

Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax.: 0255 564644
Internet: postkamer@rivo.wag-ur.nl

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax.: 0113 573477

RIVO Rapport

Nummer: C058/03

Eindrapport EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase)

Deelproject H4: Invloed van natuurlijke factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde

Pauline Kamermans, Tammo Bult, Belinda Kater, Divera Baars, Joke Kesteloo, Jack Perdon en Egbertha Schuiling

Opdrachtgever: Alterra
Postbus 167
1790 AD Den Burg, Texel

Project nummer: 3011219102

Contract nummer: 02.042

Akkoord: A.C. Smaal
Hoofd Centrum voor Schelpdieronderzoek

Handtekening:



Datum: februari 2004

Aantal exemplaren:	70
Aantal pagina's:	180
Aantal tabellen:	24
Aantal figuren:	80
Aantal bijlagen:	3

In verband met de
verzelfstandiging van de
Stichting DLO, waartoe tevens
RIVO behoort, maken wij sinds 1
juni 1999 geen deel meer uit van
het Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit. Wij
zijn geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam nr.
34135929
BTW nr. NL 808932184B09.

De Directie van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV; opdrachtgever vrijwaart het Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

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

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Samenvatting.....	5
1. Inleiding	9
1.1. Kader van de studie	9
1.2. Temporele dynamiek van schelpdieren	10
1.2.1. Levenscyclus	10
1.2.2. Relatie tussen jonge en oude dieren	11
1.2.3. Invloed van andere natuurlijke factoren	11
1.2.4. Invloed van schelpdiervisserij	12
1.3. Gebruikte gegevens	13
1.3.1. Kokkels en Macoma	13
(1) Voorjaarsinventarisaties	13
1.3.2. Kokkelvisserij	15
1.3.3. Abiotische gegevens	17
2. Vergelijking van het oppervlak aan litorale kokkelbanken in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden in de Waddenzee in de periode 1980-2002	22
2.1. Inleiding.....	22
2.2. Materiaal en methode	22
2.2.1. Beschikbare gegevens	22
2.2.2. Analyses	23
2.3. Resultaten	24
2.4. Discussie	25
3. Temporele dynamiek van bestanden aan kokkels in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden in de periode 1990-2002	31
3.1. Inleiding.....	31
3.2. Materiaal en methode	31
3.2.1. Gebruikte gegevens	31
3.2.2. Analyses	32
Parameters	32
Verschillen de parameters tussen voor kokkelvisserij opengesteld en gesloten gebied?	32
Is er verschil in de ontwikkeling van gesloten gebieden voor en na de sluiting?	33
3.3. Resultaten	33
Dichtheid 2-jarige kokkels in Waddenzee	35
Biomassa 2-jarige kokkels in Waddenzee	35
3.4. Discussie	36
4. Effect van kokkelvisserij op aanwas van kokkels.....	63

4.1. Inleiding.....	63
4.1.1. Lokale benadering (aanpak 1)	64
4.1.2. Grootschalige benadering (aanpak 2).....	65
4.2. Lokale benadering (aanpak 1)	66
4.2.1. Materiaal en methode	66
4.2.2. Resultaten	68
4.2.3. Discussie	69
4.3. Grootschalige benadering (aanpak 2)	95
4.3.1. Materiaal en methoden	95
<i>Analyses Waddenzee</i>	95
Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels tussen open en gesloten gebieden? ..	95
Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden: de rol	
van habitat?	96
Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden: de rol van	
kokkelstand?	98
4.3.2. Resultaten	100
<i>Waddenzee</i>	100
4.3.3. Discussie	103
5. Effect van kokkelvisserij op overleving van kokkels	116
5.1. Inleiding	116
5.2. Materiaal en Methoden	116
5.3. Resultaten	118
5.4. Discussie	119
6. Effect van kokkelvisserij op temporele dynamiek van Macoma	129
6.1. Inleiding	129
6.2. Materiaal en methode	129
6.2.1. Temporele dynamiek van bestanden aan Macoma in voor kokkelvisserij	
opengestelde en gesloten gebieden	129
6.2.2. Ontwikkeling dichtheid Macoma	129
6.2.3. Analyses	130
6.3. Resultaten	131
6.3.1. Temporele dynamiek van bestanden aan Macoma in voor kokkelvisserij	
opengestelde en gesloten gebieden	131
6.3.2. Ontwikkeling dichtheid Macoma	131
6.4. Discussie	132
7. Conclusies	141
Literatuur	144
Bijlage 1. Effect van omgevingsfactoren en kokkelvisserij op de jaarvariatie in	
bestandsomvang van 1-jarige kokkels	149
1. Inleiding	149
2. Materiaal en methode	149

