

Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee

*Tussentijdse analyse van de ontwikkeling in het gesloten gebied in
vergelijking tot niet-gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting*

F.E. Fey, N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, W.E. Lewis, J. Cuperus,
B.E. van der Weide, L. de Vos, M.L. de Jong, E.M. Dijkman en J.S.M. Cremer

r a p p o r t e n



wot

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGEN UR
For quality of life

Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee

Dit rapport is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

Kwaliteitsborging en verantwoording (IMARES)

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


Rapport C177/11

Projectnummer: 4308201053

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

Akkoord: Dr. P.C. Goudswaard
Onderzoeker IMARES Yerseke

Handtekening:



315 december 2011

Akkoord: Drs. J. Asjes
Hoofd afdeling Ecologie

Handtekening:



Datum: 3 mei 2012

De reeks 'WOT-rapporten' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOT-rapport **118** is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (EL&I), Directie Natuur en Directie Kennis, Den Haag. Uitgevoerd in het Beleidsondersteunend Onderzoek en Wettelijke Onderzoekstaken, cluster Natuur, Landschap en Platteland/Natuur en Milieu, thema Informatievoorziening Natuur (BO-11-010-013 en WOT-04-009-023)

Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee

Tussentijdse analyse van de ontwikkeling in het gesloten gebied in vergelijking tot niet-gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting

F.E. Fey

N.M.J.A. Dankers

A. Meijboom

P.W. van Leeuwen

W.E. Lewis

J. Cuperus

B.E. van der Weide

L. de Vos

M.L. de Jong

E.M. Dijkman

J.S.M. Cremer

Rapport 118

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, augustus 2012

Referaat

Fey, F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, W.E. Lewis, J. Cuperus, B.E. van der Weide, L. de Vos, M.L. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2012). *Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: Tussentijdse analyse van de ontwikkeling in het gesloten gebied in vergelijking tot niet-gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 118. 86 blz. 30 fig.; 1 tab.; 20 ref.; 3 bijl.

In dit project is de ontwikkeling van het ecosysteem in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied (Referentiegebied) gevolgd en vergeleken met een gebied waar zulke activiteiten wel toegestaan zijn (controlegebied). Hierbij is vooral gekeken naar benthische mariene fauna en de bodembedekking (schelpengruis) in de geul, maar ook litorale en sublitorale mosselbanken, de zeehondenpopulatie en de vogelvoorkomens zijn meegenomen. Vijf jaar na sluiting van het Referentiegebied is een eerste (statistische) analyse gedaan naar de ontwikkeling in het gebied ten opzichte van het controlegebied. Door de grote variatie tussen monsterpunten binnen een gebied en tussen de jaren en de basale opzet van het huidige monsterprogramma is het niet mogelijk om nu al conclusies te kunnen trekken. Daarnaast worden grote effecten zo kort na sluiting ook nog niet verwacht. Het mogelijke herstel van specifieke of gevoelige soorten kan vele jaren duren.

Trefwoorden: Waddenzee, ecosysteem, natuurlijke ontwikkeling, visserij, benthos

Abstract

Fey, F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, W.E. Lewis, J. Cuperus, B.E. van der Weide, L. de Vos, M.L. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2012). *Ecological development in an area of the Dutch Wadden Sea closed to human activities – Interim analysis of developments in the closed area compared to open areas, five years after closure*. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature and the Environment. WOt-rapport 118. 86 p. 30 Fig.; 1 Tab.; 20 Ref.; 3 Annexes.

This project studies the development of the ecosystem in an area of the Wadden Sea which is closed to human activities (reference area) and compares it with that in an area where such activities are permitted (control area). The project focuses on benthic marine fauna and the shell grit cover in the gullies, but also monitors tidal and subtidal mussel beds, the seal population and birds. A preliminary statistical analysis was performed five years after the reference area was closed. Due to the large variations between sampling sites within the areas and between the years, and the basic design of the current sampling programme, it is not possible to draw any conclusions. In addition, large effects were not yet expected so soon after closure. The recovery, if any, of specific or sensitive species may take many years.

Key words: Wadden Sea, ecosystems, natural development, fisheries, benthos

ISSN 1871-028X

Dit rapport is ook uitgebracht als IMARES rapport C177/11.

©2012 **IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies**
Wageningen UR
Postbus 167, 1790 AD Den Burg
Tel : (0317) 48 09 00; e-mail: imares@wur.nl

De reeks WOt-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat . **Het rapport is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Referentiegebied Rottum	12
1.3 Visserijdruk in het verleden in en rond het Referentiegebied	13
2 Doel van het onderzoek	15
2.1 Kennisbehoefte	15
2.2 Kennisvraag	15
2.3 Focus	15
2.4 Mogelijke effecten bodemberoering	16
2.4.1 Bodemstructuur en troebelheid	16
2.4.2 Bodemdieren en bodemvissen	16
2.4.3 Verstoring	17
3 Methoden	19
3.1 Bemonsteringsmethoden	19
3.1.1 Bodembedekking en bodemfauna in de geulen	19
3.1.2 Litorale mosselbanken	22
3.1.3 Zeehondenpopulatie	22
3.1.4 Vogeltellingen	23
3.2 Analyse	23
3.2.1 Bodembedekking	23
3.2.2 Bodemfauna	24
3.2.3 Litorale mosselbanken	24
3.2.4 Zeehondenpopulatie	24
3.2.5 Vogelpopulatie	24
4 Resultaten	27
4.1 Bodembedekking	27
4.2 Benthische mariene fauna	27
4.2.1 Algemeen	27
4.2.2 Aantal individuen per monsterpunt	29
4.3 Mosselbanken	30
4.3.1 Litorale mosselbanken	30
4.3.2 Sublitorale mosselbanken	41
4.4 Zeehonden	42
4.5 Vogels	42
4.5.1 Broedvogels	42
4.5.2 Wad- en watervogels	42
5 Discussie	43
5.1 Bodembedekking	43
5.2 Bodemfauna	43
5.3 Mosselbanken	44

5.4 Zeehonden	45
5.5 Vogels	45
6 Conclusies	47
Literatuur	49
Bijlage A Soortgroepen en Nederlandse namen	51
Bijlage B Statistische analyse bodemfauna-gegevens	53
Bijlage C Statistische analyse vogelgegevens	63

Samenvatting

Achtergrond en aanleiding

Met ingang van november 2005 is in navolging van Duitsland en Denemarken een klein deel van de Nederlandse Waddenzee gesloten voor (potentieel) schadelijke menselijke activiteiten. Het betreft een geulsysteem ten zuiden van Rottumerplaat, het Referentiegebied Rottum genaamd. Doel van deze sluiting is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. De droogvallende platen en eilanden rond Rottum genieten reeds langer een hoog beschermingsniveau. De toegang is zeer beperkt en er wordt al meer dan 18 jaar niet meer op schelpdieren gevist. De belangrijkste activiteit die nog plaatsvond voor de instelling van het Referentiegebied was garnalenvisserij. In dit onderzoek wordt de ontwikkeling in dit Referentiegebied gevolgd. Deze ontwikkelingen kunnen aanleiding zijn voor toekomstige beleidsaanpassingen. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel om referentiesituaties te bepalen en om streefbeelden vast te stellen bij de ontwikkeling van het beheerplan Waddenzee zoals dat in het kader van de implementatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn dient te worden opgesteld.

Doelstelling en onderzoeksopzet

In dit project wordt de nadruk gelegd op het volgen van de ontwikkeling van het ecosysteem in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied (Referentiegebied: Schild en Boschwad) en dit te vergelijken met een gebied waar zulke activiteiten wel toegestaan zijn (controlegebied: Zuidoost-Lauwers en Spruit). Om de ontwikkeling van het Referentiegebied te volgen, is vóór de instelling van het gebied (2002, 2003 en 2005) de startsituatie betreffende het voorkomen van bodemdieren vastgesteld in de geulen in het gebied zelf en in de twee controlegeulen. Na de instelling van het Referentiegebied (november 2005) werden jaarlijks bemonsteringen uitgevoerd. Hierbij is vooral gekeken naar benthische mariene fauna (jaarlijks) en de bodembedekking (schelpengruis) in de geul, maar ook litorale en sublitorale mosselbanken (jaarlijks), de zeehondenpopulatie (elke vijf jaar) en de vogelvoorkomens (elke vijf jaar) werden in dit project meegenomen.

Resultaten

Vijf jaar na sluiting van het Referentiegebied is een eerste (statistische) analyse gedaan naar de ontwikkeling in het gebied ten opzichte van het controlegebied. Door de grote variatie tussen monsterpunten binnen een gebied en tussen de jaren in combinatie met de basale opzet van het huidige monsterprogramma is het niet mogelijk om nu al conclusies te kunnen trekken. Daarnaast worden grote effecten zo kort na sluiting ook nog niet verwacht. Het mogelijke herstel van specifieke of gevoelige soorten kan vele jaren duren.

Bodemfauna

De basale jaarlijkse bemonstering van de bodemfauna heeft het karakter van 'vinger aan de pols'. Om (statistisch) betrouwbare verschillen aan te kunnen tonen tussen gebieden, zijn uitgebreide bemonsteringen een minimale vereiste. Door de gebruikte monitoringsopzet konden nu geen verschillen kleiner dan een factor 2 worden aangetoond. Er werden dan ook geen significante verschillen gevonden in het aantal individuen in het Referentiegebied ten opzichte van het controlegebied, maar de kracht van de test was in veel gevallen lager dan 40%. Er lijkt op het oog wel een positieve trend zichtbaar in de ratio van het aantal individuen voor en na sluiting van het Referentiegebied ten opzichte van de ontwikkeling in het controlegebied en het aantal soortgroepen gevonden in het Referentiegebied ten opzichte van het controlegebied. Maar zoals gezegd is deze trend niet significant.

Mosselbanken

De litorale mosselbanken in het Referentiegebied laten geen duidelijk andere ontwikkeling zien in oppervlakte en bedekking ten opzichte van het controlegebied. Dit ligt ook niet in de lijn der verwachtingen omdat met de sluiting van het gebied geen verandering optrad in het litoraal van het gebied (sinds 1993 heeft er op de droogvallende platen van het Referentiegebied geen commerciële kokkel- of mosselzaadvisserij meer plaatsgevonden). Er werden ook geen verschillen gevonden in de ontwikkeling van sublitorale mosselbanken in de geulen. De grote variatie in het aantal sublitorale mosselen per monsterpunt geeft aan dat het monsterprogramma niet speciaal geschikt is voor het in kaart brengen van mosselbanken in het sublitoraal. Mosselbanken zijn een lokaal verschijnsel en met een beperkt aantal monsterpunten is de kans dat een monsterpunt een mosselbank treft klein.

Zeehonden

Door het hoge aantal getelde zeehonden en pups lijkt het Referentiegebied van groot belang voor de zeehondenpopulatie. Deze aantallen lijken na de sluiting van het gebied ook iets sterker toe te nemen dan in de andere gebieden in de Nederlandse Waddenzee, maar dit is niet statistisch getest.

Vogels

In de vogelgemeenschap als geheel worden geen opvallend afwijkende trends gesignaleerd tussen het Referentiegebied en de andere deelgebieden binnen de Waddenzee. Wel waren er soms verschillen tussen de oostelijke en de westelijke eilanden.

Conclusies en aanbevelingen

Al met al kunnen er nog geen significantie verschillen tussen het Referentiegebied en de controlegeulen worden aangetoond, al lijkt er op het oog langzamerhand een andere ontwikkeling op te treden in het Referentiegebied. Juist daardoor is het van groot belang dat er ten minste eenmaal een uitgebreid monsterprogramma mogelijk wordt gemaakt voordat dit project sluit. Alleen dan kan statistisch nauwkeuriger worden onderzocht of er zich verschillen hebben voorgedaan in de ontwikkeling. Een voorstel voor uitbreiding van het huidige 'vinger aan de pols'-programma wordt gedaan in Fey *et al.* (2011).

Summary

Background and rationale

Following the example of Germany and Denmark, the Dutch authorities decided in 2005 to ban all (potentially) harmful human activities from a small part of the Dutch Wadden Sea. For this purpose a system of gullies south of the island of Rottumerplaat, known as *Referentiegebied Rottum* (Rottum Reference Area) was selected. The aim of this enclosure is to study the undisturbed development of nature in the Wadden Sea. The regularly emergent sandbanks and minor islands around Rottum have long been accorded a high conservation status. Access is greatly restricted and shellfish fisheries ceased over 18 years ago. The main human activity in the period before the creation of the reference area was shrimping. The present study involved monitoring the developments in the reference area. The findings could lead to policy changes in the future. Information on natural developments is required to establish reference situations and target situations, which can be used in drawing up a Wadden Sea management plan, as required under the EU's Birds and Habitats Directives.

Objective and research design

The project focuses on following the ecosystem developments in the reference area (*Schild en Boschwad* area), where no human activity is allowed, and to compare these with the developments in a control area where such activities are allowed, the *Zuidoost-Lauwers en Spruit* area. To allow the developments in the reference area to be followed, the baseline situation in terms of the presence of sediment-dwelling animals was examined in the gullies in the reference area itself and in two control gullies. This was done in 2002, 2003 and 2005, i.e. before the reference area was closed. After the reference area had been closed (in November 2005), samples were taken and examined each year. The examinations focused on benthic marine fauna (examined annually) and the shell grit cover in the gullies, but also included the tidal and subtidal mussel banks (examined annually), the seal population (every five years) and the bird populations (every five years).

Results

The first statistical analysis of the developments in the reference area, compared to those in the control area, was done five years after the reference area was closed. The large variations between the various sampling sites within the areas, as well as annual fluctuations, combined with the basic design of the current monitoring programme, did not allow conclusions to be drawn at this early stage. In addition, no large effects were expected so soon after the closure. The recovery, if any, of specific or sensitive species may take many years.

Soil fauna

The current basic annual sampling programme can do no more than give an impression of developments. Statistically reliable detection of differences between the reference and control areas would require at least more comprehensive sampling. The currently used monitoring design is unable to detect any differences smaller than a factor of 2. With this design no significant differences in numbers of individuals were found between the two areas, but the power of the test was in many cases below 40%. The preliminary findings did suggest a positive trend in the ratio of numbers of individuals before and after the closure, compared to the developments in the control area, as well as in the number of species groups found in the reference area compared to the control area. These trends were not significant, however.

Mussel banks

Developments in the tidal mussel banks in the reference area did not clearly differ, in terms of surface area and coverage, from those in the control area. Such differences were not expected anyway, since the closure of the reference area did not lead to changes in its tidal zone (all commercial shellfish and mussel seed fisheries on the emerging sandbanks of the reference area ceased in 1993). Developments in the subtidal mussel banks in the gullies did not differ between the two areas either. The large differences in the numbers of subtidal mussels between the sampling sites also indicates that the current sampling programme is not particularly suitable for surveying the mussel banks in the subtidal zone. Mussel banks are a localized phenomenon, and the use of a limited number of sampling sites results in a low probability of finding a mussel bank at such a site.

Seals

The large numbers of seals and pups that were observed suggest that the reference area is highly important for the seal population. Since the closure of the area, their numbers appear to be growing slightly faster than elsewhere in the Wadden Sea, but this was not tested statistically.

Birds

There were no conspicuous trend differences between the reference area and the other areas in the Wadden Sea in terms of the bird community as a whole, although there were some differences between the more easterly and westerly islands.

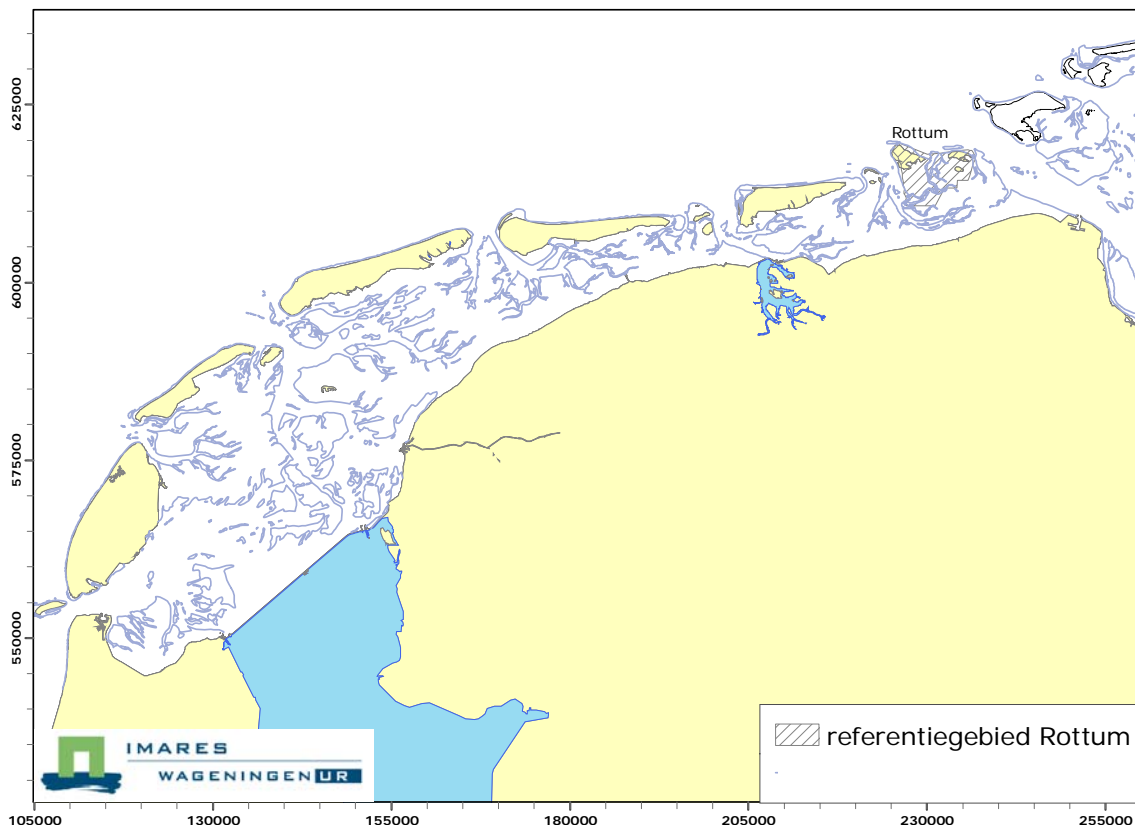
Conclusions and recommendations

On the whole, it is too early to detect significant differences between the reference area and the control gullies, although preliminary findings seem to suggest a gradually emerging difference in development between the two. This makes it very important to enable at least one comprehensive sampling programme to be carried out before the current project ends. Only then can possible differences in developments be determined with sufficient statistical accuracy. A proposal to expand the current basic monitoring programme is made in Fey *et al.* (2011).

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De Waddenzee is een natuurgebied van uitzonderlijke waarde. In 2009 is het aangewezen als Natura 2000-gebied en Werelderfgoed geworden. Toch wordt de Waddenzee intensief gebruikt voor toerisme, visserij en het winnen van delfstoffen. In 1991 hebben Denemarken, Duitsland en Nederland daarom afspraken gemaakt over het instellen van een Referentiegebied in de Waddenzee waarbinnen geen exploitaties en versturende activiteiten plaats mogen vinden (Verklaring van Esbjerg §33.3). Doel van zo'n gebied is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in de Waddenzee te kunnen volgen. Denemarken en Duitsland hadden al vóór de trilaterale conferentie in 2001 Referentiegebieden aangewezen. De staatssecretaris van het toenmalige Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij heeft in de Verklaring van Esbjerg uit 2001 toegezegd ook in Nederland een Referentiegebied te zullen aanwijzen (artikel 11 van de Verklaring). In Nederland is in november 2005 daarom het Referentiegebied Rottum (Figuur 1) ingesteld. Dit gebied bestaat uit een deel van het wad onder Rottumerplaat en Rottumeroog met de daarin liggende zeegat-, geul- en prielsystemen. De ontwikkelingen in zo'n Referentiegebied kunnen aanleiding zijn voor toekomstige beleidsaanpassingen. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel voor het bepalen van referentiesituaties en vaststellen van streefbeelden bij de ontwikkeling van het beheerplan (NATURA 2000).



Figuur 1: Nederlandse deel van de Waddenzee met daarin het Referentiegebied Rottum

Om de natuurontwikkeling in het Referentiegebied te kunnen volgen, is in 2002 gestart met een monitoringsproject. In het monitoringsproject Referentiegebied Rottum (WOT-04-009-023) wordt door middel van jaarlijkse bemonstering gevolgd of zich specifieke eigenschappen ontwikkelen in het Referentiegebied. De ontwikkelingen in de geulen in het Referentiegebied (Schild en Boschwad) worden in dit onderzoek vergeleken met twee geulen buiten het Referentiegebied (Spruit en Zuidoost-Lauwers). In de periode vóór de sluiting van het Referentiegebied is enkele jaren (2002, 2004 en 2005) de zogenaamde 0-situatie bestudeerd (T0). Opvallend was toen de grote spreiding in de resultaten. Deze spreiding maakt het moeilijk eventueel optredende verschillen tussen de gebieden ook statistisch aan te tonen. Om mogelijke verschillen in ontwikkeling wel aan te kunnen tonen, zijn uitgebreide bemonsteringen een minimale vereiste. In verband met de financiële middelen die beschikbaar zijn voor dit project kunnen deze echter niet uitgevoerd worden. De basale jaarlijkse bemonstering heeft daarom het karakter van 'vinger aan de pols'. Het onderzoek naar de ontwikkeling in het Referentiegebied Rottum heeft een planning van 10 jaar, met halverwege (2011) deze tussenrapportage (T5). Om statistische verschillen tussen de T0 en de T5 aan te kunnen tonen, is een uitgebreidere bemonstering vereist dan de tot nu toe uitgevoerde basale jaarlijkse monitoring. Hierbij zouden het bodemleven, de vissen, vormen van biogene structuren en de bodemstructuur in het gebied in de bemonstering betrokken moeten worden. Omdat er nu, vijf jaar na het instellen van het gebied, geen budget beschikbaar is gekomen voor een uitgebreide tussentijdse bemonstering kan in deze rapportage alleen een analyse van de tot nu toe verzamelde basale gegevens worden gegeven.

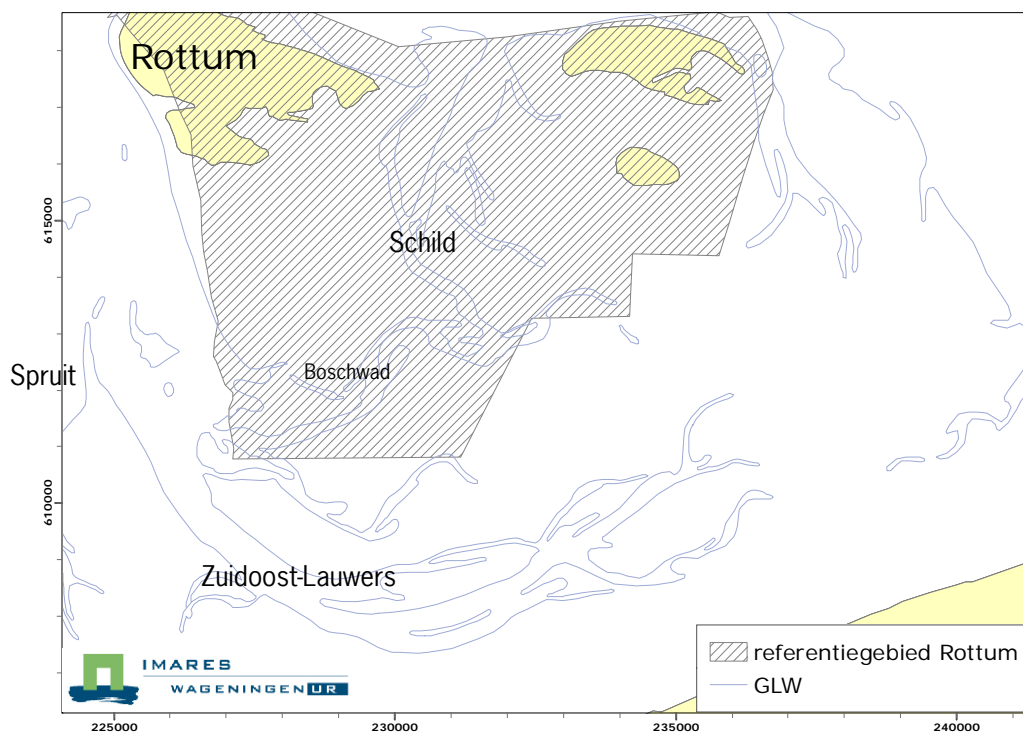
1.2 Referentiegebied Rottum

Het Referentiegebied Rottum (Figuur 2) bestaat uit een deel van het wad onder Rottumerplaat en Rottumeroog met de daarin liggende complete zeegat-, geul- en prielsystemen. Het gebied is oorspronkelijk aangegeven in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij (1993) en in het beleidsbesluit Schelpdiervisserij van najaar 2004 als voor bodemberoerende activiteiten gesloten gebieden. Het gebied is bovendien voor een groot deel art. 20 gebied (Natuurbeschermingswet). Het Referentiegebied Rottum beslaat 7400 ha, dit is ongeveer 3% van de totale Nederlandse Waddenzee.

In november 2004 (Staatscourant nr. 224, 17 november 2005), is het gebied enigszins aangepast zodat het binnen de reeds voor schelpdiervisserij gesloten gebieden (uit 1996) valt. Daardoor is een deel van het eiland Rottumerplaat buiten het Referentiegebied gebleven. Omdat deze studie zich hoofdzakelijk richt op het permanent onder water staande gebied (het sublitoraal) en in beperkte mate op het intergetijdengebied, is deze wijziging niet relevant voor het reeds uitgevoerde onderzoek vóór de sluiting van het gebied.

Binnen het gebied is een geulensysteem van ca. 500 ha, met als hoofdgeulen het Boschwad en Schild, gesloten voor garnalenvisserij (minder dan 0,5 % van het sublitoraal van de Waddenzee). In deze geulen mag sinds november 2005 niet meer op garnalen worden gevestigd. De droogvallende platen in dat gebied worden al vanaf 1993 niet meer bevestigd door de schelpdiersector. De wadlooproute, die door het gebied loopt, is wel blijven bestaan.

Het gebied bestaat vooral uit zandplaten en ondiepe geulen. Diepe geulen komen er niet voor. De ondiepe geulen vormen een dynamisch geulenpatroon, waarbij de ligging van de geulen continue verandert. Er is veel sedimentatie in het gebied (Lavaleije en Dankers, 1993). Het is bekend dat in de geulen schelpengruisbanken voorkomen. Schelpengruisbanken komen ook voor in de Lauwers en Zuidoost-Lauwers, maar deze banken liggen in een druk bevaren en beviste geul. Andere geulen die vergelijkbaar zijn met de gesloten geul zijn de nabij gelegen Spruit en Eilander Balg bij Simonszand. Zuidoost-Lauwers en het Spruit werden dan ook ter vergelijking met de geulen in het Referentiegebied bemonsterd.



Figuur 2: Het Referentiegebied dat gesloten is voor garnalen- en schelpdiervisserij met daarin de referentiegeul (Schild en Boschwad) en de twee controlegeulen (Zuidoost-Lauwers en Spruit) die buiten het Referentiegebied liggen.

1.3 Visserijdruk in het verleden in en rond het Referentiegebied

In het Referentiegebied kwamen vóór sluiting bodemberoerende visserijactiviteiten voor, zoals mechanische en handmatige kokkelvisserij, mossel(zaad)visserij en garnalervisserij.

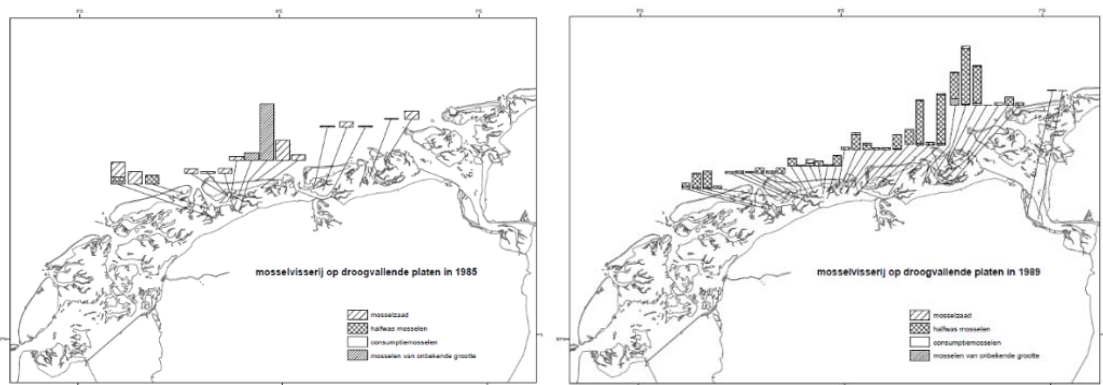
Kokkelvisserij

Vanaf de vijftiger jaren werd er in de Waddenzee mechanisch op kokkels gevist. Deze vorm van visserij kwam ook voor in het huidige Referentiegebied, totdat het in 1993 gesloten werd voor alle vormen van schelpdiervisserij. Er is geen kwantitatieve informatie over de intensiteit van mechanische kokkelvisserij in het gebied.

Mosselvisserij

Hoewel vanaf de jaren vijftig in de westelijke Waddenzee op mosselen werd gevist, duurde het tot de jaren zestig voordat de mosselkotters uitweken naar de oostelijke Waddenzee. Dit had vooral te maken met de aanwezigheid van de mosselparasiet in de oostelijke Waddenzee in de periode daarvoor, waardoor daar voor die tijd niet op mosselen gevist mocht worden die bestemd waren voor de parasietvrije percelen in het westen. Er zijn weinig tot geen kwantitatieve gegevens bekend van de mosselvisserij op de droogvallende platen in het huidige Referentiegebied. Wel is bekend dat er op die platen naar mosselen gevist werd, zo werd er met zekerheid in 1985 en 1989 op de aanwezige mosselbanken gevist (Figuur 3).

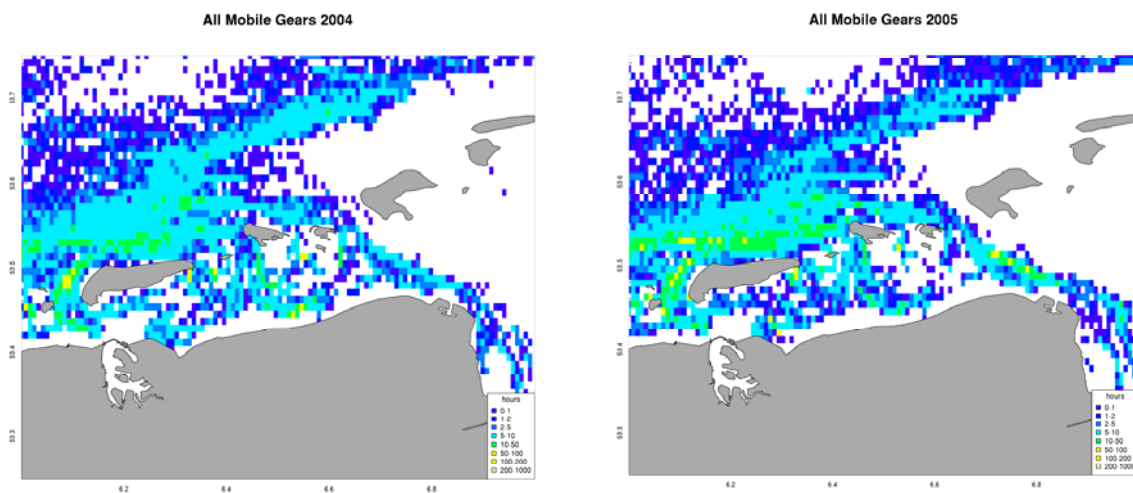




Figuur 3: Mosselvisserij op de droogvallende platen in de Nederlandse Waddenzee in 1985 en 1989 (Dankers et al, 2003)

Garnalenvisserij

Garnalenvisserij is een activiteit die van oudsher wordt uitgeoefend in de Waddenzee en kustwateren. Er zijn nauwelijks kwantitatieve gegevens bekend van de garnalenvisserij in en rond het Referentiegebied. Met behulp van het VMS-systeem en de logboeken van garnalenvissers is wel een schatting te maken van de visserijdruk (Figuur 4 en Fey *et al.*, 2011). Er zijn geen aanwijzingen dat er in het Referentiegebied in het verleden een uitzonderlijke (lage of hoge) visserijintensiteit was.



