Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta

De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren

Sander Wijnhoven & Herman Hummel

Monitor Taakgroep (KNAW/NIOO-CEME)
Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11

Eindrapport december 2009

Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta

De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren

Sander Wijnhoven & Herman Hummel

Monitor Taakgroep (KNAW/NIOO-CEME)
Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11

Eindrapport december 2009

Dankwoord

Graag willen wij de volgende personen bedanken voor hun bijdragen aan het project:

Ten eerste de onderzoeks medewerkers van de Monitor Taakgroep die door de jaren heen alle monsters hebben genomen en uitgezocht, en alle dieren hebben gedetermineerd, en de resultaten hebben opgeslagen en bijgehouden in de database van het NIOO-CEME. Graag willen de auteurs Pim van Avesaath en Anke Engelberts bedanken voor het meedenken en bediscussiëren van aan exoten gerelateerde onderwerpen. Vervolgens willen we Wiebe Lammers bedanken voor het bediscussiëren van onderzoeksvoorstellen en zijn betrokkenheid bij de opzet van dit project. En dank aan Tom van der Have voor zijn suggesties en opmerkingen bij het concept rapport, en zijn begeleiding van het project vanuit de opdrachtgever (Team Invasieve Exoten van het ministerie van LNV).

Voorkant: Oesterbanken (*Crassostrea sp.*) op de getijdeplaten in de Oosterschelde *(uit archief MT-groep)*.

© Copyright, 2009. Nederlands Instituut voor Ecologie. Yerseke, Nederland.

Alle rechten zijn beschermd. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband, elektronisch of op welke andere wijze ook en evenmin in een opslag systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs/directeur van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-CEME).

Wijnhoven, S., Hummel, H., 2009. Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. NIOO-CEME, Yerseke, the Netherlands. Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11, 192 pp.

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Team Invasieve Exoten van het ministerie van LNV.

Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11

KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke

Inhoudsopgave

Dankwoord 4
Inhoudsopgave 5
Samenvatting 5
1. Inleiding 9
2. Materiaal en methoden 11
2.1. Databeschikbaarheid 11
2.2. Data verwerking 11
2.3. Habitat karakterisering 13
2.4. Mogelijke impact van exoten 14
2.5. Enkele veel gebruikte begrippen 15
3. Resultaten 19
3.1. Polychaeta 19
3.1.1. *Microphthalmus similis* 19
3.1.2. *Syllidia armata* 21
3.1.3. *Nereis succinea* 27
3.1.4. *Nereis virens* 29
3.1.5. *Proceraea cornuta* 35
3.1.6. *Syllis gracilis* 37
3.1.7. *Ficopomatus enigmaticus* 42
3.1.8. *Tharyx marioni* 45
3.1.9. *Boccardiella ligerica* 47
3.1.10. *Marenzelleria viridis* 49
3.1.11. *Sabellaria spinulosa* 53
3.2. Gastropoda 61
3.2.1. *Crepidula fornicata* 61
3.2.2. *Gibbula sp.* 67
3.3. Bivalvia 68
3.3.1. *Crassostrea sp.* 68
3.3.2. *Ensis directus* 73
3.3.3. *Mya arenaria* 77
3.3.4. *Petricola pholadiformis* 80
3.4. Maxillopoda 87
3.4.1. *Balanus improvisus* 87
3.4.2. *Elminius modestus* 89
3.5. Malacostraca 90
3.5.1. *Hemigrapsus penicillatus* 90
3.5.2. *Rhithropanopeus harrisii* 93
3.5.3. *Corophium sextonae* 97

3.5.4. *Melita nitida* 101
3.5.5. *Mytilicola intestinalis* 103
3.6. Ascidiacea 104
3.6.1. *Ciona intestinalis* 104
3.6.2. *Molgula manhattensis* 106
3.6.3. *Styela clava* 108
4. Discussie 115
4.1. Het aandeel exoten in de Zeeuwse wateren 115
4.2. Hotspots voor opkomst en vestiging exoten 118
4.3. Exoten een gevaar of een aanwinst? 122
4.4. Aanbevelingen voor onderzoek naar exoten 125
4.5. Overzicht exoten Zeeuwse delta 127
5. Literatuur 133
6. Bijlagen 141
- Bijlage I. *Microphthalmus similis* kaartjes 141
- Bijlage II. *Syllidia armata* kaartjes 142
- Bijlage III. *Nereis succinea* kaartjes 143
- Bijlage IV. *Nereis virens* kaartjes 144
- Bijlage V. *Proceraea cornuta* kaartjes 145
- Bijlage VI. *Syllis gracilis* kaartjes 146
- Bijlage VII. *Ficopomatus enigmaticus* kaartjes 147
- Bijlage VIII. *Tharyx marioni* kaartjes 148
- Bijlage IX. *Boccardiella ligerica* kaartjes 149
- Bijlage X. *Marenzelleria viridis* kaartjes 150
- Bijlage XI. *Crepidula fornicata* kaartjes 151
- Bijlage XII. *Crassostrea sp.* kaartjes 152
- Bijlage XIII. *Ensis directus* kaartjes 153
- Bijlage XIV. *Mya arenaria* kaartjes 155
- Bijlage XV. *Petricola pholadiformis* kaartjes 156
- Bijlage XVI. *Balanus improvisus* kaartjes 157
- Bijlage XVII. *Elminius modestus* kaartjes 158
- Bijlage XVIII. *Hemigrapsus penicillatus* kaartjes 159
- Bijlage XIX. *Rhithropanopeus harrisii* kaartjes 160
- Bijlage XX. *Corophium sextonae* kaartjes 161
- Bijlage XXI. *Mytilicola intestinalis* kaartjes 162
- Bijlage XXII. *Ciona intestinalis* kaartjes 163
- Bijlage XXIII. *Molgula manhattensis* kaartjes 164
- Bijlage XXIV. *Styela clava* kaartjes 165
- Bijlage XXV. Hesioniodae ontwikkelingen 166
- Bijlage XXVI. Hesionidae trends 168

- Bijlage XXVII. Hesionidae regressies 168
- Bijlage XXVIII. Nereididae ontwikkelingen 169
- Bijlage XXIX. Nereididae trends 171
- Bijlage XXX. Nereididae regressies 171
- Bijlage XXXI. Syllidae ontwikkelingen 172
- Bijlage XXXII. Syllidae trends 173
- Bijlage XXXIII. Sylidae regressies 173
- Bijlage XXXIV. Polychaeta ontwikkelingen Westerschelde Oost 174
- Bijlage XXXV. Polychaeta regressies Westerschelde Oost 174
- Bijlage XXXVI. Polychaeten gemeenschappen Grevelingen 175
- Bijlage XXXVII. Polychaeten gemeenschappen Oosterschelde 175
- Bijlage XXXVIII. Polychaeten gemeenschappen Veerse Meer 176
- Bijlage XXXIX. Polychaeten gemeenschappen Westerschelde 176
- Bijlage XL. Gastropoda ontwikkelingen 177
- Bijlage XLI. Gastropoda trends 179
- Bijlage XLII. Gastropoda regressies 179
- Bijlage XLIII. Bivalvia ontwikkelingen 180
- Bijlage XLIV. Bivalvia trends 182
- Bijlage XLV. Bivalvia regressies 183
- Bijlage XLVI. Decapoda ontwikkelingen 185
- Bijlage XLVII. Decapoda trends 187
- Bijlage XLVIII. Decapoda regressies 187
- Bijlage XLIX. Ascidiacea ontwikkelingen 188
- Bijlage L. Ascidiacea trends 189
- Bijlage LI. Ascidiacea regressies 189
- Bijlage LII. Procentuele ontwikkelingen inheemse soorten en exoten 190
- Bijlage LIII. Totaal inheemse soorten en exoten trends 192
- Bijlage LIV. Totaal inheemse soorten en exoten regressies 192

Samenvatting

Wereldwijd wordt een toenemend aantal exoten en gebiedsvreemde soorten aangetroffen. Regelmatig worden individuen van niet-inheemse soorten geïntroduceerd. Slechts een klein percentage zorgt voor de tijdelijke vestiging van exoten, en een gedeelte daar van weet zich permanent te vestigen. Onder deze succesvolle exoten is vervolgens weer een groep te vinden die als invasief kan worden gezien. Om inzicht te krijgen in de opkomst en ontwikkeling en mogelijke impact van exoten, is het noodzakelijk om de gebieden van interesse regelmatig te checken dan wel te monitoren op exoten. In dit verband is een reeds 19 jaar lopende monitoring in zowel voor- als najaar van de bodemmacrofauna op zacht substraat in de grote wateren van de Zeeuwse delta zeer waardevol. De huidige rapportage geeft een gedetailleerd overzicht van de opkomst, verspreiding en ontwikkeling van exoten in de Zeeuwse wateren aan de hand van 19 jaar monitor gegevens, aangevuld met historische gegevens (1960-2008) van het NIOO-CEME over benthische gemeenschappen in de Zeeuwse delta. Gedurende de monitoring zijn 27 (vermeende) exoten soorten aangetroffen, waarvan 23 soorten zich uiteindelijk succesvol hebben gevestigd. Voor deze soorten is aan de hand van de monitoring gegevens in combinatie met literatuur gegevens de ecologische niche bepaald, de ontwikkelingen beschreven, en de mogelijke impact op het systeem, en de bodemdier gemeenschappen in het bijzonder, bepaald. Hieruit volgt dat 6 soorten in de Zeeuwse delta als invasief kunnen worden gezien, en dat nog eens 7 soorten mogelijk invasief zijn. Aan de hand van de verspreiding van de soorten in tijd en ruimte, zijn de hotspots voor de opkomst van exoten bepaald. Belangrijke vectoren voor de introductie van exoten op zacht substraat in de Zeeuwse delta blijken oester- en mosseltransporten en scheepvaart (zowel aangroei als ballastwater) te zijn. Zodoende zijn de hotspots voor introductie, waar monitoring ten behoeven van preventie en vroegtijdig opmerken zou moeten plaats vinden, met name gelegen in de oesterputten in de Oostelijke Oosterschelde en de Grevelingen, de diverse mosselbedden en cultures verspreid over de Oosterschelde, de grotere havengebieden van Antwerpen en Vlissingen-Borssele, en de kleinere vissers- en jachthaventjes rond de Grevelingen, Oosterschelde, Westerschelde en het Veerse Meer. Aangezien exoten met name succesvol zijn in ecologisch verarmde systemen lijkt het raadzaam om ook het Kanaal door Walcheren en het Kanaal door Zuid Beveland, tevens belangrijke verbindingsroutes, in de gaten te houden.

In alle 4 de grote Zeeuwse wateren spelen exoten een belangrijke zo niet dominante rol in de bodemdier gemeenschappen. In de Grevelingen waar het laatste decennium een duidelijke achteruitgang van de ecologische kwaliteit van het systeem wordt waargenomen bestaat zo'n 23 % van de bodemdieren uit exoten. In biomassa is dat momenteel 70 %, en dat is bijna 2 maal zo veel als begin jaren 90. Veruit de belangrijkste exoot is de gastropode *Crepidula fornicata* (het Muiltje), die het systeem volledig domineert. In de Oosterschelde nemen de aantallen aan inheemse fauna sinds 1990 significant toe, terwijl het aantal exoten gelijk blijft. In de Oosterschelde is 7.4 % van de gevonden bodemdieren exoot, wat overeenkomt met 41 % van de biomassa. De exoten biomassa neemt overigens wel significant toe, wat niet het geval is voor de biomassa aan inheemse soorten. De belangrijkste exoot in biomassa in het systeem die deze toename veroorzaakt is de tweekleppige *Ensis directus* (Amerikaanse zwaardschede). Het Veerse Meer werd vooral gekenmerkt door een achteruitgaande waterkwaliteit met een significante ecologische verarming van het brakwater systeem tot 2004, waarna de wateruitwisseling met de Oosterschelde werd vergroot en het meer zout werd. Exoten maken gemiddeld zo'n 20 % van de bodemdier gemeenschappen uit, echter de aantallen inheemse dieren nemen significant af, wat minder het geval is voor de exoten. In biomassa nemen de exoten zelfs significant toe en maken ze nu bijna 80 % van het macrobenthos uit. Wel lijken de soortenrijkdom aan inheemse soorten en exoten beiden recentelijk toe te nemen. De dominante exoot, met name in biomassa, is de tweekleppige *Mya arenaria* (Slijkgaper), die zowel de brakke gemeenschap uit het verleden als de zoute gemeenschap van nu domineert. In de veel dynamischere Westerschelde, waar de dichtheden en biomassa aan bodemdieren veel lager liggen dan in de 3 andere grote Zeeuwse wateren. Recentelijk nemen daar de biomassa en dichtheden aan exoten toe, terwijl die voor inheemse soorten min of meer gelijk blijven. Die toename van exoten komt vrijwel in zijn geheel op het conto van *E. directus*. Het percentage exoten in de biomassa is zodoende in korte tijd van 10 naar 70 % gegaan, in dichtheden maken de exoten zo'n 12 % uit.

De bovengenoemde weekdieren, *C. fornicata*, *E. directus* en *M. arenaria* vormen samen met *Crassostrea sp.* (Japanse oester, dus ook een weekdier), *Hemigrapsus penicillatus* (Penseelkrabje) en *Ficopomatus enigmaticus* (Trompetkalkkokerworm) de invasieve soorten aanwezig op zacht substraat in de Zeeuwse delta. De weekdieren hebben een grote impact op de waterkwaliteit, de

nutriëntengehaltes, de sediment structuur en het substraat aanbod (overigens niet allemaal negatief), en veroorzaken naast financiële schade, een verandering van het pallet aan aanwezige bodemdier gemeenschappen. Voor *F. enigmaticus* zou dit in principe ook gelden, zij het dat geen van de 4 grote Zeeuwse wateren nog veel laagdynamische brakwater stukken kent, en de soort dus met het zout worden van het Veerse Meer veel terrein heeft verloren. *H. penicillatus* is eigenlijk de enige soort die door rechtstreeks te concurreren om ruimte en voedsel de achteruitgang van een andere soort, in dit geval *Carcinus maenas* (Gewone strandkrab) op zijn geweten heeft. Voor een soort als *Crassostrea sp.* lijken er wel aanwijzingen te zijn dat er effecten zijn op soorten als *Mytilus edulis* (Gewone mossel) en *Ostrea edulis* (Platte oester), maar daar spelen ook andere factoren als waterkwaliteit, klimaat en ziektes een rol. Verder worden nog 7 soorten, waaronder 3 Polychaeten, een tweekleppige, en 3 kreeftachtigen (waaronder 2 waterpokken) geïdentificeerd als mogelijk invasief.

Verder levert de studie twee exoten op; *Syllidia armata* en *Syllis gracilis*, twee kleine Polychaeten soorten, waarvan werd verondersteld dat een keer in de 40-ere jaren in Nederland zijn gesignaleerd, die algemeen voorkomen in de Zeeuwse delta. Beide soorten hebben zich eind jaren 80 – begin 90 in de Oosterschelde gevestigd, en hebben van daar uit florerende populaties opgebouwd. Deze studie toont aan dat in het exoten onderzoek tot dus ver minder aandacht is geweest voor zacht substraat, en dat kleine organismen lange tijd niet zijn opgemerkt.

Van de in deze studie aangetroffen exoten in de Zeeuwse delta zijn 10 soorten nog niet in de Waddenzee gevonden. Vijf van deze soorten zijn kleine Polychaeten soorten, waarvoor het de vraag is of ze niet al in de Waddenzee aanwezig zijn, en mogelijk over het hoofd worden gezien. Het gaat om *Microphthalmus similis* en *Proceraea cornuta* waarvoor de kans groot is dat ze in de Waddenzee terecht zullen komen, en *Syllidia armata*, *Syllis gracilis* en *Sabellaria spinulosa*, waarvoor de kans op introductie kleiner wordt geschat. Van deze 5 soorten wordt echter geen grote impact verwacht bij introductie in de Waddenzee. Voor andere soorten; *Melita nitida* (een amphipode), *F. enigmaticus*, *Gibbula sp.* (Asgrauwe tolhoren; een slakje), *Corophium sextonae* (een amphipode) en *Molgula manhattensis* (Ronde zakpijp), wordt de kans op introductie in de Waddenzee oplopend van gemiddeld via behoorlijk tot groot geschat. Met name een introductie van *M. manhattensis* zou ten minste tijdelijk een behoorlijke impact op bodemdiergemeenschappen van vooral het vaste substraat kunnen hebben.

Ook voor de Zeeuwse delta laten de ontwikkelingspatronen zien dat we een toename en/of uitbreiding van enkele exoten kunnen verwacht. Voor H. penicillatus en *M. manhattensis* verwachten we in de toekomst een toename in de Westerschelde. Dit geldt ook voor *Crassostrea sp.* die we eveneens flink uitbreidend naar het Veerse Meer verwachten. Ook het maximum aan *E. directus* lijkt in de Westerschelde nog niet te zijn bereikt, en er wordt een verdere toename in de Oosterschelde en een vestiging in het Veerse Meer van deze soort verwacht. Twee andere soorten die in het Veerse Meer kunnen worden verwacht zijn *C. fornicata* en *Mytilicola intestinalis* (een copepode die zich in mosselen op houdt). Met het instellen van de Kier en het brak worden van het Westelijke deel van het Haringvliet (eind 2010), lijken *M. arenaria* en *Marenzelleria viridis* (een Polychaete) twee exoten die hiervan gebruik kunnen maken.

Puntsgewijs kort samenvattend:

- **Gedurende de periode 1990-2008 zijn 27 exoten soorten aangetroffen onder de bodemdieren van het zachte substraat in de Zeeuwse delta.**
- **Hieronder zijn 23 soorten die zich succesvol hebben gevestigd.**
- **Zes soorten zijn als invasief geïdentificeerd wat betekend dat ze een grote invloed hebben op het systeem of grote financiële kosten teweeg brengen.**
- **Van nog eens 7 andere soorten is het niet direct duidelijk of ze invasief te noemen zijn, maar hebben zeker een bepaalde invloed op het systeem.**
- **De belangrijkste middelen waarmee exoten de Zeeuwse wateren hebben bereikt, zijn scheepvaart (wandaangroei en ballastwater) en schelpdier transporten (oesters en mogelijk in toenemende maten mosselen).**
- **Hotspots waar mogelijke problematische exoten als eerste kunnen worden aangetroffen zijn dan ook oesterputten, mosselcultures, grotere havens, en vissers- en jachthaventjes.**
- **In de Grevelingen 23 % van de bodemdieren exoot, wat overeenkomt met 70 % van de biomassa. Het Muiltje (*Crepidula fornicata*) domineert het systeem.**
- **In de Oosterschelde is 7.4 % exoot; of terwijl 41 % van de biomassa, met de nog steeds toenemende Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) als belangrijkste speler.**
- **Het Veerse Meer wordt gedomineerd door de Slijkgaper (*Mya arenaria*) die er voor zorgt dat heden 80 % van de biomassa uit exoten bestaat. Eén op de 5 bodemdieren is exoot.**
- **Ook in de Westerschelde komt *E. directus* sterk opzetten en in korte tijd is het aandeel exoten in de biomassa van 10 naar 70 % gestegen.**
- **Andere exoten die problemen kunnen geven zijn de Japanse oester (Crassostrea sp.), taltrijk aanwezig in Oosterschelde en Grevelingen en toenemend in Westerschelde en Veerse Meer.**
- **De Gewone strandkrab (*Carcinus maenas*) lijkt juist sterk terrein te verliezen door de opkomst van het Penseelkrabbetje (*Hemigrapsus penicillatus*).**
- **Van twee kleine worm soorten (*Syllidia armata* en *Syllis gracilis*) waaran werd gedacht dat ze slechts éénmalig in de jaren 40 in Nederland waren aangetroffen blijken al zo'n 20 jaar florerende populaties in de Zeeuwse delta aanwezig te zijn.**
- **Zo'n 10 van de aangetroffen exoten soorten komen nog niet in de Waddenzee voor. Voor een groot aantal is de kans behoorlijk dat ze op termijn ook in de Waddenzee terecht gaan komen.**
- **Met uitzondering van de Ronde zakpijp (Molgula manhattensis) wordt bij introductie van deze soorten echter geen groot effect op de bodemdieren gemeenschappen verwacht.**
- **In de Zeeuwse delta wordt vooral een toename van een aantal exoten soorten in de Westerschelde verwacht, en ook het Veerse Meer zal door een aantal soort worden gekoloniseerd die daar dan mogelijk kunnen gaan uitbreiden.**

1. Inleiding

Wereldwijd wordt een toenemend aantal exoten en gebiedsvreemde soorten aangetroffen in mariene en estuariene gebieden. Zo ook in de Nederlandse wateren. Streftaris et al. (2005) onderscheiden een kleine 140 niet-inheemse soorten in de Noordzee, waaronder ruim 70 zoobenthische soorten. Reise et al. (1999) heeft het over zo'n 80 niet-inheemse soorten die zijn geïntroduceerd in de Noordzee, en Gollasch (2007) over 99 brak- en zoutwater soorten. Veel van deze evertebraten exoten zijn afkomstig uit het Westelijke deel van de Atlantische Oceaan en hebben de Noordzee regio bereikt via de scheepvaart. Anderzijds is er met name de laatste decennia spraken van een groot aantal Oost-Aziatische soorten die zich vestigen in de Noordzee regio, en ook aquacultuur blijkt een belangrijke bron te zijn (Gollasch, 2007). De meeste exoten vestigen zich in brakwater milieus, nabij havens, in de buurt van oesterkwekerijen, of groeien op hard substraat of op andere organismen (Reise et al., 1999; Wolff, 1999). Slechts enkele soorten zijn specifiek voor het zachte substraat. Terwijl in open water, 6 % van de organismen bestaat uit exoten, loopt dit aantal in de estuaria op tot 20 %. Het grootste gedeelte van de exoten in de Noordzee is specifiek te vinden in het Zuidelijke deel.

Bij de verspreiding en opkomst van exoten spelen twee aspecten een rol. Enerzijds zijn bepaalde biotopen mogelijk geschikter, of vatbaarder voor exoten, zoals estuaria en/of verstoorde milieus (Wolff, 1999). Anderzijds vindt er meer onderzoek plaats in bepaalde gebieden en op bepaalde substraten. Exoten worden vaak bij toeval in projecten aangetroffen, of door (sport-)duikers en hobbyisten gemeld. Het aantal specifiek op exoten gerichte projecten is beperkt. Hierdoor ligt de nadruk van de meldingen van exoten op grotere soorten van het harde substraat. Omdat de meldingen vaak ad hoc zijn, is het vaak ook moeilijk om een beeld te krijgen van de ontwikkelen (verspreiding en mogelijke toe- en afnames in aantallen en biomassa) van exoten.

De Monitor Taakgroep (MT) van het Centrum voor Estuariene Ecologie (NIOO-CEME) beschikt over een uitgebreide database met monitor gegevens van de benthische gemeenschappen voor de Zeeuwse delta. Voor sommige gebieden is er informatie beschikbaar die tot 60 jaar terug gaat. Vanaf 1990 worden de Zeeuwse wateren Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen en Veerse Meer in het kader van de MWTL (Monitoring van de Waterstaatskundige Toestand des Lands) door de Monitor Taakgroep gestructureerd in het voor- en najaar bemonsterd. Deze reeks wordt de BIOMON of Biologische Monitoring reeks genoemd. Naast een goed beeld van de ontwikkelingen in gemeenschappen geeft de continue monitorreeks van 19 jaar (inmiddels zo'n 15.500 monsters) ook de opkomst, ontwikkeling en verspreiding van exoten en gebiedsvreemde soorten van het zachte substraat weer, waarbij gedurende de gehele periode de monster intensiteit en distributie vergelijkbaar is.

Deze rapportage geeft een overzicht van alle gedurende de laatste 19 jaar waargenomen exoten en gebiedsvreemde soorten in de Zeeuwse delta (zoals aangetroffen in de BIOMON dataset). Voor de aangetroffen soorten wordt in deze rapportage aangegeven wanneer en waar ze voor het eerst zijn waargenomen, of het bij één of enkele waarnemingen is gebleven of dat de gevonden aantallen zijn toegenomen, of het gebied van voorkomen is uitgebreid, en hoe de soort zich heeft ontwikkeld en of dit ten koste is gegaan van andere (inheemse) soorten, en in welk milieu (sediment type, saliniteit, diepte, e.d.) de soort is waargenomen. Tevens is voor de aangetroffen soorten in de MT database nagegaan of ze mogelijk reeds voor 1990 in de Zeeuwse delta zijn waargenomen. Tot op heden is het aantal gemelde exoten op hard substraat groter dan het aantal zacht substraat exoten. We verwachten niet direct dat dit door onderzoek op zacht substraat zal veranderen, maar we verwachten wel dat er meer informatie over tot nu toe onderbelichte soorten naar boven komt. Soorten van het zachte substraat zijn in deze ook belangrijk vanwege de grote beschikbaarheid van dit substraat in de Zeeuwse delta, en de hoge aantallen die de soorten dus in potentie kunnen bereiken. Verder kan een gestructureerde monitoring over 19 jaar ook waardevolle informatie over overwegend hard substraat soorten opleveren omdat deze zich vaak ook op harde elementen in het zachte substraat gaan vestigen. Hierdoor kan ook een beeld van de ontwikkelingen van exoten typisch voor hard substraat worden verkregen.

Deze rapportage behelst geen gedetailleerd overzicht te geven van de verspreiding van exoten en waarnemingen over Europa, en de ontwikkelingen in Nederland waarvoor naar een aantal zeer goede overzichtsartikelen wordt verwezen; Wolff, 1973; Reise et al., 1999; Wolff, 1999; Wolff, 2005; Streftaris et al., 2005. Voor de details over de eerste waarnemingen wordt dan ook verwezen naar de citaties in deze werken. Slechts de eerste waarneming in Europa en in Nederland worden vermeld, verwijzend naar de standaard werken, en relevante observaties met betrekking tot het verschijnen en de

ontwikkeling van de soort in de Zeeuwse Delta. Deze rapportage zal in gaan op de ontwikkeling van de soorten in de Zeeuwse Delta aan de hand van de waarnemingen in de BIOMON monsters, en zal deze met name voor de ontwikkelingen voor 1990 combineren met andere projecten en waarnemingen van het NIOO-CEME, die echter niet gelijkelijk in ruimte en tijd verspreid uitgevoerd zijn. De waarnemingen van het NIOO-CEME zullen een beeld geven van de ecologie van het dier in de Zeeuwse wateren, door analyse van het voorkomen met betrekking tot substraat type, saliniteit, diepte en dynamiek. Deze gegevens worden gecombineerd met ecologische beschrijvingen uit de literatuur, waaruit het risico op verdere verspreiding en mogelijke effecten op bestaande gemeenschappen kan worden gedestilleerd.

De onderzoeksvragen die ten grondslag liggen aan deze rapportage en zullen worden beantwoord zijn:

- Welke exoten zijn er de afgelopen 19 jaar tijdens de BIOMON monitoring in de Zeeuwse Delta waargenomen?

- Hoe is de ontwikkeling van de waargenomen exoten in de Zeeuwse Delta in verspreiding, dichtheden en/of biomassa?

- Waar bevinden zich hotspots waar exoten voor het eerst worden gevonden of zich kunnen vestigen?

- Hoe groot is het aandeel succesvolle vestigingen van exoten in de Zeeuwse delta en hoe groot is het aandeel invasieve soorten?

Aan de hand van de vindplaats(en), de ontwikkeling van de soort in de Delta, en het type organisme wordt het risico op invasief worden van exoten (met het oog op in de toekomst arriverende exoten) geanalyseerd en wordt, indien mogelijk, aangegeven of er ook risico's zijn op verdere verspreiding, eventueel naar andere watergebieden in Nederland.

2. Materiaal en methoden

2.1. Databeschikbaarheid

Vanuit het Benthos Informatie Systeem (de database die alle gevalideerde gegevens van macrofauna monitoring projecten van het NIOO-CEME en zijn voorlopers van de afgelopen 60 jaar bevat) zijn alle gegevens van het BIOMON project (met dichtheden en biomassa per soort per monster en bijbehorend bemonsterd oppervlak, bemonsterde diepte, X-Y-coördinaten van de locatie, monsterdatum en het bemonsterde substraat type) geëxporteerd naar Microsoft Office Access. Hierbij is rekening gehouden met verschillende synoniemen die door de jaren heen zijn gebruikt; deze gegevens zijn onder één enkele soortnaam samengevoegd. Vanuit deze set zijn vervolgens deelselecties gemaakt voor verdere verwerking in Microsoft Office Excel, van waaruit gegevens konden worden geëxporteerd naar ArcCatalog en ArcMap voor het maken van verspreidingskaarten, en Systat 11 voor de statistische analyses en het maken van grafieken. De exoten en gebiedsvreemde soorten zijn als zodanig beschouwd wanneer dezen werden vermeld in de Soortenlijst van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, Subgroep Exoten (WEW, 2009), danwel in het standaardwerk van Wolff (2005).

2.2. Data verwerking

De waarnemingen van exoten binnen het BIOMON project zijn per soort in kaartjes van de Zeeuwse Delta geplot, met onderscheid tussen de jaren van waarneming. Bij een aantal genera komt het voor dat individuen regelmatig niet tot op soortniveau zijn gedetermineerd. Het kan hier gaan om het ontbreken van onderdelen (sommige soorten zijn nogal teer en breken snel waardoor ze incompleet in monsters terecht komen), ofwel gaat het om juvenielen die nog niet alle soortkenmerken vertonen. Meestal is dit een klein percentage van de dieren, en zijn dezen buiten beschouwing gelaten. In een enkel geval gaat het om een groot percentage van de dieren, en zijn er sterke indicaties dat het om de exoot gaat (andere soorten binnen het genus worden bijvoorbeeld niet in de Zeeuwse Delta aangetroffen). In die gevallen zijn ook die niet tot soort gedetermineerde individuen van het genus apart geanalyseerd, en is dit dus specifiek vermeld.

De Zeeuwse delta is ingedeeld naar de 4 grote bemonsterde bassins Grevelingen, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde. Dezen zijn weer onderverdeeld in deelgebieden, die ook binnen de BIOMON monitoring worden onderscheiden, en waarin de monitoring evenredig wordt uitgevoerd. In de Grevelingen wordt een Oostelijk en een Westelijk deelgebied onderscheiden, dit geldt ook voor het Veerse Meer, in de Oosterschelde in er tevens spraken van een Noordelijk deelgebied, en in de Westerschelde wordt in plaats van een Noordelijk deel, een Centraal deelgebied onderscheiden. Voor details omtrent de indeling en bemonstering naar deelgebieden binnen de BIOMON monitoring; zie onder andere Sistermans et al. (2009).

Om meer inzicht te krijgen in de verdere verspreiding binnen de Zeeuwse Delta, en ontwikkelingen voor 1990, zijn tevens de waarnemingen binnen andere projecten van het NIOO-CEME en zijn voorgangers in kaartjes geplot. Hierbij zijn alle waarnemingen meegenomen, dus ook bijvoorbeeld in Voordelta, Haringvliet en Krammer, en op de Noordzee. Echter, waarnemingen ver buiten de Zeeuwse Delta zijn niet weergegeven, daar we het kaartgebied hebben beperkt en grofweg in het Noorden bij de Maasvlakte, in het Zuiden bij de landsgrens, in het Westen bij het puntje van Zeeuws Vlaanderen en in het Oosten bij de oostkant van het Zoommeer hebben begrensd. De waarnemingen hebben we onderverdeeld in 4 perioden; 1960-1969, 1970-1979, 1980-1989 en 1990-2008 (overig), waarbij de laatste periode alle monsters met uitzondering van die van het BIOMON programma bevat. Er dient rekening te worden gehouden met de zeer variabele bemonsteringsintensiteit en –densiteit in de verschillende wateren. Dit betekend dat trends in de dichtheden en biomassa van de exoten over het algemeen niet uit deze gegevens kunnen worden geëxtraheerd, en dat zelfs de verspreiding van de waarnemingen sterk afhankelijk is van de verspreiding van de monsters en de bemonsterde biotopen, die sterk per project kunnen verschillen. Toch kunnen de gegevens van belang zijn omdat ze wel indicaties geven van het wel dan niet aanwezig zijn van soorten. In alle kaartjes zijn steeds de

bemonsterde locaties weergegeven met groene stipjes en de waarnemingen met symbolen, en de figuren zijn weergegeven in de Bijlagen.

De BIOMON gegevens kunnen dus wel worden geanalyseerd op trends in veranderingen van dichtheden en biomassa. Voor soorten die in ten minste in één van de bassins over de afgelopen 19 jaar frequent zijn waargenomen, zijn gemiddelde dichtheden (± standaard deviatie) voor het totale zachte substraat in dat bassin bepaald. Er wordt er dus van uit gegaan dat de bemonsteringen een representatief beeld geven van het geheel aan zachte substraat typen voor het desbetreffende bassin. Dit is een redelijke aanname, daar de methodiek van monstername over de gehele periode is gestandaardiseerd, waarbij ook rekening is gehouden met de geografische distributie (deelgebieden) en de verdeling over diepte strata. Wel kunnen de echte dichtheden op zacht substraat in bepaalde gebieden iets verschillen van de berekende, omdat bijvoorbeeld het aandeel van een bepaald stratum qua oppervlak iets groter of kleiner is. Echter de ontwikkelingen door de tijd kan men op deze manier perfect volgen, en ook de orden van groten van de gemiddelden zullen in de realiteit niet anders zijn.

De monstername in de Westerschelde is gerandomiseerd uitgevoerd met even grote inspanning per deelgebied en per dieptestratum (1 m boven NAP tot 2 m onder NAP; 2 – 5 m onder NAP; 5 – 8 m onder NAP; >8 m onder NAP). Dezelfde indeling naar strata is in de eveneens getijde hebbende Oosterschelde gehanteerd; hier liggen de eens gerandomiseerde monsterlocaties echter ieder jaar op dezelfde plek. Ook in de Grevelingen en het Veerse Meer liggen de monsterlocaties vast, maar in de Grevelingen worden de strata <2 m, 2 – 6 m en > 6 m diep onderscheiden, en in het Veerse Meer de strata <2 m, 2 – 8m en > 8 m diep (Sistermans et al., 2009). De macrofauna monsters zijn genomen tot een diepte van 30 cm in het substraat; en alle monsters zijn over een 1 mm zeef gezeefd (wat dus de ondergrens van de gevonden beestjes bepaald), gefixeerd met pH geneutraliseerde formaldehyde (4 %), en gekleurd met Bengaals Roze, om het uitzoeken te vergemakkelijken. De macrofauna monsters zijn uitgezocht en gedetermineerd door de onderzoeksassistenten van de Monitor Taakgroep. Het bemonsterde oppervlak bedraagt 0.020 m^2 voor de Grevelingen en Veerse Meer monsters van het 0-2 m stratum, die genomen zijn met een zogenaamde 'flushing sampler' vanuit een klein bootje. De diepere monsters worden met een Reineck Boxcorer genomen van een onderzoeksschip, waaruit vervolgens 0.015 m^2 wordt bemonsterd (3 steekbuizen). In de Oosterschelde en de Westerschelde wordt altijd 0.015 m^2 bemonsterd; hetzij met behulp van de boxcorer (>2 m), hetzij met de steekbuizen direct in het veld, lopende op de intergetijde platen. De gegevens zijn voor gebruik allemaal naar aantallen en milligrammen per vierkante meter omgerekend. Gedurende de 19 jaar BIOMON monitoring is er zowel in het voor- als in het najaar bemonsterd.

De ontwikkelingen van de dichtheden en biomassa per bassin zijn indien een soort in minstens één van de bassins frequent is aangetroffen in grafieken uitgezet. Dit is zowel voor het voorjaar als het najaar uitgevoerd, omdat er grote verschillen in abundanties tussen de seizoenen aanwezig kunnen zijn. De aanwezigheid van mogelijke significante trends (toenames of afnames) gedurende de gehele onderzoeksperiode, zijn bepaald met behulp van lineaire regressies, waarbij een significantie niveau van $p<0.05$ is gehanteerd. Rekening houdende met het ontstaan van bias door het veelvuldig testen van het zelfde type, is tevens aangegeven wat het significantie niveau is na Bonferroni correctie ($p=0.05/n$, waarbij n het aantal testen van het zelfde type is). Er is echter voor gekozen om al trends bij $p<0.05$ weer te geven omdat we de indicaties van de aanwezigheid van bepaalde ontwikkelingen niet willen missen. Wederom zijn de regressie analyses per seizoen uitgevoerd, omdat seizoenvariaties mogelijke trends door de jaren heen kunnen maskeren.

Wanneer exoten algemeen en/of frequent zijn aangetroffen in bepaalde delen van de Zeeuwse delta, en er de mogelijkheid bestaat op een impact van die soort(en) op verwante (inheemse) soorten en/of gemeenschappen, is de ontwikkeling van de dichtheden danwel biomassa geanalyseerd, veelal voor een groep soorten van de zelfde taxonomische klasse, orde of familie. Met behulp van lineaire regressie analyse (in Systat 11) is er getest op de aanwezigheid van significante trends in de ontwikkeling van soorten (zowel de exoten als de inheemse soorten) gedurende de onderzoekperiode, en op significante regressies tussen exoten en andere soorten. Hierbij is een significantie niveau van $p=0.05$ gehandhaafd, maar is ook het significantie niveau na Bonferroni correctie weergegeven. Potentiële impact op gemeenschapniveau is onderzocht met behulp van ANOSIM (Analyses of similarity) uitgevoerd in Primer v5. Hierbij worden mogelijke verschillen gemeenschappen, en clusters van gemeenschappen geanalyseerd, via paarsgewijze vergelijkingen. De grootte van de verschillen tussen de levensgemeenschappen wordt weergegeven met een R-waarde. Daarbij kan grofweg onderscheid worden gemaakt in de mate van scheiding tussen de groepen. Grote verschillen kennen een $R>0.75$. Wanneer $R>0.5$ en ≤ 0.75, dan is er spraken van overlappende groepen met duidelijke verschillen. Overlappende groepen met verschillen worden gekenmerkt door een R-waarde van

tussen de 0.25 en de 0.5. Wanneer R≤0.25, dan zijn de groepen nauwelijks te onderscheiden (Clarke & Gorley, 2001). De R-waarde zegt dus iets over de scheiding van de groepen, terwijl significantie ook rekening houdt met het aantal punten en de variatie tussen de punten binnen een groep. Ter voorbereiding op de ANOSIM is een 4de machtswortel transformatie uitgevoerd om het effect van dominante soorten te verminderen. De monsters zijn eerst aan een 'similarity' analyse gebaseerd op de Bray-Curtis formule onderworpen, wat noodzakelijk is voor uitvoer van een ANOSIM in Primer v5. Ter visualisatie is gebruik gemaakt van 'Non-metric Multi-dimensional scaling' (MDS) plots gebaseerd op de Bray-Curtis Matrices (Clarke & Gorley, 2001). Hierbij geeft de stressfactor de kwaliteit voor de 2D-representatie, van de afstanden tussen de monsterpunten met betrekking tot de soortensamenstelling, weer. Een stressfactor kleiner dan 0.25 is hierbij acceptabel.

2.3. Habitat karakterisering

Aan de hand van de distributie van de monsters met waarnemingen van een bepaalde exoot, is de diepte range van het voorkomen van die soort in de Zeeuwse Delta bepaald, waarbij de combinatie met een gemiddelde waarde en de spreiding, iets zegt over de voorkeur van de soort voor bepaalde strata. Op dezelfde manier is de voorkeur voor bepaalde substraat types geanalyseerd. Hierbij zijn absolute aantallen waarnemingen per substraat type echter omgerekend naar het procentuele aantal monsters per substraat type dat de soort bevat. Door alle percentages per soort op te tellen, en op 100 te stellen, wordt zo de distributie van de populaties van de soort over de substraat typen bepaald, bij gelijk aanbod, en dus de voorkeur van de soort bepaald. Deze methodiek houdt echter geen rekening met verschillen in dichtheden of biomassa, maar is puur gebaseerd op aan-/afwezigheidgegevens, wat ook een indicatie voor voorkeur van substraat types kan zijn. Toch zullen we het bij het bespreken van de resultaten, ondanks het negeren van abundantie, hebben over percentages van de populaties van een soort die aanwezig zijn op een bepaald substraat type. Substraat types die zijn onderscheiden (of waarin allerlei andere omschrijvingen zijn ondergebracht) zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1.
Standaardlijst van substraat omschrijvingen

Omschrijving	Code
Slib	S
Slibbig fijn zand	SFZ
Slibbig fijn zand met klei	SFZ+K
Slibbig fijn zand met schelpen	SFZ+B
Slibbig fijn zand met veen	SFZ+V
Zandig slib	ZS
Fijn zand	FZ
Fijn zand met laagje slib	FZ+LS
Fijn zand met schelpen	FZ+B
Middelfijn zand	MFZ
Middelfijn zand met schelpen	MFZ+B
Middelgrof zand	MGZ
Middelgrof zand met schelpen	MGZ+B
Grof zand	GZ
Grof zand met schelpen	GZ+B
Zeer grof zand	ZGZ
Schelpen	B
Stenen	R
Klei	K
Klei met veen	K+V
Veen	V
Klei met schelpen	K+B
Slib met schelpen	S+B
Onbekend*	?

*Voor een klein aantal monsters is het substraat type onbekend.

Rekening houdende met de locaties van de waarnemingen en het tijdstip waarop / jaartal waarin, kan worden afgeleid in welke range van saliniteit en/of dynamiek de soort in de Zeeuwse Delta wordt gevonden. Vanuit de literatuur wordt tevens inzicht in aspecten als voedselrijkheid en verontreiniging

van het systeem ingewonnen om de distributie van soorten te bediscussiëren. De waarnemingen worden gecombineerd met ecologische profielen voor zover beschikbaar uit de literatuur.

2.4. Mogelijke impact van exoten

Uit de literatuur blijkt vaak dat er indicaties zijn dat exoten in competitie gaan met inheemse soorten (hoewel ook vaak wordt gesteld dat exoten juist een aanvulling zijn op de aanwezige gemeenschappen), of dat ze hun omgeving of de bestaande gemeenschappen beïnvloeden. Wanneer er dergelijke aanwijzingen zijn, en de soort is talrijk in bepaalde delen van de Zeeuwse Delta, hebben we de mogelijke effecten van die soort geanalyseerd. Het kan hier gaan om directe competitie in ruimte of voor voedsel met een negatieve impact op (vaak verwante) soorten. Anderzijds kan de aanwezigheid van een soort leiden tot de verarming van een systeem, hoewel ook vaak de soort juist aanwezig is omdat het systeem verarmd is. Trends van soortontwikkelingen die mogelijk het verband houden met de ontwikkeling van exoten in dat gebied worden geanalyseerd en bediscussieerd.

Mogelijke effecten van exoten op inheemse soorten die we, na het zien van de eerste resultaten, hebben geanalyseerd zijn:

-Impact van exoten onder de Hesionidae, zijnde *Microphthalmus similis* en *Syllidia armata* op de inheemse Hesionidae fauna. Daar het gaat om kleine wormpjes zal een mogelijke impact met name meetbaar zijn in de aantallen.

-Impact van (mogelijke) exoten onder de Nereididae, zijnde *Nereis succinea* en *Nereis virens* op de inheemse Nereididae fauna. Daar het gaat om relatief grote wormen zal een mogelijke impact met name meetbaar zijn in de biomassa.

-Impact van exoten onder de Syllidae, zijnde *Proceraea cornuta* en *Syllis gracilis* op de inheemse Syllidae fauna. Daar het gaat om kleine wormpjes zal een mogelijke impact met name meetbaar zijn in de aantallen.

-Impact van *Marenzelleria viridis* op de biomassa van de diverse Polychaeten soorten en de Polychaeten gemeenschappen in het Oostelijke deel van de Westerschelde.

-Overzicht van de ontwikkelingen van de Polychaeten gemeenschappen in een ieder van de vier onderzochte bassins gedurende de onderzoeksperiode, en de mogelijke rol van exoten onder de Polychaeten hier in.

-Impact van *Crepidula fornicata* op de biomassa aan inheemse Gastropoda fauna.

-De dominantie van Bivalven soorten zullen het eerste zichtbaar zijn in de biomassa, daar de soorten in vergelijking tot andere benthische macrofauna relatief zwaar zijn. Tevens is de aanwezige biomassa het meest relevant, aangezien er zeer grote verschillen in de grote van aanwezige individuen kunnen optreden, en omdat mogelijk het belangrijkste effect van de aanwezigheid van tweekleppigen, gerelateerd is aan hun filtercapaciteit. Met die eigenschap kunnen de tweekleppigen grote invloed hebben op de nutriëntenbeschikbaarheid in wateren, en daarmee op de helderheid of het doorzicht van het water. Er zijn 4 soorten tweekleppigen exoten aangetroffen in de Zeeuwse delta op zacht substraat; namelijk *Crassostrea sp.*, *Ensis directus*, *Mya arenaria* en *Petricola pholadiformis*. De ontwikkelingen van deze exoten worden vergeleken met de ontwikkelingen van andere tweekleppigen, waarbij wordt gefocust op biomassa en procentueel aandeel in de totale Bivalvia gemeenschappen, en mogelijk gerelateerde ontwikkelingen tussen inheemse soorten en exoten.

-Impact van exoten onder de Decapoda, zijnde *Hemigrapsus penicillatus* en *Rhithropanopeus harrisii* op de inheemse Decapoda fauna gemeten in biomassa per soort.

-Impact van opkomst en ontwikkeling *Corphium sextonae* in Oosterschelde en Westerschelde op inheemse Corophiidae fauna. Daar de afmetingen van Corophiidae over het algemeen gering zijn, worden de eerste patronen met name in de dichtheden waargenomen, en bij zeer hoge dichtheden pas in de biomassa. De in deze rapportage getoonde resultaten van de analyse zullen zich dan ook richten op patronen in dichtheden.

-Impact van (mogelijke) exoten onder de Ascidiacea, zijnde *Ciona intestinalis*, *Molgula manhattensis* en *Styela clava* op de inheemse Ascidiacea fauna gemeten in biomassa per soort.

Door middel van het combineren van bovengenoemde gegevens zal indien mogelijk een voorspelling worden gedaan omtrent de mogelijke ontwikkeling van de soorten in de Nederlandse Delta en andere wateren in Nederland.

2.5. Enkele veel gebruikte begrippen

ANOSIM	Analyses of Similarity; een statistische toets om de overeenkomsten in soortensamenstelling tussen soortengemeenschappen of bodemdierenmonsters te testen; hieruit kan worden afgeleid of een bepaalde groep monsters/gemeenschappen duidelijk verschilt van een andere groep (ja of nee).
Ballastwater	Water wat in schepen wordt gebruikt om de diepgang, stabiliteit en sterkte van het schip te verbeteren wanneer het schip niet (volledig) geladen is. Dit gaat om grote hoeveelheden water die kunnen worden ingenomen en elders weer uit het schip worden gepompt. Dit water kan grote hoeveelheden organismen bevatten waaronder exoten.
BIOMON monitoring	Monitoring van de Mariene Biologische Gemeenschappen in de Nederlandse brakke en zoute wateren. Deze monitoring is door de Monitor Taakgroep van 1990 tot en met 2008 uitgevoerd (in het voor- en het najaar) voor de bodemdieren van het zachte substraat in de Zeeuwse delta, in opdracht van Rijkswaterstaat.
Bodemdieren	In deze studie de ongewervelde dieren (evertebraten) die leven in en op de bodem (zacht substraat) en die op een zeef met 1 mm maaswijdte blijven liggen.
Bonferroni correctie	Een correctie die wordt uitgevoerd op de resultaten van een statistische test om te corrigeren voor het veelvuldig testen op de zelfde manier (de kans dat je dan per toeval een significant resultaat vindt neemt dan namelijk toe; het significantieniveau, vaak p=0.05, wordt gedeeld door het aantal testen).
Broedval	De larven van schelpdieren transformeren in larvale schelpjes die op een gegeven moment te zwaar worden om nog in de waterkolom te zweven. De kleine schelpjes (broed) zakt dan naar de bodem waar het zich vestigt. Wanneer dit massaal op treed spreekt men van broedval.
Dynamisch milieu	Gebied met hoge stroomsnelheden en/of golfslag aan de bodem. (Gebied met hoge lineaire stroomsnelheid (>0.8 m/s) aan de bodem, of blootgesteld aan golfslag met vergelijkbare krachten (>0.2 m/s orbitaal stroomsnelheid), of kust met strijklengte van golven onder een hoek van minstens 20 graden haalt een afstand van 80 tot 240 kilometer; Wijnhoven et al., 2007).
Ecologisch verarmd	Een milieu waar door een bepaalde stress (chemisch, fysisch, biologisch en/of antropogeen) de soortenrijkdom en/of diversiteit significant lager is dan normaliter onder onverstoorde omstandigheden kan worden verwacht.
Exoot	Een organisme dat zich heeft gevestigd in een land/zee waar het oorspronkelijk niet vandaan komt, en daar terecht is gekomen op een niet natuurlijke manier (zoals uitgezet, meegelift, via schelpdiercultuur, ballastwater, aangroei aan boten, aangelegde nieuwe verbindingen). Hoe lang een soort aanwezig dient te zijn in een land om van exoot naar inheems over te gaan staat te discussie. In dit rapport worden ook soorten die ruim 200 jaar in Nederland aanwezig zijn, maar zeer waarschijnlijk via de mens hier terecht zijn gekomen, als exoot gezien.

Fecunditeit	Potentiële reproductieve capaciteit van organismen of populaties. Aantal nakomelingen waar een organisme voor kan zorgen.
Geassocieerd	Aanverwant. Soorten die vaak samen onder de zelfde condities worden gevonden, worden geassocieerde soorten genoemd. Het kan zijn dat de ene soort het milieu geschikt maakt voor de andere soort.
Gebiedsvreemd	Een soort die zich buiten zijn natuurlijke verspreidingsgebied heeft gevestigd. Soorten die oorspronkelijk voorkomen in het Noord-Oost Atlantische gebied, maar niet bekend zijn voor Nederland tot zeer recentelijk, worden als gebiedsvreemd gezien.
Habitat	Leefomgeving; de plaatsen waar een bepaald organisme voorkomt, omdat de abiotische factoren en biotische factoren van die plaatsen voldoen aan de eisen en toleranties die het organisme stelt om te kunnen overleven, groeien en voortplanten.
Impact	De invloed of het effect van een bepaalde actie, van de aanwezigheid en/of uitbreiding van een bepaalde soort, of omstandigheid.
Indifferent	Ongevoelig; soorten die geen hinder ondervinden van bepaalde stressoren die wel een impact kunnen hebben op andere soorten
Inheems	Van nature in het land of in het gebied voorkomend.
Intertidaal	Intergetijdengebied; het gebied tussen de laag- en de hoogwaterlijn.
Invasief	Een invasieve soort is een exoot die buiten zijn natuurlijke verspreidingsgebied een bedreiging vormt voor of een grote impact heeft op het milieu, de economie en/of de menselijke gezondheid.
Macro-zoobenthos	Dierlijke organismen levende in en op het zachte substraat van aquatische milieus die na bemonstering achter blijven op een 1 mm zeef.
MDS	Multi-Dimensional Scaling; een methode om de overeenkomsten en relatieve verschillen tussen gemeenschappen weer te geven in een 2- of 3-dimensionaal figuur. Verschillen of overeenkomsten in soortencompositie tussen monsters/gemeenschappen worden berekend, waarbij eventueel gebruik wordt gemaakt van een datatransformatie, waarna de relatieve verschillen/overeenkomsten zichtbaar worden gemaakt in een plot als zijnde de afstand tussen monsters/gemeenschappen. In deze rapportage is gebruik gemaakt van Primer v5 voor het maken van MDS-plots.
Mesohalien	Een brakwater milieu met saliniteit gelegen tussen de 5 en de 18.
Mosselbed	Een clustering van mossels die zodoende een potentieel biotoop vormen voor andere soorten. Er zijn natuurlijke mosselbedden, maar er zijn ook mosselculturen waar mossels in percelen worden uitgezet, en zodoende een artificieel mosselbed vormen.
Niche	De ecologische niche is een n-dimensionaal hypervolume waarbinnen de soort een stabiele en leefbare populatie kan onderhouden. De niche van een soort wordt afgebakend door een veelheid aan abiotische en biotische factoren waarbij de grenzen ook wel tolerantiegrenzen worden genoemd.
NIOO-CEME	Het Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie van het Nederlands Instituut voor Ecologisch Onderzoek, gevestigd in Yerseke.
Oesterput	Binnen- of buitendijks gelegen bassins, dan wel enigszins afgeschermde percelen, waarbinnen oesters worden uitgezet en opgekweekt.

Permanent gevestigd	Een exoot of gebiedsvreemde soort die na vestiging succesvol is gebleken; de soort kan zijn volledige levenscyclus in het gebied volbrengen, en kan onafgebroken in het gebied worden aangetroffen.
Recentelijk gevestigd	Een exoot of gebiedsvreemde soort die recentelijk in Nederland is gearriveerd, en waarbij het er op lijkt dat de soort zijn volledige levenscyclus in het gebied kan volbrengen, en de vestiging van de soort mogelijk een permanent karakter kan gaan krijgen.
Resistent	Weerstand; Soorten die goed bestand zijn tegen bepaalde condities; vaak stress omstandigheden voor andere soorten.
Saliniteit	Zoutgehalte; Saliniteit is dimensieloos, en is voor brak water gelegen tussen de 0.5 en 30 en voor zout water tussen de 30 en de 40.
Significante regressie	Een volgens een statistische test aangetoonde samenhang tussen factoren en/of parameters. In deze rapportage gaat het om een samenhang in de ontwikkeling van soorten die positief is (de ontwikkeling van de soorten loopt parallel) of negatief is (waar de ene soort toe neemt, neemt de ander af, en vice versa).
Significant resultaat	De bevindingen zijn volgens een statistische methodiek als zeer waarschijnlijk bevonden, waarbij de kans op toeval minimaal (afhankelijk van het significantie niveau; veelal wordt 5 % aangehouden) is.
Soortendiversiteit	Een indicator voor de samenstelling van een gemeenschap, die het aantal soorten en de evenwichtigheid van de verdeling van individuen over de soorten, combineert. Een hoge soortendiversiteit wordt vaak gezien als een indicator voor een goede milieukwaliteit of een gezond systeem.
Spat	De jonge schelpdieren (zojuist gemetamorfoseerde larven) die zich gaan vestigen op het substraat. De jonge schelpjes zijn op dit moment net te zwaar om in de waterfase te blijven, waardoor ze uitzakken en op het substraat terecht komen.
Sublitoraal	Het onderwatermilieu dat in een getijdenwater permanent onder water blijft. Gelen onder de laagwaterlijn.
Substraat	'Bodem' waarop of waarin macrofauna zich kan vestigen. Er wordt vaak onderscheid gemaakt tussen hard en zacht substraat, en tussen natuurlijk en artificieel substraat. In principe kan al het vaste materiaal een substraat vormen voor de vestiging van soorten (ook andere organismen).
Succesvolle exoot	Exoot die zijn levenscyclus weet te volbrengen in de Nederlandse wateren, en die er in slaagt om levensvatbare populaties op te bouwen, die niet afhankelijk zijn van de aanvoer van individuen van die soort van buitenaf.
Tijdelijk gevestigd	Een exoot of gebiedsvreemde soort waarvan wordt betwijfeld of deze gedurende alle frequent voorkomende omstandigheden zich weet te handhaven en zijn levenscyclus weet te volbrengen. Maar onder bepaalde gunstige omstandigheden kan de exoot gedurende kortere of zelfs langere perioden aanwezig zijn, tot de volgende ongunstige omstandigheid.
Tolerant	Bestand tegen bepaalde omstandigheden; vaak betekent dit dat een soort goed bestand is tegen bepaalde stressoren, waar andere soorten juist problemen mee hebben.
Vector	Het transportmiddel waarmee een exoot in een nieuw gebied terecht komt. Schepen, schelpdieren, watervogels, waterplanten en bijvoorbeeld de mens kunnen vectoren zijn voor de introductie van exoten.

Verrijkt milieu	Een milieu waarin een overmaat aan voedingsstoffen aanwezig is, veelal niet van natuurlijke afkomst.
Voordelta	Het Noordzeegebied voor de Nederlandse kust, grofweg reikend van de waterlijn tot de 20 meter diepte lijn, in het noorden begrensd door de Eurogeul, en in het zuiden reikend tot of tot en met de monding van de Westerschelde. De Voordelta is een aanduiding die ook veel wordt gebruikt als aanduiding voor de kuststrook in verband met vogelrichtlijn, habitatrichtlijn en/of natuurreservaat gebieden voor de kust van de Zeeuwse delta.
Zacht substraat	Substraat hoofdzakelijk bestaande uit kleine losse deeltjes/korrels, variërend van slib tot zeer grof zand (en alles wat daar tussen zit), eventueel in de aanwezigheid van harde elementen als stenen en schelpen. De Monitor Taakgroep van het NIOO-CEME hanteert als definitie, al het substraat dat te bemonsteren valt met steekbuizen en/of boxcorers.
Zeeuwse delta	De grote watergebieden van Zeeland; in deze rapportage bestaande uit de 4 bassins Grevelingen, Oosterschelde, Veerse Meer en Westerschelde. Het kan echter ook breder worden gezien, en alle binnenwateren, en/of het land omvatten.

3. Resultaten

Achtereenvolgens zullen de op zacht substraat aangetroffen exoten in de Zeeuwse delta tijdens de BIOMON monitoring van 1990 tot en met 2008 worden behandeld, geordend in taxonomische klasses, en waar verhelderend verder onderverdeeld in ordes en/of families. Er zal globaal worden ingegaan op de achtergrond van de exoten, gebied van herkomst, en de eerste vestiging en verspreiding in Nederland. Vervolgens worden de waarnemingen in de NIOO-CEME database behandeld en wordt ingegaan op de ontwikkelingen. Vervolgens volgt een habitat karakterisering op grond van de BIOMON gegevens in combinatie met ecologische gegevens uit de literatuur.

3.1. Polychaeta

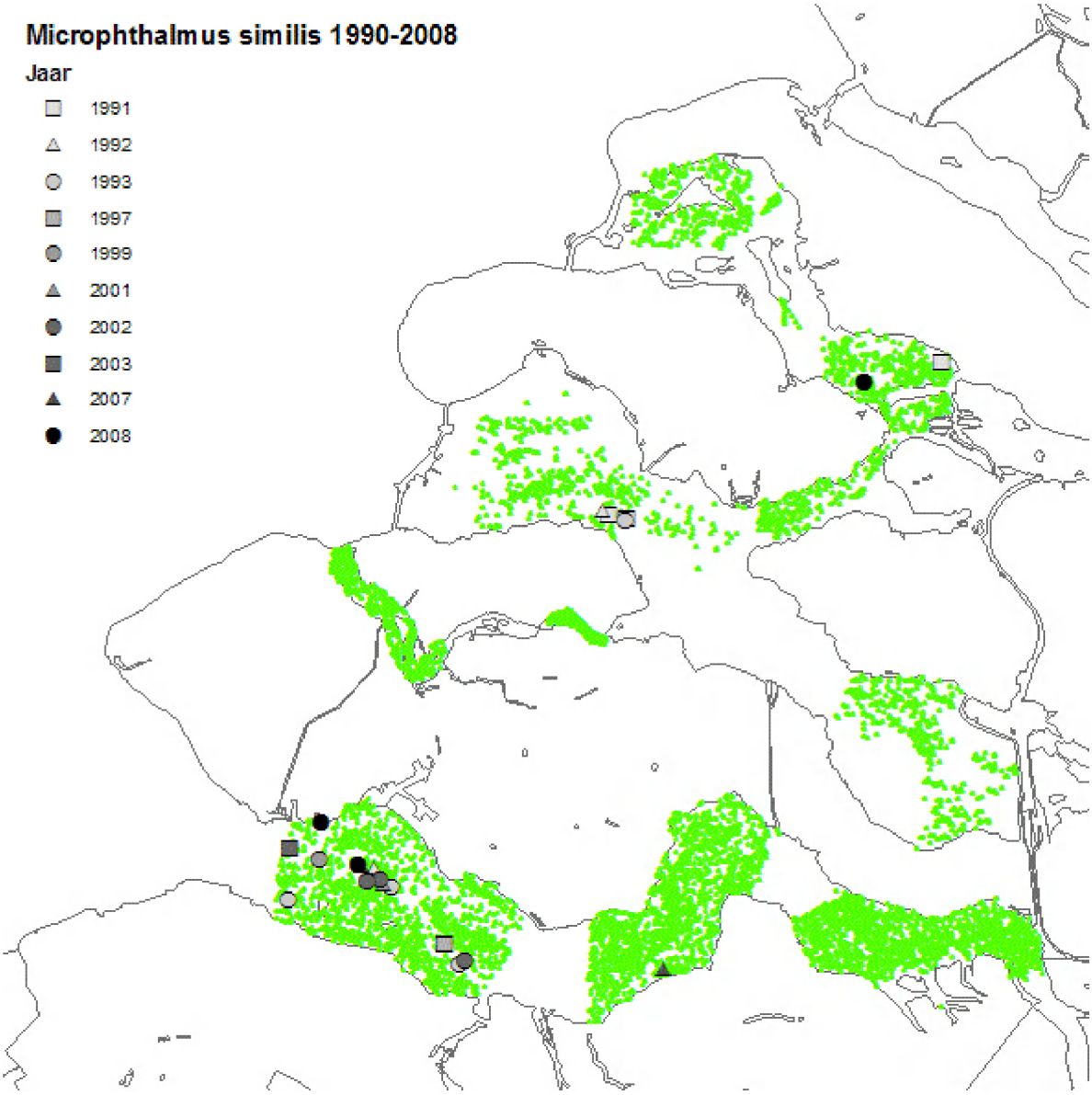
Phyllodocida

Hesionidae

3.1.1. *Microphthalmus similis*

Het is onduidelijk of de polychaete *Microphthalmus similis* een exoot mogelijk afkomstig uit de Zwarte Zee of de Middellandse Zee regio is, of dat de soort in Nederland inheems is. De soort is in ieder geval begin jaren 60 reeds in de Voordelta aangetroffen, nadat de soort in West Europa was ontdekt in 1962 in het Duitse deel van de Waddenzee en later ook in Denemarken (Wolff, 2005). Wolff (2005) geeft aan dat de soort zich ten minste tijdelijk in Nederland heeft gevestigd. Gittenberger (2009) meldt dat *M. similis* slechts in de Voordelta wordt gevonden. In de database van het NIOO-CEME komt *M. similis* inderdaad ook al voor in een monster van de Noordzee van 1966 (Bijlage I). In de jaren 70 wordt de soort niet aangetroffen, wat er op duidt dat de dichtheden en verspreiding lange tijd beperkt is gebleven. In 1987 wordt de soort in de Voordelta aangetroffen ter hoogte van de Grevelingen, en in 1988 op twee locaties ter hoogte van de Oosterschelde. In 1988 wordt *M. similis* echter ook voor het eerst in de Westerschelde aangetroffen, in het Westelijke en het Centraal-westelijke deel. Bij analyse van de BIOMON gegevens wordt *M. similis* ook in 1992 in het westelijke deel van de Westerschelde gevonden, en daarna op verschillende locaties in 1993. Toch blijft de trefkans gering, en zijn er daarna waarnemingen in 1997, 1999 en in de jaren 2001 tot en met 2003 en 2007 en 2008. In het centrale deel van de Westerschelde worden in een monster uit 2007, twee exemplaren aangetroffen. In een andere monster campagne blijkt *M. similis* in 1990 ook al op twee locaties in het Oostelijke deel van de Westerschelde aanwezig te zijn.

In 1991 wordt *M. similis* echter ook al eens in het Oostelijke deel van de Grevelingen aangetroffen. Dit komt nog een keer voor in 2008. In het Westelijke deel van de Oosterschelde wordt *M. similis* in de jaren 1991 tot en met 1993 aangetroffen. Gegevens uit andere monster campagnes tussen 1990 en 2008 laten zien dat de polychaete frequent wordt gevonden in de Voordelta ter hoogte van de Oosterschelde, maar ook ter hoogte van de Haringvliet en de Nieuwe Waterweg. Het lijkt er op dat deze duidelijk mariene soort ten minste al 50 jaar aanwezig is, echter wel in geringe aantallen. Hierbij zijn er wat fluctuaties in de populatie omvang die het mogelijk laten lijken alsof de soort begin jaren 60 arriveert en eind jaren 80 en begin 90 na afwezigheid terug komt. Aannemelijker is dat er fluctuaties in de populatie omvang aanwezig zijn. In de Voordelta en het zoute deel van de Westerschelde handhaaft de soort zich permanent. Het blijkt dat de soort ook in andere zoute wateren als de Grevelingen en de Oosterschelde kan voorkomen; hetzij tijdelijk, hetzij permanent in lage dichtheden en zeer locaal. Naast een zout milieu, prefereert de soort waarschijnlijk ook een flinke nutriënten aanvoer waardoor de soort met name buitengaats voor mondingen van rivieren wordt gevonden. Ook Carvalho et al. (2005) meld de soort in Portugal als specifiek voor de uitgaande zijde van lagunes waar de zee invloed het grootst is en het aantal soorten en hun aantallen gering.



Figuur 1.
Microphthalmus similis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De gemiddelde diepte waarop *M. similis* wordt gevonden met 13.5 ± 8.2 m laat zien dat de soort met name in diepere wateren wordt gevonden, maar de waarnemingen zijn gedaan in een range van intertidaal (0 m) tot 36.8 m. In verhouding naar het aantal monsters genomen per substraat type, is ruim 46.6 % van de populaties aan *M. similis* te vinden op middelgrof zand met schelpen. De associatie met schelpen en of schelpgruis is duidelijk door nog eens een 30.4 % van de populatie voor komt op middelfijn zand en grof zand met schelpen. De voorkeur voor grovere substraten of juist een hoog dynamisch milieu blijkt hier ook uit, te meer daar nog eens een 13.3 % van de populatie te vinden is op middelgrof zand en grof zand.

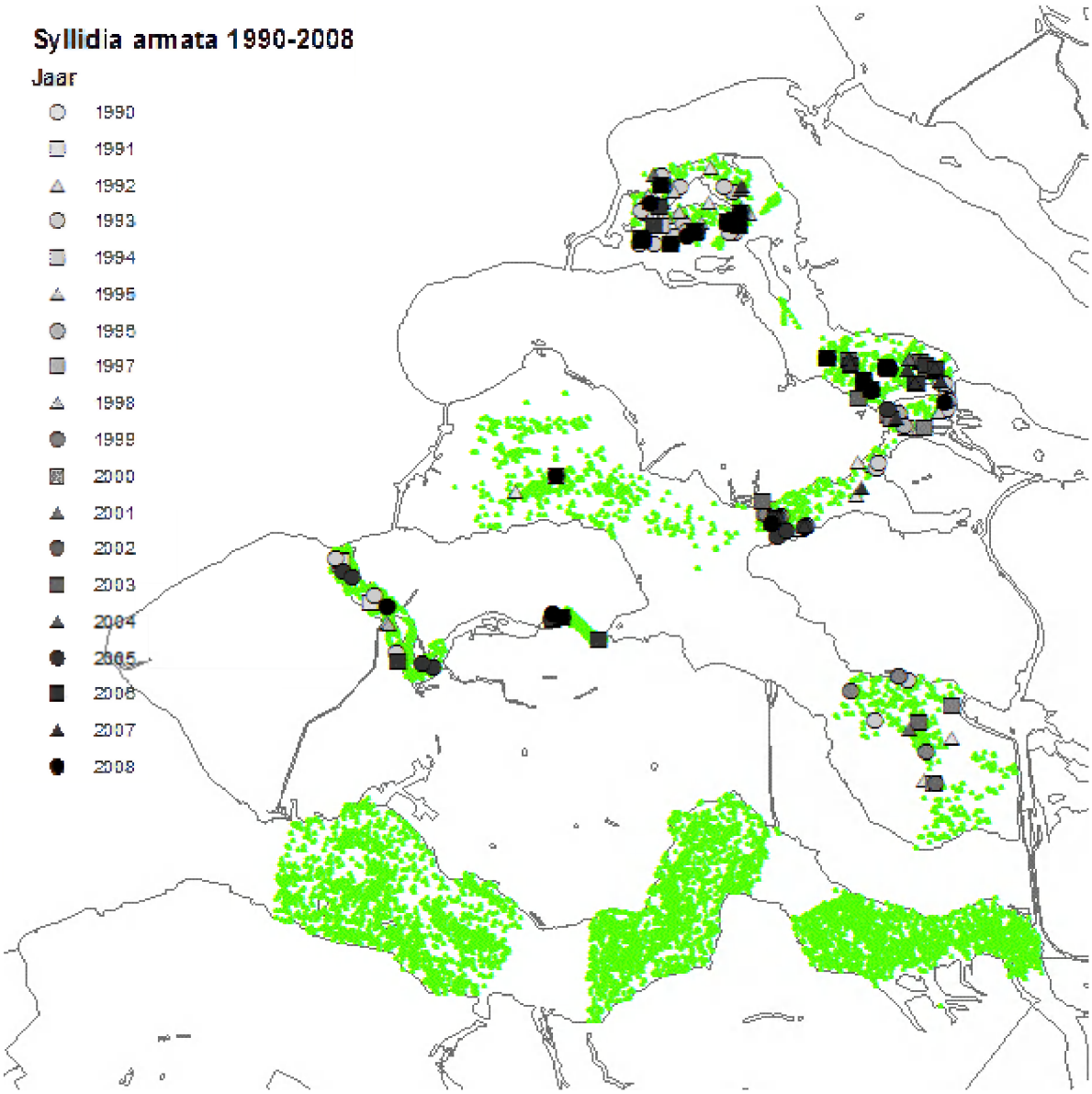
M. similis is mogelijk een exoot die zich begin jaren 60 in de Voordelta heeft gevestigd. Het is ook mogelijk dat de soort reeds langer in de Nederlandse wateren aanwezig is, of zelfs als inheems kan worden beschouwd. De soort heeft zich vanuit de Noordzee en Voordelta in de Westerschelde gevestigd, en wordt ook wel eens gevonden in de Oosterschelde en de Grevelingen. De soort heeft zich permanent gevestigd in de Zeeuwse delta, maar wordt slechts plaatselijk en in lage dichtheden aangetroffen. *M. similis* is dan ook niet invasief, en er worden geen grote populatie toenames of gebiedsexpansies van deze soort verwacht. Vestiging van de soort in Noord Nederlandse wateren,

zoals de Waddenzee waar *M. similis* vooralsnog niet is gevonden (Wijsman & De Mesel, 2009), is niet ondenkbaar. De impact van deze soort op de inheemse gemeenschappen is echter gering.

3.1.2. *Syllidia armata*

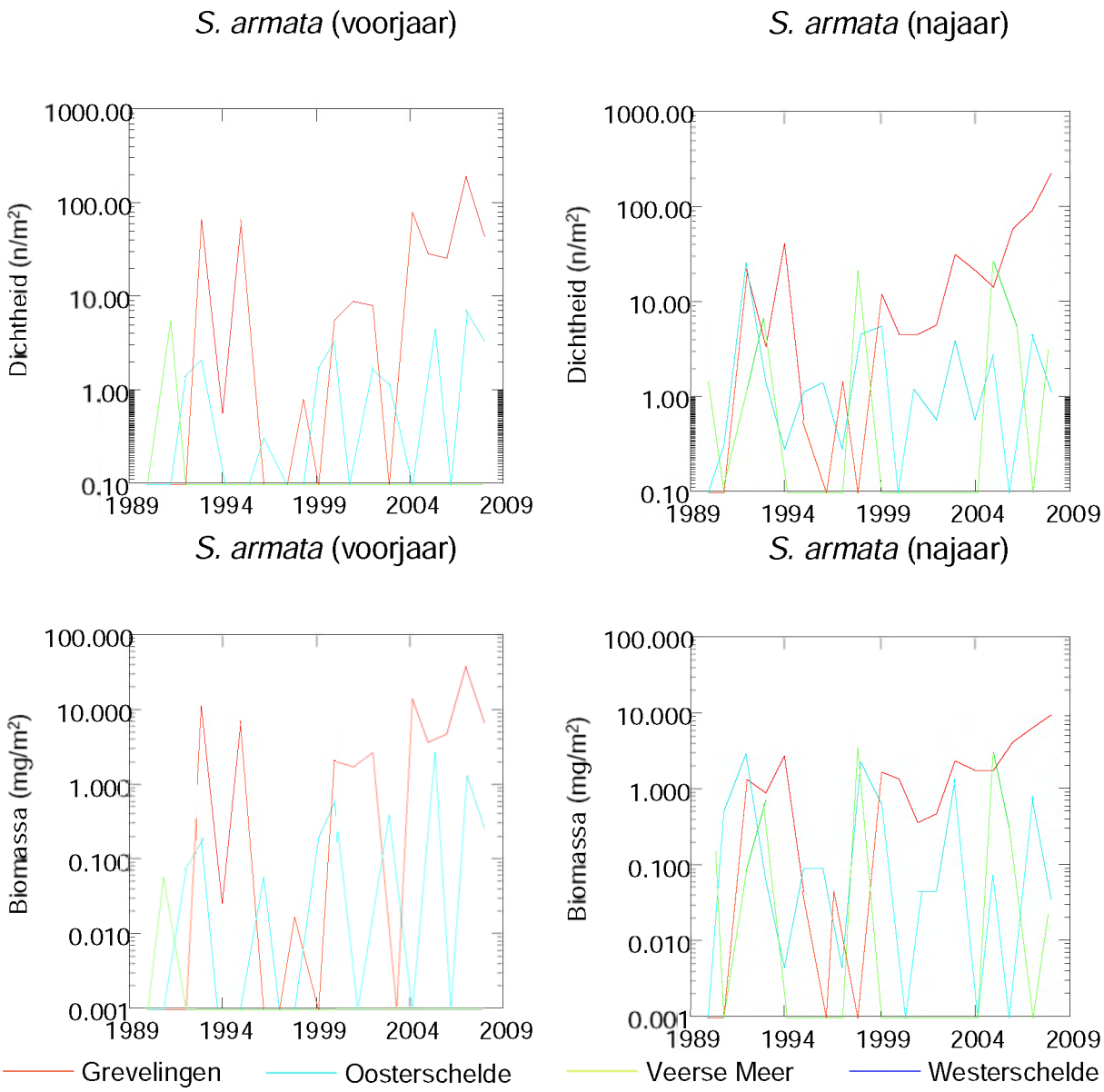
De van oorsprong Noord-Oost-Atlantische niet inheemse polychaete *Syllidia armata* wordt door Wolff (2005) vermeldt als een niet permanent gevestigde soort die mogelijk met oesters vanuit Frankrijk is geïntroduceerd. Wolff (2005) vermeld echter dat de soort slechts eenmalig in 1943 op een oester in de Oosterschelde is aangetroffen. Ook in de database van het NIOO-CEME komt de soort niet voor, voor aanvang van de BIOMON monitoring in 1990. Echter met de start van dat programma, wordt de soort direct in het najaar van 1990 in het Westelijke deel van het Veerse Meer aangetroffen (Figuur 2). In dat gedeelte van het Veerse Meer blijkt de soort ook op meerdere locaties aanwezig te zijn in 1991 en 1993, waarna de soort weer uit beeld raakt en slechts eenmalig in 1998 wordt gevonden. In 2005 is *S. armata* weer op een flink aantal locaties aanwezig, waarna nog een waarneming in 2006 en in 2008 volgen. In het Centraal-Westelijke deel van het Veerse Meer, is *S. armata* dan ook eens in 1992 en in 1993 waargenomen, waarbij het dan overigens steeds gaat om meerdere exemplaren per monster. In het Oostelijke deel van het Veerse Meer blijft de soort lange tijd ontbreken, totdat er diverse exemplaren in 2005 worden aangetroffen, gevolgd door waarnemingen in 2006 en 2008. Het lijkt er dus op dat de soort zich begin jaren 90 weet te handhaven in het Westelijke deel van het Veerse Meer, maar met de achteruitgang van de waterkwaliteit steeds zeldzamer wordt. Wanneer de soort in het Veerse Meer terecht is gekomen, is onduidelijk, daar het er op lijkt dat de soort gedurende lange tijd is gemist, en mogelijk voor een andere soort is aangezien. *S. armata* is zeer veel gelijkend op *Kefersteinia cirrata* en slechts te onderscheiden op de aanwezigheid van inwendige kaken (W. Sistermans, pers. comm.), en is mogelijk daarom voor aanvang van de BIOMON monitoring gemist. Verder gaat het hier ook om een klein wormpje waar nu eenmaal buiten het NIOO-CEME om veel minder aandacht voor is dan voor grotere soorten, zodat de soort ook minder makkelijk door derden wordt opgemerkt. De soort weet in 2005 te profiteren van de veranderingen in de waterkwaliteit na de opening van de 'Katse Heule' en duikt dan Veerse Meer breed op. Klaarblijkelijk is *S. armata* een soort die snel kan reageren op veranderingen, waarna na de piek de aantallen weer iets afnemen. De soort lijkt echter nu permanent aanwezig te zijn in het Veerse Meer.

S. armata wordt vanaf 1991 ook in de Oosterschelde aangetroffen, en wordt daar minstens zo frequent aangetroffen als in het Veerse Meer. Mogelijk dat inderdaad de soort zich in de Nederlandse delta vanuit de Oosterschelde heeft verspreid vanuit de oesterbedden. Of de soort na de eerste melding in 1943 steeds aanwezig is geweest, maar niet is opgemerkt, of dat het om een herintroductie gaat, is onduidelijk. In het Noordelijke deel van de Oosterschelde wordt *S. armata* in ieder geval het frequentst aangetroffen, op meerdere locaties in de perioden 1991 tot op heden, met uitzondering van de jaren 1994, 1997, 2004 en 2006. In het Oostelijke deel van de Oosterschelde blijkt de trefkans op *S. armata* minder groot, maar wordt de soort eveneens aangetroffen in de jaren 1992, 1993, 1997 en 1999 tot en met 2004. Dan zijn er ook nog waarnemingen vanuit het Westelijke deel in 1992, 1994 en 2008. Het lijkt er dus op dat de soort permanent gevestigd is in de Oosterschelde, maar dat door aantalfluctuaties met mogelijk goede en minder goede jaren die elkaar afwisselen, de soort zo nu en dan een jaartje niet wordt gevonden. Gemiddeld liggen de dichtheden op zacht substraat in de Oosterschelde zo rond de 1.3 tot 2.9 exemplaren per vierkante meter, met een biomassa aan 0.30 tot 0.45 mg/m^2 (Figuur 3). Dit is in de zelfde orde van grootte als in het Veerse Meer voor de gehele periode 1990-2008. Echter in het Veerse Meer liggen de dichtheden in de perioden van aanwezigheid (begin 90, en de laatste 4 jaar) dus hoger. In de Oosterschelde is echter wel weer spraken van een geleidelijke toename over de gehele periode 1990-2008, die met name zichtbaar is in de dichtheden van het voorjaar (Bijlage II).



Figuur 2.
Syllidia armata waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Daar *S. armata* in eerste instantie niet in de Grevelingen wordt gevonden, doet vermoeden dat de soort daar later is geïntroduceerd dan in de Oosterschelde en het Veerse Meer. In 1992 wordt de soort echter massaal in het Westelijke deel van de Grevelingen gevonden (Figuur 2). In dit is tot op heden nog steeds zo, waarbij slecht in het jaar 1996 de soort geheel ontbreekt. In het Oostelijke deel verschijnt de soort een jaartje later (1993), en in eerste instantie slechts op één locatie, maar ook daar neemt de trefkans geleidelijk toe, nadat de soort er van 1996 tot en met 1998 tijdelijk ontbreekt. Als gemiddelde voor de gehele periode 1990-2008, liggen de dichtheden en biomassa op zacht substraat in de Grevelingen zo'n factor 10 hoger dan in de Oosterschelde en het Veerse Meer (Figuur 3). Verder laten de populaties in de Grevelingen een duidelijk stijgende trend zien in zowel aantallen als biomassa (Figuur 3; Bijlage II).



Figuur 3.
Ontwikkelingen in *Syllidia armata* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

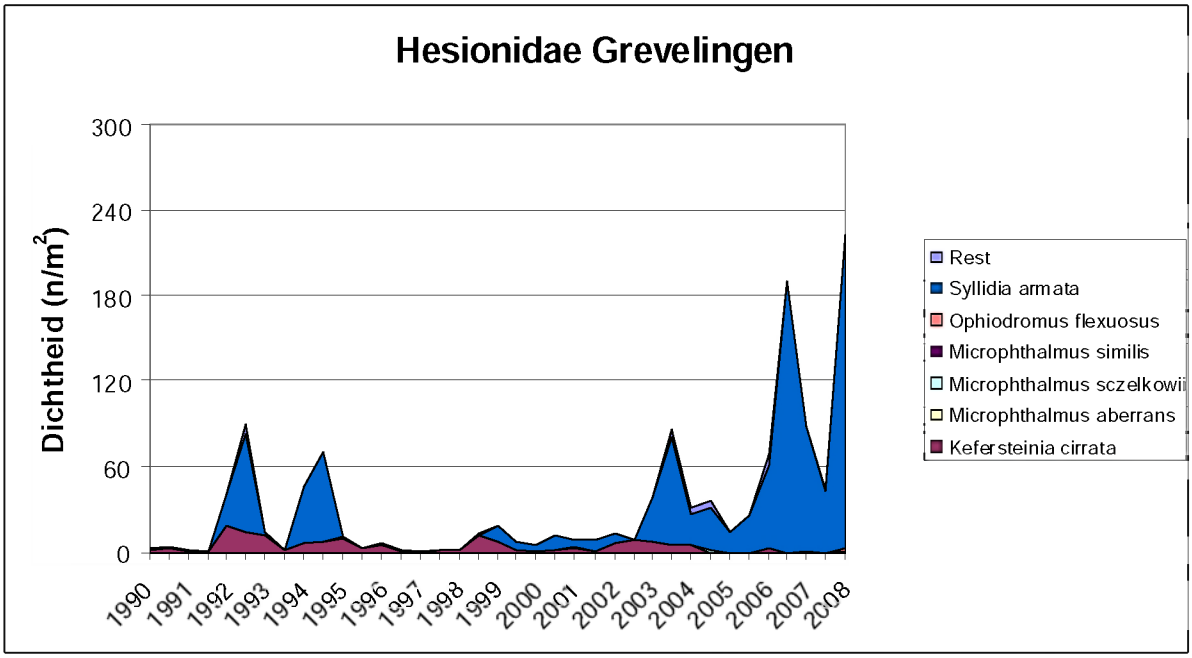
S. armata is dus mogelijk reeds voor 1990 in de Oosterschelde geïntroduceerd of geherintroduceerd. De soort blijkt met name succesvol in veranderende systemen, of daar waar het aantal potentiële concurrenten af neemt. De soort is waarschijnlijk meer een zout water soort die minder succesvol is in brakke wateren, met een voorkeur voor weinig dynamische systemen. Andere monitoring programma's van de jaren 90 en daarna, laten zien dat *S. armata* ook in de Voordelta wordt aangetroffen, de trefkans is echter gering (Bijlage II), maar niet in de Westerschelde. Een onderzoek naar exoten in tarra van binnen Nederland getransporteerde mosselen laat zien dat *S. armata* momenteel frequent wordt gevonden in monsters van bodem- en hangcultures en mosselzaadinvang installaties uit de Oosterschelde, maar ook in mosselzaadinvang uit de Voordelta (Engelberts et al., 2009).

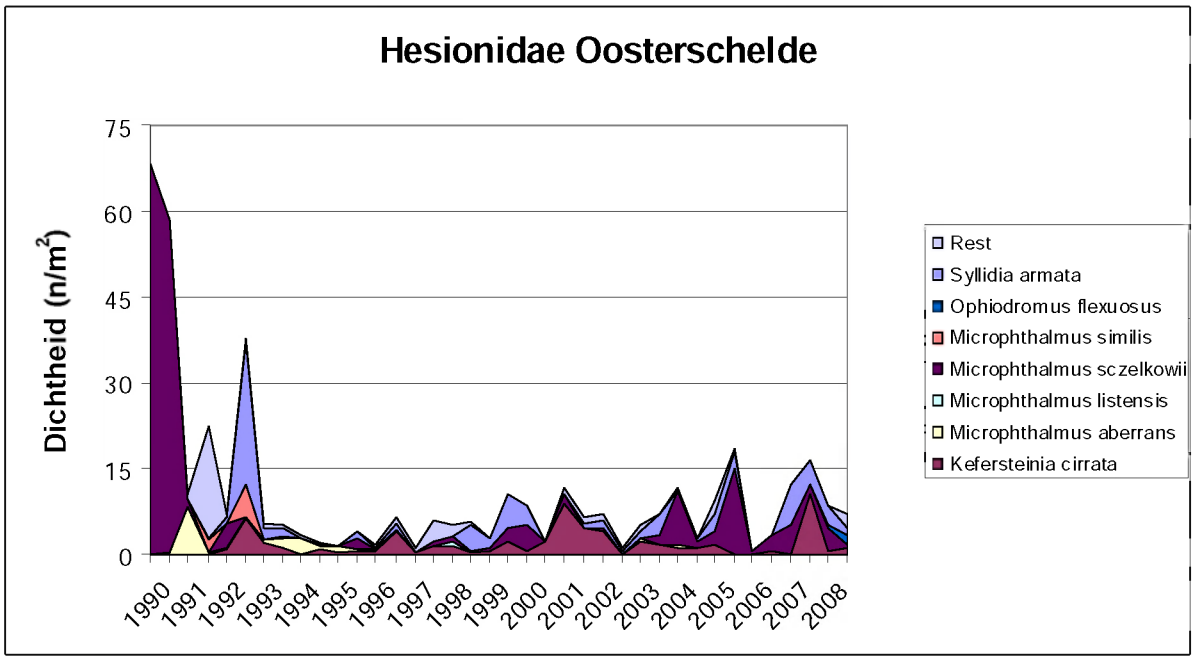
S. armata is waargenomen in de diepte range van 0 tot 29.4 meter, met een gemiddeld voorkomen bij 6.0 ± 3.6 m. Hiermee wordt de soort voornamelijk in de ondiepe en middeldiepe wateren aangetroffen, maar niet intertidaal. *S. armata* heeft een duidelijke voorkeur voor sedimenttypes met schelpen in laag dynamische milieus, zoals schelpenbanken en slib, slibbig fijn zand en klei met schelpen, waar zo'n 56 % van de populaties wordt aangetroffen. Ook wordt de soort frequent in de bovengenoemde milieus

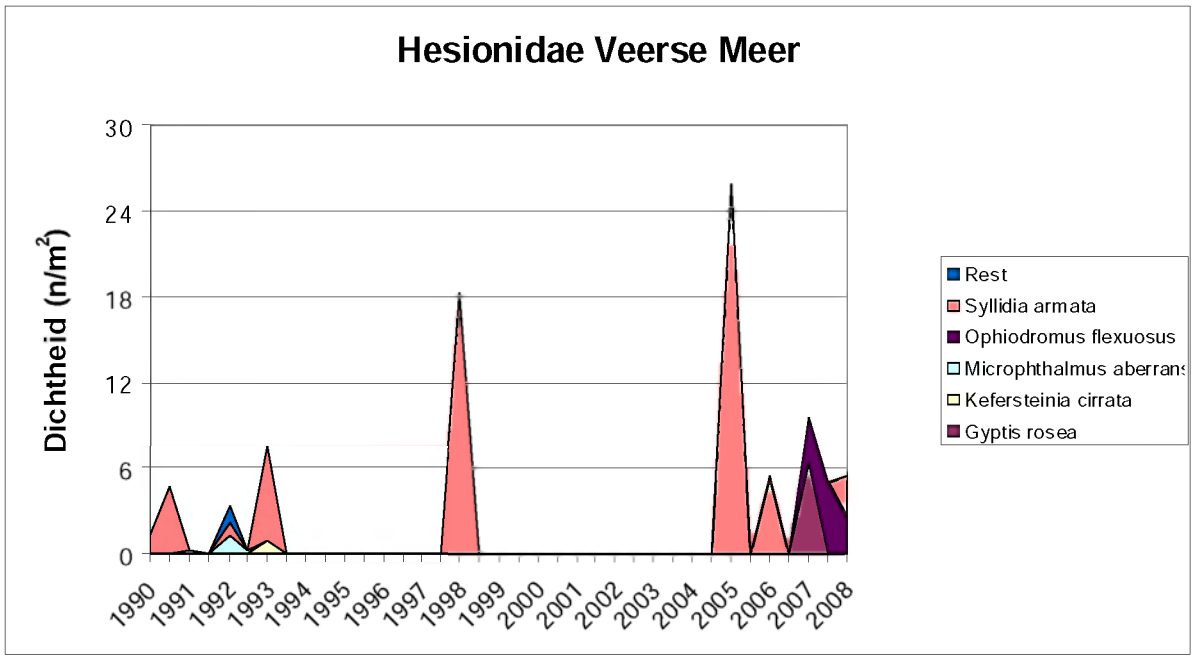
zonder schelpen gevonden. Antoniadou & Chintiroglou (2005) geven aan dat de soort in het Middellandse Zee gebied voor komt op hard substraat, zeegrasvelden en zacht substraat.

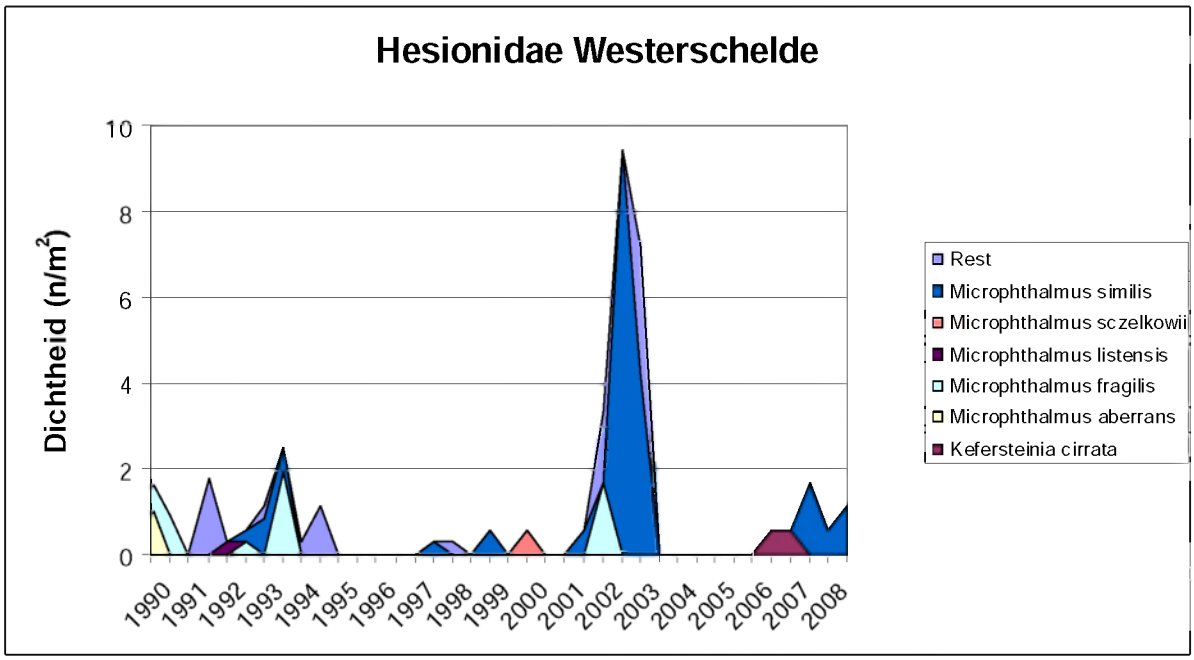
S. armata wordt tot op heden gezien als een niet permanent gevestigde exoot, eenmalig aangetroffen (Wolff, 2005). De soort wordt door onder andere Gittenberger (2009) en Wijsman & De Mesel (2009) dan ook niet gemeld als aanwezig in de Oosterschelde en de Voordelta en de aangrenzende wateren, en overigens ook niet voor de Waddenzee. De huidige studie laat zien dat de soort wel degelijk een permanent gevestigde soort is, mogelijk geherintroduceerd (en nu succesvol) rond 1990. De soort is vrijwel zeker met oesters in de Zeeuwse wateren terecht gekomen, en heeft zich vanuit de oesterpercelen in de Oosterschelde ook naar het Veerse Meer verspreid. Mogelijk heeft een tweede introductie met oesters in de Grevelingen plaats gevonden (vanuit de Oosterschelde of vanuit het buitenland), waarna de soort zich ook daar heeft verspreid. De soort kan zeer talrijk aanwezig zijn, maar is met name succesvol in verstoorde systemen. De impact van de soort op inheemse gemeenschappen lijkt vooralsnog beperkt. Echter op de inheemse Hesionidae lijken onder bepaalde omstandigheden wel hinder van de introductie van de soort te ondervinden. De kans op verdere verspreiding van de soort naar bijvoorbeeld de Waddenzee lijkt vooralsnog niet groot te zijn, daar de soort met name succesvol lijkt te zijn in zoute afgesloten systemen met weinig uitwisseling met de zee.

Totaal Hesionidae:




Hesionidae Oosterschelde
Dichtheid (n/m²)
75
60
45
30
15
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Syllidia armata
Ophiodromus flexuosus
Microphthalmus similis
Microphthalmus sczelkowii
Microphthalmus listensis
Microphthalmus aberrans
Kefersteinia cirrata


Hesionidae Veerse Meer
Dichtheid (n/m²)
30
24
18
12
6
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Syllidia armata
Ophiodromus flexuosus
Microphthalmus aberrans
Kefersteinia cirrata
Gyptis rosea



Figuur 4.
Ontwikkelingen in de gemiddelde dichtheden op zacht substraat van inheemse Hesionidae en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).

Binnen de familie van de Hesionidae (kleine Polychaeten) in de Zeeuwse delta wordt op zacht substraat één exoot gevonden; *Syllidia armata*. In de Grevelingen was begin jaren 90 *Keferstonia cirrata* de meest voorkomende soort. Echter in 1992 en 1994 verschijnt plotseling *S. armata* in vergelijking tot de inheemse Hesionidae, in behoorlijke aantallen (Figuur 4; Bijlage XXV). Daarna blijft de exoot aanwezig, maar in relatief lage dichtheden, als ook geldt voor de inheemse Hesionidae. Vanaf 2003 nemen de dichtheden echter toe, en worden de dichtheden van de inheemse Hesionidae en *K. cirrata* in het bijzonder tot vrijwel nul gereduceerd. De significante toename van de Hesionidae (Bijlage XXVI) komt dus in zijn geheel voor rekening van *S. armata*. Naast *K. cirrata*, vertoont ook *Microphthalmus aberrans* een significante afname over de afgelopen 19 jaar. Het lijkt er op dat *S. armata* de inheemse soort *K. cirrata* heeft verdreven, of terwijl dat de concurrentie positie van de exoot duidelijk beter was bij de achteruitgaande waterkwaliteit in de Grevelingen dan die van *K. cirrata*. *Microphthalmus similis* (ook een exoot) en *Ophiodromus flexuosus*, beiden waargenomen in lage dichtheden, lijken overigens met *S. armata* mee te profiteren van de achteruitgang van *K. cirrata* en/of van de veranderende condities (Bijlage XXVII). *M. similis* is echter slechts begin jaren 90 waargenomen, en heeft zich niet echt weten te vestigen in de Grevelingen.

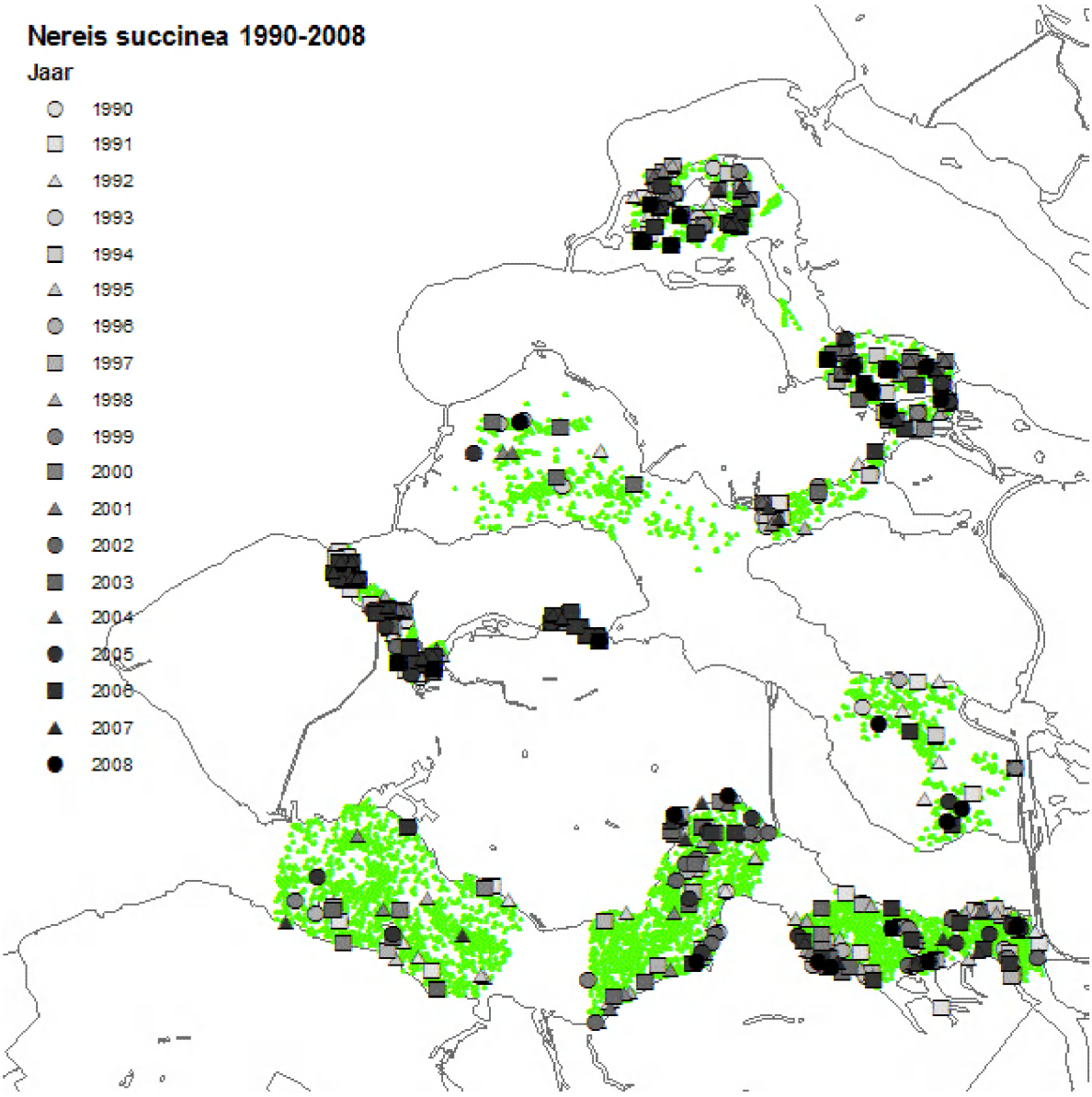
In de Oosterschelde, waar gedurende de onderzoeksperiode maar één soort der Hesionidae meer is aangetroffen dan in de Grevelingen, is de diversiteit aan soorten groter, overigens wel bij lagere gemiddelde dichtheden. *Microphthalmus sczelkowii* vertoonde in 1990 een flinke piek, maar daarna is het moeilijk om een dominante soort aan te wijzen (Figuur 4). Wel is gedurende de 19 jaar, *M. aberrans*, evenals in de Grevelingen, significant afgenomen (Bijlage XXVI), en sinds halfweg de jaren 90 vrijwel geheel verdwenen. *O. flexuosus* is significant toegenomen, en eigenlijk pas zeer recentelijk in de Oosterschelde waargenomen. De exoot *S. armata* wordt eigenlijk zo nu en dan in een jaar in hogere dichtheden waargenomen; zoals in 1992, 1998, 1999 en 2007, en dit loopt grotendeels parallel met een toename van de overige (inheemse) Hesionidae, die dan ook een significante positieve relatie met *S. armata* laten zien (Bijlage XXVII). De totale dichtheid aan Hesionidae is gedurende de afgelopen 19 jaar overigens significant afgenomen in de Oosterschelde (Bijlage XXVI). Ook in de Oosterschelde is *M. similis* nooit talrijk geweest, en is na begin jaren 90 weer vrijwel geheel verdwenen

In het Veerse Meer en de Westerschelde zijn de Hesionidae in het geheel niet algemeen, en worden een aantal soorten onregelmatig waargenomen. In het Veerse Meer is dit voornamelijk *S. armata*, die gedurende de brakke condities al de meest algemene soort was, een behoorlijke opleving kent bij de transitie van brak naar zout (Figuur 4; Bijlage XXV). Er wordt verwacht dat de soort minder dominant zal zijn in de toekomst, en dat inheemse soorten als *Gyptis rosea* en *O. flexuosus* (die nu al een

significante toename vertoont; Bijlage XXVI), evenals in de Oosterschelde, vergelijkbare aantallen zullen bereiken waarmee de diversiteit onder de Hesionidae zal toenemen. In de Westerschelde worden ieder jaar weer enkele andere Hesionidae soorten en combinaties aangetroffen, wat een gevolg is van de lage dichtheden van al de waargenomen soorten (Figuur 4; Bijlage XXV). *M. similis* is het meest algemeen. Vooralsnog zijn er geen exoten onder de Hesionidae in de Westerschelde waargenomen.

Nereididae

3.1.3. *Nereis succinea*



Figuur 5.
Nereis succinea waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

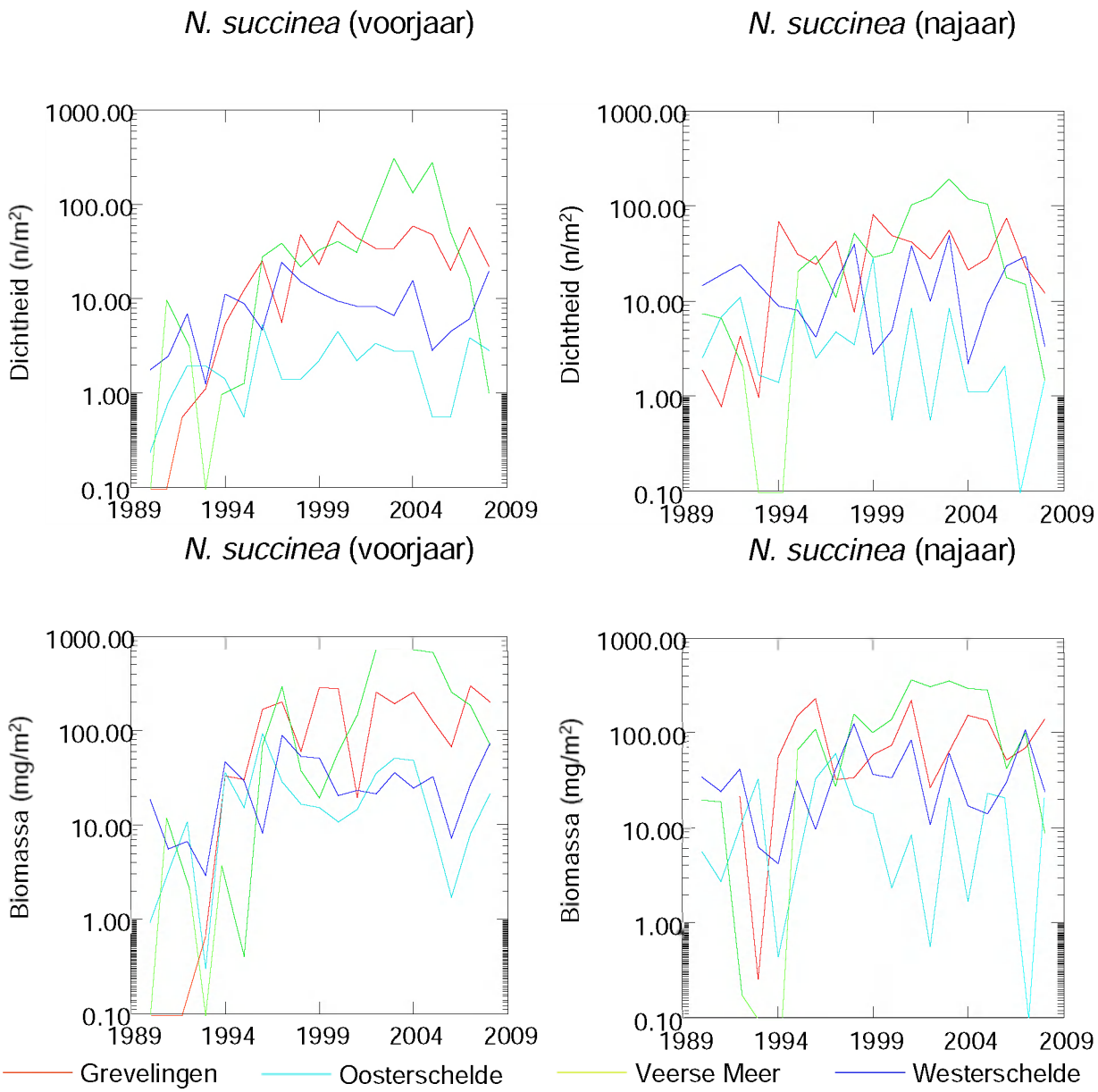
Van de Ambergele zeeduizendpoot *Nereis succinea*, ook wel bekend als *Alitta succinea*, is het onduidelijk of het een exoot is voor Nederland. De soort is dus al geruime tijd in Nederland aanwezig,

wat ook tot uitdrukking komt in het overzicht van de waarnemingen gedurende de jaren 60 (Bijlage III). Niet overal is de bemonsteringsintensiteit even groot, wat tot gevolg heeft dat de verspreiding van de soort in die tijd in bijvoorbeeld de Westerschelde onduidelijk is. Wel is *N. succinea* al zeer algemeen in het Veerse Meer. In de Oosterschelde en de Grevelingen lijkt de soort echter niet wijd verspreid. *N. succinea* is in de jaren 60 wel gevonden in het Volkerak, het Haringvliet en het Hollandsch Diep. In de jaren 70 lijkt de soort duidelijk te zijn toegenomen in de Grevelingen gezien het feit dat ondanks het lage aantal genomen monsters de soort regelmatig is gevonden. In de Westerschelde is *N. succinea* nu zeer waarschijnlijk ook algemeen, waarbij het de vraag is of dit voor 1970 al zo was, of dat dit nieuwe ontwikkelingen zijn. In het Veerse Meer lijkt weinig te zijn veranderd met betrekking tot de algemeenheid van *N. succinea*. De verspreiding van *N. succinea* in de Oosterschelde in de jaren 70 is onduidelijk, maar de waarnemingen in de jaren 80 suggereren dat de soort tot de jaren 90 weinig algemeen is in de Oosterschelde. Na de afsluiting van het Haringvliet gedurende de jaren 60 is *N. succinea* uit het zoet geworden Haringvliet verdwenen (Wijnhoven et al., 2008). In de jaren 80 is *N. succinea* op een groot aantal locaties te vinden in Grevelingen, Veerse Meer en Westerschelde. Met uitzondering van de Voordelta van het Haringvliet wordt *N. succinea* nauwelijks aangetroffen in de kustwateren van de Noordzee.

