

Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee

Het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de effecten van de visserij daarop.

M.R. van Stralen, J. Craeymeersch, J. Drent, S. Glorius, J.M. Jansen & A.C. Smaal.

Marinx-rapport 2013.54 – PR6



Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee

Het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de effecten van de visserij daarop

M.R. van Stralen¹, J. Craeymeersch², J. Drent³, S. Glorius², J.M. Jansen² & A.C. Smaal².

¹ MARINX

² IMARES

³ NIOZ



Deze studie is onderdeel van het onderzoek naar de effecten van de mosselvisserij op de natuurwaarden van de westelijke Waddenzee, bekendstaand als het PRODUS-onderzoek. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Producenten Organisatie van de Nederlandse Mosselcultuur.

Het onderzoek is uitgevoerd in nauwe samenwerking met:



IMARES – Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies



Royal Netherlands Institute for Sea Research

Publicatiedatum: 15 april 2013 ..

Contactgegevens: Onderzoeksbureau Marinx
Elkerzeeseweg 77
4322 NA Scharendijke
tel.: 0111-671584
mobiel: 06-44278294
e-mail: marinx@zeelandnet.nl
KvK nr: 20156328

Foto kft: De PRODUS-locatie "BR" op de Breesem (nabij Texel) in het najaar van 2009 en met rechts het voor visserij gesloten vak. De vakken zijn aangelegd in 2006. In de zomer van 2009 heeft opnieuw zaadval plaatsgevonden waarop in het najaar van 2009 is gevestigd. In het najaar van 2010 waren nog inmiddels halfwasmosselen aanwezig. In het voorjaar van 2011 waren alle mosselen verdwenen.
Foto: Marnix van Stralen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Summary.....	5
1. Inleiding en vraagstelling	8
2. Ontwikkeling van het mosselbestand op de PRODUS-vakken	11
2.1 Opzet onderzoek.....	11
2.2. Resultaten	20
2.2.1 Dichtheden en biomassa	20
2.2.2 Arealen.....	32
2.2.3 Lange termijn ontwikkeling in mosselbiomassa en arealen.....	33
2.2.4 Visserij en zaadval	35
3. Voor visserij gesloten mosselbanken Vlieter en Breezanddijk	39
4. Discussie.....	40
5. Referenties.....	47
Bijlage 1. Black box gegevens en visserij-intensiteit	48
B1.1. Inleiding.....	48
B1.2. Opwerking gegevens	48
B1.3. Vaarbewegingen in de referentievakken	50
B1.4. Visserij-inspanning visvakken	53
Bijlage 2. Randeffecten.....	56
B2.1. Inleiding.....	56
B2.2. Methode	56
B2.3. Resultaten	58
B2.4. Discussie.....	60
Bijlage 3. Verwerking commentaar audit commissie	61

Samenvatting

Als grondstof voor de Nederlandse mosselkweek wordt van oudsher gebruikt gemaakt van jonge mosseltjes die van de van nature aanwezige mosselbanken worden opgevist. De Waddenzee is aangewezen als beschermd natuurgebied en daarom is voor het opvissen van dit “mosselzaad” een vergunning nodig in het kader van de Natuurbeschermingswet. Om te kunnen beoordelen of de natuurwaarden van het gebied door de beoogde visserij niet worden aangetast is inzicht nodig in de effecten van de mosselzaadvisserij op de Waddennatuur en meer in het bijzonder voor de instandhoudingsdoelstellingen zoals die in het kader van Natura-2000 voor de Waddenzee zijn geformuleerd. Om reden daarvan is door het ministerie van Economische Zaken en de Producentenorganisatie van de Nederlandse Mosselcultuur in 2006 onderzoek geïnitieerd, het zogenaamde PRODUS-onderzoek.

Onderdeel van PRODUS is een vergelijkend onderzoek op 40 locaties met gepaarde onderzoeksvakken van elk 4 ha en waarbij in het ene vak wel en het andere vak niet mocht worden gevist. De locaties zijn aangelegd in nieuw ontstane zaadbanken. De locaties konden niet allemaal tegelijk worden ingesteld omdat daar voldoende nieuwe zaadbanken voor nodig zijn, hetgeen afhankelijk is van de natuurlijke zaadval en welke van jaar tot jaar sterk varieert. In 2006 is gestart met 10 locaties en het heeft tot het voorjaar van 2010 geduurd voordat alle 40 onderzoekslocaties konden worden aangelegd en ingericht. De mosselzaadvisserij vindt doorgaans tweemaal per jaar plaats, in het najaar op nieuw gevormde zaadbanken, waarbij de visserij zich richt op banken met een grote kans om in de winter te verdwijnen en in het voorjaar waarbij ook op banken in de meer stabiele gebieden wordt gevist. In het onderzoek zijn de effecten van de najaars- en de voorjaarsvisserij apart geanalyseerd.

Naast het onderzoek in de open en gesloten vakken is er in 2008 een Waddenzee brede survey uitgevoerd waarbij de bodemdiersamenstelling in de sublitorale delen van Waddenzee is bepaald. In de periode 2008 – 2010 is daarnaast een vergelijking gemaakt van de bodemdiersamenstelling en omgevingskenmerken van wilde mosselbanken en mosselkweekpercelen. Verder zijn er in 2009 en 2010 twee complete mosselbanken permanent gesloten voor visserij.

Voorliggend rapport behandelt de ontwikkeling van het mosselbestand in de vakken en in de in 2009 en 2010 gesloten banken; dit in relatie tot de gepleegde visserij en met als belangrijkste vragen:

- Hoe ontwikkelt zich de mosselbiomassa met en zonder visserij?
- Is bevissing van invloed op de toekomstige zaadvallen?
- Zijn de vakken van 4 ha groot genoeg in relatie tot het optreden van mogelijke randeffecten?

Informatie over de visserij en de intensiteit daarvan is afgeleid uit de gegevens over positie en vaarsnelheid zoals die met een black box aan boord van de mosselkotters tijdens het vissen wordt geregistreerd. Daaruit blijkt dat op alle vakken dusdanig is gevist dat vrijwel het gehele vak minstens één maal door een mosselkor is geraakt. Op vakken waar weinig of niet is gevist was het mosselzaad bij aanvang van de visserij alweer (zo goed) als verdwenen als gevolg van predatie

door zeesterren. Van de totale visserij-inspanning op de vakken is 85% besteed aan de vangst van mosselzaad, 14% aan de vangst van 1 jaar oude halfwas mosselen en 1% aan de vangst tweejarige mosselen.

Zoals te verwachten leidt visserij tot een verlaging van het mosselbestand. Over de beviste PRODUS-locaties tezamen ligt de langjarig gemiddelde biomassa ongeveer de helft lager dan op de vakken waar niet is gevestigd. Het areaal met mosselen (percentage van de vakken) in dichtheden van ten minste 150 g/m² (grens lonende visserij) neemt nauwelijks af (-10%). Dit hangt samen met het gegeven dat er na de visserij altijd mosselen achterblijven. Het areaal met mosselen in dichtheden boven 1 of 2 kg/m² ligt met visserij jaargemiddeld resp. 40% en 60% lager dan in een situatie waarin niet wordt gevestigd. Het onttrekken van biomassa door visserij leidt dus vooral tot een verlaging van de dichtheden in de banken en niet zo zeer tot het verdwijnen daarvan.

Voor de vakken die in het najaar zijn aangelegd zijn effecten van visserij statistisch niet aantoonbaar. Dit komt omdat de mosselen op deze locaties ook van nature weer snel verdwijnen. Het is juist ook om deze reden waarom deze gebieden onderdeel zijn geweest van de najaarsvisserij. Op de vakken die in het voorjaar zijn bevestigd zijn effecten van visserij wel statistisch aantoonbaar. Zowel de mosselbiomassa als ook de arealen met mosselen met nog hoge dichtheden zijn daarbij tot twee jaar na de visserij statistisch significant lager dan in de situatie dat er niet is gevestigd. Zowel binnen de onderscheiden najaars- als binnen de voorjaarsvakken blijkt de ontwikkeling van het mosselbestand van plaats tot plaats sterk te kunnen verschillen. Op 3 van de 40 locaties hebben zich daarbij hoge mosselbiomassa's weten te ontwikkelen. Op de mogelijke oorzaken en betekenis daarvan wordt in hoofdstuk 4 nader ingegaan.

Van de in 2009 en 2010 gesloten zaadbanken is de bank in de Vlieter in enkele jaren weer verdwenen als gevolg van predatie door zeesterren. De in 2010 gesloten bank bij Breezanddijk was in het voorjaar van 2012 nog aanwezig.

Bij de zaadval van mosselen kan onderscheid worden gemaakt tussen de meer uitbundige (type 1) broedval zoals die gemiddeld om het jaar plaatsvindt en leidt tot nieuwe banken en de "achtergrondzaadval" (type 2) zoals die altijd wel plaats vindt in de vorm van zaad dat zich vestigt tussen reeds aanwezige mosselen.

Zaadval van het type 1 vindt vaak plaats op locaties waar op dat moment geen mosselen voorkomen. Effecten van visserij op de type-1 zaadval zijn statistisch niet aantoonbaar. Wanneer er sprake zou zijn van een verband tussen zaadval en de aanwezigheid van meerjarige mosselen lijkt dat eerder negatief dan positief. In dat geval zou het onttrekken van oudere mosselen de zaadval eerder stimuleren dan remmen.

De zaadval van het type 2 blijkt positief gerelateerd aan de aanwezigheid van meerjarige mosselen, waarbij vanaf een biomassa meerjarige mosselen van ca 100 g/m² de zaadval beter is dan bij lagere mosseldichtheden. Bij verder toenemende biomassa's

neemt de zaadval echter niet verder toe. Effecten van visserij blijken ook op de achtergrondzaadval niet aantoonbaar. Dit is ook begrijpelijk omdat bij visserij altijd mosselen achterblijven in dichtheden tot 150 gram per m² (visserij bij een lagere dichtheid is niet meer lonend) en hogere dichtheden meerjarige mosselen niet leiden tot meer zaadval.

Samenvattend kunnen de oorspronkelijke onderzoeksvragen als volgt worden beantwoord:

1 – Zijn er verschillen in mosselbiomassa tussen voor visserij opengestelde en gesloten onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze eventuele verschillen zich over de jaren?

Visserij leidt tot een verlaging van de het mosselbestand en de arealen waarin deze voorkomen. Direct na de **voorjaarsvisserij** zijn er statistisch significant minder mosselen op de visvakken vergeleken met de referentievakken. Deze verschillen worden daarna minder groot maar zijn na twee jaar nog zichtbaar. Direct na de **najaarsvisserij** zijn er geen significante verschillen tussen vis- en referentievakken. Dit komt omdat de najaarsvisserij plaats vindt op nieuw ontstane zaadbanken op instabiele locaties, waar ook in de referentie vakken de mosselen in het algemeen weer snel verdwijnen..

Uit de tijdreeksen blijkt dat er 5 jaar na het ontstaan van de banken vrijwel geen meerjarige mosselen meer over zijn. Op de najaarvakken waren de mosselen allemaal verdwenen. Op de voorjaarsbanken zijn op nog 20 % van de bemonsterde vakken mosselen aangetroffen, waarbij er geen verschil meer was tussen de beviste en referentievakken.

2 – Zijn er verschillen in mosselzaadval tussen beviste en onbeviste onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze verschillen zich over de jaren?

Omvangrijke mosselzaadval (type 1) is niet gecorreleerd met dichtheden aan bestaande mosselen. Zaadval in geringe dichtheden (tot 150 zaadjes per m², type 2) lijkt juist wel te midden van bestaande mosselen plaats te vinden. Er is geen verschil waargenomen in zaadval op de referentie- en visvakken. Dat is in lijn met het gegeven dat voor type-2 de zaadval niet verder toeneemt bij dichtheden meerjarige mosselen boven 100 g/m² en dat dergelijke dichtheden mosselen ook wanneer er wordt gevisd altijd wel aanwezig blijven. Er zijn daarmee geen aanwijzingen dat de mosselzaadvisserij van invloed is op de latere zaadvallen.

D - Zijn de vakken van 4 ha groot genoeg in relatie tot het optreden van mogelijke randeffecten?

Op de referentievakken bleken gradiënten in mosseldichtheid aantoonbaar, maar de patronen daarin blijken niet gerelateerd aan mogelijke effecten van de visserij rondom de vakken. Het eigenlijke onderzoek heeft daarbij plaatsgevonden ruim binnen de grenzen van het vak, waarbij een bufferzone van 50 m is aangehouden. Er zijn daarmee geen aanwijzingen dat het optreden van randeffecten de uitkomsten van het onderzoek wezenlijk kan hebben beïnvloed.

Summary

The Dutch mussel farming industry is based on the use of young mussels fished from naturally occurring mussel beds as raw material. The Wadden Sea is a designated protected area, and therefore the uptake of this mussel spat needs a permit under the Nature Conservation Act. In order to assess whether the natural values of the area will be affected by the fishery, insight is needed into the effects of mussel fishery on the nature in the Wadden Sea, and more particularly for the conservation objectives set out in the framework of Natura 2000 for the Wadden Sea. Therefore the Ministry of Economic Affairs and the Producer Organisation of Dutch mussel survey initiated the research project 'PRODUS' in 2006.

Part of PRODUS is a comparative study at 40 sites with paired, adjacent research plots of 4 ha each, one of which was open to fishing the other completely closed to fishing. The sites were positioned in newly developed mussel spat beds. These study sites could not all be established at the same time because there needed to be enough new spat in each area, which depends on natural spat fall, and this varies significantly from year to year. In 2006 the sampling started in 10 sites, then the number of sites increased each year from 2010 to eventually include 40 sites. Mussels are generally fished twice a year; in the autumn on the newly formed spat beds, particularly in beds that are relatively unstable and therefore have a greater chance of disappearing in winter; and a second time following the spring, in the remaining beds in the more stable areas. In the study, the effects of the autumn and the spring fishery were analyzed separately.

Parallel to the research in open and closed plots was a Wadden Sea wide survey conducted in 2008 in which the benthic composition in the sublittoral areas of Wadden Sea was determined. In the period 2008 - 2010 a comparison was also made of the benthic composition and environmental characteristics of wild mussel beds and cultured mussel plots. Furthermore, in 2009 and 2010 some of the larger mussel beds were permanently closed to fishing, and a study was conducted to investigate what the consequences for these mussel beds were.

The present report deals with the development of the mussel stock in each of the sites, in the mussel beds that were closed in 2009 and 2010 and their backgrounds in relation to fishing, with the most important questions being:

- How does the mussel biomass develop with and without fishing?
- Does overfishing affect the future spat fall?
- Are the plots of 4 ha large enough considering the occurrence of possible edge effects?

The fishing effort was determined based on data of fishing boat movements, registered by an on-board black box. From this data it was determined that almost all sites were fished throughout, and that each plot was visited at least once by a fishing boat. In the plots where there was little or no fishing recorded, the mussel spat had almost disappeared due to predation by sea stars. Of the total fishing effort on the sites, 85% of the catch was mussel spat, 14% of the catch was of one year old, half-grown mussels and 1% of the catch was two year old mussels.

As expected, the mussel fishery led to an immediate decrease in the mussel stock. When considering the fished PRODUS locations together, the long-term average biomass in the fished plots was about half that of the plots which were not fished. The areas with mussels (percentage of plots) in densities of at least 150 g/m² (minimum practical density for a still profitable fishery) barely decreased (-10%). This is due to the fact that some mussels always remained after the fishing. The areas with mussels in densities above 1 or 2 kg/m² are on average of 40% and 60% lower in fished areas than in areas that were not fished. The extraction of mussel biomass by fishing therefore leads mainly to a reduction in the densities of the banks, and not so much the disappearance thereof.

For the locations where sampling began in the autumn there was no statistically demonstrable effects of fishing. This is because the mussels at these locations also quickly disappear naturally. It was precisely for this reason that these areas were part of the autumn fishery. However, in the plots that were fished in the spring both mussel biomass as well as the area with a high density of mussels were statistically significantly lower up to two years after the fishery than in plots that were not fished.

The development of the mussel stock varied greatly, even within the separated autumn and spring fishing seasons. A high biomass of mussel stock developed in three of the 40 locations. The possible causes and significance of this is discussed further in Chapter 4.

Of the mussel spat beds that were closed in 2009 and 2010, the bank in the Vlieter disappeared due to predation by starfish in some years. The bed at Breezanddijk that was closed in 2010 was still intact in the spring of 2012.

A distinction in the spat fall of mussels can be made between the more 'exuberant' (type 1) spawning that occurs on average every two years and leads to new mussel beds, and the 'background' (type 2) spawning that occurs annually and leads to spat falls in existing mussel beds.

Type 1 spat falls often take place at locations where no mussels occur at that time. No effects of fishing on the type-1 spat falls could be found. If there was a link between these spat falls and the presence of older mussels, it seems that it would be negative rather than positive. In this case, the extraction of the older mussels would more likely stimulate the spat fall rather than hinder it.

Type 2 spat falls were positively related to the presence of older mussels. The spat fall was greater where there was a biomass of existing older mussels over 100 g/m², than in areas with lower mussel densities. However, a further increase in biomass did not increase the spat fall. There was no detectable effect of fisheries on these background spat falls. This is understandable because after fishing, mussels always remained in densities above 150 g per m² and a higher density of older mussels did not lead to more spat fall.

In summary, the original research questions are answered as follows:

1 - Are there differences in mussel biomass between research plots that are opened and closed for fishing? and how do these potential differences develop over the years?

Fishing leads to a decrease in the mussel stock and the area in which they occur. Immediately after the **spring** fishing there are statistically significantly fewer mussels in the fished plots compared with the reference plots. These differences reduce, but are still visible after one year. After the **autumn** fishery there were no significant differences between the fished and reference plots. This is because the fishing occurs on new mussel spat in unstable beds where the numbers of mussels in the reference plots also decline. From the time series there were virtually no older mussels after about 5 years; the autumn mussel beds were all gone, and of the spring mussel beds on 20% of the longest running study locations mussels were found. Here there was no difference between the fished and reference plots.

2 - Are there differences in spat fall between fished and unfished research plots? and how do these differences develop over the years?

Large spat falls (type 1) are not correlated with the densities of existing mussels. However, low density spat falls (up to 150 seeds per m², type 2) do seem to occur in the midst of existing mussels. There was no difference observed in spat fall on the reference and fished plots. This is consistent with the observation that the type 2 spat falls do not increase further with an increase in densities of older mussels above 100 g/m², and that these densities remain after fishing. There is thus no evidence that the mussel fishery affects the subsequent spat fall.

D - Are the plots of 4 ha large enough, considering the occurrence of possible edge effects?

In the reference plots gradients in mussel density were detected, but the patterns appear to be unrelated to possible effects of fishing around the plots. The actual research has taken place well within the limits of the plots with a buffer zone of 50 m. There is thus no evidence that edge effects influence the outcome of the investigation.

Met dank aan Anneke van de Brink van IMARES voor deze vertaling.

1. Inleiding en vraagstelling

Als grondstof voor de Nederlandse mosselkweek wordt van oudsher gebruikt gemaakt van jonge mosseltjes die van de van nature aanwezige mosselbanken worden opgevisst. De Waddenzee is aangewezen als beschermd natuurgebied en er is voor het opvissen van dit “mosselzaad” een vergunning nodig in het kader van de Natuurbeschermingswet. Om te kunnen beoordelen of de natuurwaarden van het gebied door de beoogde visserij niet worden aangetast is inzicht nodig in de effecten van de mosselzaadvisserij op de Waddennatuur en meer in het bijzonder voor de instandhoudingsdoelstellingen zoals die in het kader van Natura-2000 voor de Waddenzee zijn geformuleerd (LNV, 2009b). Door het ministerie van Economische Zaken en de Producentenorganisatie van de Nederlandse Mosselcultuur is daartoe in 2006 onderzoek geïnitieerd, het zogenaamde PRODUS-onderzoek.

Het PRODUS-onderzoek is onderverdeeld in meerdere deelprojecten (IMARES, 2005). Voorliggend rapport is onderdeel van deelproject 3. “Sublitorale natuurwaarden” met als kernvraag in hoeverre zich in de Waddenzee meerjarige sublitorale mosselbanken en samenhangende natuurwaarden kunnen ontwikkelen als functie van mosselzaadvisserij. Voortvloeiend uit het schelpdierbeleid zoals dat in 2004 is geformuleerd in “Ruimte voor een zilte oogst” (LNV, 2004), zijn daarbij de volgende deelvragen gesteld:

- Kunnen zich meerjarige sublitorale mosselbanken en samenhangende natuurwaarden ontwikkelen bij afwezigheid van mosselzaadvisserij?
- Wat zijn de effecten van mosselvisserij op de mosselzaadval in latere jaren?
- Wat zijn de karakteristieken van de huidige sublitorale natuurwaarden?
- Wat zijn de verschillen in natuurwaarden van mosselpercelen en wilde mosselbanken?

Het onderzoek is uitgevoerd door een onderzoeksconsortium bestaande uit IMARES als trekker, het NIOZ, bureau Kersting en MARINX. Ter voorbereiding van het onderzoek is een uitgebreid onderzoeksplan opgesteld, met daarin een verkenning van de reeds beschikbare kennis en een aantal voorstudies (Ens, 2007). Het plan is opgesteld in nauwe samenspraak met de opdrachtgevers, gericht op het bereiken van een (ook qua middelen) doelmatige onderzoeksopzet.

Voor het kwantificeren van de directe effecten van visserij op de mosselen en daaraan gekoppelde biodiversiteit is gekozen voor een paarsgewijze vergelijking van een veertigtal voor visserij gesloten en open onderzoeksvakken die voor en na de visserij zijn bemonsterd (BACI-opzet). Om inzicht te krijgen in het herstel van het mosselbestand en de daaraan geassocieerde biodiversiteit zijn de vakken gedurende de looptijd van het onderzoek verder gevolgd. Naast het effectonderzoek op de vakken is op basis van monsternames een vergelijking gemaakt van de biodiversiteit op wilde mosselbanken en op mosselkweekpercelen. Een derde deelstudie betreft de herhaling van het onderzoek naar de biodiversiteit in de Waddenzee in 1981 – 1982, waarmee inzicht wordt gekregen in de lange termijn veranderingen in de soortensamenstelling van de bodemleven in de Waddenzee.

In het onderzoeksplan zijn de eerder genoemde vragen als volgt nader gepreciseerd:

1. Zijn er verschillen in mosselbiomassa tussen voor visserij opengestelde en gesloten onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze eventuele verschillen zich over de jaren?
2. Zijn er verschillen in mosselzaadval tussen beviste en onbeviste onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze verschillen zich over de jaren?
3. Is er een relatie tussen mosselbiomassa en biodiversiteit (sublitorale natuurwaarden) en hoe verhoudt deze relatie zich tot de beviste en onbeviste vakken?
4. Wat zijn de biodiversiteitskarakteristieken van de huidige sublitorale natuurwaarden op mosselpercelen, onbeviste sublitorale mosselbanken, beviste sublitorale mosselbanken en gebieden zonder mosselen?

Naar aanleiding van een externe audit in 2008 van het project (LNV, 2008-b) zijn daar nog drie vragen aan toegevoegd:

- A. Is het aantal vakken toereikend is voor het bepalen van de effecten van de mosselzaadvisserij op bodemdieren?
- B. Zijn de vakken van 4 ha groot genoeg in relatie tot het optreden van mogelijke randeffecten?
- C. Wat zijn de effecten van mosselzaadvisserij op de abiotische aspecten van het habitat?

Bij de start van het PRODUS project is er een literatuurstudie uitgevoerd met als vraag wat sublitorale natuurwaarden zijn van de Waddenzee, met name van mosselbanken, en wat mogelijke effecten zijn van mosselzaad visserij. Uit Ens *et al.*, 2007 blijkt dat er over het ontstaan en de ontwikkeling van oudere stabiele sublitorale mosselbanken weinig bekend is (zie ook Essink *et al.* 2005). Voor de vestiging van benthische soorten zoals mosselen spelen, naast abiotische factoren als sediment type, temperatuur en waterbewegingen, ook biotische factoren een grote rol (Dankers *et al.* 1981). Een mogelijke factor die van belang kan zijn voor vestiging van jonge mosseltjes is het reeds voorkomen van individuen van dezelfde soort. Sublitorale mosselen zijn over het algemeen groter en minder overgroeid met pokken dan mosselen in het litoraal. Dit komt waarschijnlijk door predatie door jonge zeesterren en strandkrabben (Buschbaum 2002). Grote zeesterren zijn in het sublitoraal belangrijke predatoren van mosselen en kunnen in de mosselpercelen voor aanzienlijk economische schade zorgen. Mosselbanken zijn relatief rijk zijn aan soorten en kunnen worden gekarakteriseerd als hotspots voor biodiversiteit. De beschikbare literatuur, waarvan een overzicht wordt gegeven in Smaal *et al.* 2013, biedt echter weinig aanknopingspunten voor het duiden van de effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale mosselzaadbanken, zeker waar het gaat om de ontwikkeling van het mosselbestand zelf. Effecten van mosselvisserij op het mosselbestand zijn onderzocht in het in het Deense Limfjorden (Dolmer & Frandzen, 2002). Dit betreft de effecten van de visserij op grote mosselen voor de markt, en niet de mosselzaadvisserij. Uit het onderzoek blijkt onder meer dat met het opvissen van de mosselen hard substraat wordt verwijderd waardoor er veranderingen in het habitat optreden die ongunstig zijn voor de epifauna. Anderzijds vond men geen effecten van open versus gesloten gebieden voor vissen en bodemdieren (Hoffmann & Dolmer, 2000). De beschikbare literatuur biedt dus weinig aanknopingspunten voor het duiden van de effecten van visserij op sublitorale mosselzaadbanken en het verplaatsen van de mosselen naar kweekpercelen. Dit betekent dat het verzamelen van veldgegevens en een methodische studie van

mogelijke effecten noodzakelijk is om tot onderbouwde antwoorden op de gestelde vragen te komen. In het PRODUS-onderzoek is daar invulling aan gegeven.

Voorliggend deelrapport handelt over de ontwikkeling van het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de invloed van de visserij daarop en gaat daarmee in op de onderzoeksvragen 1 en 2. In het verlengde daarvan wordt in dit rapport ingegaan op de visserij-inspanning zoals die kan worden afgeleid uit de registraties met de black box. Verder zijn gradiënten in mosseldichtheden binnen de onderzoeksvakken geanalyseerd als indicatie voor mogelijke randeffecten, waarmee ingegaan wordt op vraag B. Voor de andere vragen wordt verwezen naar de rapportages van de andere deelstudies en het samenvattende eindrapport (Smaal et al., 2013).

De vraag in hoeverre zich in de Waddenzee meerjarige sublitorale mosselbanken kunnen ontwikkelen als functie van mosselzaadvisserij staat in dit rapport dus centraal. Bij mosselzaadvisserij wordt het merendeel van de vangst weer uitgezaaid op percelen in de Waddenzee om daar verder te worden opgekweekt en leidt daar tot een toename van het areaal en bestand met mosselen. Op enig moment worden ook deze mosselen weer opgevist om als halfwas of marktwaardige mosselen te worden afgevoerd naar Zeeland. Voor het voedselaanbod voor vogels als eidereenden is de vraag relevant of dit systeem van vissen, kweken en afvoeren (VKA) per saldo leidt tot een toe- of afname van het bestand aan mosselen in de Waddenzee. Deze vraag is onderdeel van deelproject 1A van het PRODUS-onderzoek ("Effect van mosselzaadvisserij en beheer van mosselen op het mosselbestand in het sublitoraal van de Waddenzee") en is in dit rapport dus niet aan de orde. Dit geldt ook voor de evaluatie en actualisering van de zogenaamde "stabiliteitskaart" (ALTErrA, 2005), welke onderdeel is van deelproject 1B ("Beheer instabiele zaadbanken").

Leeswijzer

In het rapport komen achtereenvolgens aan de orde

- De ontwikkeling van het mosselbestand op de PRODUS-vakken. Dit is het meest omvangrijke deel van het onderzoek en daarmee van dit rapport (**hoofdstuk 3**).
- De ontwikkeling van het mosselbestand op twee mosselbanken die zijn gesloten in het kader van de mosseltransitie in de Vlieter en nabij Breezanddijk en welke worden onderzocht binnen het project Mosselwad (**hoofdstuk 4**).
- De analyse van de black box gegevens als bron van informatie over visserij-inspanning op de onderzoeksvakken en daarmee ook als check dat in de referentievakken daadwerkelijk niet is gevestigd (**bijlage 1**).
- Analyse naar de mogelijke uitstraling van visserijeffecten naar de referentievakken, de zogenaamde randeffecten (**bijlage 2**).

De twee laatste deelstudies zijn deze opgenomen als bijlagen omdat zij ondersteunend zijn aan het onderzoek.

- In **hoofdstuk 5** volgt een discussie over de uitkomsten in dit rapport. De koppeling met de andere deelstudies vindt plaats in het samenvattende eindrapport (Smaal et al., 2013) en is dus geen onderdeel van dit rapport.

2. Ontwikkeling van het mosselbestand op de PRODUS-vakken

2.1 Opzet onderzoek

Paarsgewijze vergelijking beviste en onbeviste vakken.

De effecten van visserij op het mosselbestand zijn onderzocht door een paarsgewijze vergelijking van naast elkaar gelegen onderzoeksvakken waarbij één van de vakken gesloten blijft voor visserij en op het andere vak mag worden gevist. Beide worden per locatie verder aangeduid als het “referentie-” en “visvak”.

Gebaseerd op een poweranalyse (Ens et al., 2007) en een studie naar mogelijke randeffecten (Fey et al., 2006) is gekozen voor een opzet met 40 proeflocaties met elk twee vakken van 4 ha (Smaal et al., 2013).

Locatiekeuze

De locaties zijn aangelegd op plaatsen waar regelmatig mosselbanken voorkomen en waar op dat moment nieuwe nog onbeviste zaadbanken aanwezig waren. De ligging van de locaties binnen deze banken (1 per bank) is bepaald op praktische overwegingen (voldoende ruimte, homogeniteit van de locatie ten aanzien van diepte/ stroming/ mosseldichtheid, mogelijkheid tot uitbakenen, etc), waarna de “behandeling” van de deelvakken “bevist” en “onbevist” is gerandomiseerd. De ontwikkeling van het mosselbestand in de vakken is gevolgd vanaf het moment van aanleg kort (enkele weken) voor de eerste visserij (T0) tot aan de laatste metingen in het voorjaar van 2012. In de vakken zijn daartoe twee transecten gelegd (dus 4 transecten per locatie) en repeterend bemonsterd.

In het voorjaar van 2009 en 2010 zijn het kader van de mosseltransitie twee mosselbanken gesloten voor de visserij in de Vlieter en nabij Breezanddijk. Daarmee is er tevens een bron van informatie over de ontwikkeling van hele mosselbanken wanneer er niet wordt gevist. De ontwikkeling in deze banken is onderwerp van studie binnen het project Mosselwad (Jansen et al., 2012-a en 2012-b), waarvan uitkomsten worden besproken in **hoofdstuk 4**.

In **figuur 1** is de ligging van de 40 vakken en de gesloten gebieden Vlieter en Breezanddijk in kaart weergegeven. Het moment van aanleg van de vakken en de gebieden en de momenten waarop deze zijn bemonsterd is weergegeven in **tabel 1**.

De visserij.