Figuur 4: Garnalenvisserij in en rond het Referentiegebied in 2004 en 2005

2 Doel van het onderzoek

2.1 Kennisbehoefte

Met ingang van november 2005 (ministersconferentie) is in navolging van Duitsland en Denemarken een klein deel van de Nederlandse Waddenzee gesloten voor (potentieel) schadelijke menselijke activiteiten. Het betreft een geulstelsel ten zuiden van Rottumerplaat. Doel is om de ongestoorde ontwikkeling van de natuur in dit deel van de Waddenzee te kunnen volgen. De droogvallende platen en eilanden rond Rottum genieten reeds langer een hoog beschermingsniveau. Toegang is zeer beperkt en er wordt al meer dan 18 jaar niet meer op schelpdieren gevestigd. De belangrijkste activiteit die nog plaatsvond voor de instelling van het Referentiegebied was garnalenvisserij. Het is onbekend of de regelmatige invloed van de garnalennetten de ontwikkeling van structuurvormende organismen belemmerde. In dit onderzoek wordt de ontwikkeling in dit Referentiegebied gevolgd. De ontwikkelingen in een Referentiegebied kunnen aanleiding zijn voor toekomstig beleid. Kennis over de natuurontwikkeling is onder andere essentieel voor het bepalen van referentiesituaties en vaststellen van streefbeeld bij de ontwikkeling van het beheerplan (Natura 2000).

2.2 Kennisvraag

In het Referentiegebied Rottum wordt door middel van regelmatige, jaarlijkse bemonstering gevolgd hoe een voor menselijke activiteiten gesloten gebied zich ontwikkelt. Deze jaarlijkse bemonstering heeft het karakter van 'vinger aan de pols'. Het gebied is in 2011 vijf jaar gesloten en indertijd is er van uitgegaan dat de 'vinger aan de pols'-bemonsteringen en dito rapportages gevolgd zouden worden door een uitgebreide rapportage in 2011 (tussenrapportage na vijf jaar) en een uitgebreide bemonstering en rapportage na tien jaar (eindrapportage). Omdat er in 2010 geen budget beschikbaar kwam om de uitgebreide bemonstering voor de tussenrapportage uit te kunnen voeren, zal deze nu bestaan uit een analyse van de tot nu toe verzamelde basale gegevens. Door hun basale karakter en de grote spreiding in de resultaten bieden de tot nu toe verzamelde gegevens niet de mogelijkheid om eventuele verschillen in ontwikkeling tussen de referentiegeulen en de controlegeulen aan te kunnen tonen, behalve wanneer er extreme verschillen tussen de geulen ontstaan (> factor 2).

Onderzoeksvraag: Ontwikkelt zich een specifiek ecosysteem, of krijgt het ecosysteem specifieke waarden, als een gebied gevrijwaard wordt van menselijke activiteiten.

In het Referentiegebied kwamen vóór sluiting bodemberoerende visserijactiviteiten voor, zoals mechanische en handmatige kokkelvisserij, mossel(zaad)visserij en garnalenvisserij. De gegevens van dit onderzoek zullen daarmee informatie leveren over het herstelvermogen van een door menselijk handelen beïnvloed geulstelsel en niet zozeer over de effecten van menselijk handelen zelf.

2.3 Focus

In dit onderzoek gaat de prioriteit uit naar bentische mariene fauna in de geulen. Het Referentiegebied en de omliggende controlegeulen verschillen met name in de mate van bodemberoering, een belangrijke factor in de vestigingskansen en overleving. In het litoraal van het Referentiegebied en de omliggende wadplaten worden daarnaast enkele mosselbanken gevolgd,

noch in het Referentiegebied noch in de omliggende controlegebieden wordt nog beroepsmatig op litorale mosselbanken gevist. Eventuele verschillen zouden dan vooral in indirecte effecten moeten worden gezocht. Eén maal in de vijf jaar wordt ook de zeehondenpopulatie en de vogelvoorkomens in dit project meegenomen. Verschillen in verstoringgraad en eventueel in voedselvoorziening (vooral bij vogels) zouden hier een rol kunnen spelen.

2.4 Mogelijke effecten bodemberoering

In deze paragraaf worden kort de mogelijke effecten van bodemberoering op droogvallende platen en in geulen behandeld. Hierbij worden de mogelijke directe effecten meegenomen die kunnen optreden door contact met het vistuig en de mogelijke indirecte gevolgen, die weer veroorzaakt kunnen worden door een direct effect. Mogelijke effecten van bodemberoering zijn afhankelijk van het type vistuig, de intensiteit van de bodemberoering, de frequentie van de bodemberoering, de snelheid van het vaartuig waarmee gevist wordt, het type van de bodem, de waterdiepte, de natuurlijke dynamiek in het gebied en de in het gebied voorkomende flora en fauna (Gillet, 2008).

2.4.1 Bodemstructuur en troebelheid

Doordat mogelijke effecten van bodemberoering afhangen van vele factoren (zie par. 2.2) is er geen eenduidigheid in de literatuur. In het algemeen kan gesteld worden dat bodemberoering de potentie heeft om de fysische structuur van de bodem aan te tasten door het ploegende, schrapende of vegende karakter (Gillet, 2008). Hierdoor kunnen structuurvormende organismen en stenen van de bodem verwijderd worden en kunnen oorspronkelijke bulten, ribbels en kuilen in de bodem afvlakken. Wanneer structuurvormende organismen, zoals mosselen, door bodemberoering geen kans krijgen om zich te vestigen, kunnen zij hun stabiliserende werking op sediment en mogelijke functie als substraat voor andere organismen ook niet vervullen. Hierdoor zal fijn sediment eerder in suspensie komen en kan het water troebeler worden. Maar ook door het beroeren van de bodem kan sediment opwervelen, met vertroebeling van het water tot gevolg (Gillet, 2008). Door vertroebeling van het water is er minder licht beschikbaar voor fotosynthese. Dit kan een indirect effect hebben op groeiomstandigheden voor algen en andere marine flora.

Ook effecten van troebelheid op bodemdieren zijn in de literatuur bekend (Ierland & Van der Veer, 1982). Langdurige vertroebeling kost hen extra energie en ook de periode dat zij voedsel kunnen opnemen zal kleiner worden (Wilber, 1971). Het opwervelen van sediment kan er ook voor zorgen dat ingegraven fauna bloot komt te liggen (Gillet, 2008). Dit kan de predatiekansen verhogen. Wanneer het sediment weer neerdaalt, kan het juist weer op de bodem levende, niet mobiele soorten begraven, waardoor verstikking op kan treden. Ook paaigebieden van vissen zouden door opwervend sediment begraven kunnen worden. Door het opwervelen van sediment kunnen ook veranderingen plaatsvinden in de samenstelling, de verspreiding en de korrelgrootte van het sediment (Gillet, 2008). De gemiddelde korrelgrootte kan toenemen door frequente bodemberoering. Door het mixen van sediment met het bovenliggende water kunnen voedingsstoffen eerder in de waterkolom terecht komen. Ditzelfde geldt voor chemische stoffen die in de bodem liggen opgeslagen. Door beroering van de bodem kunnen deze weer in de waterkolom terecht komen.

2.4.2 Bodemdieren en bodemvissen

Sinds het ontstaan van de Waddenzee zijn menselijke invloeden een steeds grotere rol gaan spelen op de aanwezige habitats en flora en fauna. Intensieve exploitatie heeft ervoor gezorgd dat grote predatoren en structuurvormende soorten zijn verdwenen (Wolff, 2000). Sinds de twintigste eeuw zorgen ook vervuiling, eutrofiëring, invasieve soorten en klimaatsverandering voor veranderingen in het Waddenzee-ecosysteem. Habitatverlies en overexploitatie zijn de twee belangrijkste factoren voor

de verdwijning of enorme afname in aantallen van ongeveer 20% van de macrobiota van de Waddenzee (Lotze, 2005). In een geulensysteem bij Sleeswijk-Holstein is in de afgelopen 100 jaar bijna 50% van de oorspronkelijke fauna verloren gegaan, waarvan het merendeel uit op de bodem levende dieren bestond (Buhs & Reise, 1997). Buhs & Reise (1997) wijten deze achteruitgang in bodemdiersoorten aan de vele vormen van mechanische visserij in dat gebied.

Mogelijke effecten van bodemberoerende visserij kunnen veroorzaakt worden door schade door het vistuig en door schade door het opvissen van de doelsoort en bijvangst. Ook bij het beschrijven van deze effecten is de literatuur niet eenduidig en zijn de mogelijke effecten afhankelijk van vele factoren (zie par. 2.2.1).

In het algemeen kan gesteld worden dat door het bodemberoerende karakter van bepaalde vistuigen schade kan worden veroorzaakt aan structuurvormende organismen die complexe levensgemeenschappen vormen (Gillet, 2008). Bij schade aan deze structuurvormende organismen gaat het dus niet alleen om de afzonderlijke soorten, maar om een heel biotoop met zijn eigen flora en fauna. Voorbeelden van structuurvormende organismen in de trilaterale Waddenzee zijn: Japanse oesterriffen, *Sabellaria*-riffen, mosselbanken, zeegrasvelden en zeemosvelden (*Sertularia* sp.). Behalve directe schade aan deze organismen, kan bodemberoering ook hervestiging van reeds verdwenen structuren voorkomen.

Ook niet-structuurvormende fauna kan bij bodemberoering beschadigd raken of opgevisst worden door het vistuig (Gillet, 2008). Het gaat hierbij vooral om niet mobiele soorten die óp de bodem leven, maar afhankelijk van de diepte van de bodemberoering kunnen ook soorten die ín de bodem leven beschadigd raken. Mobiele soorten hebben een kleinere kans op schade, omdat zij de beroering in sommige gevallen kunnen ontwijken. Bij schade door vangsten in het vistuig gaat het niet alleen om de doelsoort, maar ook om soorten die 'per ongeluk' in het net zijn gekomen (bijvangst) (Doeksen, 2006; Tulp, 2009). Hoewel deze soorten bij veel vormen van visserij levend overboord worden gezet, zorgt de aanwezigheid van predatoren zoals meeuwen voor een verhoogde predatie (Berghahn, 1990; Doeksen, 2006; Tulp, 2009). Berghahn (1990) schat dat 90% van de over boord gezette bijvangst door vogels wordt opgegeten.

2.4.3 Verstoring

Door de aanwezigheid van een schip kunnen vogels en zeezoogdieren verstoord worden. Er kunnen echter ook positieve effecten optreden van bodemberoerende visserij. Door het opwervelen van de bodem en door het overboord zetten van bijvangst komt er meer voedsel beschikbaar voor met name vogels en vissen.

3 Methoden

In dit project wordt de nadruk gelegd op het volgen van de ontwikkeling van het ecosysteem in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied (Referentiegebied: Schild en Boschwad) en dit te vergelijken met een gebied waar zulke activiteiten wel toegestaan zijn (controlegebied: Zuidoost Lauwers en Spruit). Om de ontwikkeling van het Referentiegebied te volgen is vóór de instelling van het gebied (2002, 2003 en 2005) de startsituatie betreffende het voorkomen van bodemdieren en vissen vastgesteld in de geulen in het gebied zelf en in de twee controlegeulen. Na de instelling van het Referentiegebied (november 2005) zijn jaarlijks bemonsteringen uitgevoerd. Hierbij is vooral gekeken naar benthische mariene fauna (jaarlijks) in de geul, maar ook litorale mosselbanken (jaarlijks), de visfauna (elke 5 jaar), de zeehondenpopulatie (elke 5 jaar) en de vogelvoorkomens (elke 5 jaar) zijn in dit project meegenomen.

3.1 Bemonsteringsmethoden

3.1.1 Bodembedekking en bodemfauna in de geulen

Het aantonen van effecten van activiteiten in een dynamisch gebied waar de aantallen dieren van nature grote schommelingen vertonen en waar bovendien grote ruimtelijke verschillen optreden, is moeilijk te realiseren. Om statistisch betrouwbare resultaten te krijgen, is een grootschalige en dikwijls kostbare onderzoeksopzet nodig. De jaarlijkse bemonsteringen hebben daarom een 'vinger aan de pols'-karakter.

Om de ontwikkeling in bodemfauna en bedekking te kunnen onderzoeken, worden jaarlijks met een Van Veen bodemhapper van 0,18 m² enkele tientallen monsters genomen in het gesloten gebied (Schild en Boschwad) en in het controlegebied (Zuidoost-Lauwers en Spruit) (Figuur 5a en Figuur 5b). Op elke monsterplaats wordt de exacte positie bepaald met GPS. De bemonstering is gestratificeerd naar oorspronkelijke bodemsamenstelling (op het moment van start van het onderzoek in 2002), zodat zowel in zandige bodem als op schelpenbanken wordt gemonsterd. Hiervoor heeft in 2002 een bodemonderzoek plaatsgevonden met MEDUSA (Multi-element Detector for Underwater Sediment Activity). Dit systeem integreert data afkomstig van een aantal sensoren, zoals een detector van gammastraling, een microfoon, temperatuur en waterdruk, waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillen in radiometrie en wrijvingsgeluid. Het MEDUSA-systeem meet de ruwheid van de toplaag van het sediment. Om de met MEDUSA gemeten parameters te controleren, zijn op een 19-tal locaties bodemmonsters genomen met een Van Veen-happer. Van de monsters zijn de schelpengehalten in het monster bepaald met fractiescheiding. Uiteindelijk is met alle verkregen informatie een kaart gemaakt waarin het aantal kg schelpen per m³ sediment is weergegeven. Vervolgens zijn de monsterpunten random verdeeld, waarbij er op is gelet dat ongeveer evenveel monsterpunten op schelpenbodem als op zandige bodem gepositioneerd werden en ook de mogelijkheden in het veld een rol hebben gespeeld (o.a. waterdiepte). Vanaf 2006 zijn de bodemmonsters steeds op dezelfde plek genomen (Tabel 1 en Tabel 2). Wanneer het niet mogelijk is een bepaald monsterpunt te benaderen in verband met een te geringe waterdiepte, dan wordt zo dicht mogelijk bij het betreffende punt gemonsterd of wordt het monsterpunt overgeslagen.

Tabel 1: Verdeling aantal monsterpunten op schelpen- of zandbodem per geul. Het bodemtype is in 2002 vastgesteld met de MEDUSA-techniek.

Type gebied	Schild-schelp	Schild-zand	Spruit-schelp	Spruit-zand	ZOL-schelp	ZOL-zand
Aantal monsters	22	16	7	14	13	10

Bodemfauna

De genomen monsters worden gezeefd over een 1 mm zeef. Zand en slib worden weggespoeld en het overgebleven materiaal wordt verzameld. Het materiaal wordt geconserveerd in een 10% oplossing formeline. Daaruit worden de levende dieren gezocht en de aantallen van elke soort bepaald. In de jaren voor de sluiting werden alleen de grote bodemdieren op soort gedetermineerd. Vanaf 2006 worden alle individuen op soortniveau gedetermineerd, maar worden deze in de rapportage in groepen of families weergegeven met uitzondering van de schelpdieren. Zie Bijlage A om vergelijkingen met voorgaande jaren te kunnen maken.

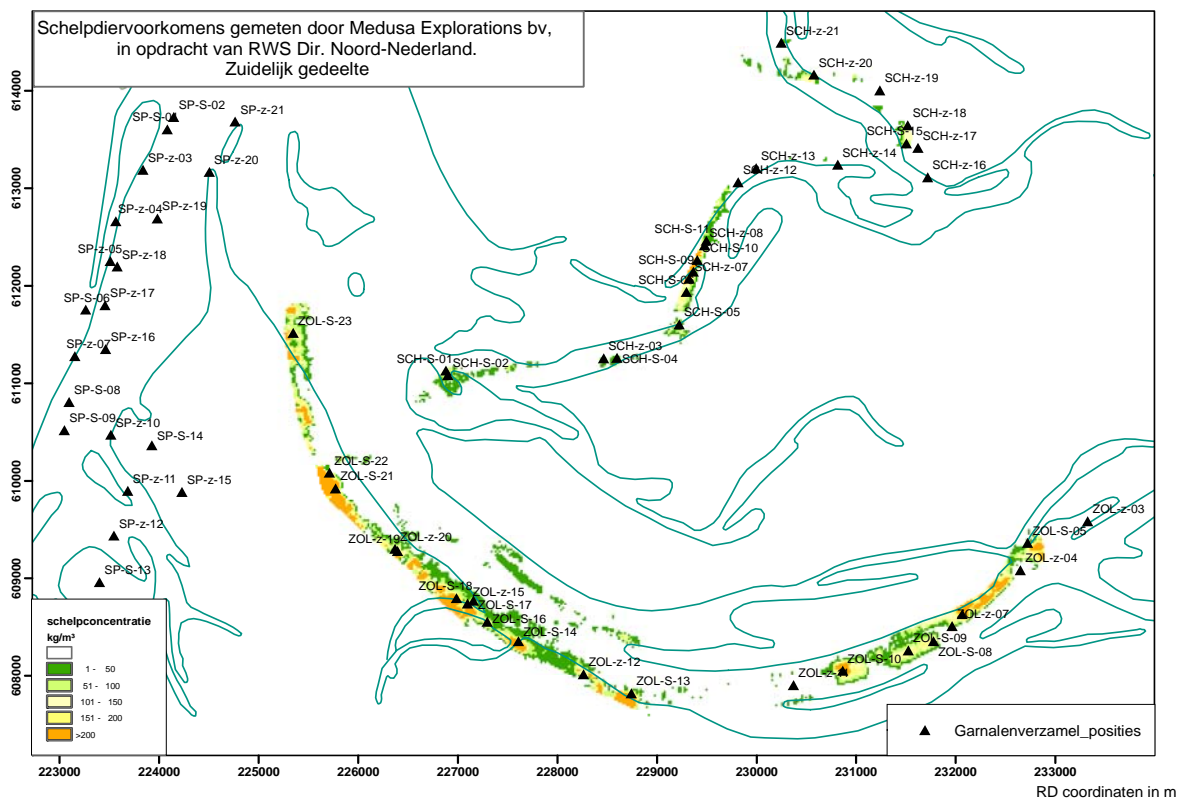
Bodembedekking

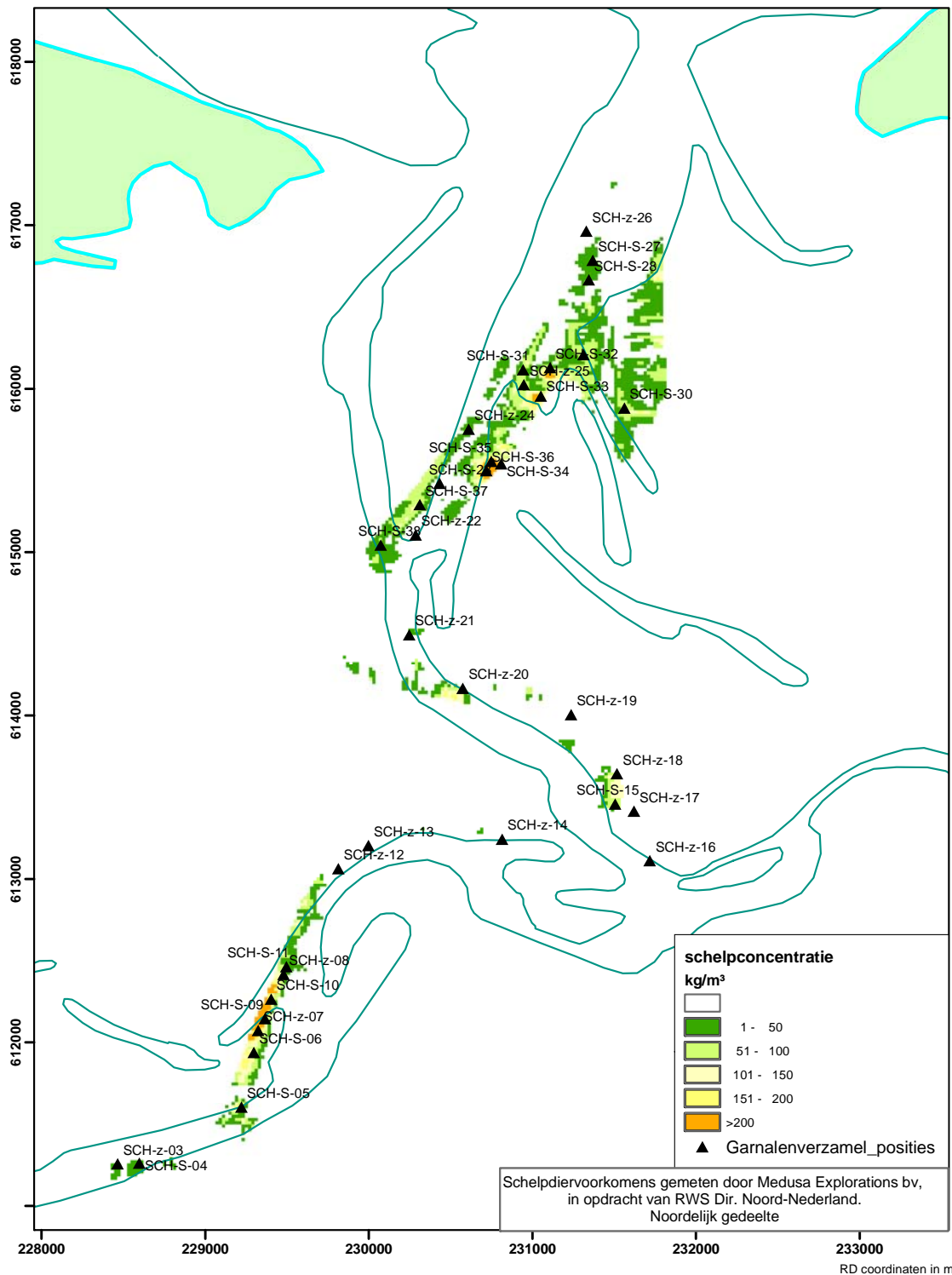
Onder bodembedekking wordt het schelpenmateriaal bedoeld dat achterblijft in de 1 mm-zeef (dus al het schelpmateriaal > 1mm). Het schelpmateriaal van elk genomen monster wordt apart gewogen.

Tabel 2: Verdeling geulen en aantal monsters per geul per jaar

	Referentiegebied		Controlegebied	
	Boschwad	Schild	Spruit	ZO-Lauwers
2002	6	11	0	8
2003	14	24	20	23
2005	14	24	20	23
2006	14	24	21	23
2007	14	24	18	23
2008	14	24	20	24
2009	14	24	21	22
2010	14	24	21	21

Figuur 5a (onder): Standaard monsterlocaties voor bodemonsters in Zuidoost-Lauwers en Spruit (controle-gebied) zoals vastgesteld in 2003. Monsters met aanduidingen met een **s** bevonden zich oorspronkelijk op een ondergrond met schelpen, die met **z** op zand.

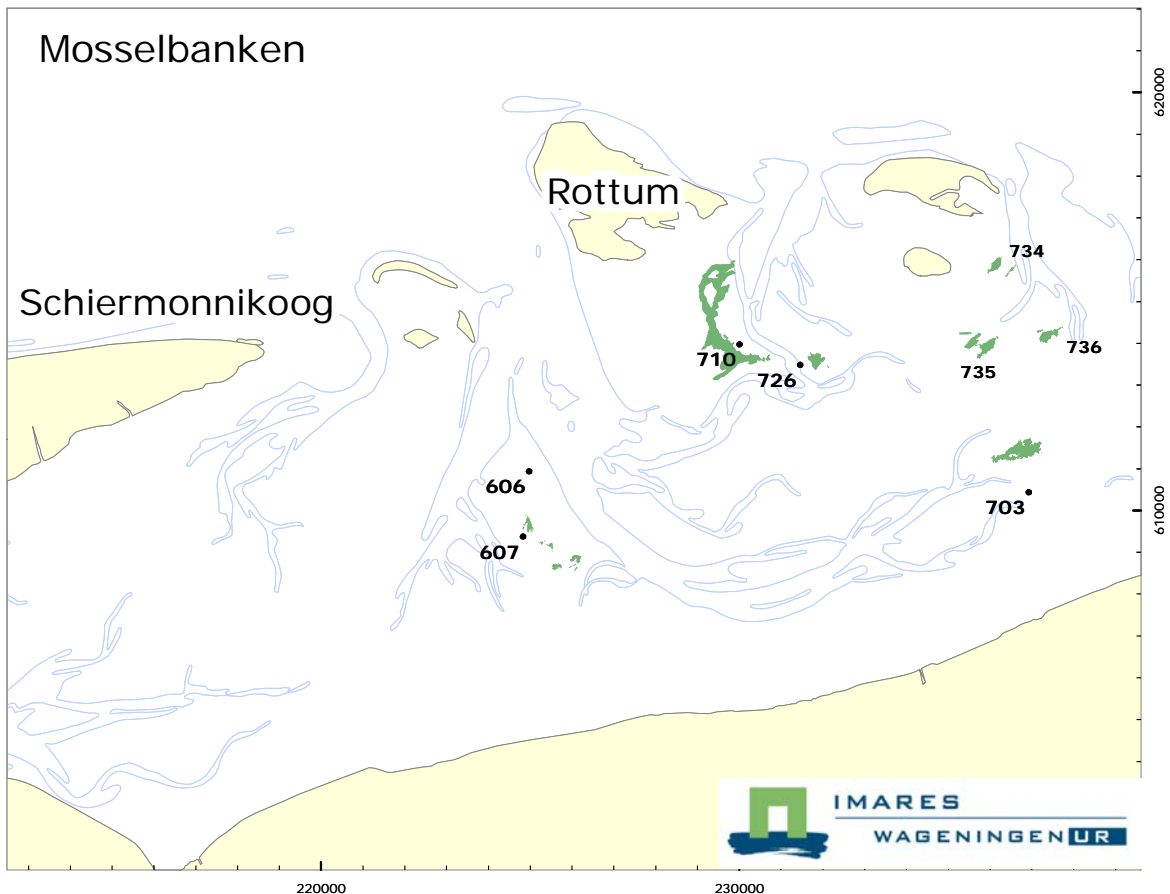




Figuur 5b: Standaard monsterlocaties voor bodemonsters in het Schild (Referentiegebied) zoals vastgesteld in 2003. Monsters met **s** bevonden zich oorspronkelijk op een ondergrond met schelpen, die met **z** op zand.

3.1.2 Litorale mosselbanken

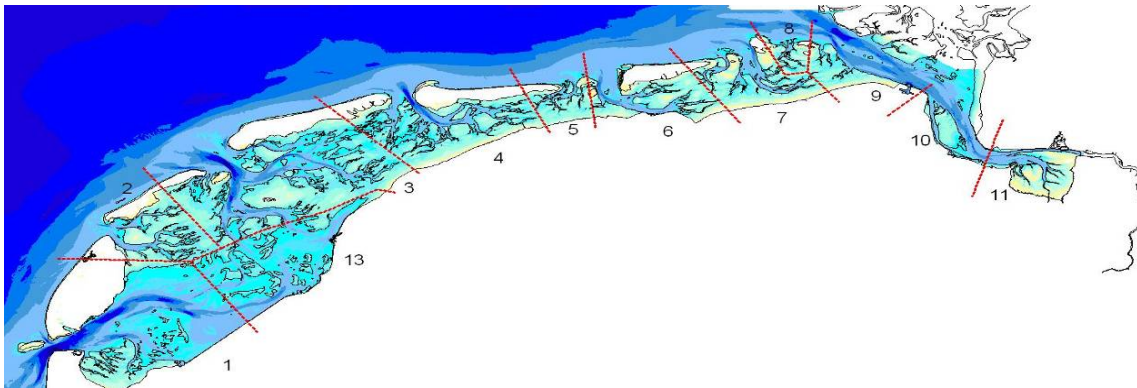
Vanaf 2003 worden de omtrekken van de mosselbanken in dit gebied jaarlijks ingemeten met GPS om de omtrek te bepalen voor het internationale TMAP-monitorprogramma (Fey *et al.*, 2011) en vanaf 1994 in het WOT-programma visserij (Van Zweeden *et al.*, 2010). In 2007 zijn ook luchtfoto's gemaakt van deze mosselbanken. Vanaf 2006 is een vijftal mosselbanken die binnen het Referentiegebied liggen meer in detail in kaart gebracht (Figuur 6). Van deze banken (710, 726, 734, 735 en 736) zijn naast de contouren ook de bedekking berekend volgens het door IMARES gevolgde protocol (Brinkman *et al.*, 2003; Essink, 2005; Dankers *et al.*, 2006). Bank 703 ligt buiten het Referentiegebied, maar binnen het voor schelpdiervisserij gesloten gebied. Deze bank wordt sinds 2001 in detail gevolgd.



Figuur 6: Locatie mosselbanken 703, 710, 726, 734, 735 & 736.

3.1.3 Zeehondenpopulatie

De zeehondenpopulatie wordt jaarlijks door IMARES geteld voor het WOT-programma zeehondenpopulatie Waddenzee. Deze tellingen zijn trilateraal (Nederland, Duitsland en Denemarken) gecoördineerd en vinden in nagenoeg dezelfde periode plaats. Voor deze standaardmonitoring wordt in de zomer in Nederland van Den Helder tot in de Dollard gevlogen en in de winter wordt sinds 2008 tot Schiermonnikoog gevlogen. Twee parameters worden bepaald: aan de hand van het totaal aantal getelde dieren worden de jaarlijkse aantalsverandering en de pupproductie berekend. Om een goed beeld te krijgen van het aantal geboren jongen en het moment dat het aantal piekt, wordt minimaal drie keer in de geboorteperiode geteld. Tijdens de verharingsperiode wordt twee keer geteld. In dit geval wordt gebruik gemaakt van de jaarlijkse tellingen in het Sparregat, het Boschwad en het Schild (Figuur 7). De gebruikte methode wordt uitgebreid beschreven in Reijnders *et al.* (2003).



1.	<i>Den Helder- Texel</i>	4.	<i>Terschelling- Ameland</i>	8.	<i>Rottumerplaat- Rottumeroog</i>
2.	<i>Texel- Vlieland</i>	5.	<i>Ameland- Engelmansplaat</i>	9.	<i>Rottumeroog- Eems</i>
3.	<i>Vlieland- Terschelling</i>	6.	<i>Engelmansplaat- Schiemonnikoog</i>	10.	<i>de Hond- Paap</i>
13.	<i>Gebied rond de Afsluitdijk</i>	7.	<i>Schiemonnikoog- Rottumerplaat</i>	11.	<i>Dollard</i>

Figuur 7: Onderverdeling van het Nederlandse deel van de Waddenzee in stroomgebieden.