Ook de Grevelingen laat gedurende de periode 1990-2008 een significante toename van het aantal en de totale biomassa aan *N. succinea* zien gemeten in het voorjaar. Dit is voornamelijk te herleiden tot fluctuerende en relatief lage dichtheden en biomassa in het begin van de jaren 90. Mogelijk dat de soort ook hier heeft geprofiteerd van de gestage achteruitgang van de waterkwaliteit in het systeem (Provincie Zeeland, 2003; Turlings & Nieuwkamer, 2009; Zicht op de Grevelingen, 2009), waardoor de concurrentie van andere bodemorganismen verminderde. In de Westerschelde lijken de populaties aan *N. succinea* stabieler dan in de andere wateren, maar blijken de omstandigheden niet overal even geschikt te zijn voor de soort. Dit laatste geldt in nog grotere maten voor de Oosterschelde waar de aantallen en biomassa altijd substantieel lager hebben gelegen dan in de andere Zeeuwse wateren, en waar dan ook sterke fluctuaties in het aantal waarnemingen zijn gevonden.

N. succinea wordt in de Zeeuwse delta gevonden op dieptes variërend van 0 (intertidaal) tot 36.8 meter. Met een gemiddelde diepte van voorkomen van 5.6 ± 5.5 m kan worden gesteld dat de soort in zowel diepe als ondiepe wateren algemeen is. Met uitzondering van het middelgrove, het grove en het zeer grove zand substraat, waar slechts een enkel monster *N. succinea* bevat, kan de soort op ieder substraat type worden aangetroffen. Korringa (1951) concludeerde al dat de soort in ieder geval niet uitsluitend in zandig slib wordt gevonden daar met name kleine exemplaren ook wel eens op oesterschelpen worden gevonden. Buiten dat de soort het meeste wordt gevonden op de meest voorkomende substraat types als slib en fijn zand, is het opvallend dat 20.8 % van de populaties zich ophoud in een substraat van stenen of fijn zand met stenen. Verder houdt 22.9 % van de populaties zich op in een substraat van klei met veen dan wel klei met schelpen. Het ontbreken van de soort in de Noordzee met uitzondering van de Voordelta van de mondingen van de Zeeuwse wateren, geeft aan de soort een voorkeur heeft voor voedselrijke wateren, en een zeer brede zout tolerantie heeft, maar onverdund zeewater mijdt. De tolerantie van de soort voor zuurstofarme omstandigheden is niet extreem groot, maar de soort weet mogelijk aan deze ongunstige omstandigheden te ontsnappen, door zich weg te laten drijven (Sagasti et al., 2001). In Wolff (1973) wordt gemeld dat de soort een indicator is voor verontreinigingen.

Het is onduidelijk of *N. succinea* een exoot is, maar dan al geruime tijd een algemene soort in Nederland is, of wellicht gewoon een inheemse soort. De soort wordt niet als exoot gemeld in de overzichten van onder andere Wolff (2005), Gittenberger (2009) en Wijsman & De Mesel (2009). De soort is echter wel opgenomen in de exotenlijst van de Werkgroep Exoten (2009), hoewel daar wordt aangegeven door T. van Haaren dat de status van de soort onduidelijk is. Vanwege de vermelding door de Werkgroep Exoten, is de soort in deze rapportage meegenomen. Het lijkt er echter sterk op dat er geen aanwijzingen zijn dat *N. succinea* daadwerkelijk een exoot is. Wel vertoont de soort een recentelijke opmars in bepaalde wateren, zoals de Grevelingen en het Veerse Meer, en staat de soort bekend als een indicator voor verontreinigingen. Dat heeft er mogelijk voor gezorgd dat de soort verdacht is en is opgenomen in de exotenlijst van de Werkgroep Exoten. *N. succinea* is in ieder geval een wijd verbreide soort die in geheel Nederland in de brakke tot zoute wateren wordt gevonden. De soort kan ook zeker een impact hebben op lokale gemeenschappen, en concurreert met de overige Nereididae soorten.

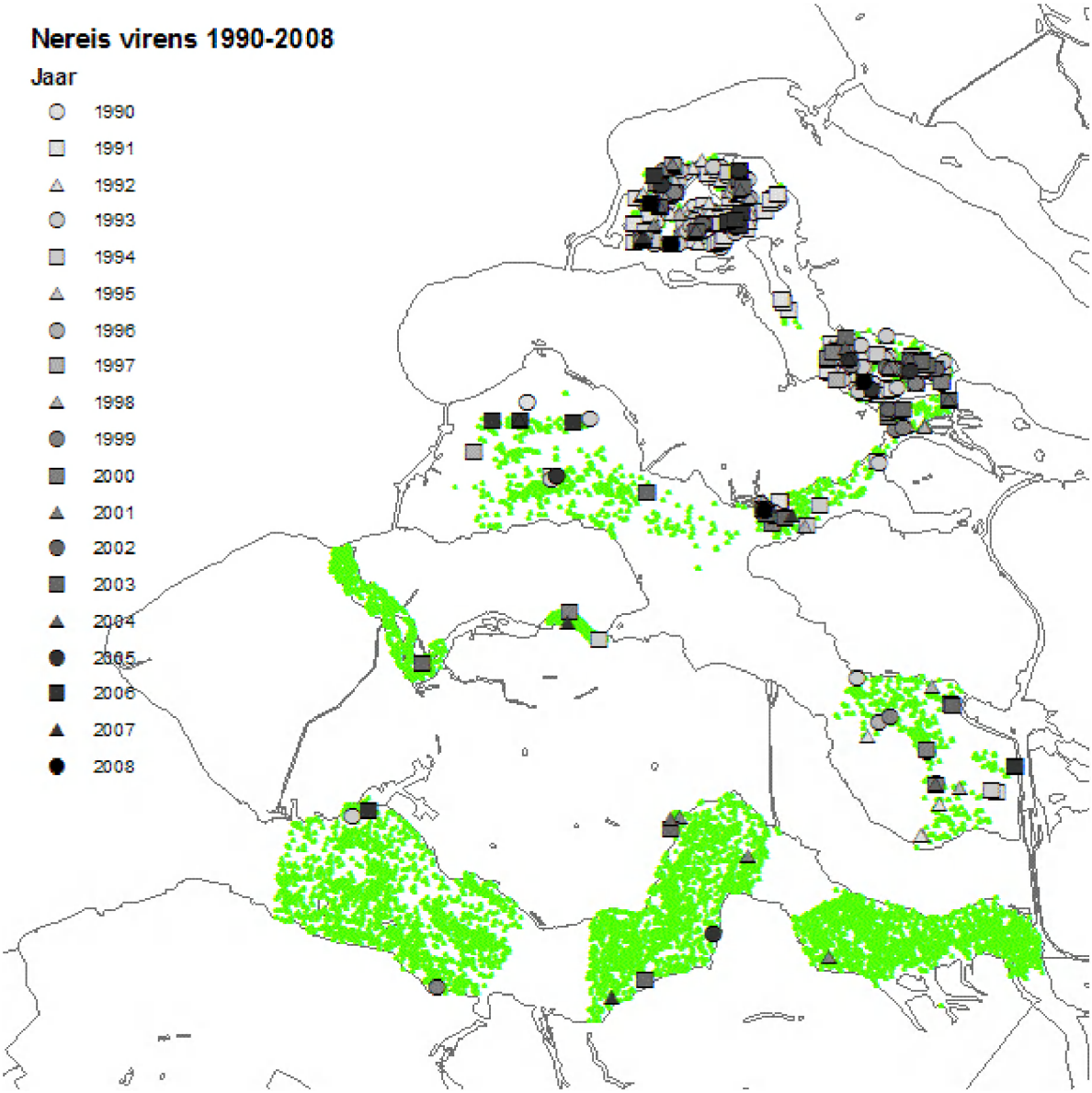


Figuur 6.
Ontwikkelingen in *Nereis succinea* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

3.1.4. *Nereis virens*

Nereis virens, ook wel *Neanthens virens* is een permanent gevestigde exoot uit Noord Amerika. Toch is de soort al geruime tijd aanwezig in de Nederlandse wateren. De eerste waarneming stamt uit 1915 in de omgeving van Den Helder. In de jaren 60 is de soort vrij algemeen in de monsters van de Oosterschelde en het Volkerak. In de Grevelingen en het Veerse Meer werd *N. virens* ook geregeld aangetroffen, maar er was ook spraken van een groot aantal locaties waarop de soort ontbrak. Gedurende de jaren 70, toen de monsterintensiteit relatief laag was, werd de soort slechts een enkele keer aangetroffen in de Oosterschelde, het Volkerak, de Grevelingen en de Westerschelde. Dit duidt er op dat de dichtheden aan *N. virens* laag waren, bijvoorbeeld veel lager dan die aan *N. succinea*. Naar de jaren 80 toe, blijken de omstandigheden voor *N. virens* in de Grevelingen duidelijk te zijn verbeterd, en in de Oosterschelde en het Veerse Meer juist verslechterd. In de Westerschelde wordt

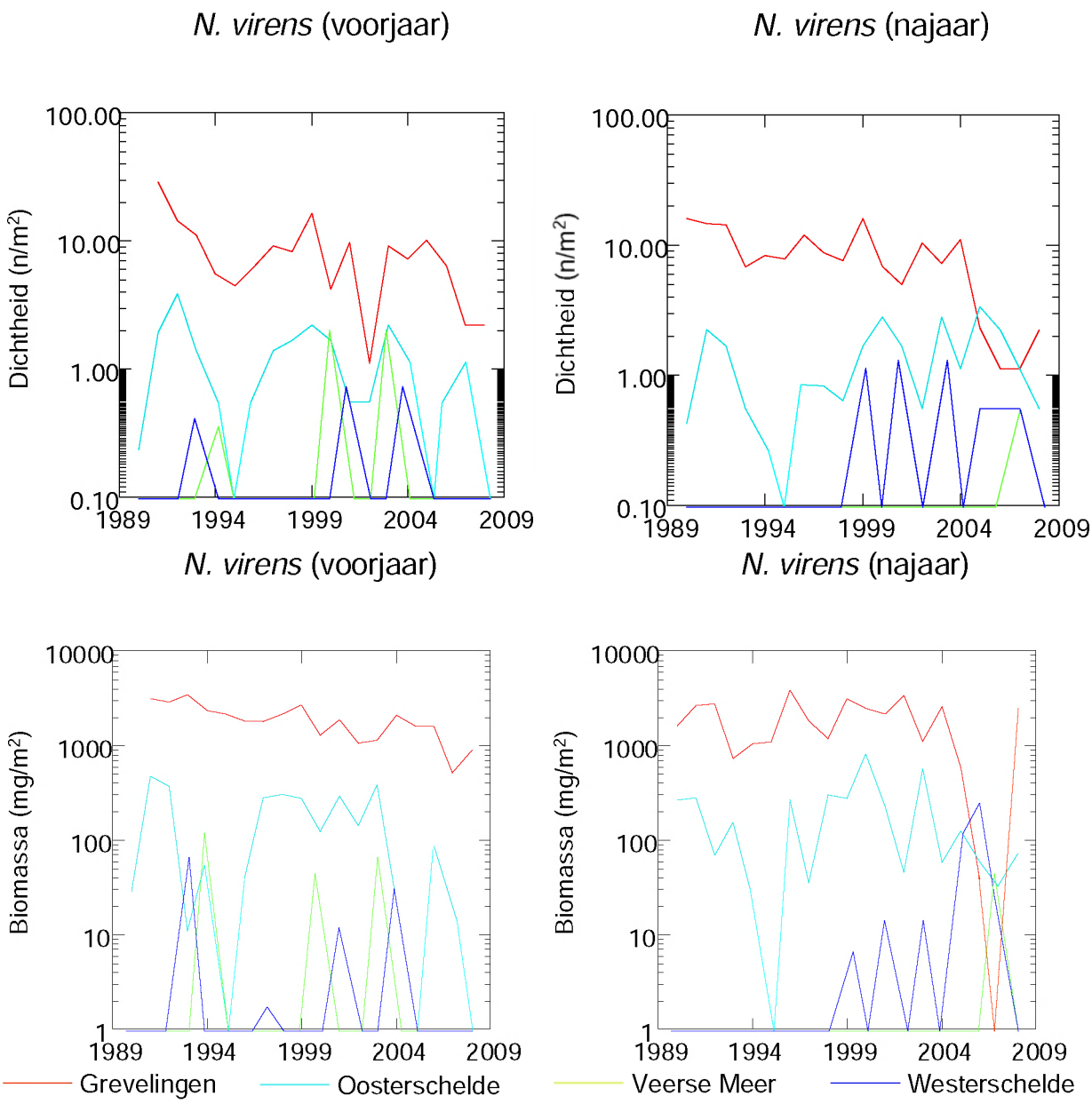
de soort in zijn geheel niet waargenomen. Alleen op één locatie in de monding van de Westerschelde. In de Voordelta is *N. virens* in de jaren 80 ook weinig algemeen.



Figuur 7.
Nereis virens waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De Grevelingen blijkt dus bij uitstek het meest geschikte water voor *N. virens*, wat ook duidelijk zichtbaar is in de waargenomen dichtheden gedurende de jaren 90 en na het jaar 2000. De gemiddelde dichtheden van het zachte substraat in de Grevelingen reiken tot boven de 8 exemplaren per vierkante meter, wat overeen komt met bijna 2 g/m^2. Er is echter vanaf het begin van de jaren 90 een gestage achteruitgang van zowel de dichtheden als de biomassa aan *N. virens* in de Grevelingen zichtbaar. Mogelijk dat de soort in de jaren 70 en 80 eerst heeft geprofiteerd van het zouter worden van het meer, maar dat nu de achteruit hobbelende waterkwaliteit *N. virens* parten begint te spelen. Klaarblijkelijk heeft ook het verhogen van de verversing van het meer, met overigens zout water, geen positief effect op de soort. Ook de condities in de Oosterschelde zijn voor de soort wel eens beter geweest. Maar de laatste 19 jaar fluctueren zowel de aantallen als de biomassa sterk, maar is er over het geheel geen dalende of stijgende trend zichtbaar. Gemiddelde aantallen voor het zachte substraat in de Oosterschelde liggen nog altijd boven de 1 per m^2 bij een biomassa van 154 tot 194 mg/m^2. In het Veerse Meer is de soort momenteel veel schaarser, en jaren waarin de soort wordt aangetroffen worden afgewisseld met jaren waarop de soort niet in de monsters voor komt. Alleen net na de

afsluiting, begin jaren 60, is *N. virens* in het Veerse Meer waarschijnlijk talrijker geweest. Ook in de Westerschelde heeft de soort nooit erg hoge dichtheden gehaald, en wordt hij zo nu en dan locaal aangetroffen over de gehele saliniteitsrange.



Figuur 8.
Ontwikkelingen in *Nereis virens* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

N. virens wordt in de gehele diepte range van 0 (intertidaal) tot 37.4 meter aangetroffen, en wordt gemiddeld gevonden op een diepte van 4.7 ± 4.7 meter. Daarmee is de soort weinig selectief op diepte. *N. virens* blijkt weinig selectief te zijn voor het substraat type. Slechts in grove sediment types als middelgrof, grof en zeer grof zand, ontbreekt de soort. Het vaakst wordt *N. virens* waargenomen in de meest frequent bemonsterde sediment types als slibbig fijn zand en fijn zand. In verhouding is *N. virens* het vaakste in slibbig fijn zand met schelpen te vinden, waar 12.9 % van de populaties zich ophoud. Korringa (1951) geeft aan dat *N. virens* met name algemeen is in slib, rijk is aan stenen en ander debris, terwijl puur slib wordt vermeden. Dit sluit wel enigszins aan bij onze bevindingen.

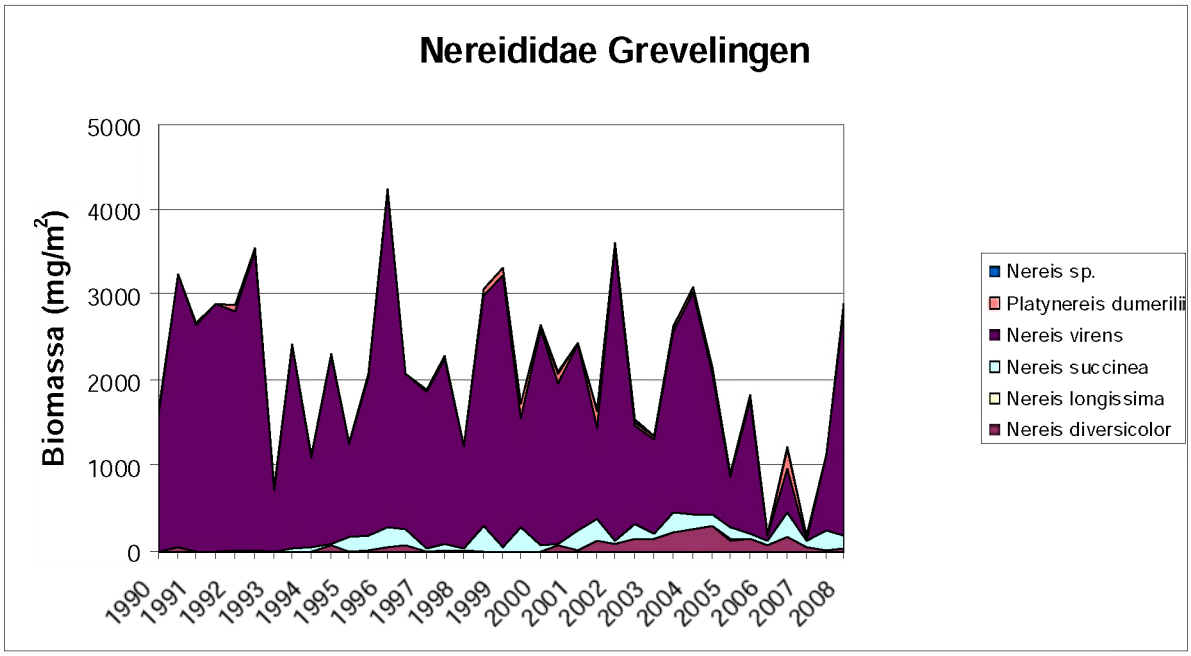
N. virens is wellicht een soort die met name het brakke tot zoute milieu prefereert, echter niet te dynamisch maar wel enigszins voedselrijk. Ushakova & Sarantchova (2004) geven aan dat succesvolle bevruchting en ontwikkeling van eieren tot larven bij *N. virens* zich voltrekt in het nauwe saliniteitsvenster van 22 tot 34 ‰. De ontwikkeling van trochophore en nectochaete larven voltrekt zich succesvol in een bredere saliniteitsrange (14-45 ‰). De metamorfose van de larven voltrekt zich het snelste bij een temperatuur van 23 ℃ en een saliniteit boven de 14 ‰. De auteurs concluderen dat de soort afkomstig is uit warmere oceanische wateren. *N. virens* is echter in tegenstelling tot bijvoorbeeld de inheemse *N. diversicolor* een soort die meer aan koud water condities lijkt te zijn geadapteerd. Zo reduceert de soort wel zijn foerageer gedrag, maar stopt er niet mee zoals *N. diversicolor* doet bij temperaturen onder de 8 ℃ (Deschênes et al. 2005).

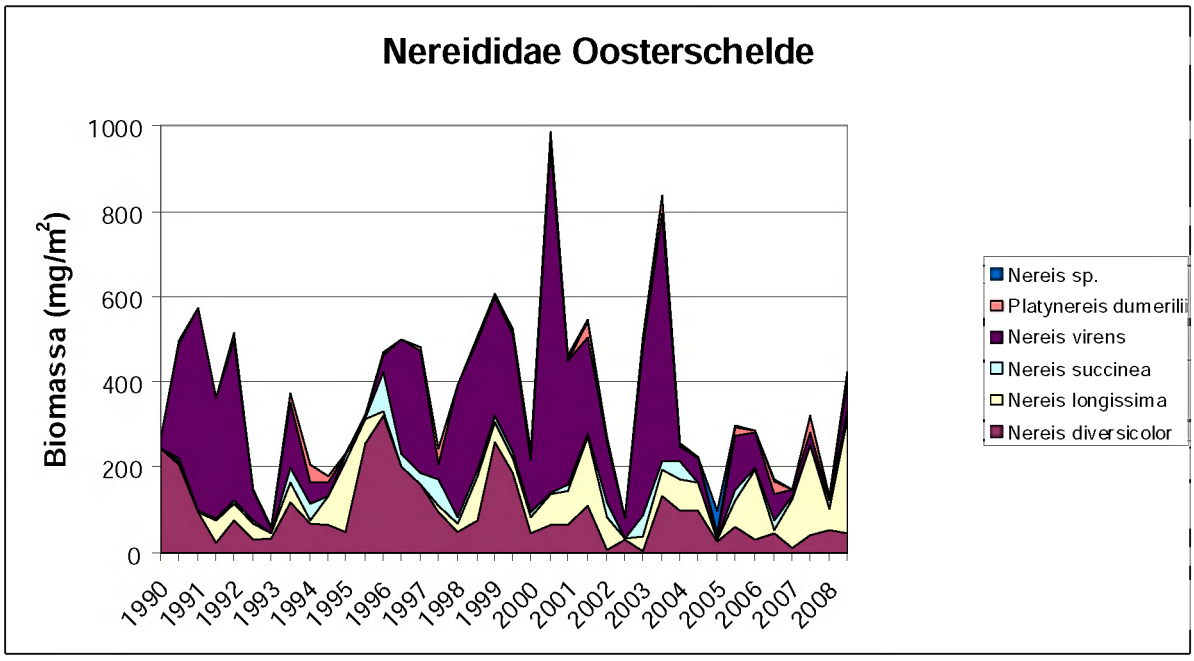
N. virens is een exoot die al geruime tijd in Nederland voor komt en zeer wijd verbreid is. Je kunt dus zeggen dat de soort invasief is en een impact op lokale gemeenschappen kan hebben; met name in competitie met overige Neireididae. Echter daar de soort al overal in Nederland voor komt, en er klaarblijkelijk toch niet voor zorgt dat de inheemse soorten verdwijnen, wordt de soort niet echt als een probleem gezien. In tegenstelling wat vaak wordt verondersteld bij competitie tussen exoten en inheemse soorten binnen een familie, lijkt *N. virens* juist te profiteren van een goede waterkwaliteit, en *N. succinea* (die waarschijnlijk inheems is) voordeel te hebben bij ecologisch verarmde condities.

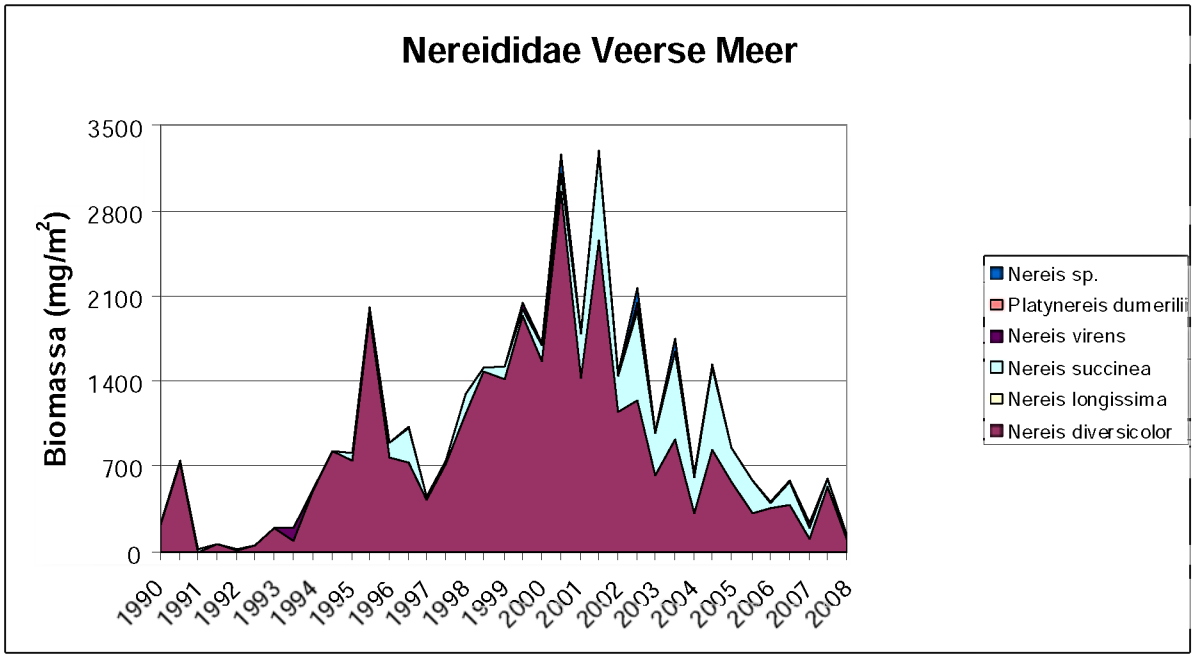
Totaal Nereididae:

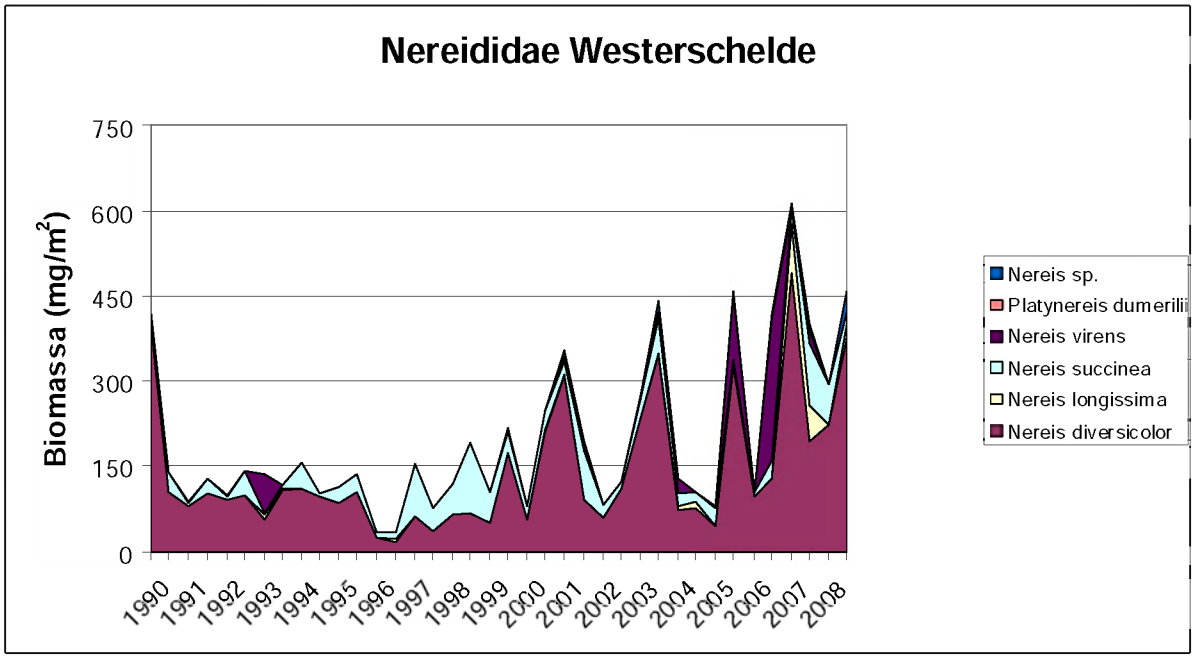
In de Zeeuwse delta worden op zacht substraat 6 soorten Nereididae (Zeeduizendpoten) gevonden die alle 6 in alle 4 de grote wateren voorkomen. De Zeeduizendpoten gemeenschap van de Grevelingen wordt duidelijk gedomineerd door de exoot *N. virens* (Figuur 9; Bijlage XXVIII). De totale biomassa aan *N. virens* neemt echter geleidelijk af, terwijl de biomassa van de soorten *N. diversicolor* (Veelkleurige zeeduizendpoot), *N. succinea* en *Platynereis dumerilii* juist significant is toegenomen (Bijlage XXIX). *N. succinea* is uiteraard ook weer een exoot. Er wordt geen directe negatieve relatie tussen de 3 toenemende Nereididae en *N. virens* gevonden, daar de soorten al lijken toe te nemen op het moment dat de biomassa aan *N. virens* nog niet echt lijkt af te nemen. De ontwikkelingen van *N. succinea* en *N. diversicolor* lopen wel significant parallel (Bijlage XXX).Mogelijk dat *N. succinea* en *N. diversicolor* juist weten te profiteren van een verslechterende waterkwaliteit, en de ruimte die ze daardoor krijgen omdat andere diergroepen als Tweekleppigen en Gastropoden sterk achteruit gaan. Mogelijk dat *N. virens* juist minder bestand is tegen de achteruitgang van het systeem, en dat vervolgens *P. dumerilii* weer van de achteruitgang van *N. virens* weet te profiteren.

In de Oosterschelde is er veel minder spraken van een dominante Zeeduizendpoten soort. *N. virens* vertegenwoordigd gedurende bepaalde perioden de hoogste biomassa, maar ook *N. diversicolor* en recentelijker *N. longissima* (Zager) kunnen een biomassa bereiken die de overige soorten overtreft (Figuur 9; Bijlage XXIX). De significante trends die over de afgelopen 19 jaar worden gevonden zijn een negatieve voor *N. diversicolor* en een positieve voor *N. longissima*. De exoot *N. virens* is momenteel in beduidend lagere biomassa aanwezig dan in sommige perioden daar voor, maar lage biomassa is vaker voor gekomen, zoals halfweg de jaren 90. De andere exoot, *N. succinea* is minder abundant in het systeem. Of de achteruitgang van *N. virens* van tijdelijke aard is, en of *N. longissima* nu de meest abundante soort blijft is onduidelijk. De concurrentie positie van de inheemse Zeeduizendpoten in de Oosterschelde is in ieder geval niet minder dan die van de exoten.


Nereididae Grevelingen
Biomassa (mg/m2)
5000
4000
3000
2000
1000
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Nereis sp.
Platynereis dumerilii
Nereis virens
Nereis succinea
Nereis longissima
Nereis diversicolor


Nereididae Oosterschelde
Biomassa (mg/m2)
1000
800
600
400
200
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Nereis sp.
Platynereis dumerilii
Nereis virens
Nereis succinea
Nereis longissima
Nereis diversicolor





Figuur 9.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van inheemse Zeeduizendpoten en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde.

In het Veerse Meer is *N. diversicolor* altijd de dominante Zeeduizendpoten soort geweest. De biomassa van deze soort is geleidelijk tot het jaar 2001 toegenomen, en daarna weer flink teruggelopen. Waar deze soort in de 90-ere jaren vrijwel alleen de dienst uitmaakte, is *N. succinea* daarna geleidelijk toegenomen en een belangrijker deel van de gemeenschap gaan uitmaken (Figuur 9; Bijlage XXVIII). De exoot laat dan ook samen met de veel minder algemene soorten *N. longissima* en *P. dumerilii* een significant stijgende trend zien. Toch lijkt ook voor *N. succinea* de laatste jaren de biomassa te zijn teruggelopen. In het Veerse Meer heeft *N. diversicolor* in eerste instantie waarschijnlijk geprofiteerd van de achteruitgaande waterkwaliteit van het vrij afgesloten systeem (Wijnhoven et al., 2009). Echter, op een gegeven moment liep de biomassa van *N. diversicolor* toch ook achteruit, wellicht door de slechte zuurstof condities. *N. succinea* kreeg op dat moment waarschijnlijk een betere concurrentie positie, en nam in biomassa toe. Echter met de opening van de 'Katse Heule' is ook de opkomst van *N. succinea* ten einde gekomen en is de biomassa weer gaan

afnemen. De Nereididae en de Polychaeten in het algemeen nemen nu in belangrijkheid af in het nu vaker ververste systeem, ten baten van met name de Tweekleppigen (Wijnhoven et al., 2009). Mogelijk dat nu ook *N. longissima* en *P. dumerilii* relatief belangrijker worden in de Zeeduizendpoten gemeenschap, zoals in de Oosterschelde. De eerste tekenen daarvoor zijn reeds zichtbaar. De opkomst van de exoot *N. succinea* lijkt dus van tijdelijke aard te zijn in het Veerse Meer. Mogelijk dat *N. virens* zich nog weet uit te breiden in het Veerse Meer, maar een dominantie van exoten onder de Zeeduizendpoten wordt niet verwacht.

In de Westerschelde ten slotte ligt de biomassa aan Zeeduizendpoten beduidend lager dan in de Grevelingen en de Oosterschelde, maar er is wel een significant stijgende lijn zichtbaar (Figuur 9; Bijlage XXIX). Deze stijgende lijn is met te danken aan de significante toename van *N. diversicolor*, en de opkomst van *N. longissima*. Met betrekking tot de exoten is *N. succinea* relatief algemeen, en wordt *N. virens* in bepaalde perioden aangetroffen. Er zijn geen aanwijzingen voor een opkomst van één van deze exoten, dus een betere concurrentie positie van de exoten ten opzichte van de inheemse soorten wordt bij de omstandigheden in de Westerschelde niet gevonden.

Syllidae

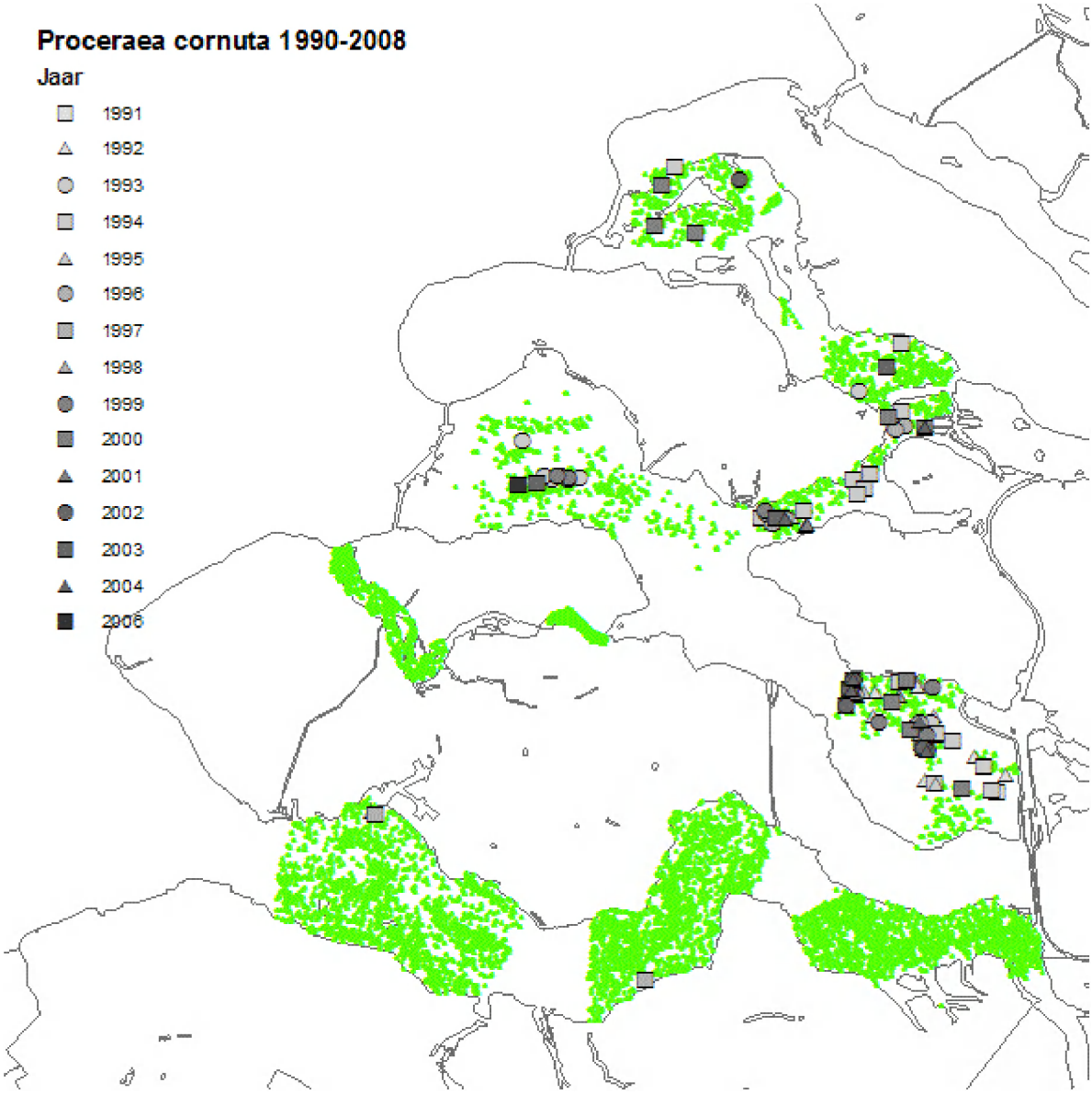
3.1.5. *Proceraea cornuta*

De polychaete *Proceraea cornuta* is waarschijnlijk een niet inheemse soort oorspronkelijk afkomstig uit Noord Amerika. De soort is in 1929 in Europa ontdekt nabij Plymouth (Engeland). In Nederland is de worm mogelijk samen met oesters terecht gekomen. In de jaren 1941 tot en met 1943 zijn verschillende exemplaren aangetroffen in de Oosterschelde en de Grevelingen (Wolff, 2005).

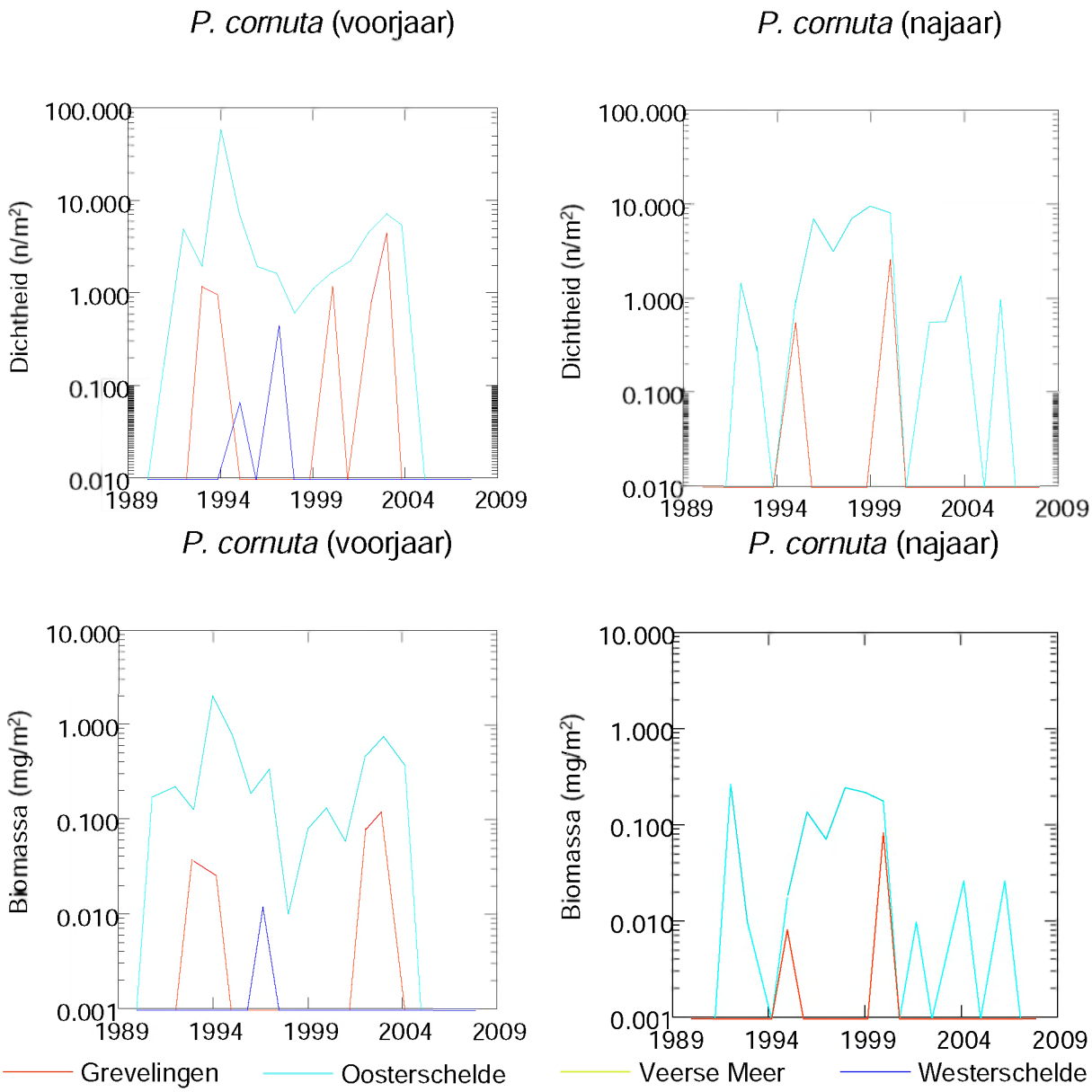
Ondanks dat de soort al geruime tijd in Nederland aanwezig is, komt *P. cornuta* pas in 1991 voor eerst voor in de NIOO-CEME database. In de Oosterschelde wordt de soort frequent op meerdere locaties aangetroffen (Figuur 10). Echter het lijkt er op dat de soort de laatste jaren in de Oosterschelde weer achteruit is gegaan, want de meldingen worden steeds schaarser (Figuur 11). Verder is de worm nog een aantal keer in de Grevelingen (in zowel het Oostelijke als het westelijke deel) aangetroffen, maar *P. cornuta* is hier blijkbaar niet erg algemeen. Dit geld nog meer voor de Westerschelde, waar *P. cornata* slechts 3 maal is gevonden; in 1995 en 1997 in het Westelijke deel, en in 1997 ook in het Centrale deel. Verder blijkt uit waarnemingen gedurende andere campagnes dan BIOMON, dat *P. cornuta* ook in de Voordelta, met name voor de mondingen van de grote wateren, zo nu en dan wordt gevonden.

P. cornuta blijkt in experimenten zeker niet ongevoelig voor zuurstofarme condities te zijn. In de York rivier werd de soort echter juist in hoge dichtheden aangetroffen daar waar de zuurstofarme condities het meest frequent voor kwamen (Sagasti et al., 2001).

P. cornuta is een exoot die in grote lijnen het zelfde patroon heeft vertoond als *S. armata*. Introductie in Nederland via oesters. Daarna opkomst in de Oosterschelde en de Grevelingen. De soort blijkt echter al over zijn top te zijn, en de plaats van de exoot is grotendeels al weer ingenomen door andere (exoten) Polychaeten. Wel kan worden gesteld dat *P. cornuta* een permanent gevestigde exoot is. *P. cornuta* wordt door Wijsman & De Mesel (2009) niet genoemd voor de Waddenzee, maar wordt wel aangetroffen in de Duitse en Deense Waddenzee. De kans op introductie in de Waddenzee wordt door Wijsman & De Mesel (2009) als hoog geschat, maar de mogelijke introductie wordt niet als risicovol geschat. Dit is in overeenstemming met de observaties in de Zeeuwse Delta, waar de soort tijdelijk en plaatselijk de Syllidae gemeenschappen heeft weten te domineren, maar na een aantal jaren ook weer is opgevolgd door andere soorten. Het lijkt ook niet ondenkbaar dat de soort reeds in de Waddenzee aanwezig is. Er wordt geen grote impact van *P. cornuta* op andere soorten verwacht.



Figuur 10.
Proceraea cornuta waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.



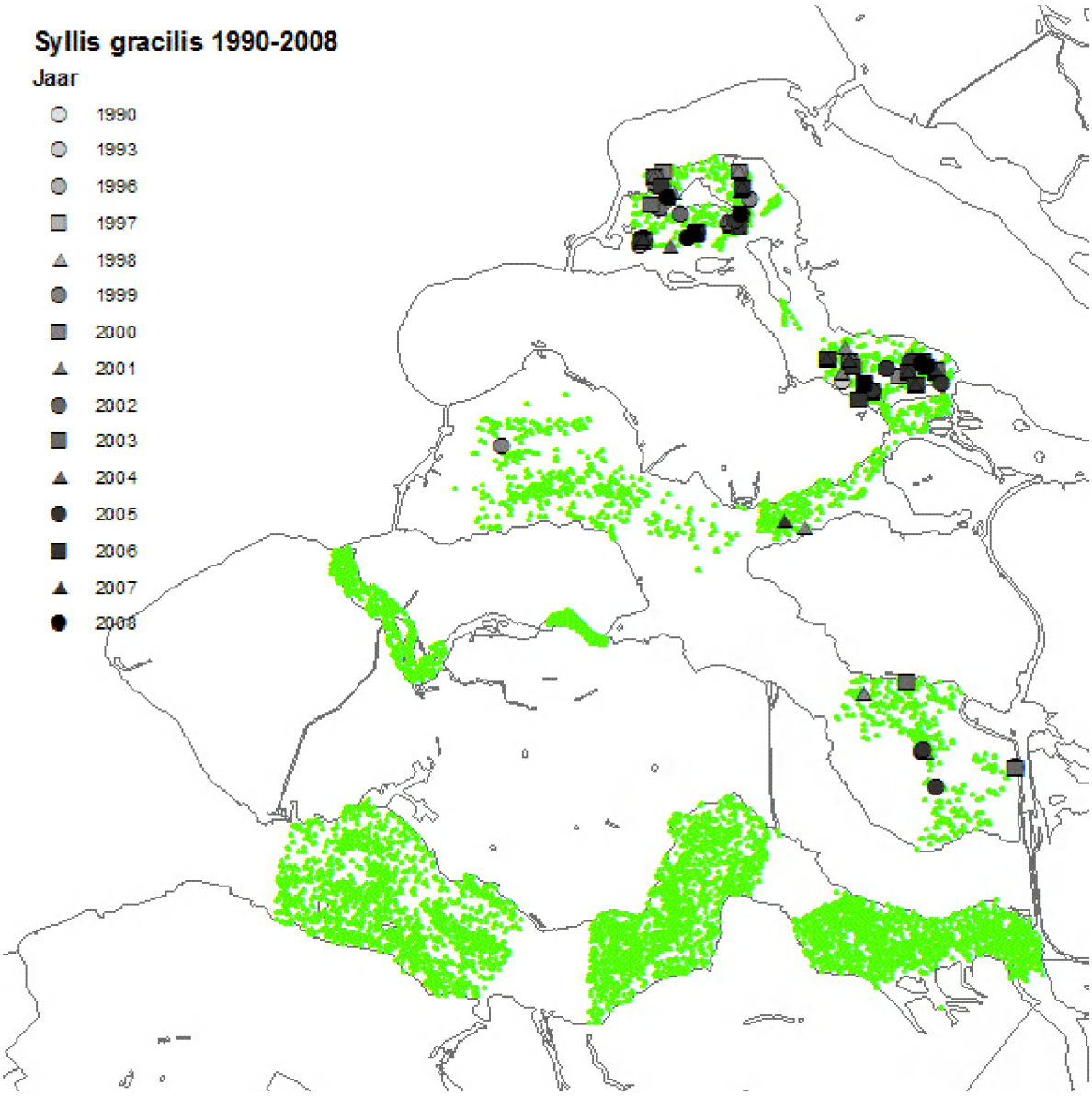
Figuur 11.
Ontwikkelingen in *Proceraea cornuta* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

3.1.6. *Syllis gracilis*

De geschiedenis van *Syllis gracilis* in Nederland lijkt veel op die van *Syllidia armata* (hoewel deze soort niet tot de Syllidae maar tot de Hesionidae behoort; zie 3.1.2.). Ook deze soort is wellicht via oesters in Nederland terecht gekomen vanuit Frankrijk. Ook hier gaat het om een polychaete die oorspronkelijk een Noord-Oost Atlantische verspreiding heeft, die niet inheems is in Nederland, en die slechts één maal is aangetroffen in Nederland, op een oester in de Oosterschelde (Korringa, 1951; Wolff, 2005). Deze observatie stamt uit 1940.

Echter ook bij deze soort blijkt bij de start van het BIOMON project in 1990 dat de soort wel degelijk aanwezig is in Nederland. Ook hier gaat het weer om een klein wormpje waar over het algemeen weinig aandacht voor is. Het gaat in 1990 echter slechts om één enkele waarneming in het najaar in het westelijke deel van de Grevelingen. Het duurt daarna tot 1993, alvorens de soort weer wordt

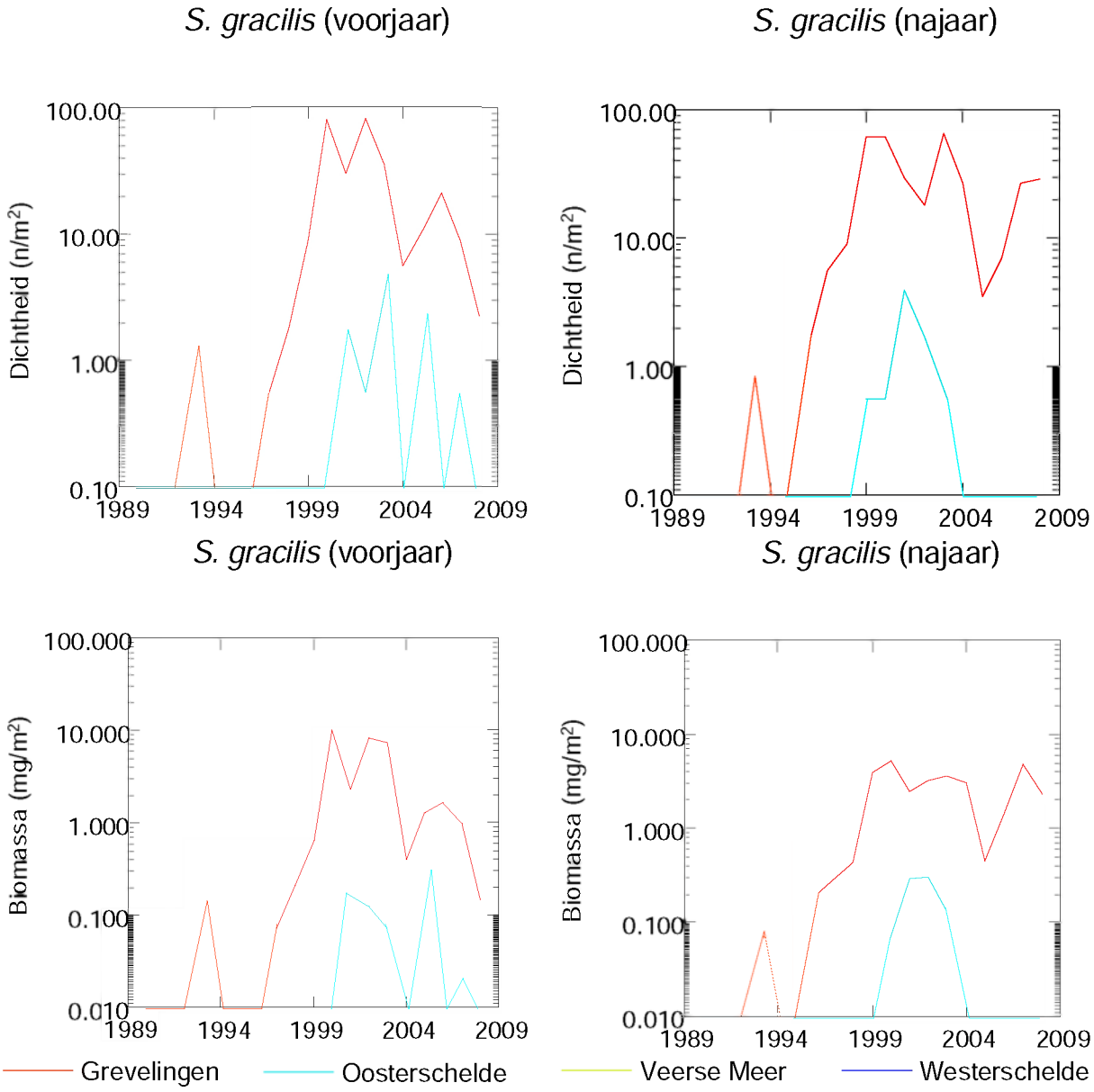
aangetroffen; op twee locaties in het Westelijke deel, en op één locatie in het Oostelijke deel van de Grevelingen. De dichtheden waarin de soort begin jaren 90 voor komt zijn dus dusdanig laag dat de trefkans klein is, wat er op kan wijzen dat de soort nog niet lang in de Grevelingen aanwezig is. In 1997 wordt *S. gracilis* weer in de Westelijke Grevelingen aangetroffen, en daarna wordt de soort jaarlijks op een toenemend aantal locaties gevonden. In het Oostelijke deel is *S. gracilis* in 1996 reeds op twee locaties aanwezig. In dit gedeelte van het meer wordt de soort vanaf 1998 jaarlijks op een toenemend aantal locaties gevonden.



Figuur 12.
Syllis gracilis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Naast de Grevelingen wordt de soort in 1999 ook in het Westelijke deel van de Oosterschelde waargenomen. Het blijft in deze regio bij de vondst in dat ene monster. In het Oostelijke deel wordt *S. gracilis* vervolgens echter wel in 2000 gevonden, en daarna ook op diverse locaties in 2001, 2002, 2003 en 2005. Het lijkt er dus op dat de soort ofwel weer verdwenen is uit de Oosterschelde, of dat de dichtheden weer dusdanig laag zijn en de verspreiding zeer locaal, wat de trefkans klein maakt. Ook het ontbreken van de soort gedurende vrijwel de gehele jaren 90 in de Oosterschelde, duidt er op dat de soort mogelijk eind jaren 80 (dan wel in 1990) is geherintroduceerd in de Grevelingen, mogelijk wederom via oesters.

Naast de vondsten in de Grevelingen en de Oosterschelde, wordt de soort zo nu en dan op de Noordzee waargenomen, en is er een exemplaar in een monster van de Westerschelde (het Centraal-Westelijke deel) opgedoken in het voorjaar van 1998. Het lijkt er echter niet op dat *S. gracilis* momenteel in de Westerschelde aanwezig is. Ook deze polychaete lijkt evenals *S. armata*, te profiteren van de algehele achteruitgang van het systeem in de Grevelingen. Mogelijk dat dit ook het geringe succes van de soort in de Oosterschelde en het ontbreken van de soort in het Veerse Meer na de openstelling van de 'Katse Heule' verklaart. Het gaat hier duidelijk om een soort van het mariene milieu die een weinig dynamisch milieu prefereert. In de Grevelingen werden over de afgelopen 19 jaar gemiddeld 16 exemplaren per vierkante meter gevonden, wat overeenkomt met 1.7 mg/m^2, maar de dichtheden en biomassa zijn gedurende die periode significant toegenomen (Figuur 13; Bijlage VI).



Figuur 13.
Ontwikkelingen in *Syllis gracilis* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

S. gracilis wordt in de Zeeuwse delta tussen de 0 en de 18.6 m gevonden, op een gemiddelde diepte van 4.5 ± 3.1 m. De soort heeft dus een voorkeur voor ondiepe en middeldiepe wateren, en vermijdt intergetijde zones. *S. gracilis* is een duidelijk aan schelpbanken gerelateerde soort, met ruim 41 % van de populaties op zacht substraat juist op dit sediment type aanwezig. Verder wordt nog eens een 33.5

% van de populaties op dan wel slib, slibbig fijn zand of fijn zand, allen met schelpen, gevonden. Hieruit spreekt ook de voorkeur voor een weinig dynamisch milieu. Antoniadou & Chintiroglou (2005) geven aan dat de soort in het Middellandse Zee gebied voor komt op hard substraat, koraalgruis, zeegrasvelden en zacht substraat. Borja et al. (2000) omschrijven de soort als indifferent ten opzichte van verrijking van het milieu.

Voor *S. gracilis* is dus het zelfde van toepassing als voor *Syllidia armata*; ook deze soort is eenmalig in de Oosterschelde aangetroffen in de jaren 40, en wordt door Wolff (2005) vermeld als een niet gevestigde exoot. De soort blijkt echter sinds de jaren 90, algemeen te zijn in in ieder geval de Grevelingen, maar ook geregeld te worden aangetroffen in de Oosterschelde. *S. gracilis* wordt echter niet door Gittenberger (2009) en Wijsman & De Mesel (2009) genoemd als aanwezig. Ook bij deze soort is duidelijk spraken geweest van een herintroductie eind jaren 80, wederom via oesters (want het lijkt er niet op dat de soort zich in eerste instantie heeft weten te handhaven in de Oosterschelde). De succesvolle introductie van *S. gracilis* heeft plaats gevonden in de Grevelingen, waar de soort ook serieus voet aan grond heeft gekregen. Later is de soort, hetzij via oesters vanuit de Grevelingen of via oesters uit het buitenland, ook in de Oosterschelde weer opgedoken. Daar is de soort echter door de aanmerkelijk betere waterkwaliteit niet erg succesvol geworden. *S. gracilis* is dus een permanent gevestigde exoot die voorlopig nog talrijk in de Grevelingen zal blijven. In de Oosterschelde blijven de aantallen laag, en valt voorlopig geen opkomst van de soort te verwachten. Naast enige competitie tussen de Syllidae, die elkaar overigens niet volledig lijken weg te concurreren, lijkt het er niet op dat *S. gracilis* een grote impact op de macrobenthische gemeenschappen heeft.

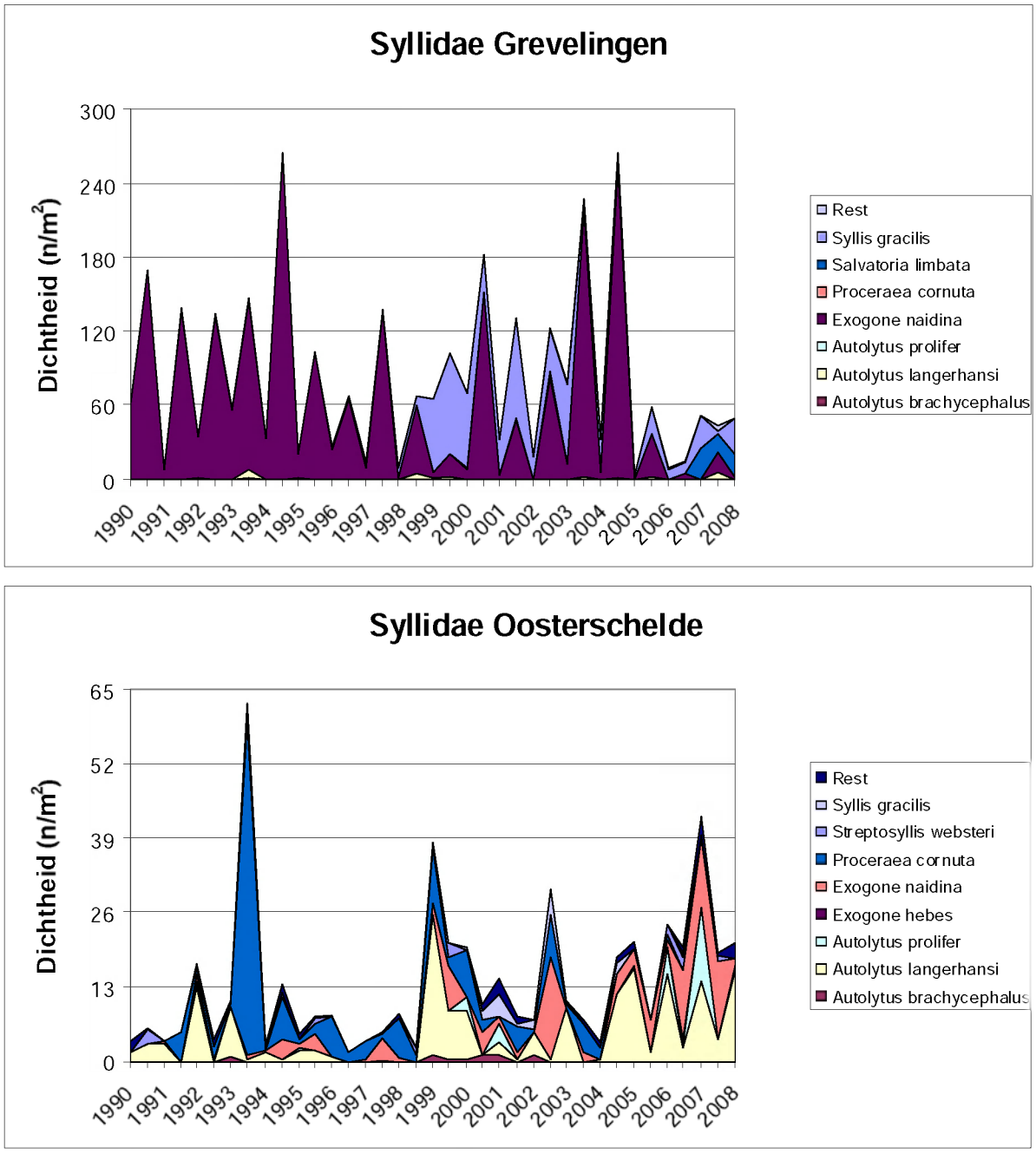
Totaal Syllidae:

Onder de 9 in de Zeeuwse wateren op zacht substraat aangetroffen Syllidae bevinden zich 2 exoten. Aangezien het om kleine Polychaeten soorten gaat, analyseren we hier de ontwikkelingen in dichtheden (in totale biomassa zouden ze nauwelijks worden opgemerkt. In de Grevelingen is gedurende de jaren 90 de dominante soort *Exogone naidina*, die geregeld zelfs de enige soort is die wordt aangetroffen (Figuur 14; Bijlage XXXI). Een enkele keer wordt een inheemse soort of één van de exoten *Proceraea cornuta* of *Syllis gracilis* aangetroffen, maar dan gaat het veelal om niet meer dan één exemplaar per monster campagne.

Vanaf 1998 begint *S. gracilis* echter flink toe te nemen, wat samen valt met een tijdelijke achteruitgang van *E. naidina*. Waar *E. naidina* een sterke seizoengebondenheid kent, met hoge dichtheden in het najaar en zeer lage dichtheden in het voorjaar, is dit voor *S. gracilis* veel minder het geval, waardoor de exoot met name in het voorjaar de dominante Syllidae soort is. *S. gracilis* blijft tot op heden abundant, waarbij de hoogste dichtheden worden bereikt in jaren dat *E. naidina* minder talrijk is. De laatste 3 jaar zijn de dichtheden van *E. naidina* sterk gereduceerd, maar of dit een blijvende trend is, is onduidelijk, daar de hoogste dichtheden nog juist daarvoor in het najaar van 2005 werden bereikt. De exoot *P. cornuta* speelt in het geheel geen grote rol en wordt sporadisch aangetroffen. Vanaf het najaar 2007, is een inheemse soort sterk op komen zetten; *Salvatoria limbata*. Opvallend is dat waar de inheemse Syllidae, net als *E. naidina*, een sterke seizoengebondenheid in de dichtheden vertonen, de succesvolle nieuwkomers *S. gracilis* (exoot) en *S. limbata* (inheemse soort) dit veel minder sterk kennen, wat mogelijk hun succes ten opzichte van de andere soorten kan verklaren. De twee soorten vertonen dus een significante toename gedurende de onderzoeksperiode in de Grevelingen (Bijlage XXXII). Verder wordt een significante positieve relatie tussen alle aanwezige Syllidae aangetroffen, wat kan worden teruggebracht naar de seizoengebondenheid in dichtheden die alle soorten in meer of mindere mate vertonen (Bijlage XXXIII). Of de twee exoten zo competitief zijn dat ze *E. naidina* onder de heersende omstandigheden in de Grevelingen kunnen verdringen is nog onduidelijk; vooralsnog lijken ze meer een aanvulling op de Syllidae gemeenschappen op momenten dat *E. naidina* minder talrijk is. Wat de rol van deze kleine detritivoren en hun impact op andere macrofauna soorten is, is niet duidelijk. De Syllidae worden in verband gebracht met verrijkte milieus. Een trend naar een algemene toename van de groep wordt echter niet gevonden (Bijlage XXXII).

In de Oosterschelde zijn de Syllidae minder talrijk dan in de Grevelingen. Hier worden op 8 soorten, twee exoten aangetroffen; *S. gracilis* en *P. cornuta*. *P. cornuta* is hier echter al begin jaren 90 aanwezig, en maakt daar een behoorlijk percentage van de Syllidae gemeenschappen uit, met een dominantie van de soort in de tweede helft van de jaren 90 (Figuur 14; Bijlage XXXI). Naast *P. cornuta* is *Autolytus langerhansi* een talrijke soort in de Oosterschelde. Deze soort blijft ook een belangrijke soort na de jaren 90. Vanaf de tweede helft van de jaren 90 wordt ook de inheemse soort *E. naidina* steeds talrijker; de soort vertoont samen met de eerder genoemde *A. langerhansi* en *Autolytus prolifer*

een significante toename in de aantallen. Dit zijn alle drie inheemse soorten. Aan het einde van de jaren 90 duikt de tweede exoot, *S. gracilis*, op, maar de exoot wordt niet erg talrijk en ontbreekt daarna ook weer in verschillende periodes. Ook *P. cornuta* lijkt vanaf 2004 te zijn verdwenen. De exoten onder de Syllidae blijken in de Oosterschelde dus zeker de laatste jaren, geen dominante rol te spelen, en inheemse soorten lijken zeker zo competitief te zijn onder de heersende omstandigheden. De exoten zijn in de Oosterschelde meer een aanvulling op de inheemse soorten waarbij de verschillende Syllidae soorten komen en gaan en elkaar afwisselen.



Figuur 14.
Ontwikkelingen in de gemiddelde dichtheden op zacht substraat van inheemse Syllidae en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a) en de Oosterschelde (Syllidae worden slechts sporadisch in het Veerse Meer en de Westerschelde aangetroffen).

In het Veerse Meer en de Westerschelde zijn de Syllidae in het geheel geen talrijke groep, en worden er sporadisch exemplaren aangetroffen. In het Veerse Meer is gedurende de brakke situatie alleen *E. naidina* één maal aangetroffen. Na de opening van de 'Katse Heule' zijn *A. langerhansi* in 2005 en 2006 en *S. limbata* in 2007 aangetroffen. De eerstgenoemde is talrijk in de Oosterschelde, dus het is voor de hand liggend dat die ook in het Veerse Meer voet aan de grond gaat krijgen. *S. limbata* is

nooit in de Oosterschelde aangetroffen maar is wel talrijk komen opzetten in de Grevelingen in 2007. Mogelijk dat de soort in het Veerse Meer tijdelijk weet te profiteren van een situatie waarin Syllidae grotendeels ontbreken. Het is meer voor de hand liggend dat op den duur de inheemse soorten zoals *A. langerhansi* en *E. naidina* zich permanent zullen vestigen in het Veerse Meer. In de Westerschelde worden zo nu en dan Syllidae aangetroffen, gedurende de afgelopen 19 jaar vier soorten. Hierbij hoort ook de exoot *P. cornuta* in 1995 en 1997. Het ziet er echter voorlopig niet naar uit dat Syllidae talrijk zullen worden in de Westerschelde, en zo ook niet de exoten onder hen.

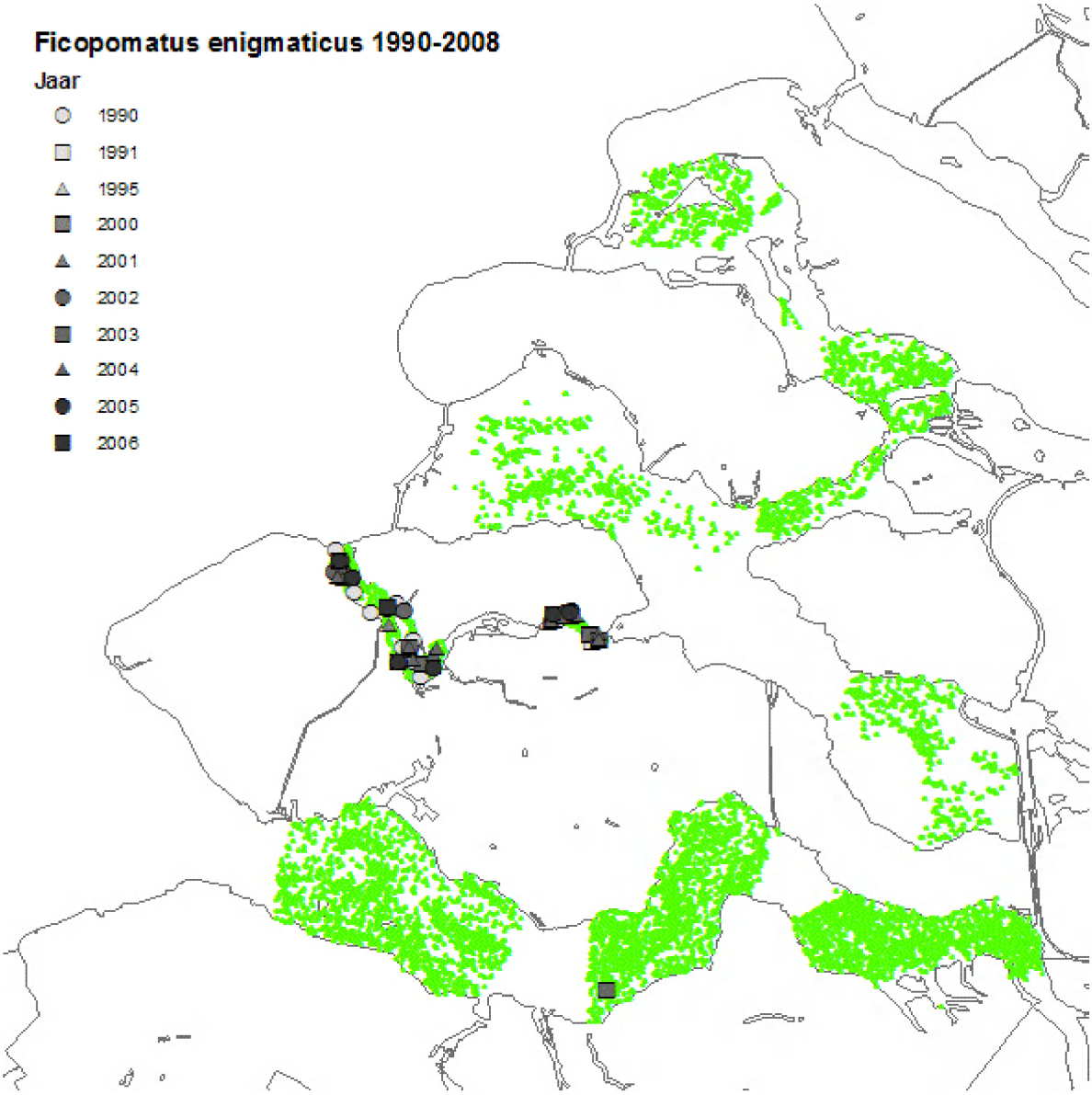
Sabellida

Serpulidae

3.1.7. *Ficopomatus enigmaticus*

Ficopomatus enigmaticus, ook wel bekend onder de naam *Mercierella enigmatica* is een permanent in Nederland gevestigde soort. De Nederlandse naam is Trompetkalkkokerworm. De soort is afkomstig uit het Zuid-Westelijke deel van de Grote Oceaan en is waarschijnlijk in Europa terecht gekomen als aangroei op schepen, of via ballastwater. De eerste waarnemingen in Europa stammen van 1921 en 1922, voor respectievelijk het havenkanaal van Caen (Frankrijk) en de Havens van London (Engeland). In Nederland werd de Trompetkalkkokerworm voor het eerst gevonden in het Veerse Meer en in het Kanaal door Walcheren in 1968, waarbij de soort in het Kanaal door Walcheren mogelijk ook al in 1967 aanwezig was (Wolff, 2005). Andere gebieden in Nederland waar de soort voor wordt genoemd is een keer in de binnenhaven van Vlissingen, in het Goesse Meer in 2000, en sinds 1991 in het Noordzeekanaal. De soort wordt ook gevonden in een gedeelte zonder getijde van de haven van Emden (Duitsland nabij de Nederlandse grens).

In de data van het NIOO-CEME komt *F. enigmaticus* voor het eerst voor in 1989 op een flink aantal locaties verspreid over het gehele Veerse Meer (Bijlage VII). De soort is dan al ruim 20 jaar in het Veerse Meer aanwezig. Echter in eerste instantie waarschijnlijk met name in en rond havens en op hard substraat. In de jaren 80 moet de soort zich dusdanig hebben verspreid dat de soort ook algemener wordt op 'zacht' substraat. Met de aanvang van de BIOMON monitoring wordt de soort in het najaar van 1990 dan ook op diverse locaties in het Westelijke en het Centraal-Westelijke deel van het Veerse Meer aangetroffen, maar slechts op één locatie in het Oostelijke deel (Figuur 15). In 1991 is het aantal waarnemingen reeds gereduceerd tot één; nu in het Oostelijke deel. Waar de Trompetkalkkokerworm dus tijdelijk talrijk is geweest in 1989 en 1990, zijn de populaties in het Veerse Meer, in de jaren daarna weer sterk gereduceerd geweest zodat er nauwelijks vondsten op zacht substraat zijn gedaan. In 1995 worden nog eens een aantal exemplaren in een monster van het Oostelijke deel aangetroffen. Na een tijdelijke afwezigheid keert de soort in 2000 weer terug in een monster in het Westelijke deel, waarna de populaties daar uitbreiden, en de soort op een toenemend aantal locaties wordt aangetroffen tussen 2001 en 2005. In 2006 wordt *F. enigmaticus* dan nog op één locatie gevonden, waarna de soort weer is verdwenen. In het Oostelijke deel het zelfde patroon met een toenemend aantal vindplaatsen tussen 2001 (de eerste waarneming na 1995) en 2004, gevolgd door de laatste twee waarnemingen in respectievelijk het voor- en het najaar van 2005. De soort heeft dus duidelijk weten te profiteren van de verslechterde condities in het Veerse Meer na 2000, en de achteruitgang van een groot aantal andere soorten. Echter, met de inlaat van zout water is de soort weer snel verdwenen. De soort heeft zich nog het langste weten te handhaven in het Westelijke deel waar plaatselijk nog wat langer brakwater condities te vinden waren. Mogelijk dat de soort zich nog steeds ergens handhaaft onder brakwater omstandigheden nabij zoetwater inlaat punten in het meer. *F. enigmaticus* is ook eenmalig in 2003 in het Centrale deel van de Westerschelde aangetroffen. Mogelijk is het brakke deel van de Westerschelde te dynamisch voor een uitbreiding van de soort.

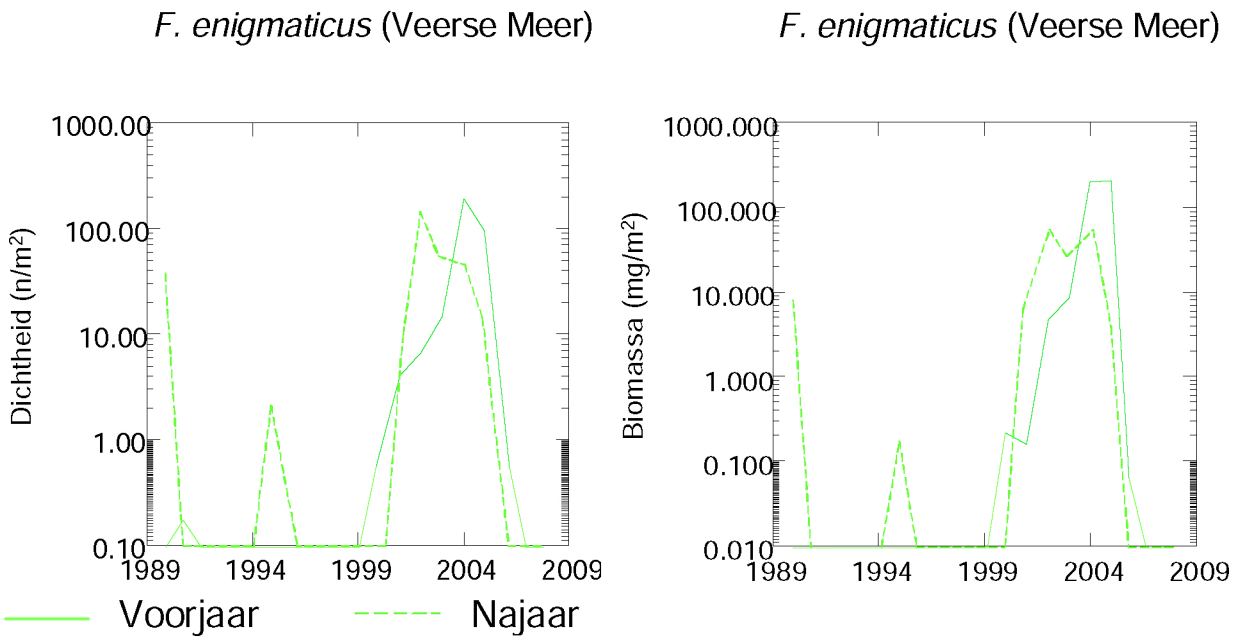


Figuur 15.
Ficopomatus enigmaticus waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

F. enigmaticus is in de Zeeuwse delta op een gemiddelde diepte van 3.9 ± 3.5 meter diepte waargenomen, in een range van 0 tot 19.1 meter. Hiermee kan worden gesteld dat de soort voornamelijk wordt gevonden in de ondiepe en middeldiepe wateren, en dat vondsten dieper dan 10 meter schaars zijn. Dat *F. enigmaticus* een voorkeur heeft voor hard substraat is duidelijk, gezien naar verhouding ruim 60 % van de populaties op zacht substraat op een substraat van klei met schelpen kan worden aangetroffen. Nog eens 25.6 % van de populaties kan worden aangetroffen op andere substraattypes (slib, fijn zand en slibbig fijn zand) met schelpen. Deze sedimenttypes geven ook aan dat de soort een voorkeur heeft voor een weinig dynamisch milieu. Zo is de soort ook frequent gevonden op fijn zand, zandig slib en slib (zonder een noemenswaardige hoeveelheid schelpen). Heiman et al. (2008) geven aan dat *F. enigmaticus* prima zacht substraat weet te koloniseren wanneer er initieel een kleine hoeveelheid hard substraat, zoals een schelp, steen of artificieel materiaal, aanwezig is. De populaties kunnen dan uitgroeien tot 60000 individuen per vierkante meter.

L. Vandepitte meldt dat *F. enigmaticus* wordt gezien als een potentiële pest soort, daar de soort riffen kan vormen op schepen en haveninfrastructuren, maar vooralsnog lijkt de schade ten gevolgen van de Trompetkalkkokerworm mee te vallen (WoRMS, 2009). Borja et al. (2000) geven aan dat *F.*

enigmaticus indifferent is ten opzichte van verrijking, en dus een indicator kan zijn voor een verarmde benthische gemeenschap.



Figuur 16.
Ontwikkelingen in *Ficopomatus enigmaticus* dichtheden (a) en biomassa (b) gedurende de periode 1990 – 2008 voor het Veerse Meer, uitgesplitst naar het voorjaar en het najaar.

Zoals de huidige verspreiding in Nederland al laat zien, is *F. enigmaticus* een typische brakwatersoort, met name bekent van estuaria, brakke lagunes en rivier mondingen (Bruschetti, 2009; Wijnhoven et al., 2009). Toch kan de soort ook een hoge saliniteit weerstaan, maar voor groei en reproductie is een saliniteit van tussen de 10 en 30 vereist (Frammandearter, 2009). De ondergrens van saliniteit tolerantie ligt rond de 6 a 8. Voor groei en reproductie is tevens een temperatuur van boven de 18 ℃ vereist (Frammandearter, 2009). Heiman et al. (2008) tonen aan dat de riffen van *F. enigmaticus* in de Verenigde Staten de vestiging van andere niet-inheemse soorten bevordert. Echter een aantal van de door hen genoemde soorten zijn in Nederland wel inheems zoals *Corophium insidiosum* en *Polydora* soorten. Exoten die ook in Nederland worden gevonden en geassocieerd worden met *F. enigmaticus* zijn *Melita nitida* (zie 3.1.13) en *Sinelobus sp.* die stroomopwaarts van de Westerschelde in de Antwerpse haven al wordt waargenomen (J. Soors op Werkgroep Exoten, 2009), en wordt gevonden in de Oude Maas, Nieuwe Waterweg, Hollandse IJssel en Noordzeekanaal (T. van Haren op Werkgroep Exoten, 2009). In het algemeen zullen soorten die bekend staan als 'eco-engineers' zoals kokerbouwende wormen de complexiteit van het milieu vergroten, en hiermee de soortenrijkdom en diversiteit (Bruschetti et al., 2009). In hoge dichtheden kan de soort een behoorlijke impact hebben op het doorzicht van estuaria door het wegfilteren voor flinke hoeveelheden fytoplankton (Bruschetti et al., 2008). Aan de andere kant kunnen rifstructuren de stroming verminderen en sedimentatie veroorzaken. F. enigmaticus heeft het vermogen om het estuariene ecosysteem substantieel te veranderen (Orensanz et al., 2002).

F. enigmaticus is een permanent in Nederland gevestigde exoot. De soort werd na vestiging in het Veerse Meer algemeen, maar is verdwenen na de opening van de 'Katse Heule'. In de Oosterschelde en de Grevelingen lijkt de saliniteit voor deze soort te hoog te liggen, en in de dynamische Westerschelde krijgt de soort ook geen voet aan de grond. Wel is het zeer goed mogelijk dat *F. enigmaticus* zich weet te handhaven in één van de Zeeuwse binnenwateren zoals kleinere meertjes en kanalen. Ook in havens of bij zoetwater inlaatpunten kan de soort aanwezig zijn wanneer het milieu daardoor brak is. En dit zou ook plaatselijk kunnen gelden voor Oosterschelde, Grevelingen en Westerschelde. *F. enigmaticus* is dus in potentie een invasieve soort, maar dit in ecologisch verarmde brakke wateren met weinig dynamiek. *F. enigmaticus* wordt nog niet genoemd voor de Waddenzee (Wijsman & De Mesel, 2009), maar wel voor het Duitse en Deense deel. Het risico op introductie vanuit de Zeeuwse delta wordt als niet erg groot geschat, maar uitwisseling binnen de Waddenzee wordt door Wijsman & De Mesel (2009) wel als risicovol gemeld. We schatten in dat de kans op een grote ecologische impact door introductie van de soort in de Waddenzee niet groot is, maar

introducties in ecologisch verarmde brakke wateren met weinig dynamiek, kan een explosie van de soort opleveren, zoals momenteel bijvoorbeeld is waar te nemen in het Noordzeekanaal.

Spionida

Cirratulidae

3.1.8. *Tharyx marioni*

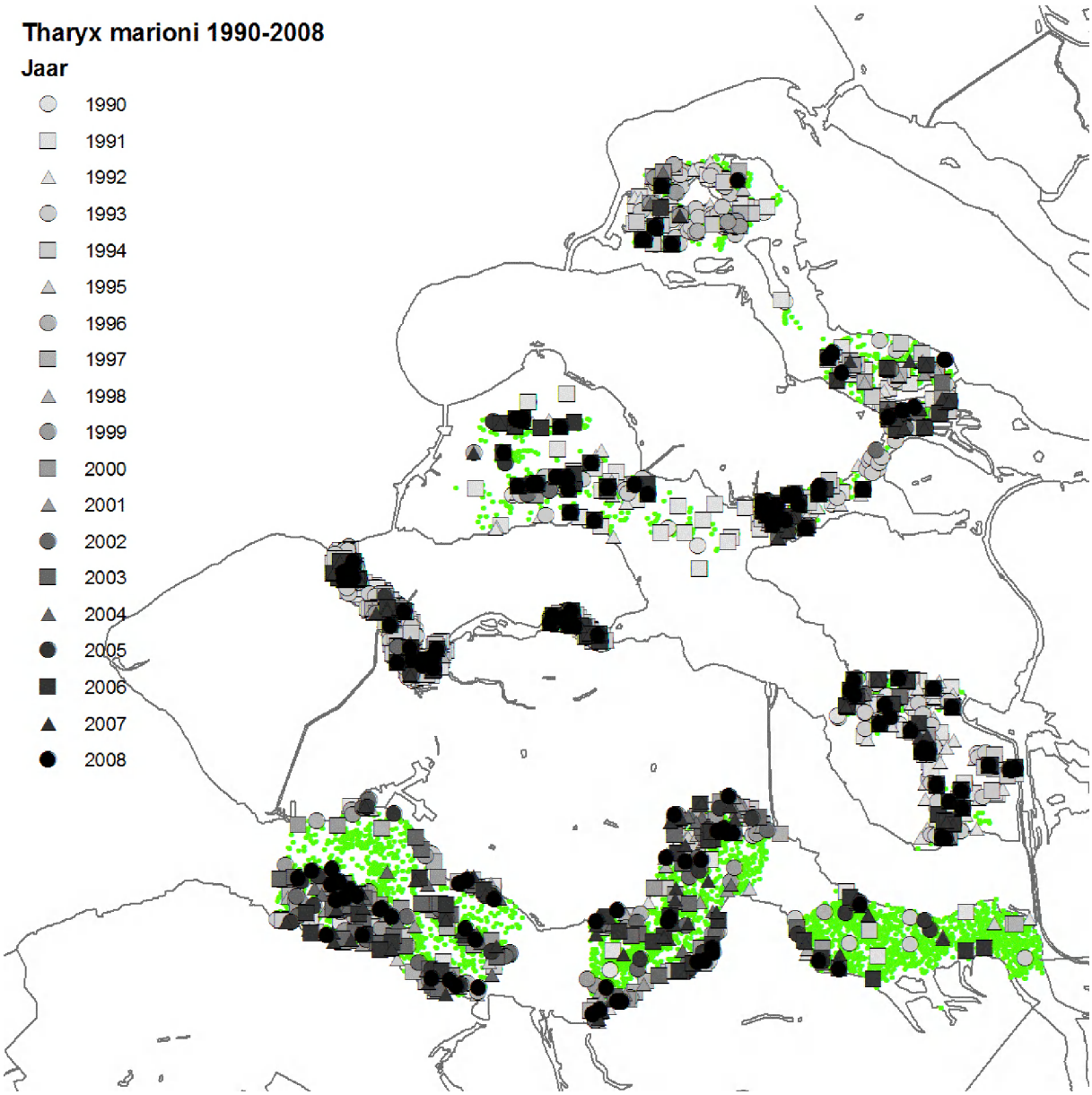
Tharyx marioni, ook vaak in de literatuur voorkomend als *Aphelochaeta marioni*, is een polychaete waarvan het twijfelachtig is dat het een inheemse soort is. Wolff (1973) meldt dat de soort frequent werd gevonden gedurende de jaren 60 waarbij de verspreiding landinwaarts werd begrensd door een saliniteit van 25.3 in de Krammer en van 12.6 in de Westerschelde gedurende vloed bij gemiddelde rivier afvoer. Dit komt overeen met een saliniteit van 3.6 en 1.8 respectievelijk gedurende eb bij een hoge rivierafvoer. Ook in het Veerse Meer en twee niet nader gespecificeerde brakke binnenwateren met een saliniteit variërend van 16.2 – 25.3 kwam de soort voor. Eerder is de soort al door Korringa (1951) waargenomen; toen *T. multibranchiis* genoemd. Er zijn geen Nederlandse waarnemingen van voor die tijd bekend, waarbij Wolff (2005) opmerkt dat dit merkwaardig is gezien de inspanningen van de welbekende Nederlandse Polychaeten specialist Horst aan het begin van de 20ste eeuw. *T. marioni* komt vooral voor op slibrijk sediment maar is ook wel eens op grof zand met stenen waargenomen (Wolff, 1973).

Tharyx marioni is in de gehele Zeeuwse delta een algemene soort (Figuur 17; Figuur 18). Voor de afgelopen 19 jaar worden er gemiddeld 109 tot 706 individuen per vierkante meter aangetroffen, afhankelijk van het gebied en het seizoen. De laagste dichtheid is te vinden in de Grevelingen en de hoogste in het Veerse Meer. De verschillen in aantallen tussen het voor- en het najaar zijn gering. In biomassa varieert het gemiddelde tussen de 8.4 en 141.0 mg ADW/m^2. Er zijn behoorlijke schommelingen in aantallen en biomassa waar te nemen van jaar tot jaar, maar het *T. marioni* bestand is over de gehele periode onveranderd, met uitzondering van een significante afname van het aantal dieren en de aangetroffen biomassa in het Veerse Meer wat met name zichtbaar is in het najaar. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door zeer hoge dichtheden die zijn aangetroffen begin jaren 90, maar ook daarna lijkt de trend zich voort te zetten. Dit patroon kan deels het gevolg zijn van hoge dichtheden in het centrale deel van het Veerse Meer, welke slechts in 1990 en 1991 zijn bemonsterd. Maar ook kan een geleidelijk dalende saliniteit van begin jaren 90 tot aan 2004, het moment waarop de uitwisseling van water met de Oosterschelde weer mogelijk werd door de opening van de Katse Heule, een rol spelen. De saliniteit lag in die periode geregeld onder de 12 (Wijnhoven et al., 2009).Wanneer alleen saliniteit bepalend is kan men een toename van de dichtheden verwachten na 2004, welke we echter niet waarnemen. Echter een groot aantal soorten blijkt in het Veerse Meer vooralsnog niet direct op een verhoogde saliniteit en verbeterde waterkwaliteit te reageren (Wijnhoven et al., 2009). Opvallend is ook een dip in de *T. marioni* bestanden in het najaar van 2001 en 2002 en in het voorjaar van 2003 in de Grevelingen. Het lijkt er op dat ook in de Westerschelde en het Veerse Meer in die perioden de populaties een dalletje kenden. Dit duidt er op dat de tijdelijke achteruitgang van *T. marioni* niet direct het gevolg is van waterkwaliteit veranderingen of aanpassingen in het beheer van de Grevelingen, maar wellicht eerder een klimatologische achtergrond heeft.

T. marioni wordt met name aangetroffen op locaties waar schelpen aanwezig zijn in het sediment en dan op de slibbige fijn zand, fijn zand, slib en klei locaties. Daar de soort ook zeer frequent op de schelpbank locaties wordt aangetroffen maar procentueel veel minder vaak in grovere sediment types dan fijn zand, duidt op een voorkeur voor laagdynamische locaties. Op slibbig fijn zand (zonder schelpen) is de soort ook algemeen.

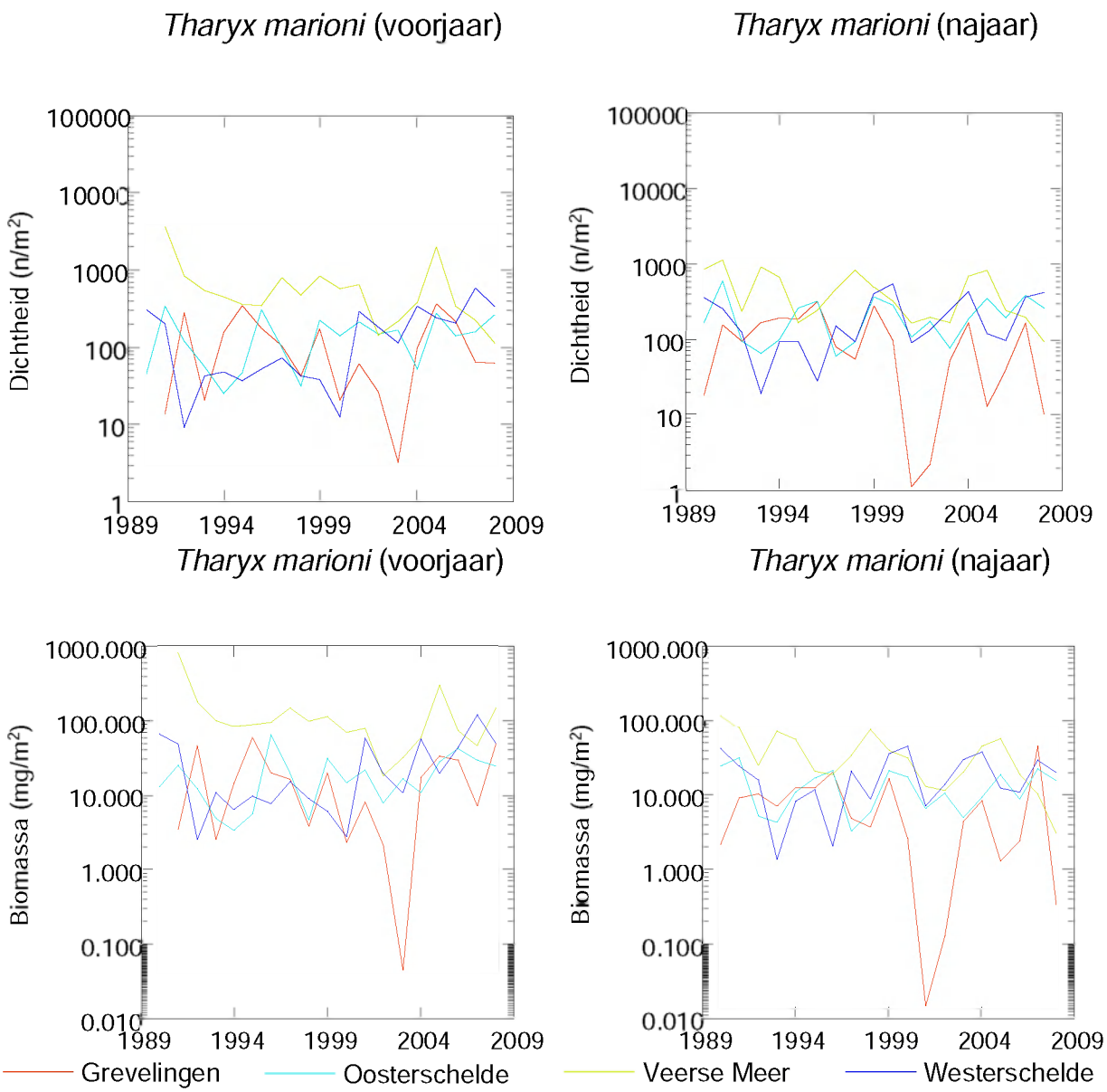
Daar waar in de Zeeuwse delta de afgelopen 19 jaar is bemonsterd, is *T. marioni* ook frequent aangetroffen. Alleen in het mesohaliene gedeelte van de Westerschelde en de diepere delen van de gehele Westerschelde wordt de soort minder vaak aangetroffen. Wanneer echter ook andere monstercampagnes in die gebieden worden bekeken (Bijlage VIII), dan blijkt ook daar *T. marioni* veelvuldig voor te komen. Al vanaf de jaren 60 blijkt *T. marioni* algemeen te zijn in alle wateren van de Zeeuwse delta (Bijlage VIII). Het is wel opvallend dat de soort gedurende de jaren 80 vrijwel niet in de

monsters van het westelijke deel van de Grevelingen is aangetroffen terwijl dat in de periode daarvoor en daarna wel het geval was. Ook op diverse locaties in de Voordelta is de soort algemeen.



Figuur 17.
Tharyx marioni waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Over *Tharyx marioni* bestaat enige onenigheid, of het een inheemse soort of een exoot is. Wanneer het een exoot is, is het in ieder geval een permanent gevestigde zeer succesvolle exoot die al gedurende een lange tijd wijd verspreid is in de Zeeuwse delta. *T. marioni* is zeer waarschijnlijk reeds in alle Nederlandse wateren die een geschikt biotoop vormen aanwezig.



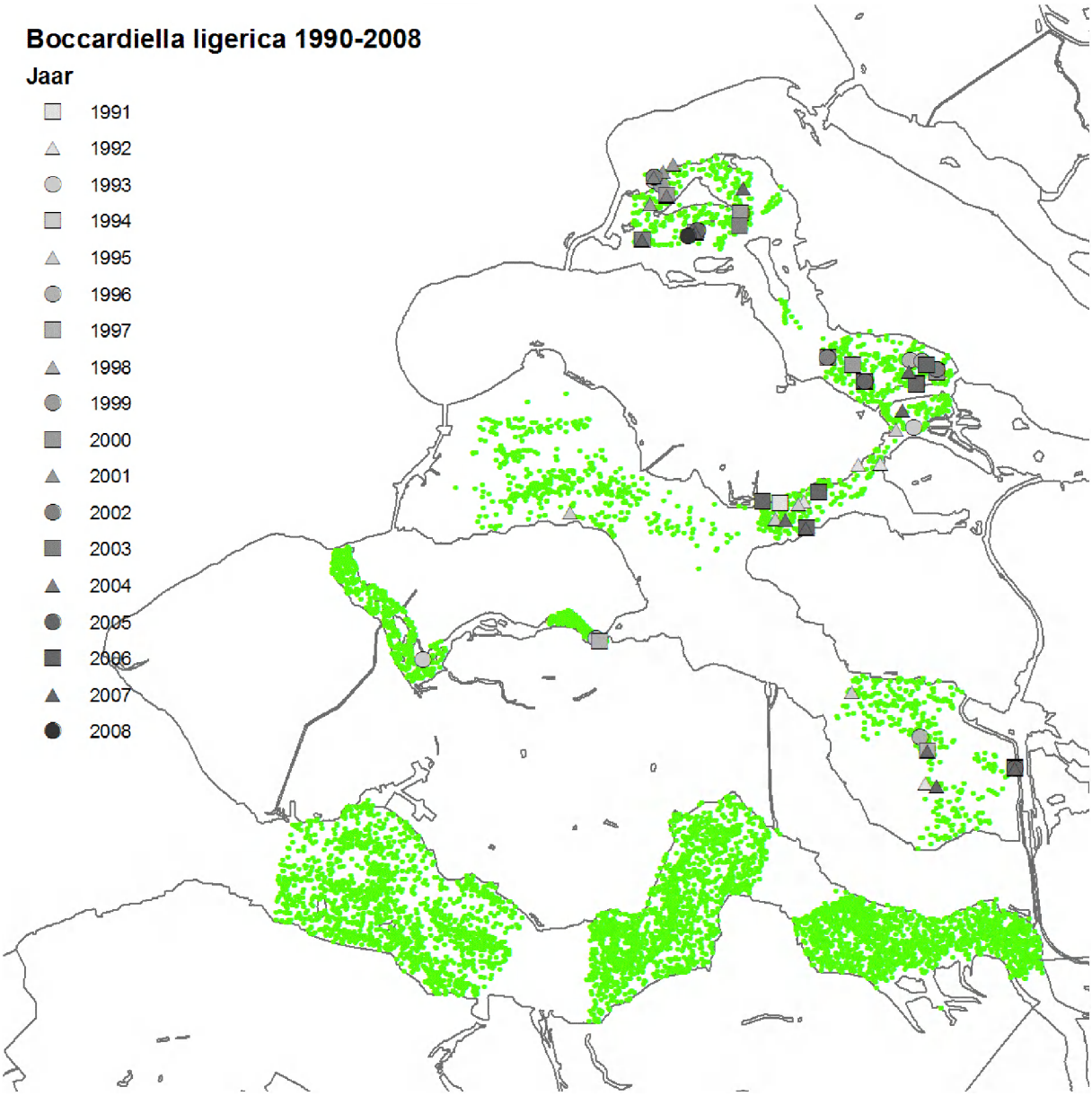
Figuur 18.
Ontwikkelingen in *T. marioni* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

<u>Spionidae</u>

3.1.9. *Boccardiella ligerica*

De status van de polychaete *Boccardiella ligerica* is onbekend. Deze permanent gevestigde soort is mogelijk een exoot afkomstig uit de Atlantische oceaan of de noordelijke Pacific, maar zou ook inheems voor Nederlandse brakke wateren kunnen zijn. Wolff (1973) noemt de soort als uitsluitend voorkomend in brakke wateren met een saliniteit tussen de 0.5 en 18. De soort kwam dan ook voor in de voormalige brakke wateren van Noord Holland, de Zuiderzee en het Haringvliet/Hollands Diep

(Wolff, 2005) en is zodoende voor de periode 1960-1969 ook in NIOO-CEME database te vinden voor het Haringvliet en het Hollandsch Diep (Bijlage IX).



Figuur 19.
Boccardiella ligerica waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Vanaf de start van de BIOMON monitoring blijkt de soort te worden aangetroffen in de Noordelijke tak van de Oosterschelde. Dit is verrassend daar de saliniteit hier veel hoger is dan de 18 die door Wolff (1973) als bovengrens van het verspreidingsgebied wordt gegeven; namelijk rond de 30 (Coosen et al., 1994). Vanaf 1991 wordt *B. ligerica* geregeld gevonden in de Noordelijke tak met observaties in 1992, 1993, 1995, 2003, 2006 en 2007. De trefkans blijkt daarbij ongeveer even groot te zijn in het voor- als in het najaar, en als de soort tijdens een campagne wordt waargenomen dan is dat op 1 tot maximaal 3 locaties. Vanaf 1992 duikt *B. ligerica* ook op in de monsters uit het Oostelijke deel van de Oosterschelde, waarna de soort ook in 1995 t/m 1999, 2001, 2003, 2005 en 2007 wordt aangetroffen. Ook hier evenveel voor- als najaarswaarnemingen en aanwezigheid op 1 tot 3 locaties. In 1995 wordt *B. ligerica* eenmalig in het Westelijke deel van de Oosterschelde gevonden. In 1993 wordt *B. ligerica* ook in het Veerse Meer aangetroffen, in het Centraal-westelijke en in het Oostelijke deel (vlak bij de Katse Heule doorlaat), waar de saliniteit dan respectievelijk rond de 17 en rond de 26 ligt (Wijnhoven et al., 2009). In het Oostelijke deel wordt *B. ligerica* ook nog eens in 1997 gevonden.

Vanaf 1994 wordt *B. ligerica* ook jaarlijks (met uitzondering van 2001), veelal op meerdere locaties in het Oostelijke deel van de Grevelingen aangetroffen. In het Westelijke deel is de soort dan al eens in 1993 gevonden. Vanaf 1997 wordt de soort daar dan ook jaarlijks aangetroffen (met uitzondering van 2006), eveneens veelal op meerdere locaties. In het Oostelijke deel fluctueert de saliniteit gedurende die periode tussen de 27 en de 31, in het Westelijke deel tussen de 27 en de 33 (Waterbase, 2009).

Het lijkt er op gezien het permanente karakter van de vestiging van *B. ligerica* in de Oosterschelde en de Grevelingen, dat de soort niet strikt gebonden is aan brak water. Wolff (2005) geeft aan dat *B. ligerica* tegenwoordig nog in de (Belgische) Zeeschelde voor komt tussen Antwerpen en de Nederlandse grens. Dit wordt bevestigd door een waarneming nabij de Belgische grens in 2006 (Bijlage IX). De BIOMON gegevens laten zien dat de soort in de Westerschelde er niet in slaagt om de zoutere wateren te koloniseren. Echter in 2004 is *B. ligerica* dan wel weer waargenomen in het havengebied van Vlissingen (Bijlage IX). Mogelijk is de soort eerder gevoelig voor saliniteit fluctuaties dan voor een hogere saliniteit. *B. ligerica* is overigens ook waargenomen in de Nieuwe Waterweg (op diverse locaties in 1997); een ander systeem met een saliniteit gradiënt en –fluctuaties.