2.1. Kokkelbestanden.....	149
2.2. Andere informatie.....	150
<i>Temperatuur, chlorofyl-a, zwevende stof, saliniteit</i>	150
<i>Windgegevens</i>	151
<i>NAO Index</i>	151
2.3. Visserij.....	152
3. Resultaten.....	153
4. Discussie	154
Bijlage 2. Effect van wintertemperatuur en dichtheid op overleving van kokkels	166
1. Inleiding.....	166
2. Materiaal en Methoden	166
2.1. Overleving	167
2.2. Correlaties	167
3. Resultaten.....	168
3.1. Wintertemperatuur	168
3.2. Dichtheid	168
4. Conclusies	169
Bijlage 3. Evaluatie auditcommissie	174

Samenvatting

Het voorliggende rapport is onderdeel van de evaluatie Structuurnota Zee- en Kustvisserij fase II. Het behandelt de invloed van kokkelvisserij en andere factoren op de omvang van bestanden aan kokkels en Macoma.

De vraagstelling van dit onderzoek is als volgt geformuleerd:

Heeft mechanische kokkelvisserij een effect op de temporele dynamiek (fluctuaties in omvang in de tijd) van bestanden aan kokkels en Macoma in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde?

Deze centrale vraag is opgesplitst in deelvragen:

- Is er verschil in ontwikkeling in kokkelbestanden in open en gesloten gebieden? En is dit verschil voor of na sluiting van de gebieden ontstaan?
- Wat is het effect van kokkelvisserij op de broedval van kokkels?
- Is er verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels op beviste locaties en in onbeviste gebieden?
- Wat is de natuurlijke sterfte en wat de visserijsterfte van kokkels?
- Is er verschil in ontwikkeling in bestanden aan Macoma in open en gesloten gebieden?
- Is er verschil in ontwikkeling in bestanden aan Macoma op beviste locaties en in onbeviste gebieden?
- Welke factoren (inclusief visserij) verklaren de temporele variatie in kokkelbestanden?

Gebruikte gegevens en aanpak

Voor de studie is gebruik gemaakt van bestaande gegevens die niet specifiek voor deze studie zijn verzameld en waarbij bovendien geen mogelijkheid aanwezig was voor een experimentele opzet.

In de studie zijn schelpdiergegevens over (1) totale bestanden, (2) dichtheden, (3) individuele gewichten van kokkels en Macoma in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde uit de jaarlijkse voorjaarsinventarisaties gebruikt. Daarnaast zijn gegevens over kokkels uit de herbemonsteringen in 2000, 2001 en 2002 gebruikt en gegevens over de ontwikkeling van kokkelbestanden in de Oosterschelde en de Westerschelde op een aantal vaste locaties (vakken). En tenslotte zijn inventarisaties van kokkelbanken van de kokkelsector gebruikt.

Door de opdeling in gebieden die zijn opengesteld en gesloten voor mechanische kokkelvisserij kan de ontwikkeling van schelpdierpopulaties in open gebieden, waarbij de schelpdieren blootstaan aan visserij, worden vergeleken met de ontwikkeling van populaties in gesloten gebieden. Het effect van kokkelvisserij is bepaald door de dynamiek van bestanden aan kokkels en *Macoma* in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden te vergelijken.