3.1.4 Vogeltellingen

Sinds het seizoen 1975/1976 worden de wad- en watervogels in de Waddenzee met grote regelmaat geteld. De tellingen van watervogels en broedvogels op de eilanden en platen zijn uitgevoerd door vele actieve vrijwilligers en door Staatsbosbeheer, It Fryske Gea en Natuurmonumenten. Binnen het Referentiegebied Rottum worden tellingen verzorgd door Staatsbosbeheer regio Noord. De boottellingen worden georganiseerd door het ministerie van EL&I. De methode en de frequentie van tellen, het bijschatten van ontbrekende data en het berekenen van trends zijn uitgebreid beschreven in Hornman *et al.*, 2011. De resultaten en discussie van de resultaten van het onderzoek naar verschillen in ontwikkeling tussen het Referentiegebied en vergelijkbare gebieden in de Waddenzee is beschreven in Liefting *et al.* (2011) (zie Bijlage C).

3.2 Analyse

In dit rapport wordt een beschrijving gegeven van de resultaten van de bemonsteringen tot het vijfde jaar na sluiting. Deze resultaten zullen gelegd worden naast de resultaten van de bemonsteringen die plaats hebben gevonden vóór sluiting van het Referentiegebied. De analyse in deze rapportage richt zich op grotere bodemfauna (wormen en schelpdieren) en extra aandacht wordt besteed aan structuurvormende organismen en organismen die hard substraat als habitat hebben. De voorkomende zeehonden en vogels worden eens in de vijf jaar meegenomen in de analyse (zie ook Dankers *et al.*, 2006).

3.2.1 Bodembedekking

In deze rapportage wordt de gemiddelde hoeveelheid schelpengruis per geul weergegeven. Daarbij wordt een vergelijking gemaakt in de ontwikkeling tussen de geulen in het Referentiegebied en de geulen die daar buiten liggen. Voor de statistische analyse is gebruik gemaakt van een Linear mixed model met gebied als random effect waarbij de schelpenmassa's log-getransformeerd zijn. De analyse richtte zich op het verschil tussen de laatste twee jaar voor sluiting (2003 en 2005) en de laatste twee jaar na sluiting (2009 en 2010).

3.2.2 Bodemfauna

In deze rapportage worden de gevonden bodemdieren per geul weergegeven. Hierbij ligt de nadruk op de ontwikkeling in het aantal individuen van alle soorten gezamenlijk en het aantal soorten per geul. De ontwikkeling in het aantal individuen voor alle soorten gezamenlijk en voor elke soortengroep apart wordt met een uitgebreide statistische analyse vergeleken. Hierbij is gebruik gemaakt van een t-test waarbij per behandeling (referentie of controle) twee geulen als replica dienen. Het voordeel van deze test is dat de vraag 'Ontwikkelt zich een specifiek ecosysteem, of krijgt het ecosysteem specifieke waarden, als een gebied gevrijwaard wordt van menselijke activiteiten' het beste beantwoord wordt, maar het nadeel is dat er steeds maar twee replica's per behandeling zijn (de geulen per gebied). Dit zorgt er voor dat de kracht (power) van de test erg laag is en alleen gekeken kan worden naar verschillen die hoger zijn dan een factor 2 (dat wil zeggen dat er minimaal twee keer zoveel individuen gevonden worden in één van de gebieden). Deze t-test is gebruikt om te kijken naar het verschil tussen de gebieden in de jaren 2009/2010 (vijf jaar na sluiting) en naar het verschil in de na/voor ratio ((2006-2010)/2005). In beide analyses zijn de aantallen log-getransformeerd. Deze uitgebreide analyse is alleen uitgevoerd voor alle soorten gezamenlijk en voor de soorten waar in meer dan 15% van alle monsters daadwerkelijk individuen werden aangetroffen. Zie Bijlage B voor een uitgebreide beschrijving van de uitgevoerde analyses.

Voor het gemiddelde aantal soorten per geul is geen statistische analyse uitgevoerd omdat niet alle soortgroepen tot op soortniveau zijn gedetermineerd. Zo zijn de schelpdieren wel op soort gedetermineerd, terwijl veel wormen en schaaldiergroepen op familienaam of groepsnaam zijn gedetermineerd. Schelpdieren tellen daardoor zwaarder in de analyse dan andere groepen. Daarnaast is de verdeling van het aantal soorten per hap niet normaal verdeeld en verandert de verwachting van het aantal aan te treffen soorten met het aantal hapen per geul. Een goede analyse zou veel tijd vereisen. Dit valt echter buiten het bestek van onze opdracht.

3.2.3 Litorale mosselbanken

In deze rapportage wordt de ontwikkeling van enkele litorale mosselbanken in het Referentiegebied weergegeven. Daarnaast wordt gekeken naar één mosselbank buiten het Referentiegebied. Hierbij ligt de nadruk op de ontwikkelingen in oppervlakte en bedekking. Omdat er maar één mosselbank buiten het Referentiegebied wordt onderzocht is, zijn de resultaten niet statistisch geanalyseerd.

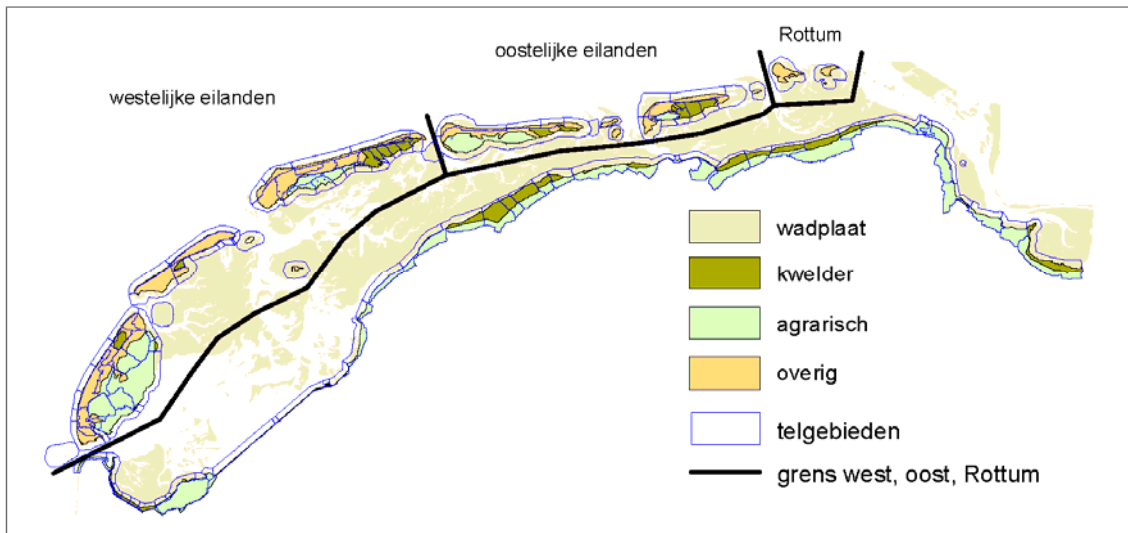
3.2.4 Zeehondenpopulatie

Voor deze rapportage is de maximumtelling genomen en gekeken hoe deze verdeeld is over de gebieden. Om het Referentiegebied in zijn geheel te kunnen bekijken zijn bij gebied 8 (zie Figuur 7) ook delen van 7 en 9 gevoegd. De gegevens worden op het oog vergeleken. Binnen het huidige projectbudget was geen ruimte voor een statistische analyse van deze gegevens.

3.2.5 Vogelpopulatie

Omdat niet alle vogelsoorten voldoende algemeen zijn in de Waddenzee om trendberekeningen voor uit te voeren, moest er een selectie worden gemaakt. Door de maandgemiddelden van de getelde soorten van de afgelopen tien jaar te vergelijken tussen het Referentiegebied Rottum en de rest van de Waddenzee kon beoordeeld worden of soorten voldoende vertegenwoordigd zijn in het Referentiegebied Rottum (zie Bijlage C voor de selectie wad- en watervogels en broedvogels). Op basis van de tabel 1 uit Bijlage C is besloten soorten niet te selecteren als het maandgemiddelde op Rottum minder dan 50 dieren betrof of wanneer het aandeel van Rottum ten opzichte van de Waddenzee als geheel lager was dan 1,5%.

Van een aantal soorten is toch besloten deze mee te nemen vanwege het belang van de Waddenzee voor deze soorten, ondanks de lagere aantallen op Rottum. Zo worden dwergstern, strandplevier, noordse stern, lepelaar en grote stern wel meegenomen omdat deze meer dan 1,5% van het totaal aantal in de Waddenzee vertegenwoordigen, ondanks dat het maandgemiddelde onder de 50 ligt. Ook worden tureluur en wilde eend opgenomen in de analyse, omdat de aantallen op Rottum hoog genoeg zijn om relevant te zijn, ondanks dat het percentage van het totaal onder de 1,5% ligt.



Figuur 8: Indeling van de verschillende gebieden, het Referentiegebied Rottum en de westelijke en oostelijke eilanden ter vergelijking.

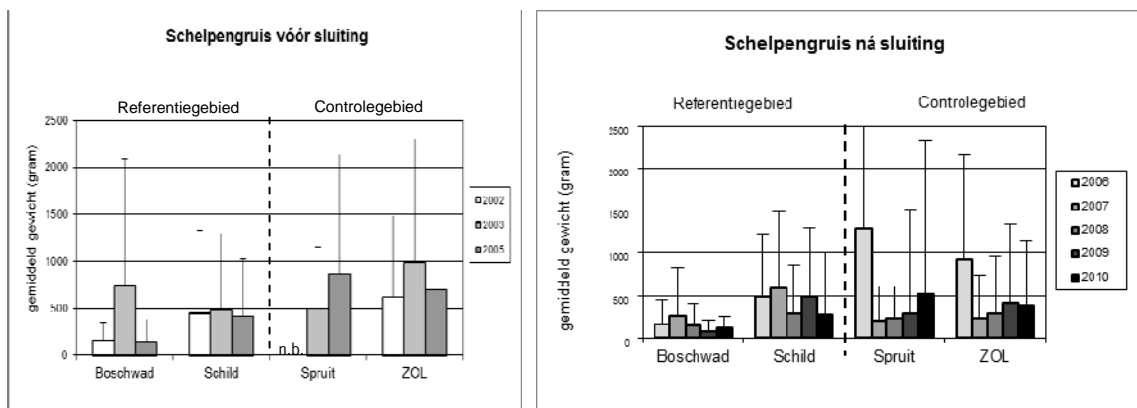
Het doel van de statistische analyse is om statistisch te onderbouwen of de trends in aantallen tussen deelgebieden significant van elkaar verschillen. Voor elke soort, worden drie vergelijkingen gemaakt; (i) tussen Rottum en de westelijke eilanden (minus Rottum), (ii) tussen Rottum en oostelijke Eilanden en (iii) tussen westelijke en oostelijke eilanden (Figuur 8). De drie vergelijkingen worden gemaakt voor zowel de wad- en watervogeldata als de broedvogeldata. Een uitgebreide beschrijving van de statistische analyses is uitgevoerd in Liefing *et al.* (2011) (Bijlage C).

4 Resultaten

4.1 Bodembedekking

Schelpengruismassa's bieden een vestigingsplaats voor specifieke hardsubstraatbodemfauna, zoals zeeanemonen en hydroidpoliepen, daarnaast vestigen mosselbanken vaak op schelpengruisbodems. In Figuur 9 zijn de gemiddelde schelpengruismassa's op de bodem in de verschillende geulen weergegeven voor de periode vóór sluiting (2002, 2003 en 2005) en voor vijf jaren ná sluiting (2006-2010).

Uit de gegevens blijkt dat er veel variatie is tussen de monsterpunten in een gebied, tussen de gebieden en binnen de gebieden tussen de jaren. De gemiddelde schelpengruismassa's lijken op het oog de laatste jaren vooral afgenomen in de geulen in het controlegebied. In deze geulen (Spruit en ZO-Lauwers) is na 2006 een opvallende daling in de massa's te zien. Deze afname lijkt minder opvallend in het Referentiegebied (Boschwad en Schild), maar in deze geulen was voor de sluiting al minder schelpengruis gevonden. Wanneer de ontwikkelingen van het schelpengruis in het Referentiegebied en het controlegebied statistisch worden vergeleken, dan is er geen significant verschil te zien tussen de gebieden (t-test, $p=0,65$). Er is wel een significant verschil tussen de totale hoeveelheid schelpengruis in alle geulen samen (dus zowel referentie- als controlegebied) vóór sluiting van het gebied en de totale hoeveelheid ná sluiting (t-test, $p<0,05$).



Figuur 9: Gemiddelde hoeveelheid schelpengruis op de bodem in de geulen voor (links) en na sluiting (rechts). Boschwad en Schild liggen in het Referentiegebied, Spruit en Zuidoost-Lauwers liggen buiten het Referentiegebied en dienen als controle. In 2002 is Spruit niet bemonsterd.

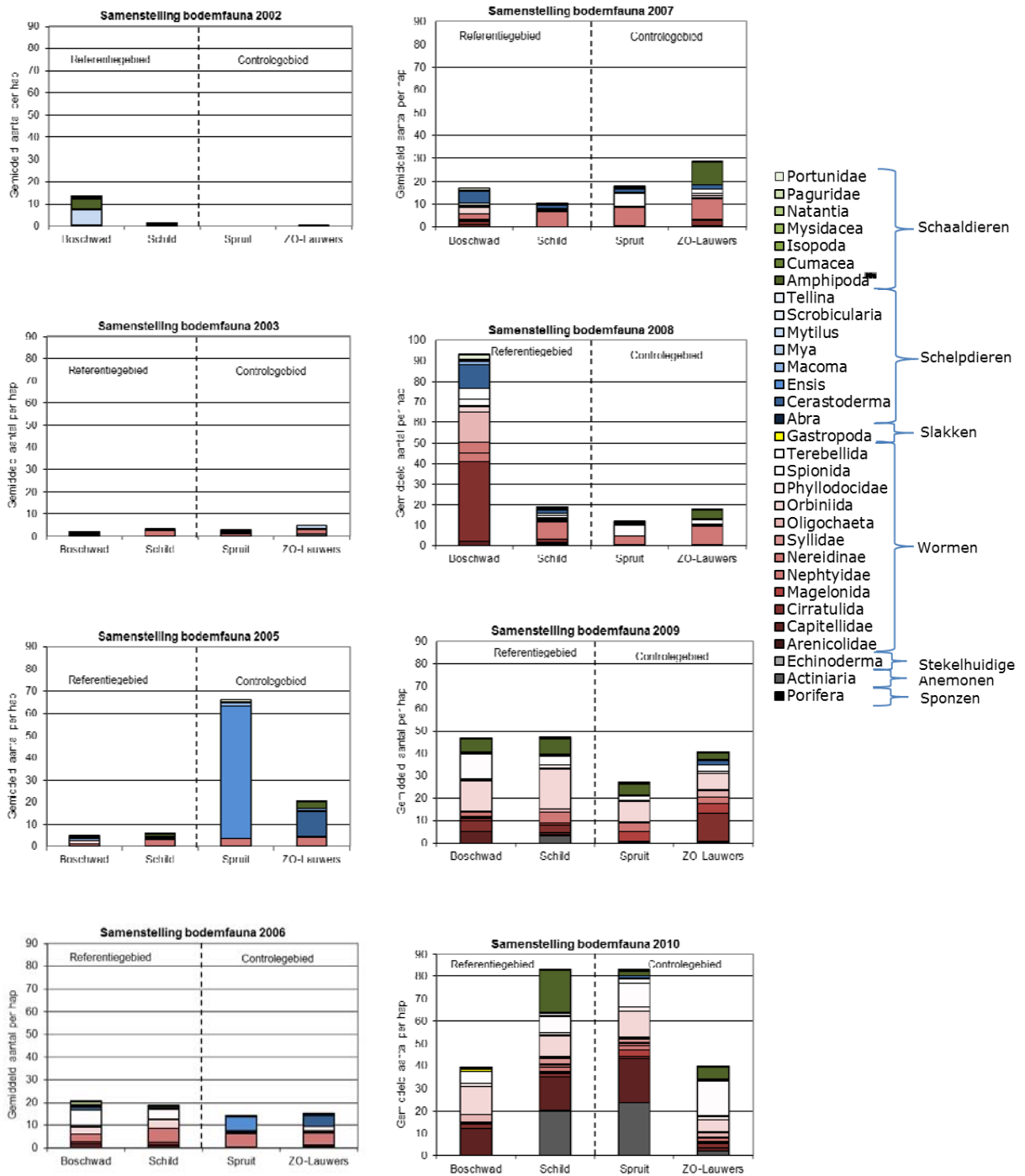
4.2 Benthische mariene fauna

4.2.1 Algemeen

Het aantal mariene benthische soorten en het aantal individuen geeft een indicatie van de status van het gebied. In Figuur 10 worden de resultaten voor de epifauna en endofauna weergegeven.

De algemene toename over de jaren in het aantal soorten in controle- en Referentiegebied gezamenlijk is een gevolg van enkele aanpassingen in het protocol. Vanaf 2003 is het aantal monsters verveelvoudigd (Tabel 1), daarnaast werden de kleinere wormen in 2002, 2003 en 2005

niet meegenomen. Met deze veranderingen is rekening gehouden bij de statistische analyse van de gegevens. De verschillende geulen binnen hetzelfde jaar zijn wel altijd gelijk behandeld, waardoor vergelijking in ontwikkeling mogelijk blijft.

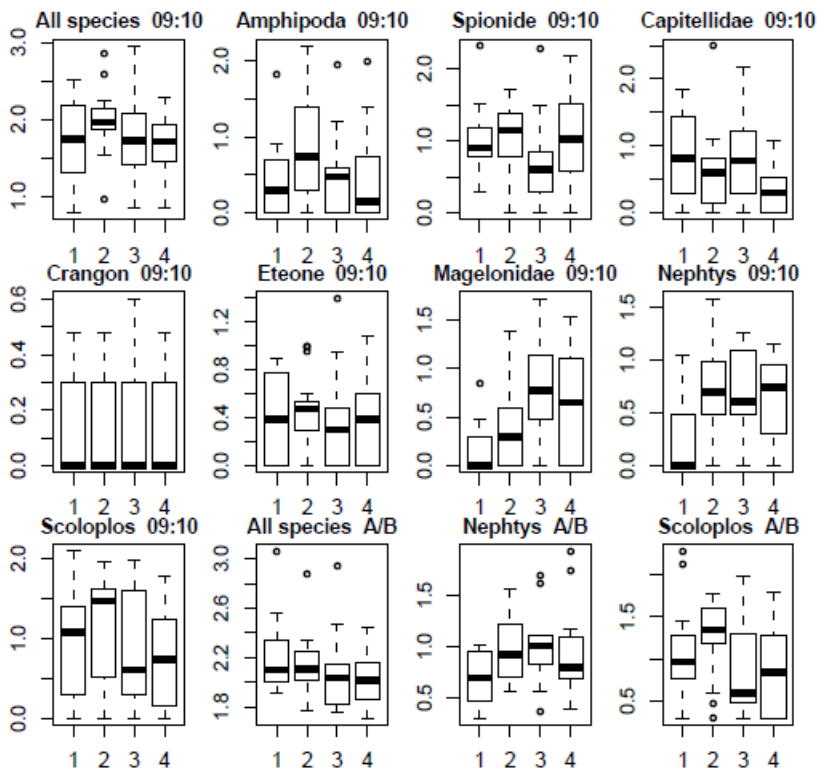


Figuur 10: Gemiddeld aantal levende bodemdieren (weergegeven per soortgroep) per monsterpunt in het Referentiegebied en de twee controlegeulen. In 2002 is het Spruit niet bemonsterd. Het Referentiegebied is vanaf 2006 gesloten voor menselijk gebruik.

4.2.2 Aantal individuen per monsterpunt

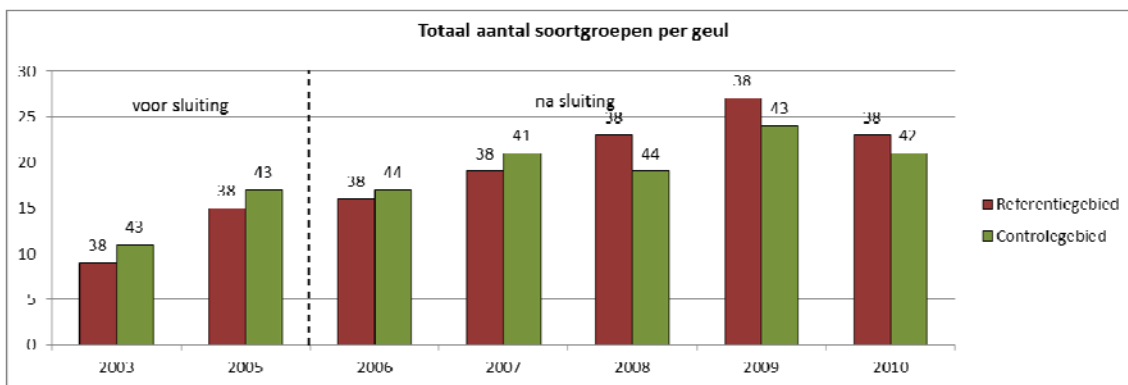
Op het oog lijkt er een verschil te ontwikkelen tussen de geulen in het Referentiegebied en de controlegeulen, de toename in soorten in de referentiegeulen lijkt iets groter te zijn (Figuur 10 en Figuur 11). De statistische analyse van het totaal aantal individuen in het Referentiegebied ten opzichte van het totaal aantal individuen in het controlegebied geeft echter geen significante verschillen (met een factor 2!) aan, noch voor de vergelijking van de laatste twee jaar ($p=0,57$) noch voor de vergelijking tussen voor en na sluiting ($p=0,08$). Dit betekent dat er in geen enkele geul twee keer zoveel individuen werden gevonden als in de andere geulen. Dit betekent echter niet dat er geen kleinere verschillen zijn tussen het Referentiegebied en het controlegebied. Omdat het aantal geulen per gebied de replica's vormen in de gebruikte t-test, zouden voor het kunnen aantonen van kleinere verschillen meer geulen per gebied onderzocht moeten worden.

Het enige significante verschil tussen de gebieden bleek te zitten in het aantal individuen in de soortgroep *Crangon* (garnalen) voor de periode na sluiting (2009/2010), maar deze kan geheel worden toegeschreven aan de verdeling van de aantallen en niet aan een daadwerkelijk verschil.



Figuur 11: Boxplots van de ¹⁰log-getransformeerde gemiddelde aantallen per monsterpunt over de jaren 2009/2010 (eerste 9 figuren) en de log-ratio (2006-2010)/2005 (onderste 3 figuren, links). Op de x-assen staan de geulen (1=Boschwad, 2=Schild, 3=Spruit, 4=Zuidoost-Lauwers).

Het aantal soortgroepen lijkt op het oog in het Referentiegebied (Boschwad en Schild) hoger te zijn dan in de controlegeulen Spruit en Zuidoost-Lauwers samen (Figuur 12), terwijl in de controlegeulen een groter gebied bemonsterd wordt en er ook in totaal meer monsters genomen worden (zie Figuur 5a en Figuur 5b). Hoe meer monsters er genomen worden en hoe groter het bemonsterde gebied, hoe hoger de kans dat er een extra soort gevonden wordt. Een mogelijk verschil tussen de gebieden in de ontwikkeling in het aantal soortgroepen kon binnen dit project echter niet statistisch geanalyseerd worden.



Figuur 12: Aantal soort(groep)en in de referentiegeulen Boschwad en Schild en de controlegeulen Spruit en Zuidoost-Lauwers. Boven de kolommen wordt het aantal monsters weergegeven dat in beide geulen gezamenlijk genomen is.

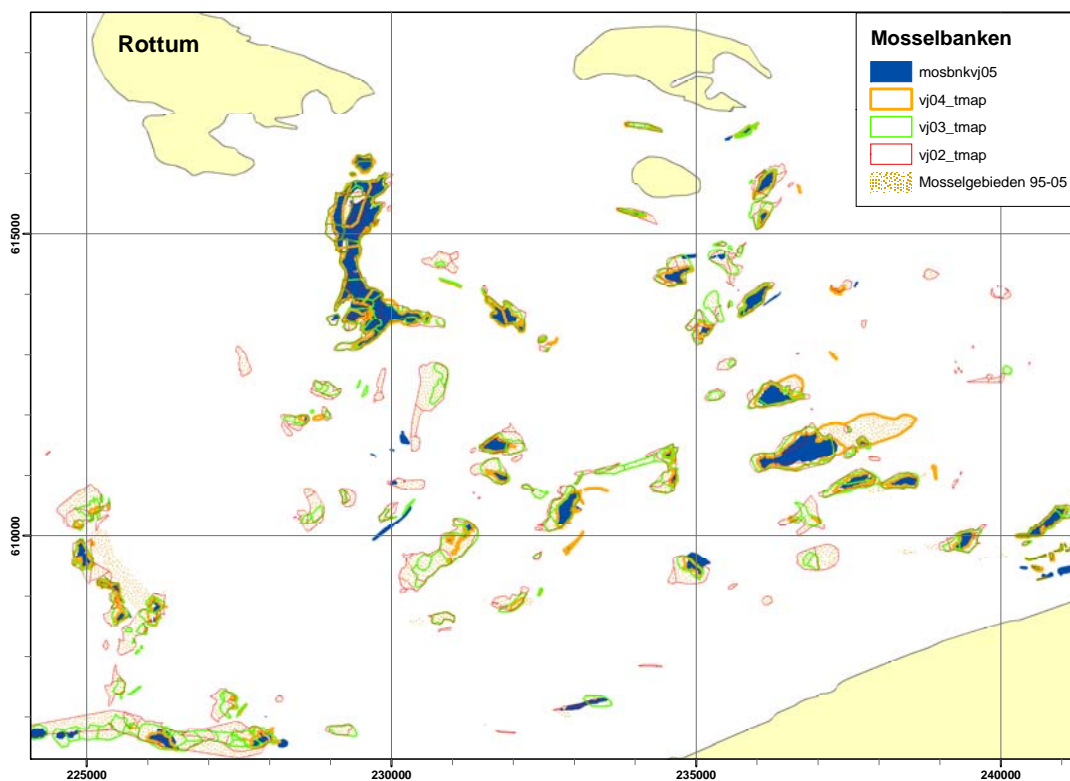
4.3 Mosselbanken

Mosselbanken kunnen zowel op de droogvallende platen (litorale mosselbanken) als in de geulen (sublitorale mosselbanken) voorkomen. Gezien het belang van mosselbanken als habitat voor de vestiging van andere soorten, worden deze hier apart behandeld.

4.3.1 Litorale mosselbanken

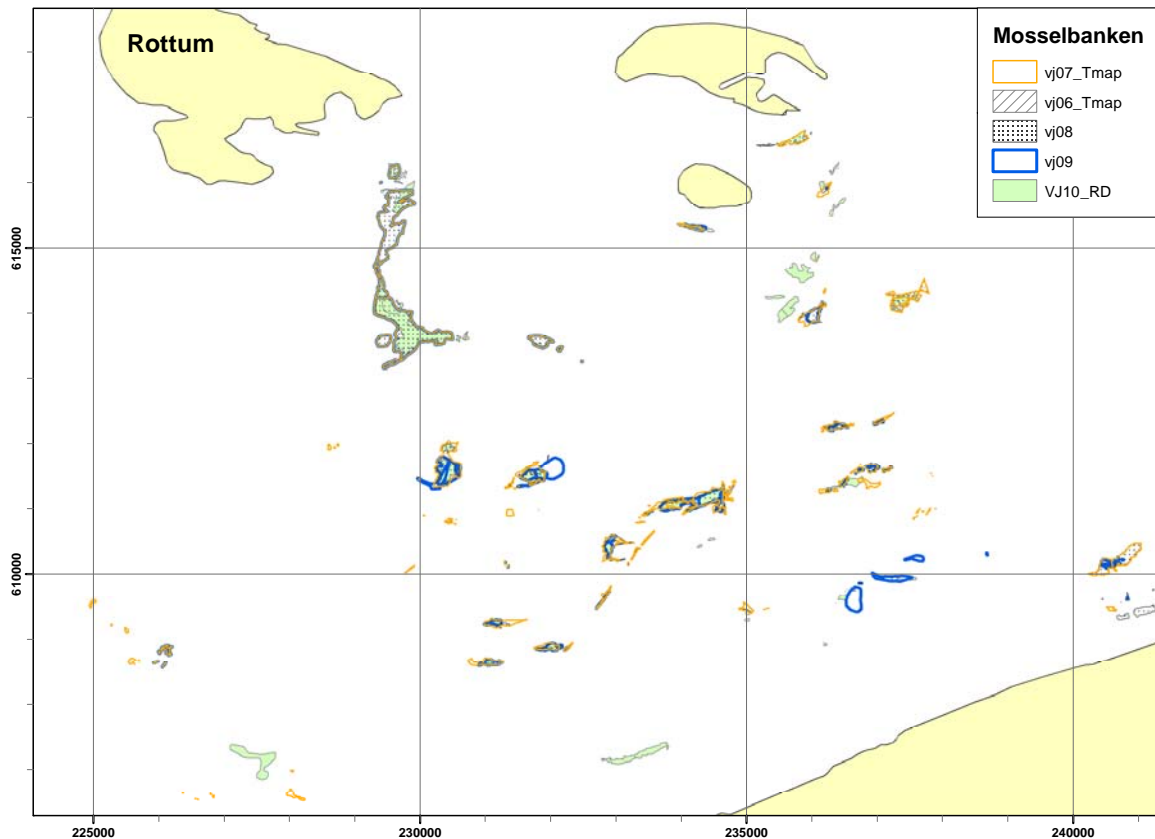
Locatie en totale biomassa

In Figuur 13 zijn de omtrekken van de mosselbanken binnen het Referentiegebied weergegeven voor de jaren 1995-2005 (mosselgebieden 95-05).



Figuur 13: Mosselbanken onder Rottum in de periode 1995 t/m 2005 (voor sluiting Referentiegebied).

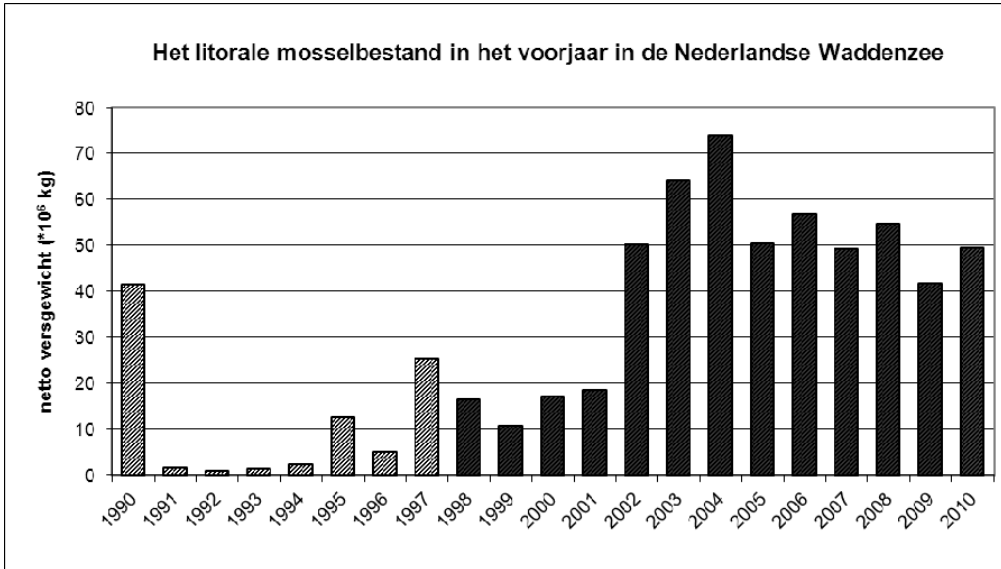
In Figuur 14 zijn de contouren voor 2006 t/m 2010 uit de jaarlijkse voorjaarsurvey van IMARES weergegeven. Niet alle contouren worden elk jaar ingelopen, van een aantal banken worden de contouren van voorgaande jaren aangehouden. Deze worden in het volgende meetjaar weer aangepast in een reconstructie.