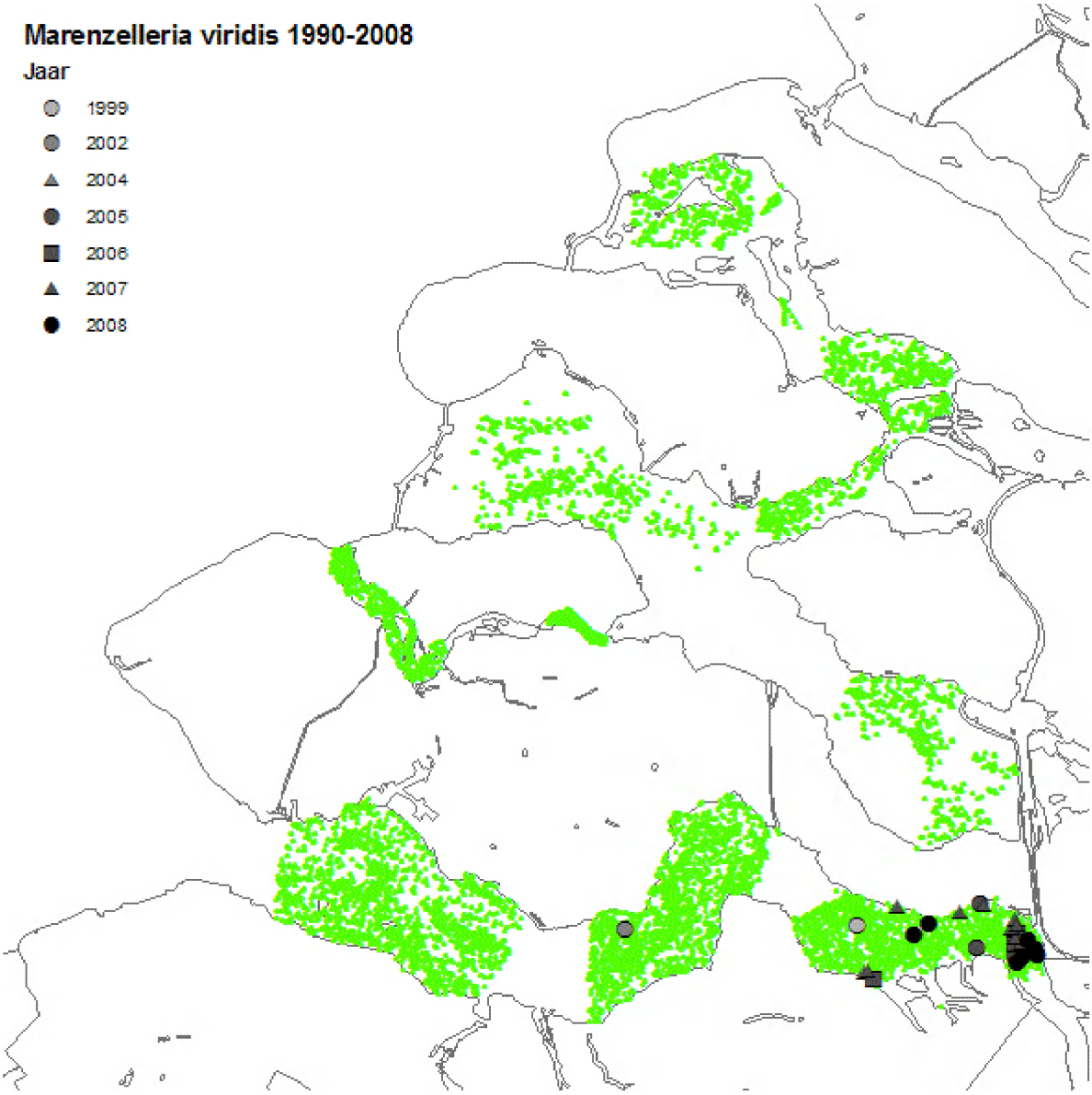
Rekening houdende met het percentage monsters dat in de BIOMON bemonstering per sediment type is genomen, kan gesteld worden dat 36 % van het voorkomen van *B. ligerica* in de Zeeuwse delta op Schelpenbanken of schelpgruis is. Wanneer ook andere sedimenttypes met schelpen daarbij worden meegenomen, dan omvat dit 66 % van alle monsters waarin *B. ligerica* is aangetroffen. Een verdere 19 % van de waarnemingen zijn gedaan op locaties met veen (eventueel in combinatie met klei of slibbig fijn zand). Wolff (1973) noemt niet specifiek schelpgruis als geschikt substraat voor de soort, maar geeft wel aan dat de soort een stevige ondergrond vereist voor de bouw van zijn kokers. Het overgrote deel van de waarnemingen in de BIOMON campagnes is van ondiepe wateren tussen de 0 en de 6 meter. De soort is gekenmerkt als een opportunistische soort van de 2de orde, en is daarmee typisch voor lichtelijk tot duidelijk verstoorde situaties en kan dus een indicator zijn voor verontreinigde systemen (Borja et al., 2000).

De status van *B. ligerica* is dus onbekend. Wolff (2005) meld dat de soort mogelijk een exoot is, Gittenberger (2009) en Wijsman & De Mesel (2009) rekenen *B. ligerica* niet tot de exoten; op de site van de Werkgroep Exoten, wordt de status van de soort als niet bekend genoemd (maar de soort is in de lijst opgenomen, dus dat doen we hier ook). In ieder geval is het een permanent gevestigde soort in de Zeeuwse delta, en in de Grevelingen en de Oosterschelde in het bijzonder, die reeds lange tijd in het systeem aanwezig is. Het aantal waarnemingen en de dichtheden zijn echter nooit erg hoog. Er wordt dan ook geen grote impact van de soort op de gemeenschappen verwacht.

3.1.10. *Marenzelleria viridis*

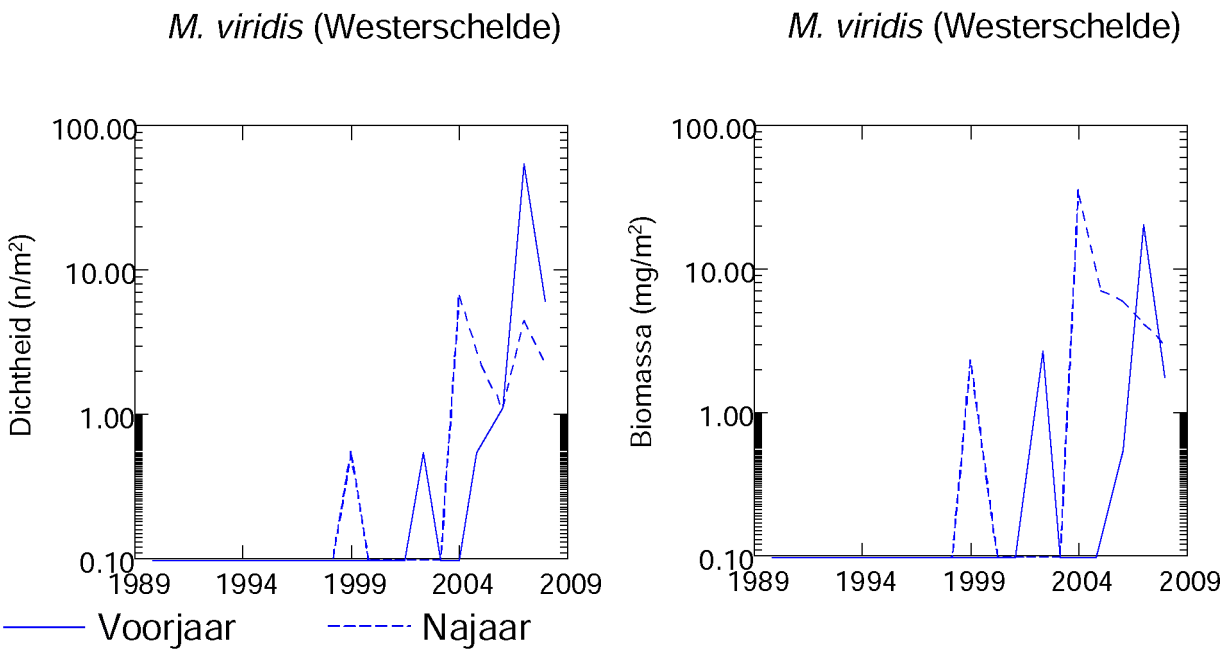
De polychaete *Marenzelleria viridis*, ook wel *M. cf. wireni* is inmiddels een permanent gevestigde exoot in Nederland. De precieze herkomst van de soort staat nog steeds ter discussie, maar het moet ergens in de Noord Amerikaanse wateren zijn (Wolff, 2005). Sinds 1982, of misschien al daar voor in de late jaren 70, werd de soort voor het eerst in de Europese wateren, namelijk in het Schotse Tay estuarium, waargenomen. In 1983 was de soort ook te vinden in het Ems estuarium, en daarmee in Nederland. De soort heeft zich eind jaren 80, begin 90 geleidelijk naar de Waddenzee uitgebreid, maar was in 1989 ook al in het uiterste Westen van de Waddenzee op Balgzand. In 1995 werd de soort in de Voordelta ten Westen van de Grevelingen gevonden, en in het Schelde estuarium rond de Belgische grens. In 1997 volgden nog waarnemingen in een ander water met een zoutgradiënt; de Nieuwe Waterweg (Essink, 1999; Wolff, 2005).

Gedurende de BIOMON bemonsteringen wordt *M. viridis* (overigens voornamelijk gemeld als *Marenzelleria sp.*) voor het eerst in 1999 aangetroffen in het Oostelijke deel van de Westerschelde (overigens al wel een behoorlijk stuk verwijderd van de Belgische grens). In 2002 wordt de soort weer gevonden, maar nu zelfs in het Centrale deel van de Westerschelde (Figuur 20). Binnen de BIOMON campagnes is het bij deze ene waarneming gebleven, maar in twee andere projecten is de soort in 2000 en 2004 nog verder Westwaarts aangetroffen (Bijlage X). Vanaf 2004 in *M. viridis* steeds frequenter gevonden in het Oostelijke deel van de Westerschelde, maar vooral in het gedeelte nabij de Belgische grens. Het zelfde beeld is zichtbaar in andere projecten uit de jaren 90 en later, en de soort blijft voor de Zeeuwse delta beperkt tot de Westerschelde. In de wateren van de Voordelta blijkt *M. viridis* algemeen te zijn in de wateren voor de Haringvliet monding en rond de Maasvlakte. Ter hoogte van de Grevelingen is door het NIOO-CEME slechts één waarneming gedaan in 2007.



Figuur 20.
Marenzelleria viridis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

M. viridis wordt met name aangetroffen in de middeldiepe wateren (range 0 – 16.8 m) en op getijde platen. Daar bevindt de soort zich voornamelijk in fijn zand, slibbig fijn zand, klei en slib. Essink (1999) geeft aan dat de introductie van *M. viridis* in het Ems estuarium en in de Dollard gedurende eind jaren 80 en begin jaren 90 voor een omslag van een tweekleppigen gedomineerd systeem naar een wormen gedomineerd systeem heeft gezorgd. Of dit puur een effect is van de introductie van de exoot, of dat dit mede een effect is van de achteruitgang van de waterkwaliteit in het systeem, valt nog te bezien. Mogelijk dat de uitbreiding van *M. viridis* een negatieve impact heeft gehad op de abundantie van de *Nereis* soorten, en dat deze polychaeten concurrenten zijn voor zowel voedsel als ruimte (Essink, 1999). Ook Kotta et al. (2001) laat een verminderde overleving van *Nereis diversicolor* zien in veldexperimenten in de Baltische Zee. Ook de amphipode *Monoporeia affinis* is geleidelijk achteruit gegaan in de diepere zacht substraat habitats van de Baltische Zee na vestiging van *M. viridis* wat wordt toegeschreven aan voedselcompetitie (Kotta & Ólafsson, 2003). Anderzijds zorgde de tweekleppige *Macoma balthica* voor sterfte van *M. viridis* (Kotta et al., 2001). Significante interacties met *Cerastoderma glaucum* werden niet gevonden.

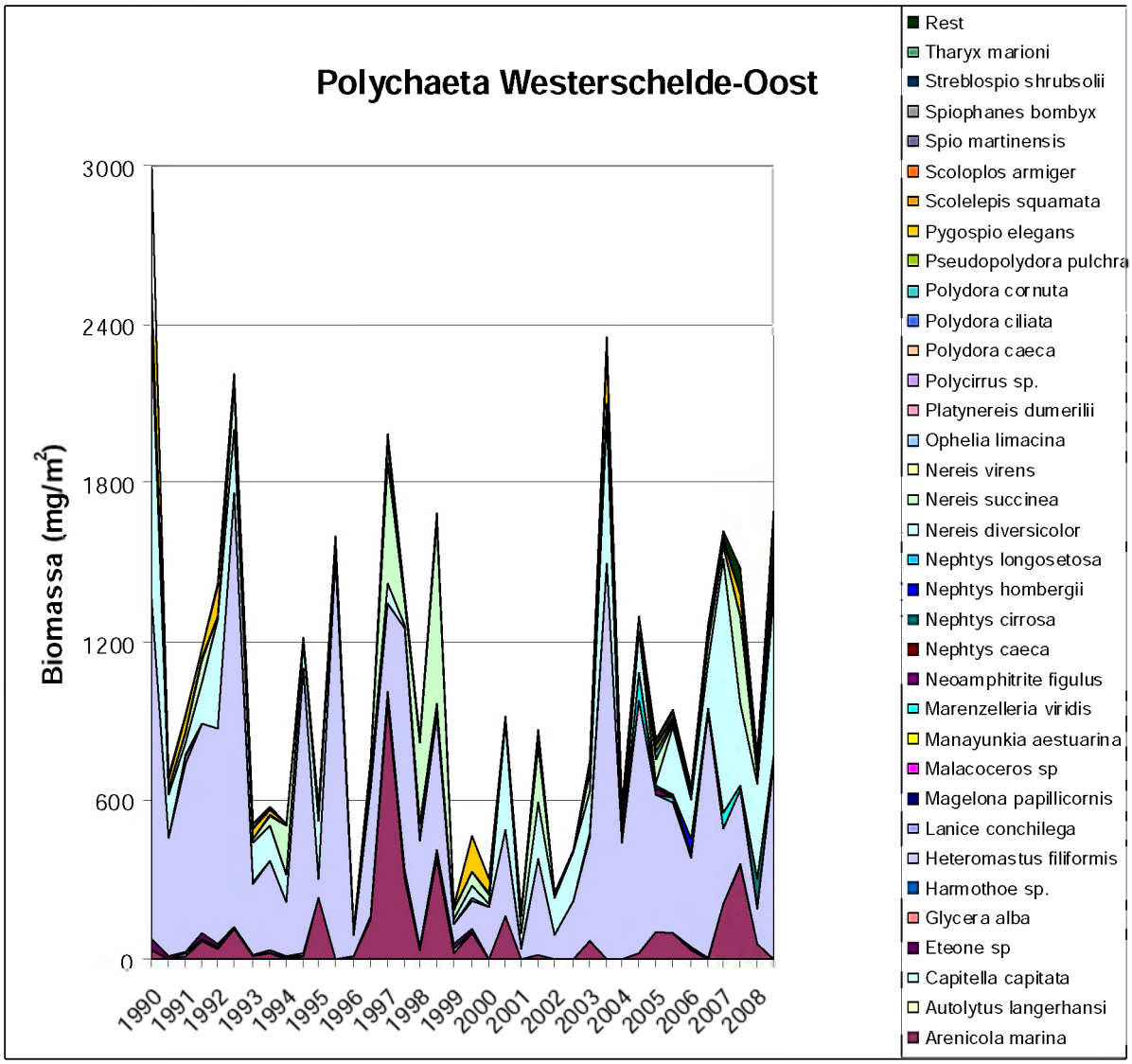


Figuur 21.
Ontwikkelingen in *Marenzelleria viridis* dichtheden (a) en biomassa (b) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar en het najaar.

Schiedek (1999), die een duidelijk onderscheid maakt in twee soorten *M. viridis* en *M. cf. wireni*, geeft aan dat de saliniteitsrange die door de soorten wordt getolereerd zich uitstrekt van 0.5 tot 32 ‰. In de gebieden waar de soort succesvol is ligt de saliniteit tussen de 6 en de 20 ‰ (Tay estuary) of tussen de 0.5 en 5 ‰ (Ems estuary) waarbij op de locaties tevens grote fluctuaties optreden. In het gebied van herkomst (NW Atlantisch gebied) komt *M. viridis* ook in het euhaliene (saliniteit 30-40) gebied voor (Paavola et al., 2005). Het lijkt er op dat de soort vooral succesvol is in brakke wateren of wateren met een flinke zoetwater aanvoer, met een behoorlijke dynamiek. Het valt te verwachten dat de soort in bepaalde jaren ook verder Westwaarts zou kunnen komen in de Westerschelde. Deze soort zou ook wel eens kunnen profiteren van het in de nabije toekomst openstellen van de Haringvlietsluizen (eind 2010; Wijnhoven et al., 2010) en de brakke wateren met mogelijk flinke saliniteit fluctuaties in het westelijke deel van de Haringvliet betrekken. Verder blijkt de soort ook behoorlijk tolerant te zijn ten opzichte van anaerobe condities en de aanwezigheid van H_2S in het systeem (Schiedek, 1999). Mogelijk dat ook dit vermogen kan leiden tot het succesvol koloniseren van de Westkant van het Haringvliet in de toekomst.

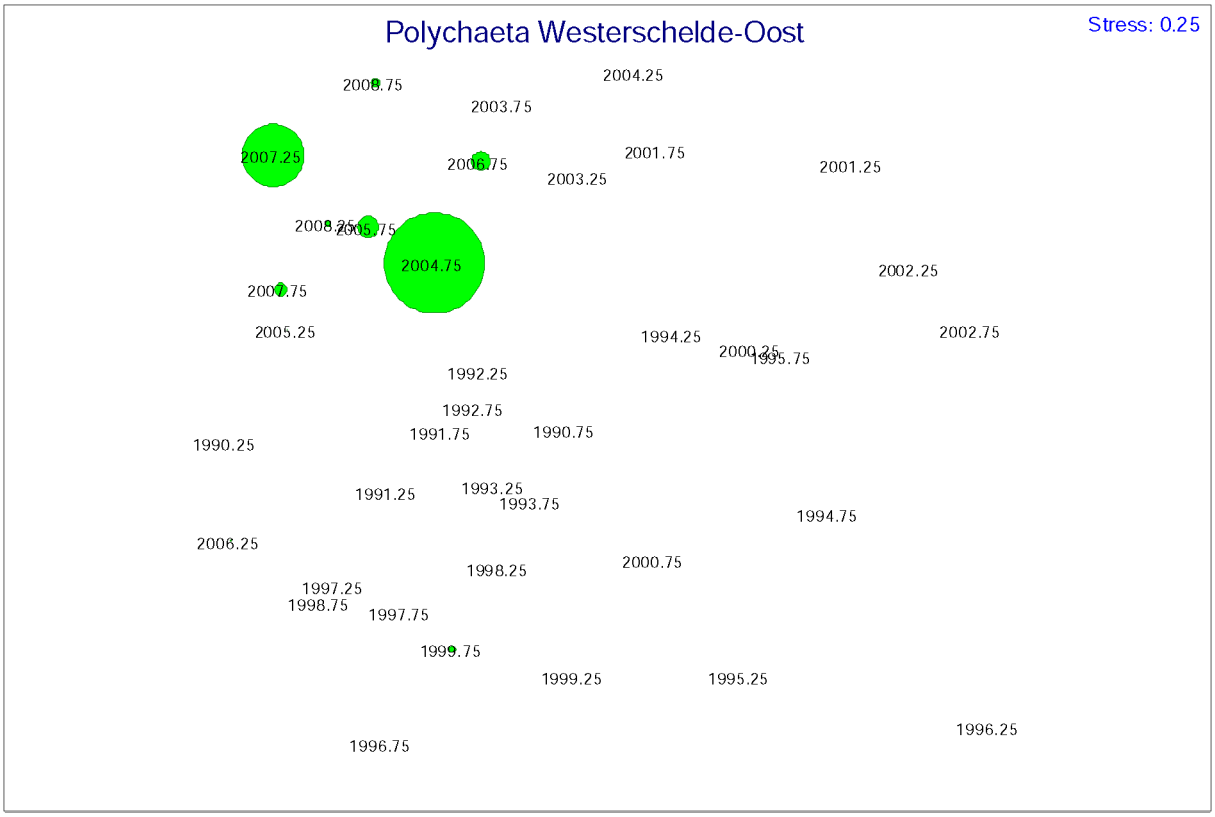
Na de eerste waarnemingen in de Westerschelde, is de biomassa aan *M. viridis* significant toegenomen in het Oostelijke deel van de Westerschelde (Bijlage X). Echter, op het geheel aan Polychaeten speelt de soort vooralsnog een beperkte rol (Figuur 22; Bijlage XXXIV). Met name *Heteromastus filiformis* (Draadworm), *Nereis diversicolor* (Veelkleurige zeeduizendpoot) en *Arenicola marina* (Wadpier) hebben de afgelopen 19 jaar de Polychaeten biomassa bepaald, en dat is de laatste jaren niet verandert. De resultaten van een Multi-Dimensional Scaling, waarin de overeenkomsten en verschillen in de Polychaeten gemeenschappen op basis van de biomassa worden vergeleken, laten echter zien dat de gemeenschappen van de perioden waarin *M. viridis* is waargenomen, geclusterd liggen. Die gemeenschappen vertonen dus grote overeenkomsten, en verschillen van de gemeenschappen in andere jaren. Slechts de gemeenschap van het najaar van 1999, waarin *M. viridis* voor het eerst is waargenomen, verschilt van de overige *M. viridis* gemeenschappen. Perioden die in de tijdreeks met *M. viridis* aanwezigheid vallen, maar waar de soort niet is waargenomen kennen ook gemeenschappen met een andere samenstelling, zoals het voorjaar van 2004 en van 2006. Dit kan er op wijzen dat *M. viridis* toch enigszins de Polychaeten gemeenschappen beïnvloed. De ontwikkeling van de soort *Streblospio shrubsolii* is positief gerelateerd aan de ontwikkeling van *M. viridis*. Mogelijk profiteren beide soorten van dezelfde ontwikkelingen in het milieu, of benut één van de soorten de ruimte verkregen door de aanwezigheid van de ander die voorheen aanwezige soorten weg concurreert. Een effect van de opkomst van *M. viridis* op *N. diversicolor* zoals waargenomen in experimenten in de Baltische Zee (Kotta et al., 2001), wordt in het Oostelijke deel van de Westerschelde niet gevonden. De soort lijkt dus vooralsnog geen bedreiging voor de inheemse

faunagemeenschappen in de Westerschelde, maar effecten in de toekomst bij uitbreiding van de *M. viridis* populaties zijn niet uit te sluiten.



Figuur 22.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van Polychaeten en *Marenzellaria viridis* gedurende de periode 1990-2008 in het Oostelijke deel van de Westerschelde.

M. viridis is een permanent gevestigde exoot in Nederland die geleidelijk vanuit het Noorden (Ems estuarium) zich zuidwaarts heeft uitgebreid. Gittenberger (2009) noemt de soort in de Zeeuwse wateren als uitsluitend voorkomend in de Voordelta. Maar vanaf 1995 wordt de soort ook rond de Belgische grens in de Westerschelde aangetroffen (Wolff, 2005). Wellicht dat de soort is meegekomen met schepen, en zich vanaf de Antwerpse havens heeft verspreid. Vanaf 1999 kunnen we stellen dat de soort permanent aanwezig is in het Oostelijke deel van de Westerschelde. Desondanks zijn de aantallen in vergelijking tot andere polychaeten soorten beperkt, en wordt geen grote impact van de soort op de gemeenschappen in de Zeeuwse delta verwacht. Kolonisatie van nieuwe gebieden in Nederland door de soort is niet direct voor de hand liggend, of het moet zijn dat de omstandigheden in bepaalde gebieden drastisch veranderen. Zo kan *M. viridis* worden verwacht in het westelijke deel van het Haringvliet bij instelling van de Kier (Wijnhoven et al., 2010), of mogelijk verder landinwaarts wanneer zoutwater inlaat plannen met betrekking tot de Krammer en het Volkerak-Zoommeer in de toekomst worden uitgevoerd (Provincie Zeeland, 2003).



Figuur 23.
Multi-Dimensional Scaling plot van de Polychaeten gemeenschappen in het Oostelijke deel van de Westerschelde. De gemiddelde gemeenschappen per jaar en seizoen zijn geplot, waarbij de cijfers achter de komma het seizoen aangeven (.25 = voorjaar; .75 = najaar). De groene bollen representeren de biomassa aan *Marenzelleria viridis*.

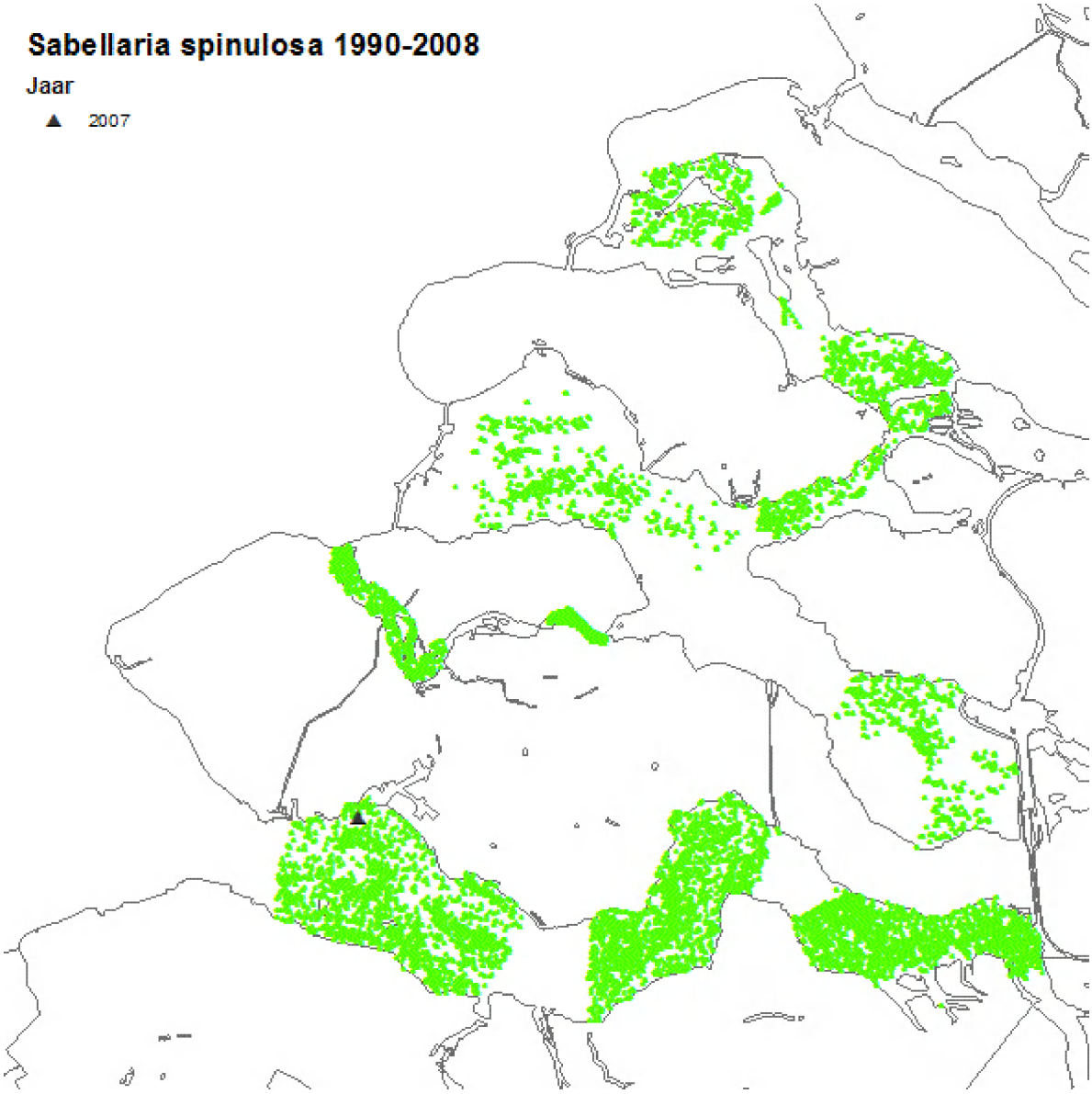
Terebellida

Sabellariidae

3.1.11. *Sabellaria spinulosa*

De polychaete *Sabellaria spinulosa* is een typische mariene soort, die door het NIOO-CEME door de jaren heen wel een aantal keer op de Noordzee en vooral in de Engelse en Schotse kustwateren is aangetroffen. Wolff (2005) meldt de soort als een tijdelijk gevestigde niet-inheemse soort uit de Noord-Oost Atlantische regio. Door de jaren heen wordt de soort een aantal keer aangetroffen in de delta, wellicht geïntroduceerd samen met oesters. Korringa (1951) maakt nog melding van het feit dat *S. spinulosa* in sommige delen van de wereld zo talrijk op oesters aanwezig kan zijn, dat het de schelpdieren met hun harde zand kokertjes verstikt. Dit is echter nooit het geval geweest in de Nederlandse wateren. Recentelijke waarnemingen zijn van een gebied ver uit de kust, of uit de Voordelta voor de Westerschelde en de Oosterschelde. Wolff (2005) geeft aan dat het mogelijk is dat de soort zich met name gedurende een serie van milde winters, weet te handhaven voor de Nederlandse kust. Naast het te koude Nederlandse klimaat voor de soort, suggereert Korringa (1951) dat de soort mogelijk ook een saliniteit van boven de 28 ‰ behoeft.

In de BIOMON gegevens komt *S. spinulosa* één maal voor; in 2007 ter hoogte van Vlissingen. Hier is de soort ook in 1996 al eens waargenomen (Wolff, 2005). Mogelijk dat een iets verhoogde watertemperatuur daar, ten gevolgen van koelwater uitlaten en dergelijke, het mogelijk maakt dat de soort hier tijdelijk verblijft. De waarneming stamt van een substraat van stenen, wat al aan geeft dat de soort mogelijk op hard substraat nog op meerdere locaties kan worden waargenomen.



Figuur 24.
Sabellaria spinulosa waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De studie van Boyd et al. (2003) laat zien dat *S. spinulosa* in vergelijking tot vele andere benthische soorten, en met name andere polychaeten, niet erg bestand lijkt te zijn tegen verstoring, en zand en gravel extractie gebieden niet snel herkoloniseerd. Met name op locaties met weinig verstoring, behoort *S. spinulosa* tot de soorten met de grootste achteruitgang in aantallen. Mogelijk dat hier juist de concurrentie met andere soorten parten speelt, want Cooper et al. (2007) vindt een aantal jaar later juist een snellere rekolonisatie van gebieden met grote verstoringen, juist geïnitieerd door *S. spinulosa*. Naast concurrentie kan ook de geschiktheid van het substraat een rol spelen. Borja et al. (2000) delen de soort overigens in bij de soorten die zeer gevoelig zijn voor organische verrijking, die met name aanwezig zijn bij onverontreinigde omstandigheden.

S. spinulosa wordt door Wolff (2005) een tijdelijk gevestigde exoot genoemd, die hoogst waarschijnlijk met oesters in Nederland is geïntroduceerd. Dat de soort zich niet permanent in Nederland heeft gevestigd, wordt bevestigd door onze eenmalige waarneming. Mogelijk dat de soort die zich waarschijnlijk alleen gedurende milde winters in Nederland weet te handhaven, tijdelijk kan overleven nabij koelwater uitlaat installaties. Verder kan de soort eventueel zo nu en dan opduiken in de nabijheid van havens, zoals bij de BIOMON waarneming in de buurt van Vlissingen. *S. spinulosa* wordt niet door Gittenberger (2009) genoemd als aanwezig in de Oosterschelde en de aangrenzende

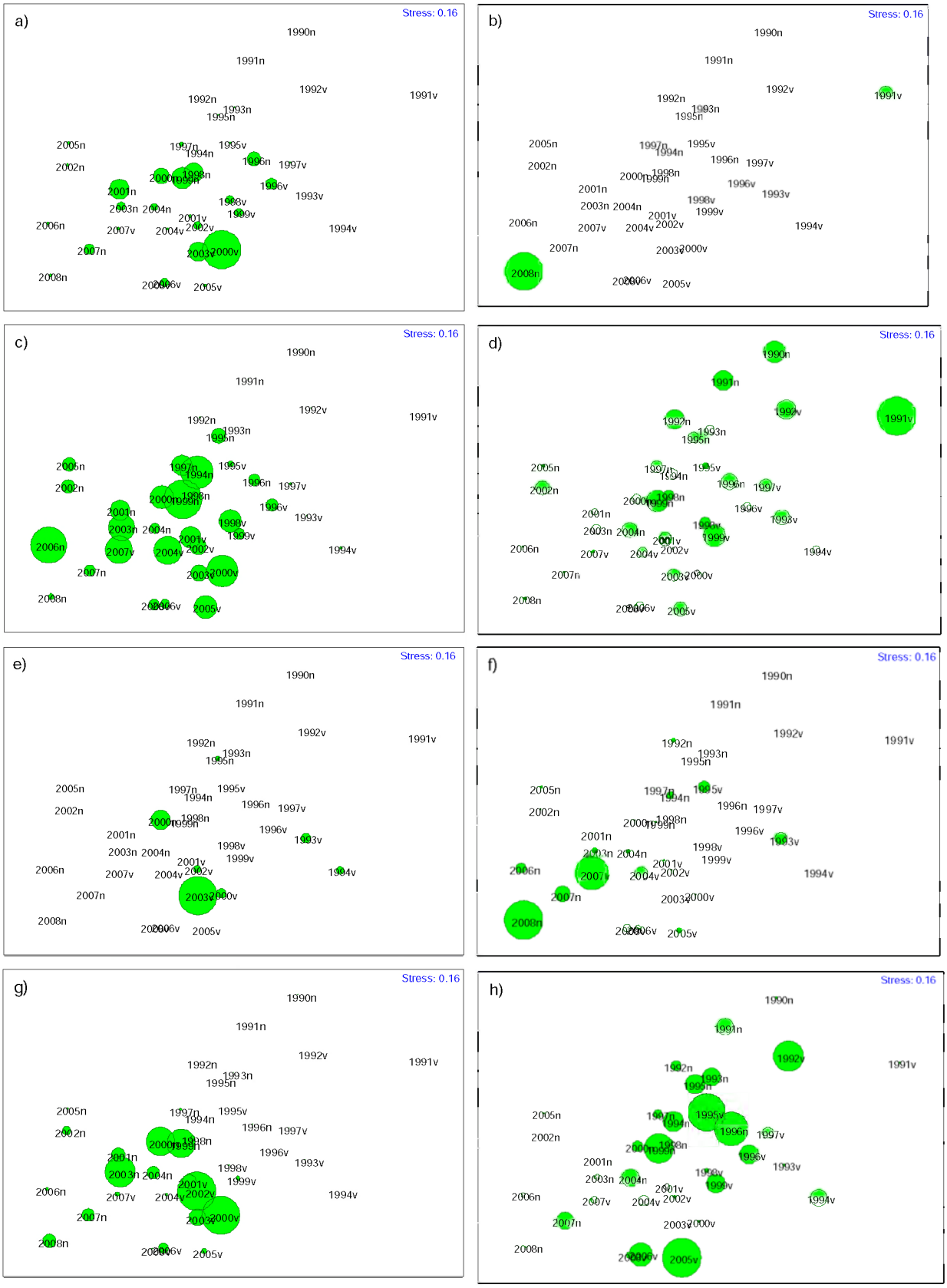
wateren. De kans dat de soort voet aan grond krijgt in de Nederlandse wateren of zich naar andere wateren verspreid lijkt erg klein.

Totaal Polychaeta:

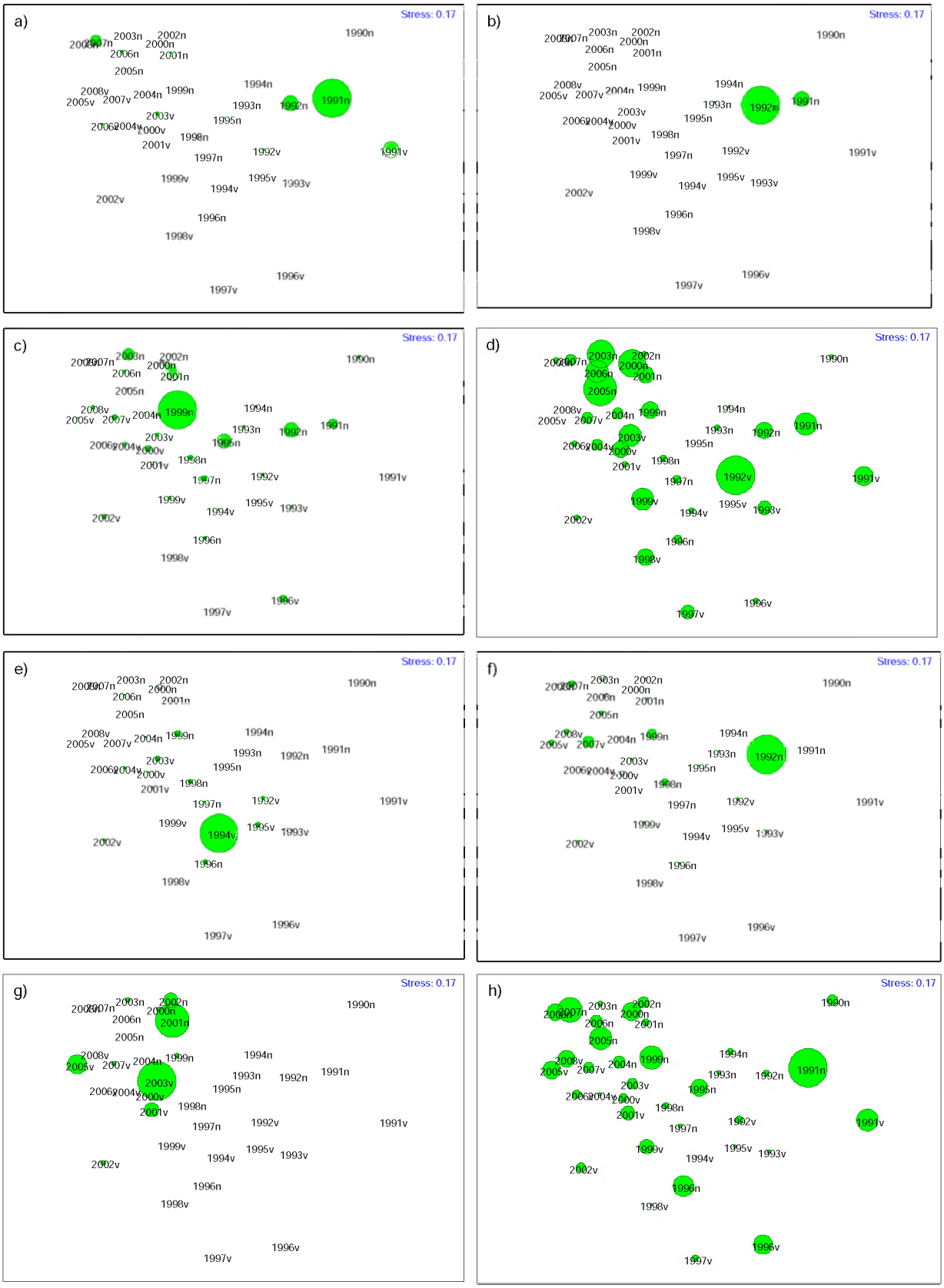
In de Grevelingen zijn op zacht substraat gedurende de BIOMON monitoring 8 Polychaeten waargenomen. Dezen kunnen in potentie een significante impact hebben op de Polychaeten gemeenschappen. Figuur 25 vertoont de resultaten van een Multi-Dimensional Scaling Over de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen voor het voor- en het najaar van ieder seizoen. Hierin is achtereenvolgens de abundantie (gemiddelde dichtheid voor de Grevelingen) van de waargenomen exoten weergegeven. Wat ten eerste op valt is dat er een duidelijke gradiënt aanwezig is van grofweg de rechter bovenhoek van de plots naar de linker onderhoek, die een geleidelijke verandering van de Polychaeten gemeenschappen door de tijd (jaren) weer geeft. Daar er al nergens spraken is van een duidelijke sprong, of de aanwezigheid van twee of meer duidelijk afgescheiden clusters geeft al aan dat er geen exoot is die plotseling zeer dominant is geworden, waardoor de volledige gemeenschap is omgeslagen. Van een duidelijke 'shifting baseline' en een duidelijke omslag van het systeem (Petersen et al., 2008; Duarte et al., 2009) is in de Grevelingen geen spraken. De polychaeten gemeenschap vertoont meer de tekenen van een geleidelijk veranderend systeem, in lijn met een geleidelijk verslechterende waterkwaliteit (Provincie Zeeland, 2003; Turlings & Nieuwkamer, 2009; Zicht op de Grevelingen, 2009). Bijlage XXXVI geeft de test resultaten van 'Analyses of Similarity' (ANOSIM's). Hierbij zijn alleen de exoten getest, waarvoor op grond van Figuur 25 ook mogelijk een impact kan worden verwacht. De waarnemingen of een abundantie boven een grenswaarden wordt dan in een bepaald cluster in de grafiek gevonden. Dit kan betekenen dat de gemeenschappen duidelijk anders zijn onder invloed van die exoot. Ten eerste moet worden opmerkt dat er een duidelijke seizoengebondenheid in de Polychaeten gemeenschappen aanwezig is. In de grafiek liggen de gemeenschappen van het voorjaar steeds recht van de gemeenschappen in het najaar. De voor- en najaar clusters/gemeenschappen vertonen grote overlap/overeenkomsten, maar zijn wel significant verschillend. De abundantie van de exoten *M. similis*, *P. cornuta* en *T. marioni* vertoont geen overeenkomst met de Polychaeten gemeenschappen clustering (Figuur 25b,e,h), er wordt dan ook verwacht dat deze soorten geen grote impact hebben op de verdere samenstelling van de Polychaeten gemeenschappen. Met uitzondering van *N. virens* (waarvoor de impact van de exoot op de gemeenschappen overigens mogelijk juist is verminderd door de tijd), blijken de overige soorten wel een significante relatie te vertonen met de clustering van Polychaeten gemeenschappen.

Voor alle 4 de soorten *B. ligerica*, *N. succinea*, *S. armata* en *S. gracilis* kan worden gesteld dat er wel overlap is tussen de gemeenschappen waarin die soorten algemeen zijn, en de gemeenschappen waarin die soorten vrijwel ontbreken, maar er zijn steeds duidelijke verschillen tussen de twee groepen gemeenschappen waarneembaar. Het is echter onduidelijk of de gemeenschappen zijn veranderd onder invloed van die exoten, en meerdere exoten kunnen dan tegelijk en onafhankelijk van elkaar een rol spelen, of dat de exoten bevoordeeld zijn ten opzichte van een aantal (inheemse) soorten door geleidelijk veranderende omstandigheden.

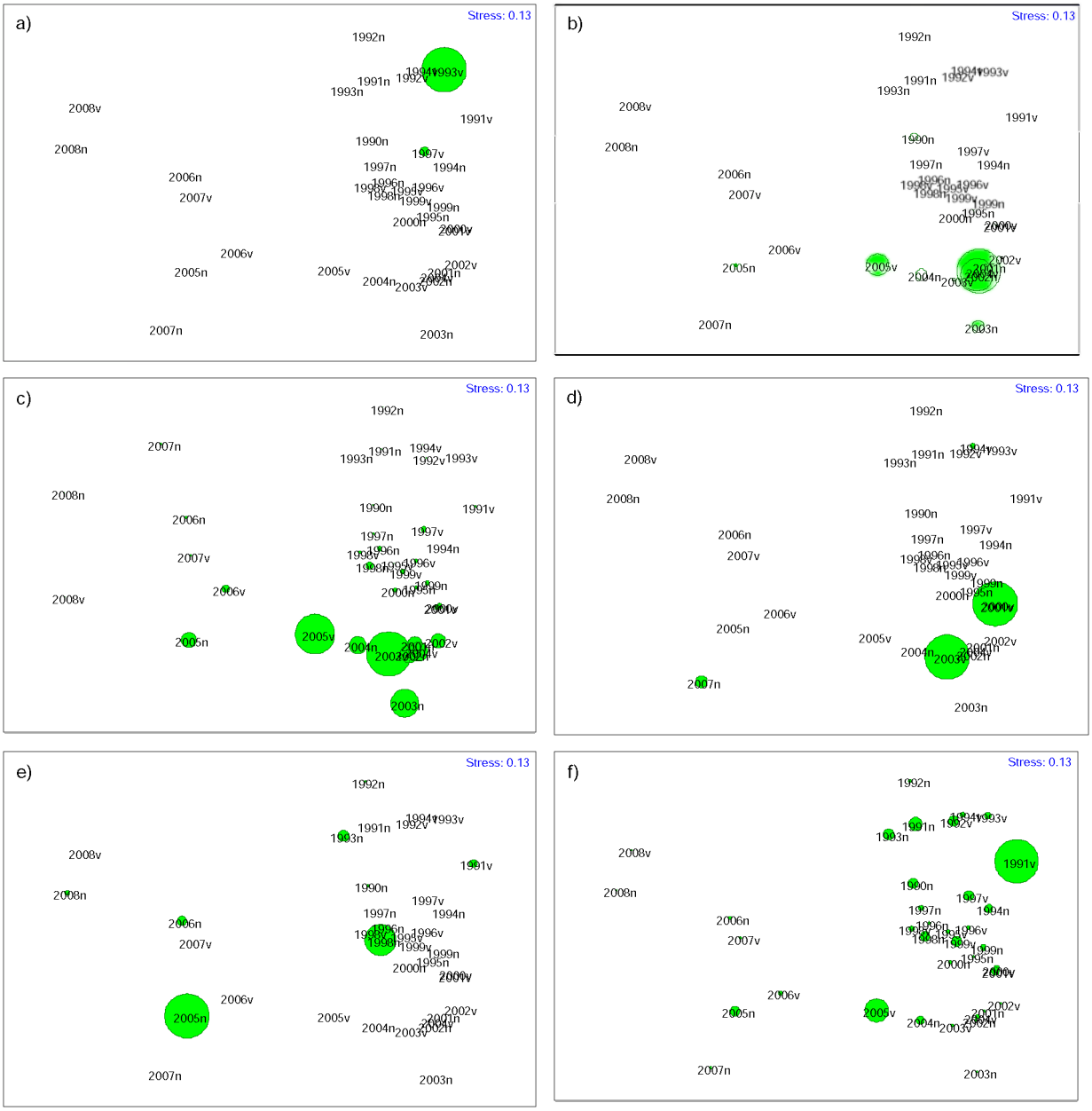
Bij vergelijking van de Polychaeten gemeenschappen per seizoen in de Oosterschelde, blijkt in eerste instantie het voorjaar van 1990 duidelijk te verschillen van de overige gemeenschappen (Bijlage XXXVII). Wat hier de reden van is, is onduidelijk, maar dit lijkt in ieder geval niets te maken te hebben met de aan- of afwezigheid van exoten. Na uitsluiting van deze gemeenschap krijgen we een beter beeld van de overeenkomsten en verschillen tussen de overige gemeenschappen (Figuur 26). Als voor de Grevelingen is er ook voor de Oosterschelde spraken van een gradiënt aan gemeenschappen door de tijd. Echter, in de Oosterschelde lijken de polychaeten gemeenschappen van deze eeuw weer meer overeenkomsten te vertonen met de gemeenschappen van begin jaren 90, nadat er gedurende de jaren 90 juist een verwijdering is opgetreden. Met name tussen 1996 en 2000 hebben er behoorlijke veranderingen plaats gevonden. Ook in de Oosterschelde worden er significante verschillen tussen de voor- en najaar Polychaeten gemeenschappen gevonden, ondanks de grote overlap van de clusters (Bijlage XXXVII). De waargenomen overeenkomst tussen de begin en de eindjaren van de monitoring wordt enigszins teruggevonden voor de exoten *B. ligerica* en *S. armata*, dit zijn echter exoten niet erg frequent zijn aangetroffen. *T. marioni* is dusdanig algemeen in de gehele onderzoeksperiode dat er geen significante invloed op de Polychaeten gemeenschappen wordt verwacht, en dit blijkt ook het geval te zijn voor *N. virens* (Bijlage XXXVII).



Figuur 25.
Vergelijking van de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen per seizoen in de Oosterschelde in een MDS plot. Achtereenvolgens zijn in de grafieken de dichtheden van de exoten *Boccardiella ligerica* (a), *Microphthalmus similis* (b), *Nereis succinea* (c), *Nereis virens* (d), *Proceraea cornuta* (e), *Syllidia armata* (f), *Syllis gracilis* (g) en *Tharyx marioni* (h) als bollen weergegeven.

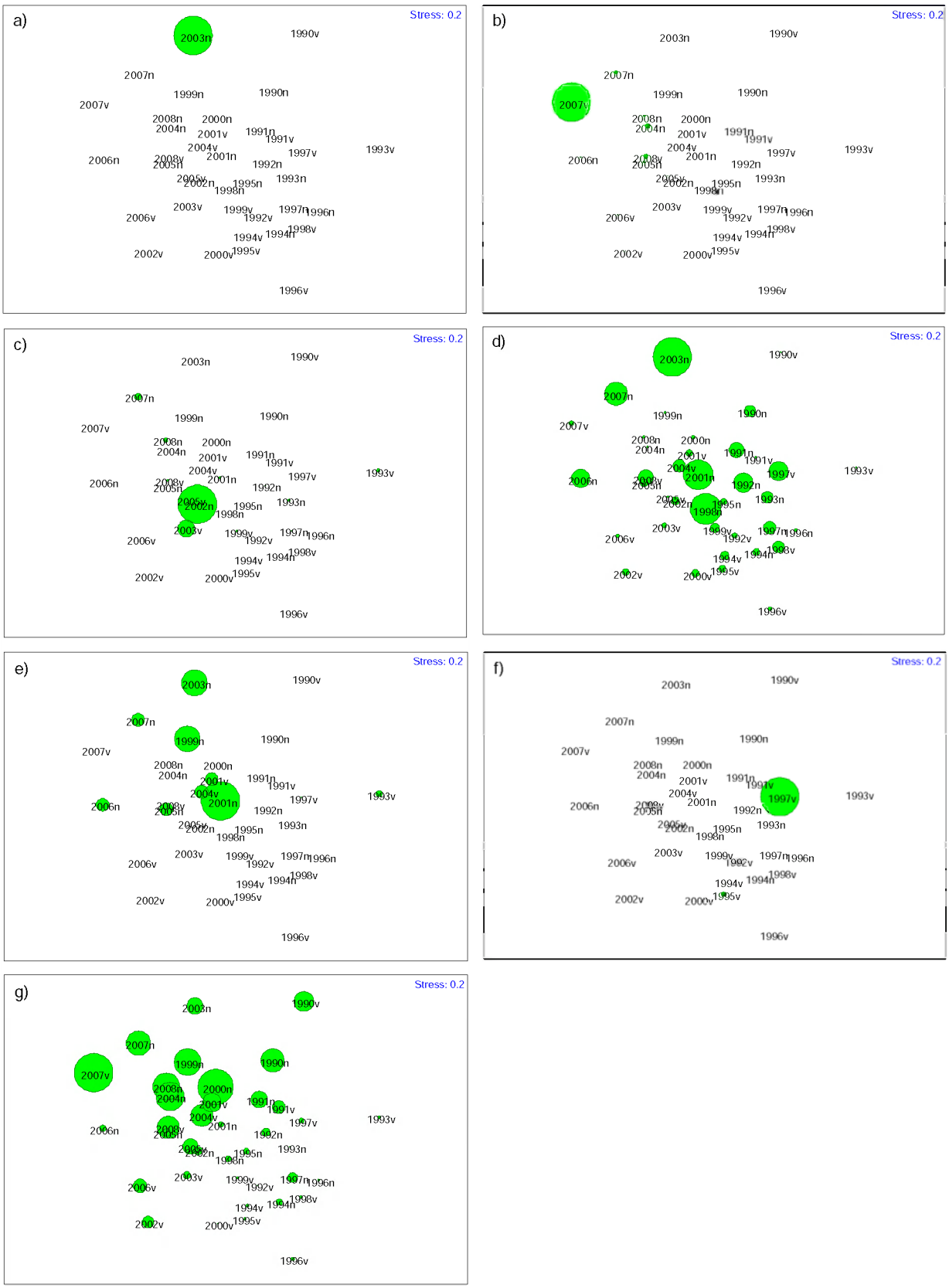


Figuur 26.
Vergelijking van de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen per seizoen in de Oosterschelde in een MDS plot, na uitsluiting van de voorjaar gemeenschap van 1990. Achtereenvolgens zijn in de grafieken de dichtheden van de exoten *Boccardiella ligerica* (a), *Microphthalmus similis* (b), *Nereis succinea* (c), *Nereis virens* (d), *Proceraea cornuta* (e), *Syllidia armata* (f), *Syllis gracilis* (g) en *Tharyx marioni* (h) als bollen weergegeven.



Figuur 27.
Vergelijking van de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen per seizoen in het Veerse Meer in een MDS plot. Achtereenvolgens zijn in de grafieken de dichtheden van de exoten *Boccardiella ligerica* (a), *Ficopomatus enigmaticus* (b), *Nereis succinea* (c), *Nereis virens* (d), *Syllidia armata* (e) en *Tharyx marioni* (f) als bollen weergegeven.

Andere exoten als *M. similis*, *N. succinea*, *S. gracilis* en de eerder genoemde *B. ligerica* lijken nog enigszins in clusters van gemeenschappen voor te komen, maar hun aanwezigheid blijkt geen significant effect op de samenstelling van de Polychaeten gemeenschappen te hebben. In de Oosterschelde is dus wederom spraken van een min of meer geleidelijk veranderend milieu, waarbij eerder andere exoten (onder de Bivalvia) een stempel op de ontwikkelingen drukken.



Figuur 28.
Vergelijking van de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen per seizoen in de Westerschelde in een MDS plot. Achtereenvolgens zijn in de grafieken de dichtheden van de exoten *Ficopomatus enigmaticus* (a), *Marenzelleria viridis* (b), *Microphthalmus similis* (c), *Nereis succinea* (d), *Nereis virens* (e), *Proceraea cornuta* (f), en *Tharyx marioni* (g) als bollen weergegeven.

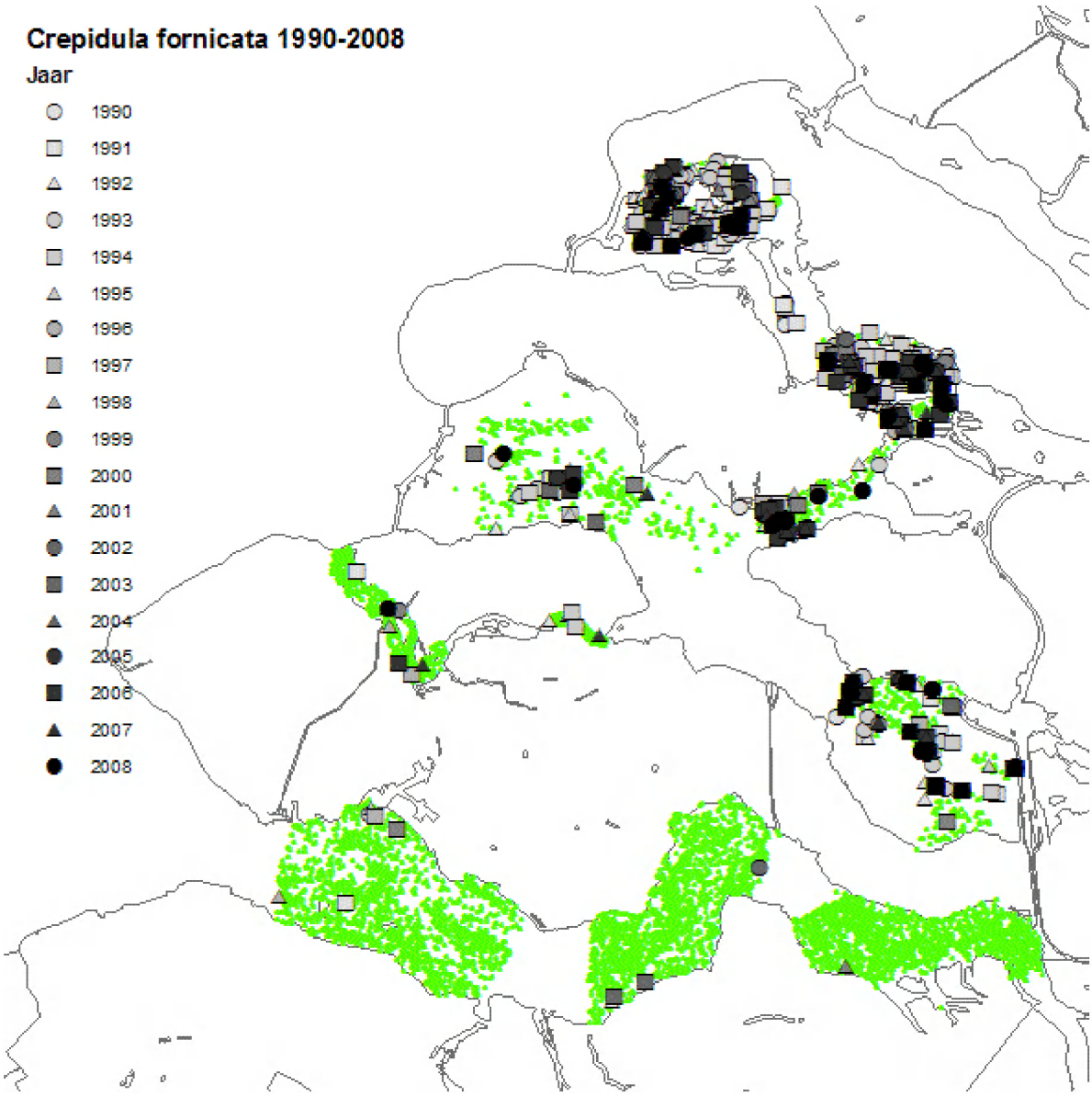
In het Veerse Meer zijn onder de Polychaeten van het zachte substraat gedurende de onderzoeksperiode 6 exoten aangetroffen. Waar in de Grevelingen en de Oosterschelde een duidelijke seizoengebondenheid in de gemeenschappen wordt aangetroffen, is dit veel minder het geval in het Veerse Meer (Bijlage XXXVIII). Dit is waarschijnlijk het gevolg van de afwezigheid van getijde, en de aanwezigheid van meer belangrijke factoren zoals saliniteit, waterkwaliteit en zuurstofcondities, die de gemeenschappen beïnvloeden. De Polychaeten gemeenschappen van begin jaren 90 vertonen nog grote overeenkomsten, maar van 1994 naar 1995 treed er een duidelijke eerste verandering op (Figuur 27). De tweede helft van de jaren 90 zijn de gemeenschappen vrij stabiel, maar na 2000 treden er geleidelijke veranderingen op. Dit komt duidelijk overeen met de overgang naar een troebel systeem met frequent optredende algenbloei en hypoxische condities (Wijnhoven et al., 2009). In 2005 verandert de gemeenschap helemaal drastisch, waarna de Polychaeten gemeenschappen tot op de dag van vandaag nog steeds in beweging zijn.

Dit punt komt uiteraard overeen met de opening van de 'Katse Heule', en de transitie van een brak naar een zoutwater gemeenschap en de aanwas van nieuwe soorten vanuit de Oosterschelde (Wijnhoven et al., 2009). Wanneer we kijken naar de mogelijke rol van exoten in de transities tussen Polychaeten gemeenschappen, is er mogelijk een rol weggelegd voor *F. enigmaticus*. Deze exoot wordt gevonden in de typische gemeenschappen van het verarmde milieu in het begin van deze eeuw, maar blijkt ook begin jaren 90 te zijn aangetroffen, waarbij de gemeenschap met *F. enigmaticus* duidelijk verschilt van de overige gemeenschappen van het begin van de jaren 90. Het lijkt er dus op dat de soort concurreert met andere Polychaeten, maar met name succesvol is in verarmde brakwater condities. *N. succinea*, en in mindere mate *N. virens* die dan ook geen significante verschillen vertoont (Bijlage XXXVIII), is eveneens met name aanwezig in de sterk afgescheiden gemeenschappen van het begin van deze eeuw. *N. succinea* handhaaft zich nog tot het voorjaar van 2006, waarna de Polychaeten gemeenschappen doorevalueren. *S. armata* wordt gevonden in gemeenschappen van diverse jaren over de gehele monsterperiode met uitzondering van de periode 1999-2004. Opvallend is dat die gemeenschappen ondanks de verspreiding in de tijd toch ook duidelijke overeenkomsten vertonen en significant verschillen van de gemeenschappen zonder *S. armata*. *T. marioni* wordt ieder jaar en ieder seizoen waargenomen, maar de dichtheden kunnen erg uit een lopen, en dus ook flink oplopen in bepaalde jaren. Wanneer de jaren met zeer hoge dichtheden (>250 m^{-2}) wat in ongeveer de helft van de perioden wordt aangetroffen, worden vergeleken met de lagere dichtheden, dan worden de hoge dichtheden specifiek in de jaren 90 gevonden, en gedurende de transitie van brak naar zout. Hiermee is de soort dus wellicht veel toleranter ten opzichte van saliniteit fluctuaties dan andere soorten, maar is een bepaalde waterkwaliteit wel vereist voor een goede concurrentie positie. De hoge dichtheden aan *T. marioni* gaan mogelijk ten kosten van andere Polychaeten soorten.

De gemiddelde seizoengebonden Polychaeten gemeenschappen van de Westerschelde van de afgelopen 19 jaar, vertonen geen duidelijke ontwikkeling in één richting, zoals in de andere Zeeuwse wateren gezien. Eigenlijk is er spraken van behoorlijke overeenkomsten in de gemeenschappen, waarbij tijdelijke veranderingen de verschillen tussen de gemeenschappen bepalen. Er is zodoende spraken van een aantal 'afwijkende jaren'. De enige duidelijke ontwikkeling is een overgang naar een iets andere gemeenschap in de jaren 1999 en 2000, waarbij het cluster van de jaren 90 wordt verlaten (Figuur 28). Onder de Polychaeten van het zachte substraat in de Westerschelde zijn 7 exoten aangetroffen. *F. enigmaticus* is slechts in het najaar van 2003 aangetroffen. De gemeenschap van dat tijdstip is overigens wel enigszins afwijkend van de overige gemeenschappen van het cluster van deze eeuw, maar het is onduidelijk of *F. enigmaticus* hier ook een rol in speelt, of dat de soort juist kon worden aangetroffen omdat de omstandigheden bijzonder waren. *M. viridis* is met name abundant in het voorjaar van 2007, maar wordt ook in lage dichtheden gevonden in andere periodes waarvan de gemeenschappen vervolgens de meeste overeenkomsten vertonen met het voorjaar van 2007. De gemeenschappen met *M. viridis* zijn dan ook significant verschillend van de overige gemeenschappen (Bijlage XXXIX). Een andere soort die significant in een cluster van gemeenschappen voorkomt die verschilt van de rest is *N. virens*. Deze soort is wellicht evenals hoge dichtheden aan *T. marioni*, verantwoordelijk voor een andere samenstelling van de Polychaeten gemeenschappen voornamelijk na 2000, maar niet in alle periodes. Hoge dichtheden aan *T. marioni* worden ook aan het begin van de jaren 90 gevonden. Die gemeenschappen vertonen dan ook overeenkomsten met een aantal van de gemeenschappen na 2000.

3.2. Gastropoda

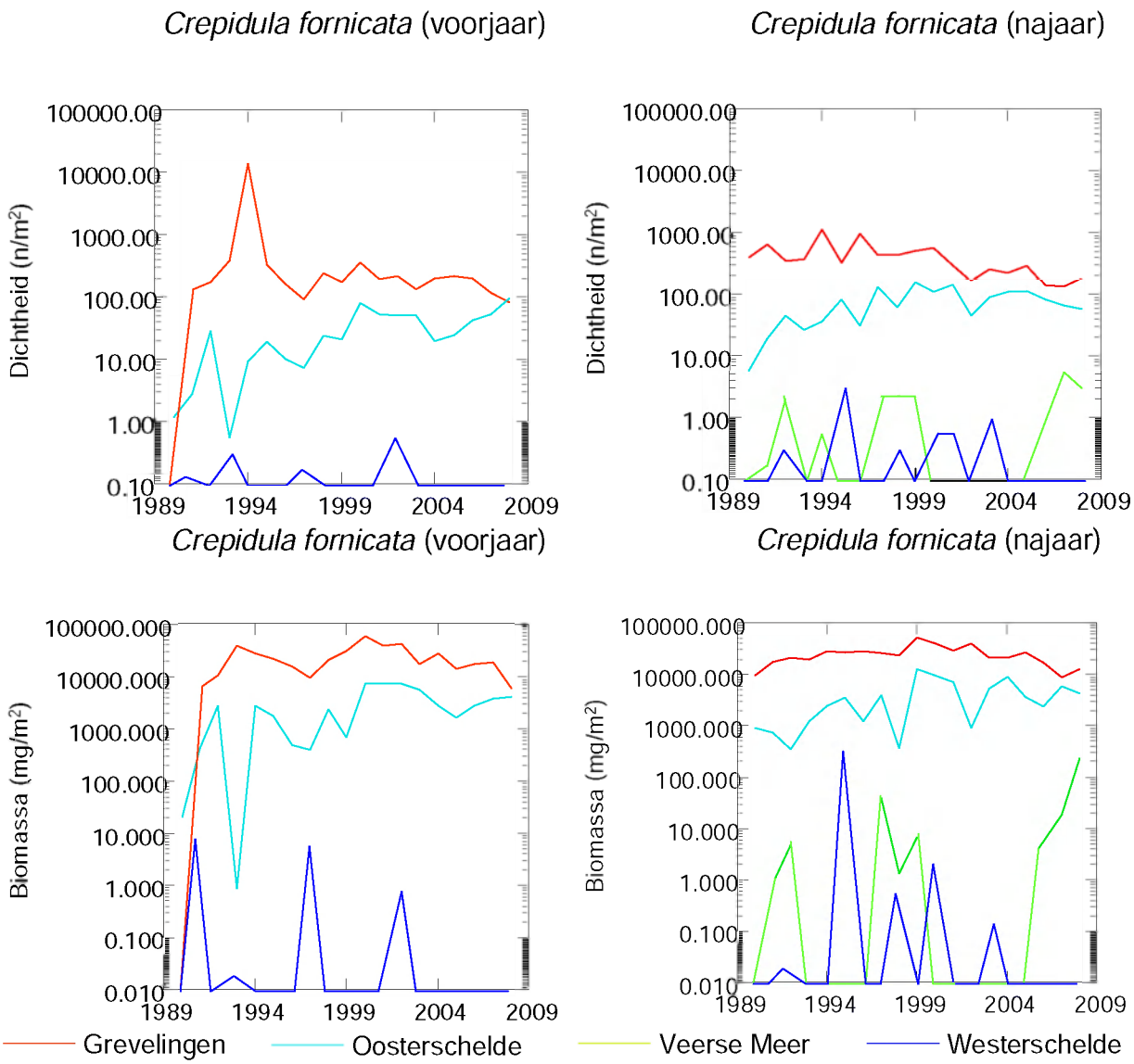
3.2.1. *Crepidula fornicata*



Figuur 29.
Crepidula fornicata waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De Gastropode *Crepidula fornicata* (het muiltje) is wellicht samen met oesters vanuit Amerika geïmporteerd in Europa. De soort wordt sinds 1887 in de Noordzee regio aangetroffen (Streftaris et al., 2005). In 1911 werd de soort al aangetroffen voor de Belgische kust. Na een aantal vondsten van lege schelpen langs de Nederlandse kust werd het eerste levende exemplaar in 1926 nabij Zandvoort gevonden. In 1929 werd de soort ook in de Oosterschelde aangetroffen. Een jaar later ging het al om honderden exemplaren en begin jaren 30 was de soort al algemeen in de Zeeuwse estuaria (Wolff, 2005). Het muiltje wordt door het NIOO-CEME dan ook in de jaren 60 al in alle vier de grote bassins van de Zeeuwse delta aangetroffen ondanks dat de monster intensiteit in bijvoorbeeld de Westerschelde in die tijd niet erg groot is. In de Grevelingen wordt in die tijd wel volop gemonsterd, maar *C. fornicata* wordt toch slechts op een beperkt aantal locaties gevonden. Gedurende de jaren 70 is de monster intensiteit in de gehele Zeeuwse delta laag, maar zijn er waarnemingen in de

Oosterschelde en de Krammer (toen nog in open verbinding met de Oosterschelde en de kenmerken van een estuarium hebbende). In de jaren 80 zijn er slechts twee waarnemingen in de Oosterschelde (en is de trefkans van *C. fornicata* klaarblijkelijk niet zo hoog) en wordt de soort in twee monsters van de Krammer aangetroffen. Opvallend is dat er geen observaties zijn vanuit het Veerse Meer, de Westerschelde en de Noordzee Voordelta. In de Grevelingen blijkt *C. fornicata* echter in een groot gedeelte van de genomen monsters aanwezig te zijn.



Figuur 30.
Ontwikkelingen in *Crepidula fornicata* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

Dit beeld wordt voortgezet bij analyse van de BIOMON gegevens. In de Grevelingen wordt *C. fornicata* in een groot aantal monsters aangetroffen in zowel het Westelijke als de Oostelijke deel (en het Noordelijke deel ten tijden van de monstername daar), gedurende de gehele periode 1990-2008 (uitgezonderd om onduidelijke reden; voorjaar 1990) (Figuur 29). In Figuur 30 is zichtbaar dat de gemiddelde dichtheden voor het zachte substraat voor de totale Grevelingen voor vrijwel de gehele periode ruim boven de 100 individuen per vierkante meter ligt. De gemiddelde dichtheid voor de periode 1990-2008 komt op 872 n/m^2 en 416 n/m^2 voor respectievelijk het voorjaar en het najaar. In biomassa is dit respectievelijk 21.8 g/m^2 en 24.0 g/m^2. De aantallen muiltjes zijn normaal gesproken hoger in het najaar dan in het voorjaar; het gaat dan echter gemiddeld om kleinere/jongere individuen. Dat de gemiddelde aantallen voor de gehele periode toch hoger uitpakken dan voor het najaar, komt geheel voor rekening van een extreme piek in het voorjaar van 1994 met gemiddeld tienduizenden

muiltjes per vierkante meter. De voorjaarsmonstering die normaal gesproken in April/Mei wordt uitgevoerd viel in dat jaar voor de Grevelingen op 8 juni, waardoor de monstering juist na de broedval plaats vond. Echter 1994 was ook juist het jaar dat de het zoutgehalte gedurende een half jaar (het voorjaar) voor het eerst extreem laag was met een saliniteit rond de 29, terwijl deze normaal fluctueerde tussen de 30 en 33.5. In 1995 is de saliniteit echter nog lager uitgekomen (Hoeksema, 2002). In het najaar van 1994 is nog wel een hoger aantal dieren aanwezig, maar niet meer zo extreem als in het voorjaar (Figuur 30). Over de gehele periode is er, deels door piek aantallen begin jaren 90, maar ook door consequent lagere aantallen vanaf 2001, spraken van een significante afname van de *C. fornicata* dichtheden in de Grevelingen.

In de Oosterschelde is de verspreiding van *C. fornicata* veel meer locaal en zijn er grote delen waar de soort niet wordt gevonden (Figuur 29). In met name het Noordelijke deel is *C. fornicata* een algemene soort die jaarlijks wordt aangetroffen. Hierbij neemt het aantal locaties waar *C. fornicata* wordt gevonden met de tijd toe. Het aantal monsters waarin *C. fornicata* in de Noordelijke Oosterschelde wordt aangetroffen blijft in het voorjaar duidelijk achter bij het najaar. Ook in het Oostelijke deel van de Oosterschelde wordt *C. fornicata* jaarlijks aangetroffen op een in aantal toenemende locaties. In het Westelijke deel blijft het aantal monsters met de aanwezigheid van *C. fornicata* per jaar laag. In de jaren 1998, 1999 en 2001 is de soort in dit deel van de Oosterschelde zelfs niet aangetroffen. Over de gehele Oosterschelde worden op zacht substraat gemiddeld 30.7 tot 73.2 individuen per vierkante meter aangetroffen in respectievelijk het voor- en het najaar, die gezamenlijk 2.80 tot 3.87 g/m^2 vertegenwoordigen. Ondanks dat dit nog aanzienlijke aantallen zijn, is het een factor 10 lager dan in de Grevelingen. Wel laten de populaties een significante toename in dichtheden en biomassa zien over de afgelopen 19 jaar (Bijlage XI). In Figuur 30 is ook te zien dat de totale gemiddelde dichtheid en biomassa aan *C. fornicata* in de Oosterschelde in 2007 en 2008 al behoorlijk dicht in de buurt kwam van die in de Grevelingen (waar de afgelopen 19 jaar een afname is waargenomen).

Dat de aantallen muiltjes in het voorjaar beduidend lager liggen dan in het najaar valt zeker op in het Veerse Meer, waar geen *C. fornicata* in de voorjaar monsters te vinden is. In het Oostelijke deel is de soort waargenomen in 1992 en 1994 steeds op twee locaties. Na een lange periode van ontbreken verscheen de soort weer in 2007. In het Westelijke deel werd de soort een keer gevonden in 1991, en daarna gedurende de periodes 1997 tot en met 1999 en 2006 tot en met 2008 steeds op 1 of 2 locaties. De gemiddelde dichtheid en biomassa aan *C. fornicata* voor de periode 1990-2008 is hiermee 0.95 n/m^2 en 15.7 mg/m^2 in het najaar. Het lijkt er op dat de soort steeds aanwezig is geweest maar altijd in lage dichtheden. Gedurende de periode waarin de waterkwaliteit het slechtste was (hoge nutriënt en lage zuurstof concentraties; Wijnhoven et al., 2009) was de soort eerst slechts in het Westelijke deel te vinden, en werd hij niet meer gezien van 2000 tot en met 2006. Mogelijk dat de terugkeer van de soort te maken heeft met verbeterde waterkwaliteit en hoger zoutgehalte na het openen van de 'Katse Heule'. Dit maakte uiteraard ook rekolonisatie vanuit de Oosterschelde gemakkelijker.

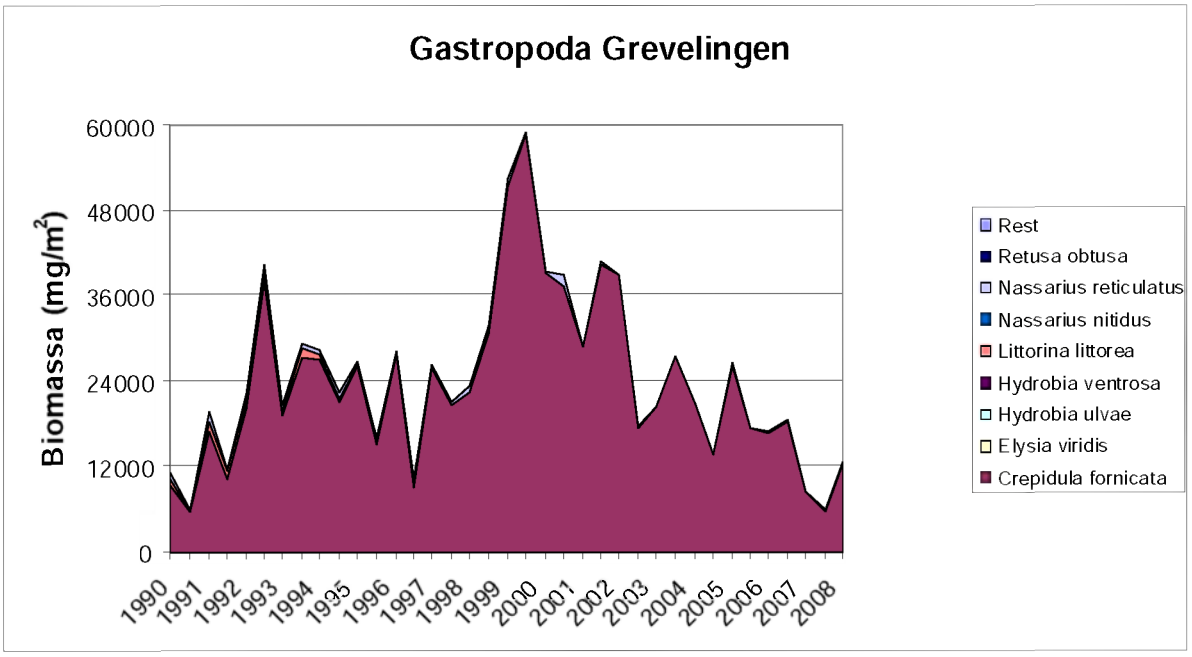
In de Westerschelde blijkt *C. fornicata* slechts in zeer lage dichtheden aanwezig te zijn, en wordt de soort zo nu en dan eens in een monster aangetroffen. De observaties door de tijd lijken wel een verschuiving van West, waar de soort in 1991, 1993, 1995, 1997, 1998 en 2000 is gevonden, via het Centrale deel (1992, 2002, 2003) naar Oost (2001) te vertonen. Door het lage aantal waarnemingen hoeft dit echter geen trend te zijn, en kan het op toeval berusten.

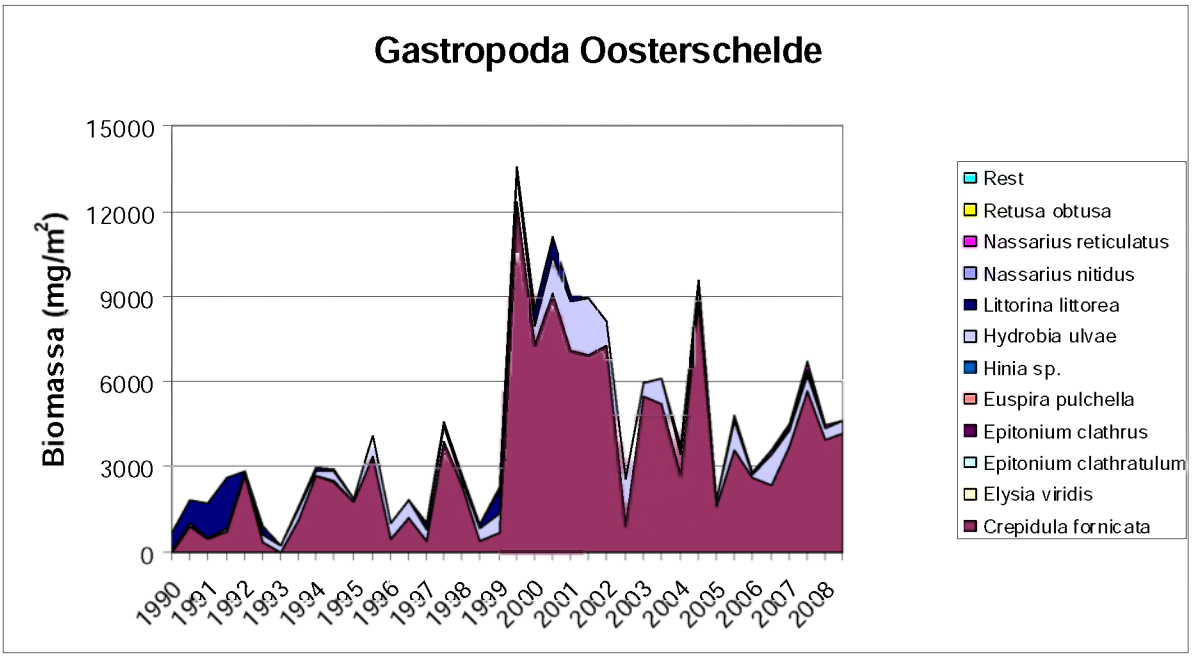
Crepidula fornicata lijkt een voorkeur voor zoute wateren te hebben (en wordt ook geregeld in de Voordelta gevonden; Bijlage X!), maar is daarbij ook tolerant te zijn ten opzichte van brakke milieus. Dit wordt bevestigd door Paavola et al. (2005) die als saliniteitsrange het α-mesohalien en het polymixohalien (saliniteit 10-30) geeft in zowel het Baltische gebied als in het Noord-Westelijke deel van de Atlantische oceaan. Onze waarnemingen laten zien dat een saliniteit van 30 waarschijnlijk niet de absolute bovengrens is voor *C. fornicata*. Echter een dergelijke range kan wel de bloei van *C. fornicata* in 1994 en 1999 in de Grevelingen verklaren, omdat dat juist de tijdstippen zijn geweest waarop de saliniteit voor het eerst voor langere periodes onder de 30 zakte (Hoeksema, 2002). De groei en overleving van larven blijkt wel significant gereduceerd te zijn bij slechts een korte blootstelling (24 tot 48 uur) aan saliniteiten van 10 tot 12 ‰ (Pechenik et al., 2001). Met een gemiddelde diepte van de vindplaatsen van 5.9 ± 4.9 m lijkt de soort een voorkeur te hebben voor ondiepe tot middel diepe wateren. De soort wordt echter ook wel eens intertidaal gevonden, en schuwt de diepe wateren niet (maximale waargenomen diepte is 43.1 m). Verder blijkt de soort een voorkeur te hebben voor schelpbanken of slibbige sedimenttypes met schelpen wat, mede met het vrijwel ontbreken van de soort op grovere sediment types dan middelfijn zand, duidt op een preferentie voor laagdynamische milieus. De sedimenttypes slib met schelpen, schelpenbank, klei met schelpen en

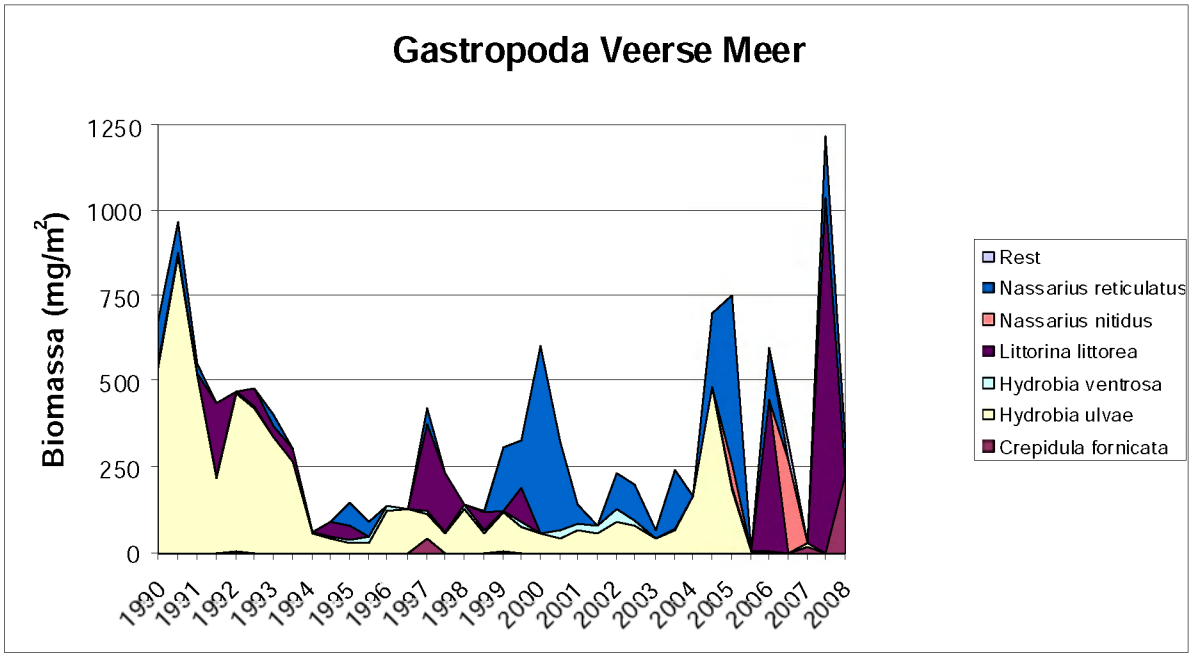
slibbig fijn zand met schelpen, beschrijven samen 46 % van de *C. fornicata* vindplaatsen bij gelijk aanbod van alle sedimenttypes. In totale aantallen zijn de meeste vindplaatsen van *C. fornicata* overigens gelegen op slibbig fijn zand, slib en fijn zand, wat ook veruit de vaakst bemonsterde sedimenttypes zijn. Korringa (1951) geeft aan dat enorme hoeveelheden muiltjes zich op bepaalde locaties kunnen vestigen, maar dat die na een paar weken weer zijn verdwenen. Het zou dan gaan om grofzandige substraat types in combinatie met dynamiek, die er voor zorgen dat de jonge muiltjes niet kunnen overleven.

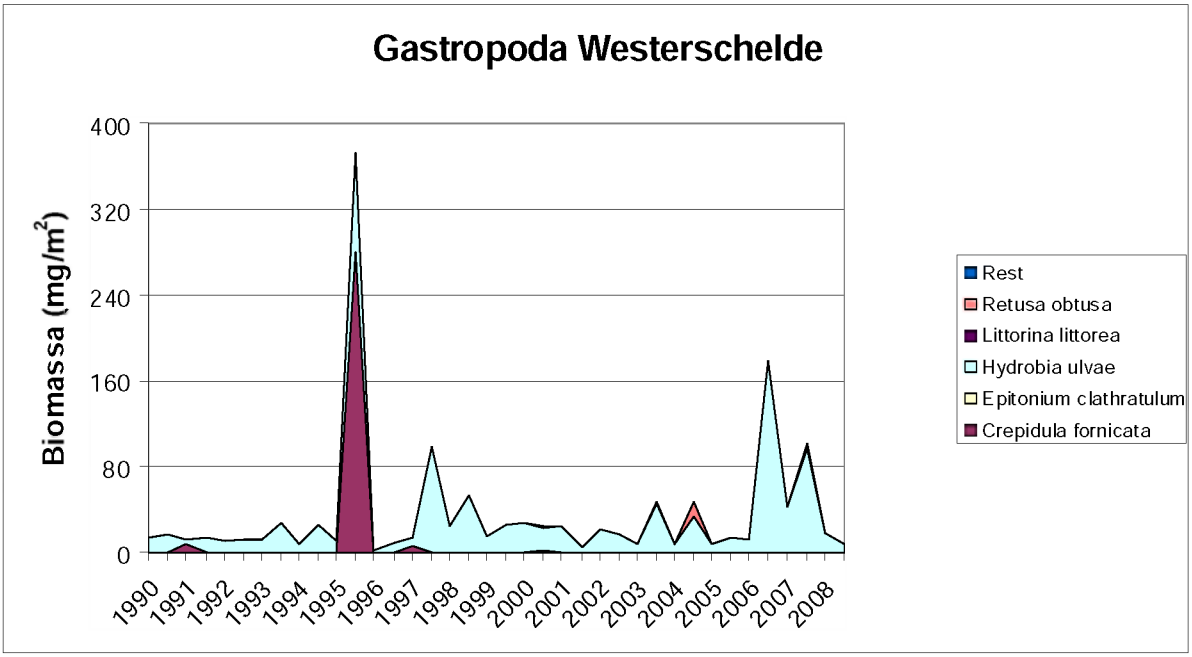
C. fornicata blijkt gevoelig te zijn voor strenge winters. In de Zuidelijke verspreidingsgebieden van Europa kunnen de dichtheden van het muiltje oplopen tot enkele duizenden per vierkante meter, terwijl in het Noordelijke deel (Duitsland, Denemarken en Noorwegen) nauwelijks 100 individuen per m^2 worden gehaald (Thieltges et al., 2004). Onze waarnemingen in bijvoorbeeld de Grevelingen vallen daar inderdaad precies tussen in. De wintermortaliteit in Duitsland bleek 56 tot 64 % te bedragen, en plaatselijk zelfs 97 %, terwijl dit in Zuid Europa slechts11 tot 14 % bedraagt. Ook het aantal larven is na een strenge winter erg laag (Thieltges et al., 2004). Dit zou kunnen betekenen dat met het oog op de geleidelijk toenemende watertemperatuur in de Zeeuwse delta ten gevolgen van klimaatsveranderingen de *C. fornicata* populaties in de toekomst nog kunnen gaan uitbreiden, zij het dat in de Grevelingen momenteel juist een tegenovergestelde trend wordt waargenomen.

Crepidula fornicata is een soort die tolerant is ten opzichte van zeer voedselrijke condities. De soort is karakteristiek voor verstoorde of licht verontreinigde milieus (Borja et al., 2000). Ondanks dat de mortaliteit van de larven 50 % is bij cadmium concentraties boven de 2500 µg/l, weet een aantal larven concentraties tot 20000 µg/l te weerstaan, en daarna normaal te groeien en de metamorfose door te gaan (Pechenik et al., 2001), waarmee de soort zeer resistent ten opzichte van zware metalen verontreinigingen lijkt. Zoals reeds aangegeven voor *Crassostrea sp.*, is er mogelijk spraken van voedselcompetitie met deze soort. Of hierdoor substantieel elkaars abundantie wordt beïnvloed is onduidelijk, maar in niet erg voedselrijke systemen zouden de soorten elkaars groei af kunnen remmen (Decottignies et al., 2007), wat mogelijk het geval is in de momenteel niet erg voedselrijke Oosterschelde (WNF, 2009). De Montaudouin et al. (1999) bestrijden echter de hypothese dat de aanwezigheid van *C. fornicata* de oester groei, conditie en mortaliteit beïnvloed, maar zij hebben dit getest in een experiment in de voedselrijke baai van Arcachon (Frankrijk). Wel bleek de aanwezigheid van de soort, evenals die van *C. gigas*, de soortencompositie te bepalen, doordat de schelpdieren zorgen voor hard substraat in een anders zacht substraat omgeving (zie 3.1.5.*Crassostrea sp.*).




Gastropoda Oosterschelde
Biomassa (mg/m2)
15000
12000
9000
6000
3000
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Retusa obtusa
Nassarius reticulatus
Nassarius nitidus
Littorina littorea
Hydrobia ulvae
Hinia sp.
Euspira pulchella
Epitonium clathrus
Epitonium clathratulum
Elysia viridis
Crepidula fornicata


Gastropoda Veerse Meer
Biomassa (mg/m2)
1250
1000
750
500
250
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Nassarius reticulatus
Nassarius nitidus
Littorina littorea
Hydrobia ventrosa
Hydrobia ulvae
Crepidula fornicata



Figuur 31.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van Crepidula fornicata en inheemse gastropoden gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).

Met zacht substraat geassocieerde soorten als *Myriochele oculata*, *Pygospio elegans* (beiden polychaeten), *Ruditapes pullastra* en *Abra sp.* (beiden weekdieren) zijn vrijwel afwezig in de aanwezigheid van oesters en/of muiltjes, terwijl juist *Gammarus sp.* (crustacea), *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis* (beiden polychaeten) en *Melita palmata* (crustacea), soorten die normaal grotendeels ontbreken op zacht substraat, juist talrijk zijn in de aanwezigheid van één of beide soorten. Ook het aandeel *Tubificoides benedeni* (oligochaete), de meest algemene soort op de oesterlocaties in de baai van Arcachon, neemt af in aanwezigheid van oesters en/of muiltjes.

C. fornicata wordt door Kerckhof et al. (2007) als een invasieve soort die concurreert met inheemse soorten, de originele habitat verandert, en de totale biodiversiteit en biomassa reduceert. In de Belgische wateren wordt in overeenstemming met onze bevindingen een recentelijke toename van deze soort waargenomen. Mogelijk dat de soort ook profiteert van bodemverstorende activiteiten als korren.

In de Zeeuwse wateren domineert *C. fornicata* de Gastropoden gemeenschappen volledig in de Grevelingen en de Oosterschelde, en in de Grevelingen kan worden gesteld dat de soort het complete systeem domineert (Figuur 31; Bijlage XL). In beiden wateren is een piek in de biomassa zichtbaar rond het jaar 2000, waarna er weer enigszins spraken is van een afname in de aanwezige biomassa. Dit leidt er toe dat er over de gehele periode 1990-2008 geen significante toe- of afname in de *C. fornicata* gemeenschappen zichtbaar is in de Grevelingen, maar de trend in de Oosterschelde is echter significant positief. In de Grevelingen vallen de andere Gastropoden biomassa's in het niets, en maken alleen *Littorina littorea* (Gewone alikruik) en *Nassarius reticulatus* (Gevlochte fuikhoren) een paar procent van de gemeenschappen uit gedurende een bepaalde periode. Beiden nemen echter significant in totale biomassa af (Bijlage XLI), waarbij *L. littorea* eind jaren 90 vrijwel is verdwenen, en *N. reticulatus* in de loop van deze eeuw tot vrijwel 0 is gereduceerd. Ook *Hydrobia ulvae* (Wadslakje), nauwelijks in de totale biomassa aanwezig, is significant afgenomen. Wanneer we de koppeling van de trends in de ontwikkelingen van de soorten bekijken, is de ontwikkeling van *H. ulvae* negatief gerelateerd aan de ontwikkeling van *C. fornicata* (Bijlage XLII). De achteruitgang van de overigen Gastropoden is dus mogelijk meer gerelateerd aan de waterkwaliteit, waar *C. fornicata* nog tijdelijk van profiteert, maar waarmee de soort het mogelijk de laatste jaren ook moeilijker krijgt. In de Oosterschelde ligt de biomassa aan *C. fornicata* een factor 4 lager, waardoor andere Gastropoden ook een kans hebben. Naast *C. fornicata* vertonen *H. ulvae* en *N. reticulatus* zelfs een significante toename in biomassa over de periode 1990-2008. Alleen *L. littorea* is significant achteruit gegaan. De ontwikkelingen van *C. fornicata* blijken in de Oosterschelde niet significant de ontwikkelingen van andere Gastropoden te beïnvloeden, en over het algemeen worden de omstandigheden voor de

Gastropoden steeds beter. In de Oosterschelde vertonen *C. fornicata* en *H. ulvae* juist een positieve regressie, in tegenstelling tot de Grevelingen. Van concurrentie tussen deze soorten is dus wellicht geen spraken, ten minste niet bij de biomassa aan *C. fornicata* gevonden in de Oosterschelde.

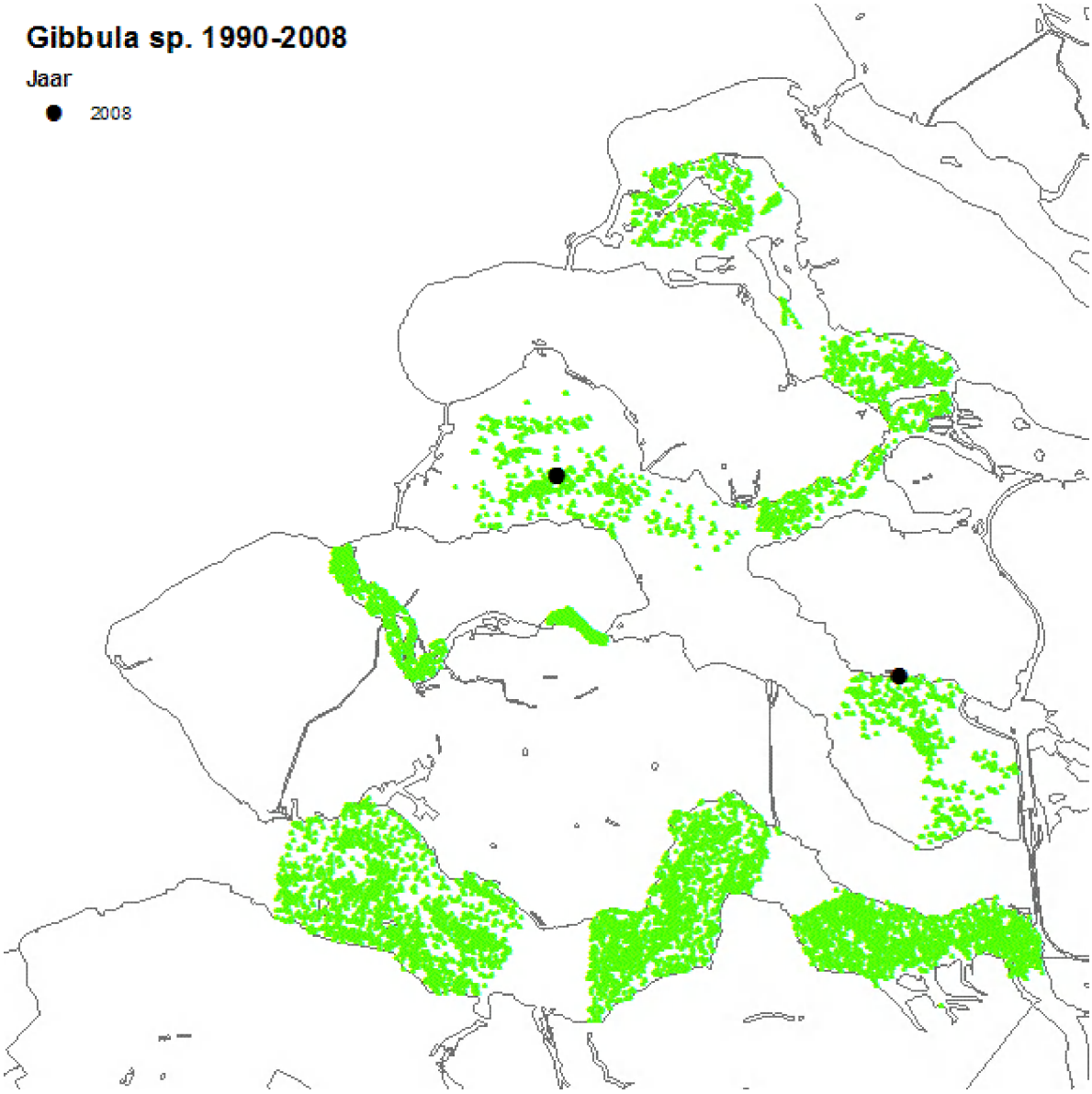
In het Veerse Meer was *H. ulvae* gedurende de jaren 90 de dominante Gastropode. In 1997 werd ook *C. fornicata* waargenomen, maar de exoot kreeg geen voet aan grond in het brakke Veerse Meer. Andere Gastropoden wisten tijdelijk te profiteren van de veranderende, en geleidelijk achteruit gaande condities in het Veerse Meer, met periodes waarin *L. littorea* en/of *N. reticulatus* relatief abundant zijn. Het aandeel Gastropoden op de totale macrofauna is echter altijd gering geweest. Van de openstelling van de Katse Heule weet *H. ulvae* een jaartje te profiteren, maar met het zout worden van het systeem verdwijnt de soort compleet. De biomassa aan *H. ulvae* is dan ook significant afgenomen. *L. littorea* weet echter wel te profiteren. Vanaf 2007 verschijnt ook *C. fornicata* weer in het Veerse Meer. Het is zeer wel mogelijk dat *C. fornicata* de komende jaren ook in het Veerse Meer zal gaan toenemen, dat de soort de meest algemene Gastropode zal worden, en dat de totale Gastropoden biomassa zal gaan toenemen, in de richting van het niveau in de Oosterschelde. In de Westerschelde is *C. fornicata* gedurende de jaren 90 wel geregeld waargenomen, maar is de biomassa, net als van de andere Gastropoden, laag. In 1995 vertoont de soort plots een piek, maar het lijkt er op dat *C. fornicata* momenteel nog nauwelijks voor komt. *H. ulvae* is eigenlijk altijd de dominante Gastropode geweest, en daar lijkt voorlopig ook geen verandering in te komen.

C. fornicata is een permanent gevestigde invasieve soort die zeer waarschijnlijk met oesters geïmporteerd is, maar na introductie zich ook eenvoudig heeft kunnen verspreiden via aangroei op drijvend materiaal, wieren en schepen. *C. fornicata* domineert de Gastropoden gemeenschappen in de Grevelingen en de Oosterschelde, en zal in de nabije toekomst ook zeer algemeen worden in het Veerse Meer. De soort heeft een grote impact op de macrobenthische gemeenschappen door competitie voor ruimte en voedsel, en door het veranderen van de habitat.

3.2.2. *Gibbula sp.*

Het mariene slakje *Gibbula cineraria* (Asgrauwe Tolhoren) wordt in het overzicht van Wolff (2005) genoemd als een exoot die zich recentelijk in Nederland heeft gevestigd. De soort is een Noord-Oost Atlantische soort die als grazer met name wordt geassocieerd met kelp en andere macro-algen. Zeer waarschijnlijk is de soort met oesters mee gekomen, waarbij de eerste waarnemingen stammen uit 1980 uit de Oosterschelde in de buurt van Yerseke. Ook wordt de soort in 1994 en 1998 gevonden, als algemeen gemeld in 1999, en wederom gevonden in 2000. Ondanks al deze meldingen wordt de soort door het NIOO-CEME tijdens geen enkele monster campagne in Nederland aangetroffen (overigens wel in 1991 in de Engelse kustwateren van de Noordzee), totdat in het najaar van 2008 twee *Gibbula* exemplaren worden gevonden in de Oosterschelde. Door de medewerkers van het CEME worden de dieren *Gibbula sp.* genoemd, maar mogelijk gaat het ook hier om *G. cineraria*. De dieren worden op een locatie in het Oostelijke en in het Westelijke deel van de Oosterschelde waargenomen, respectievelijk op een diepte van 4.1 en 5 meter (Figuur 32). Op de eerst genoemde locatie bestaat het substraat uit veen, terwijl de tweede locatie een substraat van slibbig fijn zand met klei bevat. Mogelijk dat de soort gedurende de jaren 90 en het begin van deze eeuw nog vooral beperkt is gebleven tot de oesterbanken en hard substraat, waar het NIOO-CEME niet monstert, maar dat er nu mogelijk spraken is van een verdere uitbreiding van de aantallen, zodat er nu ook waarnemingen op zacht substraat komen.

Gibbula sp. wordt door Wolff geclassificeerd als een recentelijk gevestigde soort. De waarnemingen van het NIOO-CEME op zacht substraat indiceren dat de soort in de Oosterschelde mogelijk aan het uitbreiden is. *Gibbula sp.* wordt door Gittenberger (2009) nog niet genoemd als aanwezig in de Oosterschelde, terwijl de soort toch permanent aanwezig lijkt te zijn. Ook wordt de soort niet vermeld door Wijsman & De Mesel (2009) terwijl de kans lijkt te bestaan dat de soort zich uit breidt in de Oosterschelde, en dan ook via mosseltransporten in de Waddenzee terecht zou kunnen komen. De risico's van de soort in termen van ecologische impact lijken beperkt.



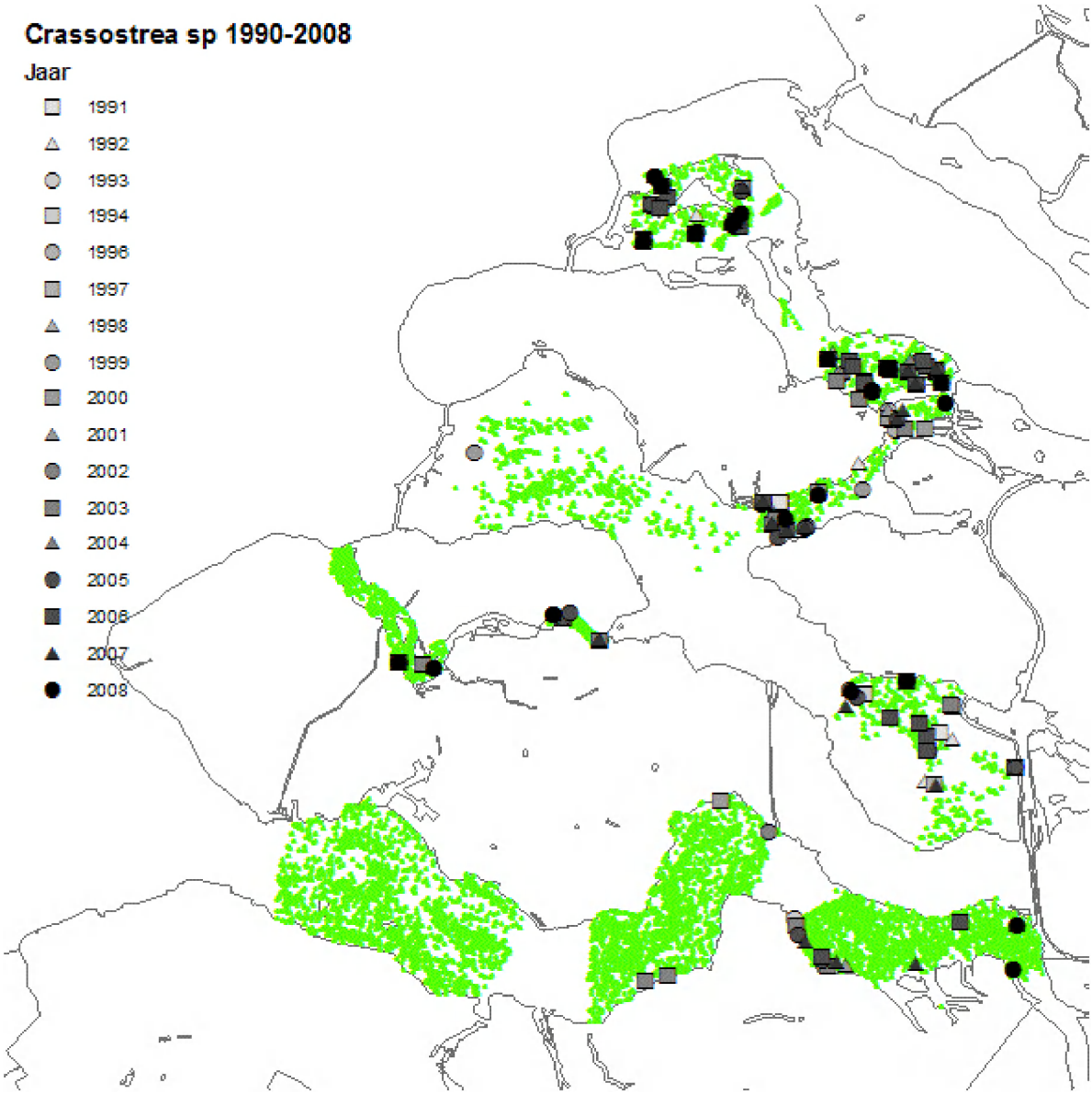
Figuur 32.
Gibbula sp. waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

3.3. Bivalvia

3.3.1. *Crassostrea sp.*

Crassostrea sp. of de Japanse oester is in het verleden vaak opgedeeld in verschillende soorten die ten minste gedurende een bepaalde periode in Nederland zijn voorgekomen. *Crassostrea virginica* is halfweg de 19de eeuw in Nederland geïntroduceerd maar heeft zich niet gevestigd, en er wordt van uit gegaan dat deze soort al geruime tijd niet meer in Nederland voor komt (Wolff, 2005). Verder worden er twee typen onderscheiden; *Crassostrea angulata* en *Crassostrea gigas*, die van verschillende herkomst zijn, maar over het algemeen als dezelfde soort worden gezien. De eerst genoemde is afkomstig uit Taiwan en via Portugal in West Europa terecht gekomen. In de jaren 30 tot en met 60 is de soort diverse malen, vaak actief door oesterkwekers in Nederland geïntroduceerd. Er is onduidelijkheid over de huidige status in Nederland, te meer daar de soort niet of nauwelijks op zicht van *C. gigas* te onderscheiden is. Verschillende auteurs geven aan dat de soort uit de Nederlandse

wateren is verdwenen tussen de 60-ere en de 80-ere jaren (Wolff, 2005). Zodoende zal het overgrote deel van de huidige Japanse oester populaties bestaan uit *C. gigas*. *C. gigas* is afkomstig uit Japan en Zuid-Oost Azië. De soort is rechtstreeks in Nederland geïntroduceerd in 1964 (Drinkwaard, 1999; Troost, 2009). Er werd vanuit gegaan dat de soort niet kon reproduceren in de Nederlandse wateren, maar de Japanse oester bewees het tegendeel. In 1971 werden de eerste jonge Japanse oesters gevonden in de haven van Zierikzee. Vanaf 1975 en met name in de jaren 1976 en 1982 kwamen de Japanse oester populaties tot massale larven productie (Wolff, 2005; Troost, 2009). Waar de soort eerst in de Oosterschelde begon met uitbreiden, verscheen deze in 1987 voor het eerst in de Grevelingen (Wolff, 2005). Ysebaert meldde de soort voor het eerst voor het Westerschelde stroomgebied als *C. angulata* in het Belgische gedeelte in 1997 (Ysebaert et al., 2000). We zullen hier verder spreken over *Crassostrea sp.*.