De visvakken zijn bevist als onderdeel van de reguliere mosselzaadvisserij. In de praktijk houdt dat in dat de gehele bank is opengesteld en bevist conform de op dat moment geldende afspraken in het visplan, met uitzondering van het referentievak.

De reguliere mosselzaadvissers vinden tweemaal per jaar plaats, in het najaar en in het voorjaar. De visserij in het najaar richt zich op zaadbanken waarvan de kans groot is dat zij de winter niet overleven. Dit zijn de zaadbanken in de cat. 1 en 2 op de stabiliteitskaart, en in cat. 3 wanneer daar grote hoeveelheden zeesterren of destabiliserend slib aanwezig blijken te zijn. Tijdens de voorjaarsvisserij worden ook de meer stabiel gelegen zaadbanken (rest cat. 3 en cat. 4 en 5) opengesteld voor visserij. Op de banken die in het najaar zijn opengesteld kan in het voorjaar dus voor een tweede maal worden gevestigd, hetgeen ook gebeurt op plaatsen waar achtergebleven mosselzaad in het najaar de winter heeft overleefd. De achtergronden bij het regime rond de mosselzaadvissers en de afspraken die bij zijn gemaakt zijn vastgelegd in het Plan van Uitvoering Mosselconvenant (LNV, 2008-a & 2009-b).

Er is dus een tweedeling binnen de PRODUS-locaties ten aanzien van de van nature aanwezige overlevingskansen, namelijk de relatief instabiel gelegen locaties: die kunnen in het najaar worden bevestigd en de relatief stabiel gelegen locaties waar in het voorjaar met de visserij wordt gestart. Beide categorieën worden in dit rapport daarom apart geanalyseerd onder de kopjes “**najaarsvakken**” en “**voorjaarsvakken**”.

Black box.

Waar en hoe lang er is gevestigd is afgeleid uit de gegevens zoals die aan boord van de schepen met de zogenaamde black-box worden vastgelegd. Uitgaande daarvan is ondermeer berekend welk deel van de vakken uiteindelijk daadwerkelijk is bevestigd, gedefinieerd als minstens 1x geraakt met een mosselkor. De gegevens zijn ook gebruikt om te valideren of de referentievakken gevestigd zijn gebleven van visserij. Daarbij is geconstateerd dat in drie gevallen in de referentievakken is gevestigd. Dit betreft de locaties **TX-o1** en **BS-w**, welke geheel zijn komen te vervallen en de locatie **DB** in het voorjaar van 2009 op halfwas is gevestigd en waarmee de locatie vanaf juni 2009 niet meer in de analyses is meegenomen (zie ook **tabel 1**). Voor de verdere achtergronden bij de black box gegevens en de opwerking daarvan naar wordt verwezen naar **bijlage 1**.

Start veldonderzoek

Het veldonderzoek is gestart in het voorjaar van 2007. Omdat er in 2006 slechts op 1 plaats (Visjagersgaatje) een nieuwe zaadbank was ontstaan is besloten om naast één locatie in het Visjagersgaatje (VJG) te starten op 9 locaties met op dat moment nog substantiële maar wel al beviste bestanden halfwasmosselen afkomstig van de broedval van 2005. Dit betreft de locaties **BR, LW, TX-w, VL-z, AD-w, SO, ST, MR-w en MR-o**. Op vier van deze locaties heeft later opnieuw zaadval plaatsgevonden (zie overzicht **tabel 1.1**), hetgeen betekent dat voor deze locaties de ontwikkeling van het mosselbestand met en zonder visserij alsnog vanuit een ongestoorde nulsituatie kon worden gevolgd. In de jaren na 2006 zijn meer, maar nog steeds op beperkte schaal nieuwe zaadbanken ontstaan. Het gevolg daarvan is dat het tot het voorjaar van 2010 heeft geduurd voordat alle 40 onderzoekslocaties konden worden aangelegd. De locaties zijn voor het laatst bemonsterd in het voorjaar van 2012.

Frequentie bemonsteringen.

De beschikbare tijd en middelen waren niet toereikend om alle vakken voor en na elke visperiode te bemonsteren. Op zich is dat ook niet nodig, gegeven dat na verloop van tijd op veel vakken niet meer is gevisst. De beschikbare scheepstijd is zodanig ingezet dat op locaties met visserij altijd voor en na de visperiode is gemonsterd en voorts dat alle locaties minstens 1 maal zijn bemonsterd in het voorjaar. Dit betekent dat:

1. De nieuw aangelegde locaties altijd voor en na de visperiode zijn bemonsterd.
2. De locaties die in het najaar zijn aangelegd in het voorjaar altijd opnieuw 2 maal (voor en na de voorjaarsvisserij) zijn bemonsterd.
3. Locaties met op een later moment nog hoeveelheden halfwas of meerjarige mosselen die interessant zijn voor de visserij altijd zijn bemonsterd.
4. In geval er op de locaties nieuwe zaadval plaats heeft gevonden, ook dan is altijd voor en na de visserij gemonsterd.
5. Alle locaties in het voorjaar minstens 1 maal zijn bemonsterd.

Een uitzondering op punt 5 is de bemonstering in het voorjaar van 2012. Het veldprogramma voor PRODUS was toen inmiddels afgesloten en de bemonstering van de vakken is toen uitgevoerd als onderdeel van de jaarlijkse bestandsopname van mosselen. Gegeven de beschikbare tijd zijn daarbij alleen de locaties bemonsterd waar een jaar eerder (voorjaar van 2011) nog mosselen in dichtheden van betekenis voor kwamen. Van de locaties die in het voorjaar van 2012 niet zijn bemonsterd zijn de dichtheden geschat, uitgaande van de metingen in 2011 en onder de aanname dat de proportionele verandering (afname) in biomassa op deze locaties dezelfde is als op de locaties die in 2012 nog wel zijn bemonsterd. Het gaat bij deze schattingen om op zich zeer geringe hoeveelheden mosselen: van 0 tot 7 ind./ m² en biomassa's tot 62 gram /m². Zie verder **tabel 1** voor het monsterschema.

Monstername

De dichtheid en biomassa mosselen op de vakken is bepaald door het nemen van monsters met een zuigkor voor kokkels of een bodemschaaf zoals dat ook bij de bestandsopnamen van mosselen in het voorjaar gebeurt. Van de zuigkor is de breedte van het mes versmald tot 20 cm en zijn de kor en de spoelmolen voorzien van gaas met een maaswijdte van 5 mm. Op ieder monsterpunt (transect) is gesleept over een afstand van ca. 100 m, waarbij de werkelijk afgelegde afstand is vastgesteld met GPS (zuigkor) of loopwiel (schaaf). Op elk vak liggen dus 2 van deze transecten en dus 4 per locatie. Locaties dieper dan 8 m zijn bemonsterd met een bodemschaaf, een vergelijkbaar vistuig dat wordt voortgesleept aan een visdraad.

Het bemonsteren over een transect heeft ten opzichte van bemonstering met bodemhappers als voordeel dat een relatief groot bodemoppervlak (ca. 20 m²) wordt bemonsterd, waardoor ook van patchy mosselvoorkomens en/of bij lage mosseldichtheden efficiënt betrouwbare schattingen van de dichtheden mosselen ter plekke kunnen worden gemaakt. Ook de zeldzamere soorten worden op deze wijze sneller gevonden, hetgeen vooral van belang is voor het onderzoek aan vissen en de zeldzamere bodemdieren. De bemonsteringen zijn uitgevoerd met de kokkelvaartuigen YE42 en

YE172 en met assistentie aan boord van medewerkers van de Wadden-unit van het ministerie van EZ.

Naast de bemonstering van de vakken met de zuigkor en de schaaf is een deel van de vakken bemonsterd met een box-core en hebben sonarmetingen plaatsgevonden. Voor de achtergronden en uitkomsten van deze metingen wordt verwezen naar de betreffende rapporten (Smaal et al., 2013).

Verwerking vangst

Anders dan bij de mosselinventarisaties is steeds de gehele vangst doorzocht op soorten die voorkomen in lage dichtheden, zoals vissen. De hoeveelheden mosselen en meer algemene macrofaunasoorten zijn bepaald op basis van deelmonsters uit de vangst. De mosselen zijn daarbij onderverdeeld in zaad (mosselen van de meest recente zaadval), halfwas mosselen (meerjarige mosselen kleiner dan 4.5 cm, c.q. wanneer duidelijk is dat betreffende mosselen dateren van de zaadval een jaar eerder) en meerjarige mosselen (oudere mosselen en inmiddels groter dan 4.5 cm). Uitgaande van het bemonsterde oppervlak zijn de opgeviste hoeveelheden mosselen en andere soorten omgerekend naar aantallen en biomassa's levend versgewicht per m².

Nieuwe zaadval

Mosselzaadval is in twee categorieën te verdelen, de uitbundige broedvallen die leiden tot nieuwe zaadbanken, en de “achtergrondbroedval” van kleine hoeveelheden mosselzaad in bestaande mossel- en oestervoorkomens. Het eerste type broedval vormt de basis voor nieuwe banken. Uit een historische analyse over de periode 1955 – 2001 (van Stralen, 2002) blijkt dat er in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee gemiddeld elke 2 jaar substantieel broedval plaats vindt die resulteert in nieuwe zaadbanken. Het tweede type zaadval, waarbij van het mosselzaad alleen dat deel overblijft dat zich vooral in bestaande banken heeft gevestigd, vindt in de meeste jaren wel plaats. Waarschijnlijk wordt predatie verhinderd door de beschutting te midden van schelpresten, byssusdraden e.d. , waardoor het zaad dat zich daar vestigt nog de beste kansen heeft vraat door bijvoorbeeld garnalen en krabben te ontlopen (McGrorty, 1990). De dichtheden mosselzaad zoals die in de PRODUS-vakken op T0 is aangetroffen laat ook duidelijk een tweedeling in dichtheden zaad zien (**figuur 8**). Op grond daarvan zijn beide typen zaadval nader gedefinieerd als dichtheden boven en onder 150 zaadjes/m². Beide typen zaadval zijn apart geanalyseerd op mogelijke effecten van visserij.

Tijdseries per jaarklasse.

Uitgaande van de indeling van de gevonden mosselen in zaad, halfwas en meerjarige mosselen is per vak de langjarige ontwikkeling van de daar aangetroffen jaarklassen mosselen gereconstrueerd. In de meeste gevallen was dat vrij eenvoudig omdat op het betreffende vak maar één dominante jaarklasse aanwezig was en dus direct duidelijk was dat de later bemonsterde oudere mosselen tot deze jaarklas behoorden. Gebruik makend van de daarmee opgedane kennis

over het verloop per jaarklasse is ook voor locaties waar meerdere zaadvallen hebben plaatsgevonden de ontwikkeling van de afzonderlijke jaarklassen gereconstrueerd.

Op 7 locaties heeft na aanleg van de vakken opnieuw zaadval plaatsgevonden in een zodanige omvang dat daar ook opnieuw op kon worden gevist (zie **tabel 1**). Op de locatie Visjagersgaatje is dat zelfs tweemaal gebeurd. Dit levert voor deze locaties dus even zoveel extra tijdseries op beginnend met een nog onbeviste situatie en waarbij er in het visvak vervolgens op betreffende jaarklasse is gevist. Om de gegevens per jaarklasse te kunnen combineren tot een jaargemiddeld beeld van de ontwikkeling van mosselbanken zijn de gegevens in de tijd herschaald met als nulpunt het moment dat betreffende jaarklassen mosselen zijn ontstaan. Het moment van zaadval is daarbij gesteld op 15 juli. Deze herschikking van de gegevens leidt tot de matrix zoals weergegeven in **tabel 1.2**. Uit de matrix blijkt dat zoals gepland:

- In vakken waar in het najaar en/of in het voorjaar op zaad is gevist, er altijd voor en na de visserij is gemonsterd.
- Dit niet geldt voor de vakken met jaarklasse 2005 waar in het najaar van 2006 of voorjaar van 2007 is gestart met halfwasmosselen.
- In geval er op een later moment opnieuw visserij van betekenis is geweest op halfwas en/of meerjarige mosselen (zie aantal visuren in de tabel) de vakken vrijwel altijd voor en na de visserij zijn bemonsterd.
- De vakken altijd in het voorjaar minstens 1 maal zijn bemonsterd, zij het soms in april en soms in juni.

De verdere analyses in dit rapport naar effecten van visserij op het mosselbestand zijn op deze tijdreeksen gebaseerd.

Metingen aan jaarklasse 2005

Zoals eerder aangegeven is bij het vrijwel ontbreken van zaadval dat jaar in het najaar 2006 gestart op locaties met bestanden halfwasmosselen van de broedval in 2005. Het betrof daarbij in alle gevallen locaties waar eerder op zaad van jaarklas 2005 is gevist. Om toch nog over voldoende dichtheden mosselen te beschikken die ook aantrekkelijk zijn voor een tweede bevissing zijn locaties gericht neergelegd op de plaatsen met de dan nog hoogste dichtheden halfwasmosselen. Dit zijn dus plaatsen waar bij eerdere visserij relatief veel is blijven liggen én de mosselen ook van nature hebben kunnen overleven. De locatiekeuze is daarmee dus verre van aselekt voor het in 2005 ontstane areaal zaadbanken. De eerste metingen in het najaar van 2006 zijn vervolgens pas gestart *na* de najaarvisserij. Van de vier vakken die toen zijn bevist (zie tabel) ontbreekt dus de T0 meting en zijn directe visserijeffecten niet te kwantificeren. Van de vakken die in het voorjaar van 2007 zijn opengesteld is wel een T0 beschikbaar.

De locaties wijken daarmee af van de aanvankelijke opzet van het onderzoek. De bruikbaarheid van deze locaties voor het kwantificeren van visserijeffecten heeft daarmee restricties, zeker waar het om de directe effecten van bevissing gaat. Waar het gaat om jaarklas 2005 zijn de verzamelde

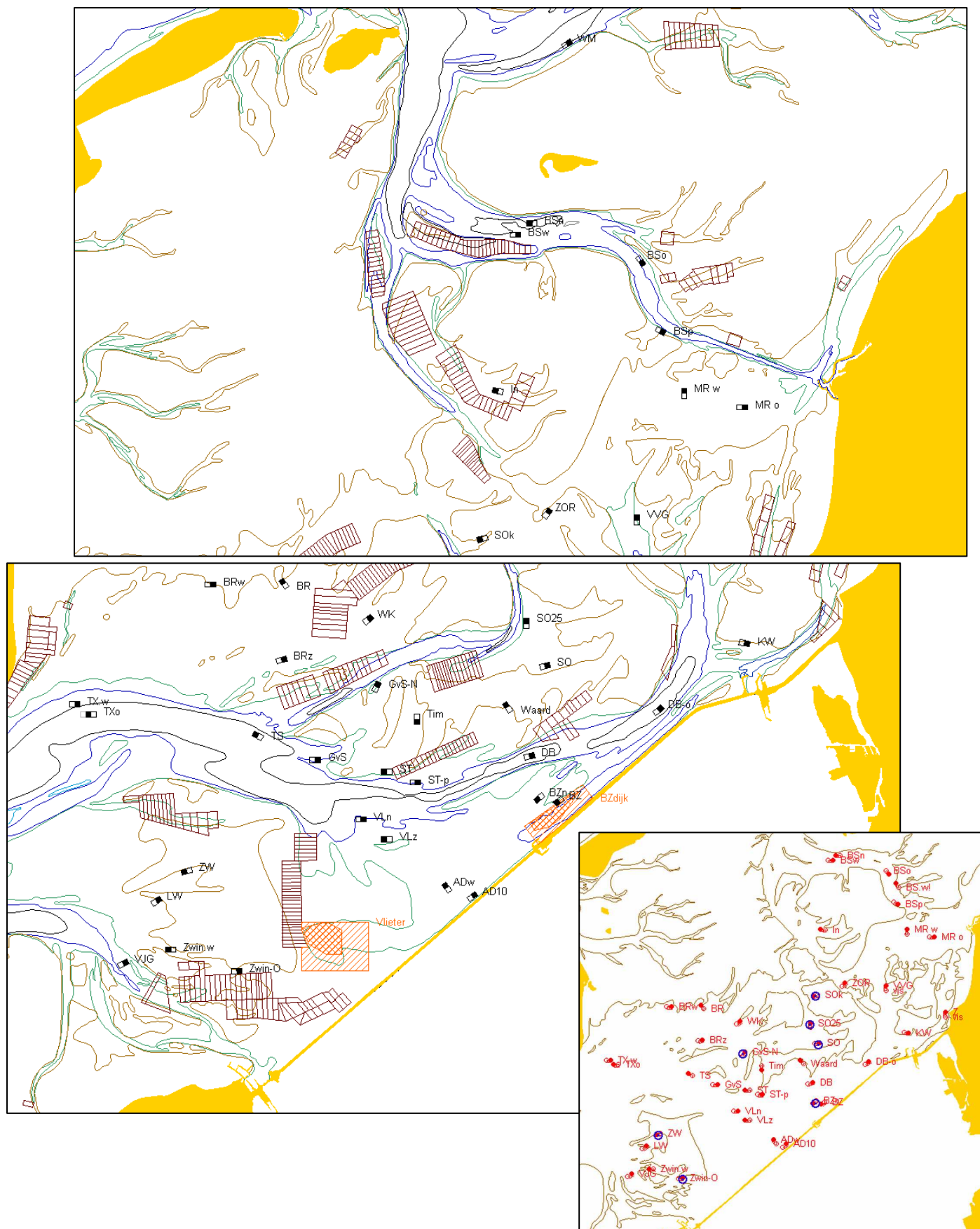
gegevens zijn dan ook alleen gebruikt voor het verkrijgen een beeld van de langjarige ontwikkeling van mosselbanken op betreffende locaties. Nieuwe jaarklassen zoals die zijn ontstaan op de locaties BR, LW, SO en ST, en welke in de referentievakken vanaf het begin onbevist zijn gebleven, zijn uiteraard wel gebruikt in de analyses.

Statistiek

Verschillen in de ontwikkeling van het mosselbestand in relatie tot bevissing zijn statistisch getoetst door een paarsgewijze vergelijking van de referentie- en visvakken, rekening houdend met verschillen in dichtheid die er waren bij aanvang van het onderzoek (BACI) dan wel door directe vergelijking van de mosseldichtheden in de beviste en onbeviste vakken op betreffend moment (Ti). Dit laatste is vooral zinvol wanneer op Ti het merendeel van de mosselpopulatie ter plaatse is verdwenen en verschillen tussen open en gesloten dus bepaald worden door de waarden op T0 en niet op Ti. De verschillen die er op Ti zijn (met daarin het visserij-effect) gaan dan snel op in de ruis rond de veel hogere T0 waarden van vóór de visserij.

Uit de verzamelde gegevens werd duidelijk dat de ontwikkeling van het mosselbestand van plaats tot plaats sterk kan verschillen. De dataset kenmerkt zich daarbij na verloop van tijd door veel nulwaarden (lees geen mosselen meer aanwezig) met daarnaast enkele locaties waar de mosselen juist uitzonderlijk goed floreren, resulterend in hoge biomassa's. Deze laatste locaties zijn beeldbepalend wanneer gemiddelden worden berekend. Aan de hand van de resultaten wordt dit in het volgende hoofdstuk verder toegelicht.

Als gevolg van de structuur van de dataset (na verloop van tijd veel nullen, enkele beeldbepalende extremen) bleek het niet mogelijk de data zodanig te bewerken (transformeren) dat aan de voorwaarden voor normaliteit en homogeniteit van varianties, zoals vereist voor parametrische toetsen, wordt voldaan. Statistische toetsing heeft daarom met nonparametrische methoden plaatsgevonden. Gezien de paarsgewijze opzet van het onderzoek is de Wilcoxon Signed Rank Test (Sokal & Rolph, 1981, ook bekend als Wilcoxon Matched Pairs Test) gebruikt. Deze test is passend voor de analyse van de betreffende dataset, omdat in de test alleen locaties worden meegewogen waar verschillen tussen het beviste en onbeviste vak zijn aangetroffen. Hierdoor worden locaties waar op beide vakken de mosselen zijn verdwenen niet meegenomen in de vergelijking.



Figuur 1. Ligging onderzoekslocaties

Zwart: PRODUS-locaties, waarvan gearceerd het referentievak

Oranje: Gebieden die zijn gesloten in het kader van de transitie.

Bruin: Mosselpercelen.

Blauw omcirkeld: Locaties randeffecten onderzoek.

Locatie	2006		2007				2008				2009				2010				2011				2012		1ste visserij		
	najaar		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar		voorjaar		najaar		voorjaar		cursief = start op halfwas		
	sep	Nov	Apr	Jun	Sep	Nov	Apr	Jun	Sep	Nov	Apr	Jun	Sep	Nov	Apr	Jun	Sep	Nov	Apr	Jun	Sep	Nov	Apr	Jun			
BR	hw	3.4	0		0		0		0		0		16.2		4.0		0		0		0		*	0	nj06	nj09	
LW		0.2	0		0		0		1.0		0.0		0		0		0		0		0		*	0	nj06	nj08	
TX-w		8.1	0.3		0		0		0		0		0		0		0		0		0		*	0	nj06		
VL-z		0.1	0		0		0		0		0		0.2		0.0		0		0		0		*	0	nj06		
AD-w		0	7.9		0		0		0		0		0		0.1		0		0		0		*	0	vj07		
MR-o		0	1.4		0		0		0		0		0		0		0		0		0		*	0	vj07		
MR-w		0	14.4		0		0		0		0		0		0		0		0		0		*	0	vj07		
SO		0	0.2		0		0		0		0		0		2.8		0		0		0		0		vj07	vj10	
ST		0	0.9		0.0		0		5.8		0.2		0		0.0		0		0		0		0		vj07	nj08	
VJG	Z	0	21.8		0.0		0.3		23.1		1.1		11.6		0.5		0		0		0		0		vj07	nj08	nj09
DB					5.0		6.4		0		0.1		0.0		0.0		0		0		0		0		nj07		
GvS					10.1		0		0.1		0		0.6		0.0		0		0		0		*	0	nj07		
ST-p					4.2		0		0.1		0		0.0		0.1		0		0		0		*	0	nj07		
TS					0.1		0		0		0		0		0.0		0		0		0		*	0	nj07		
TX-o2					1.5		0		0		0		0.1		0		0		0		0		*	0	nj07		
VL-n					0.3		0		0.1		0		0		0.0		0		0		0		*	0	nj07		
BS-o					0.1		2.6		0		0		0.3		0.0		0		0		0		*	0	vj08		
BS-w					0		2.6		0		0		0.0		0.0		0		0		0		*	0	vj08		
GvS-n					0.2		8.8		0.2		0.1		0.1		0.2		0		0		0		0		vj08		
VVG					0		7.6		0		0.0		0		0		0		0		0		*	0	vj08		
Tim									8.4		1.2		0		0.1		0		0		0		*	0	nj08		
Waard									2.7		0.0		0		0.1		0		0		0		*	0	nj08		
ZW									9.3		4.6		0		0.2		0		0		0		0		nj08		
Zwin-w									8.4		4.5		0		0		0		0		0		*	0	nj08		
AD10									0.1		6.3		0		0.2		0		0		0		0		vj09		
BZ									0		9.9		0		0.4		0		0		0		*	0	vj09		
DB-o									0		17.1		0		4.5		0		0		0		0		vj09		
KW									0		9.1		0		0.6		0		0		0		*	0	vj09		
ZOR									0		0.0		0		6.3		0		0		0		*	0	vj09	vj10	
Zwin-o									0.1		9.0		0		4.7		0		0		0		0		vj09		
BR-w													18.0		0.1		0		0		0		*	0	nj09		
BR-z													1.2		0		0		0		0		*	0	nj09		
BS-n													24.1		0.4		0		0		0		*	0	nj09		
BS-p													6.2		2.1		0		0		0		0		nj09		
IN													17.5		0.8		0		0		0		*	0	nj09		
WK													0.3		0.1		0		0		0		*	0	nj09		
WM													0.3		0		0		0		0		*	0	nj09		
BZ-n													0		7.4		0		0		0		0		vj10		
SO25													0		38.7		0		0		0		0		vj10		
SOK													0		15.9		0		0		0		0		vj10		
VL.tr									nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		vj09		
BZ.tr													nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		nvt		vj10		

Tabel 1.1. Meta-informatie bemonstering PRODUSvakken, met per locatie (regel):

Eerste witte veld: Moment dat betreffende locatie is ingesteld en de eerste meting heeft plaatsgevonden. De bruine velden dateren dus van vóór de instelling van het vak.

Verdere witte velden: Latere momenten dat de locatie is bemonsterd. In grijze velden zijn dus geen monsters genomen. In het voorjaar van 2012 zijn alleen locaties met nog de meeste mosselen bemonsterd en zijn de mosseldichtheden voor de overige locaties afgeleid uit metingen in 2011 (gemarkeerd met *). Zie verder de toelichting in de hoofdstekst.

Oranje velden: Locaties waar in het referentievak is gevist en de locatie daarom is komen te vervallen.

Blauwe dikke lijnen: Moment van de zaadval, gevolgd door eventuele latere zaadvallen.

Bruine dikke lijn: De locaties waar in het najaar van 2006 of voorjaar van 2007 is gestart met halfwasmosselen (= zaadval 2005).

Waarden in de cellen: Aantal (decimale) uren dat is gevist en/of door de vakken is gevaren (black box).

Laatste klommen: Moment dat nieuwe jaarklassen zaad voor het eerst zijn bevist. Het kan daarbij voorkomen dat er al in het najaar is bemonsterd, maar de visserij pas in het voorjaar is gestart. (o.a. VJG en Zwin-o). In deze gevallen zijn de najaarsgegevens uit de verdere analyses gelaten

Laatste 2 locaties VL.tr en BZ.tr zijn gesloten in het kader van de transitie. Daar is dus niet gevist.

Jaar- klas	1ste viss.	Locatie (n-de zaadval)	Zaad		Halfwas		2-jarig		3-jarig		4-jarig		5-jarig		6-jarig	
			najaar	voorjr	najaar	voorjr	najaar	voorjr	najaar	voorjr	najaar	voorjr	najaar	voorjr	najaar	voorjr
			sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun	Sep Nov	Apr Jun
2005	nj 06	BR			3.4	0	0	0	0	0	16	4.0	0	0	0	* 0
	nj 06	LW			0.2	0	0	0	1.0	0.0	0	0	0	0	0	* 0
	nj 06	TX-w			8.1	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	* 0
	nj 06	VL-z			0.1	0	0	0	0	0	0.2	0.0	0	0	0	* 0
	vj 07	AD-w			0	7.9	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	* 0
	vj 07	MR-o			0	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	* 0
	vj 07	MR-w			0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	* 0
	vj 07	SO			0	0.2	0	0	0	0	0	2.8	0	0	0	0
	vj 07	ST			0	0.9	0.0	0	5.8	0.2	0	0.0	0	0	0	0
2006	vj 07	VJG	0	22	0.0	0.3	23	1.1	12	0.5	0	0	0	0	0	0
2007	nj 07	DB	5.0	6.4	0	0.1	0.0	0.0	0	0	0	0				
	nj 07	GvS	10	0	0.1	0	0.6	0.0	0	0	0	* 0				
	nj 07	ST-p	4.2	0	0.1	0	0.0	0.1	0	0	0	* 0				
	nj 07	TS	0.1	0	0	0	0	0.0	0	0	0	* 0				
	nj 07	TX-o2	1.5	0	0	0	0.1	0	0	0	0	* 0				
	nj 07	VL-n	0.3	0	0.1	0	0	0.0	0	0	0	* 0				
	vj 08	BS-o	0.1	2.6	0	0	0.3	0.0	0	0	0	* 0				
	vj 08	BS-w	0	2.6	0	0	0.0	0.0	0	0	0	* 0				
	vj 08	GvS-n	0.2	8.8	0.2	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0				
2008	vj 08	VVG	0	7.6	0	0.0	0	0	0	0	0	* 0				
	nj 08	LW 2	1.0	0.0	0	0	0	0	0	* 0						
	nj 08	ST 2	5.8	0.2	0	0.0	0	0	0	0						
	nj 08	Tim	8.4	1.2	0	0.1	0	0	0	* 0						
	nj 08	VJG 2	23	1.1	12	0.5	0	0	0	0						
	nj 08	Waard	2.7	0.0	0	0.1	0	0	0	* 0						
	nj 08	ZW	9.3	4.6	0	0.2	0	0	0	0						
	nj 08	Zwin-w	8.4	4.5	0	0	0	0	0	* 0						
	vj 09	AD10	0.1	6.3	0	0.2	0	0	0	0						
	vj 09	BZ	0	9.9	0	0.4	0	0	0	* 0						
	vj 09	DB-o	0	17	0	4.5	0	0	0	0						
	vj 09	KW	0	9.1	0	0.6	0	0	0	* 0						
	vj 09	ZOR	0	0.0	0	6.3	0	0	0	* 0						
	vj 09	Zwin-o	0.1	9.0	0	4.7	0	0	0	0						
	vj 10*	SO 2	0	0	0	2.8	0	0	0	0						
	vj 09	VL.tr		nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt						
	vj 09	VL.tr		nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt						
2009	nj 09	BR 2	16	4.0	0	0	0	* 0								
	nj 09	BR-w	18	0.1	0	0	0	* 0								
	nj 09	BR-z	1.2	0	0	0	0	* 0								
	nj 09	BS-n	24	0.4	0	0	0	* 0								
	nj 09	BS-p	6.2	2.1	0	0	0	0								
	nj 09	IN	18	0.8	0	0	0	* 0								
	nj 09	VJG 3	12	0.5	0	0	0	0								
	nj 09	WK	0.3	0.1	0	0	0	* 0								
	nj 09	WM	0.3	0	0	0	0	* 0								
	vj 10	BZ-n	0	7.4	0	0	0	0								
	vj 10	SO25	0	39	0	0	0	0								
	vj 10	SOK	0	16	0	0	0	0								
	vj 10	ZOR 2	0	6.3	0	0	0	* 0								
	vj 10	BZ.tr		nvt	nvt	nvt	nvt	nvt								

Tabel 1.2. Meta-informatie bemonstering PRODUSvakken, waarbij de gegevens in de tijd zijn herschaald naar het moment van zaadval en vervolgens zijn geordend per jaarklasse mosselen. Voor de bruine velden links in de tabel geldt dat de locaties nog niet waren aangelegd. De bruine velden rechts betreft tijdstippen na de laatste metingen in het voorjaar van 2012. In de grijze velden waren de locaties wel aanwezig maar zijn niet bemonsterd. Op de locaties met broedval 2005 gestart is op halfwas mosselen. Op de locaties BR, LW, SO, ST VJG en ZOR hebben meerdere zaadvallen plaatsgevonden en komen daardoor ook even zo veel keren meer voor in de tabel. De waarden in de cellen is het aantal vis/vaaruren zoals geregistreerd met de black box. Van de totale vistijd op alle locaties tezamen (2491 uur) is 85% besteed aan de vangst van mosselzaad.

2.2. Resultaten

2.2.1 Dichtheden en biomassa

Kaartbeelden

In **figuur 2** zijn per locatie de dichtheden mosselen (aantallen/m²) en daarbij horende biomassa's (g/m²) in de tijd in kaart gezet. In **figuur 3** zijn de data geaggregeerd in Box en Wiskerplots.

Tabel 2 geeft de gemiddelde dichtheden en de uitkomsten van de statistische analyses die hebben plaatsgevonden.