Figuur 14: Mosselbanken onder Rottum in 2006 t/m 2010 (na sluiting Referentiegebied) (nog niet gereconstrueerd).

In 2010 lijkt de langzame afname die de laatste jaren optreedt in het totale mosseloppervlakte (ook al voor het sluiten van het Referentiegebied) verder door te zetten. Dit komt overeen met de algemene ontwikkeling in de Nederlandse Waddenzee tot 2010 (Figuur 15 en Figuur 16).

Van een aantal individuele mosselbanken binnen het Referentiegebied (710, 726, 734, 735 en 736) en één bank buiten het Referentiegebied (703) worden jaarlijks de oppervlakten en de bedekking nauwkeurig gemeten (Figuur 6). Doordat er ontwikkeling van Japanse oesters plaatsvindt op bijna alle van de in het onderzoek betrokken mosselbanken, moet mosselbank gelezen worden als mossel/oesterbank.

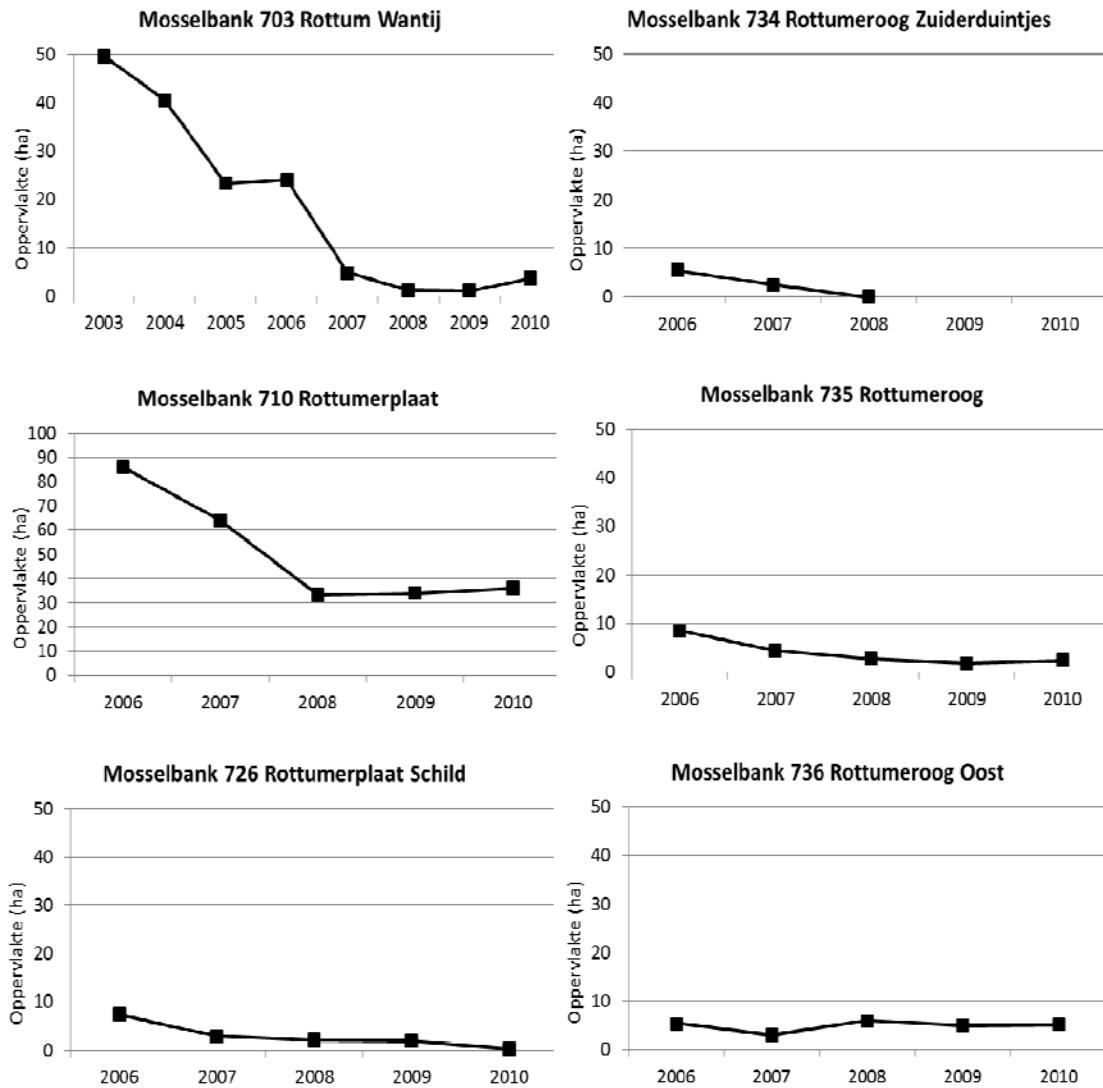


Figuur 15 (boven) en Figuur 16 (onder): Biomassa en oppervlakte van de mosselen op de mosselbanken in het droogvallende deel van de Nederlandse Waddenzee (Van Zweeden et al., 2010). Gearceerde deel is bepaald aan de hand van de kokkelsurvey.

Oppervlakte van de individuele litorale mosselbanken

Het verloop van de oppervlakten van de mosselbanken over de jaren is weergegeven in Figuur 17. Daarnaast is per mosselbank een kaart met contouren tot en met 2010 weergegeven (Figuur 18 t/m Figuur 20). Mosselbank 734 werd in 2010 niet bezocht, de beschrijving van de ontwikkeling van deze banken loopt tot het laatste jaar waarin ze ingemeten zijn.

Om de vergelijking tussen de verschillende jaren te vergemakkelijken, zijn er kaarten gemaakt waarbij het oppervlak van het laatste en voorgaande jaar volledig is ingekleurd. De contouren van enkele daaraan voorafgaande jaren in gekleurde lijnen worden weergegeven.



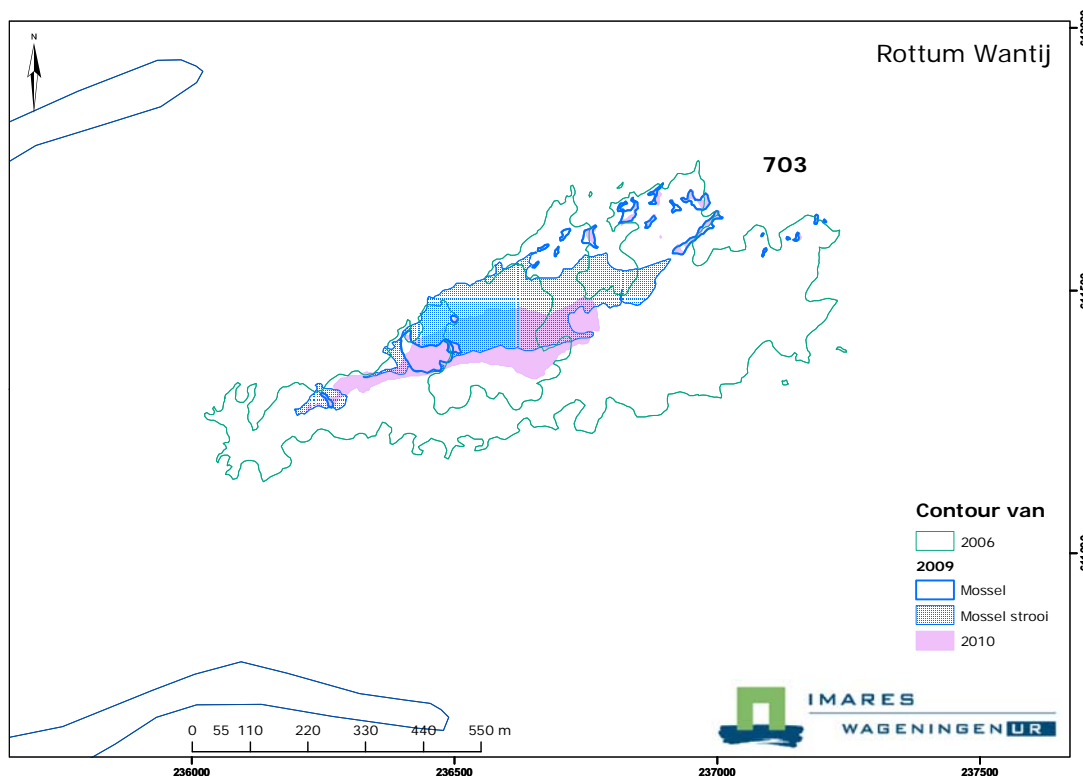
Figuur 17: Totale mosselbankoppervlakte in ha van 1997 tot 2010 (Mossel en Japanse oester)

Bank 703 Rottum Wantij

Deze mosselbank is ontstaan in 2001 en in 2003 voor het eerst bezocht. De contouren van de mosselbank in 2010 zijn weergegeven in Figuur 18; de totale oppervlakte is weergegeven in Figuur 17. De mosselbank bestond in 2009 alleen nog maar uit enkele bulten die waren overgebleven van de oorspronkelijke mosselbank. Tussen deze bulten lag een groot slibvlak met kokkels, kokkelschelpen, mosselschelpen, pokken en strooimosselen. In de zomer van 2009 is nieuw mosselbroed gevallen op deze schelpenresten. De mosselbank is hierdoor in oppervlakte toegenomen.

Bank 710 Rottumerplaat

De contouren van deze mosselbank in 2010 zijn weergegeven in Figuur 19; de totale oppervlakte is weergegeven in Figuur 17. Het betreft een mosselbank die in 2006 voor het eerst is bezocht. Het is niet duidelijk wanneer de mosselbank precies is ontstaan, maar volgens Steenbergen *et al.* (2003) lagen er in het voorjaar van 2003 al grote mosselen. Waarschijnlijk is de mosselbank ontstaan uit de broedval van 2001. Het slikkige noordelijke deel, dat in 2006 en 2007 nog aanwezig was, is in 2008 geheel verdwenen. Hierdoor halveerde toen de mosselbankoppervlakte. In 2010 lijkt de mosselbank nauwelijks veranderd in vergelijking met 2009. De oppervlakte van de bank stabiliseert zich nu al drie jaar rond de 30 hectare.



Figuur 18: Contouren van mosselbank 703 (Rottum Wantij) bepaald van 2003 t/m 2010.

Bank 726 Rottumerplaat Schild

De contouren van deze mosselbank in 2010 zijn weergegeven in Figuur 19; de totale oppervlakte is weergegeven in Figuur 17. Het betreft een mosselbank die in 2006 voor het eerst is bezocht. Het is niet duidelijk wanneer de mosselbank precies is ontstaan. De mosselbank neemt jaarlijks in oppervlakte af. De mosselbank lijkt flink te lijden onder stormen. Het hele oorspronkelijke mosselbankoppervlak ligt vol met dode schelpen van mossel, strandgaper, kokkel en oesters. Het overgebleven deel bestaat uit rechtopstaande oesters met oude mosselen.

Bank 734 Rottumeroog Zuiderduintjes

De totale oppervlakte van deze bank is weergegeven in Figuur 17. Het betreft een bank die in 2006 voor het eerst in verband met dit project is ingelopen. Het is niet duidelijk wanneer de bank precies is ontstaan. De bank ging jaarlijks verder achteruit tot er in 2008 niets meer van over was. In 2010 is de locatie niet opnieuw bezocht.

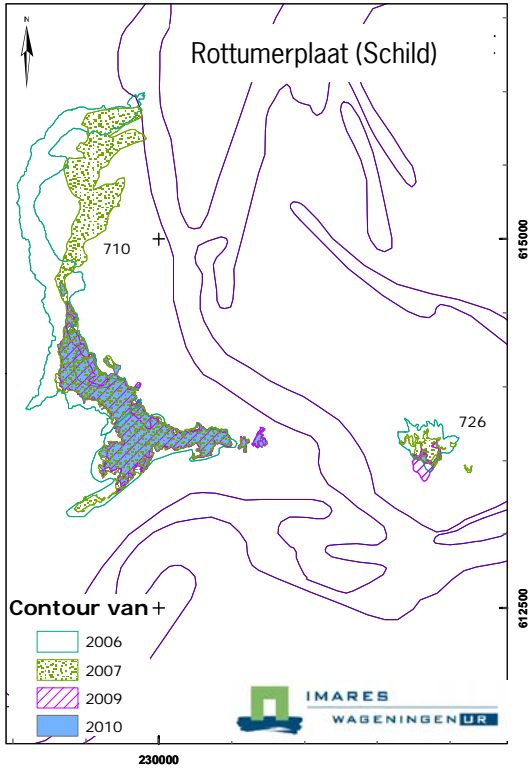
Bank 735 Rottumeroog

De contouren van deze mosselbank in 2010 zijn weergegeven in Figuur 20; de totale oppervlakte is weergegeven in Figuur 17. Het betreft een mosselbank die in 2006 voor het eerst is bezocht. Het is niet duidelijk wanneer de mosselbank precies is ontstaan. De oorspronkelijke mosselbank neemt sinds 2006 jaarlijks in oppervlakte af. Wel ziet de mosselbank er qua structuur goed uit. De mosselen op de mosselbank zijn groot met veel pokken. In 2010 ligt er veel zand op de mosselbulten, dit lijkt er opgestroomd te zijn. Op de oorspronkelijke mosselbank is nauwelijks nieuw mosselbroed terechtgekomen, wel zijn er twee nieuwe mosselbanken ontstaan uit mosselbroed van 2008, vlak naast de oorspronkelijke mosselbank, die in 2010 nog steeds aanwezig was. Deze zijn niet meegenomen in de oppervlakteberekeningen (Figuur 17).

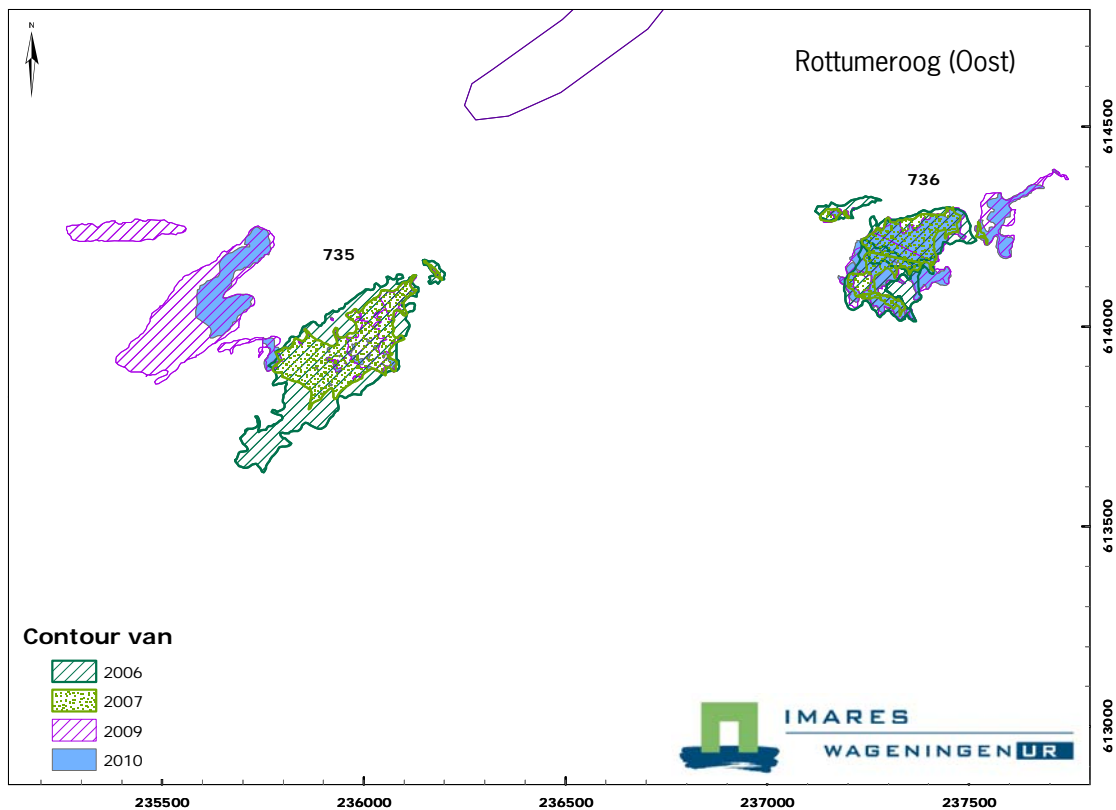
Bank 736 Rottumeroog Oost

De contouren van deze mosselbank in 2010 zijn weergegeven in Figuur 20; de totale oppervlakte is weergegeven in Figuur 17. Het betreft een mosselbank die in 2006 voor het eerst is bezocht. De

mosselbank lijkt ontstaan uit de broedval van 2005. De mosselbank ligt aan de zuidzijde in de luwte van een ouder oesterrif. Dit rif zorgt waarschijnlijk voor een sterke rand die afkalving aan de zuidzijde voorkomt. De mosselbank heeft grote hoogteverschillen met mosselbulten van ongeveer 1 meter hoog. De oppervlakte blijft al jaren stabiel rond de 5 hectare.



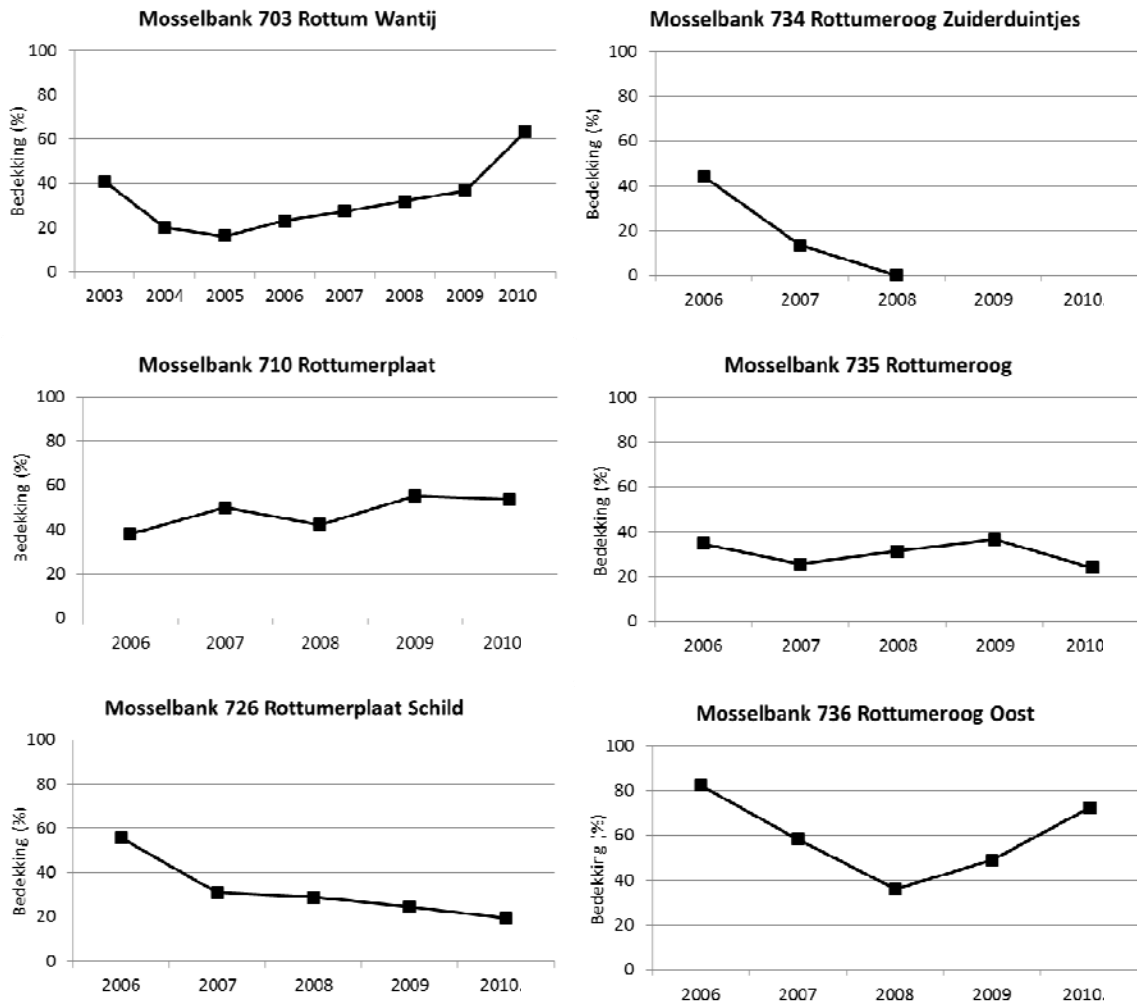
Figuur 19: Contouren van mosselbank 710 en 726 (Rottumerplaat) bepaald van 2006 t/m 2010.



Figuur 20: Contouren van mosselbanken 735 en 736 (Rottumeroog) bepaald van 2006 t/m 2010

Bedekkingspercentage

Het oppervlak binnen de mosselbank dat bedekt is met mosselen of oesters is in percentages weergegeven in Figuur 21. De bedekking per raai per mosselbank is weergegeven in Figuur 22 t/m Figuur 26. Mosselbank 734 werd in 2010 niet bezocht, de beschrijving van de ontwikkeling van deze banken loopt tot het laatste jaar waarin ze ingemeten zijn.



Figuur 21: Bedekkingspercentage van mosselbanken 1997 t/m 2010 (mossel en oester)

Bank 703 Rottum Wantij

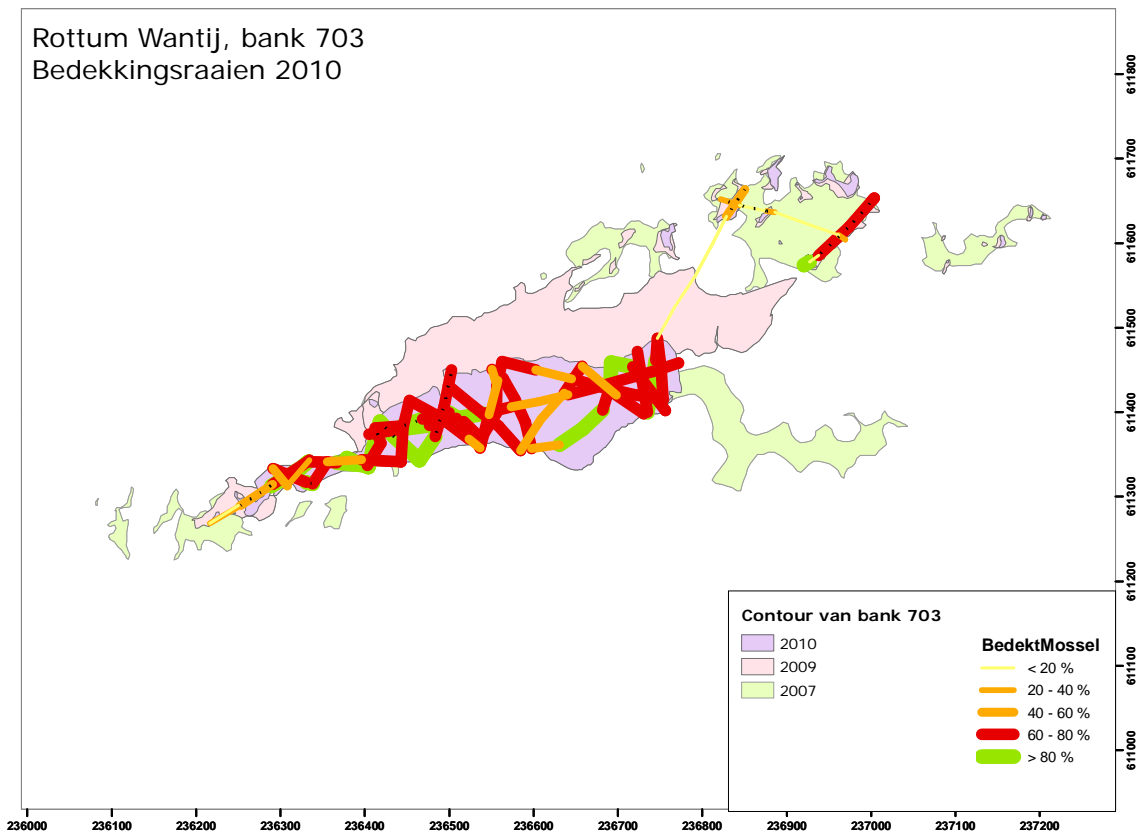
De bedekking op deze mosselbank in 2010 is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 22. Op een deel van de oude bank is nieuw broed gevallen. Daardoor is naast het oppervlak ook de bedekking van de mosselbank toegenomen.

Bank 710 Rottumerplaat

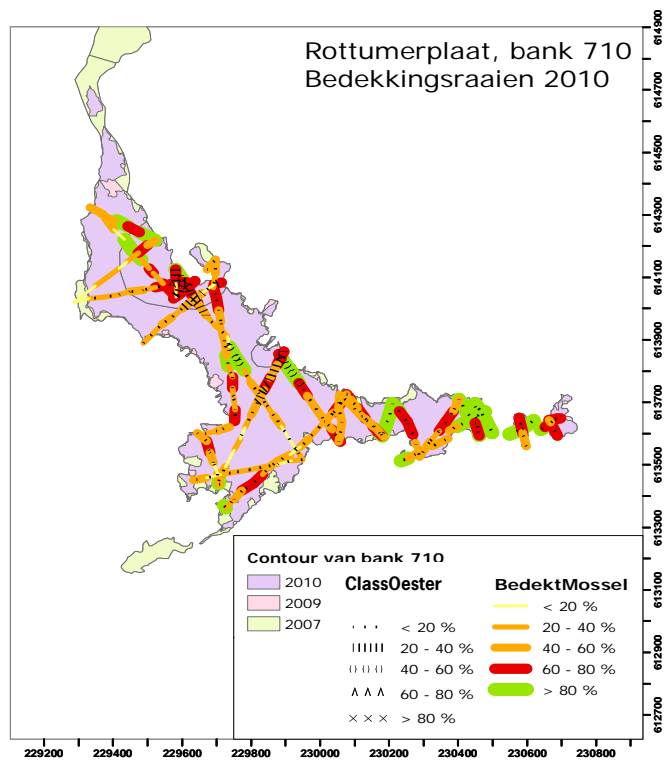
De bedekking op deze mosselbank in 2010 is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 23. Het zuidelijk deel schommelt qua bedekking al jaren rond de 50%. De mosselbank bevat op sommige plekken, net als in voorgaande jaren, ook veel oesters. Er lopen veel diepe geulen door de bank.

Bank 726 Rottumerplaat Schild

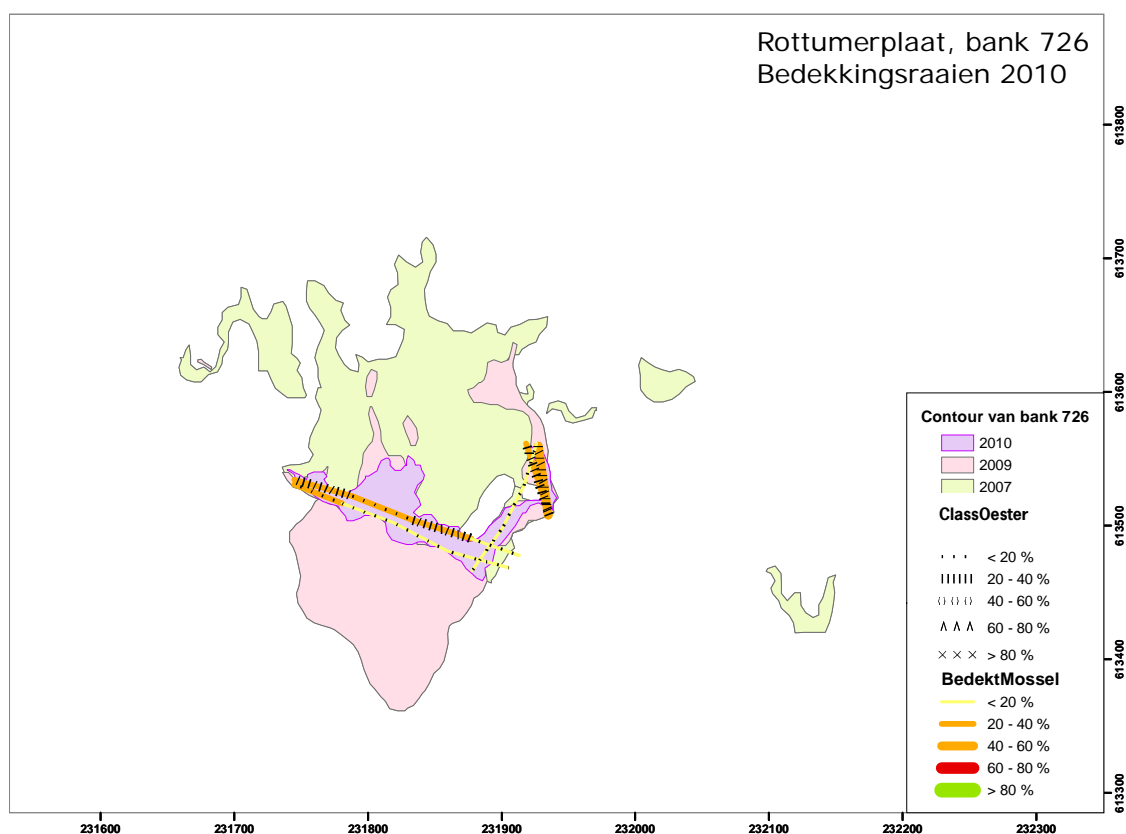
De bedekking op deze mosselbank in 2010 is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 24. De mosselbank neemt jaarlijks in bedekking af, waarschijnlijk door stormen. De delen met grote oesters lijken dichter bedekt te blijven.



Figuur 22: Bedekkingspercentages van de gelopen raaien op mosselbank 703 in 2010.



Figuur 23: Bedekkingspercentages van de gelopen raaien op mosselbank 710 in 2010. De oesters zijn apart gespecificeerd in percentages van de bedekte delen.



Figuur 24: Bedekkingspercentages van de gelopen raaien op mosselbank 726 in 2010. De oesters zijn apart gespecificeerd in percentages van de bedekte delen.