Figuur 33.
Crassostrea sp. waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Daar de soort voornamelijk op hard substraat voor komt, zijn meldingen in de NIOO-CEME database in eerste instantie schaars. Voor 1990 is *Crassostrea sp.* slechts 3 maal in een monster terecht gekomen; namelijk in 1983, 1984 en 1985, steeds in de Oosterschelde (Bijlage XII). Daar de soort zich ook prima weet te vestigen op harde onderdelen in zacht substraat als stenen en schelpen, en met de groei zelf weer voor nieuw hard substraat zorgt, verschijnt *Crassostrea sp.* (met een vertraging) ook in

de zacht substraat monsters. In 1991 wordt *Crassostrea sp.* dan ook voor het eerst weer gevonden, en dit direct op verschillende plaatsen in het Noordelijke deel van de Oosterschelde, maar ook in een monster van het Oostelijke deel en in een monster uit het Westelijke deel van de Grevelingen (Figuur 33). In het Noordelijke deel van de Oosterschelde wordt *Crassostrea sp.* vervolgens jaarlijks veelal op meerdere locaties gevonden, met uitzondering van de jaren 1994 en 1995. In het Oostelijke deel ontbreekt de soort slechts in de jaren 1993, 1995 en 1996. Dit geeft al aan dat de trefkans van de soort (op zacht substraat) in de Oosterschelde met de jaren is toegenomen. In 2008 wordt *Crassostrea sp.* ook voor het eerst in het Westelijke deel van de Oosterschelde in één van de BIOMON monsters gevonden. Het gemiddelde aantal Japanse oesters op zacht substraat voor de totale Oosterschelde in de afgelopen 19 jaar is zo'n 2.5 tot 9.2 exemplaren per vierkante meter, respectievelijk in het voor- en het najaar. Deze dieren vertegenwoordigen een asvrij drooggewicht van iets meer dan 2 gram per vierkante meter in beide seizoenen.

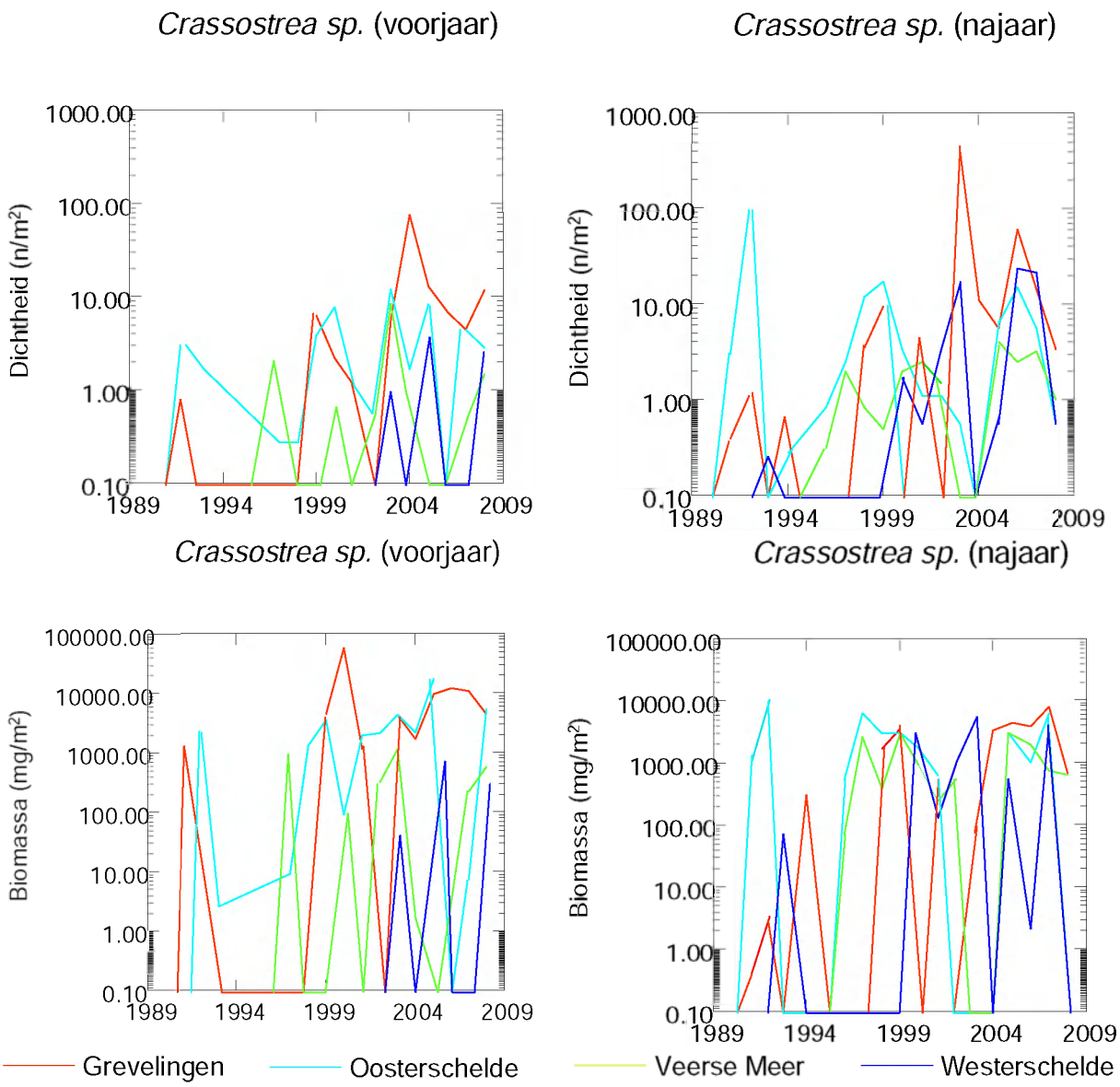
Twee tot 4 % van het totale bodem oppervlak in de Oosterschelde bestaat uit hard substraat; hiervan was in 2002 zo'n 50 tot 60 % bedekt met Japanse oesters (Troost, 2009). Ook oesterbanken, waar Japanse oesters bedekkingen van 50 tot 90 % halen, worden in de BIOMON monitoring niet bemonsterd. In 2003 bestond zo'n 8.1 km^2, van het totale 118 km^2 intertidale gebied, uit oesterbanken (Troost, 2009). De gemiddelde dichtheden en biomassa over de totale Oosterschelde is dus vele malen groter dan hier berekend voor het zachte substraat.

In de Westelijke Grevelingen is *Crassostrea sp.* in 1991 en 1992 aanwezig in een BIOMON monster, om vervolgens zo'n 5 jaar te ontbreken (Figuur 34). Vanaf 1998 ontbreekt de soort nog slechts in de jaren 2000 en 2002. In het Oostelijke deel wordt *Crassostrea sp.* in 1992 en 1994 in een BIOMON monster aangetroffen. Ook hier verdwijnt de soort weer uit beeld tot 1998 waarna *Crassostrea sp.* steeds veelvuldig in de monsters wordt aangetroffen, met uitzondering van het jaar 2002. In de Grevelingen ligt het gemiddelde aantal per vierkante meter over de afgelopen 19 jaar een stuk hoger dan in de Oosterschelde, omdat de soort zich over het gehele gebied heeft verspreid, met 6.7 tot 26.5 exemplaren per m^2 (5.7 tot 1.4 g ADW), voor respectievelijk het voor- en het najaar. Waar in de gehele Zeeuwse delta er in ieder geval geen spraken is van een afname van de soort over de periode 1990-2008 (alle trends zijn positief), neemt de biomassa significant toe in de Grevelingen (gemeten in het najaar; Bijlage XII).

Vanuit de Oosterschelde weet *Crassostrea sp.* zich ook te vestigen in het Veerse Meer. In 1996 wordt de soort voor het eerst in een BIOMON monster van het Oostelijke deel aangetroffen (Figuur 33). Daarna wordt *Crassostrea sp.* ook in 1997, de jaren 2000 tot en met 2005 en 2007 en 2008 aangetroffen. Het betreft hier veelal monsters van dezelfde locatie, maar gaande weg komen er een paar locaties bij. Dit geldt ook voor het Westelijke deel, waar *Crassostrea sp.* vanaf 1998 tot en met 2003 en in de jaren 2006 tot op heden wordt gevonden; eerst op één locatie, en de laatste jaren ook op meerdere locaties. Voor het gehele Veerse Meer zijn de dichtheden op zacht substraat daardoor significant toegenomen (Bijlage XII). De gemiddelde aantallen en biomassa per vierkante meter voor het totale Veerse Meer liggen nog wel aanzienlijk lager dan voor de Oosterschelde en de Grevelingen met zo'n 0.8 exemplaren (n) en 0.17 gram per m^2 in het voorjaar en 1.1 n/m^2 en 0.70 g/m^2 in het najaar.

Ysebaert et al. (2000) laat zien dat *Crassostrea sp.* eind jaren 90 in het Belgische deel van het Schelde estuarium aanwezig is. Troost (2009) meld dat de Japanse oester gedurende de 80-ere jaren al eens sporadisch wordt aangetroffen in de Westerschelde. Het NIOO-CEME komt *Crassostrea sp.* in 1993 eenmalig tegen in een monster uit het Oostelijke deel van de Westerschelde, net boven het plaatsje Walsoorden nabij de oude veerhaven Perkpolder op een getijde plaat. Het duurt echter nog zo'n 10 jaar voor de soort daar en op andere zacht substraat locaties in het Oostelijke gedeelte van de Westerschelde voet aan grond begint te krijgen. Er zijn waarnemingen in 2001, 2003 en 2005 tot en met 2008. Inmiddels wordt *Crassostrea sp.* ook in het Centrale deel van de Westerschelde aangetroffen; eerst in 2000, en daarna in 2002 en 2003. Uiteraard zou voor een beter beeld van de ontwikkelingen van de soort naar het harde substraat moeten worden gekeken; maar de uitbreidingen door de tijd in zowel het Oostelijke als het Centrale gedeelte lijkt de monding van het Kanaal door Zuid-Beveland (de verbinding met de Oosterschelde) als centrum te hebben (Figuur 33). In de Westerschelde is zowel het voor- als de najaar in ogenschouw nemend, een significante toename in dichtheden zichtbaar (Bijlage XII). Daar het zachte substraat in het Westelijke deel van de Westerschelde mogelijk nog vrij is van Japanse oesters (in ieder geval is de trefkans er zo laag dat de soort er tijdens de BIOMON bemonsteringen nog niet is aangetroffen), liggen de gemiddelde dichtheden en biomassa op het zachte substraat voor de totale Westerschelde beduidend lager over de afgelopen 19 jaar dan in de Oosterschelde en de Grevelingen met 0.4 n/m^2 en 0.04 mg/m^2 in het

voorjaar en 3.6 n/m^2 en 0.73 mg/m^2 in het najaar. Echter het feit dat de soort de eerste helft van die periode nog ontbrak en de toename in ogenschouw nemende, wordt die achterstand geleidelijk kleiner.



Figuur 34.
Ontwikkelingen in *Crassostrea sp.* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

Dat *Crassostrea sp.* een typische soort is van het harde substraat en ook harde elementen in het zachte substraat vereist, wordt duidelijk als het voorkomen per substraat type wordt geanalyseerd. Zo'n 33 % van de monsters genomen op schelpbanken bevat Japanse oesters. Dat is een hoog percentage gezien het ontbreken van de soort in bepaalde delen van de Zeeuwse delta, en het ontbreken van de soort gedurende de eerste monsterjaren in een nog groter deel van de delta. De 6 meest geprefereerde substraat typen bevatten allen schelpen of in één geval stenen, en zullen bij gelijk aanbod van alle substraat typen 81 % van de populaties aan Japanse oesters bevatten. Hierbij lijkt wel een voorkeur voor schelpen en/of stenen in sediment types gedomineerd door de kleinere fracties te bestaan. Na de schelpbanken bestaat de top 6 achtereenvolgens uit klei met schelpen, slib met schelpen, fijn zand met stenen, slibbig fijn zand met schelpen en fijn zand met schelpen. Het ontbreken van *Crassostrea sp.* op grovere sediment types met of zonder schelpen (*Crassostrea sp.* wordt nog wel eens op middelfijn zand aangetroffen maar niet op middelgrof of grof zand) duidt op een voorkeur van de soort voor laagdynamische milieus. *Crassostrea sp.* is in de Zeeuwse delta

aangetroffen op dieptes variërend van 0 (intertidaal) tot 40.1 meter. Gemiddeld is de Japanse oester aangetroffen op een diepte van 5.5 ± 5.7 meter, en kan worden gesteld dat de soort voornamelijk de ondiepe en middeldiepe locaties koloniseert en heeft gekoloniseerd.

De Japanse oester is vanuit de oesterkweek bassins langs de Oosterschelde zijn opmars begonnen (Wolff, 2005) en koloniseerde zodoende eerst de duidelijk zoute milieus van de Oosterschelde en de Grevelingen. In de Oosterschelde heeft de saliniteit altijd rond of boven de 30 gelegen (Waterbase, 2009). In de Grevelingen heeft de saliniteit sinds de eerste waarneming van de Japanse oester in 1987 (Wolff, 2005), iets meer gevarieerd, maar lag deze altijd tussen de 27 en de 32, met de laatste jaren ook vrij stabiel rond de 30 (Hoeksema, 2002; Waterbase, 2009). De Japanse oester is echter niet gebonden aan het zoute milieu. Dit wordt reeds zichtbaar door de waarnemingen van oesters in het Veerse Meer ten tijden dat de saliniteit daar varieerde tussen de 10 en de 22 (Wijnhoven et al., 2009). De toename van het aantal Japanse oesters werd daar al ruim voor de opening van de 'Katse Heule' en het herstel van het zoute milieu ingezet. In de Westerschelde werd de soort eerst opgemerkt in het Belgische deel van de Schelde (Ysebaert et al., 2000) waar de saliniteit gemiddeld onder de 9.8 ligt en flinke variaties van tussen de 1.2 en de 15.2 kunnen optreden (Ysebaert et al., 2003). De huidige verspreiding van de Japanse oester op basis van de BIOMON gegevens loopt vanaf de Belgische grens (in België is niet bemonsterd) tot net ten oosten van Terneuzen. Aan deze Westgrens in de Westerschelde is de saliniteit gemiddeld 20.5 en varieert deze tussen de 8.4 en de 26.9 (Ysebaert et al., 2003).

Het is onduidelijk waarom de Japanse oester nauwelijks wordt aangetroffen in de BIOMON monsters uit het Westelijke deel van de Oosterschelde. Troost (2009) laat zien dat er wel oesterbanken zijn in dit gebied. Echter van oudsher vindt de oesterkweek met name in het Oostelijke deel plaats, en worden de mosselen voornamelijk in het voedselrijkere Westen uitgezet. Mogelijk dat deze spatiële scheiding er ook voor zorgt dat er minder larven van *Crassostrea sp.* op het zachte substraat in het Westen terecht komen, en daar dus nog veel minder algemeen zijn. Ook in het Veerse Meer en de Westerschelde zijn dergelijke patronen zichtbaar, waar oesters nog nauwelijks in de Westelijke delen op zacht substraat worden aangetroffen. Waarschijnlijk is dit toch vooral het effect van afstand tot de bron van larven, waar de Japanse oesters in het Veerse Meer toch geleidelijk via de 'Katse Heule' binnen komen, en in de Westerschelde de bron nabij het Kanaal door Zuid-Beveland moet worden gezocht.

Eén van de eigenschappen van de Japanse oester die de ontwikkelingspatronen van de soort in de Nederlandse delta verklaard, is de gevoeligheid voor koude temperaturen. De soort is in eerste instantie ook naar Nederland gehaald, omdat het gevaar van verspreiding nihil leek, doordat de soort toch niet zou kunnen reproduceren in het koude Nederland. Dit bleek anders uit te pakken; maar de ontwikkeling van de Nederlandse populaties laat golven zien van massale broedval in warme jaren, en oester sterfte gedurende koude winters (Troost, 2009; Engelsma et al., 2010). Troost (2009) geeft aan dat het afzetten van larven tussen de 16 en de 18 °C en bij een saliniteit van 10 tot 30 kan plaats vinden. Kobayashi et al. (1997) komt overigens met vele hogere temperaturen, en heeft het over de ontwikkeling van de gonaden bij temperaturen boven de 23 ℃, en efficiënte reproductie tussen de 23 en de 27 ℃ bij een saliniteit van rond de 30 bij J apanse populaties. Larven kunnen temperaturen van tussen de 18 en 35 ℃ en een saliniteit in de range van 19 tot 35 weerstaan (Troost, 2009), maar de ontwikkeling en vestiging verloopt optimaal bij 27 ℃, en een toenemend voedselaanbod met de groei van de larven (Rico-Villa et al., 2009). Japanse oesters kunnen behoorlijk lage temperaturen weerstaan, ook bij droogval; maar in koude winters kan de Japanse oester sterfte net als voor de platte oester *Ostrea edulis* aanzienlijk zijn, met name in het intergetijde gebied. Het ontbreken of de tijdelijke afname van *Crassostrea sp.* midden jaren 90, is wellicht het resultaat van enkele koude winters. Dutertre et al. (2009) laten zien dat ook de post-larven zich het beste ontwikkelen in warme zomers. Gezien de ontwikkelingen van het opwarmen van de Zeeuwse wateren en het frequenter voorkomen van milde winters, lijkt de kans groot dat *Crassostrea sp.* zich in de toekomst verder zal uitbreiden in de delta. De saliniteit tolerantie geeft aan dat het afzetten van larven niet altijd overal in de Oosterschelde en de Grevelingen plaats zal vinden, maar de larven kunnen de lokale saliniteit over het algemeen wel weerstaan. In het Oostelijke deel van de Westerschelde vindt de Japanse oester juist de ondergrens voor voortplanting. De omstandigheden zorgen er voor dat de groei daar beperkt is (Troost, 2009), maar klaarblijkelijk weten de gevestigde oesters een lage saliniteit prima te overleven.

Crassostrea sp. is een soort die tolerant is ten opzichte van zeer voedselrijke condities. De soort komt ook voor bij normale omstandigheden, maar populaties komen met name tot bloei in organisch verrijkte omstandigheden (Borja et al., 2000; Dutertre et al., 2009). Decottignies et al. (2007) laat zien

dat de soort ten minste gedurende een gedeelte van het jaar in voedselcompetitie is met een andere exoot *Crepidula fornicata*. Of hierdoor substantieel elkaars abundantie wordt beïnvloed is onduidelijk, maar in niet erg voedselrijke systemen lijken de soorten elkaars groei af te remmen. Mogelijk dat hiervan de laatste jaren periodiek spraken kan zijn in een systeem als de Oosterschelde wat momenteel relatief voedselarm is (WNF, 2009). De aanwezigheid van *C. gigas*, evenals die van *C. fornicata*, bleek in een experiment in de voedselrijke baai van Arcachon (Frankrijk) de soortencompositie te bepalen, doordat de schelpdieren zorgen voor hard substraat in een anders zacht substraat omgeving (De Montaudouin et al., 1999). Met zacht substraat geassocieerde soorten als *Myriochele oculata*, *Pygospio elegans* (beiden polychaeten), *Ruditapes pullastra* en *Abra sp.* (beiden weekdieren) zijn vrijwel afwezig in de aanwezigheid van oesters en/of muiltjes, terwijl juist *Gammarus sp.* (crustacea), *Capitella capitata*, *Heteromastus filiformis* (beiden polychaeten) en *Melita palmata* (crustacea), soorten die normaal grotendeels ontbreken op zacht substraat, juist talrijk zijn in de aanwezigheid van één of beide soorten. Ook het aandeel *Tubificoides benedeni* (oligochaete), de meest algemene soort op de oesterlocaties in de baai van Arcachon, neemt af in aanwezigheid van oesters en/of muiltjes. *Crassostrea sp.* lijkt ook langzaam de inheemse Platte oester *Ostrea edulis* in de Zeeuwse delta te verdringen door voedsel en ruimtecompetitie. *O. edulis* legt het met name af na periodes met hoge watertemperaturen, mede doordat de populaties van de inheemse Platte oester verzwakt zijn door infecties met parasieten zoals *Bonamia ostrea* (Engelsma et al., 2010).

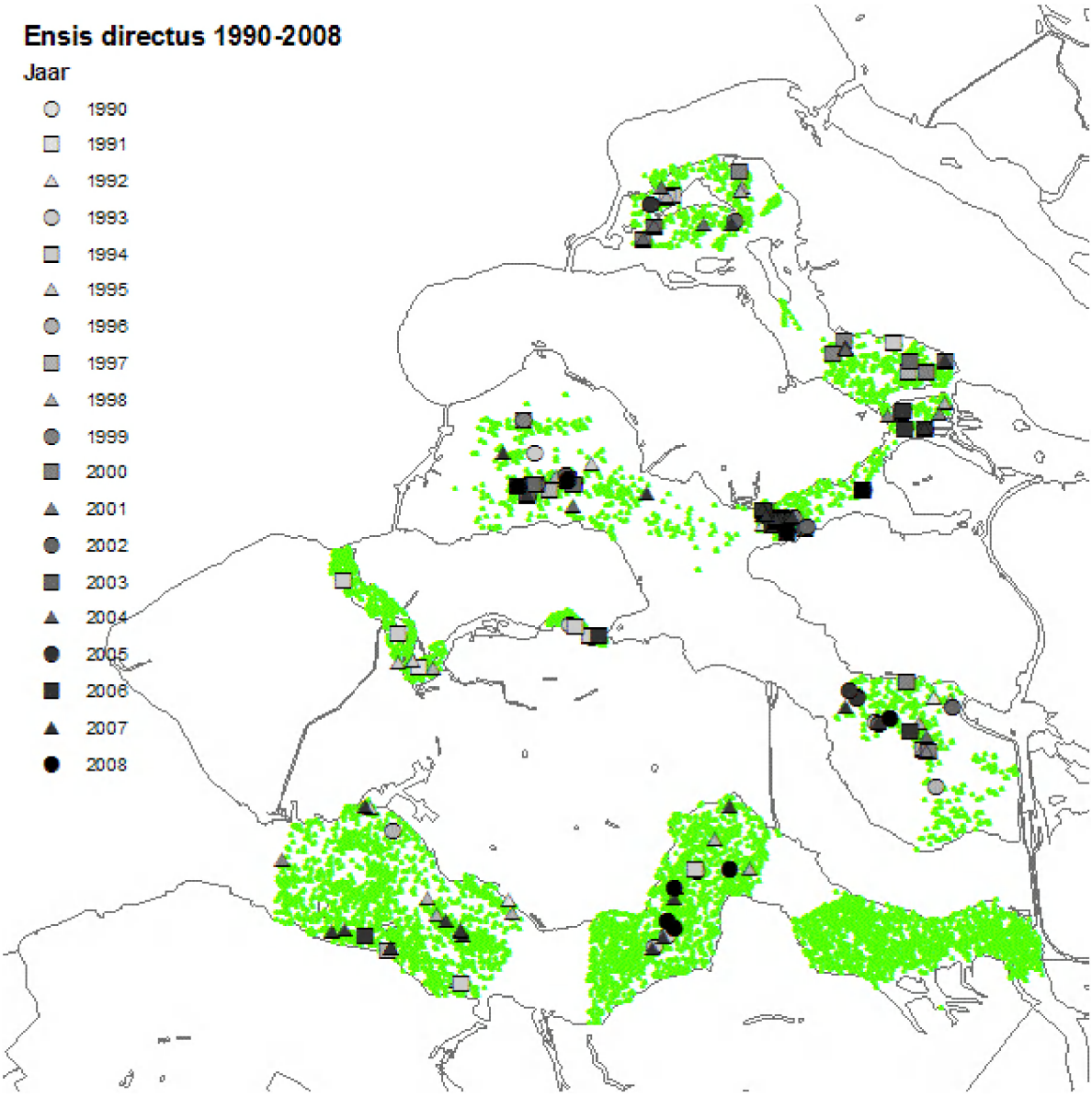
Crassostrea gigas wordt door Kerckhof et al. (2007) als een invasieve soort aangeduid die concurreert met inheemse soorten, de originele habitat verandert, en de totale biodiversiteit en biomassa reduceert. We kunnen echter niet negeren dat de soort in de Zeeuwse delta ook een invloed heeft en heeft gehad op het nutriëntengehalte en de helderheid van het water wat voor een flink aantal soorten en wellicht de soortendiversiteit in de Zeeuwse wateren positief is en is geweest. Verder hebben een flink aantal soorten (de geassocieerde soorten) van de toename van hard substraat en het specifieke habitat van de oesterbanken geprofiteerd. Hieronder zijn zowel exoten als inheemse soorten. *Crassostrea sp.* is dus een duidelijk invasieve soort, die zich nog steeds uit breidt in de Zeeuwse delta. Momenteel breidt de soort zich voornamelijk uit naar het Veerse Meer en de Westerschelde, waar de soort nog lang niet aan zijn maximum zit.

3.3.2. *Ensis directus*

De tweekleppige *Ensis directus* (Amerikaanse zwaardschede) is een exoot afkomstig uit Noord Amerika die via ballast water Europa heeft bereikt. *E. directus* werd voor het eerst waargenomen in de German Bight in 1979, maar het is zelfs mogelijk dat de soort in 1977 al op Terschelling aanwezig was. In ieder geval heeft de soort zich geleidelijk vanuit de Noordzee ten Noorden van Nederland, via de Waddenzee richting het Zuiden uitgebreid. In 1981 worden de eerste levende exemplaren in de Nederlandse Waddenzee gevonden, en al gauw is de soort daar wijd verbreid. Tussen 1985 en 1987 spoelen er grote aantallen schelpen van *E. directus* aan langs de Noordzee kust, wat wellicht inhoud dat er populaties uit de kust op de Noordzee aanwezig zijn (Armonies & Reise, 1999; Wolff, 2005).

De eerste waarnemingen van *E. directus* in de NIOO-CEME database zijn inderdaad van die periode, namelijk van 1987. In de jaren 1987-1989 wordt *E. directus* frequent aangetroffen in monsters van de Noordzee Voordelta. Echter, al deze waarnemingen zijn van het gebied ten Noorden van Kijkduin. Waar het om een paar locaties gaat in 1987, zijn het er het jaar daar op al een groot aantal locaties. Ondanks de vele monsters die genomen zijn in het gebied ten Zuiden van Kijkduin, en de Zeeuwse Delta en Voordelta in het bijzonder, is het opvallend dat *E. directus* nergens is aangetroffen, met uitzondering van één locatie in de Oosterschelde (het Westelijke puntje van de Roggenplaat) in het najaar van 1989 (Bijlage XIII). Nu bevatten de NIOO-CEME gegevens ook grote aantallen *Ensis sp.*. Dezen bestaan uit incomplete organismen (bv. bij het monsteren door midden gestoken), of uit hele kleine exemplaren, die zodoende niet tot op soort gedetermineerd konden worden. *Ensis sp.* zou in theorie de inheemse *Ensis arcuatus* of *Ensis ensis* of uiteraard *Ensis directus* kunnen zijn. Bij naslag in de NIOO-CEME gegevens blijkt dat beide inheemse *Ensis* soorten tussen 1960 en 1989 uitsluitend in de Noordzee zijn aangetroffen. In de BIOMON gegevens (dus in de Zeeuwse delta tussen 1990 en 2008) is van de inheemse soorten alleen *E. ensis* 5 maal aangetroffen; namelijk 4 maal in de Oosterschelde in 1990, 1991, 1999 en 2000, en 1 maal in de Grevelingen in 1990 (Bijlage XIII). *Ensis sp.* is naast frequent aangetroffen in de Voordelta, in 1988 en 1989 in een monster gevonden in de Oosterschelde op de Roggenplaat (Bijlage XIII). De kans is dus groot dat het hier om *E. directus* is gegaan omdat het vlak bij de vindplaat van die soort in 1989 gaat. *E. directus* is dus mogelijk al sinds

1988 in de Oosterschelde aanwezig. Verder is *Ensis sp.* in 1989 ook in de Oosterschelde aangetroffen op de Hooge Kraaijer, wat in het uiterste Oosten ligt. Of het ook hier om *E. directus* of om *E. ensis* is gegaan is uiteraard niet meer te achterhalen. Ook is reeds in 1988 een *Ensis* soort op drie locaties in de Westerschelde aangetroffen; namelijk op twee locaties op de Hoofdplaat en op de Middelplaat. De beide inheemse *Ensis* soorten zijn door het NIOO-CEME nooit in de Westerschelde aangetroffen. De ontwikkelingen begin jaren 90 lijken er op te wijzen dat *E. directus* in 1988 ook al in de Westerschelde aanwezig was.

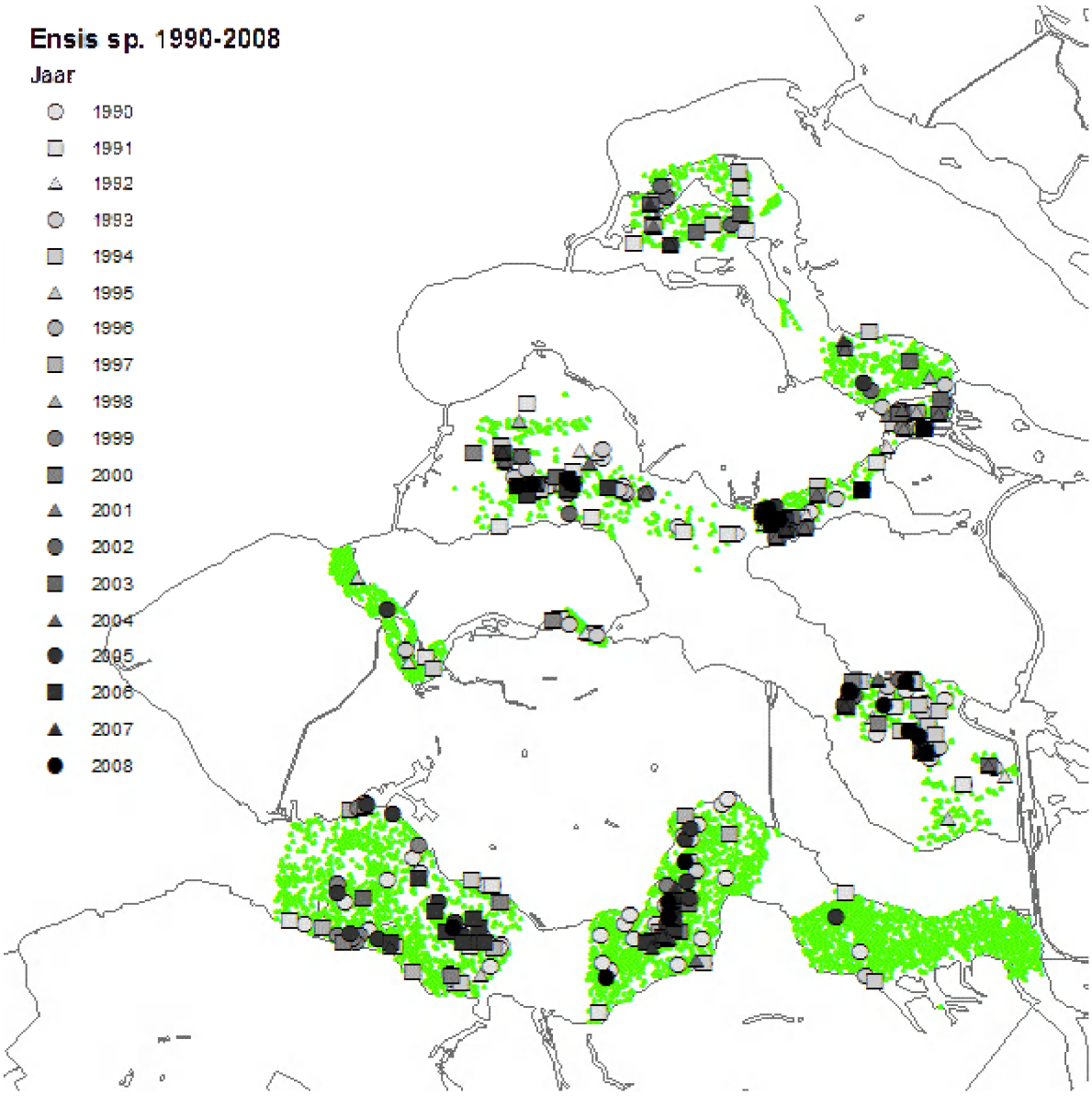


Figuur 35.
E. directus waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Met de aanvang van de BIOMON monitoring, dus in het jaar 1990, blijkt *Ensis sp.* massaal in de Oosterschelde te kunnen worden gevonden; in zowel het Oostelijke en het Westelijke als het Noordelijke deel (Figuur 36). Daarna wordt *Ensis sp.* jaarlijks op een groot aantal locaties gevonden. Vanaf 1991 verschijnen dan ook de eerste grotere intacte exemplaren die allen *E. directus* blijken te zijn (Figuur 35). In 1991 is dit eerst in het Oostelijke deel, in 1992 in het Noordelijke deel, en vanaf 1993 in het Westelijke deel. Met name in het Oostelijke en het Westelijke deel neemt het aantal monsters dat *E. directus* bevat gedurende de periode 1990-2008 geleidelijk toe.

E. directus wordt in 1990 overigens al in het Veerse Meer aangetroffen. Vanaf 1991 op meerdere locaties, en dit geldt ook voor *Ensis sp.* die uiteraard zeer waarschijnlijk tot dezelfde soort behoren. In

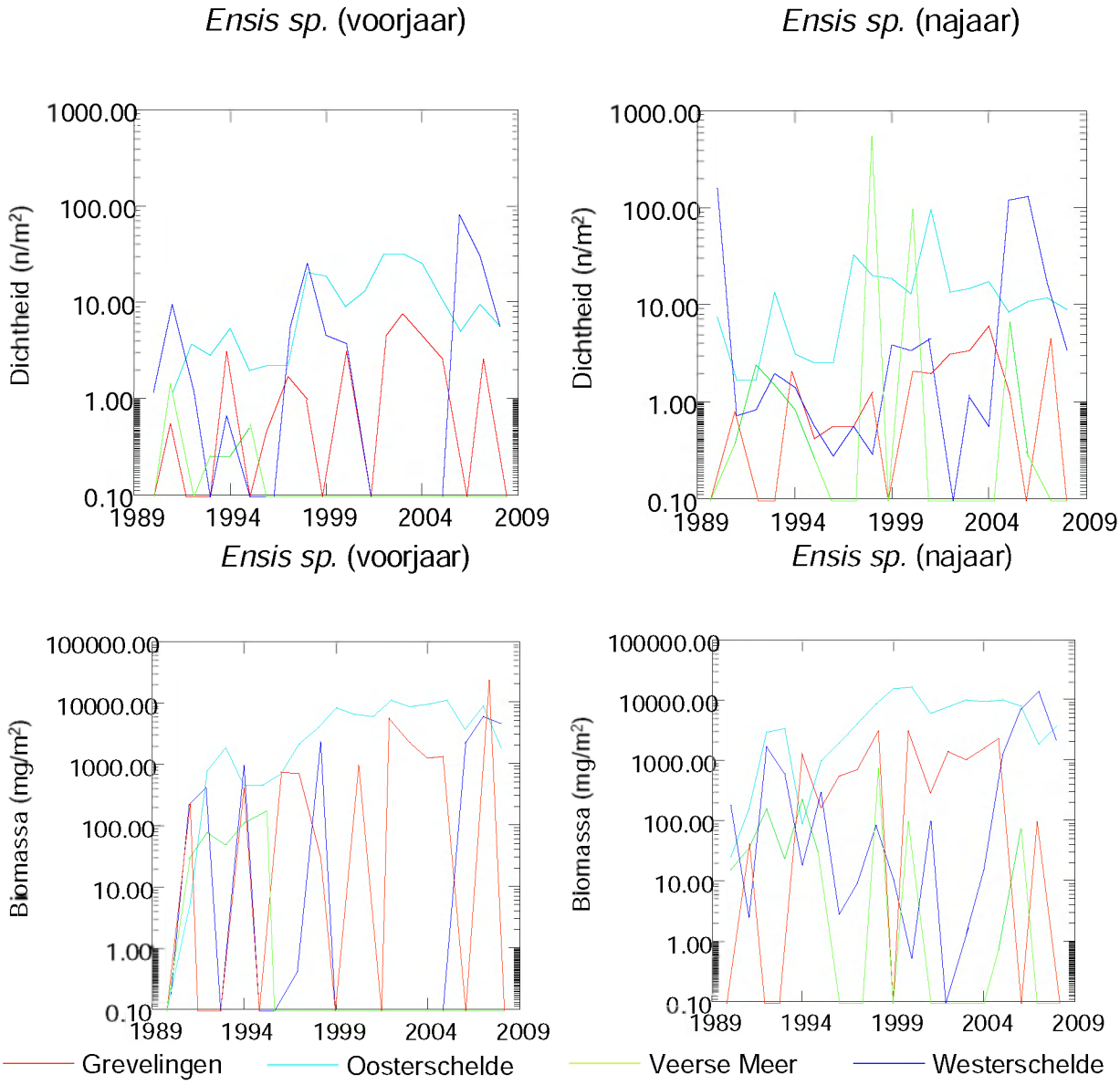
het Oostelijke en het Centrale deel van het Veerse Meer wordt *Ensis* echter slechts tot en met 1994 gevonden. In het Westelijke deel ook nog in 1995 en in een enkel monster in 1998. Mogelijk dat de dalende saliniteit dan wel de verslechterende waterkwaliteit en de frequent optredende zuurstofloze condities voor het weer verdwijnen van de soort in het Veerse Meer heeft gezorgd. In 2000 duikt *Ensis* nog een keer op in een monster in het Oostelijke deel, en dit is ook het geval in 2005. Het is erg aannemelijk dat *E. directus* in de toekomst weer terug gaat keren in het Veerse Meer nu de waterkwaliteit sterk is verbeterd en de saliniteit steeds tussen de 21 en de 31 blijft (Wijnhoven et al., 2009).



Figuur 36.
Ensis sp. waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Zoals zichtbaar wordt in Figuur 37, zijn de gemiddelde dichtheden aan *Ensis directus* (er van uit gaande dat ook *Ensis sp.* voor het overgrote, zo niet in zijn geheel uit *Ensis directus* bestaat) permanent het hoogste in de Oosterschelde met 10.4 tot 15.6 individuen per vierkante meter zacht substraat voor respectievelijk het voor- en het najaar. Echter, voor de gehele periode 1990-2008 komen de dichtheden in de Westerschelde zeker zo hoog of zelfs hoger uit, met 9.0 tot 23.4 individuen per vierkante meter. In de Westerschelde is de ontwikkeling van de *Ensis* populaties echter veel meer met pieken en dalen. De reden hier voor wordt duidelijk, wanneer de gemiddelde gewichten worden vergeleken. Dezen liggen een factor 5 lager in de Westerschelde; in de Oosterschelde 4386

tot 5714 mg/m^2 ten opzichte van de Westerschelde 834 tot 1402 mg/m^2 in respectievelijk het voor- en het najaar. In de Westerschelde vinden we dus voornamelijk kleine individuen, waarbij de dichtheden flink oplopen in jaren van succesvolle broedval. In ongunstigere jaren, wellicht door hogere rivier afvoeren, grotere saliniteit fluctuaties, en in het verleden ook door anaerobe condities zakken de Westerschelde populaties periodiek weer in. Dit maakt het anderzijds weer mogelijk voor *Ensis* broedjes om zich succesvol te vestigen op de vrijgekomen plekken.



Figuur 37.
Ontwikkelingen in *Ensis* (*E. directus* en *Ensis sp.* gecombineerd) dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

In de Oosterschelde is er meer spraken van stabiele populaties. Gezien de hogere dichtheden van grotere Zwaardschedes zijn de mogelijkheden voor vestiging van nieuwe broedjes wellicht geringer, wat er voor zorgt dat de aanwas van jonge *Ensis* meer evenwichtig is over de afgelopen 20 jaar (ze vullen leeggekomen plekken weer op). In jaren met weinig broedval zijn er nog voldoende broedjes aanwezig om open plekken op te vullen; in jaren met massale broedval is de ruimte limiterend, en slaagt slechts een klein percentage er in zich te vestigen. De fluctuaties in broedval van jaar tot jaar zijn wellicht door de stabielere omstandigheden van met name de saliniteit in de Oosterschelde, geringer dan in de Westerschelde. In beide wateren, zowel de Oosterschelde als de Westerschelde, is een gestage toename van de biomassa over de afgelopen 19 jaar waar te nemen (Bijlage XIII). Dit kan er op wijzen dat ook in de Westerschelde er uiteindelijk meer grotere *Ensis* zal worden gevonden.

In de Oosterschelde is die toename ook zichtbaar in de dichtheden van het voorjaar. In het Veerse Meer is een significante afname van de dichtheden en de biomassa gedurende de afgelopen 19 jaar waargenomen voor de voorjaarsgegevens. Het brakwater milieu en de achteruitgang van de waterkwaliteit zorgde voor het verdwijnen van de soort. Het valt te verwachten dat *Ensis directus* nu na de opening van de 'Katse Heule' weer geleidelijk zal terugkeren. In de Grevelingen liggen de Ensis dichtheden een factor 10 lager dan in de Oosterschelde. Er zijn daar wel volgroeide exemplaren aanwezig, maar de omstandigheden zijn wellicht, door weinig dynamiek en water verversing, minder geschikt.

Paavola et al. (2005) geeft aan dat in het Baltische gebied *E. directus* niet bij een saliniteit onder de 18 voor komt, wat dus zou kunnen betekenen dat de soort inderdaad verdwijnt wanneer zijn milieu verzoet. Echter het niet voorkomen van de soort in de Baltische α-mesohaliene gebieden kan ook te maken hebben met temperatuur tolerantie daar dit met name de koudere delen zijn waar ook geregeld ijsvorming voor komt. In Noord Amerika wordt *E. directus* wel bij een lagere saliniteit aangetroffen, echter ook niet onder de 10.

In Bijlage XIII in het kaartje met de waarnemingen van *Ensis directus* gedurende andere projecten dan BIOMON, laat zien dat volwassen dieren van de soort (die met zekerheid kunnen worden gedetermineerd) met name massaal voorkomen in de Voordelta.

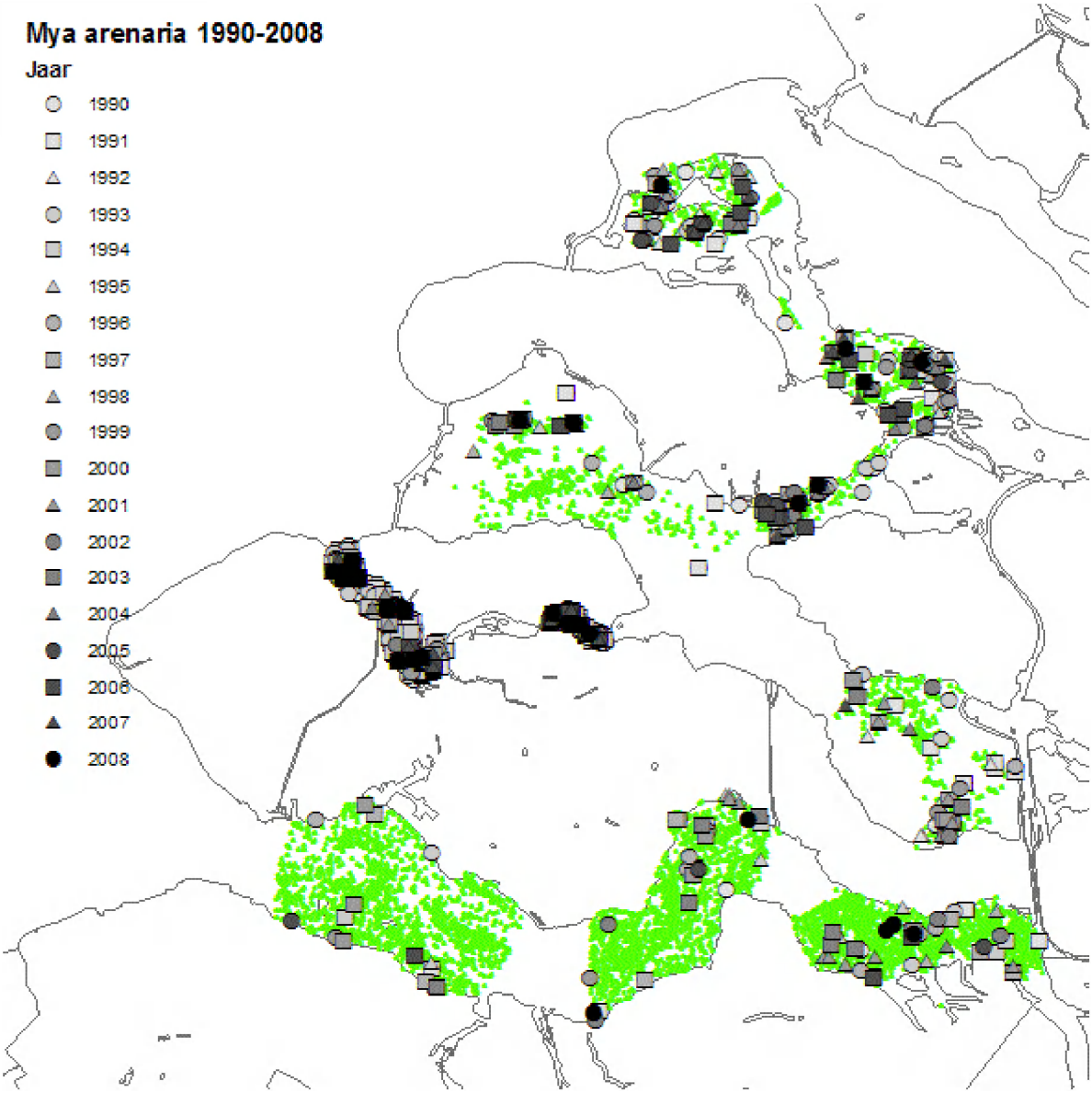
Ensis directus wordt in de Zeeuwse delta wateren op een gemiddelde diepte van 7.0 ± 6.7 m aangetroffen, variërend van 0 tot 42 m diep. Hiermee kan worden gesteld dat *E directus* niet direct een voorkeur heeft voor een bepaald stratum en van diep tot ondiep tot op intergetijde platen kan worden aangetroffen. Armonies & Reise (1999) geven aan dat de hoogste dichtheden worden gevonden in het lagere intertidale en het ondiepe sublitoraal, met name in vrij dynamische milieus. Dit zou met name te maken hebben met de geringe concurrentie daar. *E directus* wordt het frequentst aangetroffen in de meest algemene substraat types zoals fijn zand en slibbig fijn zand, en in mindere mate slib en zandig slib. Wanneer naar verhouding van het aantal genomen monsters per substraat type wordt gekeken, dan springt er geen enkel substraat type echt uit. Iets meer dan 8 % van de monsters genomen op fijn zand met een laagje slib, en op klei met veen, bevat *Ensis*. De soort wordt echter ook aangetroffen in grove sediment types, en ontbreekt slechts op stenen en grof en middelgrof zand met schelpen. Kortom ieder zacht substraat type is geschikt voor de soort, en de *E. directus* is dus weinig selectief.

Borja et al. (2000) geven aan dat *Ensis sp.* zeer gevoelig is ten opzichte van organische verrijking en vooral aanwezig in onverontreinigde systemen. In hoeverre dit echter geldt voor *E. directus* is onduidelijk. *E. directus* wordt door Kerckhof et al. (2007) aangeduid als een invasieve soort die concurreert met inheemse soorten, de originele habitat verandert, en de totale biodiversiteit en biomassa reduceert. Verder hebben de dieren een effect op de helderheid van het water, en wordt er extra slib ingevangen op de locaties waar *E. directus* hoge dichtheden bereikt. De monitoring resultaten laten zien dat de opmars van de soort nog steeds voort gaat met een toename in de Oosterschelde, een toename en gebiedsuitbreiding in de Westerschelde, en een verwachte herkolonisatie van het Veerse Meer.

3.3.3. *Mya arenaria*

Wanneer de tweekleppige *Mya arenaria* (de Strandgaper) zich in Nederland heeft gevestigd is onduidelijk, maar het is duidelijk dat deze exoot uit Noord Amerika al enkele eeuwen in Nederland aanwezig is. Vaak wordt ergens rond 1250 als periode van introductie in Europa genoemd (Reise et al., 1999; Streftaris et al., 2005; Wolff 2005). De eerste officiële waarneming is van 1765, en de soort is nu zeer succesvol in de Zeeuwse delta wateren. Zodoende wordt *M. arenaria* in de jaren 60 al in een groot aantal monsters waargenomen, en is met name de monster intensiteit bepalend voor het aantal vondsten in de verschillende wateren. *M. arenaria* lijkt algemeen te zijn in Grevelingen, Oosterschelde, Veerse Meer, Volkerak en Haringvliet, en waarschijnlijk ook in de Westerschelde. Alleen in de Voordelta en de Noordzee wordt de soort slechts locaal gevonden (Bijlage XIV). Na de afsluiting van het Haringvliet gedurende de jaren 60 verdwijnt *M. arenaria* uit het zoet wordende Haringvliet. Uit de gegevens van de jaren 70 en 80 blijkt dat *M. arenaria* wel frequent wordt gevonden in de Voordelta in de gebieden voor de dammen; waarschijnlijk daar waar veel nutriënten aanwezig zijn. In de Westerschelde blijkt de soort inderdaad ook algemeen te zijn, maar zijn er ook gebieden waar de soort niet wordt gevonden. Uit de BIOMON gegevens blijkt dat dit in feiten ook het geval is

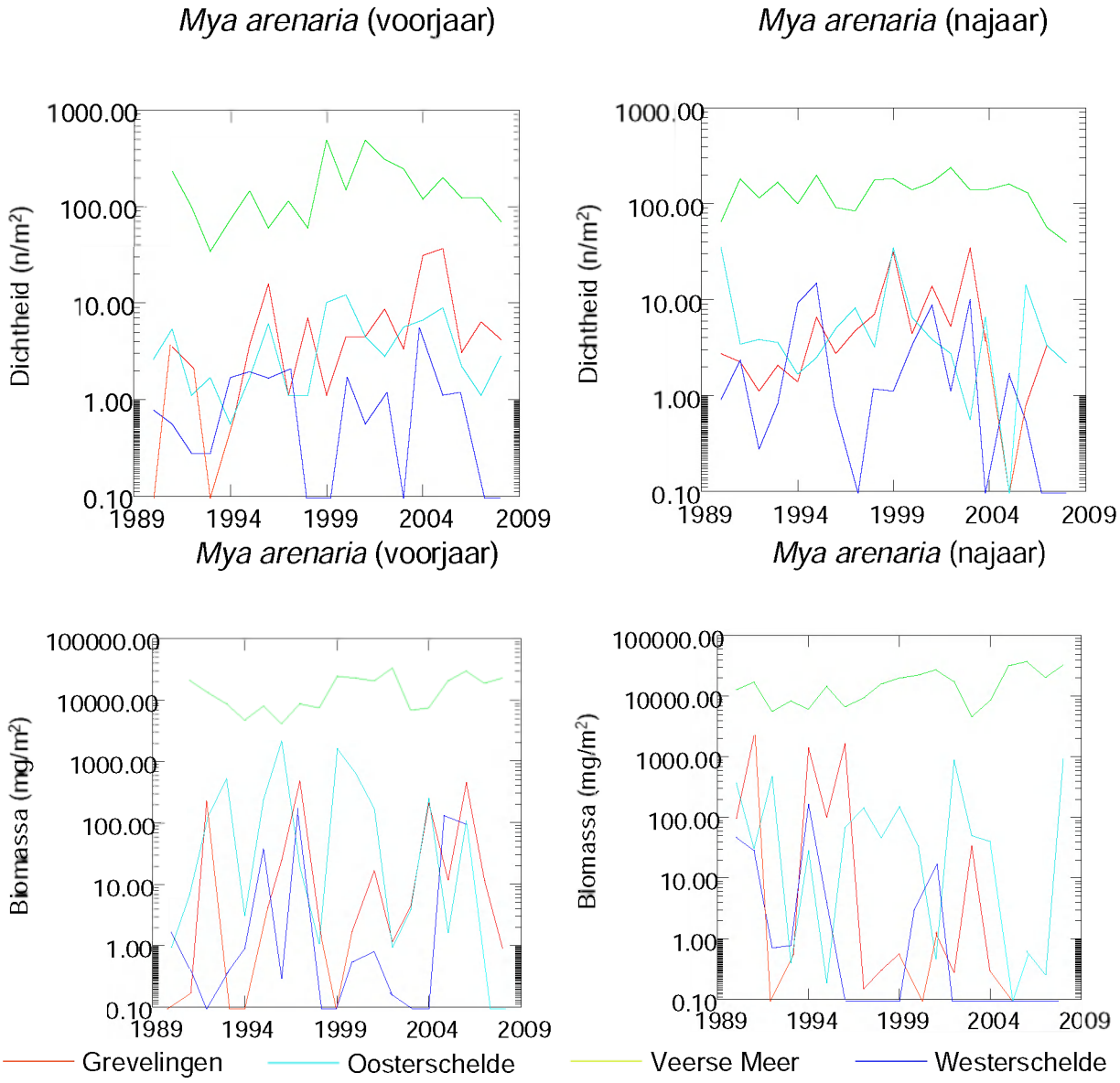
voor de Oosterschelde (Figuur 38). Maar in alle wateren in de soort in alle jaargetijden algemeen. *M. arenaria* blijkt in 11 % van de BIOMON monsters voor te komen.



Figuur 38.
Mya arenaria waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Wanneer de gemiddelde dichtheden en biomassa voor het zacht substraat van de 4 grote Zeeuwse wateren worden vergeleken voor de periode 1990-2008, dan valt op dat de soort zeer abundant is in het Veerse Meer. Waar de dichtheden variëren van 1.5 (Westerschelde in voorjaar) tot 8 exemplaren (Grevelingen en Oosterschelde in najaar) per vierkante meter, worden in het Veerse Meer 137 tot 174 schelpen per vierkante meter gevonden in respectievelijk het najaar en het voorjaar (Figuur 39). In biomassa zijn de verschillen zo mogelijk nog groter. In de Westerschelde wordt gemiddeld zo'n 30 mg/m^2 gevonden, in de Oosterschelde zo'n 200 tot 300 mg/m^2 en in de Grevelingen variërend van 85 mg/m^2 in het voorjaar tot 501 mg/m^2 in het najaar. In het Veerse Meer is dit echter 16 a 17 g/m^2, afhankelijk van het gebied zo'n factor 100 verschil. In alle delen van de Zeeuwse delta zijn de populaties over de afgelopen 19 jaar gezien min of meer constant qua grote. Alleen in het Veerse Meer is een significante toename zichtbaar in de biomassa gemeten in het najaar (Bijlage XIV). Deze voor voornamelijk veroorzaakt door een gestage toename van de populaties tot de opening van de 'Katse Heule' in 2004. Daar waar dit een terugval in de dichtenheden en de biomassa opleverden, was deze tijdelijk voor de biomassa en kwam het gemiddelde gewicht weer in een stijgende lijn.

Mogelijk dat het succes van *M. arenaria* in het Veerse Meer vooral het gevolg is van een hoog nutriënten aanbod en relatief weinig concurrentie van andere tweekleppigen.



Figuur 39.
Ontwikkelingen in *Mya arenaria* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

M. arenaria is in de Zeeuwse delta waargenomen in de diepte range van 0 tot 40.4 meter, maar met een gemiddelde vindplaats van 3.3 ± 4.5 m heeft de soort een duidelijke voorkeur voor de ondiepe wateren inclusief de intergetijde platen. Strasser (1999) geeft eveneens aan dat de soort het meest abundant is in intergetijde gebieden en het ondiepe subtidaal. Mogelijk dat dus het vrijwel ontbreken van getijde, maar het grote aanbod aan ondiepe wateren het succes van *M. arenaria* in het Veerse Meer kan verklaren. Te meer daar *M. arenaria* zeer tolerant blijkt te zijn ten opzichte van zuurstof gebrek en de aanwezigheid van H_2S (Strasser, 1999; Wheaton et al., 2008). Dit zijn omstandigheden die niet ongebruikelijk zijn en met name zijn geweest sinds het einde van de jaren 80 in het Veerse Meer (Wijnhoven et al., 2009). *M. arenaria* blijkt in vrijwel alle sediment typen voor te komen (zie ook Strasser, 1999), met uitzondering van zeer grof zand, stenen en middel grof zand met of zonder schelpen. Dit zijn overigens wel juist substraat typen die vrij weinig bemonstert zijn, dus het is niet uit te sluiten dat ook daar *M. arenaria* kan worden aangetroffen. Echter, St-Onge & Miron (2007) geven aan dat de schelpen van met name juveniele *M. arenaria* snel eroderen op zand bij bepaalde stromingscondities (29 tot 35 cm/s), en dat dit al aanvangt bij 16 cm/s. Hiermee kan worden gesteld

dat *M. arenaria* zal ontbreken in dynamische milieus. In verhouding komt de soort het meeste voor in slibbig fijn zand en fijn zand, maar de soort is ook algemeen in klei, zandig slib en slib. Vaak wordt *M. arenaria* aangetroffen op substraat met schelpen, maar dan gaat het waarschijnlijk in veel gevallen om lege schelpen van de eigen soort.

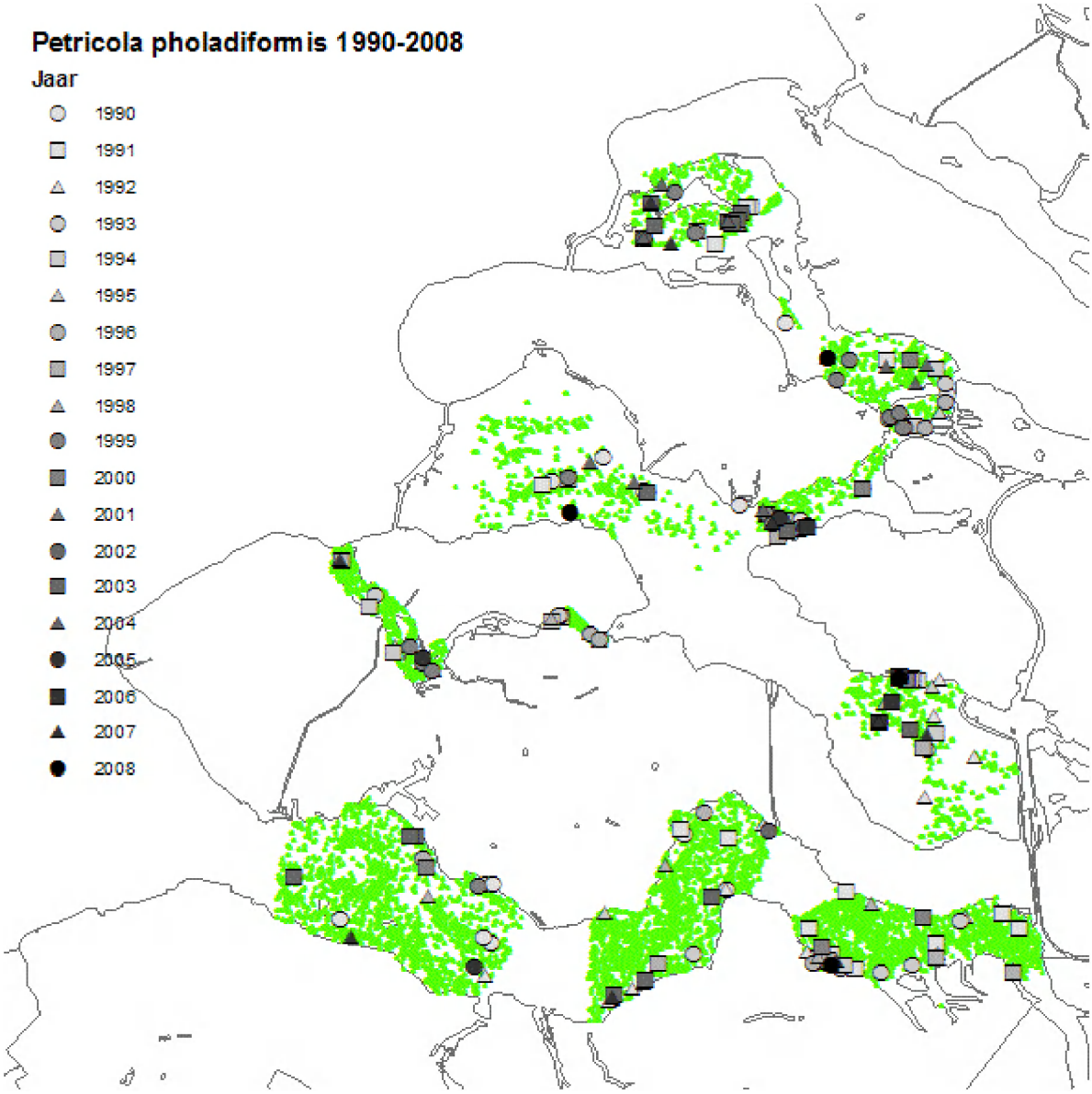
Het succes van *M. arenaria* wordt door Strasser (1999) toegeschreven aan een hoge fecunditeit, levens stadia die zich makkelijk via het plankton en via onbedoeld transport door de mens laten verspreiden, een breed spectrum aan voedsel en habitat tolerantie, en een grote tolerantie ten opzichte van saliniteit en temperatuur, in combinatie met een lange levensduur en zijn relatief grote afmetingen. *M. arenaria* wordt in de gehele Zeeuwse delta aangetroffen wat in overeenstemming is met de range van saliniteit gemiddelden van 4 tot >35 gegeven door Strasser (1999) en Paavola et al. (2005). Hierbij is het opvallend dat *M. arenaria* in het gebied van herkomst niet bij een saliniteit onder de 5 wordt gevonden (Paavola et al., 2005; Wheaton et al., 2008).

M. arenaria wordt door Borja et al. (2000) gekarakteriseerd als een soort die indifferent is voor verrijking van het systeem. *M. arenaria* overleefd bij temperaturen variërend van 2 tot 28 ℃ (Wheaton et al., 2008). *M. arenaria* is duidelijk een invasieve soort met een behoorlijke impact op het systeem. Echter doordat de soort al zeer lang in de Nederlandse wateren aanwezig is zijn geen grote veranderingen in de verspreiding en populatie grootte te verwachten, tenzij de condities in bepaalde wateren drastisch veranderen. *M. arenaria* zou bijvoorbeeld kunnen profiteren van de nieuwe situatie in het Westelijke deel van de Haringvliet na instelling van de Kier eind 2010 (Wijnhoven et al., 2010).

3.3.4. *Petricola pholadiformis*

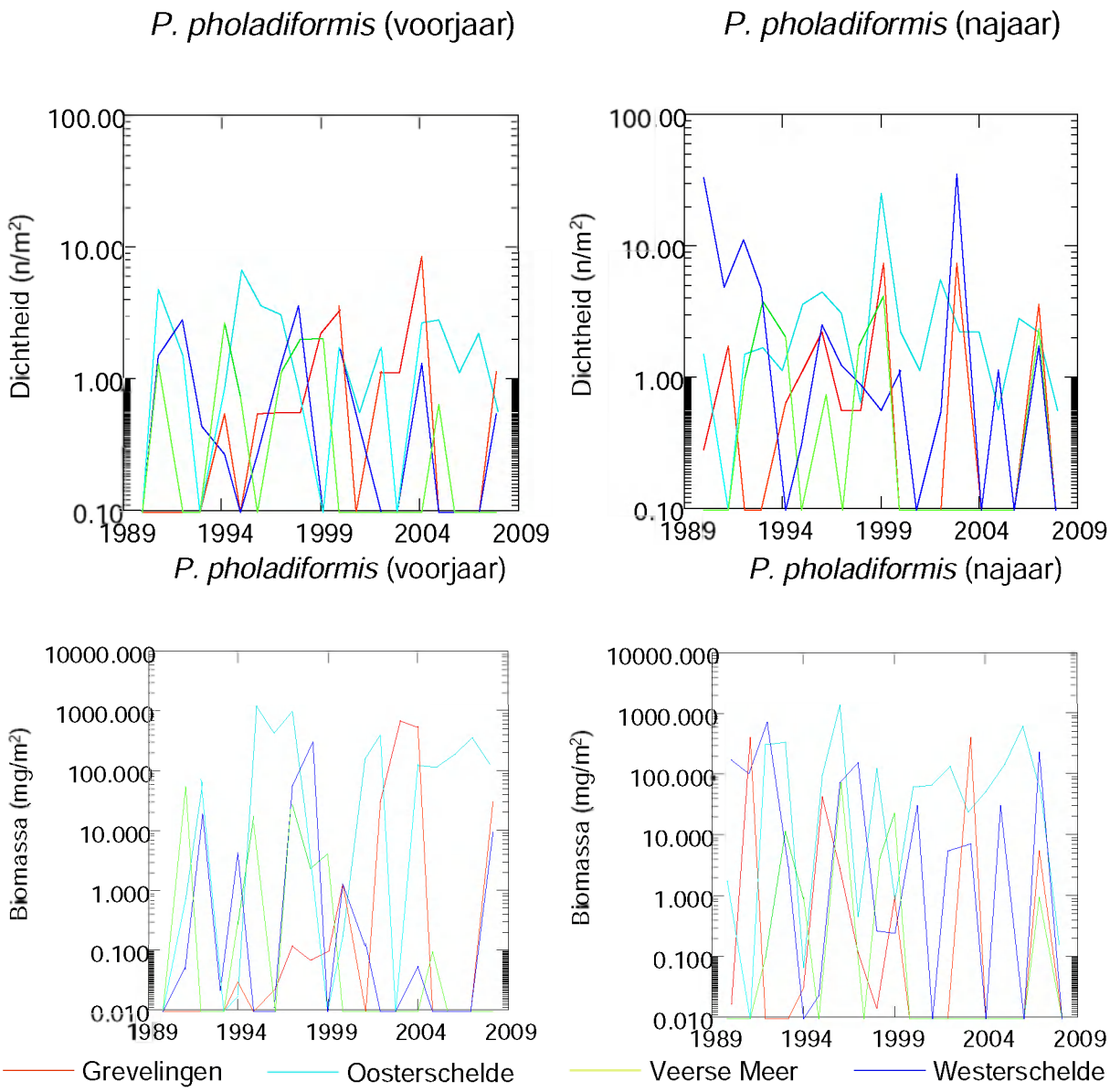
Petricola pholadiformis (de Amerikaanse boormossel) is een exoot afkomstig van de Noord Amerikaanse Atlantische kust, die zeer waarschijnlijk met oesters in Europa is geïntroduceerd. De soort was rond 1890 al aanwezig in de rivier de Crouch in Engeland (Streftaris et al., 2005; Wolff, 2005). In 1899 werd de soort voor het eerst aangetroffen aan de Nederlands/Belgische kust, en in 1905 en 1906 volgen andere waarnemingen aan de Nederlandse kust bij Noordwijk. De soort wordt tegenwoordig als algemeen beschouwd langs de gehele Nederlandse kust (Wolff, 2005). *P. pholadiformis* wordt in de jaren 60 op verscheidene locaties in het Veerse Meer en Oosterschelde aangetroffen, waarbij opvallend is dat de locaties in de Oosterschelde allen in het Westelijke en het Noordelijke deel liggen (Bijlage XV).

In de Grevelingen wordt de Amerikaanse boormossel ook een aantal keer gevonden, maar slechts in een klein percentage van het totale aantal genomen monsters. Verder zijn er een aantal waarnemingen van de Voordelta van de Oosterschelde. Het is opvallend dat de soort bijvoorbeeld niet in het Haringvliet is aangetroffen in die tijd. De Westerschelde is in de jaren 60 nauwelijks bemonsterd. In de jaren 70 zijn in zijn geheel geen waarnemingen van de Amerikaanse boormossel te vinden in de NIOO-CEME database, wat er op kan wijzen dat de dichtheden in de Zeeuwse delta niet erg hoog zijn geweest, maar het kan ook te maken hebben met de specifieke habitat voorkeur van de soort. In de jaren 80 wordt *P. pholadiformis* juist geregeld in de Voordelta aangetroffen, en dan met name voor de mondingen van Westerschelde, Oosterschelde en Grevelingen. In beiden, de Oosterschelde en de Westerschelde, wordt de soort echter slechts op één locatie aangetroffen. In de Grevelingen is de soort in de jaren 80 wel algemener. In de jaren 90 en na 2000 wordt *P. pholadiformis* regelmatig in een monster aangetroffen verspreid over de gehele Zeeuwse delta (Figuur 40). Uit Bijlage XV blijkt dat dit ook geldt voor de gehele Voordelta. De soort is dus algemeen maar bereikt over het algemeen geen hele hoge dichtheden op zacht substraat. De gemiddelde dichtheden over de afgelopen 19 jaar variëren van 0.55 individuen per vierkante meter in het Veerse Meer in het voorjaar tot 5.1 individuen per m^2 in de Westerschelde in het najaar, met de Grevelingen (iets meer dan 1 m^{-2}) en Oosterschelde (rond de 2.5 m^{-2}). Opvallend is dat de hogere aantallen in de Westerschelde in het najaar niet worden gevonden in het voorjaar, en dat die ook niet worden vertaald in hogere dichtheden. Het lijkt er op dat in de Westerschelde voornamelijk kleine/juveniele exemplaren aanwezig zijn. De gemiddelde biomassa varieert zodoende van 5.5 mg/m^2 in het Veerse Meer tot tegen de 200 mg/m^2 in de Oosterschelde, met de Grevelingen en de Westerschelde daar tussen in (20-80 mg/m^2). Afgezien van seizoengebonden en jaarlijkse fluctuaties zijn de *P. pholadiformis* populaties in de Zeeuwse delta gedurende de afgelopen 19 jaar stabiel (Figuur 41).



Figuur 40.
Petricola pholadiformis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De saliniteitsrange van *P. pholadiformis* in het Baltisch gebied ligt tussen de 10 en de 30 (Paavola et al., 2005). In de Zeeuwse delta worden die grenzen duidelijk opgerekt zowel naar boven als naar beneden. *P. pholadiformis* is waargenomen op dieptes variërend van 0 tot 56.4 meter, maar heeft met een gemiddelde diepte van 8.6 ± 8.9 m een voorkeur voor de middel diepe en de diepere delen. De Amerikaanse boormossel heeft een sterke voorkeur voor veenrijk substraat. De sedimenttypes veen en klei met veen omvatten naar verhouding meer dan 40 % van de populaties in de Zeeuwse delta. Verder wordt de soort ook vaker op een substraat van stenen aangetroffen (15.4 %) of in kleirijke substraattypes als klei en klei met schelpen (17.5 %). De waarnemingen in deze studie zijn uitsluitend op zacht substraat. Hierdoor zijn de gegeven dichtheden en biomassa's onderschattingen van de totale populaties omdat naast veen met name hout een belangrijk substraat is, waar de schelpen zich doorheen boren.



Figuur 41.
Ontwikkelingen in *Petricola pholadiformis* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

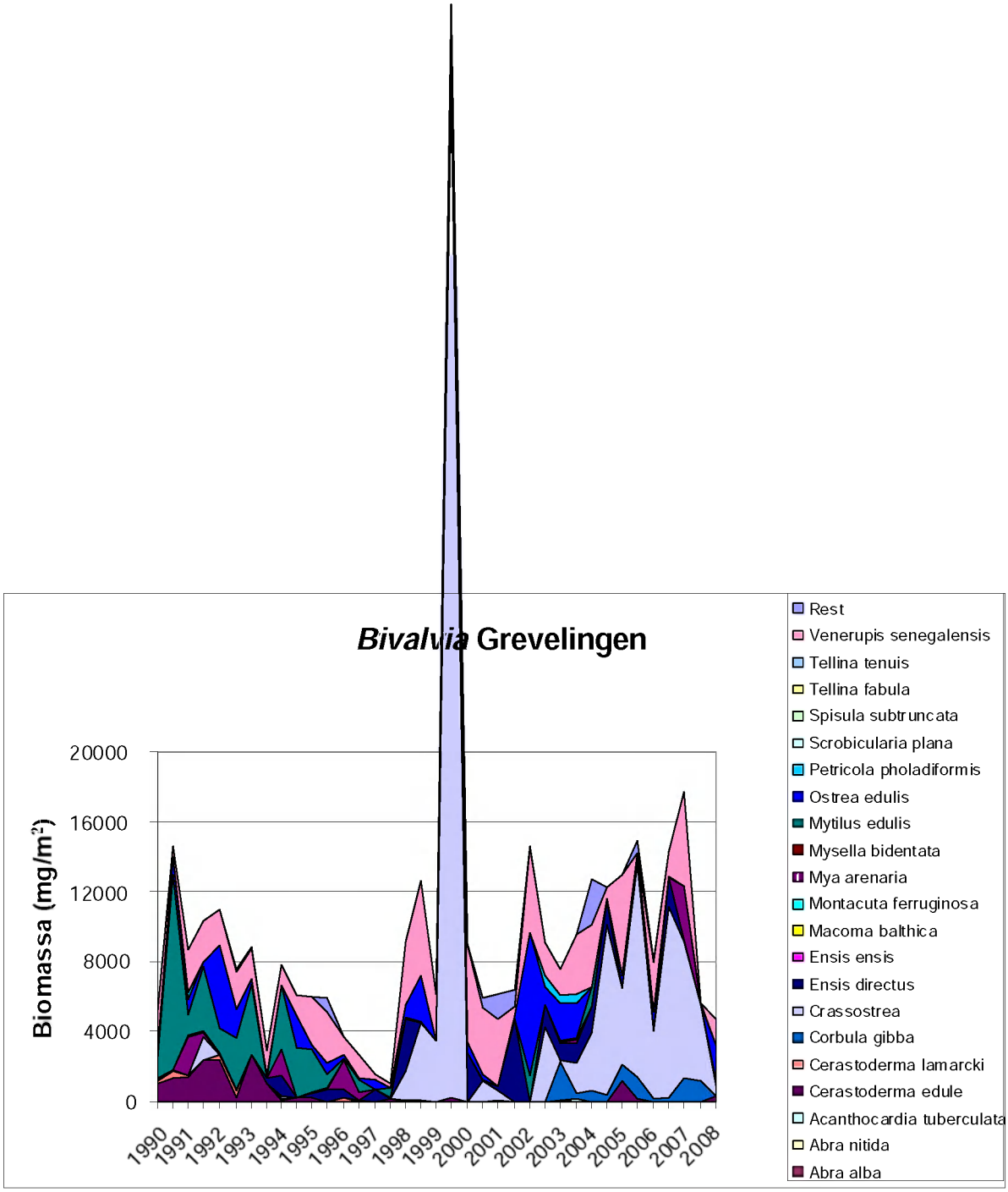
P. pholadiformis is een soort die al geruime tijd in Nederland aanwezig is, en zich over heel brak en zout Nederland heeft verspreid. Grote verschuivingen in populatie groottes worden voor deze soort niet verwacht. Lokaal kan de soort schade toebrengen aan houten constructies in het water.

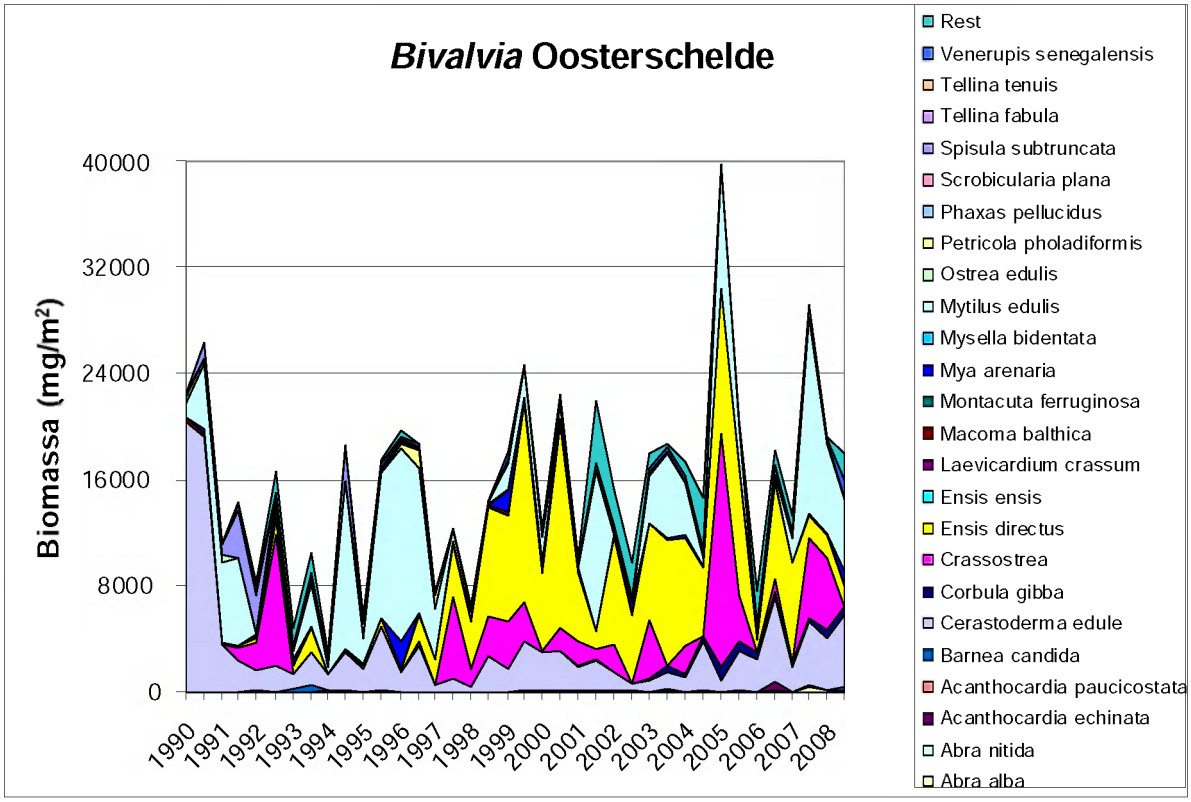
Totaal Bivalvia:

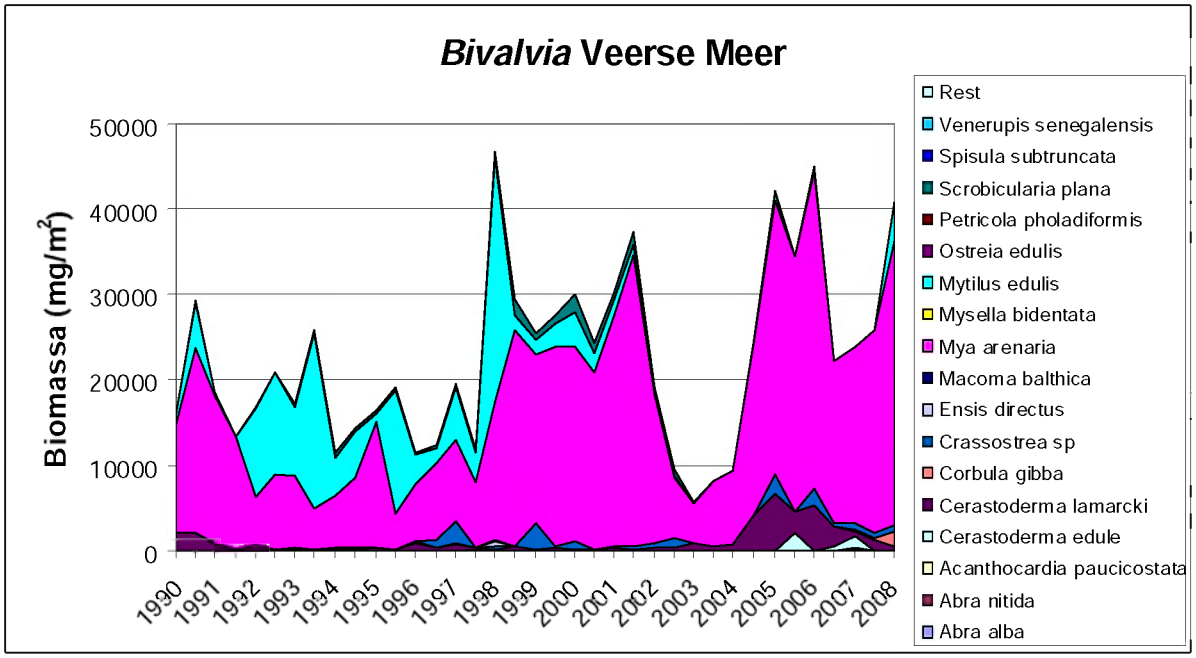
Er zijn 4 exoten onder de tweekleppigen van het zachte substraat van de Zeeuwse Delta. Alle 4 de soorten hebben een brede verspreiding, komen voor in alle 4 de grote wateren, en kunnen een behoorlijk aandeel in de tweekleppigen biomassa vertegenwoordigen.

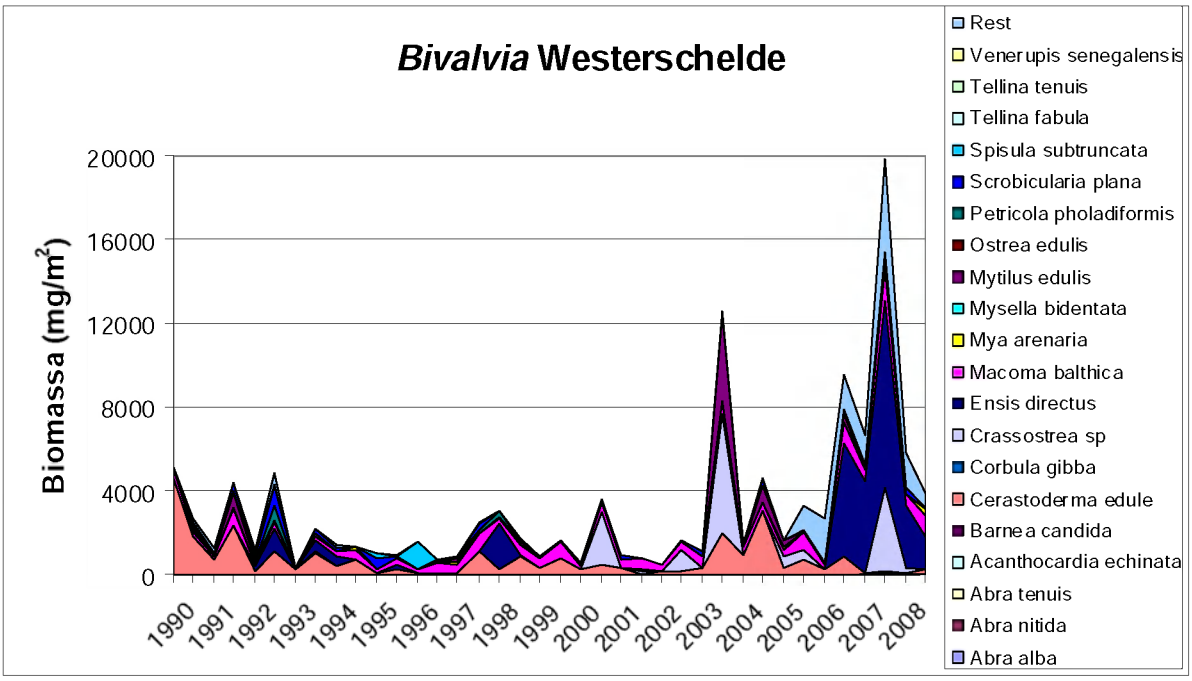
In de Grevelingen in er spraken van een terugloop van de totale biomassa aan bivalven tot het jaar 1998, waarna de gemiddelde biomassa aan tweekleppigen duidelijk tot een hoger niveau reikt, maar de periode tot 2008 wel wordt gekenmerkt door flinke pieken en dalen (Figuur 42). Gedurende de jaren 1990-1998 zijn vooral *Mytilus edulis* (eetbare mossel) en *Venerupis senegalensis* (tapijtschelp) dominant, met tijdelijke ook de aanwezigheid van flinke bestanden aan *Cerastoderma edule* (gewone kokkel; met name tot 1994) en *Ostrea edulis* (platte oester; goede jaren en slechtere jaren wisselen

elkaar af) (Bijlage XLIII). De exoot die in die jaren zo nu en dan een groter aandeel in de biomassa bereikt, is *Mya arenaria*, maar dit is steeds gedurende korte periodes. Het lijkt er dus niet op dat deze soort specifiek na 1990 nog een grote impact heeft op het systeem. Mogelijk heeft de soort al eerder voor een verandering in het systeem gezorgd, gezien de lange geschiedenis van de soort in onder andere de Grevelingen. Vanaf 1993 gaat *Ensis directus* een belangrijkere rol spelen in het systeem, waarbij het opvallend is dat dit samenvalt met de achteruitgang van *C. edule*. De soort laat daarna pieken en dalen zien maar neemt niet het gehele systeem over. Die rol lijkt weggelegd voor *Crassostrea sp.*. De Japanse oester is ineens massaal in de totale biomassa aanwezig (wat tevens in de hand wordt gewerkt door de grootte die de schelp kan bereiken.




Bivalvia Oosterschelde
Biomassa (mg/m²)
40000
32000
24000
16000
8000
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Venerupis senegalensis
Tellina tenuis
Tellina fabula
Spisula subtruncata
Scrobicularia plana
Phaxas pellucidus
Petricola pholadiformis
Ostrea edulis
Mytilus edulis
Mysella bidentata
Mya arenaria
Montacuta ferruginosa
Macoma balthica
Laevicardium crassum
Ensis ensis
Ensis directus
Crassostrea
Corbula gibba
Cerastoderma edule
Barnea candida
Acanthocardia paucicostata
Acanthocardia echinata
Abra nitida
Abra alba


Bivalvia Veerse Meer
Biomassa (mg/m²)
50000
40000
30000
20000
10000
0
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Venerupis senegalensis
Spisula subtruncata
Scrobicularia plana
Petricola pholadiformis
Ostreia edulis
Mytilus edulis
Mysella bidentata
Mya arenaria
Macoma balthica
Ensis directus
Crassostrea sp
Corbula gibba
Cerastoderma lamarcki
Cerastoderma edule
Acanthocardia paucicostata
Abra nitida
Abra alba



Figuur 42.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van inheemse tweekleppigen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).

In het begin van deze eeuw is het aandeel van de soort weer eventjes minder, maar vanaf 2004 domineert de soort het systeem. Vanaf 1998 is het met name *M. edulis* die vrijwel geheel verdwijnt. Een dergelijk effect op *O. edulis*, zoals misschien valt te verwachten omdat dit de meest aan *Crassostrea sp.* gerelateerde soort is, blijft nog uit, en de soort weet, samen met onder andere de 4de exoot *Petricola pholadiformis*, te profiteren van de tijdelijke terugval van *Crassostrea sp.*. Deze laatste exoot bereikt echter geen al te hoge biomassa en verdwijnt weer uit beeld in 2004, het jaar waarin *O. edulis* mogelijk ook voor langere tijd naar de achtergrond verdwijnt. Opvallend is dat vanaf 2003 een inheemse soort (*Corbula gibba*, de Korfschelp) juist opkomt, en goed gedijt onder de dominantie van *Crassostrea sp.* (Bijlage XLIII). Toch is de biomassa aan Japanse oesters, en daarmee de totale tweekleppigen biomassa weer flink gereduceerd in het najaar van 2008. Het voorkomen van de Japanse oester is waarschijnlijk sterk gerelateerd aan de wintertemperaturen, en mogelijk dat de platte oester periodiek kan opleven wanneer het *Crassostrea* minder vergaat. Mocht het *Crassostrea* een langere periode minder gaan, dan kan mogelijk *E. directus* nog profiteren. Zoals reeds opgemerkt, laten over de afgelopen 19 jaar vooral *M. edulis* en *C. edule* een sterke achteruitgang zien, maar dit geldt ook voor *C. lamarcki* (de Brakwater kokkel), *Mysella bidentata* (het Tweetand mosseltje) en *Spisula subtruncata* (Halfgeknotte strandschelp). Naast *C. gibba* is de totale biomassa aan *Abra nitida* (Glanzende dunschaal) juist toegenomen. Toch is er al met al geen direct aan de opkomst van exoten gerelateerde achteruitgang waargenomen (Bijlage XLV), maar dit lijkt meer te maken te hebben met een vertraagd effect van de toename van exoten en hun negatieve impact op inheemse soorten.

In de Oosterschelde blijkt bij aanvang van de BIOMON monitoring, *C. edule* de dominante tweekleppige in biomassa op het zachte substraat te zijn (Figuur 42). In 1991 blijkt die biomassa sterk gereduceerd te zijn, waarna deze min of meer stabiel blijft, en de soort dus belangrijk blijft in het systeem (wellicht is 1990 voor de gewone kokkel een uitschieter). Ook aanwezig met een behoorlijke biomassa is *M. edulis*; echter gaandeweg de onderzoekperiode blijkt die aanwezige biomassa behoorlijk te schommelen. Begin jaren 90 is er een piek in *Crassostrea sp.* zichtbaar, waarbij de populaties van de eetbare mossel direct lijken te zijn gedecimeerd. *Crassostrea* verdwijnt weer naar de achtergrond, en *M. edulis* komt weer sterk op in biomassa. Vanaf 1997 neemt de *M. edulis* biomassa weer sterk af, wat gepaard gaat met een nieuwe opkomst van *Crassostrea*, die vanaf dan permanent een groter aandeel in de biomassa behoud. Dit heeft echter geen blijvend effect op *M. edulis*, die in de loop van deze eeuw toch ook weer jaren met flinke pieken in biomassa vertoont. Zo rond 1996, begint ook *Ensis directus* een belangrijke rol te spelen in de Oosterschelde. De exoot blijkt ten minste tot 2005 de dominante tweekleppige in de Oosterschelde te zijn, echter recentelijke lijkt ook deze soort weer een achteruitgang te kennen. Waar de biomassa aan *Crassostrea* en *M. edulis* van

jaar tot jaar sterk kan verschillen, afhankelijk van succesvolle broedval en mortaliteit tijdens gunstige dan wel ongunstige jaren, lijkt dit bij *E. directus* veel minder het geval te zijn.

Mogelijk dat voor *E. directus* uiteindelijk het voedselarmer worden van het systeem een effect op de totale biomassa laat zien. *E. directus* lijkt dus bij uitstek een soort die mogelijk in de toekomst kan gaan profiteren van de inlaat van voedselrijk zoet water (Meeuse, 2009; WNF, 2009). Ook *Crassostrea* en *M. edulis* kunnen hiervan profiteren, maar hun abundantie zal toch vooral pieken en dalen laten zien in relatief warmere en koudere jaren. Naast de twee reeds genoemde exoten zijn *Petricola pholadiformis* en *Mya arenaria* in de Oosterschelde aanwezig, maar in de totale biomassa spelen zij nauwelijks een rol. Uiteindelijk maakt ook de groep 'Rest' in een aantal jaren een behoorlijk deel van de biomassa uit. Deze groep bestaat hoofdzakelijk uit broed van *Ensis sp.* (waarvan kan worden gesteld dat dit hoofdzakelijk *E. directus* is), waarmee zichtbaar wordt dat ook *E. directus* gunstige en ongunstige jaren qua broedval kent, maar dat de volwassen schelpen minder aan massale sterfte onderhevig zijn dan bijvoorbeeld *Crassostrea* in ongunstige jaren. Een sterke opkomst van *Ensis sp.* is ook zichtbaar begin jaren 90, net voor de sterke opkomst van *E. directus*. Naast *E. directus*, die een significante toename over de periode 1990-2008 heeft laten zien in de Oosterschelde, nemen ook *C. gibba* (Korfschelp), *Acanthocardia paucicostata* (Tere hartschelp) en *Abra alba* (Witte dunschaal) toe. Daar tegenover staat de significante achteruitgang van *Spisula subtruncata* (Half geknotte strandschelp) en *Tellina tenuis* (Tere dunschaal).

C. gibba blijkt van dezelfde gunstige omstandigheden te profiteren als *Crassostrea sp.*, gezien de significante positieve regressie tussen de biomassa ontwikkelingen van de twee (Bijlage XLV). Met de opkomst van *E. directus*, zijn ook *E. ensis* (Kleine zwaardschede) en *Abra nitida* (Glanzende dunschaal) opgekomen. Het is dus opvallend dat *E. directus* de biomassa aan *E. ensis* niet negatief beïnvloed, in tegendeel. Wel een significante achteruitgang vertonend met de toename van *E. directus*, zijn *Montacuta ferruginosa* (Ovale zeeklitschelp), *S. subtruncata* en *T. tenuis*. Mogelijk dat hier de opkomst van een exoot voor de achteruitgang van inheemse soorten heeft gezorgd.

In het Veerse Meer wordt het complete systeem al geruime tijd door een exoot gedomineerd. Dus ook met de aanvang van de BIOMON monitoring is *Mya arenaria* veruit de meeste abundante tweekleppige. Echter, gedurende de jaren 90, is ook de eetbare mossel (*M. edulis*) zeer algemeen. Deze verdwijnt echter geleidelijk met de achteruitgang van de waterkwaliteit aan het begin van deze eeuw (Wijnhoven et al., 2009), waar *M. arenaria* en *Scrobicularia plana* (Platte slijkgaper) dan tijdelijk van profiteren. Op het dieptepunt van de toestand in het Veerse Meer, 2002-2004, bij de frequent voorkomende anoxische condities en algenbloei, vertoont zelfs *M. arenaria* een flinke dip in de biomassa, en is *S. plana* verdwenen. Na de opening van de 'Katse Heule', de verhoging van het zoutgehalte en de verbetering van de waterkwaliteit, is het wederom *M. arenaria* die daar het meeste van profiteert. Ook soorten als *Cerastoderma lamarcki* en *C. edule* weten vrij snel van de nieuwe situatie te profiteren, en *M. edulis* en *C. gibba* lijken in 2008 weer toe te nemen. *Crassostrea sp.* wordt vanaf 1996 in het Veerse Meer in substantiële biomassa aangetroffen, maar van een toename is vooralsnog geen spraken. Dus de exoot *M. arenaria* domineert duidelijk het systeem, en zal zeker de diversiteit en biomassa aan andere tweekleppigen onderdrukken. Vanaf 1990, kan echter niet worden gesteld dat *M. arenaria* een achteruitgang van andere tweekleppigen bewerkstelligd. Die is duidelijk toe te schrijven aan een achteruitgang van de waterkwaliteit, of een verandering van de saliniteit. Mogelijk dat de aanwezigheid van *M. arenaria* wel de terugkeer en/of opkomst van anderen tweekleppigen na de herstel ingreep vertraagt. Dit geld mogelijk ook voor de opkomst van de exoot *Crassostrea sp.* Het is echter niet uit te sluiten dat *Crassostrea sp.* in de toekomst nog een opmars in het Veerse Meer zal laten zien.

Over de gehele periode 1990-2008, laat alleen *M. edulis* een significante afname zien (Bijlage XLIV). Een flink aantal andere tweekleppigen laat een significante toename zien, zoals *A. alba*, *A. nitida*, *C. edule*, *C. lamarcki*, *C. gibba* en uiteraard *M. arenaria*. Dit zorgt voor een algemene significante toename van de tweekleppigen in het Veerse Meer (Bijlage XLIV), overigens ten kosten van de wormen (Wijnhoven et al., 2009). Door de algehele verbetering van de omstandigheden voor tweekleppigen, wordt er geen negatieve regressie tussen de ontwikkeling van exoten en inheemse soorten waargenomen (Bijlage XLV). De ontwikkeling van *C. lamarcki* vertoont een significante positieve regressie met de ontwikkeling van *M. arenaria*, en verder lopen de ontwikkelingen van *Crassostrea sp.* en *C. lamarcki* en *O. edulis* parallel, en de ontwikkelingen van *E. directus* en *E. ensis* en *M. edulis*. Opvallend aspect is dat de ontwikkelingen van de twee oestersoorten en de twee zwaardschede soorten (steeds een exoot en een inheemse soort), parallel lopen, en ze dus van dezelfde omstandigheden profiteren. Of daarmee de toename van de exoot de toename de inheemse soort af remt is onduidelijk.

De biomassa aan tweekleppigen blijft op het zachte substraat in de Westerschelde duidelijk achter bij de 3 andere Zeeuwse grote wateren (Figuur 42). Echter de laatste jaren lijkt daar verandering in te komen, en er is dan ook een significante stijging in de bivalven biomassa in de Westerschelde te zien (Bijlage X). De meeste algemene tweekleppige was lange tijd de gewone kokkel (*C. edule*). De dominantie van de soort is echter geleidelijk minder geworden door de toename van andere bivalven, en uiteindelijk ook door de achteruitgang van *C. edule* zelf. Steeds belangrijker in het systeem werd een soort als Macoma balthica (het Nonnetje). Maar vanuit exoten oogpunt is met name de opkomst van *E. directus* belangrijk. In eerste instantie verloopt dit nog met pieken (als in de Oosterschelde voorafgegaan door massale afzet van broed zichtbaar in de groep 'Rest' als *Ensis sp.*). Maar vanaf 2006, en dus rekening houdende met *Ensis sp.* al vanaf 2005, domineert *E. directus* de complete bivalven fauna van de Westerschelde, maar leidt dit ook tot de flinke toename in de totale bivalven biomassa. *Crassostrea sp.* kent ook in de Westerschelde weer jaren waarin de soort zeer abundant is, zoals 2000, 2002, 2003 en 2007, en die worden weer afgewisseld met daljaren. *M. arenaria* en *P. pholadiformis* spelen in het geheel van de Westerschelde een beperkte rol. Andere soorten als *S. plana*, *O. edulis* en *S. subtruncata* laten periodiek pieken in biomassa zien, maar lijken met de massale toename van *E. directus* naar de achtergrond verdreven. Bijlage X laat zien dat naast *E. directus*, ook weer *E. ensis* toe neemt in de Westerschelde zoals reeds gezien in de Oosterschelde en het Veerse Meer. Alleen *T. tenuis* neemt over de periode 1990-2008 significant af. De ontwikkelingen met betrekking tot de tweekleppigen in de Westerschelde blijken voor een groot aantal soorten parallel te lopen gezien de significante positieve regressies tussen de ontwikkelen van *Crassostrea sp.* en *A. alba*, *Barnea candida* (witte boormossel), *E. directus*, *M. balthica* en *M. edulis*, en tussen *E. directus* en *A. alba*, *B. candida*, *M. balthica* en *O. edulis*. Ook de ontwikkelingen van *P. pholadiformis* en *A. tenuis*, *Mysella bidentata* (Tweetandmosseltje), *S. plana* en *T. tenuis* lopen parallel; soorten die met name halfweg de jaren 90 het meest abundant waren.

3.4. Maxillopoda

Cirripedia *(infra-klasse)*

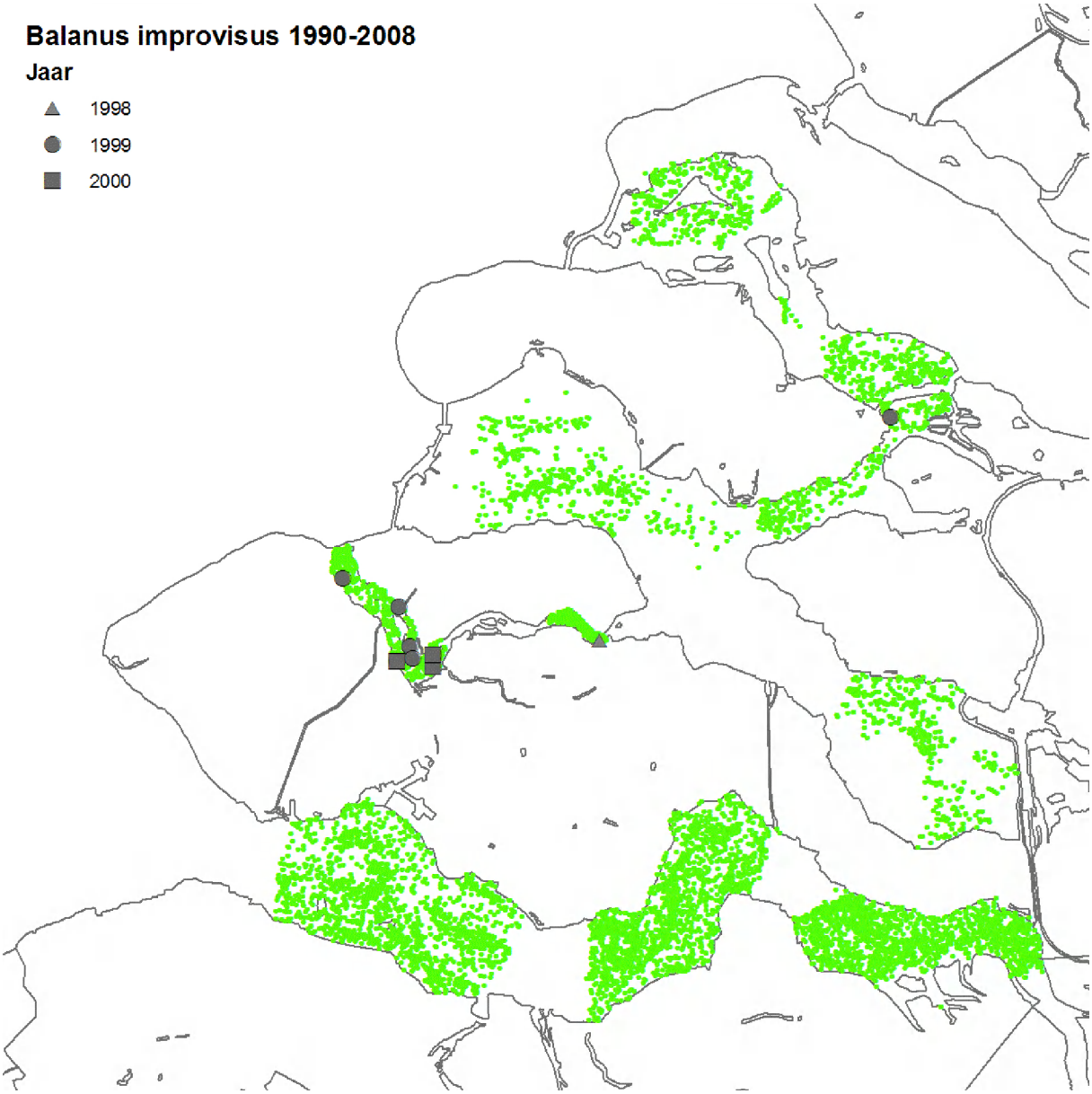
3.4.1. *Balanus improvisus*

De herkomst, en of *Balanus improvisus* een exoot is, staat ter discussie. De brakwaterpok, een Crustacea, is voor Nederland bekend vanuit de 19de en begin 20ste eeuw voor zowel zoute als brakke en bijna zoete wateren (Wolff, 2005). Streftaris (2005) meldt de soort als geïntroduceerd in de Noordzee zone omstreeks 1850. De soort zou oorspronkelijk afkomstig zijn uit de Westelijke Atlantische Oceaan en via de scheepvaart in de Noordzee regio zijn geïntroduceerd. In ieder geval is de soort tegenwoordig een algemene soort in Nederland (Wolff, 2005). Daar *B. improvisus* een typische soort is van het harde substraat, zijn de (zacht substraat) monitor gegevens van het NIOO-CEME niet erg geschikt om de verspreiding van deze soort in kaart te brengen.