In **figuur 2.1.1** en **2.2.1** zijn respectievelijk de dichtheden en biomassa's mosselzaad direct voor en na de eerste visserij in kaart gezet, en dat apart voor de vakken die zijn aangelegd en bevestigd in het najaar respectievelijk in het voorjaar. De "najaarsvakken" zijn in het voorjaar steeds opnieuw opengesteld voor visserij. Wanneer daar nog zaad aanwezig was zijn deze in het algemeen ook voor een tweede maal bevestigd. Deze laatste gegevens zijn in de figuren niet opgenomen (aangegeven met kruisjes x in de kaart). De kaartjes laten daarmee dus alleen het directe effect van de eerste bevestiging zien.

Wat opvalt is dat op de najaarslocaties ook op de referentievakken de hoeveelheden zaad in december aanzienlijk zijn afgenomen ten opzichte van de T0-metingen in september. Ook in het voorjaar is dat soms het geval, maar veel minder evident. Het directe effect van bevestiging in de vorm van een verlaging van het bestand is in het voorjaar dan ook beter zichtbaar.

In daarop volgende figuren zijn de dichtheden en biomassa's mosselen weergegeven in het voorjaar van de latere jaren. In het tweede voorjaar na de zaadval (in de figuren daarom aangegeven als "voorjaar 02") zijn de mosselen uitgegroeid tot inmiddels 1-jarige mosselen. Deze zogenaamde "halfwasmosselen" zijn nog interessant als grondstof voor de mosselweek en op een aantal locaties is dan ook opnieuw gevestigd. In de kaarten zijn de dichtheden in april, dus nog voor deze visserij, weergegeven. In de jaren daarna is er vrijwel niet meer gevestigd (**fig. B1.4.** in **bijlage 1**) en zijn de locaties in het voorjaar in het algemeen nog maar 1 x bemonsterd (**tabel 1.2**).

Zoals uit de opeenvolgende kaartjes blijkt nemen de dichtheden en biomassa mosselen gaande de jaren op de meeste locaties af tot vaak lage dichtheden of tot nul. Op enkele locaties gedijen de mosselen echter uiterst goed en leiden daar zowel in de referentie als visvakken tot blijvend hoge biomassa's.

Merk op dat de locaties op verschillende momenten zijn aangelegd en van de later aangelegde locaties (latere jaarklassen) de tijdseries dus korter zijn. De kruisjes in de figuren geven voor deze locaties dus aan dat de beschikbare tijdseries voor betreffende stations vanaf dat moment nog niet beschikbaar zijn en dus niet aan dat de mosselen ter plekke reeds verdwenen zijn.

Figuur 2.1.1. Dichtheden mosselzaad in aantallen /m² vóór en na de visserij in het najaar (links) resp. in het voorjaar (rechts), met boven de dichtheden in de referentievakken en onder in de visvakken. Vakken die in het najaar zijn aangelegd en in het voorjaar voor de tweede keer zijn bevestigd zijn dus niet ingetekend (aangegeven met een x). De kaartjes geven daarmee het effect weer van de eerste bevissing.

Najaarsvisserij op zaad

vóór de visserij

September 00

na

November 00

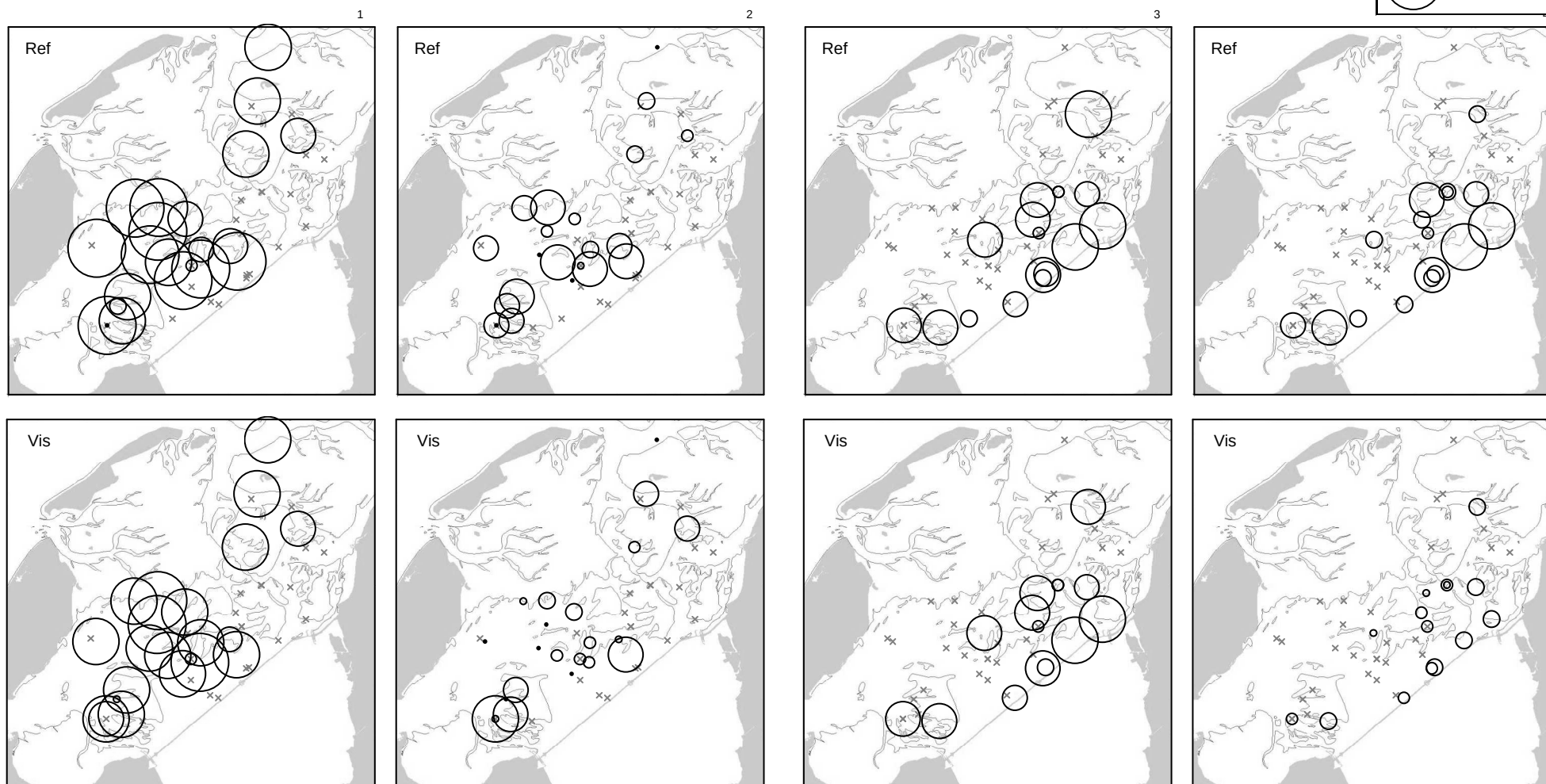
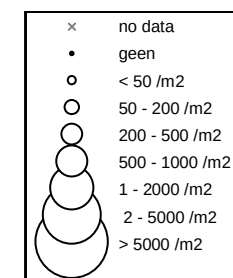
Voorjaarsvisserij op zaad

vóór

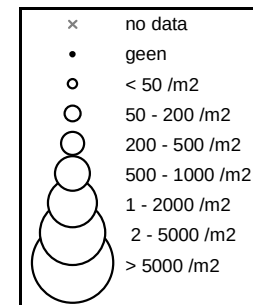
April 01

na

Juni 01



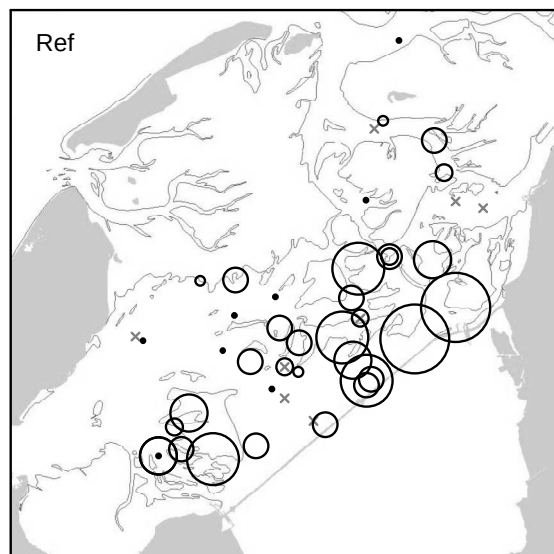
Figuur 2.1.2. Dichtheden mosselzaad in aantallen /m² in voorjaar 01 na de visserij (juni), halfwasmosselen in voorjaar 02 (april) en tweejarige mosselen in voorjaar 03 (april en/of juni), met boven de dichtheden in de referentievakken en onder in de visvakken.



Zaad na de voorjaarsvisserij 01

Juni 01

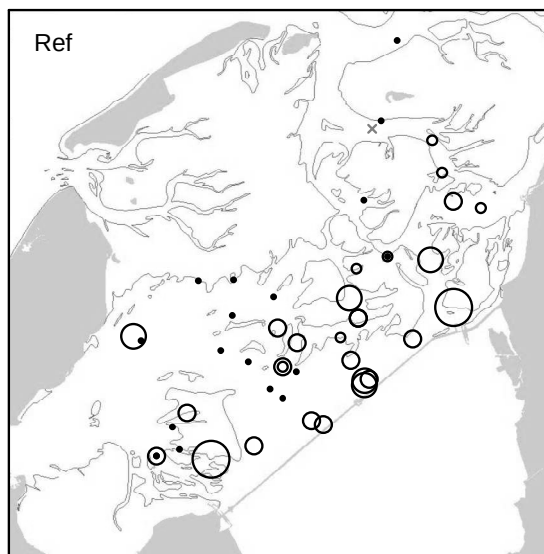
5



Halfwas voorjaar 02

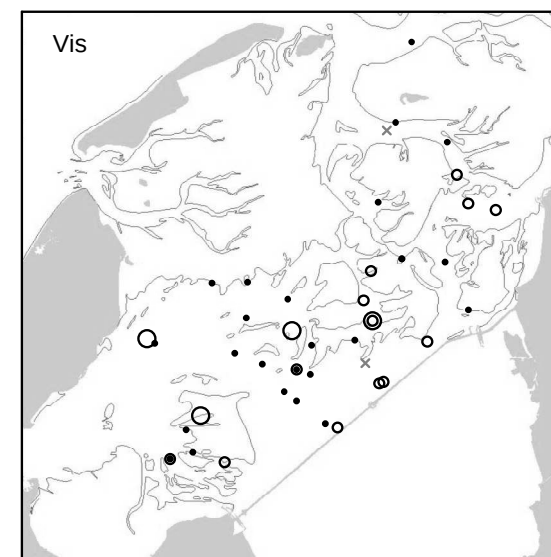
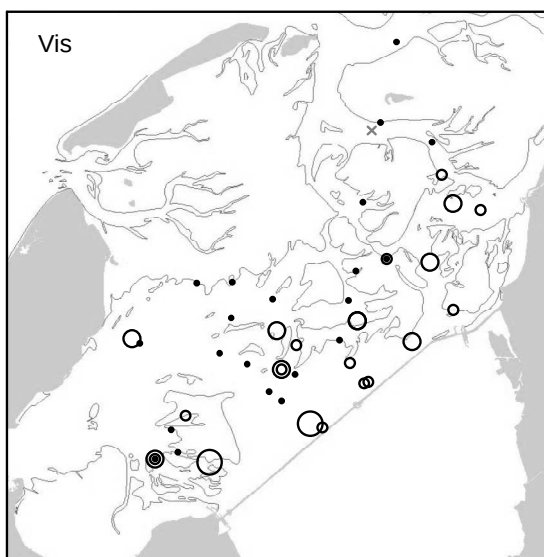
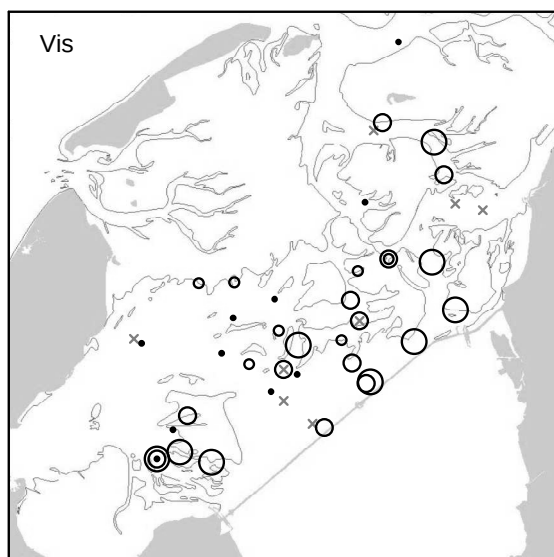
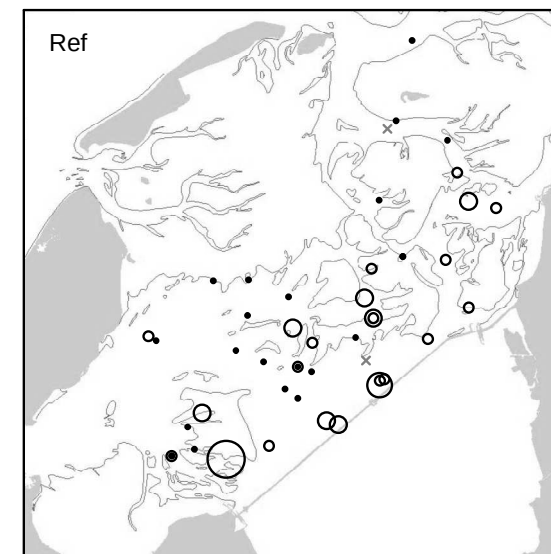
vóór de visserij

6



Tweejarige mosselen

voorjaar 03



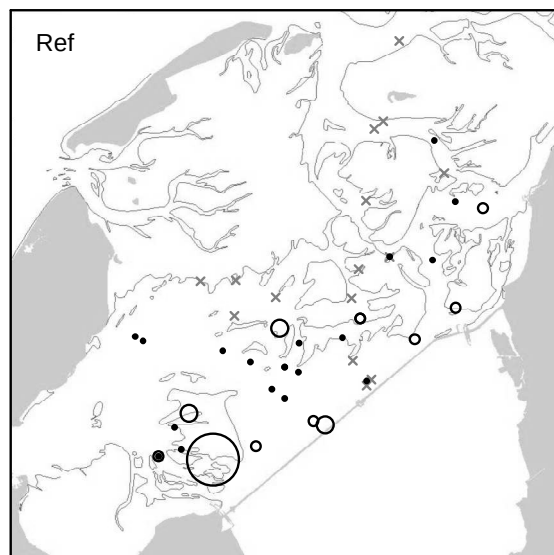
Figuur 2.1.3 Dichtheden meerjarige mosselen in aantallen /m² in voorjaar 04, 05 en 06 (april en/of juni), met boven de dichtheden in de referentievakken en onder in de visvakken.

NB - Merk op dat gaande de tijd stations wegvallen doordat meetseries ophouden.

Driejarige mosselen voorjaar 04

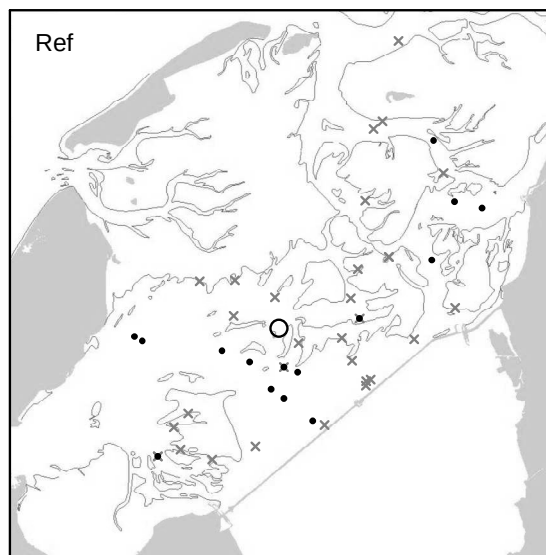
gem. april-juni

8



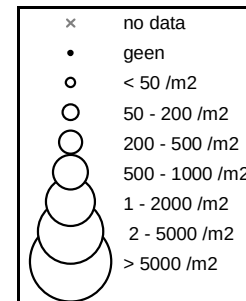
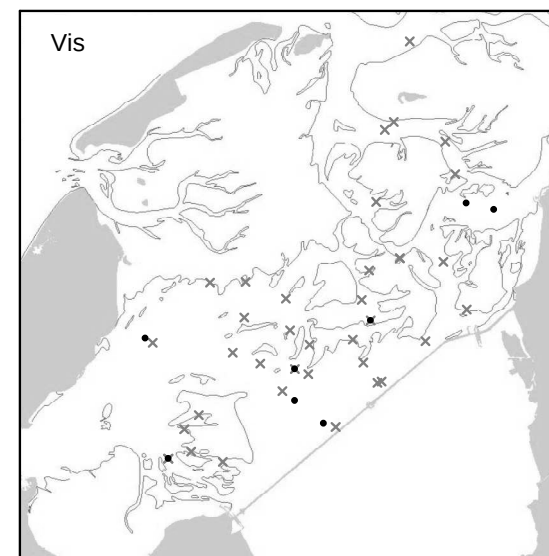
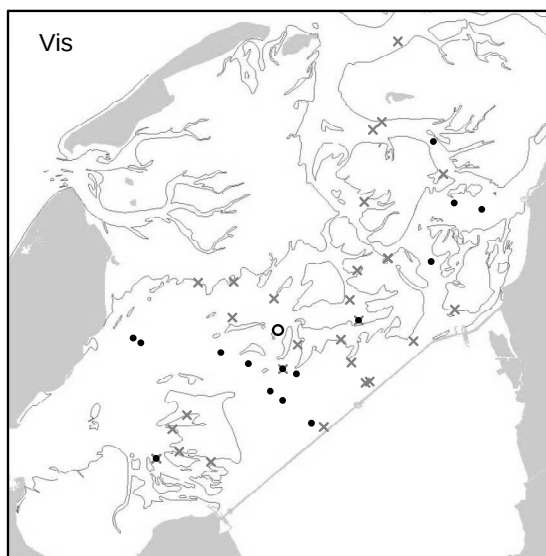
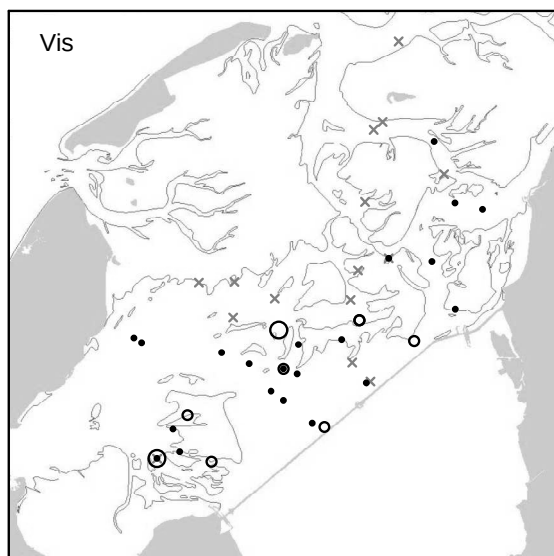
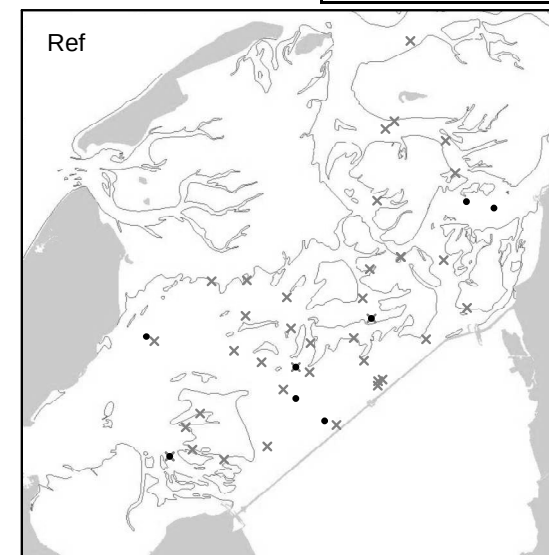
Vierjarige mosselen voorjaar 05

9

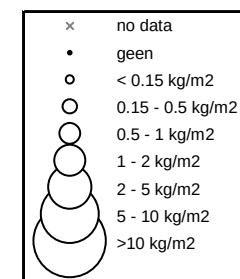


Vijfjarige mosselen voorjaar 06

voorjaar 06



Figuur 2.2.1 Biomassa mosselzaad in gram /m² vóór en na de visserij in het najaar (links) resp. in het voorjaar (rechts), met boven de dichtheden in de referentievakken en onder in de visvakken. Vakken die in het najaar zijn aangelegd en in het voorjaar voor de tweede keer zijn bevist zijn dus niet ingetekend (aangegeven met een x). De kaartjes geven daarmee het effect weer van de eerste bevissing



Najaarsvisserij op zaad

vóór de visserij

September 00

na

November 00

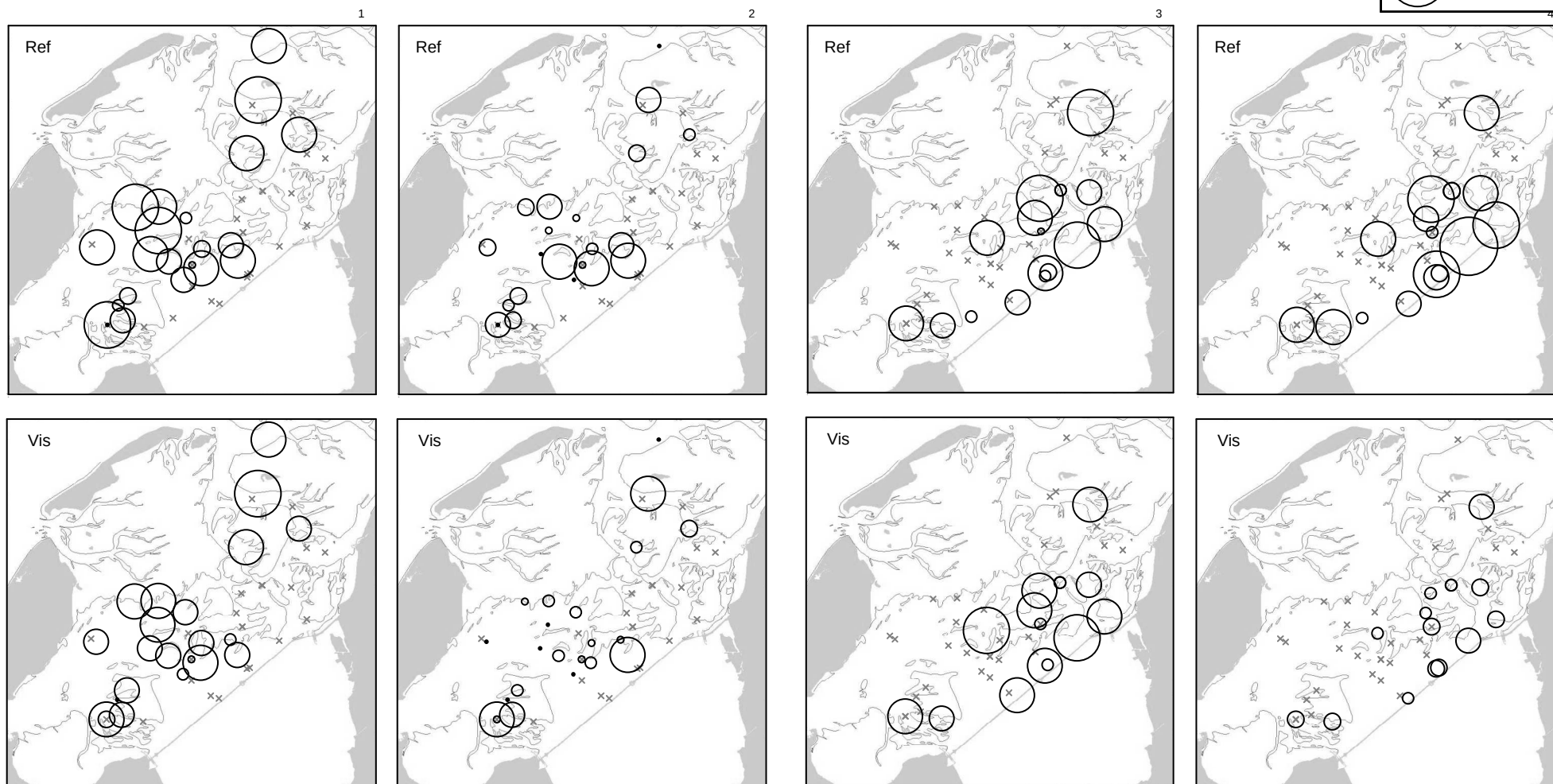
Voorjaarsvisserij op zaad

vóór

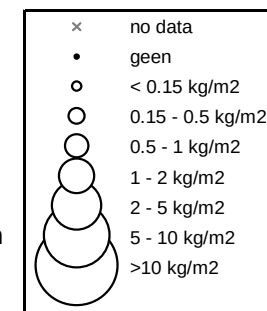
April 01

na

Juni 01

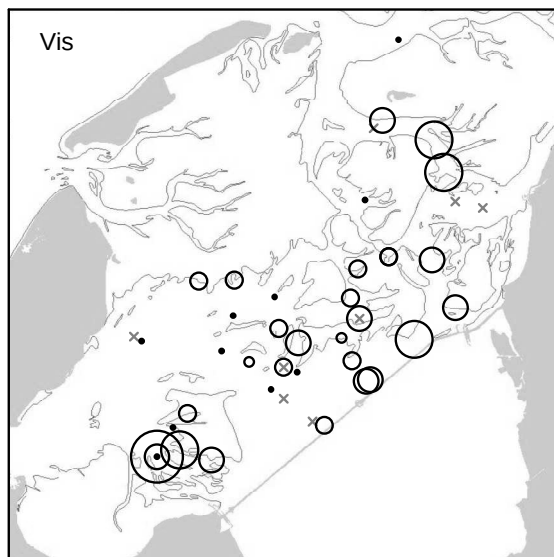
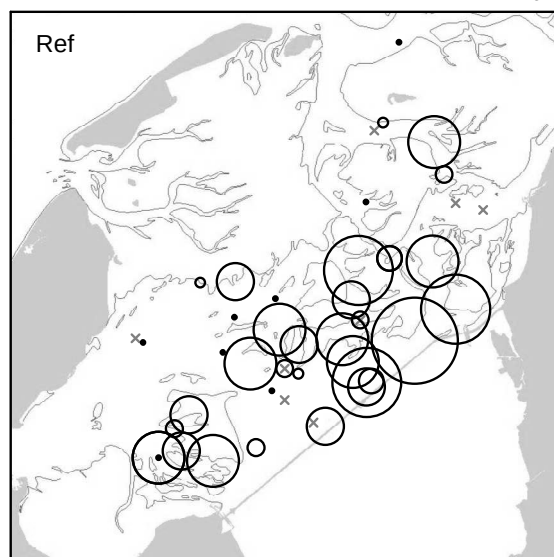


Figuur 2.2.2 Biomassa mosselzaad in gram /m² in het voorjaar 01 (juni) en de biomassa halfwasmosselen resp. tweejarige mosselen in voorjaar 02 (april) en voorjaar 03 (april en/of juni), met boven de referentievakken en onder in de visvakken.



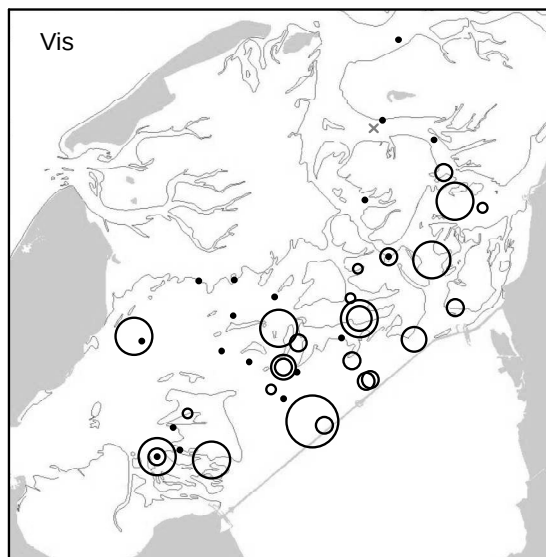
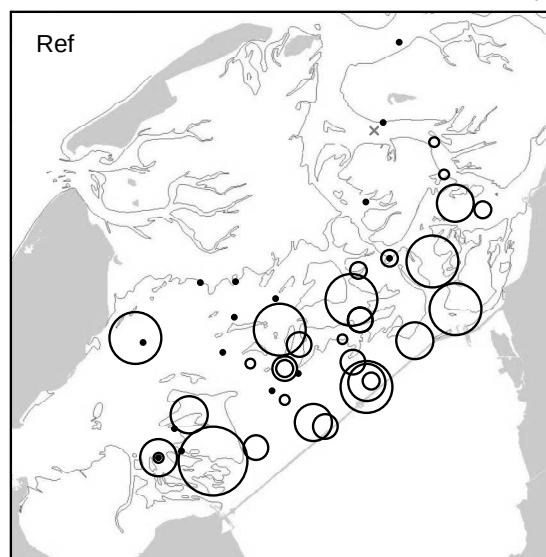
Zaad na de voorjaarsvisserij 01
Juni 01

5

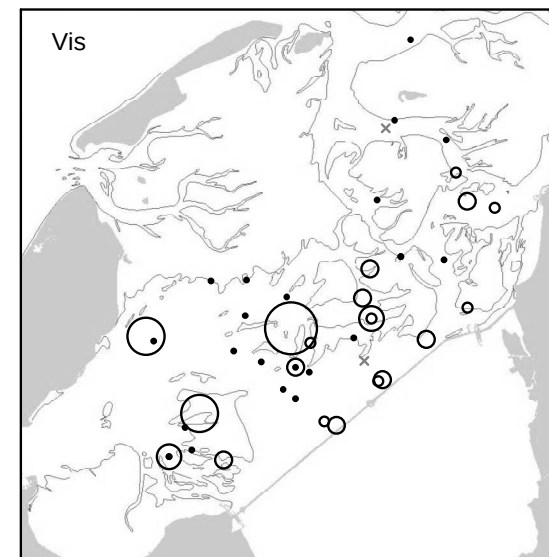
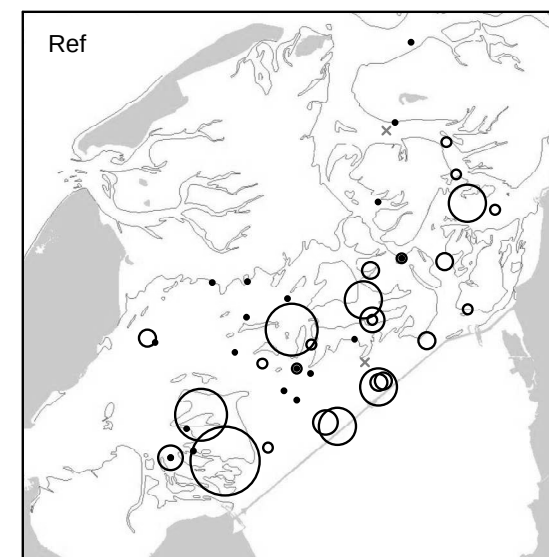


Halfwas voorjaar 02
vóór de visserij

6



Tweejarige mosselen
voorjaar 03



Figuur 2.2.3 . Biomassa meerjarige mosselen in gram /m² in voorjaar 04, 05 en 06 (april en/of juni), met boven de dichtheden in de referentievakken en onder in de visvakken.