Bank 734 Rottumeroog Zuiderduintjes

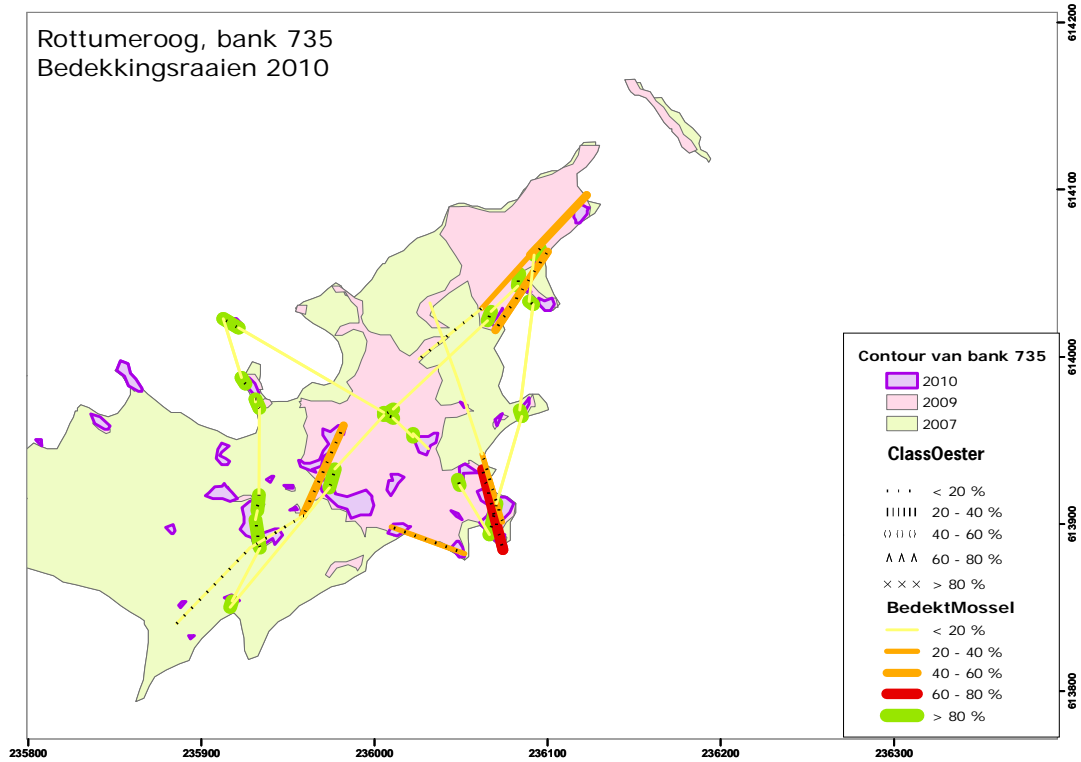
Het verloop van de bedekking op deze mosselbank is weergegeven in Figuur 21. De mosselbank is in 2006 voor het eerst bezocht en nam daarna jaarlijks in bedekking af. In 2008 was de mosselbank geheel verdwenen en in 2010 werd de bank niet meer bezocht.

Bank 735 Rottumeroog

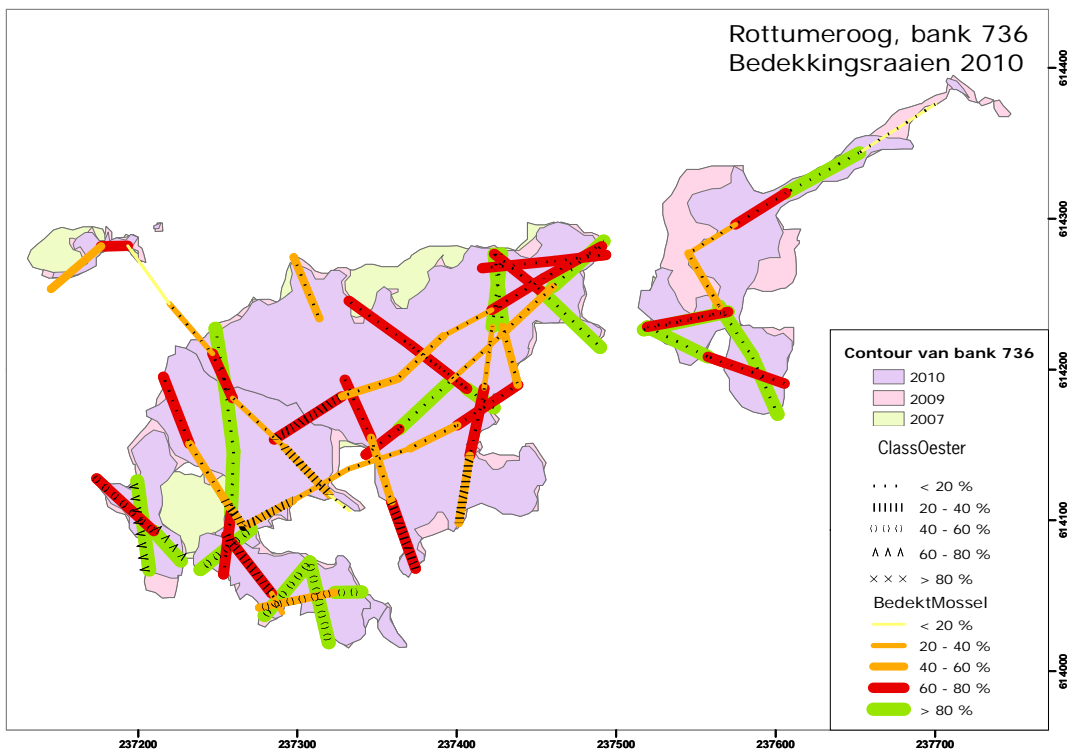
De bedekking op deze mosselbank in 2010 is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 25. De bedekking van deze mosselbank schommelt rond de 30%. Het lijkt of er in 2010 zand over de bank is gespoeld, er ligt veel zand op en tussen de mosselen.

Bank 736 Rottumeroog Oost

De bedekking op deze mosselbank in 2010 is weergegeven in Figuur 21 en Figuur 26. De gemiddelde bedekking op de mosselbank neemt de laatste jaren flink toe. Dit wordt waarschijnlijk nog veroorzaakt door de broedval uit 2007 en de toename van de oesterbedekking in het middelste deel van de mosselbank.



Figuur 25: Bedekkingspercentages van de gelopen raaien op mosselbank 735 in 2010. De oesters zijn apart gespecificeerd in percentages van de bedekte delen.

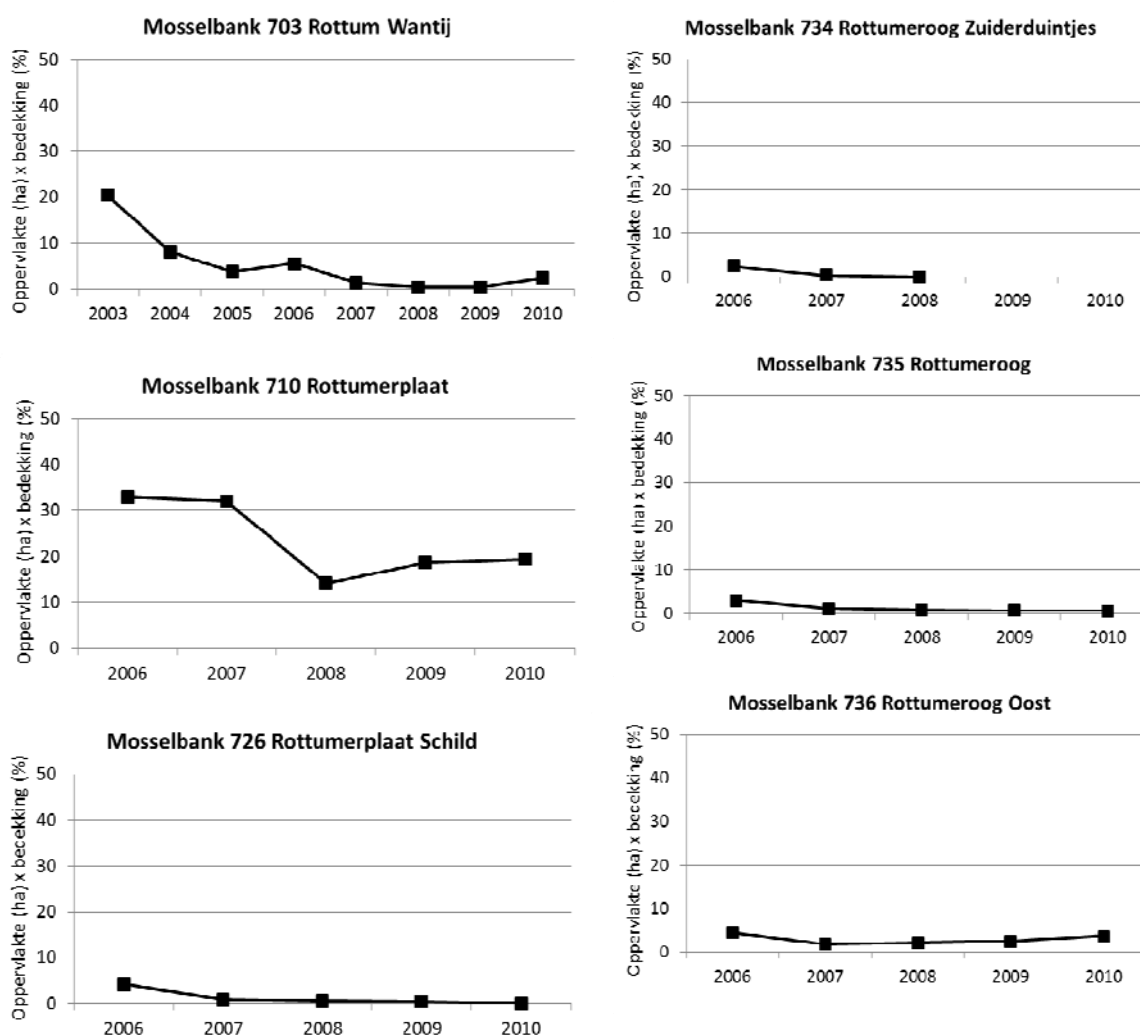


Figuur 26 Bedekkingspercentages van de gelopen raaien op mosselbank 736 in 2010. De oesters zijn apart gespecificeerd in percentages van de bedekte delen.

Algemene ontwikkeling individuele litorale mosselbanken

Ondanks de overeenkomsten in algemene ontwikkeling zijn er jaarlijks grote verschillen te zien in de ontwikkeling tussen individuele mosselbanken. Deze verschillen kunnen ontstaan door locatie (en dus blootstellingen aan storm of predatie) of door karakteristieken van de mosselbank (de mate waarin deze bestand is tegen stormen en predatie) en door het wel of niet voorkomen van nieuwe broedval op de mosselbank.

Doordat er in de winter van 2009/2010 weinig winterstormen waren en er geen zware ijsgang is geweest en er in 2009 wat nieuw mosselbroed is gevallen die de natuurlijke afname door predatie en stormen hebben gecompenseerd, zijn er geen grote veranderingen te zien in de individuele oppervlakte van de onderzochte mosselbanken. De mosselbedekking is bij de meeste banken iets toegenomen. Op een aantal mosselbanken is dit duidelijk het gevolg van mosselbroed uit 2009 (onder andere mosselbank 703), terwijl het bij andere mosselbanken het gevolg is van het verdwijnen van weggewaaiden dunner bedekte delen, waardoor de gemiddelde mosselbedekking van het restoppervlak toe is genomen.



Figuur 27: Daadwerkelijk met mosselen bedekte oppervlak (ha) per mosselbank (oppervlakte x bedekking).

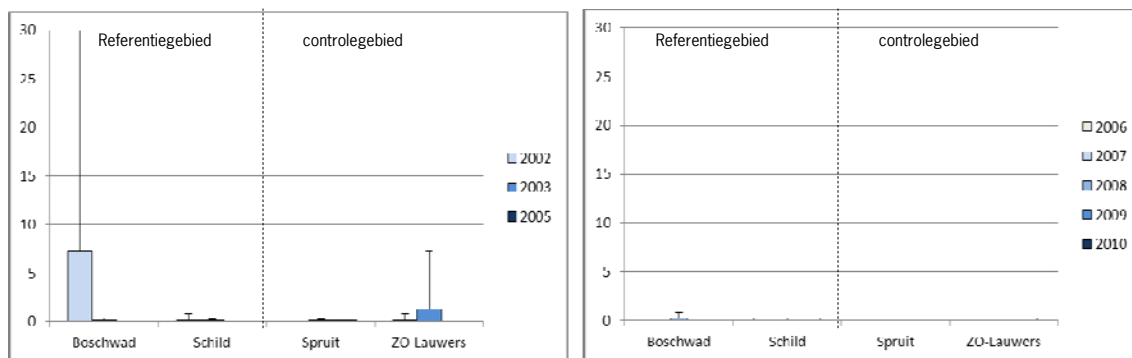
Ook het gemiddelde bedekkingspercentage lijkt in 2010 weer iets toegenomen in vergelijking met 2009. Van 2006 t/m 2009 heeft geen noemenswaardige broedval plaatsgevonden, maar toch heeft de broedval uit 2009 lokaal gezorgd voor een aanvulling van het aantal mosselen op een aantal mosselbanken. Een toenemend bedekkingspercentage is niet altijd een goed teken. Juist doordat vaak de dunst bedekte delen in de winter wegstormen, kan het gemiddelde bedekkingspercentage toenemen, terwijl de bank eigenlijk achteruitgaat. Daarnaast kunnen open plekken die eerst tot de mosselbank werden gerekend, veranderen in 'baaien' met een opening van meer dan 25 m, waardoor ze niet meer tot de mosselbank gerekend worden of kan een grote mosselbank met veel open plekken veranderen in een aantal kleinere 'deel' mosselbanken die elk afzonderlijk een hoger bedekkingspercentage kunnen hebben. Om te kunnen bekijken of een toename in bedekking ook daadwerkelijk een verbetering in de kwaliteit van de mosselbank betekent, wordt in Figuur 27 het werkelijk met mosselen bedekte oppervlak weergegeven (oppervlakte mosselbank x bedekking).

Het werkelijk bedekte oppervlak van mosselbank 726 en 735 is nog maar zeer klein, terwijl het bedekkingspercentage nog relatief hoog is. De kans is groot dat deze mosselbanken in de volgende winter (2010/2011) geheel verdwijnen, wanneer er in de zomer van 2010 geen nieuw mosselbroed op is gevallen om de natuurlijke afname aan te vullen. Alleen op mosselbank 703 en 710 lijkt het werkelijk bedekte oppervlak toegenomen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de toename in oesterbedekking (710) en door een lichte mosselbroedval in 2009 (703) op deze mosselbanken.

Er zijn al met al geen opvallende verschillen te zien in de ontwikkeling van de mosselbanken in het Referentiegebied (710, 726, 735 en 736) ten opzichte van de mosselbank buiten het Referentiegebied (703).

4.3.2 Sublitorale mosselbanken

Met de huidige opzet van het monitoringsproject kunnen geen complete sublitorale mosselbanken in kaart worden gebracht. Een indicatie van de aanwezigheid van deze banken biedt het bodemfaunamonsterprogramma in de geulen. Figuur 28 geeft het aantal mosselen per monsterlocatie in de geulen van het Referentiegebied en de geulen in het controlegebied.

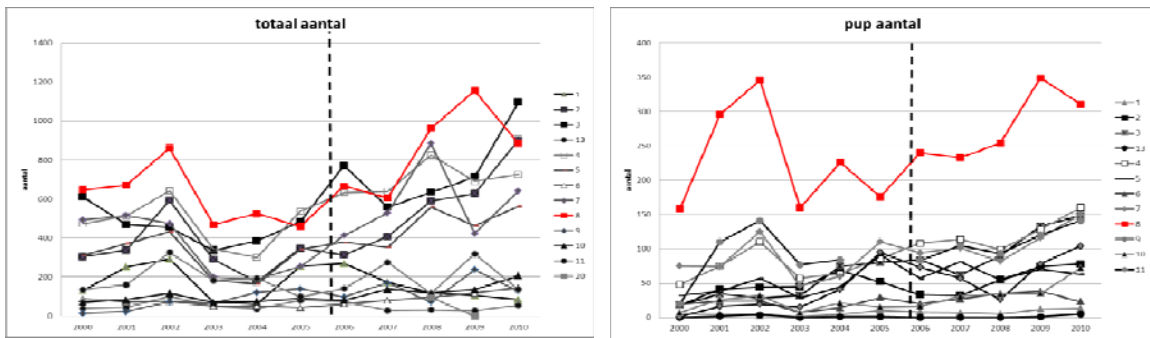


Figuur 28: Het aantal mosselen per monsterpunt in de geulen van het Referentiegebied (Schild en Boschwad) en de geulen van het controlegebied (Spruit en Zuidoost-Lauwers) in de periode voor sluiting (links) en na sluiting (rechts)

In de resultaten is te zien dat het bodemfaunamonsterprogramma niet geschikt is voor een vergelijking in aanwezigheid van mosselbanken tussen de gebieden. Wanneer de Van Veenhapper per toeval een sublitorale mosselbank treft, is het aandeel van de aanwezige mosselen in het monster zo hoog dat dat een enorm effect heeft op het gemiddelde. Wel is duidelijk dat in geen van de geulen een groot aandeel van mosselbanken op de bodem te vinden is, anders was er de laatste jaren waarschijnlijk wel een monster met veel mosselen aangetroffen.

4.4 Zeehonden

De maximale aantallen zeehonden en het aantal pups ligt in het Referentiegebied gemiddeld hoger dan in de andere deelgebieden (Figuur 29). Dit gebied lijkt, zowel voor als na sluiting van het referentiegebied, erg belangrijk te zijn voor de zeehonden, vooral voor het werpen van pups. Het maximum aantal getelde zeehonden en pups lijkt in de periode na sluiting in het Referentiegebied op het oog iets meer toe te nemen dan in de andere deelgebieden. Een statistische analyse zou hier uitsluitsel over moeten geven. Dit valt echter buiten de opdracht van deze rapportage.



Figuur 29: Maximale getelde aantallen zeehonden tijdens de verharingsjijd (augustus) en het maximum aantal getelde jongen (juni-juli) in de verschillende deelgebieden van de Nederlandse Waddenzee. Gebied 8 komt overeen met het Referentiegebied Rottum, de andere gebieden liggen daar buiten.

4.5 Vogels

In deze rapportage worden de resultaten beschreven die relevant zijn voor de ontwikkelingen in het Referentiegebied Rottum. Een uitgebreide beschrijving van alle analyses is te vinden in Liefthing *et al.* (2011), zie Bijlage C.

4.5.1 Broedvogels

Van 13 soorten broedvogels werden de trends vergeleken. Na Bonferroni-correctie werden geen significante verschillen in trends tussen Rottum en een of meer controlegebieden gevonden. Wel waren er soms verschillen tussen de oostelijke en de westelijke eilanden (Liefthing *et al.*, 2011; zie Bijlage C).

4.5.2 Wad- en watervogels

Van 31 soorten watervogels werden de trends vergeleken. Na Bonferroni-correctie waren er voor slechts 7 soorten significante verschillen in trends tussen Rottum en een of meer controlegebieden.

Opvallend is de sterke afname van het aantal zilvermeeuwen op Griend tijdens de watervogeltellingen. Echter, deze afname en het verschil in ontwikkeling is ingezet ver voor de instelling van het Referentiegebied. Dat kan niet gezegd worden voor de dwergstern. Bij deze soort valt de afname op Rottum van het aantal dat geteld wordt tijdens de watervogeltellingen precies samen met de instelling van het Referentiegebied. Het aantal dwergsterns dat geteld wordt tijdens de watervogeltellingen is waarschijnlijk een afspiegeling van het aantal broedparen. Ook dat neemt op Rottum de laatste jaren sterk af. Dit verdient nader onderzoek (Liefthing *et al.*, 2011; zie Bijlage C).

5 Discussie

Deze tussentijdse rapportage vijf jaar na sluiting is bedoeld om met behulp van (statistische) analyse te onderzoeken of het voor menselijke activiteit gesloten Referentiegebied zich anders ontwikkelt dan het omringende gebied. Het Referentiegebied onder Rottum is een erg dynamisch gebied. De ondiepe geulen vormen een dynamisch geulenpatroon, waarbij de ligging van de geulen continue verandert. Er is veel sedimentatie in het gebied (Lavaleije en Dankers, 1993). Dit bemoeilijkt de vestiging van voor bodemberoering gevoelige soorten. Aangezien het Referentiegebied pas vijf jaar geleden is ingesteld, ligt het nog niet in de lijn der verwachtingen dat er al opvallende verschillen waarneembaar zullen zijn tussen het Referentiegebied en het controlegebied.

5.1 Bodembedekking

Schelpengruisbanken bieden een belangrijke vestigingsplaats voor bodemfauna dat zich hecht aan hard substraat zoals zeeanemonen en hydroidpoliepen, daarnaast vestigen mosselbanken zich vaak op schelpengruisbodems. Bodemberoering kan invloed hebben op de aanwezigheid van dit substraat. De bodembedekking (hoeveelheid schelpengruis) blijkt zich niet significant anders te ontwikkelen in het Referentiegebied ten opzichte van het controlegebied. Opvallend genoeg blijkt de hoeveelheid schelpengruis in beide gebieden gezamenlijk wel significant af te nemen. Voorafgaande aan de instelling van het Referentiegebied is een bemonstering uitgevoerd in het Referentiegebied (Boschwad en Schild) en geulen die daarbuiten liggen (Spruit en Zuidoost-Lauwers) om de locatie van schelpengruisbanken te bepalen. De bemonsteringslocaties voor het onderzoek zijn daarna zo vastgesteld dat er ongeveer evenveel locaties met en zonder schelpengruis waren. Waarschijnlijk zijn de schelpengruisbanken door de dynamiek in het gebied inmiddels zodanig van locatie verschoven dat de vastliggende monsterpunten nu voor het merendeel de zandige bodem beslaan. Hierdoor wordt in alle geulen minder schelpengruis gemeten. Dit duidt ook direct de problematiek van de 'vaste' methodiek ten opzichte van de dynamiek van het gebied. Door verschuivingen in geulpatronen leggen de vastliggende monsterpunten toch steeds verschillende situaties vast. Om dit te omzeilen zou eigenlijk elk jaar een nieuwe stratificatie moeten worden gemaakt op basis van de dan geldende situatie. Hiervoor zou de locatie van de schelpenvoorkomens telkens opnieuw moeten worden vastgesteld op dezelfde manier als bij de start van het onderzoek. Hiervoor biedt het budget op dit moment echter geen ruimte.

5.2 Bodemfauna

De resultaten van de bodembemonstering in de geulen kenmerken zich door grote verschillen tussen de jaren en tussen monsterpunten in een geul. De basale jaarlijkse bemonstering heeft het karakter van 'vinger aan de pols'. Om (statistisch) betrouwbare verschillen aan te kunnen tonen tussen gebieden, zijn uitgebreide bemonsteringen een minimale vereiste.

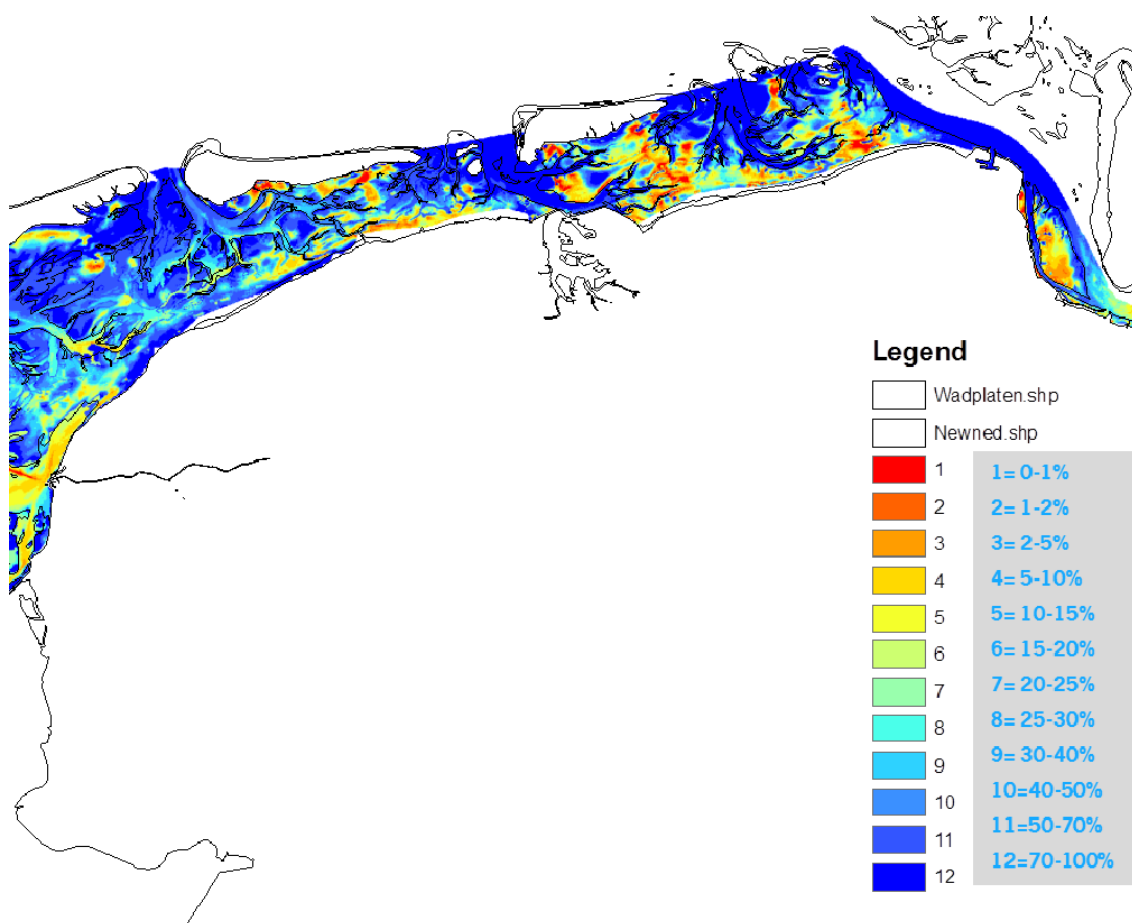
Er werden dan ook geen significante verschillen gevonden in het aantal individuen dat werd gevonden in het Referentiegebied ten opzichte van het controlegebied, maar de kracht van de test was in veel gevallen lager dan 40%. Door de gebruikte monitoringsopzet konden echter geen verschillen kleiner dan een factor 2 worden aangetoond. Er lijkt zich op het oog wel een trend te ontwikkelen in de ratio van het aantal individuen voor en na sluiting van het Referentiegebied ten opzichte van de ontwikkeling in het controlegebied en het aantal soortgroepen gevonden in het Referentiegebied ten opzichte van het controlegebied. Juist gezien deze ontwikkelingen is het belangrijk om tenminste eenmaal een uitgebreide bemonstering uit te kunnen voeren binnen dit monitoringsproject waarmee ook eventueel aanwezige kleinere verschillen tussen de gebieden statistisch kunnen worden aangetoond. Een voorstel voor uitbreiding van dit monsterprogramma wordt gedaan in Fey *et al.*

(2011). Ook hier geldt dat de vastliggende geografische posities van de monsterpunten geen rekening houden met de dynamiek van het systeem. De omgevingsfactoren die er voor zorgden dat bepaalde soorten op een bepaald vastliggend punt voorkomen, kunnen door de dynamiek makkelijk verschuiven waardoor ze in het vastliggende monsterschema niet meer worden waargenomen.

Met de huidige opzet kan pas echt een conclusie worden getrokken als de mogelijke verschillen tussen de gebieden enorm groot zijn (een factor 2!) of wanneer specifieke en gevoelige soorten wel in het ene en niet in het andere geulensysteem voorkomen. Het mogelijke herstel van deze soorten kan echter vele jaren duren en de kans dat deze zeldzame soorten met een zeer lage dichtheid met de huidige bemonsteringsopzet gevonden worden is uiterst klein.

5.3 Mosselbanken

De grote variatie in het aantal mosselen per monsterpunt geeft aan dat het huidige monsterprogramma niet speciaal geschikt is voor het in kaart brengen van mosselbanken in het sublitoraal. Mosselbanken zijn een lokaal verschijnsel en met een beperkt aantal monsterpunten is de kans dat een monsterpunt een mosselbank treft klein. Hiervoor zou een Multibeam of Side Scan Sonar gebruikt moeten worden waarmee de structuur van de gehele bodem in kaart kan worden gebracht. Een voorstel voor uitbreiding van dit monsterprogramma wordt gedaan in Fey *et al.* (2011).



Figuur 30: Mosselbankenkaart voor het litoraal en sublitoraal van de Nederlandse Waddenzee (Brinkman, in press). De rode gebieden geven de beste 1% aan. De blauwe gebieden zijn het minst geschikt voor mosselbanken.

De litorale mosselbanken in het Referentiegebied laten ook geen duidelijk andere ontwikkeling zien in oppervlakte en bedekking ten opzichte van het controlegebied. Dit ligt ook niet in de lijn der verwachtingen omdat met de sluiting van het gebied geen verandering optrad in het litoraal van het gebied (sinds 1993 heeft er op de droogvallende platen van de Waddenzee geen commerciële mosselzaadvisserij meer plaatsgevonden) en er wat dat betreft dus geen verschillen zijn tussen het referentiegebied en de controlegebieden. Het droogvallende wad onder Rottum is volgens de mosselkanskaart van Brinkman (*in press*) relatief geschikt voor de vestiging van mosselbanken (Figuur 30). Dit kan echter niet gezegd worden van de geulen. Door de grote dynamiek worden condities in de geulen in het Referentiegebied niet specifiek gunstig geacht voor de vestiging van mosselbanken.

5.4 Zeehonden

Door het hoge aantal getelde zeehonden en pups lijkt het Referentiegebied van groot belang voor de zeehondenpopulatie. Deze aantallen lijken na sluiting van het gebied ook iets sterker toe te nemen dan in de andere gebieden in de Nederlandse Waddenzee. In de eindrapportage zou ruimte gegeven moeten worden om deze aantallen statistisch te analyseren om te zien of de ontwikkeling in het Referentiegebied ook echt afwijkt van de andere gebieden of dat deze valt binnen de variatie tussen de gebieden en met welk kenmerk van het referentiegebied deze eventuele afwijking gerelateerd is.

5.5 Vogels

In de vogelgemeenschap als geheel worden geen opvallend afwijkende trends gesignaleerd tussen het Referentiegebied en de andere deelgebieden binnen de Waddenzee. Voor de meeste soorten worden geen significant verschillende trends gevonden tussen de twee gebieden. De gevonden positieve trends in het Referentiegebied ten opzichte van de andere deelgebieden kunnen een indicatie vormen om de voedselbeschikbaarheid in het Referentiegebied te verbeteren, maar dergelijke indirecte relaties moeten voorzichtig worden geïnterpreteerd. Voor veel soorten spelen uiteraard vele aspecten mee zoals relatieve rust in het gebied, nestgelegenheid en concurrentie met andere soorten. Een afname in voedselbeschikbaarheid van een soort kan een effect hebben op het broedsucces van een andere soort wanneer bijvoorbeeld overgegaan wordt op predatie van kuikens.

Opvallend is de afname van dwergstern in het Referentiegebied Rottum aangezien deze bedreigde soort wel een toename laat zien in andere delen van de Waddenzee en het habitat rondom Rottum in principe geschikt is voor deze soort. Het Referentiegebied is voor ecologische begrippen pas vrij recent ingesteld. Het ligt daarom niet in de lijn der verwachtingen dat nu al grote verschillen in trendontwikkeling waarneembaar zouden zijn (Liefting *et al.*, 2011; zie Bijlage C).

6 Conclusies

Vijf jaar na sluiting van het Referentiegebied is een eerste (statistische) analyse gedaan naar de ontwikkeling in het gebied ten opzichte van een controlegebied. Door de grote variatie tussen monsterpunten binnen een gebied en tussen de jaren en de basale opzet van het huidige monsterprogramma is het moeilijk om al conclusies te kunnen trekken. Daarnaast worden grote effecten zo kort na sluiting ook nog niet verwacht. Het mogelijke herstel van specifieke of gevoelige soorten kan vele jaren duren.