Het is opvallend dat *B. improvisus* voornamelijk in de BIOMON monsters van het Veerse Meer is aangetroffen, en slechts in de jaren 1998-2000. Het lijkt er op dat alleen in die drie jaren, er naar pokken is gekeken (zie tevens 3.4.2. *Elminius modestus*). Het substraat waarop de soort werd aangetroffen varieerde van slib tot middelfijn zand met of zonder schelpen. Uit de literatuur is bekend, dat de soort alle substraten kan bezetten, als ze maar enigszins hard zijn, zoals rotsen, stenen, bootwanden, algen, tweekleppigen, krabben en uiteraard allerlei artificiële structuren (Frammandearter, 2009; Gollasch, 2009). De historische vindplaatsen van voor 1990 laten zien dat de soort met name in brakke wateren is gevonden (naast het Veerse Meer ook de Grevelingen in de periode dat de saliniteit lager lag, en de monding van het Haringvliet) en dan wellicht vooral op grotere bivalven zoals oesters. Gollasch (2009) meldt de soort als voorkomend in brakke wateren, estuaria en ondiepe mariene wateren. De soort is zeer tolerant ten opzichte van de saliniteit, met een range van voorkomen van 1.6 tot 40. Ook is de soort zeer resistent tegen temperatuurswisselingen (Paavola et al., 2005; Frammandearter, 2009). Ook de tolerantie van de soort ten opzichte van anoxia (0.5 mg O_2/l) is, zeker voor Crustaceaen, groot. Experimenten van Sagasti et al. (2001) lieten een gemiddelde overleving van 6.41 dagen zien. *B. improvisus* wordt aangetroffen rond de gemiddelde waterlijn in getijdenwateren, en tot op een diepte van 6 meter in wateren met of zonder tij. *B. improvisus* is (daar

het een soort van het harde substraat is) niet altijd even consequent meegeteld in de monsters waardoor voor het 'zachte substraat' het voorkomen van de soort wordt onderschat voor de periode na 1990.

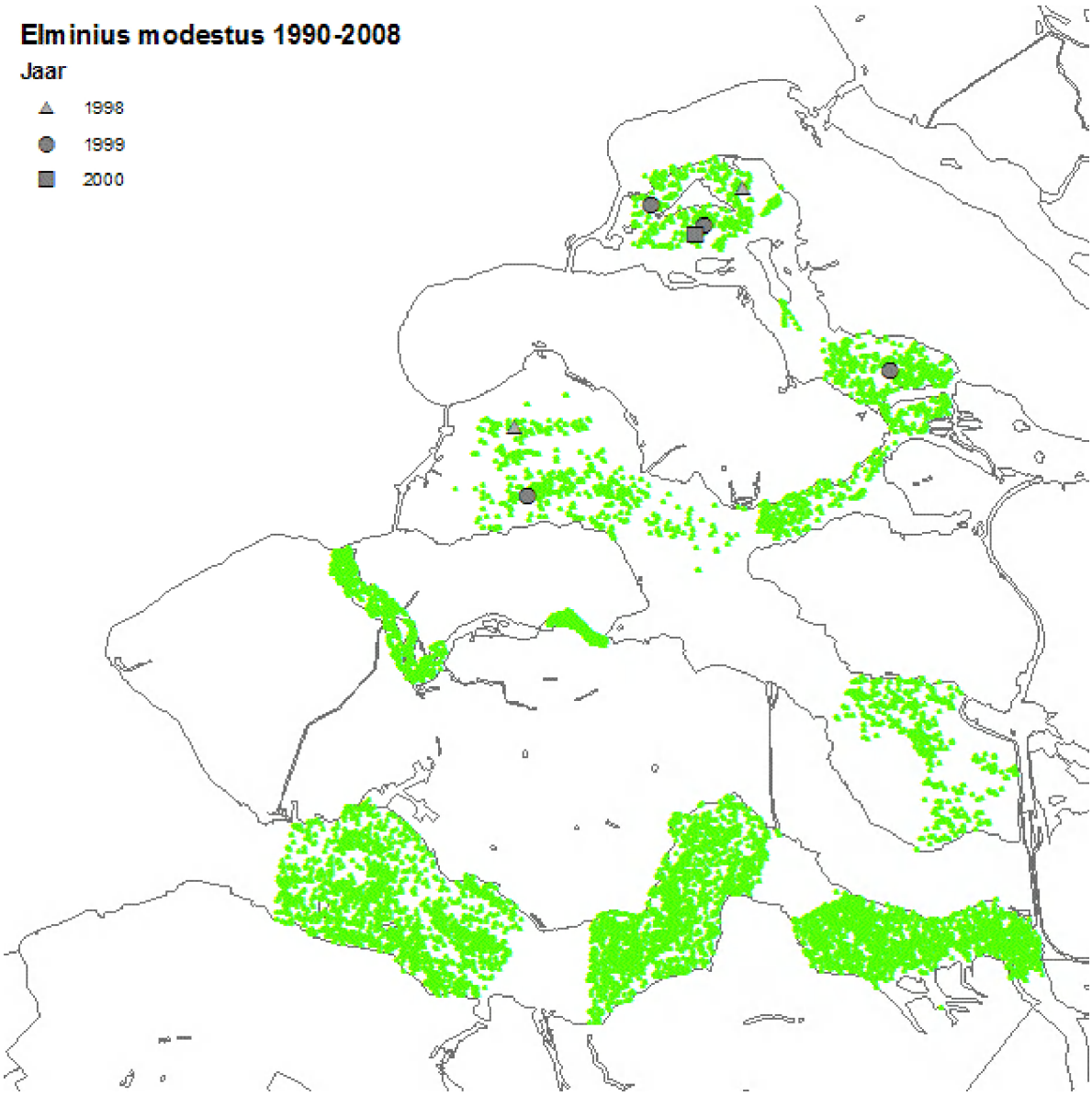
Ondanks dat *B. improvisus* aanzienlijke percentages van bepaalde harde substraten kan bedekken, had het verwijderen van de pokken in een experiment in het Westelijke deel van de Baltische zee, geen significant effect op het aantal andere dieren dat zich weet te vestigen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een soort als *Mytilus edulis* (de mossel) (Dürr & Wahl, 2004). Dit wordt door de auteurs toegeschreven aan de langzame vestiging en groei van de pokken op vrij substraat. Dat *B. improvisus* toch dominant kan zijn op sommige locaties wordt mogelijk veroorzaakt door het feit dat *B. improvisus* zich makkelijk op allerlei andere organismen vestigt, en die dan geleidelijk verdrukt.



Figuur 43.
Balanus improvisus waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

3.4.2. *Elminius modestus*

Elminius modestus, de Nieuw-Zeelandse zeepok is een exoot die oorspronkelijk uit Nieuw Zeeland en Zuidelijk Australië afkomstig is. De soort moet wellicht sinds 1943 in West Europa aanwezig zijn (Harms, 1999; Streftaris et al., 2005), met als eerste vestigingsplaats Engeland, en is waarschijnlijk via de scheepvaart in Europa terecht gekomen. De soort werd in Nederland voor het eerst gevonden in 1946 bij Wassenaar en Loosduinen. Waarschijnlijk is de zeepok in 1945 bij Hoek van Holland gearriveerd. In 1951 had *E. modestus* al de volledige Nederlandse kust gekoloniseerd. Momenteel is de soort een zeer algemene soort langs de Nederlandse kust (Wolff, 2005). Daar *E. modestus* een typische soort is van het harde substraat, zijn de (zacht substraat) monitor gegevens van het NIOO-CEME niet erg geschikt om de verspreiding van deze soort in kaart te brengen.



Figuur 44.
Elminius modestus waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Voor de jaren 60, is in de NIOO-CEME database slechts melding gemaakt van de soort voor de Haringvliet Voordelta (Bijlage XVII). In de jaren 70 is er wellicht wel goed naar de soort gekeken bij de monitoring van de Oosterschelde (en een gedeelte van de Krammer die destijds ononderbroken verbonden was met de Oosterschelde). *E. modestus* kwam daar in vrijwel alle genomen monsters

voor. In de jaren 80 is de soort waarschijnlijk ook consequent gedetermineerd, en blijkt *E. modestus* algemeen in de Grevelingen en wordt op verscheidene locaties in de Oosterschelde aangetroffen (overigens ook in de Krammer). Ondanks dat er ook frequent in het Veerse Meer en de Westerschelde is bemonsterd, is de soort daar nooit aangetroffen. De soort liep voor een groot gedeelte van de Westerschelde en in het Veerse Meer waarschijnlijk tegen de ondergrens van zout tolerantie aan.

Evenals voor *Balanus improvisus* (3.4.1.) is *E. modestus* waarschijnlijk alleen in de jaren 1998-2000 genoteerd. En dan is het nog de vraag of dit voor alle monsters van die jaren is gebeurd. Echter daar waar *B. improvisus* voornamelijk in het Veerse Meer werd gevonden (wat er op wijst dat daar wel naar pokken is gekeken), bevinden er zich geen waarnemingen van *E. modestus* uit het Veerse Meer tussen de BIOMON gegevens. Wel is de soort in ieder geval een aantal keer in de Grevelingen gevonden, en 2 maal in de Oosterschelde. De waarnemingen zijn van slibbig fijn zand, fijn zand, slib en van een schelpenbank, zowel van intertidaal en ondiep als tot op 10.6 meter.

De larven van *E. modestus* blijken zich vanaf een constante saliniteit van 16 goed te ontwikkelen, en zo nu en dan zelfs bij een saliniteit van 10 (Harms, 1999). Het afstaan van larven aan de waterkolom stopt bij een saliniteit van 21, maar dit is een stuk lager dan bij bijvoorbeeld *Semibalanus balanoides* (Ondergrens saliniteit van 27). Larven van *E. modestus* weten temperaturen tussen de 4 en de 24 ℃ goed te doorstaan (Harms, 1999). De volledige voortplantingscyclus kan plaats vinden bij temperaturen tussen de 6 en de 20 ℃ (Watson et al. , 2005) De temperatuur tolerantie van adulten is minstens zo groot, dan wel groter dan die van inheemse soorten. Temperaturen onder 0 ℃ kunnen door *E. modestus* worden overleefd (Watson et al., 2005). Lawson et al. (2004) geeft aan dat *E. modestus* in een bassin in Ierland op sommige plaatsen de volledige pokken fauna (*Cthamalus stellatus*, *C. montagui*, *S. balanoides*, *Balanus crenatus* en *Verruca stroemia*) heeft verdreven. Met name in delen met zoetwater invloeden blijkt *E. modestus* volledig dominant, en zeer beschutte delen waar voorheen geen pokken voorkwamen, zijn door *E. modestus* gekoloniseerd (Lawson et al., 2004). Watson et al. (2005) laten zien dat in het zelfde gebied met name in het intertidale de vestiging en overleving van *E. modestus* ten opzichte van de andere pokken groot is. In het subtidale vestigen wel larven van *E. modestus*, maar blijkt de soort na een jaar toch weer te zijn verdwenen, en dus niet te overleven. Het succes van *E. modestus* in de verspreiding over de Europese wateren is zeer waarschijnlijk de grote tolerantie ten opzichte van saliniteit en temperatuur die zowel larven als adulten laten zien ten opzichte van inheemse zeepokken. Dit in combinatie met lange broedseizoenen, hoge fecunditeit en snelle populatie turn-over (Harms, 1999). Met name in beschutte delen is *E. modestus* succesvol (Lawson et al., 2004; Watson et al., 2005). Kerckhof et al. (2007) noemt *E. modestus* als met name succesvol op allerlei types aan artificieel substraat in het intertidaal en ondiepe subtidaal. Voor de Belgische wateren wordt de soort tegenwoordig genoemd als de meest algemene zeepok. Verder wordt de soort gezien als een invasieve soort die concurreert met inheemse soorten, de originele habitat verandert, en de totale biodiversiteit en biomassa reduceert (Kerckhof et al., 2007).

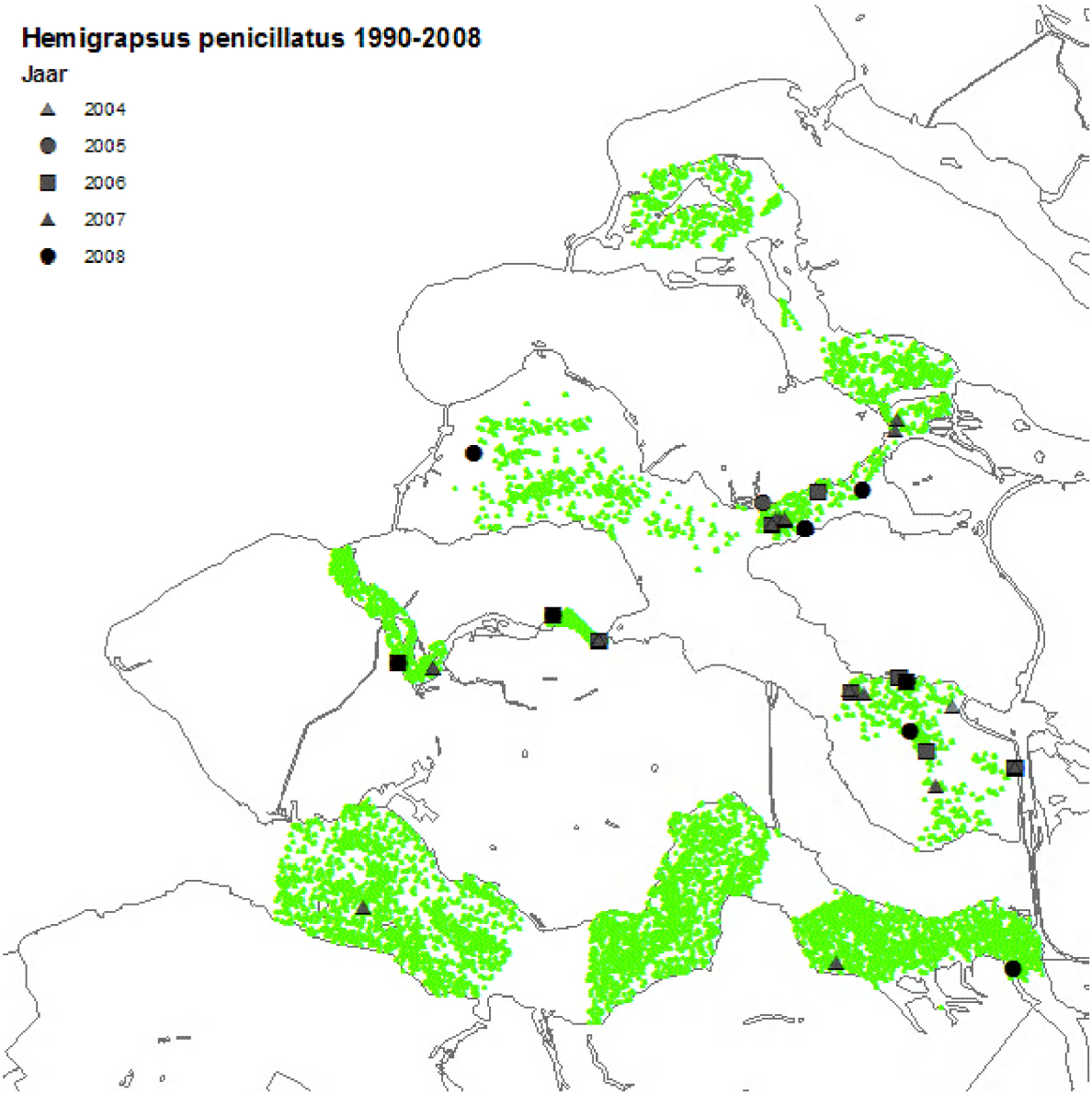
3.5. Malacostraca

Decapoda

3.5.1. *Hemigrapsus penicillatus*

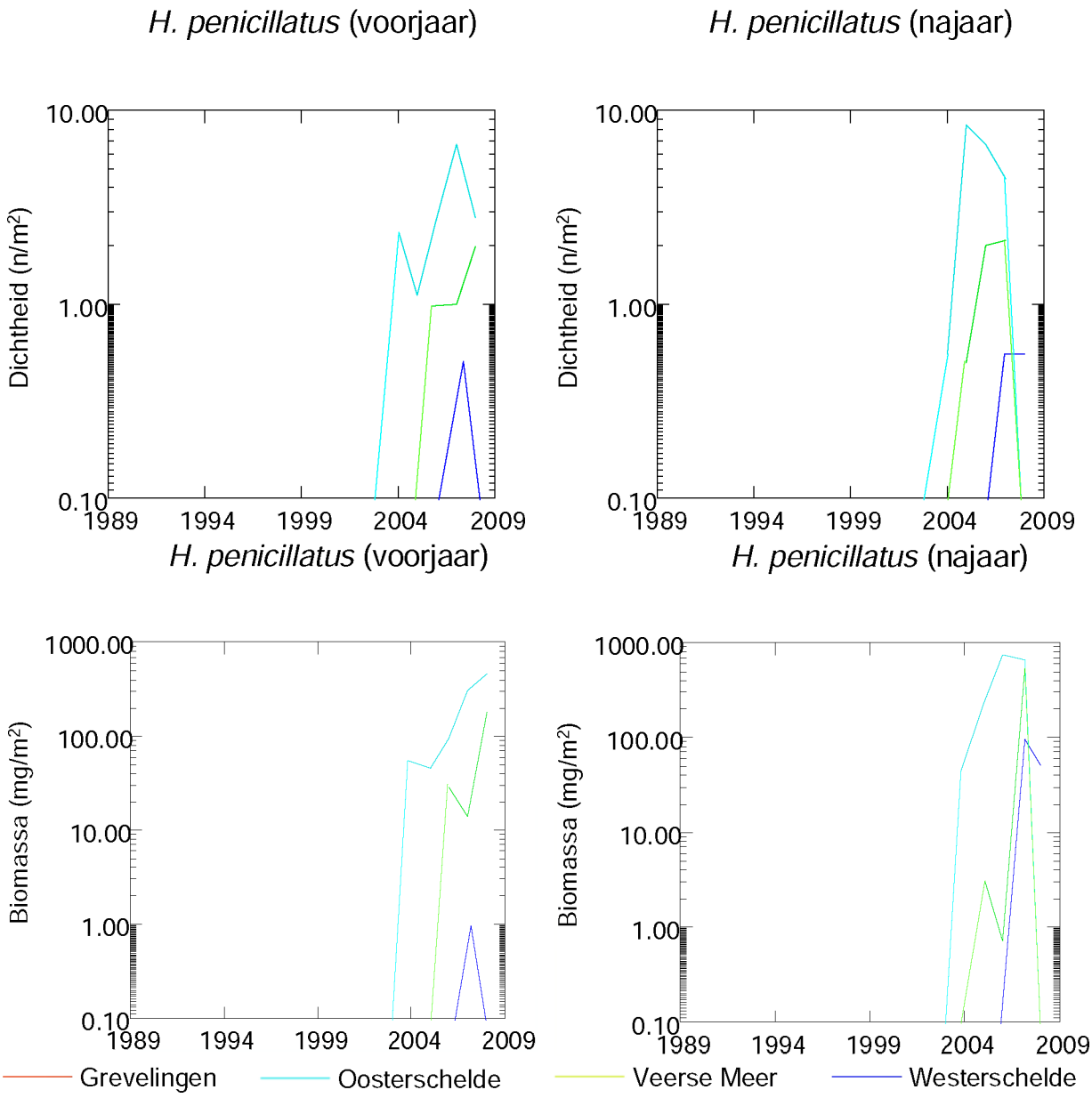
Het penseelkrabje *Hemigrapsus penicillatus* is een exoot uit het Noord-westen van de Pacific, die via ballastwater in Europa is terecht gekomen. In Nederland is de introductie echter zeer waarschijnlijk samen met oester import verlopen (Wolff, 2005). In Duitsland werd de soort voor het eerst in 1993 aangetroffen, en waarschijnlijk was *H. penicillatus* in 1993 ook reeds aanwezig nabij La Rochelle (Frankrijk). Gollasch (1999) noemt als jaar van arriveren in Frankrijk; 1994. Vanuit die locaties verspreidde de soort zich snel over andere delen van Europa. In Nederland werd *H. penicillatus* (18 exemplaren) voor het eerst in 2000 gevonden in de Oosterschelde bij de Sas van Goes. Mogelijk heeft de soort zich dus al in 1999 gevestigd. In 2000 werd de soort al op 4 locaties in de Oosterschelde aangetroffen, in 2001 ging het al om diverse locaties in de Oosterschelde plus twee locaties in de Westerschelde, en daar kwamen er in 2002 nog een aantal bij (Wolff, 2005). *H. penicillatus* is wederom een typische soort die zich op hard substraat en/of in en tussen schelpen op houdt.

Zodoende duikt de soort voor het eerst op in de NIOO-CEME database in 2004. Het gaat om een aantal locaties in zowel het Oostelijke als het Noordelijke deel van de Oosterschelde. In de jaren daarna neemt het aantal locaties waar de soort in de Oosterschelde wordt gevonden toe, en in 2008 is er ook een waarneming in het Westelijke deel. Vanaf 2005 wordt *H. penicillatus* ook steeds in het Veerse Meer aangetroffen; eerst in het Oostelijke deel, en vanaf 2006 ook jaarlijks in het Westelijke deel. Het is zeer aannemelijk dat de opening van de 'Katse Heule' in 2004 de verspreiding van *H. penicillatus* in het Veerse Meer heeft bevorderd, met name door de gestegen saliniteit (Wijnhoven et al., 2009). We weten net als van de Oosterschelde dat de soort reeds een aantal jaar voor de eerste waarnemingen door het NIOO-CEME in de Westerschelde aanwezig is geweest. In de BIOMON monsters wordt het krabje voor het eerst in 2007 in de Westerschelde aangetroffen. Eerst in het Oostelijke deel, en in 2008 ook in het Westelijke deel. Het is duidelijk dat de soort zich in zowel de Oosterschelde, het Veerse Meer, als in de Westerschelde uit breidt, zeker gezien het feit dat *H. penicillatus* met name op hard substraat wordt gevonden. Het is wellicht een kwestie van tijd voordat de soort in ieder jaar en seizoen in de Oosterschelde, Westerschelde en het Veerse Meer wordt gevonden. De nog recentelijke vestiging van de soort en de nog steeds geringe trefkans op zacht substraat in de Zeeuwse wateren leidt er toe dat er slechts een significante toename in de aantallen zichtbaar is voor de biomassa in de Oosterschelde gemeten in het voorjaar (Figuur 46, Bijlage XVIII).



Figuur 45.
Hemigrapsus penicillatus waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

H. penicillatus is op dieptes variërend van 0 tot 23.2 m waargenomen. Hiermee komt de soort in een brede range van ondiepe en diepere wateren voor, maar met een gemiddelde diepte van 5.5 ± 5.4 m voornamelijk in de ondiepere wateren. Dit is in overeenkomst met de omschrijving van Gollasch (1999) van het geprefereerde habitat; onder stenen in de midden-litorale zone. Bij gelijke monstername inspanning op de verschillende sediment types kan worden verwacht dat op zacht substraat, ruim 31.3 % van de *H. penicillatus* populaties zich op schelpenbanken op houdt. Nog eens 25.6 % van de populaties is te vinden op stenen en 19.4 % op klei met schelpen wat wel aan geeft dat de soort duidelijk geassocieerd is met tweekleppigen en/of hard substraat, in overeenstemming met Gollasch (1999). In het gebied waar de soort oorspronkelijk vandaan komt (Oost Azië) bewoond *H. pencillatus* een range van habitats van slibbige sedimenten tot rots kusten. Het succes van de exoot wordt toegeschreven aan zijn tolerantie van temperaturen tot aan het vriespunt, en relatief lage saliniteit in combinatie met hoge reproductie (Gollasch, 1999).



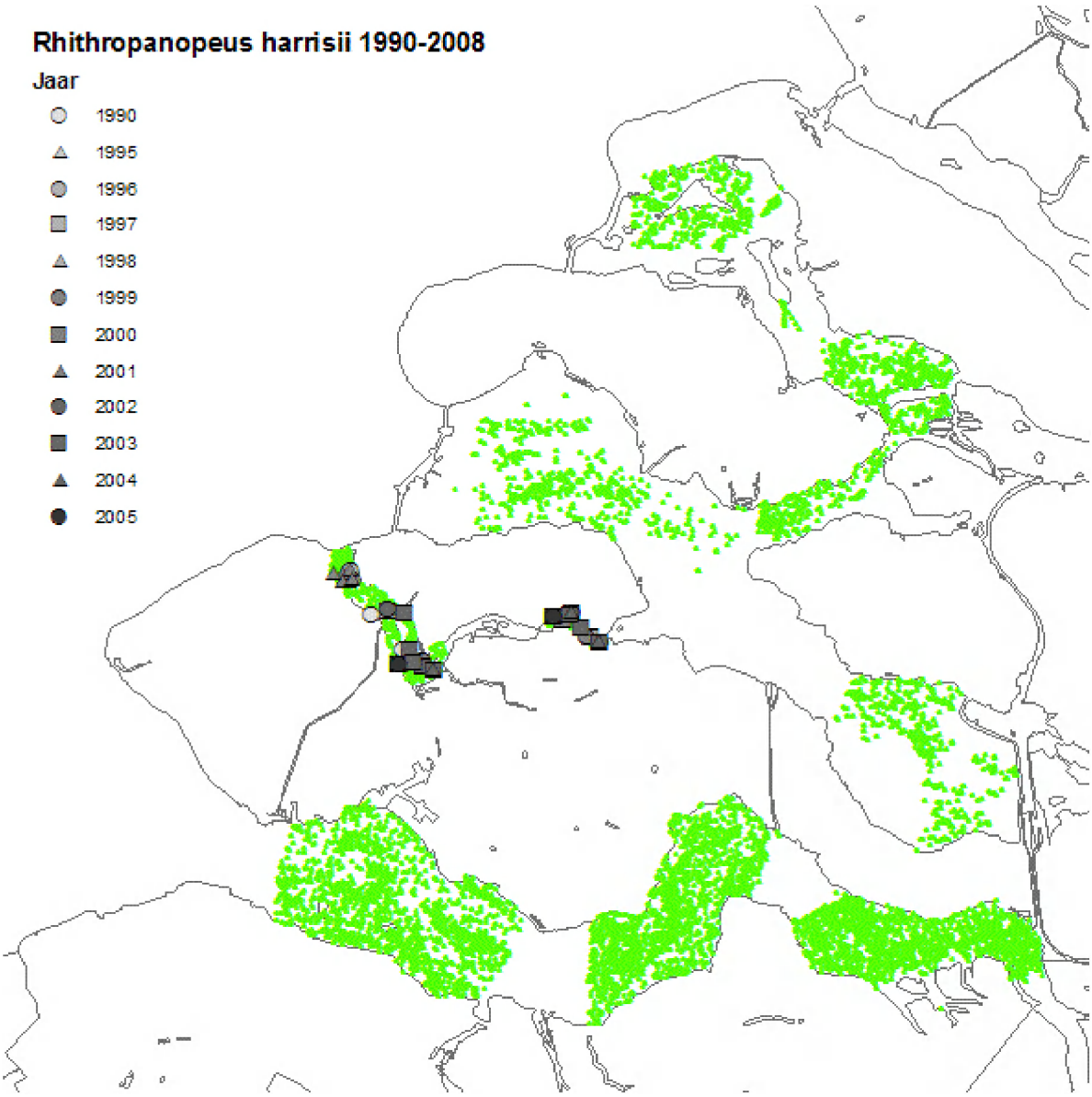
Figuur 46.
Ontwikkelingen in *Hemigrapsus penicillatus* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

L. Vandepitte meldt dat er geen twijfel bestaat dat *H. penicillatus* de plaatselijke systemen beïnvloed, en dat de soort in competitie gaat met de inheemse krabbensoorten (WoRMS, 2009). Waar in het

verleden *H. penicillatus* en *H. takanoi* nog werden gezien als synoniemen van dezelfde soort, worden ze recentelijk als verschillende soorten beschouwd (Asakura & Watanabe, 2005). Zeer recentelijk (monitoring najaar 2009) is gebleken dat *H. takanoi* in ieder geval de dominante *Hemigrapsus* soort is op de Galgenplaat in de Oosterschelde. Of *H. takanoi* wijd verbreid is in de Zeeuwse delta, en of een gedeelte van de populaties nu *H. penicillatus* genoemd, in feiten *H. takanoi* blijkt te zijn, zal het komende jaar moeten blijken. Asakura & Watanabe (2005) suggereert overigens al dat de penseelkrabjes in Nederland hoofdzakelijk *H. takanoi* zullen zijn.

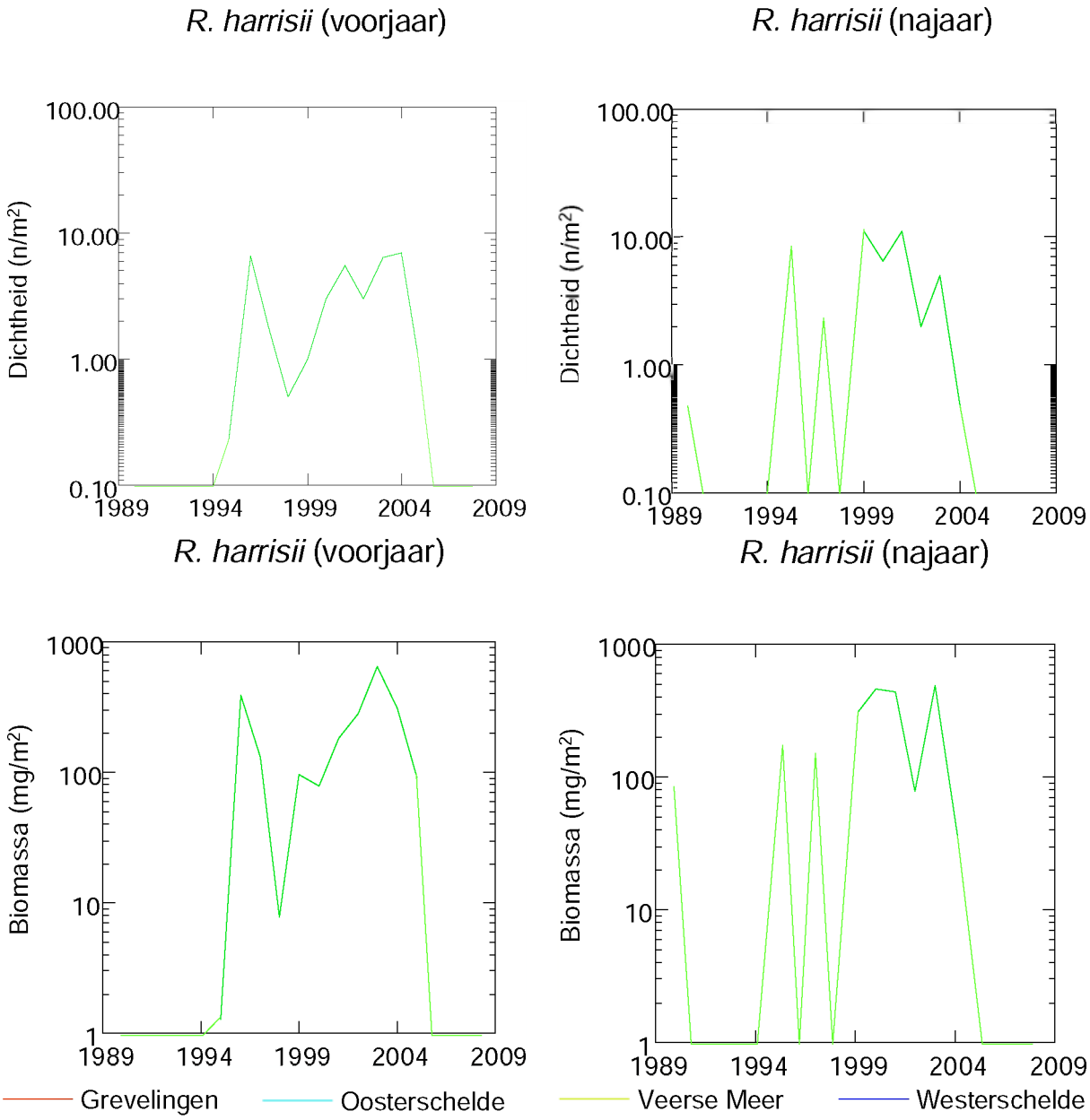
H. penicillatus is een invasieve soort die zich in korte tijd heeft verspreid over de Oosterschelde en het Veerse Meer, en nu ook in de Westerschelde wordt gesignaleerd. Op een groot aantal locaties beïnvloed de soort zichtbaar de inheemse krabbengemeenschappen. Het valt te verwachten dat de populaties zich zullen uitbreiden, en dat de soort ook zal toenemen in de Westerschelde. Waarom de soort vooralsnog niet in de Grevelingen wordt aangetroffen is onduidelijk, mogelijk speelt de waterkwaliteit hier een rol, maar het verschijnen van *H. penicillatus* is daar waarschijnlijk meer een kwestie van tijd.

3.5.2. *Rhithropanopeus harrisii*



Figuur 47.
Rhithropanopeus harrisii waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Het Brakwaterkrabbetje, of ook wel Zuiderzeekrabbetje, *Rhithropanopeus harrisii*, is een permanent gevestigde exoot afkomstig van de Amerikaanse Atlantische kust. Echter aan het einde van de 19de eeuw was de soort al algemeen in de Zuiderzee (Wolff, 2005), dus vandaar zijn Nederlandse naam. In het begin van de jaren 30, na de afsluiting van de Zuiderzee, namen de aantallen tijdelijk enorm toe. Daarna werd de soort ook op andere plaatsen in Europa aangetroffen. In het begin van de 20ste eeuw werd de soort ook gevonden in brakke wateren in Noord Holland, Friesland en Groningen. Voor de Zuid-Nederlandse delta worden 4 observaties in 1971 in het Haringvliet en het Hollands Diep genoemd (in de tijd dat daar nog spraken was van brak water). In 1977 werd de soort op verschillende locaties in het Veerse Meer aangetroffen, en in het Westelijke deel wordt de soort dan als algemeen genoemd (Wolff, 2005).



Figuur 48.
Ontwikkelingen in *Rhithropanopeus harrisii* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

De aantallen aan *R. harrisii* zijn klaarblijkelijk toch niet altijd hoog geweest sinds 1977 in het Veerse Meer, want in de monitoringen van het NIOO-CEME wordt de soort pas voor het eerst gevonden in

1989. Het gaat ook dan inderdaad allemaal om waarnemingen in het uiterste Westelijke deel van het Veerse Meer. Het krabbetje zal dus waarschijnlijk al die jaren wel aanwezig zijn geweest, maar slechts in voor de soort gunstigere jaren in hogere aantallen voor te komen, zodat de soort bij bemonsteringen wordt opgemerkt. Tijdens de BIOMON bemonstering wordt *R. harrisii* dan ook gevonden in het najaar van 1990 in het Westelijke en het Centraal-Westelijke deel van het Veerse Meer. Daarna wordt de soort tot 1995 echter niet meer gevonden. In 1995 duikt *R. harrisii* echter in het gehele Veerse Meer op (zowel in het Westen als in het Oosten), waarna de aantallen per jaar fluctueren, maar er toch een stabiele populatie in het Veerse Meer ontstaat tot de opening van de 'Katse Heule'. Vanaf 1995, in de periode dat de waterkwaliteit in het Veerse Meer verslechtert, en het juist voor een groot aantal soort steeds moeilijker wordt, weet het Brakwaterkrabbetje wellicht te profiteren van de fluctuerende saliniteit in het brakke water, en de vrijgekomen ruimte. Eind 2004 wordt de populatie echter weer gedecimeerd, doordat de saliniteit in korte tijd tot mariene condities wordt verhoogd. Het lijkt er dan ook op dat ofwel de soort zich nog lokaal in brakke hoeken van het systeem kan ophouden, of dat de soort nu totaal verdwenen is uit het Veerse Meer. Met de huidige condities valt niet te verwachten dat de soort nog massaal terug keert in het Veerse Meer. Zoals ook in de Zeeuwse delta is waargenomen, wordt *R. harrisii* in de Baltische zee, de Zwarte en de Azov zee en de Kaspische Zee nooit bij saliniteiten boven de 18 waargenomen. In het Noord-Westelijke deel van de Atlantische oceaan wordt deze grens echter wel overschreden (Paavola et al., 2005), en blijkt *R. harrisii* dus onder bepaalde omstandigheden toch een iets hogere saliniteit te tolereren (Wijnhoven et al., 2009).

De monitoringen van het NIOO-CEME laten geen vindplaatsen buiten het Veerse Meer zien. M.A. Faasse geeft echter aan dat de soort in het kanaal door Walcheren in de nabijheid van Middelburg en bij Arnemuiden is gevonden in 1991, en in de Westerschelde nabij Bath in 1998. In het kanaal door Walcheren zullen door de zoetwater instroom zeker plaatselijk brakwater condities kunnen worden gevonden, waardoor de soort zich kan handhaven. Het Oostelijke deel van de Westerschelde zal qua saliniteit zeker geschikt zijn voor de soort, maar is mogelijk te dynamisch waardoor *R. harrisii* daar vooralsnog slechts sporadisch wordt gevonden, en nog niet gedurende de BIOMON bemonsteringen is waargenomen. In het Belgische deel van de Schelde lijkt de soort wel permanent aanwezig te zijn (Wolff, 2005).

Echter voor *R. harrisii* geldt dat de soort ook frequent op hard substraat gevonden kan worden, waardoor het mogelijk is dat de soort in delen van bijvoorbeeld de Westerschelde in lage dichtheden aanwezig is. Ruim 67 % van de populaties op zacht substraat wordt dan ook gevonden op substraat types met schelpen zoals klei, slib, slibbig fijn zand en fijn zand met schelpen. Naast de 24.7 % van de vondsten op klei met schelpen, wordt ook nog een 22 % op slibbig fijn zand met klei of alleen klei gevonden. Alle waarnemingen zijn van relatief ondiepe locaties variërend tussen de 0 en 6.6 meter met een gemiddelde diepte van 1.8 ± 1.5 m.

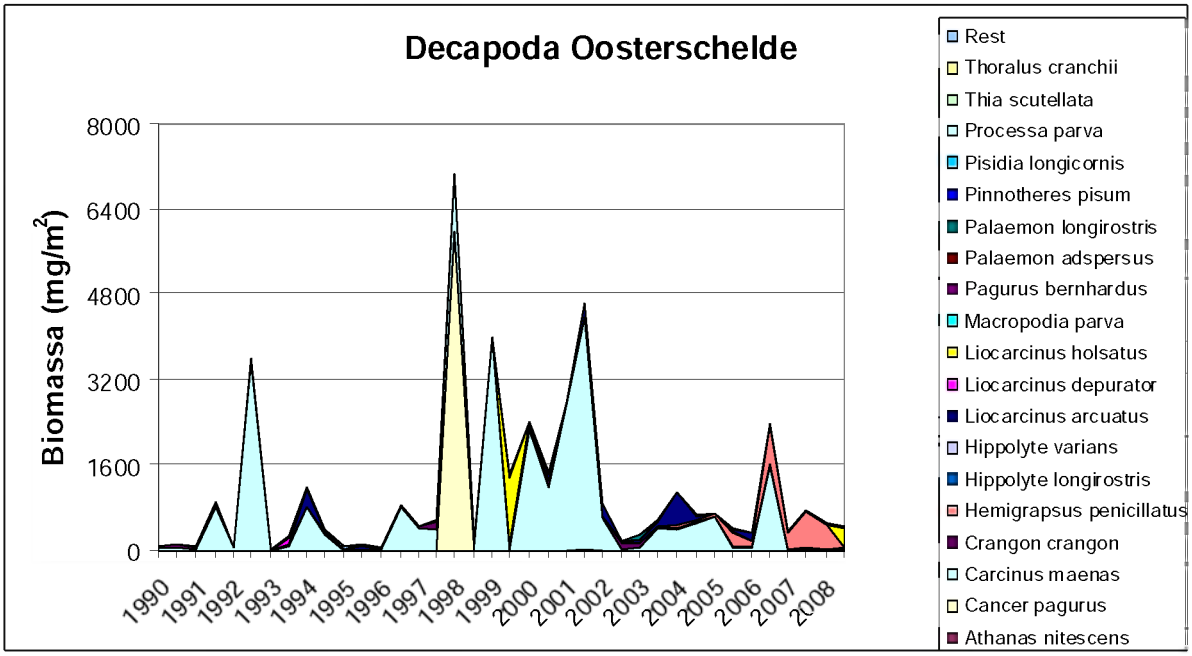
R. harrisii is een permanent gevestigde exoot. Echter doordat de soort vrijwel uitsluitend wordt gevonden in brakke laag dynamische milieus, zijn de mogelijkheden voor de soort in de Zeeuwse delta momenteel beperkt. Wellicht kan de soort nog worden aangetroffen nabij zoetwater inlaat punten rond het Veerse Meer of in kleinere binnenwateren.

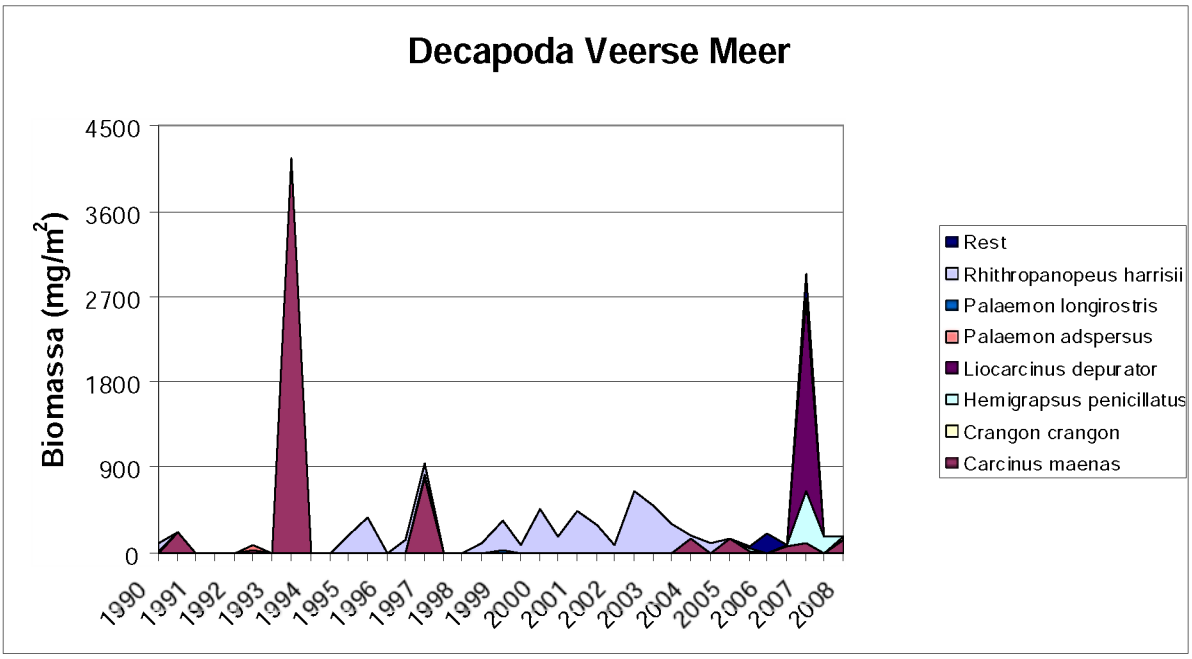
Totaal Decapoda:

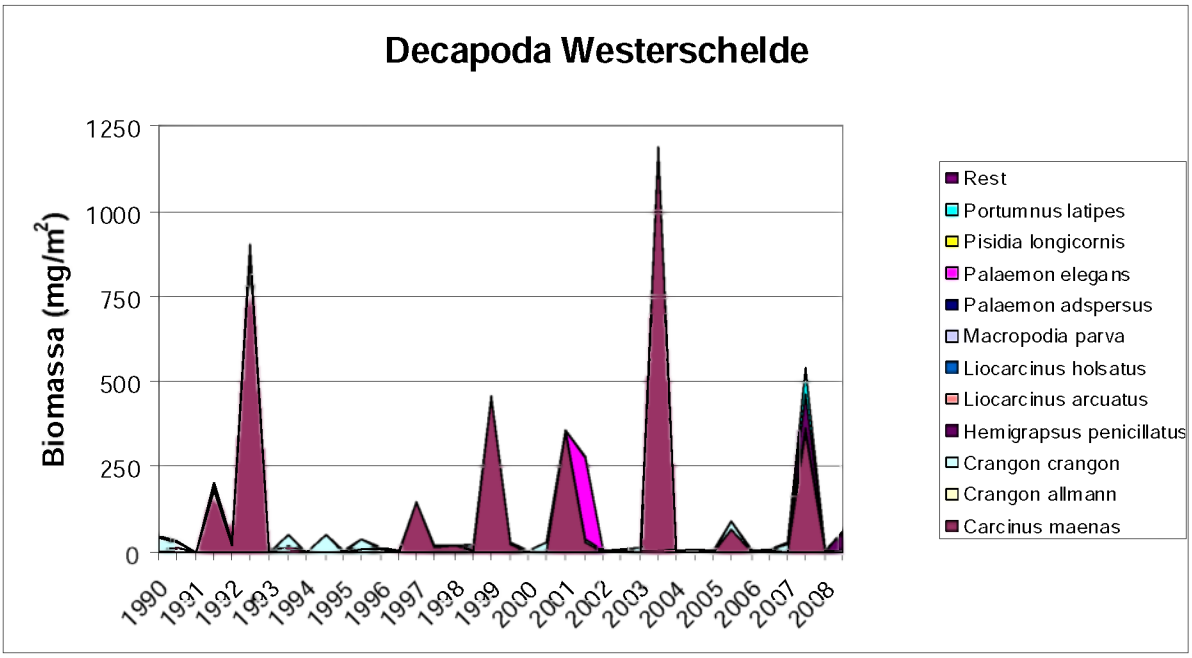
In de Grevelingen zijn geen exoten onder de Decapoda aangetroffen. Het systeem is met 8 aangetroffen soorten in de afgelopen 19 jaar in vergelijking tot bijvoorbeeld de Oosterschelde met 19 soorten ook relatief soorten arm met betrekking tot de orde der Tienpotigen. *Rhithropanopeus harrisii* wordt in de Grevelingen gezien de heersende saliniteit ook niet verwacht. Mogelijk dat het Penseelkrabje een betere waterkwaliteit en meer doorstroming van het systeem vereist.

In de Oosterschelde in *Carcinus maenas* (Gewone strandkrab) gedurende lange tijd de dominante krabbensoort geweest, en tevens de meest algemene Tienpotige op zacht substraat (Figuur 49; Bijlage XLVI). Slechts in 1998 werd eenmalig een hoge biomassa (meer dan *C. maenas*) aan *Cancer pagurus* (Grote Noordzeekrab) aangetroffen. In de loop van deze eeuw komen een aantal andere soorten Decapoden op, waarvan *Liocarcinus arcuatus* (Gewimperde zwemkrab) tijdelijk de meest talrijke is, maar ook verschijnt *H. penicillatus* in de Oosterschelde. In eerste instantie blijven de aantallen nog beperkt, en laat *C. maenas* nog een flinke piek in biomassa in 2006 zien. Maar daarna verdwijnt *C. maenas* vrijwel volledig, terwijl *H. penicillatus* flink zeer abundant geworden is. In het najaar van 2008 wordt er meer biomassa aan *Liocarcinus holsatus* (Gewone zwemkrab) aangetroffen, wat ook al eens eenmalig in 1999 was voorgekomen, en lijkt de abundantie van *H. penicillatus* weer te

zijn afgenomen. Mogelijk is dit echter een tijdelijk effect, en het lijkt er sterk op dat *H. penicillatus* momenteel de dominante rol van *C. maenas* heeft overgenomen, en de laatste soort ver heeft teruggedrongen. *C. maenas* is in het verleden wel vaker een jaartje minder talrijk geweest, maar nu gaat het al om twee jaar, en in tegenstelling tot het verleden heeft een andere soort hiervan geprofiteerd. Naast *H. penicillatus* blijkt een andere minder talrijke Tienpotige, *Athanas nitescens* (Kreeftgarnaal) significant te zijn toegenomen, en vertonen beide soorten een positieve relatie in hun ontwikkeling (Bijlage XLVIII).







Figuur 49.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van inheemse Tienpotigen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Oosterschelde (a), het Veerse Meer (b) en de Westerschelde (c). Er zijn geen exoten onder de Decapoda in de Grevelingen waargenomen.

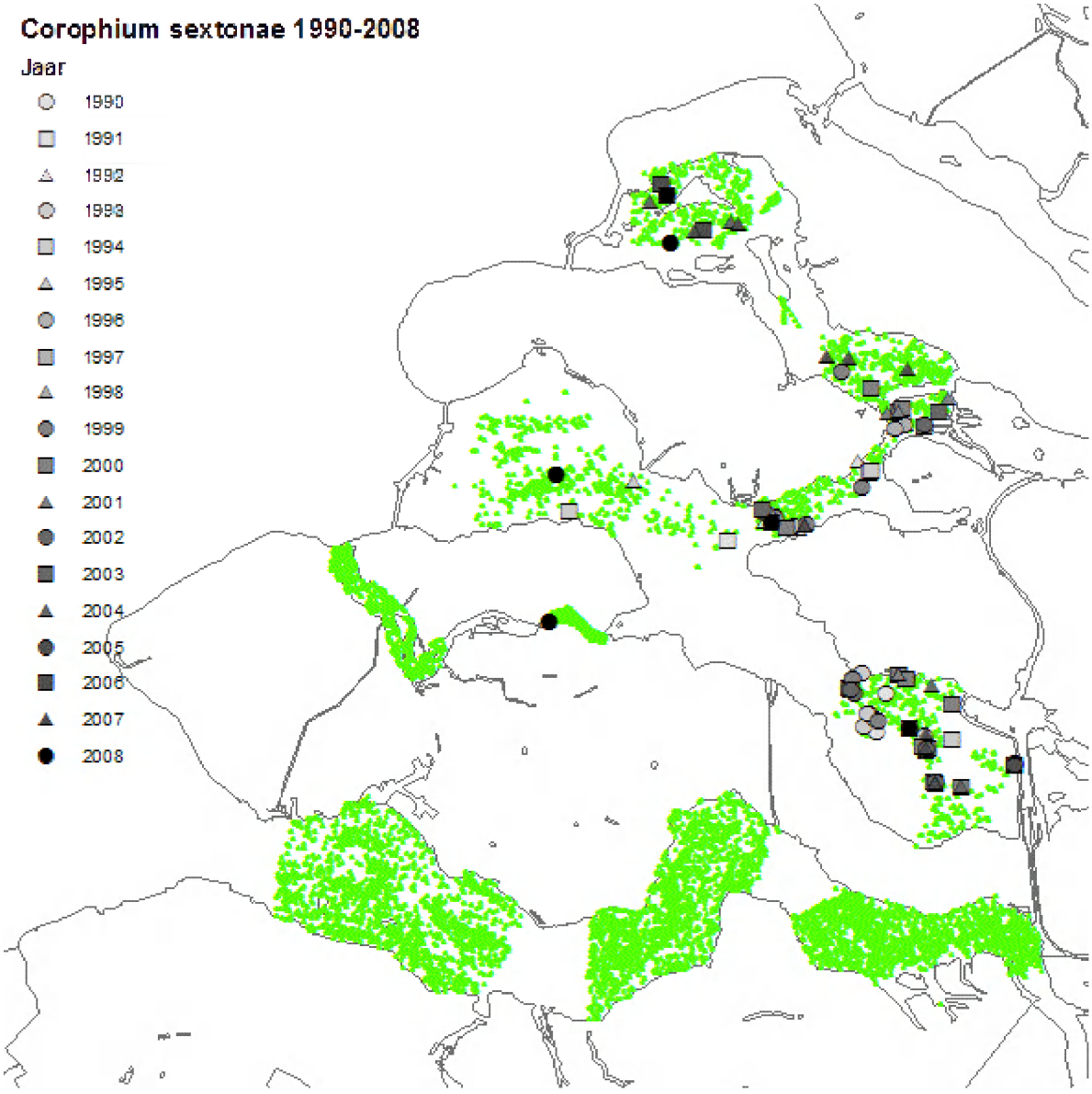
In het Veerse Meer is de Decapoden gemeenschap in het verleden steeds weinig divers geweest en waren de Decapoden zo wie zo weinig algemeen. In bepaalde perioden zijn zelfs in het geheel geen Tienpotigen in de zacht substraat monsters aangetroffen (Figuur 49). *C. maenas* vertegenwoordigde over het algemeen het grootste aandeel in biomassa, maar halfweg de jaren 90 werd de Decapoden gemeenschap volledig overgenomen door *R. harrisii* (Bijlage XLVI). Echter met de opening van de 'Katse Heule' en het zout worden van het systeem, is de brakwatersoort *R. harrisii* ook weer zeer snel verdwenen, en keerde *C. maenas* weer terug vanuit de Oosterschelde. Echter ook *H. penicillatus* kwam vanuit de Oosterschelde mee, en in 2007 is de exoot duidelijk talrijker dan *C. maenas*. Echter ook de inheemse soort *Liocarcinus depurator* (Blauwpootzwemkrab) weet in dat jaar een hogere biomassa te bereiken. De twee soorten vertonen dan ook een significante positieve regressie in hun ontwikkeling in het Veerse Meer (Bijlage XLVIII). Het is niet ondenkelijk dat *H. penicillatus* nu geleidelijk de dominante rol die van *C. maenas* in een zout systeem als het Veerse Meer kan worden verwacht, overneemt.

De Westerschelde laat grotendeels het zelfde beeld zien als de Oosterschelde en het Veerse Meer in de nieuwe zoutwater situatie (Figuur 49; Bijlage XLVI). Dominantie van de Decapoden gemeenschappen door *C. maenas*, echter afgewisseld met korte periodes dat de soort minder abundant is. Echter naast *C. maenas* speelt ook *Crangon crangon* een belangrijke rol in het systeem. Vanaf 2006 is echter ook *H. penicillatus* in de Westerschelde aangetroffen, en het lijkt er op dat de soort zich ten koste van *C. maenas* ontwikkeld in het systeem. De significante toename van de soort is vooralsnog alleen gerelateerd aan toenames van *Crangon allmann* (Groefstaartgarnaal), *Pisidia longicornis* (Porseleinkrabbetje) en *Portumnus latipes* (Breedpootkrab) (Bijlagen XLVI; Bijlage XLVIII) die ook zeer recentelijk zijn opgekomen in de Westerschelde en mogelijk profiteren van een toenemende waterkwaliteit in de Westerschelde, zoals ook zichtbaar is geworden voor bijvoorbeeld de Bivalvia gemeenschappen (zie 3.3. Bivalvia).

Amphipoda:

3.5.3. *Corophium sextonae*

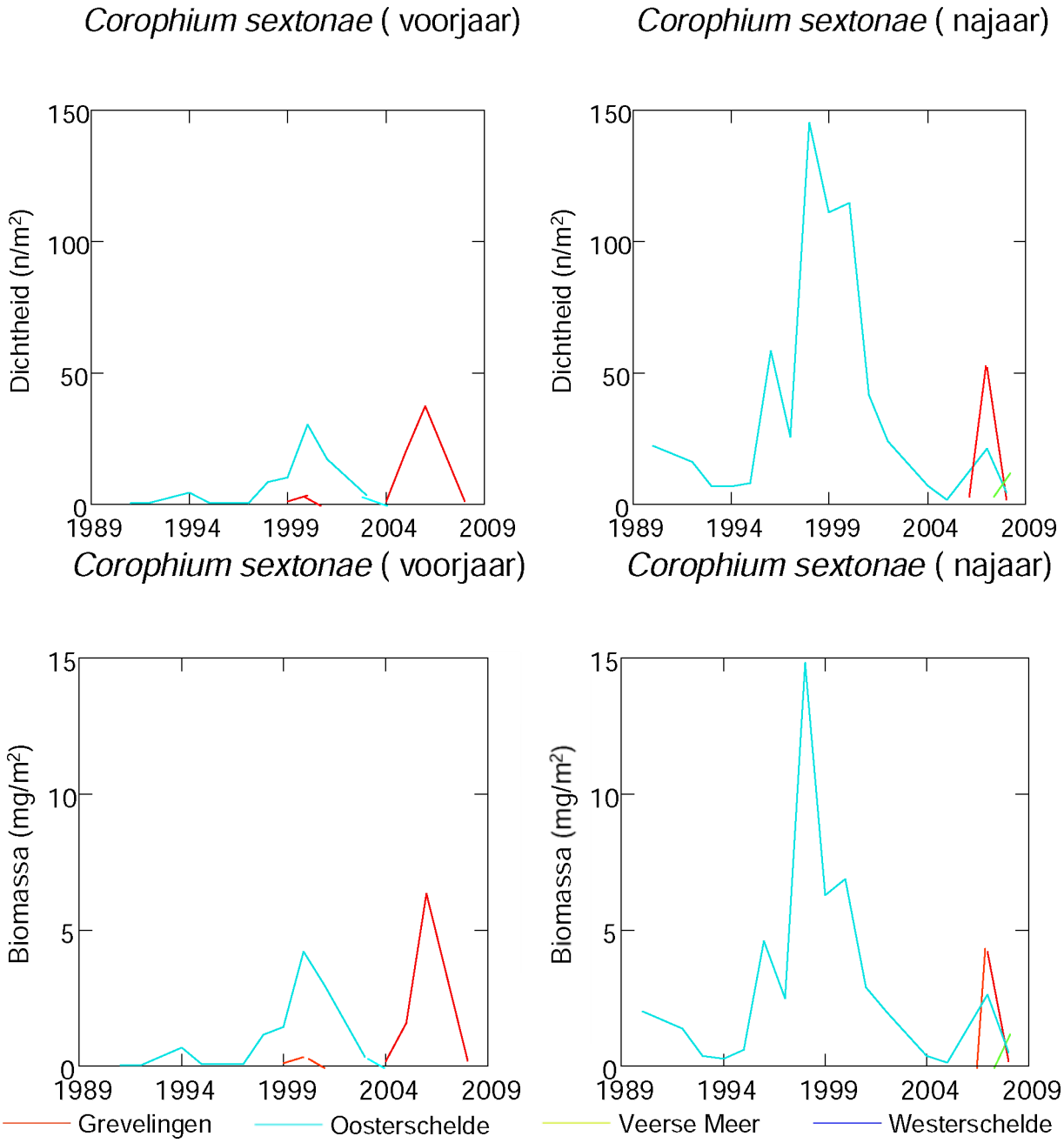
De exoot *Corophium sextonae* is oorspronkelijk afkomstig uit het Zuidelijke deel van de Pacific, en moet zich ergens in de 30-ere jaren hebben gevestigd in West Europa (Reise et al., 1999). Wolff (2005) geeft aan dat de herkomst van de soort niet erg duidelijk is, maar de soort moet via aangroei op schepen in Europa terecht zijn gekomen. De Crustacea wordt door het NIOO-CEME voor het eerst in de Zeeuwse delta gevonden in 1990, in het Oostelijke deel van de Oosterschelde (Figuur 50). Daarvoor is de soort al eens gevonden in een Noordzee monster (ver buitengaats) uit 1986, maar daar is het destijds bij gebleven. Vanaf 1993 blijkt *C. sextonae* zich definitief te hebben gevestigd in het Oostelijke deel van de Oosterschelde en wordt de soort jaarlijks op meerdere locatie aangetroffen, met uitzondering van de jaren 2003 en 2006. Na de eerste vondsten in het Oostelijke deel wordt de soort vanaf 1991 ook in het Noordelijke deel van de Oosterschelde gevonden, eveneens ieder jaar veelal op meerdere locaties. In het Noordelijke deel ontbreekt *C. sextonae* juist in de jaren 1997, 2004, 2005 en 2006. Mogelijk is de algemeenheid van de soort in de Oosterschelde de laatste jaren dus weer iets afgenomen. In het Westelijke deel van de Oosterschelde is *C. sextonae* slechts drie maal aangetroffen; in 1994, 1995 en 2008.



Figuur 50.
Corophium sextonae waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

In de overige Zeeuwse delta wateren blijft *C. sextonae* gedurende lange tijd ontbreken, tot de soort in 1999 ook in het Oostelijke deel van de Grevelingen opduikt. Daar is de soort ook in 2000 nog

aanwezig, en 2007 wordt *C. sextonae* daar weer aangetroffen. Vanaf 2004 tot op heden (2008) wordt de soort ook jaarlijks in het Westelijke deel van de Grevelingen gevonden. In het najaar van 2008 worden er ook voor het eerst een aantal exemplaren op een locatie in het Veerse Meer aangetroffen. Buiten de Zeeuwse delta wordt *C. sextonae* in 2002 ook nog eens in de Voordelta aangetroffen, voor de monding van de Nieuwe Waterweg.



Figuur 51.
Ontwikkelingen in *C. sextonae* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde en het Veerse Meer (geen *C. sextonae* waargenomen in de Westerschelde), uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

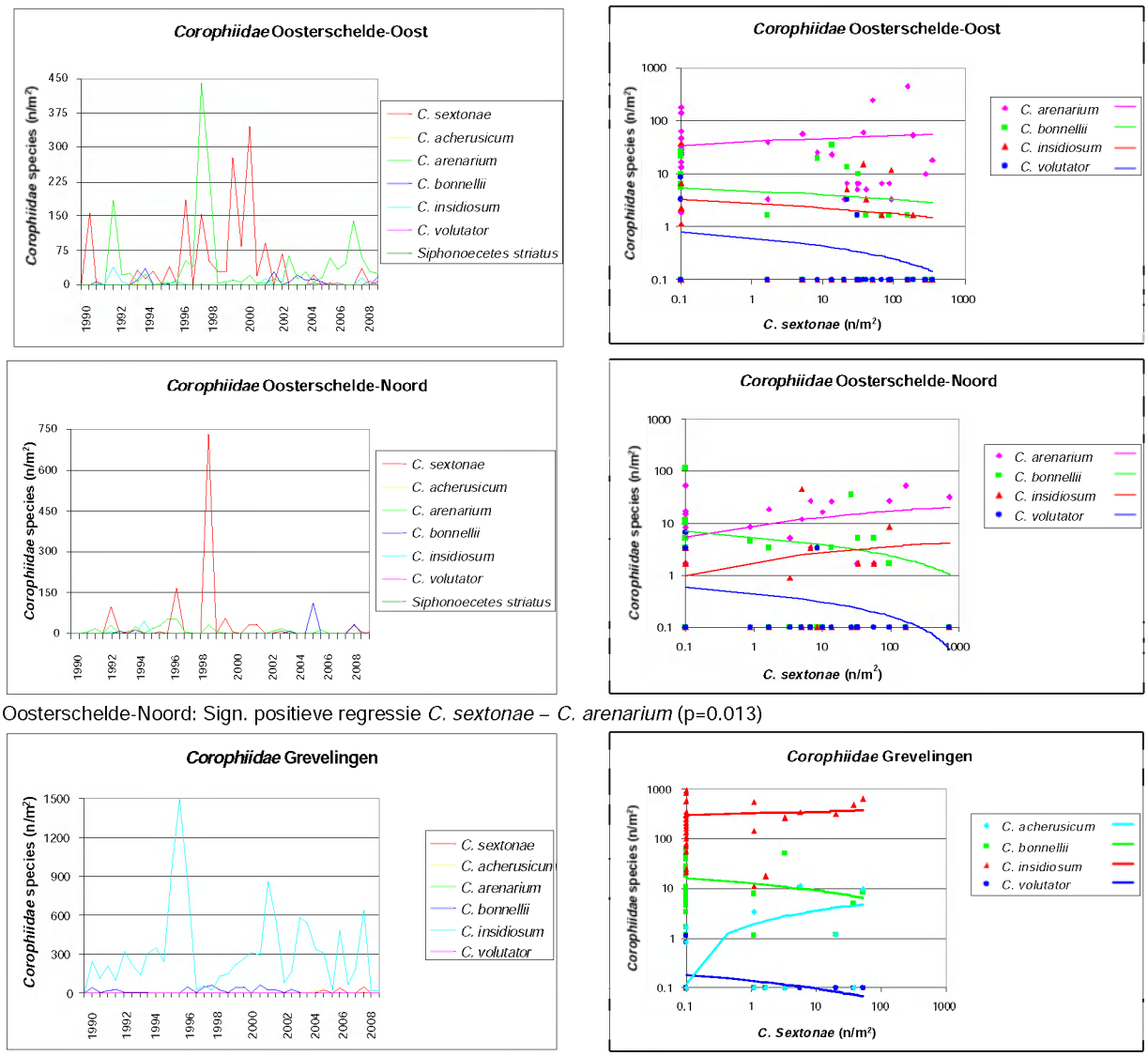
In de Oosterschelde is de trefkans voor de soort beduidend hoger in het najaar dan in het voorjaar; in de Grevelingen is dit niet het geval (Figuur 51). Daar waar we een flinke stijging in de gemiddelde dichtheden en biomassa in de Oosterschelde kunnen waarnemen gedurende de jaren 90, is de populatie omvang weer sterk gedaald in de jaren daarna. Vanaf 2004 verschijnt de soort dan in de Grevelingen en nemen de aantallen en de biomassa sterk toe. Maar in 2008 is *C. sextonae* in de Grevelingen al weer schaars. De soort lijkt duidelijk een zout water soort te zijn, en het is dan ook voor

de hand liggend dat *C. sextonae* onlangs ook het Veerse Meer heeft gekoloniseerd, waar sinds 2004 weer van een zout water milieu kan worden gesproken (Wijnhoven et al., 2009).

C. sextonae wordt het vaakste op fijn zand, slib en slibbig fijn zand aangetroffen. Rekening houdende met het totale aantal BIOMON monsters, dat afkomstig is van de verschillende substraat typen, blijkt dat de trefkans van de soort juist het hoogste is op schelpbanken. 23 % van de monsters die daar genomen zijn bevatten *C. sextonae*, en ook op het sediment type slib met schelpen wordt *C. sextonae* in 11 % van de monsters aangetroffen. Ook op veen en op fijn zand met stenen is de trefkans van *C. sextonae* behoorlijk, met respectievelijk 16.8 en 12.7 % aanwezigheid in de genomen monsters.

C. sextonae is gevonden op dieptes variërend van 1.5 tot 42 meter diepte (gemiddeld 7.3 ± 7.0 m). Daarmee kan worden gesteld dat *C. sextonae* voor komt in zowel ondiepe als diepe wateren, maar niet in het intergetijde gebied.

C. sextonae blijkt in vergelijking tot andere benthische soorten, niet erg bestand te zijn tegen verstoring, en zand en gravel extractie gebieden niet snel te herkoloniseren. Met name op locaties met weinig verstoring, behoort *C. sextonae* tot de soorten met de grootste achteruitgang in aantallen (Boyd et al. 2003).



Oosterschelde-Noord: Sign. positieve regressie *C. sextonae* – *C. arenarium* (p=0.013)

Grevelingen: Sign. positieve regressie *C. sextonae* – *C. acherusicum* (p=0.001)

Figuur 52.
Ontwikkelingen in dichtheden van *Corophiidae* in relatie tot de ontwikkeling van de dichtheden aan *C. sextonae*. (a, c, e) de ontwikkeling in *Corophiidae* dichtheden gedurende de periode 1990-2008 en (b,d,f) relaties in aantallen *Corophiidae* van de meest voorkomende soorten in relatie tot de aantallen van *C. sextonae*, voor respectievelijk het Oostelijke deel van de Oosterschelde (a,b), het Noordelijke deel van de Oosterschelde (c,d) en de Grevelingen (e,f).

C. sextonae is dus met name abundant en opgekomen in de Oosterschelde, in het Oostelijke en het Noordelijke deel, en later in de Grevelingen. Als er zichtbare effecten van de opkomst van deze soort aanwezig zijn in de Zeeuwse delta, dan verwachten we in die gebieden te zien. Hierbij zijn mogelijke effecten op de inheemse Corophiidae fauna het meest voor de hand liggend. In de Oosterschelde (in het Oostelijke en het Noordelijke deel) worden nog eens 6 Corophiidae gevonden waarvan *C. arenarium*, *C. bonnellii*, *C. insidiosum* en *C. volutator* algemeen zijn (*C. acherusicum* en *Siphonoecetes striatus* zijn slechts een enkele keer gevonden) (Figuur 52). In het Oostelijke deel van de Oosterschelde zijn *C. arenarium* en *C. sextonae* afwisselend de meest algemene soorten, waarbij de beiden soorten mogelijk elkaars aantallen beïnvloeden (Figuur 52a). Uit Figuur 52b valt echter op te maken dat er geen significante negatieve relatie bestaat tussen beiden soorten, wat overigens ook voor de andere soorten geldt. Wel is *C. volutator* vrijwel nooit gevonden in de perioden dat *C. sextonae* aanwezig is, en is *C. bonnellii* met name talrijk in de perioden dat C. sextonae ontbreekt. Echter de trefkans op *C. volutator* is in het algemeen in de Oostelijke Oosterschelde is te klein en ook de een relatie met *C. bonnellii* levert geen significante relatie op. Het Noordelijke deel van de Oosterschelde laat eigenlijk het zelfde beeld zien, zij het dat naast de algemeen voorkomende *C. sextonae* en *C. arenarium*, *C. bonnellii* ook in bepaalde perioden (2004 en 2008) de talrijkste soort blijkt te zijn. Opvallend is dat in 1998 een enorme piek in *C. sextonae* dichtheden worden gevonden. Ook hier geen significante impact van *C. sextonae* op één van de andere soorten. Echter wel een significant positieve relatie tussen *C. sextonae* en *C. arenarium*, wat er op wijst dat beiden soorten profiteren van dezelfde ogenschijnlijk gunstige omstandigheden in bepaalde perioden.

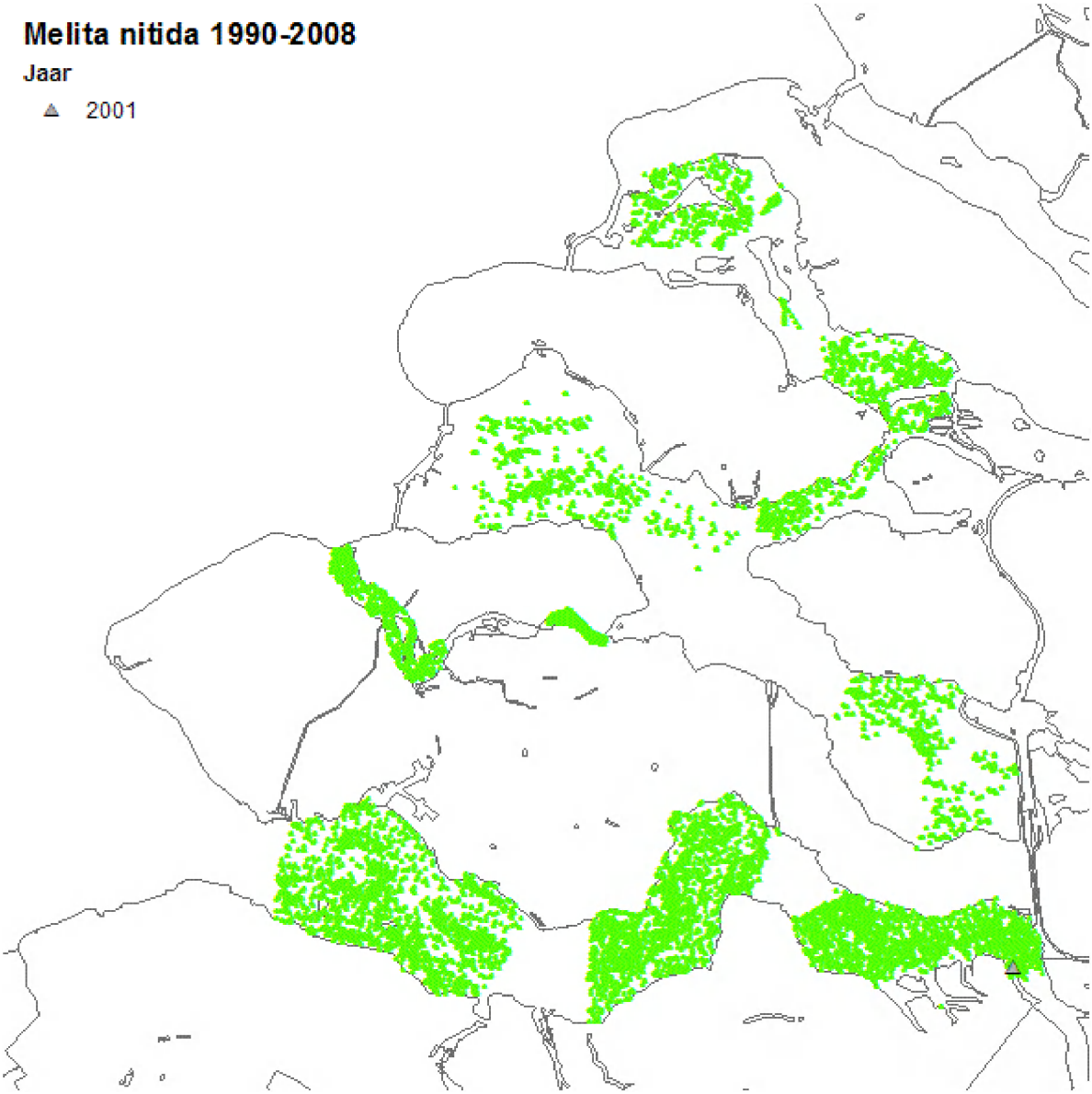
In de Grevelingen is *C. insidiosum* gedurende de gehele periode 1990-2008 bij uitstek de dominante Corophiidae soort. Naast deze soort worden dezelfde Corophiidae, zij het in lagere dichtheden, aangetroffen als in de Oosterschelde, met uitzondering van *Siphonoecetes striatus*. *C. sextonae* wordt pas sinds het 2000 gevonden, en in hogere aantallen pas sinds 2005. Mocht er een soort in aanmerking komen, die mogelijk te leiden heeft onder de opkomst van *C. sextonae*, dan is het *C. bonnellii*; echter ook hier geen significante negatieve regressie. Wel blijken de dichtheden van *C. sextonae* en *C. acherusicum* significant positief aan elkaar gerelateerd te zijn (Figuur 52f), wat er op duidt dat beide soorten profiteren of opkomen vanaf het jaar 2000 en/of meer aanwezig zijn sinds 2005. Hetzij profiteren de soorten van de gestage achteruitgang van de waterkwaliteit in de Grevelingen, of profiteren van de toegenomen uitwisseling met de Voordelta (Hoeksema, 2002; Zicht op de Grevelingen, 2009). Over het geheel gezien, moet dus worden gesteld dat er geen aanwijzingen zijn voor een toename van *C. sextonae* in de Oosterschelde, en dat er geen aanwijsbare effecten zijn van de aanwezigheid van *C. sextonae* op de Corophiidae fauna. In de Grevelingen kan dit echter vooralsnog nog een gevolg zijn van de relatief lage dichtheden van *C. sextonae*, en bestaat er de mogelijkheid dat wanneer er niets veranderd in het beheer dat de soort daar nog talrijker gaat worden. Vooralsnog lijkt *C. sextonae* in de Zeeuwse wateren meer een aanvulling op de aanwezige Corophiidae macrofauna, dan een bedreiging voor de inheemse soorten.

C. sextonae heeft zich geleidelijk weten te verspreiden door de Oosterschelde, wellicht via boten en opkomend in de haventjes, en is mogelijk ook op die manier in de Grevelingen terecht gekomen, en onlangs in het Veerse Meer. De soort wordt nog niet gemeld voor de Waddenzee, maar is al wel aangrenzend aan de Duitse en Deense Waddenzee aangetroffen (Wijsman & De Mesel, 2009). De kans op introductie van de soort in het Waddengebied lijkt ons in overeenstemming met Wijsman & De Mesel (2009) erg groot; zo niet via schelpdier introductie, dan wel via boten. In de Zeeuwse wateren zijn geen tekenen van een grote impact van de soort op inheemse gemeenschappen; dit wordt ook niet in het Waddengebied verwacht.

3.5.4. *Melita nitida*

De amphipode *Melita nitida* is een recentelijk gevestigde soort afkomstig van de Atlantische kust van Noord Amerika (Wolff, 2005). De soort is waarschijnlijk in Nederland terecht gekomen via de scheepvaart. In 1998 werd de vlokreeft voor het eerst waargenomen in de Westerschelde nabij Bath. De soort wordt tegenwoordig ook nabij Baarland en Walsoorden gevonden. Tijdens de BIOMON monitoring is de soort eenmalig gevonden in 2001, tegen de Belgische grens. Daar ging het om een monster afkomstig van 9.8 meter diepte op een substraat van slibbig fijn zand. De soort handhaaft zich wellicht in het mesohalien van de Westerschelde maar breidt zich nog niet sterk uit. *M. nitida* is ook in het Noordzeekanaal nabij IJmuiden waargenomen.

M. nitida is een typische soort van slibrijke ondiepe subtidale en intertidale zones in de saliniteitsrange van 3 tot 20. Verder is deze amphipode over het algemeen gevoeliger voor verstoorde milieus dan andere amphipoden, en worden lage dichtheden en gereduceerde fecunditeit al aan lage verontreinigingniveaus van olie toegeschreven (Borowsky et al., 1997). De soort wordt geassocieerd met de Japanse oester (*C. giggas*) en wordt naar verluidt regelmatig onder stenen aangetroffen (L. Vandepitte op WoRMS, 2009).



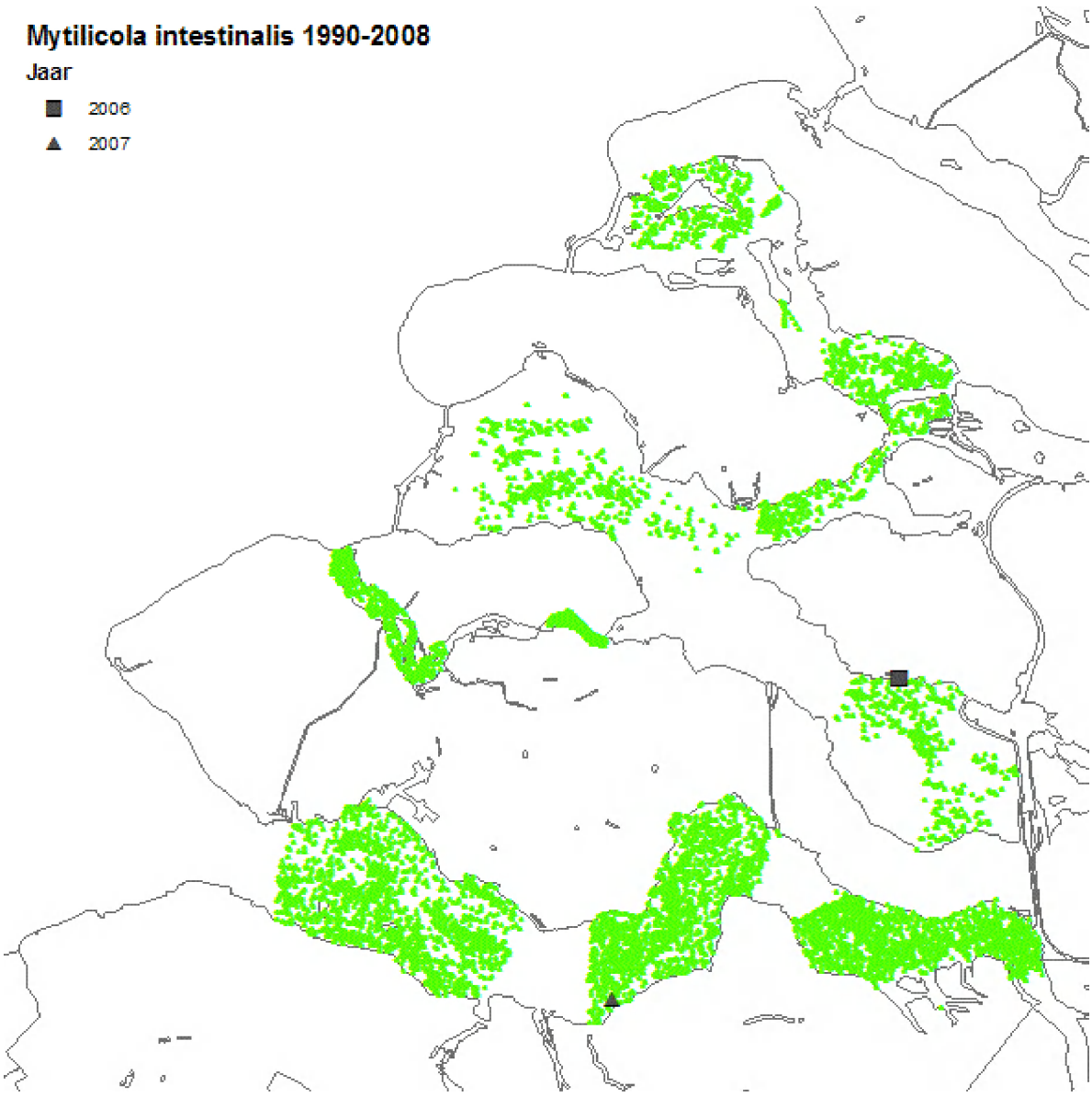
Figuur 53.
Melita nitida waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Gittenberger (2009) noemt *M. nitida* alleen voor de Voordelta. Mogelijk dat de soort ergens in de brakke delen is gevestigd. Zeker is dat de soort ook in het Noordzeekanaal wordt gevonden, en andere brakke wateren kunnen in potentie door de soort betrokken worden. In de Zeeuwse wateren wordt de soort slechts in het Oostelijke deel van de Westerschelde aangetroffen, waar de soort wellicht via scheepvaart terecht is gekomen. Hoe de populaties zich zullen gaan ontwikkelen is op dit moment nog onduidelijk. Een uitbreiding in de Westerschelde is niet ondenkbaar, en het vestigen van de soort in de monding van het Haringvliet, of in het Westelijke deel van het Haringvliet na de instelling van de Kier is goed denkbaar. Ook kan de soort in de toekomst in de Nieuwe waterweg en/of het Hartelkanaal worden verwacht indien de soort daar niet al is. Wijsman & De Mesel (2009) schatten de kans op introductie van de soort in het Waddengebied in als gemiddeld (lager dan die van *C.*

sextonae). Op basis van de momenteel aangetroffen aantallen lijkt dit voor de hand liggend, maar als de populaties in de Westerschelde groeien, wordt de kans op transport via bootjes naar het Waddengebied ook groter. Er zijn nog geen aanwijzingen voor een grote impact van de soort op inheemse gemeenschappen.

Copepoda:

3.5.5. *Mytilicola intestinalis*



Figuur 54.
Mytilicola intestinalis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De copepode *Mytilicola intestinalis* is een exoot afkomstig uit het Middellandse Zee gebied die waarschijnlijk samen met mosselen in Nederland terecht is gekomen. De soort leeft dan ook in de ingewanden van mosselen en oesters (Waterbase, 2009). De eerste waarneming van buiten het Middellandse Zee gebied is van 1938 in Duitsland. In 1950 was de verspreiding van de soort nog

beperkt tot een gedeelte van het Duitse Waddenzee gebied. Echter in 1949 blijkt de soort aanwezig te zijn in de Zandkreek (Oosterschelde), en ook in de Westerschelde en de Grevelingen. In 1950 wordt de soort gemeld als overal aanwezig in de Zeeuwse delta. Begin jaren 50 verspreidde *M. intestinalis* zich ook geleidelijk in de Waddenzee. De soort wordt momenteel beschouwd als een algemene soort, maar naar niet meer als een plaag zoals het in de jaren 50 werd gezien (Wolff, 2005).

In de BIOMON gegevens komt de soort die duidelijk is geassocieerd met mosselen slechts twee maal voor. In het Oostelijke deel van de Oosterschelde in 2006 op 4.5 meter diepte, en in het Centrale deel van de Westerschelde in 2007 op 31.6 meter diepte, respectievelijk op veen en op klei (Figuur 54). Buiten het BIOMON programma om is *M. intestinalis* ook in het Centrale deel van de Oosterschelde gevonden in 2004, en in het Centraal-Westelijke deel van de Westerschelde in 2008 (Bijlage XXI). Daar de soort zich met name ophoudt in de mosselbedden en culturen, die door het NIOO-CEME niet worden bemonsterd, is de verspreiding en ontwikkeling van de soort in de Zeeuwse delta onduidelijk.

De soort gedijd met name goed op verontreinigde locaties (Morley, 2009), waarschijnlijk omdat daar de gastheer (de mossel) minder weerbaar is. Vaak houdt *M. intestinalis* zich vooral op nabij de bodem, wanneer de mosselen in hangcultures groeien, en is de kans op aanwezigheid groter bij hoge dichtheden aan mosselen (Morley, 2009), dus wanneer de stress voor de gastheer groter is.

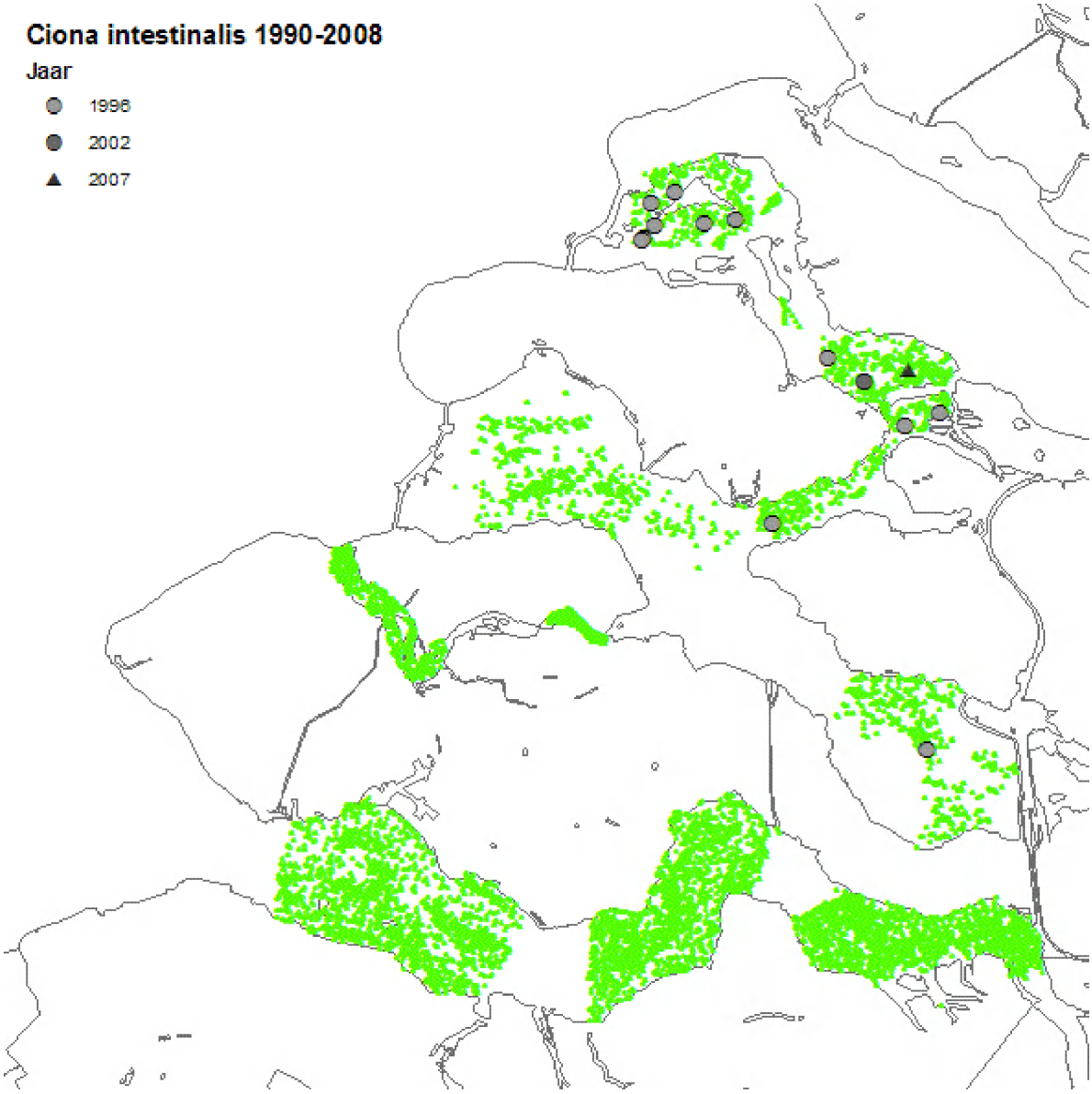
M. intestinalis werd als zeer bedreigend gezien gedurende de jaren 50. De effecten van de exoot blijken achteraf mee te vallen. De soort wordt in Nederland al overal aangetroffen waar mosselcultuur plaats vindt, en heeft zich geleidelijk over de Zeeuwse delta verspreid. Met de terugkeer van de mosselen in het Veerse Meer (Wijnhoven et al., 2009), zal hoogst waarschijnlijk ook *M. intestinalis* in de toekomst volgen.

3.6. Ascidiacea

3.6.1. *Ciona intestinalis*

De tunicaat *Ciona intestinalis*, in het Nederlands ook wel Doorschijnende zakpijp, wordt vernoemd in de Exotenlijst van de Werkgroep Exoten (2009), echter met een mededeling van G. van Moorsel dat het wellicht niet om een exoot gaat. De soort komt verder ook niet in de bekende exoten overzichten voor (bv. Wolff, 2005; Gittenberger, 2009). Echter, *C. intestinalis* duikt voor het eerst op in de monsters van het NIOO-CEME in de jaren 80 in de Grevelingen (Bijlage XXII). Om precies te zijn, worden er 3 exemplaren in een monster uit het westen van de Grevelingen aangetroffen, in 1982. Daarna wordt de soort in de jaren 80 bijna jaarlijks aangetroffen, veelal op verschillende locaties in de gehele Grevelingen. Begin jaren 90, bij aanvang van de BIOMON monitoring, wordt de soort echter niet meer aangetroffen. In het najaar van 1996 is *C. intestinalis* echter aanwezig in een flink aantal monsters van de Grevelingen (zowel het Oostelijke als het Westelijke deel) en van de Oosterschelde (zowel het Noordelijke als het Oostelijke deel) (Figuur 55). Als we echter ook andere monitoring campagnes uit de jaren 90 bekijken blijkt *C. intestinalis* ook in 1992 op 5 locaties in het Oostelijke en Centrale deel van de Grevelingen aanwezig te zijn. Na 1996, wordt de soort nog slechts twee maal gevonden; één maal in het voorjaar van 2002, overigens 3 exemplaren in één monster, en één maal in het najaar van 2007, beiden keren in het Oostelijke deel van de Grevelingen. *C. intestinalis* is gedurende de laatste 18 jaar steeds in vrij ondiep water variërend van 2.9 tot 7.3 meter waargenomen, veelal op een substraat van slibbig fijn zand, maar ook op slib, zandig slib en fijn zand, met of zonder schelpgruis. Wanneer *C. intestinalis* geen exoot is, dan is het in ieder geval een soort die in de jaren 80 (weer) is komen opzetten.

C. intestinalis lijkt zich dus te handhaven in de Grevelingen. Het ontbreken van de soort in de BIOMON monsters gedurende een groot aantal jaren duidt er op dat de dichtheden laag zijn, of dat er aantalfluctuaties optreden. Vanuit de Grevelingen lijkt de soort ook in de Oosterschelde terecht te zijn gekomen. Daar gedurende de jaren 80 de focus van de bemonstering in de Oosterschelde duidelijk op de intergetijde gebieden lag, is het onduidelijk of de soort zich weet te handhaven in de Oosterschelde, en of de soort gedurende de jaren 80 ook daar al aanwezig was.

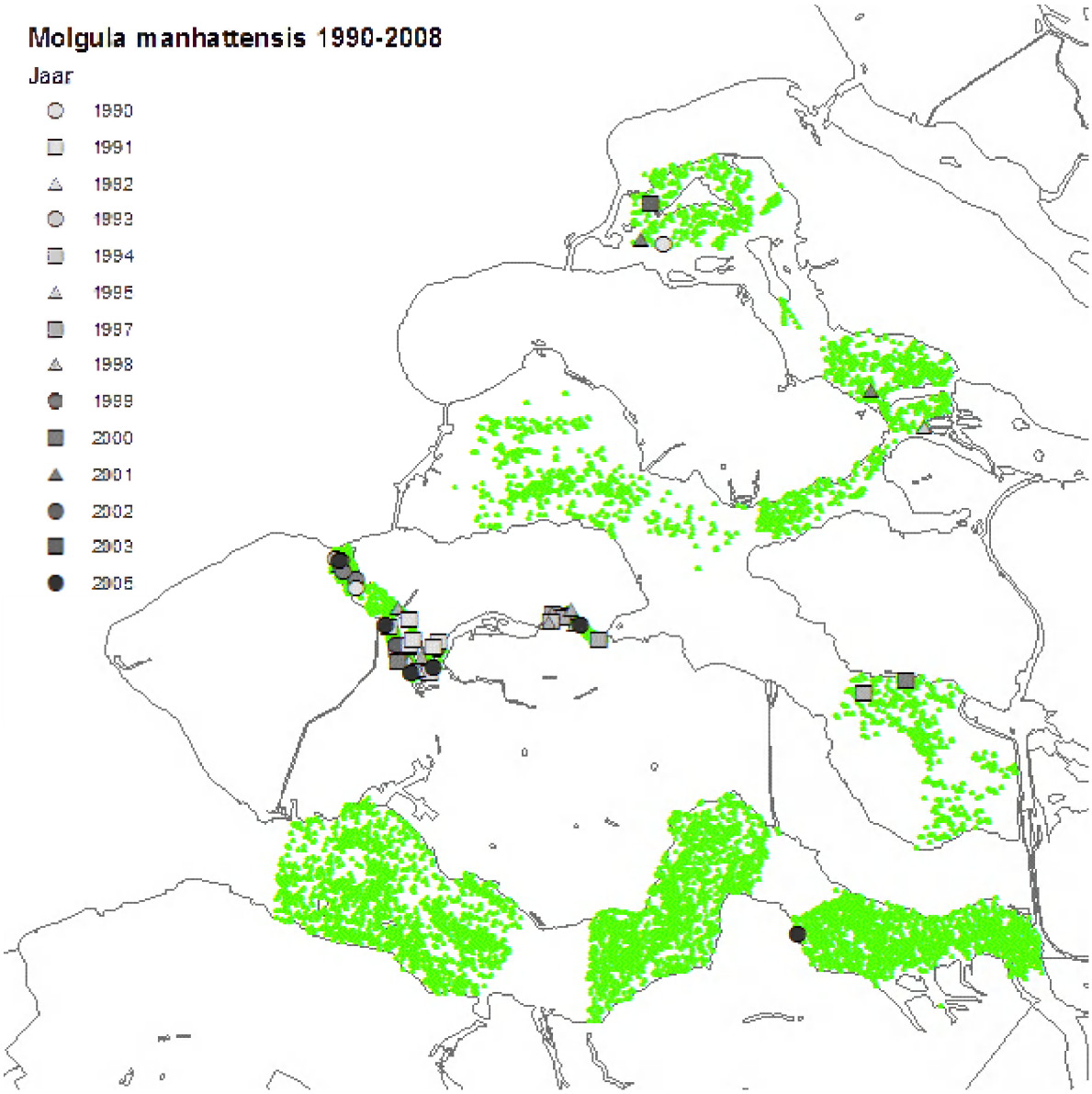


Figuur 55.
Ciona intestinalis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

Wat het competitieve vermogen van de soort ten opzichte van (andere) inheemse zakpijpsoorten is, is onduidelijk, maar er zijn aanwijzingen dat de populaties van *C. intestinalis* achteruit zijn gegaan ten tijden van de vestiging van *Styela clava*, een (andere) exotische tunicaat, in Zuid Engeland (Lützen, 1999). Ook in andere delen van de wereld, zoals in Australië, is *C. intestinalis* op bepaalde locaties weer in aantallen afgenomen nadat de soort daar eerder zeer algemeen was, maar dit voorkwam niet dat de soort zijn verspreidingsgebied elders weer uitbreidde (McDonald, 2004). De verspreiding van de soort kan traag verlopen, daar eieren en larven met name locaal terecht komen. De verspreiding via boten of drijvend materiaal, kan er echter voor zorgen dat er zo nu en dan weer nieuwe verspreidingsbronnen van *C. intestinalis* ontstaan (Petersen & Svane, 1995). Met betrekking tot competitie met andere soorten, laten Blum et al. (2007) zien dat de soortenrijkdom significant gereduceerd is bij de aanwezigheid van *C. intestinalis* in hogere dichtheden, terwijl deze weer toe nam na verwijdering van de zakpijpen. Soorten als *Bugula stolonifera, Cryptosula pallasiana* (mosdiertjes), Halichondria bowerbanki (spons), en *Didemnum sp.* en *Styela clava* (zakpijpen) zijn duidelijk geassocieerd met *C. intestinalis* vrije gemeenschappen, en floreren dus na verwijdering. Andere soorten lijken juist geassocieerd te zijn met *C. intestinalis*, zoals *Botrylloides violaceus* (zakpijp) en *Neoamphitrite sp.* (polychaete worm). Het effect van *C. intestinalis* op de soortenrijkdom heeft waarschijnlijk te maken met succesvolle vestiging en de succesvolle competitie van de soort voor

ruimte, en de gereduceerde vestiging van andere organismen op en tussen individuen van *C. intestinalis*. Verder blijkt *C. intestinalis* te prederen op oesterlarven, en zodoende mogelijk de vestiging van die soorten in de omgeving te verminderen (Osman & Whitlatch, 1995).

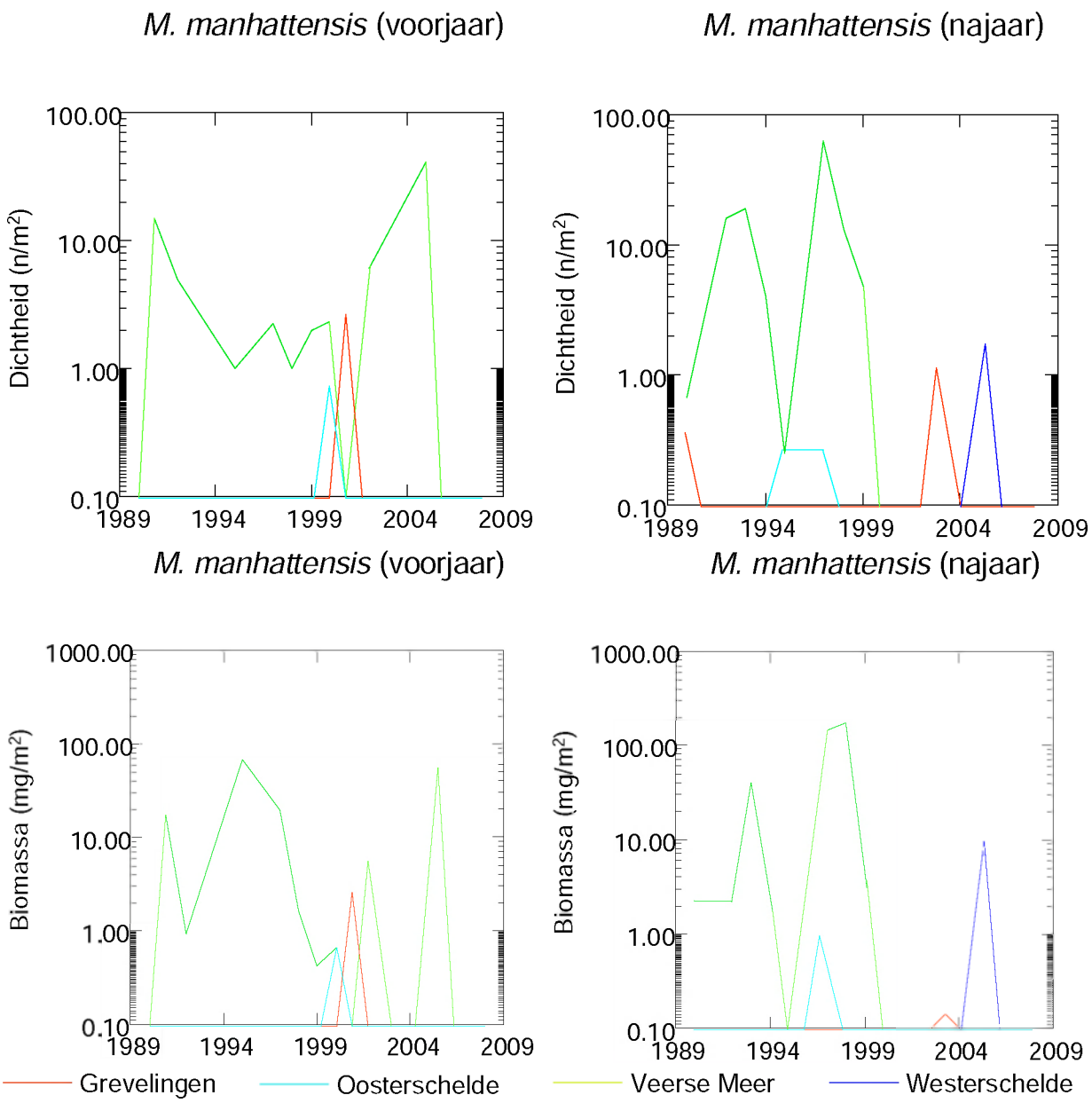
3.6.2. *Molgula manhattensis*



Figuur 56.
Molgula manhattensis waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

De zakpijp *Molgula manhattensis* (Ronde zakpijp in het Nederlands) is waarschijnlijk een exoot die via schepen al in de 18de eeuw in Nederland terecht is gekomen. In dat geval is de soort afkomstig uit Noord Amerika (Streftaris et al., 2005; Wolff, 2005). Tegenwoordig zou de soort algemeen zijn in Nederland. In de database van het NIOO-CEME komt *M. manhattensis* voor het eerst voor in 1980 op drie locaties in het Volkerak, en op een locatie in de Grevelingen (Bijlage XXIII). Voor midden jaren 80 zijn er nog enkele waarnemingen voor de Grevelingen, gevolgd door een flink aantal observaties in 1989 in het Veerse Meer. In de NIOO database wordt ook geregeld melding gemaakt van *Molgula sp.*. Aangezien een andere soort van dit genus slechts op grote afstand in de Noordzee (met name in de

Britse en Noorse wateren; *Molgula oculata*) wordt waargenomen, gaan we er van uit dat het ook om *M. manhattensis* gaat. De presentatie van de vindplaatsen in Figuur 56 omvat dan ook *M. manhattensis* en *Molgula sp.* waarnemingen.



Figuur 57.
Ontwikkelingen in *Molgula manhattensis* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

M. manhattensis is dus al gevonden in de Grevelingen in de jaren 80. Dit krijgt een vervolg met een waarneming in 1990 in het Westelijke deel. In 1992 en 1993 duikt de soort nog eens op in een andere monstercampagne in respectievelijk het Westelijke en het Oostelijke deel. Daarna duurt het tot 2001 (wederom in zowel West als Oost) en 2003 (West) voor de soort weer eens wordt gevonden. De frequente waarnemingen in 1989 in het Veerse Meer krijgen echter wel een vervolg. In het Westelijke deel wordt *M. manhattensis* frequent aangetroffen in de periode 1990 tot en met 1993, echter het aantal vindplaatsen lijkt enigszins af te nemen. Vondsten zijn er ook in 1995, 1998 tot en met 2000 en 2002 en 2005. In het Oostelijke deel wordt de soort gevonden in 1992, 1994, 1995, 1997, 1998 en 2005. Opvallend is dat de trefkans van de soort in het Veerse Meer gedurende de jaren 90 tot in deze eeuw geleidelijk af neemt, wat mogelijk te maken heeft met de achteruitgang van de waterkwaliteit (Wijnhoven et al., 2009). Echter in het jaar 2005 is er een tijdelijke opleving, wellicht veroorzaakt door

de instroom van 'vers' Oosterschelde water in 2004. Mogelijk dat de verhoging van de saliniteit er voor heeft gezorgd dat *M. manhattensis* daarna niet meer is gezien. In het Noordelijke deel van de Oosterschelde wordt de soort eenmalig in 1995 gevonden, en in het Oostelijke deel in 1997 en 2000. In de Westerschelde wordt *M. manhattensis* eenmalig gevonden in het Oostelijke deel in 2005. *M. manhattensis* is natuurlijk een soort die hard substraat prefereert, waardoor deze bij bemonstering van zacht substraat gemakkelijk kan worden gemist. Met name in jaren met hoge dichtheden zal de soort zich verder verspreiden over locaties met zachte substraat types. Het is dan ook aannemelijk dat de soort steeds aanwezig is in brakke tot brakzoute delen van de Zeeuwse delta. De soort is echter waarschijnlijk weinig succesvol in de Oosterschelde, en momenteel ook niet meer in de Grevelingen daar deze wateren te zout zijn. De grote fluctuaties in saliniteit in de Westerschelde zijn mogelijk een probleem al daar. Het Veerse Meer is gedurende een jaar of 10 a 15 een goed biotoop voor de soort geweest, maar na de opening van de 'Katse Heule' zal het aantal exemplaren van deze soort in het Veerse Meer nu beperkt zijn. *M. manhattensis* is aangetroffen in met name de ondiepe en middel diepe wateren in de range van 0 tot 13.2 meter. In verhouding naar het aantal monsters dat er per substraat type is genomen, lijkt het er op dat klei met schelpen een geschikt substraat is voor *M. manhattensis*. Het frequentst wordt de soort echter op slibbig fijn zand, slib en fijn zand aangetroffen, en lijkt het er vooral op dat de verdeling van de soort over de substraat typen met name het percentuele voorkomen van die substraat typen volgt. Substraat is mogelijk niet bepalend voor het voorkomen van de soort.