NB - Merk op dat gaande de tijd stations wegvallen doordat meetseries ophouden.

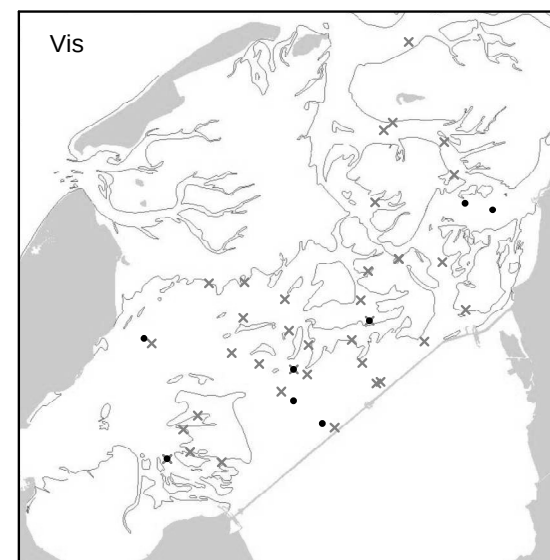
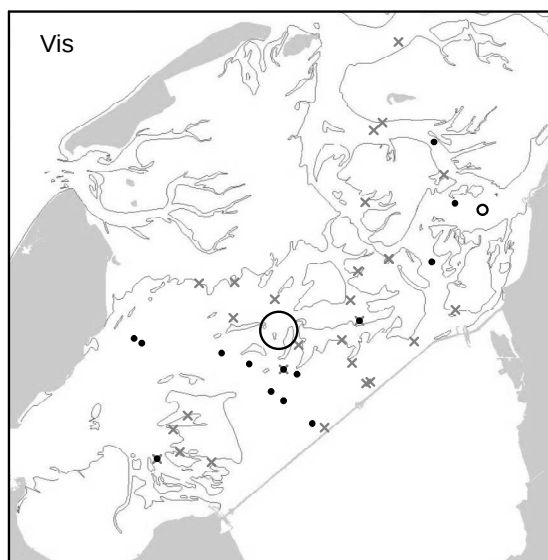
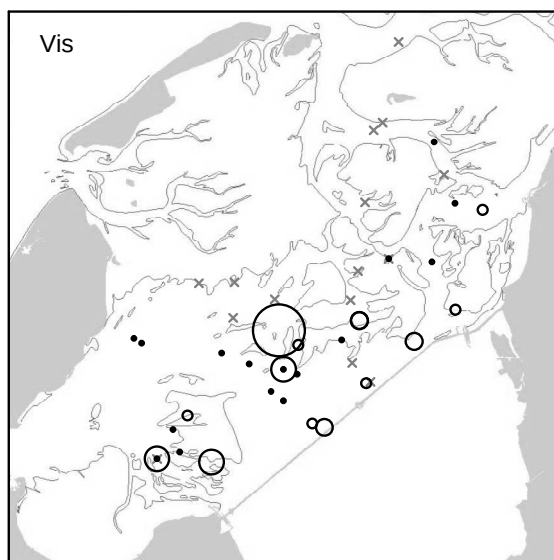
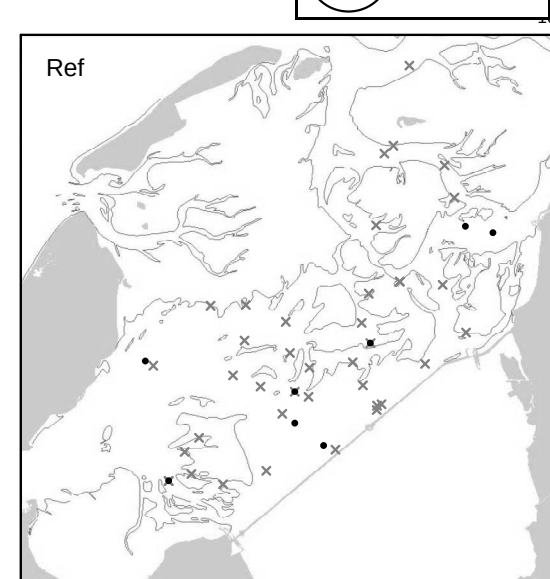
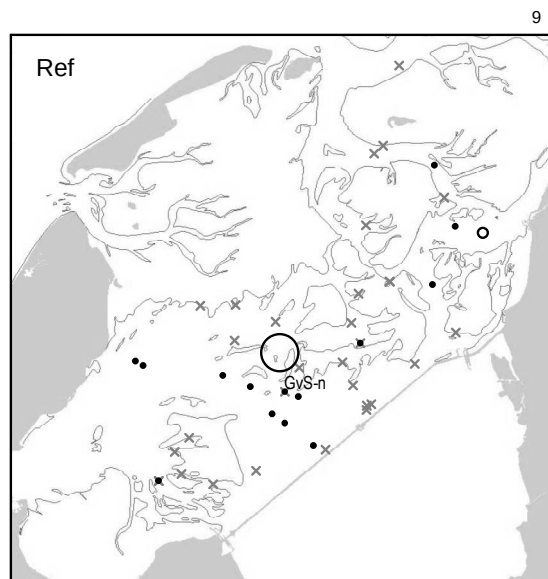
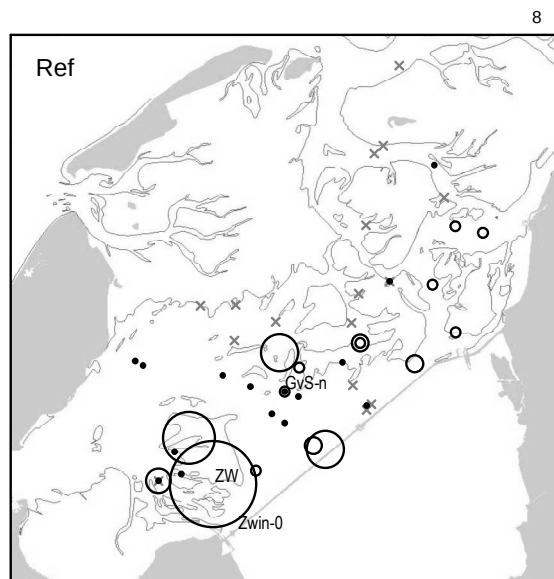
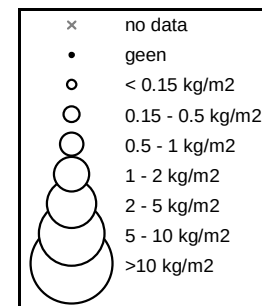
Driejarige mosselen voorjaar 04

gem. april-juni

Vierjarige mosselen voorjaar 05

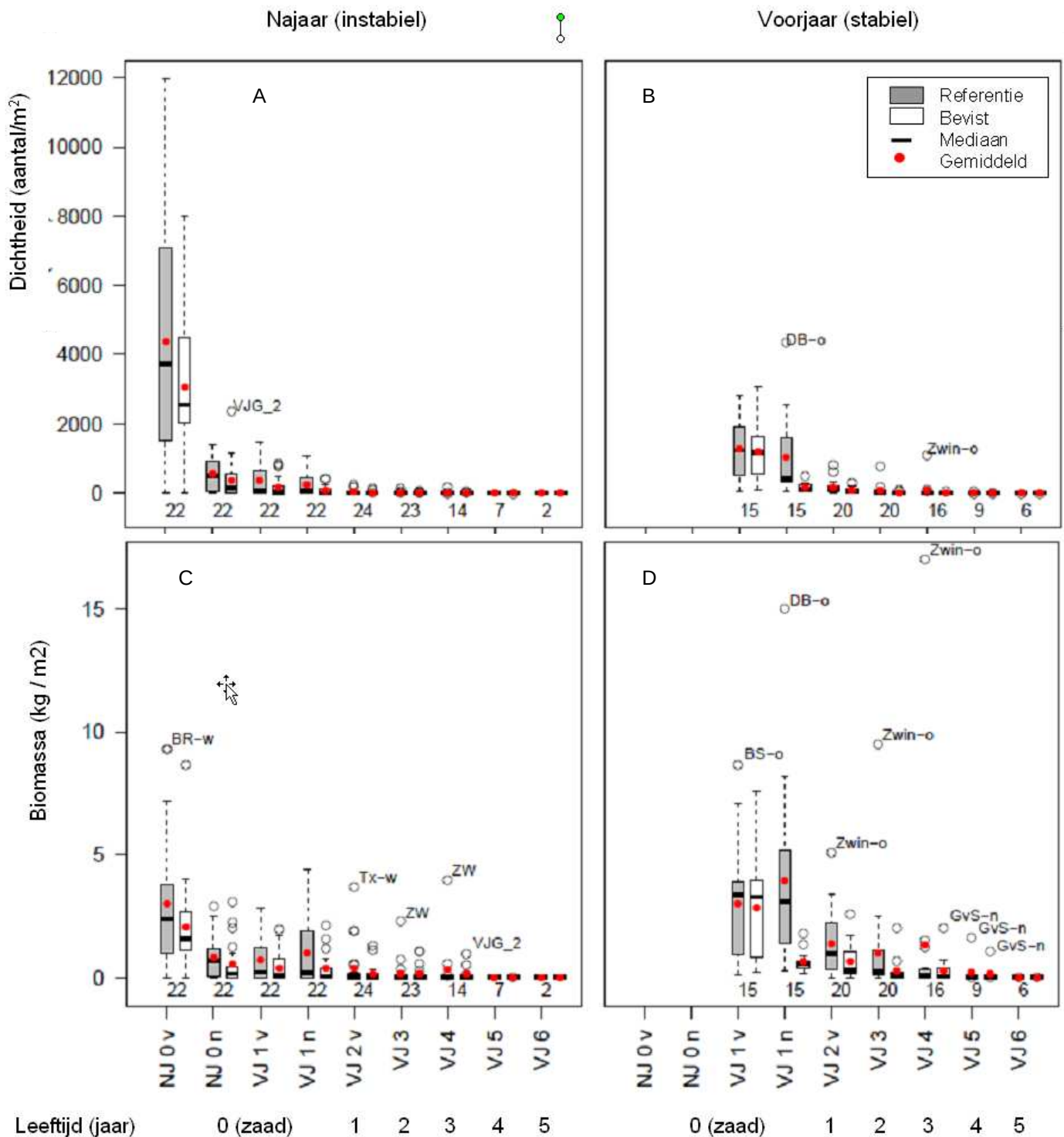
Vijfjarige mosselen voorjaar 06

voorjaar 06



Analyse

In onderstaande **figuur 3** is de ontwikkeling van het mosselbestand in de PRODUS-vakken geaggregeerd in Box en Wisker plots.

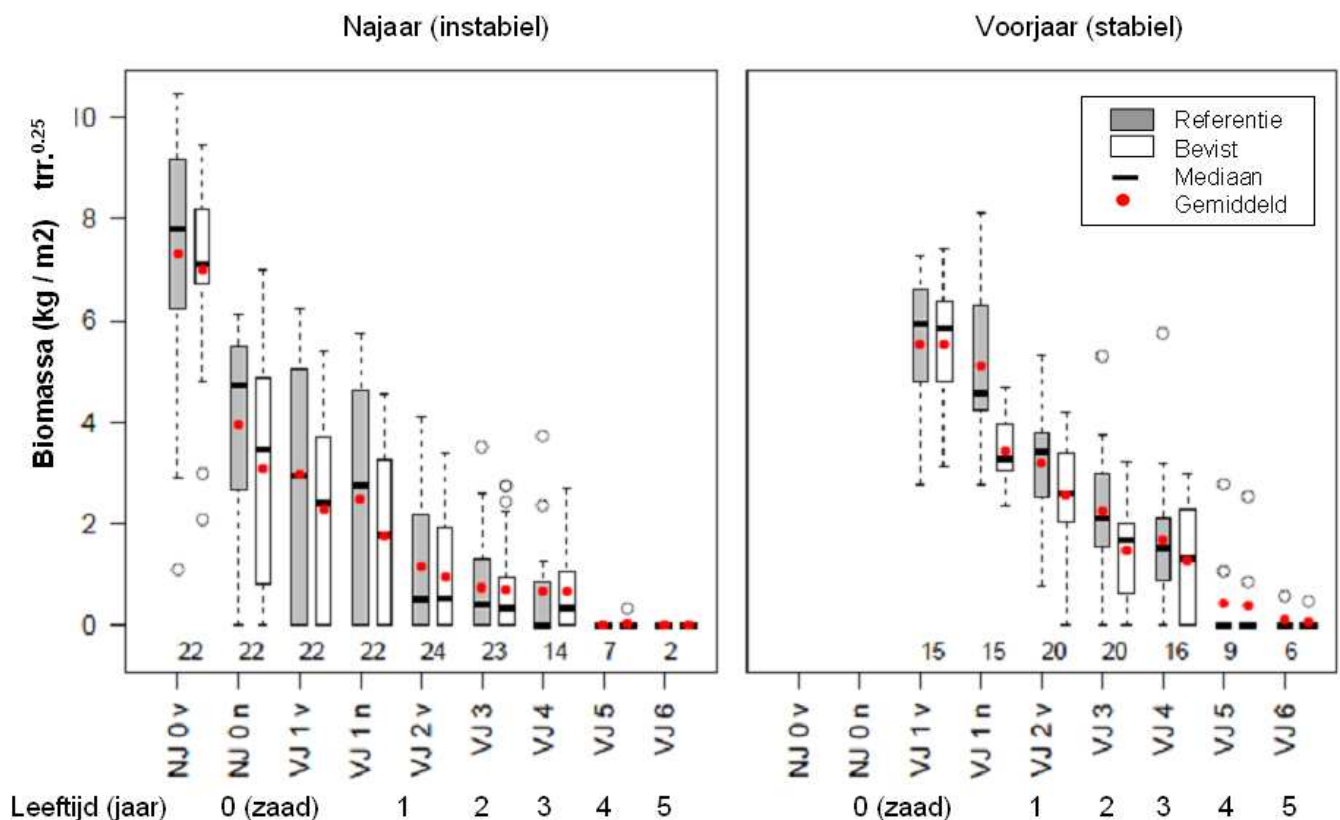


Figuur 3. Dichtheid in aantallen/m² (A en B) en biomassa in gram/m² (C en D) op de referentie en visvakken in de tijd. NJ = najaar, 0 = start serie; v, n = voor resp. na bevissing. De cijfers in de figuren betreft het aantal waarnemingen per categorie. Onderaan de figuren is de leeftijd in jaren van de mosselen weergegeven, gemeten vanaf de zaadval. De zwarte balkjes en rode punten betreffen resp. de mediaan en het gemiddelde. Het blok het 50% interkwartiel. Hierbinnen ligt 50% van de waarnemingen. Het interval betreft de waarden binnen nog 1.5 x de breedte van het interkwartiel. De overige waarden de meetgegevens die ook daar nog buiten vallen.

Wat ook in deze figuren opvalt is de sterke afname in mosseldichtheden in het **najaar** op zowel de beviste als onbeviste vakken (resp. NJ0v en NJ0n in **figuur 3-A**). De natuurlijke sterfte in deze periode is dus hoog en deze hoge sterfte lijkt de effecten van visserij te overstemmen. Uitgaande van de biomassa mosselzaad (**C**) is dat beeld hetzelfde maar wat minder extreem doordat het resterende mosselzaad inmiddels is gegroeid en het numerieke verlies daarmee in enige mate compenseert.

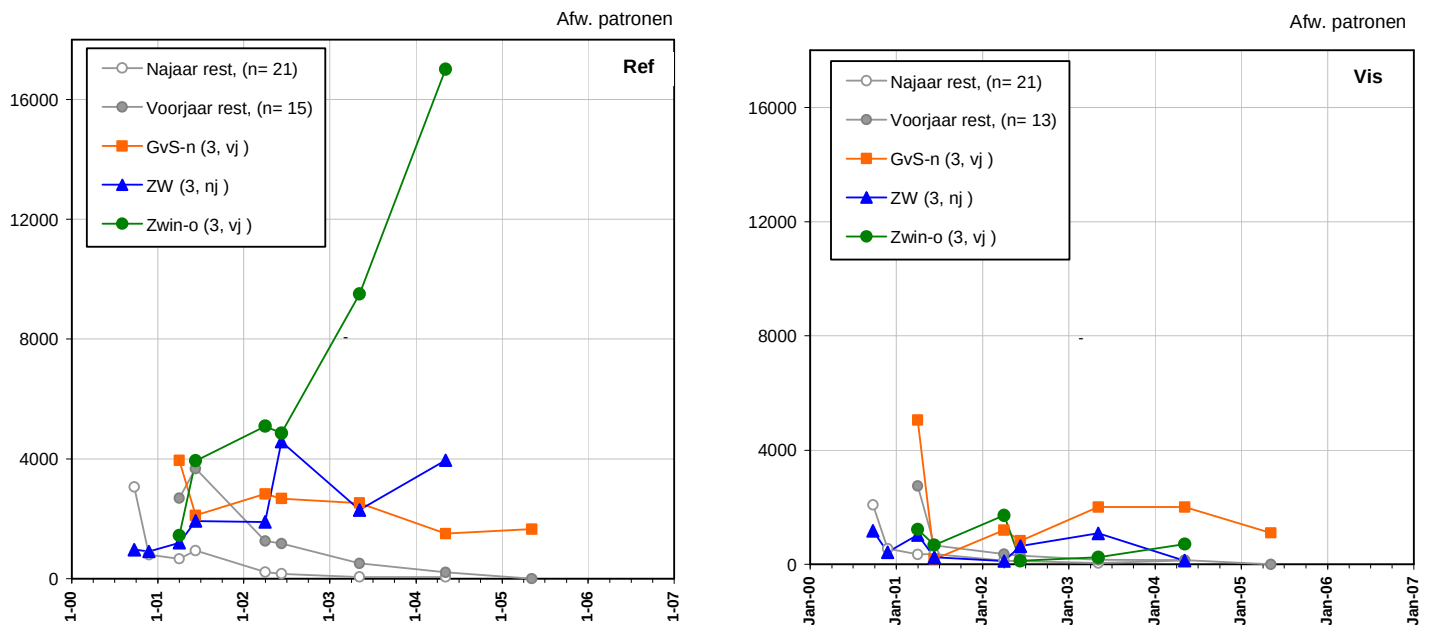
Voor de vakken die in het **voorjaar** zijn aangelegd en voor het eerst bevist is dat beeld anders, waarbij in de referentie vakken de dichtheden nauwelijks afnemen en de biomassa (als gevolg van groei) zelfs toeneemt, terwijl in de beviste vakken zowel dichtheden als biomassa substantieel dalen (**figuur 3-B** en **D**). Een mogelijk visserijeffect is in het voorjaar dus meer evident.

In de jaren daarna nemen de mosseldichtheden en biomassa in zowel de open als gesloten vakken geleidelijk af, waarbij zoals verwacht de afname op de relatief instabiele gelegen najaarslocaties sneller verloopt dan op de locaties die in het voorjaar zijn aangelegd en voor het eerst bevist. Om de ontwikkeling in de latere jaren beter zichtbaar te maken is **figuur 4** hieronder nogmaals gepresenteerd, maar met vierdemachtswortel-getransformeerde waarden. De relatief snelle afname van de bestanden op de vakken die in het najaar zijn aangelegd is ook in deze weergave zichtbaar.



Figuur 4. Ontwikkeling van de mosselbiomassa op de PRODUS-vakken. De biomassa gegevens uit **figuur 3** zijn daarbij vierdemachtswortel getransformeerd om zo ook patronen op latere tijdstippen zichtbaar te maken. Zie verder **figuur 3**

De kaartbeelden en figuren laten zien dat de ontwikkeling van de mosselbestand van plaats tot plaats sterk kan verschillen, waarbij ook op de referentievakken van de meeste locaties de biomassa's gestaag afnemen. Op een enkele locatie zijn er na langere tijd nog grote hoeveelheden mosselen aanwezig met als extremen de locaties ZW, Zwin-o en GVS-n. Dit betreft dus zowel najaars- (ZW) als voorjaarsvakken (Zwin-o en GVS-n). Dit patroon doet zich voor op zowel de referentievakken als de beviste vakken zoals **figuur 5** laat zien. De biomassa's zijn op de visvakken op zich lager dan op de naastgelegen referentievakken, maar ten opzicht van de visvakken elders (in grijs in de figuur) hoog. Ook op de beviste vakken hebben de daar achtergebleven mosselen zich klaarblijkelijk goed weten te handhaven en kunnen groeien.



figuur. 5. Ontwikkeling van het mosselbestand (gram/m²) op de locaties GvS-n, ZW en Zwin-o afgezet tegen de ontwikkeling van het mosselbestand op de overige locaties.

De Box en Wisker plots in **figuur 3** en **4** laten zien dat deze stations een grote invloed hebben op de berekende gemiddelden. De gemiddelden liggen daarbij in een aantal gevallen zelfs buiten de gepresenteerde bandbreedtes. De aanwezigheid van deze “buitencategorie” van stations maakt dat de meetgegevens niet unimodaal zijn verdeeld. Een consequentie daarvan is dat ook na transformatie van de gegevens niet voldaan kan worden aan de voorwaarden voor het toepassen van parametrische statistische toetsingsmethoden. Dit los van de eerder geconstateerde complicaties van de veelheid aan nulwaarden in de tijdreeksen. Zoals in **par. 2.1** al besproken zijn de verzamelde gegevens daarom getoetst op aanwezigheid van visserijeffecten met de nonparametrische Wilcoxon Signed Rank Test (Sokal & Rolph, 1981).

Voor de ontwikkeling in biomassa op de referentie- en visvakken zijn de uitkomsten met deze test weergegeven in onderstaande **tabel 2**. Voor de effecten van de eerste bevissing zijn zowel de grootte van het verschil in biomassa op T0 en T1 getoetst (BACI opzet) als de directe vergelijking van de biomassa mosselen op de referentie- en visvakken op T1. Voor de latere momenten (Ti) zijn de biomassa's op de referentie- en visvakken alleen onderling vergeleken om redenen zoals eerder toegelicht in **par. 2.1**.

A - Najaarsvakken			Biomassa (kg/m²)		p-waarde		
instabiel			Referentie	Bevist	n	T0 - T1	Stock
Najaar - 00	voor viss. na	Zaad	2.97	2.05	22	0.1941	
			0.80	0.55	22		0.1851
Voorjaar - 01	voor na	Zaad	0.68	0.38	22	0.0799	0.0411*
			0.98	0.35	22		0.0554
Voorjaar - 02	voor	1 jr (Hwas)	0.38	0.16	24		0.0929
	03 gem.	2 jr	0.16	0.14	23		0.6698
	04 gem.	3 jr	0.33	0.12	14		0.9102
	05 gem.	4 jr	0.00	0.00	7		
	06 gem.	5 jr	0.00	0.00	2		
B - Voorjaarsvakken			Biomassa (kg/m²)		p-waarde		
stabiel			Referentie	Bevist	n	T0 - T1	Stock
Voorjaar - 01	voor viss. na	Zaad	3.00	2.80	15	0.0026*	
			3.96	0.63	15		0.0002***
Voorjaar - 02	voor	1 jr (Hwas)	1.36	0.66	20		0.0255**
	03 gem.	2 jr	1.01	0.23	20		0.0005***
	04 gem.	3 jr	1.31	0.27	16		0.6257
	05 gem.	4 jr	0.19	0.12	9		
	06 gem.	5 jr	0.00	0.00	6		

Tabel 2. Gemiddelde mosselbiomassa (kg/m²) op de referentie- en visvakken op de PRODUS-locaties die zijn aangelegd en voor het eerst bevestigd in het najaar (A) en in het voorjaar (B). Verschillen in biomassa tussen de bevestigde en onbevestigde vakken zijn getoetst met Wilcoxon Signed Rank Test (Sokal & Rohlf, 1981). Significante verschillen zijn dikgedrukt weergegeven.

In het onderste deel van de tabellen zijn de langjarig gemiddelde biomassa's berekend waarbij (i) de waarden zijn gewogen naar de tijdsperiode waar zij voor staan (kwartaal of jaar) en (ii) voor de voorjaarsvakken is aangenomen dat biomassa mosselzaad in het najaar gelijk is aan die in het voorjaar vóór de visserij.

Beginnend met de **najaarsvakken** blijkt een direct effect van de eerste bevestiging statistisch niet aantoonbaar. Zoals eerder aangegeven hangt dit samen met de relatief hoge sterfte van mosselzaad op de najaars-locaties, waardoor ook de dichtheden op de referentievakken tussen september en december sterk afnemen. Opvallend is dat voor deze locaties er na de winter in april wel een significant verschil in biomassa aanwezig blijkt tussen de bevestigde en onbevestigde vakken. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat na de winter op de nog meest stabiele locaties binnen de najaarsvakken nog mosselzaad aanwezig is met daarin een effect van de najaarsvisserij. Op deze vakken is in het voorjaar in het algemeen opnieuw gevestigd, waarbij verwacht zou mogen worden dat het verschil tussen bevestigde en onbevestigde vakken groter wordt. Voor de situatie na de voorjaarsvisserij blijken significante verschillen echter niet meer aantoonbaar.

Op vakken die zijn aangelegd en voor het eerst bevestigd in het **voorjaar** is wel een direct effect van visserij in de vorm van de verlaging van de mosselbiomassa statistisch aantoonbaar. Dit effect blijft aantoonbaar tot twee jaar na de visserij (= tot en met voorjaar 03).

Wat opvalt is dat de p-waarden zoals berekend met de BACI-aanpak (in de tabel in de kolom T0-T1) steeds wat hoger liggen dan de p-waarden behorende bij de directe vergelijking van de mosselbiomassa's na de visserij. De BACI-aanpak lijkt daarmee ook bij het bestuderen van visserijeffecten op de korte termijn geen duidelijke meerwaarde te hebben gehad ten opzichte van de directe vergelijking van de eindsituatie.

Uitgaande van deze gegevens kunnen ook langjarige gemiddelde dichtheden (periode T0-VJ06) worden berekend als schatting voor de ontwikkeling van het mosselbestand op de lange termijn. Deze gegevens worden in **paragraaf 3.2.3** besproken, samen met de ontwikkeling van de arealen met mosselen en de verschillen daarin wanneer er wel en niet wordt gevist.

In **figuur 6** zijn de dichtheden (aant./m²) en biomassa's (gram/m²) op T0 en T1 (= voor en na de eerste visperiode) van najaars- en voorjaarsvakken tegen elkaar uitgezet. Het betreft daarbij alleen de referentievakken, en geeft dus de ontwikkeling van het bestand weer zonder visserij.

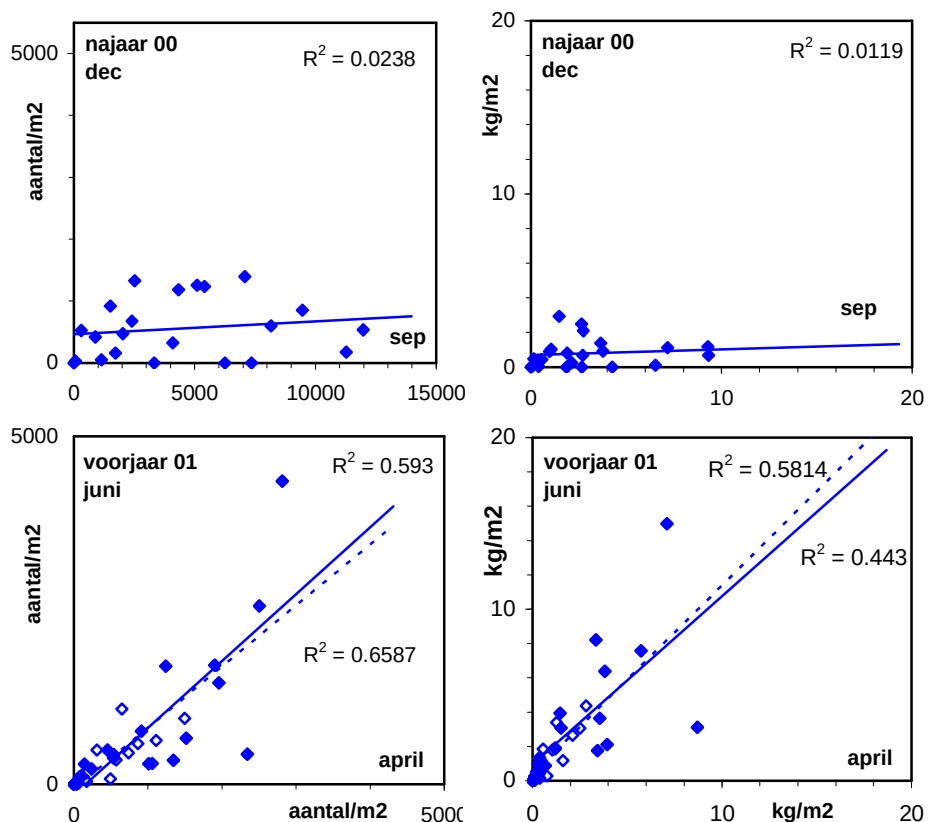
Voor de **najaarsvakken** lijkt de begindichtheid in september (T0) niet bepalend voor de dichtheden en biomassa in december (T1) en daarmee dus ook niet voor de jaren daarna. Het lijkt er daarbij op dat op de najaarsvakken de mosseldichtheden afnemen tot ca. 1000 ind./m² in december, ongeacht de (begin)dichtheid in september. Uitgedrukt in aantallen/m² is van het zaadbestand in september in december nog 13% in leven. Door groei van de nog levende mosselen is de biomassa van het bestand in december 27% van dat in september. Het gaat hier dus om de vakken die in het najaar zijn aangelegd en liggen in gebieden die als instabiel zijn beoordeeld voor de ontwikkeling van mosselbanken en waar verder dus niet is gevist.

Op de locaties die in het **voorjaar** zijn aangelegd is de overleving van het mosselzaad tussen T0 (april) en T1 (juni) aanzienlijk beter: 83%, gepaard gaand met een toename in biomassa als gevolg van groei tot 133% van het bestand in april. Worden in deze berekening de ook voorjaarsmetingen op de najaarsvakken (voor deze locaties T2 en T3) meegenomen, dan bedragen deze percentages 78 en 136% en verandert er dus weinig.

Figuur 6. Dichtheden (aantal/m² en biomassa (g/m²) mosselzaad op de referentievakken in aantal/m² (links) en kg/m² (rechts).

De hoeveelheden in december zijn weergegeven als functie van die in september (boven). Dit zijn dus relatief instabiele locaties waar in het najaar op het belendende visvak ook mocht worden gevist.

De hoeveelheden juni zijn weergegeven als functie van de hoeveelheid in april (onder). Daarbij is onderscheid gemaakt tussen locaties die in het voorjaar zijn aangelegd en toen voor het eerst zijn bemonsterd (dichte punten, relatief stabiel) en de (minder stabiele) locaties die dateren van het najaar daarvoor. De doorgetrokken regressielijn heeft betrekking op alleen de voorjaarslocaties. De gestippelde



lijn op alle locaties die in het voorjaar zijn bemonsterd.

2.2.2 Arealen

Deze paragraaf richt zich op de vraag in hoeverre het oppervlak aan mosselbanken wordt beïnvloed door de visserij. Daarbij is als schatting voor de afname van het aan areaal aan mosselbanken uitgegaan van het aantal onderzoeksvakken met nog een voldoende dichtheid mosselen om als “mosselbank” te kunnen worden beoordeeld. Of anders geformuleerd, wanneer op enig moment blijkt dat de helft van de vakken inmiddels “leeg” is betekent dit dat ook van de daarmee corresponderende banken naar verwachting de helft zal zijn verdwenen.

