

# De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009-2013

Sander Glorius<sup>1</sup>, Anneke Rippen<sup>1</sup>, Martin de Jong<sup>2</sup>, Babeth van der Weide<sup>1</sup>, Joël Cuperus<sup>1</sup>, Arnold Bakker<sup>1</sup> en Maarten van Hoppe<sup>1</sup>

Rapport C109.14



<sup>1</sup> IMARES Wageningen UR

<sup>2</sup> Natuurwerk Texel

# IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van Economische Zaken  
T.a.v. J. Huinink  
Postbus 20401  
2500 EK DEN HAAG

BO-11-011.04-003

Publicatiedatum:

17 juli 2014

**IMARES** is:

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

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
--	--	---	--

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.  
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U  
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

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

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

A\_4\_3\_1-V13.1

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	7
1.1 Probleemstelling.....	7
1.2 Achtergrond.....	7
1.3 Doelstelling.....	8
2 Kennisvraag.....	9
3 Locaties.....	10
4 Methoden.....	12
4.1 Algemeen.....	12
4.2 Onderwater video.....	12
4.3 Zuigkor.....	13
4.4 Boxcorer.....	14
4.5 Vogeltellingen.....	14
4.6 Data analyse benthos >1mm (boxcorer).....	15
4.6.1 Voorbereiding.....	15
4.6.2 Abundantie.....	15
4.6.3 Diversiteit en evenness.....	15
4.6.4 Soortenrijkdom.....	16
4.6.5 Variatie.....	16
4.6.6 Cluster analyse.....	17
5 Resultaten.....	18
5.1 Ontwikkeling mosselpopulatie.....	18
5.2 Predatiedruk door krabben en zeesterren.....	22
5.3 Geassocieerde macrofauna.....	23
5.3.1 Relatie mosselbiomassa en aanwezigheid anemonen, zakpijpen en muiltje.....	23
5.3.2 Ontwikkeling van soortenrijkdom, abundantie, diversiteit en evenness in fijn macrofauna.....	26
5.3.3 Soortenrijkdom nader bekeken.....	28
5.3.4 Ontwikkeling functionele groepen.....	31
5.3.5 Clusteranalyse.....	33
5.4 Vogels.....	36
6 Discussie en conclusies.....	39
6.1 Overleving van voor visserij gesloten mosselbanken.....	39
6.2 Geassocieerde benthos.....	40
7 Aanbevelingen.....	41
Referenties.....	43
Verantwoording.....	45

Bijlage A. Aangetroffen soorten in de zuigkormonsters .....	46
Bijlage B. Aangetroffen soorten in de boxcoremonsters.....	49
Bijlage C. Ontwikkeling soortgroepen fijn benthos.....	53
Bijlage D. Vogeltellingen .....	55

## Samenvatting

In de Nederlandse kustwateren vindt mosselbroedvisserij en mosselkweek plaats. Deze wateren herbergen echter belangrijke natuurwaarden en de meeste wateren zijn derhalve aangewezen als natuurgebied, wat Nederland verplicht om er voor te zorgen dat de natuurwaarden in deze gebieden in stand blijven. Verbetering van de kwaliteit van de natuurwaarden is vooral mogelijk ten aanzien van bodemfauna en de vorming van biogene structuren met mossels (en de daaraan geassocieerde biodiversiteit). Het is in de Waddenzee echter niet goed bekend hoe gesloten (i.e. onbeviste) sublitorale mosselbroedbanken zich ontwikkelen in de tijd en welke specifieke natuurwaarden ze herbergen. Om hier inzicht in te verkrijgen is een monitorprogramma opgesteld waarin gesloten sublitorale mosselbanken gevolgd werden. In dit eindrapport worden de resultaten van dit programma beschreven. In de periode dat het monitorprogramma liep, van 2009 tot en met 2013 zijn twee banken (gelegen bij Vlieter en Breezanddijk) voor enkele jaren gevolgd. Na de goede mosselbroedval in 2013 zijn er twee andere banken (gelegen bij Molenrak en Javaruggen) aan het programma toegevoegd en is de situatie van ontstaan gemonitord. Hiermee is inzicht is verkregen in de korte termijn ontwikkeling van enkele gesloten sublitorale mosselbanken en de daarmee geassocieerde biodiversiteit (successie).

Overleving van sublitorale mosselbanken is afhankelijk van antropogene factoren, zoals bevissing, maar ook van abiotische (zoutgehalte, diepte) en biotische (zoals zeesterpredatie) factoren. De bank bij de Vlieter, ontstaan in 2009, verdween in 2011, met vermoedelijk als voornaamste oorzaak predatie door zeesterren. Veel mosselen op de bank bij Breezanddijk, ontstaan in 2010, zijn tijdens de najaarstorm van 28 oktober 2013 weggespoeld (88%, van 2.3 tot 0.5 kg mosselen/m<sup>2</sup> gemiddeld). Het is onbekend of, en hoeveel, mosselen weggespoeld zijn tijdens de december stormen. Alleen nieuwe broedval op de bank kan ervoor zorgen dat de bank niet verdwijnt. Op de nieuw ontstane banken Molenrak en Javaruggen zijn, ondanks hun ondiepere ligging, veel minder mosselen weggespoeld als gevolg van de storm. Mogelijk dat jonge (kleine)mosselen minder last ondervinden van golfslag als gevolg van stormen.

Monitoregegevens van vogels laten zien dat vooral jonge mosselbanken in trek zijn. Vogelsoorten die in hoge aantallen aangetroffen werden zijn topper, eider en brilduiker. Gegevens van de banken bij Vlieter en Molenrak lieten zien dat na het eerste jaar van ontstaan vogelaantallen fors af nemen. Beide banken zijn het eerste jaar goed doorgekomen, blijkbaar heeft vogelpredatie in het eerste jaar niet geleid tot het verdwijnen van die banken.

De factoren die overleving van sublitorale mosselbanken bepalen zijn hiermee divers; storm, zeesterpredatie, vogelpredatie. Monitoregegevens verzameld in dit programma suggereren dat mosselverlies als gevolg van stormschade toeneemt bij het ouder worden van een bank terwijl de invloed van vogelpredatie afneemt bij het tot wasdom komen van een bank. Afwezigheid van grote aantallen zeesterren en daarmee gepaard gaande predatiedruk lijkt essentieel voor langjarige mosselbank-overleving evenals periodieke aanwas van mosselbroed.

Uit gegevens van boxcoremonsters blijkt dat direct tijdens het ontstaan van een mosselbank de benthosgemeenschap divers is en bestaat uit soorten die voedsel uit de waterkolom filtreren (suspension) en afgezonken materiaal consumeren (deposit), zowel carnivoren als omnivoren. Daarnaast is de gemeenschap op de open plekken tussen de mosselen duidelijk anders (vooral wormsoorten) in vergelijking tot de gemeenschap die op de mosselklompen aangetroffen wordt die meer divers is. Dit verschil in gemeenschap blijft gehandhaafd bij het tot wasdom komen van de bank waarbij vooral de openplekken soortenrijker worden over de tijd. Gegevens van de bank bij Breezanddijk laten zien dat zowel de soortenrijkdom en diversiteit ieder jaar toeneemt en soorten zich meer homogeen verdelen (variatie tussen monsters afneemt).

In de periode dat die bank gevolgd is (2010-2013) komt gemiddeld per jaar 1.3 soort bij en neemt de diversiteit jaarlijks toe. Een toename in soortenrijkdom en diversiteit laat het tot wasdom komen van de mosselbank bij Breezanddijk goed zien.

Door uitblijven van additionele mosselbroedval op de twee bestaande banken heeft er zich daar geen bank gevormd bestaande uit meerdere jaarklassen. Het is tot op heden onbekend wat verjonging van een bank betekent voor de biodiversiteit, ruimtelijke structuur, vogel-, krab- en zeesterpredatie, gevoeligheid voor stromen en daarmee bankoverleving. Wanneer gebieden groter dan de nieuw gevormde banken alleen gesloten worden neemt de kans toe dat er een bank ontstaat bestaande uit verschillende jaarklassen. Het wordt aanbevolen de monitoring op dit type bank voort te zetten om de invloed van het sluiten van gebieden op de ontwikkeling, stabiliteit en biodiversiteit aan te tonen.

## **1 Inleiding**

### **1.1 Probleemstelling**

In de Nederlandse kustwateren vindt mosselbroedvisserij en mosselkweek plaats. Deze wateren herbergen echter belangrijke natuurwaarden en de meeste wateren zijn derhalve aangewezen als natuurgebied in het kader van de Natuurbeschermingswet of de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn. Dat verplicht Nederland om er voor te zorgen dat de natuurwaarden in deze gebieden in stand blijven. Mosselbroedvisserij en mosselkweek vinden plaats in het habitattype 'Permanent overstromde zandbanken (getijdengebied)' (H1110\_A). In de Waddenzee verkeert dit type in een matig ongunstige staat van instandhouding. Verbetering van de kwaliteit is vooral mogelijk ten aanzien van bodemfauna en de vorming van biogene structuren met mossels (en de daaraan geassocieerde biodiversiteit). Het is echter niet goed bekend hoe gesloten (i.e. onbeviste) sublitorale mosselbroedbanken zich ontwikkelen in de tijd en welke specifieke natuurwaarden ze herbergen. Deze kennis is van belang voor besluitvorming rondom mosselvisserij en het bepalen van referentiesituaties en vaststellen van streefbeelden bij de ontwikkeling van beheerplannen in het kader van Natura2000.

### **1.2 Achtergrond**

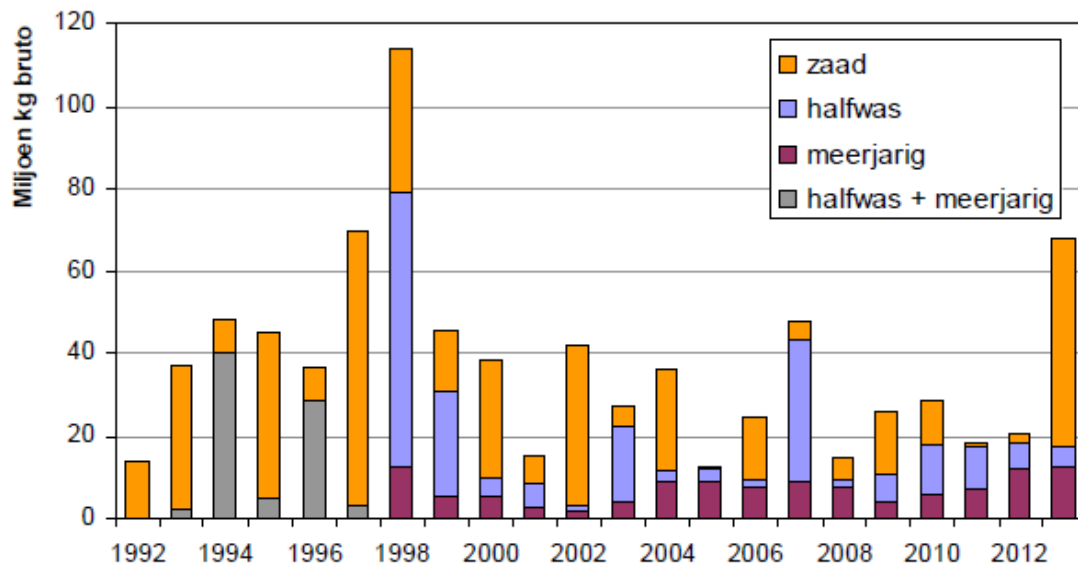
Besluiten rondom de mosselbroedvisserij en mosselkweek leiden tot veel maatschappelijke discussies en politieke aandacht. Het kabinet kiest m.b.t. de toekomst van de mosselbroedvisserij voor de sociaal economische ontwikkeling binnen de randvoorwaarden die de natuurdoelen en -waarden stellen en heeft daartoe voorafgaande aan de ontwikkeling van het beleid inhoudelijke uitgangspunten geformuleerd. Het ambitieniveau van het natuurherstel is het terugwinnen van een rijke zee, aansluiting bij het ontwikkelingsperspectief van de PKB (Planologisch Kernbeslissing) Waddenzee en realisatie van N2000-doelen.

Op 21 oktober 2008 sloten het Ministerie van (destijds) LNV, mosselsector en natuurorganisaties het convenant 'Transitie mosselsector en natuurherstel in de Waddenzee', waarin de partijen overeenkwamen dat zij gezamenlijk zullen toewerken naar een mosselsector die onafhankelijk is van de bodemzaadvisserij in 2020. De uiteindelijke doelstelling is een transitie van de mosselsector en een natuurherstelprogramma met als doel ook in de toekomst een economisch gezonde mosselsector te behouden in een meer natuurlijke Waddenzee. Een belangrijk natuurdoel is daarbij het scheppen van voorwaarden voor het realiseren van een aantal gesloten sublitorale mosselbanken in verschillende stadia van ontwikkeling. Een eerste stap in deze richting werd gezet in het voorjaar van 2009 waarbij de Mosselsector per stap in de transitie afziet van bevissing van 20% van het areaal van de in de Nederlandse Waddenzee aanwezige zaadbanken (Dankers e.a. 2010). In 2013 heeft een evaluatie van de mosseltransitie plaatsgevonden waarbij stapgrootte opgehoogd is naar 40% en vertaald naar voorjaar en najaarsvisserij samen. Daarnaast wordt aansluiting gezocht bij afspraken die gemaakt zijn en worden binnen VISWAD (gebiedsluiting voor garnalenvisserij) waarbij gesloten gebieden gedeeltelijk overlappen (mondelijke mededeling Marnix van Stralen).

De afgelopen jaren is PRODUS (PROject Onderzoek DUurzame Schelpdiercultuur) uitgevoerd; een onderzoek naar de gevolgen van de mosselbroedvisserij en de mosselkweek op de natuurwaarden van mosselbanken onder water. In het onderzoek zijn onderdelen van complete mosselbanken, waarop wel en geen mosselbroed werd gevestigd, met elkaar vergeleken. Omdat veel locaties gelegen waren in zogenaamd instabiele gebieden, verdwenen de mosselen en geassocieerde fauna ook veel uit de niet bevestigde delen van deze banken. Het aantal plekken waar mosselen bleven liggen was klein (slechts 3 van de 36 proefgebieden), maar toonde wel aan dat meerjarige wilde mosselbanken zich kunnen ontwikkelen wanneer visserij achterwege blijft (Smaal e.a. 2013).

In hoeverre de biodiversiteit in meerjarige mosselbanken verder toeneemt, is onbeantwoord gebleven evenals wat mosselbanken bestaande uit verschillende jaarklassen betekenen voor de biodiversiteit.

De voorliggende vraag is dan ook wat er zou gebeuren als delen van de Waddenzee, en met name natuurlijke mosselbanken, écht/in het geheel met rust zouden worden gelaten. In het voorjaar van 2009 is een volledige mosselbank in de Vlieter voor visserij gesloten. In voorjaar 2010 volgde een tweede gebied gesloten ter hoogte van Breezanddijk. In 2013 heeft zeer veel mosselbroedval plaatsgevonden (50.1 Mkg mosselbroed ten opzichte van 2.3 Mkg mosselbroed in 2012, zie ook *Figuur 1*). In 2013 zijn formeel geen additionele gebieden gesloten voor mosselbroedvisserij maar is er een vergunning aangevraagd waar wel gevist mag worden. Twee nieuw gevormde mosselbroedbanken, Javaruggen en het Molenrak, werden hierdoor niet bevestigd en zijn daarom in 2013 toegevoegd aan het monitorprogramma. Beide banken zijn dus in 2013 niet bevestigd voor mosselbroed maar zijn niet officieel gesloten. Garnalenvisserij is dan ook toegestaan op beide locaties.



*Figuur 1. Het mosselbestand en de samenstelling daarvan in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in het voorjaar sinds 1992. Het betreft hier bruto hoeveelheden en inclusief 20% groei van het aanwezige mosselbroed tussen de survey en de aanvang van de zaadvisperiode in mei. Bron: van Stralen, ea 2013.*

### 1.3 Doelstelling

Het doel van de opdracht is om door middel van meerjarige monitoring inzicht te genereren in de ontwikkeling van enkele gesloten sublitorale mosselbanken in diverse stadia van wasdom en de daarmee geassocieerde biodiversiteit (successie). De mosselbanken worden gezien als kwaliteitskenmerk in habitattypen 1110\_A. Omdat het project liep van 2009 tot 2013 kan alleen gesproken worden over de korte termijn ontwikkeling van de mosselbanken in het onderzoek.



## 2 Kennisvraag

De kennisvraag in dit onderzoek luidt: Hoe ontwikkelen (voor visserij) gesloten mosselbanken zich in diverse stadia van wasdom en wat is daarmee de geassocieerde biodiversiteit? Het onderzoek zal minimaal de daarin gevraagde aspecten bevatten. Voor elk van de gesloten gebieden gelden de volgende vragen:

1. Hoe is de ontwikkeling van de mosselbank wanneer er geen bodemberoerende activiteiten plaatsvinden? Kijk hiervoor naar parameters leeftijdsklassen van mosselen en aanwas als gevolg van nieuwe zaadval.
2. Hoe is de ontwikkeling van de geassocieerde biodiversiteit (flora en fauna)? Maak hierbij onderscheid tussen:
  - a. aan mosselen vastgehechte soorten (pokken, anemonen, zakpijpen, wieren etc.)
  - b. de niet aan mosselen vastgehechte fauna (krabben, zeesterren, garnalen, bewoners van slikkige bodem etc.)
  - c. vogels
3. Hoe is de ontwikkeling van andere soorten (andere dan mosselen en geassocieerde biodiversiteit) in het gesloten gebied?

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Kennisbasis Onderzoek, Beleidsondersteunend onderzoek, Wettelijke onderzoekstaken in het kader van EZ-programma's. Voor het vogelonderzoek is aansluiting gezocht bij BO onderzoek BO11-011-02.003.

### **3 Locaties**

Het sluiten van de gebieden komt voort uit het Beleidsbesluit Schelpdiervisserij en het Mosselconvenant. In het voorjaar van 2009 is een eerste mosselbank gesloten in gebied de Vlieter nabij de Afsluitdijk. Het voor mosselvisserij gesloten gebied grenst aan mosselpercelen en is circa 500 ha groot, met daarbinnen 140 ha zaadbanken/bankjes. Binnen dit gebied is 140 ha gesloten voor de garnalervisserij. In voorjaar 2010 is een tweede gebied van 216 ha gesloten ter hoogte van Breezanddijk, met daarbinnen 70 ha aan zaadbanken en waarbij 88 ha van het gebied gesloten is voor de garnalervisserij.

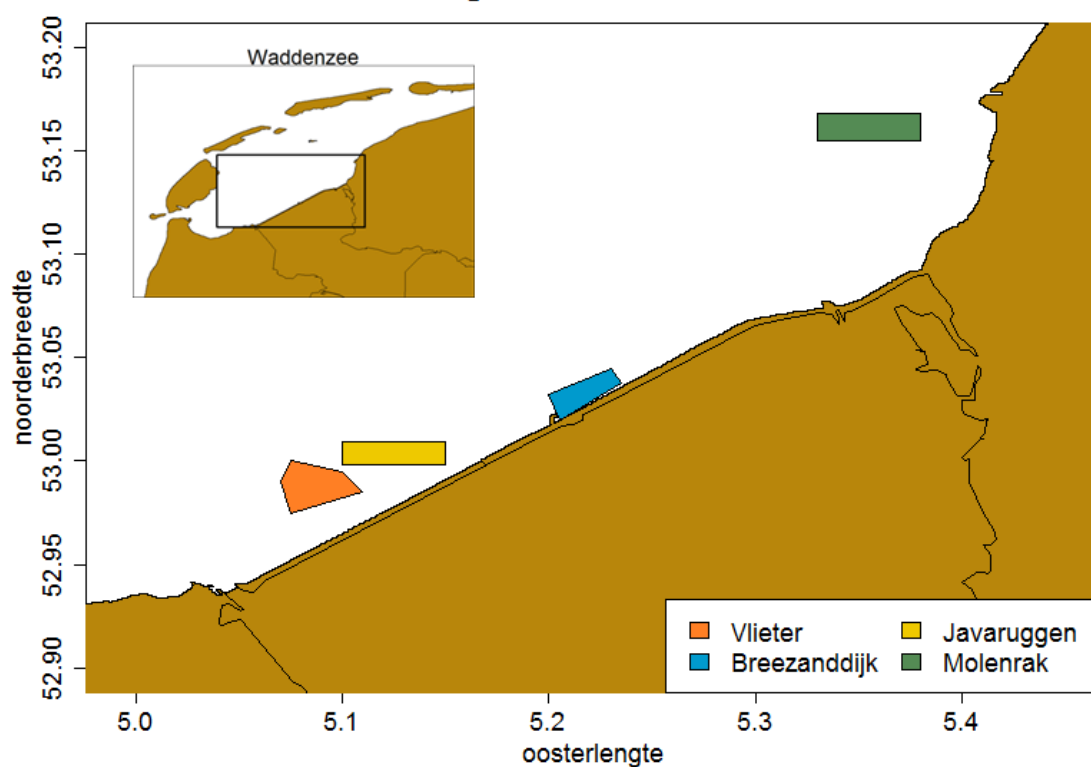
In 2011 en in 2012 zijn geen nieuwe zaadbanken in de Waddenzee ontstaan, ook niet in de reeds gesloten gebieden, zie Figuur 1. Er is in het voorjaar van 2011 en 2012 dus ook geen nieuw gebied gesloten.