Zoals bij veel zakpijpen beïnvloed *M. manhattensis* de vestiging van larven van zakpijpen doordat dezen zich vrijwel niet op de adulte zakpijpen vestigen, waardoor aantallen gevestigde larven op zakpijp vrije substraten hoger uitvallen. Aan de andere kant, vestigen larven zich wel substantieel vaker in de omgeving van adulte zakpijpen. Echter er zijn sterke aanwijzigen dat *M. manhattensis* predeert op de larven van *Cryptosula pallasiana* (mosdiertje), *Balanus* soorten (zeepokken) en oesters, en zo dus de vestiging van die soorten in de omgeving reduceert (Osman & Whitlatch, 1995). *M. manhattensis* blijkt wel gevoelig te zijn voor verstoring, meer dan bijvoorbeeld de kolonievormende zakpijp *Diplosoma listerianum*, die juist van verstoring weet te profiteren (Altman & Whitlatch, 2007).

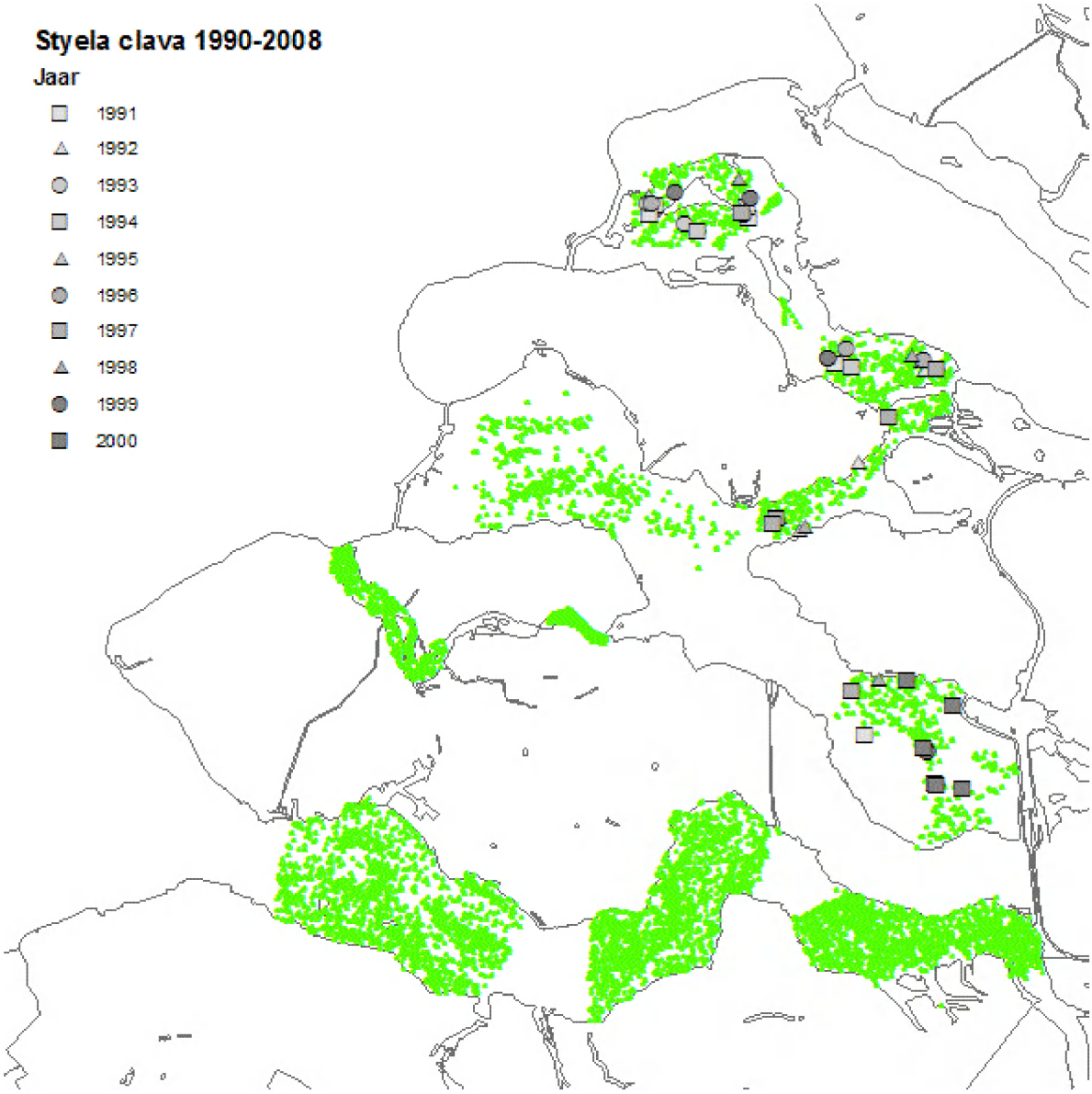
M. manhattensis is volgens Wijsman & De Mesel (2009) nog niet in de Waddenzee waargenomen; maar in het rapport wordt aangegeven dat ten minste één expert aangeeft dat de soort daar al aanwezig is. Het valt ook te verwachten dat de soort zich in de Waddenzee zal vestigen wanneer dit nog niet het geval is. De soort kan ten minste tijdelijk de macrobenthische gemeenschappen behoorlijk beïnvloeden door competitie voor ruimte en voedsel en predatie van larven. Het lijkt er momenteel echter op dat een aantal (exoten) zakpijp soorten elkaar vrij snel opvolgen, dus dat de nieuw gevestigde soort tijdelijk domineert tot de komst van een volgende soort. In de Zeeuwse delta heeft de soort in het Veerse Meer gedomineerd. Mogelijk dat de soort nu behoorlijk kan toenemen in de Westerschelde.

3.6.3. *Styela clava*

De Japanse zakpijp, ook wel Knotszakpijp, *Styela clava*, is een permanent gevestigde exoot die wellicht als aangroei op schepen, of anders via oestertransporten, in Nederland terecht is gekomen. Binnen Nederland is de verspreiding van de soort wellicht via planktonische eieren en larven verlopen. Zoals de Nederlandse naam al zegt, is de soort afkomstig uit Oost Azië (Japan, Korea, Noord China). In 1952 werd de zakpijp voor het eerst aangetroffen in Europa nabij Plymouth (Engeland) (Lützen, 1999; Reise et al., 1999; Streftaris et al., 2005; Wolff, 2005). De Japanse zakpijp werd in 1974 voor het eerst in Nederland aangetroffen in de haven van Den Helder. Enkele maanden later was de soort ook in de veerboothaven van Texel aanwezig, en weer enkele maanden later ook in de Oosterschelde. De soort wordt nu gezien als een algemene soort in de bovengenoemde gebieden, en in de Grevelingen, het kanaal door Zuid-Beveland, het kanaal door Walcheren, het Calandkanaal, het Beerkanaal, enkele bassins nabij de Rotterdamse haven en bij Terschelling (Wolff, 2005).

Uiteraard is *S. clava* wederom een soort die een hard substraat verkiest als vestigingsplaats, waardoor de observaties op zacht substraat de huidige verspreiding wellicht onderschatten. *S. clava* wordt met name gevonden bevestigd aan artificiële substraten, rotsen, stenen, schelpresten en dode of levende tweekleppigen en zeepokken, en kleinere individuen bevestigen zich ook wel eens aan macroalgen (Lützen, 1999). Echter de observaties op zacht substraat kunnen een goede indicatie zijn voor de ontwikkelingen in de aantallen. Ondanks de hierboven vermelde eerste observaties in de

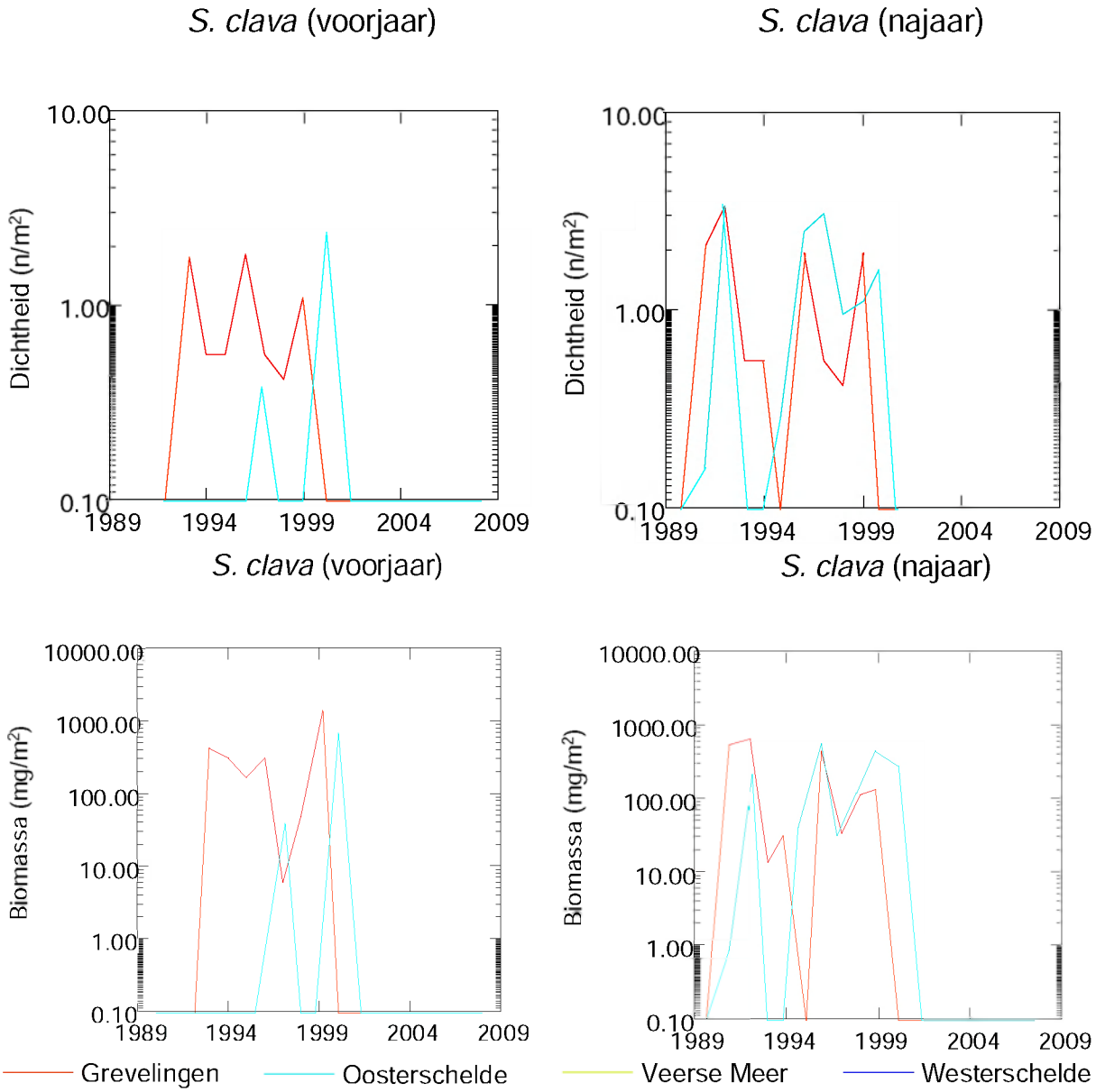
Zeeuwse delta in de Oosterschelde, wordt de Japanse zakpijp door het NIOO-CEME op zacht substraat voor het eerst in de Grevelingen gevonden; en wel vanaf 1982. De soort blijkt daar vanaf die tijd vrijwel onafgebroken aanwezig te zijn in met name het westelijke deel, maar ook wel in het Centrale deel en zo nu en dan in het oostelijke deel.



Figuur 58.
Styela clava waarnemingen in de wateren van de Zeeuwse delta gedurende de periode 1990-2008 op basis van de BIOMON gegevens.

In de projecten buiten de BIOMON om, zet dit beeld zich voort tot en met het jaar 1993. De BIOMON gegevens met een gelijke bemonsteringsintensiteit per jaar, laten zien dat de soort nog tot en met 1999 in zowel het Westelijke als het Oostelijke deel wordt aangetroffen, maar de trefkans blijkt na 1993 inderdaad gereduceerd. Dit leidt ook tot een significant dalende trend in dichtheden en biomassa gemeten in het najaar voor de Grevelingen (Bijlage XXIV). Mogelijk dat de achteruitgaande waterkwaliteit in de Grevelingen een rol heeft gespeeld bij het geleidelijk verdwijnen van de soort. In de Oosterschelde wordt de zakpijp vanaf 1991 aangetroffen. Eerst eenmalig in het Oostelijke deel, waarna de soort pas weer in 1996 in dat deel werd gevonden. Daar werd *S. clava* vervolgens jaarlijks gevonden tot en met het jaar 2000. In het Noordelijke deel van de Oosterschelde is *S. clava* in 1992, 1995, 1997 en 1998 gevonden. Het lijkt er dus op dat halfweg de jaren 90 de omstandigheden voor de Japanse zakpijp in de Oosterschelde goed waren, maar dat de soort sindsdien weer aardig op zijn retour is. Of de soort nog algemeen is of zelfs nog aanwezig is in zowel Grevelingen als

Oosterschelde, zal moeten worden bekeken op hard substraat, maar het is duidelijk dat in beide wateren de dichtheden niet meer erg hoog zullen zijn. Lützen (1999) geeft aan dat *S. clava* een grote, stevige en snelgroeiende soort is waarvoor geen natuurlijke vijanden bekend zijn en die op sommige locaties de inheemse Zakpijp fauna schijnt te vervangen. Mogelijk dat inmiddels de situatie ten minste in de Nederlandse wateren iets is veranderd.



Figuur 59.
Ontwikkelingen in *Styela clava* dichtheden (a,b) en biomassa (c,d) gedurende de periode 1990 – 2008 voor de Grevelingen, de Oosterschelde, het Veerse Meer en de Westerschelde, uitgesplitst naar het voorjaar (a,c) en het najaar (b,d).

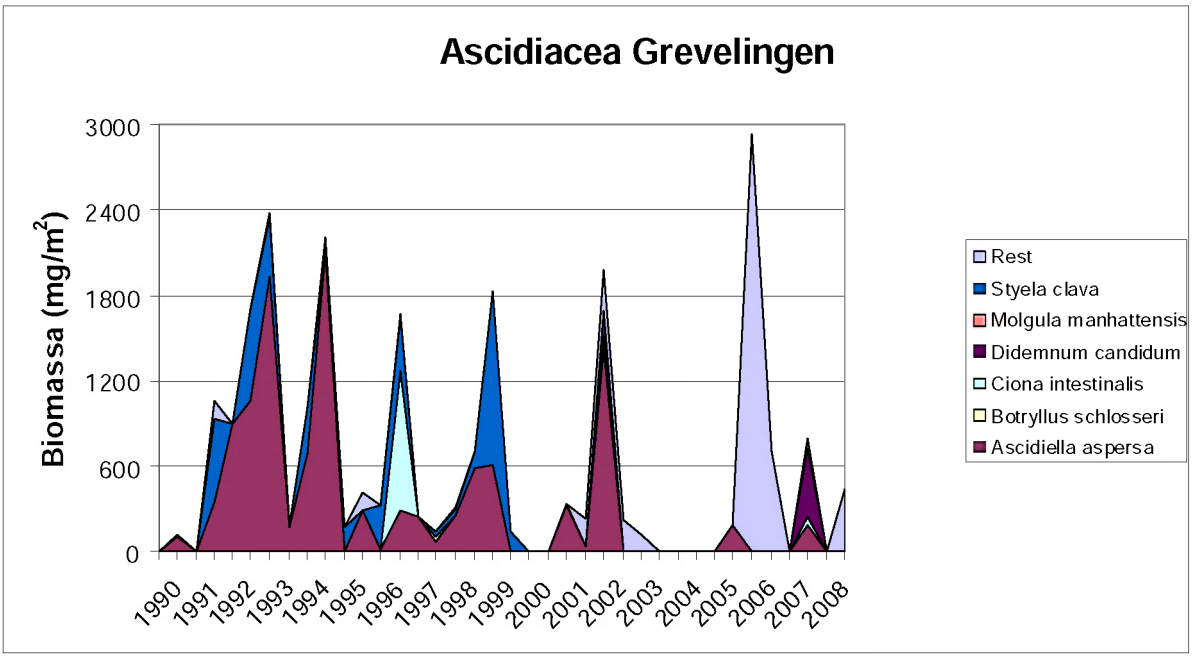
Met dieptes variërend van 1.5 tot 26. 5 meter en een gemiddelde waarnemingsdiepte van 5.3 ± 4.2 m, komt *S. clava* met name voor in de middeldiepe wateren. Dit is in overeenstemming met de literatuur waar dieptes tot 15 a 25 meter worden gegeven, met een sporadische uitschieter tot 40 m (Lützen, 1999). *S. clava* prefereert locaties zonder al te grote golfwerking en met name het sublitoraal zonder getijde werking (Lützen, 1999; Davis & Davis, 2007). Dit verklaart wellicht waarom de soort met name succesvol is in de Grevelingen en de meer beschutte Oostzijde van de Oosterschelde. *S. clava* is een strikt mariene soort die nooit bij saliniteiten onder de 18 is waargenomen (Paavola et al., 2005). Davis & Davis (2007) melden een saliniteitsrange van 20 tot 35, terwijl larven alleen metamorfoseren bij een salinteit tussen de 20 en de 32.

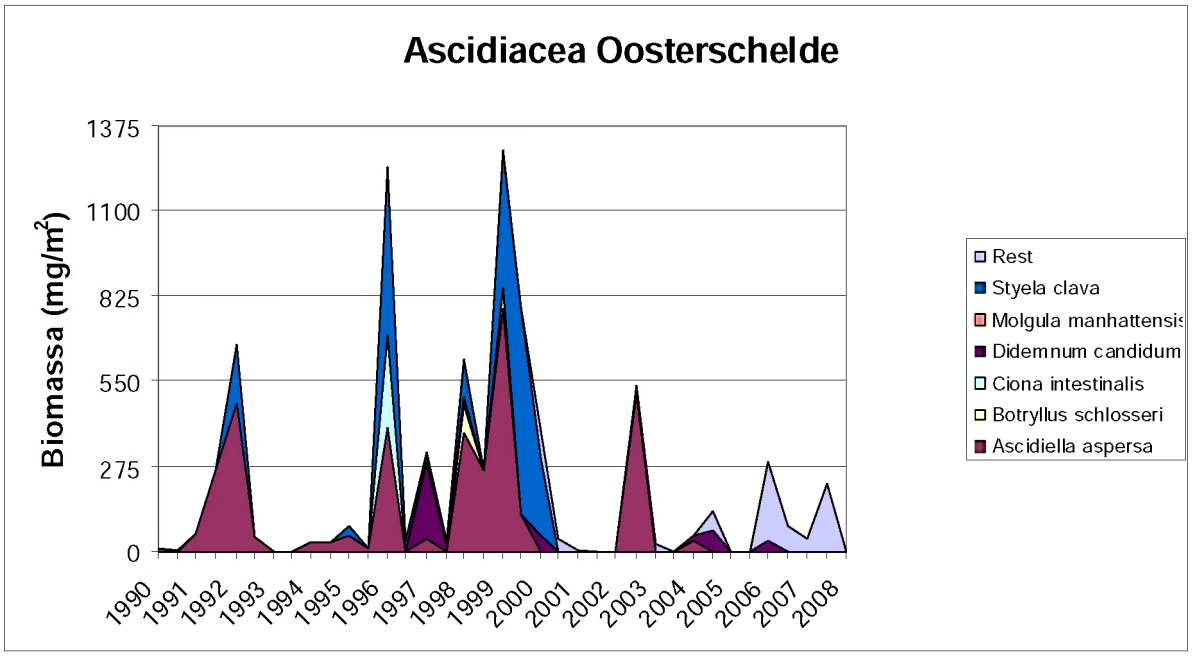
Zo'n 29 % van de populaties gevonden op zacht substraat is waargenomen op veen; overigens ook door Lützen (1999) vermeld als geschikt substraat. Nog eens een 38.6 % is gevonden op slibbig fijn zand met schelpen en fijn zand met schelpen. *S. clava* is resistent tegen temperaturen variërend van onder 0 tot boven de 23, hoewel er in de winter grote mortaliteit in de populaties kan optreden. Het afzetten van de voortplantingsproducten vangt aan bij een temperatuur boven de 15 ℃ (Bourque et al., 2007). Davis & Davis (2007) geven aan dar de temperatuur voor het voorkomen van *S. clava* minsterns boven de 16 ℃ moet uitkomen, wat ook noo dzakelijk is voor de ontwikkeling van de gonaden. Wanneer de dieren vochtig blijven, kunnen ze enkele dagen (in ieder geval 3) droogval overleven (Lützen, 1999). De Japanse zakpijp is erg competitief ten opzichte van inheemse soorten, en bijvoorbeeld ook tweekleppigen, omdat het grote hoeveelheden larven uit het water weet te filtreren, en zodoende de vestiging van die soorten in de directe omgeving kan tegenwerken (Osman & Whitlatch, 1995; Lützen, 1999). Wel worden de larven van *S. clava* weken tot maanden later in het water afgezet dan bij inheemse zakpijpsoorten wat duidelijk een nadeel voor *S. clava* in de competitie om ruimte kan zijn. Er zijn aanwijzingen dat met de vestiging van *S. clava* een aantal inheemse soorten op die locaties zijn vervangen, en dat aan de Engelse Zuidkust ook de populaties van *Ciona intestinalis* (een andere exoot) achteruit zijn gegaan (Lützen, 1999).

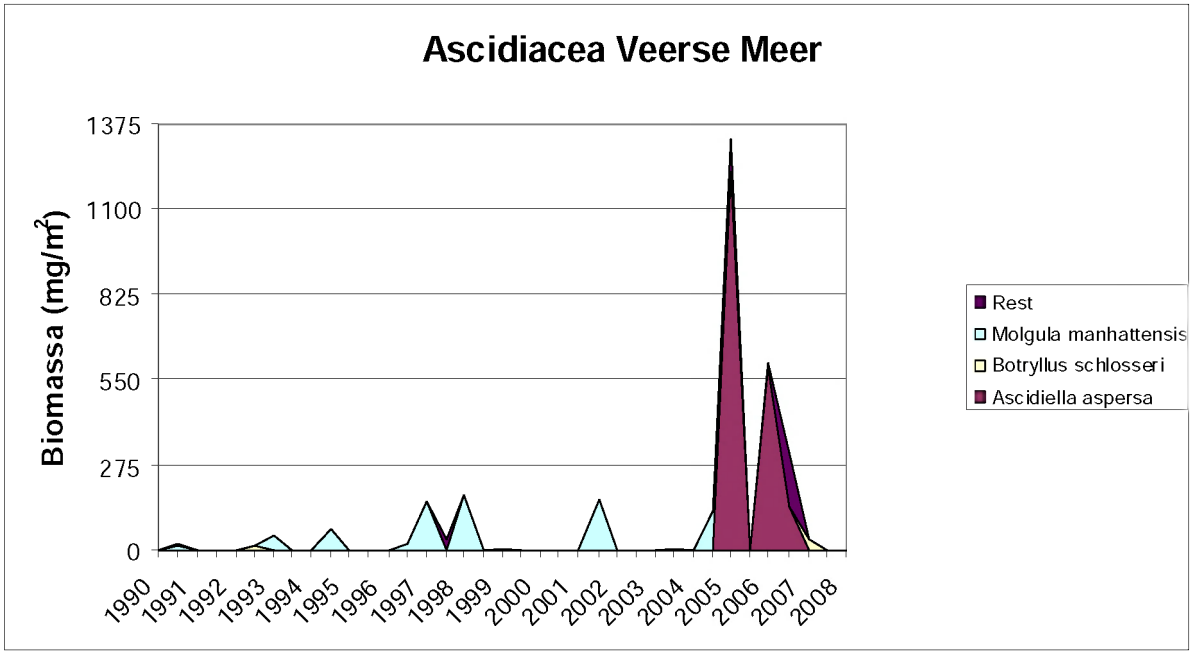
S. clava kan ten minste tijdelijk de macrobenthische gemeenschappen behoorlijk beïnvloeden door competitie voor ruimte en voedsel en predatie van larven. Het lijkt er momenteel echter op dat een aantal (exoten) zakpijp soorten elkaar vrij snel opvolgen, dus dat de nieuw gevestigde soort tijdelijk domineert tot de komst van een volgende soort. In de Zeeuwse delta heeft de soort in delen van de Grevelingen en de Oosterschelde gedomineerd, de soort is echter behoorlijk op zijn retour.

Ascidiacea:

In de Westerschelde is enkel *Molgula manhattensis* waargenomen in 2005. Wel zijn er in 1999 en 2007 ongedefinieerde Ascidiacea waargenomen, wat betekent dat het om kleine exemplaren is gegaan die niet op soort konden worden gebracht. In die jaren is er wellicht broed afgezet, mogelijk van *M. manhattensis*, maar het kan ook om een andere soort gaan. In de drie andere Zeeuwse wateren zijn er behoorlijke schommelingen in Zakpijpen biomassa op zacht substraat tussen de jaren waar te nemen. Gunstige jaren worden waarschijnlijk afgewisseld met minder gunstige jaren. In de Grevelingen is gedurende de jaren 90 de dominante zakpijp soort; *Ascidiella aspersa* (Ruwe zakpijp). De totale biomassa van deze soort laat echter een significant afnemende trend zien.







Figuur 60.
Ontwikkelingen in de gemiddelde biomassa op zacht substraat van inheemse Zakpijpen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), en het Veerse Meer (c). In de Westerschelde is uitsluitend Molgula manhattensis als Ascidiacea soort waargenomen in 2005.

Een andere soort die frequent in hogere biomassa aanwezig is, is de exoot *Styela clava*. Maar ook deze soort laat een afnemende significante trend zien. Andere soorten zijn tijdens de jaren 90 weinig algemeen; alleen de exoot *Ciona intestinalis* vertoont eenmalig in 1996 een piek, maar weet zich niet permanent op zacht substraat te vestigen. De afname van de verschillende zakpijp soorten wordt gevolgd door een toenemend aantal niet op soort gebrachte individuen, die een grote piek vertonen in 2006. Wellicht gaat het daar weer om nieuw broed. In 2007 wordt daarop plotseling *Didemnum candidum* (Witte korstzakpijp) in grotere biomassa gevonden. Opvallend dat deze inheemse soort plotseling een jaar het zachte substraat weet te koloniseren. In 2004 wordt nog de exoot *M. manhattensis* als enige zakpijp soort op zacht substraat aangetroffen; maar de aangetroffen biomassa is zeer klein. De ontwikkelingen in de zakpijpen gemeenschappen in de Grevelingen lijken niet echt door exoten te worden gestuurd.

In de Oosterschelde zien we een gevarieerd beeld van per jaar opkomende en verdwijnende zakpijp soorten. Waar *A. aspersa* is de begin jaren 90 nog vrijwel de enige zakpijp op zacht substraat is, lijken in de loop van de jaren andere soorten steeds meer mee te gaan spelen. De exoot *S. clava* wordt in de jaren 90 frequent in hogere biomassa aangetroffen, maar lijkt de laatste jaren weer volledig van het zachte substraat te zijn verdwenen. *C. intestinalis* en *M. manhattensis* lijken niet echt een rol van betekenis te spelen. Ook in de Oosterschelde lijkt juist *D. candidum* te profiteren van jaren waarin *A. aspersa* minder abundant is. Ook in de Oosterschelde zien we juist gedurende de laatste jaren veel kleine exemplaren. Om broed van welke soort het gaat is onduidelijk. In de Oosterschelde lijkt de ontwikkeling van een aantal zakpijp soorten grotendeels parallel te lopen, waarbij steeds andere soorten opkomen en verdwijnen (Bijlage XLIX). Geen enkele soort lijkt langdurig de gemeenschappen te kunnen domineren.

De laatste 19 jaar, zijn op het zachte substraat van het Veerse Meer, slechts 3 soorten zakpijpen waargenomen: *A. aspersa*, *Botryllus schlosseri* (Gesterde geleikorst) en *M. manhattensis*. Laatst genoemde, een exoot, is steeds de meest voorkomende soort in de brakke Grevelingen geweest. Echter met de openstelling van de 'Katse Heule' in 2004, en het zout worden van het milieu, is de soort nog voor het laatst in 2005 aangetroffen. Met name *A. aspersa* heeft daarna gedurende twee jaar een flinke piek in het najaar laten zien. In het najaar van 2008 zijn geen Ascidiacea op het zachte substraat van het Veerse Meer aangetroffen.

De ontwikkelingen in alle Zeeuwse wateren geven aan dat de concurrentiepositie van de exoten onder de Ascidiacea momenteel op zacht substraat in ieder geval niet beter is dan die van de inheemse soorten. De ontwikkelingen laten vooral een komen en gaan van soorten zien, waarbij in het zoute milieu momenteel juist de inheemse soort *A. aspersa* het meest succesvol is. Alleen in de brakke wateren is de exoot *M. manhattensis* de meest algemene zakpijp soort, maar betekent dit voor het zachte substraat nog steeds lage dichtheden. Momenteel is er alleen een brak milieu in een deel van de Westerschelde, waar het echter grotendeels te dynamisch lijkt te zijn voor de soort om flink uit te breiden.

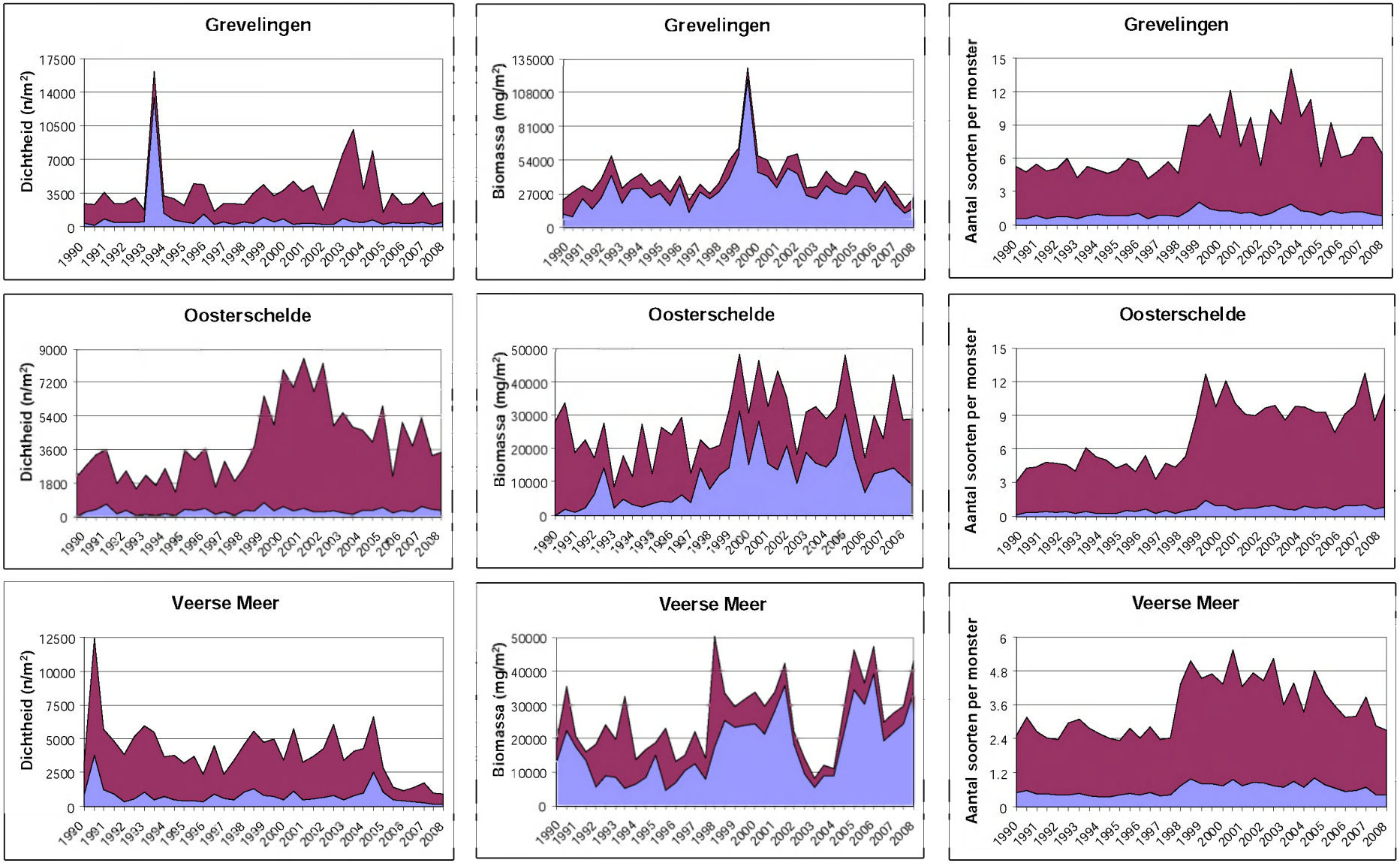
4. Discussie

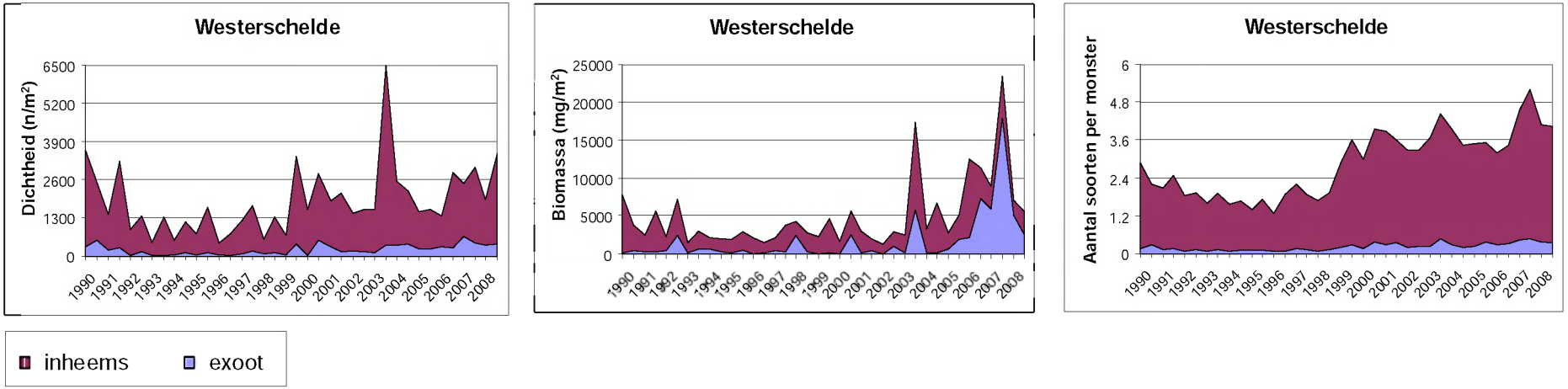
4.1. Het aandeel exoten in de Zeeuwse wateren

In de Grevelingen bedraagt het aandeel exoten zo'n 23 % van het totale aantal individuen aanwezig op het zachte substraat (Figuur 61). De exoten dichtheden, evenals de dichtheden aan inheemse macrofauna zijn hierbij redelijk constant, met uitzondering van een flinke piek aan exoten in 1994, die zoals eerder aangegeven, volledig op naam van *C. fornicata* komt. Er is dan ook geen significante toe- of afname in exoten dan wel inheemse macrofauna gevonden over de afgelopen 19 jaar (Bijlage LIII). In biomassa is er echter wel een significante afname in de inheemse macrofauna in de Grevelingen gevonden die moet worden gezocht in een afname van de inheemse tweekleppigen. De exoten laten echter eerder een optimum in biomassa zien rond 1999-2000. Mogelijk hebben de exoten dus initieel geprofiteerd van de achteruitgang van het systeem, maar worden de omstandigheden nu ook voor de exoten slechter. Over de gehele onderzoeksperiode gezien bestaat zo'n 75 % van de macrofauna biomassa in de Grevelingen uit exoten. Door de significante afname in biomassa van de inheemse soorten is het aandaal exoten echter van rond de 40 via 80 naar 70 % gegaan (Bijlage LII). Het aantal soorten per monster laat voor zowel de inheemse soorten, als voor de exoten een significante toename zien. Het aantal exoten dat per monster kan worden verwacht ligt net iets boven de 1, ten opzichte van 6 inheemse soorten per monster, wat betekend dat in een monster zo'n 16 a 17 % van de soorten exoot zal zijn (Bijlage LII). Het aantal inheemse soorten dat in een monster kan worden gevonden is overigens positief gerelateerd aan het aantal exoten in dat monster, wat betekent dat in soortenrijke gebieden, zowel het aantal inheemse soorten als exoten rijker is (Bijlage LIV).

In de Oosterschelde liggen de gemiddelde dichtheden aan macrofauna over de gehele onderzoeksperiode net iets lager dan in de Grevelingen. Dit is grotendeels toe te schrijven aan de exoten die veel minder talrijk zijn; de inheemse soorten zijn juist talrijker in de Oosterschelde. Zodoende bestaat slechts 7.4 % van de macrofauna in de Oosterschelde uit exoten (Figuur 61; Bijlage LII). Waar de aantallen aan inheemse fauna significant toenemen over de gehele onderzoeksperiode, zijn de aantallen exoten relatief stabiel (Bijlage LIII). In biomassa in echter een omgekeerde trend zichtbaar. Het gemiddelde gewicht aan exoten neemt toe, terwijl de inheemse biomassa juist stabiel is (Figuur 61; Bijlage LII). De exoten bepalen zo'n 41 % van de biomassa in de Oosterschelde. Ook dit is echter een percentage wat in de loop van de tijd flink is toegenomen, en recentelijk weer iets lijkt te dalen. De gemiddelde biomassa is overigens beduidend lager in de Oosterschelde dan in de Grevelingen. Het gemiddelde aantal soorten exoten ligt in de Oosterschelde op 0.6 per monster, tegenover 6.7 inheemse soorten (Figuur 61). Wel laten beiden een significante toename zien gedurende de afgelopen 19 jaar (Bijlage LIII). Hat aantal inheemse en exoten soorten per monster is dan ook positief aan elkaar gerelateerd, en dat geldt ook voor de dichtheden aan inheemse macrofauna en exoten.

In het Veerse Meer zijn de gemiddelde dichtheden aan macrofauna over de onderzoeksperiode in dezelfde orde van grote als in de Grevelingen. De exoten maken gemiddeld ruim 20 % van de macrofauna aantallen uit (Figuur 61; Bijlage LII). De dichtheden aan inheemse macrofauna nemen echter significant af, en dit is minder het geval voor de exoten (Bijlage LIII). Wel blijken de dichtheden aan inheemse soorten en exoten significant met elkaar gecorreleerd te zijn. De biomassa in het Veerse Meer heeft aardig geschommeld, met een flinke dip rond 2003-2004; toe te schrijven aan de zuurstof arme condities die frequent optraden. Over de gehele onderzoeksperiode vertoont de biomassa aan exoten echter een significante toename, die afwezig is voor de inheemse macrofauna (Figuur 61; Bijlage LIII). Dit is ook zichtbaar in het percentage biomassa wat wordt ingenomen door de exoten, hoewel begin jaren 90 het aandeel exoten in de biomassa ook behoorlijk was (Bijlage LII). Gemiddeld maken de exoten 67 % van de biomassa in het Veerse Meer uit, maar halfweg de jaren 90 schommelde dit percentage nog rond de 40, en momenteel gaat het richting de 80 %. Het aantal exoten soorten gevonden per monster ligt in het Veerse Meer op het zelfde niveau als in de Oosterschelde; ongeveer 0.6. Het gemiddelde aantal inheemse soorten ligt echter veel lager, op zo'n 2.9 per monster. Zo'n 18 % van de soorten in een Veerse Meer monster is dus exoot, en dit percentage is de afgelopen 19 jaar vrij stabiel (Bijlage LII). Ook in het Veerse Meer nemen de soortenrijkdom van inheemse soorten en exoten in gelijke maten toe, en zijn dezen positief gecorreleerd.


Grevelingen
Dichtheid (n/m²)
Grevelingen
Biomassa (mg/m²)
Grevelingen
Aantal soorten per monster
Oosterschelde
Dichtheid (n/m²)
Oosterschelde
Biomassa (mg/m²)
Oosterschelde
Aantal soorten per monster
Veerse Meer
Dichtheid (n/m²)
Veerse Meer
Biomassa (mg/m²)
Veerse Meer
Aantal soorten per monster

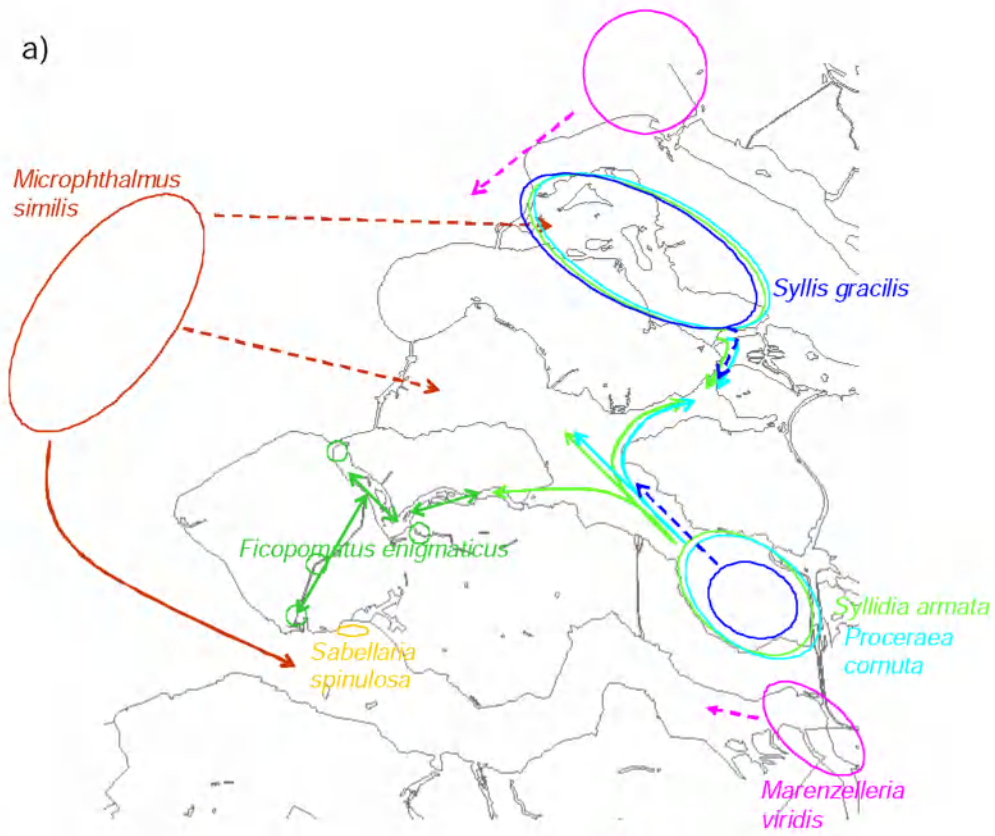


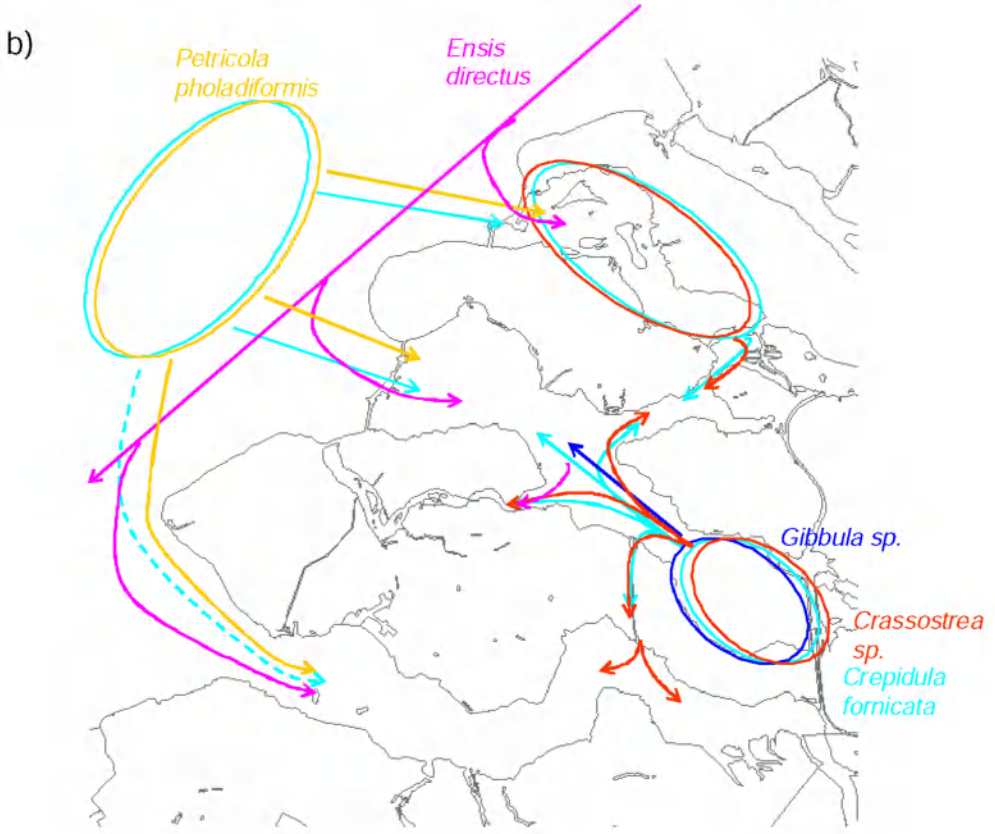
Figuur 61.
Overzicht van de ontwikkelingen van inheemse soorten en exoten in totale dichtheden in aantallen per vierkante meter (a,d,g,j), in totale biomassa in milligrammen per vierkante meter (b,e,h,k) en in aantallen soorten per monster (c,f,i,l)*, voor respectievelijk de Grevelingen (a,b,c), de Oosterschelde (d,e,f), het Veerse Meer (g,h,i) en de Westerschelde (j,k,l), gedurende de periode 1990-2008.
*Het bemonsterde oppervlak per monster is altijd 0.015 m^2, met uitzondering van de ondiepe monsters (stratum 0-2 m) in de Grevelingen en het Veerse Meer (daar bedraagt het bemonsterde oppervlak 0.020 m^2) zodat de soorten dichtheden in de Grevelingen en het Veerse Meer in verhouding tot deze in de Oosterschelde en de Westerschelde, 8.3 % hoger zullen uitpakken.

In de Westerschelde lijkt er begin jaren 90 spraken te zijn van een afname van de dichtheden, gevolgd door een toename in deze eeuw. De gemiddelde dichtheden liggen echter een stuk lager dan in de 3 andere wateren. Waar de dichtheden aan exoten met gemiddeld 228 individuen per vierkante meter, wel het niveau van de Oosterschelde benaderen, blijven de aantallen aan inheemse macrofauna tot de helft van die van de Oosterschelde beperkt. Zodoende komt het percentage exoten in het totale aantal dieren op 12 procent (Bijlage LII). Waar de dichtheden aan exoten significant toe nemen, is dit echter minder het geval voor de inheemse macrofauna (Bijlage LIII). Wel vertonen de inheemse en exoten dichtheden een significant positieve regressie. Ook in biomassa nemen de exoten significant toe, en de inheemse soorten niet, wat zichtbaar is in de recentelijke piek, vrijwel in zijn geheel toe te schrijven aan *E. directus*. Gemiddeld maken de exoten bijna 33.5 % uit van de biomassa gedurende de onderzoeksperiode, maar lange tijd schommelde dit percentage rond de 10, echter de laatste jaren is dit rond de 70 % (Bijlage LII). Het aantal inheemse soorten per Westerschelde monster bedraagt gemiddeld 2.6, het aantal exoten soorten iets meer dan 0.2. Het aandeel exoten in de soorten per monster is gedurende de onderzoeksperiode stabiel om en nabij de 7.5 %. Ook in de Westerschelde is deze stabiliteit het gevolg van een significante gestage toename in het aantal soorten per monster, en is de trefkans op inheemse en exoten soorten significant positief gecorreleerd (Bijlage LIV).

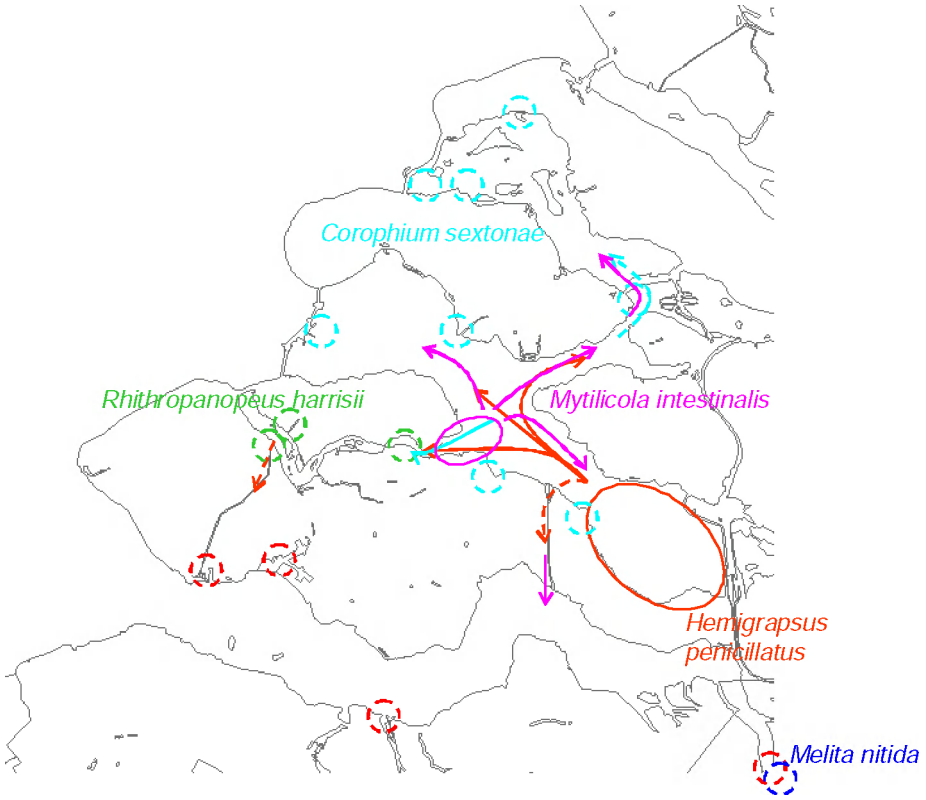
4.2. Hotspots voor opkomst en vestiging exoten

Uit deze rapportage, en uit eerder werk, blijkt dat de routes van introductie van exoten vaak overeen komen voor verschillende soorten. Figuur 62 geeft een overzicht van de opkomst en verspreiding van exoten in de Zeeuwse delta, voor zover dit kon worden ingevuld met behulp van de eigen gegevens en informatie uit de literatuur. Figuur 62a laat een overzicht zien van de introductie van exoten onder de Polychaeten in de Zeeuwse delta. De introductie van drie van de exoten is duidelijk gekoppeld aan de oesterkweek. *S. gracilis*, *S. armata* en *P. cornuta* zijn zeer waarschijnlijk allen meegekomen met oesters uit het buitenland, en zodoende in het Oostelijke deel van de Oosterschelde, danwel in de Grevelingen beland. Waarschijnlijk gaat het voor die soorten om twee introducties; eerst in de Oosterschelde, en van daar uit via oesters in de Grevelingen, of een tweede introductie vanuit het buitenland in de Grevelingen. Van twee van de drie soorten is het vrijwel zeker dat ze in de jaren 40 al eens zijn geïntroduceerd. De soorten hebben zich in die tijd waarschijnlijk niet permanent gevestigd. Eind jaren 80 zijn ze nog eens geïntroduceerd. De populaties hebben zich toen wel verder ontwikkeld en uitgebreid. Figuur X geeft een overzicht van de oesterputten in de Zeeuwse delta. Het is voor de hand liggend dat er geregeld exoten met oesters mee komen en in de Zeeuwse wateren worden geïntroduceerd. Ook worden exoten populaties die zich wel hebben weten te vestigen mogelijk geregeld aangevuld met dieren uit het buitenland. Niet alleen weten exoten mee te liften met de oesters; maar die oesters vormen ook een prima substraat waar zich nog geen (inheemse) gemeenschap op heeft ontwikkeld. De vaak kleine wormpjes kunnen dus eenvoudig meeliften met oesters. Ook kunnen kleine wormen eenvoudig worden verspreid via aangroei op boten. Dit is de meest waarschijnlijke route voor *M. similis*, *M. viridis*, *F. enigmaticus* en *S. spinulosa*. Het verschil in eerste vestigingslocatie tussen de soorten zit hem vooral in het verschil in geprefereerd habitat. *M. similis* weet zich prima te vestigen in het zoute dynamische milieu van de Noordzee/Voordelta van waaruit met name de Westerschelde maar ook de andere zoute wateren (Grevelingen en Oosterschelde) zijn bereikt. *M. viridis* heeft een duidelijk voorkeur voor de dynamische mesohaliene wateren van waaruit ook zoutere wateren kunnen worden betrokken, en heeft zich waarschijnlijk succesvol weten te vestigen in de Westerschelde vanuit de Scheldehavens rond Antwerpen. Ook via de Voordelta, met name daar waar een flinke zoetwater input aanwezig is, bereikt de soort de Zeeuwse wateren, en is vestiging landinwaarts mogelijk. *F. enigmaticus* vereist een brak milieu, heeft de voorkeur voor hard substraat, en is met name succesvol in ecologische verarmde milieus. Het is dan ook waarschijnlijk dat de soort in één of meerdere haventjes rond het Veerse Meer en of het Kanaal door Walcheren terecht is gekomen, en zich van daaruit heeft uitgebreid. *S. spinulosa* vraagt weer om andere omstandigheden, en is wellicht een soort die zich vooralsnog niet permanent weet te vestigen in de Zeeuwse delta en met name problemen heeft met de winters. De soort is al wel eens opgedoken tussen de oesters, maar komt wellicht ook wel eens mee met boten, en is zo mogelijk in het Vlissingen/Borssele haven gebied terecht gekomen.

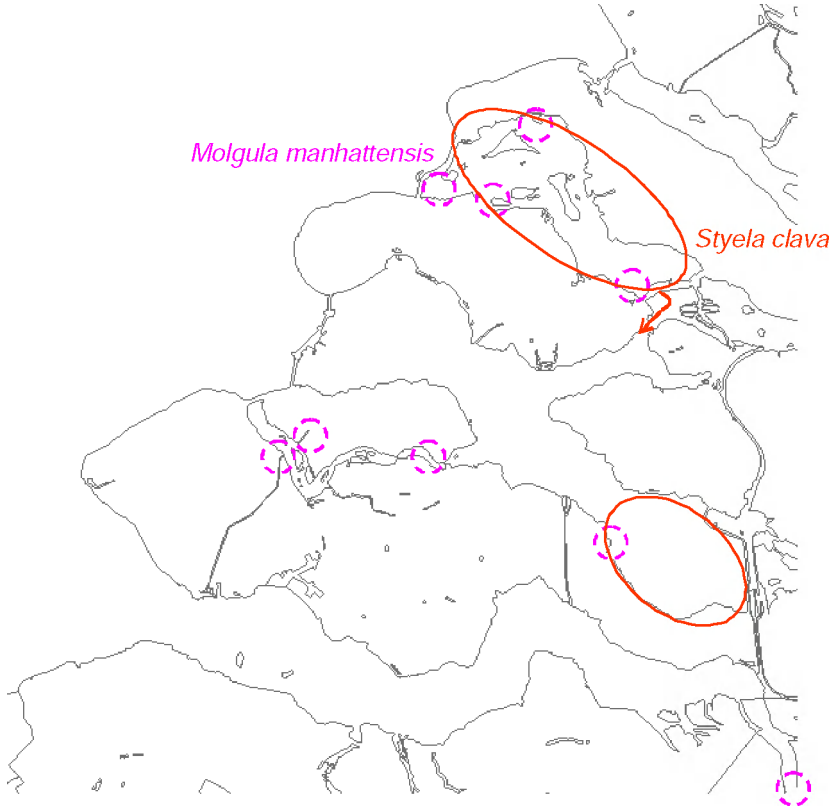

a)
Microphthalmus similis
Syllis gracilis
Ficopomatus enigmaticus
Sabellaria spinulosa
Syllidia armata
Proceraea cornuta
Marenzelleria viridis


b)
Petricola pholadiformis
Ensis directus
Gibbula sp.
Crassostrea sp.
Crepidula fornicata

c)



d)



Figuur 62.
Overzicht Zeeuwse delta, met daarin aangegeven de gebieden waar exoten zich mogelijk het eerst gevestigd hebben, en van waaruit ze zich hebben verspreid. Opkomst en verspreiding Polychaeta (a), Mollusca (b), Crustacea (c), Tunicata (d). Ovalen en pijlen geven respectievelijk de locatie van eerste vestiging en route van verspreiding; gestippelde ovalen geven mogelijke locaties van eerste vestiging aan; gestippelde pijlen geven minder belangrijke routes van verspreiding aan.

Het uitzetten van oesters biedt niet alleen kansen voor Polychaeten soorten, maar ook de Mollusken *C. fornicata* en *Gibbula sp.* (Figuur 62b) zijn op die manier in de Zeeuwse delta belandt. De Mollusken leven op het substraat dat de oesters vormen, of komen eenvoudig als larfjes of spat met de oesters mee. Uiteraard is ook *Crassostrea sp.* zelf een exoot gerelateerd aan de oesterkweek, maar deze soort is actief uitgezet en zeer succesvol geworden. *C. fornicata*, die ook prima gedijd in de Voordelta, is overigens ook geleidelijk als aanhechting aan boten en aan drijvend materiaal in de Voordelta terecht gekomen en heeft van daar uit de delta gekoloniseerd. Van *Gibbula sp.* is het onzeker of die al in de Grevelingen aanwezig is, of dat de omstandigheden daar voorlopig de succesvolle vestiging van de soort tegen gaan. Larven en kleine schelpdieren verspreiden zich ook zeer gemakkelijk via ballast water in schepen en/of met stromingen in Zee. De soorten die zich ook op zee of in de Voordelta prima thuis voelen kunnen zo geleidelijk hun verspreidingsgebied uitbreiden. Dit geldt voor *P. pholadiformis* en *E. directus*, waarbij de laatste een duidelijke beweging van Noord naar Zuid heeft laten zien in zijn uitbreiding. Waar de Polychaeten wellicht nog iets meer afhankelijk zijn van meeliften voor hun uitbreidingen, spoelen de larven van Bivalven ook gemakkelijk naar nieuwe gebieden en maken gebruik van de routes door de Katse Heule naar het Veerse Meer en door het Kanaal door Zuid-Beveland naar de Westerschelde, en mogelijk in de toekomst ook het Kanaal door Walcheren van Veerse Meer naar Westerschelde.

Een andere meelifter met de oesters is de Crustacea *H. penicillatus* (Figuur 62c) die geleidelijk vanuit de oesterputten nu de delta, beginnende bij de Oosterschelde en het Veerse Meer, veroverd, en langzaam richting de Westerschelde gaat. *M. intestinalis* laat zien dat niet alleen de import van oesters voor de vestiging van exoten zorgt. *M. intestinalis* is aanwijsbaar met mossel import in de Zandkreek terecht gekomen. Eigenlijk zijn alle schelpdier import activiteiten potentiële vectoren voor de introductie van exoten. Dat nu een groot aantal exoten aan de oestercultuur wordt toegeschreven en niet aan de mosselcultuur is meer het gevolg van meer aandacht voor macrofauna op oesters al in de jaren 40 en 50 (bv. Korringa, 1951), het feit dat de oesters ook vanuit gebieden buiten Europa werden gehaald, en dat de mossel introductie van meer recentelijke datum is. Op dit moment lijken de mossel transporten echter net zo belangrijke vectoren voor exoten te zijn als de oester transporten (Engelberts et al., 2009; Wijsman & De Mesel, 2009). De overige Crustacea zijn weer eerder gekoppeld aan ballastwater of aangroei op boten. Zo zijn de bronnen van *C. sextonae*, *R. harrisii*, *M. nitida*, en wellicht ook *H. penicillatus* in gebieden zonder oestercultuur, wellicht vooral de havens en haventjes. *C. sextonae* de haventjes in de zoute wateren rond de Oosterschelde en de Grevelingen; *R. harrisii* in het verleden de brakwater haventjes van het Veerse Meer, en *M. nitida* het mesohalien in de dokken rond Antwerpen.

Ook de introductie van de Tunicaat *S. clava* (Figuur 62d) kan weer worden gekoppeld aan de oestercultuur. Waar alle andere soorten zich vanuit de oesterputten hebben weten te verspreiden over de gehele Oosterschelde is *S. clava* beperkt gebleven tot het Oostelijke deel. Ook is de soort te vinden in de Noordelijke tak, maar dat kan eveneens vanuit de Grevelingen, waar de soort wel in zowel Oost als West wordt aangetroffen, zijn gebeurd. *M. manhattensis* lijkt weer vooral als larve mee te zijn gelift met boten op wanden of in ballastwater, en de eerste vestigingsplaatsen moeten dan ook worden gezocht in en rond de haventjes.

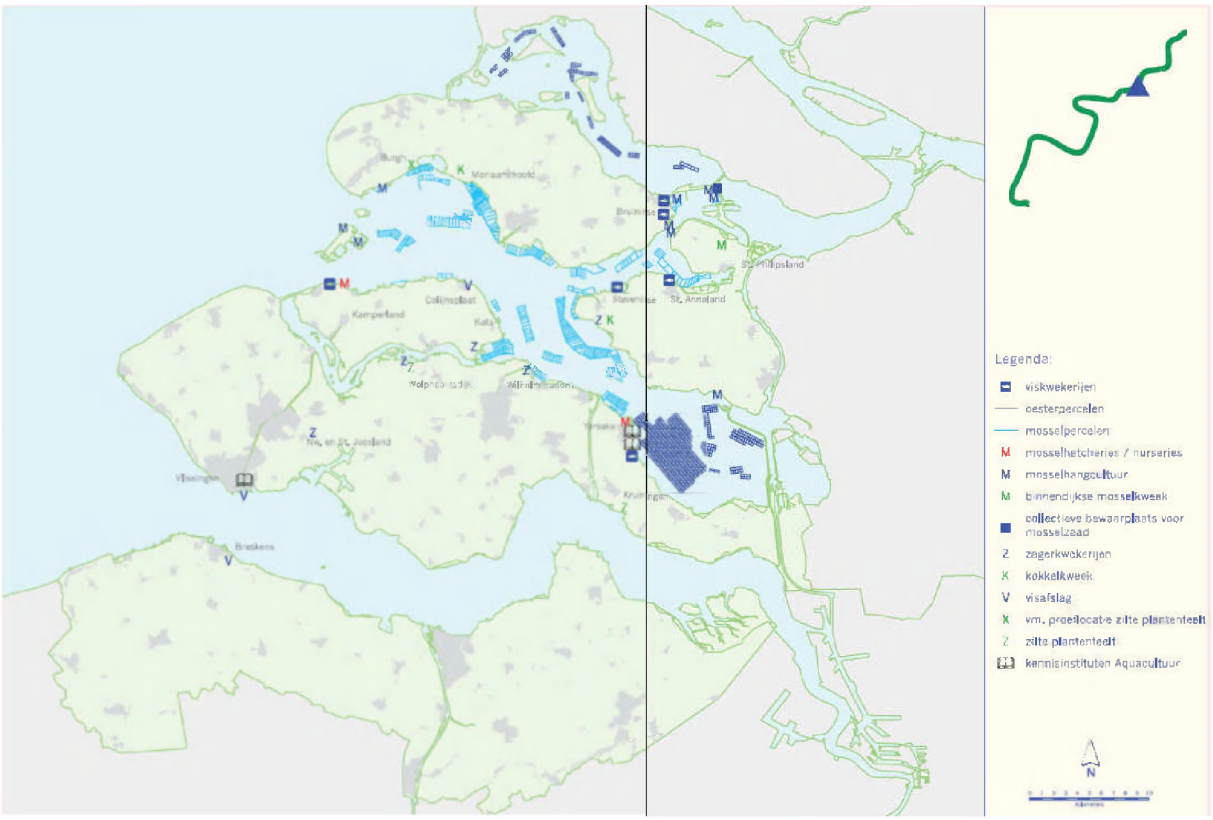
In het totaal hebben 27 exoten soorten aangetroffen gedurende de BIOMON monitoring van 1990-2008 op zacht substraat in de Zeeuwse delta. Hierbij zitten ook de 2 soorten waarover eigenlijk wel overeenstemming is dat het geen exoten zijn (*Nereis succinea* en *Ciona intestinalis*) en waarbij *Microphthalmus similis* en eventueel *Boccardiella ligerica* mogelijk ook inheems zouden kunnen zijn. Al deze soorten in ogenschouw nemend, hebben we 7 tot 10 soorten die als aangroei op schepen in de Nederlandse wateren terecht zijn gekomen. Dit aantal is variabel, omdat enkele soorten duidelijk 2 verschillende vectoren hebben gebruikt, of dat het onzeker is welke van twee vectoren benut is. Nog eens 2 tot 4 soorten zijn gerelateerd aan ballast water. Daar tegenover staan 8 a 9 soorten die in Nederland zijn gekomen via de oestercultuur, en één soort aanwijsbaar via de mosselcultuur. Voor 6 soorten is de vector onbekend. Hiermee kan eigenlijk worden gesteld dat de twee routes, scheepvaart en schelpdiertransport ongeveer even belangrijk zijn voor de introductie van exoten. Inzoomend, lijkt voor soorten die kunnen worden aangetroffen op zacht substraat, vooral de aangroei aan boten belangrijker dan transport via ballastwater. Dat de oestercultuur veel meer exoten in de delta heeft gebracht dan de mosselcultuur, is vooral toe te schrijven aan de veel langere geschiedenis van oesterintroducties, dat het daarbij in tegenstelling tot bij de mossel om compleet andere soorten is gegaan, en dat de introducties, ten minste via via, vanuit andere continenten (Amerika en Azië) hebben plaats gevonden. Mosselintroducties hebben alleen plaats gevonden vanuit Europese, ten minste vergelijkbare, wateren. Dit laatste is iets wat tegenwoordig ook voor de oester in ogenschouw

moet worden genomen. Het is dan ook te verwachten dat in de toekomst de introductie van exoten via mosseltransporten even belangrijk zal zijn als via oestertransporten; te meer dat voor de mosselen het aantal verplaatsingen recentelijk sterk is toegenomen. Scheepvaart, en wellicht nog meer pleziervaart over steeds grotere afstanden neemt alleen maar toe, zodat deze vectoren van onverminderde importantie zullen blijven. Wanneer er gericht naar exoten wordt gezocht, lijkt het aan te bevelen om zich te richten op schelpdiercultures en bedden, en havens en in toenemende mate plezierboot haventjes.

4.3. Exoten een gevaar of een aanwinst?

Een frequent gehoorde theorie is dat exoten met name succesvol zijn in brakwater milieus. Dit zijn vaak juist de milieus met het kleinste aantallen inheemse soorten. Hierdoor is er wellicht juist ruimte voor exoten in brakwater milieus. Juist soorten die in de regio van herkomst in brakke wateren voor komen, blijken in potentie invasief te zijn (Paavola et al., 2005). Anderzijds blijken exoten met name verstoorde systemen te koloniseren (Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003), wellicht mede door vrijgekomen niches daar door het wegvallen van inheemse soorten. Eén van de factoren die stress in systemen kan veroorzaken is een stijgende temperatuur, bijvoorbeeld ten gevolgen van klimaatsveranderingen (Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003). Mogelijk dat dit in de toekomst een toename van het aantal exoten kan veroorzaken. Exoten kunnen echter ook juist de ontbrekende factoren zijn in een systeem dat zich aan past aan nieuw ontstane omstandigheden na en ten tijden van (antropogene) stress (Occhipinti-Ambrogi & Savini, 2003). Reise et al., (1999) geeft dan ook aan dat er eerder spraken is van de toevoeging van soorten, dan van de uitwisseling van soorten, als er naar de geschiedenis van de vestiging van exoten in het Noordzee gebied wordt gekeken. Dit is ook het beeld dat wordt verkregen wanneer de exoten aanwezig op zacht substraat in de Zeeuwse delta worden geanalyseerd.

Een aantal schelpdieren is zeer succesvol en bereikt hoge dichtheden en drukt daarmee een stempel op het milieu, doordat ze een grote rol spelen in de voedselrijkheid en helderheid van het water. Verder veranderen ze ook tot op zekere hoogte het substraat door slib invang, feces productie, of door het vormen van hard substraat in een eens overwegend zacht substraat omgeving. De filterende werking op het milieu lijkt vanuit ecologisch oogpunt alleen maar positief voor soortenrijkdom en diversiteit, hoewel vanuit het oogpunt van de schelpdierculturen er wel stemmen op gaan om de voedselrijkheid van bijvoorbeeld de Oosterschelde te verhogen (Provincie Zeeland, 2006; Meeuse, 2009). Over het vormen van nieuw substraat verschillen de meningen; een groot aantal soorten heeft hier baat bij, maar even zoveel soorten kunnen juist weinig met het nieuw gecreëerde systeem. In de Zeeuwse delta heeft de komst van exoten onder de schelpdieren wellicht mede gezorgd voor de achteruitgang van de inheemse schelpdieren als de mossel en de kokkel. Echter, in combinatie met een achteruitgang van de waterkwaliteit. Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de situatie in de Grevelingen. In wateren met een goede kwaliteit (zoals de Oosterschelde) lijkt het probleem dan ook minder te spelen. Toch is ook in de Oosterschelde de mossel achteruit gegaan. Het is echter opvallend dat de mossel in de Oosterschelde ook niet meer tot succesvolle broedval komt. Dit is een indicatie dat niet alleen de opkomst van de exoten voor de achteruitgang van de mossel heeft gezorgd, maar dat de oorzaak in milieufactoren en waterkwaliteit moet worden gezocht. Een goede testcase hiervoor is het Veerse Meer, waar het er op lijkt dat kokkels en mossels weer kunnen terug keren na de eerste verbetering van de waterkwaliteit (Wijnhoven et al., 2009). Voor succesvolle broedval is mogelijk meer wateruitwisseling, hogere nutriëntengehaltes en/of een reductie van organische contaminanten noodzakelijk. Uiteraard is een kenmerk van succesvolle exoten dat ze zich snel verspreiden, een tijdelijk voorsprong hebben op de inheemse soorten door het grotendeels ontbreken van predatoren, parasieten en ziektes. Geleidelijk zullen die echter ook in het systeem komen, en zullen soorten (predatoren) zich gaan aanpassen aan de nieuwe voedselbron en de nieuwe mogelijkheden. Het lijkt er dan ook op dat soorten zoals *Ostrea edulis*, niet geheel zullen verdwijnen met de komst van *Crassostrea sp.*, maar dat de populaties min of meer zullen stabiliseren, en op een gegeven moment juist weer weten te profiteren van mindere jaren voor de exoot, die ook steeds frequenter gaan voorkomen, door gewenning/aanpassing van het systeem aan de exoot. Zie bijvoorbeeld Engelsma et al. (2010).



Figuur 63.
Overzicht van Aquacultuur activiteiten en initiatieven in Zeeland. Kaart in zijn geheel overgenomen uit 'Aquacultuur in Zeeland: de blauwe revolutie (Provincie Zeeland, 2006)'.

De exoten onder de Tunicaten kunnen zeer invasief zijn, en in korte tijd sterk uitbreiden en systemen gaan overheersen. Echter ook voor deze groep geldt, dat de kans hier op zeer klein is in gezonde goed functionerende ecosystemen. In de Zeeuwse delta zien we een vrij snel elkaar opvolgen van zakpijpsoorten, waarbij ook inheemse soorten mee doen, en qua concurrentie positie niet onder lijken te doen voor de exoten. Zo'n ontwikkeling kan uiteraard anders verlopen in sterk ecologisch verarmde systemen of op nieuwe substraten waar exoten nauwelijks concurrentie aantreffen.

In de groepen der Polychaeten en Crustaceaen zien we vooral dat exoten de inheemse gemeenschappen aanvullen. Een enkele uitzondering daargelaten, zoals de opkomst van *H. penicillatus*, parallel lopend met de achteruitgang van *Carcinus maenas*, zien we dat er nauwelijks negatieve effecten van exoten op inheemse soorten zijn waar te nemen. Plaatselijk kunnen die exoten wel zeer succesvol worden, en sommige exoten, zoals *T. marioni*, zijn al niet meer weg te denken uit het systeem. Maar het regelrecht uitroeien van inheemse soorten in een goed functionerend systeem, kunnen we de exoten niet toeschrijven. Veelal ontstaat er een nieuwe verdeling van soorten over de habitats waarbij in het slechtste geval enkele inheemse soorten wat hebben moeten inschikken. Zo ook zal een soort als *C. maenas* zich wel weten te handhaven in bepaalde habitats, en zal *H. penicillatus* op den duur ook meer weerstand gaan krijgen in het systeem.

De Zeeuwse delta is dan ook niet te vergelijken met bijvoorbeeld het Nederlandse rivierengebied, waar een ramp het volledige systeem 'schoon' veegde, en er geen inheemse soorten meer waren om de komst van exoten op te vangen (Van Riel et al., 2006; Leuven et al., 2009). Daar kunnen de inheemse soorten slechts mondjesmaat terugkeren uit aangrenzende systemen, en hebben juist enkele exoten de kans gekregen het systeem naar hun hand te zetten. Het meest vatbaar voor exoten, en de overheersing door exoten is momenteel echter de Grevelingen, omdat de omstandigheden voor de reeds aanwezige inheemse fauna geleidelijk verslechteren. En bij iedere niche die vrij komt maken de exoten ten minste even veel kans als de inheemse soorten. Iets soortgelijks zagen we tot voor kort in het Veerse Meer. Daar lijkt een grotere verversing van het systeem, en het opkrikken en stabiliseren van de saliniteit, in enkele jaren al te zorgen voor het terugdraaien van de trend. Nog steeds is het een exoot (*M. arenaria*) die domineert, maar geleidelijk

zien we de eerste soorten (zowel exoten als inheemse soorten) die terrein gaan winnen (Wijnhoven et al., 2009).

Al met al kan worden gesteld dat van de 27 exoten (inclusief twijfelgevallen) waargenomen gedurende de 19 jaar BIOMON monitoring op het zachte substraat van de Zeeuwse delta, er 6 invasief te noemen zijn volgens de definitie gegeven in paragraaf 2.5. Er zijn echter 3 aspecten waar een invasieve exoot een impact op kan hebben; namelijk het milieu (inclusief de bodemdier gemeenschappen), een economische impact, of een impact op de volksgezondheid. Tot de invasieve exoten meegenomen in deze studie kunnen worden gerekend; *Ficopomatus enigmaticus*, *Crepidula fornicata*, *Crassostrea sp.*, *Ensis directus*, *Mya arenaria* en *Hemigrapsus penicillatus*. Een grote impact op de volksgezondheid (tenzij je verwondingen opgelopen door zwemmers en surfers ten gevolgen van de aanwezigheid van *Crassostrea sp.* mee rekent) is er eigenlijk van geen enkele van de soorten. Alle soorten, *F. enigmaticus*, *C. fornicata* en *Crassostrea sp.* kunnen echter een behoorlijke economische impact hebben, doordat allerlei artificiële harde substraten begroeid raken met behoorlijke consequenties en/of hoge kosten voor verwijdering. Denk hierbij aan de aangroei in koelwaterinstallaties en pompen en op sluizen, die werking beperken of zelfs blokkeren. Maar ook van economisch belang, zijn de brandstofkosten van schepen die substantieel toenemen door aangroei op de wanden. De 4 schelpdieren zijn dusdanig dominant geworden in bepaalde delen van de Zeeuwse delta dat er niet anders dan een impact op de bodemdiergemeenschappen kan worden verwacht. Echter de verantwoordelijkheid voor een achteruitgang of het verdwijnen van inheemse soorten is moeilijk aan te tonen. Enige rol in de achteruitgang van vooral *Mytilus edulis* en *Cerastoderma edule* zullen de schelpdieren, en dan met name *Crassostrea sp.* (Troost, 2009) wel gespeeld hebben. Verder weten de schelpdieren door hun aanwezigheid totale systemen te veranderen door aangetoonde invloed op waterkwaliteit, nutriëntengehaltes, sediment samenstelling en substraataanbod en moeten de soorten als invasief gezien worden. Dit alles geldt eigenlijk ook voor *F. enigmaticus*, echter de impact van de soort in de Zeeuwse delta is toch beperkt gebleven en slechts plaatselijk. Dit komt voornamelijk omdat een groot gedeelte van de Zeeuwse wateren momenteel niet meer geschikt is voor de soort, met name vanwege de saliniteit eisen. Echter is brakke wateren, kan de soort, ook in de toekomst, direct weer voor problemen gaan zorgen. Iets minder vergelijkbaar maar toch invasief te noemen is *H. penicillatus*. De soort wordt hier toch invasief genoemd vanwege zijn grote invloed op de krabbengemeenschappen en *Carcinus maenas* in het bijzonder. Verder zijn er nog 7 soorten te noemen die mogelijk invasief genoemd kunnen worden, zijnde; *N. succinea*, *N. virens*, *T. marioni*, *Petricola pholadiformis*, *Balanus improvisus*, *Elminius modestus* en *Mytilicola intestinalis*. De eerste 3 genoemde, allen Polychaeten, zijn zo talrijk aanwezig, en hebben zodoende zo'n impact op de sedimentstructuren door bioturbatie, aeratie, en detritus verwerking en feces productie, dat zij systemen veranderen, en tot op zekere hoogte een stempel drukken op de bodemdiergemeenschappen die in grote delen van de Zeeuwse delta kunnen worden aangetroffen. Anderzijds, zou die rol in hun afwezigheid waarschijnlijk ook voor andere (inheemse) soorten weg kunnen zijn gelegd. De overige soorten zijn speciale gevallen, omdat het invasief zijn zeker niet uit onze studie blijkt, maar omdat er sterke aanwijzingen zijn dat ze zich op niet bemonsterde substraten zeer succesvol hebben gevestigd, en dat ze duidelijk schade kunnen veroorzaken aan waterwerken (*P. pholadiformis*, *B. improvisus*, *E. modestus*), fouling problemen geven (*B. improvisus* en *E. modestus*), of potentieel schadelijk kunnen zijn in mosselculturen (*M. intestinalis*).

Al met al lijken zelfs de problemen met de invasieve exoten, met name op zacht substraat, van tijdelijke aard, en is het wachten tot andere soorten het overnemen of predatoren en/of ziektes een rol kunnen gaan spelen. De economische schade van invasieve exoten lijkt in de praktijk groter te zijn dan de ecologische impact. Uiteraard zijn er voorbeelden bekend van exoten die een enorme stempel op systemen hebben weten te drukken, zoals de Noord-Amerikaanse kwal *Mnemiopsis leidyi* in de Zwarte Zee en het groenwier *Caulerpa taxifolia* in de Noord-Westelijke Middellandse Zee, die verantwoordelijk worden gehouden voor het verdwijnen van grote aantallen inheemse soorten (Streftaris et al., 2005). Wat hierbij echter de rol is geweest van factoren als verontreiniging en overbevissing van het systeem voor de introductie is onduidelijk. In hoeverre het systeem nu permanent is veranderd of dat inheemse soorten weer geleidelijk terug gaan keren zal de toekomst ook nog moeten uitwijzen. We zullen dan ook de vinger aan de pols moeten houden, en het arriveren en de ontwikkeling van exoten in de Nederlandse wateren in de gaten moeten houden. De beste remedie tegen mogelijke desastreuze ontwikkelingen van exoten lijkt echter het zorgen voor een goede waterkwaliteit, minimale antropogene verstoring, en dus een gezond systeem. Het minimaliseren van de risico's op het arriveren van exoten, door bijvoorbeeld schelpdier transporten aan bepaalde eisen te laten voldoen, en methodieken te ontwikkelen hoe om te gaan met ballastwater

en/of wandaangroei, is zeker zinvol. Maar proberen reeds gearriveerde exoten te verwijderen, is achter de feiten aan lopen en lijkt weinig zinvol.

4.4. Aanbevelingen voor onderzoek naar exoten

De gedurende 19 jaar gestandaardiseerde monitoring op zacht substraat in de Zeeuwse delta, heeft zoals in dit rapport getoond inzicht gegeven in de opkomst en ontwikkeling van 27 exoten (met een paar discussiegevallen omtrent het exoot dan wel inheems zijn). De vestiging van deze soorten in de Delta heeft voor zo'n 6 soorten wellicht meer dan 100 jaar geleden reeds plaats gevonden. Vervolgens volgen respectievelijk één soort per decennium in de jaren 20 en 30. In de jaren 40 zijn het er 5; wat enerzijds de impact van de oesterkweek in die jaren aangeeft, en anderzijds het belang van de aandacht voor dit substraat (zie het werk van Korringa (1951) aan toont. Met geen enkele nieuwe arriverende exoot in de jaren 50, volgen 3 soorten in de jaren 60 en 2 soorten in de jaren 70. Waarschijnlijk geven die een behoorlijke indicatie van de huidige vestigingssnelheid van exoten op zacht substraat in de Zeeuwse delta, bij de huidige menselijke activiteiten, gezien ook de 3 nieuwe soorten in de jaren 90. In de jaren 80 ging het echter om 5 exoten soorten. Het lijkt er op dat dit met name het gevolg is van de algehele verarming van de watersystemen in de Zeeuwse delta, en daarmee de mogelijkheden voor succesvolle vestiging van exoten in de Zeeuwse wateren. Dat sinds 2000 nog maar 1 exoot aan het lijstje is toegevoegd, kan toeval zijn, ook zijn er nog geen 10 jaar vestreken, ook kan het betekenen dat de kwaliteit van de Zeeuwse wateren en de weerbaarheid van de bodemdiergemeenschappen over het algemeen begint toe te nemen, of dat voorzorgsmaatregelen beginnen te helpen. Dat we echter mogelijk minder nieuwe exoten registreren op zacht substraat, kan ook gelegen zijn in het feit dat het er op lijkt dat de huidige hier beschreven monitoring met name geschikt is voor het volgen van de ontwikkeling van succesvolle exoten. Dit blijkt wel uit het gegeven dat van de 27 vermelde soorten, er 21 succesvol blijken te zijn. Nog eens twee soorten (*Syllidia armata* en *Syllis gracilis*) blijken in de herkansing succesvol te zijn, na eerdere niet succesvolle introducties. Zijn er ook nog 2 soorten die mogelijk succesvol zijn (*F. enigmaticus*; slechts minder succesvol in de Zeeuwse delta omdat zijn biotoop weer minder algemeen is geworden, en *Gibbula sp.*), maar dit zal de toekomst moeten uitwijzen. Slechts twee soorten (*Sabellaria spinulosa* en *Melita nitida*) lijken vooralsnog niet succesvol te zijn, en dus niet hun levenscyclus te kunnen volbrengen in de Zeeuwse wateren, en vervolgens stabiele en/of groeiende populaties op te bouwen. Dit wil zeker niet zeggen dat alle introducties, op den duur, succesvol zullen zijn. Dit geeft alleen maar aan, dat voor het opsporen van geïntroduceerde exoten (ook degene die later niet succesvol blijken te zijn), de huidige monitoring strategie (die daar ook niet speciaal voor is opgezet) niet voldoet. Voor het opsporen van succesvolle exoten werkt het wel, maar voor preventie is het dan uiteraard veelal al te laat.

Uit deze rapportage, en uit eerder werk van onder andere Korringa (1951), blijkt dat de schelpdier cultures, en oesters in het bijzonder, maar wellicht in toenemende maten de mosselcultures (Engelberts et al., 2009; Wijsman & De Mesel, 2009), een belangrijke bron van de verspreiding van exoten en de introductie van potentieel succesvolle exoten in de Zeeuwse delta zijn. Het is zelfs zo dat er doordat er jaren lang weinig aandacht is geweest voor met name kleine organismen, en voor zoobenthos in schelpdierbedden en –cultures, van een aantal soorten, zoals *Syllis gracilis* en *Syllidia armata*, werd gedacht dat die slechts eenmalig in Nederland zijn aangetroffen (Wolff, 2005). Het blijkt echter dat van deze soorten min of meer stabiele en florerende populaties in Nederland aanwezig zijn, ten minste al zo'n 20 jaar. Reise et al. (1999) concludeert uit het feit dat 80 % van de inheemse soorten in de Noordzee kleiner is dan 2 mm, maar dat slechts 20 % van de aangetroffen soorten dit formaat heeft, dat het aantal exoten mogelijk flink onderschat wordt. Zij hebben het hierbij tevens over eencellige algen en protozoën, maar dit geldt wellicht even zoveel voor evertebraten tot enkele millimeters groot. Kleine organismen worden minder snel opgemerkt op de manier waarop exoten nu worden gemonitord, waarbij meldingen met name afkomstig zijn van observaties vaak al duikende en/of van lokale inventarisaties op hard substraat. Dit betekent ook dat het voorkomen van exoten onder de eencelligen, pathogenen en parasieten momenteel flink wordt onderbelicht, terwijl de potentiele ecologische en economische impact van deze organismen groot kan zijn (bv. *Alexandrium tamarense* verantwoordelijk voor Paralytic Shellfish Poisoning; pers. comm. T.M. van der Have).

Het lijkt dan ook raadzaam om een monitoring op te zetten, of toch ten minste een survey uit te voeren, langs een aantal hotspots waar exoten voor het eerst kunnen worden aangetroffen in de Zeeuwse delta. Hierbij wordt gedacht aan een aantal monsterlocaties in oesterputten in zowel de

Oosterschelde als de Grevelingen, en mosselbedden in de Oosterschelde. De mosselbedden worden momenteel nauwelijks onderzocht (met uitzondering van een aantal monsters in het kader van 'Duurzame schelpdiertransporten' (Engelberts et al., 2009) ondanks dat ze een substantieel percentage van het oppervlak in de Oosterschelde uit maken (Figuur 63). Dit zijn niet alleen belangrijke substraten waar exoten zich kunnen ophouden, maar ook worden er mosselen uitgezet afkomstig uit de wateren rond Ierland en Groot Brittannië (overigens ook uit Denemarken), waarbij in potentie een groot aantal exoten mee kan komen (Provincie Zeeland, 2006; Wijsman & Smaal, 2006). Een tweede speerpunt van bemonstering zou in en rond havens en jachthaventjes moeten zijn. De scheepvaart, zowel grote transporten als pleziervaart, globaliseerd steeds meer, dus de kans dat exoten met ballastwater of als aangroei aan wanden meekomen neemt toe. Niet alleen is de kans groot dat exoten arriveren in havens en haventjes, maar ook is daar vaak spraken van ecologisch verarmde systemen, wat de kans op vestiging van exoten vergroot, en is er een groot aanbod aan (kunstmatig) substraat. Een derde speerpunt zouden de verbindingsroutes moeten worden, waar momenteel nauwelijks monitoring plaats vindt, zoals het Kanaal door Walcheren, en het Kanaal door Zuid Beveland; eveneens ecologisch verarmde systemen met een groot substraat aanbod, en de routes van Noord naar Zuid.

Het belang van een dergelijke survey danwel monitoring zit hem in het feit dat momenteel alleen het zachte substraat periodiek en gestandaardiseerd wordt gemonitord. Deze monitoring is echter toegespitst op de 'natuurlijke' habitats, en cultuurplots en infrastructuur (zoals havens) worden volledig buiten beschouwing gelaten. Hard substraat onderzoek spitst zich nu voornamelijk toe op duikgebieden met goed zicht, zodat er bijvoorbeeld in verhouding nauwelijks iets bekend is van hard substraat in de Westerschelde en/of in haven gebieden. Rond deze problematiek zou het ook interessant en nuttig zijn om eens uit te zoeken hoe de substraattypen (hard ten op zichten van zacht) zich tot elkaar verhouden met betrekking tot het aantal en/of de samenstelling aan exoten. Met andere woorden, hoe zou men het beste gericht kunnen monitoren om de kans op het aantreffen van exoten te kunnen vergroten.

4.5. Overzicht exoten Zeeuwse delta

Species	Herkomst	Vector	Jaar introductie	Abiotiek	Voorkomen Zeeuwse delta	Ontwikkeling
Polychaeta						
Microphthalmus similis	Zwarte Zee / Middellandse zee (kan ook inheems zijn).	Onbekend (mogelijk scheepvaart).	Mogelijk begin 60 in Noordzee. In 1988 in Westerschelde.	Zoutwater soort. Van intertidaal tot diep, maar voorkeur voor diepere wateren. Voorkeur voor grovere substraat types en een dynamisch milieu.	Westerschelde	Plaatselijk en in lage dichtheden
					Oosterschelde	Zeer lokaal en in lage dichtheden
					Grevelingen	Sporadisch aangetroffen
Syllidia armata	Noord-Oost Atlantisch gebied	Oestertransport	In 1943 eenmalig waargenomen in Oosterschelde. Eind jaren 80 succesvol in Oosterschelde geherintroduceerd. Begin jaren 90 in Grevelingen geïntroduceerd.	Voornamelijk in zoute wateren. Voorkeur voor laagdynamische systemen. Met name succesvol in veranderende en verstoorde systemen. In ondiepe en middeldieper wateren (niet intertidaal). Voorkeur voor substraattypes met schelpen.	Oosterschelde	Frequent aangetroffen soort, echter in lage dichtheden, vertoont lichte toename.
					Veerse Meer	Begin jaren 90 aanwezig, en teruggekomen na opening 'Katse Heule', echter in lage dichtheden.
					Grevelingen	Algemene soort, die duidelijk toe neemt.
Nereis succinea	Onbekend (mogelijk inheems).	Onbekend	Minstens een eeuw aanwezig.	Voorkomend van ondiep tot diep. Vrijwel ieder zacht substraat type. Voorkeur voor voedselrijke wateren. Saliniteitsrange van 0.5 – 30 (maar vrijwel niet in onverdund zeewater).	Grevelingen	Algemene soort die een duidelijke toename vertoont
					Veerse Meer	Zeer algemeen; piek rond opening 'Katse Heule'.
					Westerschelde	Plaatselijk algemeen; aantallen stabiel.
					Oosterschelde	Vrij algemeen, maar in lage dichtheden; aantallen stabiel.
Nereis virens	Noord Amerika	Onbekend	In 1915 nabij Den Helder waargenomen. Sinds de jaren 50 algemeen in de Zeeuwse delta.	Van ondiep tot diep. Vrijwel alle zachte substraat types. Voorkeur voor weinig dynamische, enigszins voedselrijke milieus. Prefereert brakke tot zoute wateren.	Grevelingen	Zeer algemeen; vertoont echter een gestage achteruitgang sinds de jaren 90.
					Oosterschelde	Algemeen; in fluctuerende aantallen.
					Veerse Meer	Zo nu en dan aangetroffen.
					Westerschelde	Zo nu en dan lokaal aangetroffen.

Proceraea cornuta	Noord Amerika	Oestertransport	Tussen 1941 en 1943 een aantal keer in Oosterschelde en Grevelingen aangetroffen en mogelijk vanaf die tijd aanwezig.	Zoutwater soort	Oosterschelde	Vrij algemeen geweest in jaren 90, maar lijkt weer achteruit te gaan.
					Grevelingen	Wordt zo nu en dan aangetroffen.
					Westerschelde	Enkele waarnemingen.
Syllis gracilis	Noord-Oost Atlantisch gebied	Oestertransport	Eenmalig in 1940 waargenomen. Introductie rond 1990 in Grevelingen. Herintroductie rond 1999 in Oosterschelde.	Ondiepe tot middeldiepe wateren. Vermijdt het intertidaal. Een aan schelpenbanken gerelateerde soort. Voorkeur voor weinig dynamische milieus. Zoutwater soort.	Grevelingen	Algemene soort die na de jaren 90 is toegenomen.
					Oosterschelde	Mogelijk tijdelijk aanwezig geweest en weer verdwenen, of aanwezig in zeer lage dichtheden.
					Westerschelde	Eén keer waargenomen
Ficopomatus enigmaticus	Zuid-Westelijke deel Grote Oceaan	Aangroei op schepen en/of ballastwater	Voor het eerst in Veerse Meer en Kanaal door Walcheren in 1967/1968.	Voornamelijk in ondiepe en middeldiepe wateren. Voorkeur voor hard substraat of zacht substraat met harde elementen. Voorkeur voor weinig dynamisch milieu. Typische brakwater soort. Doet het goed in ecologisch verarmde systemen.	Veerse Meer	Met name algemeen geweest tussen 2000 en 2005. Wellicht weer verdwenen, of aanwezig nabij zoetwater inlaat punten.
					Westerschelde	Eenmalig aangetroffen in 2003.
Tharyx marioni	Onbekend	Onbekend	Geen waarnemingen van voor de 40-ere jaren bekent.	Voorkeur voor schelpenbanken. Voorkeur voor laagdynamische wateren. Van brak tot zout; saliniteit range van 1 tot ruim boven de 30.	Veerse Meer	Zeer algemeen (hoogste dichtheden in de delta); neemt echter mogelijk iets af.
					Oosterschelde	Zeer algemeen
					Grevelingen	Zeer algemeen
					Westerschelde	Zeer algemeen
Boccardiella ligerica	Atlantische Oceaan of Noordelijk deel Grote Oceaan (mogelijk zelfs een inheemse soort).	Onbekend	Voor het eerst gemeld voor Nederland in 1920. In de jaren 60 voor het eerst gemeld voor de Zuid-Nederlandse delta (Haringvliet en Hollandsch Diep).	Veronderstelde brakwater soort blijkt voor te komen bij saliniteiten tot boven de 30. Voorkeur voor zacht substraat met schelpen of veen. Vooral in ondiepe wateren.	Oosterschelde	Geregeld waargenomen maar lokaal en in lage dichtheden
					Veerse Meer	Aantal keer aangetroffen onder brakke omstandigheden.
					Grevelingen	Geregeld waargenomen, echter in lage dichtheden.
					Westerschelde	Eén keer waargenomen.

Marenzelleria viridis	Noord Amerika	Ballastwater	In 1983 in het Ems estuarium. In 1995 naar de Voordelta uitgebreid en waargenomen rond de Belgische grens (Schelde estuarium).	In ondiepe en middeldiepe wateren inclusief intertidaal. Overwegend op fijne substraat types. Saliniteit tolerantie in de range van 0.5 -32, maar succesvol tot een saliniteit van 20. Voorkeur voor dynamische brakke wateren met flinke zoetwater input.	Westerschelde	Wordt vanaf 1999 in toenemende aantallen waargenomen (in Oostelijke deel).
Sabellaria spinulosa	Noord-Oost Atlantisch gebied	Oestertransport	Eerste waarnemingen in 1938 in de Oosterschelde.	Zoutwatersoort met saliniteit boven de 28. Niet bestand tegen strenge winters.	Westerschelde	Sporadische waarnemingen (eventueel ook in de Oosterschelde).
Gastropoda						
Crepidula fornicata	Amerika	Oestertransport	Eerste levende exemplaar in 1926 nabij Zandvoort. Sinds 1929 ook in Oosterschelde.	Voorkeur voor zoute wateren, maar wel tolerant ten op zichten van brak water. Voorkeur voor schelpenbanken en slibbige sediment types met schelpen. Preferentie voor laagdynamisch milieu. Gevoelig voor strenge winters.	Grevelingen	Zeer algemeen (domineert het systeem). Echter het laatste decennium wel afnemende aantallen.
					Oosterschelde	Algemeen en plaatselijk zeer algemeen. Aantallen en biomassa nemen toe.
					Veerse Meer	In kleine aantallen aangetroffen in jaren 90, sinds 2006/2007 algemener en toenemend.
					Westerschelde	Zo nu en dan aangetroffen in zeer lage dichtheden.
Gibbula sp.	Noord-Oost Atlantisch gebied	Waarschijnlijk via oestercultuur.	Eerste waarnemingen in 1980 in de Oosterschelde.	Zoutwater soort	Oosterschelde	Sporadisch waargenomen, maar neemt mogelijk toe.
Bivalvia						
Crassostrea sp.	Japan en Zuid-Oost Azië	Rechtstreeks geïntroduceerd (oestercultuur)	In Oosterschelde geïntroduceerd in 1964. Sinds 1987 in Grevelingen.	Voorkomend op hard substraat, of harde elementen in zacht substraat. Voorkeur voor laagdynamische milieus. Gevoelig voor strenge winters. Afzetten larven bij saliniteit tussen 10-30; larven kunnen saliniteiten tussen 19 en 35 weerstaan. Afzetten larven bij temperaturen tussen 16 en 18 ℃; larven kunnen temperaturen in de range van 18-35 ℃ weerstaan. Met name succesvol onder organisch verrijkte condities.	Oosterschelde	Algemeen tot zeer algemeen
					Grevelingen	Zeer algemeen en significant toenemend
					Veerse Meer	Algemeen, het areaal breidt zich uit en de dichtheden nemen significant toe.
					Westerschelde	Wordt geregeld aangetroffen op zacht substraat, vooralsnog alleen in het Oostelijke deel; dichtheden neemt toe.

Ensis directus	Noord Amerika	Ballastwater	Mogelijk in 1977 aanwezig op Terschelling; vanaf 1985 grote aantallen in de Noordzee; mogelijk sinds 1988 in de Oosterschelde en Westerschelde.	In zoute tot brakke wateren. Weinig succesvol bij een saliniteit onder de 18; niet voorkomend bij een saliniteit onder de 10. Weinig selectief voor substraat (als het maar zacht substraat is). Hoogste dichtheden in lager intertidaal en ondiep sublitoraal, maar verder voorkomend van ondiep tot diep. Voorkeur voor dynamische milieus.	Oosterschelde	Algemeen tot zeer algemeen; het areaal neemt nog geleidelijk toe, evenals de dichtheden en biomassa.
					Veerse Meer	Aanwezig tot halfweg de jaren 90, daarna tot op de dag van vandaag nog sporadisch waargenomen.
					Westerschelde	Zeer algemeen, echter met grote fluctuaties tussen jaren; voornamelijk kleine individuen. Significante toename in biomassa.
					Grevelingen	Algemeen
Mya arenaria	Noord Amerika	Mogelijk via scheepvaart en daarna natuurlijke verspreiding larven.	Rond 1250 geïntroduceerd in Europa; eerste officiële waarneming in 1765 in de Oosterschelde.	Voorkeur voor intergetijde gebieden en ondiepe wateren; maar verder aan te treffen van ondiep tot diep. Komt voor in vrijwel alle zacht substraat types. Soort ontbreekt in zeer dynamische milieus. Saliniteitsrange van 4 tot >35.	Veerse Meer	Zeer abundant; het systeem dominerend; de biomassa is gestaag toegenomen tot de opening van de 'Katse Heule', daarna een tijdelijke terugval, en nu wederom toenemend.
					Oosterschelde	Algemeen tot zeer algemeen
					Grevelingen	Algemeen tot zeer algemeen
					Westerschelde	Algemeen
Petricola pholadiformis	Noord Amerikaanse Atlantische kust.	Wellicht via oestercultuur.	In 1899 aan de Nederlands/Belgische kust aangetroffen	Voorkeur voor middeldiepe tot diepe wateren, maar voorkomend in de gehele diepte range. Voorkomend in zowel brakke als zoute wateren. Naast harde substraten (zoals hout), in veen of kleirijke substraat types.	Westerschelde	Algemeen, maar op zacht substraat niet in hoge dichtheden.
					Oosterschelde	Algemeen, maar in niet zo'n hoge dichtheden.
					Grevelingen	Algemeen, maar in niet zo'n hoge dichtheden.
					Veerse Meer	Algemeen, maar in lage dichtheden.
Maxillopoda						
Balanus improvisus	Westelijk Atlantische oceaan	Via scheepvaart	Mogelijk rond 1850 geïntroduceerd.	Voorkomend van zoute tot vrijwel zoete wateren (saliniteitsrange van 1.6 tot 40), maar voorkeur voor brakke wateren. Kan alle enigszins harde substraten bezetten.	Veerse Meer	Ontwikkeling onduidelijk vanuit gegevens NIOO-CEME.
					Oosterschelde	Ontwikkeling onduidelijk vanuit gegevens NIOO-CEME.

Elminius modestus	Nieuw Zeeland en Zuidelijk Australië	Via scheepvaart	Waarschijnlijk in 1945 bij Hoek van Holland gearriveerd.	Zoutwater soort. Larven worden afgestaan tot een saliniteit ondergrens van 21. Nog ontwikkeling van de larven bij saliniteit van 16, of zo nu en dan zelfs bij 10. Met name succesvol op artificieel substraat in het intertidaal en ondiep subtidaal.	Oosterschelde	Ontwikkeling onduidelijk vanuit gegevens NIOO-CEME.
					Grevelingen	Ontwikkeling onduidelijk vanuit gegevens NIOO-CEME.
Malacostraca						
Hemigrapsus penicillatus	Noord-Westelijke Grote Oceaan	Initieel via ballastwater; in Nederland via oestertransport	Voor het eerst in 2000 in de Oosterschelde waargenomen.	Op hard substraat en in en tussen schelpen. Bij hogere dichtheden ook op zacht substraat. Voornamelijk in ondiepere wateren. Zoutwater soort bestand tegen relatief brakke condities	Oosterschelde	Vanaf 2004 een toenemend aantal locaties, en aan significante toename in biomassa; nu al vrij algemeen.
					Veerse Meer	Toenemend aantal locaties vanaf de eerste waarneming in 2005.
					Westerschelde	Ook de eerste waarnemingen in de Westerschelde
Rhithropano-peus harrisii	Amerikaanse Atlantische kust	Onbekend	Al sinds einde 19de eeuw in Nederland. In 1971 observaties in Haringvliet en Hollands Diep. Sinds 1977 in Veerse Meer.	Brakke wateren met saliniteit tot 18, misschien tot 20. Hard substraat en zacht substraat met schelpen, of op klei. Op ondiepe locaties in laagdynamische milieus.	Veerse Meer	Lage dichtheden tot halfweg de jaren 90. Van 1995 tot 2005 vrij algemeen; nu na het zout worden van het water grotendeels verdwenen.
					Oosterschelde	Mogelijk lokaal bij zoetwater inlaatpunten aanwezig.
					Westerschelde	Mogelijk lokaal bij zoetwater inlaatpunten aanwezig.
Corophium sextonae	Zuidelijke deel Grote Oceaan.	Via scheepvaart	Sinds jaren 30 aanwezig in West Europa. Tijdstip vestiging in Zeeuwse delta onduidelijk.	Zoutwater soort. Voornamelijk op laagdynamische zachte substraat types met harde elementen (stenen en/of schelpen). In zowel diepe als ondiepe wateren; niet intertidaal.	Oosterschelde	Vanaf 1990 aanwezig, vanaf 1993 op een toenemend aantal locaties, en toenemende dichtheden en biomassa. Mogelijk de laatste jaren weer een afname van de populaties.
					Grevelingen	Sinds 1999 aangetroffen; vanaf 2004 een toename van de dichtheden; echter in 2008 al weer op zijn retour.
					Veerse Meer	In 2008 voor het eerst aangetroffen.
Melita nitida	Noord-Amerikaanse Atlantische kust.	Via scheepvaart	In 1998 voor het eerst gevonden in Westerschelde nabij Bath.	Brakwater soort. Soort van slibrijke ondiepe subtidale en intertidale zones in de saliniteitsrange van 3 tot 20.	Westerschelde	Sporadisch aangetroffen

Mytilicola intestinalis	Middellandse Zee gebied	Mosseltransporten	In ieder geval sinds 1949 in de Oosterschelde (Zandkreek), en al snel ook in de Westerschelde en de Grevelingen.	Soort geassocieerd met mosselen. Gedijd goed onder verontreinigde omstandigheden, waar de gastheer minder weerbaar is.	Oosterschelde	Mogelijk algemeen in mosselvelden
					Westerschelde	Mogelijk algemeen op locaties met mosselen
Ascidiacea						
Ciona intestinalis	Onbekend (mogelijk geen exoot)	Onbekend	In jaren 80 opgekomen in Grevelingen.	Naast hard substraat, op slibbige en fijn zandige substraten. Soort van laagdynamische zoute tot brakke milieus.	Grevelingen	In jaren 90 soms frequent aangetroffen; nu waarschijnlijk slechts in lage dichtheden.
					Oosterschelde	Aantal keer aangetroffen in de jaren 90; nu waarschijnlijk slechts in lage dichtheden.
Molgula manhattensis	Noord Amerika	Via scheepvaart	Wellicht al sinds 18de eeuw in Nederland.	Prefereert hard substraat, maar ook te vinden op zachte substraten. In brakke tot brakzoute wateren. Prefereert ondiepe en middeldiepe wateren	Grevelingen	Waargenomen in lage dichtheden.
					Veerse Meer	Vrij algemeen, maar een gestage afname gedurende de jaren 90 tot 2005. Tijdelijke opleving in 2005, en toen vrijwel verdwenen.
					Oosterschelde	Weinig algemeen.
					Westerschelde	Eenmalig waargenomen.
Styela clava	Oost Azië	Via scheepvaart of oestertransporten.	Sinds 1974 in Nederland (haven Den Helder). In het zelfde jaar nog in de Oosterschelde	Prefereert hard substraat, maar ook op zacht substraat zoals veen of substraat met schelpen. Vooral in middeldiepe wateren. Vooral sublitoraal op locaties met weinig golfwerking. Zoutwater soort, niet waargenomen bij saliniteiten onder de 18.	Grevelingen	Was vrij algemeen, maar is geleidelijk in aantal afgenomen. Na 1993 nog sporadisch aangetroffen.
					Oosterschelde	In lage dichtheden. Soort heeft toename vertoont tot halfweg de jaren 90 en is daarna weer afgenomen.