Hoewel er statistisch geen significante verschillen konden worden aangetoond, lijkt er in sommige gevallen langzamerhand een andere ontwikkeling op te treden in de bodemfauna in het Referentiegebied ten opzichte van de controlegebieden. Juist daardoor is het van groot belang dat er tenminste eenmaal een uitgebreid monsterprogramma mogelijk wordt gemaakt voordat dit project sluit. Alleen dan kunnen mogelijk kleinere verschillen daadwerkelijk statistisch worden aangetoond. Ook zou, gezien de dynamiek in het gebied, eigenlijk jaarlijks een heroriëntatie moeten worden uitgevoerd voor de locatie van de monsterpunten. Een voorstel om het huidige 'vinger aan de pols'-programma uit te breiden, wordt gedaan in Fey *et al.* (2011).

Literatuur

- Berghahn R. (1990) On the potential impact of shrimping on the trophic relationships in the Wadden Sea. In: M. Barnes & R.N. Gibson (ed.) Trophic relationships in the marine environment. Proceedings of the 24th European Marine Biology Symposium. Aberdeen University Press, Aberdeen: 130-140.
- Brinkman A.G., T.P. Bult N.M.J.A., Dankers, .A. Meijboom, D. den.,. Os, M.R. van Stralen & J. de Vlas (2003) Mosselbanken: kenmerken, oppervlaktebepaling en beoordeling van stabiliteit. Alterra Wageningen UR, Wageningen. (Alterra-rapport 707).
- Brinkman A.G. et al. (*in press*) An updated mussel bed habitat map for the Dutch Wadden sea. (*Tijdschrift nog onbekend*)
- Buhs F. & K. Reise (1997) Epibenthic fauna dredged from tidal channels in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein: spatial patterns and a long term decline. *Helgol Meeresunters* 51:343-359.
- Dankers N., A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, F. Fey, I. Tulp, G. Rink & M. de Vries (2006) Ecologische ontwikkelingen in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: rapportage over de situatie tussen 2002 en 2005, voorafgaand aan de sluiting. IMARES Rapport 06.010. IMARES Wageningen UR, Texel.
- Doeksen A. (2006) Ecological perspectives of the north Sea C. Crangon fishery. An inventory of its effects on the marine ecosystem. Natural Resources Management. Wageningen University, Wageningen.
- Essink, K. (2005) Bodemfauna en beleid: een overzicht van 35 jaar bodemfauna onderzoek en monitoring in Waddenzee en Noordzee. Rapport RIKZ = Report RIKZ, 2005.028. RIKZ: Haren. 154 pp.
- Fey F., N. Dankers, I. Tulp & J. van der Meer (2011) Onderzoeksplan: 'Tussenrapportage vijf jaar na sluiting Referentiegebied Rottum'. IMARES Rapport C060/11. IMARES Wageningen UR, Texel.
- Gillet R. (2008) Global study on shrimp fisheries. FOA Fisheries Technical Paper 475. FAO, Rome.
- Hornman M., F. Hustings, K. Koffijberg, E. van Winden & L. Soldaat., Sovon Ganzen- en Zwanenwerkgroep 2011. Watervogels in Nederland in 2008/2009. SOVON-monitoringsrapport 2011/03, Waterdienst-rapport BM 10.24. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.
- Ierland E.T. & H.W. van der Veer. (1982) Literatuuronderzoek naar de mogelijke gevolgen van zandwinning in de Waddenzee. Interne verslagen NIOZ 1982-5. Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee, Texel, 56 p.
- Lavaleije M.S.S. & N. Dankers (1993) Voorstudie naar de effecten van de garnalenvisserij op de bodemfauna, met advies over te sluiten gebieden en uit te voeren onderzoek. IBN rapport 001. 37 pgs. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Liefting M., C. Hallmann en B.J. Ens (2011) Trendontwikkeling van vogels in het Referentiegebied Rottum en andere deelgebieden in de Waddenzee. SOVON-onderzoeksrapport 2011/06.
- Lotze H.K. (2005) Radical changes in the Wadden Sea fauna and flora over the last millennium. *Helgol Mar Res* 59.
- Reijnders P.J.H., K. Abt, S.M.J.M., Brasseur, S. Tougaard, U. Siebert & E Vareschi (2003) Sense and sensibility in evaluating aerial counts of harbour seals in the Wadden Sea Wadden Sea Newsletter (1). - p. 9 – 12.
- Steenbergen J, Baars J.M.D.D., Stralen M.R. van, Kesteloo J, Bult T.P. (2003). Het mosselareaal en – bestand op de droogvallende platen in de Waddenzee in het voorjaar van 2003. RIVO-rapport C070/03. Nederlands Instituut voor Visserij-onderzoek (RIVO), IJmuiden.
- Tulp, I (2009) Onderzoeksagenda 'duurzame garnalenvisserij'. IMARES Rapport C102/09. IMARES Wageningen UR, Texel.

Van Kleunen A., K. Koffijberg, P. de Boer, J. Nienhuis, C.J. Camphuysen, H. Schekkerman, K. Oosterbeek, M. de Jong, B. Ens & C. Smit. 2010. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2007 en 2008. WOt-werkdocument 227/ SOVON-monitoringrapport 2010/04/ IMARES Rapport C169/10. WOT Natuur & Milieu, Wageningen UR, Wageningen/ SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen/ IMARES Wageningen UR, Texel

Van Zweeden C., K. Troost, D. van den Ende, M.R. van Stralen (2011) Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen in de Waddenzee in het voorjaar van 2011. IMARES rapport C154/11. IMARES Wageningen UR, Texel.

Wilber C.G. (1971) Turbidity. In O. Kinne (ed), *Marine ecology* 1 (2): 1181-1189.

Bijlage A Soortgroepen en Nederlandse namen

Namenrapport	Nederlandse naam	Soortgroep
Actiniaria	Anemonen	Anemonen
Amphipoda	Vlokreeftjes	Kreeften_Krabben
Cumacea	Zeekomma's	Kreeften_Krabben
Isopoda	Zeepissebedden	Kreeften_Krabben
Mysidacea	Aasgarnalen	Kreeften_Krabben
Natantia	Garnalen	Kreeften_Krabben
Paguridae	Heremietkreeften	Kreeften_Krabben
Portunidae	Zwemkrabben	Kreeften_Krabben
Abra	Dunschalen	Schelpdieren
Cerastoderma	Kokkels	Schelpdieren
Ensis	Zwaardscheden	Schelpdieren
Macoma	Nonnetjes	Schelpdieren
Mya	Gapers	Schelpdieren
Mytilus	Mossels	Schelpdieren
Scrobicularia	Platte slijkgaper	Schelpdieren
Tellina	Platschelpen	Schelpdieren
Gastropoda	Slakken	Slakken
Porifera	Zakpijpen	Sponzen
Echinoderma	Stekelhuidigen	Stekelhuidigen
Oligochaeta	Lagere wormen	Wormen
Arenicolidae	Wadpierachtigen	Wormen
Capitellidae	Draadwormen	Wormen
Cirratulida	Spaghettiwormen	Wormen
Magelonida		Wormen
Nereidoidae/Nephtyidae	Zandzagers	Wormen
Nereidoidae/Nereidinae	Zeeduizendpoten	Wormen
Nereidoidea/Syllidae	Zagertjes	Wormen
Orbiniida	Wapenwormen	Wormen
Phyllodoctidae	Zeerupsen	Wormen
Sabellariida	Rifkokerwormen	Wormen
Spionida		Wormen
Terebellida	Kokerwormen	Wormen

Bijlage B Statistische analyse bodemfauna-gegevens

A power analysis of the Rottum fishery impact study

Jaap van der Meer

April 29, 2011

Abstract

A statistical power analysis was performed of the Rottum study on the impact of fisheries on the benthic fauna. No significant effects of the closure for fisheries could be detected, but the power to detect a doubling in abundance was in most cases lower than 40%.

1 Introduction

In November 2005 the Dutch government closed the areas Schild and Boschwad for all shrimp and shellfish fisheries. In order to study the effects of such closure on the macrozoobenthic community, benthic surveys were performed both in the closed areas as well as in two reference areas, Zuidoost Lauwers and Spruit. In each area around 12-24 grabs were taken once a year. The surveys started in 2002, that is several years before the closure, and were performed annually (except for 2004) until 2010, five years after the closure. The study might be characterized as a so-called Before-After Control-Impact (BACI) study [3]. All four areas are situated near the Wadden island of Rottum. See for further information on the areas and details on the sampling program [2].

To study whether the macrofauna has been effected by the closure, several approaches were followed. One-way Analyses of Variance (ANOVA), with area as factor and grab as replicate, were performed on the total abundance and on the abundance per species, both averaged over the years 2009 and 2010, in order to test whether the fauna differs among the four areas several years after the closure. To see whether changes in abundance differ among areas, similar ANOVAs were performed, but now with the ratio between the

abundance before and after closure as the response variable. In fact, all these ANOVAs test for differences between areas and not for the effect of the closure itself. Strictly speaking, it is not the treatment *area*, but the treatment *closure*, with the two levels *yes* or *no*, that should be tested, and areas should play the role of replicates. The appropriate t-test, with only two replicates per level, was performed on both the 2009-2010 abundance as well as on the before-after ratio in abundance. In the literature more complicated tests have been proposed for the analysis of similar data [4], but since they all suffer from the dependency among years, distrust is warranted. Yet, in the light of the very few replicates, one might question whether the power of the tests used here is sufficient for a non-significant result to be informative [1]. This short note gives the results of the statistical tests, but focuses on the accompanying power analyses.

2 Material and methods

The surveys started in 2002, when a limited number of grabs were taken in only three areas. From 2003 onwards, though not in 2004, around 13-24 Van Veen grabs were taken in each of the two closed areas, and around 17-24 grabs in each of the reference areas. In total 561 grabs have been sampled, but at three occasions a duplicate was taken, which was left out in the present analysis (Table 1). A total of 39 different taxa were distinguished. Some groups were identified to the species level, but many genera, families, orders and even classes were not split up. A list of all taxa is provided in Table 2. In the first two years only the large and conspicuous specimens were selected and identified, and only in the last two years all specimens were identified. Hence, taxa were split up in two categories. The selected taxa were reliably counted since 2005, and the non-selected taxa were only reliably counted from 2009 onwards (Table 2, Figs. 1 and 2). For this reason, two types of response variables were chosen, average abundance over 2009 and 2010 for all groups, and the ratio between the average abundance from 2006-2010 divided by the abundance in 2005 for the selected taxa only. Many taxa were quite rare, resulting in very few non-zero observations. Statistical analyses were only performed for those taxa that showed a reasonable number of non-zero observations, i.e. more than 15 percent (Table 2), resulting in 12 different response variables.

Statistical tests and power analyses were performed with the package R, using the functions *lm*, *power.anova.test*, and *power.t.test*.

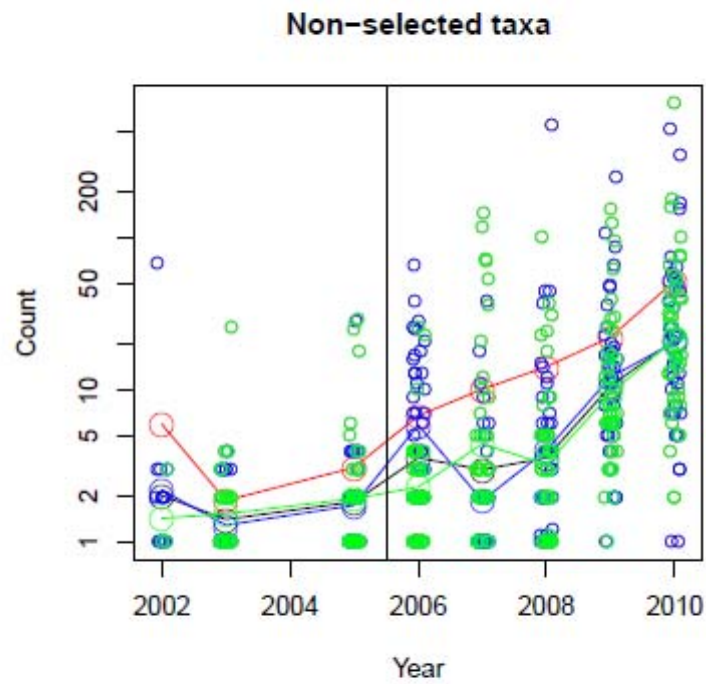


Figure 1: Time trend of the counts per grab for those taxa that were not reliably counted before 2009. Red line gives the annual arithmetic means. The other lines presents geometric means. Black line refers to overall annual means, green means for the first two areas and blue for the other two areas. Note the logarithmic scale.

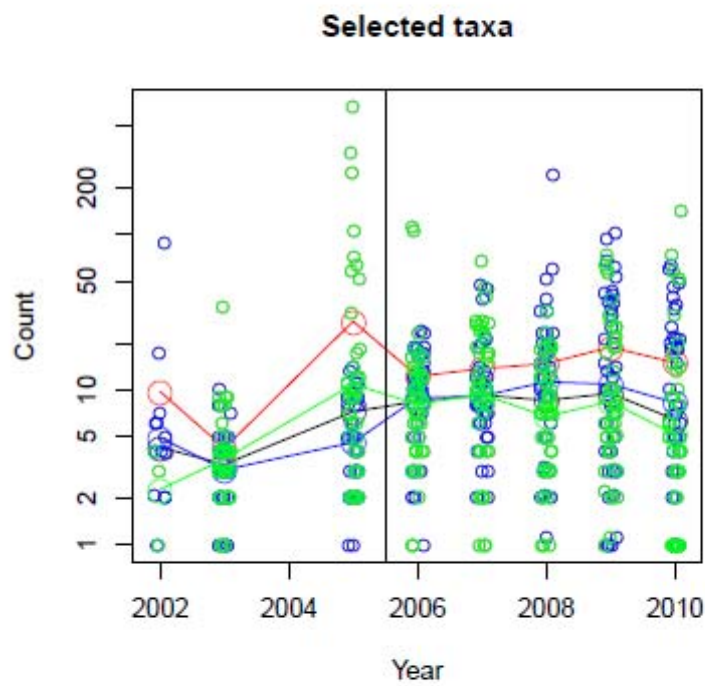


Figure 2: As Fig. 1, but for those taxa that were reliably counted since 2005.

Table 1: The number of Van Veen grabs per year and per area. Fisheries was forbidden in the first two areas (Boschwad and Schild) since 2006. The other two areas (Zuidoost Lauwers and Spruit) remained open for fisheries.

Year	Area 1 Boschwad	Area 2 Schild	Area 3 ZO Lauwers	Area 4 Spruit	Sum
2002	4	9	0	3	16
2003	13	21	18	17	69
2005	14	21	17	22	74
2006	14	24	21	22	81
2007	12	22	18	23	75
2008	14	24	20	24	82
2009	14	24	21	22	81
2010	14	24	21	21	80
Sum	99	169	136	154	558

3 Results and discussion

Areas differed significantly for three of the twelve response variables that were examined (Table 3). For the Capitellidae, the significant result was due to the relatively low numbers in 2009-2010 in the Spruit area, whereas the closed areas hardly differed from the open area Zuidoost Lauwers (Fig. 3). For *Scoloplos armiger* the closed areas showed a higher After/Before ratio than the two open areas, but the t-test resulted in a non-significant result for the effect of the closure treatment. This cosmopolitan deposit-feeding polychaete is generally considered to be a generalist species, and a causal relationship exists between the observed differences in this study and fishing activities is not to be expected. The abundance of the Magelonidae and *Nephtys* was lower in only one or in both closed areas, but here too the t-test resulted in a non-significant result. Significant results for the effect of the closure treatment were not obtained for any other species either, with one exception. The only significant result of the t-tests concerned *Crangon*, but this result is entirely due to an unreliably low estimate of the within-treatment mean square related to the extremely skewed distribution. This result should be disregarded.

The required number of grabs per area to get a power of 90% for an effect size of a factor 2 for the one-way ANOVA varied between 7 and 71, with a median of 31. The actual number taken, which equalled 16 for the Before-After comparison and 20 for the 2009-2010 average, was somewhat lower. For a lower effect size, a even larger number will be required. For example, for an effect size of a factor 1.25, the required number varies between 52 and 632.

Table 2: Taxon, selection category, where 1 refers to the non-selected and 2 to the selected group, and the percentage of all grabs with at least one individual.

Taxon	Category	Percentage non-zeros
<i>Abra alba</i>	2	1
<i>Abra tenuis</i>	2	0
Actiniaria	1	3
Amphipoda	1	25
Anthozoa	1	3
Spionide	1	44
Arenicola	2	3
<i>Asterias rubens</i>	2	0
<i>Autolytus</i>	1	3
Capitellidae	1	22
<i>Carcinus maenas</i>	2	14
<i>Cerastoderma edule</i>	2	13
Crangon	1	24
<i>Crepidula fornicata</i>	2	1
Ensis	2	9
Eteone	1	18
Isopoda	1	3
Gammarus	2	1
Mysidae	2	3
Harmothoe	1	2
<i>Hydrobia ulvae</i>	2	2
<i>Lanice conchilega</i>	2	3
<i>Macoma balthica</i>	2	15
Magelonidae	1	20
Marenzelleria	1	4
<i>Mya arenaria</i>	2	1
<i>Mytilus edulis</i>	2	4
Nephtys	2	72
Nereis	2	6
<i>Nereis virens</i>	2	0
Ophiura	2	0
Pagurus	2	1
Phyllodoce	1	1
Porifera	2	1
Portunidae	2	0
<i>Scoloplos armiger</i>	2	36
Scrobicularia	2	0
Tellina	2	2
Urothoe	1	4

Table 3: P-values for the one-way ANOVA (P_1), testing the effect of the treatment *area*, and the t-test (P_2), testing the effect of the treatment *closure*; required number of grabs per area to obtain a power of 0.9 in the ANOVA; and the power of the t-test if two areas per treatment were surveyed. Effect size equals 0.3 on the log scale, which is equivalent to a factor 2 on the ordinary scale. Upper part refers to the 2009-2010 averages, where on average 26 grabs per area could be used; lower part to the After-Before ratio, where 21 grabs were used.

Species	P_1	P_2	n_{req}	Power
All species	0.11	0.57	29.00	0.22
Amphipoda	0.04	0.50	55.36	0.12
Spionide	0.08	0.41	43.22	0.18
Capitellidae	0.02	0.72	48.58	0.10
Crangon	0.96	0.04	6.76	1.00
Eteone	0.64	0.34	18.82	0.84
Magelonidae	0.00	0.08	32.06	0.31
Nephtys	0.00	0.53	24.97	0.12
Scoloplos	0.20	0.12	71.11	0.36
All species	0.32	0.08	12.74	0.95
Nephtys	0.10	0.47	19.62	0.22
Scoloplos	0.05	0.07	42.71	0.42

The power of the t-test was in three out of the twelve cases higher than 80%, implying that the non-significant results point to a true absence of an effect of the closure in the order of a doubling or halving in abundance. Of course, the probability to detect smaller effects, if present, will have been smaller (Fig. 4). However, the t-test estimate of the between-area variance (MS_2 in Table 4) was in all these three cases much smaller than expected from the ANOVA estimate of the within-area variance (MS_1 in Table 4). The ratio between the two should not be larger than the actual number of grabs taken within each area, since the within-area variance divided by the number of grabs must contribute to the between-area variance. One should realize that the between-area variance estimates are only based on two degrees of freedom and could easily be rather imprecise. This will of course have affected the power calculations, which should therefore be interpreted with caution.

References

- [1] Cohen, J (1992). A power primer. Psychological Bulletin 112: 155159

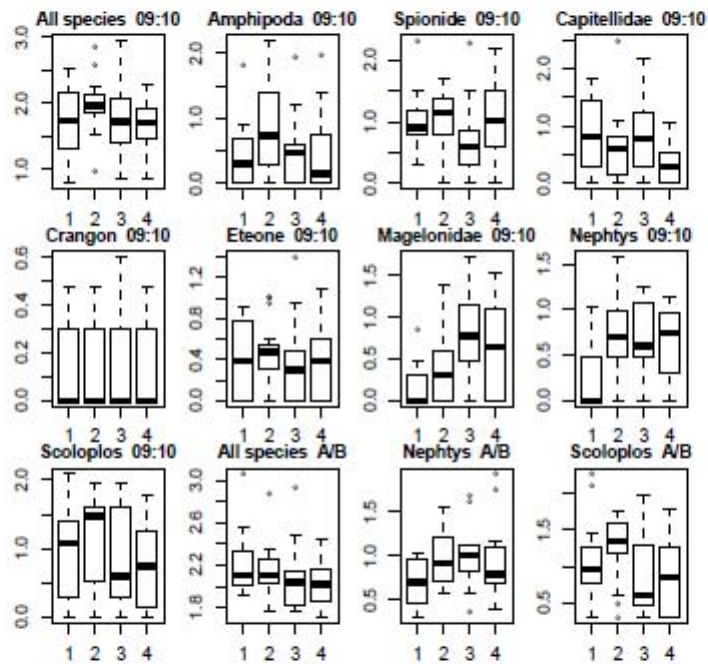


Figure 3: Boxplots of the $^{10}\log$ -transformed average counts plus one per grab over the years 2009 and 2010 versus area (upper nine panels), and log-ratio of the average count over the years 2006 to 2010 divided by the 2005 count (lower-right three panels). The taxon *Scoloplos* actually means *Scoloplos armiger*.

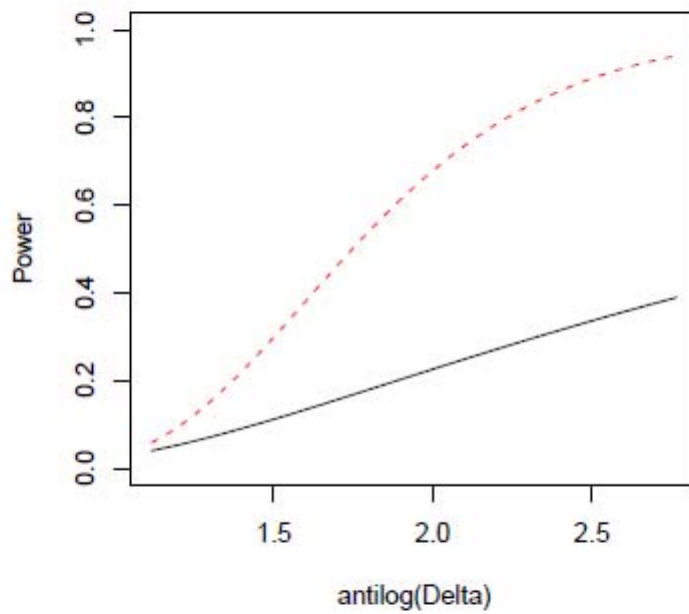


Figure 4: Power curve 2009-2010 average abundance of all species, where the power is related to the effect size, expressed as the factor by which the abundance differs between the treatment *closure* and the treatment *open*; t-test with two (black solid line) or four (red dashed line) areas per treatment.

Table 4: Error Mean Square of the one-way ANOVA (MS_1), of the t-test (MS_2), and the ratio between both.

	MS_1	MS_2	Ratio
All species	0.178	0.0215	8
Amphipoda	0.345	0.0528	7
Spionide	0.268	0.0291	9
Capitellidae	0.302	0.0761	4
Crangon	0.036	0.0000	1579
Eteone	0.113	0.0025	45
Magelonidae	0.197	0.0135	15
Nephtys	0.152	0.0553	3
Scoloplos	0.445	0.0111	40
All species	0.074	0.0015	49
Nephtys	0.118	0.0218	5
Scoloplos	0.265	0.0088	30

- [2] Frouke Fey, Norbert Dankers, André Meijboom, Piet Wim van Leeuwen, Hans Verdaat, Martin de Jong, Elze Dijkman, and Jenny Cremer (2010) *Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: Tussenrapportage vier jaar na sluiting (najaar 2009)*. IMARES rapport, Wageningen
- [3] Stewart-Oaten, A, Murdoch, WM, and Parker, KR (1994) Environmental impact assessment: 'pseudo-replication' in time? *Ecology* 67:929-940
- [4] Underwood, AJ (1994) On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications* 4:3-15

Bijlage C Statistische analyse vogelgegevens

Trendontwikkeling van vogels in het Referentiegebied Rottum en andere deelgebieden in de Waddenzee

Maartje Liefting, Caspar Hallmann en Bruno J. Ens

SOVON-onderzoeksrapport 2011/06
Dit rapport is samengesteld
in opdracht van IMARES



Colofon

© SOVON Vogelonderzoek Nederland 2011

Dit rapport is samengesteld in opdracht van IMARES

Wijze van citeren. Liefing M., Hallmann C. en Ens B.J., 2011. Trendontwikkeling van vogels in het Referentiegebied Rottum en andere deelgebieden in de Waddenzee. SOVON-onderzoeksrapport 2011/06. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen

Inhoud

Samenvatting

Dankwoord

1. Inleiding

2. Methodiek & basisinformatie

- 2.1. SOVON tellingen
- 2.2. Selectie soorten
- 2.3. Selectie controlegebieden
- 2.6. Trendberekening en Statistische analyse

3. Resultaten

- 3.1. Wad- en watervogels
- 3.2. Broedvogels

4. Conclusies en discussie

- 4.1. Wad- en watervogels
- 4.2. Broedvogels
- 4.3. Conclusie en algemene punten ter discussie

5. Referenties

Bijlagen

Bijlage I: Selectie soorten

Samenvatting

In deze rapportage worden de ontwikkelingen in de aantallen broedvogels en de aantallen wad- en watervogels door de tijd beschreven van het Referentiegebied Rottum (Rottumeroog, Rottumerplaat en Zuiderduintjes) en van “vergelijkbare” controle gebieden in de Waddenzee, met name de westelijke eilanden (Texel, Vlieland, Griend, Richel en Terschelling) en de oostelijke eilanden en platen (Ameland, Engelsmanplaat, Schiermonnikoog en Simonszand).

Van 13 soorten broedvogels werden de trends vergeleken. Na Bonferroni correctie werden geen significante verschillen in trends tussen Rottum en een of meer Referentiegebieden gevonden. Wel waren er soms verschillen tussen de oostelijke en de westelijke eilanden.

Van 31 soorten watervogels werden de trends vergeleken. Na Bonferroni correctie waren er voor slechts 7 soorten significante verschillen in trends tussen Rottum en een of meer Referentiegebieden.

Opvallend is de sterke afname van het aantal Zilvermeeuwen op Griend tijdens de watervogeltellingen. Echter, deze afname en het verschil in ontwikkeling is ingezet ver voor de instelling van het Referentiegebied. Dat kan niet gezegd worden voor de Dwergstern. Bij deze soort valt de afname op Rottum van het aantal dat geteld wordt tijdens de watervogeltellingen precies samen met de instelling van het Referentiegebied. Het aantal Dwergsterns dat geteld wordt tijdens de watervogeltellingen is waarschijnlijk een afspiegeling van het aantal broedparen. Ook dat neemt op Rottum de laatste jaren sterk af. Dit verdient nader onderzoek.

De huidige aantalsmonitoring is een vrij grof instrument om verschillen in ontwikkeling wat betreft de vogelbevolking van het Referentiegebied met andere delen van de Waddenzee vast te stellen:

1. De huidige vliegtuigtellingen in januari voldoen niet om een goed beeld te krijgen van de vogelsoorten die de geulen bevolken. Eidereenden zouden vaker geteld moeten worden en verspreid voorkomende soorten als Futen en Middelste Zaagbekken kunnen beter vanaf een boot geteld worden.
2. Om de kwaliteit van het voedselgebied voor broedende soorten vast te stellen zijn metingen aan het broedsucces nodig. Sinds kort is de parameter broedsucces toegevoegd aan de lijst met parameters die moeten worden gemonitord in het kader van het trilaterale monitoringsprogramma TMAP.

Dankwoord

Een woord van dank gaat uit naar de waarnemers in het veld zonder wie rapporten als deze niet tot stand zouden kunnen komen. De tellingen van watervogels en broedvogels op de eilanden en platen zijn uitgevoerd door vele actieve vrijwilligers en door Staatsbosbeheer, It Fryske Gea en Natuurmonumenten. Binnen het Referentiegebied Rottum worden tellingen verzorgd door Staatsbosbeheer regio Noord. De boottellingen worden georganiseerd door het ministerie van EL&I.

Erik van Winden maakte de gegevens van de SOVON monitoring van wad- en watervogels gereed voor analyse. Dirk Zoetebier zorgde voor het gereedkomen van de gegevens over de broedvogels.

1. Inleiding

De Nederlandse overheid heeft ten zuiden van de eilanden Rottumeroog en Rottumerplaat een gebied ingesteld waarbinnen geen exploitatie en verstorende activiteiten mogen plaatsvinden. In dit zogenaamde Referentiegebied, wat we verder zullen aanduiden als Rottum, is schelpdiervisserij al 10 jaar verboden, vindt geen visserij met wekkerkettingen plaats en is recreatie sterk gereguleerd. Tevens is per november 2005 de garnalenvisserij verboden in het geulenstelsel (ca. 500 ha) met als hoofdgeulen het Boschwad en 't Schild. Het gebied beslaat een deel van het wad onder Rottumerplaat en Rottumeroog met de daarin liggende geulen en zeegaten (zie Fey *et al.* 2007 voor een uitgebreide toelichting op de begrenzing van het Referentiegebied).

Binnen dit Referentiegebied kunnen eventuele veranderingen in ecologische processen in afwezigheid van een groot aantal menselijk activiteiten bestudeerd worden. IMARES voert jaarlijkse bemonsteringen uit om de ecologische ontwikkelingen na de sluiting te volgen. De jaarlijkse bemonsteringen richten zich vooral op de ontwikkelingen van de bentische mariene fauna in de geulen. Ook wordt er aandacht besteed aan de ontwikkeling van enkele litorale mosselbanken in het gebied, de zeehondenpopulatie, de visfauna en vogelpopulaties (Fey *et al.* 2007). SOVON Vogelonderzoek heeft voor de rapportage van 2007 de trendontwikkelingen van vogels in de Waddenzee beschreven.

In het kader van een vervolgrapportage is aan SOVON gevraagd de ontwikkelingen in de aantallen broedvogels en de aantallen wad- en watervogels door de tijd te beschrijven, zowel in het Referentiegebied als in andere gebieden in de Waddenzee.

2. Methodiek & basisinformatie

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de wijze waarop de monitoring van vogels door SOVON plaatsvindt, welke gebieden vergeleken worden in deze rapportage, welke selectie van soorten is genomen en de manier waarop de statistische analyse is uitgevoerd.

2.1. SOVON tellingen

Sinds het seizoen 1975/1976 worden de wad- en watervogels in de Waddenzee met grote regelmaat geteld. De methode en de frequentie van tellen, het bijschatten van ontbrekende data en het berekenen van trends worden uitgebreid beschreven in het meest recente watervogelrapport van SOVON (Hornman *et al.* 2011). In deze rapportage wordt volstaan met een beknopte beschrijving.

Watervogels

De monitoring van watervogelsoorten vindt plaats in de Rijkswateren en Vogelrichtlijngebieden. De monitoringsgebieden (of telgebieden) waarbinnen wordt geteld zijn ingedeeld in vast begrensde ruimtelijke eenheden. Ganzen en zwanen worden tevens op pleisterplaatsen geteld aangezien deze ook vaak buiten de grote wateren voorkomen. De tellingen worden uitgevoerd volgens gestandaardiseerde methoden (van Roomen *et al.* 2002, 2003). Hierbij zijn richtlijnen opgesteld voor het moment waarop tellingen plaats moeten vinden (tijdstip van de dag, maar in de Waddenzee ook tijdens hoogwater), op welke locaties, op welk gedrag gelet moet worden, etc. Eidereenden zijn niet goed vanaf de kant te tellen tijdens de reguliere watervogeltellingen. Deze soort wordt sinds 1993 jaarlijks integraal geteld vanuit een vliegtuig (Arts & Berrevoets 2006). Door uit deze database alle waarnemingen te selecteren in een straal van 5 km rondom de eilanden en platen, ontstaat een vergelijkbare selectie als de reguliere data zodat ook deze soort meegenomen kan worden in de analyse. De verzamelde telgegevens worden gebruikt in de trendberekeningen (zie ook Soldaat *et al.* 2004).