In 2013 was er wel een erg goede mosselbroedval. Er zijn formeel geen additionele gebieden gesloten voor mosselbroedvisserij maar is er een vergunning aangevraagd waar wel gevist mag worden. Twee nieuw gevormde mosselbroedbanken, Javaruggen en het Molenrak, bleven hierdoor gevrijwaard voor mosselbroedvisserij en zijn om die reden in 2013 toegevoegd aan het monitorprogramma. Beide banken zijn dus in 2013 niet bevestigd voor mosselbroed maar zijn niet officieel gesloten, garnalervisserij is dan ook toegestaan op beide locaties.

In een studie uitgevoerd binnen PRODUS blijkt dat in de Westelijke Waddenzee in het Molenrak het meest frequent, namelijk 7 tot 10 keer in de periode 1992 – 2013, mosselbroed aangetroffen werd (Smaal e.a. 2014). Het gebied bij Breezanddijk werd 3 tot 4 keer, en de gebieden bij Javaruggen en Vlieter 1 tot 3 keer mosselbroed aangetroffen in dezelfde periode. Zowel het gebied Breezanddijk, Javaruggen als Molenrak zijn in de (opvolgende) jaren voorafgaand aan dit onderzoek bevestigd in het kader van mosselbroedvisserij (Fey e.a. 2008). Ook bij de Vlieter is op mosselbroed gevist maar minder frequent dan in de andere gebieden.

In Figuur 2 worden de locaties van de mosselbanken opgenomen in het monitorprogramma weergegeven.

## Locatie gesloten mosselbanken



Figuur 2. De ligging van de gesloten gebieden Vlieter, Javaruggen, Breezanddijk en Molenrak in de Waddenzee.

## 4 Methoden

### 4.1 Algemeen

De specifiek op mosselen gerichte onderzoeken beperken zich tot het met mosselen bedekte deel dat gesloten is voor bodemberoerende visserij. Het onderzoek naar de ontwikkeling van de gesloten gebieden is op verschillende schaalniveaus uitgevoerd. Door bezuiniging op het monitorprogramma is er anders dan voorgaande jaren in 2013 geen side scan sonar uitgevoerd. Tabel 1 geeft een overzicht van de onderzoeksdoelen en de daarvoor ingezette technieken in 2013. In de onderstaande paragrafen worden deze technieken nader beschreven.

Tabel 1. Een overzicht van de gebruikte methoden.

Onderzoeksdoel	Techniek
Structuurbepaling van het met mosselen bedekte gebied	Onderwater video
Bepaling ontwikkeling mosselpopulatie	Zuigkor & onderwater video
Bepaling predatiedruk invertebraten (krabben en zeesterren)	Zuigkor
Bepaling predatiedruk duikeenden+ foerageergedrag overige avifauna	Vogeltellingen
Bepaling biodiversiteit grotere benthossoorten (bodemdieren), >5mm	Zuigkor
Biodiversiteit kleiner benthos, >1mm	Boxcorer

### 4.2 Onderwater video

In 2013 is er een nieuw camerasysteem gebruikt. Het systeem bestaat uit twee hoge resolutie camera's die onder een hoek staan waardoor het bemonsterd oppervlak onafhankelijk van de positie tot de waterbodem vastgesteld kan worden. Daarnaast is het mogelijk de lengte van soorten/structuren te bepalen.

Videobeelden zijn gemaakt aan boord van het schip TX63 – "Verwachting". Dit schip beschikt over een verrijdbare kraan en spudpalen. Met behulp van de spudpalen kan het schip nauwkeurig en stabiel op monsterplaatsen vastgezet worden. Op deze manier ondervindt het camerasysteem relatief weinig hinder van deining en stroming. Het camerasysteem wordt met de kraan tot vlak boven de bodem neergelaten waarna de kraan langzaam naar het achterdek rijdt. Hierdoor wordt een trek met een lengte van 15 meter gemaakt. De beelden worden opgenomen op de harde schijf van een veldcomputer waarop ook direct de beelden te zien zijn. Hierdoor kan, indien nodig, het camerasysteem tijdens het opnemen van een trek omhoog of omlaag bijgesteld worden.



*Figuur 3. Het camerasysteem gaat te water met behulp van een kraan.*

Het aantal locaties waar de video is ingezet verschilt per gebied. Zo liggen er bij de Vlieter 12 videolocaties, bij Breezanddijk 11 en bij Javaruggen en Molenrak ieder 10. Op iedere locatie worden in ieder geval 30 unieke beelden random geselecteerd en geanalyseerd. Voor elke individuele foto wordt het bedekkingspercentage mosselen geschat om zo tot een gemiddelde bedekking per monsterlocatie te komen. Afhankelijk van de beeldkwaliteit kan aanwezigheid van zeesterren, krabben of anemonen geregistreerd worden.

Uit kostenoverwegingen is de frequentie van videomonitoring afgenomen van 4 x per jaar in 2009 tot 2x per jaar in 2013. Elke bank is vanaf zijn ontstaan tot en met 2013 bemonsterd.

#### **4.3 Zuigkor**

De zuigkor is een hydraulische guts waarmee de wat grotere benthosoorten bemonsterd worden. De guts bemonstert een spoor van 20 cm breed en 8 cm diep. De standaard tracklengte bedraagt 150 meter, wat resulteert in een bemonsterd oppervlak van 30 m<sup>2</sup>. De monsters zijn aan boord van het schip gezeefd over 5 mm (waardoor kleinere benthosoorten worden gemist) en verwerkt. Kokkels en mossels zijn onderverdeeld in leeftijdsklassen. Per leeftijdsklasse is het aantal individuen per monster geteld en het totale aantal gewogen (versgewicht). Nonnetjes zijn in grootteklassen ingedeeld, terwijl voor andere schelpdieren alleen onderscheid is gemaakt tussen broed (eenjarige) en meerjarige dieren. Naast schelpdieren is alle overige fauna (bodemdieren en benthische vissen) op soort gebracht en geteld.

Afhankelijk van de grootte en ligging van de bank en de aanwezigheid van mosselen in een monster kan het aantal monsters genomen met de zuigkor verschillen. Hierdoor kunnen er van jaar tot jaar enige verschillen optreden in het aantal zuigkortreks. In de basis zijn er bij de Vlieter vier tracks genomen, op zowel de bank bij Breezanddijk en de bank bij Molenrak acht en bij Javaruggen tien. De mossel(zaad)banken zijn tweejaarlijks in zowel het voorjaar (in de regel juni) als najaar (in de regel september) bemonsterd vanaf het moment van ontstaan.

#### **4.4 Boxcorer**

De boxcorer wordt gebruikt voor bemonstering van de wat kleinere benthosoorten (>1 mm). De boxcorer bestaat uit een frame met daarin een rechthoekige pot (met een afmeting van 20 x 30 cm). De boxcorer wordt overboord gezet en tot op de bodem neergelaten. Op dat moment zorgt een automatisch mechanisme ervoor dat de pot vrijkomt welke met behulp van gewichten de zeebodem ingedrukt wordt. Tijdens het ophalen wordt er een mes met afsluitklep onder de pot geplaatst waarna het frame aan dek gehesen wordt.

Aan dek worden uit iedere pot twee steekbuizen (met een diameter van 10 cm ieder) genomen en samengevoegd op een 1 mm zeef. Het overgebleven materiaal is samengevoegd op een 5 mm zeef. Aan boord zijn de monsters gespoeld en voorzichtig gezeefd. Beide fracties zijn geconserveerd op 6% formaldehyde oplossing en naar het laboratorium getransporteerd.

In het laboratorium zijn de steekbuismonsters (fractie gezeefd over 1 mm) gekleurd met bengaal roze, waarna alle epi- en infauna is gescheiden van schelp-, plant-, kiezel- en veendeeltjes. Alle individuele organismen zijn vervolgens met behulp van een binoculair op soort gebracht en geteld. Schelpdieren en krabben zijn hiernaast individueel opgemeten, van de krabben is ook de sekse bepaald. Van de overige soorten zijn natgewichten bepaald. Het grove monster (fractie van 5 mm) is uitgezocht op aanwezigheid van schelpdieren, zeesterren, krabben en anemonen. Deze zijn op soort gebracht en geteld.

Op iedere zaadbank zijn, sinds het ontstaan, jaarlijks in het najaar (in de regel in september) 24 boxcoremonsters genomen. In 2013 was de bodem cohesie dermate zwak bij de Vlieter dat het frame van de boxcorer door de bodem zakte en géén enkele goed gekeurde boxcoremonster genomen kon worden. Dit gaf ook problemen bij Breezanddijk waardoor slechts 12 van de beoogde 24 monsters succesvol genomen konden worden. Op de bank bij Molenrak en Javaruggen was het wel mogelijk 24 monsters te nemen in 2013. De 24 boxcorermonsters genomen bij de Vlieter en Breezanddijk zijn verdeeld over 2 vakken met daarin steeds 12 boxcorers, analoog aan de PRODUS aanpak. De 24 boxcorermonsters genomen bij Javaruggen en Molenrak zijn ruimtelijke verdeeld over de mosselbank.

#### **4.5 Vogeltellingen**

Vogeltellingen op de nieuw ontstane banken bij Javaruggen en Molenrak zijn uitgevoerd vanuit onderzoeksschepen. Vogels op de bestaande bank bij Breezanddijk zijn vanaf de Afsluitdijk geteld. In 2013 zijn geen tellingen op de Vlieter uitgevoerd.

De vogeltellingen op de mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak zijn uitgevoerd vanaf resp. de Phoca en de Stormvogel van het ministerie van Economische zaken. Voor het tellen van de vogels is gevaren op vooraf vastgelegde raaien met een vaste snelheid van 10 km/uur. Middels een GPS wordt de gevaren trek en de exacte tijd vastgelegd. Vogeltellingen zijn uitgevoerd op basis van een aangepaste ESAS methode. Hierbij wordt aan beide zijden van het vaartuig een strookbreedte van 200 m afgezocht op aanwezigheid van vogels. Tevens worden schattingen uitgevoerd op welke afstand een individuele vogel of vogelgroep zich bevindt. Door achteraf een koppeling te maken met de GPS-track kan de positie van de aanwezige individuele vogels en vogelgroepen bepaald worden en (indien wenselijk) worden geplot op een kaart van het gebied

Vogeltellingen op de mosselbank bij Breezanddijk zijn uitgevoerd vanaf de Afsluitdijk. Op de Afsluitdijk zijn 3 telpunten gepositioneerd op een onderlinge afstand van 700 m. Voor de vogelregistratie is gebruikgemaakt van een speciale verrekijker met een 7 x 50 vergroting op statief. De verrekijker heeft naast een ingebouwd kompas en een horizontale schaalverdeling in het beeld.

Met behulp hiervan kan bij een bekende hoogte van de waarnemer de hoek met de horizon worden bepaald en ook de afstand tot de waargenomen vogels. Hieruit kan worden afgeleid of een individuele vogel of een groep vogels in of buiten het gebied aanwezig was. Uit een eventuele vervolgberekening kan daarmee ook een stippenpatroon van de verspreiding van de vogels binnen het telgebied worden geconstrueerd.

Omdat het belangrijkste seizoen voor de duikeenden in de maanden november t/m februari ligt, zijn voor zover de weersomstandigheden dat toelieten, in die periode om de 14 dagen tellingen uitgevoerd. De teldata en de omstandigheden tijdens de tellingen in 2013 zijn weergegeven in Bijlage E. De vogeltellingen zijn uitgevoerd door Natuurwerk Texel.

## **4.6 Data analyse benthos >1mm (boxcorer)**

### *4.6.1 Voorbereiding*

Individuele die niet tot soort konden worden geïdentificeerd, maar tot op het niveau van genus of familie zijn gedetermineerd, zijn voorbereid (samengevoegd dan wel niet meegenomen in de analyse) voorafgaand aan een verdere data-analyse. Voornamelijk juveniele individuen of soorten in een larvestadium kunnen vaak niet volledig op naam gebracht worden omdat soort specifieke kenmerken nog niet volledig ontwikkeld zijn.

Voor de berekening van de totale soortendichtheid (individuele per m<sup>2</sup>) zijn juveniele soorten over het algemeen meegenomen. Een uitzondering hierop zijn bijvoorbeeld larven van de orde Decapoda, die tienpotige (o.m. krabben) die niet meegenomen zijn. Larven van deze soort bevinden zich in de waterkolom. De bemonsteringsefficiëntie van de boxcorer is hiervoor laag, waardoor gemeten dichtheden niet representatief zijn.

In de berekening van soortenrijkdom, diversiteit en evenness zijn juveniele soorten uitgesloten welke niet volledig op naam gebracht konden worden en waarvan wel soorten van dezelfde genus aangetroffen zijn in de dataset. Vanaf 2012 zijn bryozoa (mosdiertjes), hydrozoa (hydroïdpolypen) en anthozoa (bloemdieren) op soort gebracht, terwijl dit niet gebeurd is in 2009, 2010 en 2011. Om een vergelijking met voorgaande jaren mogelijk te maken zijn deze groepen samengenomen tot bryozoa-, hydrozoa- en anthozoa species.

### *4.6.2 Abundantie*

De totale abundantie (i.e. aantal individuen) is berekend door het totaal aantal individuen dat aangetroffen is in het monster te delen door het bemonsterd oppervlak (0.0157 m<sup>2</sup>). In dit rapport zijn aantallen weergegeven als het gemiddeld aantal soorten per vierkante meter.

### *4.6.3 Diversiteit en evenness*

De diversiteit is berekend volgens Shannon-Wiener Index zoals weergegeven in vergelijking 1 (Shannon, 1948). Deze index meet de orde/wanorde in een monster rekening houdend met zowel de evenness (i.e. de (on)gelijke verdeling van de individuen over de soorten) als het aantal soorten.

De index neemt toe met een toename in het aantal soorten, maar ook met een hogere evenness.

$$H = -\sum P_i(\ln P_i) \quad \text{Vergelijking 1.}$$

H = Soortendiversiteit

$P_i$  = Aandeel van soorten ten opzichte van het totaal aantal soorten

De evenness is berekend met de Pielou's evenness zoals weergegeven in vergelijking 2 (Pielou, 1975). Dit is een maat voor hoe (on)gelijk de individuen verdeeld zijn over de verschillende soorten. Wanneer evenness een waarde heeft van 1 zijn alle individuen gelijk verdeeld over de soorten. De evenness index neemt af met een toenemende mate van ongelijkheid.

$$E = \frac{H}{\ln(S)} \quad \text{Vergelijking 2.}$$

E = Evenness

H = Soorten diversiteit

S = Aantal soorten

Zowel de diversiteit als de evenness zijn berekend in het programma R. Hierbij is gebruik gemaakt van functies beschikbaar binnen in het 'Vegan' pakket (Oksanen et al. 2013).

#### 4.6.4 Soortenrijkdom

Soortenrijkdom is op twee manieren bekeken; (1) het aantal verschillende soorten dat aangetroffen is in de individuele monsters en (2) het aantal verschillende soorten dat aangetroffen is in alle monsters genomen in de Vlieter en Breezanddijk waarbij wel onderscheid gemaakt is in het bemonsteringsjaar.

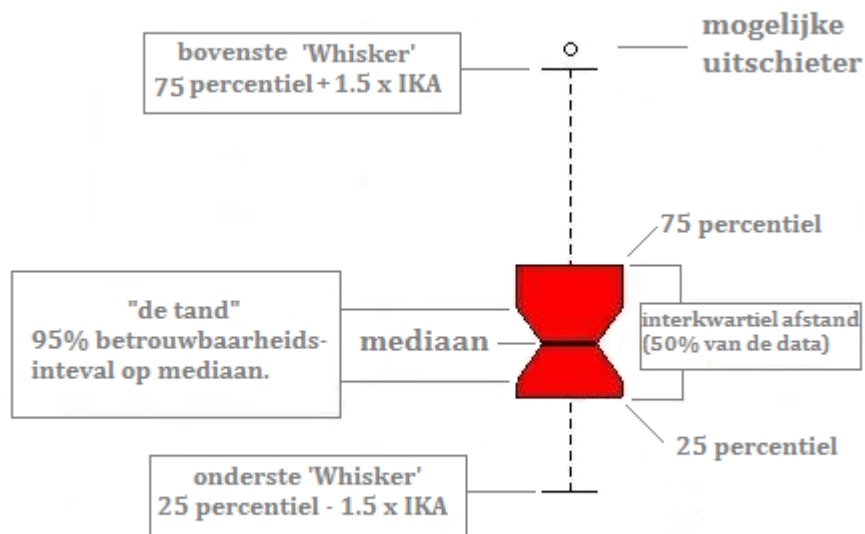
Het waargenomen aantal soorten zal altijd een onderschatting zijn van de complete soortenrijkdom op een willekeurige locatie, omdat met name zeldzame soorten een grote kans hebben te worden gemist in individuele monsters. Met een grotere inspanning (i.e. het nemen van meer monsters) zullen meer soorten worden 'ontdekt' waarmee de waargenomen soortenrijkdom toeneemt.

Om inzicht te verkrijgen in de relatie tussen inspanning (i.e. monsternummer) en soortenrijkdom is er een zogenaamde 'species accumulation curve' gemaakt. In deze grafiek is de accumulatie van soorten uitgezet tegen het monsternummer. Berekeningen zijn uitgevoerd in het programma R, waarbij ook hier gebruik is gemaakt van beschikbare functies in het 'Vegan' pakket.

#### 4.6.5 Variatie

De variatie tussen de monsters is gevisualiseerd met barplots en (getande)boxplots. De box in de boxplot laat de interkwartielafstand (IKA) zien en loopt van de 25- tot de 75 percentiel en bevat 50% van de waarnemingen. Met de dik afgedrukte horizontale lijn wordt de mediaan weergegeven. De afstand van de beide 'whiskers' van de box zijn bepaald door de laatste waarde die binnen 1.5 keer de IKA valt. Mogelijke uitschieters (gemarkeerd door open cirkels) liggen hierbuiten, zie Figuur 4.





Figuur 4. Weergaven van de verschillende parameters in een "getande" boxplot.

Met de 'tand' wordt de 95% betrouwbaarheidsinterval rond de mediane waarde weergegeven. De berekening hiervan is gebaseerd op Chambers, 1983, zie vergelijking 3. Hoewel dit geen officiële statistische toets is, is de kans groot dat als de tanden van twee boxen elkaar niet overlappen de mediane waarden significant verschillen.

$$M \pm 1.57 \times \frac{IQA}{\sqrt{n}} \quad \text{Vergelijking 3.}$$

- M = mediane waarde
- IQA = Interkwartielafstand
- n = aantal observaties

#### 4.6.6 Cluster analyse

Een clusteranalyse is uitgevoerd om te onderzoeken of en hoe stations groeperen op basis van gelijkenis in zowel aanwezige soorten als soortdichtheden. Een 'Bray Curtis dissimilarity matrix' (vergelijking 4) is berekend aan de hand van soortdichtheid data. Afhankelijk van de soortendichtheden is een wortel- of logtransformatie toegepast om zo de nadruk/dominerend effect van de soorten met hoge dichtheden te verminderen. Alleen soorten die in meer dan 5% van de monsters voorkomen zijn meegenomen in deze analyse.