5. Literatuur

Altman, S., Whitlatch, R.B., 2007. Effects of small-scale disturbance on invasion success in marine communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342, 15-29.

Antoniadou, C., Chintiroglou, C., 2005. Biodiversity of zoobenthic hard-substrate sublittoral communities in the Eastern Mediterranean (North Aegean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 62, 637-653.

Armonies, W., Reise, K., 1999. On the population development of the introduced razor clam *Ensis americanus* near the island of Sylt (North Sea). *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 291-300.

Asakura, A., Watanabe, S., 2005. *Hemigrapsus takanoi*, new species, a sibling species of the common Japanese intertidal crab *H. penicillatus* (Decapoda: Brachyura: Grapsoidea). *Journal of Crustacean Biology* 25, 279-292.

Blum, J.C., Chang, A.L., Liljesthröm, M., Schenk, M.E., Steinberg, M.K., Ruiz, G.M., 2007. The non-native solitary ascidian *Ciona intestinalis* (L.) depresses species richness. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342, 5-14.

Bruschetti, M., Luppi, T., Fanjul, E., Rosenthal, A., Iribarne, O., 2008. Grazing effect of the invasive reef-forming polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) on phytoplankton biomass in a SW Atlantic coastal lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 354, 212-219.

Bruschetti, M., Bazterrica, C., Luppi, T., Iribarne, O., 2009. An invasive intertidal reef-forming polychaete affect habitat use and feeding behavior of migratory and locals birds in a SW Atlantic coastal lagoon. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 375, 76-83.

Borja, A., Franco, J., Pérez, V., 2000. A Marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100-1114.

Borowsky, B., Aitken-Ander, P., Tanacredi, J.T., 1997. Changes in reproductive morphology and physiology observed in the amphipod crustacean, *Melita nitida* Smith, maintained in the laboratory on polluted estuarine sediments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 214, 85-95.

Bourque, D., Davidson, J., MacNair, N.G., Arsenault, G., LeBlanc, A.R., Landry, T., Miron, G., 2007. Reproduction and early life history of an invasive ascidian *Styela clava* Herdman in Prince Edward Island, Canada. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342, 78-84.

Boyd, S.E., Limpenny, D.S., Rees, H.L., Cooper, K.M., Campbell, S., 2003. Preliminary observations of the effects of dredging intensity on the re-colonisation of dredged sediments off the southeast coast of England (Area 222). *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 57, 209-223.

Carvalho, S., Moura, A., Gaspar, M.B., Pereira, P., Cancela da Fonseca, L., Falcão, M., Drago, T., Leitão, F., Regala, J., 2005. Spatial and inter-annual variability of the macrobenthic communities

within a coastal lagoon (Óbidos lagoon) and its relationship with environmental parameters. *Acta Oecologia* 27, 143-159.

Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2001. Primer v5: User Manual/Tutorial. Primer-E, Plymouth, 91 pp.

Cooper, K., Boyd, S., Eggleton, J., Limpenny, D., Rees, H., Vanstaen, K., 2007. Recovery of the seabed following marine aggregate dredging on the Hastings Shingle Bank off the southeast coast of England. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 75, 547-558.

Coosen, J., Twisk, F., Van der Tol, M.W.M., Lambeck, R.H.D., Van Stralen, M.R., Meire, P.M., 1994. Variability in stock assessment of cockles (*Cerastoderma edule* L.) in the Oosterschelde (in 1980-1990), in relation to environmental factors. *Hydrobiologia* 282/283, 381-395.

Davis, M.H., Davis, M.E., 2007. The distribution of *Styela clava* (Tunicata, Ascidiacea) in European waters. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342, 182-184.

Decottignies, P., Beninger, P.G., Rincé, Y., Riera, P., 2007. Trophic interactions between two introduced suspension-feeders, *Crepidula fornicata* and *Crassostrea gigas*, are influenced by seasonal effects and qualitative selection capacity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 342, 231-241.

De Montaudouin, X., Audemard, C., Labourg, P.-J., 1999. Does the slipper limpet (*Crepidula fornicata*, L.) impair oyster growth and zoobenthos biodiversity? A revisited hypothesis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 235, 105-124.

Deschênes, J., Desrosiers, G., Ferron, J., Cloutier, R., Stora, G., 2005. Environmental influence on activity levels and behavioural allocation in the polychaete *Nereis virens* (Sars). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 317, 203-212.

Drinkwaard, A.C., 1999. Introductions and developments of oysters in the North Sea area: a review. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 301-308.

Duarte, C.M., Conley, D.J., Carstensen, J., Sánchez-Camacho, M., 2009. Return to *Neverland*: Shifting baselines affect eutrophication restoration targets. *Estuaries and Coasts* 32, 29-36.

Dürr, S., Wahl, M., 2004. Isolated and combined impacts of blue mussels (*Mytilus edulis*) and barnacles (*Balanus improvisus*) on structure and diversity of a fouling community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 306, 181-195.

Dutertre, M., Beninger, P.G., Barillé, L., Papin, M., Haure, J., 2009. Rising water temperatures, reproduction and recryuitment of an invasive oyster, *Crassostrea gigas*, on the French Atlantic coast. *Marine Environmental Research* (in press).

Engelberts, A., Van Avesaath, P.A., Hummel, H., 2007. Tarra van geïmporteerde mosselen uit Ierland en het Verenigd Koninkrijk 2006-2007. Monitor Taskforce Publication Series 2007-16.

Engelberts, A., Van Avesaath, P., Hummel, H., 2009. Duurzame schelpdiertransporten. Najaar 2009. Data rapport. Monitor Taskforce Publication Series 2009-12.

Engelsma, M.Y., Kerkhoff, S., Roozenburg, I., Haenen, O.L.M., Van Gool, A., Sistermans, W., Wijnhoven, S., Hummel, H., 2010. Epidemiology of *Bonamia ostrea* infecting European flat oysters (*Ostrea edulis*) from Lake Grevelingen, The Netherlands. *Marine Ecology Progress Series* (in revision).

Essink, K., 1999. Dispersal and development of *Marenzelleria* spp. (Polychaeta, Spionidae) populations in NW Europe and The Netherlands. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 367-372.

Frammandearter, 2009. Website on alien species in Swedish seas and coastal areas. Informationscentralerna för Bottniska viken & Egentliga Östersjön Västerhavet. Available from: <http://www.frammandearter.se>.

Gittenberger, A., 2009. Exoten in de Oosterschelde. GiMaRIS rapport 2009.08.

Gollasch, S., 1999. The Asian decapod *Hemigrapsus penicillatus* (de Haan, 1835) (Grapsidae, Decapoda) introduced in European waters: status quo and future perspective. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 359-366.

Gollasch, S., 2007. Marine vs. freshwater invaders: is shipping the key vector for species introductions to Europe. In: Gherardi, F. (ed.), Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats, Chapter 17, pp. 339-345.

Gollasch, 2009. GoConsult. Services related to marine research and technology. Available from: <http://www.gollaschconsulting.de>.

Harms, J., 1999. The neozoan *Elminius modestus* Darwin (Crustacea, Cirripedia): Possible explanations for its successful invasion in European water. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 337-345.

Heiman, K.W., Vidargas, N., Micheli, F., 2008. Non-native habitat as home for non-native species: comparison of communities associated with invasive tubeworm and native oyster reefs. *Aquatic Biology* 2, 47-56.

Hoeksema, H.J., 2002. Grevelingenmeer van kwetsbaar naar weerbaar? Een beschrijving van de ontwikkelingen van 1996 tot 2001 en een toetsing aan het beleid. Rapport RIKZ/2002.033. 60 pp.

Kerckhof, F., Haelters, J., Gollasch, S., 2007. Alien species in the marine and brackish ecosystem: the situation in Belgian waters. *Aquatic Invasions* 2, 243-257.

Kobayashi, M., Hofmann, E.E., Powell, E.N., Klinck, J.M., Kusaka, K., 1997. A population dynamics model for the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 149, 285-321.

Korringa, P., 1951. The Shell of *Ostrea edulis* as a habitat. *Archives Néerlandaises de Zoologie* 10, 32-152.

Kotta, J., Orav, H., Sandberg-Kilpi, E., 2001. Ecological consequence of the introduction of the polychaete *Marenzelleria* cf. *viridis* into a shallow-water biotope of the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 46, 273-280.

Kotta, J., Ólafsson, E., 2003. Competition for food between the introduced polychaete *Marenzelleria viridis* (verrill) and the native amphipod *Monoporeia affinis* Lindström in the Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 50, 27-35.

Lawson, J., Davenport, J., Whitaker, A., 2004. Barnacle distribution in Lough Hyne Marine Nature Reserve: a new baseline and an account of invasion by the introduced Australasian species *Elminius modestus* Darwin. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 60, 729-735.

Leuven, R.S.E.W., Van der Velde, G., Baijens, I., Snijders, J., Van der Zwart, C., Lenders, H.J.R., Bij de Vaate, A., 2009. The River Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. *Biological Invasions* 11, 1989-2008.

Lützen, J., 1999. *Styela clava* Herdman (Urochordata, Ascidiacea), a successful immigrant to North West Europe: ecology, propagation and chronology of spread. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 383-391.

McDonald, J., 2004. The invasive pest species *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767) reported in a harbour in southern Western Australia. *Marine Pollution Bulletin* 49, 854-874.

Meeuse, K.-J., 2009. Proef met natuurlijk sluisbeheer leerzaam voor herstel zoet-zoutovergangen. *Zoet-zout; Nieuwsbrief over zoet-zoutvraagstukken* 2, 20-21.

Morley, N.J., 2009. Interactive effects of infectious diseases and pollution in aquatic molluscs. *Aquatic Toxicology* (in press).

Orensanz, J.M., Schwindt, E., Pastorino, G., Bortolus, A., Casas, G., Darrigran, G., Elías, R., López Gappa, J.J., Obenat, S., Pascual, M., Penchaszadeh, P., Luz Piriz, M., Scarabino, F., Sivak, E.D., Vallarino, E.A., 2002. No longer the pristine confines of the world ocean: a survey of exotic marine species in the southwestern Atlantic. *Biological Invasions* 4, 115-143.

Osman, R.W., Whitlatch, R.B., 1995. The influence of resident adults on larval settlement: experiments with four species of ascidians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 190, 199-220.

Paavola, M., Olenin, S., Leppäkoski, E., 2005. Are invasive species most successful in habitats of low native species richness across European brackish water seas? *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 64, 738-750.

Pechenik, J.A., Gleason, T., Daniels, D., Champlin, D., 2001. Influence of larval exposure to salinity and cadmium stress on juvenile performance of two marine invertebrates (*Capitella* sp. I and *Crepidula fornicata*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 264, 101-114.

Petersen, J.K., Svane, I., 1995. Larval dispersal in the ascidian *Ciona intestinalis* (L.). Evidence for a closed population. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 186, 89-102.

Petersen, J.K., Hansen, J.W., Laursen, M.B., Clausen, P., Carstensen, J., Conley, D.J., 2008. Regime shift in a coastal marine ecosystem. *Ecological Applications* 18, 497-510.

Provincie Zeeland, 2003. De Delta in zicht. Een integrale visie op de Deltawateren. Rapport, Project Integrale Visie Deltawateren. 44 pp.

Provincie Zeeland, 2006. Aquacultuur in Zeeland: de blauwe revolutie. Rapport Provincie Zeeland. 76 pp.

Reise, K., Gollasch, S., Wolff, W.J., 1999. Introduced marine species of the North Sea coasts. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 219-234.

Rico-Villa, B., Pouvreau, S., Robert, R., 2009. Influence of food density and temperature on ingestion, growth and settlement of Pacific oyster larvae, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 287, 395-401.

Sagasti, A., Schaffner, L.C., Duffy, J.E., 2001. Effects of periodic hypoxia on mortality, feeding and predation in an estuarine epifaunal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 258, 257-283.

Schiedek, D., 1999. Ecophysiological capability of *Marenzelleria* populations inhabiting North Sea estuaries: an overview. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 373-382.

Sistermans, W.C.H., Hummel, H., Bergmeijer, M.A., Blok, D., Engelberts, A.G.M., de Witte-Dek, L., Dekker, A., Hartog, E., van Hoesel, O.J.A., Kleine Schaars, L., Markusse, M.M., 2009. Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het voor- en najaar van 2008. Report, Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 05.

St-Onge, P., Miron, G., 2007. Effects of current speed, shell length and type of sediment on the erosion and transport of juvenile softshell clams (*Mya arenaria*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 349, 12-26.

Strasser, M., 1999. *Mya arenaria* – an ancient invader of the North Sea coast. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 309-324.

Streftaris, N., Zenetos, A., Papathanassiou, E., 2005. Globalisation in marine ecosystems: The story of non-indigenous marine species across European seas. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 43, 419-453.

Thieltges, D.W., Strasser, M., Van Beusekom, J.E.E., Reise, K., 2004. Too cold to prosper – winter mortality prevents population increase of the introduced American slipper limpet *Crepidula fornicata* in northern Europe. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 311, 375-391.

Troost, K., 2009. Pacific oysters in Dutch estuaries. Causes of success and consequences for native bivalves. PhD – Thesis University of Groningen, The Netherlands, 255 pp.

Turlings, L.G., Nieuwkamer, R.L.J., 2009. Verkenning Grevelingen water en getij. Rapportage Projectteam Verkenning Water en Getij. Witteveen + Bos & Rijkswaterstaat Zeeland. 40 pp.

Ushakova, O.O., Sarantchova, O.L., 2004. The influence of salinity on fertilization and larval development of *Nereis virens* (Polychaeta, Nereidae) from the White Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 301, 129-139.

Van Riel, M.C., Van der Velde, G., Rajagopal, S., Marguillier, S., Dehairs, F. Bij de Vaate, A., 2006. Trophic relationships in the Rhine food web during invasion and after establishment of the Ponto-Caspian invader *Dikerogammarus villosus*. *Hydrobiologia* 565, 39-58.

Waterbase, 2009. Gevalideerde meetgegevens rijkswaterstaat. Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA, Nederland. Available from: <*http://www.waterbase.nl*>.

Watson, D.I., O'Riordan, R.M., Barnes, D.K.A., Cross, T., 2005. Temporal and spatial variability in the recruitment of barnacles and the local dominance of *Elminius modestus* Darwin in SW Ireland. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 63, 119-131.

Werkgroep Exoten, 2009. Exoten in Nederland. Available from: <http://www.werkgroepexoten.nl/>

WEW, 2009. Soortenlijst van de Werkgroep Ecologisch Waterbeheer, Subgroep Exoten. Available from: <http://www.wew.nu/exoten/soorten.php>.

Wheaton, F.W., Schaffer, G.U., Ingling, A.L., Douglass, L.W., 2008. Physical properties of soft shell clams, *Mya arenaria*. *Aquacultural Engineering* 38, 181-188.

Wijnhoven, S., Herman, P.M.J., Ysebaert, T., Van der Wal, D., 2007. Robustness parameters habitat assessment tools. Study as a part of LTV Research & Monitoriong 'Natural development' for the Schelde estuary. Monitor Taskforce Publication Series 2007-11.

Wijnhoven, S., Sistermans, W., Hummel, H., 2008. Historic developments in macrozoobenthos of the Rhine-Meuse estuary: From a tidal inlet to a freshwater lake. *Estuarine, Coastal and Shelf Sciences* 76, 95-110.

Wijnhoven, S., Escaravage, V., Daemen, E., Hummel, H., 2009. The decline and restoration of a coastal lagoon (Lake Veere) in the Dutch Delta. *Estuaries and Coasts* (Online First: *DOI 10.1007/s12237-009-9233-1*).

Wijnhoven, S., Hummel, H., 2010. Patterns in macrozoobenthic assemblages indicating the state of the environment: insights from the drastically changed Rhine-Meuse estuary (In preparation).

Wijsman, J.W.M., Smaal, A.C., 2006. Risk analysis of mussels transfer. Wageningen IMARES, Rapport nr. C044/06.

Wijsman, J.W.M., De Mesel, I., 2009. Duurzame Schelpdiertransporten. Wageningen IMARES, Rapportnummer C067/09.

WNF, 2009. Proef met inlaat extra zoet water in Oosterschelde. Persbericht 26 juni 2009. Available from: <http://www.wnf.nl/nl/actueel/nieuws>.

Wolff, W.J., 1973. The estuary as a habitat; an analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. *Zoologische Verhandelingen* 126, 1-242.

Wolff, W.J., 1999. Exotic invaders of the meso-oligohaline zone of estuaries in the Netherlands: why are there so many? *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 52, 393-400.

Wolff, W.J., 2005. Non-indigenous marine and estuarine species in The Netherlands. *Zoologische Mededelingen Leiden* 79, 1-116.

WoRMS, 2009. World Register of Marine Species. Available from: <www.marinespecies.org>.

Ysebaert, T., De Neve, L., Meire, P., 2000. The subtidal macrobenthos in the mesohaline part of the Schelde estuary (Belgium): influenced by man? *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80, 587-597.

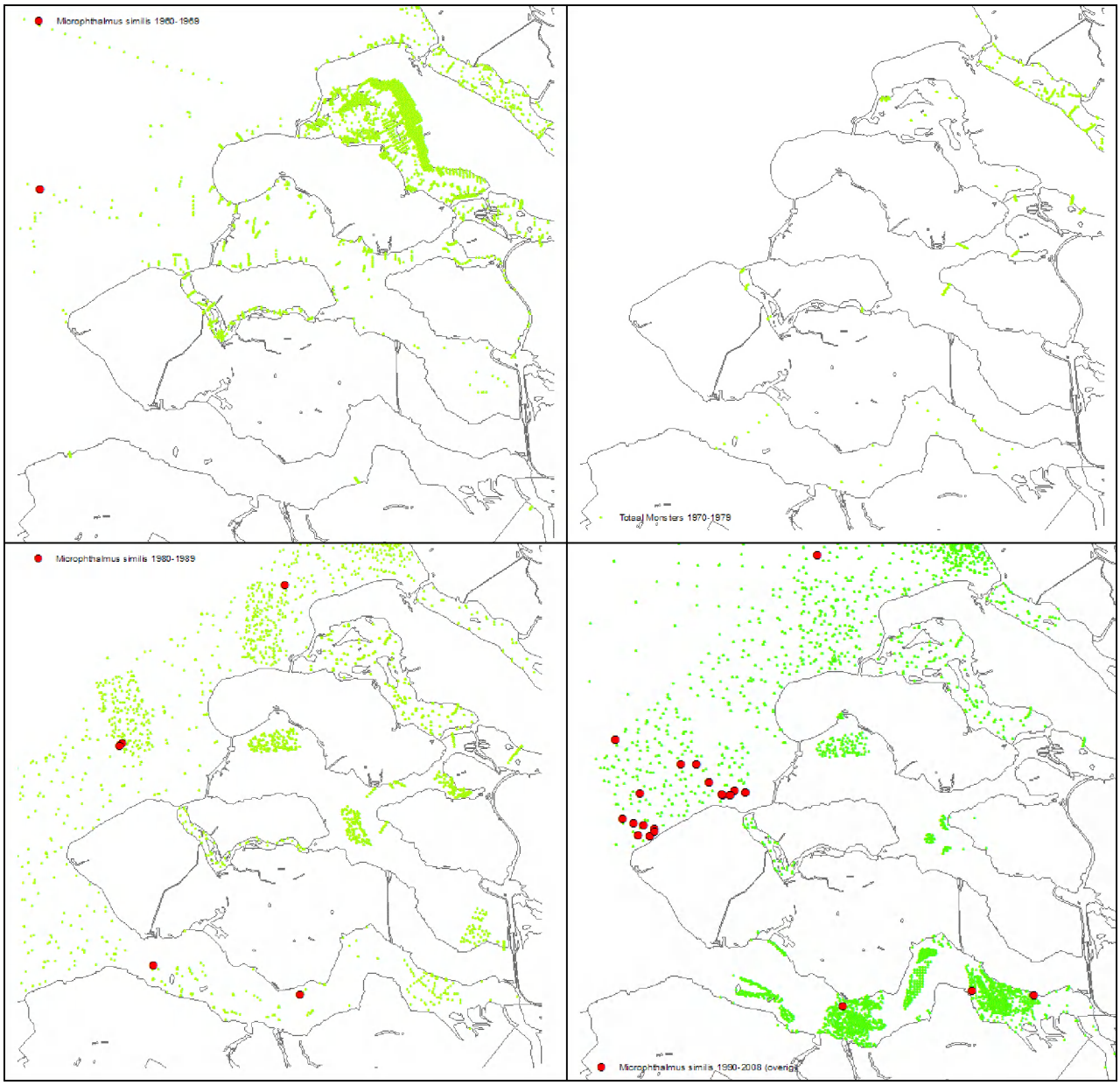
Ysebaert, T., Herman, P.M.J., Meire, P., Craeymeersch, J., Verbeek, H., Hedip, C.H.R., 2003. Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 57, 335-355.

Zicht op de Grevelingen, 2009. Website van over de Grevelingen van 'Natuur- en Recreatieschap de Grevelingen' te Zonnemaire en 'Groenservice Zuid-Holland (GZH)' te Schiedam. Available from: <http://www.zichtopdegrevelingen.nl>.

6. Bijlagen

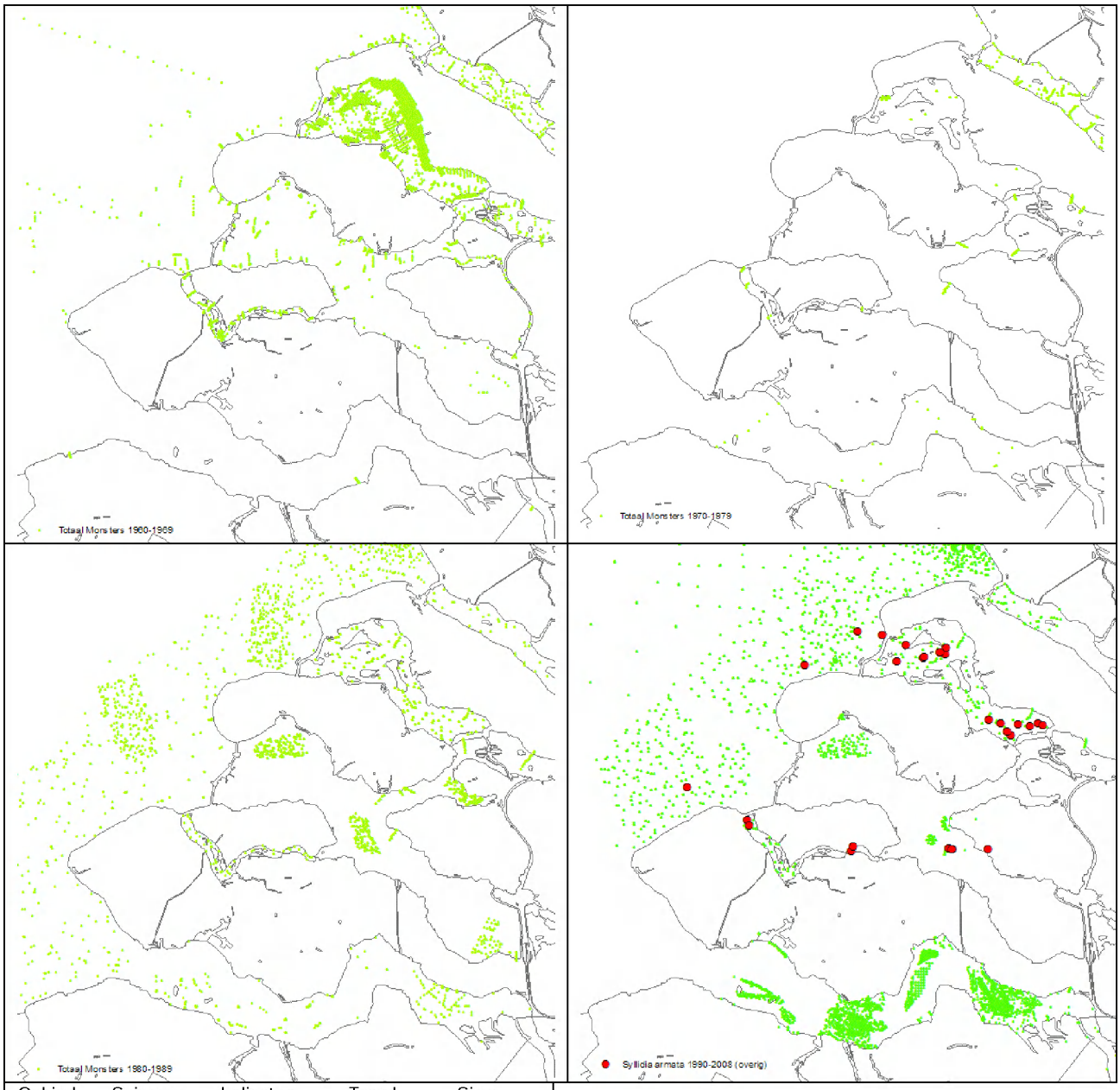
- **Bijlage I. *Microphthalmus similis* kaartjes**

Microphthalmus similis waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a) en 1980-1989 (c) (b; *M. similis* is gedurende de periode 1970-1979 niet aangetroffen), en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters).



- **Bijlage II. *Syllidia armata* kaartjes**

Syllidia armata waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; voor 1990 is *S. armata* niet waargenomen), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

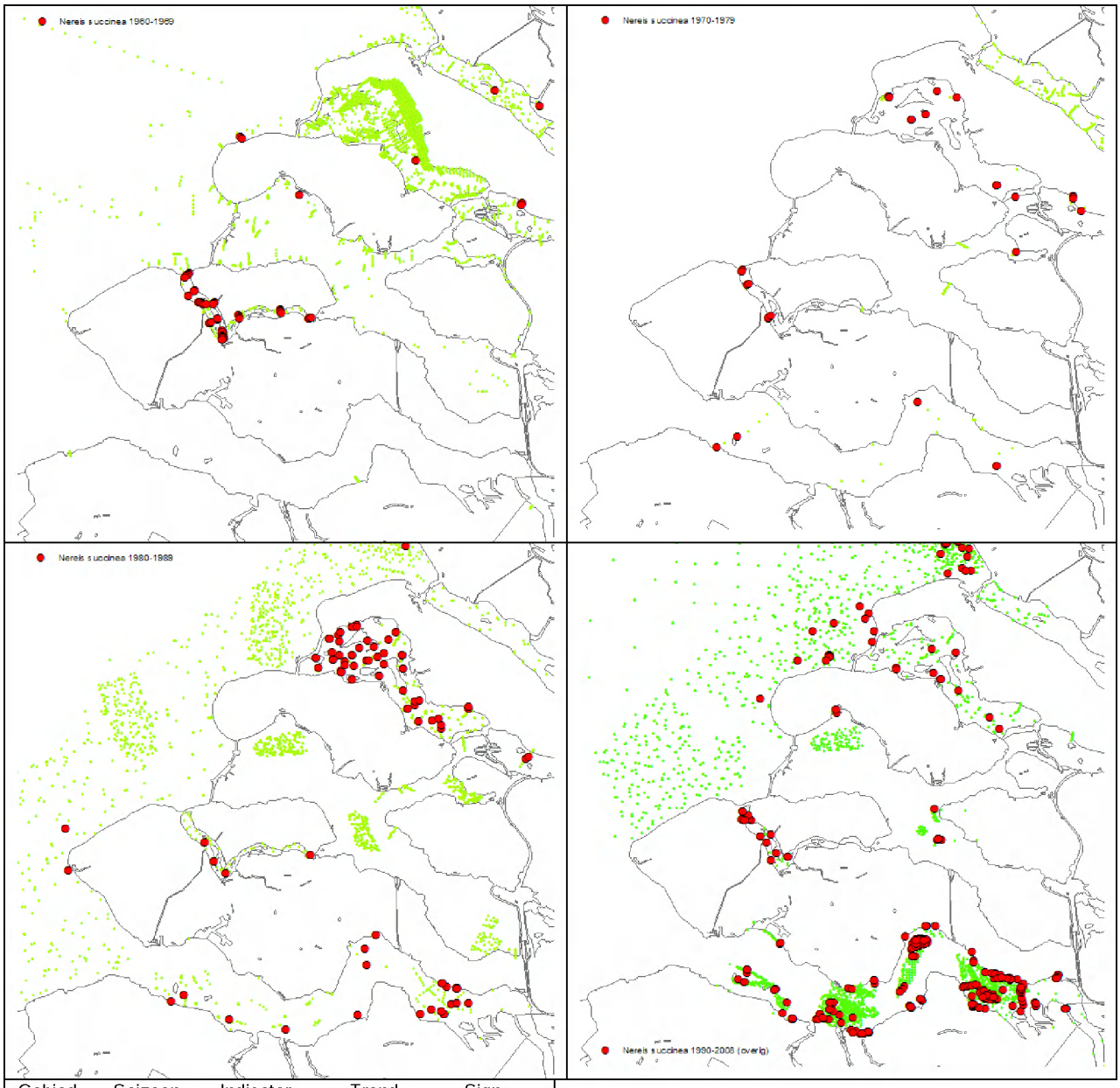


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Najaar	Dichtheden	Toename	0.009
GM	Najaar	Biomassa	Toename	0.002
OS	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.024

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

- **Bijlage III. *Nereis succinea* kaartjes**

Nereis succinea waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b), 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

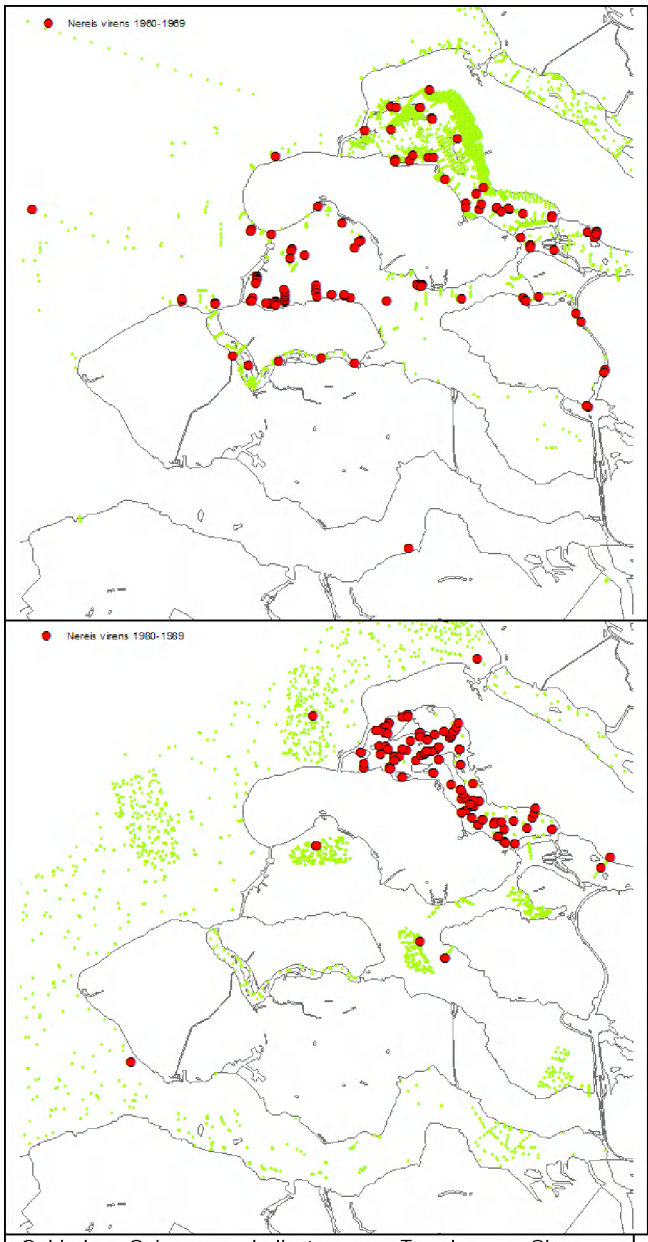


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.001
GM	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.003
VM	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.020
VM	Najaar	Biomassa	Toename	0.034

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

- **Bijlage IV. *Nereis virens* kaartjes**

Nereis virens waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b), 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

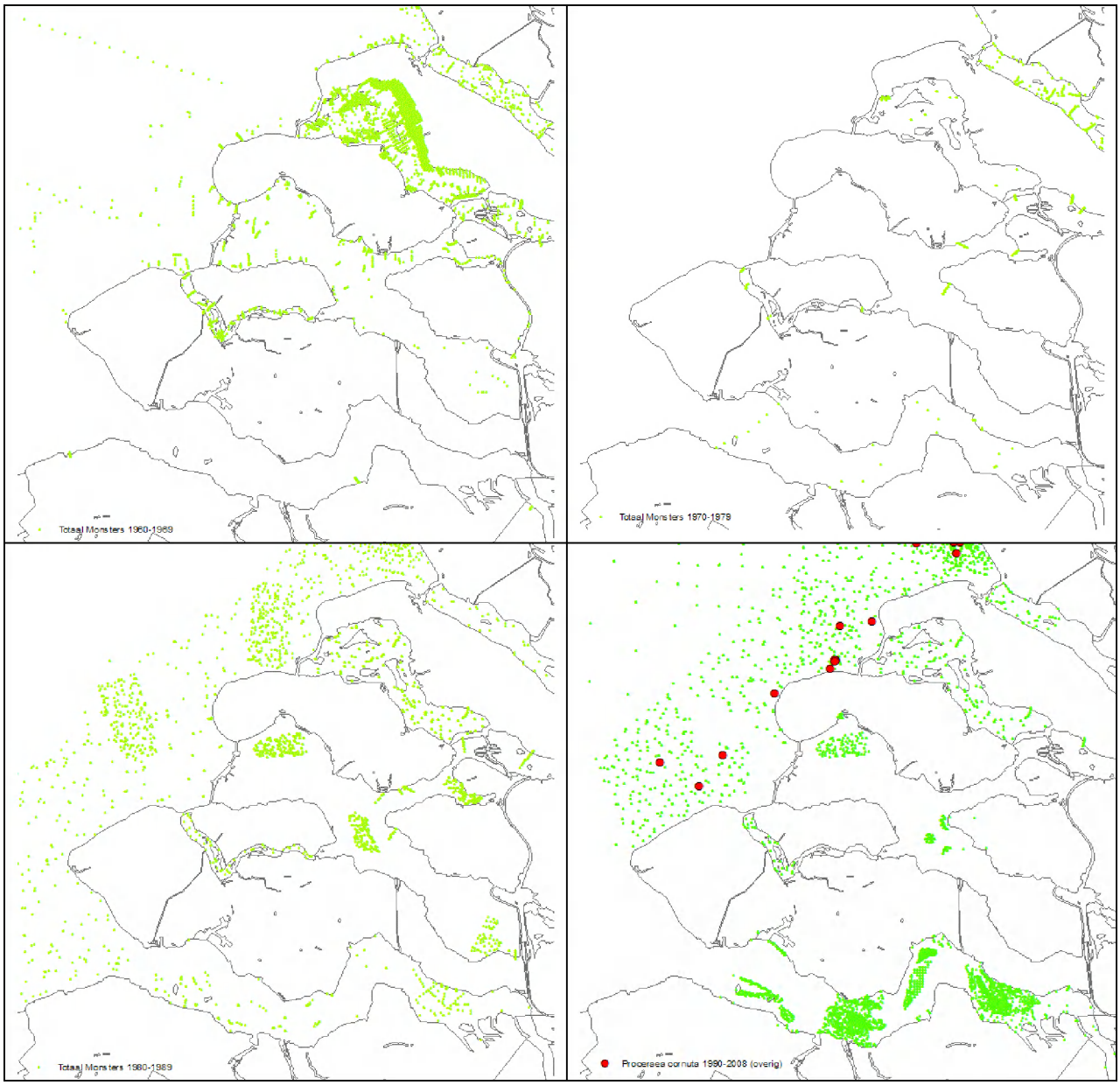


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Voorjaar	Dichtheden	Afname	0.018
GM	Voorjaar	Biomassa	Afname	0.000
GM	Najaar	Dichtheden	Afname	0.000

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

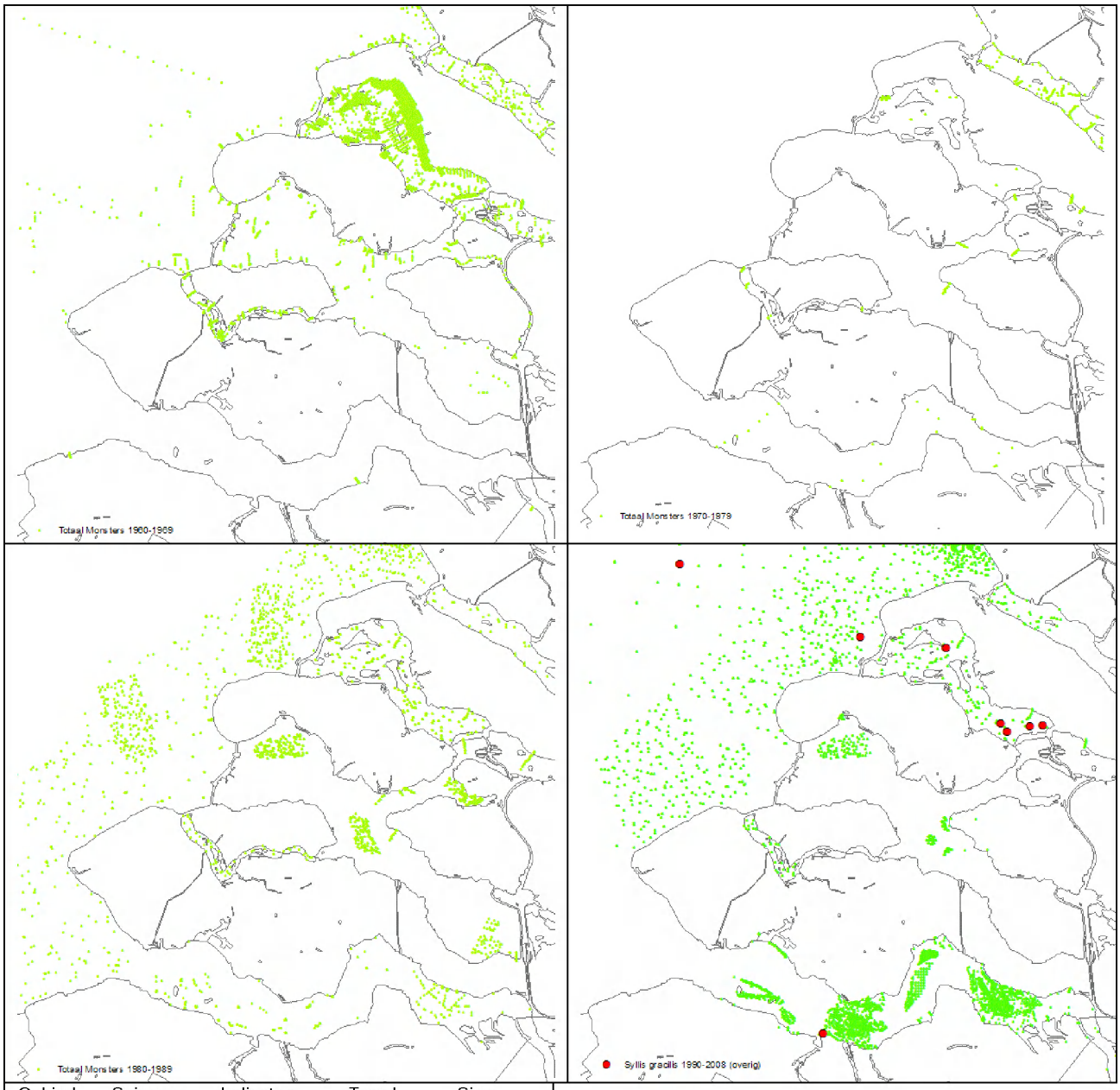
- **Bijlage V. *Proceraea cornuta* kaartjes**

Proceraea cornuta waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; voor 1990 is *P. cornuta* niet waargenomen).



- **Bijlage VI. *Syllis gracilis* kaartjes**

Syllis gracilis waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; voor 1990 is *S. gracilis* niet waargenomen), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

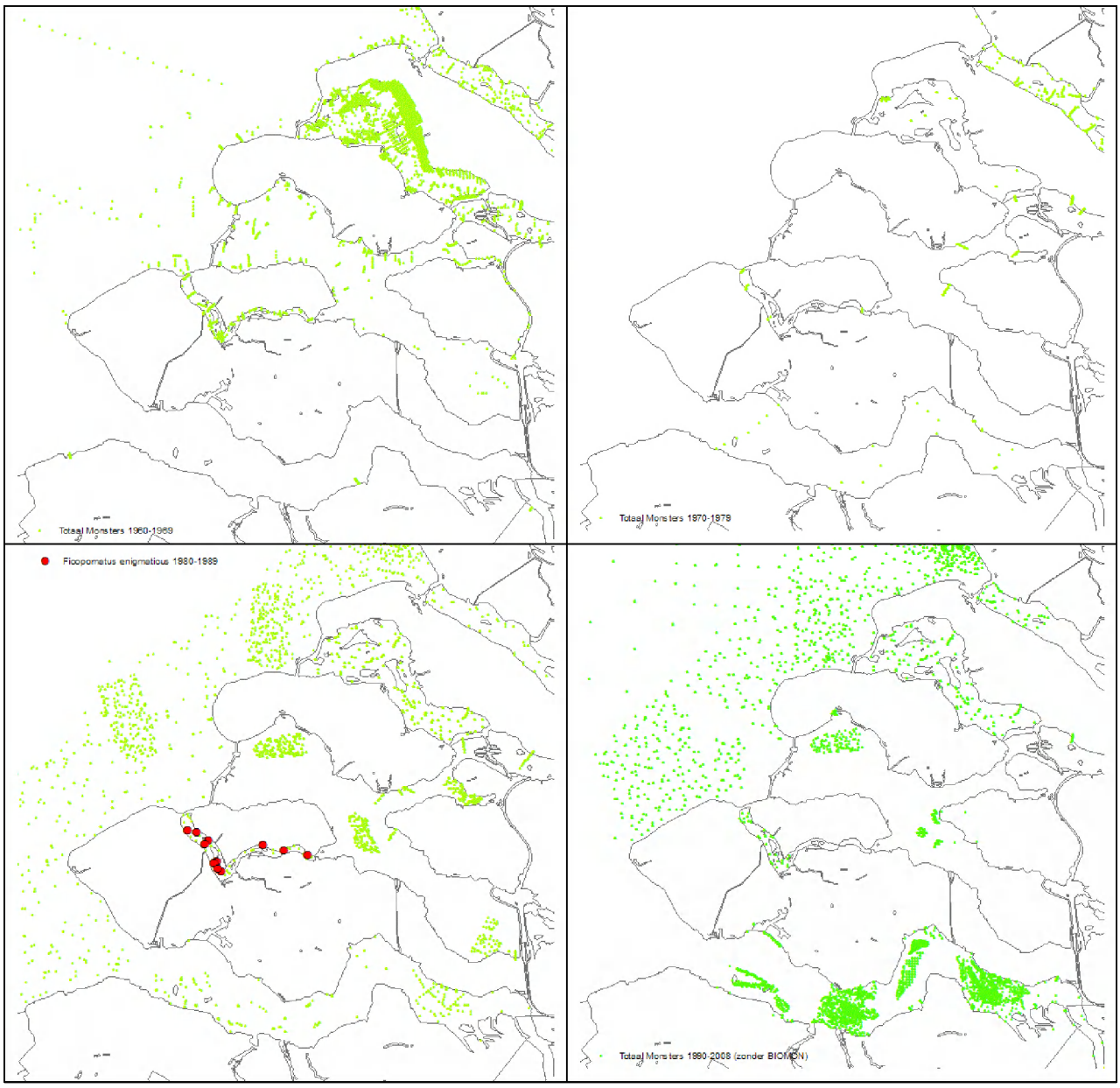


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Najaar	Dichtheden	Toename	0.042
GM	Najaar	Biomassa	Toename	0.003

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

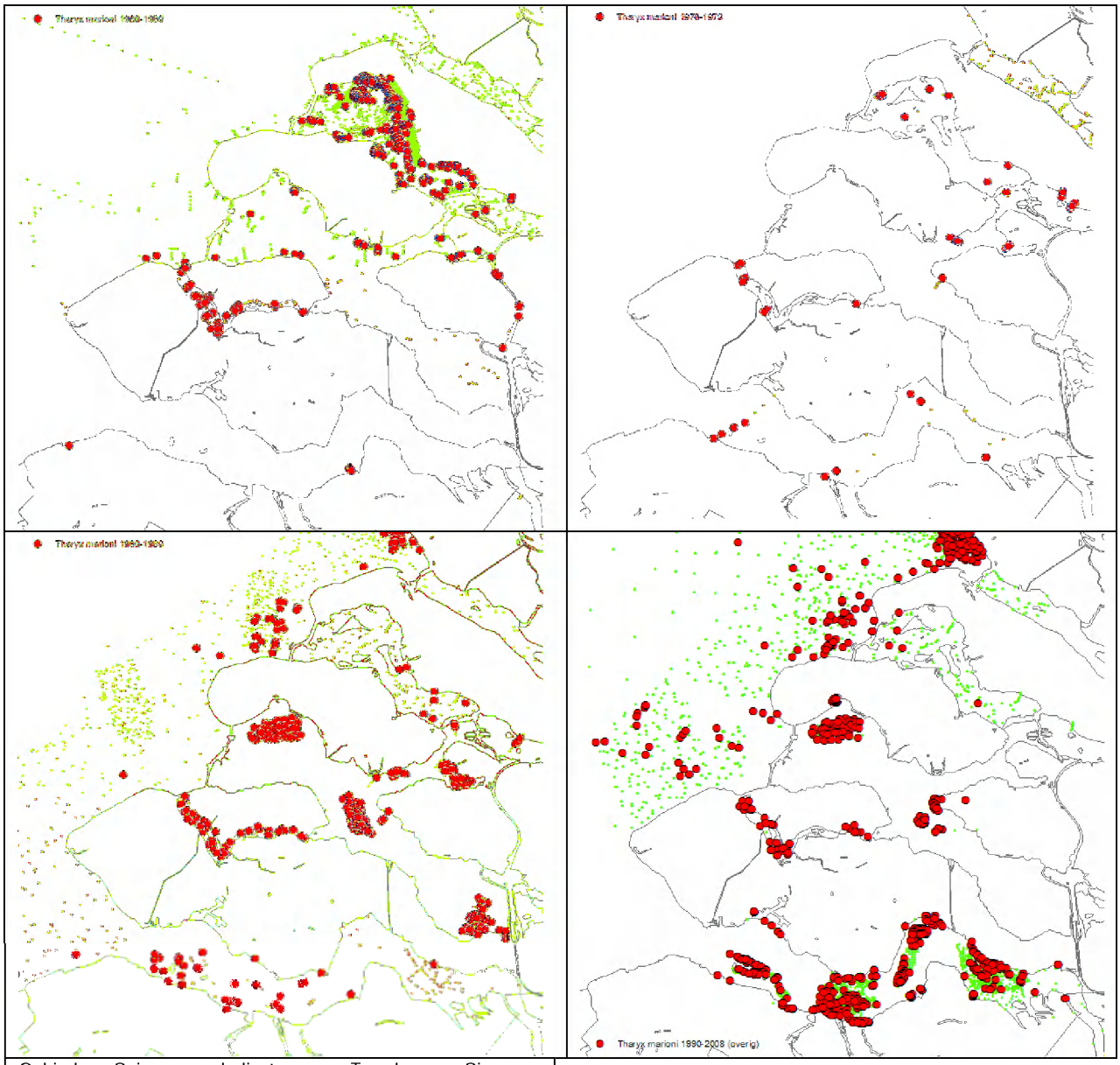
- **Bijlage VII. *Ficopomatus enigmaticus* kaartjes**

Ficopomatus enigmaticus waarnemingen gedurende de periode 1980-1989 (c) (a, b, d; voor 1980 en in de monsters die naast de BIOMON monitoring zijn genomen tussen 1990 en 2008, is *F. enigmaticus* niet aangetroffen).



- **Bijlage VIII. *Tharyx marioni* kaartjes**

Tharyx marioni waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b), 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

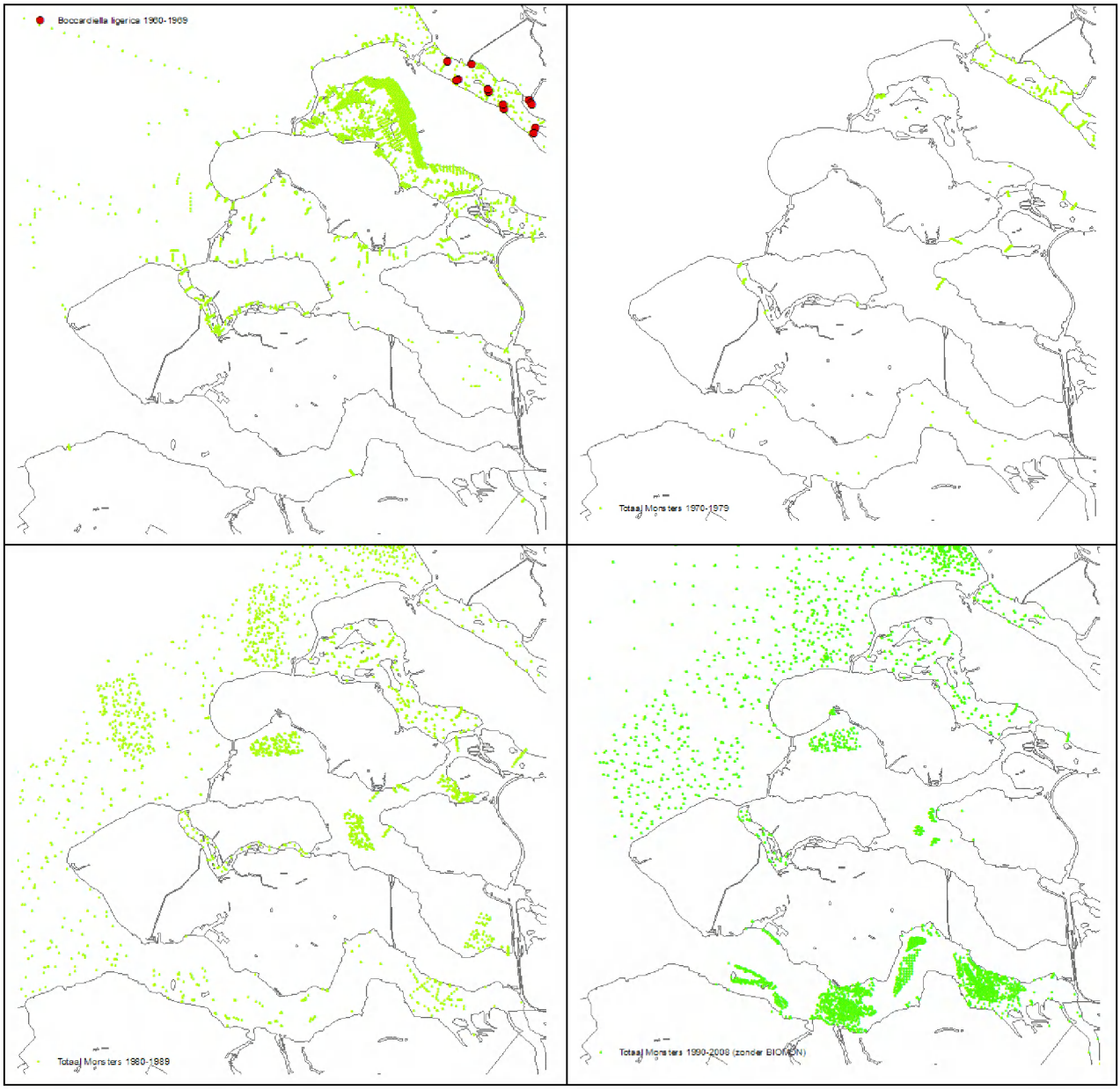


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
VM	Najaar	Dichtheden	Afname	0.035
VM	Najaar	Biomassa	Afname	0.005
WS	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.016

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

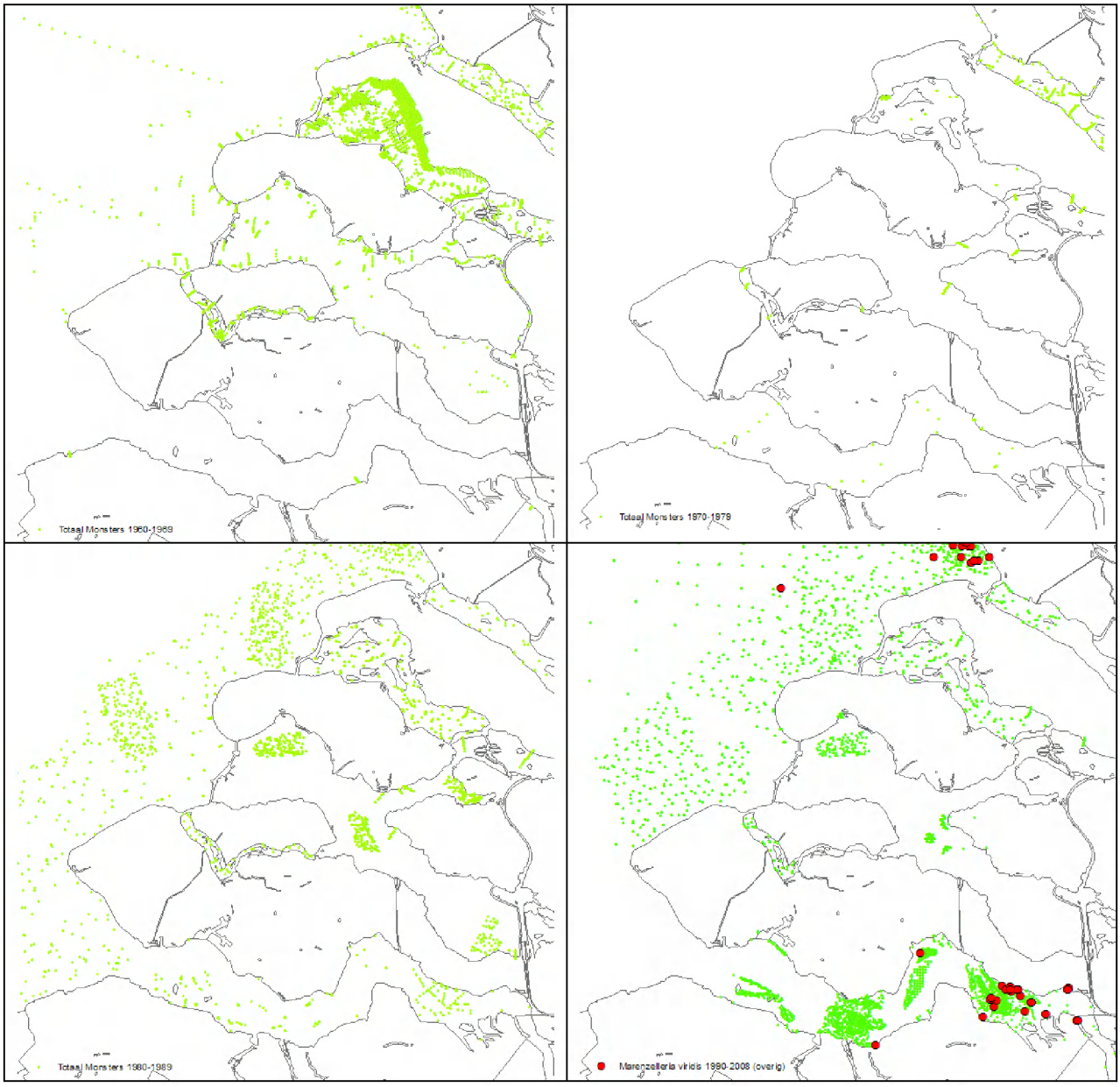
- **Bijlage IX. *Boccardiella ligerica* kaartjes**

Boccardiella ligerica waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a) (b, c, d; gedurende de periode 1970-1990, en in de monsters die naast de BIOMON monitoring zijn genomen tussen 1990 en 2008, is *B. ligerica* niet aangetroffen).



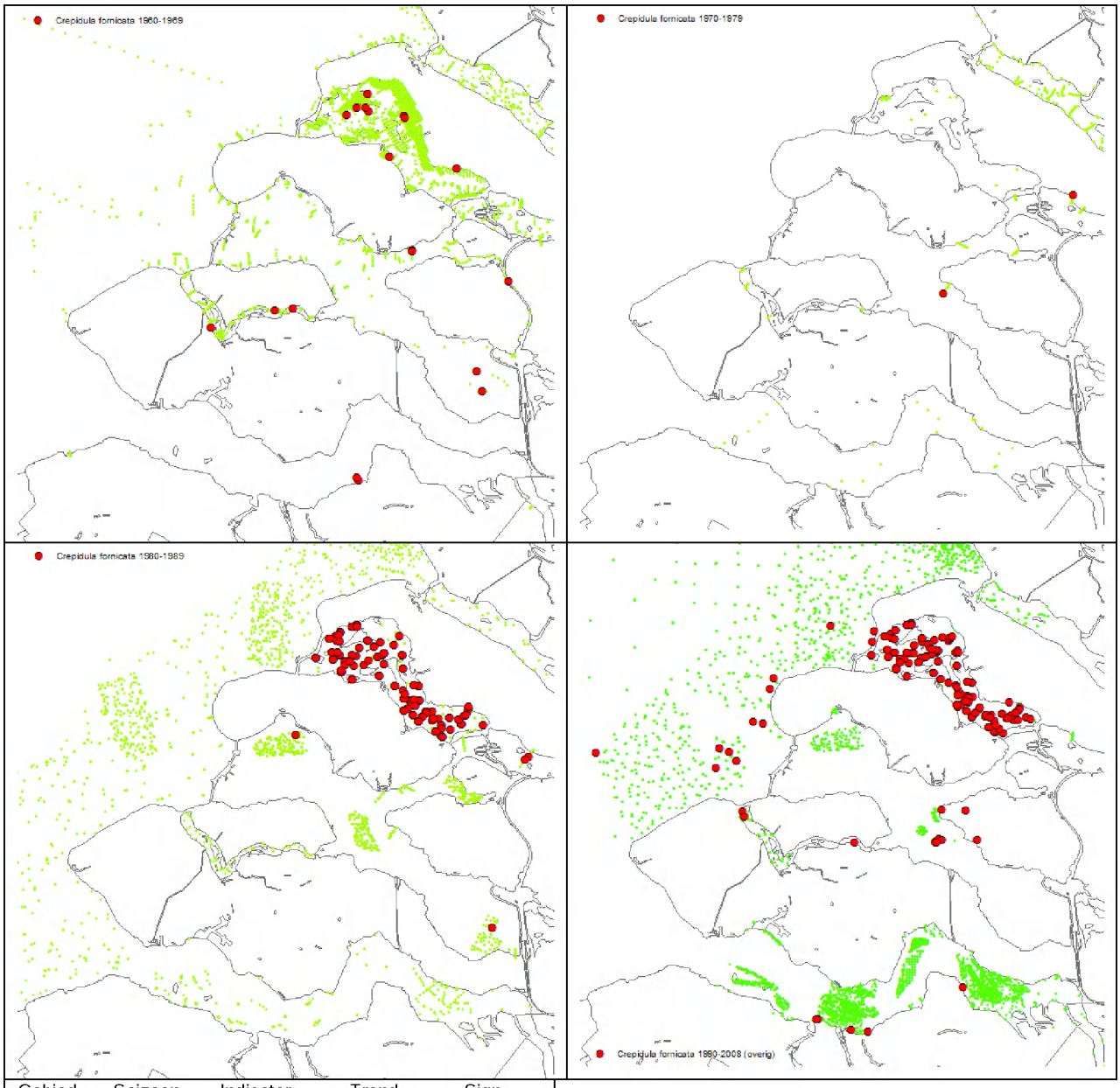
- **Bijlage X. *Marenzelleria viridis* kaartjes**

Marenzelleria viridis + *Marenzelleria sp.* waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; voor 1990 zijn *M. viridis* en *Marenzelleria sp.* niet waargenomen).



- **Bijlage XI. *Crepidula fornicata* kaartjes**

Crepidula fornicata waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b), 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

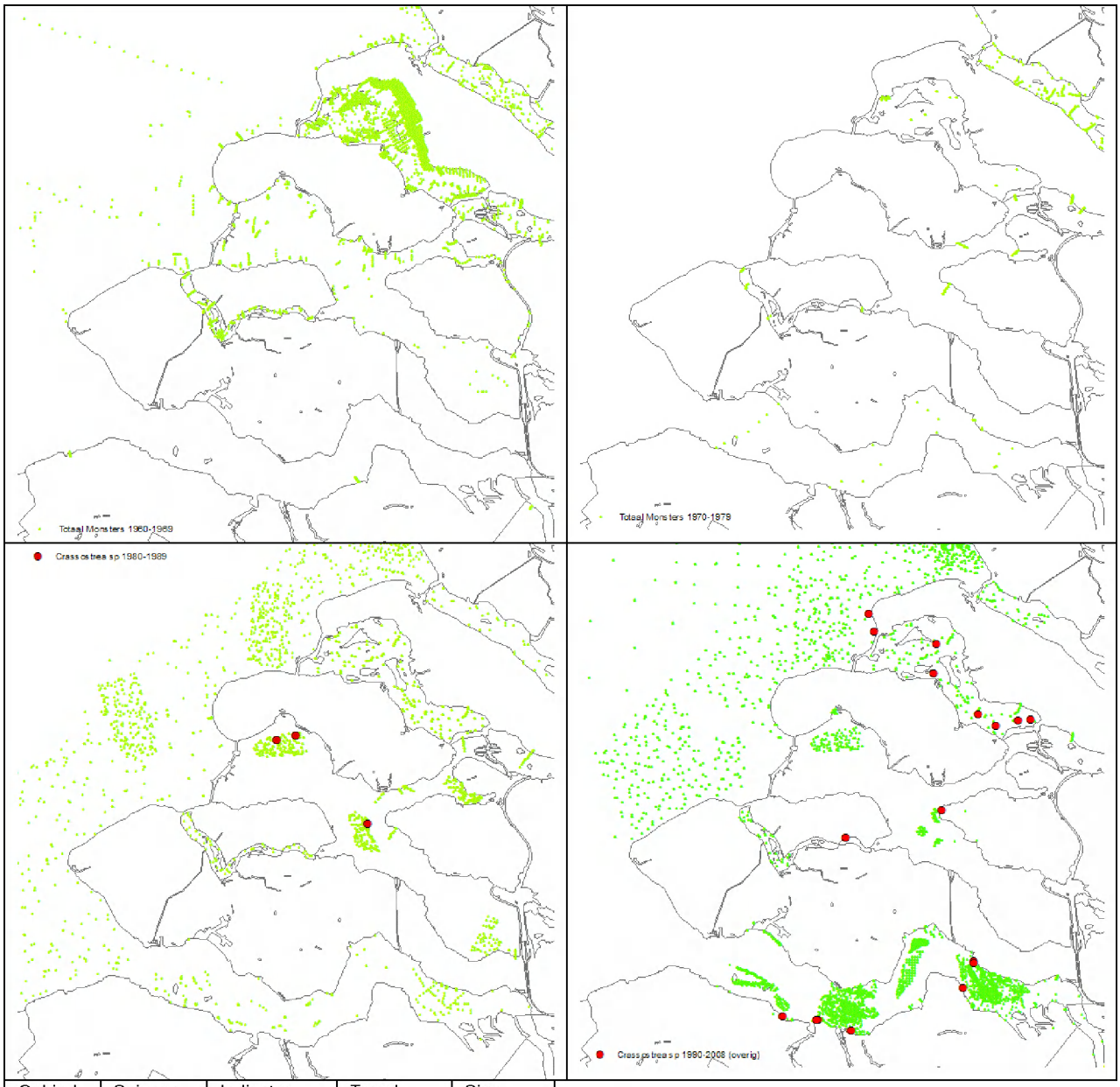


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Najaar	Dichtheden	Afname	0.012
OS	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.001
OS	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.028
OS	Najaar	Dichtheden	Toename	0.042

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

- **Bijlage XII. *Crassostrea sp.* kaartjes**

Crassostrea sp. waarnemingen gedurende de periode 1980-1989 (c) (a,b; *Crassostrea sp.* is voor 1980 niet aangetroffen), en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

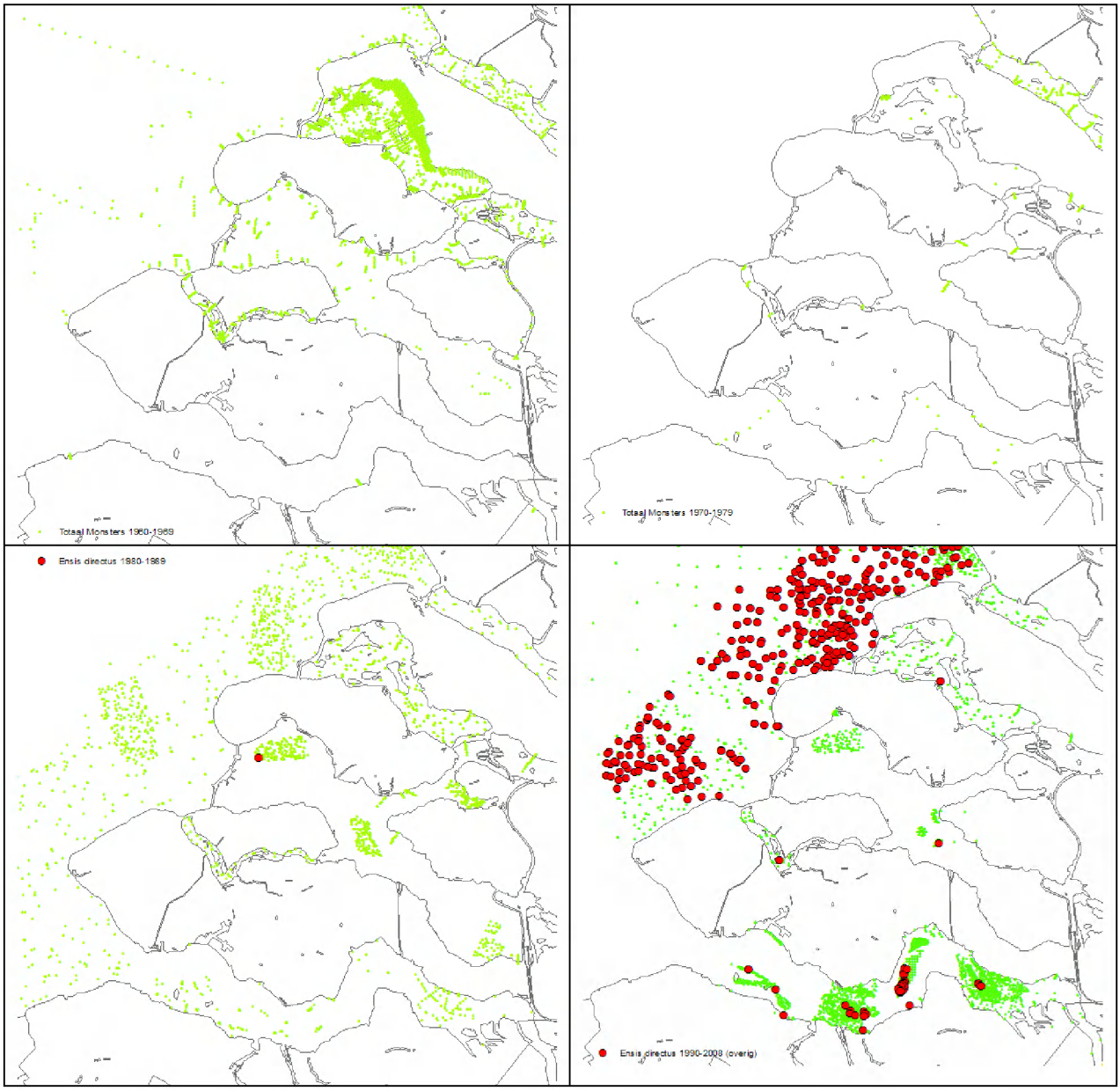


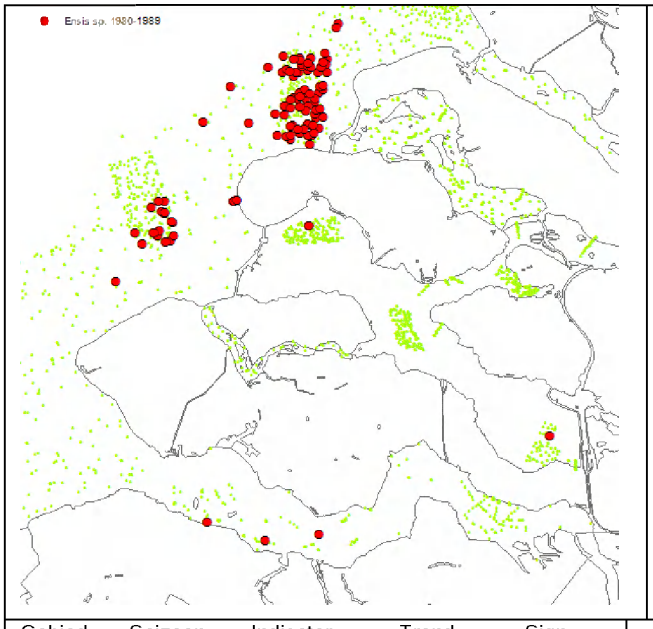
Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Najaar	Biomassa	Toename	0.005
VM	Najaar	Dichtheden	Toename	0.004
WS	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.035
WS	Najaar	Dichtheden	Toename	0.016

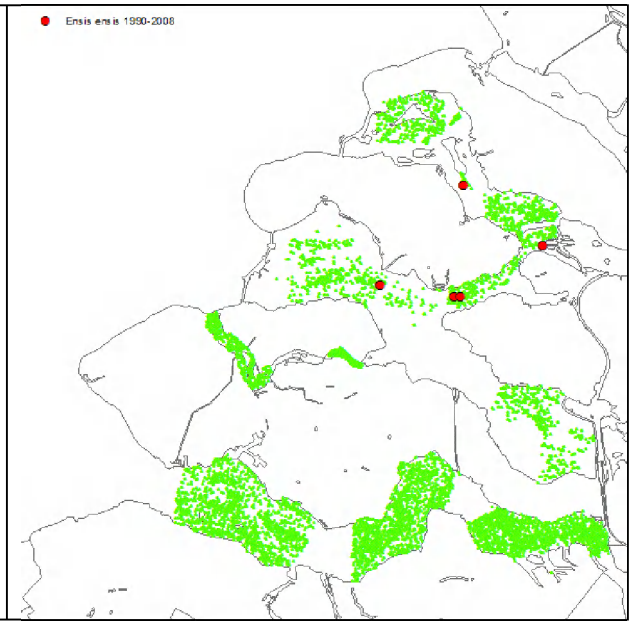
* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

- **Bijlage XIII. *Ensis directus* kaartjes**

Ensis directus waarnemingen gedurende de periode 1980-1989 (c) (a, b; *Ensis directus* is voor 1980 niet aangetroffen), en waarnemingen van *E. directus* gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters). e) *Ensis sp.* waarnemingen gedurende de periode 1980-1989. g) *Ensis ensis* waarnemingen tussen 1990 en 2008 (deze soort is voor die tijd, evenals *Ensis arcuatus* voor de gehele 1960-2008 periode, slechts in de Noordzee waargenomen), en een overzicht van de significante ontwikkelingen in *Ensis directus* + *Ensis sp.* samen, tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON gegevens.





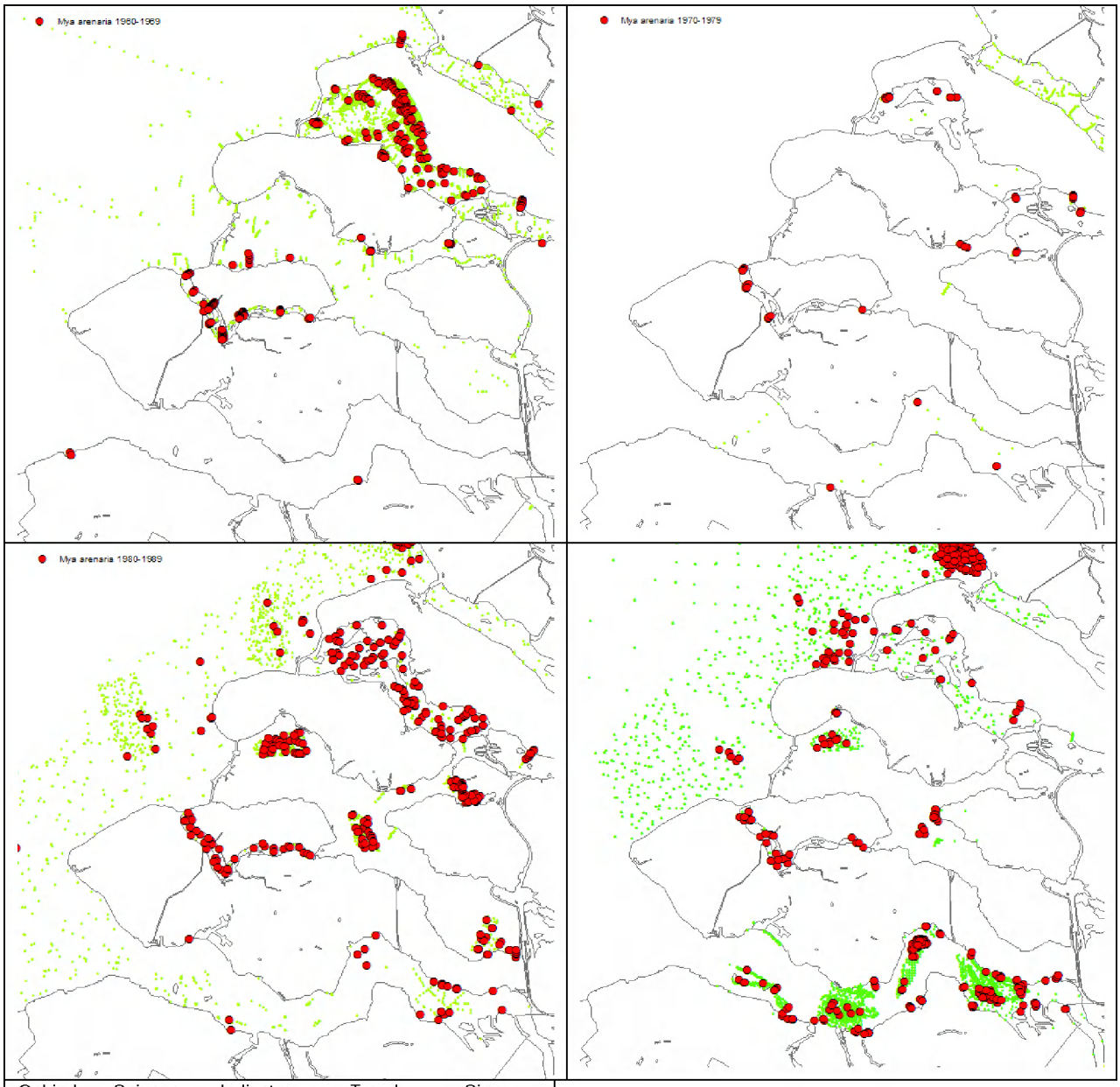


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
OS	Voorjaar	Dichtheden	Toename	0.040
OS	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.001
OS	Najaar	Biomassa	Toename	0.045
VM	Voorjaar	Dichtheden	Afname	0.033
VM	Voorjaar	Biomassa	Afname	0.040
WS	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.016
WS	Najaar	Biomassa	Toename	0.034

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

- **Bijlage XIV. *Mya arenaria* kaartjes**

Mya arenaria waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b), 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

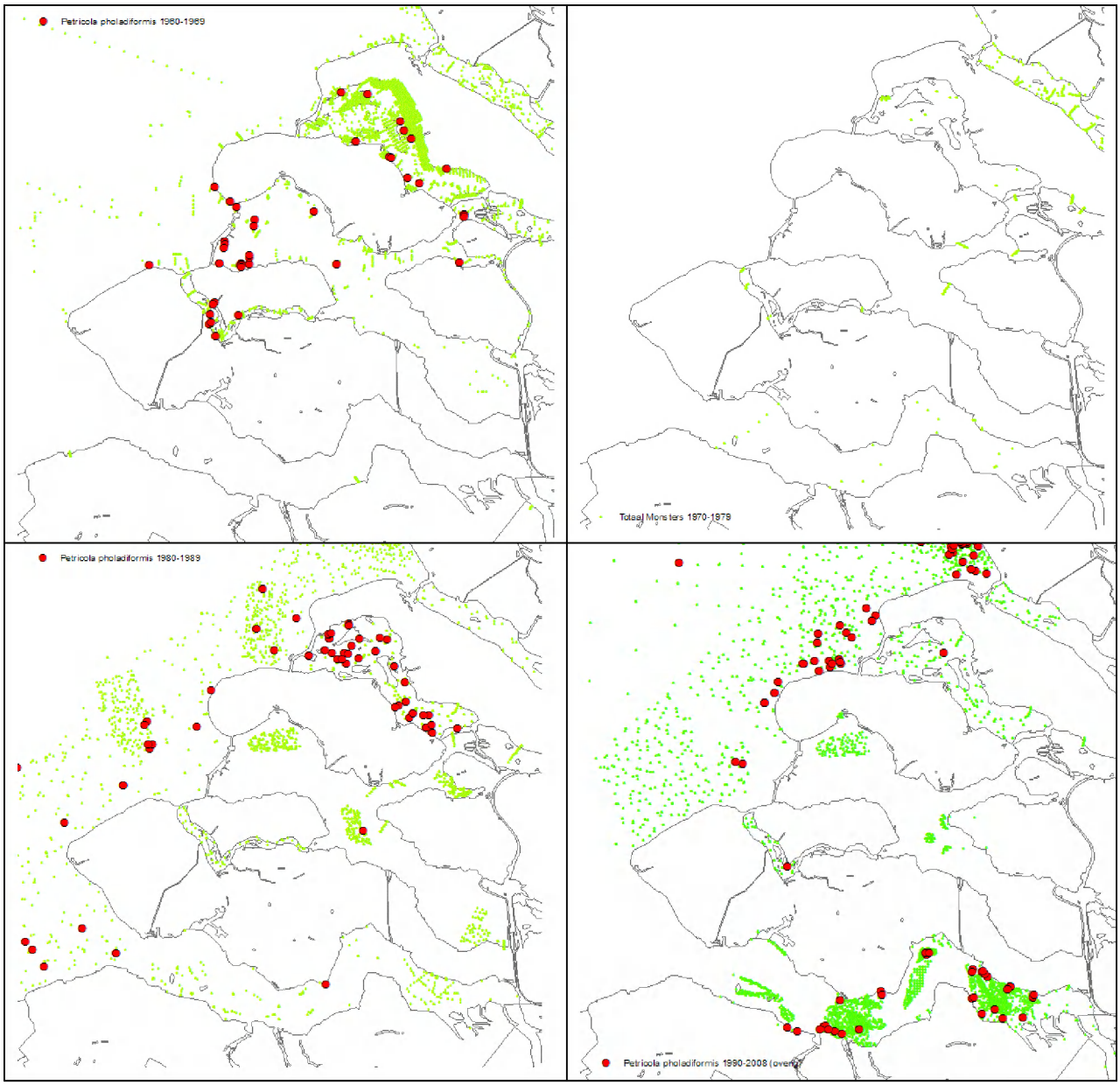


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
VM	Najaar	Biomassa	Toename	0.005

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

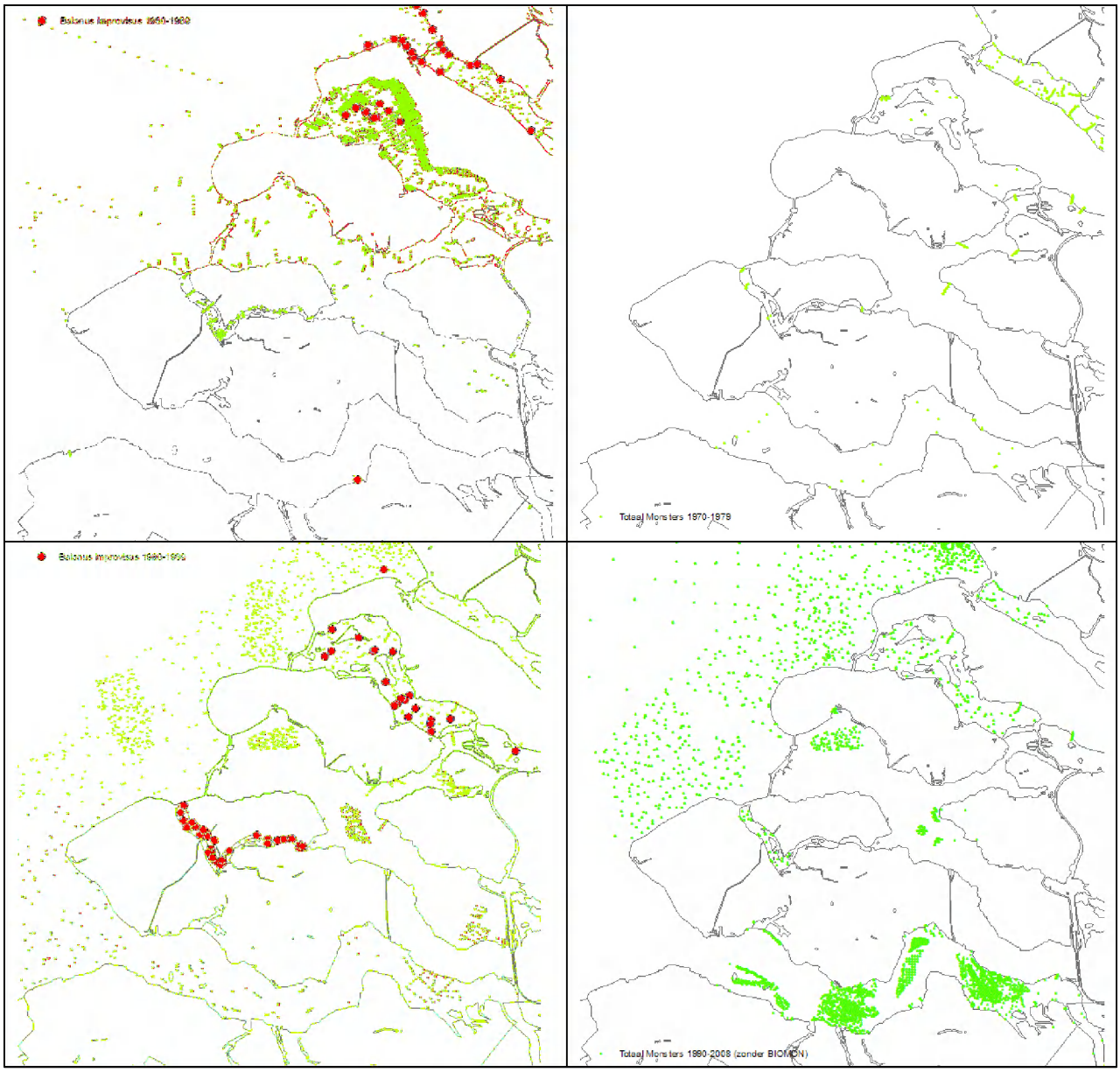
- **Bijlage XV. *Petricola pholadiformis* kaartjes**

Petricola pholadiformis waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1980-1989 (c) (b; gedurende de periode 1970-1979 is *P. pholadiformis* niet waargenomen) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.



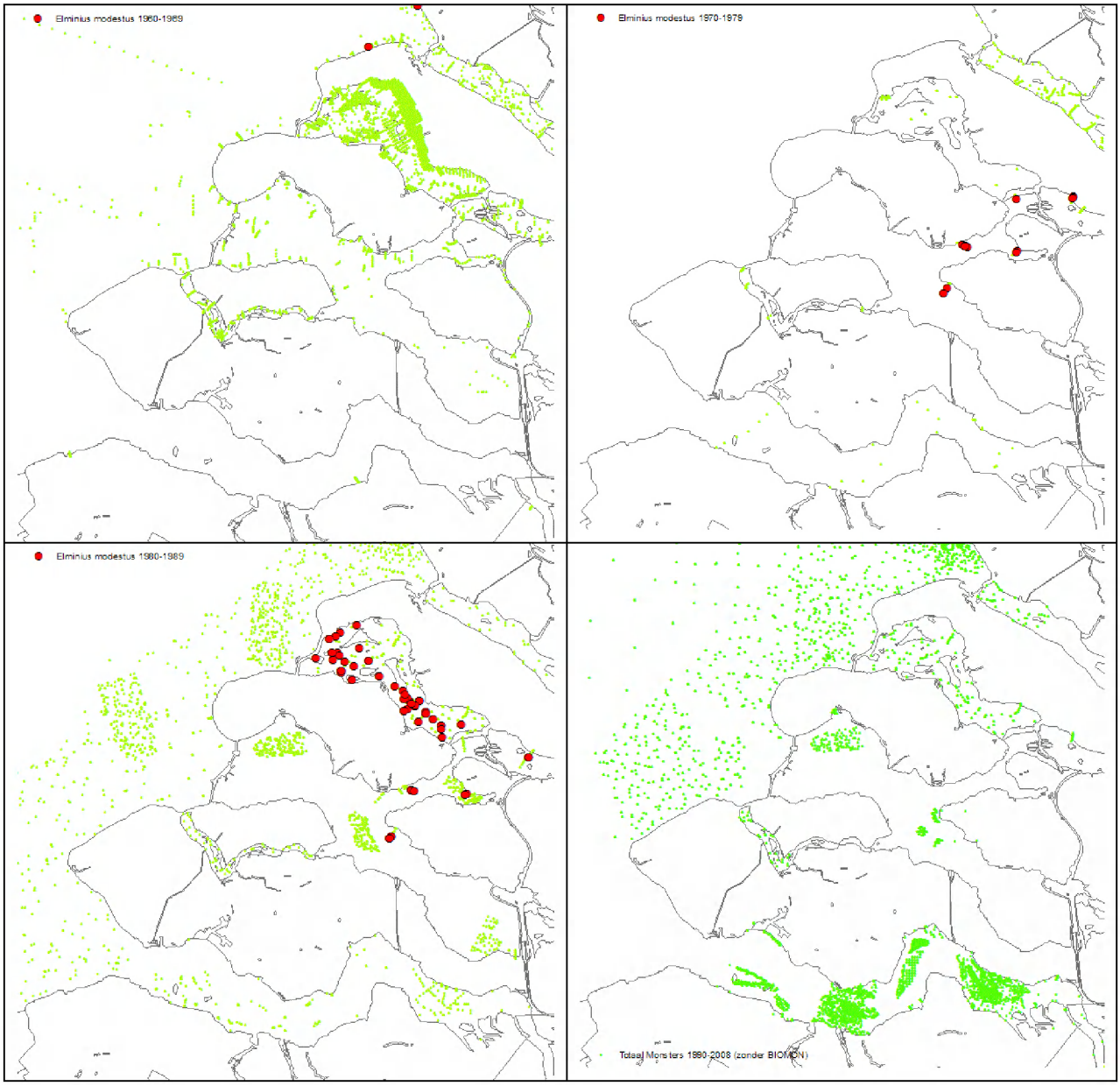
- **Bijlage XVI. *Balanus improvisus* kaartjes**

Balanus improvisus waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a) en 1980-1989 (c) (b, d; gedurende de periode 1970-1979 en in de monsters genomen naast de BIOMON monsters gedurende de periode 1990-2008, is *B. improvisus* niet aangetroffen).



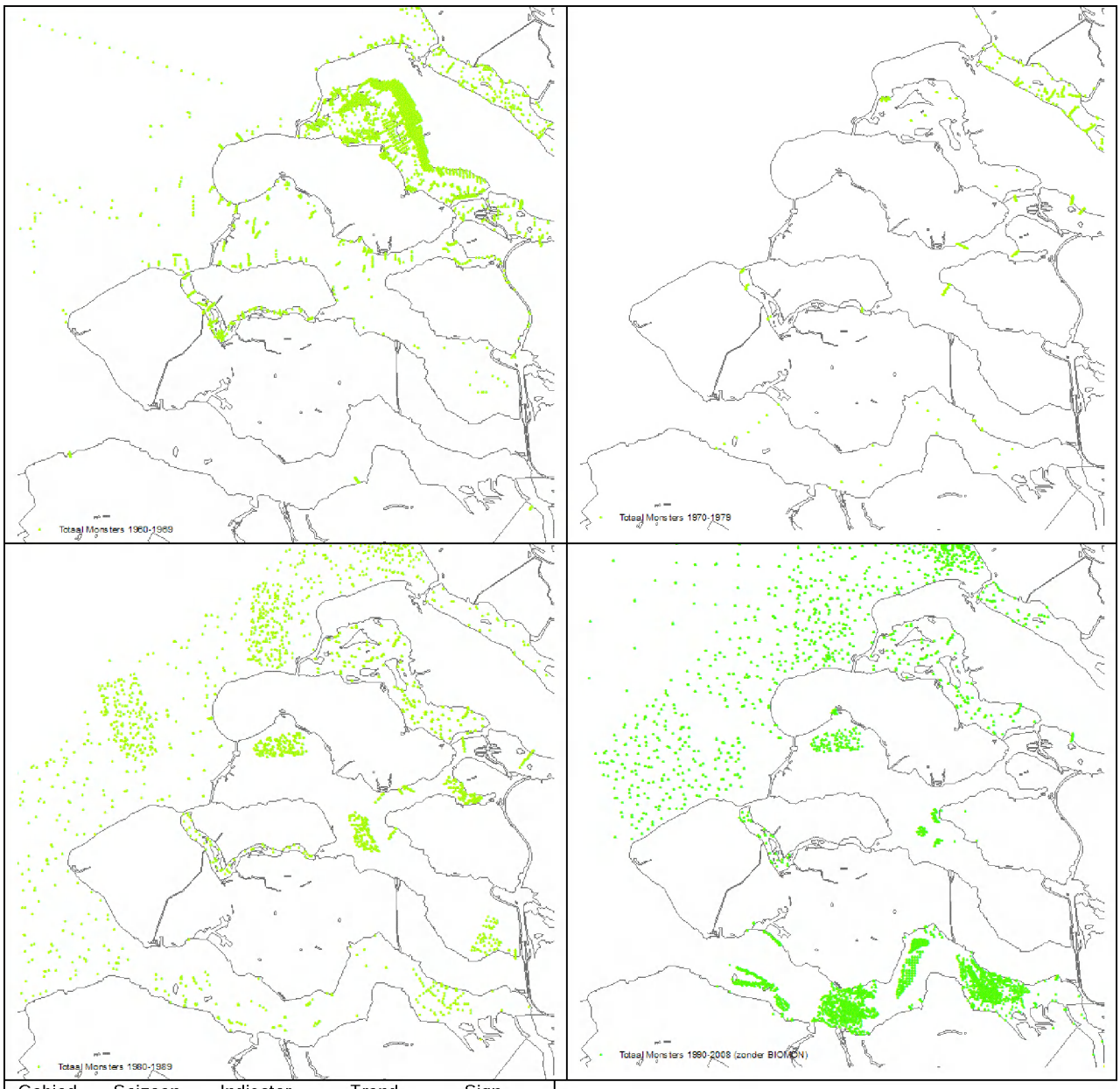
- **Bijlage XVII. *Elminius modestus* kaartjes**

Elminius modestus waarnemingen gedurende de periodes 1960-1969 (a), 1970-1979 (b) en 1980-1989 (c) (d; in de monsters genomen naast de BIOMON monsters gedurende de periode 1990-2008 is *E. modestus* niet aangetroffen).



- **Bijlage XVIII. *Hemigrapsus penicillatus* kaartjes**

Hemigrapsus penicillatus is gedurende de periode de periode voor 1990 en in de monsters genomen naast de BIOMON monsters in de periode 1990-2008 niet waargenomen. Een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

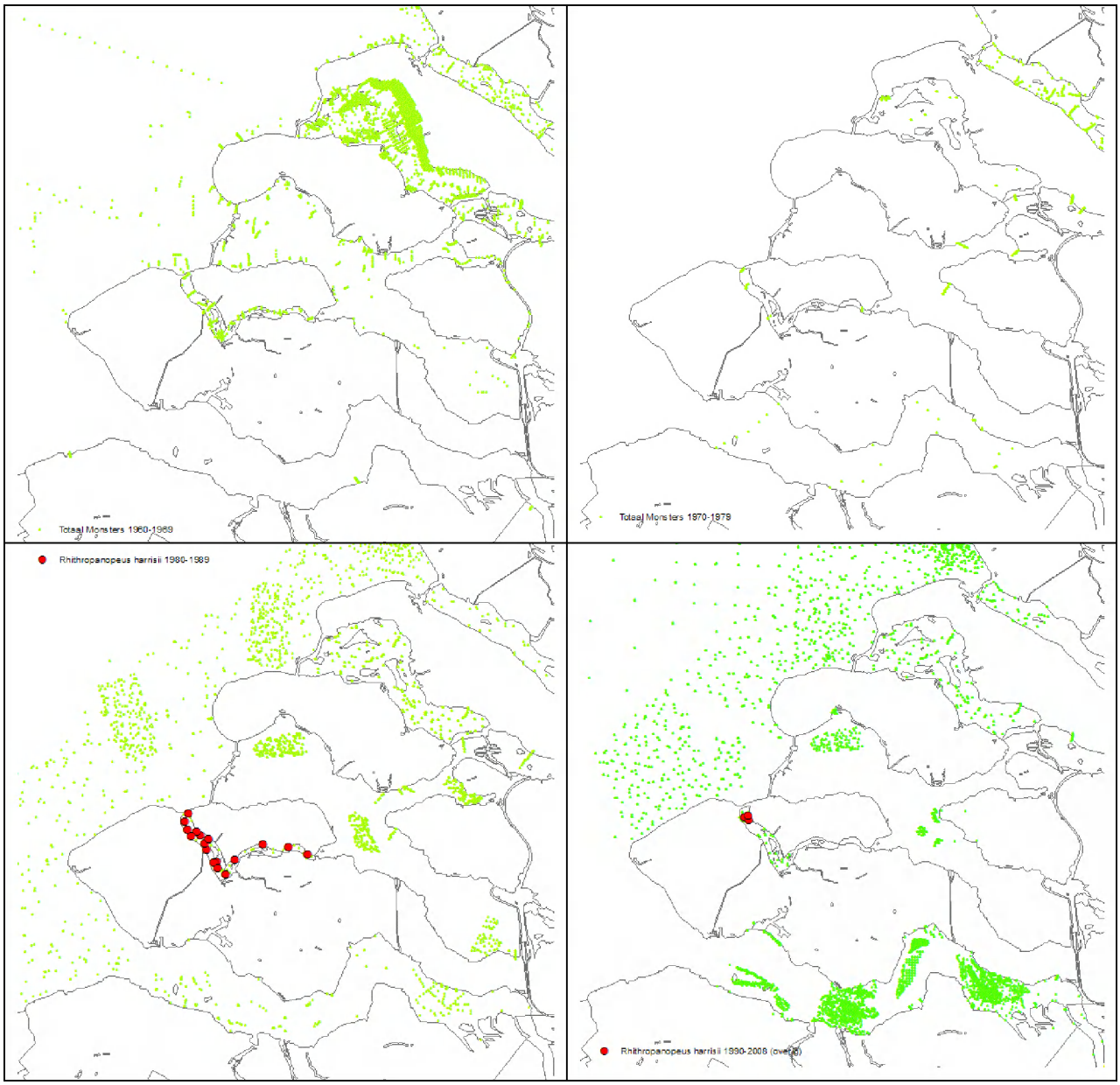


Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
OS	Voorjaar	Biomassa	Toename	0.027

* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

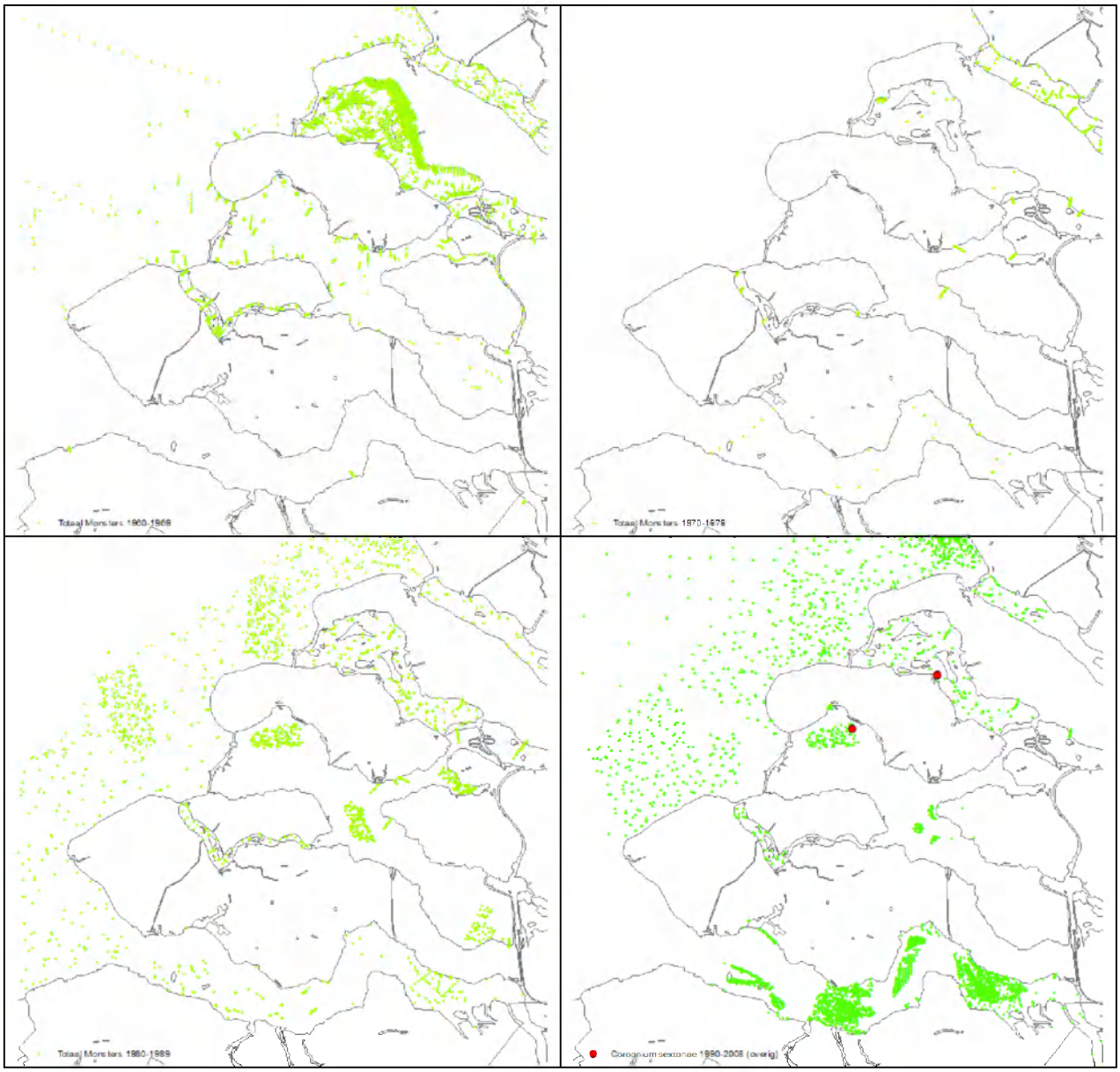
- **Bijlage XIX. *Rhithropanopeus harrisii* kaartjes**

Rhithropanopeus harrisii waarnemingen gedurende de periodes 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b; voor 1980 is *R. harrisii* niet waargenomen).



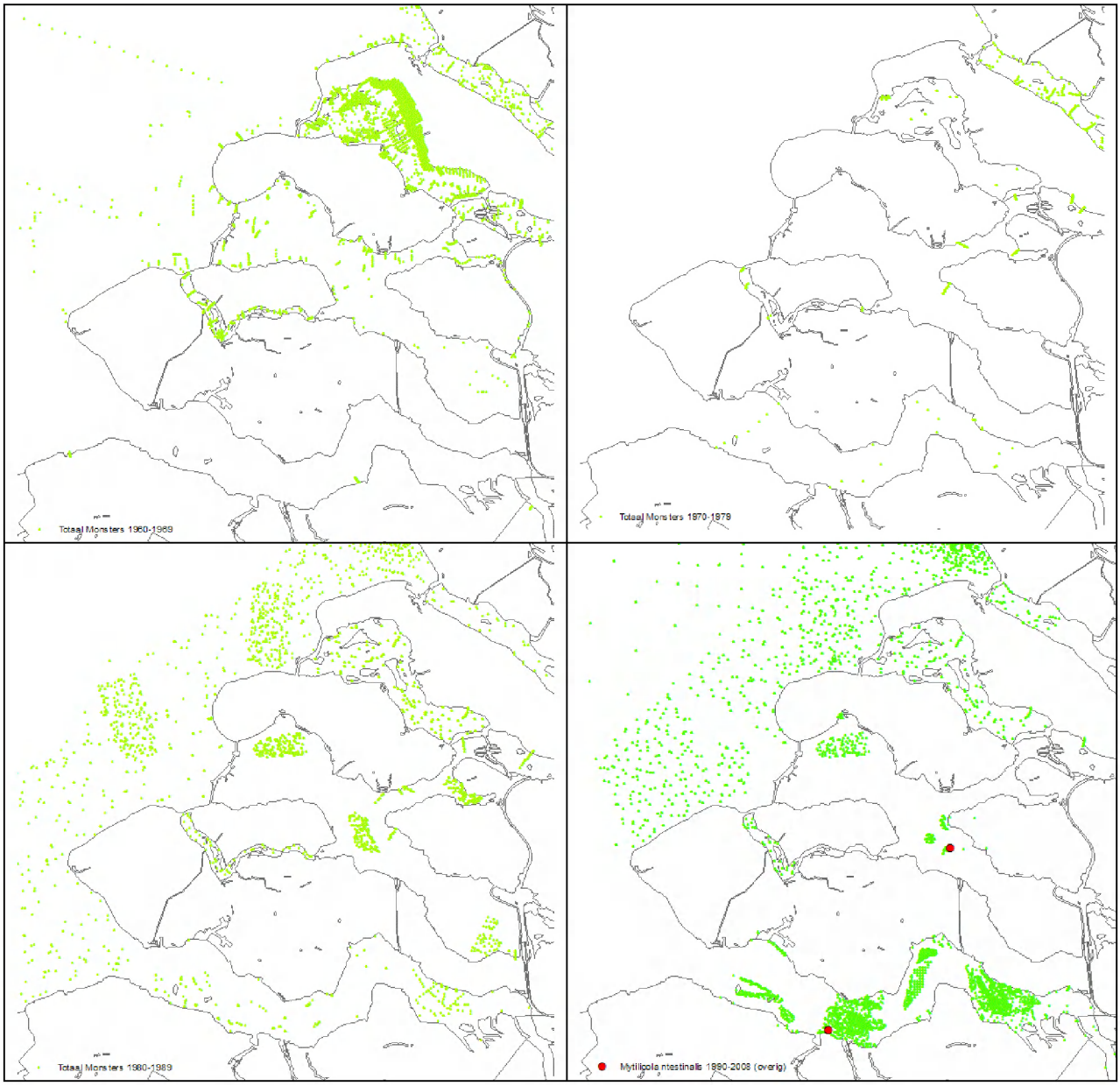
- **Bijlage XX. *Corophium sextonae* kaartjes**

Corophium sextonae waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; *C. sextonae* is gedurende de periode voor 1990 niet in het kaartgebied aangetroffen.



