gebied Zuid (Figuur 1) kan worden beschouwd als referentie gebied, maar zal waarschijnlijk worden beïnvloed door de uitstralende werking van de Zandmotor. De impactgebieden zijn de deelgebieden Midden (waar de Zandmotor is aangelegd) en Noord (waar het zand van de Zandmotor wordt verwacht te sedimenteren). Voor een aparte T_0 meting voor vis, voorafgaand aan de werkzaamheden was geen ruimte. Wel is er een beschrijving van de T_0 situatie gemaakt voor vis aan de hand van bestaande gegevens (Tonnon en Baptist, 2011). Vlak na de aanleg van de Zandmotor in 2011 is er door de Field Work Company, in opdracht van Deltares, een bemonstering van vis uitgevoerd (Boon en Wijsman, 2012) gebruikmakend van hun eigen vistuig. De “After” of wel T_1 en T_2 bemonstering is in augustus 2012 en oktober 2013 uitgevoerd door IMARES, gebruikmakend van een vergelijkbaar, maar zwaarder vistuig.

Alle drie de campagnes voor de vismonitoring rond de Zandmotor waren in opzet vergelijkbaar met de benthos bemonstering. Kort voor de campagnes werd aan de hand van een recente bathymetriekaart de exacte locaties op raaien loodrecht op de kust bepaald. De geografische posities van de raaien zijn hierdoor vergelijkbaar tussen de jaren, maar de geografische posities op de raaien verschillen per jaar. In 2011 zijn er vijf raaien en in 2012 en 2013 zijn er 9 van de 12 raaien bemonsterd (1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11 en 12) (Figuur 4 en

Figuur 5). Deze raaien zijn vergelijkbaar met de benthos bemonstering en daardoor kan ook de visbemonstering ingedeeld worden in dezelfde drie gebieden: Gebied Zuid (ten zuiden van de Zandmotor), Gebied Midden (Zandmotor) en gebied Noord (ten noorden van de Zandmotor).

De bemonstering van vis en epibenthos in 2011 is uitgevoerd met een 3 meter boomkor met 22 mm gestrekte maaswijdte in de kuil, zonder wekkerkettingen, enkel een verzwaarde onderpees. De bemonstering in 2012 en 2013 is uitgevoerd met een 3 meter boomkor met een gestrekte maaswijdte van 20 mm (knooploos) en drie wekkerkettingen. Het tuig en het net is speciaal gemaakt voor het onderzoek rond de Zandmotor. In 2011 is er gevist vanaf de WR220, in 2012 vanaf de YE172 en in 2013 vanaf de YE42. Er is gevist met een snelheid van 3 knopen, door wind en stroming was het lastig om nauwkeurig deze snelheid vast te houden, waardoor de daadwerkelijke snelheid tijdens vissen tussen 2,8 en 3,6 knopen lag. Op iedere bemonsteringslocatie is geprobeerd een trek uit te voeren waarbij evenwijdig aan de kust is gevaren. Tevens zijn op enkele stations metingen in doorzicht uitgevoerd met behulp van een Secchi-schijf.

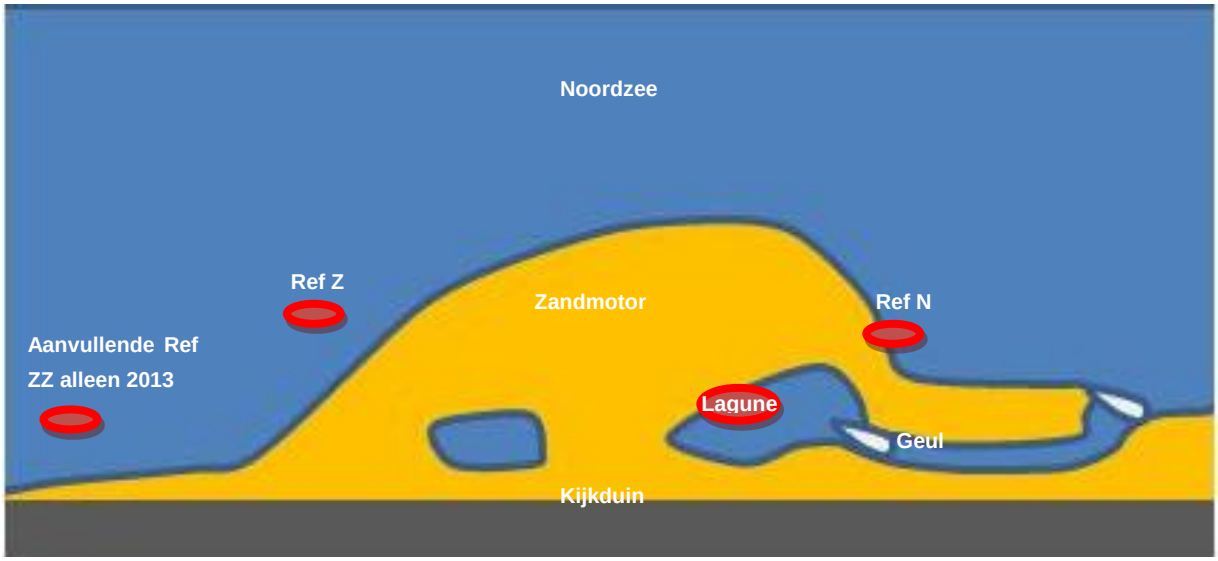
De gehele vangst (of bij grote vangsten een subsample) is uitgezocht tot op soortniveau. Van alle gevangen vissen is de lengte en het gewicht bepaald.

2.2.2 Lagune monitoring

De lagune bemonstering is gestart als pilot (Van Keeken en Van Hal, 2012) om te zien of er vis in de lagune aanwezig was, en hoe deze vis in de lagune zou zijn gekomen. Om dit te onderzoeken zijn er twee type bemonsteringen uitgevoerd:

1. bemonstering van de geul tussen de lagune en de Noordzee met planktonnetten (bemonstering van larven die de lagune in of uit gaan) en fijnmazige fuiken (vismigratie).
2. bemonstering in de lagune, en in de twee referentiegebieden buiten de lagune (REFZ en REFN) met een 2 meter boomkor (Figuur 6). Een vistrek was ongeveer 5 minuten waarbij een afstand tussen de 150 en 200 meter werd bevist. In 2013 is er nog een aanvullend referentiegebied bemonsterd (REFZZ). De bemonstering is uitgevoerd gedurende het groeiseizoen. Er is geprobeerd om van af april tot augustus iedere 2 weken 1 dag te bemonsteren. De mogelijkheid om te bemonsteren is echter zeer gevoelig voor de weersomstandigheden waardoor de geplande meetfrequentie (iedere 2 weken) niet altijd mogelijk was.

De bemonstering in de geul naar de lagune in 2012 is mislukt. Tijdens het ophalen van de netten bleken de planktonnetten compleet gevuld met zand en in de fuiken zaten veel kleine stukken hout. De weinige vissen die gevangen zijn, waren zwaar beschadigd en nauwelijks herkenbaar. In 2013 is deze bemonstering niet herhaald (Van Keeken en Wijsman, 2013).



Figuur 6: Monitoringslocaties Lagune monitoring.

Met de 2 meter boomkor is er bemonsterd met een net met een maaswijdte van 10 mm en een net met een maaswijdte van 20 mm. In 2012 is alleen in de eerste dagen gevist met een 10 mm net om de op dat moment aanwezige zeer kleine platvissen te kunnen vangen. Later in het seizoen van 2012 is met het 20 mm net gevist. In 2013 is ervoor gekozen om het gehele seizoen met beide netten te vissen. Alle vissen die zijn verzameld zijn op soort gebracht, geteld en vervolgens is de lengte gemeten op de mm nauwkeurig. De informatie is ingevoerd in het IMARES invoerprogramma Billie Turf en na datacontrole geïmporteerd in de centrale database van IMARES (FRISBE).

2.3 Vogels en zeezoogdieren

Ten behoeve van de tellingen van vogels en zeezoogdieren zijn uitgebreide handleidingen opgesteld (Witte en Wijsman, 2011a; b). Het meetplan voor vogels (Witte en Wijsman, 2011a) beschrijft de werkwijze van de monitoring van vogels op en rond de Zandmotor. Het gaat in op de meet- en observatiemethoden, de locaties en locatiekeuzes, monitoringsfrequentie en hoe de kwaliteitsborging van de meetgegevens wordt uitgevoerd. Hieronder worden kort de belangrijkste methodische punten genoemd.



Figuur 7: Indicatie van de ligging van de drie deelgebieden. Het middelste deelgebied omvat de Zandmotor. Het zuidelijke en noordelijke deelgebied kan worden beschouwd als referentiegebied. Op de Zandmotor zijn tevens de vogels in en rond het meer en de lagune geteld.

Vanwege budgettaire beperkingen is ervoor gekozen om de telling in drie deelgebieden (zie Figuur 7) gedurende slechts drie teldagen in het jaar uit te voeren; 1x in november/december, 1x in januari/februari en 1x in maart/april. Op iedere teldag wordt één telling per deelgebied uitgevoerd. De telling richt zich op alle kust- en zeevogels maar ook op zeezoogdieren die zich binnen het deelgebied op of in het water bevinden dan wel op het strand. Voorbij trekkende vogels worden niet meegenomen. Vanaf de telpunten wordt de zee met een verrekijker en telescoop gescand, tot anderhalf kilometer uit de kust. Van alle waargenomen relevante vogels wordt de afstand tot de waarnemer, afstand tot de kust en sector bepaald en op het waarnemersformulier genoteerd. Een sector omvat 30 graden en ieder deelgebied bevat drie sectoren (A-C) links van het telpunt en drie sectoren (D-F) rechts van het telpunt. Gezamenlijk bestrijken de sectoren dus een zone van 180 graden vanaf het strand tot circa anderhalf kilometer de zee op. Naast de feitelijke telgebieden zijn ook de vogels geteld in/bij het meer en de lagune van de Zandmotor. Tevens is het aantal recreanten geteld.

In de onderzoeksperiode van eind 2011 tot begin 2015 zijn een aantal gerichte tellingen naar aanwezige vogels en zeezoogdieren uitgevoerd (Witte en Wijsman, 2012; Lagerveld, 2015a; b). Deze rapportages omvatten uitsluitend een vastlegging van de waarnemingen en geen evaluatie. De waarnemingen worden in onderhavige rapport gecombineerd en geëvalueerd.

3 Hypothesen en analyses

In het hypothesendocument (Boon e.a., 2013) zijn de werkhypothesen van het uitvoeringsprogramma (Tonnon e.a., 2011) vertaald naar toetsbare hypothesen en een beschrijving van mogelijke indicatoren. Tevens is er een voorstel gedaan voor analyses die zouden kunnen worden uitgevoerd om de hypotheses te toetsen. Hieronder wordt een overzicht gegeven van de analyses en de data die hiervoor beschikbaar zijn.

Hypothese EF2-2a: *De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een verandering in de gradiënten in sedimentsamenstelling.*

- Indicatoren: korrelgrootte verdeling, Organisch C gehalte, Totaal N in het sediment. De korrelgrooteverdeling leidt tot een verzameling van parameters zoals mediane korrelgroote, fractie slib, fractie fijn zand, etc.. De analyses zullen voornamelijk gericht zijn op de mediane korrelgrootte.
- De korrelgrootte verdeling heeft een duidelijke relatie met de waterdiepte. Er zijn variantieanalyses (GAM) uitgevoerd met gebied en jaar als factor en diepte als co-variabele.

Hypothese EF2-2b: *Het eenmalig neerleggen van een grote hoeveelheid zand leidt tot een andere bodemdiersamenstelling in de ondiepe kustzone die wordt gekarakteriseerd door langer levende soorten.*

- Indicatoren: Aantallen en biomassa bodemdieren verzameld met de bodemschaaf en de Van Veenhapper. Eventueel kunnen de soorten (of in ieder geval de dominanten soorten) worden ingedeeld in r en K strategen.
- Er zijn multivariate gemeenschapsanalyses (e.g. cluster analyse, MDS) uitgevoerd op basis van de dichtheden van de soorten die zijn bemonsterd met de Van Veenhapper en de biomassas in de schaaf, waarbij gebied en jaar zijn gebruikt als factor en diepte als co-variabele. Aanvullend zijn er univariate variantieanalyses (GAM) uitgevoerd op biomassa van de schaafmonsters of afgeleide diversiteit parameters met gebied en jaar als factor en diepte als co-variabele.

Hypothese EF2-2c: *De relatieve beschutte ligging van het gebied aan de noordrand van de Zandmotor heeft een positief effect op juveniele vis en epibenthos.*

- Indicatoren: Dichtheden en biomassa van epibenthos en juveniele vis en lengtefrequentieverdelingen van juveniele vis.
- Er zijn variantieanalyses uitgevoerd op de dichtheden en biomassa van juveniele vis. Tevens zijn de lengtefrequentieverdelingen geanalyseerd.

Hypothese EF2-2d: *Als gevolg van het positieve effect van de Zandmotor op benthos en jonge vis heeft het een positief effect op zeevogels die foerageren op schelpdieren en vis in de ondiepe kustzone.*

- Indicatoren: Aantallen zeevogels en het gebruik van de Zandmotor (foerageren, rusten).
- Er zijn samenvattende figuren gemaakt van de dichtheden en het gebruik van de verschillende gebieden door zeevogels.

Hypothese EF2-2e: *De Zandmotor heeft een positief effect op zeezoogdieren in het gebied.*

- Indicatoren: Aantallen en soorten zeezoogdieren op de Zandmotor.

- Er zijn samenvattende figuren gemaakt van de aantallen zeezoogdieren op en rond de Zandmotor.

Hypothese EF3-1b1: *Als gevolg van de aanwezigheid van luwe (lagune) en geëxponeerde gebieden (zeezijde) zal de zandhaak zich karakteriseren door een diversiteit in sedimentsamenstelling.*

- Indicatoren: korrelgrootte verdeling, Organisch C gehalte, Totaal N in het sediment. De korrelgrooteverdeling leidt tot een verzameling van parameters zoals mediane korrelgroote, fractie slib, fractie fijn zand, etc. De analyses zijn voornamelijk gericht zijn op de variatie in mediane korrelgrootte tussen de verschillende gebieden.
- Specifieke aandacht zal gaan naar de metingen in de Lagune in relatie tot de meer geëxponeerde buitenzijde.

Hypothese EF3-1b2: *De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een hogere natuurwaarden in het intergetijdengebied en de ondiepe kustzone als gevolg van nieuwe en variatie in habitats.*

- Indicatoren: Het probleem bij deze hypothese zit hem in de definitie van “hogere natuurwaarden”. Het invullen hiervan is al snel suggestief. In het hypothesendocument is dit gedefinieerd in een verscheidenheid aan habitats of ecotopen, maar ook parameters als biodiversiteit en biomassa. Het idee is om in de analyse te kijken naar ruimtelijke verdeling van sedimentparameters in relatie tot benthos en juveniele vis.
- Er zal een ecotopen klassificatie worden gemaakt op basis van abiotische (e.g. diepte, sedimentsamenstelling, dynamiek) parameters. Deze ecotopen zullen worden gekoppeld/getoetst aan biotische variabelen (biomassa, diversiteit) om te onderzoeken of de ecotopen ook een belang voor de natuur hebben.

Hypothese EF3-1b3: *De sterke gradiënten (geëxponeerd strand en luwe lagune) als gevolg van de aanleg van de Zandmotor zal zich vertalen in een andere en meer diverse bodemdiergemeenschap.*

- Indicatoren: Dichtheid, biomassa en diversiteit van bodemdieren op het strand en in de lagune.
- Deze hypothese richt zich specifiek op de bodemdiergemeenschap op het geëxponeerde strand en de beschutte lagune. De analyses zullen zich voornamelijk richten op de bodemdiergemeenschap op het strand. Vooral het intergetijdengebied rond de lagune is een specifiek habitat dat niet veel langs de Nederlandse stranden wordt aangetroffen.

Hypothese EF3-1b4: *De relatief beschutte ligging van de lagune en de hoge voedselbeschikbaarheid zal de kinderkamerfunctie van het gebied doen toenemen.*

- Indicatoren: Dichtheid, biomassa, diversiteit en lengte van de juveniel vissen in de lagune.
- Deze hypothese richt zich specifiek op de visgemeenschap in de beschutte lagune. Middels variantieanalyse zal worden gekeken of er een verschil is (dichtheid, biomassa, diversiteit) in vis in de lagune en aan de buitenzijde van de Zandmotor. Ook zal er worden onderzocht of de vis in de lagune harder groeit dan aan de buitenzijde als gevolg van de beter voedselsituatie.

Hypothese EF3-1b5: *De lagune zal leiden tot een toename van steltlopers en zeevogels in het gebied.*

- Indicatoren: Voorkomen en gebruik van de Zandmotor door zeevogels en steltlopers in de lagune.
- Op basis van de beperkte tellingen (3 dagen gedurende het winterseizoen) zal er worden gekeken of er verschil zit in vogels in de lagune ten opzichte van het gebied eromheen.

Hypothese EF3-1b6: *De zandhaak zal leiden tot een foerageer- en rustgebied voor zeezoogdieren.*

- Indicatoren: Voorkomen en van zeezoogdieren op de zandhaak.
- Op basis van de gegevens van de Argus mast zal worden onderzocht of zeezoogdieren (zeehonden) specifiek gebruik maken van de zandhaak als rustplaats.

4 Resultaten & discussie

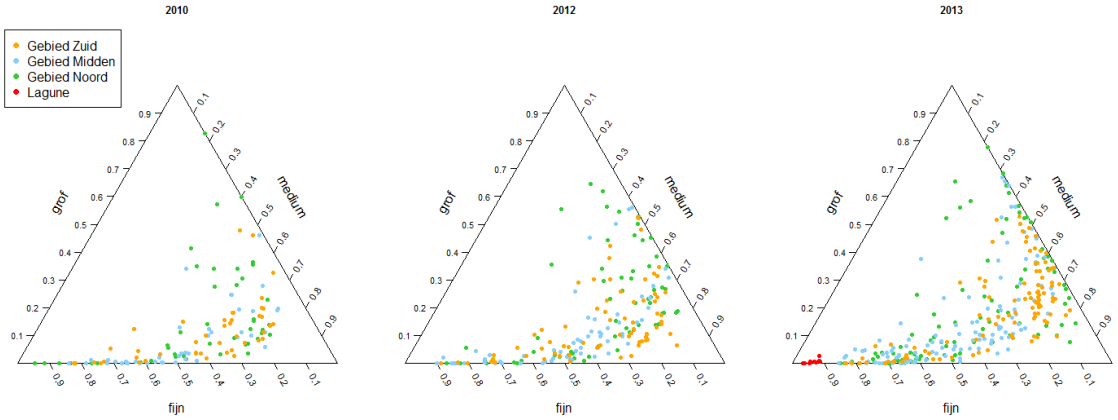
4.1 Sediment

In totaal zijn er in de jaren 2010 tot en met 2013 648 sedimentmonsters genomen die zijn geanalyseerd op korrelgrootte verdeling en samenstelling (Organisch C en totaal N). Ieder jaar zijn er 12 (op iedere transect één) sedimentmonsters genomen aan de duinvoet. Deze monsters zijn alleen geanalyseerd op korrelgrootte verdeling (Org. C en totaal N is niet bepaald in deze monsters). Verder is er op het litorale strand op iedere locatie waar een bodemdiermonster is genomen een sedimentmonster genomen (totaal 195 monsters). In de lagune zijn 9 sedimentmonsters verzameld in 2013. In de vooroever zijn er met de Van Veen happer sedimentmonsters genomen op dezelfde locaties waar ook een benthosmonster is genomen. In 2010 is de helft van de genomen monsters geanalyseerd (dezelfde locaties waar ook benthos is geanalyseerd). De overige monsters zijn niet geanalyseerd maar wel gevriesdroogd en opgeslagen. In 2013 zijn er in de vooroever nog 130 aanvullende sedimentmonsters genomen op de tussenliggende raaien. Deze aanvullende monsters zijn alleen geanalyseerd op korrelgrootte verdeling. Org. C en totaal N is niet bepaald in deze aanvullende monsters.

4.1.1 Korrelgrootteverdeling

Tabel 2: Overzicht van de genomen sedimentmonsters over de jaren 2010 tot en met 2013.

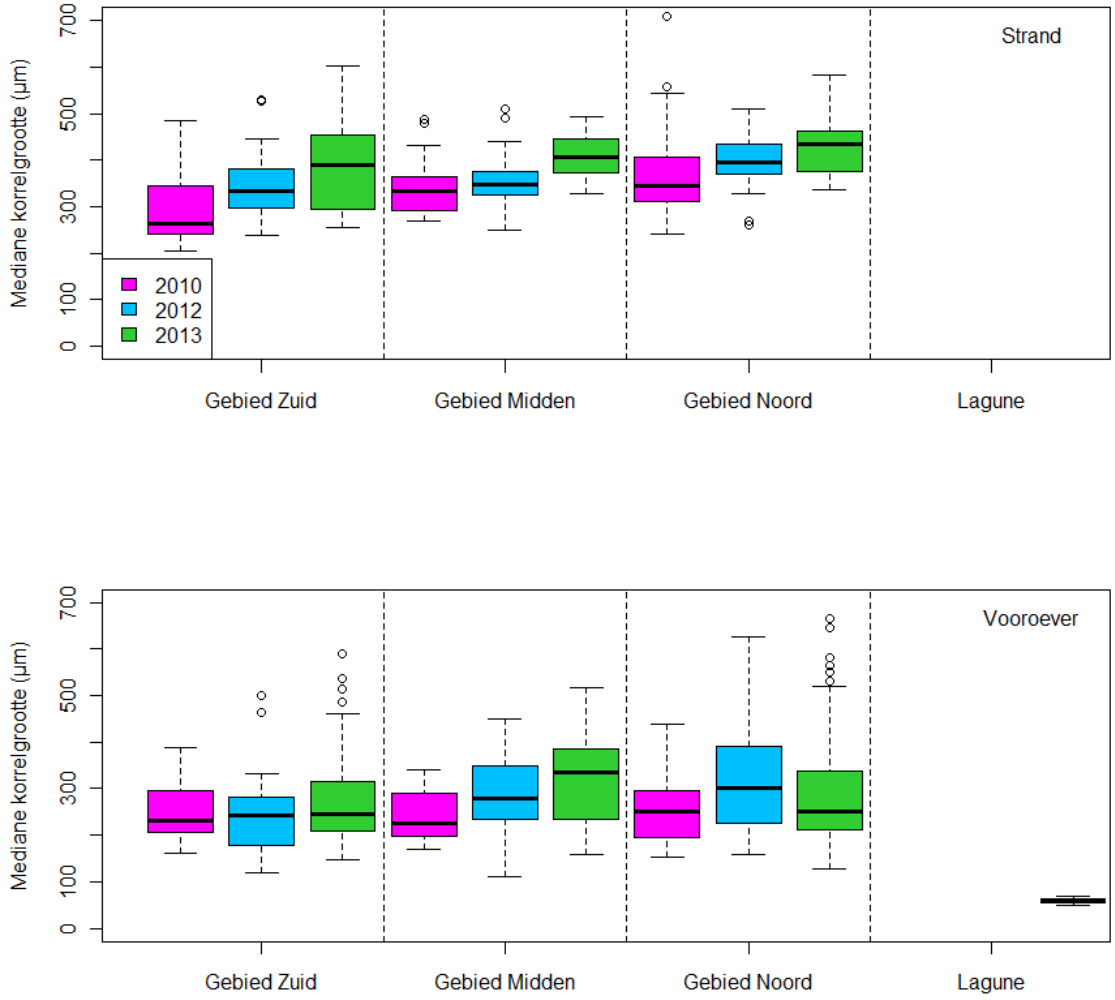
Jaar	Duinvoet	Strand	Lagune	Vooroever
2010	12	60	0	61
2012	12	65	0	120
2013	12	70	9	227



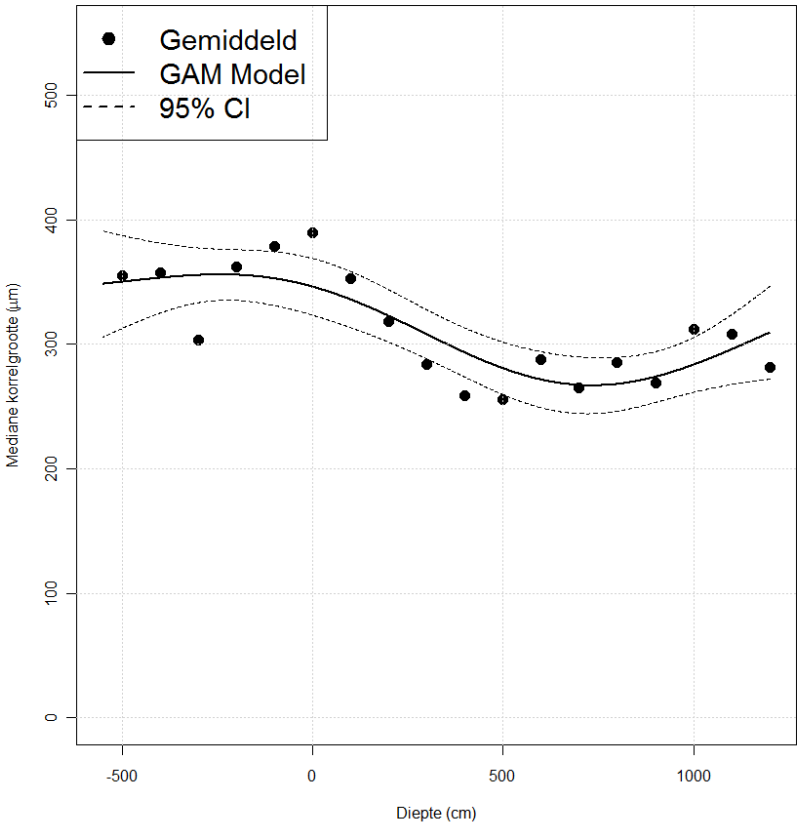
Figuur 8: Weergave van de korrelgrootte verdeling over de verschillende grootteklassen (fijn: < 250 µm, medium: 250 – 500 µm en grof: > 500 µm) voor de jaren 2010, 2012 en 2013. De kleuren van de markers geven de verschillende gebieden weer.

Uit Figuur 8 is af te leiden dat de sedimenten relatief grof zijn. Uitzondering zijn de sedimentmonsters die zijn verzameld in de lagune in 2013 met meer dan 90% van het sediment met een korrelgrootte, dat kleiner is dan 250 µm.

Op het strand lijkt de mediane korrelgrootte te zijn toegenomen na de aanleg van de Zandmotor (Figuur 9). Dit kan mogelijk het gevolg zijn van uitspoelen of wegwaaien van de fijnere fracties maar ook van aanvoer van de grovere fracties met waterbeweging. Dit geldt voor alle drie de gebieden (Zuid, Midden en Noord). Het sediment van het strand is gemiddeld ook grover dan het sediment in de vooroever. In de vooroever is er geen duidelijke trend waar te nemen zoals op het strand. Alleen het sediment van de vooroever bij de Zandmotor (gebied Midden) lijkt toe te nemen in mediane korrelgrootte. Verder is te zien dat de variatie in mediane korrelgrootte vooral groot is in het gebied ten noorden van de Zandmotor (gebied Noord) in de jaren 2012 en 2013. Het sediment in het sublitoraal deel van de lagune onderscheidt zich duidelijk van de overige gebieden door de relatief fijne sedimenten (mediane korrelgrootte 60 µm, standaard deviatie 6.2 µm).



Figuur 9: Boxplots van de mediane korrelgrootte (µm) voor de verschillende jaren (2010, 2012 en 2013) in de verschillende gebieden (A, B, C en de Lagune). Er is onderscheid gemaakt tussen de monsters die zijn genomen op het strand (bovenste plot) en de monsters van de vooroever (onderste plot).



Figuur 10: Mediane korrelgrootte als functie van de diepte (cm beneden NAP). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data (m.u.v. Lagune). De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte stippen geven de gemiddelde korrelgrootte (jaren 2010, 2012 en 2013) per meter-interval.

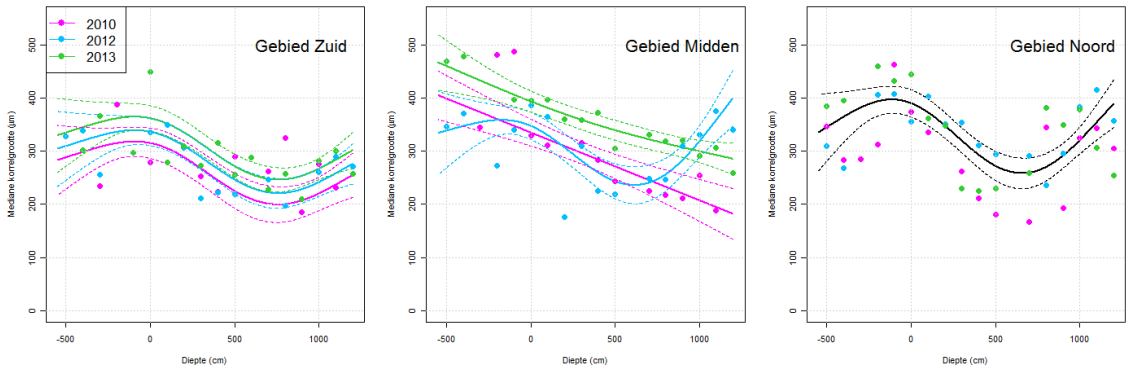
Diepte is een belangrijke co-variabele voor de mediane korrelgrootte. Een GAM (Generalised Additive Model) is gefit door alle metingen op het strand en de vooroever (met uitzondering van de metingen in de lagune). Een GAM model bestaat uit verschillende componenten: een link functie van de verklarende variabelen (in dit geval diepte), een systematische component (smoother) en een random component (variatie). De smoother kan variëren van een rechte lijn (aantal vrijheidsgraden = 1) tot een interpolatie van alle datapunten (aantal vrijheidsgraden = n-1). Bij de selectie van het beste model dient aan de ene kant het aantal vrijheidsgraden te worden geminimaliseerd en aan de andere kant dient de fit zo goed mogelijk te zijn. Deze optimalisatie worde bereikt met behulp van een zogeheten “minimized gereralized cross validation”.

Het GAM model van Figuur 10 is significant ($p<0.05$) en geeft aan dat er een significant effect is van waterdiepte op de mediane korrelgrootte. Op het strand (tot ongeveer 1 meter beneden NAP is de mediane korrelgrootte het grootst. Er is een piek in mediane korrelgrootte te zien rond NAP. Dit is mogelijk het gevolg van de doorgaans grote golfenergie in deze zone. Daarna neemt de mediane korrelgrootte af met een minimum tussen de 3 en 8 meter beneden NAP. Op grotere diepten neemt de mediane korrelgrootte weer iets toe. De zwarte stippen in Figuur 10 zijn de gemiddelde waarde per diepteklasse (iedere meter ten opzichte van NAP).

Om de verschillen in mediane korrelgrootte tussen de verschillende gebieden en de verschillende jaren te onderzoeken zijn er aanvullend GAM modellen gefit met respectievelijk jaar en gebied (A, B en C) als factor (Figuur 11 en Figuur 12). Voor iedere figuur zijn drie GAM modellen gemaakt. Als eerste is er een GAM model (Model_0) gemaakt waarbij er geen onderscheid is gemaakt tussen de factoren (zelfde intercept en smoother voor alle data). Vervolgens is er een model gemaakt (Model_1) waarbij de smoother is vastgezet en het intercept is gevarieerd. Ten slotte is er een model gemaakt (Model_2) waarbij zowel het intercept als de smoother zijn gevarieerd.

Middels ANOVA en Akaike's Information Criterium (AIC) zijn de drie modellen met elkaar getoetst op significantie. Eerst is het meest eenvoudige model (Model_0) vergeleken met Model_1. In het geval dat Model_1 significant beter is dan Model_0 is een tweede toets uitgevoerd waarbij Model_1 is vergeleken met Model_2. Bij de ANOVA is een α van 0.05 aangehouden. Bij de AIC test is gekeken naar $\Delta_p = cAIC_{Model1} - cAIC_{Model2}$. Als de waarde voor Δ_p groter is dan 2 is model 2 significant beter dan model 1.

In Figuur 11 staan de resultaten voor de verschillende gebieden over de hele range vanaf het strand tot in de ondiepe vooroever. In Gebied Noord is Model_0 significant het best fittende model (Tabel 3). Dit houdt in dat er geen significant verschil is tussen de jaren. Het patroon met de diepte is voor alle jaren gelijk. Het patroon vertoond veel overeenkomsten met het patroon in Figuur 10. In gebied Zuid is er wel een significant verschil tussen de jaren (Model_1 is het significant beste model, Tabel 3), maar de vorm van het patroon over de diepte verschilt niet tussen de jaren. In 2013 is de mediane korrelgrootte in gebied Zuid significant groter dan tijdens de T_0-meting in 2010 (p=0.004). In Gebied Midden zijn zowel de patronen als het intercept significant verschillend (Model_2 is het beste model, Tabel 3). In 2013 en 2010 neemt de mediane korrelgrootte in gebied Midden meer lineair af met de diepte, terwijl het patroon in 2012 meer lijkt op het patroon in de gebieden Zuid en Noord, met een toename in mediane korrelgrootte op grotere diepten (> 7 meter). In 2013 is het sediment in Gebied Midden significant grover dan in 2010.

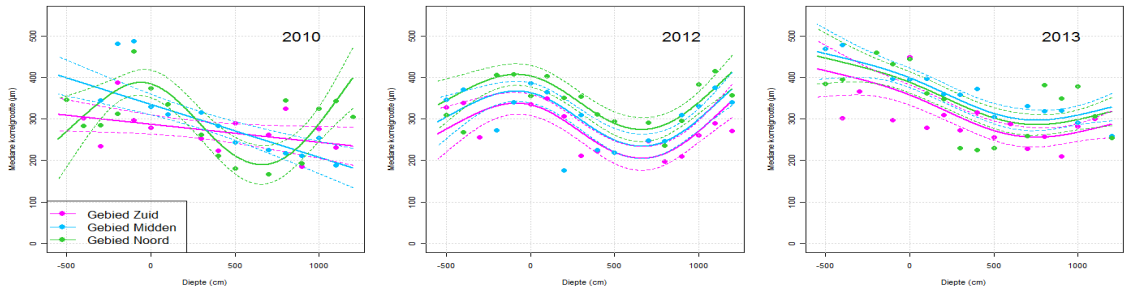


Figuur 11: Mediane korrelgrootte als functie van de diepte (cm beneden NAP) met jaar als factor voor de drie verschillende gebieden (Gebied A, B en C) De getrokken lijnen geven de resultaten van de beste GAM modellen en stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de gemiddelde korrelgrootte per meter-interval voor de verschillende jaren (aangegeven door middel van verschillende kleuren).

Tabel 3: Significantietests GAM modellen mediane korrelgrootte voor de verschillende gebieden. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

Gebied Zuid			Gebied Midden			Gebied Noord		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	2594.7		Model_0	2543.3		Model_0	2449.3	
Model_1	2589.2	0.001	Model_1	2521.5	<0.001	Model_1	2448.5	0.099
Model_2	2589.7	0.13	Model_2	2498.9	<0.001	Model_2	2453.4	0.385

In 2010 is er een significant verschil in mediane korrelgrootte tussen de verschillende gebieden (zie ook Wijsman en Verduin, 2011). In Gebied Zuid en Midden is er meer een lineaire afname in mediane korrelgrootte met de waterdiepte terwijl in Gebied Noord de mediane korrelgrootte in de vooroever toeneemt op grotere (>7 meter beneden NAP) diepte. In 2012 is er geen significant verschil in het patroon over de diepte tussen de verschillende gebieden. Wel is het intercept significant verschillend. Er is een gradiënt van toenemende mediane korrelgrootte van Gebied Zuid naar Gebied Noord. In 2013 zijn de verschillen tussen de gebieden beperkter dan in 2012. Er is geen significant verschil in patroon, maar wel in gemiddelde waarde van de mediane korrelgrootte. Ook hier zijn de sedimenten in Gebied Zuid het fijnst.

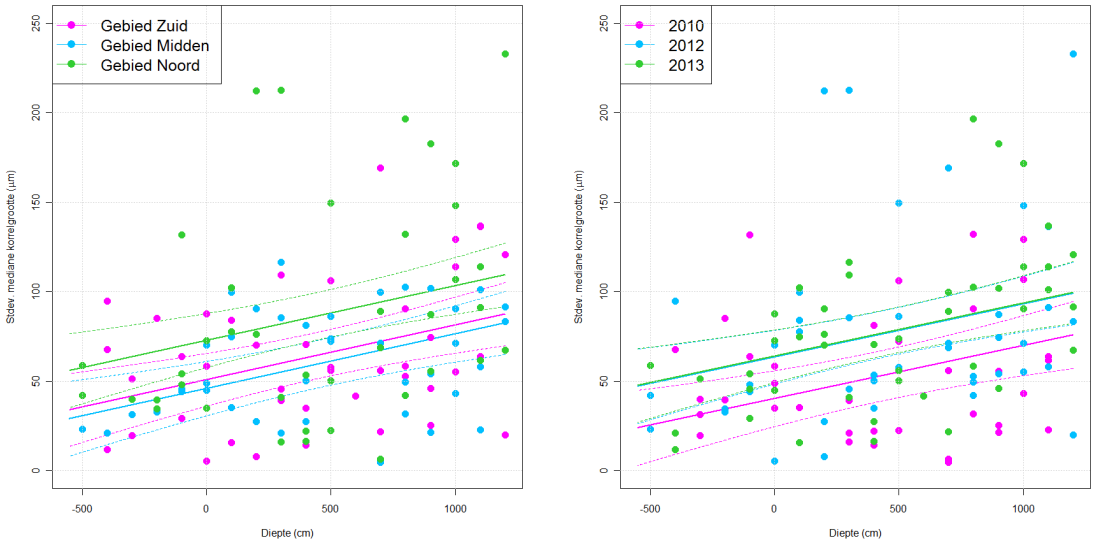


Figuur 12: Mediane korrelgrootte als functie van de diepte (cm beneden NAP) met gebied als factor voor 2010, 2012 en 2013. De getrokken lijnen geven de resultaten van de beste GAM modellen en stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de gemiddelde korrelgrootte per meter-interval.