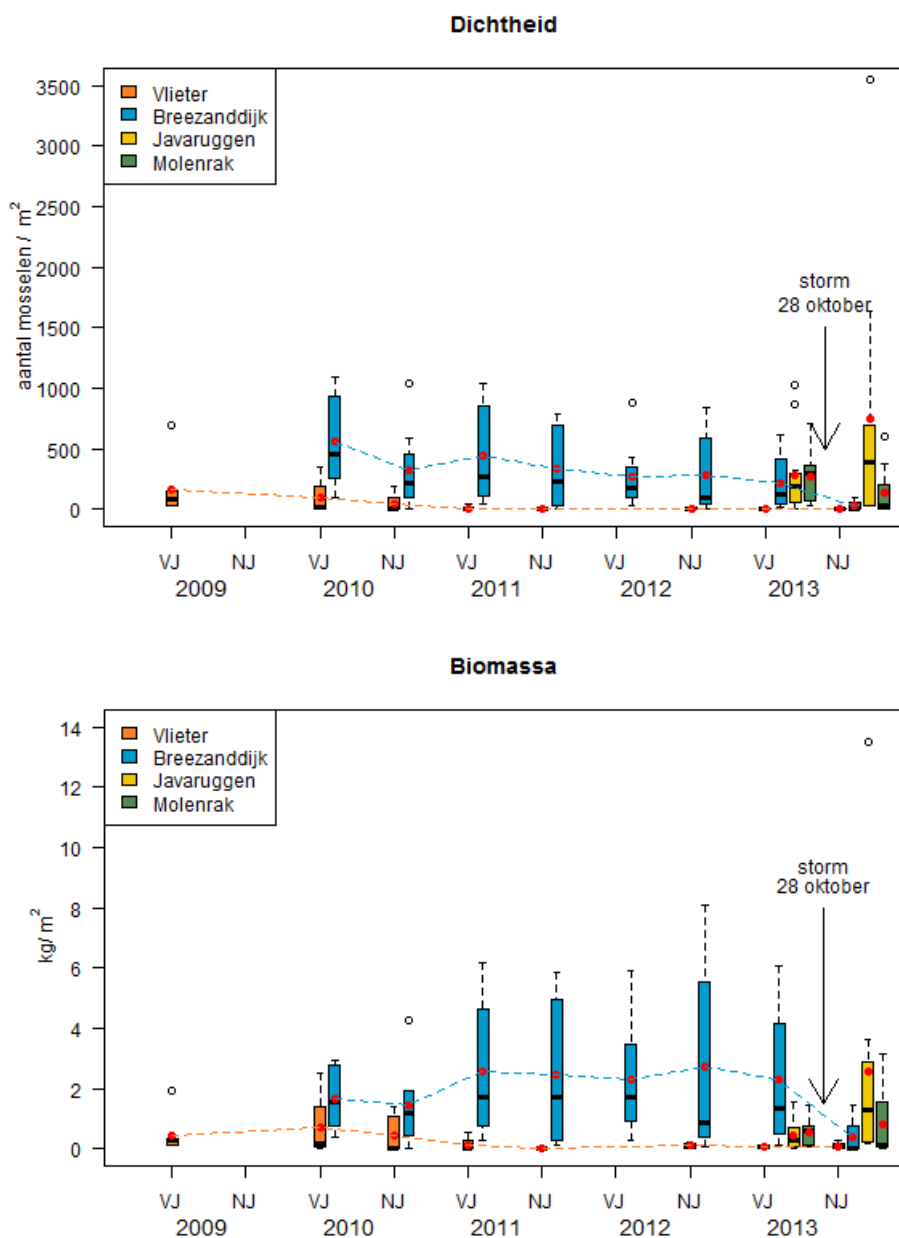
$$BC\_dis = \frac{\sum_{j=1}^J |n_{ij} - n_{i'j}|}{n_{i+} + n_{i'+}} \quad \text{Vergelijking 4.}$$

Het resultaat van de clusteranalyse is gevisualiseerd in nMDS plots. Hierin worden stations met onderling grote gelijkenis dicht bij elkaar afgebeeld, stations die sterker van elkaar verschillen worden op grotere afstand van elkaar geplot. Berekeningen zijn uitgevoerd in de R omgeving met functies beschikbaar binnen het 'vegan' pakket (Oksanen *et al.*, 2013).

## 5 Resultaten

### 5.1 Ontwikkeling mosselpopulatie

De ontwikkeling van de mosselpopulatie in de gebieden de Vlieter, Breezanddijk, Javaruggen en Molenrak sinds het ontstaan van de bank is weergegeven in Figuur 5.



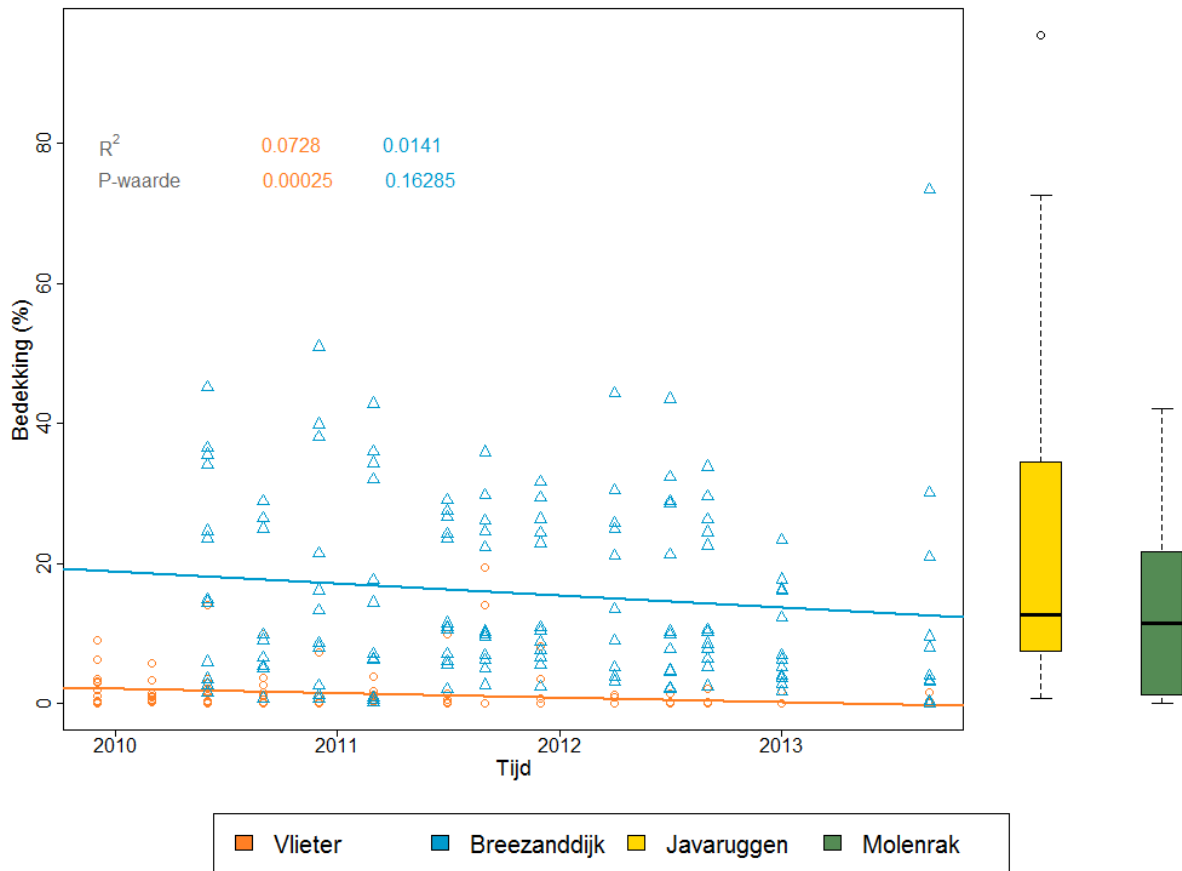
Figuur 5. Ontwikkeling van de mosselpopulatie op de mosselbanken in de Vlieter, Breezanddijk, Javaruggen en Molenrak sinds het ontstaan van de bank zoals gemeten met de zuigkorbemonsteringen. Boven, mosseldichtheid, onder mosselbiomassa zoals gemeten met de zuigkor. Met de rode punten worden de gemiddelde dichtheid/biomassa weergegeven.

Op de mosselbank bij de Vlieter, die in 2011 verdween met intensieve zeesterpredatie als meest waarschijnlijke oorzaak, heeft geen nieuwe zaadval plaatsgevonden. Het enige wat rest zijn enkele lossen plekken met mosselen, zie Figuur 5 en Figuur 7. Hoewel de mosseldichtheid op de bank bij Breezanddijk in de periode 2010 tot en met voorjaar 2013 afnam, nam de mosselbiomassa toe in diezelfde periode. De najaarsstorm van oktober 2013 lijkt zijn sporen op de meerjarige bank bij Breezanddijk nagelaten te hebben. De gemiddelde mosselbiomassa nam tussen het voor- en najaar af van 2,3 kg/m<sup>2</sup> tot 0.38 kg/m<sup>2</sup>, een afname van ongeveer 84%. Ook de mosseldichtheid nam in die periode met 88% af.

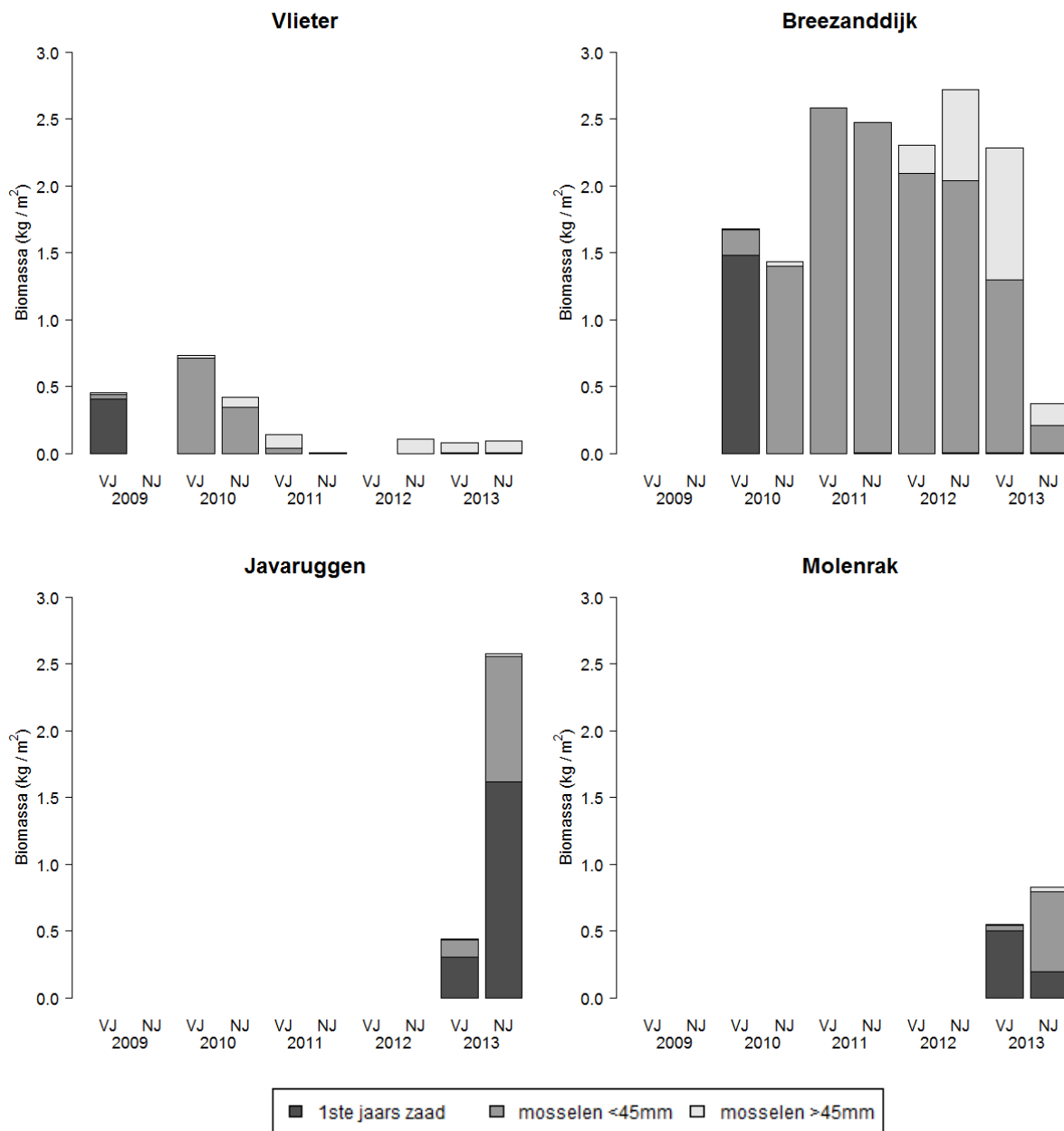
De nieuw ontstane bank bij Javaruggen lijkt minder last gehad te hebben van de storm, de gemiddelde biomassa nam met een factor 5.6 toe tussen het voor- en najaar van 2013. De nieuw ontstane mosselbank bij Molenrak laat ook een toename in biomassa zien, maar deze is minder spectaculair, een factor 1.5. De relatief ondiepe ligging van de bank bij Molenrak (ongeveer 1 meter ten opzichte van bijna 3 meter bij Javaruggen) is er mogelijk de oorzaak van dat de bank bij Molenrak meer hinder ondervindt van stormslag dan de bank bij Javaruggen.

De bovenstaande gegevens uit de zuigkorbemonsteringen worden bevestigd door de videobeelden die met de onderwatercamera zijn gemaakt. In Figuur 6 wordt de procentuele mosselbedekking weergegeven zoals deze gemeten is met de videobemonsteringen in de periode 2009 – 2013. De bedekking op Vlieter is significant afgenomen. Op de bank bij Breezanddijk is grote variatie te zien in bedekkingspercentage op locaties, variërend van 0 en 80% bedekking. De gemiddelde bedekking blijft gelijk ( $p= 0.16$ ) en ligt rond de 15%. De bedekking van de mosselbroedbank bij Molenrak en Javaruggen zijn vergelijkbaar met die van de zaadbank in Breezanddijk in 2010 ( $p>0.05$ ). De gemiddelde bedekking bij Javaruggen ligt wel hoger dan bij Molenrak, respectievelijk 27 en 14% (gemiddelde bedekking zaadbank Breezanddijk in 2010 was 20%).

### Bodembedekking mosselen



Figuur 6. Gemiddelde mosselbedekking in % voor de bank op de Vlieter (boven) en bij Breezanddijk (onder) gemeten met de videocamera. Met de rode errorbars wordt  $\pm 1 \times$  de standaardafwijking weergegeven.

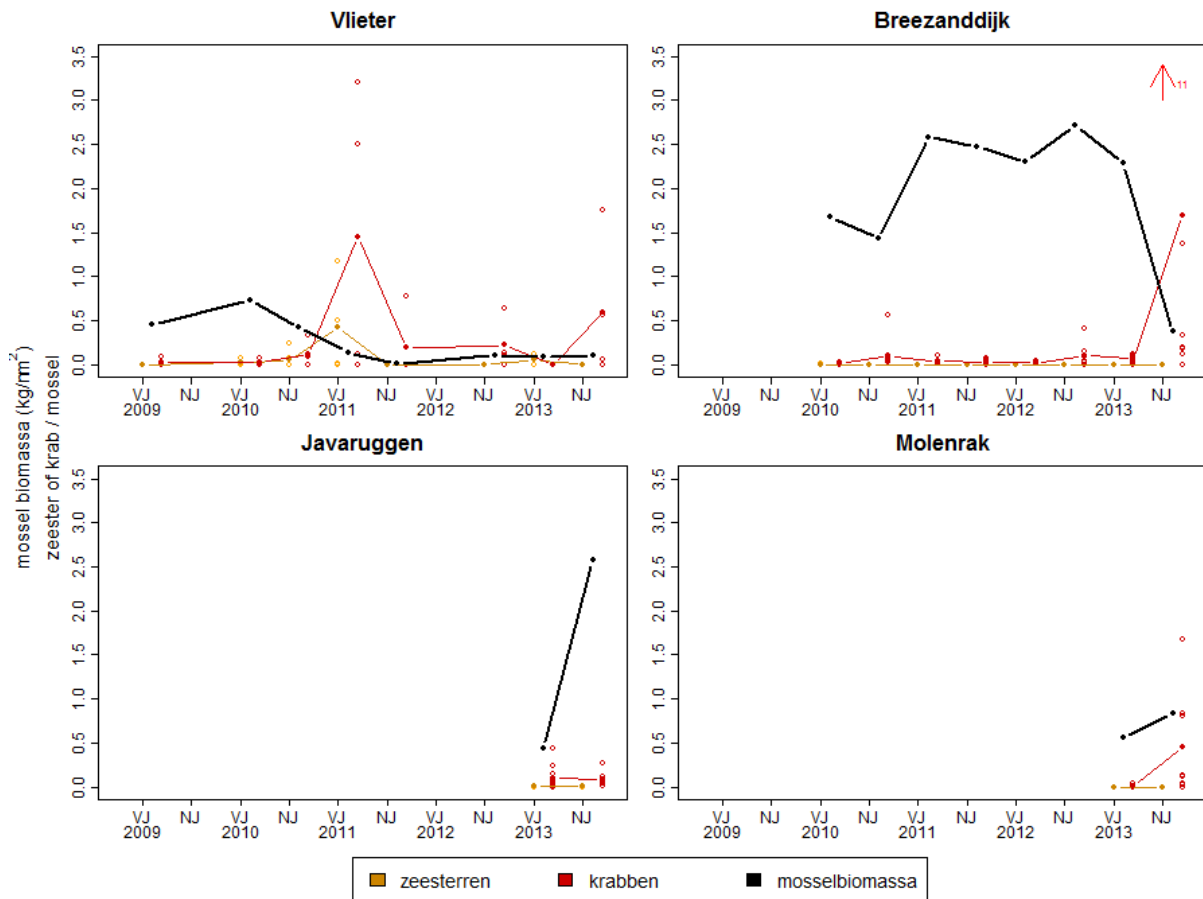


*Figuur 7. Trend in gemiddelde mosselpopulatiesamenstelling voor de mosselbank gelegen bij de Vlieter, Breezanddijk, Javaruggen en Molenrak gemeten zuigkor.*

Op de verdwenen bank bij Vlieter liggen uitsluitend nog enkele lossen plekken met volgroeide meerjarige mosselen (>45mm), zie Figuur 7. Er is geen nieuw mosselbroed afgezet in 2013 op de Vlieter. Het aandeel volgroeide meerjarige mosselen (>45mm) neemt verder toe in 2013 op de bank bij Breezanddijk. Ook daar heeft geen nieuw mosselbroed plaatsgevonden. De mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak ontwikkelen zich over de zomer naar banken bestaand uit juveniele mosselen met een lengte <45mm, zie Figuur 7.

## 5.2 Predatiedruk door krabben en zeesterren

Met de zuigkor bemonsteringen zijn dichtheden van de mosselpredatoren zeesterren (*Asterias rubens*) en krabben (*Carcinus maenas* + *Hemigrapsus* spp.) bepaald. In Figuur 8 is de predatiedruk (zeesterren/krabben per mossel) weergegeven per bank. In dezelfde grafieken zijn de gemiddelde mosselbiomassa weergegeven.



Figuur 8. Predatiedruk uitgeoefend door zeesterren en krabben voor de mosselbanken bij de Vlieter, Breezanddijk, Javaruggen en Molenrak. Met de zwarte lijnen worden de gemiddelde mosselbiomassa weergegeven in  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

De gemiddelde predatiedruk van zeesterren komt voor de banken bij Breezanddijk, Javaruggen en Molenrak niet boven 0.002 zeester per mossel uit (anders gezegd, ieder zeester heeft beschikking over >500 mosselen), zie Figuur 8. Uitzondering vormt de bank bij de Vlieter waar een hogere zeesterpredatiedruk gemeten wordt. De gemiddelde zeesterpredatiedruk was in het voorjaar van 2011 het hoogst met 0.422 zeester per mossel. Mosselconsumptie door zeesterren wordt dan ook als een belangrijke oorzaak gezien voor het verdwijnen van de bank bij Vlieter.

Daarnaast is te zien dat de predatiedruk uitgeoefend door krabben op de mosselen bij de Vlieter vergeleken met die op de andere banken relatief hoog is met gemiddeld 0.33 krab per mossel over de periode 2009 – 2013. Bij Breezanddijk is de predatiedruk door krabben over het algemeen laag (<0.1 krab per mosselen) maar, door het verdwijnen van mosselen in het najaar van 2013, is deze sterk toegenomen naar gemiddeld 1.7 krab per mossel.

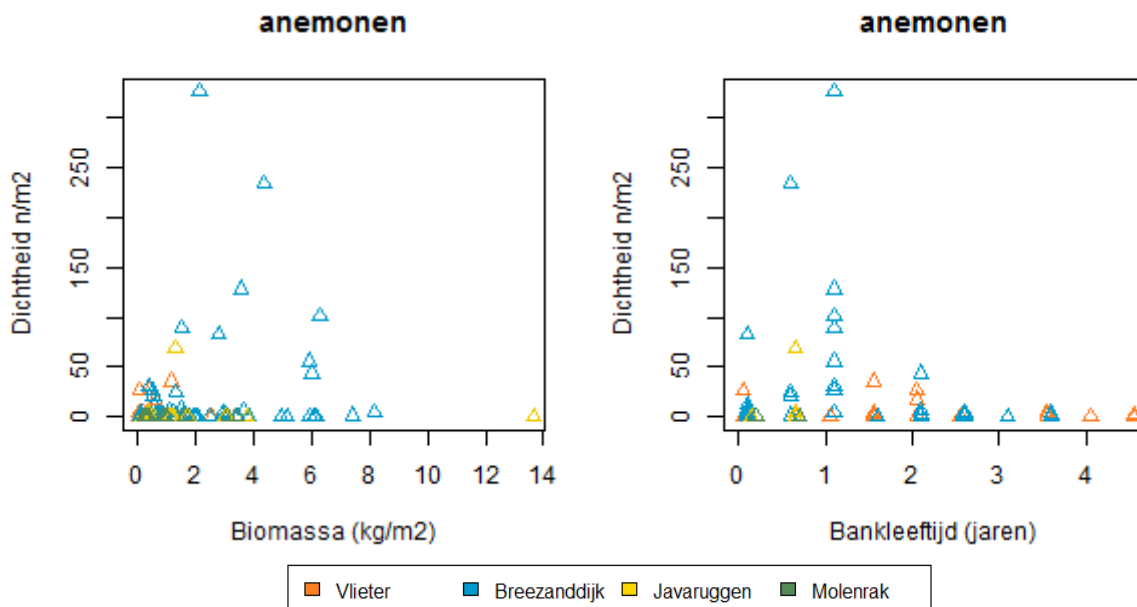
Het is de vraag in hoeverre de meerjarige mosselen >45mm bij Breezanddijk last ondervinden van krabpredatie. De hoge predatiedruk uitgeoefend door krabben bij de mosselbroedbank in Molenrak, met gemiddeld 0.45 krab per mossel, zal mogelijk eerder een bedreiging vormen voor het voortbestaan van de bank omdat het hier juveniele/zaadmosselen betreft.