De hier besproken gegevens beslaan de jaren 1975/76 t/m 2008/09, voor Eider echter vanaf 1993.

Broedvogels

Monitoring van broedvogels vindt op verschillende manieren plaats, afhankelijk van de soortgroep. Algemeen verspreid voorkomende soorten als Scholekster, Kievit en Veldleeuwerik worden jaarlijks in een vaste selectie van steekproefgebieden geteld die verspreid over de Waddenzee liggen en representatief worden geacht voor het gebied als geheel. Koloniebroedvogels (Lepelaar, meeuwen en sterns) en zeldzame soorten (o.a. Kluut, Strandplevier, Bontbekplevier) worden jaarlijks integraal in het hele waddengebied geteld. Ook voor deze tellingen zijn gestandaardiseerde richtlijnen opgesteld, het gaat hierbij om het minimaal aantal bezoeken in de juiste periode, het intekenen van de territoria/waarnemingen op kaart, etc (zie van Dijk 2004 en van Dijk *et al.* 2004). Deze gegevens leveren samen een jaarlijkse populatieschatting op van de in de Waddenzee broedende soorten.

De hier besproken gegevens beslaan de jaren 1990/91 t/m 2008/09 (voor enkele soorten is in 2009 te weinig data beschikbaar en loopt de reeks dus tot 2008).

2.2. Selectie soorten

Omdat niet alle soorten voldoende algemeen zijn in de Waddenzee om trendberekeningen voor uit te voeren, moet een selectie worden gemaakt. Door de maandgemiddelden van de getelde soorten van de afgelopen 10 jaar te vergelijken tussen het Referentiegebied Rottum en de rest van de Waddenzee kan beoordeeld worden of soorten voldoende vertegenwoordigd zijn in het Referentiegebied Rottum (zie Bijlage I voor de selectie wad- en watervogels en broedvogels). Op basis van deze tabel is besloten soorten niet te selecteren als het maandgemiddelde op Rottum minder dan 50 dieren betrof of wanneer het aandeel van Rottum t.o.v. de Waddenzee als geheel lager was dan 1,5%.

Er vallen hierbij veel soorten af die zeer lage maandgemiddelden hebben in het Referentiegebied Rottum. Dit is vooral opvallend bij de ganzen, die vaak redelijk hoge aantallen bereiken op de andere waddeneilanden, maar minder op Rottum. Dit komt doordat op de eilanden binnen Referentiegebied Rottum geen polders aanwezig zijn. Om dezelfde reden vallen soorten als Goudplevier, Kievit en Regenwulp af.

Voor een aantal andere soorten die in hogere aantallen in de Waddenzee voorkomen maar in veel lagere aantallen rondom Rottum ligt er mogelijk een beperking in het type wad onder Rottum. Zo hebben veel Krombekstrandlopers tijdens de trek en in de overwinteringsgebieden een voorkeur voor slikkige terreinen, vaak ook gelegen in het binnenland. Ook Zwarte Ruiters wordt veelal in de slikrijke delen van de Wadden aangetroffen, zoals in de Dollard en Elbemonding. Voor deze soorten is het wad onder Rottum waarschijnlijk minder geschikt.

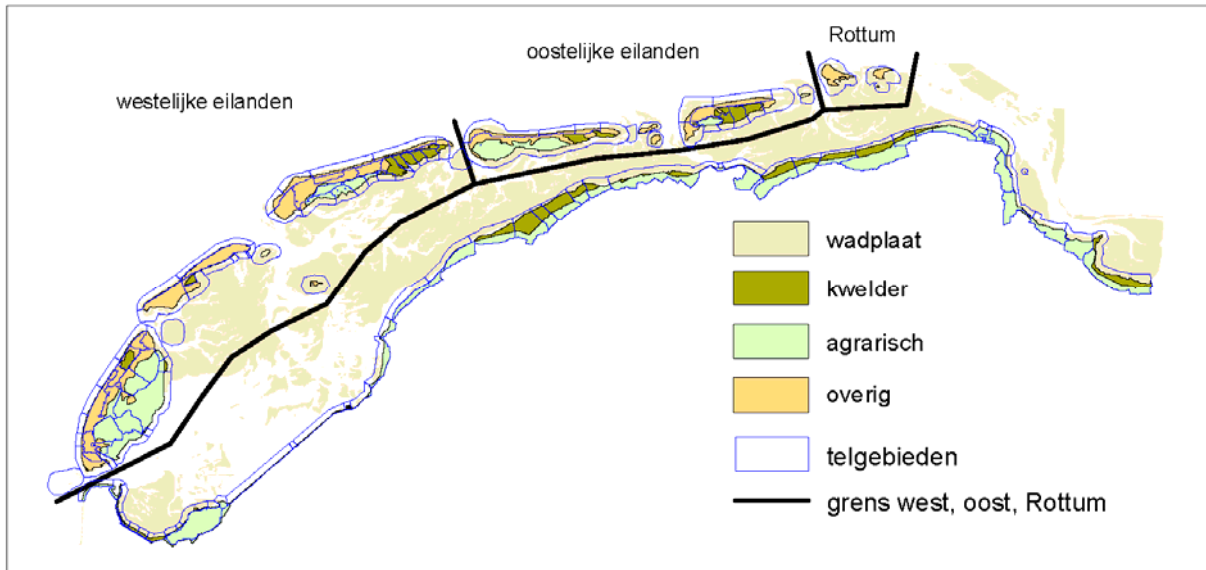
Van een aantal soorten is toch besloten deze mee te nemen vanwege het belang van de Waddenzee voor deze soorten, ondanks de lagere aantallen op Rottum. Zo worden Dwergstern, Strandplevier, Noordse Stern, Lepelaar en Grote Stern wel meegenomen omdat deze meer dan 1,5% van het totaal aantal in de Waddenzee vertegenwoordigen, ondanks dat het maandgemiddelde onder de 50 ligt. Ook worden Tureluur en Wilde Eend opgenomen in de analyse, omdat de aantallen op Rottum hoog genoeg zijn om relevant te zijn, ondanks dat het percentage van het totaal onder de 1,5 % ligt.

Soorten die in tegenstelling tot de vorige analyse (2006) nu wel zijn opgenomen in de selectie zijn Eider, Lepelaar en Wintertaling.

Voor broedvogels gaat het om dezelfde selectie soorten, alleen valt Grote Stern nu af omdat de kolonie zich verplaatst heeft.

2.3. Selectie controlegebieden

De tweede stap in de analyse bestond uit het selecteren van controlegebieden elders in de Waddenzee. Een probleem daarbij is dat er weinig gebieden zijn die als controle kunnen dienen. Het eiland Griend en het omliggende wad zijn nog het meest vergelijkbaar. Engelsmanplaat en Simonszand ontberen kwelders en duinen, terwijl de grote eilanden zoals Schier en Texel ook nog grote oppervlaktes binnendijks agrarisch gebied hebben. Uiteindelijk is besloten dat het vasteland een zodanig ander karakter heeft dat het niet goed als controlegebied kan dienen en zijn de oostelijke en westelijke platen en eilanden samengenomen als twee verschillende controlegebieden. Tot de westelijke eilanden en platen worden gerekend: Texel, Vlieland, Griend, Richel en Terschelling. Tot de oostelijke eilanden en platen: Ameland, Engelsmanplaat, Schiermonnikoog en Simonszand. Onder Rottum vallen Rottumeroog, Rottumerplaat en de Zuiderduintjes (zie figuur 1).



Figuur 1: de indeling van de verschillende gebieden, het Referentiegebied Rottum en de westelijke en oostelijke eilanden ter vergelijking.

2.6 Trendberekening en Statistische analyse

Trendberekeningen worden uitgevoerd op basis van de seizoensgemiddelden. De trendanalyses worden berekend met behulp van het programma TrendSpotter van het RIVM (Soldaat *et al.* 2004). Er vindt een correctie plaats voor ontbrekende jaren. De trends die met behulp van TrendSpotter worden berekend hebben het uiterlijk van de lopende gemiddeldes die in eerdere watervogelrapporten door de jaarindexen werden berekend. Met TrendSpotter worden tevens betrouwbaarheidsintervallen rond de trendlijn weergegeven. Er wordt gewerkt met de indexen (het gemiddelde van de trendlijn is op 100 gesteld), behalve voor zeldzame soorten en koloniebroedende soorten.

Het doel van de statistische analyse is om statistisch te onderbouwen of de trends in aantallen tussen deelgebieden significant van elkaar verschillen. Voor elke soort, worden drie vergelijkingen gemaakt; (i) tussen Rottum en de westelijke eilanden (minus Rottum), (ii) tussen Rottum en oostelijke Eilanden en (iii) tussen westelijke en oostelijke eilanden. De drie vergelijkingen worden gemaakt voor zowel de wad- en watervogeldata als de broedvogeldata.

De aantalsontwikkeling wordt hier met behulp van log-lineaire Poissonregressie geanalyseerd. Daarbij is voor elke vergelijking tussen twee gebieden en voor elke soort, het (geïmputeerde) aantal vogels als afhankelijke variabele in het model opgenomen en als onafhankelijke variabele de twee gebieden, jaar en de interactie daar tussen. De coëfficiëntwaarde van de interactieterm deelgebied*jaar, geeft het verschil in trends tussen de twee gebieden en kan gebruikt worden om te toetsen of de trends van een bepaalde soort significant tussen de deelgebieden verschillen. Er wordt doorgaans verondersteld dat log-lineaire trends een goede beschrijving bieden voor het aantalverloop in elk deelgebied.

Voor sommige soorten wijkt echter het aantalverloop over de jaren duidelijk af van lineair (zie figuren in Bijlage II). Voor de wad- en watervogeldata geldt dit voor Dwergstern, Kanoet en Smient in de westelijke eilanden en voor Drieteenstrandloper, Rotgans en Dwergstern in de oostelijke eilanden.

Voor de broedvogeldata geldt dit voor Kokmeeuw in de oostelijke eilanden en Dwergstern in de westelijke eilanden.

Het toetsen voor verschil in een log-lineaire trend tussen de gebieden zou voor deze soorten weinig informatie geven. Er is daarom voor deze soorten een kwadratische term opgenomen in de modellen. De toets is dan of het verwijderen van interacties tussen deelgebied en de kwadratische trend significant is. Hiervoor wordt een Likelihood Ratio Test met een χ^2 verdeling gebruikt.

Voor beide datasets worden de resultaten beschreven in hoofdstuk 3 in tabellen 1 en 2. In elke tabel staan de jaarlijkse populatie groeifactoren weergegeven voor elk deelgebied en de p-waardes van de verschillen in jaarlijkse trends tussen de drie gebieden. Een p-waarde < 0.05 impliceert een significant verschil in jaarlijkse populatie groei tussen twee deelgebieden. Omdat er meerdere tests worden uitgevoerd (tussen elke soort en tussen de drie gebieden), is de kans dat er een significant effect optreedt op grond van toeval (dus die er niet in werkelijkheid is) vrij hoog. Hiervoor wordt een Bonferroni correctie toegepast. Dit betekent dat het significantieniveau wordt aangepast van $\alpha = 0.05$ naar $\alpha_c = \alpha / N$, waar N het aantal toetsen is. p-waardes $< \alpha_c$ worden als significant verschil geïnterpreteerd, daarboven niet meer.

3. Resultaten

Er is voor elke soort een jaarlijkse groeifactor berekent per deelgebied (Rottum, oostelijke en westelijke eilanden). Vervolgens is geanalyseerd of er verschil in jaarlijkse groei tussen de drie deelgebieden is ($\alpha = 0.05$). Over deze berekeningen is een Bonferroni correctie toegepast aangezien meervoudige vergelijkingen gemaakt worden. De trendfiguren zijn opgenomen in bijlage II. Voor een aantal soorten geldt dat de jaarlijkse groei niet beschreven kan worden met één coëfficiënt (in de tabel aangemerkt met een *). Voor deze trends is een model met kwadratische term voor jaar gebruikt. Het is dan niet mogelijk de trend met een groeifactor te beschrijven, de p-waardes zijn wel interpreteerbaar. Zie figuren voor aantalverloop van desbetreffende soort in bijlage II.

3.1. Wad- en watervogels

Tabel 1. Jaarlijkse groeifactor voor elke soort en elk deelgebied (Rottum = Referentiegebied Rottum, West = westelijke eilanden, Oost = oostelijke eilanden). Ook wordt het verschil in jaarlijkse groei tussen de drie gebieden gegeven. Cursieve waardes geven significante verschillen weer, terwijl cursief én vet de significante verschillen tussen de drie gebieden na Bonferroni correctie weergeven.

Soort	Trends (Jaarlijkse groeifactor)			P-waardes		
	Rottum	West	Oost	Rottum - West	Rottum - Oost	Oost - West
Aalscholver	1,110	1,071	1,110	0,1080	0,9150	0,9150
Bergeend	0,993	1,000	0,986	0,4040	0,5130	0,5130
Bontbekplevier	1,080	1,054	1,060	0,0236	0,1320	0,1320
Bonte Strandloper	1,010	1,027	1,010	0,0079	0,9130	0,9130
Drieteenstrandloper *	Nvt	nvt	nvt	0,0601	0,3250	0,3250
Dwergstern *	Nvt	nvt	nvt	0,0000	0,0000	0,0000
Eider	0,954	0,899	1,120	0,2230	0,0169	0,0169
Groenpootruiter	1,030	1,020	1,030	0,7020	0,6350	0,6350
Grote Mantelmeeuw	0,996	1,001	1,010	0,8200	0,3040	0,3040
Grote Stern	1,000	1,043	1,030	0,3680	0,1880	0,1880
Kanoet *	Nvt	nvt	nvt	0,4530	0,3430	0,3430
Kleine Mantelmeeuw	1,110	1,097	1,120	0,8510	0,5160	0,5160
Kluut	1,030	1,013	0,976	0,1160	0,0000	0,0000
Kokmeeuw	1,010	1,013	1,030	0,6670	0,0191	0,0191
Lepelaar	1,290	1,086	1,160	0,0000	0,0016	0,0016
Noordse Stern	1,010	0,992	1,010	0,6590	0,8670	0,8670
Pijlstaart	0,993	1,009	1,030	0,3640	0,0379	0,0379
Rosse Grutto	1,020	1,039	1,010	0,4960	0,1920	0,1920
Rotgans *	Nvt	nvt	nvt	0,8220	0,7940	0,7940
Scholekster	0,972	0,989	0,985	0,0007	0,0340	0,0340
Smient *	Nvt	nvt	nvt	0,1920	0,5910	0,5910
Steenloper	1,020	0,978	1,040	0,0000	0,1720	0,1720
Stormmeeuw	1,000	1,028	1,020	0,0347	0,1470	0,1470
Strandplevier	0,902	0,947	0,897	0,0225	0,8620	0,8620
Tureluur	1,020	1,027	1,000	0,6740	0,2890	0,2890
Visdief	0,977	1,015	0,996	0,0122	0,1830	0,1830

Soort	Trends (Jaarlijkse groeifactor)			P-waardes		
	Rottum	West	Oost	Rottum - West	Rottum - Oost	Oost - West
Wilde Eend	1,000	1,014	0,999	0,5830	0,8250	0,8250
Wintertaling	1,080	0,989	0,988	0,0285	0,0052	0,0052
Wulp	1,010	1,033	1,010	0,0000	0,5330	0,5330
Zilvermeeuw	0,957	1,004	1,000	0,0000	0,0000	0,0000
Zilverplevier	1,060	1,055	1,020	0,5980	0,0000	0,0000

* Voor deze soort geldt dat een model met kwadratische term voor jaar is gebruikt, de groeifactor kan dus niet met één coëfficiënt beschreven worden.

Soorten met significant afwijkende trends tussen deelgebieden (zie figuren in bijlage II);

Dwergstern; laat nogal wisselende trends zien tussen de deelgebieden. Op Rottum valt vooral de piek in de jaren 1991-1995 op waarna de trend sterk afneemt. Voor de westelijke eilanden is de trend vlak maar gaat de laatste jaren weer omhoog. Voor de oostelijke eilanden is de trend niet eenduidig te beschrijven (enigszins een tussenvorm tussen Rottum en westelijke eilanden), al lijkt er ook een piek in dezelfde periode als in Rottum voor te komen.

Kluut; trend tussen westelijke eilanden en Rottum lijken sterk op elkaar, trend van de westelijke eilanden is wat vlakker. De trend van de oostelijke eilanden onderscheidt zich van Rottum en westelijke eilanden omdat hier de negatieve trend al eerder is ingezet.

Lepelaar; de trend van Rottum verschilt van de westelijke eilanden in steilheid. De positieve trend is in de westelijke eilanden al eerder ingezet.

Steenloper; de trend in de westelijke eilanden is beduidend negatiever dan in Rottum en de oostelijke eilanden.

Wulp; waar de trend in de westelijke eilanden stijgende is, daalt deze weer enigszins in Rottum. De oostelijke eilanden laten ook een licht stijgende trend zien.

Zilvermeeuw; in alle gebieden vindt een afname van de aantallen plaats, de grootste afname is zichtbaar in Rottum.

Zilverplevier; neemt sterk toe in de westelijke eilanden en Rottum, terwijl een lichte afname wordt gesignaleerd in de oostelijke eilanden.

3.2. Broedvogels

Tabel 2. Jaarlijkse groeifactor voor elke soort en elk deelgebied (Rottum = Referentiegebied Rottum, West = westelijke eilanden, Oost = oostelijke eilanden). Ook wordt het verschil in jaarlijkse groei tussen de drie gebieden gegeven. Cursieve waardes geven significante verschillen weer, terwijl cursief én vet de significante verschillen tussen de drie gebieden na Bonferroni correctie weergeven.

Soort	Trends (Jaarlijkse groeifactor)			P-waardes		
	Rottum	West	Oost	Rottum - West	Rottum - Oost	Oost - West
Aalscholver ¹	1,245	1,213	Nvt	0,8418	Nvt	nvt
Bergeend	0,987	1,019	0,989	0,2420	0,9318	0,0000
Dwergstern	nvt	nvt	Nvt	0,0027	0,5738	0,9555
Eider	1	0,983	0,981	0,5459	0,4483	0,9290

Soort	Trends (Jaarlijkse groeifactor)			P-waardes		
	Rottum	West	Oost	Rottum - West	Rottum - Oost	Oost - West
Kleine Mantelmeeuw	1,135	1,046	1,131	0,3855	0,9539	0,0239
Kokmeeuw	nvt	nvt	Nvt	0,8969	0,9818	0,2096
Lepelaar	1,309	1,08	1,112	0,0418	0,0158	0,3810
Noordse Stern	0,949	0,957	1,056	0,9281	0,0321	0,1540
Scholekster	0,957	0,93	0,962	0,3295	0,8653	0,0000
Stormmeeuw	1,005	0,97	1,006	0,5570	0,9739	0,1130
Visdief	1,031	0,982	1,036	0,5712	0,9313	0,3560
Wilde Eend	1,02	0,984	0,991	0,0891	0,1600	0,3840
Zilvermeeuw	0,971	0,946	1,011	0,4448	0,1819	0,0065

¹ voor aalscholver bestaat geen data van oostelijke eilanden

* Voor deze soort geldt dat een model met kwadratische term voor jaar is gebruikt

Soorten met significant afwijkende trends tussen deelgebieden (zie figuren in bijlage II);

Bergeend; trend wisselt sterk in Rottum maar verschilt niet significant van andere deelgebieden, trend in oostelijke eilanden vrij vlak en in westelijke eilanden stijgende.

Scholekster; ook voor Scholekster geldt dat Rottum niet significant afwijkt van de andere deelgebieden maar de trend kent wel sterke fluctuaties. Trend oostelijke eilanden daalt geleidelijker, in westelijke eilanden meer een knik te zien in trend waarna deze na ca 1995 zwak afneemt.

4. Conclusies en discussie

Uit de uitgevoerde analyse van de gegevens valt alleen af te lezen of trends sterk van elkaar verschillen, voor de richting van de trends moeten de trendfiguren geraadpleegd worden. Soorten waarvan de trend in alle deelgebieden positief (Bontbekplevier, Rosse Grutto) of negatief (Scholekster, Strandplevier) is vallen bij deze analyse niet op, maar zijn ook minder interessant voor de vraagstelling.

Bij deze analyse zijn de trends over de gehele monitoringsperiode beoordeeld. Er waren niet genoeg gegevens beschikbaar om een analyse uit te voeren op de gegevens voor en na het instellen van bepaalde maatregelen in het Referentiegebied. Zodra iets meer gegevens voorhanden zijn, bijvoorbeeld na een langere monitoringsperiode, kan wellicht gewerkt worden met knikpuntmodellen.

4.1 Wad- en watervogels

Er zijn 31 soorten wad- en watervogels geselecteerd om de trends van te vergelijken in de drie deelgebieden. Veruit het interessantst zijn de vogels die gebruik maken van de geulen, omdat dat het belangrijkste gebied is voor de garnalenvisserij. Aalscholvers, meeuwen en sterns jagen er op vis en garnalen. Eidereenden duiken naar schelpdieren die onder water staan. Zeker in de oostelijke Waddenzee gaat het niet alleen om schelpdierbanken die permanent onder water staan, zoals het geval is in de geulen, maar ook om schelpdierbanken op de droogvallende platen, op het moment dat ze onder water staan.

Significante verschillen in trends (na Bonferroni correctie) zijn duidelijk voor de soorten Dwergstern, Kluut, Lepelaar, Steenloper, Wulp, Zilvermeeuw en Zilverplevier. Voor slechts twee van deze soorten is trend in het Referentiegebied Rottum negatief; zowel Dwergstern (heeft een piek gehad maar neemt nu af) en Zilvermeeuw (sterkste afname in Rottum) nemen af. De andere vier soorten laten een positieve trend zien; zowel Lepelaar (positief in alle deelgebieden, maar bijzonder sterk in Rottum), Kluut (positief op Rottum en westelijke eilanden), Steenloper (zowel in oostelijke eilanden als Rottum positief) en Zilverplevier (sterk positief in westelijke eilanden en vooral Rottum) laten groei in het aantal vogels zien.

De trend voor Wulp in Rottum is neutraal terwijl deze soort in de andere deelgebieden toeneemt. Wulp foerageert zowel op het wad als op binnenlandse grasvelden. Dergelijke grasvelden bevindt zich niet binnen het Referentiegebied Rottum, maar wel op de andere eilanden. Het ontbreken van een aanvullende foeragemogelijkheid verklaart mogelijk waarom de trend hier niet ook stijgende is.

De afnemende trend van de Dwergstern in het Referentiegebied is reden voor bijzondere aandacht en in zekere zin zorgwekkend aangezien de soort op de Rode Lijst staat. Geheel volgens verwachting volgt het patroon in het aantal doortrekkers het patroon van de broedparen (Dwergsterns trekken na de broedtijd vrij snel weg naar het zuiden om daar te overwinteren): de broedpopulatie Dwergsterns neemt toe in Nederland, maar de toename vindt vooral plaats in de westelijke Waddenzee en lijkt deels ten koste te gaan van de oostelijke Waddenzee, met name Rottum. Dit zullen we verder bespreken bij de analyse van de broedvogels.

De sterk negatieve trend in de aantallen Zilvermeeuwen op Rottum is al ver voor de instelling van het Referentiegebied ingezet en heeft daar dus niets mee te maken. Naar de oorzaak kunnen wij slechts gissen.

Zowel Kluut, Lepelaar, Steenloper als Zilverplevier (alle een positieve trend in het Referentiegebied) zijn niet direct afhankelijk van de voedselkwaliteit in de geulen. Deze soorten foerageren allemaal in

ondiep water. Indirect kan de voedselkwaliteit in deze gebieden uiteraard wel verbeteren door de genomen maatregelen in het Referentiegebied.

Lepelaar foerageert in ondiep water naar garnalen en kleine vis. Een toename van garnalen en vis als gevolg van de ingestelde beperkingen kan zeker bijdragen aan de groei van de populatie. Hierbij moet wel als kanttekening worden opgemerkt dat de toename van Lepelaar in het waddengebied ook veroorzaakt wordt door de aanzuigende werking van de vosvrije gebieden in de Waddenzee.

Steenlopers foerageren langs de randen van het wad, bij voorkeur op verharde stranden en pieren, soms op mosselbanken. Langs de vloedlijn wordt gezocht naar kleine geleedpotigen en prooiresten. Zilverplevieren foerageren bij laagwater naar wormen op het wad. De toename van deze twee soorten kan indirect verband hebben met de genomen maatregelen in het Referentiegebied, aangezien hierbij ook verbetering van o.a. mosselbanken wordt voorzien (alhoewel in het voorgaande monitoringsrapport geen duidelijke toename is vastgesteld, zie Fey *et al.* 2007).

Eidereend is gezien de vraagstelling een interessante soort. Juist voor de Eidereend zijn de geulen die nu gevrijwaard worden voor garnalenvisserij vrijwel zeker belangrijk als voedselgebied. Voor deze soort zijn geen significant afwijkende trends tussen de deelgebieden gevonden. Dit kan ook deels veroorzaakt worden door de manier waarop de verspreidingsdata van Eiders worden verzameld. De analyse wordt nu gedaan aan de gegevens die eens per jaar worden verzameld met behulp van vliegtuigtellingen. Ook beperken we ons hier tot de data in een straal van 5 km rondom de eilanden en platen die hier binnen de deelgebieden vallen. Juist Eidereend gebruikt de gehele Waddenzee om te rusten en te foerageren. Het voorkomen van grote groepen Eiders tijdens één telling in januari zegt slechts in zeer beperkte mate iets over hun gebondenheid en voorkeur voor het Referentiegebied Rottum. Voor deze soort zouden gericht meer boottellingen plaats moeten vinden om iets over deze relatie te zeggen.

4.2 Broedvogels

Er zijn 13 soorten broedvogels geselecteerd om de trends van te vergelijken in de drie deelgebieden.

Bij twee van deze soorten zijn significant verschillende trends tussen de oostelijke en westelijke eilanden gevonden, namelijk Bergeend en Scholekster. Voor Bergeend valt op dat de trend zowel enigszins negatief is alsmede sterk fluctueert. De aantallen nemen de meest recente jaren wel af, maar of deze afname zich voortzet is niet te voorspellen, zeker gezien het sterk fluctuerende karakter over de voorgaande jaren. Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of de sterke verlaging van het aantal broedparen van de Scholekster op Rottum in 2008 wel klopt. De Scholekster is een langlevende soort waarvan de aantallen slechts geleidelijk veranderen.

Overigens verschillen voor beide soorten alleen de trend tussen de deelgebieden oostelijke en westelijke eilanden significant. De trend in het Referentiegebied verschilt niet met de overige deelgebieden.

Het aantal broedparen van de Dwergstern is in 2005 sterk afgenomen op Rottum, terwijl de aantallen in de westelijke Waddenzee juist zijn toegenomen. Dit duidelijke verschil is significant indien alleen beschouwd, maar niet na Bonferroni correctie. Het komt echter overeen met het patroon in de aantallen Dwergsterns die geteld worden tijdens de watervogeltellingen en daar is het verschil ook na Bonferroni correctie significant. Het lijkt aannemelijk dat er daadwerkelijk sprake is van een verschil in trend. Dit kan te maken hebben met de broedcondities op het eiland, of met het voedselaanbod. Alleen in het laatste geval is er mogelijk een relatie met het instellen van het Referentiegebied. Dit verdient nader onderzoek.

4.3 Conclusie en algemene punten ter discussie

Als we naar de vogelgemeenschap als geheel kijken, worden er geen opvallend afwijkende trends gesignaleerd tussen het Referentiegebied en de andere deelgebieden binnen de Waddenzee. Voor de meeste soorten worden geen significant verschillende trends gevonden, voor enkele soorten een negatieve of positieve trend.

De gevonden positieve trends in het Referentiegebied t.o.v. de andere deelgebieden kunnen een indicatie vormen voor een verbetering in voedselbeschikbaarheid in het Referentiegebied, maar dergelijke indirecte relaties moeten voorzichtig worden geïnterpreteerd. Voor veel soorten spelen uiteraard vele aspecten mee zoals relatieve rust in het gebied, nestgelegenheid en concurrentie met andere soorten. Een afname in voedselbeschikbaarheid van een soort kan een effect hebben op het broedsucces van een andere soort wanneer bijvoorbeeld overgegaan wordt op predatie van kuikens. Opvallend is de afname van Dwergstern in het Referentiegebied Rottum aangezien deze bedreigde soort wel een toename laat zien in andere delen van de Waddenzee en het habitat rondom Rottum in principe geschikt is voor deze soort.

Het Referentiegebied is voor ecologische begrippen pas vrij recent ingesteld. Het ligt daarom niet in de lijn der verwachtingen dat nu al grote verschillen in trendontwikkeling waarneembaar zouden zijn. Veranderingen in de bentische mariene fauna gaan traag en een zichtbare reactie in het aantal voorkomende vogels loopt hierop achter. Onafhankelijk van de genomen maatregelen in het Referentiegebied ontwikkelen de schelpdierpopulaties en de vogelbestanden zich verschillend in de westelijke en oostelijke Waddenzee (van Roomen *et al.* 2006). Er hebben zich dus al veel verschillende ontwikkelingen voorgedaan voorafgaand aan de instelling van het Referentiegebied wat vergelijking op grote schaal bemoeilijkt.

Er zijn ook soorten die gebruik maken van de geulen, maar alleen goed te tellen zijn vanuit een boot. Dit betreft fuutachtigen en de minder algemene duikeenden. Deze soorten komen niet naar de kant met hoogwater en worden dus gemist tijdens de hoogwatertellingen. Ze worden ook gemist vanuit een vliegtuig, omdat ze zeer verspreid voorkomen en herkenning moeilijk is. Het verdient aanbeveling voor deze soorten in de toekomst speciale boottellingen uit te voeren. Dat zal ook meer informatie leveren over de Eidereenden.

Ten slotte is het hier relevant het belang van gegevens over broedsucces te benoemen. Juist het uitkomstsucces van eieren en uitvliagsucces van kuikens geven inzicht in de interactie tussen de aanwezigheid van een soort en de ecologische kwaliteit van de omgeving. In het kader van Reproductiemeetnet Waddenzee (opgegaan in TMAP) wordt broedsucces gemonitord in een groot aantal gebieden in de Waddenzee, ook op Rottumeroog en Rottumerplaat (Van Kleunen *et al.* 2010). Het broedsucces heeft een belangrijke signaalfunctie voor het voortbestaan van populaties van langlevende soorten zoals meeuwen. Voorlopige resultaten van waargenomen broedsucces over de afgelopen jaren (in Van Kleunen *et al.* 2010 worden de jaren 2007 en 2008 beschreven) laat voor veel soorten een laag broedsucces voor de omgeving Rottum zien. Deze resultaten beslaan een korte periode en zijn dus hoogstens indicatief, maar voor een beter begrip van het voorkomen van soorten en de interactie met de omgeving binnen het ingestelde Referentiegebied is verdere monitoring van broedsucces van groot aanvullend belang.