Tabel 4: Significantietests GAM modellen mediane korrelgrootte voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

2010			2012			2013		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	1541.4		Model_0	2331.6		Model_0	3725.3	
Model_1	1536.9	0.017	Model_1	2314.4	<0.001	Model_1	3719.2	0.007
Model_2	1518.3	<0.001	Model_2	2319.2	0.35	Model_2	3719.1	0.098

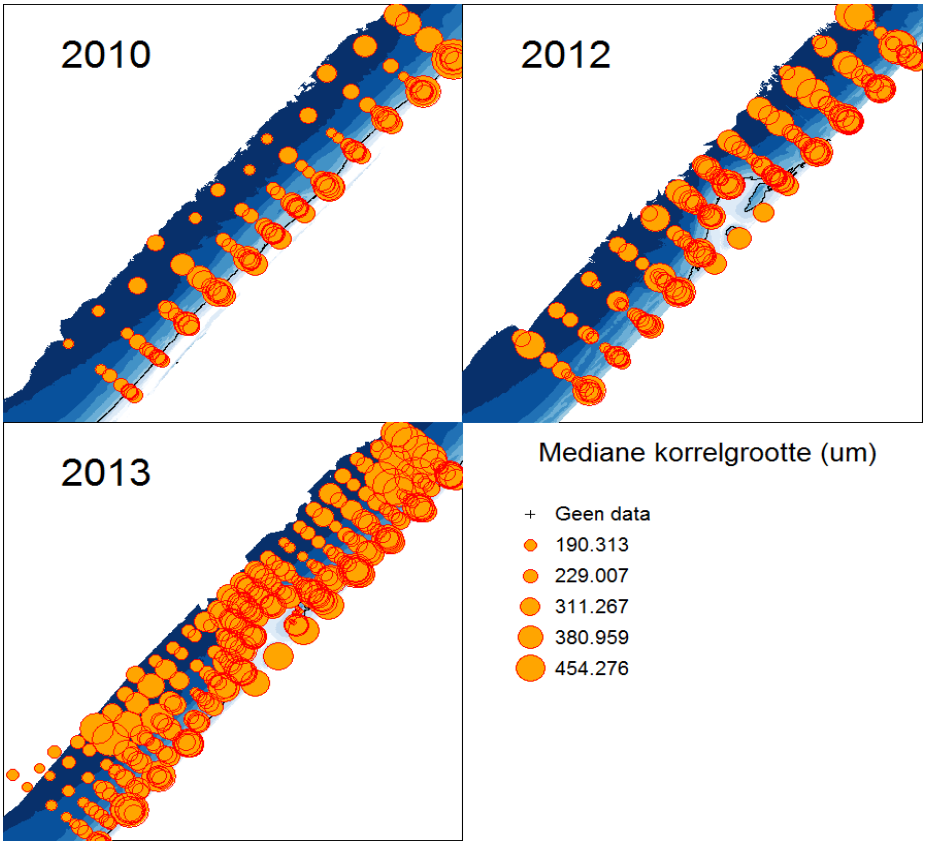
Om te onderzoeken of er een effect op de variatie in korrelgrootte verdeling is zijn er GAM modellen gefit op de standaarddeviatie in mediane korrelgrootte (Figuur 13). De standaarddeviatie neemt over het algemeen toe met de diepte. Er is geen significant verschil in de vorm van de curve tussen de gebieden of de jaren. Wel is de variatie in mediane korrelgrootte in Gebied Noord significant groter dan de gebieden Zuid en Midden. In de jaren 2012 en 2013 is er significant meer spreiding in de mediane korrelgrootte dan in 2010. De lijnen van 2012 en 2013 lopen in de figuur over elkaar heen.



Figuur 13: Variatie (standaard deviatie) in mediane korrelgrootte als functie van de diepte (cm beneden NAP) met gebied als factor (linker figuur) en jaar (rechter figuur). De getrokken lijnen geven de resultaten van de beste GAM modellen en stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de standaarddeviatie in mediane korrelgrootte over de 4 raaien per gebied per diepte-interval.

Tabel 5: Significantietests GAM modellen voor de standaarddeviatie in mediane korrelgrootte over de raaien voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

Gebieden			Jaren		
	AIC	p		AIC	p
Model_0	1273.7		Model_0	1273.7	
Model_1	1268.8	0.013	Model_1	1270.2	0.026
Model_2	1271.0	0.43	Model_2	1269.7	0.118

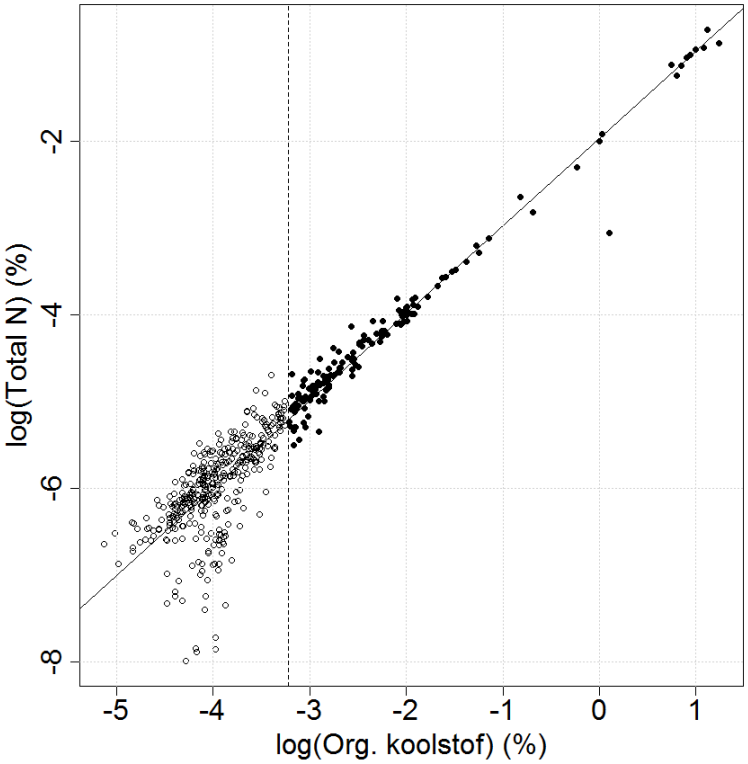


Figuur 14: Ruimtelijke verdeling van de mediane korrelgrootte over het gebied van de Zandmotor voor de jaren 2010, 2012 en 2013.

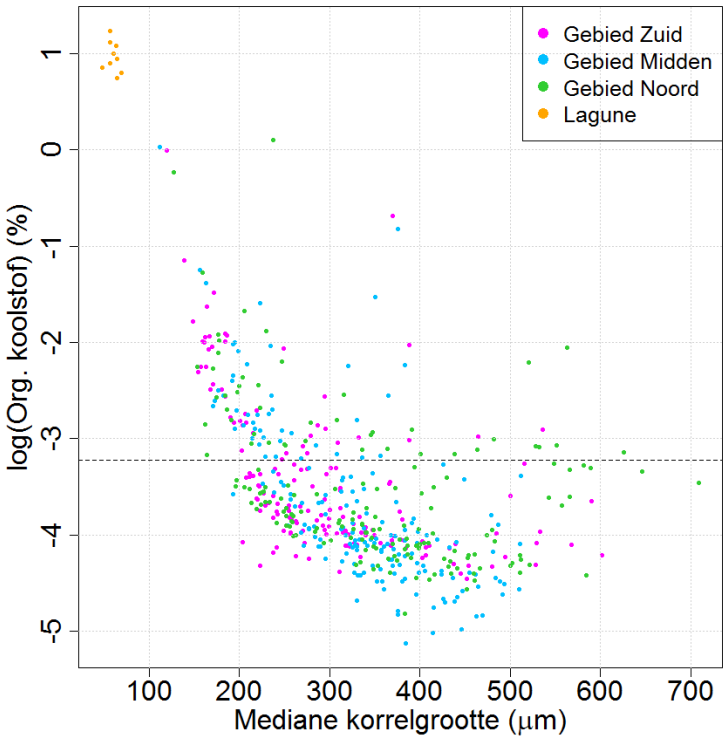
De ruimtelijke verdeling van de mediane korrelgrootte laat een duidelijk patroon zien over het gebied van de Zandmotor (Gebied Midden). Dit is vooral te zien in 2013 waar er extra raaien zijn bemonsterd voor sedimentanalyses. In 2013 is te zien dat de diepere gebieden (>8 meter beneden NAP), net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor minder grof zijn dan gebieden op dezelfde diepte in de meest noordelijke delen van Gebied Zuid en Gebied Noord, alsook direct voor de Zandmotor. Mogelijk leidt de ligging van de Zandmotor tot relatief lage stroomsnelheden of een neer in dit gebied waardoor relatief fijne sedimenten hier kunnen bezinken. De aanwezigheid van de Zandmotor zelf leidt mogelijk tot stroomcontractie waardoor er hogere getijstroomsnelheden optreden die zorgen voor vergroving van het sediment.

4.1.2 Organisch koolstof en totaal N

In Figuur 15 is het percentage organisch koolstof uitgezet tegen het percentage totaal N, beiden op log-schaal. De helling van de regressielijn is 1.008 en het intercept is -2. Dit houdt in dat de gemiddelde C/N ratio rond de 13 ligt. Van belang in deze figuur is dat de meeste metingen beneden de detectielimiet liggen voor het organisch koolstof (0.04%). Beneden deze waarde neemt de betrouwbaarheid van de analyse af. Regressie door de punten boven de detectielimiet leiden tot een iets minder steile helling (0.97). In Figuur 16 is te zien dat er een duidelijke relatie is tussen de fractie organisch koolstof en de mediane korrelgrootte. De hoogste percentages organisch materiaal zijn aangetroffen in de fijne sedimenten in de Lagune.



Figuur 15: Percentage organisch koolstof als functie van het percentage totaal N (2010, 2012 en 2013). Beide assen zijn op log-schaal. De regressielijn heeft een helling van 1.008. De verticale stippellijn geef de detectielimiet voor het organisch koolstof weer (0.04%). Beneden deze waarde neemt de onzekerheid toe. De open rondjes zijn de waarden voor Org. Koolstof beneden deze detectielimiet.



Figuur 16: Percentage organisch koolstof als functie van de mediane korrelgrootte (µm) voor de verschillende gebieden (2010, 2012 en 2013). De stippellijn geeft de detectielimiet voor het organisch koolstof (0.04 %).

4.2 Benthos

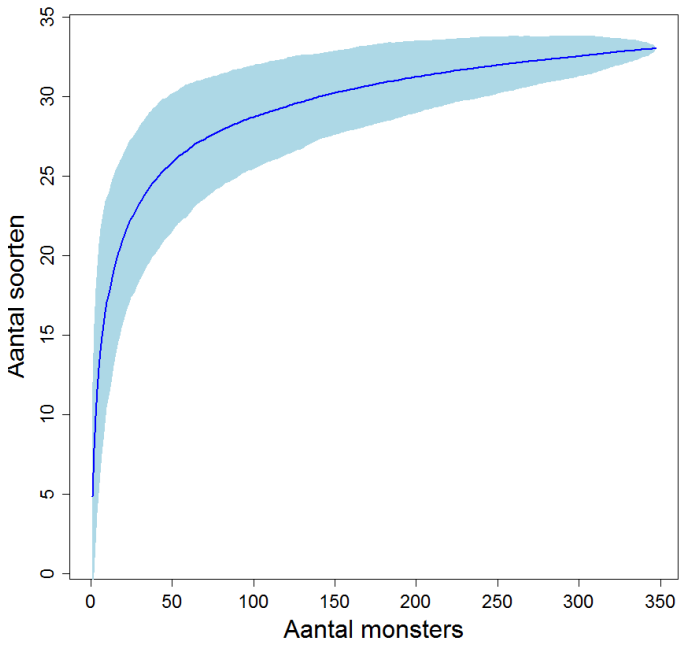
4.2.1 Schaaf

In totaal zijn er 347 monsters genomen met de bodemschaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. In 2010 zijn 114 locaties bemonsterd. In 2012 zijn 120 locaties bemonsterd en in 2013 zijn 113 locaties bemonsterd. In totaal zijn er 33 soorten geïdentificeerd in de schaafmonsters. De meest voorkomende soorten zijn de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis*), Heremietkreeft (*Diogenes pugilator*), gewone zwemkrab (*Liocarcinus holsatus*), breedpootkrab (*Portumnus latipes*) en halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) (Tabel 6). In 10 van de 347 monsters zijn geen levende organismen aangetroffen.

Tabel 6: Aantal keer dat een bepaalde soort is aangetroffen in een monster genomen met de bodemschaaf. In 2010 zijn er 114 locaties bemonsterd, in 2012 zijn er 120 locaties bemonsterd en in 2013 zijn er 113 locaties bemonsterd.

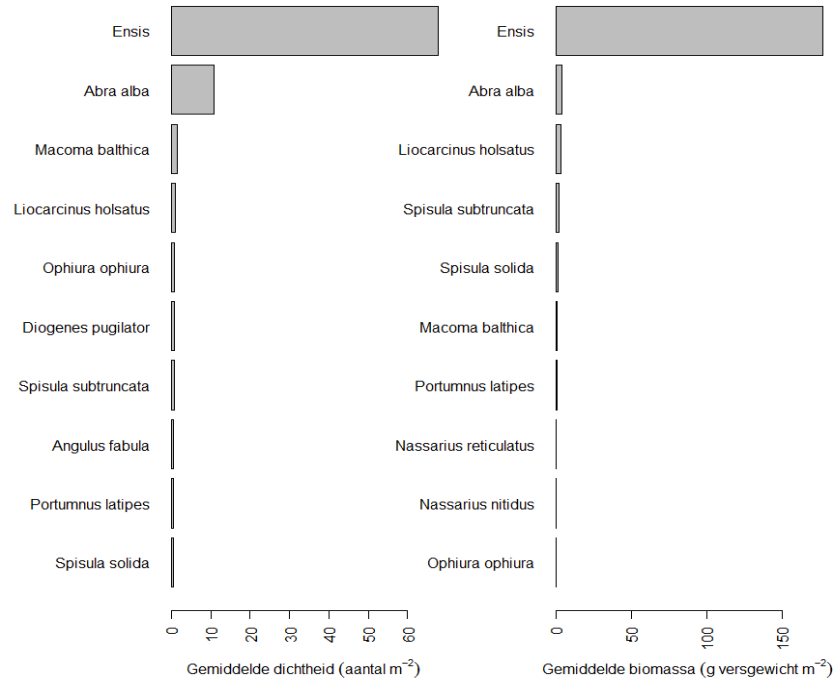
	2010	2012	2013	totaal
Ensis	91	105	86	282
Diogenes pugilator	50	113	57	220
Liocarcinus holsatus	5	103	82	190
Portumnus latipes	39	69	41	149
Spisula subtruncata	18	67	41	126
Pagurus bernhardus	6	58	28	92
Abra alba	15	50	22	87
Spisula solida	5	43	18	66
Ophiura ophiura	8	33	15	56
Euspira nitida	12	27	14	53
Angulus fabula	1	30	19	50
Actiniaria	21	21	7	49
Nassarius nitidus	7	33	8	48
Macoma balthica	0	25	20	45
Donax vittatus	6	9	19	34
Nassarius reticulatus	0	8	25	33
Spisula elliptica	0	10	11	21
Carcinus maenas	8	9	3	20
Lutraria lutraria	6	4	6	16
Chamelea striatula	1	2	8	11
Mytilus edulis	1	7	3	11
Ophiura albida	1	8	2	11
Angulus tenuis	0	2	8	10
Asterias rubens	0	2	7	9
Echinocardium cordatum	0	0	6	6
Corystes cassivelaunus	3	1	1	5
Sagartia troglodytes	0	0	4	4
Liocarcinus navigator	2	1	0	3
Crepidula fornicata	0	0	2	2
Thia scutellata	1	1	0	2
Mya arenaria	0	0	1	1
Ophiura	1	0	0	1
Venerupis corrugata	0	1	0	1

De soorten accumulatie plot (Figuur 17) laat zien dat een toename van het aantal stations weinig effect zal hebben op het totaal aantal soorten. De meeste soorten komen al voor bij 100 bemonsteringen. Alleen voor de meer zeldzame soorten dienen meer stations te worden bemonsterd.

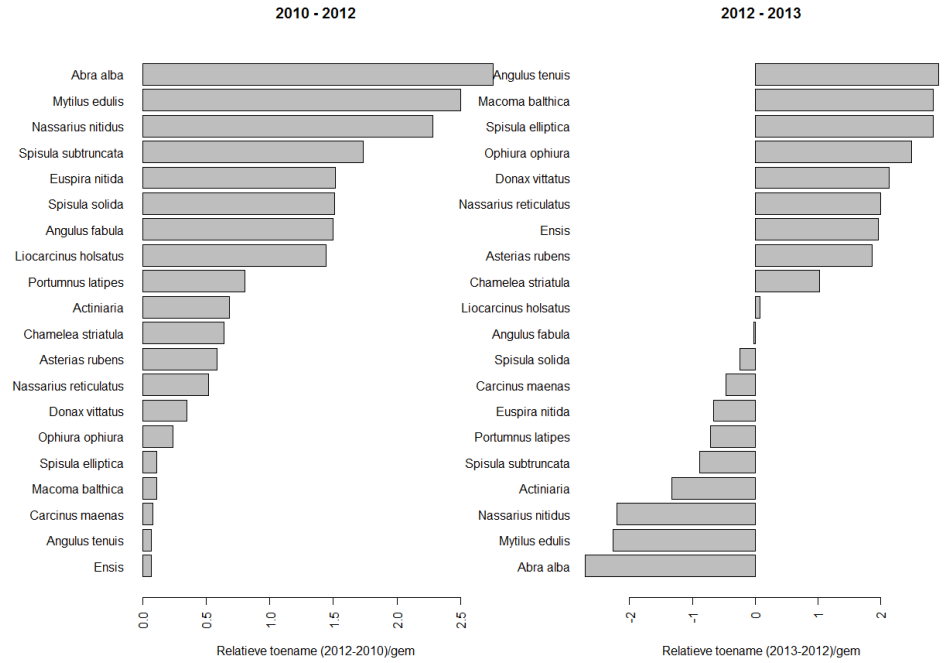


Figuur 17: Soorten accumulatie plot van de schaafmonsters. Op de x-as staat het aantal monsters en op de y-as het aantal aangetroffen soorten. De blauwe lijn geeft het gemiddelde en de lichtblauwe band geeft de standaarddeviatie.

Ensis is verreweg de meest dominante soort in de schaafmonsters, zowel in biomassa als in dichtheid (Figuur 18). Andere veelvoorkomende soorten zijn *Abra alba*, *Macoma balthica*, *Liocarcinus holsatus* en *Spisula subtruncata.* Vrijwel de meeste soorten zijn in gemiddelde biomassa toegenomen van 2010 naar 2012. Tussen 2012 en 2013 zijn enkele soorten in biomassa toegenomen terwijl andere zijn afgenomen (Figuur 19). Het is daarbij van belang dat de veranderingen in de linkse figuur over twee jaar zijn (2010 – 2012, waarin tevens de Zandmotor is aangelegd) en de veranderingen in de rechtse figuur over één jaar (2012 – 2013) gaan. Er is weinig verschil in gemiddelde biomassa van *Ensis* tussen 2010 en 2012. In 2013 was de gemiddelde biomassa wel hoger (Figuur 19). *Abra alba* is vooral toegenomen tussen de jaren 2010 (waar de soort vrijwel afwezig was) en 2012. Tussen 2012 en 2013 is deze soort weer afgenomen. Ook *Mytilus edulis* is een opvallende toegenomen soort van 2010 naar 2012, maar deze soort is slechts op enkele (totaal 11 in alle jaren) locaties aangetroffen.

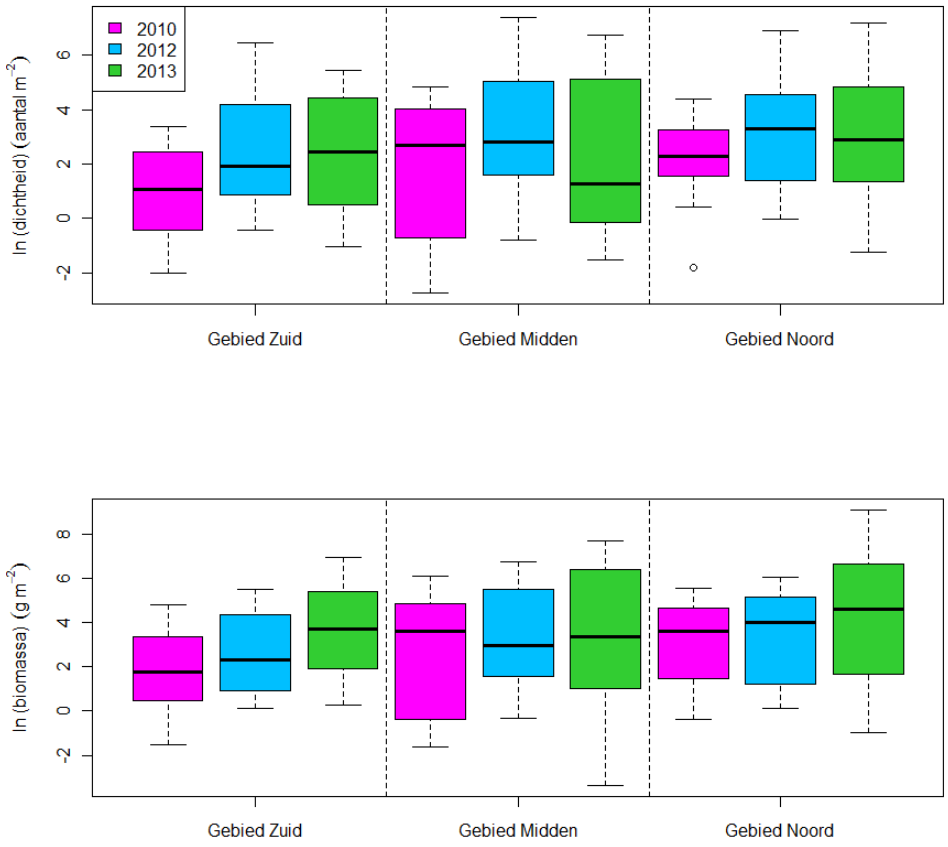


Figuur 18: Gemiddelde dichtheid (aantal m^{-2}) en gemiddelde biomassa (g versgewicht m^{-2}) van de 12 meest dominante soorten in de schaafmonsters voor de jaren 2010, 2012 en 2013. NB van de soorten Diogenes pugilator, Lutraria lutraria, Pagurus bernhardus, Mya arenaria zijn geen versgewichten bepaald.

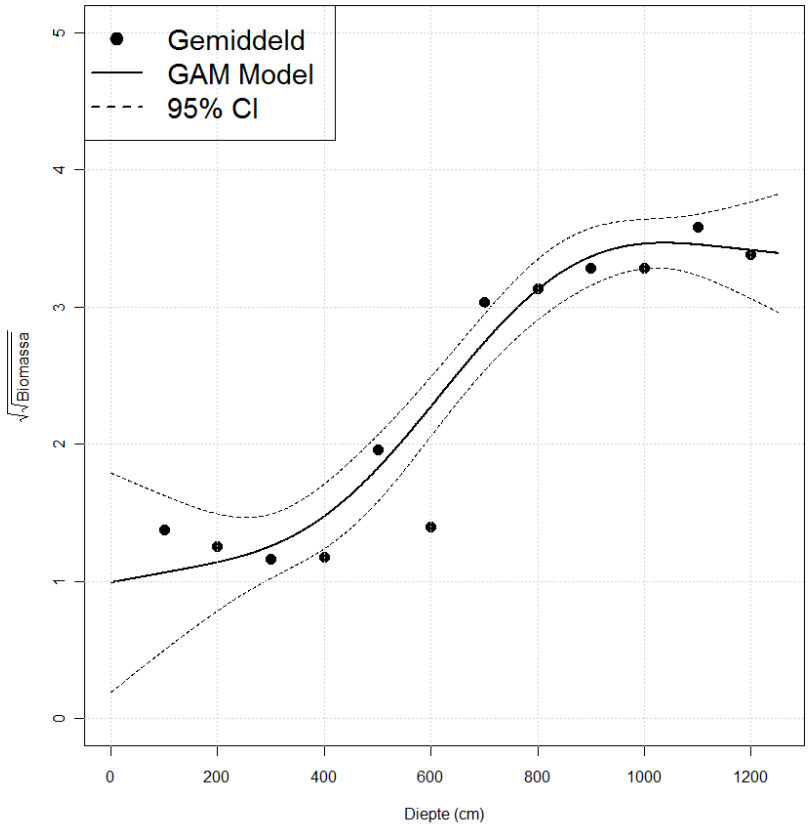


Figuur 19: Relatieve veranderingen in gemiddelde biomassa van de 20 meest dominante soorten qua biomassa van 2010 naar 2012 (links) en 2012 naar 2013 (rechts).

De gemiddelde dichtheid maar vooral ook de gemiddelde biomassa lijkt vooral te zijn toegenomen in Gebied Zuid van 2010 naar 2013 (Figuur 20). In Gebied Noord lijkt er ook een toenemende trend te zijn, maar in Gebied Midden waar de Zandmotor ligt is dat niet duidelijk. De variatie in biomassa per locatie is vooral groot in 2013, met name in de gebieden Midden en Noord.



Figuur 20: Boxplots van de in-getransformeerde dichtheid (# m^{-2}; bovenste figuur) en de in-getransformeerde biomassa (g m^{-2}; onderste figuur) voor de verschillende jaren en de verschillende gebieden.



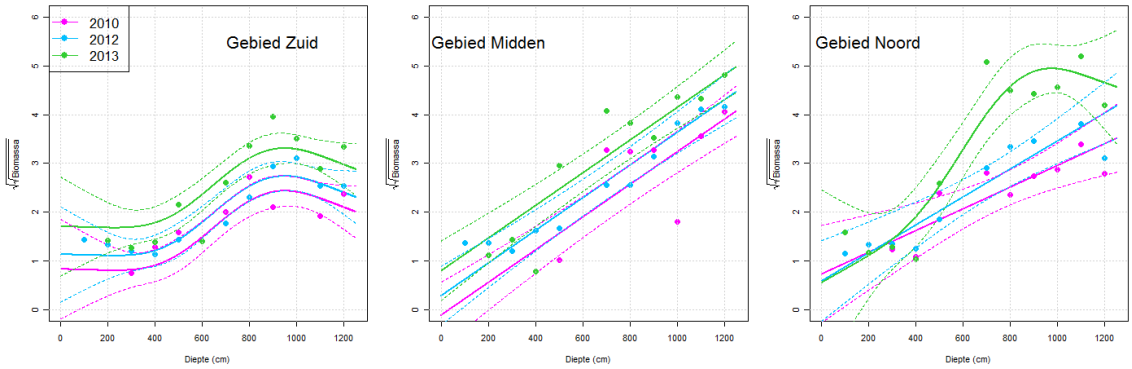
Figuur 21: Vierdemachtswortel-getransformeerde Biomassa (g versgewicht m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP),. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte stippen geven de gemiddelde waarden per meter-interval voor de jaren 2010, 2012 en 2013.

Ook voor de biomassa van bodemdieren in de schaaf is diepte is een belangrijke co-variabele. Een GAM model is gefit door alle beschikbare data (347 stuks). Dit GAM model is significant ($p<0.05$) en geeft aan dat er een significant effect is van waterdiepte op de biomassa. In de ondiepe vooroever, tot een diepte van ongeveer 6 meter beneden NAP is de biomassa laag en neemt plotseling toe op grotere diepten. Op de locaties op een diepte van 6 meter of minder beneden NAP is de gemiddelde $\sqrt[4]{Biomassa}$ 1.44 (standaard deviatie 0.71). De gemiddelde $\sqrt[4]{Biomassa}$ op de locatie dieper dan 6 meter beneden NAP is 3.39 (standaard deviatie 1.39). De relatief lage biomassa op een diepte van 6 meter beneden NAP is een uitbijter die is gebaseerd op een gering aantal metingen.

Om de verschillen tussen de verschillende gebieden en de verschillende jaren te onderzoeken zijn er aanvullend GAM modellen gefit met respectievelijk jaar en gebied (Zuid, Midden en Noord) als factor (Figuur 22 en Figuur 23), waarbij eenzelfde aanpak is gehanteerd als bij de mediane korrelgrootte (zie paragraaf 4.1.1).

In Figuur 22 staan de resultaten voor de verschillende gebieden. In Gebied Zuid en Gebied Midden is Model_1 significant het best fittende model (Tabel 7). Dit houdt in dat er een significant verschil is tussen de jaren. In beide gebieden neemt de biomassa toe van 2010 tot 2013. In beide gebieden is er een significant hogere biomassa in 2013 dan in 2010. In deze gebieden is er is geen significant verschil in de patronen als functie van de diepte over de

jaren. In gebied Noord is er wel een significant in de patronen tussen de jaren. In 2010 en 2012 is er een meer lineaire toename terwijl er in 2013 een meer fluctuerend verband is met relatief hoge biomassa's in vergelijking met voorgaande jaren op dieptes groter dan 5 meter beneden NAP.

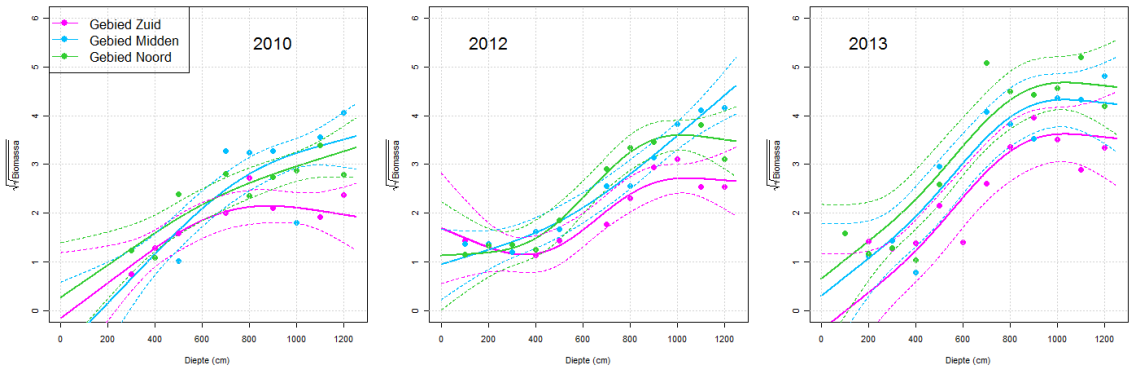


Figuur 22: Vierdemachtswortel-getransformeerde Biomassa (g versgewicht m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP) met jaar als factor voor de gebieden Zuid, Midden en Noord. De getrokken lijnen geven de resultaten van de beste GAM modellen en stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de gemiddelde korrelgrootte per meter-interval.

Tabel 7:Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde Biomassa (g versgewicht m^{-2}) voor de verschillende gebieden. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

Gebied Zuid			Gebied Midden			Gebied Noord		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	278.8		Model_0	374.0		Model_0	376.7	
Model_1	260.1	<0.001	Model_1	367.6	0.007	Model_1	355.5	<0.001
Model_2	259.7	0.116	Model_2	370.1	0.342	Model_2	352.5	0.037

Zowel in 2010 als in 2012 was er een significant verschil in het patroon over de diepte tussen de verschillende gebieden. In 2010 was de biomassa op grotere diepte (meer dan 8 meter beneden NAP in gebied Zuid lager dan in de gebieden Midden en Noord (zie ook Wijsman en Verduin, 2011). In 2012 lijkt dit verschil verminderd. In 2013 is er geen significant verschil meer in de patronen, maar is er wel sprake van een significant verschil in biomassa tussen de gebieden. De minste biomassa is aangetroffen in gebied Zuid en de hoogste biomassa in gebied Noord.

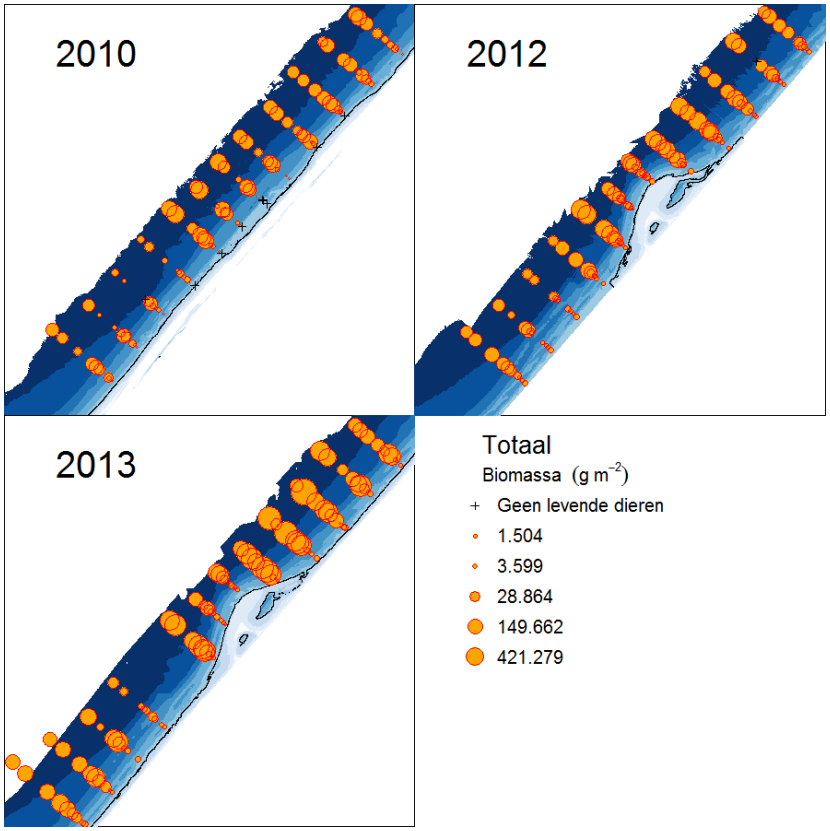


Figuur 23: Vierdemachtswortel-getransformeerde biomassa (g versgewicht m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP) met gebied als factor voor 2010, 2012 en 2013. De getrokken lijnen geven de resultaten van de beste GAM modellen en stippellijnen geven de 95%-betrouwbaarheid intervallen weer. De stippen geven de gemiddelde korrelgrootte per meter-interval.

Tabel 8: Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde Biomassa (g versgewicht m^{-2}) voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

2010			2012			2013		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	251.2		Model_0	273.1		Model_0	423.4	
Model_1	238.6	<0.001	Model_1	257.1	<0.001	Model_1	418.0	0.011
Model_2	232.7	0.012	Model_2	250.8	0.010	Model_2	422.7	nb

In Figuur 24 is de ruimtelijke verdeling van de totale biomassa in de schaafmonsters voor de verschillende jaren weergegeven. Met de plusje zijn de trekken aangegeven waar geen levende beesten zijn gevonden (vooral in 2010 in de ondiepe gebieden waar de Zandmotor later is aangelegd. In de legenda staan respectievelijk de 10-percentiel, 25-percentiel, 50-percentiel, 75-percentiel en de 90-percentiel als schaalverdeling voor de grootte van de bolletjes. De figuur laat een toename zien in de aangetroffen biomassa per locatie van 2010 naar 2013. De biomassa is over het algemeen laag in de ondiepe brekerzone. In 2013 zijn er vooral relatief hoge biomassa's aangetroffen in de diepere gebieden ten noorden van de Zandmotor (transecten 9 en 10).



Figuur 24: Ruimtelijke verdeling van de totale biomassa aan bodemdieren in de schaaf (NB van de soorten Diogenes pugilator, Lutraria lutraria, Pagurus bernhardus, Mya arenaria zijn geen versgewichten bepaald).

De ruimtelijke verdeling van de meest dominante soort *Ensis* (Bijlage A: Figuur 62) vertoont veel overeenkomsten met de totale biomassa. In de ondiepe brekerzone is *Ensis* vaak afwezig. De hoogste biomassa's van deze soort zijn gevonden in de gebieden ten noorden van de Zandmotor. *Spisula subtuncata* is een soort die voornamelijk voorkomt in de diepere gebieden rondom de Zandmotor (Bijlage A: Figuur 63). De gemiddelde biomassa van deze soort is sterk toegenomen na 2010. De breedpootkrab (*Portumnus latipes*) is juist een soort van de ondiepere zones (Bijlage A: Figuur 64). In de diepere delen komt de soort vrijwel niet voor. Ook *Spisula solida* zit voornamelijk in de diepere delen (Figuur 65). In 2010 is de soort nog maar beperkt aangetroffen, maar in 2012 en 2013 is de soort op meer locaties aanwezig. Relatief hoge biomassa's van deze soort zijn aangetroffen op de meest noordelijke transecten in 2012 en 2013. *Nassarius reticulatus* is een soort die zich duidelijk heeft ontwikkeld, voornamelijk in de diepere delen ter hoogte van de Zandmotor en in het referentiegebied (Bijlage A: Figuur 66). In 2010 is de soort niet aangetroffen in de schaafmonsters. In 2012 op 8 locaties en in 2013 op 25 locaties. *Macoma balthica* is op geen van de stations aangetroffen in 2010. In 2012 is de soort, met kleine biomassa, aangetroffen op 20 locaties. In 2013 is de biomassa van deze soort in enkele gebieden sterk toegenomen. De soort is in 2013 vooral aanwezig in de ondiepe zone buiten de brekerzone (diepterange tussen 4 tot 8 meter).