### 5.3 Geassocieerde macrofauna

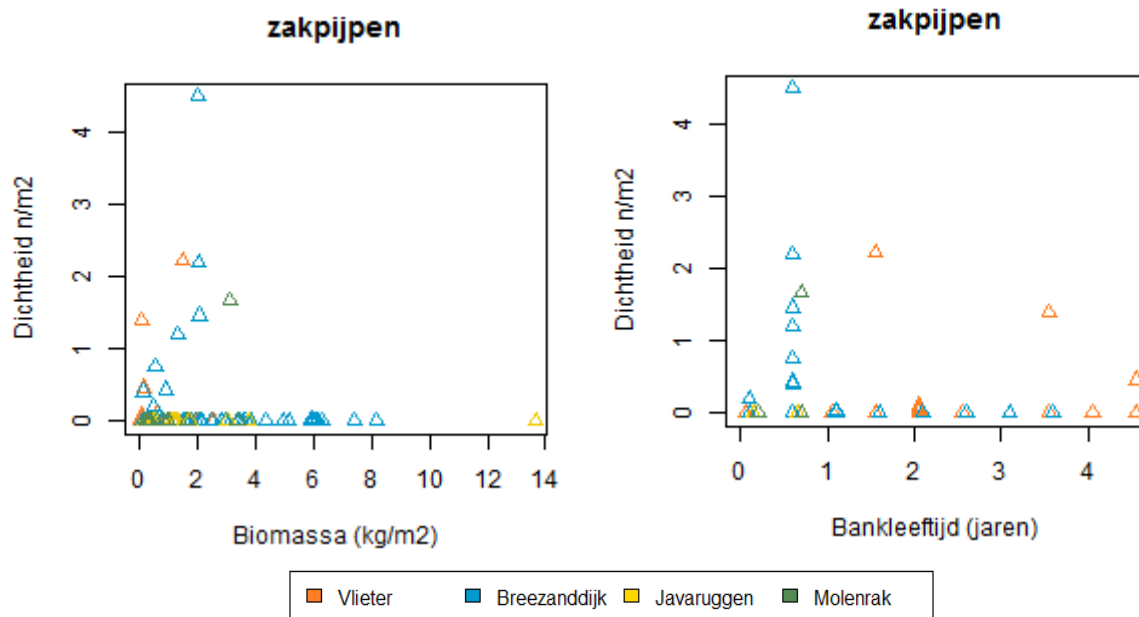
Om vast te stellen hoe de benthosgemeenschap reageert op de aanwezigheid en ontwikkeling van mosselbanken is gekeken naar sessiele epifauna soorten welke o.a. mosselen als hard substraat gebruiken. Hiervoor is gekeken naar anemonen, zakpijpen en muiltje zoals bemonsterd met de zuigkor (uitgebreide soortenlijsten zijn weergegeven in Bijlage A). Ook is gekeken naar de ontwikkeling in kokkel, nonnetje en strandgaper dichtheden, soorten die zich niet vasthechten aan schelpen maar geassocieerd zijn met zandig/slikkig zeebodem.

Naast de ontwikkeling van deze soorten is ook gekeken hoe biodiversiteitsindices (soortenrijkdom -, diversiteit - Shannon-Wiener en evenness - Pielou's) zich ontwikkelen. Deze indices zijn berekend aan de hand van fijn macrofauna (>1mm), en gaat dus uit van data verzameld met de boxcorer (uitgebreide soortenlijsten te vinden in Bijlage B).

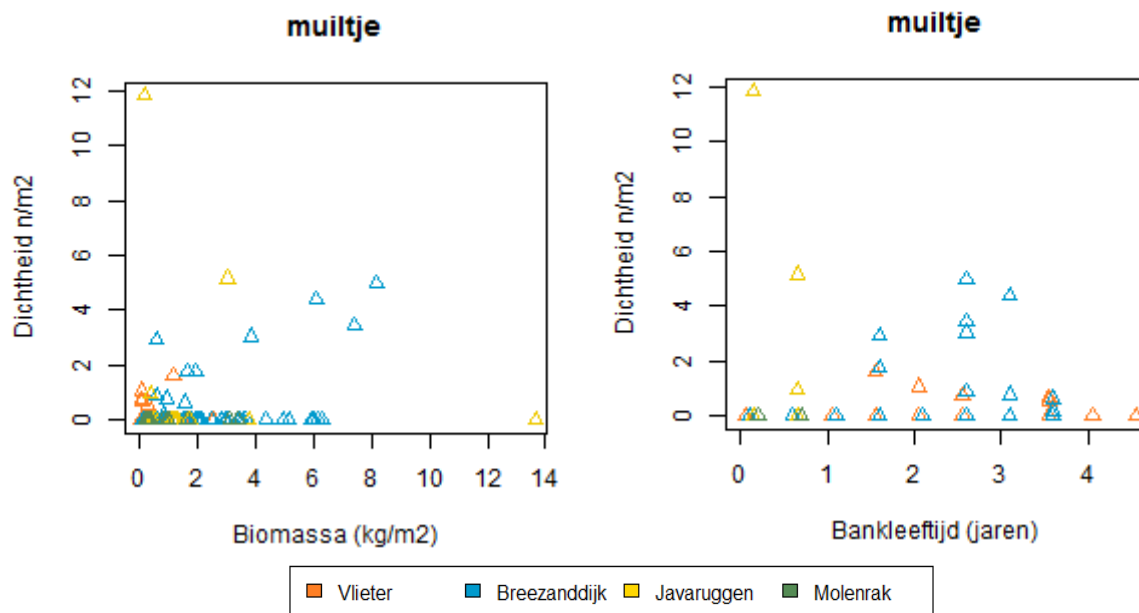
#### 5.3.1 Relatie mosselbiomassa en aanwezigheid anemonen, zakpijpen en muiltje



Figuur 9. Relatie mosselbiomassa – dichtheid anemonen en bankleeftijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.



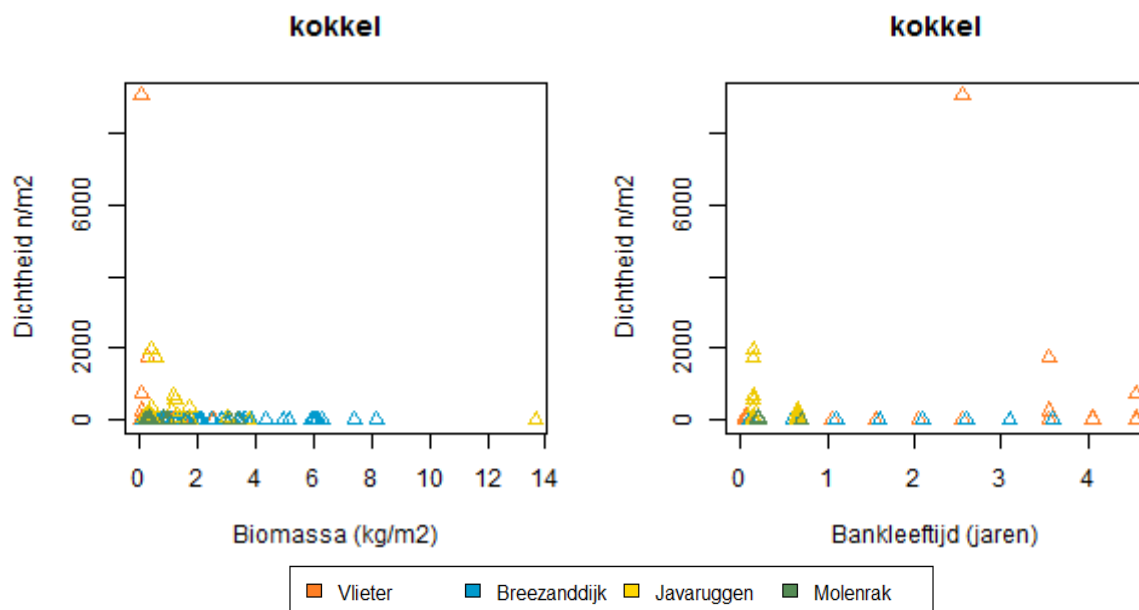
Figuur 10. Relatie mosselbiomassa – dichtheid zakpijpen en bankleef tijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.



Figuur 11. Relatie mosselbiomassa – dichtheid muiltje en bankleef tijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.

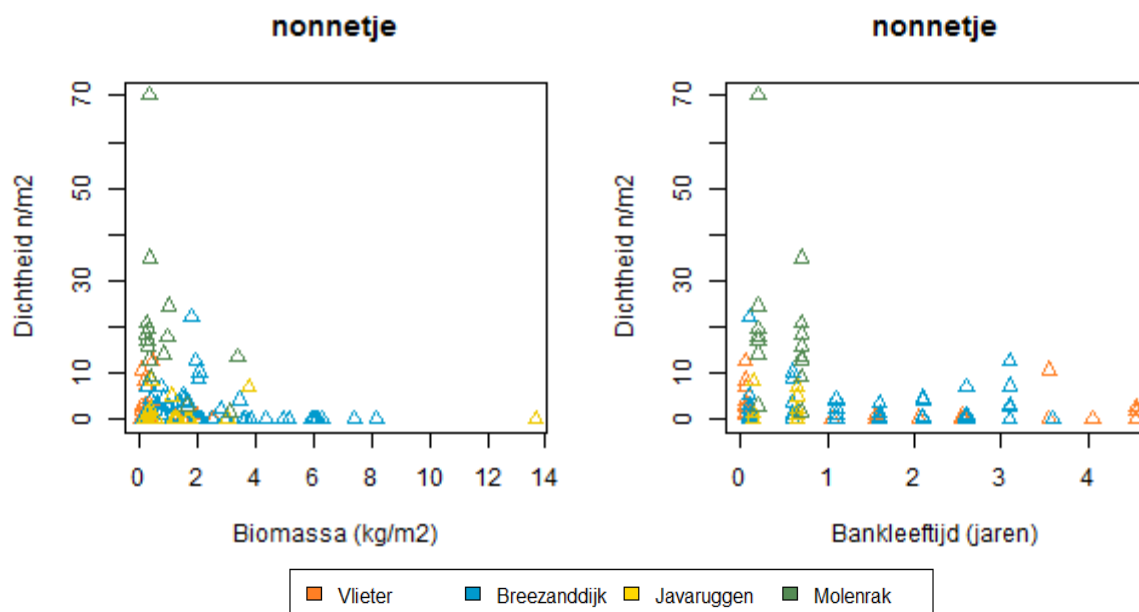
Hoge anemonen- en muiltjedichtheden zijn aangetroffen op de bank bij Breezanddijk, zie Figuur 9 en Figuur 11. Dichtheden zijn hoog bij hoge mosselbiomassa en bankleef tijd. Anemonen-, zakpijpen- en muiltjedichtheden bij de Vlieter nemen af als gevolg van het verdwijnen van de bank.





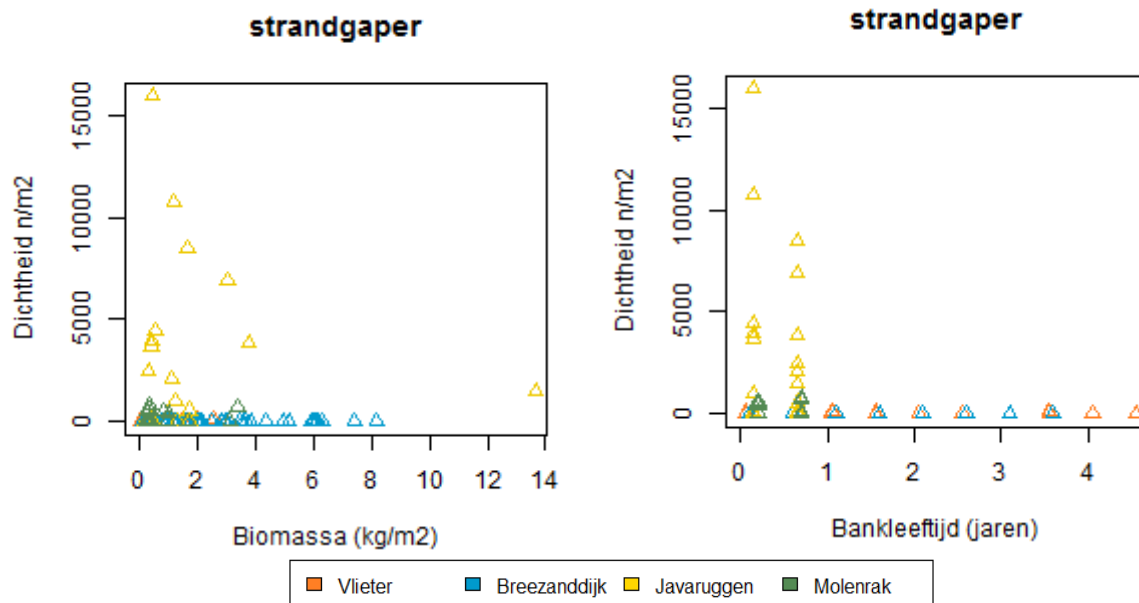
Figuur 12. Relatie mosselbiomassa – dichtheid kokkel en bankleeftijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.

Hoge kokkeldichtheden zijn aangetroffen bij Vlieter toen de bank verdwenen was, zie Figuur 12. Ook zijn kokkeldichtheden relatief hoog bij de jonge mosselbroedbank bij de Javaruggen.



Figuur 13. Relatie mosselbiomassa – dichtheid nonnetje en bankleeftijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.

Hoge dichtheden nonnetjes zijn aangetroffen bij lage mosselbiomassa en op jonge mosselbanken, zie Figuur 13. De nonnetjes dichtheid op de bank bij Breezanddijk stabiliseert en lijkt zelfs weer iets toe te nemen na een initiële daling, zie Figuur 13 rechts.

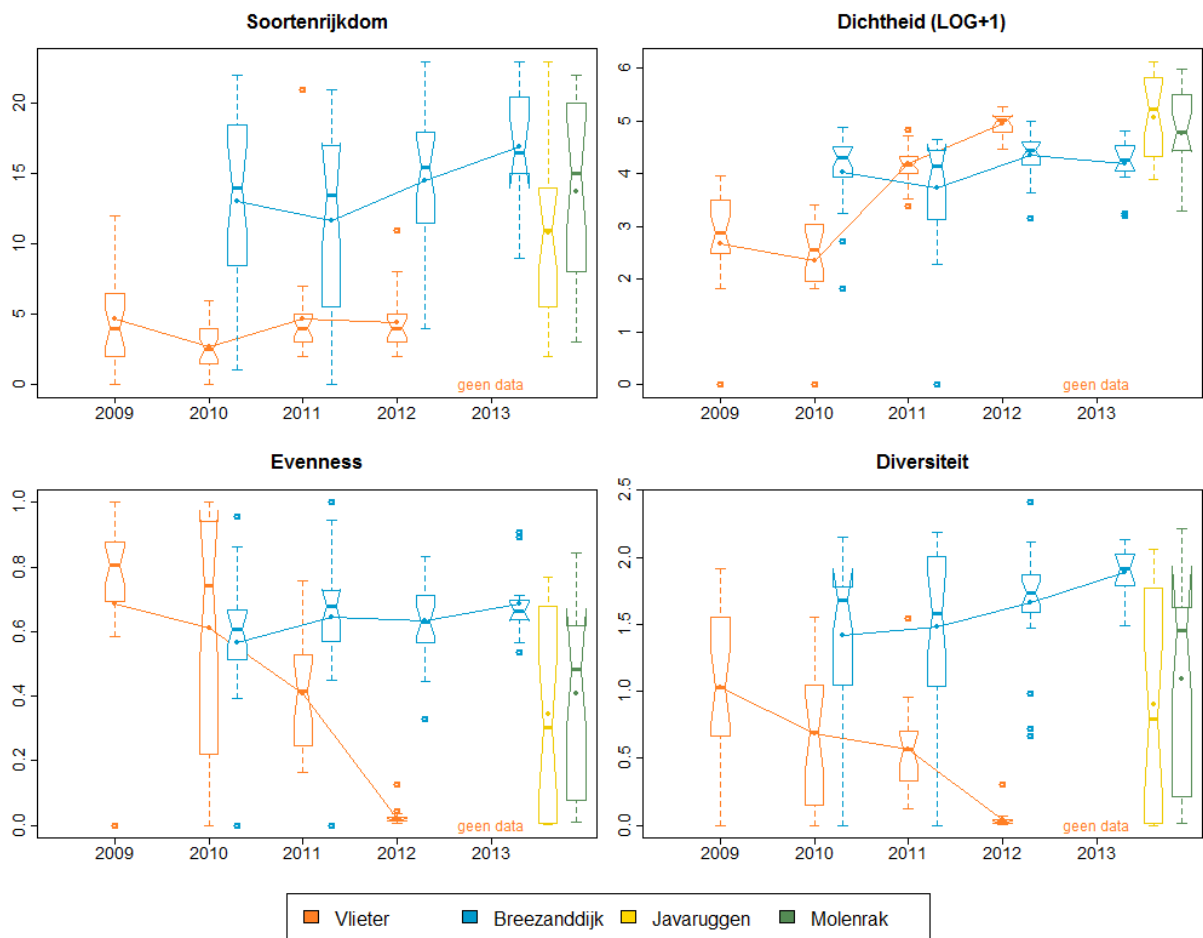


Figuur 14. Relatie mosselbiomassa – dichtheid strandgaper en bankleeftijd – dichtheid anemonen op de bank bij de Vlieter (2009 – 2012), Breezanddijk (2010 – 2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013) weergegeven.

Hoge strandgaperdichtheden zijn aangetroffen bij de mosselbroedbank op de Javaruggen, zie Figuur 11. Strandgapers zijn nagenoeg afwezig bij Vlieter en Breezanddijk.

### 5.3.2 Ontwikkeling van soortenrijkdom, abundantie, diversiteit en evenness in fijn macrofauna

In Figuur 15 is de ontwikkeling in soortenrijkdom, dichtheid, diversiteit en evenness weergegeven voor de banken bij Vlieter en Breezanddijk zoals bemonsterd met de boxcorer. Ook zijn deze parameters weergegeven voor de mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak zoals bemonsterd in 2013.



Figuur 15. De parameters soortenrijkdom, dichtheid (aantal individuen), diversiteit en evenness voor mosselbanken bij de Vlieter (2009-2012), Breezanddijk (2010-2013), Javaruggen (2013) en Molenrak (2013). Met de lijnen worden gemiddelde waarden met elkaar verbonden.

De soortenrijkdom op de Vlieter is lager dan op de banken bij Breezanddijk en op de nieuw ontstane zaadbanken bij Javaruggen en Molenrak, zie Figuur 15. De bank in de Vlieter laat in 2011 en 2012 een sterke toename van het aantal gevonden individuen per vierkante meter zien. Uit nadere analyse blijken hiervoor twee soorten verantwoordelijk te zijn. In 2011 wordt de hoge abundantie vooral veroorzaakt door hoge dichtheden van de strandgaper (*Mya arenaria*) en het wadslakje (*Peringia ulvae*). In 2012 is uitsluitend het wadslakje verantwoordelijk. De relatief hoge strandgaper- en wadslakjes-dichtheden in 2011 en 2012 hebben tot gevolg dat de evenness (i.e. de verdeling van de individuen over de verschillende soorten) onevenwichtiger is geworden waarmee ook de diversiteit in 2011 en 2012 lager is komen te liggen.

Zowel soortenrijkdom en diversiteit nemen significant toe op de bank bij Breezanddijk (positieve waarden bij trend in Tabel 2). Tegelijkertijd neemt de variatie significant af voor zowel soortenrijkdom, diversiteit als dichtheid, zie Tabel 2 en Figuur 15.

Tabel 2. Ontwikkeling in soortenrijkdom, dichtheid, evenness en diversiteit op de mosselbank bij Breezanddijk voor de periode 2010 tot en met 2013. Gegevens op basis van boxcoremonsters.