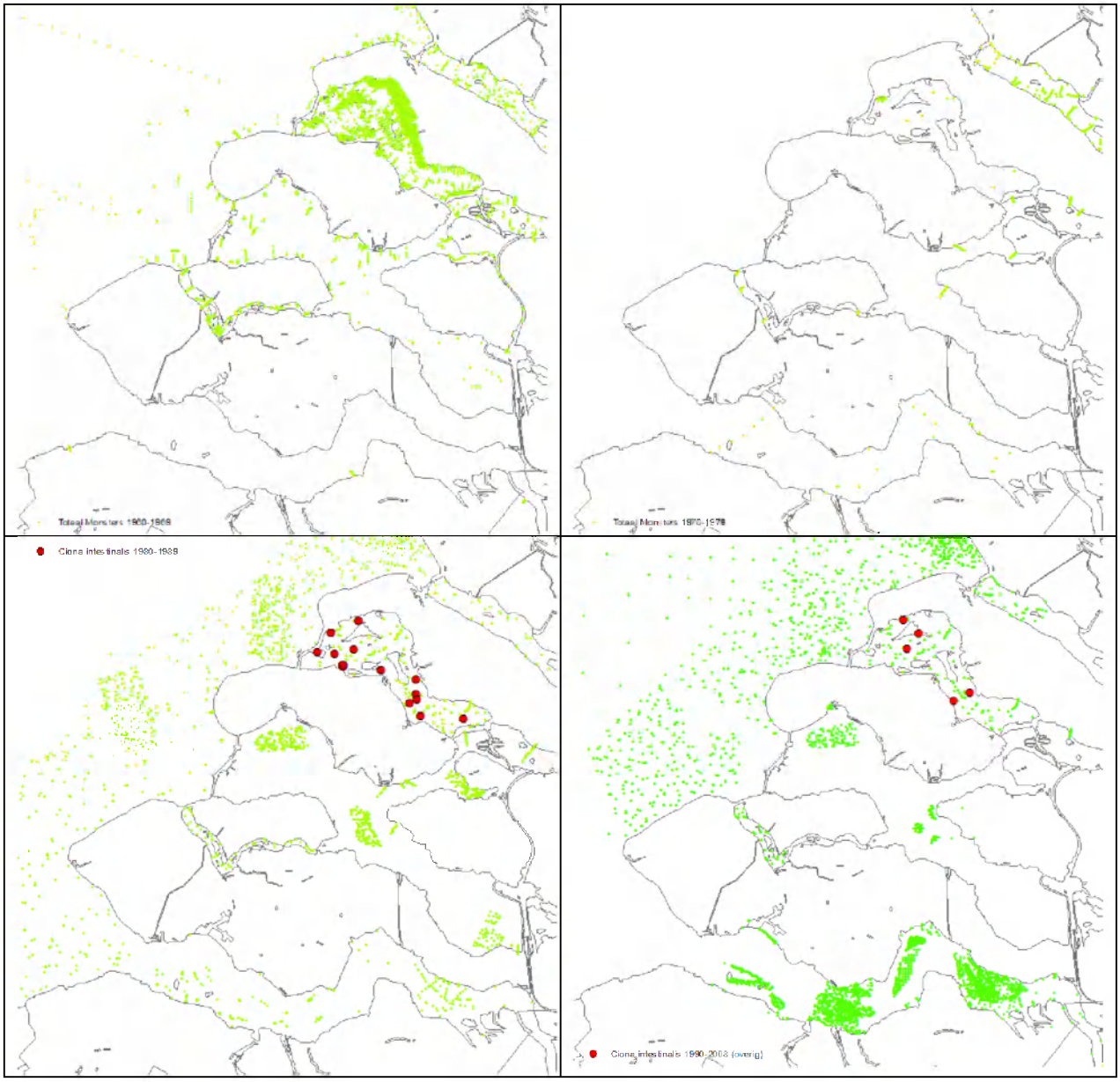
- **Bijlage XXI. *Mytilicola intestinalis* kaartjes**

Mytilicola intestinalis waarnemingen gedurende de periode 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b, c; *M. intestinalis* is voor 1990 niet waargenomen).



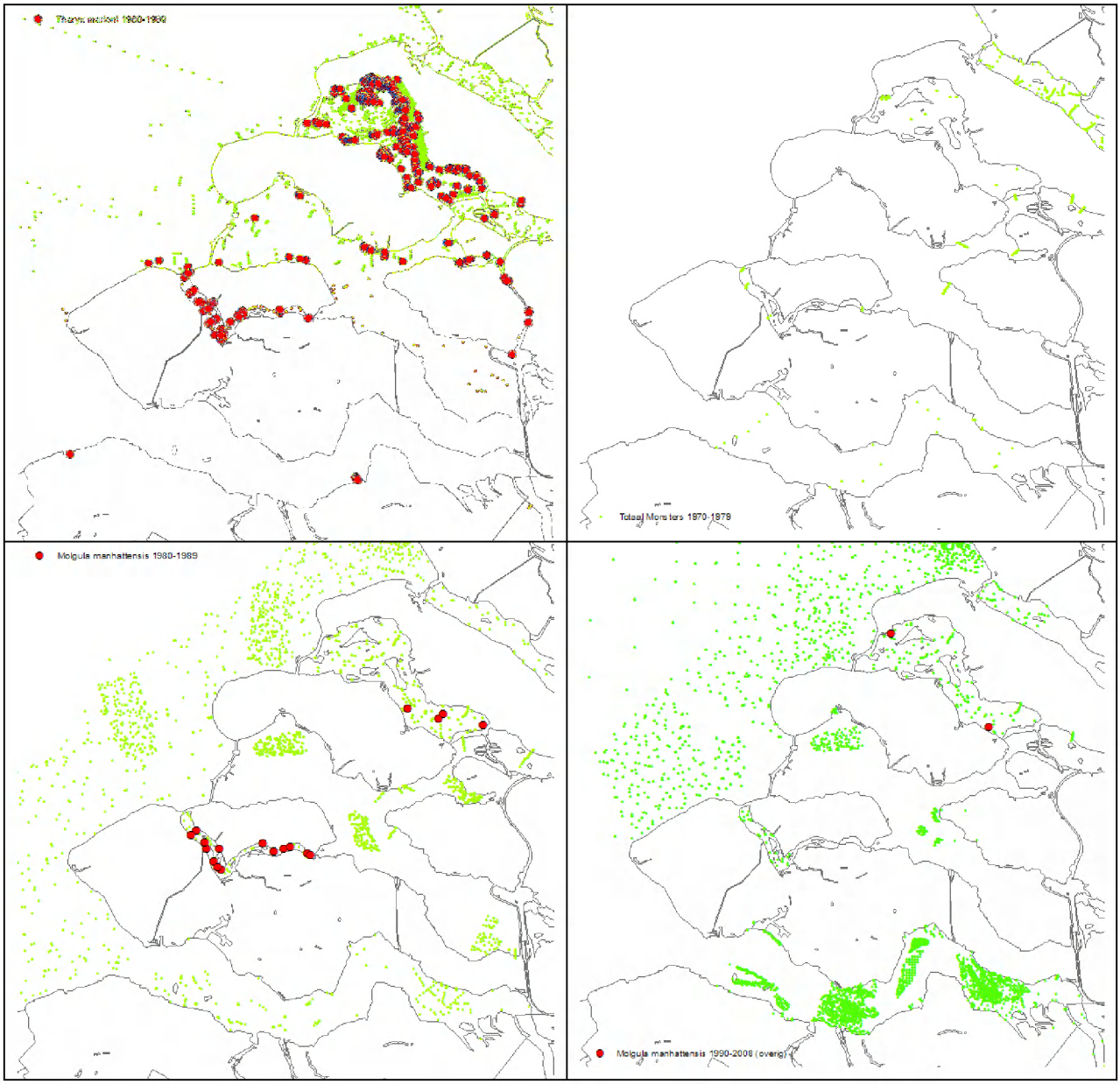
- **Bijlage XXII. *Ciona intestinalis* kaartjes**

Ciona intestinalis waarnemingen gedurende de periodes 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b; *C. intestinalis* is voor 1980 niet aangetroffen).



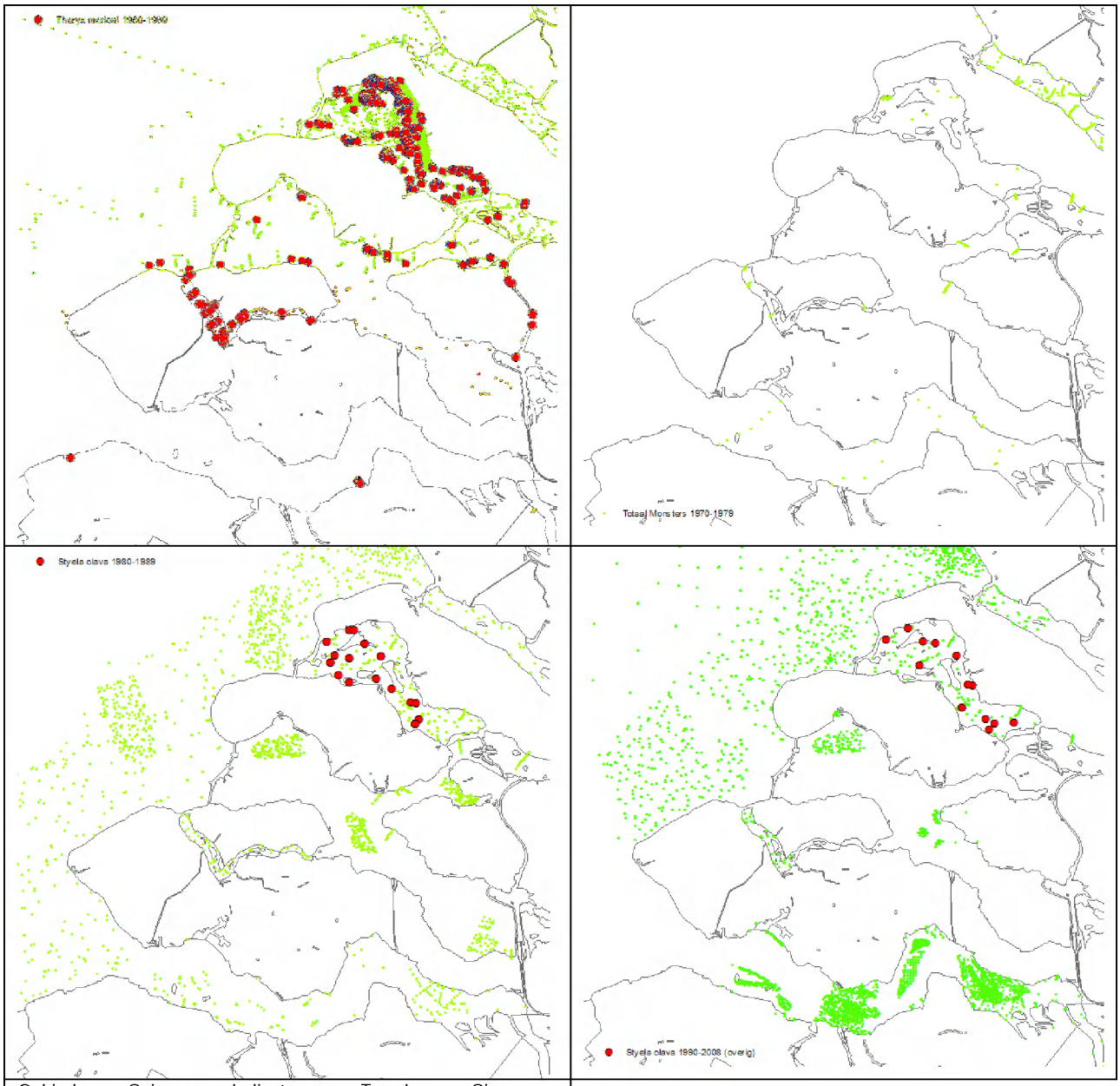
- **Bijlage XXIII. *Molgula manhattensis* kaartjes**

Molgula manhattensis waarnemingen gedurende de periodes 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b; *M. manhattensis* is gedurende de periode voor 1980 niet aangetroffen).



- **Bijlage XXIV. *Styela clava* kaartjes**

Styela clava waarnemingen gedurende de periodes 1980-1989 (c) en 1990-2008 (d; met uitzondering van de BIOMON monsters) (a, b; *S. clava* is voor 1980 niet waargenomen), en een overzicht van de significante ontwikkelingen tussen 1990 en 2008 in dichtheden en biomassa per gebied en seizoen op basis van de BIOMON monsters.

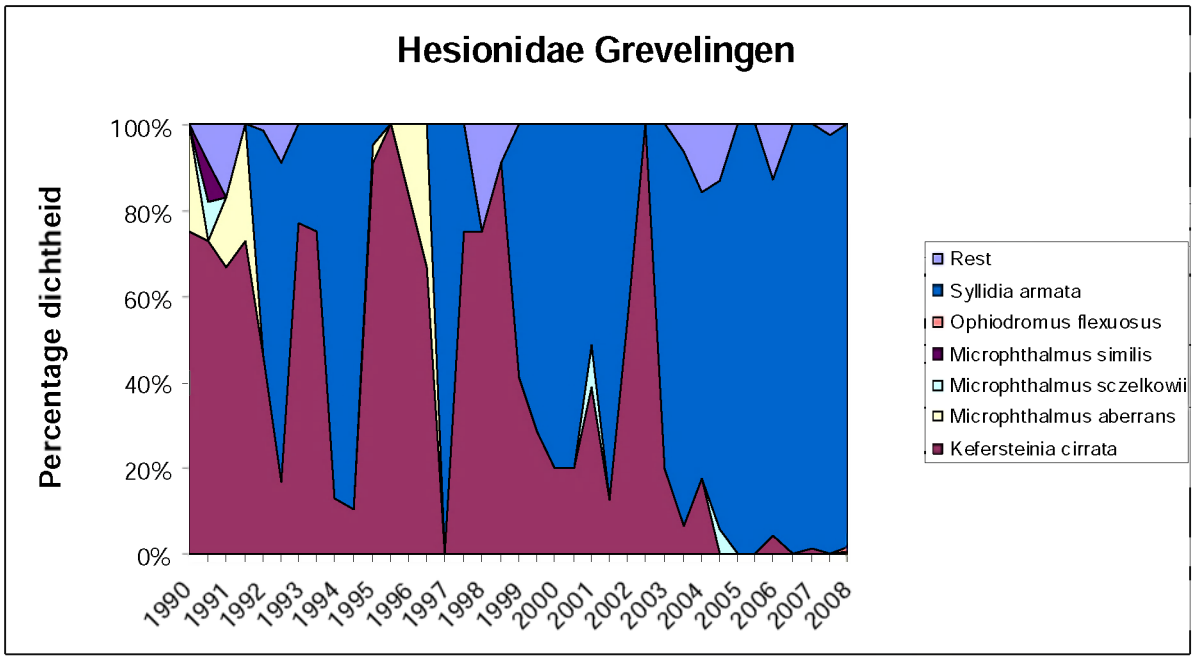


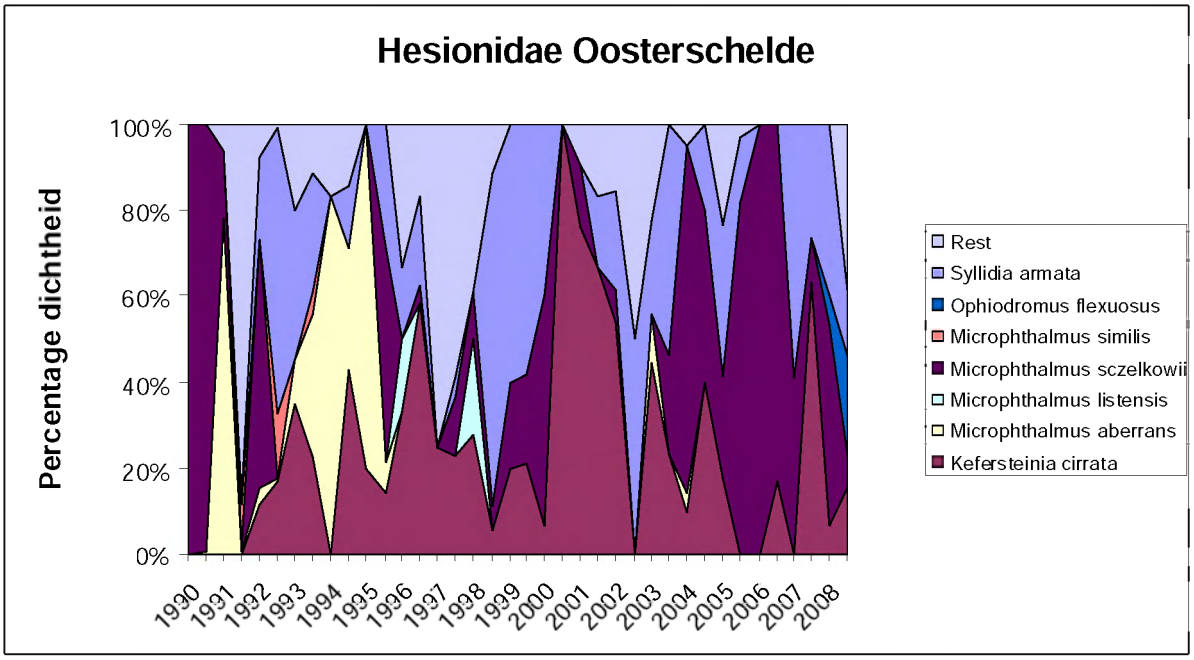
Gebied	Seizoen	Indicator	Trend	Sign. niveau (P)
GM	Najaar	Dichtheden	Afname	0.018
GM	Najaar	Biomassa	Afname	0.022

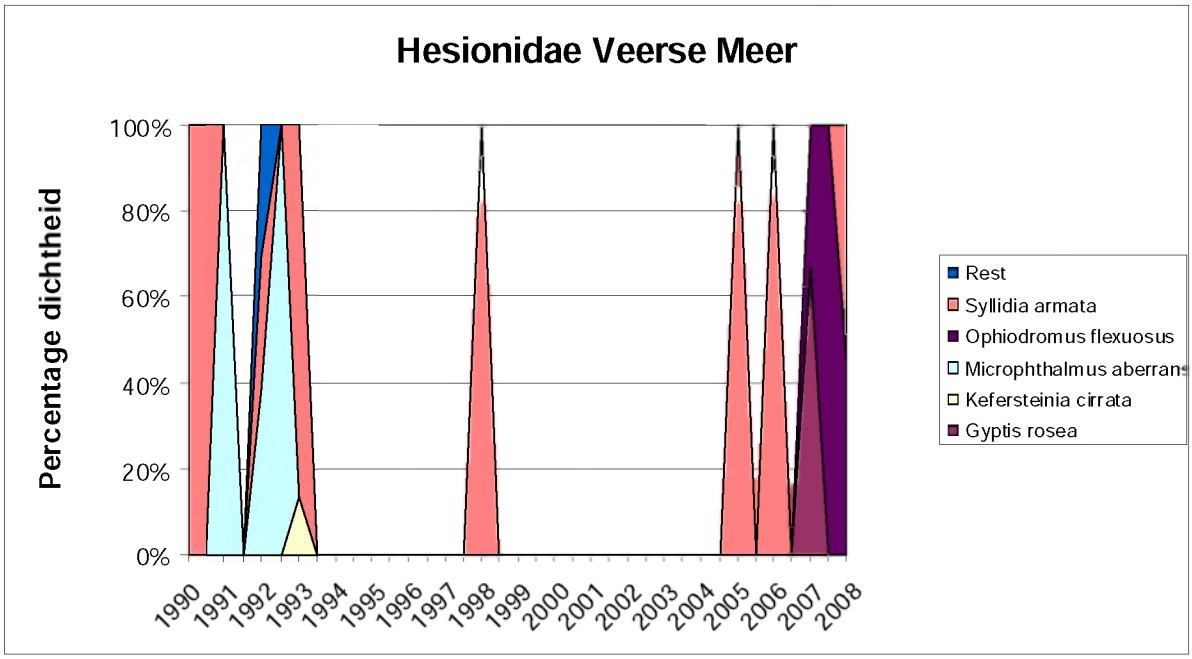
* Sign. niveau na Bonferroni correctie (P=0.00625)

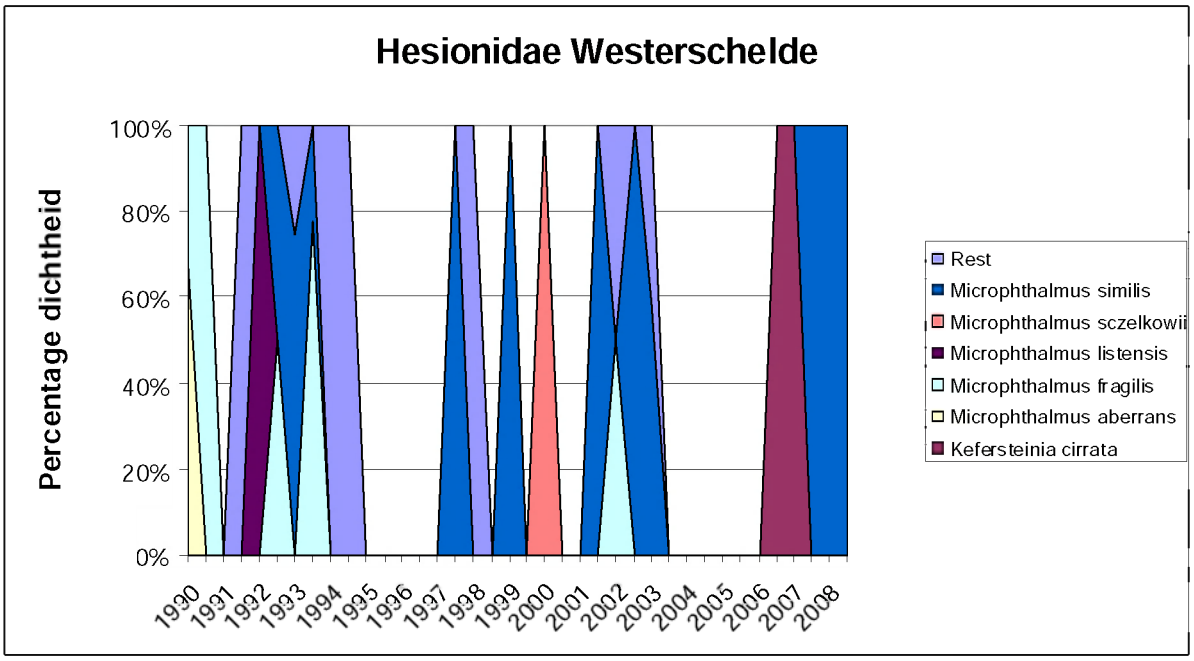
- **Bijlage XXV. Hesioniodae ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in dichtheden van inheemse Hesionidae en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).






Hesionidae Veerse Meer
Percentage dichtheid
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Syllidia armata
Ophiodromus flexuosus
Microphthalmus aberrans
Kefersteinia cirrata
Gyptis rosea


Hesionidae Westerschelde
Percentage dichtheid
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Microphthalmus similis
Microphthalmus sczelkowii
Microphthalmus listensis
Microphthalmus fragilis
Microphthalmus aberrans
Kefersteinia cirrata

- Bijlage XXVI. Hesionidae trends

Trends in de ontwikkeling van de dichtheden aan Hesionidae over de periode 1990-2008 (Geen exoten aangetroffen in de Westerschelde).

Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Gyptis rosea	-		-		x	
Kefersteinia cirrata	afname	0.020	x		x	
Microphthalmus aberrans	afname	0.015	afname	0.022	x	
Microphthalmus listensis	-		x		-	
Microphthalmus sczelkowii	x		x		-	
*Microphthalmus similis**	x		x		-	
Ophiodromus flexuosus	x		toename	0.032	toename	0.005
*Syllidia armata**	toename	0.002	x		x	
Totaal Hesionidae	toename	0.003	afname	0.021	ns	
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0083		0.0071		0.0100

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- Bijlage XXVII. Hesionidae regressies

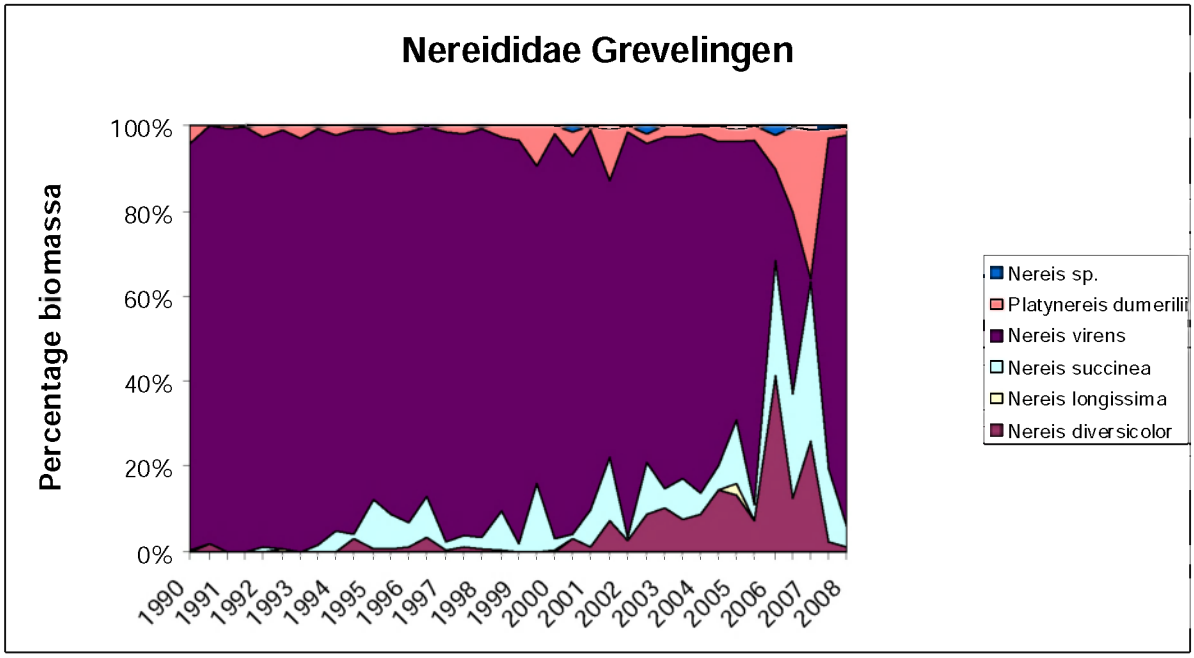
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse Hesionidae en exoten gedurende de periode 1990-2008.

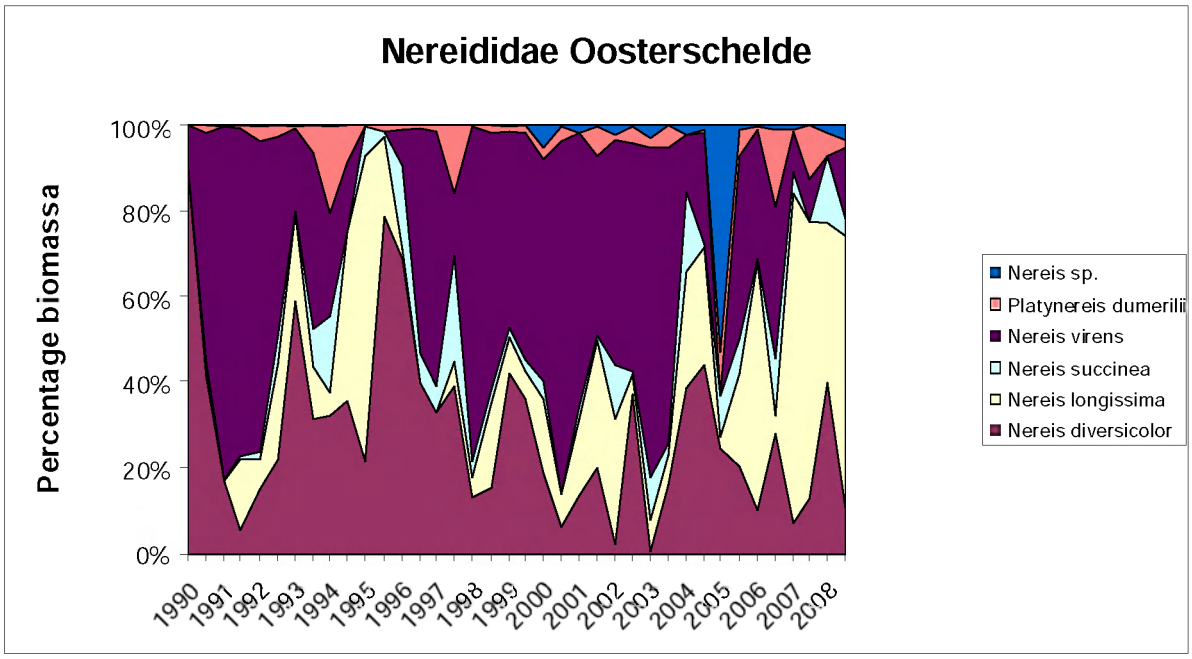
Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Syllidia armata**	*Kefersteinia cirrata*			positief	0.000		
	Microphthalmus aberrans			positief	0.000		
	Microphthalmus listensis			positief	0.000		
	Microphthalmus sczelkowii			positief	0.000		
	*Microphthalmus similis**	positief	0.000	positief	0.000		
	Ophiodromus flexuosus	positief	0.000	positief	0.000		
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0100		0.0083		0.0125

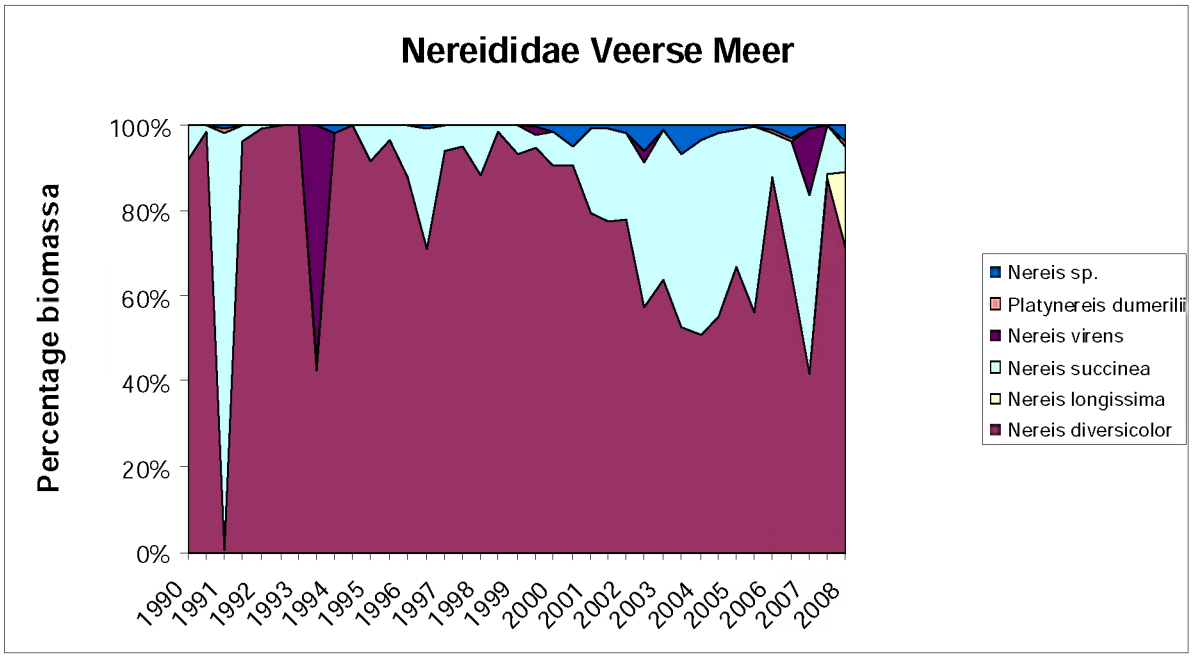
* Exoten

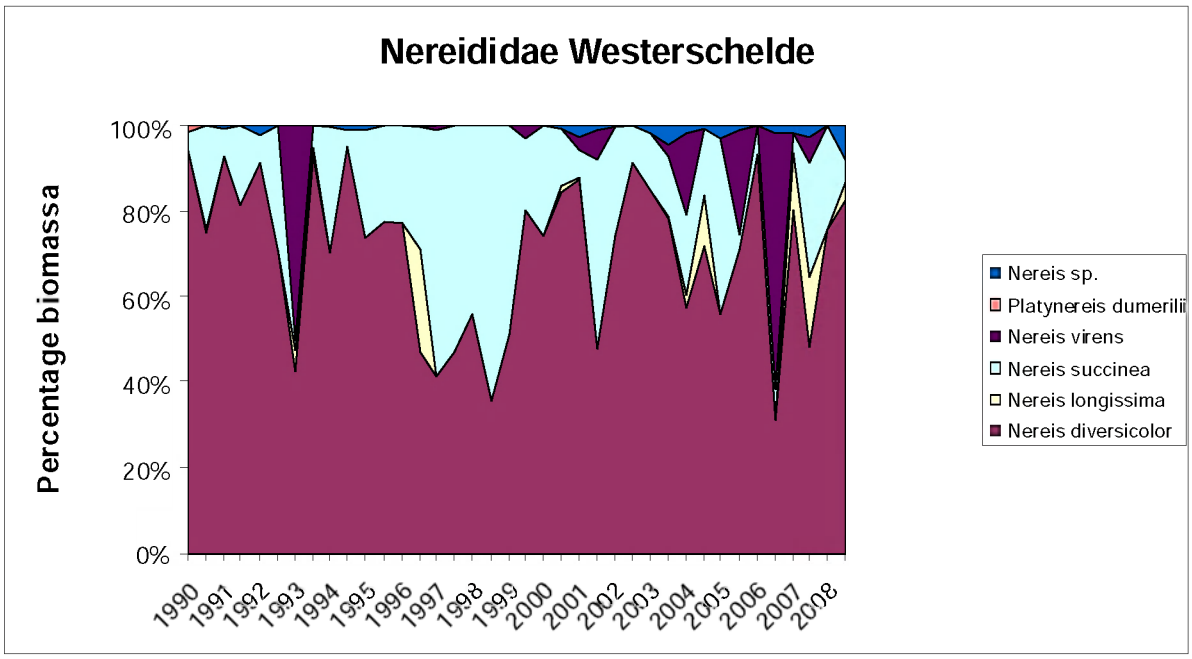
- **Bijlage XXVIII. Nereididae ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa van inheemse Zeeduizendpoten en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b) het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).






Nereididae Veerse Meer
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Nereis sp.
Platynereis dumerilii
Nereis virens
Nereis succinea
Nereis longissima
Nereis diversicolor


Nereididae Westerschelde
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Nereis sp.
Platynereis dumerilii
Nereis virens
Nereis succinea
Nereis longissima
Nereis diversicolor

- **Bijlage XXIX. Nereididae trends**

Trends in de ontwikkeling van de biomassa van Nereididae over de periode 1990-2008.

Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Nereis diversicolor	toename	0.000	afname	0.018	x		toename	0.023
Nereis longissima	x		toename	0.002	toename	0.044	toename	0.014
*Nereis succinea**	toename	0.003	x		toename	0.003	x	
*Nereis virens**	afname	0.007	x		x		x	
Platynereis dumerilii	toename	0.048	x		toename	0.004	x	
Totaal Nereididae	afname	0.046	ns		ns		toename	0.001
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0083		0.0083		0.0083		0.0083

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- **Bijlage XXX. Nereididae regressies**

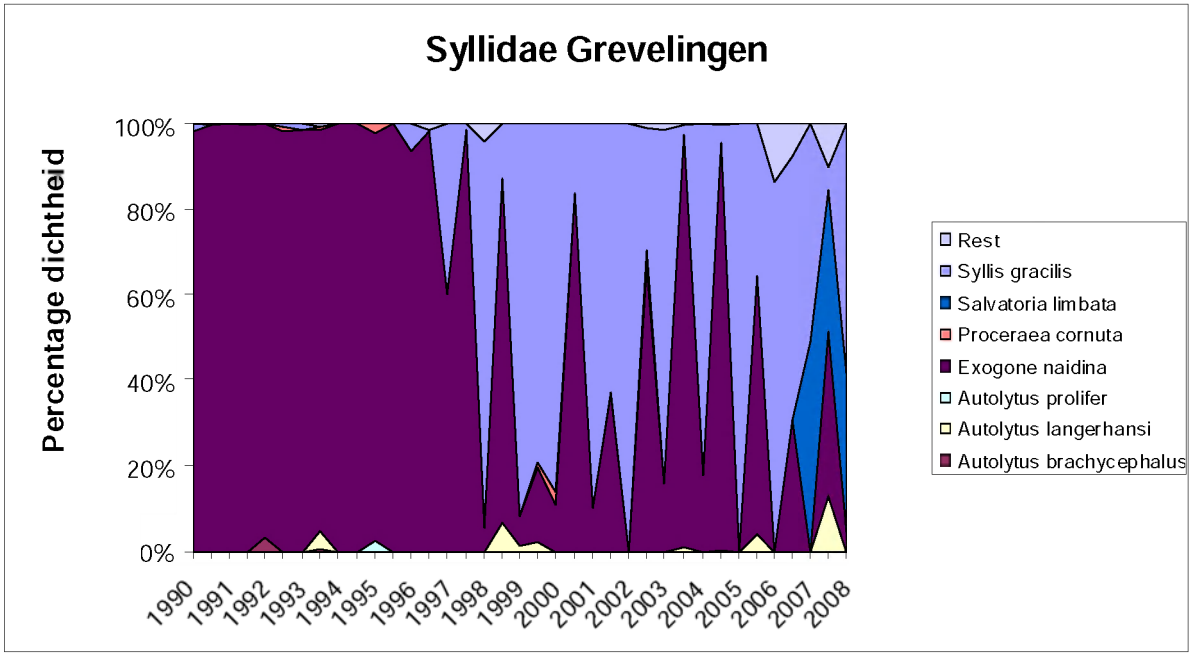
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse Nereididae en exoten gedurende de periode 1990-2008.

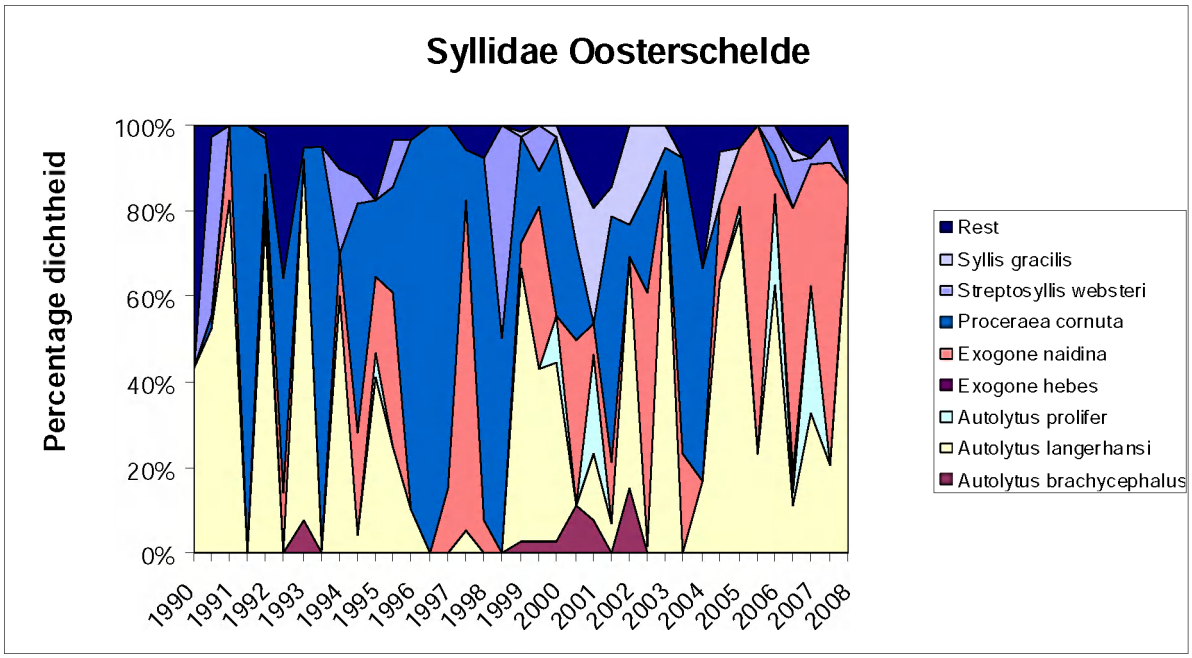
Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Nereis succinea**	*Nereis diversicolor*					positief	0.030		
	Platynereis dumerilli	positief	0.003						
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0100		0.0100		0.0100		0.0100

* Exoten

- **Bijlage XXXI. Syllidae ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in dichtheden van inheemse Syllidae en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a) en de Oosterschelde (b). (Syllidae worden slechts sporadisch in het Veerse Meer en de Westerschelde aangetroffen.





- Bijlage XXXII. Syllidae trends

Trends in de ontwikkeling van de dichtheden aan Syllidae over de periode 1990-2008.

Species	Grevelingen		Oosterschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Autolytus langerhansi	x		toename	0.037
Autolytus prolifer	x		toename	0.039
Exogone naidina	x		toename	0.002
Salvatoria limbata	toename	0.005	-	
*Syllis gracilis**	toename	0.020	x	
Totaal Nereididae	ns		ns	
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0071		0.0063

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- Bijlage XXXIII. Sylidae regressies

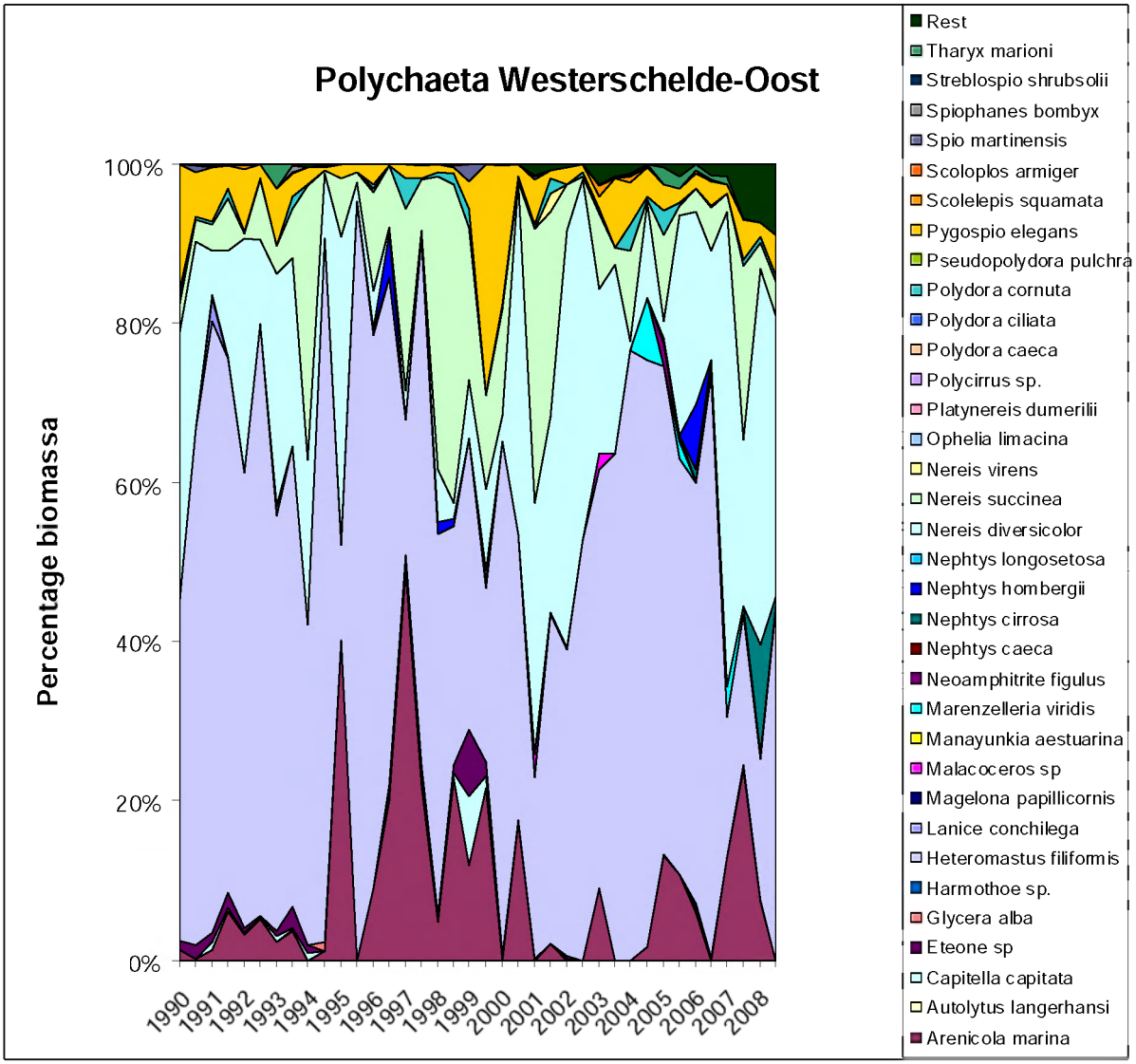
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse Syllidae en exoten gedurende de periode 1990-2008.

Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Proceraea cornuta**	*Autolytus brachycephalus*	positief	0.000		
	Autolytus langerhansi	positief	0.000		
	Autolytus prolifer	positief	0.000		
	Exogone naidina	positief	0.000		
	Salvatoria limbata	positief	0.000		
	*Syllis gracilis**	positief	0.000		
*Syllis gracilis**	*Autolytus brachycephalus*	positief	0.000	positief	0.008
	Autolytus langerhansi	positief	0.000		
	Autolytus prolifer	positief	0.000		
	Exogone naidina	positief	0.000	positief	0.027
	*Proceraea cornuta**	positief	0.000		
	Salvatoria limbata	positief	0.000		
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0083		0.071

* Exoten

- **Bijlage XXXIV. Polychaeta ontwikkelingen Westerschelde Oost**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa op zacht substraat van Polychaeten en *Marenzellaria viridis* gedurende de periode 1990-2008 in het Oostelijke deel van de Westerschelde.



- **Bijlage XXXV. Polychaeta regressies Westerschelde Oost**

Significante regressies tussen de ontwikkeling van *Marenzelleria viridis* en andere Polychaeten gedurende de periode 1990-2008 in het Oostelijke deel van de Westerschelde. De biomassa van *M. viridis* neemt in dit gebied significant toe in bovengenoemde periode (p=0.016).

Exoot	Species	Westerschelde - Oost	
		Trend	Sign. niveau
*Marenzelleria viridis**	*Streblospio shrubsolii*	positief	0.000
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0015

* Exoten

- Bijlage XXXVI. Polychaeten gemeenschappen Grevelingen

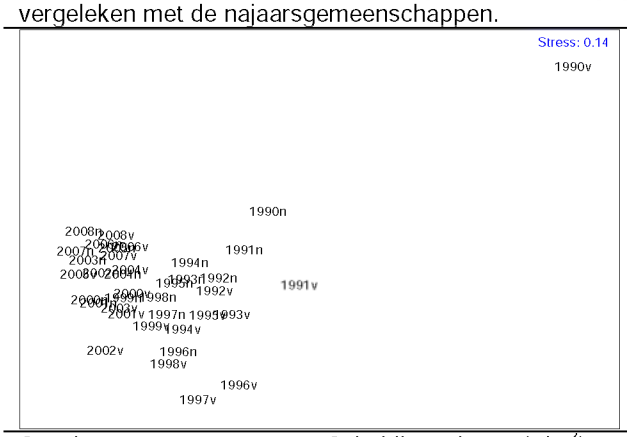
Resultaten van ANOSIM's van exoten die mogelijk een significante invloed hebben op de Polychaeten gemeenschappen van de Grevelingen, waarbij de groep van gemeenschappen zonder (of zeer lage dichtheden van) de exoot worden vergeleken met de groep van gemeenschappen met substantiële aantallen van de exoot. Het scheidingsniveau tussen de twee groepen is weergegeven. Tevens zijn de voorjaarsgemeenschappen vergeleken met de najaarsgemeenschappen.

Species	Scheidingsniveau (n/m^2)	Global statistic (R)	Sign. niveau (p)
Boccardiella ligerica	>1	0.397	0.001
Nereis succinea	>10	0.490	0.001
Nereis virens	>5	0.174	ns
Syllidia armata	>1	0.330	0.001
Syllis gracilis	>1	0.398	0.001
Voor-/najaar		0.183	0.001
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.01

ns = niet significant

- Bijlage XXXVII. Polychaeten gemeenschappen Oosterschelde

Vergelijking van de gemiddelde Polychaeten gemeenschappen per seizoen in de Oosterschelde in een MDS plot. En resultaten van ANOSIM's van exoten die mogelijk een significante invloed hebben op de Polychaeten gemeenschappen van de Grevelingen, waarbij de groep van gemeenschappen zonder (of zeer lage dichtheden van) de exoot worden vergeleken met de groep van gemeenschappen met substantiële aantallen van de exoot. Het scheidingsniveau tussen de twee groepen is weergegeven. Tevens zijn de voorjaarsgemeenschappen vergeleken met de najaarsgemeenschappen.



Species	Scheidingsniveau (n/m^2)	Global statistic (R)	Sign. niveau (p)
Boccardiella ligerica	>0	0.058	ns
Microphthalmus similis	>0	0.205	ns
Nereis succinea	>1.5	0.058	ns
Nereis virens	>1	0.019	ns
Syllis gracilis	>0.5	0.063	ns
Voor-/najaar		0.173	0.003
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.01

ns = niet significant

- Bijlage XXXVIII. Polychaeten gemeenschappen Veerse Meer

Resultaten van ANOSIM's van exoten die mogelijk een significante invloed hebben op de Polychaeten gemeenschappen van het Veerse Meer, waarbij de groep van gemeenschappen zonder (of zeer lage dichtheden van) de exoot worden vergeleken met de groep van gemeenschappen met substantiële aantallen van de exoot. Het scheidingsniveau tussen de twee groepen is weergegeven. Tevens zijn de voorjaarsgemeenschappen vergeleken met de najaarsgemeenschappen.

Species	Scheidingsniveau (n/m^2)	Global statistic (R)	Sign. niveau (p)
Ficopomatus enigmaticus	>0	0.199	0.008
Nereis succinea	>10	0.336	0.003
Nereis virens	>0	0.106	ns
Syllidia armata	>0	0.317	0.008
Tharyx marioni	>250	0.271	0.007
Voor-/najaar		0.038	ns
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.01

ns = niet significant

- Bijlage XXXIX. Polychaeten gemeenschappen Westerschelde

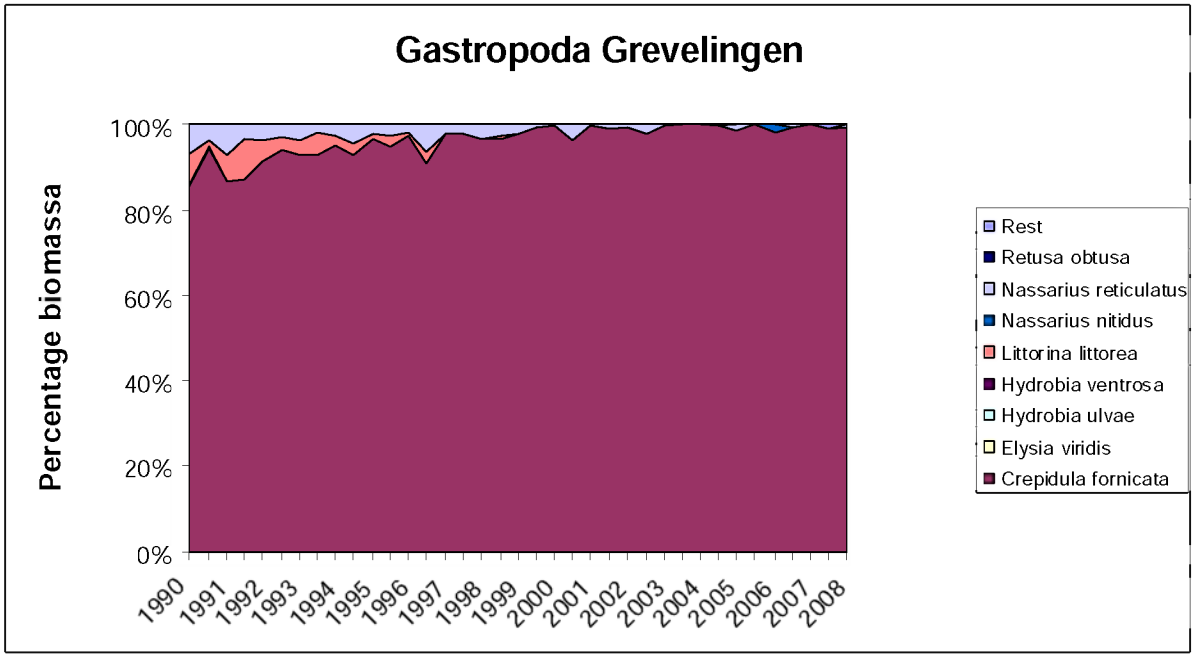
Resultaten van ANOSIM's van exoten die mogelijk een significante invloed hebben op de Polychaeten gemeenschappen van de Westerschelde, waarbij de groep van gemeenschappen zonder (of zeer lage dichtheden van) de exoot worden vergeleken met de groep van gemeenschappen met substantiële aantallen van de exoot. Het scheidingsniveau tussen de twee groepen is weergegeven. Tevens zijn de voorjaarsgemeenschappen vergeleken met de najaarsgemeenschappen.

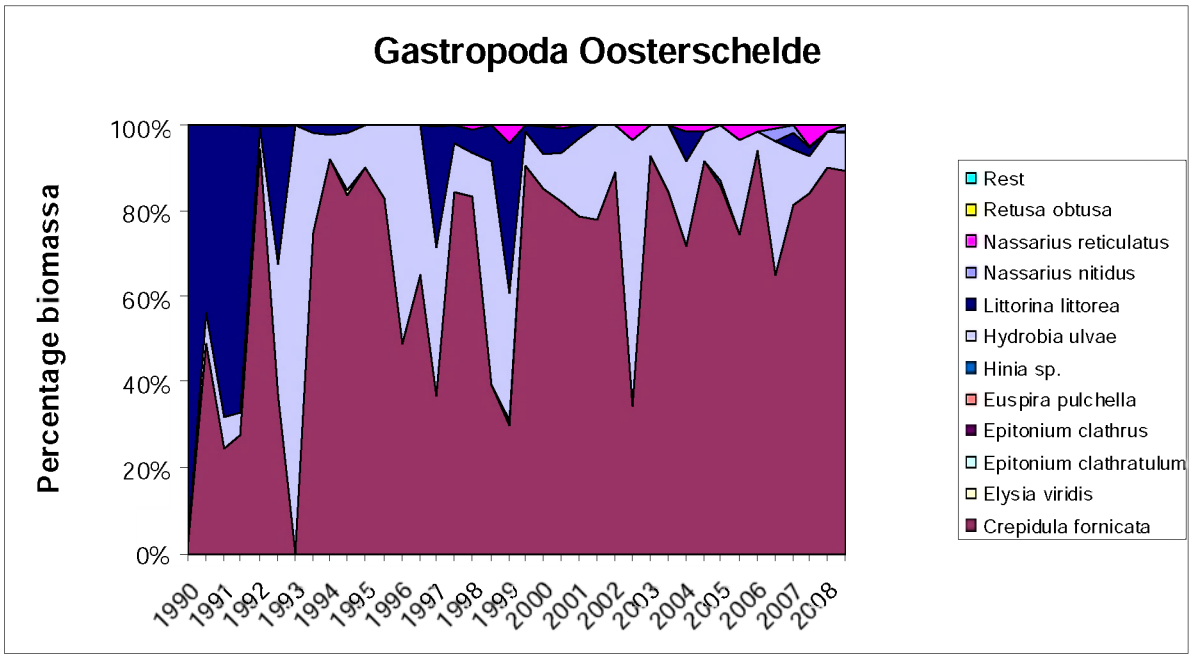
Species	Scheidingsniveau (n/m^2)	Global statistic (R)	Sign. niveau (p)
Marenzelleria viridis	>0	0.390	0.001
Nereis succinea	>10	0.018	ns
Nereis virens	>0	0.208	0.014
Tharyx marioni	>250	0.261	0.001
Voor-/najaar			
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0125

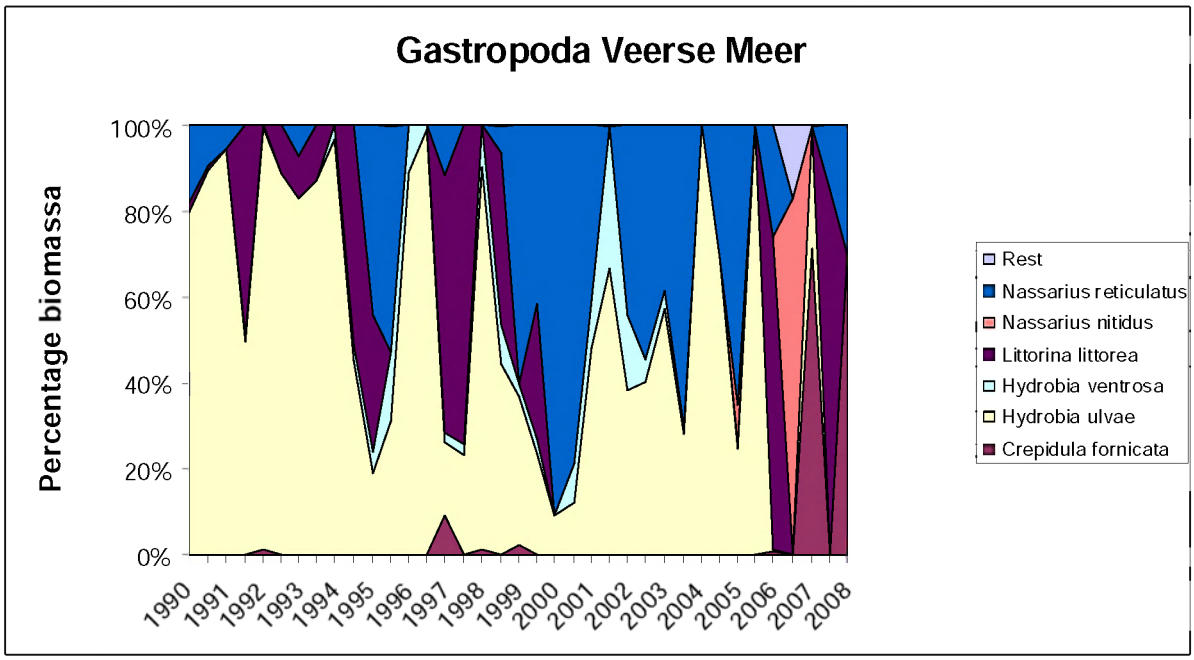
ns = niet significant

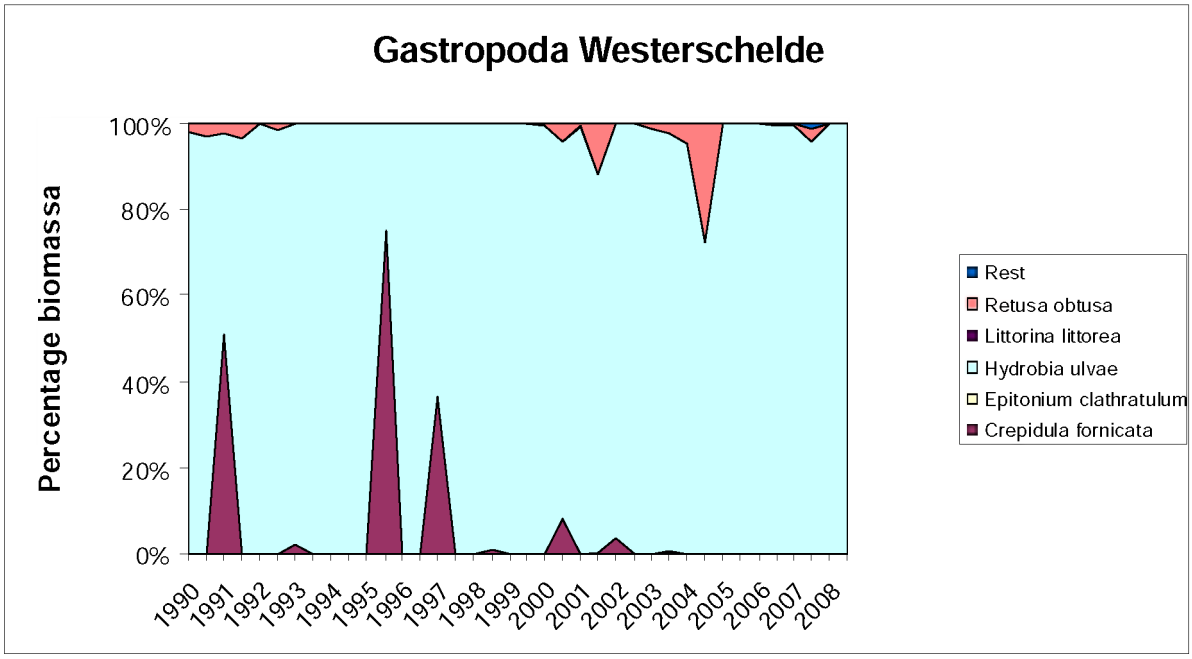
- **Bijlage XL. Gastropoda ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa van *Crepidula fornicata* en de inheemse gastropoden gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).






Gastropoda Veerse Meer
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Nassarius reticulatus
Nassarius nitidus
Littorina littorea
Hydrobia ventrosa
Hydrobia ulvae
Crepidula fornicata


Gastropoda Westerschelde
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Retusa obtusa
Littorina littorea
Hydrobia ulvae
Epitonium clathratulum
Crepidula fornicata

- Bijlage XLI. Gastropoda trends

Trends in de ontwikkeling van de biomassa van Gastropoden over de periode 1990-2008.

Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
*Crepidula fornicata**	x		toename	0.004	x		x	
Elysia viridis	x		x		-		-	
Epitonium clathratulum	-		x		-		x	
Epitonium clathrus	-		x		-		-	
Euspira pulchella	-		x		-		-	
Hinia sp.	-		x		-		-	
Hydrobia ulvae	afname	0.000	toename	0.006	afname	0.000	x	
Hydrobia ventrosa	x		-		x		-	
Littorina littorea	afname	0.000	afname	0.005	x		x	
Nassarius nitidus	x		x		x		-	
Nassarius reticulatus	afname	0.000	toename	0.004	x		-	
Retusa obtusa	x		x		-		x	
Totaal Gastropoda	ns		toename	0.005	ns		ns	
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0063		0.0045		0.0083		0.0100

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- Bijlage XLII. Gastropoda regressies

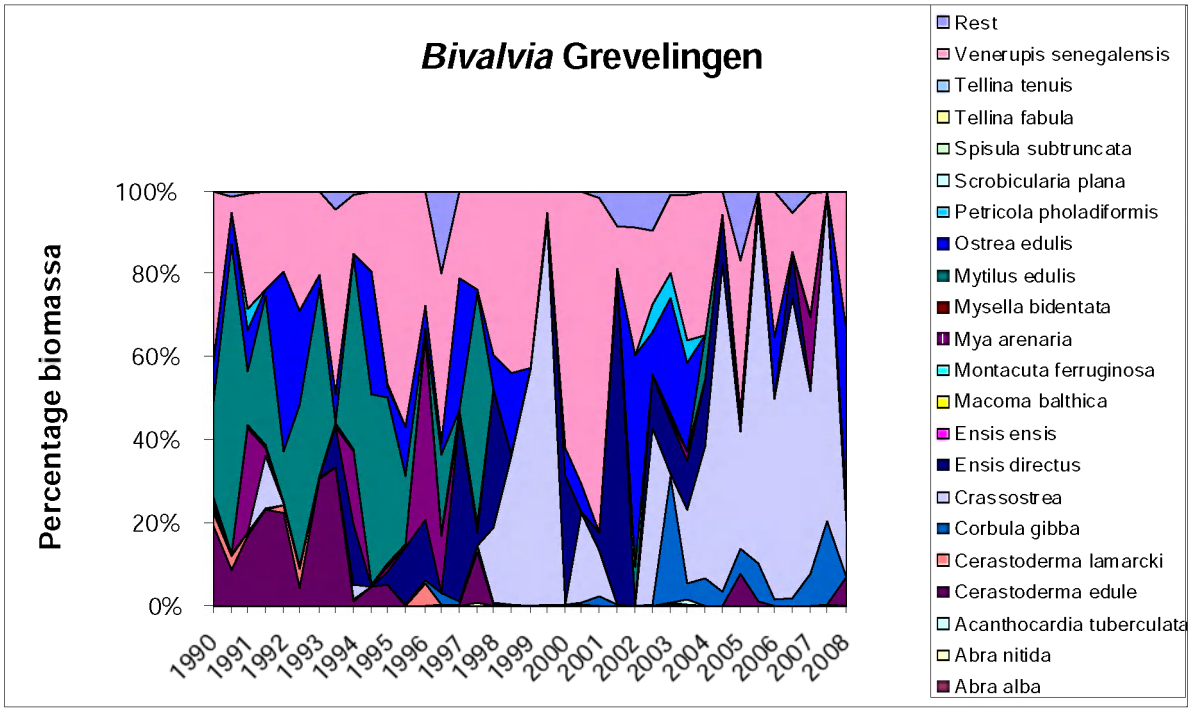
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse gastropoden en *Crepidula fornicata* gedurende de periode 1990-2008.

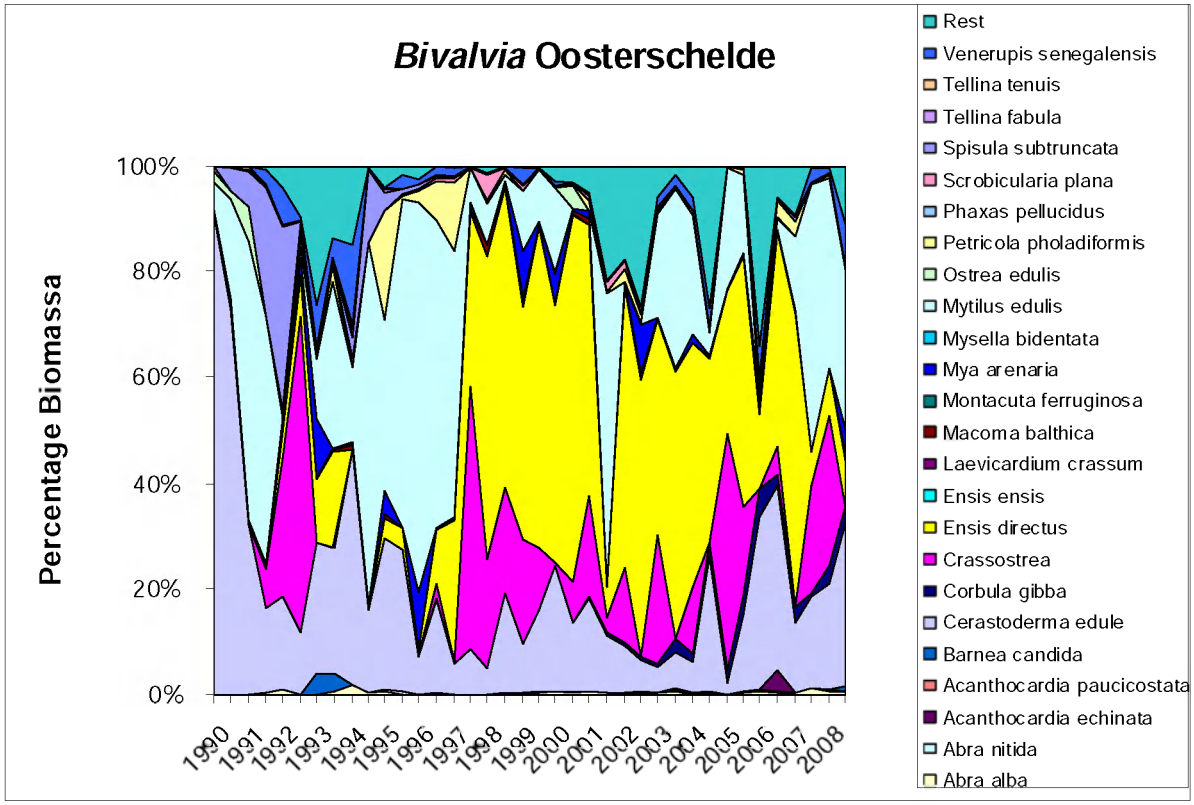
Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Crepidula fornicata**	*Hydrobia ulvae*	negatief	0.036	positief	0.000				
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0071		0.0050		0.0100		0.0125

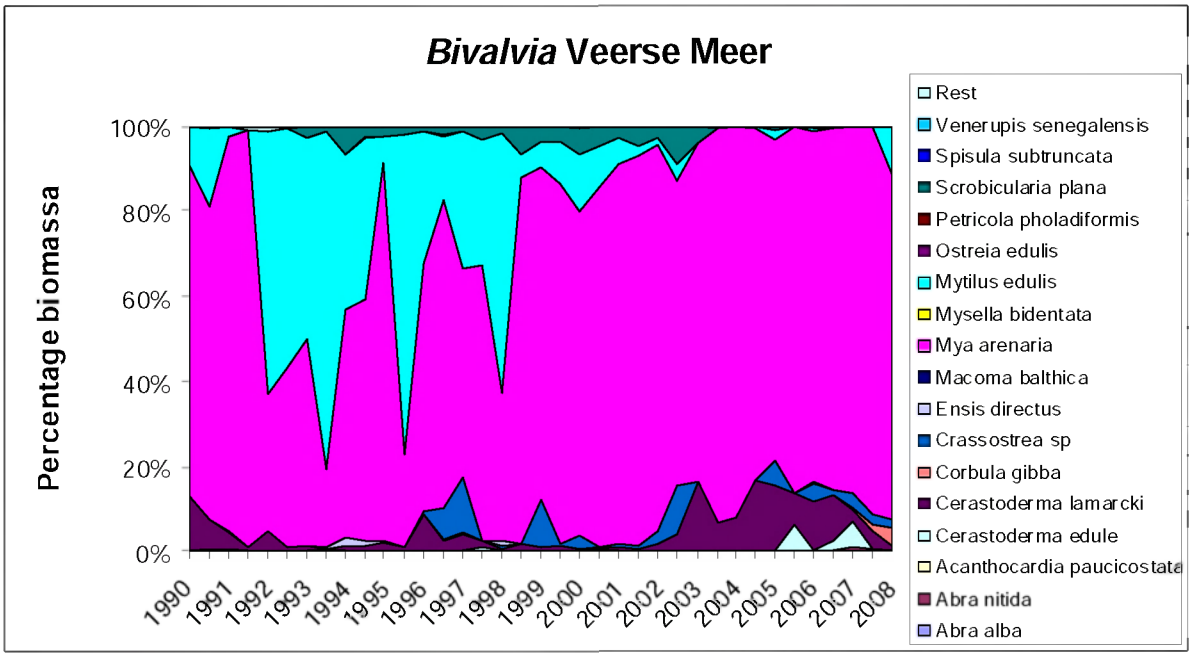
* Exoten

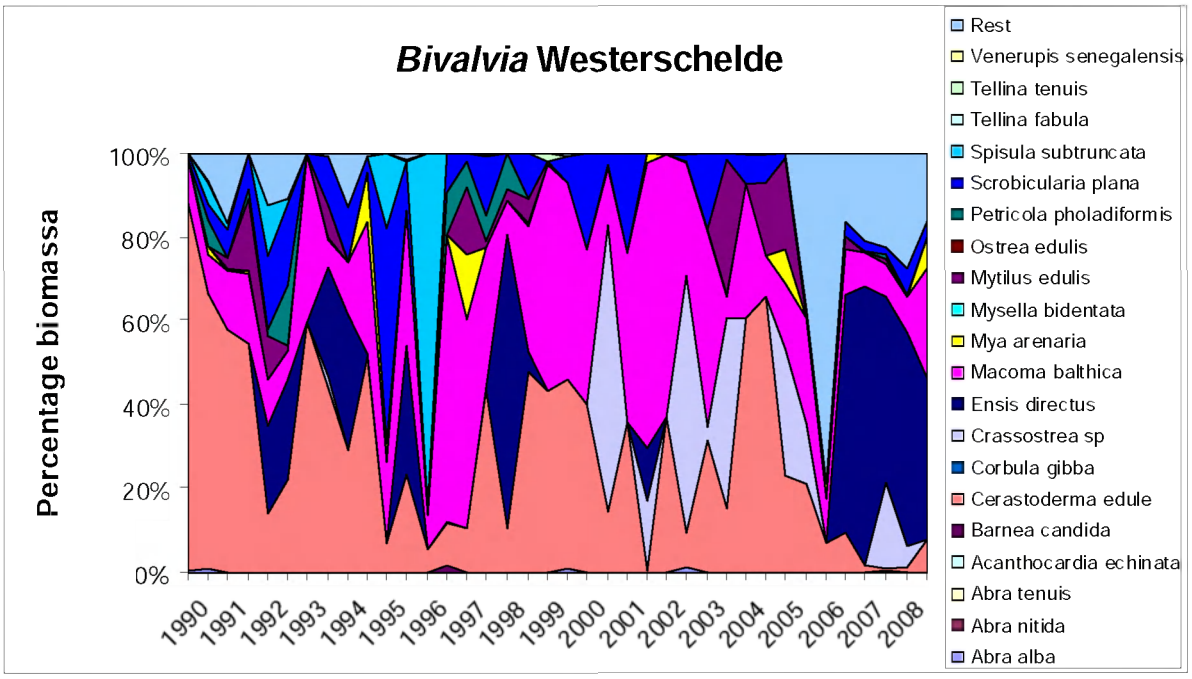
- **Bijlage XLIII. Bivalvia ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa van de inheemse tweekleppigen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b), het Veerse Meer (c) en de Westerschelde (d).






Bivalvia Veerse Meer
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Venerupis senegalensis
Spisula subtruncata
Scrobicularia plana
Petricola pholadiformis
Ostreia edulis
Mytilus edulis
Mysella bidentata
Mya arenaria
Macoma balthica
Ensis directus
Crassostrea sp
Corbula gibba
Cerastoderma lamarcki
Cerastoderma edule
Acanthocardia paucicostata
Abra nitida
Abra alba


Bivalvia Westerschelde
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Venerupis senegalensis
Tellina tenuis
Tellina fabula
Spisula subtruncata
Scrobicularia plana
Petricola pholadiformis
Ostrea edulis
Mytilus edulis
Mysella bidentata
Mya arenaria
Macoma balthica
Ensis directus
Crassostrea sp
Corbula gibba
Cerastoderma edule
Barnea candida
Acanthocardia echinata
Abra tenuis
Abra nitida
Abra alba

- **Bijlage XLIV. Bivalvia trends**

Trends in de ontwikkeling van de biomassa van tweekleppigen over de periode 1990-2008.

Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Abra alba	x		toename	0.002	toename	0.042	x	
Abra nitida	toename	0.024	x		toename	0.034	x	
Abra tenuis	-		-		-		x	
Acanthocardia echinata	-		x		-		x	
Acanthocardia paucicostata	-		toename	0.023	x		-	
Acanthocardia tuberculata	x		-		-		-	
Barnea candida	-		x		-		x	
Cerastoderma edule	afname	0.000	x		toename	0.042	x	
Cerastoderma lamarcki	afname	0.001	-		toename	0.025	x	
Corbula gibba	toename	0.001	toename	0.000	toename	0.037	x	
*Crassostrea sp**	x		x		x		x	
*Ensis directus**	x		toename	0.002	x		toename	0.005
Ensis ensis	x		x		-		toename	0.001
Laevicardium crassum	-		x		-		-	
Macoma balthica	x		x		x		x	
Montacuta ferruginosa	x		x		-		-	
*Mya arenaria**	x		x		toename	0.001	x	
Mysella bidentata	afname	0.000	x		x		x	
Mytilus edulis	afname	0.000	x		afname	0.017	x	
Ostrea edulis	x		x		x		x	
*Petricola pholadiformis**	x		x		x		x	
Phaxas pellucidus	-		x		-		-	
Scrobicularia plana	x		x		x		x	
Spisula subtruncata	afname	0.027	afname	0.003	x		x	
Tellina fabula	x		x		-		x	
Tellina tenuis	x		afname	0.000	-		afname	0.032
Venerupis senegalensis	x		x		x		x	
Totaal Bivalvia	ns		ns		toename	0.035	toename	0.013
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0024		0.0021		0.0029		0.0025

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- **Bijlage XLV. Bivalvia regressies**

Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse tweekleppigen en exoten gedurende de periode 1990-2008.

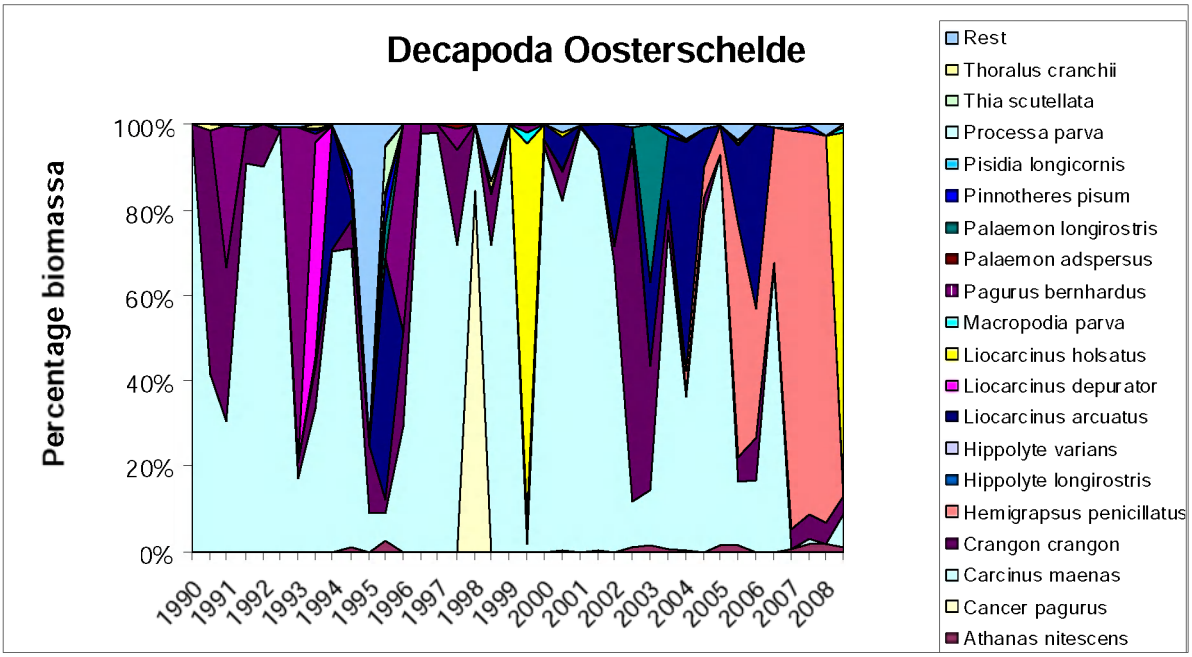
Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Crassostrea sp.**	*Abra alba*							positief	0.043
	Abra nitida	positief	0.002						
	Barnea candida							positief	0.001
	Cerastoderma lamarcki					positief	0.027		
	Corbula gibba			positief	0.009				
	*Ensis directus**							positief	0.046
	Macoma balthica							positief	0.008
	Mytilus edulis							positief	0.000
	Ostrea edulis					positief	0.005		
*Ensis directus**	*Abra alba*							positief	0.006
	Abra nitida			positief	0.003				
	Barnea candida							positief	0.000
	*Crassostrea sp.**							positief	0.043
	Ensis ensis			positief	0.001				
	Macoma balthica					positief	0.002	positief	0.000
	Montacuta ferruginosa			negatief	0.023				
	Mytilus edulis					positief	0.000		
	Ostrea edulis							positief	0.041
	Spisula subtruncata			negatief	0.028				
	Tellina tenuis			negatief	0.029				
*Mya arenaria**	*Cerastoderma lamarcki*					positief	0.003		
	Tellina fabula	positief	0.000						
*Petricola pholadiformis**	*Abra alba*	positief	0.011						
	Abra nitida	positief	0.037						
	Abra tenuis							positief	0.000
	Acanthocardia tuberculata	positief	0.003						

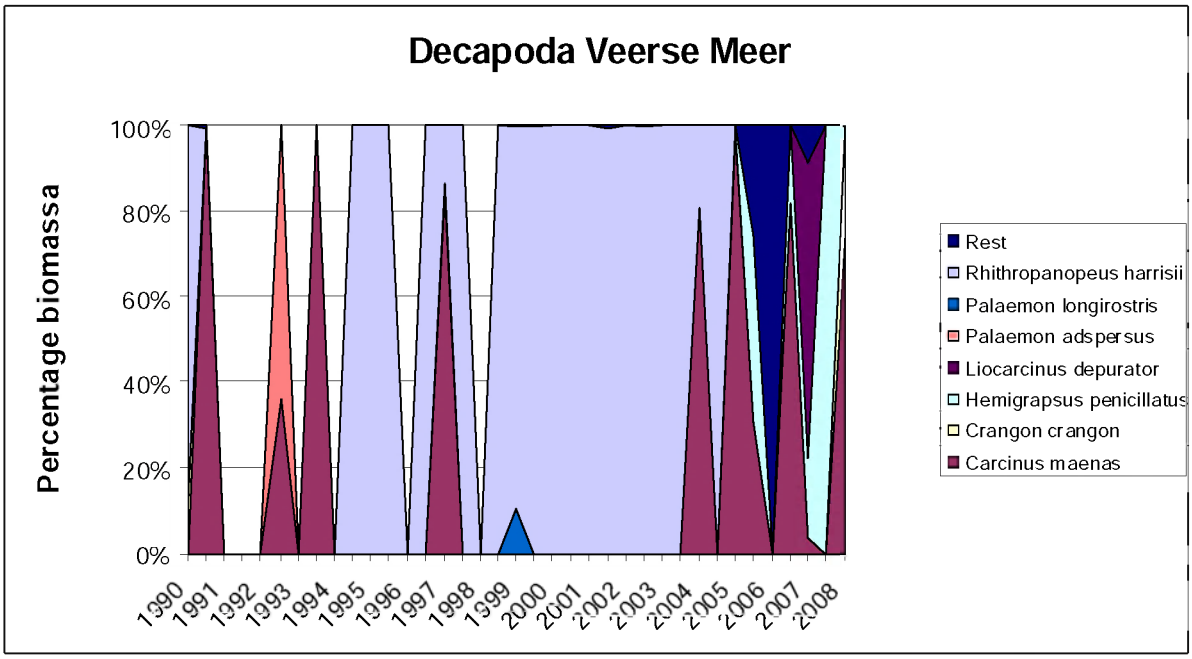
	Mysella bidentata					positief	0.003
	Scrobicu-laria plana					positief	0.000
	Spisula subtrunca-ta			positief	0.000		
	Tellina tenuis					positief	0.000
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0025	0.0022		0.0031		0.0026

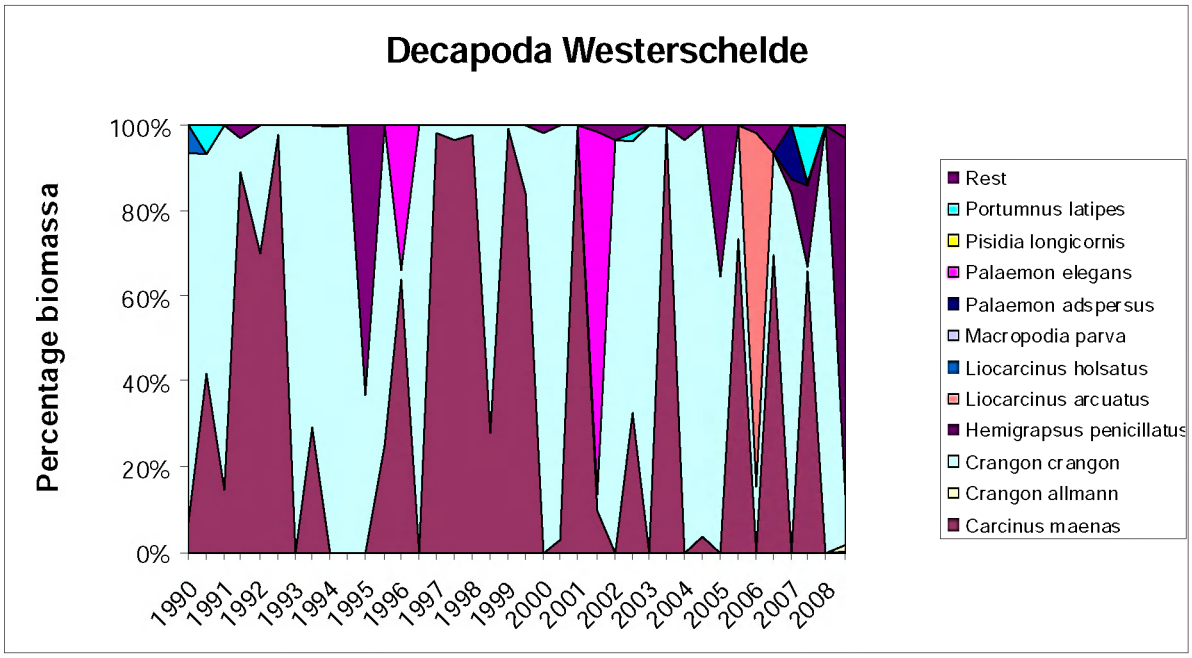
* Exoten

- **Bijlage XLVI. Decapoda ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa van inheemse Tienpotigen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Oosterschelde (a), het Veerse Meer (b) en de Westerschelde (c). Er zijn geen exoten onder de Decapoden van de Grevelingen waargenomen.






Decapoda Westerschelde
Percentage biomassa
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
Rest
Portumnus latipes
Pisidia longicornis
Palaemon elegans
Palaemon adspersus
Macropodia parva
Liocarcinus holsatus
Liocarcinus arcuatus
Hemigrapsus penicillatus
Crangon crangon
Crangon allmann
Carcinus maenas

- Bijlage XLVII. Decapoda trends

Trends in de ontwikkeling van de biomassa van Decapoden over de periode 1990-2008.

Species	Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Athanas nitescens	toename	0.001	-		-	
Cancer pagurus	x		-		-	
Carcinus maenas	x		x		x	
Crangon allmann	-		-		x	
Crangon crangon	x		x		x	
*Hemigrapsus penicillatus**	toename	0.000	toename	0.039	toename	0.031
Hippolyte longirostris	x		-		-	
Hippolyte varians	x		-		-	
Liocarcinus arcuatus	x		-		x	
Liocarcinus depurator	x		x		-	
Liocarcinus holsatus	x		-		x	
Macropodia parva	x		-		x	
Pagurus bernhardus	x		-		-	
Palaemon adspersus	x		x		x	
Pallaemon elegans	-		-		x	
Palaemon longirostris	x		x		-	
Pinnotheres pisum	x		-		-	
Pisidia longicornis	x		-		x	
Portumnus latipes	-		-		x	
Processa parva	x		-		-	
*Rhithropanopeus harrisii**	-		x		-	
Thia scutellata	x		-		-	
Thoralus cranchii	x		-		-	
Totaal Decapoda		ns		ns		ns
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0026		0.0071		0.0045

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- Bijlage XLVIII. Decapoda regressies

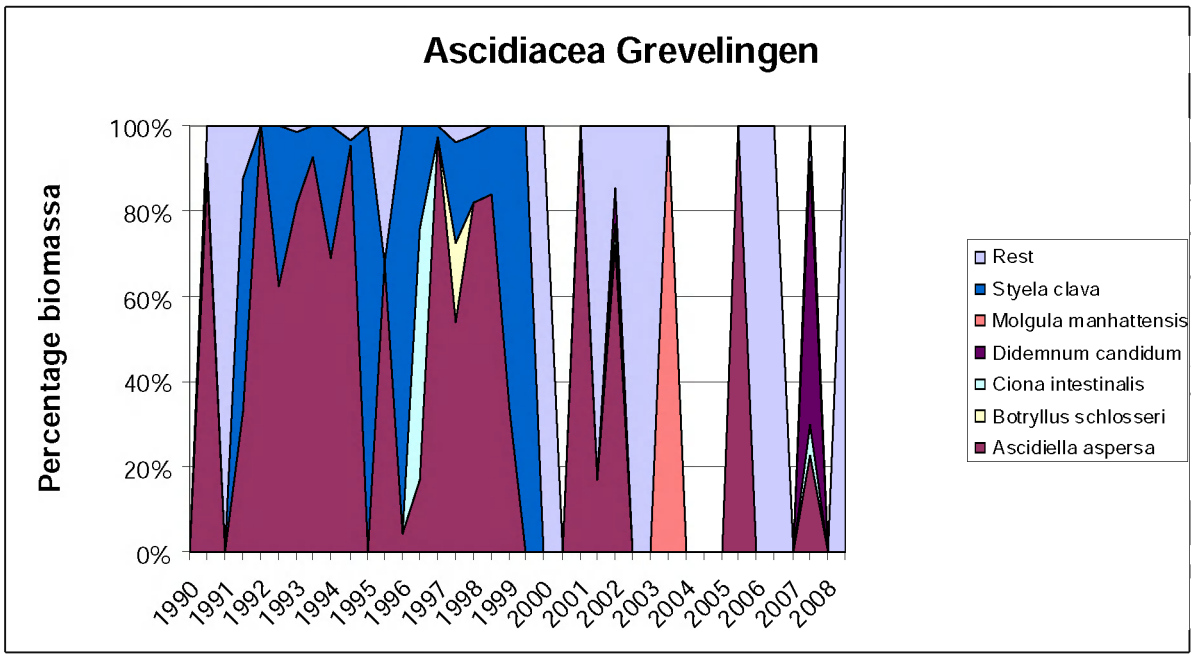
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse decapoden en exoten gedurende de periode 1990-2008.

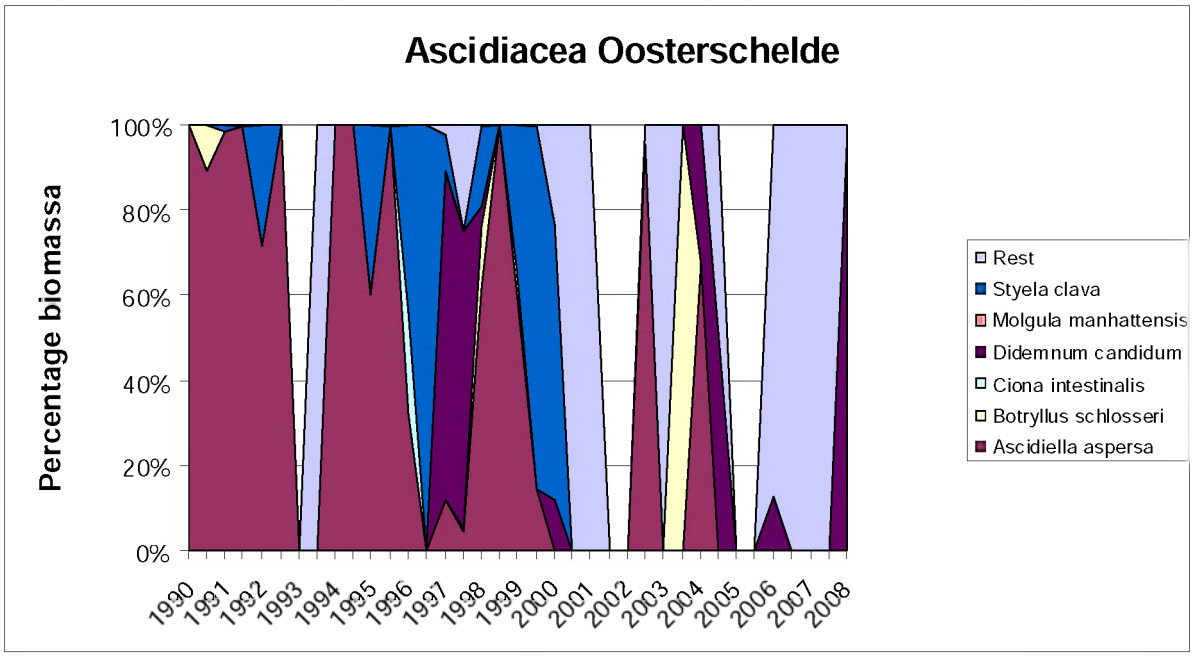
Exoot	Species	Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Hemigrapsus penicillatus**	*Athanas nitescens*	positief	0.019				
	Liocarcinus depurator			positief	0.000		
	Crangon allmann					positief	0.007
	Pisidia longicornis					positief	0.000
	Portumnus latipes					positief	0.000
*Rhithropanopeus harrisii**							
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0028		0.0083		0.0050

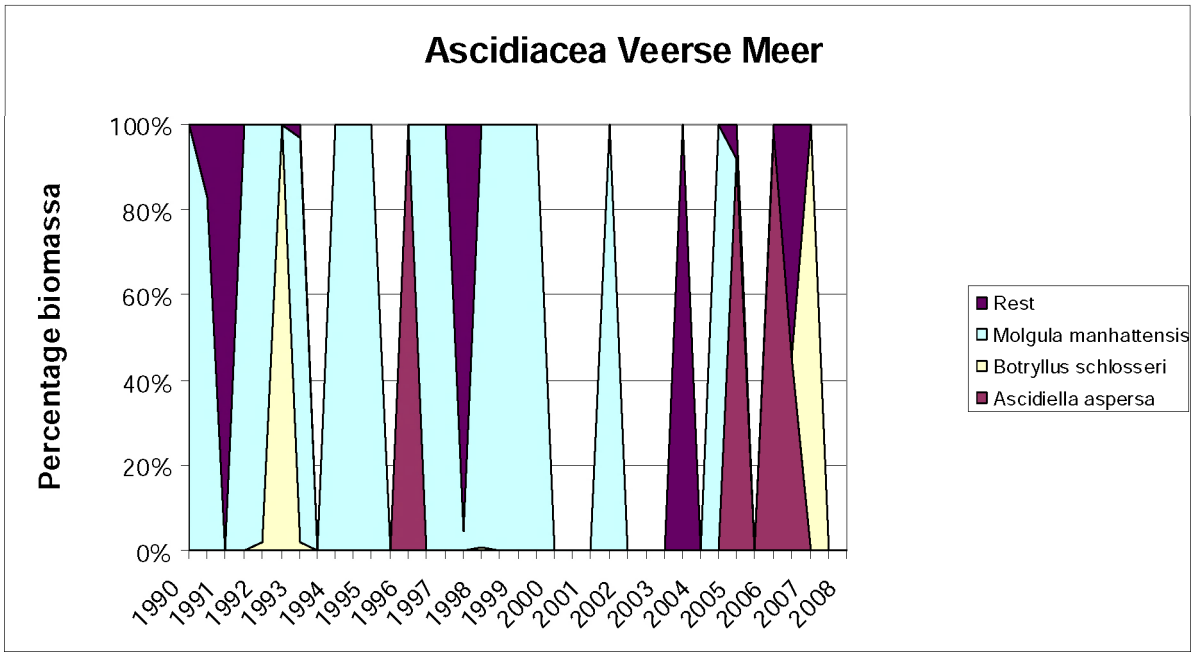
* Exoten

- **Bijlage XLIX. Ascidiacea ontwikkelingen**

Ontwikkelingen in de procentuele verdeling in biomassa van inheemse Zakpijpen en exoten gedurende de periode 1990-2008 in respectievelijk de Grevelingen (a), de Oosterschelde (b) en het Veerse Meer (c). Alleen *Molgula manhattensis* is als Ascidiacea waargenomen in de Westerschelde, en alleen in 2005.







- **Bijlage L. Ascidiacea trends**

Trends in de ontwikkeling van de biomassa van Ascidiacea over de periode 1990-2008.

Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Ascidiella aspersa	afname	0.021	x		x	
Botryllus schlosseri	x		x		x	
*Ciona intestinalis**	x		x		-	
Didemnum candidum	x		x		-	
*Molgula manhattensis**	x		x		x	
*Styela clava**	afname	0.048	x		-	
Totaal Decapoda		ns		ns		ns
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0083		0.0083		0.0167

* Exoten; x aanwezig; - afwezig; ns geen significante trend aanwezig

- **Bijlage LI. Ascidiacea regressies**

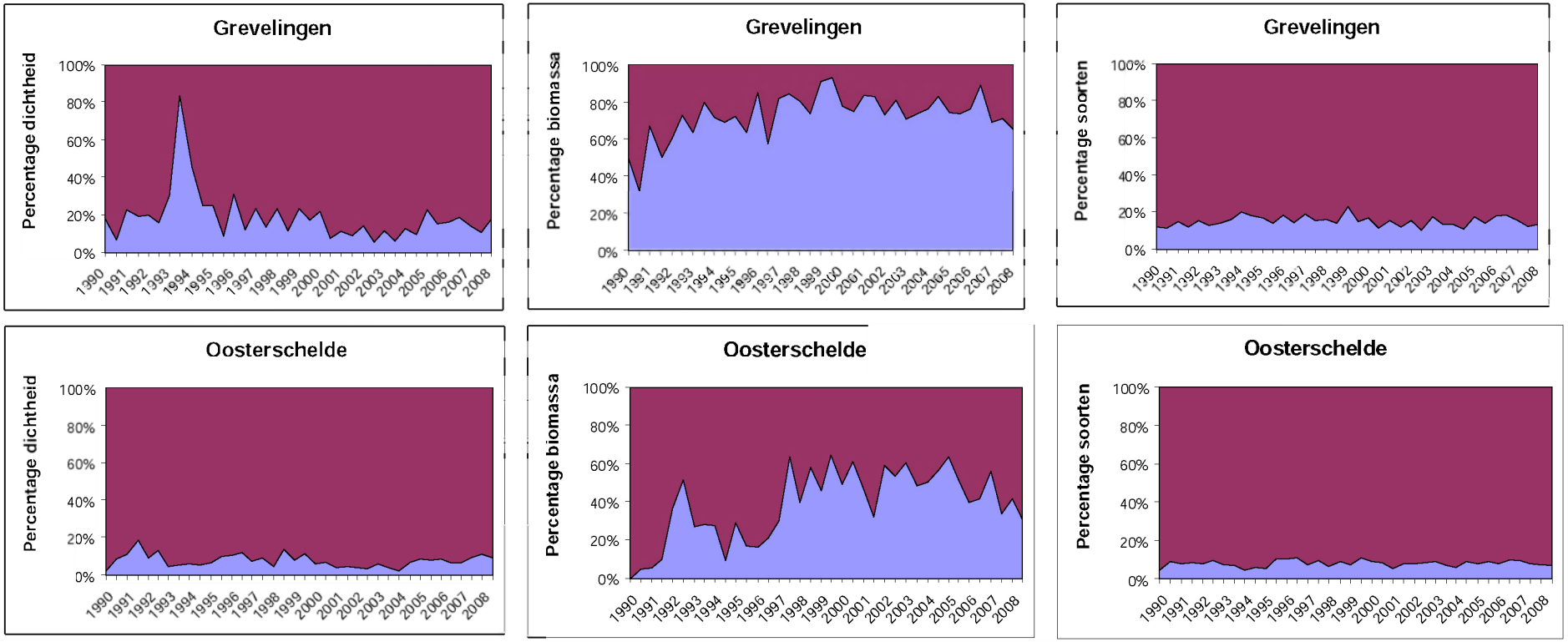
Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse Ascidiacea en exoten gedurende de periode 1990-2008.

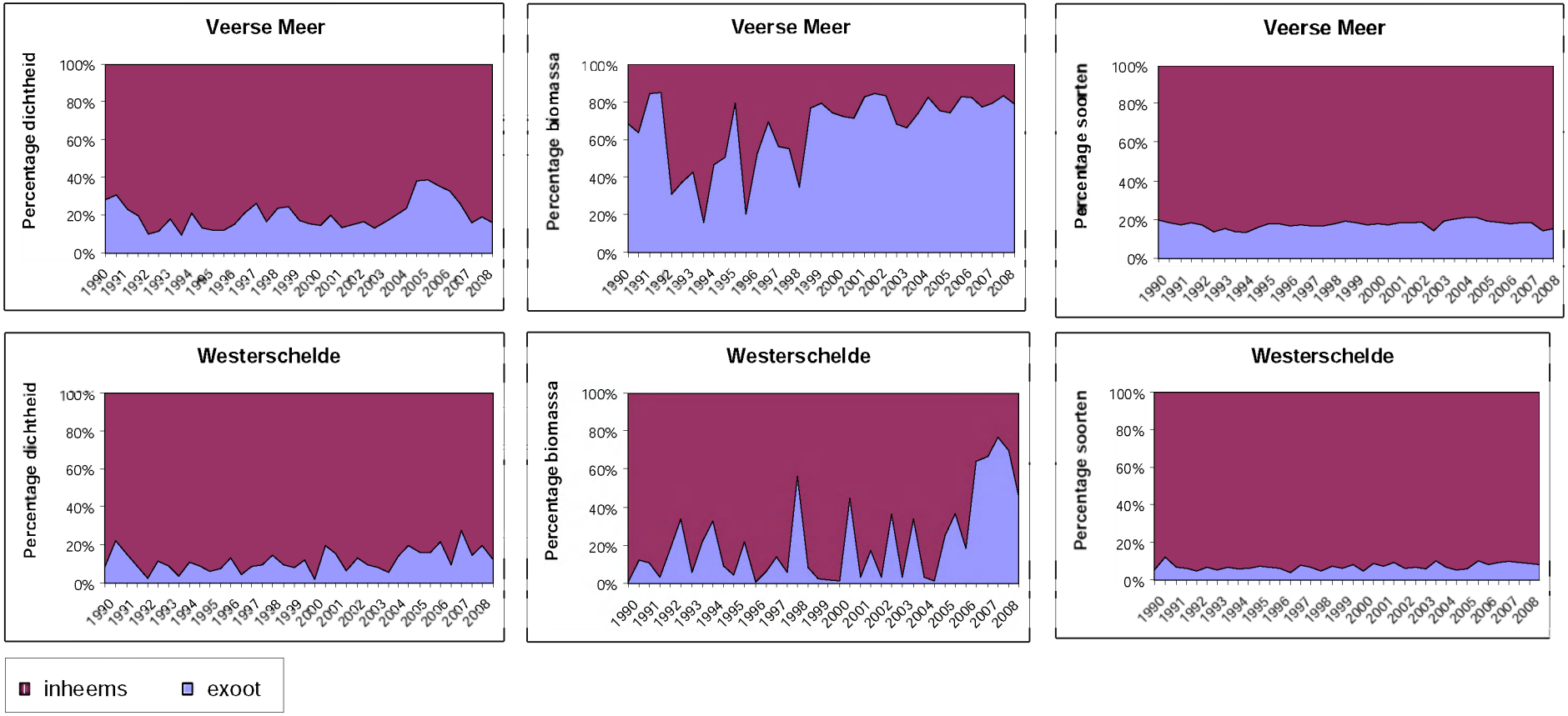
Exoot	Species	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
*Ciona intestinalis**	*Styela clava**			positief	0.001		
*Molgula manhattensis**	*Didemnum candidum*			positief	0.000		
*Styela clava**	*Ascidiella aspersa*			positief	0.001		
	*Ciona intestinalis**			positief	0.001		
Sign. niveau na Bonf. Corr.			0.0100		0.0100		0.0250

* Exoten

- **Bijlage LII. Procentuele ontwikkelingen inheemse soorten en exoten**

Overzicht van de ontwikkelingen van inheemse soorten en exoten in percentages dichtheden (a,d,g,j), percentages biomassa (b,e,h,k) en percentages soorten (c,f,i,l), voor respectievelijk de Grevelingen (a,b,c), de Oosterschelde (d,e,f), het Veerse Meer (g,h,i) en de Westerschelde (j,k,l), gedurende de periode 1990-2008.




Veerse Meer
Percentage dichtheid
Veerse Meer
Percentage biomassa
Veerse Meer
Percentage soorten
Westerschelde
Percentage dichtheid
Westerschelde
Percentage biomassa
Westerschelde
Percentage soorten
100%
80%
60%
40%
20%
0%
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
inheems
exoot

- Bijlage LIII. Totaal inheemse soorten en exoten trends

Trends in de ontwikkeling van inheemse macrofauna en exoten over de periode 1990-2008.

Macrofauna	Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau	Toe-/afname	Sign. niveau
Dichtheden:								
Inheems			toename	0.001	afname	0.000		
Exoot							toename	0.004
Biomassa:								
Inheems	afname	0.004						
Exoot			toename	0.000	toename	0.000	toename	0.002
Aantal soorten:								
Inheems	toename	0.001	toename	0.000	toename	0.006	toename	0.000
Exoot	toename	0.001	toename	0.000	toename	0.018	toename	0.000
Sign. niveau na Bonf. Corr.		0.0083		0.0083		0.0083		0.0083

- Bijlage LIV. Totaal inheemse soorten en exoten regressies

Significante regressies tussen de ontwikkeling van inheemse macrofauna en exoten gedurende de periode 1990-2008.

		Grevelingen		Oosterschelde		Veerse Meer		Westerschelde	
		Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau	Trend	Sign. niveau
Dichtheden:									
Inheems	Exoot			positief	0.003	positief	0.000	positief	0.000
Biomassa:									
Inheems	Exoot								
Aantal soorten:									
Inheems	Exoot	positief	0.000	positief	0.000	positief	0.000	positief	0.000