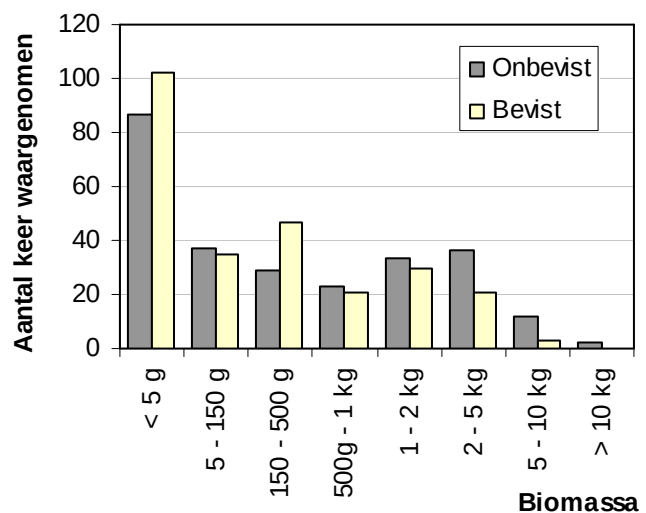
De vraag is vervolgens bij welke mosseldichtheid een vak nog kan worden geoormerkt als mosselbank. Criteria voor sublitorale mosselbanken zijn nog niet ontwikkeld. Voor litorale mosselbanken is dat wel het geval, maar dan in termen van de bedekking en de bezetting van het gebied met mosselen en de daarbij aanwezige structuren (Craeymeersch et al., 2004). Dus ook hier niet in termen van biomassa's.

In de navolgende analyse zijn daarom een range van grensdichtheden doorgerekend:

- vanaf 5 gram /m² = complement van helemaal geen mosselen aanwezig, gedefinieerd als < 5 g/m²,
- vanaf 150 gram /m² = minimaal vereiste dichtheid voor een nog lonende visserij.
- en vanaf resp. 500 g/m², 1 kg /m² en 2 kg /m².

De laatste dichtheden zijn zodanig gekozen dat de onderscheiden groepen minstens 20 waarnemingen bevatten (zie **figuur 7**).

Figuur 7. Frequentieverdeling mosselbiomassa op de PRODUS-vakken zoals die gedurende de gehele onderzoeksperiode zijn gemeten op de PRODUS-vakken.



Het aandeel vakken dat met nog voldoende hoge biomassa's en het verloop daarin in de tijd is weergegeven in **figuur 8**. Verschillen tussen de beviste en onbeviste vakken zijn per situatie (grensdichtheid & tijdstip) getoetst met als nulhypothese de kans op het aantreffen van een vak dat voldoet aan het criterium “mosselbank” voor de referentie- en visvakken gelijk is en dus een binomiale verdeling volgt.

Uitgaande van een grensdichtheid van 5 gram mosselen/m² (= “nog mosselen aanwezig”, deelfiguren **A** en **B**) dan blijkt dat nieuwe jaarklassen mosselen 5 jaar na de zaadval weer zijn verdwenen. Worden

alleen de najaarslocaties in beschouwing genomen, dan is dat al na vier jaar het geval. Daarbij is na één jaar ongeveer de helft van de najaarslocaties al “leeg”. Op de “voorjaarslocaties” zijn dan nog op 90% van de vakken mosselen aanwezig. Een effect van visserij is niet aantoonbaar. Dit is ook niet verwonderlijk omdat er na de visserij in principe altijd mosselen achterblijven in dichtheden vanaf ca. 150 g/m².

Uitgaande van een minimale dichtheid van 150 gram/m² (= grens lonende visserij, **C** en **D**) is het beeld niet wezenlijk anders. Ook bij deze grenswaarde nemen de arealen in de najaarsgebieden sneller af, waarbij zeker op de langere termijn de referentie en beviste gebieden zich niet verschillend lijken te ontwikkelen.

Wordt uitgegaan grendichtheden van 0.5, 1 of 2 kg mosselen per m² (**E** t/m **J** in **figuur 7**) dan valt op dat de T0-waarden, dus nog voor de eerste visserij, vaak al onder deze grenswaarden liggen, terwijl deze locaties bij aanvang van het onderzoek impliciet wel als “mosselbank” zijn geïdentificeerd. Ook voor deze grenswaarden nemen de arealen af in de tijd. Voor de **voorjaarslocaties** zijn daarbij statistisch significante verschillen aantoonbaar tussen de open en gesloten vakken direct na de voorjaarsvisserij (T1) en het jaar daarna (T2). Op de langere termijn (vanaf vj-03) blijken ook op de referentievakken nog maar af en toe de gestelde grendichtheden te kunnen worden aangetroffen (< 10%). Verschillen die zijn te herleiden naar eerdere visserij zijn dan niet meer aantoonbaar.

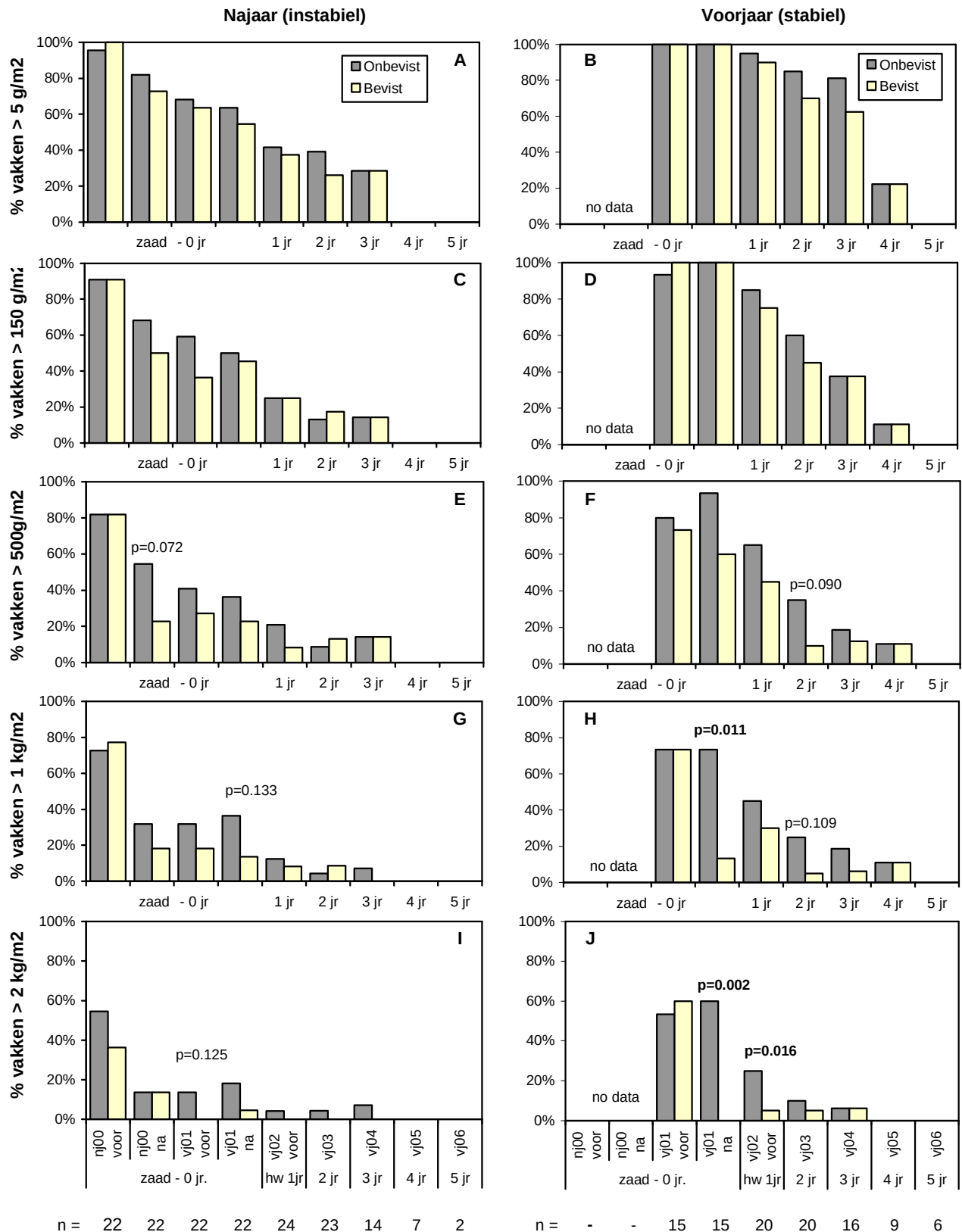
2.2.3 Lange termijn ontwikkeling in mosselbiomassa en arealen

Uitgaande van de gegevens in **tabel 2** is in **tabel 3** de mosselbiomassa berekend die gemiddeld aanwezig is geweest over de tijdspanne waarover gegevens zijn verzameld (T0 tot en met VJ06). Het proportionele verschil tussen de referentie en de visvakken in de meest rechtse kolom van de tabel (Vis/Ref) geeft een indicatie hoe visserij doorwerkt in de langjarige ontwikkeling van het mosselbestand. De berekende waarden op zich zijn minder interessant omdat met het langer worden de tijdreeksen en er steeds meer nulwaarden zullen voorkomen en de gemiddelden zullen dalen.

Bij de berekeningen zijn de waarden gewogen naar de tijdsperiode tussen de opeenvolgende metingen. De metingen “NJ00-voor, NJ00-na en VJ01-voor” tellen elk voor één kwartaal en wegen daarmee voor 1/4 deel mee in het gemiddelde van het betreffende jaar. VJ01-na telt voor de rest van jaar 01 zijnde drie kwartalen oftewel voor 3/4 deel van dat jaar. De metingen in de (voor)jaren daarna (VJ02 en hoger) tellen steeds mee voor één vol jaar.

Voor de najaarsvakken (deel **1** in **tabel 3**) zijn gegevens beschikbaar vanaf het najaar (september) direct na de zaadval. Voor de voorjaarsvakken (**2**) is dat pas vanaf het daaropvolgende voorjaar. De zaadbanken die in het voorjaar aanwezig zijn, zijn er ook zeker in het najaar geweest. Aannemende dat de biomassa in het najaar gelijk was aan die in het volgende voorjaar (april) is voor de voorjaarsvakken ook het langjarig gemiddelde vanaf september (deel **3**) geschat. In deel **4** van de tabel is uitgaande van de onderliggende gegevens bij 1. en 3. de langjarig gemiddelde biomassa berekend voor alle PRODUS-locaties tezamen.

De berekeningen zijn ook uitgevoerd voor de arealen met mosselen zoals weergegeven in **figuur 8**. De uitkomsten daarvan zijn eveneens weergegeven in **tabel 3**.



Figuur 8. Aandeel PRODUS vakken met een zekere minimale dichtheid (> 5 g/m², > 150 g/m², > 500 g/m², > 1 kg/m², en > 2 kg/m²) als maat voor de ontwikkeling van het areaal met nog mosselen / mosselbanken. Verschillen tussen de beviste en onbeviste vakken zijn per situatie getoetst met als nulhypothese dat vakken met betreffende dichtheden evenredig over beide categorieën zijn verdeeld (dus binominale verdeling volgt). De laagst berekende p-waarden zijn in de figuur weergegeven. Significante waarden ($\alpha < 0.05$) zijn dikgedrukt aangegeven. Onderaan is het aantal vakken vermeld waarop de figuur en analyse zijn gebaseerd.

Langjarige gemiddelden vanaf T0 t/m VJ06		Referentie	Visvakken	Vis/Ref
1. Najaarsvakken	Biomassa (kg/m²)	0.42	0.22	52%
	Areaal (% ha)			
	> 5g/m ²	34%	30%	88%
	> 150 g/m ²	22%	21%	94%
	> 500 g/m ²	18%	13%	74%
	> 1 kg/m ²	13%	9%	65%
2. Voorjaarsvakken vanaf voorjaar 01	Biomassa (kg/m²)	1.27	0.41	32%
	Areaal (% ha)			
	> 5g/m ²	64%	57%	90%
	> 150 g/m ²	49%	45%	92%
	> 500 g/m ²	37%	24%	65%
	> 1 kg/m ²	29%	13%	47%
3. Voorjaarsvakken vanaf najaar 00	Biomassa (kg/m²)	1.40	0.59	42%
	Areaal (% ha)			
	> 5g/m ²	67%	61%	91%
	> 150 g/m ²	52%	49%	94%
	> 500 g/m ²	40%	27%	69%
	> 1 kg/m ²	32%	18%	56%
4. Alle vakken vanaf najaar 00	Biomassa (kg/m²)	0.82	0.37	45%
	Areaal (% ha)			
	> 5g/m ²	47%	42%	90%
	> 150 g/m ²	34%	32%	94%
	> 500 g/m ²	27%	19%	71%
	> 1 kg/m ²	21%	12%	59%
	> 2 kg/m ²	12%	5%	42%

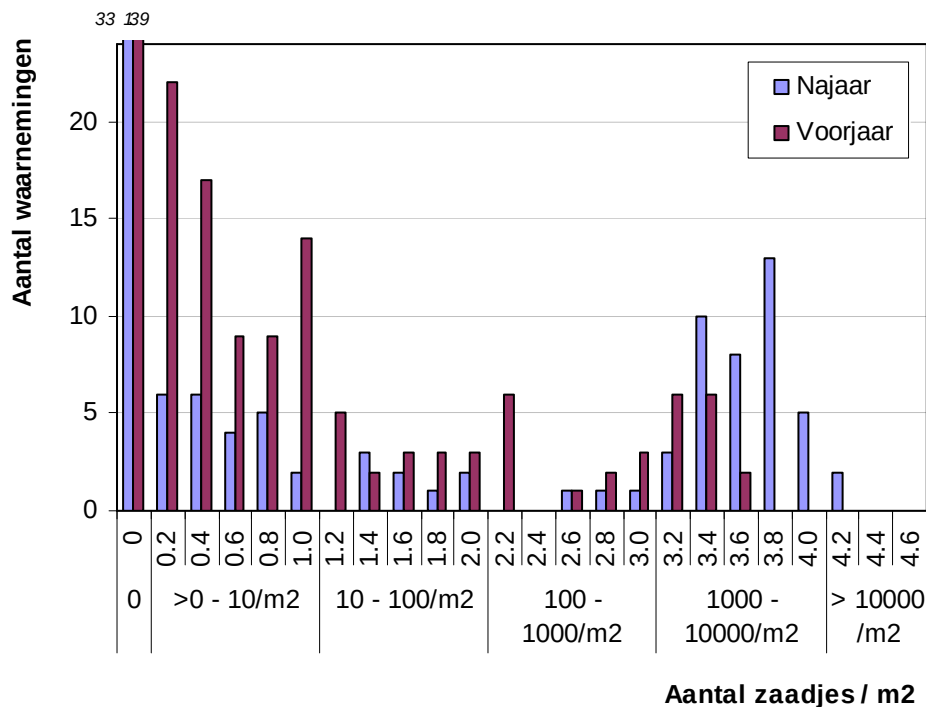
Tabel 3. Langjarig gemiddelde mosselbiomassa op de PRODUS-vakken c.q. areaal met mosselen zoals dat aanwezig is in dichtheden boven resp. >5 g/m², >150 g/m², >500 g/m² en >1 en >2 kg/m². Voor de najaarsvakken betreft het gemiddelden over de periode sep.00 (T0) t/m VJ06. Op de voorjaarsvakken heeft de T0 plaatsgevonden in april van het volgend voorjaar (VJ01). Onder (2) zijn gemiddelden berekend vanaf dat moment. Onder (3) is voor de voorjaarsvakken aangenomen dat de biomassa c.q. het areaal met mosselen in het NJ00 minimaal gelijk is geweest aan de biomassa / het areaal zoals dat in het april is aangetroffen. De percentages in de laatste kolom geven het proportionele verschil weer tussen de langjarige gemiddelde bestandsgroottes en arealen op de referentie- en visvakken.

2.2.4 Visserij en zaadval

Deze paragraaf richt zich op de vraag in hoeverre de mosselzaadvisserij van invloed is op de nieuwe zaadval. Een hypothese daarbij is dat zonder visserij er meer mosselen achterblijven die kunnen dienen als substraat voor nieuw zaad. Anderzijds kunnen volwassen mosselen larven affiltreren en zouden daarmee de zaadval kunnen remmen. De PRODUS-vakken zijn aangelegd in nieuw ontstane zaadbanken. Deze eerste zaadval is dus nog niet onderhevig geweest aan het wel en niet bevissen van de beide deelvakken. Voor de analyse zijn daarom met name volgende zaadvallen zoals die na de aanleg van de vakken hebben plaatsgevonden interessant.

De zaadvallen zoals we die kennen uit het veld kenmerken zich door soms uitbundige broedvallen die leiden tot nieuwe zaadbanken en door een zekere “achtergrondbroedval” van kleine hoeveelheden mosselzaad in bestaande mossel- (en oester-) banken. Het eerste type broedval vormt de basis voor het ontstaan van nieuwe banken waardoor verdwenen banken weer kunnen terugkeren. Vanwege de ongewisse kans op goede zaadvallen is nieuwvestiging echter onzeker, zoals het uitblijven van zaadval in 2010 en 2011 heeft laten zien. Het tweede type zaadval, waarbij zich mosselzaad vestigt in bestaande banken, vindt vrijwel altijd wel plaats, dus ook in jaren met een overall slechte broedval. De dichtheden

mosselzaad zoals die in de PRODUS-vakken is aangetroffen (T0-waarden) toont een duidelijke tweedeling in dichtheden zaad na vestiging (**figuur 9**). Op grond daarvan zijn beide typen zaadval nader gedefinieerd als dichtheden boven en onder 150 zaadjes/m².

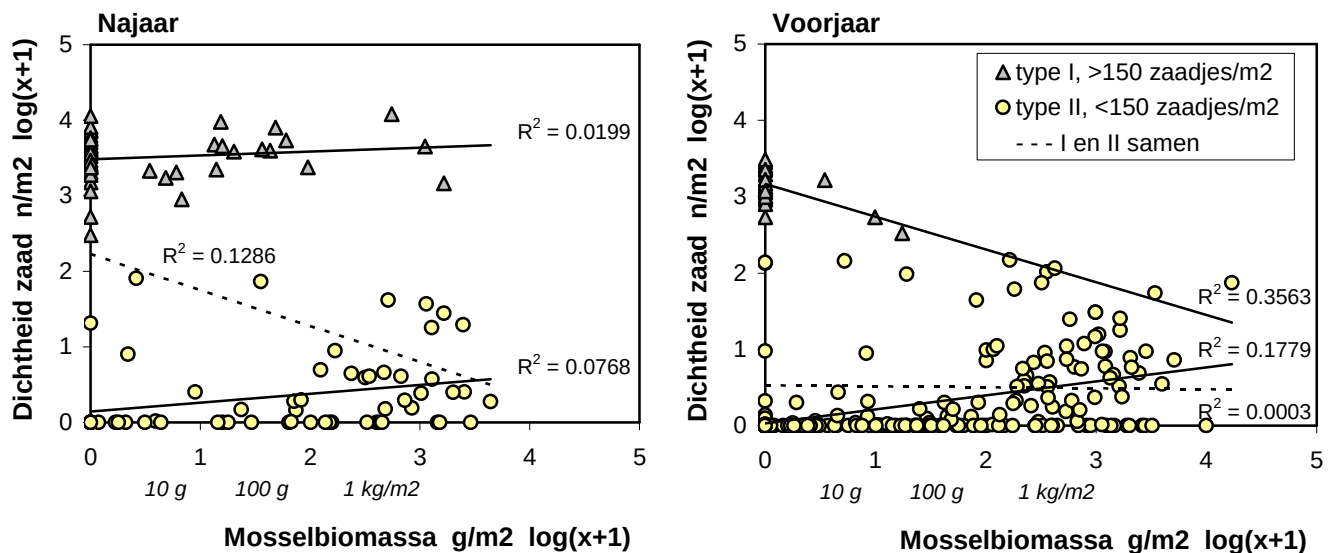


Figuur 9. Frequentieverdeling van $\log(x+1)$ getransformeerde dichtheden mosselzaad in het najaar (september) of voorjaar (april) en van de referentie en visvakken tezamen.

In de **figuur 10** is de dichtheid mosselzaad kort na de zaadval uitgezet als functie van de op dat moment aanwezige biomassa meerjarige mosselen. Daarbij is geen onderscheid gemaakt tussen de dichtheden mosselzaad bij aanleg van de vakken en de zaadvallen zoals die later hebben plaatsgevonden.

Uit de figuren blijkt dat de meer massale zaadvallen (type I) veelal zijn waargenomen op plaatsen met op dat moment helemaal geen of nauwelijks mosselen (<100 g/m²), terwijl de spaarzamere zaadvallen (type II) juist in aanwezigheid van meerjarige mosselen succesvoller blijken. In de figuren is geen onderscheid gemaakt tussen de referentie- en visvakken. De reden daarvoor dat ook de metingen op T0 zijn meegenomen en de behandeling “wel of niet vissen” dan nog niet heeft plaatsgevonden. In **figuur 11** en **12** met daarin alleen de zaadvallen na aanleg van de vakken (T0) is hierna dit onderscheid wel gemaakt.

Van belang is te beseffen dat bij de aanleg, de onderzoekslocaties gericht zijn neergelegd op plaatsen met op dat moment substantiële hoeveelheden mosselzaad. Voor de zaadvallen van type I geven de figuren dan ook een vertekend beeld ten aanzien van de kans op optreden van zulke zaadvallen. Betreffende locaties zijn immers op de aanwezigheid van veel zaad geselecteerd. Dit laat echter onverlet dat op plaatsen met type 1 zaadval vaak geen meerjarige mosselen aanwezig waren, aangezien bij de locatiekeuze van de PRODUS-vakken verder niet op de aan- of afwezigheid van meerjarige mosselen is geselecteerd.



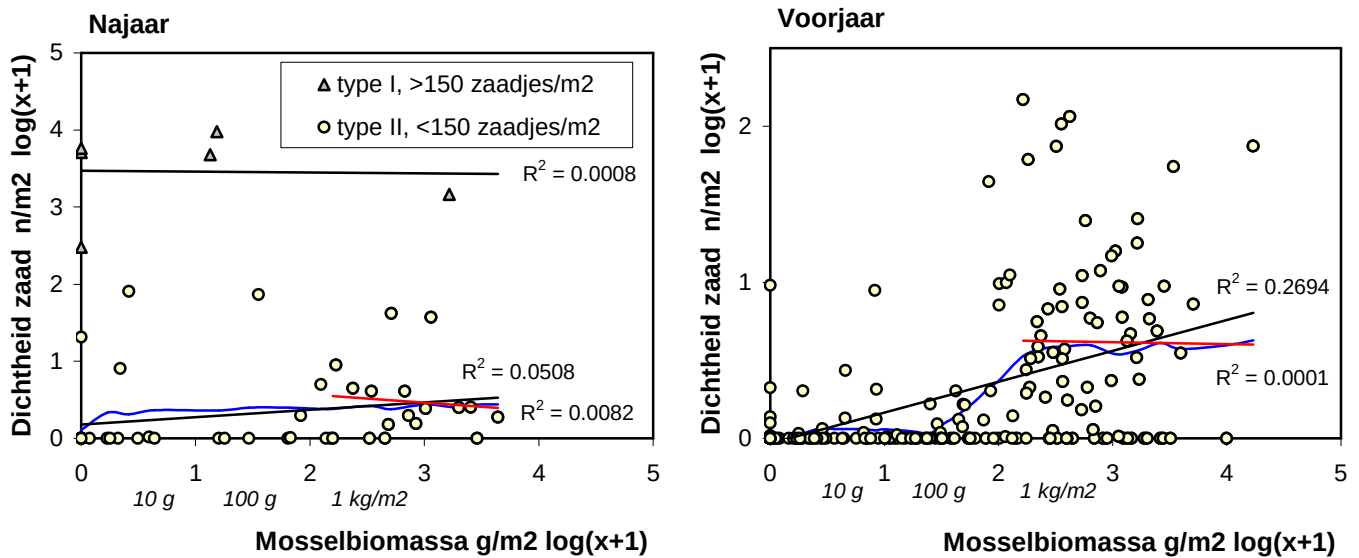
Figuur 10 Dichtheid zaadmosselen ten tijde van de eerste bemonstering (= september of april) als functie van de op dat moment aanwezige biomassa meerjarige mosselen. Beide zijn daarbij $\log(x+1)$ getransformeerd. De grafiek bevat zowel de dichtheden zaad bij aanleg van de vakken als ook de dichtheden bij latere zaadvallen. Elk station komt daarmee even zo vaak in de grafiek als het aantal jaren dat het station is bemonsterd. De zaadvallen kunnen ook nul zijn geweest. De weergegeven trends zijn gefit door de referentie en visvakken tezamen.

Uitgaande van de zaadvallen (of ontbreken daarvan) na aanleg vakken (**figuur 11**), blijkt dat nieuwe goede zaadvallen van het type I nog slechts 6 maal zijn opgetreden, en dat alleen op de najaarslocaties. Ook hier valt op dat op 5 van deze 6 locaties ten tijde van de zaadval er geen of vrijwel geen meerjarige mosselen aanwezig waren.

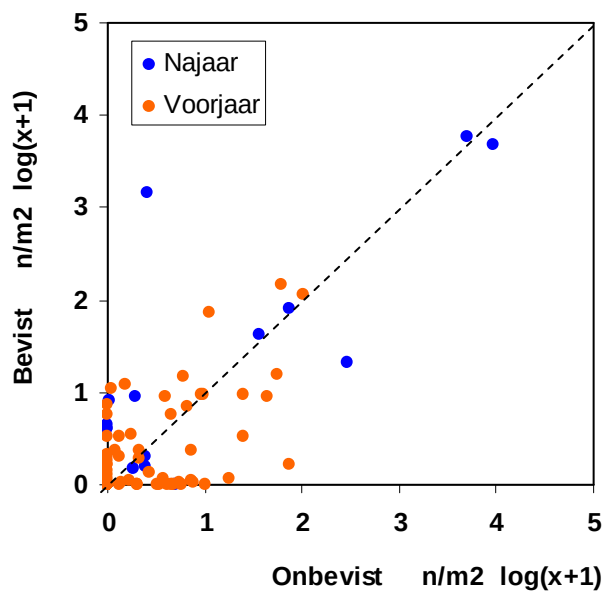
Zaadvallen van het type II hebben na aanleg van de vakken frequenter plaatsgevonden en blijken met name op de voorjaarslocaties meer succesvol in aanwezigheid van meerjarige mosselen. Daarbij lijkt er een omslagpunt te liggen bij ongeveer 100 gram meerjarige mosselen/ m². De vestiging van nieuw zaad wordt dan beter, maar lijkt bij verder oplopende dichtheden mosselen niet verder toe te nemen.

Binnen de range van mosseldichtheden waarbinnen wordt gevist (boven 150 gram mosselen per m²) is er geen verband aantoonbaar tussen de zaadval en de biomassa meerjarige mosselen (rode lijntjes in de figuur 11). Dat visserij een effect heeft op de zaadval type II, is daarmee niet aannemelijk.

In **figuur 12** is de zaadval op de aangrenzende referentie- en visvakken tegen elkaar uitgezet, met ook hier alleen de gegevens zoals die zijn verzameld na aanleg van de vakken. Hier is geen onderscheid is gemaakt tussen type I en II. Significante verschillen bleken niet te kunnen worden aangetoond.



Figuur 11 Als **figuur 10**, waarbij alleen de zaadvallen (of ontbreken daarvan) na aanleg vakken zijn weergegeven. Voor de type II zaadvallen zijn ook voortschrijdende gemiddelden gepresenteerd (blauw). De meegegeven trends zijn berekend over de gehele range aan mosseldichtheden (zwart) en voor mosselbiomassa's groter dan 150 gram/m², zijnde de ondergrens waarbij visserij nog lonend is (rode lijntjes).



Wilcoxon Signed Rank Test

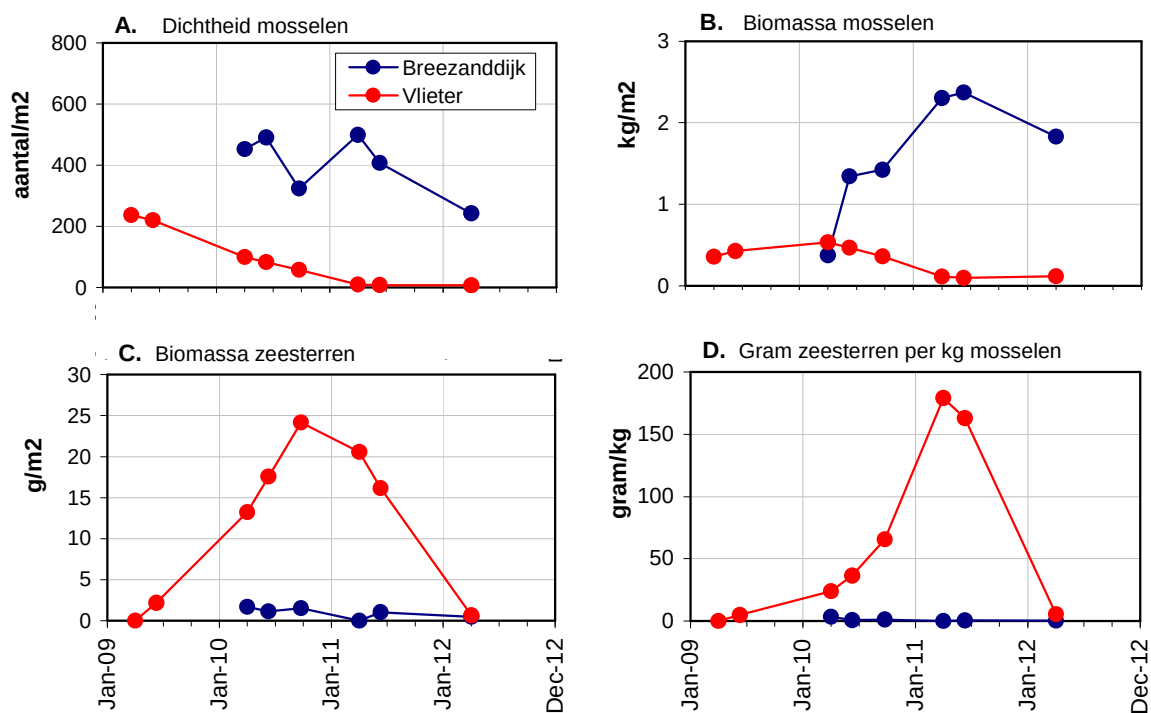
Zaadval na T1	Aantallen / m ²				
	Onbevist	Bevist	n	Ts	
Najaar	1936	1422	54	0.23	ns
Voorjaar	127	121	126	0.59	ns
Najaar + Vjaar	670	511	180	0.37	ns

Figuur 11. Dichtheid mosselzaad in september (najaarslocaties) en april (voorjaarslocaties) als indicator voor de zaadval op de onbeviste en beviste PRODUS-vakken. Het betreft gegevens over de zaadval na aanleg van de locaties. De dichtheden zijn $\log(x+1)$ getransformeerd. De gegevens zijn statistisch getoetst op verschillen in zaadval op de beviste en onbeviste vakken met een Wilcoxon Signed Rank Test (Sokal & Rolph, 1981).