Multivariate analyses zijn uitgevoerd op de dichtheden (aantal m^{-2}) van de organismen die zijn gevangen met de schaaf met behulp van PRIMER (Clarke e.a., 2014a; Clarke en Gorley, 2015). De data zijn vierdemachtswortel getransformeerd om ervoor te zorgen dat er een goede balans is tussen dominante soorten en minder abundante soorten in de variantieanalyses (Clarke e.a., 2014b). De analyses zijn uitgevoerd op de Bray-Curtis similariteits matrix. De Bray-Curtis similariteit (S_{jk}) tussen twee locaties (*j* en *k*) is daarbij berekend als:

$$S_{jk} = 100\left\{1 - \frac{\sum_{i=1}^{p}|y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^{p}|y_{ij} + y_{ik}|}\right\}$$

Hierbij is y_{ik} de dichtheid van soort *i* op locatie *k*. Hoe hoger de waarde van de Bray-Curtis similariteit tussen twee locaties *j* en *k*, hoe meer overeenkomsten tussen bodemdiergemeenschap die is gevonden op beide stations. De Bray-Curtis similariteit tussen 0 (bodemdiersamenstelling is compleet anders) en 100 (zelfde soorten in dezelfde verhoudingen). De Bray-Curtis similariteitsmatrix is de multivariate analyses die zijn uitgevoerd (cluster analyse en multi dimensional scaling)

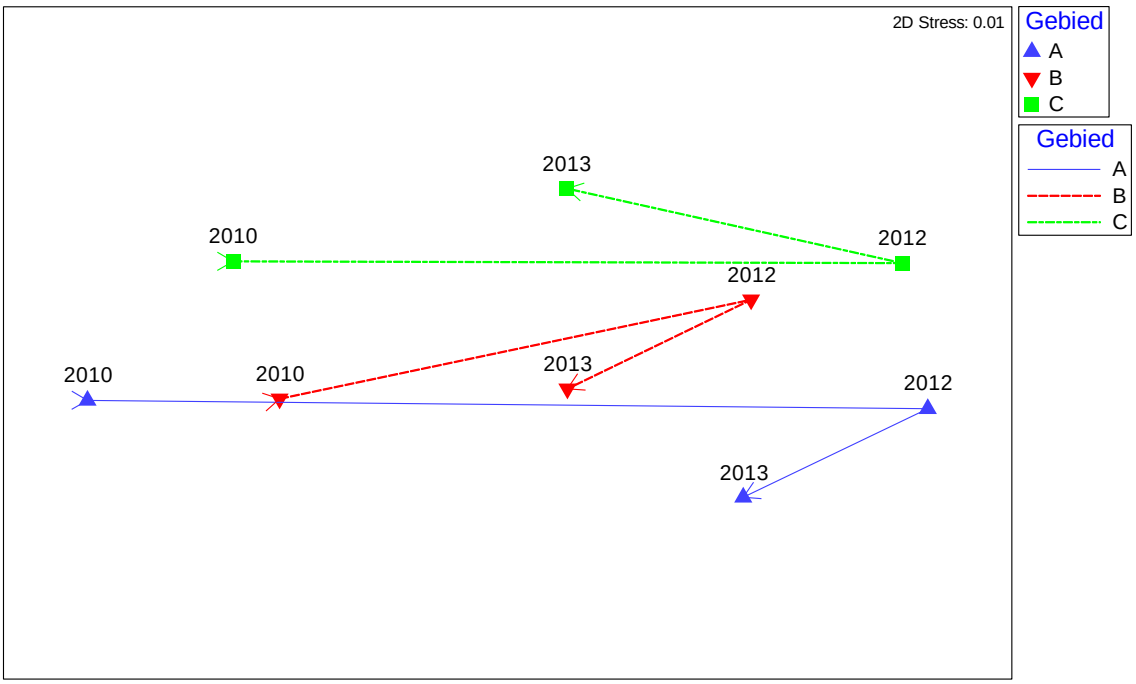
Allereerst zijn er clusteranalyses uitgevoerd voor de verschillende jaren (zie Bijlage C). Een clusteranalyse groepeert de bemonsterde stations in groepen (clusters) op basis van de overeenkomsten in de bodemdiersamenstelling (Bray-Curtis similariteit). Stations binnen een cluster hebben dus een overeenkomstige bodemdiergemeenschap. De clusters zijn berekend op group averages en de significantie van de clusters is getoetst met een SIMPROF permutatie test (α=0.05). Met behulp van deze test is het mogelijk om te toetsen of de verschillen in bodemdiersamenstelling tussen twee verschillende cluster gebaseerd zijn op toeval of niet. In Figuur 68 bijvoorbeeld zijn de significante clusters aangegeven met de zwarte lijnen. De clusters die aangegeven zijn met de rode lijnen zijn niet significants. Dit wil zeggen dat de verschillen in bodemdiergemeenschap die is aangetroffen tussen deze clusters waarschijnlijk berust op toeval. De labels die zijn gebruikt zijn de ligging op het transect gerekend vanaf de laagwaterlijn (1 tot en met 10, zie Tabel 1). Hoe hoger het getal, hoe dieper en verder van het strand.

In 2010 zijn er 5 significante clusters gevonden, waarvan een groot cluster met voornamelijk de ondiepe stations (diepteklassen 1-4, Tabel 1) en een groot cluster met de diepere stations (diepteklassen 5-10) (Figuur 68). In 2012 zijn er in totaal 16 significante clusters aangetroffen. Ook daar is duidelijk een relatie met de diepte te herkennen (Bijlage A: Figuur 69). In 2013 zijn er 10 significante clusters gedefinieerd, en ook hier is het patroon met diepte duidelijk (Bijlage A: Figuur 70).

Een andere manier om de verschillen in bodemdiergemeenschap tussen de stations te visualiseren is vis multidimensional scaling (MDS). Bij een MDS worden de dissimilariteiten (100 - similariteit) gevisualiseerd in een twee-dimensionale figuur, waarbij de afstand tussen twee locaties op de figuur overeenkomt met de dissimilariteit in bodemdiersamenstelling tussen betreffende stations. Hoe dichter de stations dus bij elkaar liggen in een MDS plot, hoe meer overeenkomsten er zijn in bodemdiersamenstelling. Een nMDS is een niet-metrische MDS waarbij de afstand is gebaseerd op de rangorde van de dissimilariteiten.

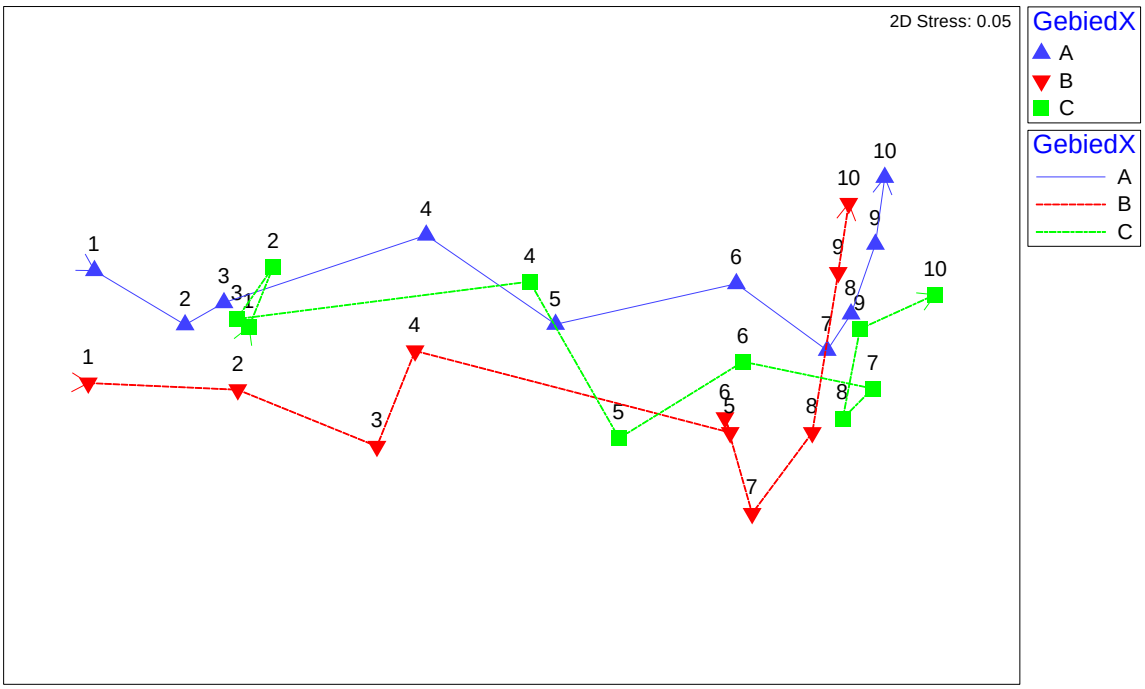
Een niet-metrische MDS plot (nMDS) is gemaakt op basis van de Bray-Curtis similariteitsmatrix van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheden (Figuur 25). De dichtheden zijn hiervoor gemiddeld per jaar, per gebied. In deze figuur is te zien dat er een

duidelijk patroon is van 2010 via 2012 naar 2013. Dit patroon is te zien in alle drie de gebieden, wat een aanwijzing is dat er duidelijke jaarlijkse verschillen zijn die in alle drie de gebieden terugkomen. De grootste verschillen zijn van 2010 naar 2012. Dit is een relatief lange periode van 2 jaar waar tevens de Zandmotor is aangelegd. Van 2012 naar 2013 beweegt de bodemdiergemeenschap zich weer richting 2010 wat mogelijk kan duiden op een vorm van herstel.

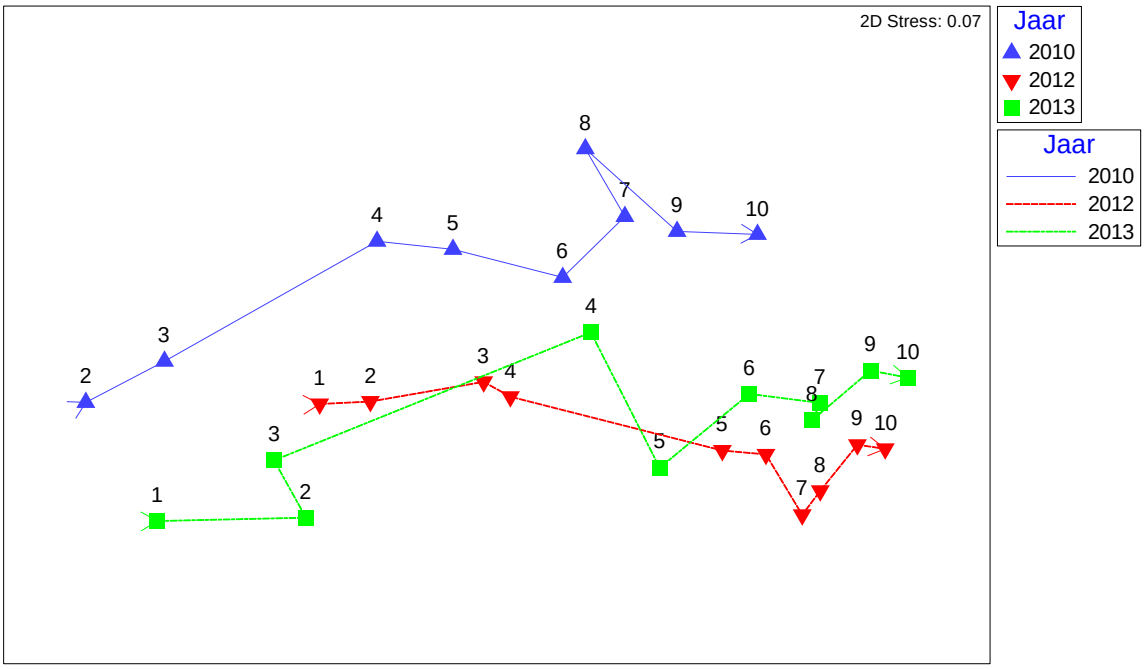


Figuur 25: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (A = Gebied Noord, B= Gebied Midden en C is Gebied Noord). De afstand tussen de punten is een maat voor de dissimilariteit in bodemdiergemeenschap.

De nMDS van de gemiddelde waarden per diepteklasse per gebied (Figuur 25) en de nMDS van de gemiddelde waarden per diepteklassen per jaar (Figuur 30) laten beiden zien dat er een duidelijk dominant effect is van diepte op de samenstelling van de bodemdiergemeenschap. De ondiepe stations (diepteklasse 1 tot en met 4) liggen aan de linkerkant van de figuur, waarbij er wel een duidelijke gradiënt is waar te nemen in alle drie de gebieden. De diepere locaties (6 tot en met 10) die dieper liggen (>8 meter beneden NAP) hebben een duidelijk andere bodemdiergemeenschap. Mogelijk is dit het gevolg van de lagere golfdynamiek in deze zone. Het verschil tussen de verschillende gebieden is beperkt (Figuur 25). Wel is te zien dat de bodemdiergemeenschap in 2010 anders was dan in de jaren 2012 en 2013 (Figuur 30).



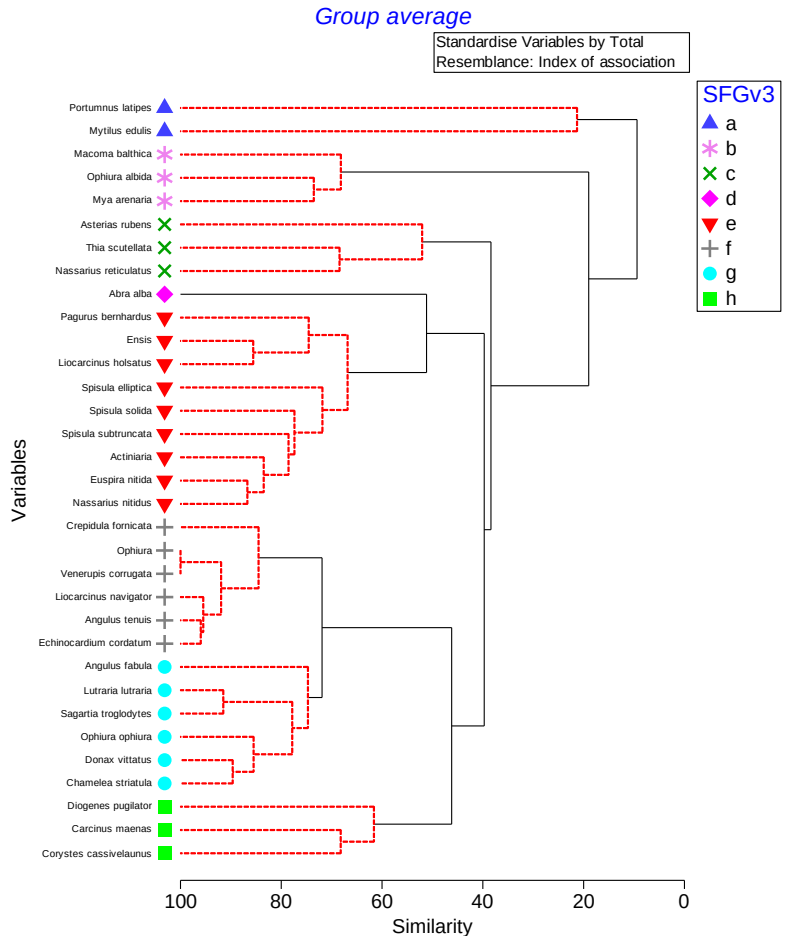
Figuur 26: nMDS van de bodemdiergemeenschap bemonsterd met de schaaf. Analyse is uitgevoerd op de Bray-Curtis similariteitsmatrix van de vierdemachtswortel-getransformeerde data. Voor de analyse zijn de gegevens gemiddeld per gebied per diepteklasse. (A = Gebied Noord, B= Gebied Midden en C is Gebied Noord).



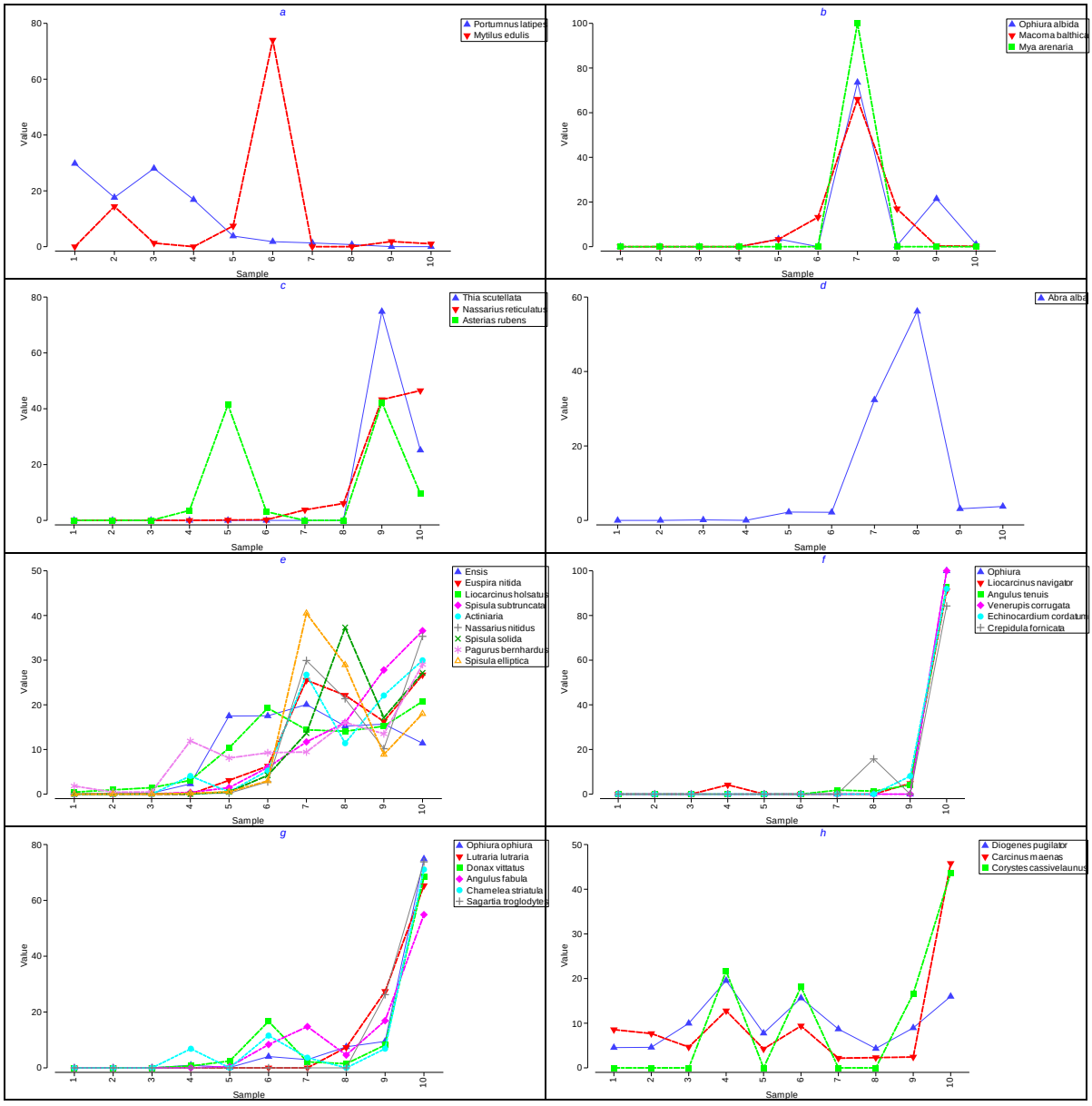
Figuur 27: nMDS van de bodemdiergemeenschap bemonsterd met de schaaf. Analyse is uitgevoerd op de Bray-Curtis similariteitsmatrix van de vierdemachtswortel-getransformeerde data. Voor de analyse zijn de gegevens gemiddeld per jaar per diepteklasse.

Om de patronen van de soorten over de diepte te analyseren zijn alle vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheden gemiddeld per diepteklasse (totaal 10 klassen, Tabel 1). Vervolgens zijn de data gestandaardiseerd tot 100 zodat de gecumuleerde dichtheden van iedere soort over de diepteklassen 100 is. Vervolgens is er een clusteranalyse is uitgevoerd over de soorten, waardoor de soorten groeperen tot clusters op basis van het dieptepatroon. In totaal zijn er 8 significante clusters (in de figuur aangegeven met SFGv3) van soorten gevonden (Figuur 28) die overeenkomstige relatie met diepte vertonen (Figuur 29).

De soorten van cluster e (*Ensis, Pagarus bernhardus, Liocarcinus holsatus, Spisula elliptica, Spisula solida, Spisula subtruncata, Actinaria, Euspira nitida* en *Nassarius nitidus*) zijn soorten die min of meer geleidelijk met de diepte toenemen. Soorten van cluster f (*Ophiura, Venerupis corrugata, Liocarcinus navigator, Angulus tenuis* en *Echinocardium cordatum*) worden voornamelijk op de meest diepe locaties van de transecten (diepteklasse 10; 11.5 meter beneden NAP) aangetroffen.

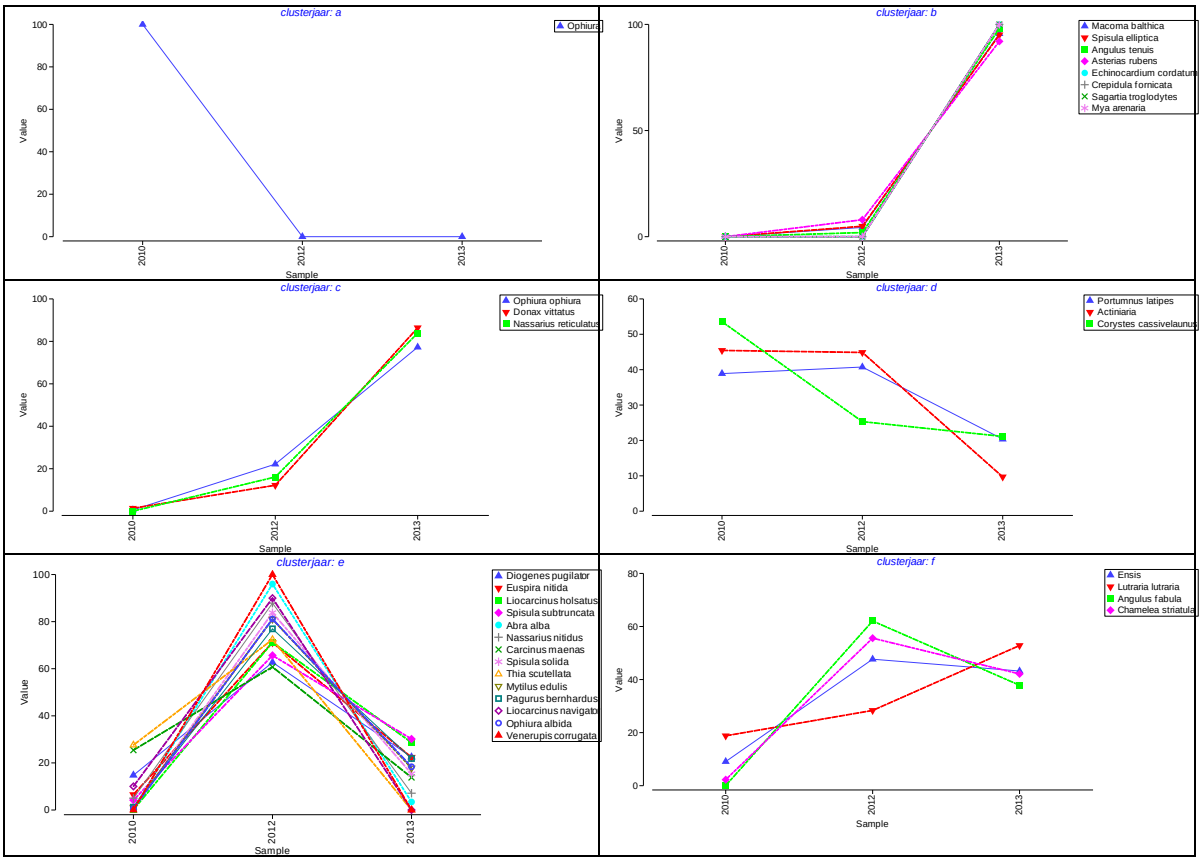


Figuur 28: Clusteranalyse over de soorten gemiddeld over de diepteklassen. Zwarte lijnen geven de significante clusters weer.



Figuur 29: Patroon van de clusters van soorten over de diepteklassen van 1 (ondiep) naar 10 (diepste stations). De verschillende grafieken zijn de verschillende clusters (a-h) van soorten uit de clusteranalyse (Figuur 28).

Een zelfde analyse is uitgevoerd om de patronen van de soorten over de jaren te visualiseren (Figuur 30). Bepaalde soorten, zoals *Portumnus latipes, Actinaria* en *Corystes cassivelaunus*, maar ook *Ophiura* zijn in dichtheid afgenomen van 2010 naar 2013. Terwijl andere soorten zoals *Macoma balthica*, *Spisula elliptica* en *Asterias rubens* duidelijk zijn toegenomen in 2013.



Figuur 30: Ontwikkeling van de soorten over de jaren. Soorten zijn geclusterd door middel van een clusteranalyse op basis van de index of association tussen de soorten.

4.2.2 Strand

In totaal zijn er 195 monsters verzameld van het strand. In deze monsters zijn in totaal 57 soorten aangetroffen. In 52 monsters van het strand zijn geen levende organismen aangetroffen. In Tabel 9 zijn de meest dominante (in meer dan 10 van de 195 monsters) soorten aangegeven. De borstelworm *Scololepis squamata* is verreweg de meest dominante soort in de strandmonsters, gevolgd door de vlokreeftjes *Haustorius arenarius* en *Pontocrates arenarius*. Verder wordt de groengele wadpier (*Eteone longa*) vooral in 2012 regelmatig aangetroffen en de agaatpissebed (*Eurydice pulchra*) in alle drie de jaren.

Tabel 9: Aantal keer dat een bepaalde soort is aangetroffen in een monster genomen op het strand. Alleen de soorten die in meer dan 10 monsters zijn aangetroffen zijn in de tabel opgenomen.

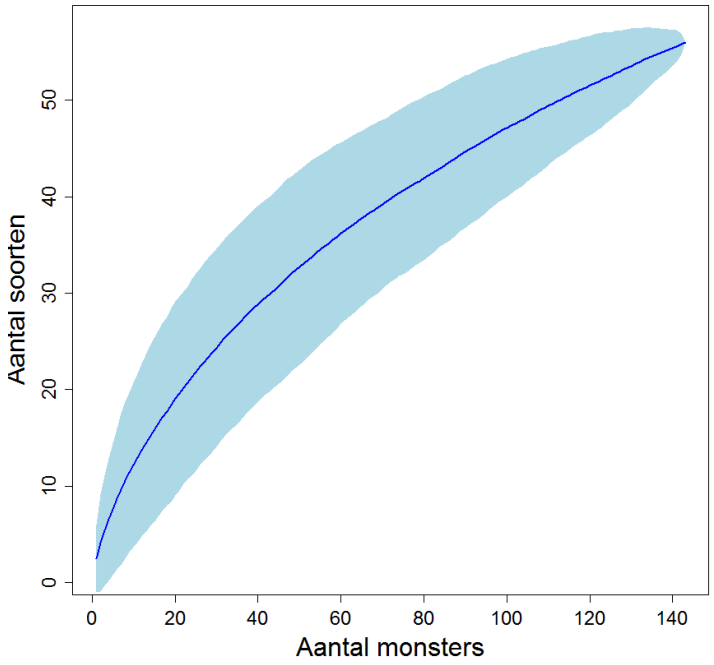
Taxon	2010	2012	2013	Totaal
Scolelepis squamata	35	51	34	120
Haustorius arenarius	19	24	18	61
Pontocrates arenarius	0	13	6	19
Eteone	0	14	0	14
Eurydice pulchra	4	7	3	14
Scolelepis	0	0	14	14
Eteone longa	0	11	2	13
Mytilus edulis	1	7	4	12

Soorten die op basis van dichtheden ook dominant zijn in de strandmonsters zijn de borstelwormen C*apitella capitata, Pygospio elegans, Marenzelleria viridis* en *Polydora cornuta*, nemertijnen en het schelpdier *Macoma balthica* (Tabel 10).

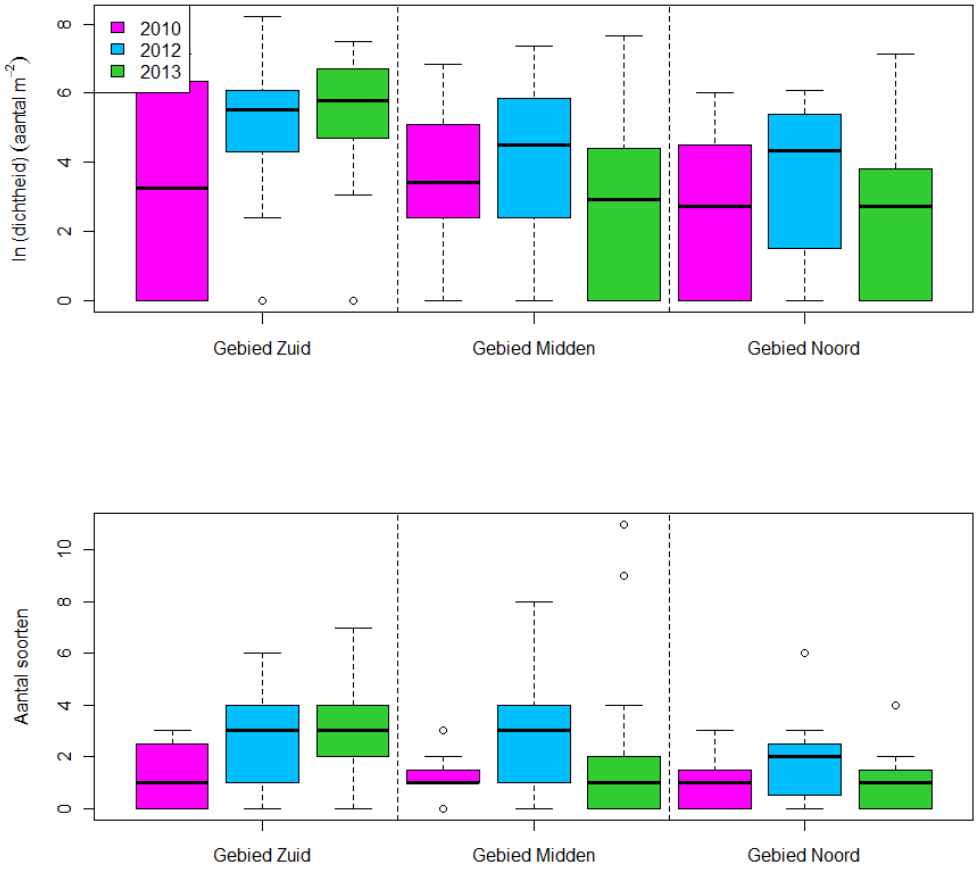
Tabel 10: Gemiddelde dichtheden van de meest dominante soorten (gemiddelde dichtheid in alle monsters > 1 m^{-2}) die zijn verzameld op het strand.

Taxon	2010	2012	2013	Totaal
Scolelepis squamata	157.3	200.5	88.5	147.0
Haustorius arenarius	10.3	26.3	16.1	17.7
Scolelepis	0.0	0.0	46.6	16.7
Capitella capitata	0.0	14.3	14.9	10.1
Pontocrates arenarius	0.0	18.0	5.4	7.9
Nemertea	0.0	1.1	17.6	6.7
Pygospio elegans	0.0	2.8	8.7	4.1
Macoma balthica	0.0	4.5	0.3	1.6
Eurydice pulchra	1.5	1.5	1.1	1.4
Eteone longa	0.0	3.7	0.3	1.3
Marenzelleria viridis	0.0	0.0	3.6	1.3
Polydora cornuta	0.0	0.0	3.1	1.1

In de soorten accumulatie plot (Figuur 31) is te zien dat er wel meer soorten op het strand zijn te verwachten dan de 57 die er tot nog toe zijn aangetroffen. Dit komt doordat er relatief veel (38) soorten zijn die slechts een of twee keer zijn aangetroffen in de monsters. Het totaal aantal soorten dat wordt verwacht voor de strandmonsters is 84 (Chao-schatter). Met deze schatten wordt middels permutatie berekend wat het totaal aantal soorten zal zijn op basis van de verzamelde monsters. Bij volgende bemonsteringen ligt het dan ook in de verwachting dat er nog een aantal nieuwe soorten worden gevonden die in voorgaande jaren (2010 - 2013) nog niet zijn aangetroffen.

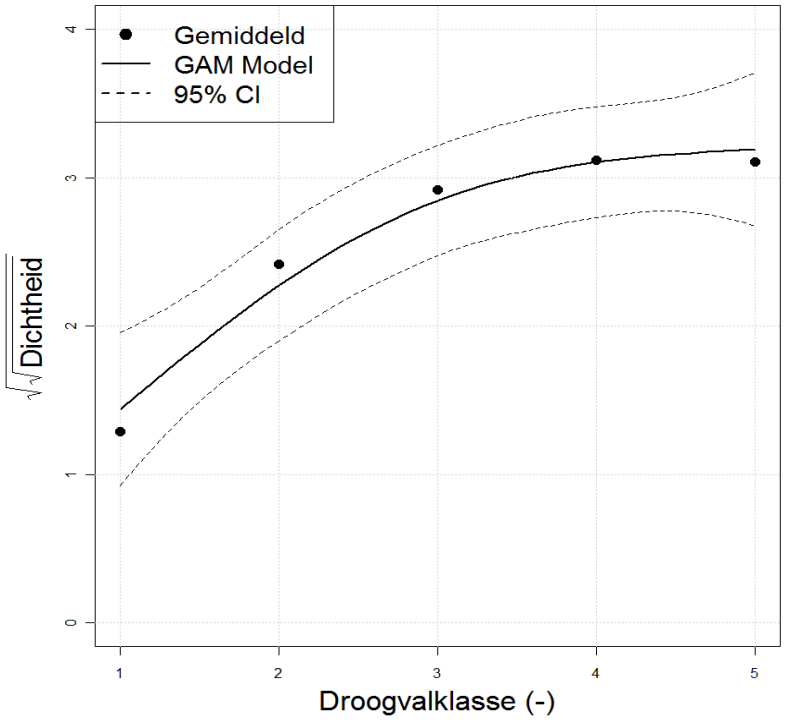


Figuur 31: Soorten accumulatie plot van de strandmonsters. Op de x-as staat het aantal monsters en op de y-as het aantal aangetroffen soorten. De blauwe lijn geeft het gemiddelde en de lichtblauwe band geeft de bandbreedte (standaarddeviatie). De figuur is gebaseerd op alle data die verzameld is in 2010, 2012 en 2013.



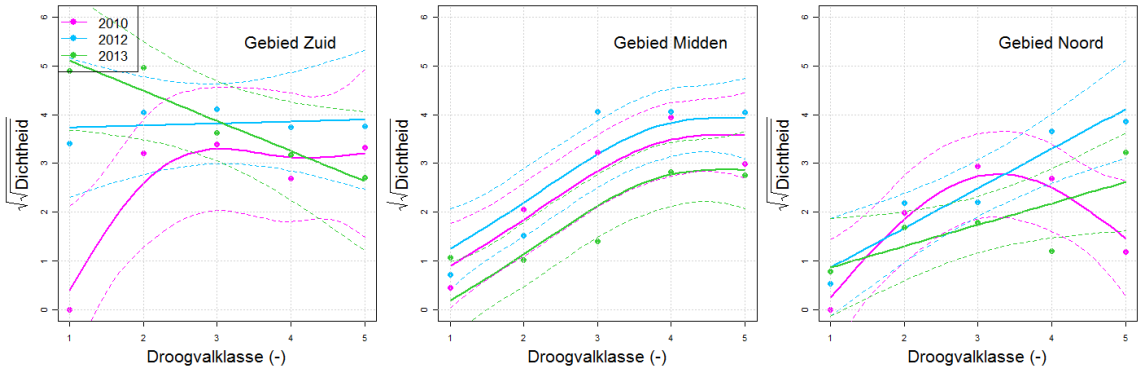
Figuur 32: Boxplots van de ln-getransformeerde dichtheden (# m^{-2}, bovenste figuur) en de diversiteit (aantal soorten, onderste figuur) voor de verschillende jaren en de verschillende gebieden op het strand.

De strandmonsters zijn over het algemeen erg arm in zowel dichtheid als in aantal soorten dat er in de monsters is aangetroffen (Figuur 32). De gemiddelde dichtheid aan bodemdieren binnen de strandmonsters is 228 individuen m^{-2}. Het gemiddelde aantal soorten per monster is 1.9. Het totaal aantal soorten dat is aangetroffen is echter niet klein (57 soorten), dus de soortenrijkdom van bodemdieren op het stand als geheel is aanzienlijk. Veel van de soorten zijn echter relatief zeldzaam en is in al de jaren maar in 1 a 2 monsters aangetroffen. In gebied Zuid lijkt zowel de dichtheid als het aantal aangetroffen soorten toe te nemen van 2010 naar 2013. In de andere gebieden is dat niet het geval, en is juist een piek te zien in 2012.



Figuur 33: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de droogvalklasse (zie tekst). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte punten geven de gemiddelde waarde per droogvalklasse.

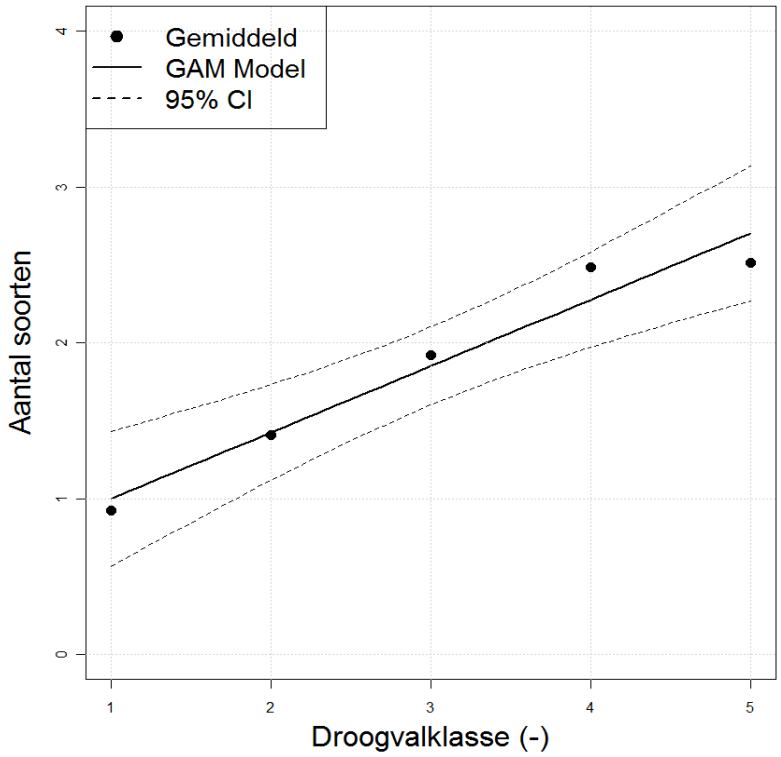
De dichtheid van bodemdieren op het droogvallende strand heeft een relatie met de droogvalduur. In Figuur 33 zijn er 5 droogvalklassen gedefinieerd, overeenkomend met 1: monsterpunten op de hoogst gelegen delen van het strand, nabij de hoogwaterlijn en 5: monsterpunten die het kortste droogvallen (nabij de laagwaterlijn). Echter in Figuur 34 is te zien dat de patronen niet voor ieder gebied hetzelfde zijn. De toename in gemiddelde dichtheid is vooral in de gebieden B en C, maar niet voor gebied A, ten zuiden van de Zandmotor.