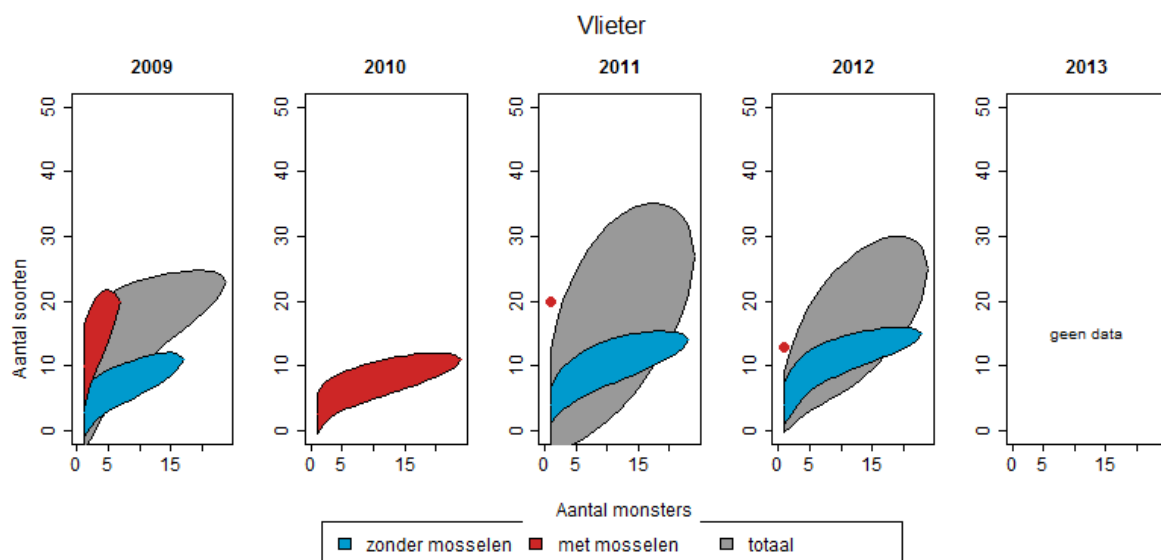
Parameter	Absolute waarden		Variatie	
	Trend	p-waarde	Trend	p-waarde
Soortenrijkdom	1.28	<b>0.037</b>	-0.75	<b>0.021</b>
Dichtheid (log + 1)	-	0.152	-0.13	<b>0.027</b>
Evenness	-	0.299	-	0.153
Diversiteit	0.15	<b>0.005</b>	-0.12	<b>0.0002</b>

De nieuw gevormde mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak laten een grote spreiding tussen de individuele boxcoremonsters zien in soortenrijkdom, dichtheid, evenness en diversiteit. Dit is vergelijkbaar met de mosselbroedbank bij Breezanddijk in 2010.

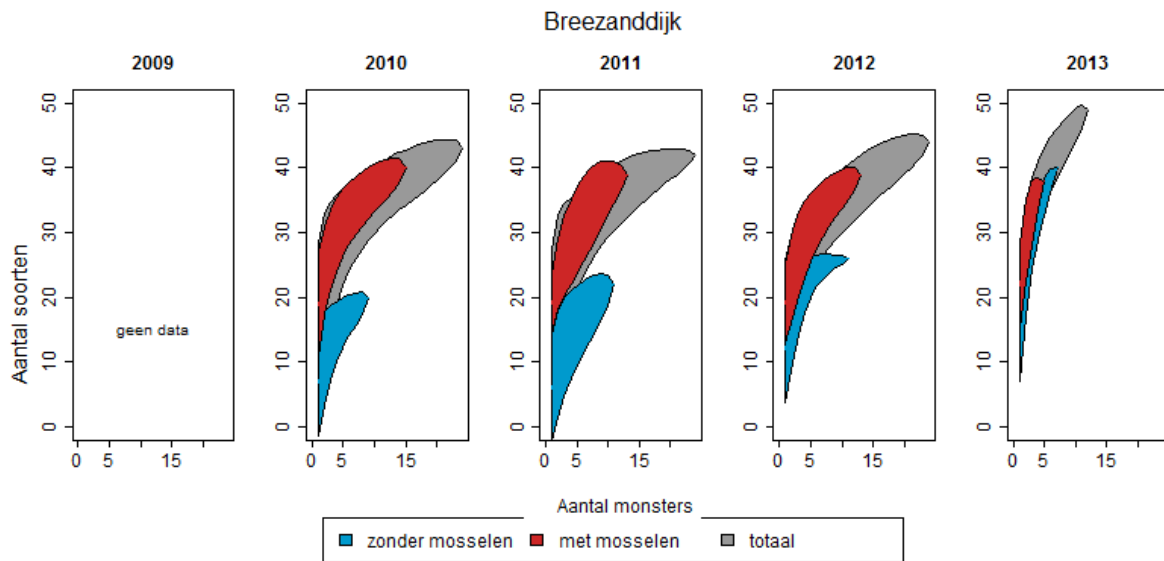
### 5.3.3 Soortenrijkdom nader bekeken.

In Figuur 17 tot en met Figuur 18 worden de soortenaccumulatiegrafieken weergegeven voor de banken bij Vlieter, Breezanddijk, Molenrak en Javaruggen.

Uit de soortenaccumulatiegrafieken van de bemonsteringen op de mosselbank bij Breezanddijk is te zien dat het aantal verschillende soorten welk aangetroffen zijn in de genomen boxcoremonsters (cumulatief) toeneemt in 2012 en 2013, zie de totaal curven (grijs). Daarnaast worden de curven smaller en steiler wat erop duidt de trefkans, en dus de verspreiding van ook de minder voorkomende soorten toegenomen is. Het totaal aantal verschillende soorten aangetroffen in de monsters zonder mosselen (de open plekken op mosselbank, blauwe curves in Figuur 17, neemt toe. Het aandeel boxcoremonster met mosselen neemt gestaagd af en ligt tot en met 2012 hoger dan het aandeel boxcoremonsters zonder mosselen. Dit is niet meer het geval in 2013 waar er meer boxcoremonsters zonder dan met mosselen aangetroffen werden.

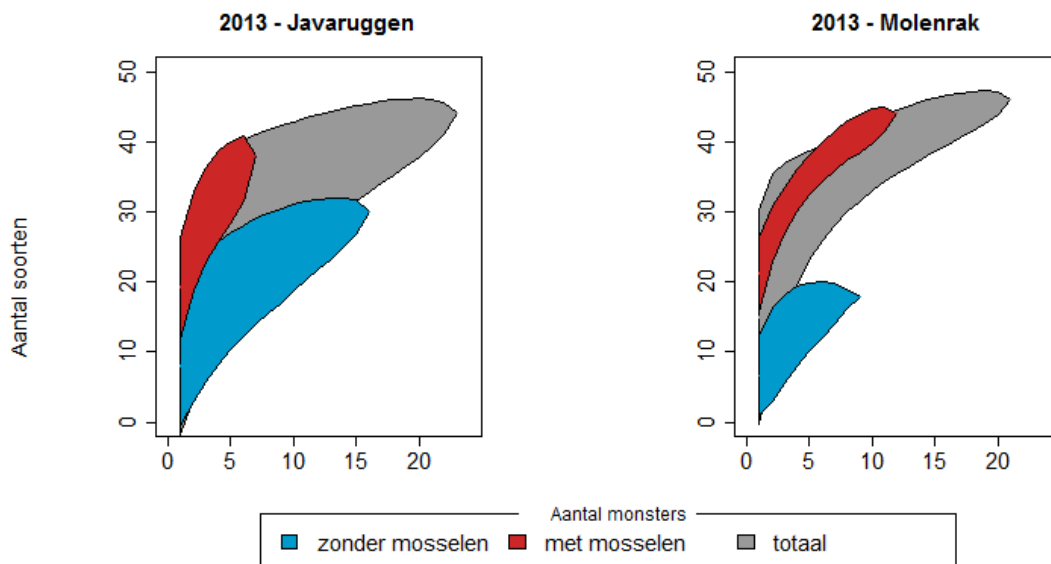


Figuur 16. Soorten accumulatie grafieken voor de bank bij Vlieter voor de jaren 2009 t/m 2013. Het aantal bemonsterde soorten wordt weergegeven op de y-as en het aantal genomen monsters op de x-as. De bubbel geeft de spreiding weer met 100 x random ordenen van de monsters.



Figuur 17. Soorten accumulatie grafieken voor de bank bij Breezanddijk voor de jaren 2010 t/m 2013. Het aantal bemonsterde soorten wordt weergegeven op de y-as en het aantal genomen monsters op de x-as. De bubbel geeft de spreiding weer met 100 x random ordenen van de monsters.

De soortenaccumulatiegrafieken voor de mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak wordt weergegeven in Figuur 18.



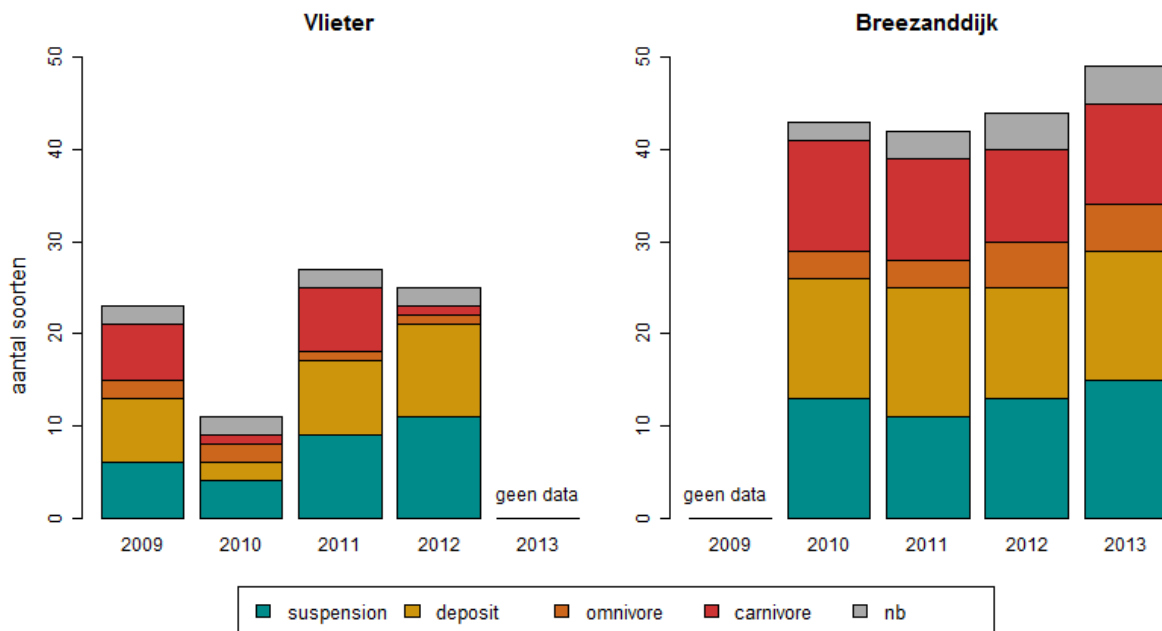
Figuur 18. Soorten accumulatie grafieken voor de mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak in het jaar 2013. Het aantal bemonsterde soorten wordt weergegeven op de y-as en het aantal genomen monsters op de x-as. De bubbel geeft de spreiding weer met 100 x random ordenen van de monsters.

De accumulatiegrafiek van de mosselbroedbank bij het Molenrak is erg vergelijkbaar met die van Breezanddijk in 2010 toen de bank ontstond. Meer dan de helft van de boxen met mosselen bevatten mosselen en deze bevatten dubbel zoveel soorten dan de boxen zonder mosselen. Het totaal aantal soorten ligt net als bij Breezanddijk in 2010 rond de 45. De mosselbroedbank bij Javaruggen is afwijkend waarbij minder dan de helft van de boxen mossel bevat. Wel bevatten monsters met mosselen meer soorten en ligt de totale soortenrijkdom rond de 45 soorten.

### 5.3.4 Ontwikkeling functionele groepen

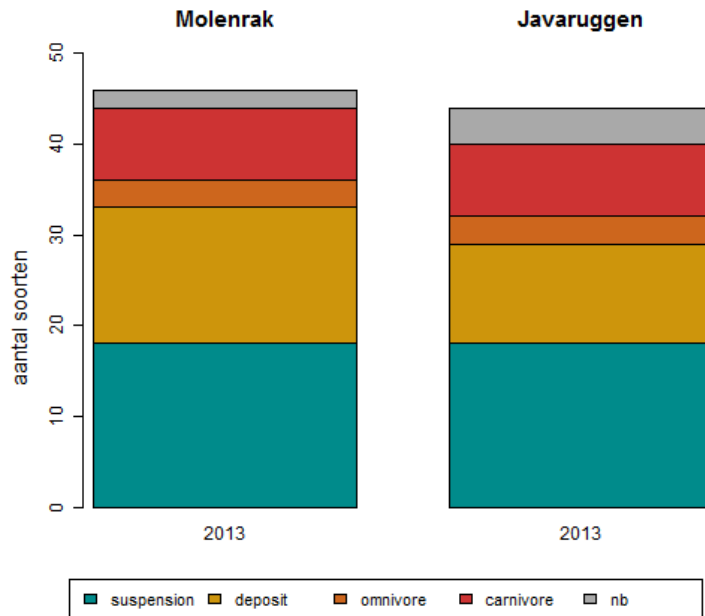
De ontwikkeling van afzonderlijke soorten is allereerst bestudeerd op het niveau van voedselvoorkeur (suspension, deposit, carnivoren en omnivoren) en voorkeur in sedimenttypen (hard, hetrogeen en soft).

In *Figuur 19* is te zien dat het totaal aantal soorten in 2013 toenam op de bank bij Breezanddijk en dat het aantal omnivorensoorten in 2012 en 2013 hoger was dan in 2010 en 2011. De gemiddelde dichtheid carnivoren en omnivoren was in 2013 ook hoger dan in de jaren daarvoor, zie grafiek in Bijlage C. Het aantal suspension, deposit en carnivoren soorten zijn evenwichtig verdeeld. Dit is niet het geval bij de Vlieter waar de benthosgemeenschap in 2012 voornamelijk uit suspension en deposit soorten bestaat. De hoge soortenaantallen in 2011 en 2012 worden veroorzaakt door één monster welke mosselen bevat, zie ook *Figuur 16*.



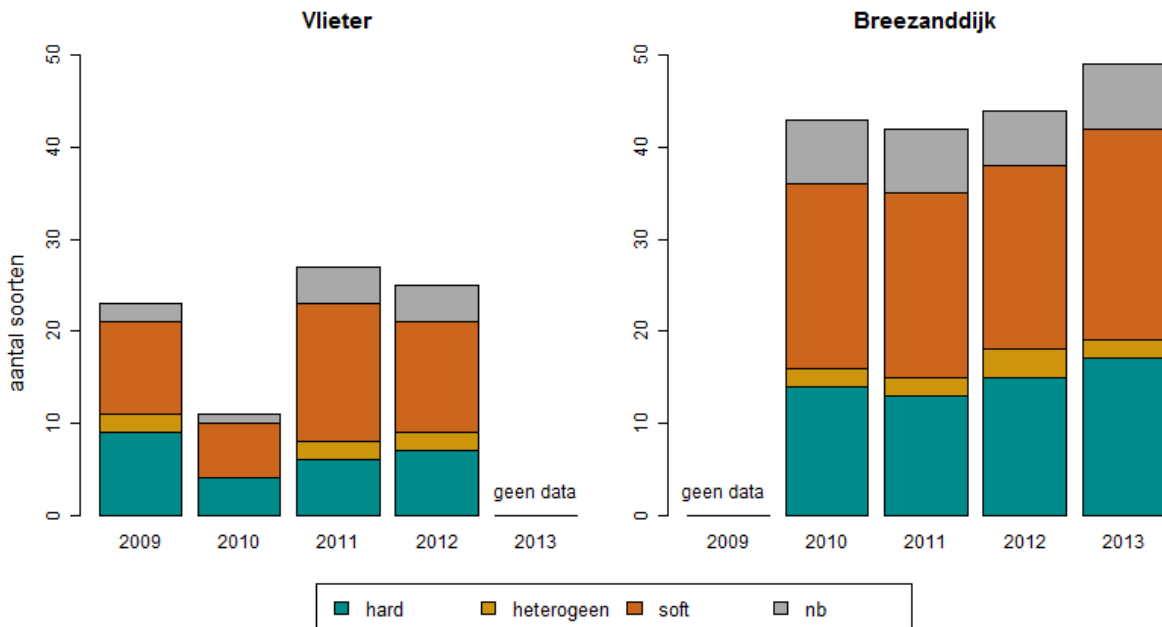
*Figuur 19.* Ontwikkelen in aantal soorten per voedselvoorkeur bij de Vlieter (2009 – 2012) en de bank op Breezanddijk (2010 – 2013).

De nieuw gevormde banken bij Molenrak en Javaruggen laten eenzelfde verdeling van de soorten zien zoals in de beginjaren van de bank bij Breezanddijk met nog een beperkt aandeel deposit soorten.



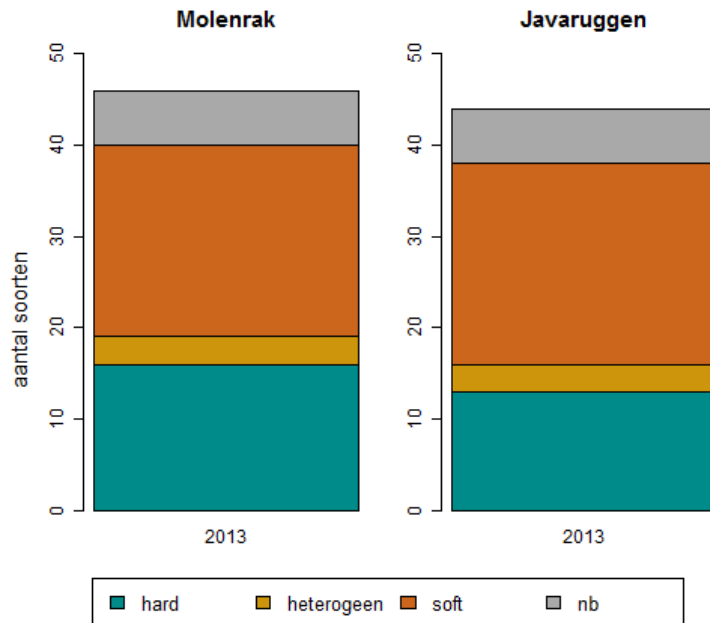
Figuur 20. Aantal soorten per voedselvoorkeur op de mosselbroedbank bij de Javaruggen (links) en Javaruggen (rechts) in 2013.

Het aandeel hard, hetrogeen en soft substraat soorten is niet erg verschillend tussen Breezanddijk en Vlieter en op de nieuw gevormde banken bij Molenrak en Javaruggen, zie Figuur 21 en Figuur 22. Het aantal hard substraatsoorten was in 2013 wel het hoogst op de bank bij Breezanddijk.



Figuur 21. Ontwikkelen in aantal soorten per bodemtype bij de Vlieter (2009 – 2012) en de bank op Breezanddijk (2010 – 2013).