3. Voor visserij gesloten mosselbanken Vlieter en Breezanddijk

Voortvloeiend uit de afspraken zoals die zijn gemaakt binnen het mosselconvenant (LNV, 2009)) zijn in het voorjaar van 2009 en 2010 twee mosselbanken met een oppervlak van respectievelijk 140 en 70 ha gesloten in de gebieden Vlieter en Breezanddijk. De ontwikkeling van het mosselbestand in deze banken en de daaraan gekoppelde biodiversiteit worden onderzocht binnen het project Mosselwad (Jansen et al. 2012-a en 2012-b). De bemonstering van de banken is op een vergelijkbare manier (zuigkor) en vaak tegelijkertijd met de bemonstering van de PRODUS-vakken uitgevoerd. In het gebied Vlieter liggen 22 en in het gebied Breezanddijk 9 meetpunten waarop de ontwikkeling van het mosselbestand in de tijd is gevolgd. De uitkomsten zijn voor voorliggend rapport relevant, zijnde twee extra waarnemingen voor de ontwikkeling van het mosselbestand wanneer er niet wordt gevisst, maar vooral ook omdat in deze situatie niet een gedeelte (4 ha) maar de gehele bank gevrijwaard is gebleven van visserij.

In **figuur 13** is de ontwikkeling van het mosselbestand op beide banken weergegeven als ook dat van het bestand aan zeesterren.



Figuur 13. Gemiddelde dichtheid mosselen in aantallen/m² (A) en biomassa in gram/m² (B) op de mosselbanken "Vlieter" (n=22) en "Breezanddijk" (n=9). Figuur C geeft het verloop in biomassa van de aanwezige zeesterren (gram versgewicht/m²). In figuur D is de hoeveelheid zeesterren per hoeveelheid aanwezige mosselen weergegeven als een maat voor de predatiedruk per mossel.

Op de bank in de **Vlieter** hebben zich na de zaadval zeesterren gevestigd. Zowel in absolute hoeveelheden (**fig. 13.C**) als per hoeveelheid mosselen (**D**) is de hoeveelheid zeesterren geleidelijk toegenomen, gepaard gaand met een daling van het mosselbestand. Dat predatie door zeesterren hier een rol speelt was zichtbaar in de vorm van de lege schelpen zoals die tijdens de monsternames zijn aangetroffen als ook uit video-opnamen zoals die binnen Mosselwad zijn gemaakt. Aanvankelijk kon groei van de mosselen de numerieke afname nog compenseren, leidend tot een min of meer stabiel

bestand van ca. 0.5 kg mosselen per m² tot in het tweede levensjaar van de bank (**B**). Daarna is het bestand gaan dalen en zijn er een jaar later al nauwelijks meer mosselen in het gebied aanwezig. Met het “opraken” van de mosselen in het derde jaar verdwijnen ook de zeesterren.

De ontwikkeling van het mosselbestand in de bank bij **Breezanddijk** kenmerkt zich door het vrijwel ontbreken van zeesterren een vervijfvoudiging van de biomassa in de eerste twee jaar. Pas in het derde jaar lijkt het bestand weer wat te gaan dalen.

4. Discussie

Zoals in de inleiding reeds aangegeven richt dit rapport zich op

- de ontwikkeling van het mosselbestand op de PRODUS-vakken in aan- en afwezigheid van visserij,
- de ontwikkeling van het mosselbestand in de gesloten gebieden Vlieter en Breezanddijk en daaraan gekoppeld
- de analyse van de black box gegevens en
- de metingen zoals die zijn uitgevoerd naar mogelijke randeffecten.

Integratie van deze gegevens met de andere deelstudies vindt plaats in het samenvattende eindrapport (Smaal. in prep.) en is dus geen onderdeel van dit rapport.

Hoe de mosselzaadvisserij, de opkweek van het opgeviste zaad op percelen en de afvoer van mosselen naar Zeeland (VKA) doorwerkt op het gehele mosselbestand in de Waddenzee is onderwerp van studie binnen deelproject 1A. De productie van mosselzaad in MZI's (Stralen van, 2012) levert daarbij een in omvang toenemende bijdrage aan het mosselbestand op de kweekpercelen. Implicaties van MZI's voor ondermeer de draagkracht van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren komen aan de orde in de een afzonderlijk project dat eind 2013 wordt gerapporteerd.

Aanleg vakken

Als gevolg van het vrijwel ontbreken van zaadval bij de start van het onderzoek in 2006 en de vervolgens spaarzame zaadvallen in de jaren daarna, heeft het tot 2009 geduurd voordat alle 40 onderzoekslocaties konden worden aangelegd en ingericht. Om met het onderzoek toch een aanvang te kunnen maken is daarbij in 2006 besloten om alvast te starten op 9 locaties met op dat moment nog hoge dichtheden, maar wel al beviste bestanden halfwasmosselen.

Uit analyse van de black box gegevens bleek dat gaande het onderzoek op drie locaties is gevestigd in de referentievakken. Dit heeft er toe geleid dat 1 locatie opnieuw is ingericht (TX-o), 1 locatie is komen te vervallen (BS-w) en van 1 locatie de gegevens vanaf het tweede meetjaar in de verdere analyses niet zijn meegenomen (DB).

Na aanleg van de vakken heeft op 6 locaties, en waarvan op 1 locatie 2 maal, een dusdanige zaadval plaatsgevonden dat daar opnieuw gericht op mosselzaad kon worden gevist. De verkregen dataset bestaat daarmee uit 37 tijdseries van de ontwikkeling van het mosselbestand vanuit een nog onbeviste situatie met mosselzaad en 9 tijdseries startend met halfwasmosselen.

Visserij-intensiteit

De black box gegevens laten zien dat op de meeste vakken dusdanig is gevist dat vrijwel het gehele vak minstens een maal door een mosselkor is geraakt (**figuur B1.3 in bijlage 1**). Op vakken waar weinig of niet is gevist was het mosselzaad bij aanvang van de visserij alweer (zo goed) als verdwenen als gevolg van predatie door zeesterren. Van de totale visserij-inspanning op de vakken (481 uur) is 87% besteed aan de vangst van mosselzaad, 12% aan de vangst van 1 jaar oude halfwas mosselen en 1% aan de vangst tweejarige mosselen (**figuur B1.4 in bijlage 1**).

Randeffecten

Eén van de vragen bij de opzet van het onderzoek hoe groot de onderzoeksvakken zouden moeten zijn om van ongestoorde controlevakken te kunnen spreken (Ens et al., 2007). Gekozen is voor vakken van 4 ha. In verband met het mogelijk optreden van randeffecten is in de vakken een buffer van 50 m aangelegd tussen de grens van het vak en het “binnenvak” waar de metingen hebben plaatsgevonden. Daarnaast is gericht onderzoek gedaan naar randeffecten, mochten deze optreden, zichtbaar te maken. Op de referentievakken bleken gradiënten in mosseldichtheid aantoonbaar (**bijlage 2**). De patronen daarin blijken echter niet te kunnen worden gerelateerd aan mogelijke effecten van de visserij rondom de vakken. Het optreden van gradiënten binnen de vakken is op zich geen onverwachte uitkomst gezien de patronen in dichtheden die van nature in mosselbanken kunnen voorkomen. Het zijn juist ook deze gradiënten waarom het wenselijk is om bij een paarsgewijze opzet van onderzoek met wel en niet beviste vakken deze vakken niet te ver uit elkaar te leggen.

Eerder onderzoek met het wel en niet bevissen van delen van in dat geval droogvallende mosselbanken in de Waddenzee is uitgevoerd in 2001 als het zogenaamde “Jan Louw” onderzoek. (Smaal et al., 2004). Ook in dit onderzoek is de ontwikkeling van het mosselbestand binnen beviste en onbeviste onderzoeksvakken gemonitord op raaien. Een deel van de raaien is haaks gepositioneerd op grens tussen het beviste en onbeviste gebied. De raaien zijn vanaf de grens te voet (om de twee stappen) bemonsterd en er zijn luchtfoto's gemaakt. Uitstralingseffecten van betekenis zijn daaruit niet gebleken. Uit oogpunt van zekerheid is er toen voor gekozen de gegevens van de eerste 25 m van de raaien uit de verdere analyse te laten. Ook de reguliere kweekpraktijk laat zien dat de visserijactiviteiten (zaaien, opvissen) geen merkbare invloed heeft op de aanwezige bestanden van naastgelegen percelen.

Ontwikkeling mosselbestand op beviste en onbeviste vakken

Zoals te verwachten leidt visserij tot een verlaging van het mosselbestand (**fig. 2 en 3**). Over de beviste PRODUS-locaties tezamen ligt de langjarig gemiddelde biomassa ongeveer de helft lager

dan op de vakken waar niet is gevestigd (**tabel 3**). Het areaal met mosselen (percentage van de vakken) in dichtheden >150 g/m² (grens lonende visserij) neemt daarbij nauwelijks af (-10%). Dit hangt samen met het gegeven dat er na de visserij altijd mosselen achterblijven. Het areaal met mosselen in dichtheden boven 1 of 2 kg/m² ligt met visserij jaargemiddeld resp. 40% en 60% lager dan in een situatie waarin niet wordt gevestigd. Het onttrekken van biomassa door visserij leidt dus vooral tot een verlaging van de dichtheden in de banken en niet zo zeer het verdwijnen daarvan.

Voor de vakken die in het najaar zijn aangelegd zijn effecten van visserij statistisch niet aantoonbaar (**tabel 2**). Dit hangt samen met het gegeven dat van nature de mosselen op deze locaties in het algemeen weer snel verdwijnen, zoals de ontwikkeling op de referentievakken laat zien (**fig. 2**). Het is juist ook om deze reden waarom deze gebieden (en dus ook de daarin gelegen najaarslocaties) onderdeel zijn geweest van de najaarsvisserij. Uitgangspunt bij vergunningverlening voor de najaarsvisserij is dat instabiel gelegen zaadbestanden als eerste worden bevestigd om zo het daar aanwezige zaad veilig te stellen voor predatie door zeesterren en stormverliezen in de winter.

Op de vakken die in het voorjaar zijn bevestigd zijn effecten van visserij wel statistisch aantoonbaar. Zowel de mosselbiomassa (**tabel 2**) als ook de arealen met mosselen met hoge dichtheden (**figuur 8**) zijn daarbij tot twee jaar na de visserij statistisch significant lager dan in de situatie dat er niet is gevestigd.

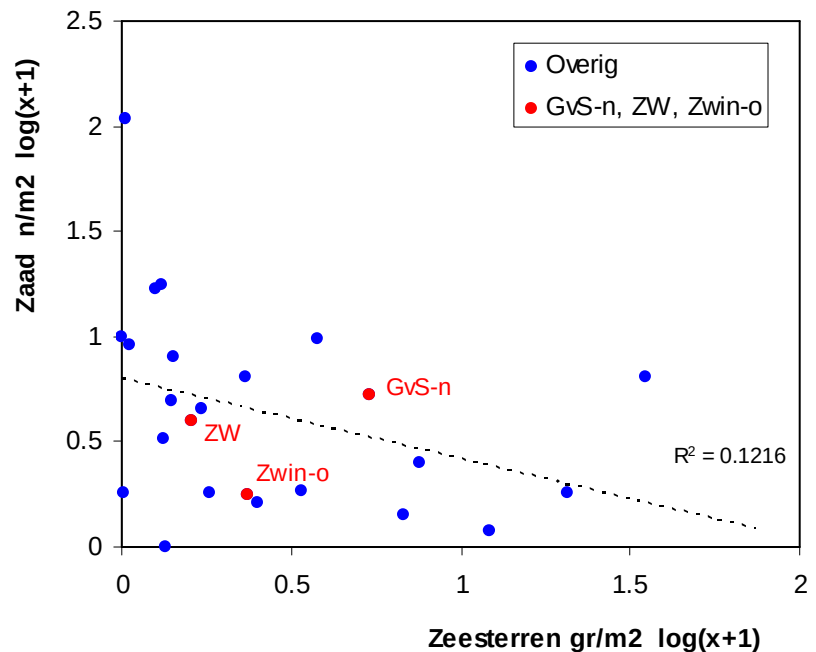
Ruimtelijke heterogeniteit

Uit de verzamelde gegevens blijkt ook dat de ontwikkeling van het mosselbestand van plaats tot plaats sterk kan verschillen. Dit geldt ook binnen de onderscheiden najaars- en voorjaarsvakken. In zijn algemeenheid vertonen de bestanden in zowel de bevestigde als onbevestigde vakken een dalende trend die sneller verloopt op de najaarsvakken. Maar beide categorieën kennen hierin uitzonderingen waarbij het de mosselbiomassa zich met name op de locaties GvS-n, ZW en Zwin-o gunstig ontwikkelt en leidt tot uitzonderlijk hoge biomassa's (zie o.a. **figuur 5**). Zoals eerder besproken (**par. 2.2.3**) wegen deze extremen zwaar door in de berekende gemiddelden en waarbij één zo'n extreem meer of minder in de meetserie het totaalbeeld dus sterk kan beïnvloeden. Mede daarom is als statistische toetsingsmethode gekozen voor de niet parametrische Wilcoxon-test die minder gevoelig is voor uitbijters.

Op zich is uiteraard intrigerend waarom de mosselen op de locaties GvS-n, ZW en Zwin-o veel beter gedijen dan op de andere locaties. Wanneer de kans op het ontstaan van meerjarige mosselbanken met hoge dichtheden als deze wordt ingeschat als 3/40, dan is interessant welke factoren en omstandigheden daarvoor doorslaggevend zijn. Om dat vast te kunnen stellen is aanvullende informatie over de omstandigheden ter plaatse nodig. Die is echter maar beperkt voor handen. Zo is van de drie locaties (ZW, GvS-n en Zwin-o) alleen de locatie ZW met de box-core bemonsterd en zijn dus sedimentgegevens verzameld. Gegevens over de fysische omstandigheden, zoals bodemsamenstelling, golfwerking, stroming uit meer algemene bronnen zijn maar beperkt beschikbaar en in het algemeen ook ruimtelijk weinig gedetailleerd. Het opwerken daarvan een studie op zich en valt buiten de reikwijdte van het PRODUS-onderzoek.

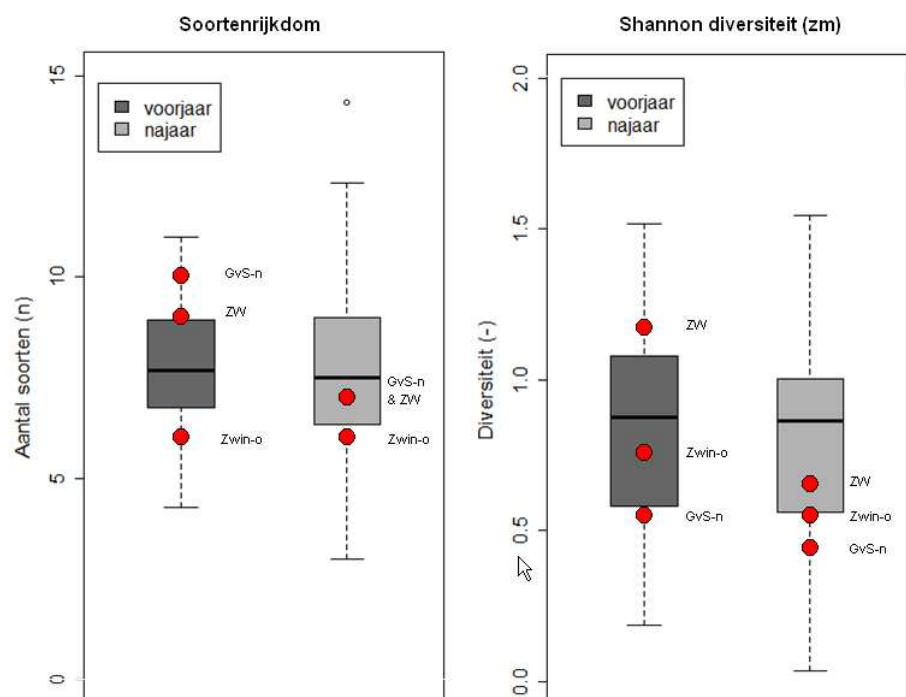
Ten aanzien van biologische kenmerken in de vakken is informatie beschikbaar over predatie door zeesterren en in hoeverre er aanwas van het bestand is opgetreden als gevolg van zaadval in de vakken. De drie locaties wijken daarin niet af. Zowel de aanwezigheid van zeesterren als het optreden van zaadval in de vakken (type 2) is niet opvallend verschillend van die op de andere locaties zoals **figuur 14** laat zien. Uitgaande van de hypothese dat de aanwezigheid van zeesterren de aanwas door nieuwe zaadval remt is de weergegeven trend bij eenzijdige toetsing statistisch significant ($p = 0.047$). Massale zaadval (type 1) heeft na aanleg op geen van de drie locaties plaatsgevonden.

Figuur 14. middelde biomassa zeesterren en zaadval type 2 in situaties met meer dan 100 gram meerjarige mosselen per m². De weergegeven trend is statistisch niet significant ($p=0.094$).



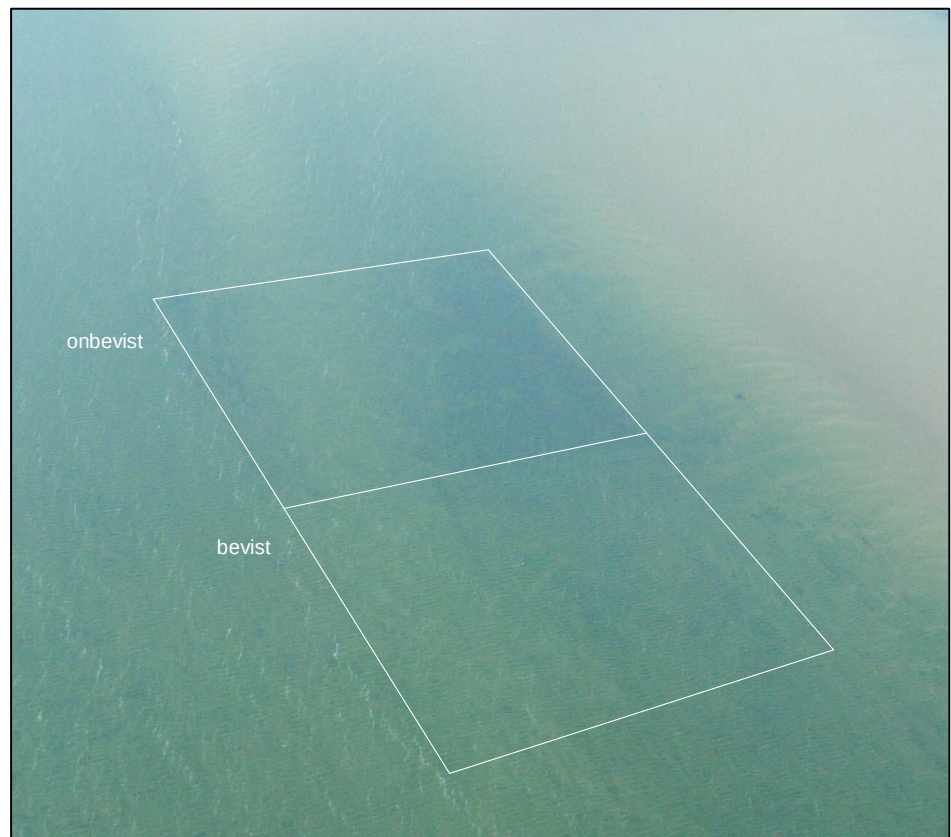
Ook de soortenrijkdom en biodiversiteit op de drie locaties is niet wezenlijk anders dan op de overige PRODUS-locaties (**figuur 15**, naar Glorius et al. 2013). Er is daarmee niet direct een oorzaak te benoemen voor de gunstige ontwikkeling van het mosselbestand op deze locaties.

Figuur 15. Gemiddelde soortenrijkdom (links) en biodiversiteit (Shannon–Wiener index) in de 40 gesloten vakken. (voorjaar $n = 226$, najaar $n = 78$) met daarin geplote waarden voor de locaties GvS-n, ZW en Zwin-o. De figuren en gegevens zijn afkomstig uit Glorius et al., 2013.



Wat mogelijk een rol speelt is dat het in alle drie de gevallen gaat om locaties die zijn gelegen in de nabijheid van ondiepten en daarvan misschien wat extra beschutting ondervinden. De foto hieronder (**figuur 16**) betreft een opname uit augustus 2009 van de locatie ZW (Lutjewoord). De locatie ZW is aangelegd in het najaar van 2008 en in datzelfde najaar en in het voorjaar van 2009 bevist. In het najaar van 2008 was het gehele vak als ook het gebied er omheen nog bedekt met mosselzaad. Een jaar later is in het referentievak links van het midden zichtbaar dat daar geen of nauwelijks meer inmiddels halfwas mosselen aanwezig zijn. In de jaren erna zijn ook de mosselen tegen de meest linkse grens van het vak verdwenen. De mosselen in het meest rechtse deel van het vak zijn tot het eind van de meetserie (voorjaar 2012) blijven liggen en hebben geleid tot de (gemiddelde) hoge dichtheden mosselen in het vak zoals weergegeven in **figuur 5**. Dit deel van het vak is weer wat dieper met rechts daarvan een droogvallende plaat. De foto illustreert dat ook op lokale schaal binnen vakken de omstandigheden en daarmee de overlevingskansen voor de mosselen substantieel kunnen variëren, hetgeen het maken van een koppeling van de mosselgegevens met fysische datasets er niet eenvoudiger op maakt.

Figuur 16. Luchtfoto van de locatie ZW (Lutjewoord) in augustus 2009 met boven het referentievak en onder het visvak. Het vak is aangelegd in het najaar van 2008. De donkere delen betreft halfwasmosselen.



Zoals eerder aangegeven heeft het PRODUS-onderzoek zich primair gericht op het aantonen van visserijeffecten en is gezien de grote ruimtelijke heterogeniteit in omstandigheden gekozen voor een paarsgewijze opzet van beviste en onbeviste plots. Het project Mosselwad is meer gericht op de andere verklarende factoren voor de ontwikkeling van mosselbestanden (Jansen et al., 2012-a, 2012-b). Het onderzoek dat binnen Mosselwad wordt uitgevoerd vindt ondermeer plaats in banken die zijn gesloten in het kader van de transitie mosselvisserij. Binnen fase 1 van de mosseltransitie is afgesproken dat in het

voorjaar 20% van het dan aanwezige oppervlak aan zaadbanken blijvend gesloten wordt voor visserij en dit te doen op plaatsen waar het zaad de meeste kans heeft zich te ontwikkelen tot meerjarige mosselbanken. Tot op heden betreft dat twee mosselbanken die in het voorjaar van 2009 en 2010 zijn gesloten in de Vlieter en nabij Breezanddijk en liggen in de als stabiel beoordeelde categorieën 4 en 5 op de stabiliteitskaart. Twee jaar na sluiting bleek de bank in de Vlieter te zijn verdwenen als gevolg van sterke predatie door zeesterren (**figuur 13**). Dit in tegenstelling tot bij Breezanddijk waar in het voorjaar van 2012 nog een florerende mosselbank zonder zeesterren aanwezig bleek. Aanwijzingen voor het verlies aan mosselen door stormen of hoge stroomsnelheden zijn op deze locaties niet gebleken.

De soms onverwacht gunstige ontwikkeling van het mosselbestand op de najaarsvakken, het soms weer snel verdwijnen van de mosselen op de voorjaarsvakken, als ook het grote verschil in ontwikkeling van de banken in de Vlieter en Breezanddijk laat zien dat voorspellingen over de relatieve stabiliteit van mosselbanken maar tot op zekere hoogte mogelijk zijn. De betrouwbaarheid van de stabiliteitskaart is groter naarmate er in het verleden meerdere malen zaadval is opgetreden en er dus meer historische kennis is over de ontwikkeling van het bestand. De stabiliteitskaart dateert van 2005 en het is het voornemen deze in 2013 te actualiseren, gebruik makend van de uitkomsten uit met name deelproject 1B van het PRODUS-onderzoek, als ook uit informatie uit de bestandsopnamen zoals die na 2005 hebben plaatsgevonden en de gegevens voor zover al beschikbaar uit Mosselwad.

Zaadval

Bij de zaadval van mosselen kan onderscheid worden gemaakt tussen de meer uitbundige (type 1) broedval zoals die gemiddeld om het jaar plaatsvindt en leidt tot nieuwe banken en de “achtergrondzaadval” (type 2) zoals die altijd wel plaats vindt in de vorm van kleine hoeveelheden zaad die zich vestigt tussen bestaande mosselen.

Effecten van visserij op de type-1 zaadval zijn niet gevonden. Zaadval van het type 1 vindt vaak plaats op locaties waar op dat moment geen mosselen voorkomen (**figuur 10**). Wanneer er sprake zou zijn van een verband tussen zaadval en de aanwezigheid van meerjarige mosselen lijkt dat eerder negatief dan positief. In dat geval zou het onttrekken van oudere mosselen de zaadval eerder stimuleren dan remmen.

De zaadval van het type 2 blijkt wel positief gerelateerd aan de aanwezigheid van meerjarige mosselen, waarbij vanaf een biomassa meerjarige mosselen van ca 100 g/m² de zaadval beter is dan bij lagere mosseldichtheden. Bij verder toenemende biomassa's neemt de zaadval niet verder toe (**figuur 11**). Effecten van visserij blijken ook op de achtergrondzaadval niet aantoonbaar (**figuur 12**). Dit is ook begrijpelijk omdat bij visserij altijd mosselen achterblijven in dichtheden boven 150 gram per m² (bij een lagere dichtheid is visserij niet meer lonend) en hogere dichtheden meerjarige mosselen niet leiden tot meer zaadval.

Antwoord onderzoeksvragen

Samengevat kunnen de oorspronkelijke onderzoeksvragen als volgt worden beantwoord:

1 – Zijn er verschillen in mosselbiomassa tussen voor visserij opengestelde en gesloten onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze eventuele verschillen zich over de jaren?

Visserij leidt tot een verlaging van de het mosselbestand en de arealen waarin deze voorkomen. Direct na de **voorjaarsvisserij** zijn er statistisch significant minder mosselen op de visvakken vergeleken met de referentievakken. Deze verschillen worden daarna minder groot maar zijn na twee jaar nog zichtbaar. Direct na de **najaarsvisserij** zijn er geen significante verschillen tussen vis- en referentievakken. Dit komt omdat de najaarsvisserij plaats vindt op nieuw ontstane zaadbanken op instabiele locaties, waar ook in de referentie vakken de mosselen in het algemeen weer snel verdwijnen. Uit de tijdreeksen blijkt dat er 5 jaar na het ontstaan van de banken vrijwel geen meerjarige mosselen meer over zijn.. Op de najaarvakken waren de mosselen allemaal verdwenen. Op de voorjaarsbanken zijn op nog 20 % van de bemonsterde vakken mosselen aangetroffen, waarbij er geen verschil was tussen de beviste en referentievakken.

2 – Zijn er verschillen in mosselzaadval tussen beviste en onbeviste onderzoekvakken en hoe ontwikkelen deze verschillen zich over de jaren?

Omvangrijke mosselzaadval (type 1) is niet gecorreleerd met dichtheden aan bestaande mosselen. Zaadval in geringe dichtheden (tot 150 zaadjes per m², type 2) lijkt juist wel te midden van bestaande mosselen plaats te vinden. Er is geen verschil waargenomen in zaadval op de referentie- en visvakken. Dat is in lijn met het gegeven dat voor type-2 de zaadval niet verder toeneemt bij dichtheden meerjarige mosselen boven 100 g/m² en dat dergelijke dichtheden mosselen ook wanneer er wordt gevist altijd wel aanwezig blijven. Er zijn daarmee geen aanwijzingen dat de mosselzaadvisserij van invloed is op de latere zaadvallen.

D - Zijn de vakken van 4 ha groot genoeg in relatie tot het optreden van mogelijke randeffecten?

Op de referentievakken bleken gradiënten in mosseldichtheid aantoonbaar, maar de patronen daarin blijken niet gerelateerd aan mogelijke effecten van de visserij rondom de vakken. Het eigenlijke onderzoek heeft daarbij plaatsgevonden ruim binnen de grenzen van het vak, waarbij een bufferzone van 50 m is aangehouden. Er zijn daarmee geen aanwijzingen dat het optreden van randeffecten de uitkomsten van het onderzoek wezenlijk kan hebben beïnvloed.

5. Referenties

- ALTERRA, 2005. Passende Beoordeling sublitorale mosselzaadvijsserij in de westelijke Waddenzee, najaar 2005. Alterra-Textel, RIVO-Yerseke.
- Buschbaum, C. (2002) Predation on barnacles of intertidal and subtidal mussel beds in the Wadden Sea. Helgoland Marine Research, 56, 37-43.
- Buschbaum, C., S. Dittmann, et al. (2009). "Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments." Helgoland Marine Research 63: 47-58.
- Craeymeersch, J.A., D. Baars, E. Brummelhuis, T.P. Bult, J.J. Kesteloo & J. Perdon, 2004. Hansboek bestansopnames en routinematige bemonstering van schelpdieren. CVO. rapport CVO 04.004.
- Dankers, N. M. J. A., Kühl, H. & Wolff, W. J. (1981) Invertebrates of the Wadden Sea. Final Report of the section "Marine Zoology" of the Wadden Sea Working Group. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, Leiden.
- Dolmer, P. & Frandsen, R. P. (2002) Evaluation of the Danish mussel fishery: suggestions for an ecosystem management approach. Helgoland Marine Research, 56, 13-20.
- Ens, B.J., J.A. Craeymeersch, F.E.Fey, H.J.L. Heessen, A.C. Smaal, A.G. Brinkman, R. Dekker, J. van der Meer & M.R. van Stralen, 2007. Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van een onderzoekopzet voor een studie naar het effect van mosselzaadvijsserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Rapport Wageningen IMARES C077/07, 117 pp.
- Essink, K., Dettmann, C., Farke, H., Laursen, K., Lüerßen, G., Marencic, H., & Wiersinga, W. (2005) Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany.
- Fey, F., B. Brinkman, H. Heessen, J. Jol, M. van Stralen & A. Smaal, 2006. Randeffectenproject Mosselzaadvijsserij. Onderdeel van deelproject 3: sublitorale natuurwaarden westelijke Waddenzee. Rapport Wageningen IMARES 06.614, 75 pp.
- Glorius, S.T., A.D. Rippen, M.R. van Stralen en J.M. Jansen, 2013. PRODUS 3 – Deelrapport bodemschaaf en zuigkordata. Effecten van mosselzaadvijsserij op het bodemleven van de Waddenzee. IMARES-rapport C162/12.
- Hoffmann E & P Dolmer, 2000. Effect of closed areas on the distribution of fish and benthos. ICES J Mar Sci 57: 1310 – 1314
- IMARES, 2005. Onderzoeksproject Duurzame Schelpdijvisserij (PRODUS). Onderzoeksplan, versie 28 april 2005. RIVO, offerte 05.024 A. Yerseke.
- Jansen, J. M. , N. dankers, & B.J. Ens, 2012-a. Mosselwad, onderzoeksprogramma voor herstel mosselbanken Waddenzee. De Levende Natuur, nr 3. p. 110-112Wageningen.
- Jansen, J. M. , M. van Stralen, Pauline Kamermans & Hein Sas, 2012-b. Mosseltransitie in de Waddenzee. De Levende Natuur, nr 3. p. 113-115. Wageningen.
- LNv, 2004. Ruimte voor een zilte oogst. Naar een omslag in de Nederlandse schelpdijercultuur. Beleidsbesluit Schelpdijvisserij 2005A2020. Ministerie LNv, Den Haag.
- LNv, 2008-a. Convenant "Transitie Mosselvisserij en Natuurherstel Waddenzee", http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640321&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_file_id=31449
- LNv, 2008-b / Herman, P.M.J, T. Piersma en W.J. Wolf, 2008. Evaluatie van opzet en uitvoering van deelproject 3 "Sublitorale mosselbanken" van het project duurzame schelpdijvisserij (PRODUS).
- LNv, 2009-a. Plan van Uitvoering Convenant "Natuurlijk Voorwaarts", http://www.minlnv.nl/portal/page?_pageid=116,1640321&_dad=portal&_schema=PORTAL&p_file_id=35166
- LNv, 2009-b. Definitief Aanwijzingsbesluit Natura 2000 Waddenzee. http://www2.minlnv.nl/thema/groen/natuur/Natura2000_2006/wadden_dab/n2k_001_db_hvn_waddenzee.pdf
- McGrorty, S., Clarke, R. T., Reading, C. J. and Goss-Custard, J. D. (1990) Population dynamics of the mussel *Mytilus edulis*: density changes and regulation of the population in the Exe estuary, Devon. Marine Ecology Progress Series. 67: 157-169.
- Sokal, R.R. & J.F. Rohlf. 1981. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. 2nd ed., W. H. Freeman and Company, San Francisco, 859p.
- Smaal A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen, 2013. Effecten van mosselzaadvijsserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: Samenvattend eindrapport Imares C06/13
- Stralen, M.R. van, 2002. De ontwikkeling van mosselbestanden op droogvallende platen en in het sublitoraal van de Waddenzee vanaf 1955, een reconstructie op basis van gegevens uit de mosselzaadvijsserij. Marinx-rapport 2001.10, Scharendijke.
- Stralen, M.R. van, 2012. Invang mosselzaad in MZI's. Resultaten 2012. Marinx-rapport 2012.117, Scharendijke.