Figuur 34: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de droogvalklasse (zie tekst) met jaar als factor voor de gebieden Zuid, Midden en Noord. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De punten geven de gemiddelde waarden per droogvalklasse.

Tabel 11: Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

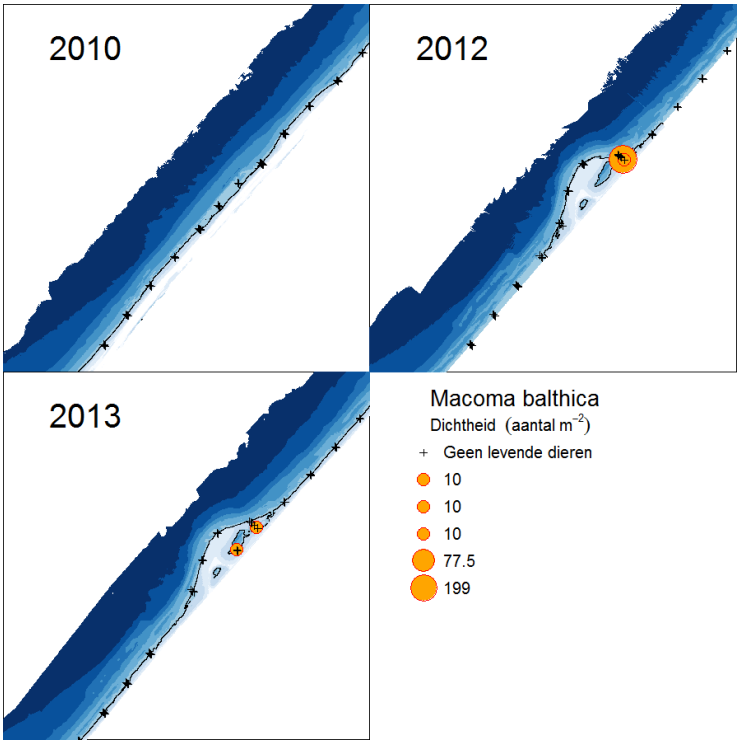
2010			2012			2013		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	262.9		Model_0	279.7		Model_0	218.3	
Model_1	261.1	0.067	Model_1	275.9	0.026	Model_1	218.5	0.171
Model_2	254.7	0.006	Model_2	275.8	0.149	Model_2	212.5	0.014



Figuur 35: Aantal soorten per monster als functie van de droogvalklasse (zie tekst). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte punten geven de gemiddelde waarde per droogvalklasse. De figuren zijn gebaseerd op de gegevens van 2010, 2012 en 2013.

Ook het aantal soorten per monster vertoont een relatie met de droogvalklasse (Figuur 35). De meeste soorten worden aangetroffen bij de laagwaterlijn (gemiddeld 2.5 soorten per monster) en de minste soorten worden gevonden bij de hoogwaterlijn (gemiddeld 1 soort per monster). In de beschutte lagune komen er meer soorten voor in het intertidaal. Gemiddeld zijn er op de 15 bemonsterde stations 3.2 soorten per monster aangetroffen.

Het intertidaal van de beschutte lagune kenmerkt zich door fijne sedimenten en een specifieke bodemdiergemeenschap met relatief veel soorten. Specifieke soorten voor de Lagune zijn de borstelwormen *Capitella capitata*, *Pygospio elegans* en *Polydora cornuta* en de tweekleppige *Macoma balthica* (Figuur 36). Deze soorten worden wel aangetroffen in de beschutte lagune in 2012 en 2013, maar niet op de geëxponeerde stranden. Wel worden sommige van deze soorten op transect 5 aangetroffen aan de zuidzijde van de Zandmotor.



Figuur 36: Verspreiding van het nonnetje (Macoma balthica) in het gebied van de Zandmotor.

4.2.3 Van Veen Happer

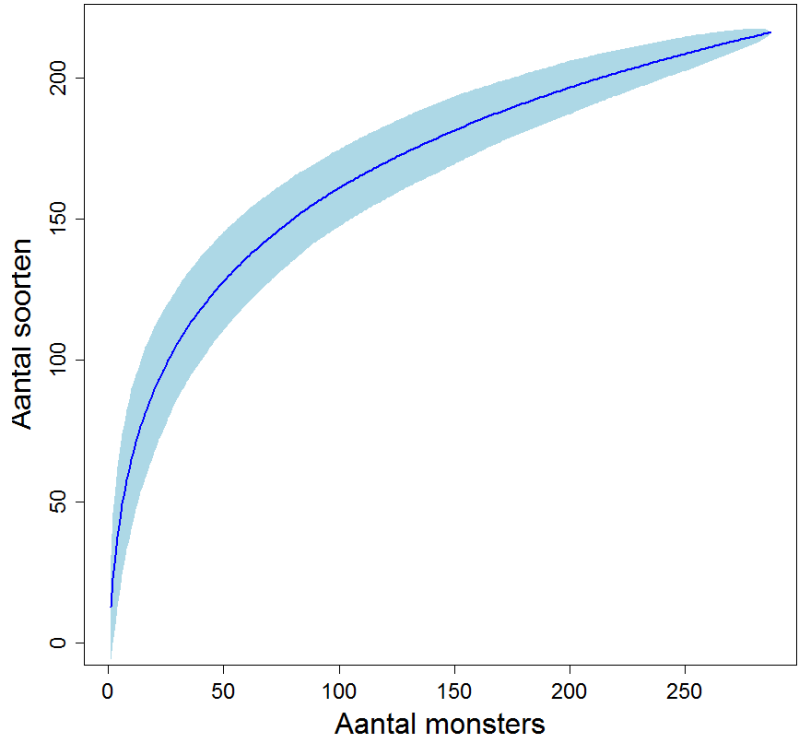
In totaal zijn er in 2010, 2012 en 2013 287 stations in de vooroever bemonsterd voor benthos met de Van Veen happer, waarvan in 2013 9 stations in de lagune zijn bemonsterd. In totaal zijn er in de monsters ruim 200 taxa geïdentificeerd. Meest voorkomende soorten zijn de borstelwormen *Nephtys cirrosa*, *Nephtys hombergii*, *Spiophanes bombyx* en *Spio martinensis* en het schelpdier *Ensis*.

Tabel 12: Overzicht van de 20 meest frequent voorkomende taxa in de Van Veenmonsters. In 2010 zijn er 61 monsters geanalyseerd, in 2012 120 en in 2013 106.

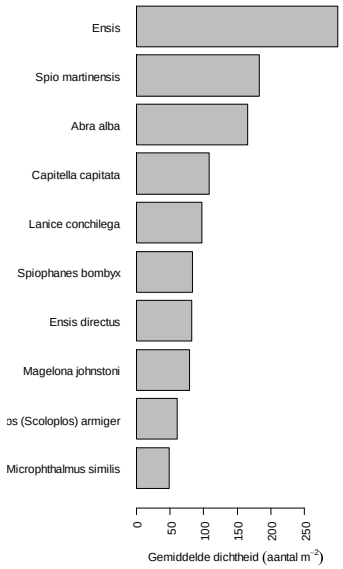
Taxon	2010	2012	2013	totaal
Nephtys cirrosa	43	48	63	154
Spiophanes bombyx	24	77	53	154
Ensis	44	83	25	152
Spio martinensis	32	73	33	138
Nephtys hombergii	17	52	52	121
Magelona johnstoni	33	59	23	115
Nephtys	10	65	40	115
Capitella capitata	31	54	25	110
Scoloplos (Scoloplos) armiger	16	45	41	102
Lanice conchilega	16	41	37	94
Nemertea	17	54	19	90
Phyllodoce mucosa	30	38	14	82
Abra alba	11	44	23	78
Diogenes pugilator	22	39	13	74
Scolelepis (Scolelepis) squamata	24	36	13	73
Magelona mirabilis	21	25	26	72
Spisula subtruncata	6	35	27	68
Angulus fabula	5	33	28	66
Diastylis bradyi	6	21	35	62
Portumnus latipes	2	42	12	56

De soorten accumulatie plot (Figuur 37) van de Van Veen monsters laat zien dat deze nog stijgt met een toename van het aantal monsters. Dit is anders dan de curve van de schaafmonsters (Figuur 17) die na 100 monsters als redelijk is afgeplat. Dit komt door het grote aantal relatief zeldzame taxa die slechts 1 of 2 keer zijn aangetroffen in alle Van Veen monsters. 56 taxa zijn slechts in één keer en 80 taxa zijn slechts 2 keer in de 287 Van Veen monsters aangetroffen. Dit is het gevolg van het grotere bemonsteringsoppervlak van de bodemschaaf waarbij grotere mobiele en sedentaire, zeldzame dieren eenvoudiger gevangen worden. De Van Veen happer is vooral geschikt voor het groot aantal kleinere soorten (wormen, crustaceeën) die in de bodem leven en die met de bodemschaaf niet worden gevangen.

Ensis is de meest dominante soort in de Van Veen monsters die zijn verzameld in het gebied van de Zandmotor. Andere veelvoorkomende soorten zijn *Spio martinensis* en *Abra alba*. De meest dominante soort van het strand (*Scoloplos armiger*) is ook één van de dominante soorten in de Van Veen monsters die in de vooroever zijn genomen.

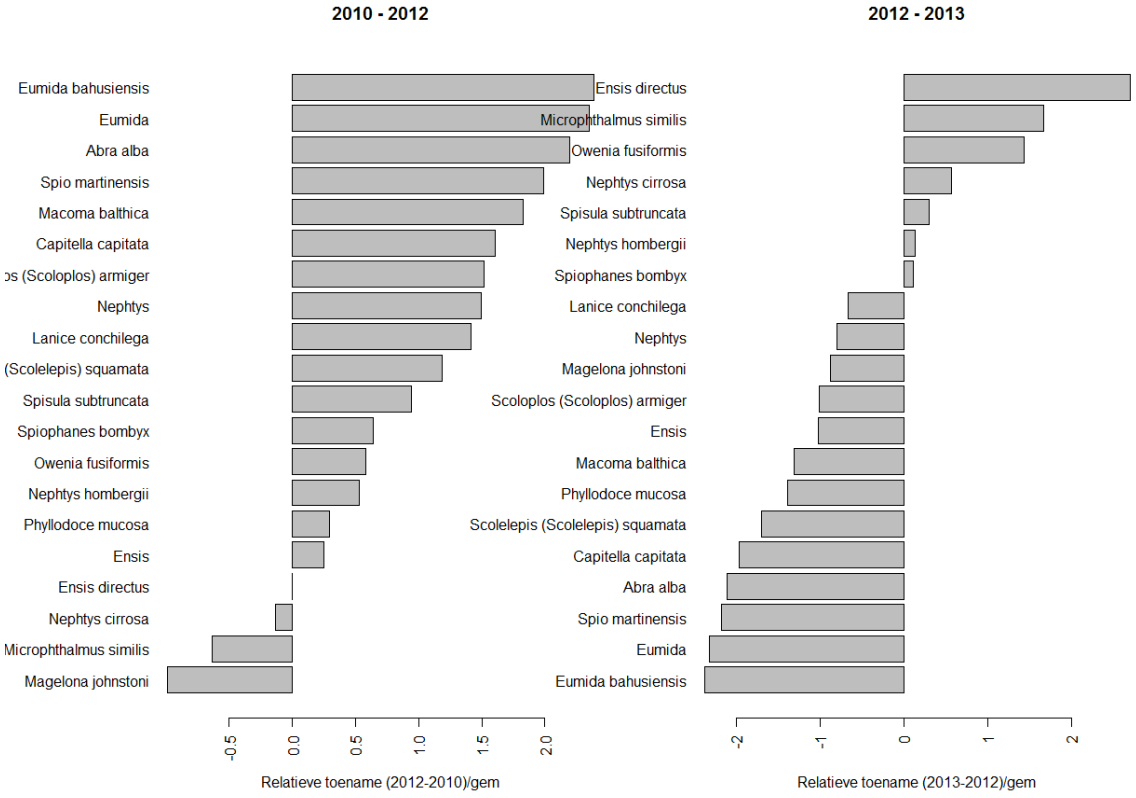


Figuur 37: Soorten accumulatie plot van de Van Veen monster. Op de x-as staat het aantal monsters en op de y-as het aantal aangetroffen soorten. De blauwe lijn geeft het gemiddelde en de lichtblauwe band geeft de standaarddeviatie.



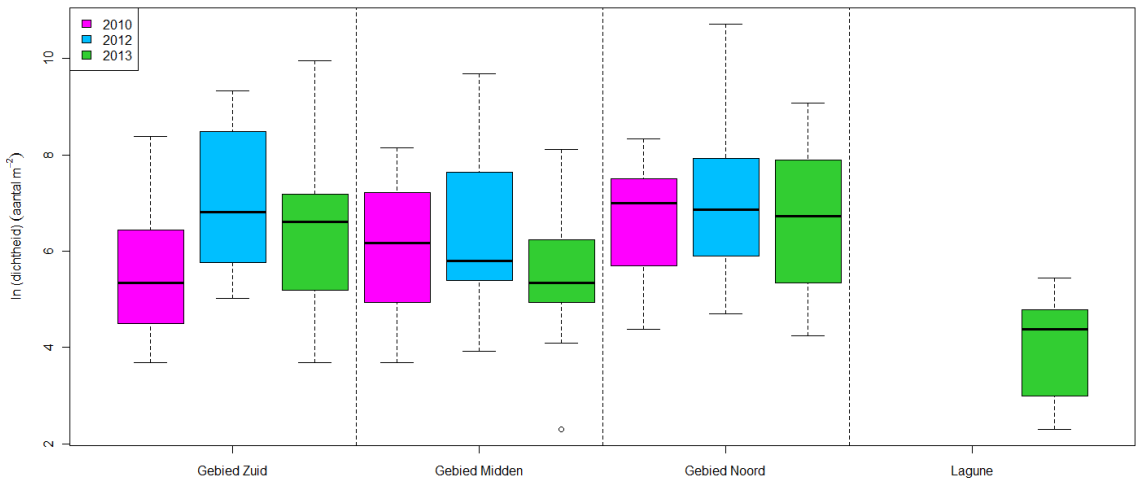
Figuur 38: Gemiddelde dichtheden (aantal m^{-2}) van de 10 meest dominante soorten in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013.

Soorten als *Eumida* (*bahusiensis*), *Abra alba*, *Spio martinensis*, *Macoma balthica* zijn over het algemeen in dichtheid toegenomen tussen 2010 en 2012, maar zijn weer afgenomen tussen 2012 en 2013 (Figuur 39). Andere soorten zoals *Microphthalmus similis* en *Nephtys cirrosa* nemen eerst af tussen 2010 en 2012 en nemen weer toe van 2012 naar 2013. Een soort als *Owenia fusiformis* is gestaag toegenomen tussen 2010 en 2013.

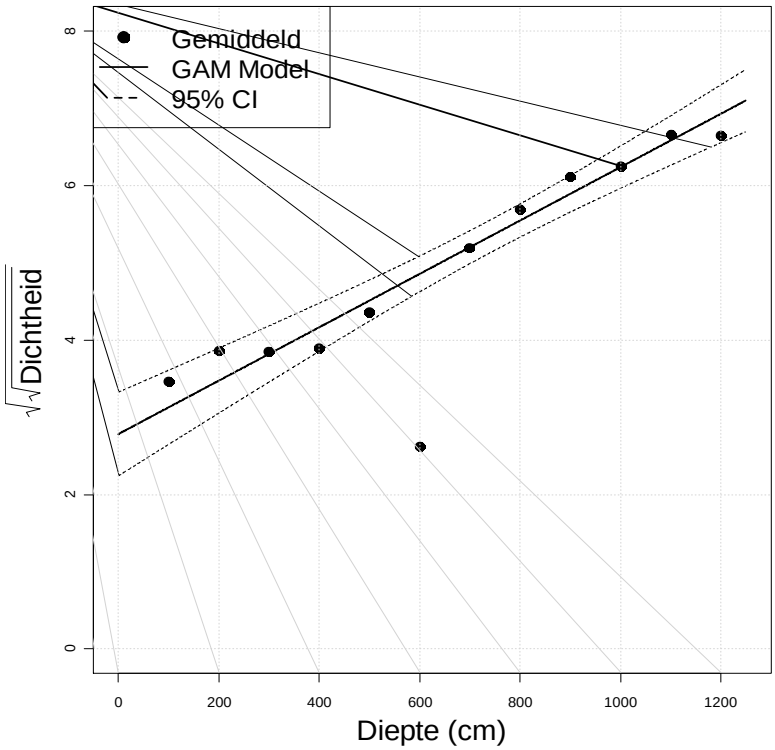


Figuur 39: Relatieve veranderingen in gemiddelde dichtheden (aantal m^{-2}) van de verschillende soorten in de Van Veen monsters van 2010 naar 2012 en van 2012 naar 2013.

In Figuur 40 is te zien dat de dichtheden van de bodemdieren in de Lagune laag is vergeleken met de gebieden in de vooroever. De gemiddelde dichtheden in gebied Noord zijn alle jaren relatief hoog en er zit weinig variatie tussen de jaren. In gebied Zuid fluctueren de dichtheden en in gebied Midden lijkt de gemiddelde dichtheid af te nemen over de jaren.



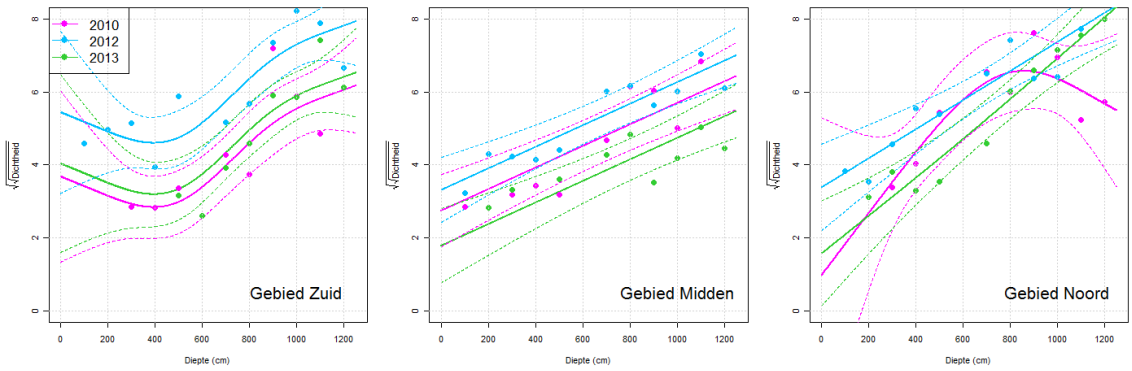
Figuur 40: Boxplots van de dichtheden bodemdieren (aantal m^{-2}) in de Van Veen monsters binnen de verschillende gebieden (A, B, C en de Lagune).



Figuur 41: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data (2010, 2012 en 2013). De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte punten geven de gemiddelde waarde per diepteklasse (afgerond op hele meters). De uitschieter naar beneden bij 600 cm beneden NAP is gebaseerd op slechts 2 metingen.

De dichtheid aan bodemdieren in de Van Veen monsters neemt over het algemeen toe met de waterdiepte (Figuur 41). De monsters uit de lagune zijn in deze analyse niet meegenomen. Opvallend is de uitschieter naar beneden bij 600 cm beneden NAP. De gemiddelde waarde die hier is weergegeven is gebaseerd op slechts 2 metingen. Op deze diepte zou oorspronkelijk geen monster genomen worden (Tabel 1), maar vanwege de ligging van een brekerbank op deze diepte in het gebied ten zuiden van de Zandmotor zijn er in 2013 toch twee monsters genomen op deze diepte. Voor de GAM analyse is gecorrigeerd voor het aantal monsters en daarom is deze dip niet terug te zien in de regressie.

Om de verschillen tussen de verschillende gebieden en de verschillende jaren te onderzoeken zijn er aanvullende GAM modellen gefit met respectievelijk jaar en gebied (Zuid, Midden en Noord) als factor (respectievelijk Figuur 42 en Figuur 43). In gebied Zuid en gebied Midden is Model_1 het significant best fittende model (Tabel 13). Dit houdt in dat er geen verschil is in het patroon over de diepte tussen de jaren, maar wel een significant verschil in de gemiddelde dichtheid tussen de jaren. In gebied Zuid is de dichtheid in 2012 significant hoger dan in de jaren 2010 en 2013. In gebied Midden is de dichtheid in 2013 significant lager dan in de jaren 2010 en 2012. In gebied Noord is er wel een significant verschil in de patronen tussen de jaren. In 2012 en 2013 is er een meer lineaire toename (van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheden) met de waterdiepte terwijl het patroon in 2010 meer fluctuerend is met relatief lage dichtheden op grotere diepten (>10 meter beneden NAP) ten opzichte van de andere jaren.

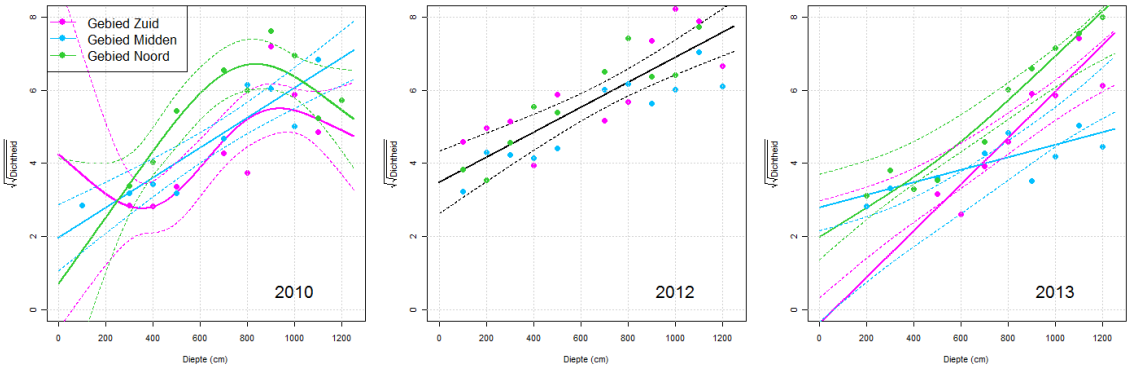


Figuur 42: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De punten geven de gemiddelde waarde per diepte (afgerond op hele meters).

Tabel 13:Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

2010			2012			2013		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	357.4		Model_0	363.4		Model_0	381.2	
Model_1	342.8	<0.001	Model_1	353.0	0.001	Model_1	378.7	0.046
Model_2	344.9	ns	Model_2	354.2	0.26	Model_2	375.6	0.036

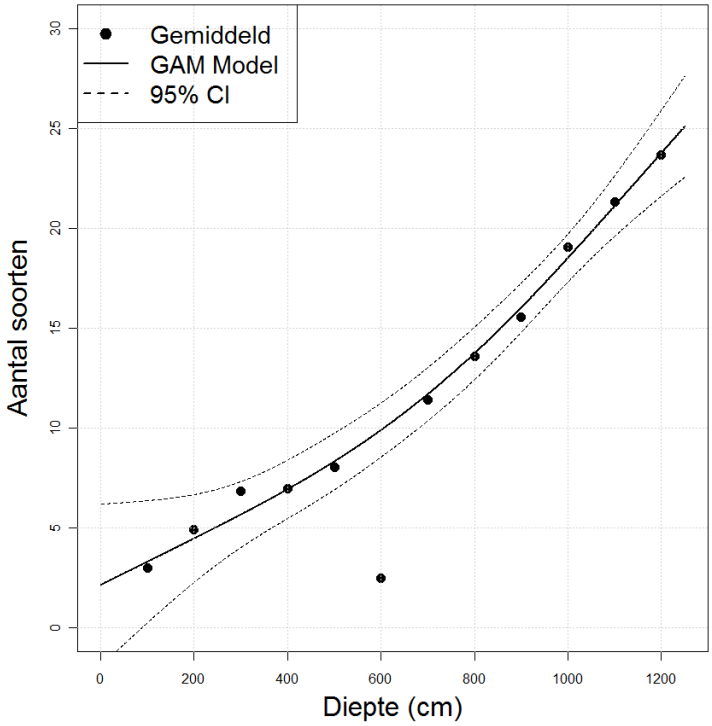
In 2012 is er geen significant verschil tussen de drie gebieden, en de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid neemt lineair toe met de waterdiepte. In 2010 en 2013 zijn er wel verschillen in de patronen over de diepte tussen de verschillende gebieden.



Figuur 43: Vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) als functie van de diepte (cm beneden NAP) voor de verschillende jaren. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De punten geven de gemiddelde waarde per diepte (afgerond op hele meters).

Tabel 14: Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

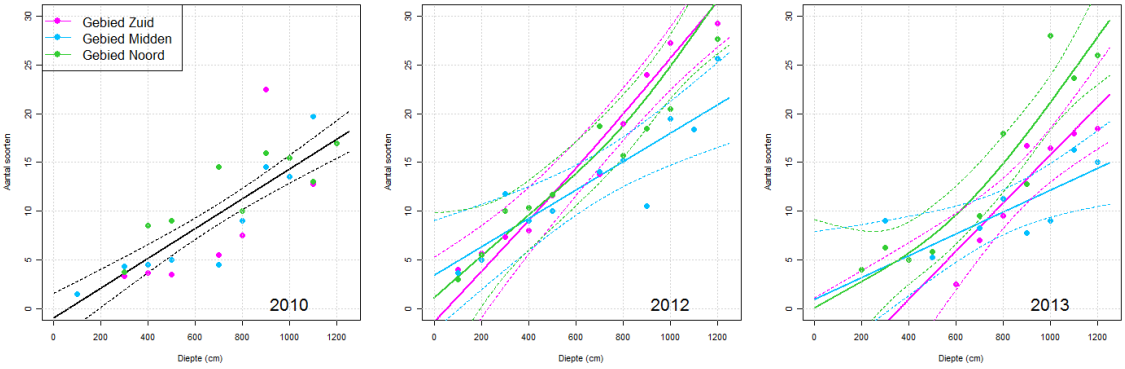
Gebied Zuid			Gebied Midden			Gebied Noord		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	189.7		Model_0	506.3		Model_0	369.0	
Model_1	180.4	0.002	Model_1	506.6	0.16	Model_1	352.9	<0.001
Model_2	177.0	0.042	Model_2	510.0	0.76	Model_2	342.0	0.001



Figuur 44: Gemiddeld aantal soorten per monster als functie van de diepte (cm beneden NAP). De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De zwarte punten geven de gemiddelde waarde per diepteklasse (afgerond op hele meters). De uitschieter naar beneden bij 600 cm beneden NAP is gebaseerd op slechts 2 metingen.

In Figuur 44 is te zien dat ook de diversiteit (uitgedrukt in aantal soorten per monster) toeneemt met de waterdiepte. De ondiepe (≤ 6 meter) vooroever is niet alleen laag in biomassa en dichtheden, maar ook laag in aantal soorten. De figuur sluit mooi aan op de figuur van de diversiteit van bodemdieren die is gemaakt voor het strand (Figuur 35), waar de diversiteit geleidelijk toeneemt van 1 soort per monster aan de hoogwaterlijn naar 2.5 soorten per monster aan de laagwaterlijn.

Er is ook een verandering in de tijd opgetreden in het aantal soorten per monster in de vooroever In de gebieden Zuid en Noord (Figuur 45). Vooral in de diepere (> 8 meter beneden NAP) delen in gebied Zuid en gebied Noord is het aantal soorten in 2012 en 2013 toegenomen in vergelijking tot 2010. In het midden gebied (gebied Midden) is er geen duidelijke verandering over de tijd opgetreden.

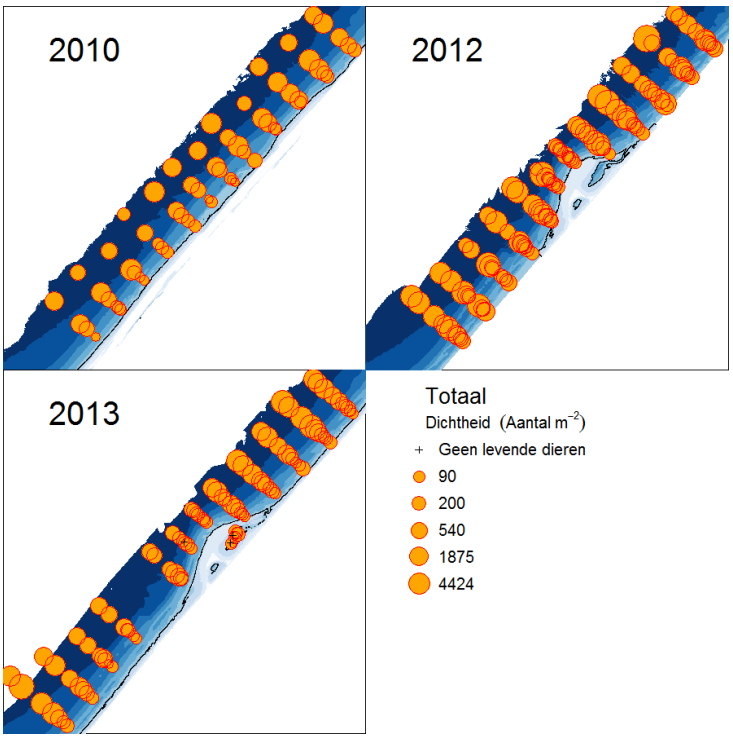


Figuur 45: Gemiddeld aantal soorten per monster als functie van de diepte (cm beneden NAP) voor de verschillende jaren. De getrokken lijn geeft het resultaat van het GAM model over alle data. De stippellijnen geven het 95%-betrouwbaarheid interval. De punten geven de gemiddelde waarde per diepte (afgerond op hele meters).

Tabel 15: Significantietests GAM modellen van de vierdemachtswortel-getransformeerde dichtheid (aantal m^{-2}) voor de verschillende jaren. De AIC is het Akaike Information Criterion voor het betreffende model. De p-waarde is het resultaat van de ANOVA van het model met het bovenliggende model. Het significant best fittende model is blauw gemarkeerd.

Gebied Zuid			Gebied Midden			Gebied Noord		
	AIC	p		AIC	p		AIC	p
Model_0	351.4		Model_0	840.2		Model_0	661.3	
Model_1	353.1	0.354	Model_1	838.0	0.051	Model_1	652.3	0.002
Model_2	351.4	0.07	Model_2	835.9	0.057	Model_2	648.9	0.033

Ook in de ruimtelijke plaatjes is te zien dat de dichtheden van bodemdieren in de vooroever lijken toe te nemen met de diepte (Figuur 46). De laagste dichtheden worden aangetroffen in de ondiepe brandingszone. De verdeling van een aantal specifieke soorten zijn weergegeven in Figuur 71 tot en met Figuur 76 in bijlage B. *Ensis* komt niet zozeer voor in de ondiepere stations. Opvallend voor deze soort is ook de afwezigheid rond de Zandmotor en in het meest zuidelijk gebied in 2013. De borstelworm *Nephtys cirrosa* lijkt zich in tegenstelling tot Ensis iets meer op te houden in de ondiepere delen < 8 meter. *Abra alba* heeft zijn piek in 2012. In 2013 zijn de dichtheden weer lager en is de soort op een groot aantal stations weer afwezig. De breedpootkrab (*Portumnus latipes*) blijkt (net als bij de schaaf monsters) een soort te zijn die voornamelijk voorkomt in de ondiepe zone. *Streblospio benedictii* is een exoot die, net als *Chironomus salinarius* uitsluitend in de lagune is aangetroffen tijdens de bemonstering van 2013. *Scolelepis squamata*, de meest talrijke soort in de strandmonsters is ook regelmatig in de vooroever aangetroffen, maar dan voornamelijk in de ondiepere delen in de brandingszone.

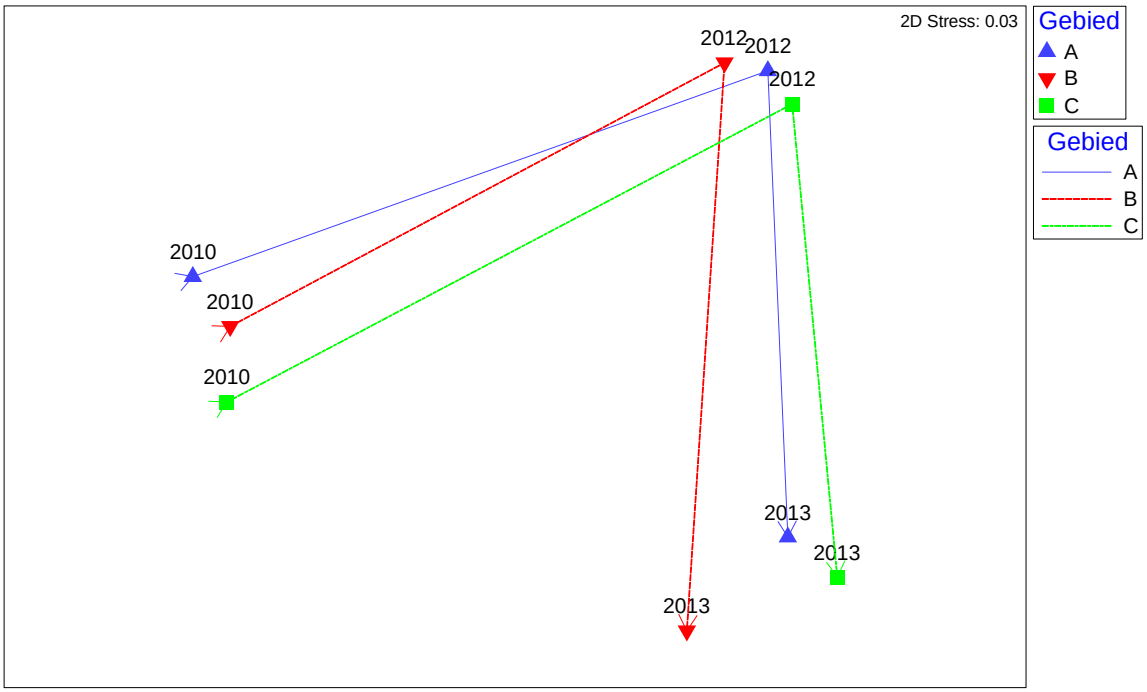


Figuur 46: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden bodemdieren (aantal m^{-2}) in de Van Veen monsters over de jaren 2010, 2012 en 2013.

Ook voor de monsters die zijn genomen met de Van Veen happer in de vooroever zijn multivariate analyses uitgevoerd op de dichtheden (aantal m^{-2}). Net als bij de schaafdata zijn de dichtheden van de Van Veenhapper vierdemachtswortel getransformeerd en zijn de analyses uitgevoerd op de Bray-Curtis similariteits matrix. Hierbij zijn de stations die zijn bemonsterd in de lagune niet meegenomen. De reden hiervoor is dat op deze stations soorten voorkomen als *Streblospio benedictii* en *Chironomus salinarius* die op geen van de andere stations zijn aangetroffen. De enige andere soort die in de lagune is aangetroffen en ook in de rest van de vooroever voorkomt is *Capitella capitata*.

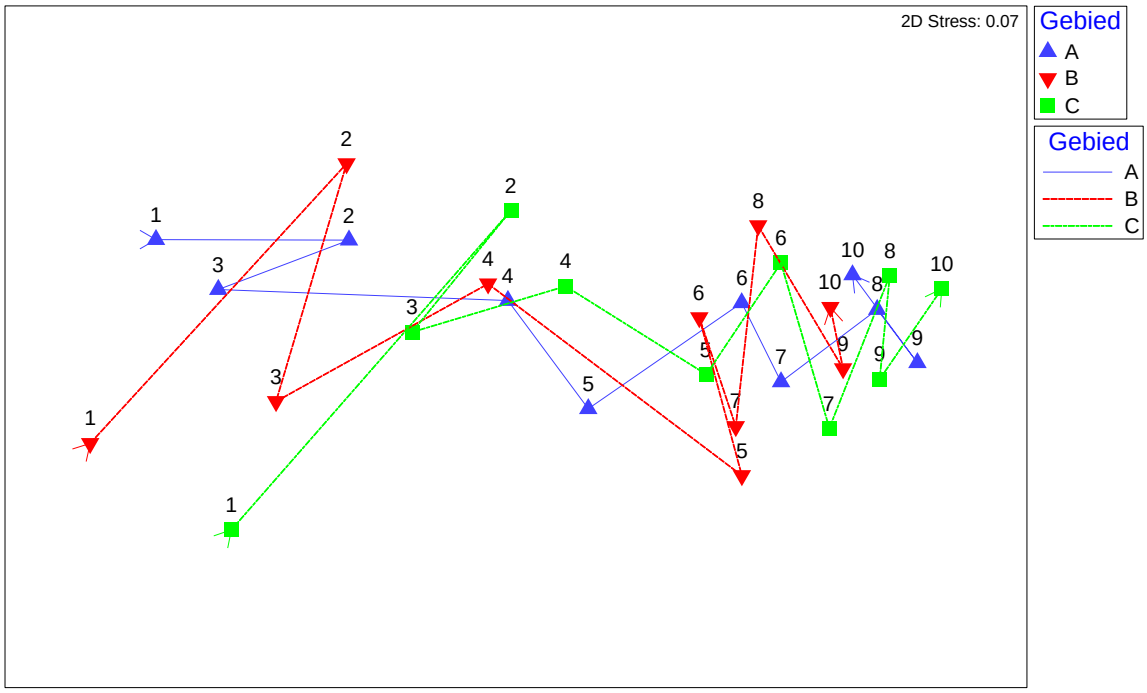
Allereerst zijn er clusteranalyses uitgevoerd voor de verschillende jaren (respectievelijk Figuur 77, Figuur 78 en Figuur 79). Met behulp van de markering is daarbij de diepteklasse aangegeven van waar het betreffende station in viel. In 2010 zijn er 8 significante clusters aangetroffen, waarbij er een cluster van 20 locaties uitsluitend bestaat uit relatief ondiepe stations in de brandingszone. In 2012 is het beeld minder duidelijk, en zijn er 19 significante clusters onderscheiden. In 2013 zijn er 14 significante clusters onderscheiden waarvan weer duidelijk een paar clusters voornamelijk bestaan uit de ondiepe stations.

Een nMDS plot is gemaakt op basis van de gemiddelde dichtheden per jaar per gebied (Figuur 47). Uit deze figuur valt af te leiden dat de verschillen tussen de jaren aanzienlijk groter zijn dan de verschillen tussen de drie verschillende gebieden. Binnen de jaren is er een sterke overeenkomst in bodemdiersamenstelling tussen de gebieden. De verschillen in bodemdiersamenstelling tussen 2010 en 2012 zijn in dezelfde orde als de verschillen tussen 2012 en 2013 en de verschillen tussen 2010 en 2013. Er is nog geen indicatie voor herstel na de verstoring in 2011.