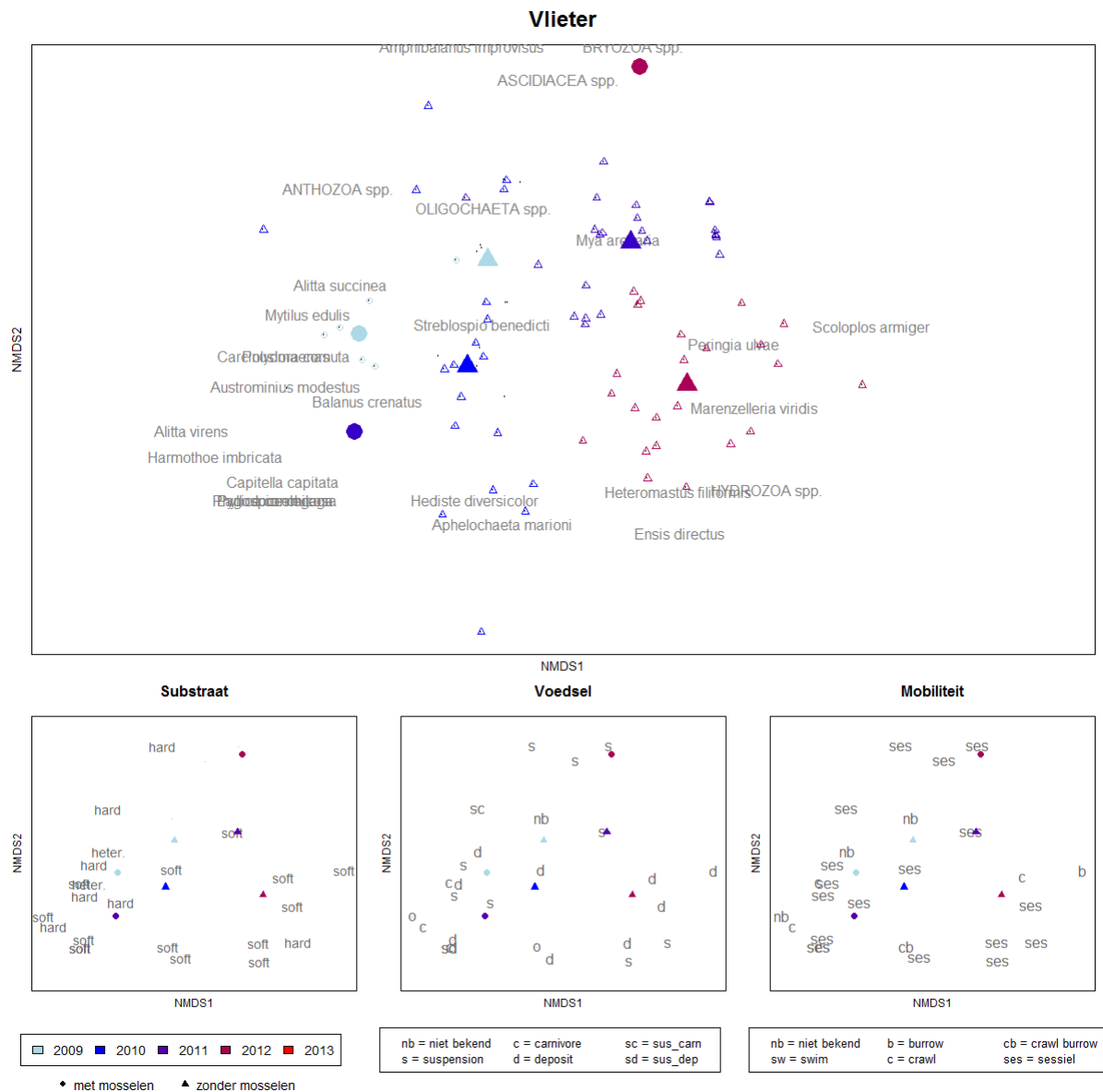




*Figuur 22. Aantal soorten per bodemtype op de mosselbroedbank bij de Javaruggen (links) en Javaruggen (rechts) in 2013.*

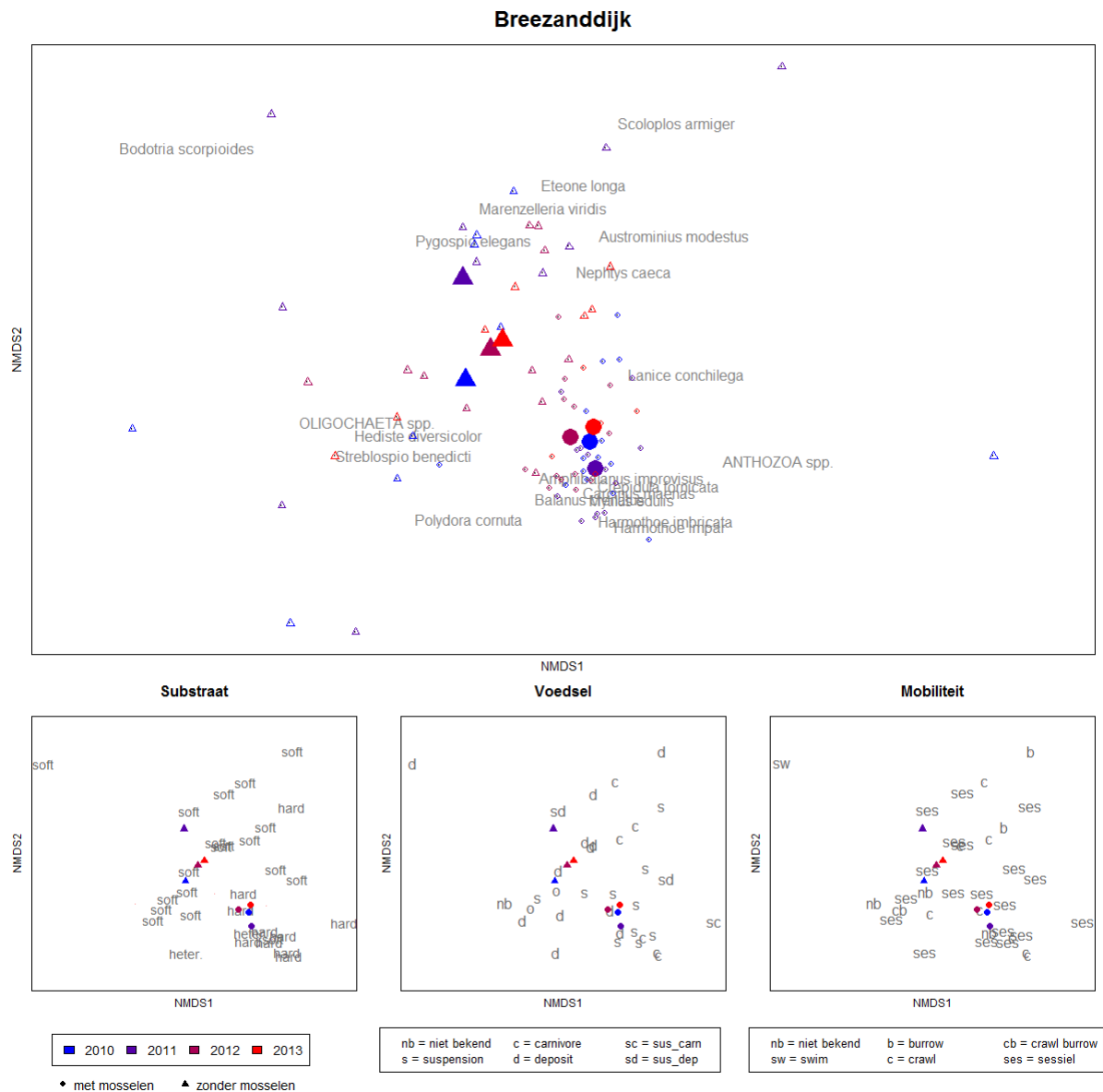
### 5.3.5 Clusteranalyse

In Figuur 23 en Figuur 24 zijn nMDS (nonmetric MultiDimensional Scaling) plots weergegeven voor respectievelijk de Vlieter en de bank bij Breezanddijk. In deze plots worden monsters met overeenkomende soortsamenstelling en dichtheid geclusterd weergegeven per bemonsteringsjaar om zo inzicht te krijgen in de ontwikkeling in gemeenschapssamenstelling. Er is onderscheid gemaakt in monsters met en zonder mosselen.



**Figuur 23.** nMDS plot van de Vlieter voor de bemonsteringsperiode 2009-2012. De open cirkels betreffen individuele monsters, met de gevulde cirkels wordt het gemiddelde van een onderzoeksjaar weergegeven. Dimensies = 2, stress = 0.21, transformatie soortdichtheden = dubbel wortel.

De benthogemeenschap laat een duidelijke ontwikkeling zien in de Vlieter waarbij de benthogemeenschap in 2012 weinig overeenkomt met die van 2009. In 2009 zijn mosselen en aan mosselen gehechte soorten, zoals pokken, *Balanus crenatus*, en de strandkrab, *Carcinus maenas*, onderscheidend. In 2011 en later worden soorten geassocieerd met zandig sediment zoals de strandgaper *Mya arenaria* en kokkel *Cerastoderma edule* belangrijk. In 2012 zijn het wadslakje, *Peringia ulvae*, zwaardschede, *Ensis directus* en verschillende borstelwormen onderscheidend in de gemeenschap.



**Figuur 24.** nMDS plots voor de bank bij Breezanddijk in de periode 2010-2013. Met open cirkels worden boxcoremonsters met mosselen aangegeven, met open driehoeken worden boxcoremonsters zonder mosselen weergegeven. Gevulde cirkels en driehoeken geven het gemiddelde van een onderzoeksjaar weer. Dimensies = 2, stress = 0.15, transformatie soortdichtheden = dubbelwortel.

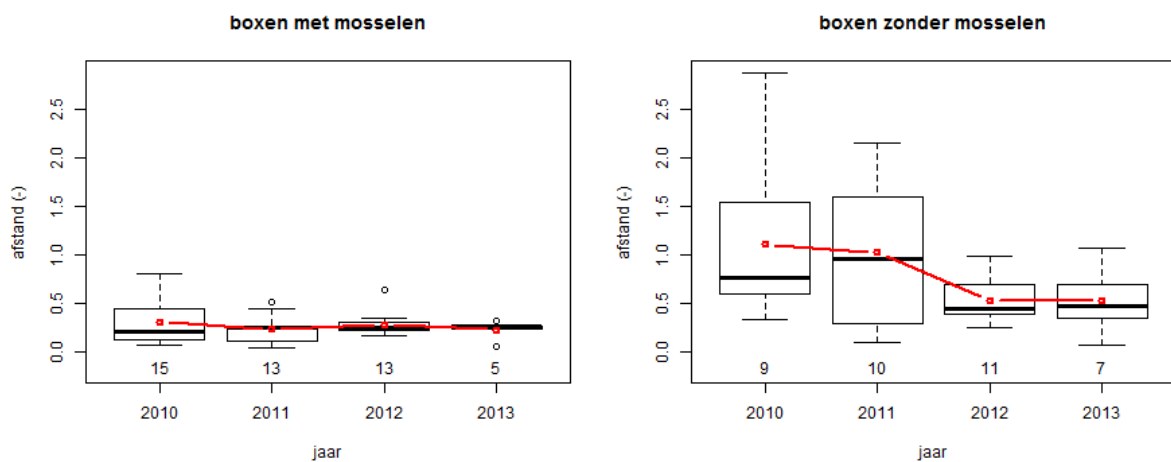
Op de bank bij Breezanddijk valt op dat de gemeenschapssamenstelling minder sterk veranderd dan bij Vlieter, waar de mosselbank verdween in 2011. Boxcoremonsters met mosselen clusteren apart van boxcoremonsters zonder mosselen.

De monsters zonder mosselen onderscheiden zich door een wormengroep (o.a. *Scoloplos armiger*, *Eteone longa*, *Nephtys caeca*, *Heteromastus filiformis*, *Capitella capitata* en *Alitta virens*). Deze wormen worden geassocieerd met zacht substraat. Daarnaast voeden de meeste zich met organisch materiaal op de bodem (deposit).

Karakteristiek voor de monsters met mosselen zijn soorten geassocieerd met hard substraat zoals anemonen, *Anthozoa spp*, strandkrab *Carcinus maenas*, pokken *Balanus crenatus* maar ook carnivoren zee-rupsen geassocieerd met hard substraat zoals *Harmothoe imbricata* en *Harmothoe impar* en een wormsoort die zich voedt met bezonken organisch materiaal *Polydora cornuta*.

Vooraf voor de boxcoremonsters zonder mosselen is te zien dat de gemiddelde afstand van individuele boxcoremonsters ten opzichte van de centroide afneemt over de tijd evenals de spreiding daarin, zie *Figuur 25*. Dit betekent dat individuele boxcoremonsters over de tijd meer op elkaar gaan lijken in benthosgemeenschapsamenstelling.

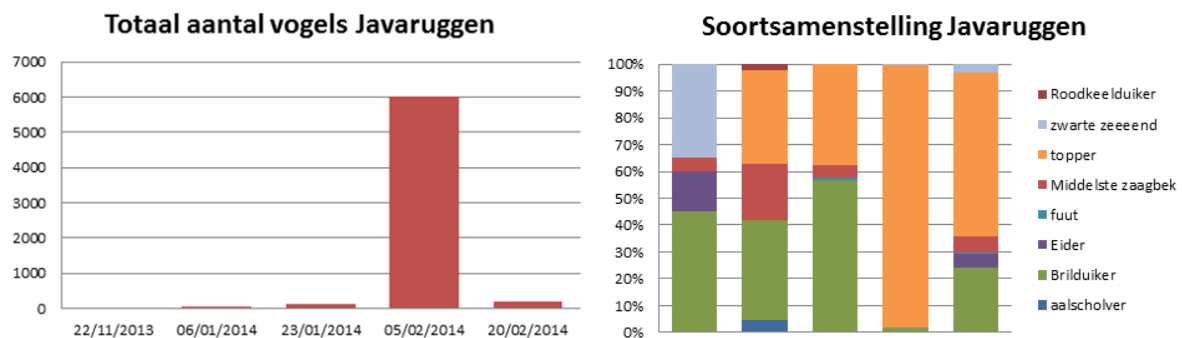
### Afstand tot centroiden (BzD)



*Figuur 25.* Afstand van boxcoremonsters tot hun centroiden voor de periode 2010 tot en met 2013 voor boxcoremonsters genomen op de bank bij Breezanddijk. Boxcoremonsters met mosselen links, boxcoremonsters zonder mosselen rechts. Met de rode lijn wordt het gemiddelde weergegeven. De cijfers op de x-as geven het aantal boxcoremonsters weer.

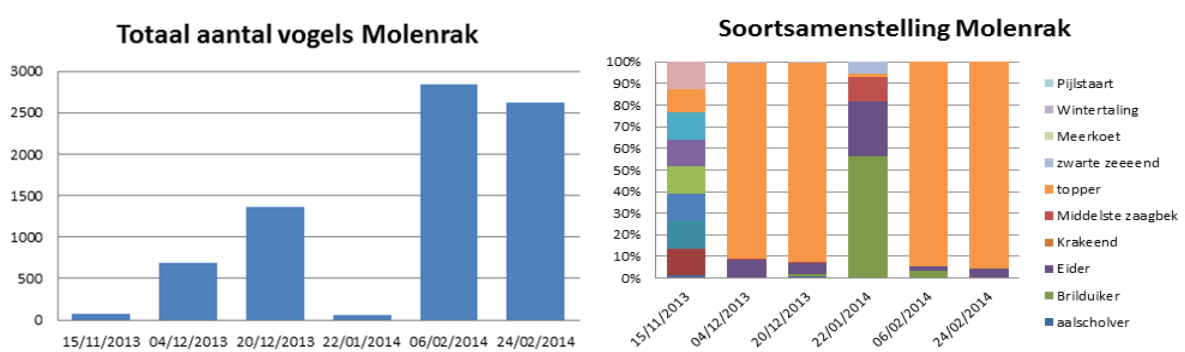
## 5.4 Vogels

In *Figuur 26* tot en met *Figuur 29* worden de waargenomen vogelsoorten aangetroffen in de gesloten gebieden Javaruggen, Molenrak en Breezanddijk weergegeven (let op verschil in assen).



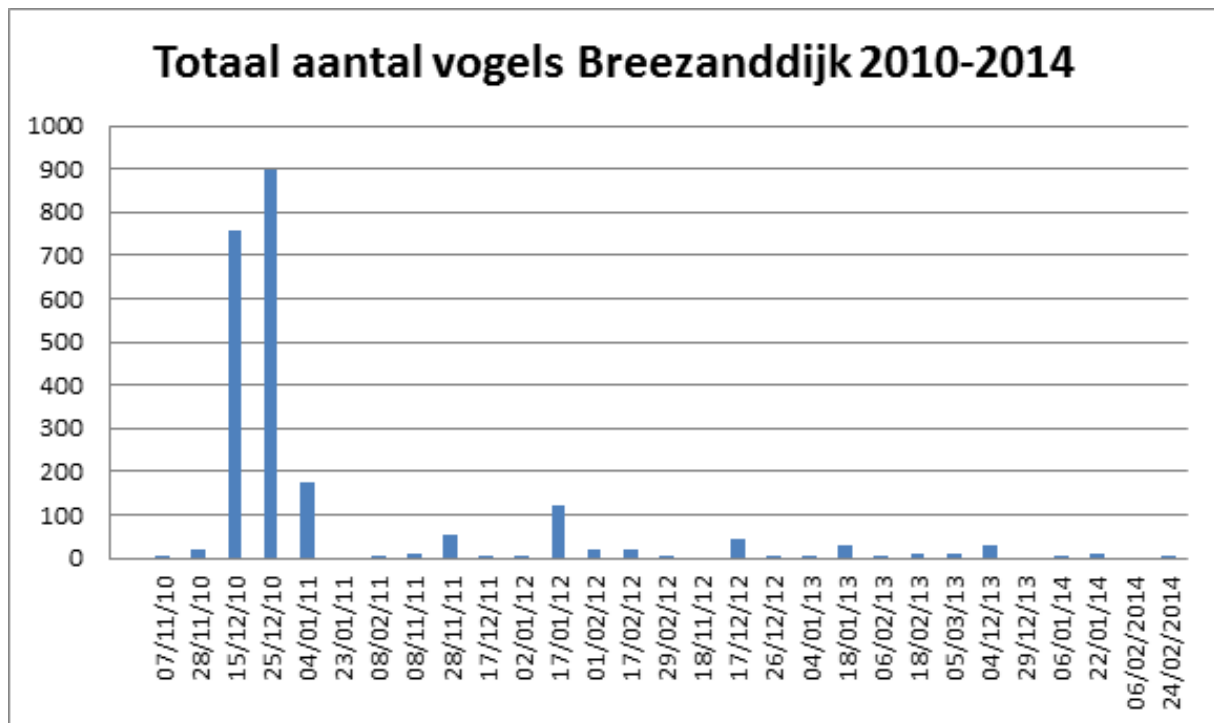
*Figuur 26.* Totaal aantal vogels (links) en procentuele verdeling per vogelsoort (rechts) op de mosselbroedbank gelegen in Javaruggen in de winter 2013/2014.

In het gesloten gebied Javaruggen waren alleen op 5 februari 2014 grote aantallen vogels aanwezig, namelijk 5885 Toppers. Op andere dagen waren ook de Brilduikers in vergelijkbare aantallen aanwezig als de Toppers, zie *Figuur 26*.



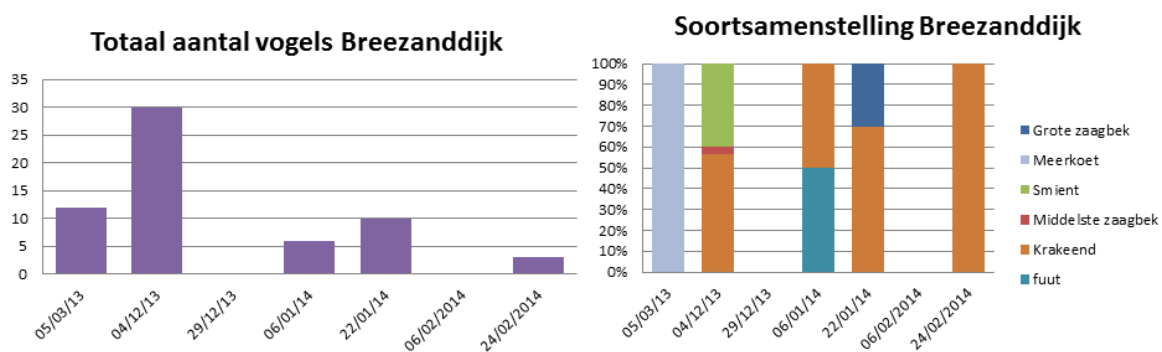
*Figuur 27. Totaal aantal vogels (links) en procentuele verdeling per vogelsoort (rechts) op de mosselbroedbank gelegen in Molenrak in de winter 2013/2014.*

Op de mosselbroedbank gelegen in Molenrak waren de vogelaantallen beduidend hoger in vergelijking tot de bank bij Javaruggen, zeker als in ogenschouw wordt genomen dat op 15 november 2013 en 22 januari 2014 respectievelijk 1500 en 6500 Toppers aanwezig waren net buiten het gesloten gebied. Uit *Figuur 27* blijkt dat ook in Molenrak het aantal Toppers op de meeste dagen bepalend is voor het totaal aantal vogels.



*Figuur 28. Totaal aantal watervogels in het telgebied Breezanddijk in de telseizoenen 2010/2011, 2011/2012 en 2012/2013 per telgebied en telling, op basis van punt-tellingen vanaf de Afsluitdijk.*

Net als in de winter van 2011/2012 waren in ook in de winter van 2013/2014 vogelaantallen zeer laag in het gesloten gebied Breezanddijk. Op twee teldagen werd zelfs geen enkele vogel aangetroffen. Toppers en Eiders zijn in de winter 2013/2014 in het geheel niet gezien. Tellingen worden gedomineerd door de aanwezigheid van groepjes Krakeenden. Het maximum van het seizoen 2013/2014 is slechts 30 vogels.



Figuur 29. Totaal aantal vogels (links) en procentuele verdeling per vogelsoort (rechts) in het gesloten gebied Breezanddijk in de winter 2013/2014.

## 6 Discussie en conclusies

In de periode dat het monitorprogramma uitgevoerd werd, van 2009 tot en met 2013, zijn twee banken (Vlieter en Breezanddijk) voor enkele jaren gevolgd vanaf het moment van ontstaan en is van twee andere banken (Molenrak en Javaruggen) de situatie direct na ontstaan in kaart gebracht. Litorale mosselbanken kunnen enkele tientallen jaren blijven bestaan. Dit geldt waarschijnlijk ook voor sublitorale banken. Dit onderzoek kan daarom uitsluitend inzicht geven in de korte termijn ontwikkelingen (3 tot 4 jaar). Door het feit dat slechts twee banken meerdere jaren gevolgd zijn (die bovendien verschillen laten zien in soortenrijkdom van de bodemdierengemeenschap) kunnen geen uitspraken gedaan worden over de ontwikkeling van sublitorale banken in het algemeen. Het is goed mogelijk dat banken die bijvoorbeeld meer aan de zeezijde liggen, een andere bodemdierengemeenschap herbergen en een andere ontwikkeling laten zien.