Bijlage 1. Black box gegevens en visserij-intensiteit

B1.1. Inleiding

Alle mosselvaartuigen beschikken over een black box waarmee elke 6 seconde de positie en vaarsnelheid van het schip worden geregistreerd. De Black boxen zijn geïnstalleerd voor controledoeleinden. De verzamelde gegevens zijn in beheer bij de PO-mosselcultuur. Het installeren en onderhoud van de Black boxen en verwerking van de gegevens is door de PO uitbesteed aan het bedrijf DCI in Kapelle. Voor het PRODUS-onderzoek zijn de black box registraties van grote waarde omdat daarmee de visserij-intensiteit op de vakken kan worden vastgesteld. De PO heeft deze gegevens aan PRODUS beschikbaar gesteld en daartoe laten opwerken door DCI.

In deze bijlage zijn de gegevens verder geanalyseerd met als doel:

1. Het vaststellen van de visserij-intensiteit in de voor visserij opengestelde vakken.
2. Te verifiëren dat in de referentievakken niet is gevestigd

B1.2. Opwerking gegevens

Aangeleverde gegevens DCI

De black box gegevens zijn door DCI geaggregeerd in kwadrantjes van 0.025 x 0.025 geografische minuten (is 46 x 28 m). De registraties worden door DCI standaard opgesplitst naar de vaarsnelheid van het schip op het moment van registratie. De vaarsnelheden snelheden boven 7 knopen (zeemijl/uur) worden daarbij als niet-vissen beoordeeld. De vaarsnelheden bij het vissen liggen rond 2.5 knopen, maar bij het keren of weer opstomen van het schip liggen de snelheden vaak hoger. De gegevens zijn in deze vorm aangeleverd aan IMARES en verder bewerkt met GIS.

Visuren per vak

De PRODUS-vakken hebben een afmeting van 200 x 200 m met daarbinnen een bufferzone van 50 m. In het daarbinnen gelegen "binnenvak" van 100 x 100 m heeft het feitelijke PRODUS-onderzoek plaatsgevonden. Voor het vaststellen van de visserijdruk in het vak is een buffer aangehouden van 25 m (**zie figuur B1.1**). De reden om te kiezen voor 25 m in plaats van 50 m is dat bij 50 m vaak maar weinig kwadrantjes (slechts 2 van de groene kwadrantjes in bijv. **fig. B1.1**) overblijven voor de berekeningen. Bij een buffer van 25 m zijn dat in dit geval 9 kwadrantjes.

Het aantal registraties per kwadrantje is omgerekend naar het aantal visuren op basis van de volgende gegevens:

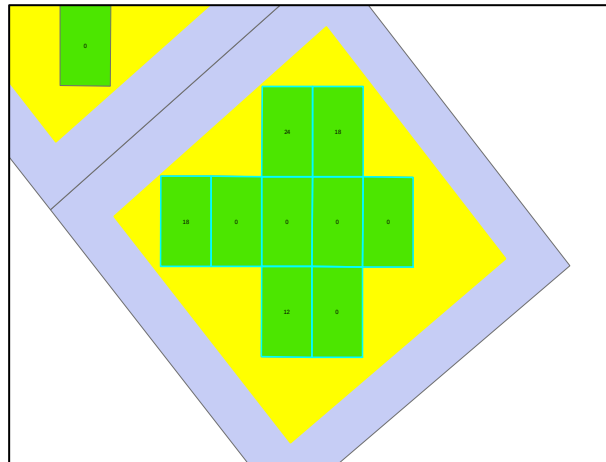
- Tijdsinterval tussen registraties is 6 seconde

- De gemiddelde vissnelheid is 2.5 knopen (= 4.6 km/uur, exp. judgement)
- Er wordt tweederde van de tijd effectief gevist. De resterende tijd wordt besteed aan het vieren, halen en legen van de korren (exp. judgement).
- Er wordt gevist met 4 korren met elk een breedte van 1.9 m = totale visbreedte van 7.6 m.

Vervolgens is het gemiddeld aantal visuren per kwadrantje berekend (opp. 1292 m²), dat vervolgens is omgerekend naar het aantal visuren in het gehele PRODUS-vak van 4 ha.

Figuur B1.1. Schematische weergaven van een PRODUS-vak met daarin:

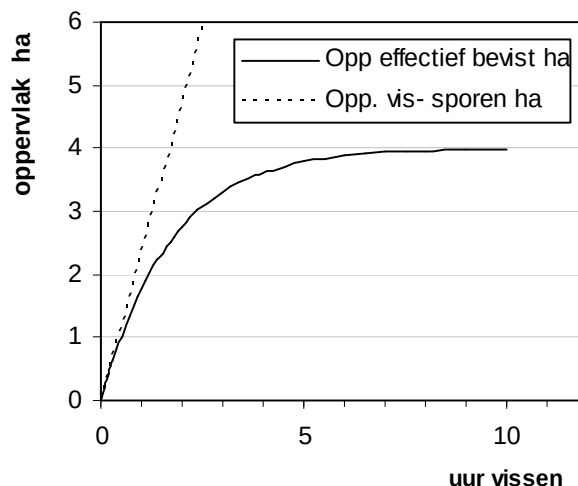
grijs: de bufferzone van 25 m
 geel: binnengebied van 150 x 150 m.
 groen: kwadrantjes zoals onderscheiden bij opwerking van de black box gegevens en liggend binnen het binnengebied.



Effectief bevist oppervlak

Tijdens het vissen zullen vissporen elkaar overlappen. Dat heeft tot gevolg dat wanneer bijvoorbeeld het totaal oppervlak aan vissporen gelijk is aan het oppervlak van het vak, nog steeds een deel van het vak niet door een kor zal zijn geraakt. Het effectief bevist oppervlak, gedefinieerd als deel van het vak dat wel al minstens 1 x is geraakt, is volgt berekend: Uitgaande van de gegevens hiervoor komt één enkele registratie ("hit") overeen met een bevist oppervlak van 39 m². Dat betekent dat bij 1 hit $39/40000 = 0.10\%$ van het vak is geraakt, oftewel $100\% - 0.10\% = 99.90\%$ van het vak is dan nog niet bevist. Onder de aanname dat de visserij in het vak volgens een willekeurig patroon plaats vindt, zal bij de volgende hit 99.90% van deze $99.90\% = 99.81\%$ nog steeds niet zijn bevist oftewel is inmiddels $100\% - 99.81\% = 0.19\%$ geraakt. Bij de derde hit wordt op zijn beurt 99.90% van deze 99.81% geraakt, en zo verder. Dit leidt tot het verband tussen het aantal uur dat is gevist en het daarbij effectief beviste oppervlak zoals aangegeven in **figuur B1.2**. Na 1, 2 en 4 uur vissen is respectievelijk 44%, 75% en 90% van het vak minstens 1 maal door een mosselkor geraakt.

Figuur B1.2 Verband tussen het aantal uur dat is gevist, het oppervlak aan vissporen dat daarbij is geproduceerd (gestippelde lijn) en het percentage van het PRODUS van dat op dat moment effectief is bevist = minstens 1 maal door een mosselkor is geraakt.



Patronen trackplots

Ten kantore van de PO kunnen de trackplots van de schepen zichtbaar worden op de computer die daar voor controledoeleinden wordt gebruikt. Deze plots laten behalve plaats en snelheid ook de patronen van de vissende en varende schepen te zien. Op grond daarvan kan nader worden beoordeeld of langzaam varende schepen in de referentievakken al dan niet aan het vissen zijn geweest. Ten behoeve daarvan zijn van alle PRODUS-vakken waar tijdens zaadvisserijen op of in de nabijheid is gevist screendumps van de plots gemaakt. Zoals hierna besproken heeft analyse van deze patronen er toe geleid dat een aantal referentievakken als bevist en dus als niet representatief zijn beoordeeld en dus voor de verdere analyses komen te vervallen.

B1.3. Vaarbewegingen in de referentievakken

In onderstaande **tabel B1.1** zijn de locaties aangegeven die zijn beoordeeld op de vaarbewegingen binnen de referentievakken en (dikgedrukt) welke daarvan zijn komen te vervallen bij de verdere analyses binnen PRODUS. Eén en ander wordt aan de hand van de kaartjes met black box gegevens hierna verder toegelicht.

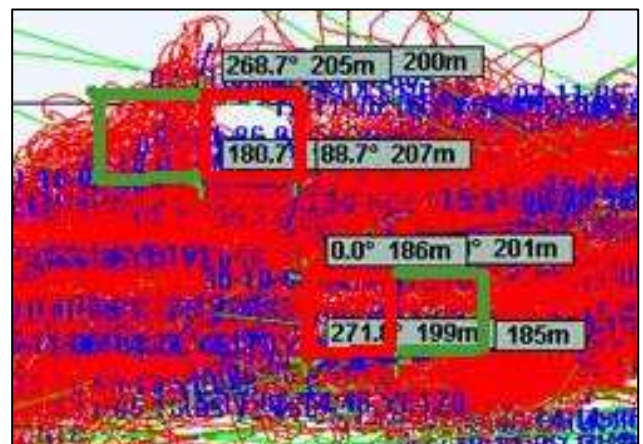
Loc	
BS-p	najaar 2009
BS-w	voorjaar 2008
DB	voorjaar 2009
DB-o	voorjaar 2010
GvS	najaar 2008 najaar 2009
GvS-n	najaar 2008 najaar 2009
TX-o1	najaar 2006 voorjaar 2007
TX-w	najaar 2006
Zwin-w	najaar 2008

Tabel B1.1 Locaties waar in de referentievakken op basis van de black box meer dan 30 minuten is gevaren en dus mogelijk is gevist. De in dikgedrukte locaties zijn beoordeeld als bevist en komen te vervallen.

Locaties beoordeeld als bevist

Texelstroom, TX-w en TX-o, najaarsvisserij 2006

Op de locatie **TX-w** (boven in het kaartje) is in het najaar van jaar 2006 in het referentievak (rood omlijnd) 1 uur gevaren en/of gevist. Dit is vooral gebeurd langs de randen van het vak, dus buiten het binnenvak van 100 bij 100 m. Om reden daarvan is de locatie **gehandhaafd**. Op **TX-o1** (onder) is in het najaar 48 uur gevaren waarbij duidelijk is dat het gehele vak is bevist. De locatie is daarom komen te **vervallen**.

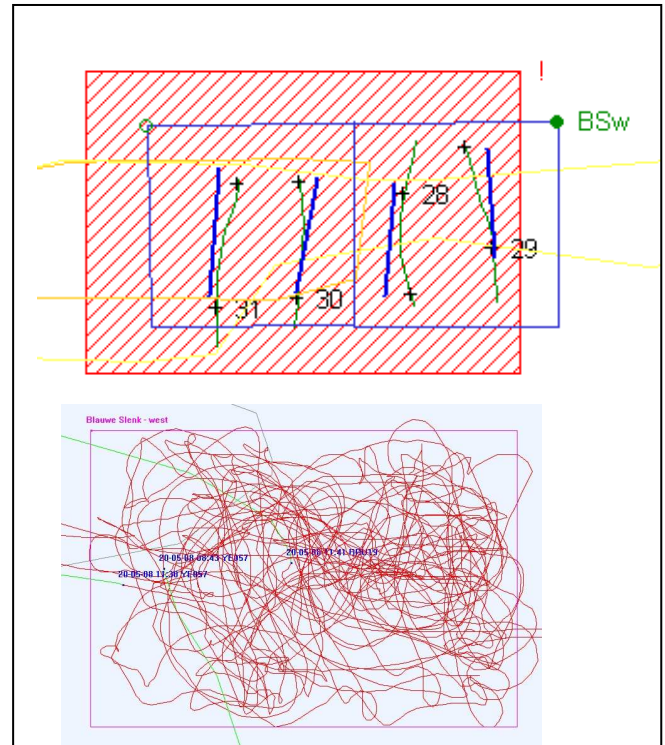


In 2007 vond in het gebied opnieuw zaadval plaats en is de locatie TX-o2 aangelegd. De oorspronkelijke locatie (referentie + open vak) is daarbij verschoven, zodanig dat het oude referentievak geen onderdeel meer uitmaakte van het onderzoek. De reden daarvoor was dat in het oude referentievak nog veel meerjarige mosselen aanwezig waren en specifiek in dit vak zich geen nieuw mosselzaad bleek te hebben gevestigd.

Blauwe Slenk, BS-w, voorjaarsvisserij 2008

Vanwege de op dat moment lage bestanden is in het voorjaar van 2008 niet op mosselzaad gevist. Ten behoeve van het PRODUS-onderzoek is toen besloten om een aantal locaties gericht te bevissen. Daartoe zijn een aantal “open” vakken op verzoek bevestigd. Bij één van de vakken zijn daarbij verkeerde coördinaten opgegeven aan de vissers die de visserij heeft uitgevoerd. Omdat het vak verder niet was uitgebakend vanwege de grote waterdiepte is ook tijdens de visserij niet opgevallen dat ook in het referentie vak werd gevist. De locatie is komen te **vervallen**.

In de kaarten hiernaast zijn in blauw het referentievak (rechts) en het visvak (links) weergegeven en rood gearceerd en paars omlijnd het gebied dat als visgebied is opgegeven en waar dus is gevist.



Doove Balg, DB, voorjaar 2009

Dit vak is aangelegd het najaar van 2007. Tijdens de visserij in het voorjaar van 2009 is er ook op toen inmiddels halfwasmosselen in het referentievak (blauwomlijnd) 11 uur gevist. De locatie is daarmee vanaf dat moment (juni 1999) in de verdere analyses komen te **vervallen**. De verzamelde gegevens tot en met april 2009 (= vóór betreffende visserij) zijn in de verdere analyses wel meegenomen.



NB. Het visvak zoals geanalyseerd in PRODUS ligt hier aan de westzijde van het in blauw aangegeven referentievak.

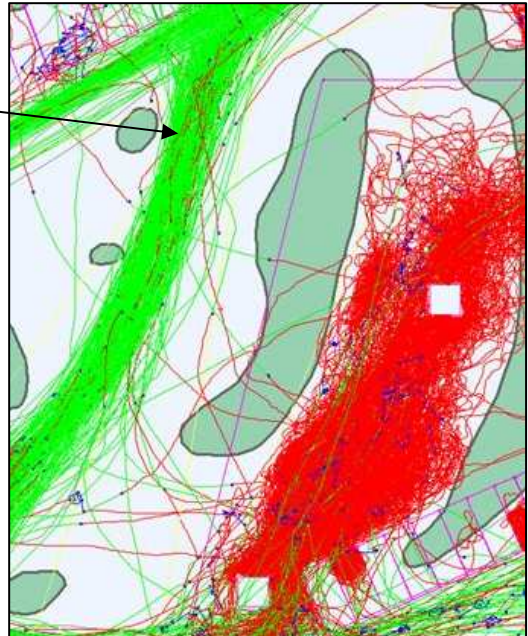
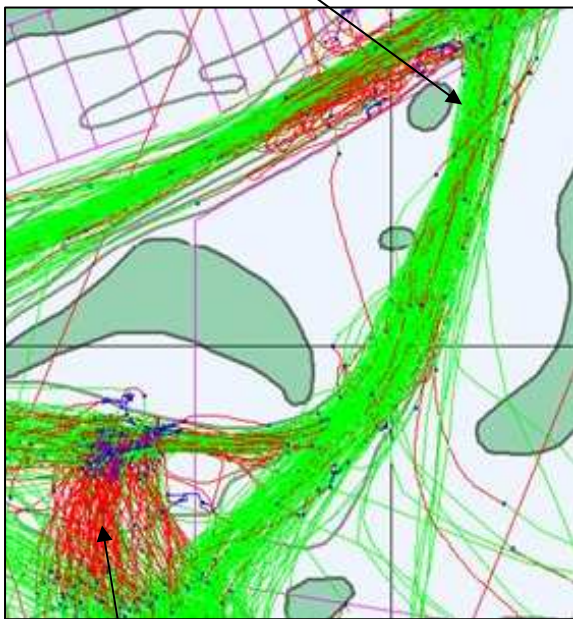
Locaties beoordeeld als varen door het vak

De vaarbewegingen in het referentievak van de locaties die hierna worden besproken zijn beoordeeld als varen (niet vissen) door het referentievak.

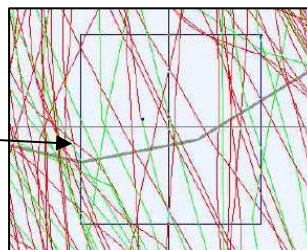
Gat van Stompe, GvS en GvS-n

Beide vakken liggen in een doorgaande vaarroute. De begrenzing van de locatie GvS-n noord is niet zichtbaar door alle track plots op de kaart. Het gaat ook gezien de vaarsnelheid duidelijk om doorgaande vaart (groene tracks). Op GvS betreft het deels ook rode plots. Dit heeft te maken met de geringe waterdiepte aldaar, waardoor ook bij stomen daar langzamer wordt gevaren dan 7 kn. Het rechte patroon van de tracks (zie deelkaartje onder) laat zien dat het niet om vissen gaat.

GvS-n najaar 2008
najaar 2009

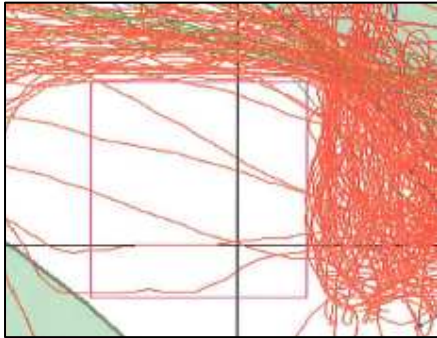
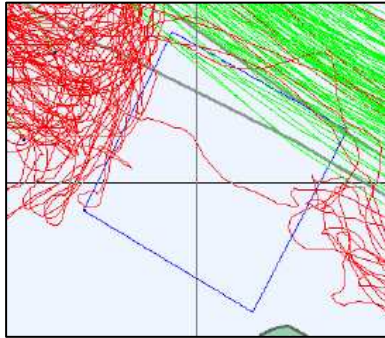
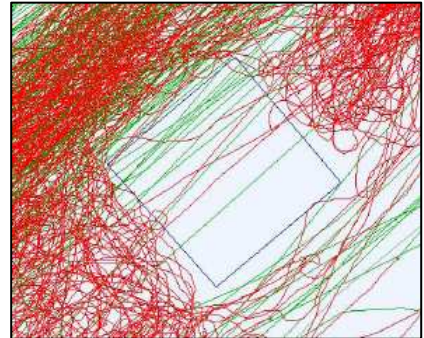


GvS najaar 2009



Zwin-w, BS-p, DB-o

Dit geldt ook voor het merendeel van de tracks door bovengenoemde locaties, al kan voor een enkel spoor hier niet worden uitgesloten dat er toch is ook gevist, zoals door de locatie BS-p.

Zwin-w najaar 2008**BS-p** najaar 2009**DB-o** voorjaar 2010**Correctie visserij-intensiteit in gesloten vakken voor doorvaren**

Registraties in de referentie vakken als gevolg van het door de vakken heen varen zullen als zodanig ook aanwezig zijn in de vakken waar wel mag worden gevist. Vissen en doorvaren bij lage snelheid in de open vakken zijn echter lastig te onderscheiden. Een optie is te veronderstellen dat het aantal vaarbewegingen als gevolg van het door de vakken varen zonder dat wordt gevist voor de referentie- en visvakken gelijk is. Over de gehele onderzoeksperiode is in de referentie- en visvakken in totaal respectievelijk 9 uur en 2491 uur aan vaarbewegingen geregistreerd. De vervallen locaties zien hierin uiteraard niet meegenomen. De vaarbewegingen als gevolg van niet-vissen in de visvakken vallen met 0.4% van totaal in het niet bij het totaal aan vaarbewegingen. Om reden daarvan is verder niet voor “doorvaren” gecorrigeerd.

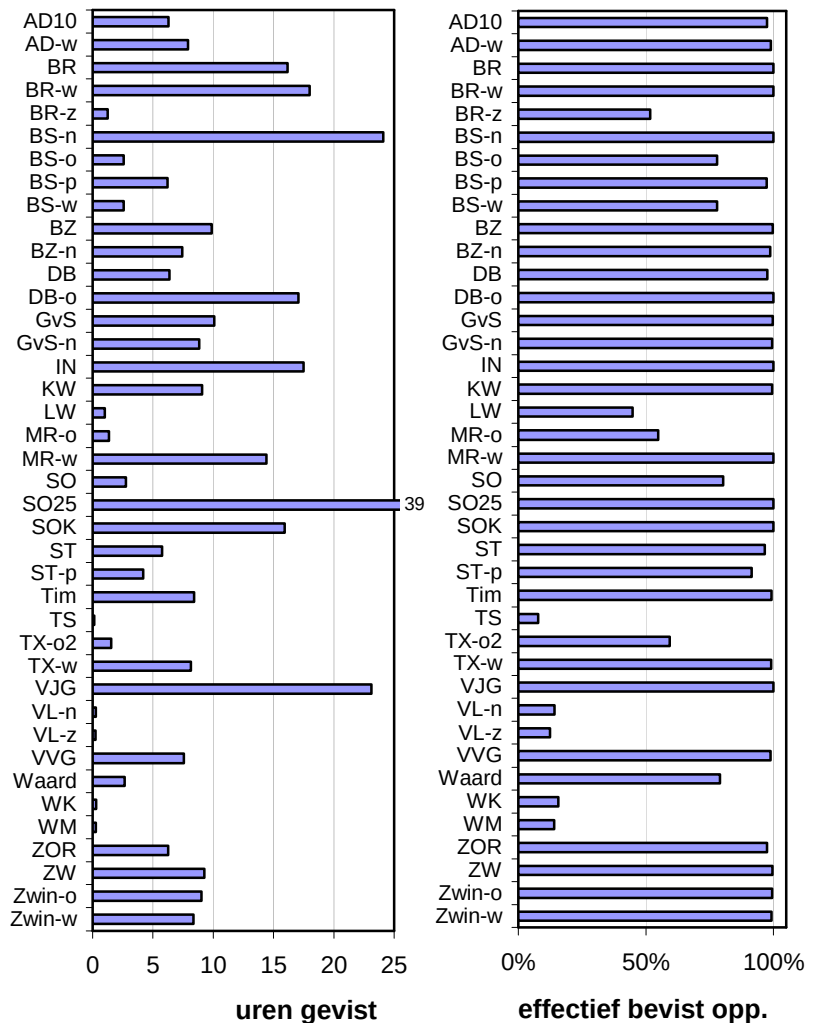
B1.4 Visserij-inspanning visvakken**Inspanning per locatie**

In **figuur B1.3** is maximale visserij-inspanning in de visvakken weergegeven. Dit betreft in het algemeen de inspanning gedurende de eerste visperiode en er is gevist is op zaad. In de linker figuur is de visserij-inspanning weergegeven in visuren. In de rechter figuur het gedeelte van het vak dat daarbij effectief is bevist (=minstens 1 maal door een mosselkor geraakt).

Bij visserij is er al snel sprake dat het merendeel (> 90%) van het vak effectief wordt bevist. Op de locaties met een lage visserij-inspanning (TS, VL-n, VL-z, WK, WM: < 25% van het oppervlak bevist) was bij aanvang van de visserij het bij aanleg van de vakken aanwezige mosselzaad alweer (goeddeels) verdwenen als gevolg van predatie door zeesterren. In geval er nog wel zaad aanwezig was bestond er bij de kwekers logischerwijs een voorkeur om te

starten op plaatsen met minder zeesterren en leeggegeten schelpen. Voorzover betreffende locaties zijn bevist was dat ook vaak pas aan het eind van de zaadvisperiode.

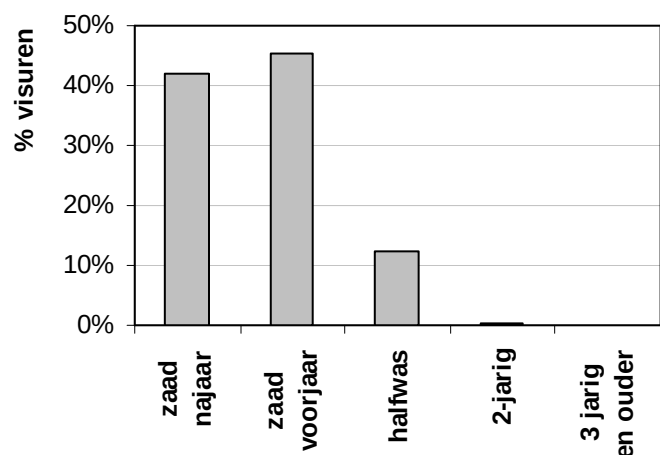
Figuur B1.3. Hoogst gemeten visserij-inspanning in de “open” PRODUS-vakken vanaf het moment dat betreffende vak is ingesteld. Dit is in het algemeen de eerste keer dat er is gevist, dus direct na de zaadval. In de linker figuur is de visserij-inspanning weergegeven in visuren. In de rechter figuur het gedeelte van het vak dat daarbij effectief is bevist (=minstens 1 maal door een mosselkor geraakt).



Inspanning per grootteklasse mosselen

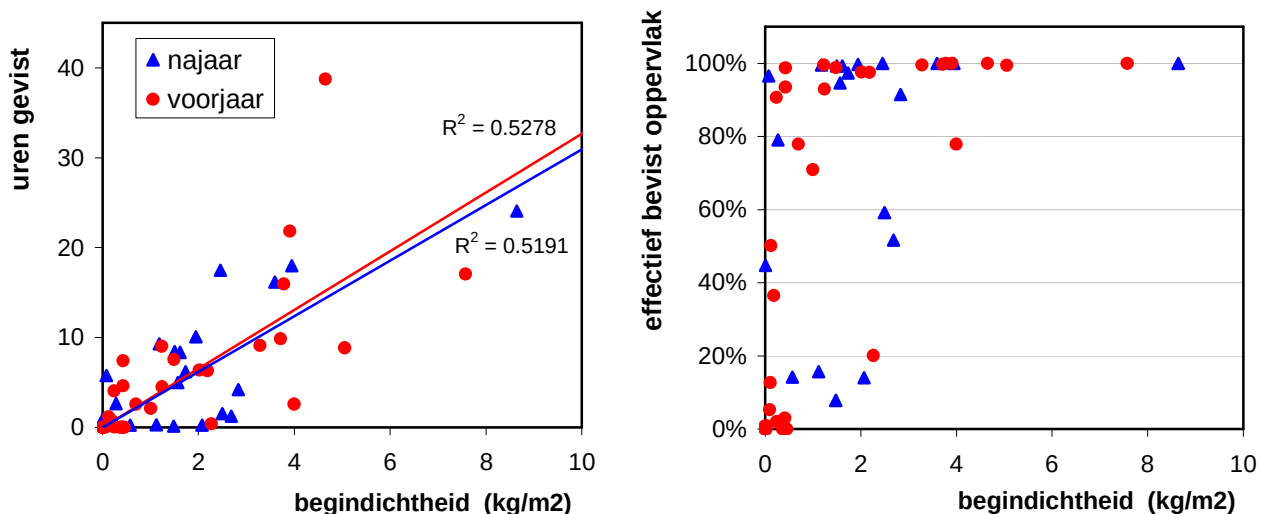
Gedurende de onderzoeksperiode is 418 uur op de visvakken gevist. Daarvan is 87% besteed aan de vangst van mosselzaad, 12% aan de vangst van 1 jaar oude halfwas mosselen en 1% aan de vangst van oudere, voornamelijk tweejarige mosselen.

figuur B1.4. Verdeling van de visserij-inspanning in het aantal visuren over de verschillende grootteklassen mosselen



Inspanning als functie van de dichtheid

In **figuur B1.5** is het aantal visuren uitgezet als functie van de begindichtheid op de betreffende vakken. Het betreft daarbij de visserij in het najaar of voorjaar op zaad. Latere visserijen op halfwas of meerjarige mosselen zijn dus niet de figuur opgenomen. In de vakken die in het najaar zijn bevestigd is in het voorjaar in het algemeen opnieuw op zaad gevestigd. Deze vakken zijn dus tweemaal in de figuren opgenomen.



Figuur B1.5. Visserij-intensiteit in de PRODUS-vakken bij de visserij op zaad in het najaar en voorjaar. De visserijdruk is in figuur A uitgedrukt in het aantal visuren in het betreffende vak en in B het oppervlak dat daarbij effectief is bevestigd. De trends in figuur A zijn statistisch significant ($p < 0.01$). Figuur B laat zien dat bij veel (70%) van de vakken het bodemoppervlak vrijwel geheel (>90%) is bevestigd.

Voor analyses naar relaties tussen de visserij-intensiteit en parameters als biodiversiteit is het effectief bevestigd oppervlak als maat voor de visserij-intensiteit weinig onderscheidend en ligt het gebruik daarvoor van het aantal visuren meer voor de hand. Maar ook bij het gebruik daarvan is het goed te beseffen dat van de meeste vakken vrijwel het gehele bodemoppervlak door een mosselkor is geraakt en dat vaak meerdere keren. Relaties tussen de visserij-intensiteit, anders dan wel en niet vissen, zijn daarmee minder waarschijnlijk.