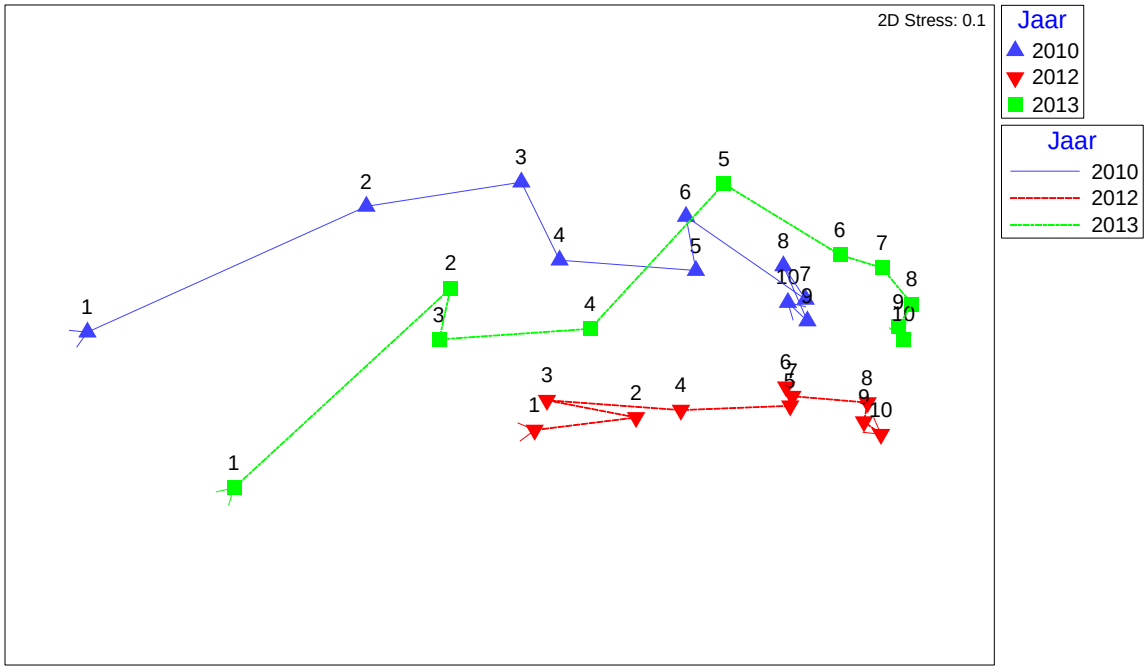


Figuur 47: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap bemonsterd met de Van Veen happer over de tijd voor de drie verschillende deelgebieden (A = Gebied Zuid, B = Gebied Midden en C = Gebied Noord).

In Figuur 48 zijn de patronen in bodemdiergemeenschap als functie van de waterdiepte voor de drie verschillende gebieden weergegeven. Ook hier is het effect van diepte dominant en is er geen duidelijk verschil tussen de drie gebieden. Het verschil tussen de jaren en over de diepte is duidelijk terug te zien in Figuur 49. Het jaar 2012 onderscheidt zich duidelijk van de jaren 2010 en 2013, maar er is ook een duidelijk verschil tussen de jaren 2010 en 2013. Binnen een jaar (en gebied) lijken de diepere delen (vanaf diepteklasse 6 of 7) relatief veel op elkaar. In de ondiepe delen (van diepteklasse 1 tot 5) is er een sterke gradiënt in bodemdiergemeenschap.



Figuur 48: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap bemonsterd met de Van Veen happer Voor deze analyse zijn de gegevens gemiddeld per gebied (A = Gebied Zuid, B = Gebied Midden en C = Gebied Noord) en per diepteklasse (1-10).



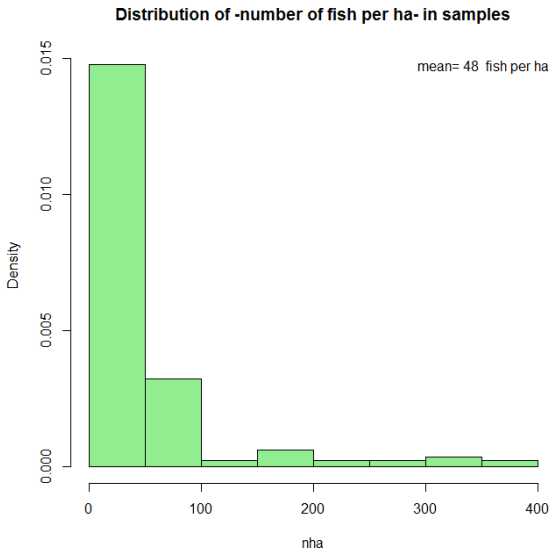
Figuur 49: nMDS plot van de ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap bemonsterd met de Van Veen happer Voor deze analyse zijn de gegevens gemiddeld per jaar (2010, 2012 en 2013) en per diepteklasse (1-10).

4.3 Vis en epibenthos in het najaar

4.3.1 Post-hoc power analyse

Op basis van de 2012 en 2013 data is er een *post-hoc* power analyse uitgevoerd om de omvang van het aantoonbare effect (als gevolg van de aanleg van de Zandmotor) significant aan te kunnen tonen. Dit geeft inzicht in hoe de resultaten geïnterpreteerd kunnen worden als er geen statistische verschillen gevonden worden (Wilber e.a., 2003). Er is hiervoor uitsluitend gekeken naar de totale aantallen vis.

In 2012 en 2013 zijn alle drie de onderzoeksgebieden (Gebied Zuid, Gebied Midden en Gebied Noord) bemonsterd. Per gebied (A) zijn drie raaien (R) met ieder negen monsterpunten (D), op verschillende dieptes, geselecteerd. Het resultaat van deze bemonstering, aantal gevangen vissen opgesplitst per soort, is omgerekend naar aantal gevangen vissen per ha, afhankelijk van de afgelegde afstand. Het totaal aantal monsters is DxRxAxJ=9x3x3x2=162-1 (1 bemonstering is mislukt)=161. Als start zijn de aantallen per ha van alle vissoorten geaggregeerd en statistisch geanalyseerd.



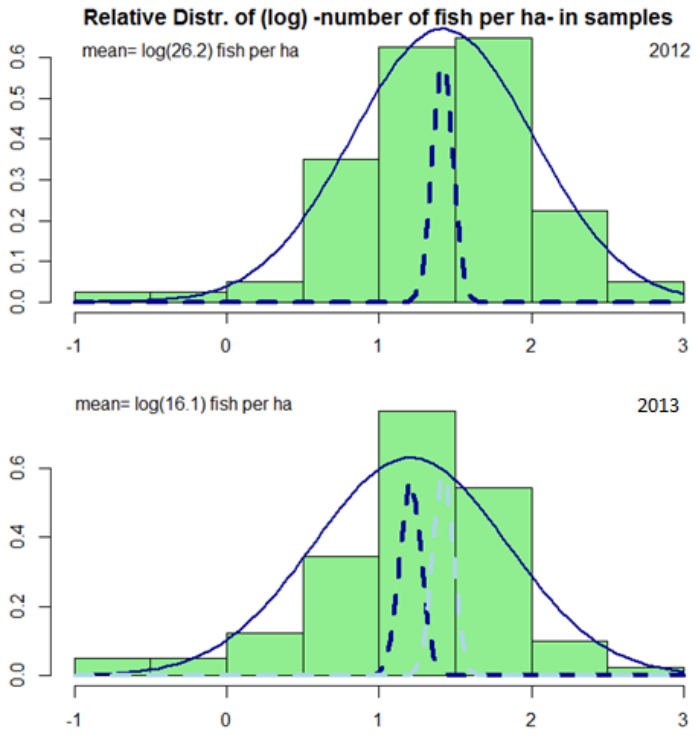
Figuur 50: Relatieve frequentieverdeling van de aantallen vis per ha in de vangsten.

Het gemiddeld aantal vissen per ha is 48 met een standaard deviatie van 73 per ha. Zie Figuur 50, waaruit blijkt dat de aantallen variëren van 0 tot 400 per ha. Lage aantallen komen vaker voor dan hoge aantallen waardoor de frequentie verdeling afwijkt van de (symmetrische) klokvorm bij een normale verdeling. Vaak helpt een log-transformatie om de gegevens als een normaal verdeelde dataset verder te analyseren. Het (geometrisch) gemiddeld aantal vissen per ha is 20 met een spreidingsfactor 4, d.w.z. 2/3 van de aantallen ligt binnen de range $20*4^{\pm1}$ = 5 – 80 per ha.

Bij verschillende aggregatieniveaus (jaar, gebied, raai en/of diepte) is vervolgens getoetst of die gegevens dezelfde verwachtingswaarde (=μ) kunnen hebben. Dat wil zeggen toetsen of de gemiddelde waarden van de aantallen bij verschillende aggregatiefactoren aan elkaar gelijk zijn. Hier wordt de procedure besproken om te kunnen concluderen dat zo'n nulhypothese, de gemiddelde waarden zijn gelijk aan elkaar, geloofwaardig is.

Op grond van de nulhypothese kan de kansverdeling van het aantal vissen per ha worden geformuleerd en kunnen we de kansen op allerlei denkbare uitkomsten berekenen.

In Figuur 51 zijn de relatieve frequentieverdelingen van de -log getransformeerde- aantal vissen per ha van 2012 en 2013 apart geplot. De frequentieverdelingen hebben grote overeenkomsten met de normale verdeling die voor het gevonden gemiddelde en sd- eroverheen geplot is (doorgetrokken blauwe lijnen). Uit de figuur blijkt verder dat er in 2012 meer vissen zijn gevangen dan in 2013. Het geometrisch gemiddelde in 2012 is 26.2 per ha en in 2013 16.1 per ha. Het verschil tussen de gemiddelde logwaarden is 0.2 (log(26.2)-log(16.1)). Om te kijken of de twee gemiddelden van elkaar verschillen kijken we naar de verwachte kansverdelingen van gemiddelden op basis van de geschatte gemiddelden en –standaardfouten. Deze verdelingen zijn ook in Figuur 51 geplot als onderbroken blauwe lijnen. Beide kansverdelingen laten zien welke waarden mogen worden beschouwd als redelijk aannemelijk (bijvoorbeeld met een waarde op de kansverdeling groter dan 0.05) en welke waarden als uitzonderlijk moeten worden bestempeld (waarde op de kansverdeling kleiner dan 0.05). De kansverdelingen van de verwachte gemiddelde aantallen vissen per ha (onderbroken lijnen) overlappen in 2012 en 2013 nauwelijks en doen vermoeden dat de gevonden verschillen niet op toeval berusten.



Figuur 51: Relatieve frequentieverdeling van de log-getransformeerde aantallen vis per ha in de vangsten voor de jaren 2012 (boven) en 2013 (onder).

Met een Student t-test wordt het verschil van de gemiddelden in 2012 en 2013 statistisch getoetst. De te toetsen hypothese is; de gemiddelden verschillen niet (H_0). De alternatieve hypothese is dat het verschil tussen de gemiddelden ongelijk aan 0 is. De berekende 95% (1-α) betrouwbaarheidsinterval van het gevonden verschil (=0.2) (10,1 op lineaire schaal) heeft als ondergrens 0.02 en als bovengrens 0.4 per ha. Omdat 0 buiten deze grenzen ligt, is de conclusie: in 2012 zijn gemiddeld,significant meer vissen per ha gevangen dan in 2013, en de

kans dat deze conclusie fout is, is kleiner dan 5% namelijk 3%, om precies te zijn. Naast dit risico (α=0.03), dat de nulhypothese ten onrechte wordt verworpen, bestaat er ook een kans dat de nulhypothese ten onrechte wordt aanvaard omdat de alternatieve hypothese geldt. Dit is een fout van de tweede soort (β) en die treedt op als de schatting van het gemiddeld aantal vissen per ha een waarde oplevert die binnen de betrouwbaarheidsgrenzen ligt, terwijl een alternatieve hypothese waar is.

Vervolgens is er gekeken naar de verschillen tussen de gebieden binnen een jaar. De gemiddelden en sd's en aantal monsters zijn te vinden in Tabel 16. Als binnen een jaar gekeken wordt naar de verschillen van de gemiddelden tussen de gebieden valt op dat de variatie van die gemiddelden in 2012 kleiner is dan in 2013. De range beslaat in 2012 een factor 1.4 en in 2013 een factor 2.1. Het grootste verschil is gevonden tussen het Gebied Noord en de Gebieden Zuid en Midden in 2013 nl 13.7 meer vissen per ha in gebied Noord.

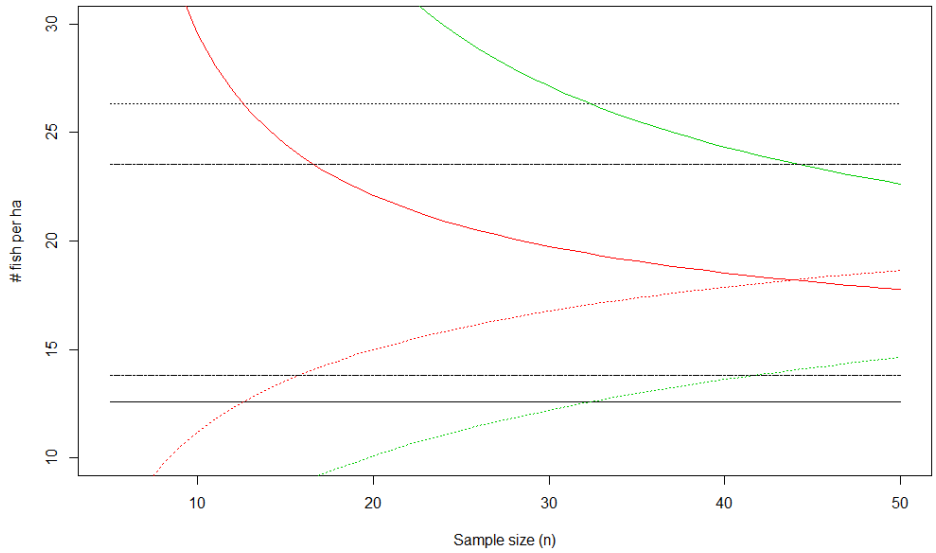
Het grootste verschil (verschil tussen gebied Midden en gebied Noord in 2013) is ook getoetst met een Student t-test. De berekende 95% betrouwbaarheidsinterval van het verschil tussen Gebied Noord en Gebied Midden ligt tussen -0.7 en 0.03 en dat wil zeggen dat de nulhypothese niet verworpen kan worden bij met een betrouwbaarheid van 95%. Dat wil zeggen dat de kans dat de conclusie, er worden in 2013 meer of minder vissen in Gebied Noord gevangen dan in gebied Midden, fout is groter dan 5% is en daarmee niet significant (p=0.07).

Tabel 16: Gemiddeld aantal per ha (log-getransformeerd) en standaarddeviatie (log-getransformeerd) en aantal observaties (N), van de bemonstering in de verschillende gebieden en voor de verschillende jaren.

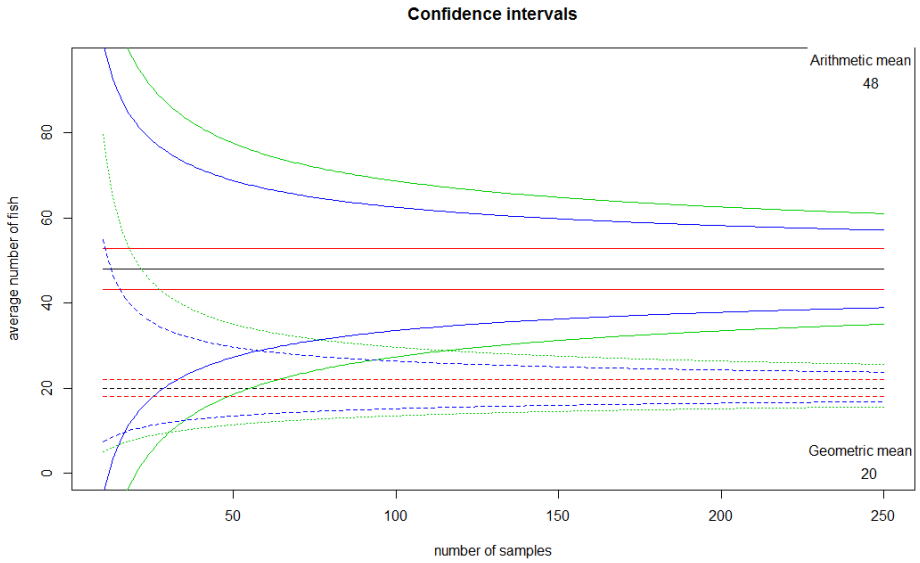
Gebied	Jaar	Gemiddelde	Sd	N
Zuid	2012	1.45	0.68	27
Midden	2012	1.47	0.51	27
Noord	2012	1.33	0.6	26
Zuid	2013	1.1	0.6	27
Midden	2013	1.1	0.63	27
Noord	2013	1.42	0.63	27

Als er per gebied per jaar twee keer zoveel monsters genomen zouden zijn, is het verschil tussen aantal vissen per ha in het gebied C en een van de andere gebieden wel significant (p=0.008) bij dezelfde gemiddelden, verschillen en varianties.

Om het effect van het aantal genomen monsters op het betrouwbaarheidsinterval te onderzoeken zijn de intervallen berekend op basis van de geschatte gemiddelden en standaard deviaties van de bemonstering in 2013. De betrouwbaarheidsinterval is berekend voor het aantal monsters per gebied dat varieerde van 5 tot 50. Het resultaat is te zien in Figuur 52. Uit de figuur kan de conclusie getrokken worden dat het verschil tussen beide gemiddelden pas significant (p<0.05) is als er in beide gebieden meer dan tenminste 42 monsters worden genomen. Daar overlappen de beide betrouwbaarheidsgrenzen van de gemiddelden niet meer en dan is de kans klein dat het verschil op toeval berust.



Figuur 52: Betrouwbaarheidsintervallen in relatie tot het aantal monsters voor 2 (geometrische) populatiegemiddelden nl 26.3 (gestippelde lijn, boven) en 12.6 (ononderbroken lijn, beneden) vissen per ha. De rode lijnen laten de 95% boven- en ondergrens zien van respectievelijk het lage en hoge gemiddelde. Bij meer dan 42 monsters overlappen de rode lijnen niet meer en zou het verschil bij deze gemiddelden en spreiding significant (p<0.05) zijn. De groene lijnen laten de gemiddelden zien van alternatieve hypothesen met een kans, dat ze door de t-toets niet ontdekt worden, van 0.2 (=een power van 80%).



Figuur 53: Betrouwbaarheidsgrenzen van een rekenkundig gemiddelde van 48 (sd=73) en een meetkundig gemiddelde van 20 (sd=log(4)). De rode rechte lijnen begrenzen de gemiddelden met 10%, bijvoorbeeld 18-22 bij een gemiddelde van 20. De blauwe lijnen begrenzen het 95% betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde. De groene lijnen laten gemiddelden van de alternatieve hypothese zien die door de t-toets, bij het specifieke aantal monsters, niet ontdekt wordt met een kans van 0.2. Boven de 50 monsternames heeft een toename in monstergrootte minimaal effect op het betrouwbaarheidsinterval.

Een volledige overzicht van de betrouwbaarheidsgrenzen van het reken- en meetkundig gemiddelde, van respectievelijk 48 en 20, bij monstergrootten tot 250 is te zien in Figuur 53. Uit de figuur valt af te leiden dat als het aantal monsterpunten, om een gemiddelde te bepalen, groter dan 50 is de toename van de monstergrootte nauwelijks nog effect heeft op de vernauwing van de betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde.

Tot slot zijn de resultaten van de bemonstering in 2012 en 2013 samengevat in Bijlage E, Tabel 24.

4.3.2 Resultaten vis en epibenthos

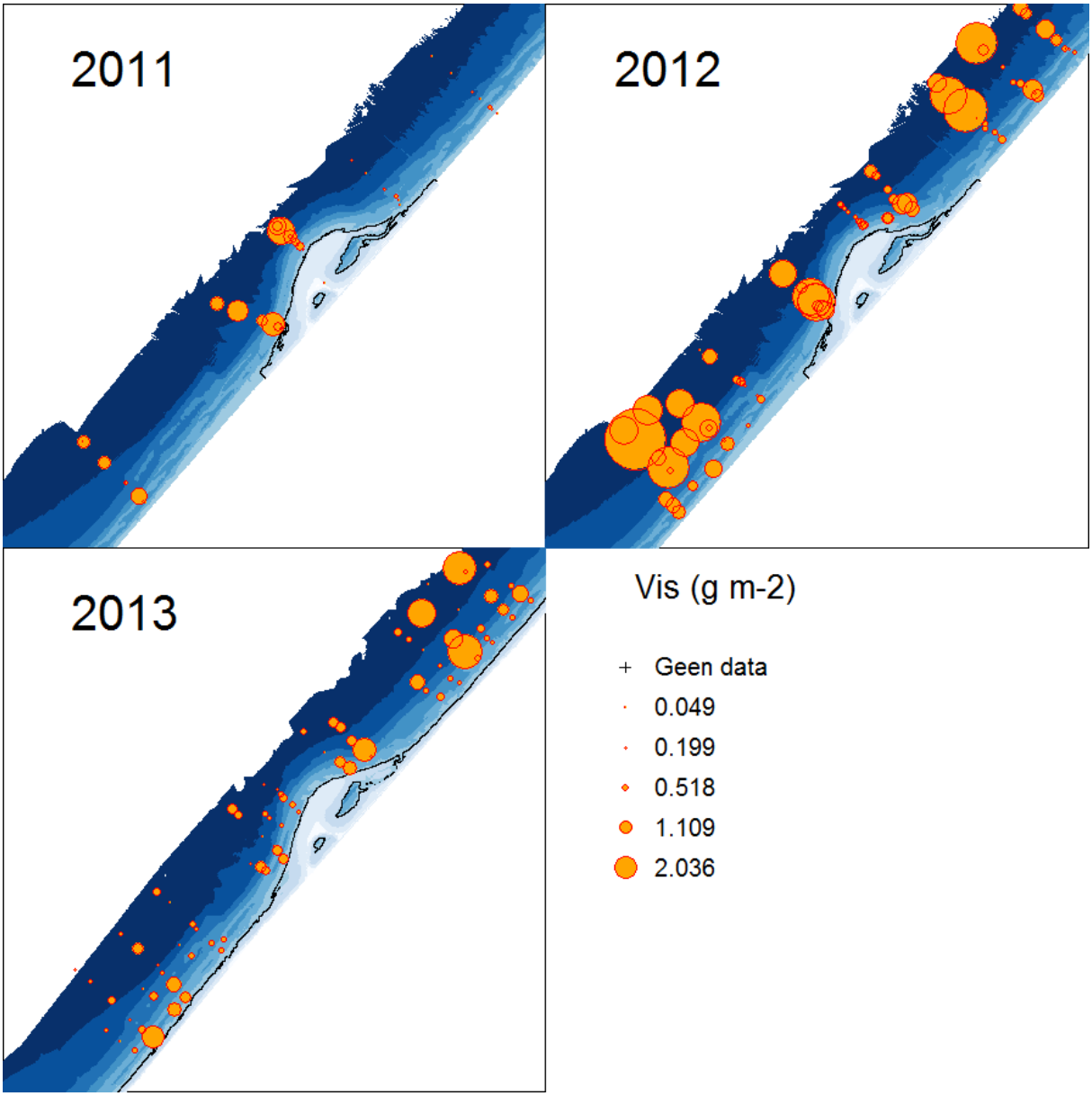
In het totaal zijn er203 vistrekken uitgevoerd met een 3-meter boomkor in de jaren 2011 tot en met 2013. Dit waren 42 trekken in 2011, waarvan 4 in de lagune, 80 trekken in 2012 en 81 in 2013 (Tabel 17). In iedere trek zijn de vissen en epibenthos per soort geteld en van de vissen is de lengte bepaald. In het totaal zijn er 85 verschillende soorten (of families) geïdentificeerd, waarvan 42 vissoorten en 43 epibenthossoorten.

Tabel 17: Overzicht van de uitgevoerde vistrekken over de jaren 2010 tot en met 2013.

Jaar	Gebied Zuid	Gebied Midden	Gebied Noord	Lagune
2011	8	15	15	4
2012	26	27	27	0
2013	27	27	27	0

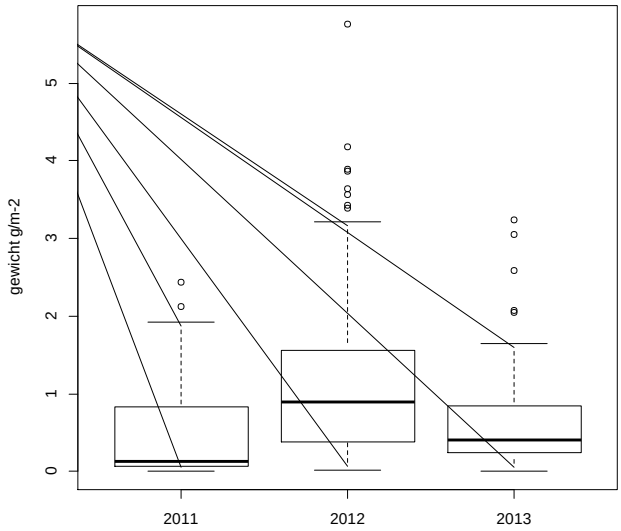
In Figuur 63 is de ruimtelijke verdeling van de biomassa vis in gram per m^2 in de vangsten met de 3 meter boomkor weergegeven. De gegevens zijn weergegeven op de start posities van de trek, door stroming en tij veranderd de richting van vissen, waardoor de start posities niet allemaal mooi op een raai liggen. De mediane biomassa in 2011 is lager dan in de andere twee jaren (Figuur 55). Waar met name in 2012 een aantal hoge waarden in biomassa zijn waargenomen.

In 2011 zijn met name de biomassa's in het noordelijk deelgebied laag. Zoals aangegeven door Boon en Wijsman (2012) was dit waarschijnlijk een gevolg van het veel helderdere water op de dag dat deze posities zijn bemonsterd. Dit is echter een aanname aangezien er geen consistente bemonstering van het doorzicht van het water heeft plaatsgevonden. Hierdoor is het lastig om de variatie in de biomassa in de andere jaren te duiden. In 2012 lijkt er in de diepere gebieden meer biomassa te worden gevonden, maar dit is echter in 2013 niet het geval.

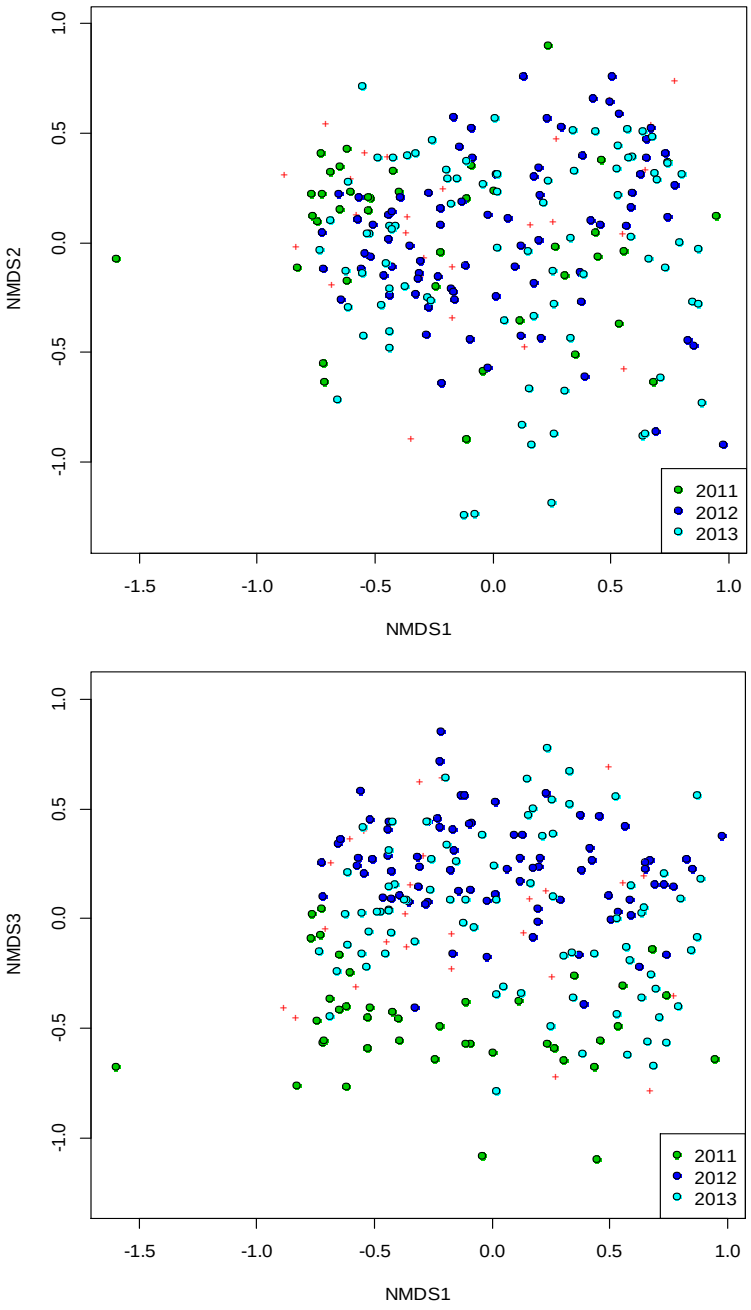


Figuur 54: Ruimtelijke verdeling van de gevangen biomassa van vis in de 3m boomkor. Weergegeven op de begin posities van de trek. De cirkel groottes zijn respectievelijk de 10-, 25-, 50-, 75-, 90-percentiel van de data.

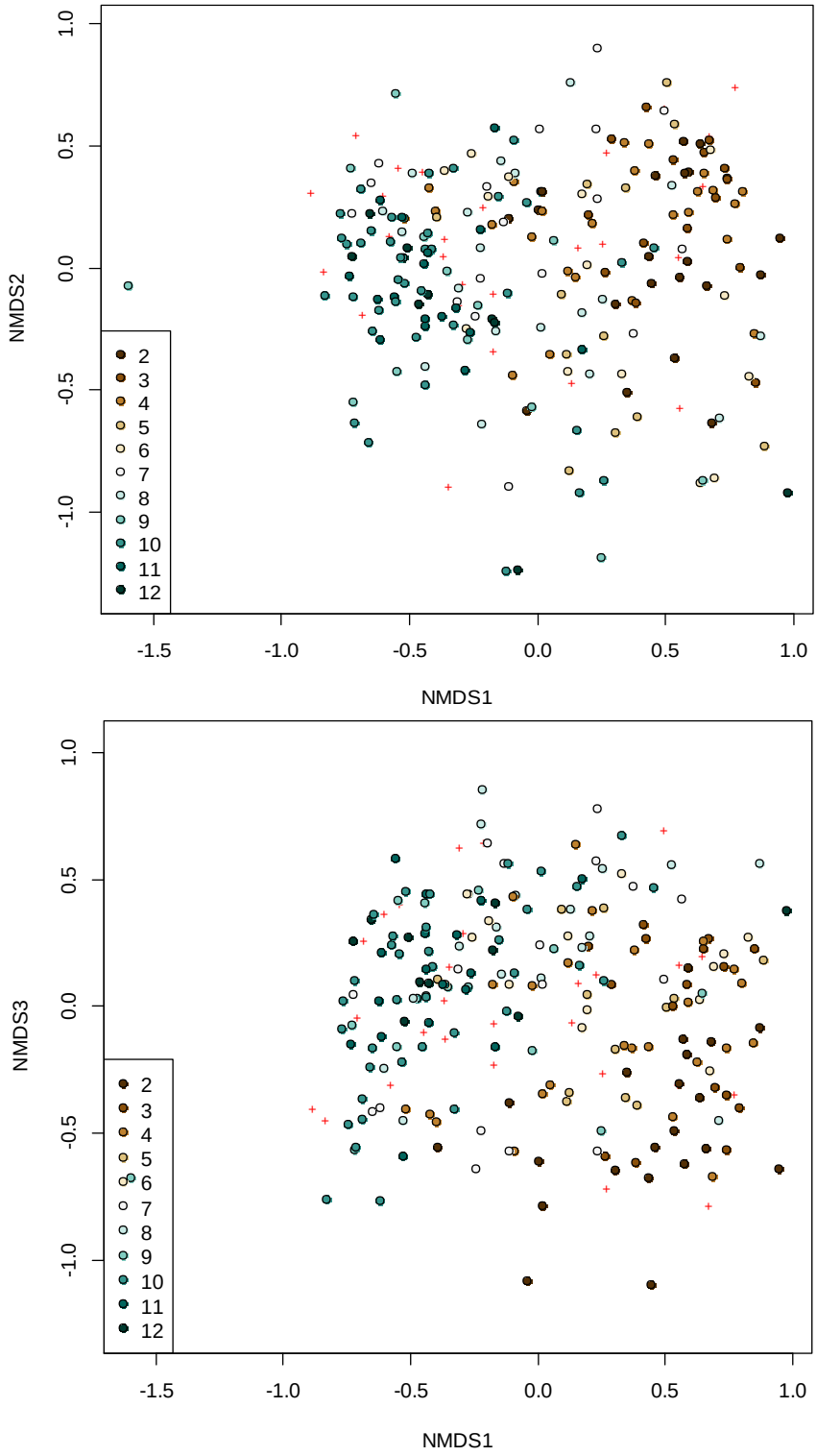
Een vergelijking met behulp van nMDS op basis van de vangstsamenstelling geeft aan dat de trekken uit de verschillende jaren op de eerste 2 assen van de nMDS plot niet heel veel verschillen. Op de derde as worden de trekken van 2011 grotendeels gescheiden van de latere 2 jaar. Tussen de 2012 en 2013 trekken wordt geen duidelijk verschil weergegeven (Figuur 56). In Figuur 57 is te zien dat de diepte wel een factor van belang is voor de samenstelling van de visgemeenschap in de monsters. In Figuur 58, tenslotte is te zien dat er geen duidelijk verschil is in visgemeenschap tussen de verschillende gebieden. Uitzonderingen zijn de trekken die gedaan zijn in de lagune. Deze onderscheiden zich duidelijk op de derde as van de MDS plot.



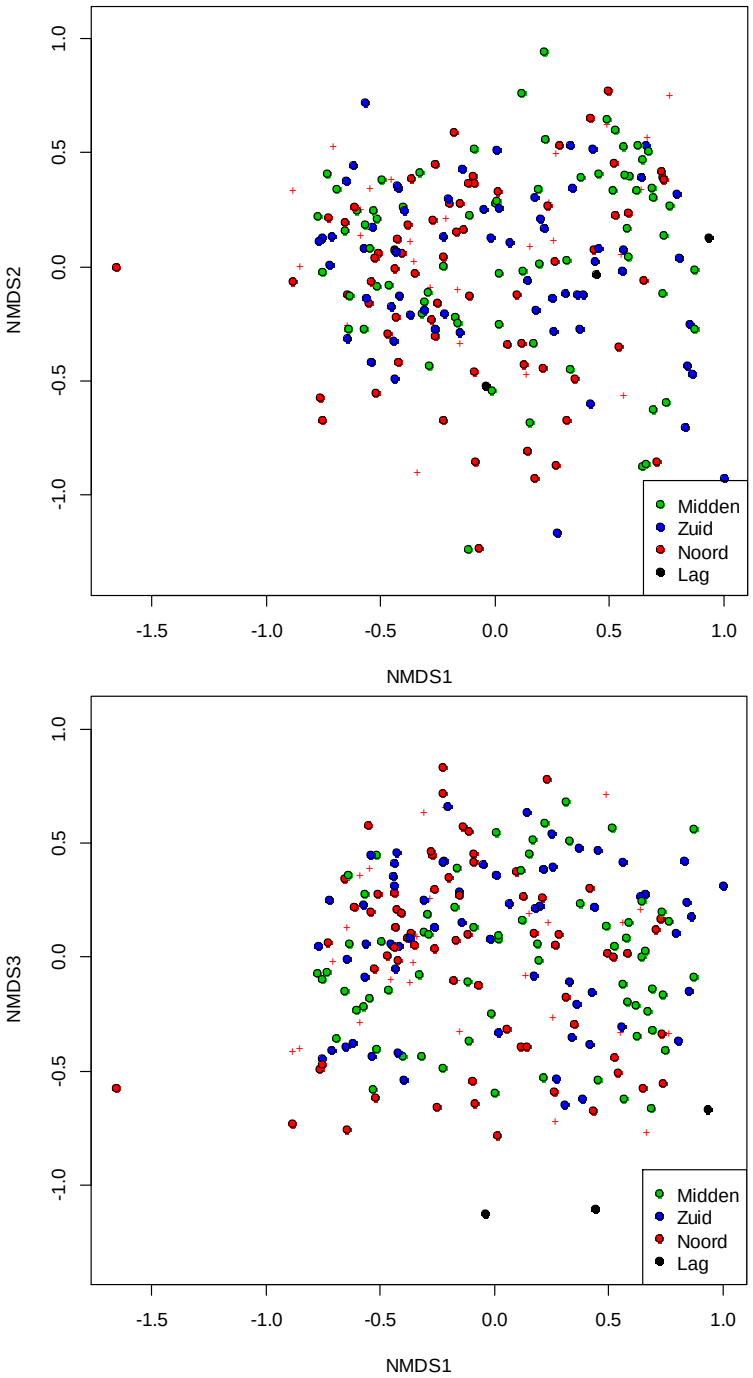
Figuur 55: Boxplot gewicht biomassa vis gevangen met de 3 meter boomkor (g m^{-2} per trek).



Figuur 56: nMDS plots op basis van de visvangst samenstelling van de 3m boomkor. De kleuren onderscheiden de drie jaren. Boven zijn de eerste twee assen weergeven, onder zijn as 1 en 3 weergegeven. De rode plusjes zijn de verschillende vissoorten die zorgen voor de verspreiding van de trekken over de plot.



Figuur 57: nMDS plots op basis van de visvangst samenstelling van de 3m boomkor. De kleuren onderscheiden de verschillende dieptes (in meter). Boven zijn de eerste twee assen weergeven, onder zijn as 1 en 3 weergegeven. De rode plusjes zijn de verschillende vissoorten die zorgen voor de verspreiding van de trekken over de plot.