### 6.1 Overleving van voor visserij gesloten mosselbanken

De stabiliteit van een mosselbank is afhankelijk van zowel biotische (zoals zeesterpredatie), abiotische (zoals zoutgehalte, diepte) en antropogene factoren (zoals bevissing) (Smaal et al., 2014). Overleving van voor visserij gesloten sublitorale mosselbanken is afhankelijk van (a)biotische factoren. Uit het PRODUS onderzoek is gebleken dat natuurlijke sterfte van jonge sublitorale mosselbanken hoog kan zijn (Smaal et al., 2013). Voor langjarige overleving van een mosselbank is naast gunstige (a)biotische condities periodieke zaadval op de bank benodigd om deze vitaal te houden.

De mosselbroedval in 2013 was erg goed wat geresulteerd heeft in het ontstaan van nieuwe mosselbroedbanken waarvan er twee, gelegen bij Javaruggen en Molenrak, in 2013 nieuw opgenomen zijn in het monitorprogramma. Er heeft echter geen mosselbroed plaatsgevonden op de bestaande mosselbank bij Breezanddijk en op de nagenoeg verdwenen bank in de Vlieter. Ook bij litorale mosselbanken is bekend dat substantiële mosselbroedval in bestaande banken maar eens in de zoveel jaar plaatsvindt en deze erg lokaal is (op sommige banken wel en andere weer niet).

Kwetsbaarheid door uitblijven van nieuwe zaadval wordt geïllustreerd door de meerjarigemosselbank bij Breezanddijk waar de najaarsstorm van 28 oktober duidelijk zijn sporen nagelaten heeft. De mosselbiomassa nam met gemiddelde 88% af van 2.3 tot 0.5 kg/ m<sup>2</sup>. De in 2013 nieuw ontstane banken bij Javaruggen en Molenrak hebben beduidende minder last gehad van de storm ondanks hun ondiepere ligging, respectievelijk 3 en 1 meter ten opzichte van >6 meter bij Breezanddijk. Dat wegspoelen van mosselen tijdens stormen van grote invloed kan zijn blijkt ook uit onderzoek uitgevoerd binnen PRODUS (Smaal e.a.,2014).

Monitoregevens van vogels laten zien dat hoge vogelaantallen vooral op nieuwe gevormde mosselbroedbanken aangetroffen worden. Soorten die in hoge aantallen aangetroffen werden zijn topper eider en brilduiker. Een jaar na het ontstaan van de bank zijn vogelaantallen fors afgenomen op de bank bij Breezanddijk en Vlieter terwijl in 2013 de nieuw gevormde mosselbroedbanken bij Javaruggen en Molenrak erg in trek waren. Blijkbaar heeft vogelpredatie op het mosselbroed in het eerste jaar niet geleid tot het verdwijnen van de bank bij Breezanddijk. Het is nu echter wel zeer de vraag of de bank bij Breezanddijk het forse verlies aan mosselbiomassa door het wegspoelen van mosselen tijdens de oktober storm te boven komt. Het verdwijnen van de bank bij Vlieter in 2011 is hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door zeesterpredatie (Glorius e.a. 2013). De (voornaamste) factoren die overleving van sublitorale mosselbanken bepalen zijn hiermee divers; storm, zeesterpredatie, vogelpredatie.

Monitorgegevens verzameld in dit programma suggereren dat gevoeligheid voor mosselverlies als gevolg van stormschade toeneemt bij het ouder worden van een bank terwijl de invloed van vogelpredatie afneemt. Afwezigheid van zeesterren en daarmee predatiedruk lijkt essentieel voor langjarige mosselbankoverleving evenals periodieke aanwas van mosselbroed.

## **6.2 Geassocieerde benthos**

De mosselbank bij Breezanddijk heeft tot op heden de langste ontstaangeschiedenis (2010-2013). Het is onbekend hoe lang sublitorale mosselbanken kunnen blijven bestaan. Van litorale mosselbanken is bekend dat zij tientallen jaren op een zelfde plek aanwezig kunnen zijn.

Uit gegevens van boxcoremonsters genomen op die bank blijkt dat direct tijdens het ontstaan van de bank de benthosgemeenschap divers is en bestaat uit soorten die voedsel uit de waterkolom filtreren (suspension), afgezonken materiaal consumeren (deposit), carnivoren en omnivoren. Daarnaast is de gemeenschap op de open plekken tussen de mosselen duidelijk anders (vooral wormsoorten) in vergelijking tot de gemeenschap die op de mosselklompen aangetroffen wordt die meer divers is. Dit verschil in gemeenschap blijft gehandhaafd bij het tot wasdom komen van de bank waarbij vooral de openplekken soortenrijker worden over de tijd. Zowel de soortenrijkdom en diversiteit neemt ieder jaar toe terwijl de variatie tussen de monsters juist afneemt. Elk jaar dat de bank ouder wordt komt er 1.3 soort bij en neemt de diversiteit met 0.15 toe. Een toename in soortenrijkdom en diversiteit laat het tot wasdom komen van de mosselbank bij Breezanddijk goed zien. Toenemende soortenrijkdom en afnemende variatie blijken tevens uit steiler wordende soortenaccumulatiegrafieken en toenemend plafon. Ook afnemende afstand en variatie tussen boxcoremonsters en centroiden in nMDS grafiek illustreert dit verschijnsel.



## 7 Aanbevelingen

Verzamelde gegevens op de bank bij Breezanddijk laat de meerwaarde van aanwezigheid van mosselen zien voor de biodiversiteit van het bodemleven en het positieve effect van bankveroudering hierop. Een ingezette trend die nog niet afvlakt. Door uitblijven van mosselbroedval op de bestaande bank bij Breezanddijk heeft nog geen verjonging plaatsgevonden en heeft er zich binnen de duur van het huidige monitorprogramma geen bank gevormd bestaande uit verschillende jaarklassen. Het is dan ook tot op heden onbekend wat verjonging van een bank betekent voor de biodiversiteit, ruimtelijke structuur, vogel-, krab- en zeesterpredatie, gevoeligheid voor stromen en bankoverleving. Door het langjarig sluiten van gebieden groter dan nieuw gevormde banken alleen voor verschillende vormen van visserij, wat momenteel de inzet lijkt te zijn binnen viswad en mosseltransitie (mondelijke mededeling Marnix van Stralen) wordt de kans geboden voor het ontstaan van meerjarige mosselbanken bestaande uit verschillende jaarklassen. Het wordt aanbevolen de monitoring op juist dit soort type banken voort te zetten om de invloed van het sluiten van gebieden voor de biodiversiteit aan te tonen.

Langjarige overlevingskansen van individuele mosselbanken zijn onzeker en moeilijk te voorspellen. Hoewel gedacht wordt dat een laag zoutgehalte en grotere waterdiepte overlevingskansen van banken ten goede lijkt te komen (door minder kans op zeesterpredatie en verlies als gevolg van stormen) is dit niet gegarandeerd. De bank bij Breezanddijk laat dit zien die, door verlies van mosselen als gevolg van storm, een onzekere toekomst tegemoet gaat. Bovendien zal, als gevolg van ligging tov de Noordzee en variatie in zoutgehalte, de benthossamenstelling van bank tot bank verschillen. De banken die nu gevolgd worden liggen relatief dicht bij de land kust. Het is daarom aan te bevelen bemonsteringen te verspreiden over verschillende banken en de monitoring van de nieuw ontstane banken bij Javaruggen en Molenrak voort te zetten en het aantal banken in het onderzoek te verhogen

Om middelen efficiënt in te zetten kan gekozen worden voor een getrapte aanpak waarbij eerst onderzocht wordt hoe de mosselbiomassa zich ontwikkelt en of er aanvullende zaadval plaats heeft gevonden. Hier kan de zuigkorbemonsteringen die genomen worden ten behoeve van de bestandschattingen gebruikt worden, al dan niet gecombineerd met onderwater beeldopnamen en/of side scan sonar. Beeldopnamen kunnen tevens een eerste indruk geven van de epifauna. Wanneer mosselen verdwenen zijn hoeven geen aanvullende bemonsteringen uitgevoerd te worden. Wanneer mosselbiomassa voldoende blijkt voor overleving dienen aanvullend boxcoremonsters genomen te worden om zo de ontwikkeling van de benthosdiversiteit op detailniveau te monitoren. Omdat onzekerheid blijft bestaan over de overleving en vorming van meerjarige bank met mosselen van verschillende leeftijdsklassen kan ervoor gekozen worden om slechts een deel van de monsters uit te zoeken en een ander deel op te slaan. Wanneer blijkt dat de bank zich langjarig ontwikkelt kunnen opgeslagen monsters alsnog uitgezocht en geanalyseerd worden om trends in soortenrijkdom, biodiversiteit etc. inzichtelijk te maken.

## **Kwaliteitsborging**

Deze inventarisatie is uitgevoerd door een team van specialisten met meerjarige ervaring op het gebied van schelpdier-bestandsopnames en zij beschikken over een gedegen kennis van soorten en het gebied. De monsternamen worden uitgevoerd volgens de protocollen beschreven in het Handboek Bestandsopnames Schelpdieren WOT (Troost et al., 2013) en het Handboek Monstertuigen Schelpdierinventarisaties (Perdon & Troost, 2013).

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## Referenties

- Agüera Garcia, A. (in preparation). "Costs of ecosystem engineering: facilitating your predators".
- Bolam, S.G., R.C. Coggan, J. Eggleton, M. Dising, D. Stephens (2013), "Sensitivity of macrobenthic secondary production to trawling in the English sector of the Greater North Sea: A biological trait approach", *Journal of Sea Research*, pp 16.
- Capelle, J.J., Wijsman, J.W.M., Schellekens, T., Stralen, van M.R., Herman, P.M.J., Smaal, A.C., (2013). "Spatial organisation and biomass development after relaying of mussel seed", *Journal of Sea Research*, accepted.
- Chambers, J.M., Cleveland, W.S., Kleiner, B. and Tukey, P.A. (1983). "Graphical Methods for Data Analysis". Duxbury Press, Boston, Massachusetts, 395 pp.
- Dankers, N., Jansen, J., de Jong, M.L., Kersting, K., Couperus, B., van Hoppe, M., van de Brink, A., Smit, C., Cervenci, A., Brinkman, B., (2010). De ontwikkeling van een niet beviste sublitorale mosselbank. IMARES rapport C114/10, 64 p.
- De Jager, M., Weissing, F.J., Herman, P.M.J. Nolet, B.A. Koppel, van de J. (2011). "Lévy walks evolve through interaction between movement and environmental complexity", *Science* (332), pp 1551 – 1553.
- De Mesel, I., Wijsman, J., Jol, J., Perdon, J., (2011). Onderzoekproject Duurzame schelpdiervisserij (PRODUS), Deelproject 1A: Bepaling bestand op de mosselpercelen in de Waddenzee, najaar 2010. IMARES rapport C127/11, 35 p.
- Dolmer, P. (1998). "The interaction between bed structure of *Mytilus edulis* L., and the predator *Asterias rubens* L.", *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (228), pp 137 – 150.
- Drent, J. & R. Dekker (2013). "Macrofauna associated with mussels, *Mytilus edulis* L., in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea". NIOZ-report 2013-7.
- Drent, J. & R. Dekker (2013). "The macrozoobenthos in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea in 2008 and a comparison with 1981-1982". NIOZ-report 2013-5.
- Fey-Hofstede, F., Jansen, J., Dijkman, E. en Kesteloo-Hendrikse, J. (2008). Ruimtelijke verspreiding van sublitorale mosselvoorkomens en mosselbroedvisserij van 1997-2007. IMARES Rapport C102/08
- Glorius, S.T., Rippert, A., Jong de, M., Weide van der, W., Cuperus, J., Bakker, A., Hoppe van, M. (2013). "De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009 – 2012", IMARES rapport C199/13, pp 56.
- Oksanen, J. F., Guillaume Blanchet, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Peter R. Minchin, R. B. O'Hara, Gavin L. Simpson, Peter Solymos, M. Henry, H. Stevens and Helene Wagner (2013). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-7. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Programma naar een Rijke Waddenzee (2012). Voortgangsrapport van de transitie van de Nederlandse mosselsector 2012.

- Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen (2013). Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. Rapport C006/13
- Van de Koppel, J., Gascoigne, J.C., Theraulaz, G., Rietkerk, M., Mooij, W.M., Herman, P.M.J., (2008). "Experimental evidence for spatial self organisation and its emergent effects in mussel bed ecosystems", *Science*, (322), pp 739 – 741.
- Van de Koppel, J., Rietkerk, M., Dankers, N., Herman, P.M.J., (2005). "Scale-Dependent feedback and regular spatial patterns in young mussel beds", *Am. Nat.* (165), pp E66 – E77.
- Smaal, A.C., A.G., Brinkman, T. Schellekens, J. Jansen, A. Agüera en M.R. van Stralen (2014). "Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport". IMARES rapport C066.14, pp 32.
- Stralen van, M. (2012). "Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het najaar van 2012". MarinX RAPPORT 2012.124.2
- Stralen van, M., Ende, van den E., Troost, K. (2014). " Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2013" . MarinX RAPPORT 2013.127, pp 23.

## Verantwoording

Rapport: C109.14  
Projectnummer: 4308501017

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

Akkoord: Mw. dr. F.E. Fey-Hofstede  
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 17 juli 2014

Akkoord: Drs. F.C. Groenendijk  
Afdelingshoofd Maritiem

Handtekening:



Datum: 17 juli 2014

## Bijlage A. Aangetroffen soorten in de zuigkormonsters

Tabel 3. Benthosoorten aangetroffen in de zuigkormonsters.

Soort	Vlieter					Breezanddijk				Javaruggen	Molenrak
	2009	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2013	2013
ACTINIARIA	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Ammodytes tobianus</i>	x										
<i>Anguilla anguilla</i>											
ASCIDIACEA				x	x	x					x
<i>Asterias rubens</i>	x	x	x		x	x	x	x		x	
<i>Balanus balanoides</i>											
<i>Carcinus maenas</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cerastoderma edule</i>	x	x	x	x	x					x	x
<i>Corophium</i>								x			
<i>Crangon crangon</i>	x	x	x	x		x	x	x			
<i>Crassostrea gigas</i>		x				x				x	
<i>Crepidula fornicata</i>		x	x	x			x	x	x	x	
<i>Donax vittatus</i>	x										
<i>Ensis</i>		x	x		x	x	x	x	x	x	x
<i>Eriocheir sinensis</i>							x				
<i>Gobius</i>	x	x				x					
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>					x				x	x	
<i>Hemigrapsus takanoi</i>		x	x			x	x	x			
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>											
<i>Macoma balthica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Molgula manhattensis</i>		x	x			x	x				
<i>Mya arenaria</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Myoxocephalus scorpius</i>						x	x				
<i>Mytilus edulis</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Nephtys</i>											
<i>Nereis virens</i>	x	x	x	x		x	x	x			
<i>Ophiura albida</i>			x								
<i>Ophiura sp</i>			x								
OPHIUROIDEA											
<i>Pagurus bernhardus</i>											
<i>Palaemonidae</i>			x								
<i>Petricola</i>						x					x

<b>Soort</b>	<b>Vlieter</b>					<b>Breezanddijk</b>				<b>Javaruggen</b>	<b>Molenrak</b>
	2009	2010	2011	2012	2013	2010	2011	2012	2013	2013	2013
<i>pholadiformis</i>											
<i>Pholis gunnellus</i>	x		x			x	x	x			
<i>Platichthys flesus</i>	x					x					
<i>Pleuronectes platessa</i>	x	x				x					
<i>Pomatoschistus minutus</i>											
<i>Sagartia troglodytes</i>	x			x		x		x			
<i>Scrobicularia plana</i>											
<i>Solea solea</i>						x	x				
<i>Spisula subtruncata</i>											
<i>Sprattus sprattus</i>	x										
<i>Syngnathus acus</i>			x								
<i>Syngnathus rostellatus</i>	x										
<i>Turritella communis</i>											
<i>Venerupis senegalensis</i>	x										
<i>Zoarces viviparus</i>	x	x	x				x				





## Bijlage B. Aangetroffen soorten in de boxcoremonsters.

In Tabel 4 worden de in de boxcoremonsters aangetroffen soorten weergegeven per jaar en bank. Voedsel en substraat categorie volgens Drent en Dekker e.a. 2013 en Bolam e.a. 2013.

Tabel 4. Aangetroffen soorten in boxcoremonsters.

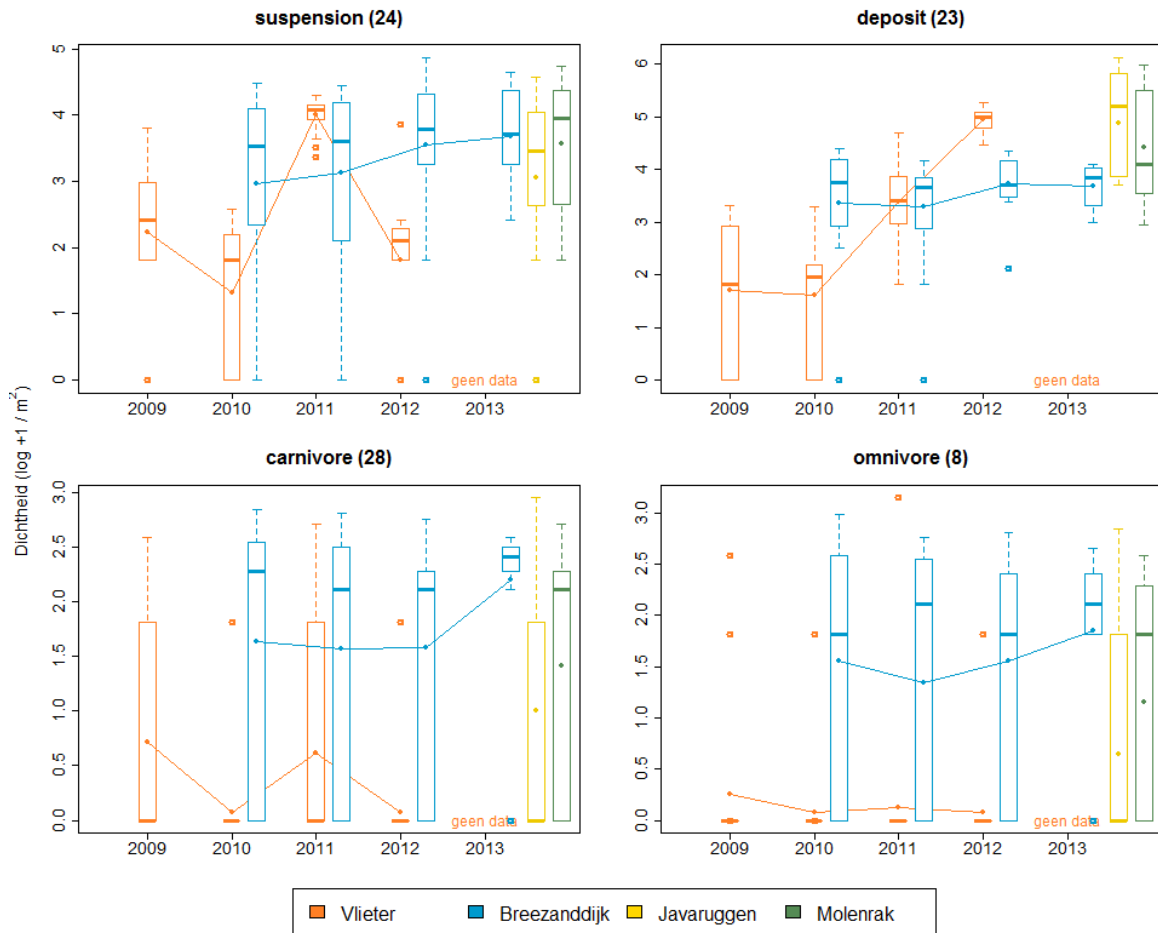
Phylum	Familie	Genus	Species	Voedsel	substraat	Vlieter				Breezanddijk				Javaruggen	Molenrak
						2009	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2013	2013	2013
Annelida	Capitellidae	Capitella	capitata	deposit	soft			X		X	X	X	X	X	X
	Capitellidae	Heteromastus	filiformis	deposit	soft	X			X	X	X	X	X	X	X
	Cirratulidae	Aphelochaeta	marioni	deposit	soft	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Hesionidae	Microphthalmus	aberrans	deposit	soft					X	X				X
	Hesionidae	Microphthalmus	spp.	deposit	soft					X					
	Maldanidae	Rhodine	spp.	nb	nb									X	
	Nephtyidae	Nephtys	assimilis	carnivore	soft					X					
	Nephtyidae	Nephtys	caeca	carnivore	soft					X	X				
	Nephtyidae	Nephtys	cirrosa	carnivore	soft					X			X		
	Nephtyidae	Nephtys	hombergii	carnivore	soft							X		X	
	Nephtyidae	Nephtys	spp.	carnivore	soft								X	X	
	Nereididae	Alitta	succinea	deposit	heter.	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Nereididae	Alitta	virens	omnivore	soft	X	X			X	X	X	X	X	X
	Nereididae	Eunereis	longissima	omnivore	soft								X		
	Nereididae	Hediste	diversicolor	omnivore	soft		X		X	X	X	X	X	X	X
	Nereididae	NEREIDINAE	spp.	omnivore	nb	X		X		X	X	X	X	X	X
	Orbiniidae	Scoloplos	armiger	deposit	soft				X	X	X	X	X	X	
	Pholoidae	Pholoe	inornata	omnivore	hard							X			
	Pholoidae	Pholoe	spp.	omnivore	hard							X			
	Phyllodocidae	Eteone	flava	carnivore	soft					X					