5. Referenties

ARTS, F. A. & BERREVOETS, C. M. 2006. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2006. Rapport RIKZ/2006.009. RIKZ, Middelburg.

VAN DIJK, A. J. 2004. Handleiding Broedvogels Monitoring Project (Broedvogelinventarisaties in proefvlakken). SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

VAN DIJK, A. J., HUSTINGS, F., & VAN DER WEIDE, M. J. T. 2004. Handleiding Landelijk Soortonderzoek Broedvogels (Kolonievogels en zeldzame broedvogels) SOVON. SOVON Vogelonderzoek, Beek-Ubbergen.

FEY F., DANKERS N., MEIJBOOM A., VAN LEEUWEN P.W., VERDAAT H., DE JONG M., DIJKMAN E. & CREMER J. 2007. Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: Tussenrapportage 1 jaar na sluiting (december 2005 - najaar 2006) Rapport C070/07, Wageningen IMARES.

HORNMAN M., HUSTINGS F., KOFFIJBERG K., VAN WINDEN E., SOVON GANZEN- EN ZWANENWERK GROEP & SOLDAAT L. 2011. Watervogels in Nederland in 2008/2009. SOVON-monitoringrapport 2011/03, Waterdienst-rapport BM 10.24. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.

VAN KLEUNEN A., KOFFIJBERG K., DE BOER P., NIENHUIS J., CAMPHUYSEN C.J., SCHEKKERMAN H., OOSTERBEEK K., DE JONG M., ENS B. & SMIT C. 2010. Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2007 en 2008. SOVON-monitoringrapport 2010/04, IMARESRapport C169/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen, IMARES, Texel & WOT/Alterra, Wageningen.

VAN ROOMEN, M., VAN TURNHOUT, C., NIENHUIS, J., WILLEMS, F., & VAN WINDEN, E. 2002. Monitoring van watervogels als niet-broedvogel in de Nederlandse Waddenzee: evaluatie huidige opzet en voorstellen voor de toekomst. SOVON-onderzoeksrapport 2002/01. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

VAN ROOMEN, M. W. J., HUSTINGS, F., & KOFFIJBERG, K. 2003. Handleiding monitoring watervogels. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

VAN ROOMEN, M., VAN WINDEN, E., KOFFIJBERG, K., ENS, B. J., HUSTINGS, F., KLEEFSTRA, R., SCHOPPERS, J., & VAN TURNHOUT, C. 2006. Watervogels in Nederland in 2004/2005. SOVON-monitoringrapport 2006/02, RIZA-rapport BM06.14. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.

SOLDAAT, L., VAN WINDEN, E., VAN TURNHOUT, C., BERREVOETS, C. M., VAN ROOMEN, M., & VAN STRIEN, A. 2004. De berekening van indexen en trends bij het watervogelmeetnet. SOVON-onderzoeksrapport 2004/02. CBS, Voorburg/Heerlen.

Bijlage I Selectie soorten wad- en watervogels en broedvogels

Overzicht van de maandgemiddelden van alle getelde soorten wad- en watervogels over de afgelopen 10 jaar. Voor elke soort is het maandgemiddelde op Rottum weergegeven van de afgelopen 10 jaar en als percentage van het maandgemiddelde van de hele Waddenzee. De laatste 2 kolommen geven aan of de soort is meegenomen in de selectie van de vorige rapportage (gegevens bewerkt in 2006) en in de huidige rapportage (gegevens bewerkt in 2011).

Soort	Maandgemiddelde Waddenzee	Maandgemiddelde Rottum	% van Waddenzee totaal	Selectie 2006	Selectie 2011
Kleine Rietgans	10	3	28,9	-	-
Dwergstern	153	33	21,7	+	+
Strandplevier	15	2	17,0	+	+
Zilverplevier	24.091	3.424	14,2	+	+
Bontbekplevier	2.128	226	10,6	+	+
Bonte Strandloper	208.605	22.087	10,6	+	+
Visarend	1	0	8,9	-	-
Noordse Stern	163	14	8,7	+	+
Brilduiker	116	9	8,0	-	-
Eider	83.332	6.563	7,9	-	+
Scholekster	117.307	8.893	7,6	+	+
Slechtvalk	32	2	7,2	-	-
Drieteenstrandloper	6.454	457	7,1	+	+
Kanoet	49.094	3.339	6,8	+	+
Steenloper	2.811	170	6,0	+	+
Wulp	95.328	5.676	6,0	+	+
Zilvermeeuw	49.332	2.560	5,2	+	+
Middelste Zaagbek	183	9	5,1	-	-
Stormmeeuw	42.565	1.737	4,1	+	+
Groenpootruiter	2.062	82	4,0	+	+
Kokmeeuw	67.328	2.215	3,3	+	+
Aalscholver	4.430	140	3,2	+	+
Lepelaar	579	18	3,1	-	+
Bergeend	37.100	1.160	3,1	+	+
Visdief	1.991	52	2,6	+	+
Wintertaling	4.417	110	2,5	-	+
Kleine Mantelmeeuw	11.152	255	2,3	+	+
Rotgans	26.851	572	2,1	+	+
Grote Mantelmeeuw	3.418	70	2,0	+	+
Smient	29.536	590	2,0	+	+
Grote Zilverreiger	5	0	1,7	-	-
Pijlstaart	5.750	95	1,6	+	+
Rosse Grutto	60.803	987	1,6	+	+
Grote Stern	1.966	32	1,6	+	+
Kluut	6.919	109	1,6	+	+

Soort	Maandgemiddelde Waddenzee	Maandgemiddelde Rottum	% van Waddenzee totaal	Selectie 2006	Selectie 2011
Wilde Zwaan	6	0	1,2	-	-
Grote Can. Gans	49	0	1,0	-	-
Kleine Zilverreiger	20	0	0,9	-	-
Slobeend	683	5	0,8	-	-
Tureluur	17.419	139	0,8	+	+
Regenwulp	283	2	0,8	-	-
Krakeend	358	3	0,8	-	-
Grote Zaagbek	49	0	0,7	-	-
Nonnetje	7	0	0,6	-	-
Krombekstrandloper	361	2	0,6	-	-
Kuifduiker	5	0	0,6	-	-
Wilde Eend	21.268	111	0,5	+	+
Grauwe Gans	8.564	42	0,5	-	-
Zwarte Ruiters	1.117	5	0,4	-	-
Blauwe Reiger	200	1	0,4	-	-
Dodaars	71	0	0,2	-	-
Fuut	354	1	0,2	-	-
Kemphaan	168	0	0,1	-	-
Toendrarietgans	1.841	2	0,1	-	-
Kolgans	1.448	1	0,1	-	-
Goudplevier	16.213	15	0,1	-	-
Knobbelzwaan	142	0	0,1	-	-
Kleine Zwaan	181	0	0,1	-	-
Nijlgans	136	0	0,1	-	-
Brandgans	41.773	23	0,1	-	-
Kievit	10.745	2	0,0	-	-
Tafeleend	109	0	0,0	-	-
Topper	3.026	0	0,0	-	-
Grutto	1.041	0	0,0	-	-
Kuifeend	595	0	0,0	-	-
Waterhoen	81	0	0,0	-	-
Geoorde Fuut	26	0	0,0	-	-
Taigarietgans	1	0	0,0	-	-
Dwerggans	0	0	0,0	-	-
Krooneend	1	0	0,0	-	-
Meerkoet	2.143	0	0,0	-	-

Overzicht van de maandgemiddelden van alle getelde broedvogels

Soort	Min aantal	Max aantal	GEMIDDELD	% van Waddenzee totaal	selectie 2006	selectie 2011
Aalscholver	21000	23300	177,33	0,80	+	+
Lepelaar	1875	1950	65,00	3,40	+	+
Bergeend	5000	8000	83,33	1,28	+	+
Wilde Eend	350000	500000	38,00	0,01	+	+
Eider	6500	6500	1260,33	19,39	+	+
Scholekster	80000	130000	355,00	0,34	+	+
Kluut	5200	5500	0,67	0,01	-	-
Bontbekplevier	365	415	0,67	0,17	-	-
Strandplevier	195	255	0,67	0,30	-	-
Wulp	6400	7400	0,67	0,01	-	-
Tureluur	20000	25000	0,67	0,00	-	-
Kokmeeuw	132000	137000	236,33	0,18	+	+
Stormmeeuw	5600	6500	132,67	2,19	+	+
Kleine Mantelmeeuw	87000	92000	2481,00	2,77	+	+
Zilvermeeuw	44500	53000	3538,67	7,26	+	+
Grote Stern	17800	19650	0,67	0,00	+	-
Visdief	19200	21000	521,33	2,59	+	+
Noordse Stern	1050	1410	86,00	6,99	+	+
Dwergstern	585	832	10,67	1,51	+	+

Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu sinds 2005

WOT-rapporten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl

WOT-rapporten zijn ook te downloaden via de WOT-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

- 1 *Wamelink, G.W.W., J.G.M. van der Gref-van Rossum & R. Jochem* (2005). Gevoeligheid van LARCH op vegetatieverandering gesimuleerd door SUMO
- 2 *Broek, J.A. van den* (2005). Sturing van stikstof- en fosforverliezen in de Nederlandse landbouw: een nieuw mestbeleid voor 2030
- 3 *Schrijver, R.A.M., R.A. Groeneveld, T.J. de Koeijer & P.B.M. Berentsen* (2005). Potenties bij melkveebedrijven voor deelname aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 4 *Henkens, R.J.H.G., S. de Vries, R. Jochem, R. Pouwels & M.J.S.M. Reijnen*, (2005). Effect van recreatie op broedvogels op landelijk niveau; Ontwikkeling van het recreatiemodel FORVISITS 2.0 en koppeling met LARCH 4.1
- 5 *Ehlert, P.A.I.* (2005). Toepassing van de basisvrachtbenadering op fosfaat van compost; Advies
- 6 *Veeneklaas, F.R., J.L.M. Donders & I.E. Salverda* (2006). Verrommeling in Nederland
- 7 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma* (2005). Soorten en gebieden; Het groene milieurecht in 2005
- 8 *Wamelink, G.W.W. & J.J. de Jong* (2005). Kansen voor natuur in het veenweidegebied; Een modeltoepassing van SMART2-SUMO2, MOVE3 en BIODIV
- 9 *Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink & E.P.A.G. Schouwenberg* (2005). Hotspots floristische biodiversiteit
- 10 *Cate, B. ten, H. Houweling, J. Tersteeg & I. Versteegen (Samenstelling)* (2005). Krijgt het landschap de ruimte? – Over ontwikkelen en identiteit
- 11 *Selnes, T.A., F.G. Boonstra & M.J. Bogaardt* (2005). Congruentie van natuurbeleid tussen bestuurslagen
- 12 *Leneman, H., J. Vader, E. J. Bos & M.A.H.J. van Bavel* (2006). Groene initiatieven in de aanbidding. Kansen en knelpunten van publieke en private financiering
- 13 *Kros, J. P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom & G.W.W. Wamelink* (2005). Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid
- 14 *Brouwer, F.M, H. Leneman & R.G. Groeneveld* (2007). The international policy dimension of sustainability in Dutch agriculture
- 15 *Vreke, J., R.I. van Dam & F.H. Kistenkas* (2005). Provinciaal instrumentarium voor groenrealisatie
- 16 *Dobben, H.F. van, G.W.W. Wamelink & R.M.A. Wegman* (2005). Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie
- 17 *Groeneveld, R.A. & D.A.E. Dirks* (2006). Bedrijfseconomische effecten van agrarisch natuurbeheer op melkveebedrijven; Perceptie van deelnemers aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 18 *Hubeek, F.B., F.A. Geerling-Eiff, S.M.A. van der Kroon, J. Vader & A.E.J. Wals* (2006). Van adoptiekip tot duurzame stadswijk; Natuur- en milieueducatie in de praktijk
- 19 *Kuindersma, W., F.G. Boonstra, S. de Boer, A.L. Gerritsen, M. Pleijte & T.A. Selnes* (2006). Evalueren in interactie. De mogelijkheden van lerende evaluaties voor het Milieu- en Natuurplanbureau
- 20 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, M.L.P. van Esbroek, R.A. Groeneveld, A. van Hinsberg, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk* (2006). Methodiekontwikkeling kosteneffectiviteit van het natuurbeleid. De realisatie van het natuurdoel 'Natte Heide'
- 21 *Bommel, S. van, N.A. Aarts & E. Turnhout* (2006). Over betrokkenheid van burgers en hun perspectieven op natuur
- 22 *Vries, S. de & Boer, T.A. de* (2006). Toegankelijkheid agrarisch gebied voor recreatie: bepaling en belang. Veldinventarisatie en onderzoek onder in- en omwonenden in acht gebieden
- 23 *Pouwels, R., H. Sierdsema & W.K.R.E. van Wingerden* (2006). Aanpassing LARCH; maatwerk in soortmodellen
- 24 *Buijs, A.E., F. Langers & S. de Vries* (2006). Een andere kijk op groen; beleving van natuur en landschap in Nederland door allochtonen en jongeren
- 25 *Neven, M.G.G., E. Turnhout, M.J. Bogaardt, F.H. Kistenkas & M.W. van der Zouwen* (2006). Richtingen voor Richtlijnen; implementatie Europese Milieurichtlijnen, en interacties tussen Nederland en de Europese Commissie
- 26 *Hoogland, T. & J. Runhaar* (2006). Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart
- 27 *Voskuilen, M.J. & T.J. de Koeijer* (2006). Profiel deelnemers agrarisch natuurbeheer
- 28 *Langeveld, J.W.A. & P. Henstra* (2006). Waar een wil is, is een weg; succesvolle initiatieven in de transitie naar duurzame landbouw
- 29 *Kolk, J.W.H. van der, H. Korevaar, W.J.H. Meulenkamp, M. Boekhoff, A.A. van der Maas, R.J.W. Oude Loohuis & P.J. Rijk* (2007). Verkenningen duurzame landbouw. Doorwerking van wereldbeelden in vier Nederlandse regio's

- 30 *Vreke, J., M. Pleijte, R.C. van Apeldoorn, A. Corporaal, R.I. van Dam & M. van Wijk* (2006). Meerwaarde door gebiedsgerichte samenwerking in natuurbeheer?
- 31 *Groeneveld, R.A., R.A.M. Schrijver & D.P. Rudrum* (2006). Natuurbeheer op veebedrijven: uitbreiding van het bedrijfsmodel FIONA voor de Subsidieregeling Natuurbeheer
- 32 *Nieuwenhuizen, W., M. Pleijte, R.P. Kranendonk & W.J. de Regt* (2008). Ruimte voor bouwen in het buitengebied; de uitvoering van de oude Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO) in de praktijk
- 33 *Boonstra, F.G., W.W. Buunk & M. Pleijte* (2006). Governance of nature. De invloed van institutionele veranderingen in natuurbeleid op de betekenisverlening aan natuur in het Drents-Friese Wold en de Cotswolds
- 34 *Koomen, A.J.M., G.J. Maas & T.J. Weijsschede* (2007). Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen; Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003
- 35 *Vader, J. & H. Leneman (redactie)* (2006). Draggers landelijk gebied; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 36 *Bont, C.J.A.M. de, C. van Bruchem, J.F.M. Helming, H. Leneman & R.A.M. Schrijver* (2007). Schaalvergroting en verbreding in de Nederlandse landbouw in relatie tot natuur en landschap
- 37 *Gerritsen, A.L., A.J.M. Koomen & J. Kruit* (2007). Landschap ontwikkelen met kwaliteit; een methode voor het evalueren van de rijksbijdrage aan een beleidsstrategie
- 38 *Luijt, J.* (2007). Strategisch gedrag grondeigenaren; Van belang voor de realisatie van natuurdoelen.
- 39 *Smits, M.J.W. & F.A.N. van Alebeek* (2007). Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie.
- 40 *Goossen, C.M. & J. Vreke* (2007). De recreatieve en economische betekenis van het Zuiderpark in Den Haag en het Nationaal Park De Hoge Veluwe
- 41 *Cotteleer, G., Luijt, J., Kuhlman, J.W. & C. Gardebroek* (2007). Oorzaken van verschillen in grondprijzen. Een hedonische prijsanalyse van de agrarische grondmarkt
- 42 *Ens B.J., N.M.J.A. Dankers, M.F. Leopold, H.J. Lindeboom, C.J. Smit, S. van Breukelen & J.W. van der Schans* (2007). International comparison of fisheries management with respect to nature conservation
- 43 *Janssen, J.A.M. & A.H.P. Stumpel (red.)* (2007). Internationaal belang van de nationale natuur; Ecosystemen, Vaatplanten, Mossen, Zoogdieren, Reptielen, Amfibieën en Vissen
- 44 *Borgstein, M.H., H. Leneman, L. Bos-Gorter, E.A. Brassier, A.M.E. Groot & M.F. van de Kerkhof* (2007). Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Ambities en aanbevelingen vanuit de sector
- 45 *Groot, A.M.E., M.H. Borgstein, H. Leneman, M.F. van de Kerkhof, L. Bos-Gorter & E.A. Brassier* (2007). Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Gestructureerde sectorialen als onderdeel van een monitoringsmethodiek
- 46 *Rijn, J.F.A.T. van & W.A. Rienks* (2007). Blijven boeren in de achtertuin van de stedeling; Essays over de duurzaamheid van het platteland onder stedelijke druk: Zuidoost-Engeland versus de provincie Parma
- 47 *Bakker, H.C.M. de, C.S.A. van Koppen & J. Vader* (2007). Het groene hart van burgers; Het maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid
- 48 *Reinhard, A.J., N.B.P. Polman, R. Michels & H. Smit* (2007). Baten van de Kaderrichtlijn Water in het Friese Merengebied; Een interactieve MKBA vingeroefening
- 49 *Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée* (2007). Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation; A preliminary assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections
- 50 *Woltjer, G.B. (met bijdragen van R.A. Jongeneel & H.L.F. de Groot)* (2007). Betekenis van macro-economische ontwikkelingen voor natuur en landschap. Een eerste oriëntatie van het veld
- 51 *Corporaal, A., A.H.F. Stortelder, J.H.J. Schaminée & H.P.J. Huiskes* (2007). Klimaatverandering, een nieuwe crisis voor onze landschappen ?
- 52 *Oerlemans, N., J.A. Guldemond & A. Visser* (2007). Meerwaarde agrarische natuurverenigingen voor de ecologische effectiviteit van Programma Beheer; Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 3
- 53 *Leneman, H., J.J. van Dijk, W.P. Daamen & J. Geelen* (2007). Marktonderzoek onder grondeigenaren over natuuraanleg: methoden, resultaten en implicaties voor beleid. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 54 *Velthof, G.L. & B. Fraters* (2007). Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgronden.
- 55 *Broek, J.A. van den, G. van Hofwegen, W. Beekman & M. Woittiez* (2007). Options for increasing nutrient use efficiency in Dutch dairy and arable farming towards 2030; an exploration of cost-effective measures at farm and regional levels
- 56 *Melman, Th.C.P., C. Grashof-Bokdam, H.P.J. Huiskes, W. Bijkerk, J.E. Plantinga, Th. Jager, R. Haveman & A. Corporaal* (2007). Veldonderzoek effectiviteit natuurgericht beheer van graslanden. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 2
- 57 *Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, & T. Kroon* (2008). Actualisatie hydrologie voor STONE 2.3. Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets
- 58 *Brus, D.J. & G.B.M. Heuvelink* (2007). Towards a Soil Information System with quantified accuracy. Three approaches for stochastic simulation of soil maps
- 59 *Verburg, R.W. H. Leneman, B. de Knegt & J. Vader* (2007). Beleid voor particulier natuurbeheer bij provincies. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 60 *Groenestein, C.M., C. van Bruggen, P. Hoeksma, A.W. Jongbloed & G.L. Velthof* (2008). Nadere

- beschouwing van stalbalansen en gasvormige stikstofverliezen uit de intensieve veehouderij
- 61 *Dirkx, G.H.P., F.J.P. van den Bosch & A.L. Gerritsen* (2007). De weerbaarste werkelijkheid van ruimtelijke ordening. Casuïstiek Natuurbalans 2007
- 62 *Kamphorst, D.A. & T. Selnes* (2007). Investeringsbudget Landelijk Gebied in natuurbeleid. Achtergrond-document bij Natuurbalans 2007
- 63 *Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J. Smits & J. Oenema* (2007). De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'
- 64 *Vries, S. de, T.A. de Boer, C.M. Goossen & N.Y. van der Wulp* (2008). De beleving van grote wateren; de invloed van een aantal 'man-made' elementen onderzocht
- 65 *Overbeek, M.M.M., B.N. Somers & J. Vader* (2008). Landschap en burgerparticipatie.
- 66 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink & J.N. Bosma* (2008). Synthese monitoring mestmarkt 2006.
- 67 *Slangen, L.H.G., N. B.P. Polman & R. A. Jongeneel* (2008). Natuur en landschap van rijk naar provincie; delegatie door Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG).
- 68 *Klijn, J.A., m.m.v. M.A. Slingerland & R. Rabbinge* (2008). Onder de groene zoden: verdwijnt de landbouw uit Nederland en Europa? Feiten, cijfers, argumenten, verwachtingen, zoekrichtingen voor oplossingen.
- 69 *Kamphorst, D.A., M. Pleijte, F.H. Kistenkas & P.H. Kersten* (2008). Nieuwe Wet ruimtelijke ordening: nieuwe bestuurscultuur? Voorgenomen provinciale inzet van de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (Wro) voor het landelijk gebied.
- 70 *Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen & J.F.M. Huijsmans* (2009). Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland
- 71 *Bakker, H.C.M., J.C. Dagevos & G. Spaargaren* (2008). Duurzaam consumeren; Maatschappelijke context en mogelijkheden voor beleid
- 72 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink & J.N. Bosma* (2008). Synthese monitoring mestmarkt 2007.
- 73 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, J. Clement, R.A. Groeneveld, J.J. de Jong, K. Oltmer, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk* (2008). Kosteneffectiviteit terrestrische Ecologische Hoofdstructuur; Een eerste verkenning van mogelijke toepassingen.
- 74 *Boer, S. de, W. Kuindersma, M.W. van der Zouwen & J.P.M. van Tatenhove* (2008). De Ecologische Hoofdstructuur als gebiedsopgave. Bestuurlijk vermogen, dynamiek en diversiteit in het natuurbeleid
- 75 *Wulp, N.Y. van der* (2008). Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006; Nulmeting Landschap naar Gebieden
- 76 *Korevaar, H., W.J.H. Meulenkamp, H.J. Agricola, R.H.E.M. Geerts, B.F. Schaap & J.W.H. van der Kolk* (2008). Kwaliteit van het landelijk gebied in drie Nationale Landschappen
- 77 *Breeman, G.E. & A. Timmermans* (2008). Politiek van de aandacht voor milieubeleid; Een onderzoek naar maatschappelijke dynamiek, politieke agendavorming en prioriteiten in het Nederlandse Milieubeleid
- 78 *Bommel, S. van, E. Turnhout, M.N.C. Aarts & F.G. Boonstra* (2008). Policy makers are from Saturn, ... Citizens are from Uranus...; Involving citizens in environmental governance in the Drentsche Aa area
- 79 *Aarts, B.G.W., L. van den Bremer, E.A.J. van Winden & T.K.G. Zoetebier* (2008). Trendinformatie en referentiewaarden voor Nederlandse kustvogels
- 80 *Schrijver, R.A.M., D.P. Rudrum & T.J. de Koeijer* (2008). Economische inpasbaarheid van natuurbeheer bij graasdierbedrijven
- 81 *Densen, W.L.T. van & M.J. van Overzee* (2008). Vijftig jaar visserij en beheer op de Noordzee
- 82 *Meesters, H.W.G., R. ter Hofstede, C.M. Deerenberg, J.A.M. Craeijmeersch, I.G. de Mesel, S.M.J.M. Brasseur, P.J.H. Reijnders & R. Witbaard* (2008). Indicator system for biodiversity in Dutch marine waters; II Ecoprofiles of indicator species for Wadden Sea, North Sea and Delta area
- 83 *Verburg, R.W., H. Leneman, K.H.M. van Bommel & J. van Dijk* (2008). Helpt boeren de Nationale Landschappen? Een empirische analyse van de landbouw en haar effecten op kernkwaliteiten
- 84 *Slangen, L.H.G., R.A. Jongeneel, N.B.P. Polman, J.A. Guldmond, E.M. Hees & E.A.P. van Well* (2008). Economische en ecologische effectiviteit van gebiedscontracten
- 85 *Schröder, J.J., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk & G.L. Velthof* (2008). Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest. Actualisering van kennis en de mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits
- 86 *Hoogeveen, M.W. & H.H. Luesink* (2008). Synthese monitoring mestmarkt 2008
- 87 *Langers, F. & J. Vreke* (2008). De recreatieve betekenis van de Ecologische Hoofdstructuur. Bijdrage van de EHS aan recreatief gebruik, beleving en identiteit
- 88 *Padt, F.J.G., F.G. Boonstra & M.A. Reudink* (2008). De betekenis van duurzaamheid in gebiedsgericht beleid
- 89 *Hoogland, T., G.B.M. Heuvelink & M. Knotters* (2008). De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht
- 90 *Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, R. Beunen & R.C. van Apeldoorn* (2008). Natura 2000 Benchmark; A comparative analysis of the discussion on Natura 2000 management issues
- 91 *Vries, S. de, J. Maas & H. Kramer* (2009). Effecten van nabije natuur op gezondheid en welzijn; mogelijke mechanismen achter de relatie tussen groen in de woonomgeving en gezondheid
- 92 *Meesters, H.W.G., A.G. Brinkman, W.E. van Duin, H.J. Lindeboom & S. van Breukelen* (2009). Graadmeterstelsel Biodiversiteit zoute wateren. I. Beleidskaders en indicatoren.
- 93 *Pleijte, M., J. Vreke, F.J.P. van den Bosch, A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk & P.H. Kersten*

- (2009). Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het Investeringsbudget Landelijk Gebied. Tussen government en governance
- 94** *Gaast, J.W.J. van der, H.Th. Massop & H.R.J. Vroon* (2009). Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden. Een pilotstudie
- 95** *Breman, B.C., J. Luttkik & J. Vreke* (2009). De aantrekkingskracht van het Nederlandse landschap. Een verkenning naar de relatie tussen ruimtelijke factoren en inkomend toerisme
- 96** *Jongeneel, R., H. Leneman (redactie), J. Bremmer, V.G.M. Linderhof, R. Michels, N.B.P. Polman & A.B. Smit* (2009). Economische en sociale gevolgen van milieu- en natuurwetgeving; Ontwikkeling evaluatiekader en checklist
- 97** *Meesters, H.W.G., R. ter Hofstede, I. De Mesel, J.A. Craeymeersch, C. Deerenberg, P.J.H. Reijnders, S.M.J.M. Brasseur & F. Fey* (2009). De toestand van de zoute natuur in Nederland. Vissen, benthos en zeezoogdieren
- 98** *Pouwels, R., M.J.S.M. Reijnen, M.F. Wallis de Vries, A. van Kleunen, H. Kuipers & J.G.M. van der Grefte* (2009). Water-, milieu- en ruimtecondities fauna: implementatie in LARCH
- 99** *Luttkik, J., B. Breman, F. van den Bosch & J. Vreke* (2009). Landschap als blinde vlek; een verkenning naar de relatie tussen ruimtelijke factoren en het vestigingsgedrag van buitenlandse bedrijven
- 100** *Vries, S. de* (2009). Beleving & recreatief gebruik van natuur en landschap; naar een robuuste en breed gedragen set van indicatoren voor de maatschappelijke waardering van natuur en landschap
- 101** *Adriaanse, P.I. & W.H.J. Beltman* (2009). Transient water flow in the TOXSWA model (FOCUS versions): concepts and mathematical description
- 102** *Hazeu, G.W., J. Oldengarm, J. Clement, H. Kramer, M.E. Sanders, A.M. Schmidt & I. Woltjer* (2009). Verfijning van de Basiskaart Natuur; segmentatie van luchtfoto's en het gebruik van het Actueel Hoogtebestand Nederland in duingebieden
- 103** *Smits, M.J.W., M.J. Bogaardt & T. Selnes* (2009). Natuurbeheer in internationaal perspectief; blik op Nederland, Denemarken en Engeland
- 104** *Schmidt, A.M. & L.A.E. Vullings* (2009). Advies over de kwaliteitsborging van de Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 105** *Boone, J.A. & M.A. Dolman (red.)* (2010). Duurzame Landbouw in Beeld 2010; Resultaten van de Nederlandse land- en tuinbouw op het gebied van *People, Planet en Profit*
- 106** *Borgstein, M.H. A.M.E. Groot, E.J. Bos, A.L. Gerritsen, P. van der Wielen & J.W.H. van der Kolk* (2010). Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw; Percepties over voortgang, knelpunten en handelingsopties voor functionele agrobiodiversiteit, gesloten voer-mest kringlopen en integraal duurzame stallen
- 107** *Bos, J.F.F.P., H. Sierdsema, H. Schekkerman & C.W.M. van Scharenburg* (2010). Een Veldleeuwert zingt niet voor niets! Schatting van kosten van maatregelen voor akkervogels in de context van een veranderend Gemeenschappelijk Landbouwbeleid
- 108** *Wamelink, G.W.W., W. Akkermans, D.J. Brus, G.B.M. Heuvelink, J.P. Mol-Dijkstra & E.P.A.G. Schouwenberg* (2011). Uncertainty analysis of SMART2-SUMO2-MOVE4, the Nature Planner soil and vegetation model chain
- 109** *Boer, T.A. & M. de Groot* (2010). Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2009. Eerste herhalingsmeting landschap en groen in en om de stad
- 110** *Reijnen, M.J.S.M., A. van Hinsberg, M.L.P. van Esbroek, B. de Knecht, R. Pouwels, S. van Tol & J. Wiertz* (2010). Natuurwaarde 2.0 land. Graadmeter natuurkwaliteit landecosystemen voor nationale beleidsdoelen
- 111** *Melman, T.C.P. & C.M. van der Heide* (2011). Ecosysteemdiensten in Nederland; Verkenning betekenis en perspectieven van ecosysteemdiensten. Achtergrondrapport bij Natuurverkenning 2011
- 112** *Hoogeveen, M.W. & H.H. Luesink* (2010). Synthese monitoring mestmarkt 2009
- 113** *Verdonschot, R.C.M. & P.F.M. Verdonschot* (2010). Methodiek waardering aquatische natuurkwaliteit; ontwikkeling van graadmeters voor sloten en beken.
- 114** *Spruijt, J., P.M. Spoorenberg, J.A.J.M. Rovers, J.J. Slabbekoorn, S.A.M. de Kool & M.E.T. Vlaswinkel* (2010). Mogelijkheden om milieueffectiviteit en kosten van gewasbescherming te optimaliseren.
- 115** *Heuvelink, G.B.M., R. Kruijine & C.J.M. Musters* (2011). Geostatistische opschaling van concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in het Nederlandse oppervlaktewater.
- 116** *Koeijer, T.J. de, M.W. Hoogeveen & H.H. Luesink* (2011). Synthese monitoring mestmarkt 2006-2010.
- 117** *Groot, M. de, I.E. Salverda, J.L.M. Donders & R.I. van Dam* (2012). Argumenten, drijfveren en collectieve identiteit van burgeracties tegen grote landschappelijke ingrepen.
- 118** *Fey, F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, W.E. Lewis, J. Cuperus, B.E. van der Weide, L. de Vos, M.L. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer* (2012). Ecologische ontwikkeling in een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee: Tussentijdse analyse van de ontwikkeling in het gesloten gebied in vergelijking tot niet-gesloten gebieden, vijf jaar na sluiting.

Wot

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