Figuur 58: nMDS plots op basis van de visvangst samenstelling van de 3m boomkor. De kleuren onderscheiden de verschillende gebieden (Gebied Zuid, Gebied Midden, Gebied Noord, Lag = Lagune). Boven zijn de eerste twee assen weergeven, onder zijn as 1 en 3 weergegeven. De rode plusjes zijn de verschillende vissoorten die zorgen voor de verspreiding van de trekken over de plot.

4.3.3 Evaluatie van de bemonstering

Er is beperkte ervaring met de bemonstering van (juveniele) vis in de ondiepe kustzone met een 3-meter boomkor. Dit type bemonstering wordt bemoeilijkt door de grote dynamiek als gevolg van golven en getij en de sterke morfologische gradiënten. De Zandmotor

bemonstering heeft bijgedragen aan de uitbreiding van de kennis over en ervaring met de bemonstering van de ondiepe kust zone. Onderstaand worden de ervaringen met deze bemonstering geëvalueerd.

De geringe diepte is een beperking voor de bereikbaarheid van het gebied met een schip. Er zijn maar een beperkt aantal schepen beschikbaar om op de gewenste diepte te opereren. In 2012 en 2013 is er gebruikgemaakt van een voormalig kokkelschip. Dit type schip is niet specifiek geschikt voor boomkorvisserij, maar vanwege zijn geringe diepgang en grootte kan het schip erg ondiep opereren en heeft “relatief” weinig last van de golven. De geringe diepte en golven maken het schip echter weinig wendbaar, waardoor manoeuvreren over de exact uitgezette vislijn zeer moeilijk is.

Doordat het schip niet is ontworpen om mee te vissen zijn er praktische problemen. Dit is met name het geval bij het binnenhalen van het net. Dit moest met de hand gebeuren waardoor de vangsten niet te groot konden worden, en heel grote vangsten niet aan boord gehaald konden worden. Hierdoor is er in 2012 besloten om vistrekken van slechts 500 m uit te voeren, terwijl de trekken in 2011 ruim 1500 meter waren.

Naast de praktische problemen, waren er ook organisatorische problemen omdat het schip in dezelfde periode wordt ingezet voor de bemonstering van het benthos met de Van Veen happer en de bodemschaaf. Deze twee bemonsteringen werden eerst afgerond waarna kon worden omgebouwd om te kunnen vissen. Dit betekende dat de beschikbare tijd voor het uitvoeren van het viswerk zeer beperkt was. Er kan daardoor niet gewacht worden op gunstig tij/omstandigheden om de visbemonstering in de ondiepe brandingszone uit te voeren. Deze beperkingen in flexibiliteit zorgen ervoor dat er geen rekening gehouden kan worden met doorzicht of tij. Dat deze factoren invloed hebben op de grootte van de vangsten is al tijdens de bemonstering in 2011 (Boon en Wijsman, 2012) aangegeven.

De beschikbare tijd staat nog meer onderdruk omdat de werkzaamheden uitsluitend kunnen worden uitgevoerd bij goede tot redelijk goede weersomstandigheden. Vooral in 2013, waren de weersvoorspellingen zodanig dat de bemonsteringen onder hoge werkdruk zijn uitgevoerd, bij vaak suboptimale weersomstandigheden, zodat het programma afgerond kon worden voordat het weer te slecht werd. Het is echter wel gelukt om het aantal geplande trekken (bijna) allemaal uit te voeren, door de hoge werkdruk is er echter twijfel ontstaan over de betrouwbaarheid van de data.

Vis in de kustzone bestaat voor een groot deel uit juveniele vis, zeker dichtbij het strand. Een deel van deze juveniele vis nestelt zich in het voorjaar/begin zomer in de kustzone. Hier vindt snelle groei plaats over de gehele zomer en het idee is dat als het water kouder wordt deze vissen in veel gevallen naar dieper water migreren. Afhankelijk van de periode waarin je vist vang je dus vissen van een andere lengte of zelfs een gehele andere samenstelling. Doordat de bemonstering in 2011 in begin november, in 2012 eind augustus en in 2013 begin oktober heeft plaats gevonden, kan dit gevolgen hebben voor de vergelijkbaarheid van de verzamelde gegevens. Dit is van belang voor een vergelijk tussen de jaren.

Bij het vergelijk tussen de jaren moet er tevens rekening worden gehouden met het feit dat er in 2011 is gevist met een ander type vistuig dan in 2012 en 2013. Het in 2011 gebruikte tuig was lichter, maakte geen gebruik van wekkerkettingen en had een 2mm grotere maaswijdte. Voor geen van beide tuigen is de selectiviteit bekend, maar het is zeer aannemelijk dat deze

verschilt. De selectiviteit verschilt per vissoort (vorm en gedrag) en lengte (maaswijdte) en is dus niet het zelfde voor alle soorten en lengtes.

Op basis van de ervaring tot nu toe met de vismonitoring in het najaar bij de Zandmotor kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Er zit een grote variatie in de vangsten tussen de jaren. Deels is dit een gevolg van de wisselende omgevingscondities op het moment van bemonstering (doorzicht, getij, weer, golven). Door de strakke planning is er vooral in de ondiepe zone weinig tijd. Tevens is het niet eenvoudig om parallel aan de kust te vissen met een 3 meter boomkor in de ondiepe brandingszone. Het idee bij de bemonstering is dat er wordt gevist over een dieptelijn. Vooral in de ondiepe zone rond de Zandmotor is dat niet eenvoudig en soms zelfs onmogelijk. De morfologie is grillig en het schip is niet erg wendbaar tussen de golven. Daarbij wordt het net op grote afstand achter het schip aan gesleept waardoor de positie van het net moeilijk te sturen is.
- Vergelijk tussen de jaren wordt bemoeilijkt doordat de periode van bemonstering varieert tussen de jaren. Het tijdstip van bemonstering is afhankelijk van de weerscondities en de beschikbaarheid van het schip. Ook zijn er verschillen in bemonsteringstrategie en uitvoering. De transecten waarop gevist is in 2011 lagen anders dan in 2012 en 2013 en doordat er in 2011 langere slepen zijn gemaakt overlappen de vistracks van de verschillende transecten. Tevens is er in 2011 een ander (lichter) vistuig gebruikt en een andere type schip dan in 2012 en 2013. Er is geen vergelijkend onderzoek uitgevoerd naar beide methoden, maar het is de verwachting dat de vangstefficiëntie van beide methoden verschillen.
- In totaal zijn er per jaar een 80-tal trekken genomen in de gebieden op en rond de Zandmotor. Door de relatief grote variatie in de vangsten per trek kunnen alleen relatief grote verschillen tussen de gebieden statistisch worden aangetoond. In Figuur 52 is te zien dat als men met een verschil tussen gemiddeld 26.3 vissen per hectare in het ene gebied (Noord) en 12.6 vissen per hectare in het ander gebied (Midden/Zuiid) wil kunnen aantonen (absoluut verschil is 13.7 vissen per hectare) dan zijn er meer dan 42 trekken per gebied nodig. Op dit moment worden er “slechts” 27 trekken per gebied uitgevoerd. In Figuur 53 is te zien dat betrouwbaarheid relatief snel toeneemt met het aantal trekken tot 50 trekken, maar bij meer trekken wordt het effect op de betrouwbaarheid kleiner. De power van de analyse is beperkt als gevolg van de grote variatie tussen de trekken. Een ander deel van deze variatie wordt veroorzaakt door co-variabelen als diepte. Daar zou in de analyse voor kunnen worden gecorrigeerd. Een deel van de variatie kan zijn geïntroduceerd door de specifieke omstandigheden tijdens de bemonstering (weer, periode, getij, doorzicht) en bemonsteringmethode (tuig, schip, bemanning, vissnelheid) die tussen de jaren sterk kunnen variëren. Helaas zijn niet al deze aspecten goed kwantificeerbaar of consistent gemonitord.

4.4 Vis in de lagune

De lagune bemonstering is gestart als pilot in 2012 (Van Keeken en Van Hal, 2012) om te zien of er vis in de lagune zat, en hoe deze vis in de lagune zou zijn gekomen. Het tweede deel, de visbemonstering in de geul naar de lagune, , met behulp van fuiken en netten in de geul is mislukt en heeft geen resultaten opgeleverd.

De bemonstering van vis in de lagune vanaf een rubberboot met een lichte met de hand te bedienen boomkor was wel mogelijk. Deze bemonstering heeft plaatsgevonden in 2012 en 2013. In het totaal is er 17 dagen bemonsterd, wat geresulteerd heeft in 182 vistrekken verdeelt over 4 gebieden uitgevoerd met 2 verschillende maaswijdtes (Tabel 18). Het aantal vistrekken per bemonsteringsdag is te beperkt om een goede statistische schatting van het aantal vissen per oppervlakte te geven. Dit wordt nog versterkt door de grote variatie in vangst efficiëntie, waardoor de hier gepresenteerde resultaten dus vooral gaan om een indicatie van voorkomen.

De meest dominante vissoorten, zowel in de referentie als in de lagune waren haringachtigen, schol en grondel. Dominante epibenthos soorten in de vangsten waren gewone garnalen en heremietkreeften. In de lagune is er een duidelijk verschil waarneembaar tussen de vangsten in 2012 en 2013. Het aantal soorten en ook het aantal individuen was hoger in 2012 vergeleken met 2013 (Tabel 19). Slangsterren waren in grote getalen aanwezig in de vangsten van 2012, in 75% van de trekken, terwijl in 2013 nog maar in 1 trek een slangster gevonden is. Vergelijkbare grote veranderingen zijn te zien voor garnalen, grondels en ook schol. Garnalen en schol waren de twee soorten die in 2012 zeer consequent, >85 % van de trekken, gevangen werden. In 2013 was dit nog maar 50%.

Tabel 18: Aantal trekken per gebied per dag per maaswijdte.

Datum	Lagune		Ref N		Ref Z		Ref ZZ	
	10mm	20mm	10mm	20mm	10mm	20mm	10mm	20mm
3 april 2012	6							
24 april 2012	2		1		2			
2 mei 2012	3		2		4			
23 mei 2012	2		2		4			
7 juni 2012		3	2		4	1		
20 juni 2012		3	1	1	2	3		
26 juni 2012		2		2		5		
27 juli 2012		2		2		4		
10 augustus 2012		3		2		5		
29 augustus 2012		9						
16 mei 2013	1	2	1	2	2	2	2	2
28 mei 2013	3		1	2	2	2	2	2
11 juni 2013	1	2	1	1	2	2	2	2
2 juli 2013	1	1	1	1	2	2	2	2
17 juli 2013	3	3	1	1	2	2	2	2
23 juli 2013	2	2	1	1	2	2	2	2
20 augustus 2013	1	2	1	1	2	2	2	2

Als we de soortensamenstelling in de andere 3 gebieden (Ref N, Ref Z en Ref ZZ) vergelijken met die in de lagune, zien we dat zoals verwacht alle vissoorten die in de lagune zijn gevangen ook in het omliggende gebied zijn gevangen. Alleen zijn er meer vissoorten gevangen in de andere gebieden. Dit was vooral het geval in 2013, er werden maar 9

vissoorten gevangen in de lagune in vergelijking met 29 soorten in de omliggende gebieden. Dit komt deels doordat er in totaal meer trekken in de andere gebieden zijn uitgevoerd dan in de lagune, hierdoor is de kans groter dat een soort gevangen wordt. Echter veel van deze 29 soorten werden in alle drie de gebieden gevangen, waardoor het verschil in aantal trekken met de lagune niet zo groot is (Van Keeken en Van Hal, 2012).

De verhouding waarin de soorten zijn gevangen in de lagune ten opzichte van de andere gebieden verschilt. Schol werd in veel grotere aantallen gevangen in de lagune dan in de andere gebieden. Een andere vissoort waarvoor het verschil in verhouding maar ook tussen de jaren heel duidelijk is, is de zeedonderpad. In 2012 werden er 60 individuen van deze soort in de lagune gevangen tegenover maar 1 in REFN. In 2013 werden er 2 gevangen in REFZZ en nog maar 1 in de lagune.

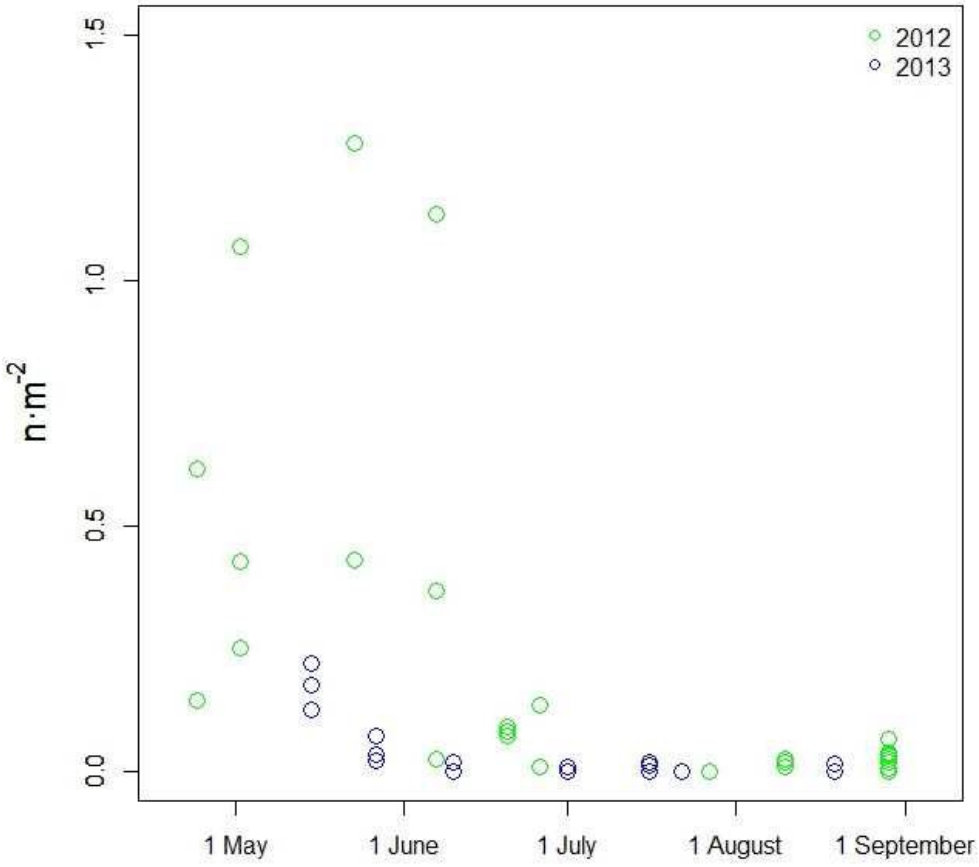
Het volledige beeld van de vangsten, zowel in vis als in epibenthos, geeft een beeld dat de lagune habitat in beide jaren anders was dan die in de omliggende gebieden. Er is echter ook een groot verschil tussen de twee jaren, waarbij de omstandigheden in 2012 gunstig leken voor een aantal soorten, terwijl de habitatkwaliteit in de lagune in 2013 is afgenomen. Dit komt niet alleen uit de data naar voren, maar wordt ook bevestigd door de anekdotische waarnemingen uit het veld. Waar het vissen redelijk ging in de lagune in 2012, was het in 2013 regelmatig onmogelijk om het visnet over de bodem te trekken omdat het net vast liep in de slibbige bodem. Tijdens de bemonstering op 17 juli 2013 zijn er sedimentmonsters genomen met een Van Veen happer, waaruit blijkt dat de sedimentsamenstelling in de lagune veel meer slib bevat dan de zanderige bodems in de andere gebieden (Meeuwsen, 2014).

Tabel 19: Aantallen individuen per soort gevangen in de lagune in 2012 (36 trekken) en 2013 (24 trekken). Het aantal trekken (trekken) waarin de soort is waargenomen, en het totale aantal individuen (tot aantal).

		2012		2013	
wetenschappelijke naam	**Nederlandse naam**	**trekken**	**tot aantal**	**trekken**	**tot aantal**
Agonus cataphractus	Harnasmannetje	1	1	0	0
Ammodytes sp.	Ammodytes	0	0	1	1
Anthozoa	Zeeanemonen	21	231	2	3
Aphia minuta	Glasgrondel	2	13	1	1
Asterias rubens	Zeester	16	190	0	0
Aurelia aurita	Oorkwal	0	0	5	31
Carcinus maenas	Strandkrab	32	495	10	96
Ciliata mustela	Vijfdradige meun	1	4	0	0
Clupea harengus	Haring	2	26	3	8
Clupeidae	Clupeidae	0	0	3	173
Crangon crangon	Gewone garnaal	33	4974	11	95
Ctenophora	Ctenophora	2	8	1	20
Dicentrarchus labrax	Zeebaars	1	1	0	0
Ensis sp.	Ensis	3	19	8	37
Hyas sp.	Spinkrab	2	3	0	0
Idotea sp.	Zeepissebedden	1	2	0	0
Leander serratus	Gezaagde steurgarnaal	1	8	0	0
Limanda limanda	Schar	1	1	0	0
Liocarcinus holsatus	Gewone zwemkrab	14	56	3	4
Liocarcinus marmoreus	Gemarmerde zwemkrab	1	1	0	0
Liparis liparis liparis	Slakdolf	4	9	0	0
Macoma balthica	Nonnetje	1	1	0	0
Myoxocephalus scorpius	Zeedonderpad	12	62	1	1
Mytilus edulis	Mossel	1	2	0	0
Nereis sp.	Zager	0	0	1	1
Ophiura ophiura	Slangster	27	16351	1	1
Osmerus eperlanus	Spiering	1	1	0	0
Pagurus sp.	Pagurus sp.	29	1017	2	4
Platichthys flesus	Bot	1	1	0	0
Pleuronectes platessa	Schol	32	1617	12	84
Pomatoschistus microps	Brakwatergrondel	1	2	0	0
Pomatoschistus sp.	Grondel	27	338	7	35
Portumnus latipes	Breedpootkrab	0	0	3	7
Sprattus sprattus	Sprot	4	616	1	3
Syngnathus rostellatus	Kleine zeenaald	15	26	1	1
Trachurus trachurus	Horsmakreel	1	1	0	0

4.4.1 Groei van schol

Schol is de enige vissoort die consequent in redelijke aantallen gevangen werd in 2012. Daarmee was het de enige soort waarvoor een analyse van groei over het seizoen mogelijk was. Zoals verwacht werd er voornamelijk schol gevonden die in het begin van het jaar de metamorfose van larve naar juveniele vis heeft ondergaan en zich als larve/juveniel heeft gevestigd in dit gebied. Deze 0-jarige vis vestigt zich in grote aantallen in het begin van het seizoen waarna de aantallen sterk afnemen door de natuurlijke sterfte (o.a. predatie) die plaatsvindt en later in het seizoen waarschijnlijk ook door migratie naar dieper water. Deze verwachte afname is duidelijk te zien in de gevangen aantallen schol in beide jaren (Figuur 59).

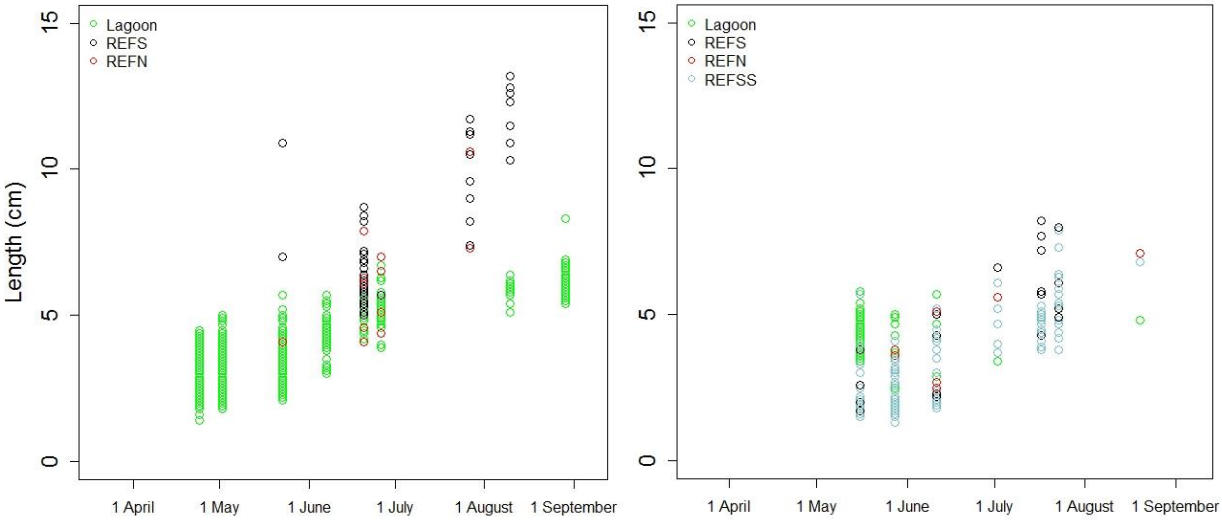


Figuur 59: De aantallen (n m^{-2}) schol per trek in de lagune in 2012 en 2013.

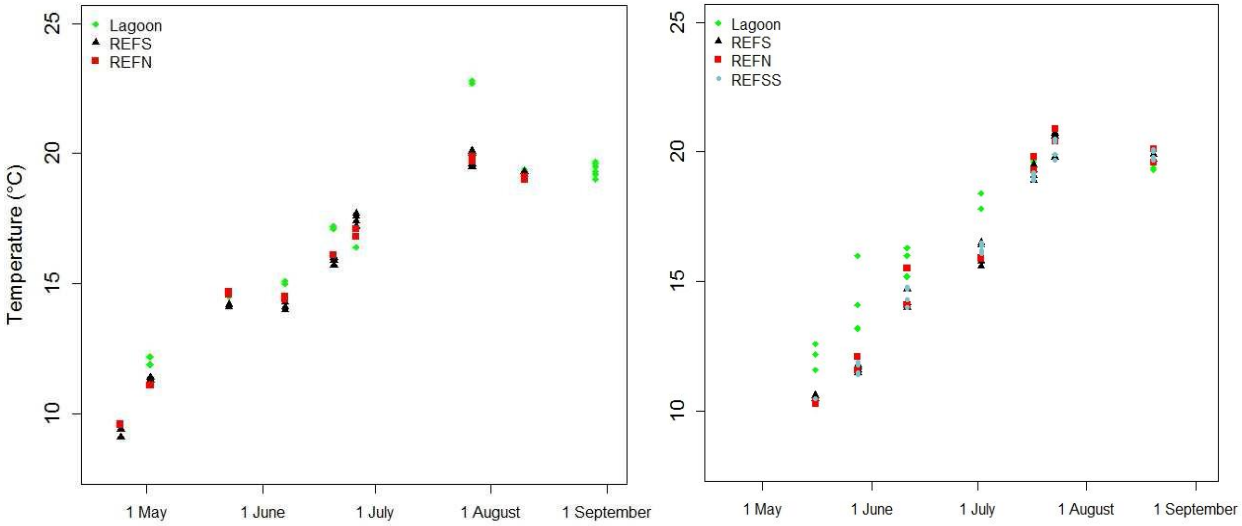
Als we de lengte van deze schollen bekijken dan is er zoals verwacht groei zichtbaar door het seizoen heen (Figuur 60). Eind april/begin mei zijn ze 3-4 cm groot, in 2012 werden ze op dat moment alleen gevangen in de lagune, in 2013 werden ze ook gevangen in de omliggende gebieden. In 2012 is het duidelijk zichtbaar dat er op het eind van de bemonsteringsperiode nog 0-jarige schol in de lagune gevangen werd, maar dat deze kleiner waren dan de schollen gevangen in de andere twee gebieden. In 2013, werden er op eind van de bemonsteringsperiode nauwelijks nog schol gevangen, de enige die gevangen werd in de lagune was kleiner dan de schol in de zuidelijke gebieden. In 2012 is er op 27 juni te zien dat er geen schol werd gevangen in de lagune, maar wel grotere schol buiten de lagune. Deze week was een van de warmste van het jaar (Figuur 61), waarbij de gemeten watertemperatuur in de lagune boven de optimale temperatuur voor groei van 0-groep schol lag. Wat er mogelijk voor heeft gezorgd dat schol uit de lagune is gedreven. Echter verwacht je dan dat deze kleinere schol wel gevangen zouden worden in de omliggende gebieden. Dat dit niet is gebeurd, roept de vraag op waar deze kleine schol is gebleven. Een andere mogelijke verklaring is dat ze hun gedrag hebben aangepast en zich hoger in de waterkolom bevonden, waar ze met het bodemtuig niet gevangen werden.

Op het eerste gezicht lijkt de groei in 2012 in de lagune te worden beperkt aangezien de 0-jarige schol in de andere gebieden groter zijn op het eind van de bemonsteringsperiode. Deze hypothese wordt ook bevestigd door Dynamic Energy Budget (DEB) analyses waarbij op basis van de temperatuur voorspeld is wat de maximale groeisnelheid zou zijn geweest (Meeuwsen, 2014). In plaats van groeibeperking kan het ook zijn dat als schol een bepaalde

lengte bereikt ze uit de lagune migreren en daardoor alleen de kleine schol achter blijft. Dit is aannemelijk omdat als schol groter wordt de optimale temperatuur voor groei afneemt. Hierdoor zouden de temparturen in de lagune te hoog kunnen zijn voor deze grotere schol (Figuur 61). Deze grotere schollen worden dan gevangen in de omliggende gebieden waar de maximum temperatuur iets onder die van de lagune blijft.



Figuur 60: De lengte van 0-groep schol gevangen in de lagune en omliggende gebieden in 2012 en 2013.



Figuur 61: De watertemperatuur gemeten tijdens de bemonsteringsdagen in de verschillende gebieden, links 2012 en recht 2013.

4.4.2 Discussie

De bemonstering voor vis in de lagune vanaf een rubberboot met een lichte met de hand te bedienen boomkor was mogelijk. De eerste keren in 2012 is deze bemonstering als pilot uitgevoerd, doordat dit goed ging is deze monstering verder uitgebreid. De data van de eerste dagen, door het beperktere aantal trekken en weinig consistente manier van uitvoeren (pilot), is lastig te gebruiken als vergelijking met de latere data. Er was vanuit gegaan dat een fijnmazig net (10mm) nodig zou zijn om de kleinste juveniele vissen te vangen. Deze maaswijdte zorgde er echter al snel voor dat het net vol liep en vistrekken na een zeer korte periode gestopt moesten worden of zelfs helemaal niet uitgevoerd konden worden. Vandaar dat er ook gebruik is gemaakt van een grotere maaswijdte (20mm), waarmee nog wel steeds de juveniele platvissen gevangen werden. Maar de vergelijking tussen de vangsten met deze verschillende maaswijdten kan niet 1 op 1.

De bemonstering met rubberboot is afhankelijk van de weersomstandigheden. Het kan alleen uitgevoerd worden bij rustig weer. Een bemonsteringsdag kost echter voorbereiding en als de keus uiteindelijk gemaakt is om te gaan bemonsteren, kan een omslag in het weer er al snel voor zorgen dat maar een beperkt deel van de trekken uitgevoerd kan worden. Niet alleen het weer maar ook het tij en mechanische problemen (kapotte 4-wheeldrive) hebben er voor gezorgd dat niet altijd alle gewenste trekken uitgevoerd konden worden. Omdat de aantallen gevangen vis per trek erg klein zijn, heeft dit er voor gezorgd dat niet voor alle dagen, voor alle gebieden een gemiddelde lengte berekend kon worden.

De bemonstering van de juveniele vis en het epibenthos zoals uitgevoerd in het eerste jaar was succesvol en het gaf een interessant beeld over de aanwezigheid en groei van juveniele schol in de lagune. De resultaten leverde nieuwe vragen op over het exacte gebruik van het gebied door deze vissen. Om deze vragen beter te kunnen aanpakken zijn er enkele veranderingen in de bemonsteringmethode voor het tweede jaar doorgevoerd. Helaas was het in het begin van de periode door administratieve redenen niet mogelijk om te gaan bemonsteren. Op het moment dat het groene licht gegeven werd, was een interessante periode van settlement, al voorbij. Vervolgens is er nog maar op 1 dag een grote hoeveelheid platvis gevangen in de lagune, alle daarop volgende dagen was het aantal gevangen platvis minimaal. De verwachting is dat dit is gekomen door de morfologische veranderingen van de Zandmotor en daarmee de bereikbaarheid van de lagune. Deze observatie is uiteraard een resultaat, maar beperkt de mogelijkheden voor de groei analyses. Door de zeer lage aantallen die nog maar gevangen konden worden in de lagune, was het niet meer mogelijk om groeicurves te berekenen. En daarmee was een vergelijking tussen de twee jaren en ook een beantwoording van de vragen die de data in het eerste jaar hadden opgeworpen niet mogelijk.

Op het eind van de bemonsteringsperiode in het tweede jaar werd er nauwelijks nog vis aangetroffen in de lagune. Verdere bemonstering voor een groei analyses is daarmee niet meer zinvol. Een volledige analyse van de plaatsgevonden veranderingen in de morfologie en bodemsamenstelling zou deze constatering mogelijk kunnen bevestigen. Zolang er niet meer gegevens bekend zijn over de mogelijke bereikbaarheid van de lagune voor vis, en het dus de vraag is of er nog wel voldoende schol gevangen kan worden is het weinig zinvol om een bemonstering voor groei analyses voort te zetten.

Een eventuele voorzetting van de zeer ondiepe (<4m) bemonstering van het gebied rond de Zandmotor zou wel meer informatie kunnen opleveren over het gebruik van het gebied door vis. Een bemonstering waarbij meerdere malen in het groeiseizoen gemeten zou worden, kan mogelijk iets zeggen over een mogelijke verandering in kraamkamerfunctie door de aanleg

van de Zandmotor. Hierbij gaat het niet alleen over de lagune, maar ook over de directe omgeving, en de vergelijking van dergelijke getallen met die in andere opgroeigebieden.

Op basis van de ervaring tot nu toe met de vismonitoring in de lagune en de referentiegebieden bij de Zandmotor in het voorjaar en de zomer kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De bemonstering is in eerste instantie opgezet als een pilot experiment. De ervaringen van de pilot hebben geresulteerd in veranderingen in het bemonsteringsprotocol en daarmee heeft het consequenties voor de vergelijkbaarheid van de verzamelde gegevens over de tijd.
- Om voldoende data te verzamelen is iedere bemonsteringsdag helemaal vol gepland, maar daardoor hebben verandering in weer of technische problemen direct invloed op de hoeveelheid data. En daarmee de betrouwbaarheid van die bemonsteringsdag en de vergelijkbaarheid van die bemonsteringsdag met de andere dagen.
- Veranderingen in de kustzone en lagune zijn dusdanig, dat er niet de gehele periode genoeg vissen gevangen konden worden in ieder gebied om betrouwbare groeicurves te bepalen. Het blijkt dat er in verloop van tijd veel slib en organisch materiaal in de lagune bezinkt waardoor de bodem slap is en stinkt naar sulfide. Er wordt ook maar weinig vis gevangen. Mogelijk werkt het gebruikte vistuig niet optimaal in de zeer slappe bodem en/of is het gebied minder geschikt voor vissen.

4.5 Vogels

Er zijn geen T_0 metingen gedaan in exact dezelfde telgebieden als is toegepast voor de tellingen in het studiegebied (zie Figuur 7). Er is wel een T_0 rapportage strand en vooroever; ecologie zeevogels beschikbaar (Tonnon en Baptist, 2011). Daarin wordt een overzicht gegeven van het belang van het grotere gebied (de Nederlandse kustzone) voor de kust- en zeevogelsoorten en de ontwikkelingen van deze soorten. Een goede kwantitatieve vergelijking van de soorten en aantallen zeevogels voorafgaande aan de Zandmotor en tijdens de ontwikkeling van de Zandmotor is dus niet te maken. Bij de opzet van het project is bewust de keuze gemaakt om geen uitgebreid monitoringsprogramma op te zetten voor vogels en zeezoogdieren, maar slechts gedurende een beperkt aantal dagen (iedere winter 3 dagen) tellingen te verrichten. Het aantal waarnemingen en de omvang van de dataset is hierdoor dermate beperkt dat er geen uitspraken over significante effecten van de Zandmotor zijn te geven.

Er wordt hier een vergelijking gemaakt van de waarnemingen van de Zandmotor (centraal) met elk van de beide referentielocaties (Noord en Zuid) voor de waarnemingsperiode eind 2011 t/m voorjaar 2015. Daarmee worden mogelijk indicaties verkregen over een effect van de Zandmotor en hoe zich dat effect ontwikkelt in de beperkte periode van waarneming. Daarnaast wordt bekeken of deze er tussen het type gebieden (strand, zee) ook ontwikkelingen optreden.

Tabel 20: Waargenomen aantallen (gesommeerd) vogels in de gebieden bij (Midden) en op de Zandmotor en de referentiegebieden (Zuid, Noord) onderscheiden per type leefgebied voor de periode eind 2011 t/m voorjaar 2015.

Soortgroep	Soort	Zuid		Midden		Noord		Zandmotor	
		Strand	Zee	Strand	Zee	Strand	Zee	Lagune	Meer
Aalscholvers	Aalscholver		234	171	80	4	120	86	1
Alkachtigen	Alk		1			3			
	Zeekoet		16		122	31	2		
Duikeenden	Brilduiker							1	1
	Kuifeend				12				1
	Middelste Zaagbek				1			2	
	Nonnetje				1				
	Zwarte Zee-eend		21			1			
Duikers en futen	Fuut		1048		342	10	66	16	2
	Jan van Gent		1			1			
	Kuifduiker						3		
	Parelduiker				1		1		
	Roodkeelduiker		84		16	2	3		
Jagers	Kleine Jager		1						
Meeuwen	Drieteenmeeuw		39		5	152	1	2	
	Dwergmeeuw				1				
	Grote Mantelmeeuw	4	55	64	91	5	8	51	1
	Kleine Mantelmeeuw			6			20		
	Kokmeeuw	1	3381	2	9637	51	751	6261	3
	Stormmeeuw		469	27	1638	44	50	237	6
	Zilvermeeuw	124	434	285	331	87	29	222	4
Roofvogels	Slechtvalk				1				
Steltlopers	Bonte Strandloper			1					
	Drieteenstrand-loper			15	2			23	
	Groenpootruiter							1	
	Rosse grutto			4				1	
	Scholekster	46		26	10			69	
Sterns	Dwergstern			1					
	Grote Stern		5	63	4		2		
	Visdief		33	98	16		44		
Zangvogels	Groenling								1
	Kauw					5			
	Zwarte Kraai	9		10	16	27	2	37	
Zwanen en ganzen	Grote Canadese Gans				1				
	Knobbelzwaan								6
Zwemeenden	Smient		3					2	
	Wintertaling				4				
Totaal		184	5825	773	12332	423	1102	7011	26

Tabel 21: Gesommeerde aantallen vogels in de gebieden voor de verschillende winterperiodes.

Soortgroep	Soort	Winter	Zuid	Midden	Noord	Zandmotor	Totaal
Aalscholvers	Aalscholver	2012/2013	187		4	1	192
		2013/2014	34	227	112	1	374
		2014/2015	13	24	8	85	130
Alkachtigen	Alk	2012/2013	1		3		4
	Zeekoet	2012/2013			31		31
		2013/2014	16	122	2		140
Duikeenden	Brilduiker	2012/2013				1	1
		2014/2015				1	1
	Kuifeend	2013/2014		12			12
		2014/2015				1	1
	Middelste Zaagbek	2012/2013				2	2
		2013/2014		1			1
	Nonnetje	2013/2014		1			1
	Zwarte Zee-eend	2012/2013			1		1
		2013/2014	21				21
Duikers en futen	Fuut	2012/2013	945	41	8	1	995
		2013/2014	24	170	28	5	227
		2014/2015	79	131	40	12	262
	Jan van Gent	2012/2013	1		1		2
	Kuifduiker	2014/2015			3		3
	Parelduiker	2012/2013		1			1
		2013/2014			1		1
	Roodkeelduiker	2012/2013	80	1	2		83
		2013/2014	3	13	3		19
		2014/2015	1	2			3
Jagers	Kleine Jager	2012/2013	1				1
Meeuwen	Drieteenmeeuw	2012/2013	33	1	152	2	188
		2013/2014	6	4	1		11
	Dwergmeeuw	2013/2014		1			1
	Grote Mantelmeeuw	2012/2013	27	2	3	11	43
		2013/2014	4	68	4	15	91
		2014/2015	28	85	6	26	145
	Kleine Mantelmeeuw	2013/2014		6	20		26
	Kokmeeuw	2012/2013	1840	7447	138	3480	12905
		2013/2014	1540	2187	663	2754	7144
		2014/2015	2	5	1	30	38
	Stormmeeuw	2012/2013	408	1552	50	84	2094
		2013/2014	59	110	42	1	212

Soortgroep	Soort	Winter	Zuid	Midden	Noord	Zandmotor	Totaal
		2014/2015	2	3	2	158	165
	Zilvermeeuw	2012/2013	198	150	56	89	493
		2013/2014	249	389	55	54	747
		2014/2015	111	77	5	83	276
Roofvogels	Slechtvalk	2013/2014		1			1
Steltlopers	Bonte Strandloper	2013/2014		1			1
	Drieteenstrandloper	2012/2013		2			2
		2013/2014		14		22	36
		2014/2015		1		1	2
	Groenpootruiter	2014/2015				1	1
	Rosse grutto	2013/2014		4		1	5
	Scholekster	2012/2013		10		9	19
		2013/2014		26		16	42
		2014/2015	46			44	90
Sterns	Dwergstern	2013/2014		1			1
	Grote Stern	2013/2014	2	63	2		67
		2014/2015	3	4			7
	Visdief	2013/2014	25	100	8		133
		2014/2015	8	14	36		58
Zangvogels	Groenling	2014/2015				1	1
	Kauw	2014/2015			5		5
	Zwarte Kraai	2012/2013		14	2	10	26
		2013/2014		9		2	11
		2014/2015	9	3	27	25	64
Zwanen en ganzen	Grote Canadese Gans	2013/2014		1			1
	Knobbelzwaan	2014/2015				6	6
Zwemeenden	Smient	2013/2014	3			2	5
	Wintertaling	2013/2014		4			4
Totaal			6009	13105	1525	7037	27676

Er zijn 37 vogelsoorten waargenomen die kunnen worden ingedeeld in 12 groepen in de periode 2011-2015 op en rond de Zandmotor. De verdeling van het aantal individuen per soort verschilt enorm. De Kokmeeuw is verreweg de talrijkste vogelsoort. Ca. 73% van de waargenomen vogels betreft Kokmeeuwen. Ook andere meeuwensoorten zoals Stormmeeuw en Zilvermeeuw maken een relatief groot deel uit van de waarnemingen. Daarnaast zijn Fuut en Aalscholver tot de meest waargenomen vogels.