Phylum	Familie	Genus	Species	Voedsel	substraat	Vlieter				Breezanddijk				Javaruggen	Molenrak
						2009	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2013	2013	2013
	Phyllodocidae	Eteone	longa	carnivore	soft					X	X	X	X	X	
	Phyllodocidae	Eteone	spp.	carnivore	soft						X				X
	Phyllodocidae	Eumida	spp.	carnivore	soft			X						X	
	Phyllodocidae	Hypereteone	foliosa	carnivore	nb							X			X
	Phyllodocidae	Phyllodoce	mucosa	carnivore	soft			X		X	X	X	X	X	
	Phyllodocidae	Phyllodoce	spp.	carnivore	soft						X				
	Polynoidae	Harmothoe	imbricata	carnivore	hard	X		X		X	X	X		X	X
	Polynoidae	Harmothoe	impar	carnivore	hard					X	X	X	X		
	Polynoidae	Lepidonotus	squamatus	carnivore	hard					X		X			
	Polynoidae	POLYNOINAE	spp.	carnivore	nb					X	X				
	Spionidae	Marenzelleria	viridis	deposit	soft				X	X	X	X	X	X	X
	Spionidae	Marenzelleria	spp.	deposit	soft				X	X					X
	Spionidae	Polydora	ciliata	deposit	hard			X			X	X			
	Spionidae	Polydora	cornuta	deposit	heter.	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Spionidae	Polydora	spp.	deposit	nb				X	X	X		X		X
	Spionidae	Pygospio	elegans	suspension_dep	soft			X		X	X	X	X	X	X
	Spionidae	Spio	martinensis	deposit	soft										X
	Spionidae	Streblospio	benedicti	deposit	soft	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Syllidae	Myrianida	prolifera	carnivore	hard			X			X				X
	Syllidae	Myrianida	spp.	carnivore	hard					X					
	Syllidae	Proceraea	cornuta	carnivore	nb					X					
	Syllidae	Proceraea	prismatica	nb	nb									X	
	Syllidae	Proceraea	spp.	nb	hard								X		
	Terebellidae	Lanice	conchilega	suspension_dep	soft			X		X				X	X
		OLIGOCHAETA	spp.	nb	nb	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Phylum	Familie	Genus	Species	Voedsel	substraat	Vlieter				Breezanddijk				Javaruggen	Molenrak
						2009	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2013	2013	2013
Arthropoda	Archaeobalanidae	Semibalanus	balanoides	suspension	hard									X	
	Austrobalanidae	Austrominius	modestus	suspension	hard	X				X	X		X	X	X
	Balanidae	Amphibalanus	improvisus	suspension	hard		X		X	X	X	X	X	X	X
	Balanidae	Balanus	crenatus	suspension	hard	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Balanidae		spp.	suspension	hard	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Bodotriidae	Bodotria	scorpioides	deposit	soft						X	X		X	X
	Corophiidae	Corophium	arenarium	deposit	soft								X		
	Corophiidae	Corophium	volutator	deposit	soft					X			X		
	Corophiidae	Crassicornophium	bonellii	deposit	soft										X
	Corophiidae	Monocorophium	acherusicum	suspension_dep	hard				X						X
	Corophiidae	Monocorophium	insidiosum	suspension_dep	hard					X			X		X
	Corophiidae	Corophium	spp.	deposit	hard			X					X		X
	Crangonidae	Crangon	crangon	carnivore	soft		X		X	X	X		X		X
	Gammaridae	Gammarus	salinus	deposit	hard					X	X		X	X	
	Gammaridae	Gammarus	spp.	deposit	hard	X									
	Nymphonidae	Nymphon	brevirostre	omnivore	hard								X		
	Portunidae	Carcinus	maenas	carnivore	soft	X		X		X	X	X	X	X	X
	Varunidae	Hemigrapsus	sanguineus	carnivore	hard	X						X	X		
	Varunidae	Hemigrapsus	takanoi	carnivore	hard							X	X		X
	Varunidae	Hemigrapsus	spp.	carnivore	hard								X		X
Mollusca	Calyptraeidae	Crepidula	fornicata	suspension	hard					X	X	X	X	X	X
	Cardiidae	Cerastoderma	edule	suspension	soft	X		X	X					X	X
	Hydrobiidae	Peringia	ulvae	deposit	soft	X		X	X	X		X	X	X	X
	Myidae	Mya	arenaria	suspension	soft	X	X	X	X		X	X	X	X	X
	Myidae	Mya	spp.	suspension	soft			X							

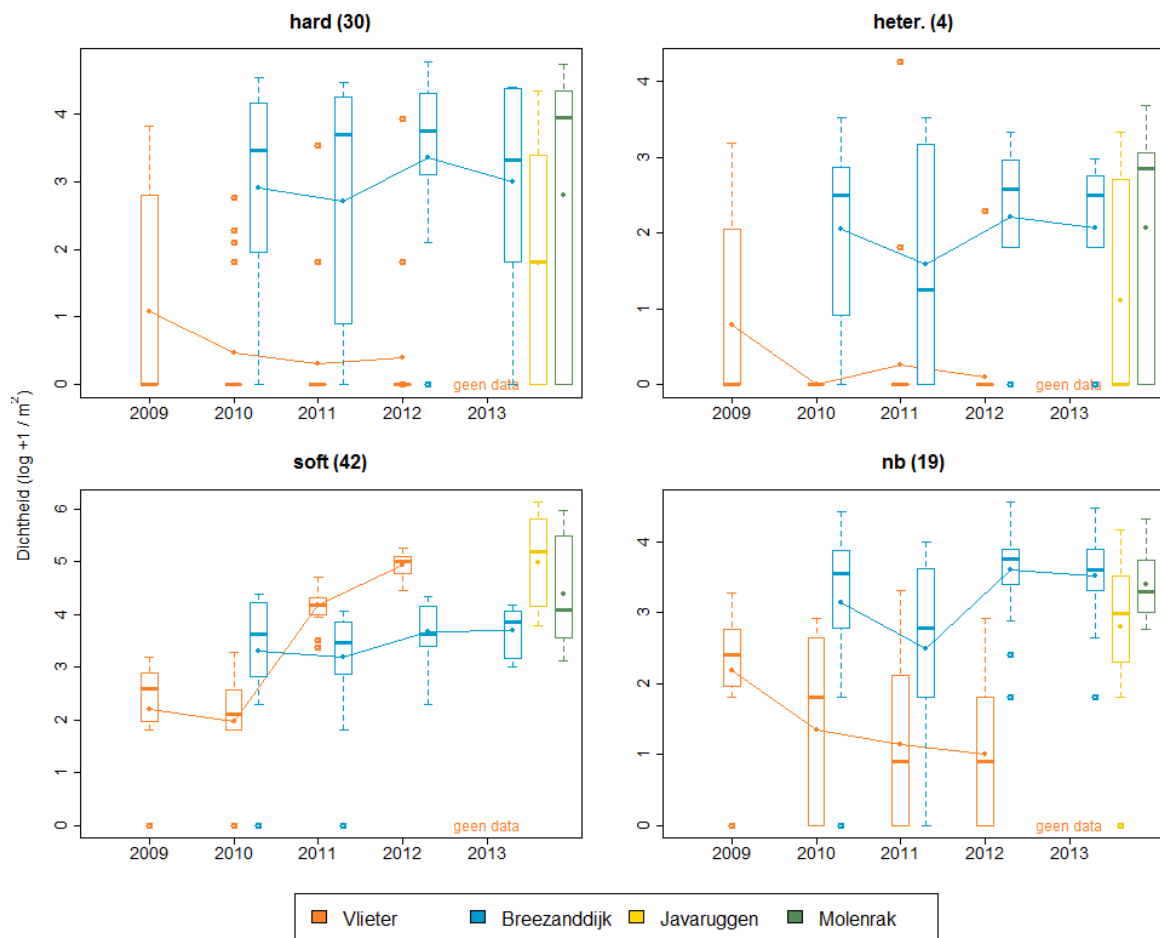
Phylum	Familie	Genus	Species	Voedsel	substraat	Vlieter				Breezanddijk				Javaruggen	Molenrak
						2009	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2013	2013	2013
	Mytilidae	Mytilus	edulis	suspension	hard	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	Ostreidae	Crassostrea	gigas	suspension	hard					X				X	
	Pharidae	Ensis	directus	suspension	soft				X	X		X	X	X	
	Pharidae	Ensis	spp.	nb	nb							X	X		
	Pharidae	Ensis	spp.	suspension	soft							X	X		
	Tellinidae	Macoma	balthica	suspension_dep	soft			X					X	X	X
	Veneridae	Petricolaria	pholadiformis	suspension	heter.									X	X
	Veneridae	Venerupis	corrugata	suspension	heter.							X			
Echinodermata	Asteriidae	Asterias	rubens	carnivore	hard	X								X	
	Ophiuridae	Ophiura	albida	carnivore	soft			X							
	Ophiuridae	Ophiura	ophiura	carnivore	soft	X									
	Ophiuridae	Ophiura	spp.	carnivore	soft	X		X							
Bryozoa		BRYOZOA	spp.	suspension				X	X	X	X	X	X	X	X
Cnidaria		HYDROZOA	spp.	suspension	hard				X		X	X	X	X	X
		ANTHOZOA	spp.	suspension_carn	hard	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chordata		ASCIDIACEA	spp.	suspension	nb			X	X	X	X	X	X	X	X
Nematoda		NEMATODA	spp.	nb	nb						X	X			
Porifera		PORIFERA	spp.	suspension	hard										X

## Bijlage C. Ontwikkeling soortgroepen fijn benthos



Figuur 30. Ontwikkeling van deposit feeders, omnivoren, carnivoren en suspension feeders over de periode 2009-2012 in de Vlieter en Breezanddijk, uitgedrukt in aantallen individuen per m<sup>2</sup>.

Soorten zijn naast de indeling in functionele groepen ook ingedeeld in het substraat type waar zij voornamelijk op/in leven volgens Drent & Dekker 2013. Zie *Figuur 31*.

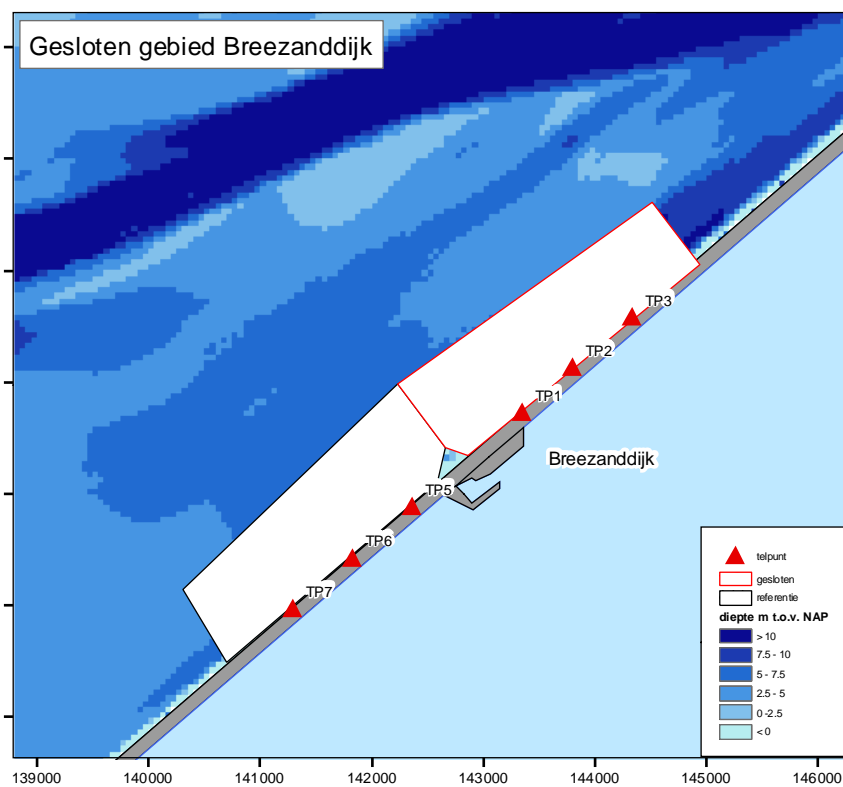


Figuur 31. Ontwikkeling van soorten die gebonden zijn aan verschillende substraattypen; nl. heterogeen (gemengd) substraat, soft substraat, hard substraat en niet bepaald. Tussen haakjes is weergegeven hoeveel soorten elke groep bevat.

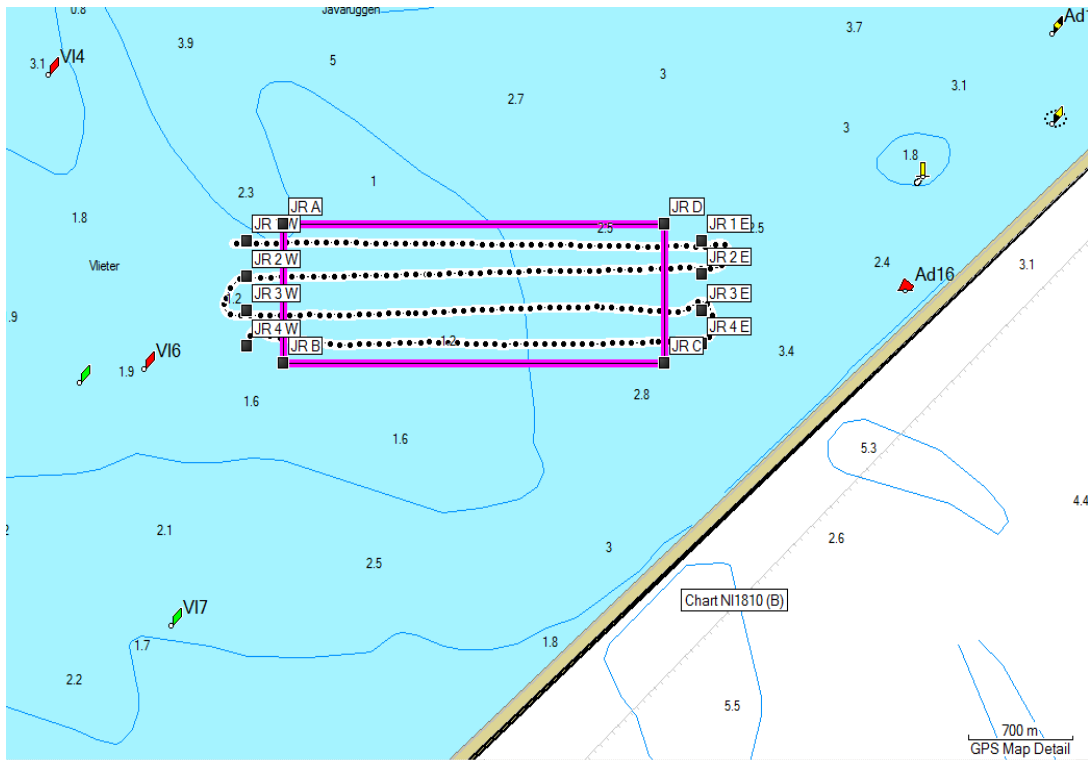
## Bijlage D. Vogeltellingen

De omstandigheden op de teldata zijn weergegeven in Tabel 1. Het weer in de winter 2013/2014 kan beschreven worden als zacht.

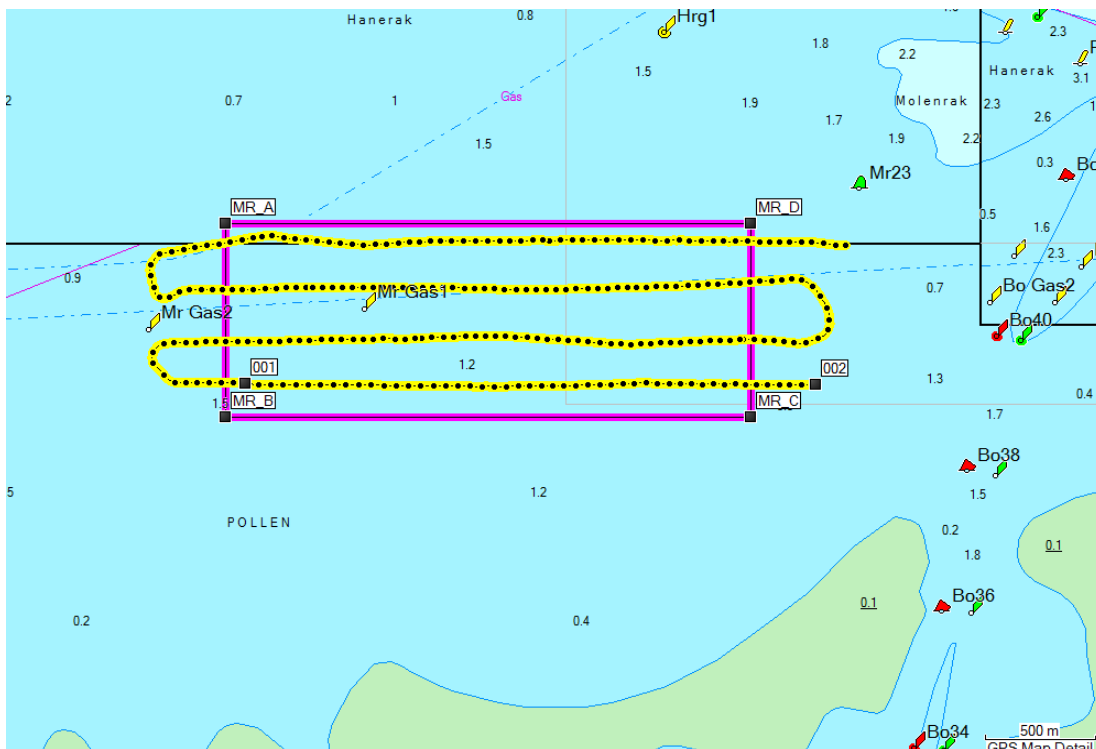
Vanwege werf bezoek van de schepen zijn er een aantal tellingen uitgevallen. Dit gaat om december tellingen op de Javaruggen en de telling van begin januari op het Molenrak.



*Figuur 32. Kaartje met gesloten gebied en referentiegebied Breezanddijk en de ligging van de punten waarop de tellingen zijn uitgevoerd. Het referentiegebied is afgelopen winter niet geteld.*



Figuur 33. Kaartje met voorbeeld vaarroute van de Javaruggen. In paars het gesloten gebied.



Figuur 34. Kaartje met voorbeeld vaarroute van de Molenrak. In paars het gesloten gebied.



Tabel 5. Data waarop tellingen zijn uitgevoerd en de weeromstandigheden. De weergegevens zijn ontleend aan [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) en betreffen daggemiddelden voor De Kooy (Den Helder).

Datum	Plaats / Methode	Temp.	Bewolk.	Zicht (km)	Wind (B)
15-11-13	Molenrak	7.2	2/8	10	N 2
22-11-14	Javaruggen	5.8	8/8	14	NO 3
24-11-13	Breezanddijk	7.3	8/8	15	N 3
04-12-13	Molenrak	7.8	6/8	4.5	W 4
04-12-13	Breezanddijk	7.8	6/8	4.5	W 4
20-12-13	Molenrak	7.2	4/8	10	ZW 5
29-12-13	Breezanddijk	6.8	4/8	18	WZW 4
06-01-14	Breezanddijk	10.3	6/8	4.2	ZZW 6
06-01-14	Javaruggen	10.3	6/8	4.2	ZZW 6
22-01-14	Molenrak	3.2	7/8	2.5	ZZO 3
22-01-14	Breezanddijk	3.2	7/8	2.5	ZZO 3
23-01-14	Javaruggen	4.0	8/8	0.9	Z 3
05-02-14	Javaruggen	6.7	6/8	9	Z 5
06-02-14	Molenrak	7.1	6/8	7	ZZW 6
06-02-14	Breezanddijk	7.1	6/8	7	ZZW 6
20-02-14	Javaruggen	8.2	8/8	2.4	Z 5
22-02-14	Breezanddijk	7.0	4/8	5	ZW 5
24-02-14	Molenrak	7.0	4/8	5	ZW 5
24-02-14	Breezanddijk	4	2/8	0.1 (ca 0.5)	3, N