Dat bij de mosselzaadvissers ook bij het meerdere malen bevissen van het bodemoppervlak er nog steeds mosselen gevangen kunnen worden heeft te maken met de aard van de visserij en het vistuig. Door de grote maaswijdte en de hoge dichtheid mosselen in relatie tot het volume van de kor blijven in het visspoor altijd mosselen liggen. Dat effect neemt toe naarmate er langer wordt gevestigd en door de visserij de mosselen steeds meer los komen te liggen en door de mazen kunnen ontsnappen. Dat blijkt wanneer het mosselbed een aantal dagen met rust wordt gelaten. De mosselen gaan dan weer trossen vormen wat leidt tot weer betere vangsten wanneer de visserij weer wordt opgepakt. Om die reden vindt de zaadvissersij alternerend plaats en is er in bijvoorbeeld het najaar van 2012 om de twee weken steeds twee dagen gevestigd. Dat veel mosselen achterblijven blijkt ook voor banken waarvan in het najaar de indruk ontstaat dat deze goeddeels zijn weggevestigd, maar waar in het voorjaar tijdens nog substantiële hoeveelheden mosselzaad worden geïnventariseerd en vervolgens goede vangsten haalbaar blijken. Dit uiteraard voor zover de banken in de tussenliggende winter niet zijn verdwenen als gevolg van o.a. zeesterren en/of stormen.

Bijlage 2. Randeffecten

B2.1. Inleiding

In de wetenschappelijke audit van het PRODUS 3 onderzoek “sublitorale natuurwaarden” (LNV, 2008-b) is de omvang van de PRODUS vakken ter discussie gesteld. De 4 hectare metende vakken staan mogelijk onder invloed van hun omgeving. Intensieve bevissing langs de rand van een vak zou effecten kunnen hebben op het bodemleven in een vak. Kwantitatieve informatie over de mogelijke actieradius van een dergelijk effect was niet beschikbaar, anders dan die uit ervaringen binnen de visserij waarbij door kwekers op naast elkaar gelegen percelen wordt gekweekt en gevestigd. Met deze onzekerheid is een optie te kiezen voor zo groot mogelijke vakken met daarin een brede buffer tussen het gebied waar de metingen plaatsvinden en het omringende gebied. Anderzijds is het wenselijk dat bij een paarsgewijze opzet van beviste en onbeviste vakken deze bij aanvang zo veel als mogelijk gelijk zijn en - gegeven de ruimtelijke heterogeniteit - deze niet onnodig ver uit elkaar liggen. Ook gaat het sluiten van gebieden voor onderzoek ten koste van de mogelijkheden om op mosselzaad te kunnen vissen en is het sluiten van grotere gebieden economisch meer nadelig. Dit afwegende en uitgaande van ook de uitkomsten van vooronderzoek met vakken van 10 ha (Fey, 2006) is gekozen voor vakken van $200 \times 200 \text{ m} = 4 \text{ ha}$, bestaand uit een bufferzone van 50 m breed en een middengebied van $100 \times 100 \text{ m}$ waarbinnen de metingen plaatsvinden.

Onderwerp van de bijlage is te bepalen in hoeverre er randeffecten zijn opgetreden en voor zover dat het geval is, deze zich beperken tot de bufferzone van 50 m dan wel ook uitstralen naar het daarbinnen gelegen vak van $100 \times 100 \text{ m}$.

Een effect van het vissen rondom de vakken is het meest waarschijnlijk net binnen de rand van een vak en zal afnemen met de dominante stroomrichting, of in ieder geval richting het centrum van het vak. Door aan te nemen dat randeffecten gradiënten veroorzaken binnen een referentievak kunnen we de aanwezigheid van deze effecten toetsen in het veld.

B2.2. Methode

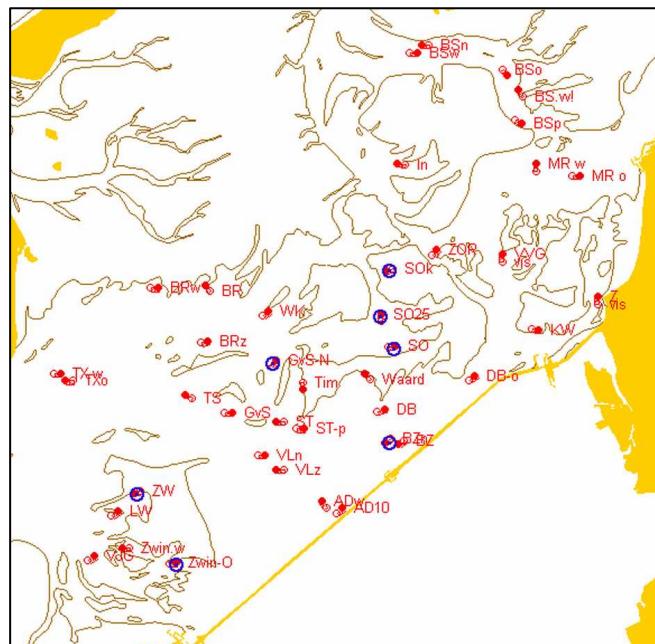
Om gradiënten op PRODUSvakken kwantitatief te bemonsteren moet vrij intensief gemonsterd worden. In de praktijk kwam dat neer op 11 zuigkor monsters over de volle breedte van een vak. Omdat een dergelijke intensiteit een referentievak nogal verstoort, zijn deze metingen aan het eind van het PRODUSonderzoek uitgevoerd.

Er is gekeken naar gradiënten in mosselbiomassa. De reden hiervoor is dat uit het PRODUS-onderzoek en andere monitoringprogramma's blijkt dat de mosselbiomassa een goede voorspeller is voor de bentische biodiversiteit (zie andere deelstudies).

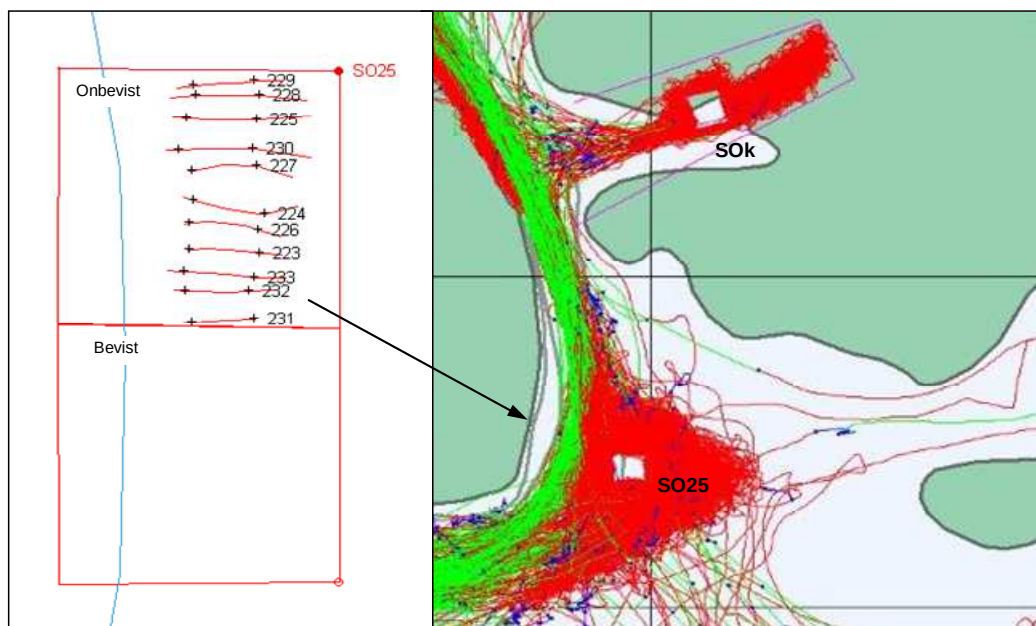
Voor de randeffectenstudie zijn 7 van de 40 PRODUSvakken bezocht (**figuur B2.1.a**). Dit waren de 7 locaties waar in de referentievakken nog mosselen in relevante dichtheden konden worden aangetroffen (**tabel. 1**). Naast deze 7 vakken was ook op het referentievak in het Visjagersgaatje nog een substantiële hoeveelheid mosselen aanwezig. Deze locatie is niet meegenomen in verband met de veelheid aan stenen daar, die de bemonstering sterk bemoeilijken.

Per vak zijn ca. 7 of 11 monsters genomen met de zuigkor, afhankelijk of al dan niet aan beide zijden van het vak is gevist (**figuur B2.1.b**). De sleeprichting is daarbij steeds haaks gelegd op de dominante stroomrichting over het vak. Deze zuigkormonsters zijn ca. 100 meter lange tracks met een visbreedte van 20 cm en een diepte van 10 cm door het sediment (ca. 20 m²). De mosselen zijn onderverdeeld in de categorieën zaad, halfwas en grote mosselen.

Figuur B2.1.a: Kaart van de Waddenzee met daarin de PRODUS-vakken met blauwomcirkeld de locaties die mee doen in de randeffecten analyse.



Figuur B2.1.b: Transecten in het onbeviste vak van de PRODUS-locatie "SO25" (n=11) die zijn bemonsterd ten behoeve van het randeffectenonderzoek. De geviste afstand is geregistreerd met GPS. In het voorjaar van 2010 is rondom het vak gevist (rood in het rechterfiguur). De groene tracks betreffen niet vissende vaartuigen. Ook het PRODUS-vak "SOK" is onderzocht op gradiënten.

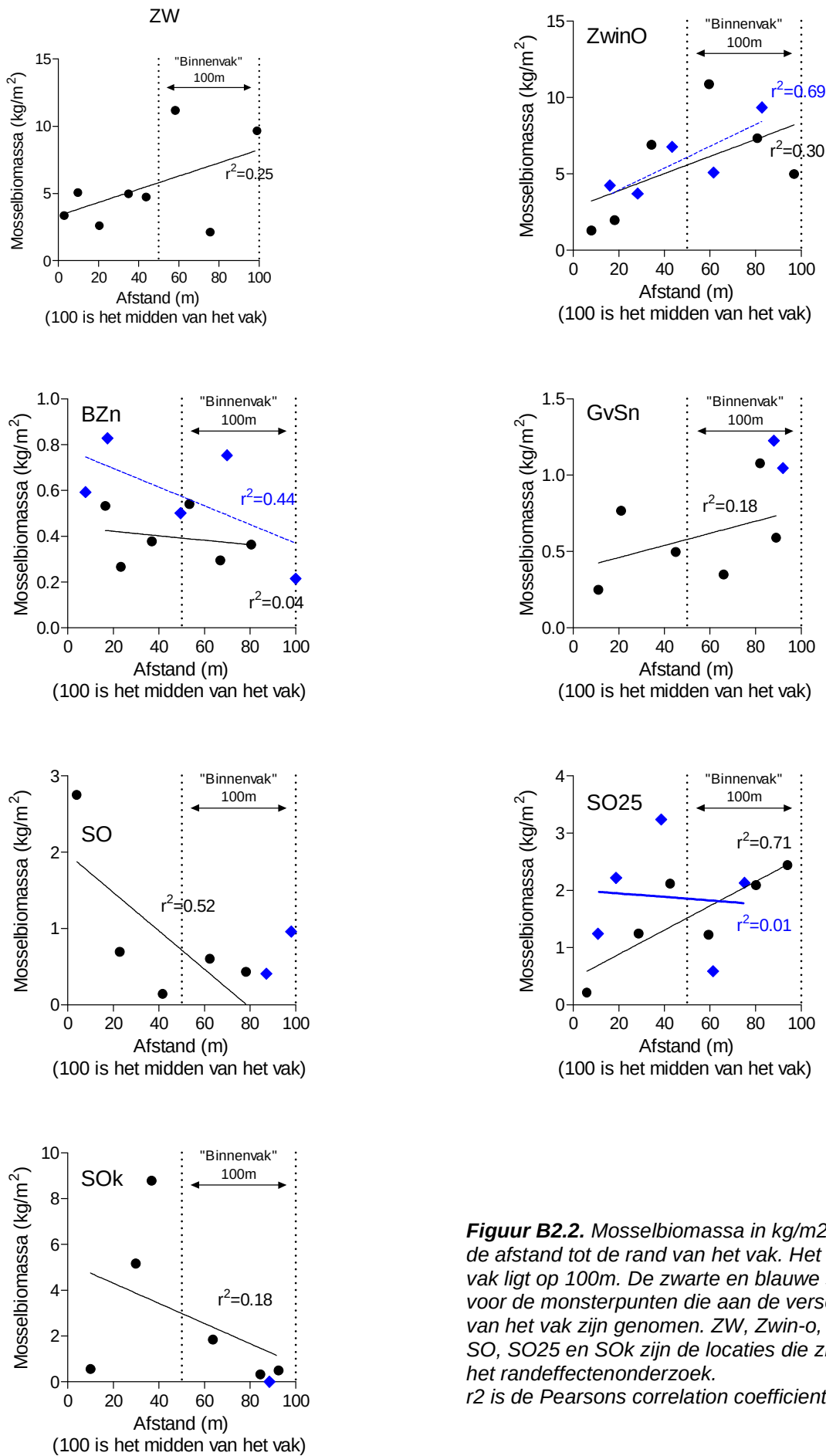


B2.3. Resultaten

De gemiddelde mosseldichtheid op de onderzochte vakken varieerde van 500 g/m² tot ca. 6 kg/m² versgewicht. In **figuur B2.2** zijn de mosseldichtheden geplot als functie van de afstand tot de rand van het vak. 100 meter van de rand is dus het midden. **Figuur B2.2** laat gradiënten in mosseldichtheden zien. In de vakken ZW, Zwin-o, GvS-n en SO25 neemt de mosseldichtheid toe naar het centrum van het vak. In de vakken BZ-n en SO neemt de mosselbiomassa juist af naar het centrum van het vak. In de analyse, waarin de resultaten van alle vakken gecombineerd zijn, is geen statistisch significante toe- of afname van de mosselbiomassa van de rand naar het midden van het vak gevonden (**Tabel B2.1**). Daarbij is de analyse ook uitgevoerd voor het “binnenvak”, dus met uitsluiting van de metingen in de bufferzone van 50 m direct binnen de grenzen van het vak.

Mosseldichtheid (kg/m ²)	Value	Std. Error	t-value	p-value
Intercept	1.8399471	0.5540250	3.321054	0.0017
Afstand van centrum	0.0001282	0.0015797	0.081183	0.9356
Mosseldichtheid (kg/m ²)	Value	Std. Error	t-value	p-value
Resultaten voor het binnenvak:				
Intercept	2.2145044	0.8736434	2.5347921	0.0185
Afstand van centrum	-0.0015463	0.0074020	-0.208904	0.8364

Tabel B2.1: Anova table for Random interceptmodel lme (Mosseldichtheid~Afstand, random=~1|factor(Locatie), method="REML", weights=varIdent(form=~1|factor(Locatie))). Df=50. Resultaten in het blauwe deel van de tabel zijn gebaseerd op de monsterpunten uit het binnenvak.



Figuur B2.2. Mosselbiomassa in kg/m² als functie van de afstand tot de rand van het vak. Het midden van het vak ligt op 100m. De zwarte en blauwe symbolen staan voor de monsterpunten die aan de verschillende zijden van het vak zijn genomen. ZW, Zwin-o, BZ-n, GvS-n, SO, SO25 en SOk zijn de locaties die zijn betrokken in het randeffectenonderzoek. r^2 is de Pearsons correlation coefficient.

B2.4. Discussie

De resultaten laten statistisch significante gradiënten in mosseldichtheden op de PRODUS-vakken zien (**figuur B2.2**). De gradiënten op verschillende vakken zijn echter vaak tegengesteld. Een overheersende trend blijkt niet aantoonbaar wanneer de gegevens gezamenlijk worden geanalyseerd (**tabel B2.1**). Het optreden van gradiënten binnen de vakken is op zich geen onverwachte uitkomst gezien de patronen in dichtheden die in mosselbanken kunnen voorkomen en bij drooggevallen banken bijvoorbeeld vaak al direct zichtbaar zijn. Het zijn juist ook deze gradiënten waarom het wenselijk is om bij een paarsgewijze opzet van onderzoek met wel en niet beviste vakken deze vakken niet te ver uit elkaar te leggen.

Het feitelijke PRODUS-onderzoek vindt plaats in een denkbeeldig “binnenvak” van 100 x 100 meter dat midden in het vak van 200 x 200 meter ligt en dus wordt omsloten door een bufferzone van 50 m. Binnen dit binnenvak (= waarnemingen tussen 50 en 100 m vanaf de rand in **figuur B2.2**) blijken noch voor de afzonderlijke vakken noch in een overall analyse trends statistisch aantoonbaar.

Het voorgaande leidt tot de conclusie dat er voor de PRODUS-vakken als geheel geen aanwijzingen zijn voor het optreden van randeffecten, laat staan binnen het middengebied waarin de feitelijke metingen hebben plaatsgevonden. Er zijn daarmee geen redenen te veronderstellen dat randeffecten de resultaten van het PRODUS-onderzoek wezenlijk kunnen hebben beïnvloed.

Bijlage 3. Verwerking commentaar audit commissie

De reactie op het commentaar is steeds cursief weergegeven.

4.1. PR6: Het mosselbestand op de PRODUS - vakken en de effecten van de visserij daarop

Dit is een goed geschreven rapport met heldere conclusies die passen bij de gemaakte analyses. De meest opvallende resultaten zijn dat er op korte en middellange termijn significante effecten van mosselzaadvisserij op het mosselbestand worden gevonden op de zogenaamde stabiele banken. Deze effecten ebben weg over de tijd, waardoor er op de lange termijn geen effecten meer worden gevonden. Tijdens omvangrijke zaadvallen zorgt de aanwezigheid van mosselbanken niet voor hogere dichtheden, maar dit is wel het geval bij kleinschaliger zaadvallen. Tot slot wordt geconcludeerd dat er geen aantoonbare randeffecten zijn van de visserij op de controle proefvlakken.

De tabellen met details over de proefopzet zijn helder en zeer informatief. Wij suggereren om deze te gebruiken als basis voor de beschrijving van de gehele PRODUS proefopzet, waar alle deelrapporten naar kunnen verwijzen. Conform het oorspronkelijke plan, en als gevolg van het beperkte aantal zaadbanken dat jaarlijks beschikbaar komt, is er een verdeling over de jaren geweest van het instellen van plots. In de meeste analyses wordt deze verdeling vervolgens genegeerd, zodat de gegevens kunnen worden geanalyseerd als een functie van hun tijdsrelatie met de visserij: T0, T1 etc. Deze constructie is noodzakelijk om voldoende vergelijkingsmateriaal te hebben voor het vaststellen van visserijeffecten. Ze heeft nochtans een kwetsbaar aspect, indien jaareffecten (d.i. consistente effecten waardoor een variabele in één jaar overal veel hoger of lager is dan in andere jaren) heel belangrijk zijn. Door de ongelijke verdeling van proefvlakken over beginjaren zouden dergelijke effecten onvolledig of niet worden weggefilterd in de statistische analyse. De statistische modellen gaan ook meestal voorbij aan het mogelijke bestaan van deze effecten, al zouden ze dit aspect in principe wel kunnen meenemen (ten koste van extra complexiteit).

Eens met de gemaakte opmerking. Verder geen consequenties voor de rapportage

Er is een analyse gemaakt van mogelijke “randeffecten”, waaruit wordt geconcludeerd dat deze er niet zijn. De analyse heeft echter belangrijke beperkingen. Ze is niet uitgevoerd op meerdere momenten in de tijd (korte, middellange en lange termijn), maar alleen aan het einde van de proef. Op dat moment lagen er op de meeste proeflocaties echter al geen mosselen meer en kon er op slechts 7 locaties naar een eventueel randeffect worden gekeken. Dit betekent dat in de analyse moet worden aangenomen dat: (1) de 7 locaties waar nog mosselen lagen representatief zijn voor de overige 33 locaties en (2) het tijdstip van de analyse geschikt is om een eventueel randeffect van visserij te detecteren. Beide aannames zijn onwaarschijnlijk, en de kans om randeffecten effectief te detecteren moet laag worden ingeschat.

In het rapport wordt niet geconcludeerd dat er geen randeffecten zijn. Geconcludeerd wordt dat “er voor de PRODUS-vakken als geheel geen aanwijzingen zijn voor het optreden van randeffecten, laat staan binnen het middengebied waarin de feitelijke metingen hebben plaatsgevonden. Er zijn daarmee geen redenen te

veronderstellen dat randeffecten de resultaten van het PRODUS-onderzoek wezenlijk kunnen hebben beïnvloed” (Einde citaat bijlage 2).

Het doel van dit onderdeel was niet het aantonen van randeffecten op zich, maar om antwoord te kunnen geven op de vraag in hoeverre randeffecten de ontwikkeling van het mosselbestand op de vakken dusdanig kunnen hebben beïnvloed dat de onderzoeksresultaten niet meer representatief zijn voor de ontwikkeling in een situatie zonder visserij. Gezien de vraagstelling van het onderzoek (kans op ontwikkeling meerjarige banken) is daarbij met name de ontwikkeling op de wat langere termijn van belang. De metingen zoals nu uitgevoerd aan het eind van het programma sluiten daar op aan, al was de overweging om de metingen als eindmeting uit te voeren vooral ingegeven door de verstoring van het gebied die daarmee gepaard gaat. De discussie over randeffecten is in het rapport is uitgebreid met de ervaringen in dezen in eerder onderzoek (uitdunnen zaadbanken litoraal 2001) en de praktijk op kweekpercelen.

De opsplitsing tussen najaars- en voorjaarsbanken verscherpt zeker het inzicht, omdat de evolutie in beide groepen zeer verschillend is. Tegelijk dreigt de onderverdeling, die a priori is gemaakt op basis van de stabiliteitskaart, het zicht te ontnemen op gegevens die in strijd zijn met de stabiliteitskaart, of die uitzonderlijk zijn binnen hun stabiliteitsklasse. In algemene termen wordt de stabiliteitskaart gevalideerd door deze resultaten, maar de data kunnen wellicht aanleiding geven tot een verfijning. Ook verhindert de analyse in twee groepen het zicht op eventuele relaties met omgevingsfactoren, die wel aan het licht zouden kunnen worden gebracht met een regressie-achtige analyse. Naast de paarsgewijze analyse met behulp van de Wilcoxon test, is er niet meer gekeken naar eventuele interacties tussen het visserijeffect en verschillen in omgevingsfactoren tussen locaties, zoals dat wél is gedaan in het rapport over sedimentcompositie. Is het mogelijk dat afhankelijk van de omgeving, visserij op de ene locatie wél een effect heeft, maar op de andere niet? Mogelijk is dit te analyseren door het relatieve visserijeffect per locatie uit te rekenen en verschillen in dit effect tussen locaties te relateren aan omgevingsfactoren zoals hydrodynamiek of predatie.

De evaluatie van de stabiliteitskaart is geen onderdeel van deelproject 3 maar vindt plaats in deelproject 1 van het PRODUS-onderzoek. Daarin zullen de gegevens uit deelproject 3 uiteraard worden gebruikt maar is ook aanvullende informatie beschikbaar uit de reguliere bestandsopnamen in het najaar en daaropvolgende voorjaar. Als onderdeel van PRODUS-1 hebben kwantitatieve bemonsteringen plaatsgevonden na de najaarsvisserij die in het voorjaar zijn herhaald. Combineren van najaars- en voorjaarslocaties is lastig uitvoerbaar omdat deze zowel in aard (resp. hoog en laag winterisico) als in behandeling. (start visserij najaar en voorjaar) verschillen. Relatieve visserijeffecten per locatie zijn eveneens lastig te kwantificeren vanwege het grote aantal nul- en bijna nulwaarden dat de dataset kent. Zie verder de reactie op de opmerkingen bij ‘bubble plots’. Datasets met mogelijk verklarende variabelen (sediment, golfwerking, stroming, kans op predatie) zijn beperkt beschikbaar en zijn ruimtelijk als snel te weinig gedetailleerd. Een toelichting hierop is toegevoegd onder het kopje “Ruimtelijke heterogeniteit” in hoofdstuk 4 van het rapport. Zoals daar ook aangegeven richt het PRODUS-onderzoek zich primair gericht op het aantonen van visserijeffecten en is gezien de grote ruimtelijke heterogeniteit in omstandigheden gekozen voor een paarsgewijze opzet van beviste en onbeviste plots. Het project Mosselwad is meer gericht op de andere verklarende factoren dan visserij voor de ontwikkeling van mosselbestanden.

In dit rapport wordt veelvuldig gebruik gemaakt van een non-parametrische toets, de zogenaamde “Wilcoxon Signed Rank Test” (of “Matched Pairs Test”). Er wordt aangegeven dat er vooraf is gecorrigeerd voor verschillen tussen de vlakken aan het begin van de proef, maar het blijft onduidelijk of dit een aparte bewerking is geweest, dan wel een inherent aspect van deze toets. In de rapporten over de boxcores en de sedimentsamenstelling wordt gebruik gemaakt van complexere, maar mogelijk ook gevoeligere ‘linear mixed models’. Daar is hier niet voor gekozen omdat de data na verloop van tijd teveel nullen gingen bevatten, een terecht argument. Toch lijken er andere alternatieven te bestaan, zoals Permutation ANOVA of Zero-inflated Negative Binomial modellen.

Onduidelijk is naar welke passage in het rapport hier wordt verwezen. Wanneer met “correctie vooraf”, wordt bedoeld rekening houdend met verschillen tussen locaties, dan is dit inherent aan het “paired” van de gebruikte toets. Het is ook daarom dat is gekozen voor deze toets.

De bubble-plots van figuur 2 tonen het effect van de visserij en de afname van mosselen op de proefvlakken over de tijd. Gezien de grote variatie tussen locaties, zelfs aan het begin van de proef, is het vreemd dat in figuur 3 is gekozen om de verandering in de tijd te tonen aan de hand van box and whisker plots, zonder rekening te houden met de gepaarde opzet van de proef. Ligt het niet meer voor de hand om het procentuele verschil tussen bevist en controle uit te rekenen per locatie en vervolgens dát relatieve verschil te gebruiken om het visserijeffect over de tijd in figuur 3 te tonen?

De figuren zijn bedoeld als illustratie. Voor het aantonen van effecten is voornoemde toets gebruikt. Onderschreven wordt dat de gepaarde opzet van het onderzoek met de presentatie in Box en Wiskerplots verloren gaat. Het overall patroon (verloop in gemiddelden, medianen etc.) wordt daardoor echter niet aangetast. Het gesuggereerde voorstel (grafisch weergeven van het proportionele verschil tussen bevist en onbevist) is al uitgetoetst. Echter, de veelheid aan nullen leidt hier tot rekenkundige problemen. Zoals gezegd wordt de paarsgewijze opzet van het onderzoek in de statistische analyse wel meegenomen.

In figuur 5 wordt getoond dat mosselen op een beperkt aantal locaties veel beter gedijen dan op de meeste andere. De relatief kleine, maar reële kans op de ontwikkeling van een tamelijk stabiele mosselbank krijgt in dit rapport niet de aandacht die ze verdient. Als die kans inderdaad kan worden ingeschat als 3/40, dan is het zeer de moeite waard om er meer over te weten. Immers, het is een essentieel deel van de verantwoording voor de volledige mosseltransitie. In de discussie zou kunnen worden ingegaan op de kenmerken van deze overlevende banken. Hadden zij andere geassocieerde soorten, bijzondere fysische omstandigheden, bijzonder goed gelukte en continue (kleine) zaadvallen, opvallende afwezigheid van zeesterren, andere kenmerken? Valt er uit de data iets te halen dat opvalt en aanleiding kan zijn tot nader onderzoek? De verschillen tussen bevist en onbevist lijken hier op het oog langer te blijven bestaan. In de tekst wordt geconcludeerd: “De biomassa’s zijn op de visvakken wel lager dan op de referentievakken, maar ten opzicht van visvakken elders hoog. Ook op de beviste vakken hebben de daar achtergebleven mosselen goed kunnen gedijen.” Maar blijft het verschil bevist-onbevist hier nu ook inderdaad langer zichtbaar? Is het relatieve effect van visserij op deze succesvollere locaties groter dan gemiddeld?

Terechte opmerking. Het rapport is hierop onder het kopje “Ruimtelijke heterogeniteit” in hoofdstuk 4 aangevuld.

In paragraaf 2.2.2 wordt gesproken over een analyse van visserij op “mosselarealen”. Dit suggereert dat er een analyse is gemaakt van het effect van mosselvisserij op de omvang van de bank, maar die suggestie wordt door de tekst niet bevestigd. Onduidelijk is wat deze analyse wel oplevert, en vooral wat ze toevoegt aan eerdere analyses. Interessant is Fig. 7, die het aantal waarnemingen per biomassaklasse voor bevist en onbevist weergeeft. Deze data suggereren heel sterk dat de hoogste biomassa's slechts in onbeviste vakken zijn waargenomen. Nadere analyse hiervan is gewenst.

Het betreft niet de analyse van de ontwikkeling in oppervlak van een specifieke bank, maar hoe het totale areaal aan mosselbanken in het sublitoraal van de Waddenzee verandert in de situatie dat er wel of niet wordt gevestigd. Het gedeelte (%) van dit areaal dat na x jaar nog aanwezig is wordt daarbij gelijk veronderstelt met het percentage vakken waar na x jaar nog voldoende mosselen liggen om als “mosselbank” te kunnen worden geduid. Omdat een biomassacriterium voor sublitorale mosselbanken niet is gedefinieerd is daarbij een range aan dichtheden doorgerekend. Dat bij hoge grenswaarden het verschil tussen bevestigd en onbevestigd groter wordt klopt en is ook logisch aangezien hoge dichtheden in open vakken aantrekkelijk blijven om te bevesten en dus in dichtheid worden verlaagd. De nadere analyse daarvan wordt gegeven in par. 2.2.3 met daarin figuur 8. Daaruit blijkt dat met name de bevestigde en onbevestigde voorjaarsvakken in voorkomen van hoge dichtheden mosselen ($> 1 \text{ kg/m}^2$) statistisch aantoonbaar van elkaar verschillen. De procentuele verschillen tussen bevestigd en referentievakken worden gegeven in tabel 3. Om welke specifieke locaties en biomassa's het daarbij gaat is weergegeven in fig. 2.2.2.

Op basis van analyse van zaadval op de PRODUS-vakken wordt gevonden dat kleinschalige broedval succesvoller is op bestaande banken, maar dat dit niet aantoonbaar negatief wordt beïnvloed door visserij. Deze conclusie lijkt vooral ingegeven door de vorm van een lowess-achtig model door de datapunten, dat rond 150 g/m^2 sterk stijgt en daarna stabiel blijft. Maar is een dergelijk model ook statistisch significant beter dan een lineair model? En is er dus een basis om te veronderstellen dat visserij van biomassa's groter dan de drempelwaarde geen enkel effect zal hebben, zeker als de puntenwolk zelf voor de helft bestaat uit bevestigde punten? Dit maakt wel het verschil tussen visserij die wel of niet een invloed heeft op recrutering en dus persistentiekans van mosselbedden.

Figuur 11 is primair bedoeld om te zien of er een relatie is tussen de mosseldichtheid en de zaadval. De reden daarvoor is dat de zaadval plaatsvindt na de visserij, dus daardoor niet rechtstreeks wordt beïnvloed. De visserij kan via het onttrekken van mosselen wel indirect effect hebben op de zaadval. De effecten van visserij komt aan de orde in figuur 12. De conclusie dat de visserij geen aantoonbaar effect heeft op de zaadval komt voort uit het afvlakken van de curve in figuur 11 bij een dichtheid van ca. $100 \text{ gram mosselen/m}^2$. Terecht merkt de commissie op dat het van belang is dit statistisch nader te onderzoeken. Dat is alsnog gebeurd door te analyseren of er ook binnen de range van mosseldichtheden waarbinnen wordt gevestigd er een verband tussen mosseldichtheden en zaadval aanwezig is. Dit blijkt niet het geval, zoals in paragraaf. 2.2.4 van het rapport verder wordt toegelicht.