Er zijn 5 soorten steltlopers aangetroffen. De aantallen zijn echter relatief laag, met uitzondering van de Scholekster.

Voor de steltloper Drieteenstrandloper en Rosse grutto zijn de aantallen in gebied Midden (strand) bij de Zandmotor hoger dan in de referentiegebieden.

Op basis van het aantal waargenomen vogels in de lagune, wordt vermoed dat de lagune geschikt is voor maximaal 13 vogelsoorten. Dat geldt met name voor de steltlopers, enkele meeuwensoorten en de Aalscholver.

Voor de meeste vogelsoorten worden de grootste aantallen waargenomen boven zee. Voor een redelijk aantal soorten is zowel strand als zee van belang, terwijl slechts weinig soorten voornamelijk op het strand worden gezien.

Er worden vrijwel geen vogels in het duinmeer aangetroffen in de periode 2011-2015.

Over een trend van de aantallen vogels per soort in deelgebied Midden bij de Zandmotor in de periode van 3 jaren (eind 2012 tot en met voorjaar 2015) is voor de meeste soorten geen uitspraak te doen. Er zijn echter 4 vogelsoorten waarvoor wel een duidelijke toename of afname te zien is. Dit betreft een toename voor de Grote mantelmeeuw en een afname voor Kokmeeuw, Stormmeeuw en Zwarte Kraai.

Er zijn ook geen harde uitspraken te doen over hogere of lagere aantallen vogels in deelgebied Midden bij de Zandmotor ten opzichte van de referentie deelgebieden. Er zijn wel indicaties dat de dichtheid aan vogels in Midden voor wat meer soorten lager dan hoger is dan in Zuid, terwijl de dichtheid voor meer vogelsoorten in het gebied Midden ten opzichte van gebied Noord hoger is.

4.6 Zeezoogdieren

Voor de zeezoogdieren zijn te weinig waarnemingen gedaan om een trend in de tijd vast te kunnen stellen. Datzelfde geldt voor de bepaling van eventuele verschillen tussen het deelgebied midden van de Zandmotor en de beide referentiedeelgebieden Zuid en Noord. Er zijn echter wel een aantal indicaties voor mogelijke trends en verschillen.

De aantallen Gewone zeehonden waren aanmerkelijk hoger dan die van Grijze zeehond en Bruinvis. Met name in het referentiegebied ten zuiden van de Zandmotor worden veel Gewone zeehonden gezien.

Mogelijk dat er een dalende trend van de gewone zeehond optrad in referentiegebied Zuid, terwijl die trend niet zichtbaar is in referentiegebied Noord en in gebied Midden bij de Zandmotor.

Er is tijdens de tellingen slechts eenmaal een zeehond op het strand waargenomen en dat was niet bij de Zandmotor maar in referentiegebied Noord.

Tabel 22: Waargenomen aantallen (gesommeerd) zoogdieren in de gebieden bij (Midden) en op de Zandmotor en de referentiegebieden (Zuid, Noord) onderscheiden per type leefgebied van eind 2011 t/m voorjaar 2015.

Soort	Zuid		Midden		Noord		Zandmotor	
	Strand	Zee	Strand	Zee	Strand	Zee	Lagune	Meer
Bruinvis		1		2		4		
Gewone Zeehond		31		5	1	3	2	
Grijze Zeehond		3		1				
Totaal		35		8	1	7	2	

Tabel 23: Gesommeerde aantallen zeezoogdieren in de gebieden voor de verschillende winters.

Soort	Winter	Zuid	Midden	Noord	Zandmotor	Totaal
Bruinvis	2012/2013	1		2		3
	2013/2014		2			2
	2014/2015			2		2
Gewone zeehond	2012/2013	20	2	1	1	24
	2013/2014	10	3	1		14
	2014/2015	1		2	1	4
Grijze zeehond	2012/2013	3				3
	2013/2014		1			1
Totaal		35	8	8	2	53

5 Toetsing van de hypothesen

Om de ontwikkelingen van de zandmotor op de ecologie van het strand en de vooroever te te evalueren zijn een aantal hypothesen gesteld (Hoofdstuk 3). De monitoring is opgezet om deze hypothesen te kunnen toetsen. In dit hoofdstuk wordt voor iedere hypothese aangegeven wat de resultaten zijn van de analyses van de monitoringsgegevens tot nu toe. Ten slotte wordt aangegeven of de hypothese op basis van deze analyses wel of niet kan worden verworpen.

5.1 Hypothese EF2-2a

De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een verandering in de gradiënten in sedimentsamenstelling.

Resultaten

Er zijn duidelijke ruimtelijke en temporele patronen in sedimentsamenstelling. De mediane korrelgrootte op het natte strand is toegenomen tussen 2010 en 2013. Ook in de vooroever zijn er veranderingen opgetreden. Zo zijn de verschillen in mediane korrelgrootte als functie van de diepte tussen de drie deelgebieden in 2013 minder groot dan in 2010. Het verschil tussen de jaren 2010-2013 in de mediane korrelgrootte in het gebied van de Zandmotor (gebied Midden) is groter dan in gebied Zuid, wat zou kunnen worden beschouwd als een referentiegebied.

Het is duidelijk dat de ligging van de Zandmotor invloed heeft op de herverdeling van het sediment in het gebied nabij de Zandmotor. Zo zijn er gebieden met relatief fijne sedimenten ontstaan in de diepere vooroever, net ten noorden en ten zuiden van de Zandmotor. Vanwege de sterke morfodynamische omstandigheden in het gebied is het de verwachting dat deze herverdeling ook in de toekomst nog zal doorzetten. De vorm van de Zandmotor heeft geleidt tot een relatief luwe lagune. Deze lagune gaat zich langzaam opvullen met relatief fijn sediment. Ook op het strand, aan de oevers van de lagune zijn de sedimenten relatief fijn.

Conclusie: Hypothese wordt niet verworpen

5.2 Hypothese EF2-2b

Het eenmalig neerleggen van een grote hoeveelheid zand leidt tot een andere bodemdiersamenstelling in de ondiepe kustzone die wordt gekarakteriseerd door langer levende soorten.

Resultaten

Deze hypothese is gericht op het lange termijn herstel van de Zandmotor. De meest recente monitoring van 2013 is slechts twee jaar na de aanleg van de Zandmotor. Dit is nog ruim binnen de periode van reguliere vooroever en strandsuppleties. De monitoring laat duidelijke ruimtelijke en temporele patronen zien in de bodemdiergemeenschap in de ondiepe kustzone. De verandering in patronen met de waterdiepte tussen de jaren zijn groter dan de veranderingen tussen de drie deelgebieden (Zuid, Midden en Noord). Het is de verwachting dat eventuele effecten op de ontwikkeling van langer levende soorten zich pas na een

langere periode (komende 5 a 10 jaar) zal gaan openbaren. Dit zal mogelijk zijn terug te zien in het aandeel van de langer levende soorten in het gebied.

Conclusie: Op basis van de resultaten tot nu toe kan deze hypothese nog niet worden verworpen

5.3 Hypothese EF2-2c

De relatieve beschutte ligging van het gebied aan de noordrand van de Zandmotor heeft een positief effect op juveniele vis en epibenthos.

Resultaten

Er zijn geen duidelijke verschillen in aantallen en biomassa van juveniele vis en epibenthos tussen de verschillende deelgebieden rond de Zandmotor waargenomen. Binnen de grenzen van de statistische onderscheidingsvermogen, is er dus geen verschil tussen de gebieden en daarmee kan er niet geconcludeerd worden dat het beschutte noordelijke gebied een positief effect heeft op juveniele vis. Dit wil echter niet zeggen dat dit effect er op kleinere schaal niet is, of dat dit effect een rol speelt op andere gebieden dan aantal en biomassa. Zoals in het lagune werk voor vis te zien is, kan er mogelijk effect zijn op groei wat mogelijk resulteert in vroegere migratie naar diepere gebieden. Dit soort effecten kunnen niet worden meegenomen in een enkele opname per seizoen.

Conclusie: Binnen de grenzen van het statistische onderscheidingsvermogen kan er niet worden geconcludeerd dat er een positief effect is van het beschutte noordelijke gebied op populatie juveniele vis.

5.4 Hypothese EF2-2d

Als gevolg van het positieve effect van de Zandmotor op benthos en jonge vis heeft het een positief effect op zeevogels die foerageren op schelpdieren en vis in de ondiepe kustzone.

Resultaten

Voor de steltlopers Drieteenstrandloper en Rosse grutto zijn de aantallen in gebied Midden (strand) bij de Zandmotor hoger dan in de referentiegebieden. Deze soorten foerageren vooral op worm- en kreeftachtigen en minder op schelpdieren en vis.

Op basis van het aantal waargenomen vogels in de lagune, wordt vermoed dat het belang van de lagune groot kan zijn voor maximaal 13 vogelsoorten. Dat geldt met name voor de steltlopers, enkele meeuwensoorten en de Aalscholver. Voor enkele steltlopers zijn schelpdieren van groot belang als voedsel. Voor de meeuwen en de Aalscholver is vis erg belangrijk.

Over een trend van de aantallen vogels per soort in deelgebied Midden bij de Zandmotor in de periode van 3 jaren (eind 2012 tot en met voorjaar 2015) is voor de meeste soorten geen uitspraak te doen. Er zijn echter 4 vogelsoorten waarvoor wel een duidelijke trend toename of afname te zien is. Dit betreft een toename voor de Grote Mantelmeeuw en een afname voor Kokmeeuw, Stormmeeuw en Zwarte Kraai. Deze toe- en afname zou door een toename of afnamen in voedselaanbod, en de rol van benthos en jonge vis worden verklaard, maar is niet onderzocht in onderhavige studie.

Er kunnen geen uitspraken worden gedaan over hogere of lagere aantallen vogels in deelgebied Midden bij de Zandmotor ten opzichte van de referentie deelgebieden en de link met een verschillende ontwikkeling in het voedselaanbod voor deze vogels. Er zijn wel indicaties dat het Zandmotor gebied door sommige vogelsoorten bezocht wordt, maar voor relatief veel vogelsoorten blijven de aantallen onder die van referentiegebied Zuid, maar boven die van referentiegebied Noord.

Conclusie:
Door de beperkte opzet van de monitoring kan geen uitspraak worden gedaan over het bevestigen of verwerpen van deze hypothese. Er zijn wel indicaties dat het Zandmotor gebied door sommige vogelsoorten meer bezocht wordt en kan worden. De lagune heeft bijvoorbeeld een positief effect op enkele steltlopers, meeuwen en aalscholvers. De relatie met het aantal vogels en de toename van benthos (schelpdieren) en jonge vis is niet onderzocht in onderhavige studie.

5.5 Hypothese EF2-2e

De Zandmotor heeft een positief effect op zeezoogdieren in het gebied.

Resultaten

Door het geringe aantal tellingen en waargenomen zeezoogdieren zijn er weinig duidelijke resultaten verkregen. Er slechts eenmaal een zeehond op het strand waargenomen en dat was niet bij de Zandmotor maar in referentiegebied Noord. Op zee vlakbij bij de Zandmotor zijn minder Gewone zeehonden waargenomen dan in referentiegebied Zuid.

Conclusie:
Door het geringe aantal tellingen en waargenomen zeezoogdieren is er geen conclusie te trekken over een effect van de Zandmotor op de Gewone zeehond, Grijze zeehond en Bruinvis in het gebied. De indicaties die er zijn bevestigen de hypothese niet, maar wijzen eerder in een andere richting. Er is uitgebreidere monitoring nodig om de hypothese te kunnen beantwoorden.

5.6 Hypothese EF3-1b1

Als gevolg van de aanwezigheid van luwe (lagune) en geëxponeerde gebieden (zeezijde) zal de zandhaak zich karakteriseren door een diversiteit in sedimentsamenstelling.

Resultaten

Uit de analyses blijkt dat er een duidelijk patroon is met de diepte waarbij de sedimentsamenstelling in de brandingszone (0-5 meter beneden NAP) afwijkt van de diepere zones. Ook de sedimentsamenstelling in de beschutte lagune kenmerkt zich door relatief fijne sedimenten die afwijkend zijn van wat er op het strand en de vooroevers wordt aangetroffen. Dit leidt tot het grotere diversiteit in sedimentsamenstelling in het gebied.

Conclusie: Hypothese lijkt te worden ondersteund door de gegevens en kan dus niet worden verworpen.

5.7 Hypothese EF3-1b2

De aanleg van de Zandmotor zal leiden tot een hogere natuurwaarden in het intergetijdengebied en de ondiepe kustzone als gevolg van nieuwe en variatie in habitats.

Resultaten

Van belang bij de toetsing van deze hypothese is dat het duidelijk is wat er wordt verstaan onder “hogere natuurwaarden”: hogere diversiteit, specifieke soorten, hoge biomassa?. De lagune heeft geleidt tot een specifiek habitat met relatief beschutte condities. Dit wordt ook gereflecteerd in de bodemdiergemeenschap. In het sublitoraal deel van de lagune is het aantal soorten laag (totaal drie soorten aangetroffen), maar twee van de soorten die zijn aangetroffen, *Chironomus salinarius* en *Streblospio benedicti,* zijn uitsluitend in de lagune gevonden en niet daarbuiten. Ook op het strand aan de randen van de lagune worden specifieke soorten aangetroffen *Capitella capitata*, *Pygospio elegans* en *Polydora cornuta* en de tweekleppige *Macoma balthica*. Ook vogels maken gebruik van de randen van de lagune.

Conclusie: Als natuurwaarden wordt gedefinieerd als unieke soorten en habitats leidt de lagune tot hogere natuurwaarden en kan hypothese worden aangenomen. De evaluatie van deze hypothese zal voornamelijk worden gedaan aan de hand van de ecotopenkaarten.

5.8 Hypothese EF3-1b3

De sterke gradiënten (geëxponeerd strand en luwe lagune) als gevolg van de aanleg van de Zandmotor zal zich vertalen in een andere en meer diverse bodemdiergemeenschap.

Resultaten

De diversiteit alsmede de biomassa in het intergetijdengebied neemt toe met de overstromingsduur en in de vooroever neemt deze toe met de waterdiepte. Tevens is er een duidelijke van jaar tot jaar variatie. Er is een duidelijk verschil in bodemdiergemeenschap in de beschutte lagune en de geëxponeerde zijde van de Zandmotor. De stranden rond de lagune onderscheiden zich van de rest van het strand door de aanwezigheid van de borstelwormen *Capitella capitata*, *Pygospio elegans* en *Polydora cornuta* en de tweekleppige *Macoma balthica.* Lokaal in de lagune is de bodemdiergemeenschap weinig divers, maar de soorten die er voorkomen worden nergens anders aangetroffen wat ervoor zorgt dat de diversiteit in het Zandmotor gebied als geheel is toegenomen.

Conclusie: Hypothese wordt geverifieerd door de gegevens.

5.9 Hypothese EF3-1b4

De relatief beschutte ligging van de lagune en de hoge voedselbeschikbaarheid zal de kinderkamerfunctie van het gebied doen toenemen.

Resultaten

In eerste instantie leek de beschutte lagune inderdaad een geschikte plek voor met name juveniele schol en daarom voor schol mogelijk een (minimaal) positief effect te kunnen hebben. De verzamelde gegevens geven echter niet voldoende informatie om te kunnen concluderen of dit veroorzaakt werd door gunstigere abiotische omstandigheden of dat dit veroorzaakt werd door de verhoogde voedselbeschikbaarheid. Het mogelijk positieve effect lijkt maar van korte duur te zijn geweest. In 2013 werden er al niet veel meer schollen gevangen in de lagune dan in de omliggende gebieden, hoogstwaarschijnlijk werd dit veroorzaakt door de grote verandering in morfologie en sedimentsamenstelling in de lagune en de geul.

Conclusie: Hypothese kan worden verworpen. Minimaal effect is slechts van korte duur

5.10 Hypothese EF3-1b5

De lagune zal leiden tot een toename van steltlopers en zeevogels in het gebied.

Resultaten

Op basis van het aantal waargenomen vogels in de lagune, wordt vermoed dat het belang van de lagune groot kan zijn voor maximaal 13 van de 37 waargenomen vogelsoorten. Dat geldt met name voor enkele steltlopers, enkele meeuwensoorten en de Aalscholver. De lagune ontwikkelt zich alleen door de Zandmotor en niet in de referentiegebieden en daarom leidt dit tot een toename van enkele vogelsoorten.

Conclusie:

Door de beperkte opzet van de monitoring kan geen harde uitspraak worden gedaan over het bevestigen of verwerpen van deze hypothese. Er zijn wel duidelijke indicaties dat de lagune meer vogels voorkomen dan in de andere gebieden. Een aantal vogelsoorten kan dus profiteren van de aanwezigheid van de lagune, maar de mate waarin dit kan optreden kan alleen met een uitgebreidere monitoring over een langere periode worden ingeschat.

5.11 Hypothese EF3-1b6

De zandhaak zal leiden tot een foerageer- en rustgebied voor zeezoogdieren.

Resultaten

Door het geringe aantal tellingen en waargenomen zeezoogdieren zijn er weinig duidelijke resultaten verkregen. Er slechts eenmaal een zeehond op het strand waargenomen en dat was niet op de zandhaak bij de Zandmotor maar in referentiegebied Noord. Op zee vlakbij bij de Zandmotor zijn minder Gewone zeehonden waargenomen dan in referentiegebied Zuid.

Conclusie:

Door het geringe aantal tellingen en waargenomen zeezoogdieren is er geen conclusie te trekken over het effect van de zandhaak via het creëren van foerageer- en rustgebied op de gewone zeehond, grijze zeehond en Bruinvis. De indicaties die er zijn bevestigen de hypothese niet, maar wijzen voor de Gewone zeehond eerder in een andere richting. Er is uitgebreidere monitoring nodig om de hypothese te kunnen beantwoorden.

6 Vervolgmonitoring

6.1 2015 en 2016

6.1.1 Sediment

In 2013 zijn er naast de sedimentmonsters die zijn verzameld op de locaties waar ook bodemdieren zijn bemonsterd ook nog additionele sedimentmonsters verzameld op tussenliggende transecten. Dit om een beter, gebiedsdekkend beeld te krijgen van de sedimentsamenstelling. Het voorstel is om dit in 2015 te herhalen.

6.1.2 Bodemdieren

De bemonstering in 2015 zal worden uitgevoerd in september. Vroeger uitvoeren heeft risico's vanwege de aanwezigheid van recreanten. Latere uitvoering heeft risico's van slechte weersomstandigheden. Tevens beperkt het de periode voor het uitzoeken en uitwerken van de monsters voor de eindevaluatie.

Van het benthos dat is verzameld met de Van Veen monsters worden per soort, per locatie de asvrij-drooggewichten bepaald. Dit is een bewerkelijke bezigheid met een groot risico op fouten. Vaak is er een exemplaar van een heel klein wormpje gevonden waarvan apart het asvrij-drooggewicht moet worden bepaald. Omdat de analyses van de Van Veen monsters (biodiversiteit en samenstelling) zich voornamelijk beperkt tot de dichtheden bevelen we aan om de asvrij-drooggewicht bepalingen uit te voeren op hogere taxa per locatie. Bijvoorbeeld: bivalven, wormen en crustaceeën. Voor de voedselvoorziening voor de hogere trofische niveaus is dat voldoende. Zeker omdat de bemonstering met de bodemschaaf juist is gericht op de biomassabepaling van de grotere abundante soorten.

6.1.3 Vis

Het ingezette schip is niet optimaal geschikt om in het gebied van de Zandmotor te vissen. Probleem is dat andere schepen te veel diepgang hebben waardoor deze niet in de ondiepe brandingszone kunnen werken. Voorstel is om vooralsnog geen aanpassingen te maken in de visbemonstering. Wel zal er gekeken worden of er een ander schip beschikbaar is om te vissen. Er zal meer tijd worden ingeruimd voor het vissen zodat er beter gebruik kan worden gemaakt van de optimale omstandigheden voor het vissen.

In de lagune wordt het steeds moeilijker om te vissen. De resultaten van 2013 zijn al niet erg hoopvol. Er is te weinig vis gevangen over de hele periode om een analyse van de groei uit te voeren. In 2015 zullen er geen groeimetingen van vis in de lagune meer worden gedaan.

6.1.4 Vogels en zeezoogdieren

Bij aanvang van het project is er voor gekozen om de vogels en zeezoogdieren wel te monitoren maar met een minimale inspanning. Het gevolg hiervan is dat er wel een globaal beeld kan worden gegeven van het gebruik van het gebied door vogels en zeezoogdieren, maar dat het niet waarschijnlijk is dat er statistisch significante effecten kunnen worden aangetoond. Mocht het wel gewenst zijn om eventuele verschillen wel aan te kunnen tonen dan zou de power dienen te worden vergroot door meer metingen te verrichten. De monitoring van vogelsoorten zou dan vooral kunnen worden uitgebreid door vergroting van het aantal telperioden per jaar en over een meerjarige periode. Men zou zich dan kunnen

concentreren op een aantal typische kustvogels en kan daarmee de niet aan kustmilieu geboden vogelsoorten buiten beschouwing laten.

De monitoring van de zeezoogdieren Gewone zeehond, Grijze zeehond en Bruinvis zou kunnen worden uitgebreid door het aantal telperioden per jaar en de duur per telperiode. Dit hangt samen met de dichtheden van deze soorten die lang niet zo groot zijn als voor veel vogelsoorten.

6.1.5 Ecotopen

Er zijn op dit moment nog geen ecotopenkaarten gemaakt. De ecotopenkaarten zullen een ruimtelijk beeld geven van de abiotische- en mogelijk ook biotische omgevingscondities op en rond de Zandmotor. Belangrijke basisinformatie die hiervoor zal worden gebruikt is de bathymetriekaart. Deze kaarten worden regelmatig gemaakt, maar de focus ligt wel op het gebied in de nabijheid van de Zandmotor. Voor de ecotopenkaart is ook het grotere gebied dat wordt beïnvloedt door de Zandmotor van belang. Ook sedimentsamenstelling is een belangrijke parameter. Sediment is verzameld op de locaties waar ook benthosmonsters zijn genomen. Tevens is er in 2013 op tussengelegen raaien sediment verzameld. Het plan is dit in 2015 weer te doen.

6.2 Fase III: 2016 – 2020

Het is de verwachting dat de morfologische veranderingen van de Zandmotor in de periode 2016 tot 2020 nog zullen doorgaan. Wellicht zullen de veranderingen minder snel gaan dan tot nu toe. Het voorstel is om de benthos- en visbemonstering met een frequentie van eens per twee jaar door te zetten: 2017 en 2019. In 2010 is er voor de bodemdieren een power analyse uitgevoerd om te kunnen inschatten hoeveel monitoringslocaties er nodig zijn om een bepaald verschil tussen twee gebieden te kunnen aantonen (Wijsman en Verduin, 2011). In deze studie is dit ook gedaan voor de vissen. Uit deze analyses komt naar voren dat het huidige aantal locaties dat wordt bemonsterd niet ruim gekozen is. Het is aan te bevelen om de winst die er zit in het minder frequent in de tijd (eens per twee jaar) te bemonsteren kan worden gebruikt om meer locaties per jaar te bemonsteren. Als prioriteit zal hierbij transect 4 weer kunnen meegenomen en additioneel kan er ook gebruik worden gemaakt van de tussenliggende transecten die in 2013 ook zijn bemonsterd op sedimentsamenstelling. Voorstel voor additionele transecten: 1-a, 4, 7-a, 11-a. Dit zijn in totaal 40 extra stations.

Literatuur

Baptist, M., J. E. Tamis, B. W. Borsje en J. J. Van der Werf (2009) Review of the geomorphological, benthic ecological and biogeomorphological effects of nourishments on the shoreface and surf zone of the Dutch coast. Wageningen IMARES / Deltares, Rapport nummer: Report IMARES C113/08, Deltares Z4582.50.

Birklund, J. en J. W. M. Wijsman (2005) Ecological effects of aggregate extraction, Pages J1-J11 *in* L. C. Van Rijn, R. L. Soulsby, P. Hoekstra, en A. G. Davies, eds. Sandpit. Sand transport and morphology of offshore sand mining pits. Process knowledge and guidelines for coastal management. Amersfoort, Aqua Publications.

Boon, A. R. en J. W. M. Wijsman (2012) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Meetrapportage monstername najaar 2011 van benthos, vis vooroever, lagune en strand. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C049/12, 28 pagina's.

Boon, A. R., P. K. Tonnon, C. Swinkels, W. Stolte en J. W. M. Wijsman (2013) Pilot Monitoring en Evaluatie-programma Zandmotor - fase 2. Analyses, Hypothesen en Evaluatie. Werkdocument. Deltares/IMARES, Rapport, 28 pagina's.

Clarke, K. R., R. N. Gorley, P. J. Somerfield en R. M. Warwick (2014a) Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. 3rd Edition. Plymouth, PRIMER-E Ltd.

Clarke, K. R., J. R. Tweedley en F. J. Valesini (2014b) Simple shade plots aid better long-term choices of data pre-treatment in multivariate assemblage studies. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 94: 1-16.

Clarke, K. R. en R. N. Gorley (2015) PRIMER v7: User manual/Tutorial. Plymouth, PRIMER-E Ltd.

Ebbens, E. en J. Fiselier (2010) Monitoring- en evaluatieplan Zandmotor. DHV, Rapport, 38 pagina's.

Ens, B. J., J. A. Craeymeersch, F. E. Fey, H. J. L. Heessen, A. C. Smaal, A. G. Brinkman, R. Dekker, J. R. Van Der Meer en M. Van Stralen (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. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C077/07, 117 pagina's.

Fiselier, J. (2010) Projectnota/ MER. Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust. DHV, Rapport nummer: C6158-01.001, 303 pagina's.

Goldsmit, J., K. L. Howland en P. Archambault (2014) Establishing a baseline for early detection of non-indigenous species in ports of the Canadian Arctic. Aquatic Invasions 9: 327-342.

Greene, K. (2002) Beach Nourishment: A Review of the Biological and Physical Impacts. Atlantic States Marine Fisheries Commission, Rapport, 174 pagina's.

Lagerveld, S. (2015a) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 Data rapport vogels en zeezoogdieren - december 2013 – april 2014. IMARES, Rapport nummer: C106/15, 7 pagina's.

Lagerveld, S. (2015b) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 Data rapport vogels en zeezoogdieren - december 2014 – april 2015. IMARES, Rapport nummer: C107/15, 8 pagina's.

Meeuwsen, L. (2014) Impact of the sand engine on the functioning of the coastal zone as nursery area for juvenile plaice *Pleuronetctes platessa* (L.). IMARES, Rapport, 48 pagina's.

Smaal, A. C., P. Kamermans, M. Tangelder en J. W. M. Wijsman (2014) Verkenning kansen schelpdierkweek Veerse Meer. IMARES, Rapport nummer: C139/14, 23 pagina's.

Tonnon, P. K. en M. J. Baptist (2011) T_0-rapportage Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor. Deltares/IMARES, Rapport nummer: Deltares 1203519-000 / IMARES C016/11, 198 pagina's.

Tonnon, P. K., L. Van der Valk, H. Holzhauer, M. J. Baptist, J. W. M. Wijsman, C. T. M. Vertegaal en S. M. Arens (2011) Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie pilot Zandmotor. Deltares/Wageningen IMARES, Rapport, 154 pagina's.

Van der Wal, J. T. en J. A. Van Dalfsen (2008) Monitoring kustsuppleties. Wageningen IMARES, Rapport, 114 pagina's.

Van Keeken, O. A. en R. Van Hal (2012) Visbemonstering de Zandmotor maart-augustus 2012. IMARES, Rapport nummer: C126/12, 30 pagina's.

Van Keeken, O. A. en J. W. M. Wijsman (2013) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Meetplan groei juveniele vis Zandmotor voorjaar en zomer 2013. Deltares/IMARES, Rapport nummer: C055/13, 11 pagina's.

Wijsman, J. W. M. en E. Verduin (2011) T_0 monitoring Zandmotor Delflandse kust: Benthos ondiepe kustzone en natte strand. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C039/11, 75 pagina's.

Wijsman, J. W. M. (2014) Monitoring en Evaluatie Pilot zandmotor Fase 2: Datarapport benthos bemonstering vooroever en natte strand najaar 2012. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C149/14, 49 pagina's.

Wijsman, J. W. M., P. C. Goudswaard, V. Escaravage en S. Wijnhoven (2014) De macrobenthosgemeenschap van de Zeeuwse Banken na zandwinning. Een overzicht van drie T_0 jaren en een eerste jaar van rekolonisatie. IMARES, Rapport nummer: C164/13, 95 pagina's.

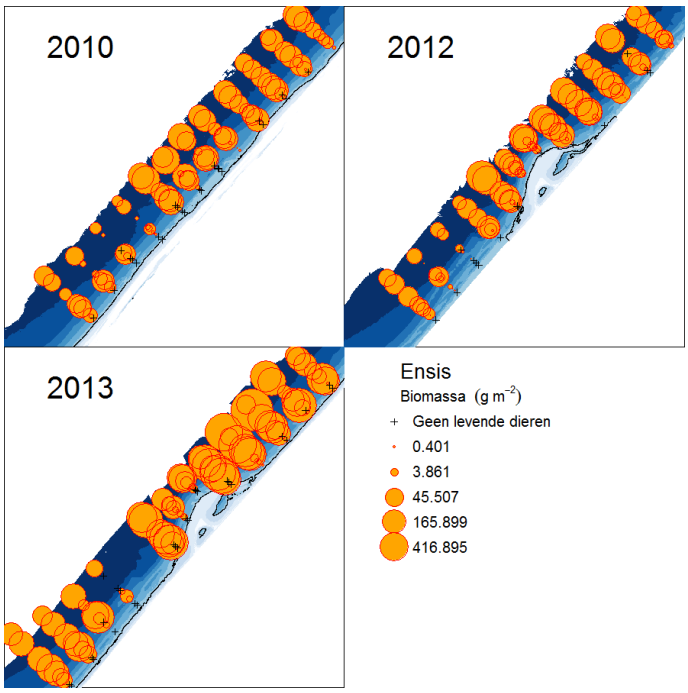
Wilber, D. H., D. G. Clarke, G. L. Ray en M. Burlas (2003) Response of surf zone fish to beach nourishment operations on the northern coast of New Jersey, USA. Marine Ecology Progress Series 250: 231-246.

Witte, R. H. en J. W. M. Wijsman (2011a) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Meetplan Zeevogels. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C165/11, 12 pagina's.

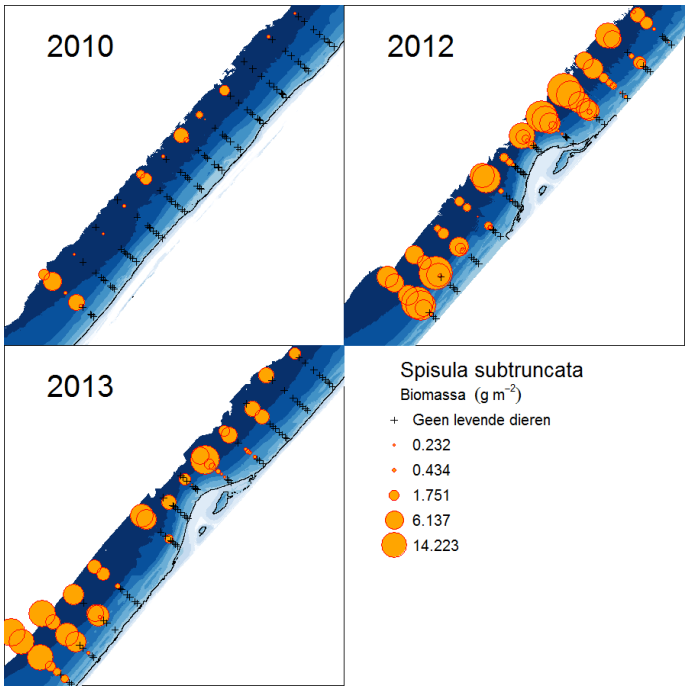
Witte, R. H. en J. W. M. Wijsman (2011b) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Meetplan Zeezoogdieren. Deltares / IMARES, Rapport nummer: C167/11, 10 pagina's.

Witte, R. H. en J. W. M. Wijsman (2012) Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor Fase 2 - Data rapport vogels en zeezoogdieren rond de zandmotor. December 2011 - April 2012. IMARES, Rapport nummer: C136/12, 19 pagina's.

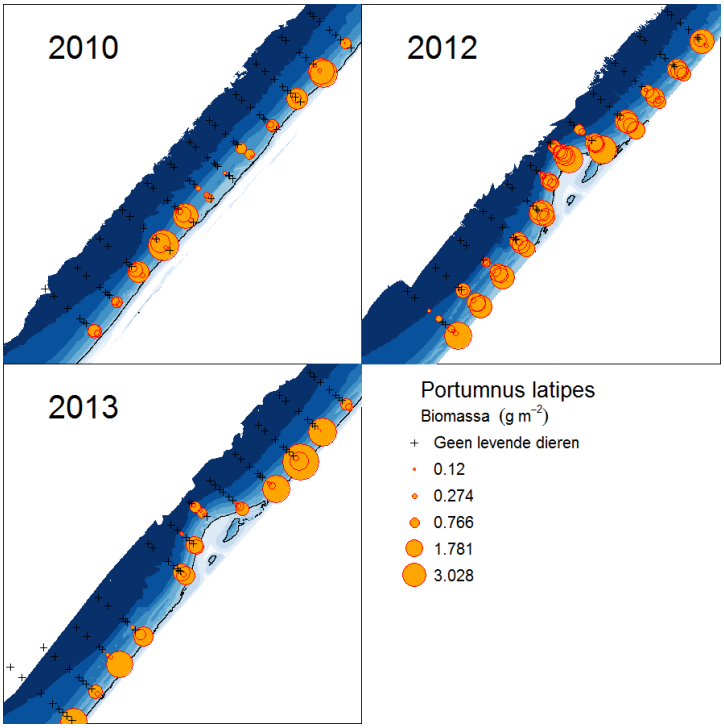
Bijlage A: Ruimtelijke verdeling soorten schaaf



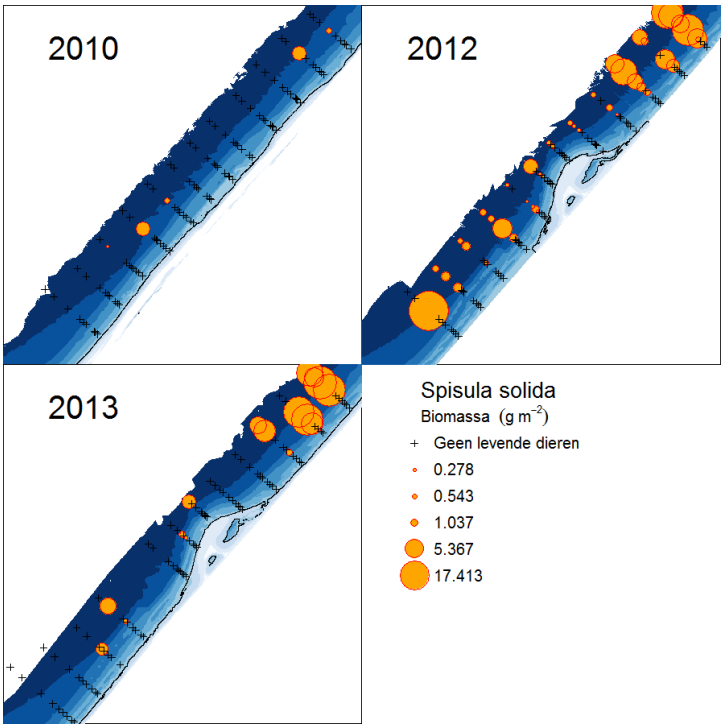
Figuur 62: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Ensis in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Ensis is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



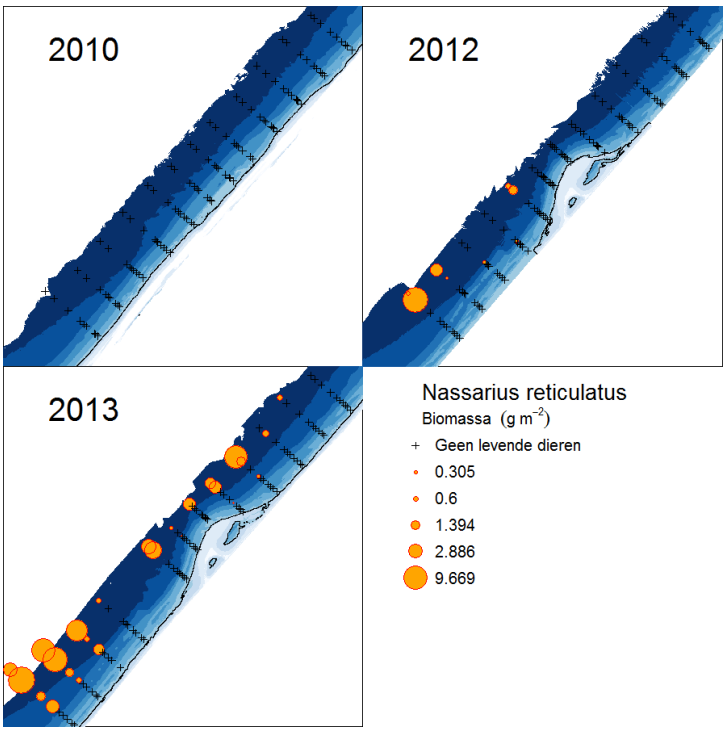
Figuur 63: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Spisula subtruncata in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Spisula subtruncata is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



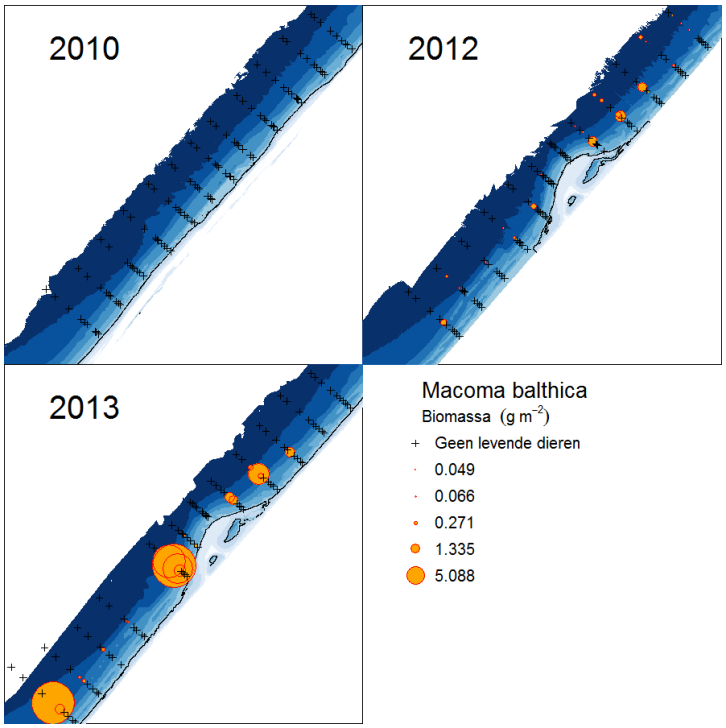
Figuur 64: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Portumnus latipes in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Portumnus latipes is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



Figuur 65: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Spisula solida in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Spisula solida is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

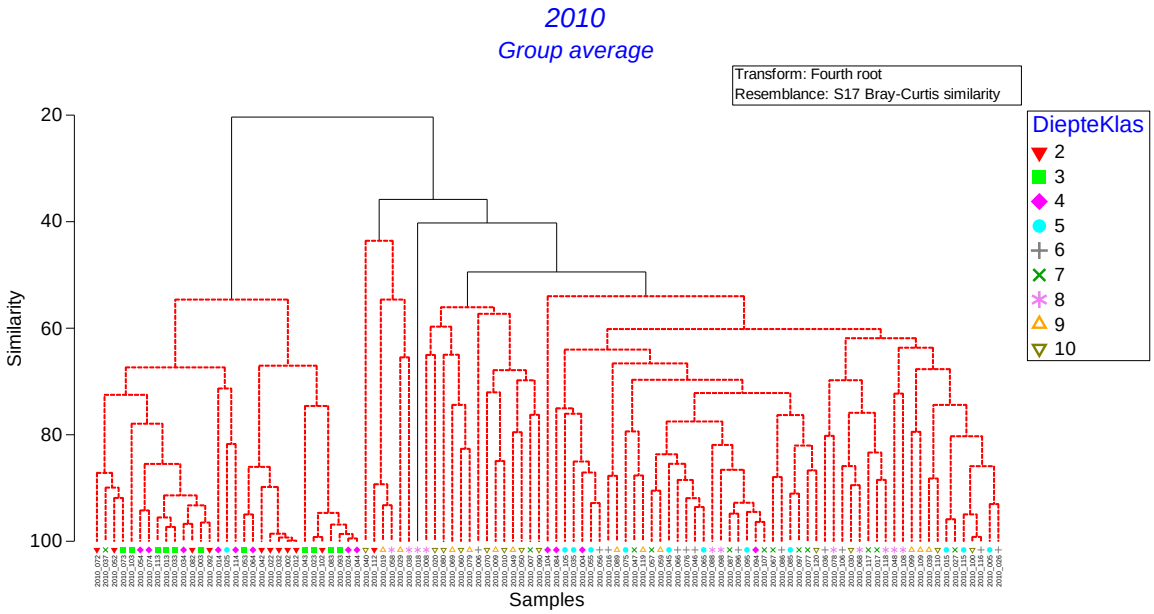


Figuur 66: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Nassarius reticulatus in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Nassarius reticulatus is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

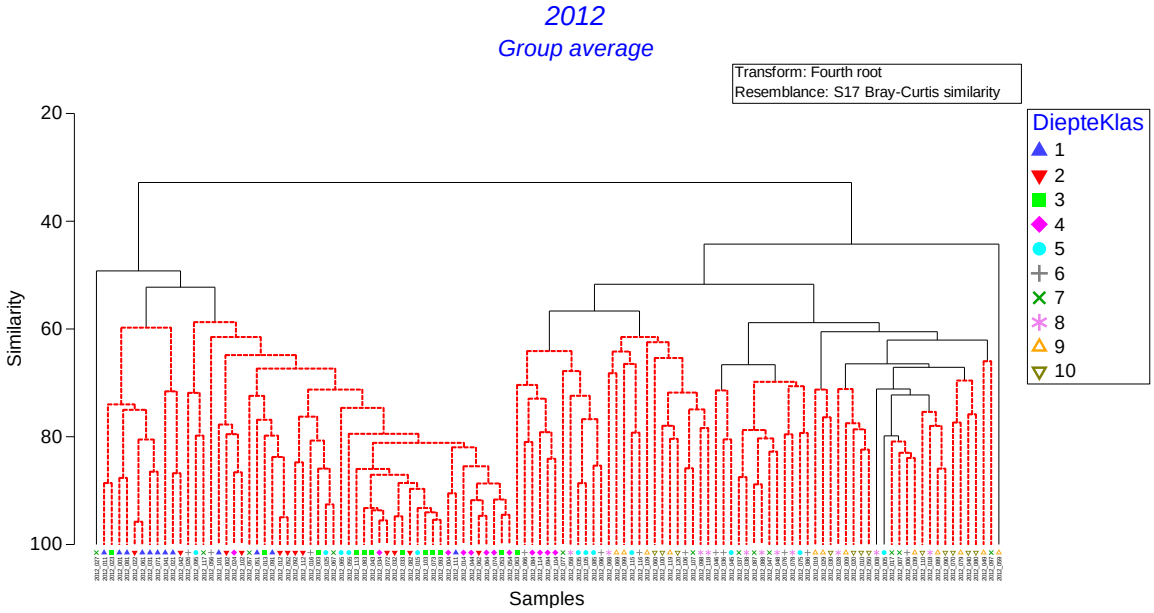


Figuur 67: Ruimtelijke verdeling van de biomassa (g m^{-2}) Macoma balthica in de schaaf in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar geen Macoma balthica is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

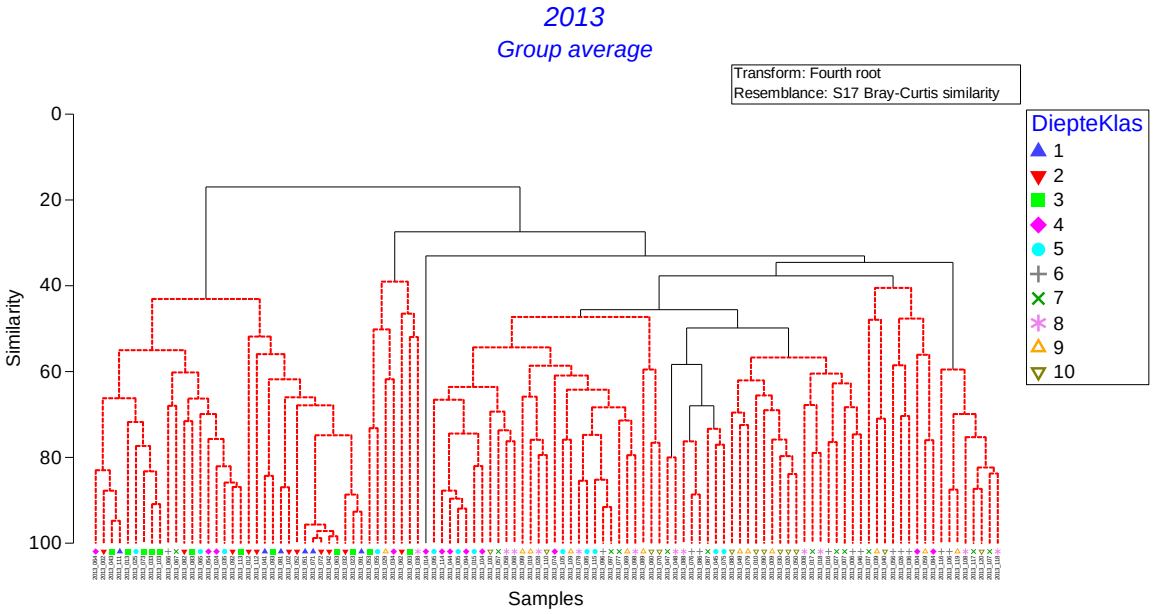
Bijlage B: Clusteranalyse Schaafdata



Figuur 68: Clusteranalyse schaafdata 2010. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.

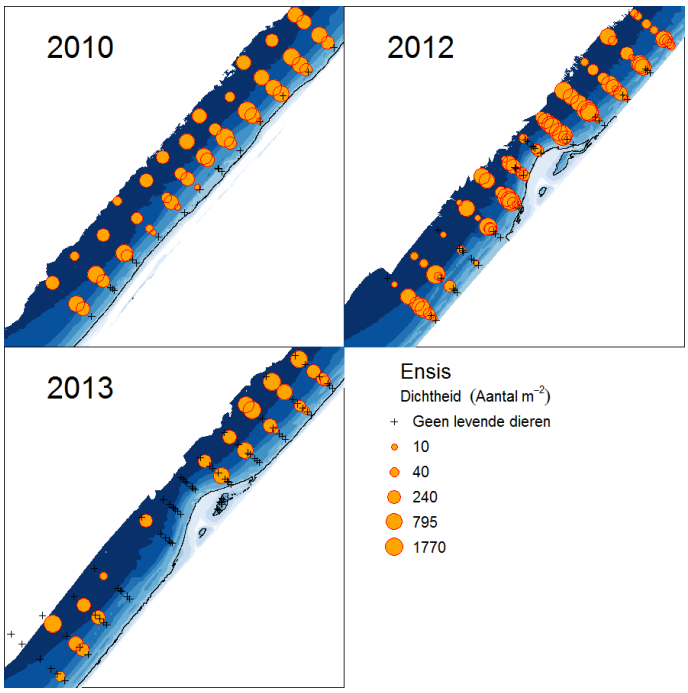


Figuur 69: Clusteranalyse schaafdata 2012. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.

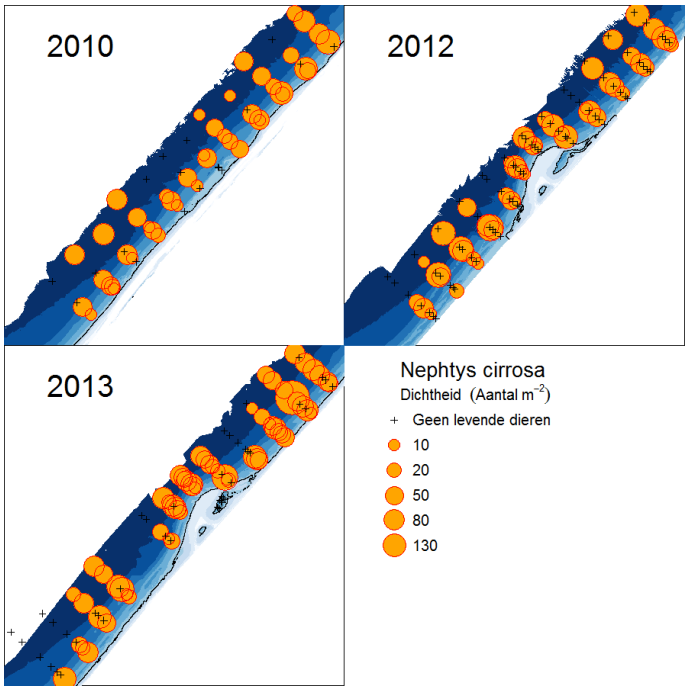


Figuur 70: Clusteranalyse schaafdata 2013. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.

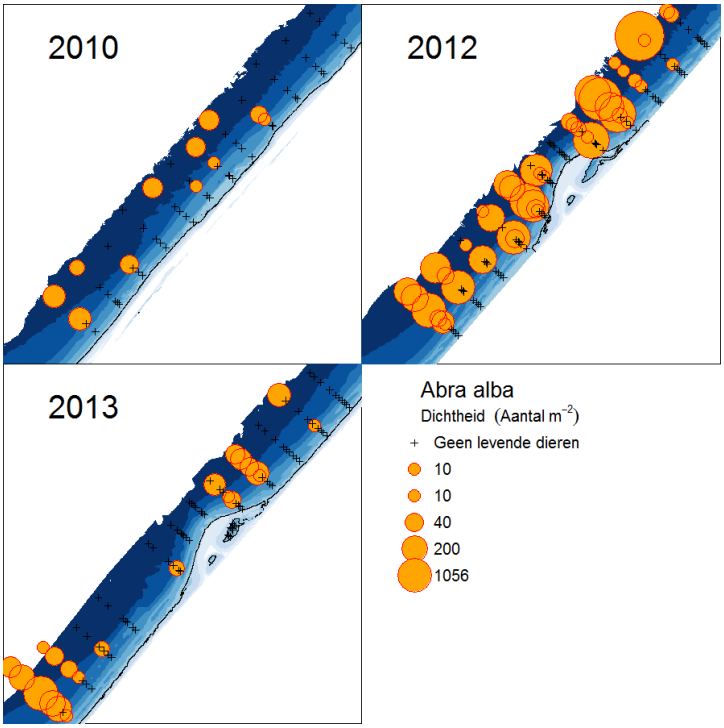
Bijlage C: Ruimtelijke verdeling soorten Van Veen



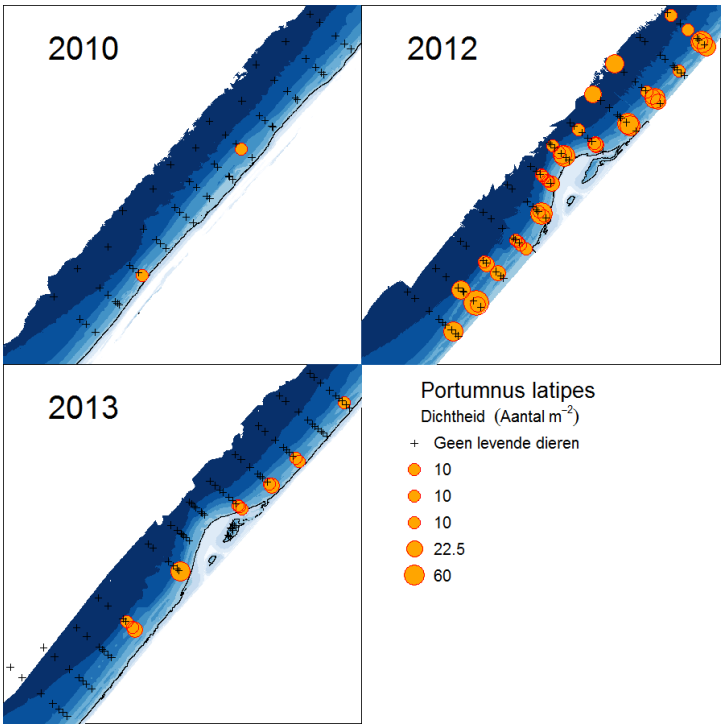
Figuur 71: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Ensis in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



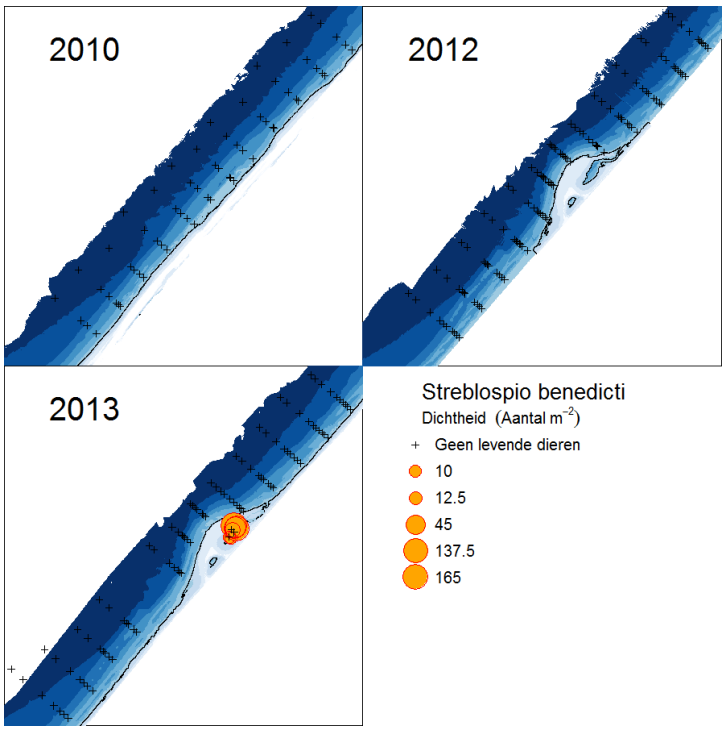
Figuur 72: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Nephtys cirrosa in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



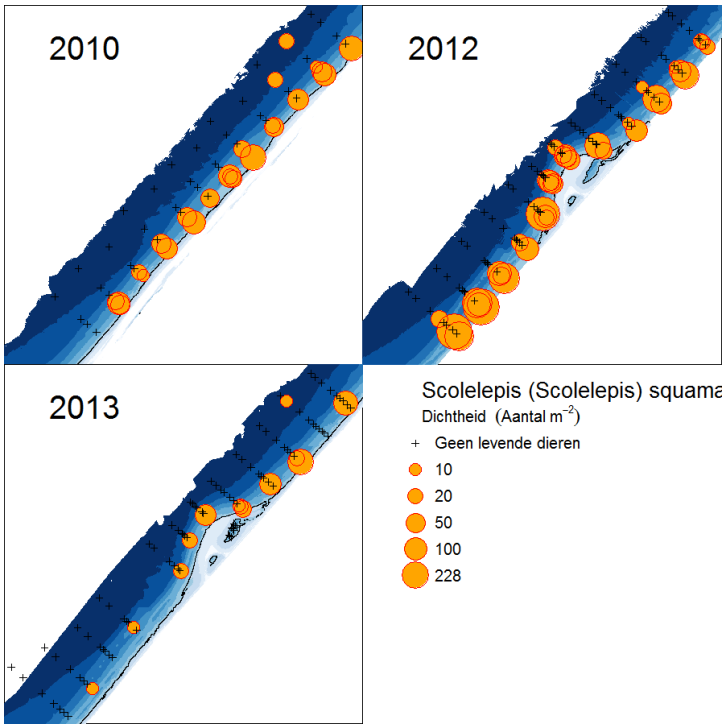
Figuur 73: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Abra alba in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.



Figuur 74: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Portumnus latipes in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

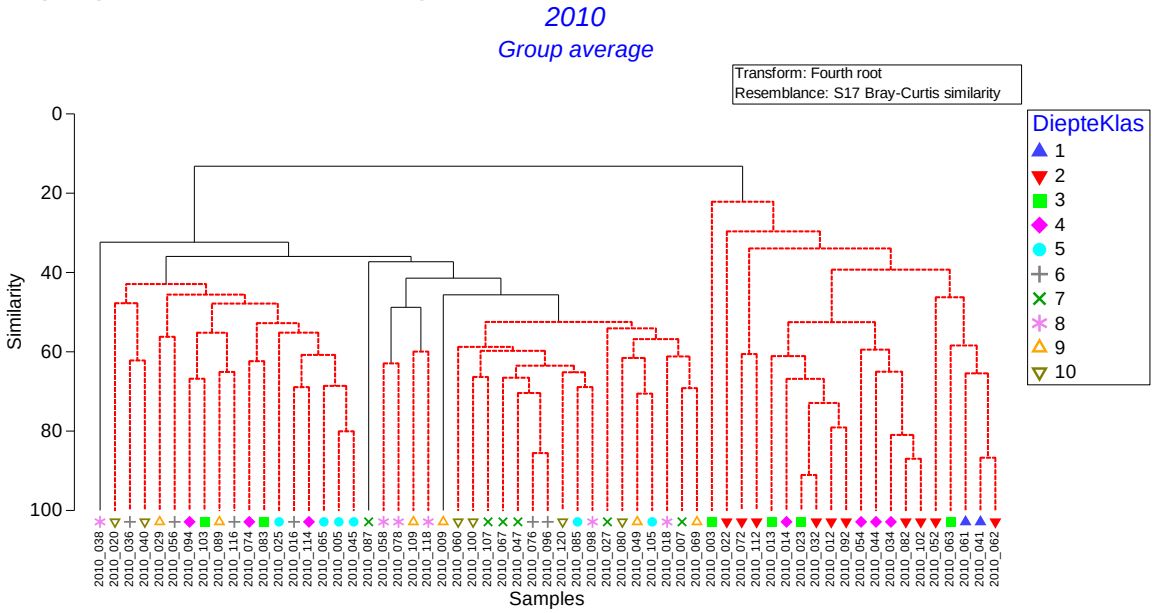


Figuur 75: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Streblospio benedicti in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

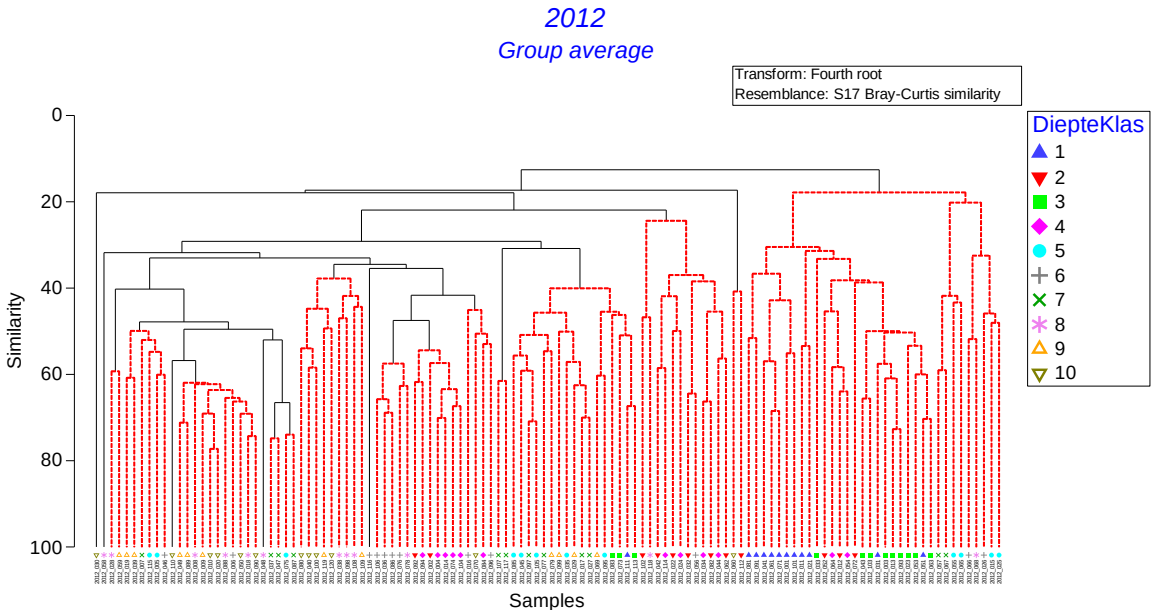


Figuur 76: Ruimtelijke verdeling van de dichtheden (aantal m^{-2}) Scolelepis squamata in de Van Veen monsters in de jaren 2010, 2012 en 2013. De locaties waar de soort niet is aangetroffen is aangegeven met een zwart plusje.

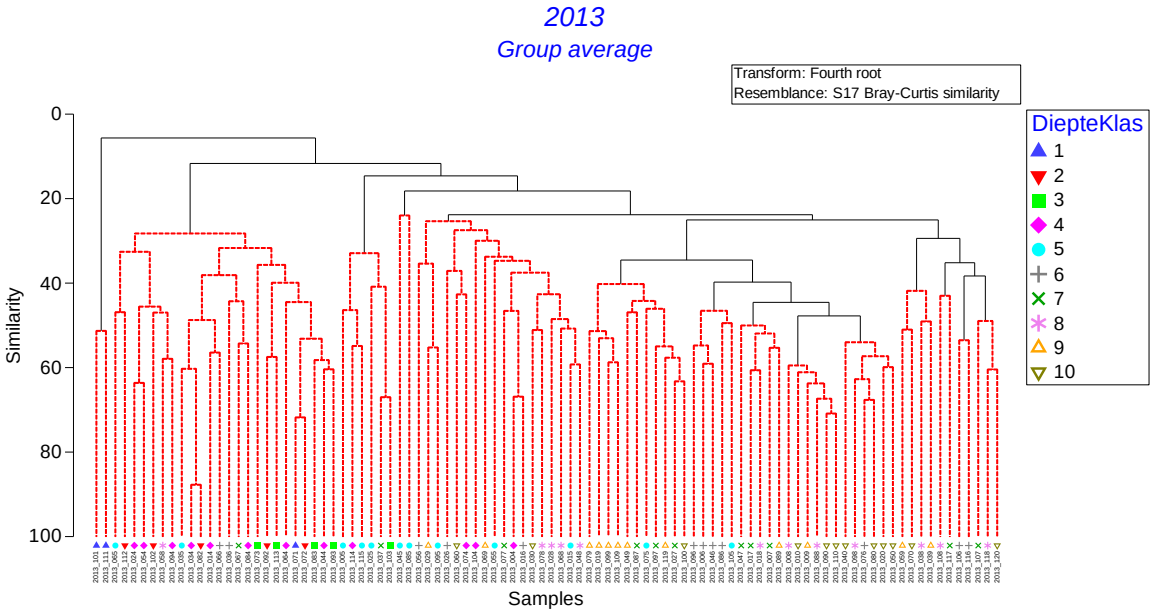
Bijlage D: Clusteranalyse Van Veen



Figuur 77: Clusteranalyse Van Veen data 2010. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.



Figuur 78: Clusteranalyse Van Veen data 2012. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.



Figuur 79: Clusteranalyse Van Veen data 2013. Zwarte lijnen van het dendrogram geven de significante (α = 0.05) clusters weer. De markers geven de diepteklasse aan.

Bijlage E: Overzicht aantal gevangen vissen

Tabel 24: Overzicht van het aantal vissen per ha per jaar in de verschillende gebieden (Zuid, Midden en Noord).

NAME	YR	AM	Gebied Zuid						Gebied Midden							Gebied Noord						
NAME	YR	AM	A_0s	A_AM	A_SD	A_er	A_GM	A_LSD	B_0s	B_AM	B_SD	B_er	B_GM	B_LSD	B_Ler	C_0s	C_AM	C_SD	C_er	C_GM	C_LSD	C_Ler
Gewone garnaal	12	**351**	0	365.6	447.4	169	146.8	7.1	0	372.2	306.2	115.5	244.2	3.2	1.2	0	313.9	388.2	149.2	155.2	4	1.5
Gewone garnaal	13	**173.2**	0	105.7	121.1	46	51.9	4.8	0	198.5	262.2	98.9	62.6	7.4	2.8	1	215.6	257.2	97	85.6	5.9	2.3
Grondel	12	45.1	3	54.6	89.8	34	17.4	6.6	0	38.9	71	26.8	11.9	5	1.9	0	41.7	81.7	31.4	10.4	5.7	2.2
Grondel	13	29.1	0	16.6	18.2	7	6.9	5.3	1	20.3	32.5	12.3	7.1	5.3	2	1	50.4	77	29	22.8	4.6	1.8
Haring	12	**4.6**	4	2.9	4.8	2	1.5	3.5	5	8.5	13.2	5	3.7	5.5	2.3	7	2.2	3.2	1.2	1.5	4	1.8
Haring	13	**1.9**	3	1.9	3	1	0.9	4.1	5	3	6.7	2.5	1.4	4	1.7	11	0.7	1.5	0.6	0.5	3.3	1.6
Sprot	12	**1.7**	9	2.2	5.7	2	1	4.7	13	2.2	3.3	1.2	2.6	3	1.6	16	0.6	2.4	0.9	0.4	4.3	2.7
Sprot	13	**0.9**	14	0.8	2.4	1	0.7	3.7	15	1.9	5.2	2	0.9	6.9	3.9	23	0.1	0.7	0.3	0.3	4.9	4.8
Kleine zeenaald	12	0.9	13	1.9	6.4	2	0.7	5.4	14	0.4	0.7	0.3	0.7	2.4	1.3	18	0.4	0.9	0.3	0.8	3.6	2.5
Kleine zeenaald	13	1	20	1.2	4.4	2	1	6.3	15	1.6	6.5	2.5	0.7	5	2.8	17	0.3	0.8	0.3	0.5	3.4	2.1
Schol	12	**1.4**	4	1.2	1.5	1	0.8	3.3	6	1.8	2.6	1	1.1	3.7	1.6	3	1.2	1.4	0.5	0.8	3.2	1.3
Schol	13	**0.5**	13	0.2	0.3	0	0.3	2	12	0.2	0.3	0.1	0.2	2.2	1.1	4	1.2	1.5	0.6	0.7	3.4	1.4
Tong	12	**1.6**	9	2.1	4.5	2	1.4	3.6	9	1.3	2.4	0.9	0.9	3.8	1.8	10	1.4	3	1.2	1	3.5	1.7
Tong	13	**0.2**	17	0.1	0.2	0	0.3	1.9	21	0.1	0.3	0.1	0.3	2.6	2.1	9	0.5	1	0.4	0.5	2.7	1.2
Pitvis	12	**1**	17	1	4	2	0.5	5.6	14	0.4	0.8	0.3	0.5	3.2	1.7	12	1.7	3.3	1.3	1.8	3.1	1.6
Pitvis	13	**0.3**	21	0	0.1	0	0.2	1.6	19	0.1	0.3	0.1	0.3	2.4	1.7	10	0.6	0.9	0.3	0.6	2.9	1.4
Schurftvis	12	**0.6**	9	0.5	0.6	0	0.6	2.4	10	0.5	0.6	0.2	0.6	2.4	1.1	4	0.7	0.7	0.3	0.5	2.7	1.1
Schurftvis	13	**0.2**	11	0.2	0.3	0	0.3	1.9	16	0.1	0.3	0.1	0.3	2.2	1.3	13	0.3	0.4	0.2	0.5	2.1	1.1
Ammodytes	12	0.4	15	0.5	1.3	0	0.4	3.8	14	0.6	1	0.4	0.9	2.7	1.5	16	0.1	0.2	0.1	0.3	1.8	1.1
Ammodytes	13	0.3	16	0.3	0.9	0	0.5	2.8	14	0.4	0.8	0.3	0.6	3	1.6	23	0.1	0.3	0.1	0.3	3	2.9
Wijting	12	0.3	17	0.6	1.1	0	0.8	3.9	19	0.1	0.1	0	0.2	1.4	1	17	0.2	0.3	0.1	0.3	2.3	1.5
Wijting	13	0.4	11	0.3	0.7	0	0.3	2.7	19	0.4	0.8	0.3	0.8	2.8	1.9	17	0.5	1.2	0.5	0.6	3.4	2.1
Spiering	12	**0.5**	12	0.3	0.5	0	0.5	2.2	4	1	1.2	0.5	0.8	2.6	1.1	21	0.1	0.3	0.1	0.5	2.1	1.8
Spiering	13	**0.1**	20	0.3	1	0	0.7	3.7	24	0	0.1	0	0.2	1.5	1.7	26	0	0.1	0	0.7		
Schar	12	0.2	19	0.1	0.2	0	0.3	2	18	0.1	0.3	0.1	0.3	2.2	1.4	13	0.5	0.9	0.3	0.7	2.7	1.5
Schar	13	0.3	18	0.2	0.4	0	0.5	2.2	20	0.5	1.1	0.4	1.2	3.3	2.4	12	0.3	0.4	0.2	0.4	2.3	1.2

NAME	YR	AM	Gebied Zuid						Gebied Midden							Gebied Noord						
NAME	YR	AM	A_0s	A_AM	A_SD	A_er	A_GM	A_LSD	B_0s	B_AM	B_SD	B_er	B_GM	B_LSD	B_Ler	C_0s	C_AM	C_SD	C_er	C_GM	C_LSD	C_Ler
Rode poon	12	**0.4**	19	0.1	0.1	0	0.2	1.7	23	0.2	0.9	0.3	0.6	5.4	5.3	19	0.8	2.8	1.1	0.6	7	5.2
Rode poon	13	**0**	27	0	0	0			27	0	0	0				22	0	0.1	0	0.2	1.9	1.7
Rasterpitvis	12	**0.4**	18	0.1	0.2	0	0.3	1.8	17	0.2	0.4	0.2	0.4	2.7	1.7	11	0.8	1.4	0.5	0.7	3.5	1.8
Rasterpitvis	13	**0**	27	0	0	0			27	0	0	0				27	0	0	0			
Griet	12	0.1	21	0	0.1	0	0.2	1	16	0.2	0.3	0.1	0.3	2	1.2	20	0.1	0.2	0.1	0.3	1.9	1.5
Griet	13	0.1	23	0	0.1	0	0.2	1.7	16	0.1	0.2	0.1	0.2	1.9	1.1	19	0.1	0.2	0.1	0.3	1.9	1.3
Vijfdradige meun	12	0.2	17	0.1	0.2	0	0.3	1.8	16	0.1	0.3	0.1	0.3	1.9	1.1	18	0.2	0.5	0.2	0.4	2.7	1.9
Vijfdradige meun	13	0	24	0	0.1	0	0.2	1.6	25	0	0	0	0.1	1	1.4	22	0	0.1	0	0.2	1.2	1.1
Bot	12	0.1	14	0.2	0.3	0	0.3	2	20	0.1	0.2	0.1	0.3	1.9	1.4	20	0.1	0.2	0.1	0.3	2	1.6
Bot	13	0	24	0	0.1	0	0.2	1.5	25	0	0	0	0.2	1	1.4	21	0.1	0.2	0.1	0.2	2	1.6
Kleine pieterman	12	0	26	0	0	0	0.2		20	0.1	0.1	0	0.2	1.4	1	22	0.1	0.1	0	0.3	1.8	1.8
Kleine pieterman	13	0.1	18	0.1	0.3	0	0.3	2.6	20	0.1	0.2	0.1	0.4	1.8	1.3	23	0	0.1	0	0.2	1.8	1.8
Smelt	12	0.1	19	0.1	0.1	0	0.2	1.6	18	0.1	0.2	0.1	0.3	1.8	1.2	16	0.1	0.1	0	0.2	1.7	1.1
Smelt	13	0	20	0	0.1	0	0.2	1.3	22	0	0.1	0	0.2	1.8	1.6	21	0	0.1	0	0.2	1.3	1
Grauwe poon	12	0	26	0	0	0	0.2		26	0	0.1	0	0.3			24	0	0	0	0.2	1	1.4
Grauwe poon	13	0.1	14	0.1	0.2	0	0.2	1.7	21	0.1	0.2	0.1	0.2	1.9	1.5	15	0.2	0.3	0.1	0.3	2.2	1.2
Slakdolf	12	0.1	24	0	0.2	0	0.3	2.8	23	0.1	0.2	0.1	0.3	2.2	2.2	21	0.1	0.3	0.1	0.3	2.6	2.3
Slakdolf	13	0	24	0	0	0	0.1	1	25	0	0.1	0	0.4	1.3	1.8	21	0.1	0.1	0	0.2	1.8	1.4
Dwergtong	12	0.1	23	0.1	0.6	0	0.3	4.5	23	0.1	0.2	0.1	0.3	2.6	2.5	24	0	0	0	0.2	1	1.4
Dwergtong	13	0	26	0	0	0	0.2		26	0	0	0	0.2			26	0	0	0	0.2		
Fint	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0			
Fint	13	0.1	22	0.1	0.4	0	0.4	3	22	0	0.1	0	0.2	1.5	1.3	27	0	0	0			
Tarbot	12	0	24	0	0.1	0	0.2	2	24	0	0.1	0	0.3	1	1.1	23	0	0	0	0.2	1	1.1
Tarbot	13	0	26	0	0.1	0	0.5		25	0	0.1	0	0.3	1.2	1.7	25	0	0.1	0	0.3	3.2	4.4
Botervis	12	0	23	0	0.1	0	0.3	1.9	24	0	0.1	0	0.2	1.5	1.7	24	0	0.2	0.1	0.4	3.5	4.9
Botervis	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				25	0	0.1	0	0.3	1	1.4
Harnasmannetje	12	0	26	0	0.1	0	0.3		27	0	0	0				25	0	0	0	0.2		
Harnasmannetje	13	0	22	0	0.1	0	0.1	1	24	0	0	0	0.2	1	1.1	23	0	0.1	0	0.2	1.5	1.5
Horsmakreel	12	0	26	0	0	0	0.2		23	0	0.1	0	0.2	1.4	1.4	20	0	0.1	0	0.2	1.6	1.3

NAME	YR	AM	Gebied Zuid						Gebied Midden							Gebied Noord						
NAME	YR	AM	A_0s	A_AM	A_SD	A_er	A_GM	A_LSD	B_0s	B_AM	B_SD	B_er	B_GM	B_LSD	B_Ler	C_0s	C_AM	C_SD	C_er	C_GM	C_LSD	C_Ler
Horsmakreel	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0	0.2		
Mul	12	0	26	0	0	0	0.2		23	0	0.1	0	0.2	2	2	25	0	0	0	0.2		
Mul	13	0	26	0	0	0	0.2		26	0	0	0	0.2			27	0	0	0			
Steenbolk	12	0	27	0	0	0			23	0	0.1	0	0.2	2	2	24	0	0.1	0	0.2	1.6	2.2
Steenbolk	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				27	0	0	0			
Zeedonderpad	12	0	24	0	0	0	0.2	1	26	0	0	0	0.2			24	0	0.1	0	0.3	2.7	3.7
Zeedonderpad	13	0	26	0	0	0	0.2		27	0	0	0				26	0	0.1	0	0.3		
Ansjovis	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0			
Ansjovis	13	0	26	0	0	0	0.1		26	0	0	0	0.2			27	0	0	0			
Dried stekelbaars	12	0	27	0	0	0			26	0	0.1	0	0.3			26	0	0	0			
Dried. stekelbaars	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				27	0	0	0			
Kabeljauw	12	0	26	0	0	0	0.2		27	0	0	0				25	0	0	0	0.2		
Kabeljauw	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				27	0	0	0			
Kl. koornaarvis	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0			
Kl. koornaarvis	13	0	26	0	0	0	0.1		24	0	0	0	0.2	1	1.1	26	0	0	0	0.1		
Makreel	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0			
Makreel	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0	0.2		
Pelser	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				26	0	0	0			
Pelser	13	0	27	0	0	0			25	0	0.1	0	0.2	1.6	2.2	26	0	0	0	0.2		
Tongschar	12	0	27	0	0	0			27	0	0	0				25	0	0	0	0.2		
Tongschar	13	0	27	0	0	0			27	0	0	0				27	0	0	0			