Sinds 1992 wordt het mechanisch vissen op kokkels in de Waddenzee, Voordelta en de Oosterschelde en sinds 1997 in de Westerschelde geregistreerd met *black boxes*. Met behulp van de black box gegevens kan per jaar binnen het voor visserij opengestelde gebied worden bepaald welk deel van de schelpdierpopulatie daadwerkelijk is bevestigd. De dynamiek van kokkels en *Macoma* op bevestigde locaties is vergeleken met de dynamiek van deze soorten in onbevestigde gebieden.

Het effect van kokkelvisserij op broedval is met behulp van twee benaderingen bestudeerd. Ten eerste een lokale benadering waarbij vooral gekeken wordt naar de lokale en korte termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van bevestigde en onbevestigde monsterstations aan de hand van *black box* gegevens. En ten tweede een grootschalige benadering waarbij vooral gekeken wordt naar grootschalige en lange termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van open en gesloten gebieden. In beide benaderingen werd gekeken naar het effect van visserij op broedval nadat gecorrigeerd was voor habitat verschillen tussen bevestigde en onbevestigde locaties, of tussen open en gesloten gebieden. Spatiele (of ruimtelijke) abiotische gegevens, zoals droogvalduur, diepte, stroomsnelheid, orbitaalsnelheid, afstand tot de geul, mediane korrelgrootte en slibgehalte van het sediment, en zoutgehalte, zijn gebruikt in de analyses. Bekend is nl dat al deze factoren invloed kunnen hebben op de broedval van kokkels.

Om te verklaren welke factoren de temporele dynamiek in kokkelbestanden verklaren zijn enkele exploratieve analyses uitgevoerd met de volgende temporele (in de tijd fluctuerende) abiotische gegevens: winter- en zomer-temperatuur, de North Atlantic Oscillation Index, chlorofyl-a, zwevende stof, saliniteit, windrichting en windkracht.

Dynamiek kokkels in open en gesloten gebieden

Er is verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels in open en gesloten gebieden. Het aantal kokkels per m² is significant hoger in de gesloten gebieden dan in de open gebieden in de Waddenzee en de Oosterschelde. Het effect van sluiting kon alleen worden bestudeerd voor de gebieden die in 1999 in de Waddenzee zijn gesloten en in 1998 in de Westerschelde. Alleen de dichtheid en biomassa van tweejarige kokkels in de Waddenzee nam significant toe in het gesloten gebied na sluiting in 1999. De verhoging van de biomassa lijkt vooral een effect te zijn van de goede broedval van 1997, en niet een effect van de sluiting. Het totale kokkelbestand in de Waddenzee was hoger in de in 1993 gesloten gebieden dan in open gebieden in 1994 en vanaf 2000. Dit wordt veroorzaakt door een betere aanwas van kokkels in gesloten gebieden en het wegvissen van kokkels in de open gebieden. Over

het algemeen is de overleving van kokkels beter in de gesloten gebieden. Dit verschil was significant was voor alle wateren. Deze resultaten duiden op gunstige omstandigheden voor kokkelpopulaties in gesloten gebieden. Een analyse van de verspreiding van kokkelbanken in de Waddenzee in de periode 1980-2002 laat zien dat voor 1990 een vergelijkbaar percentage van het litoraal in open en gesloten gebied bedekt met kokkelbanken. Drie jaar na beëindiging van bevissing vindt een plotselinge toename plaats van het oppervlak aan kokkelbanken. De daarop volgende jaren neemt het oppervlak weer af. Een mogelijke verklaring is dat het gesloten gebied aantrekkelijk is voor het ontstaan van kokkelbanken, maar dat daarna de handhaving van die banken door andere factoren wordt belemmerd.

Overleving kokkels op beviste locaties en in onbeviste gebieden

De gemiddelde jaarlijkse natuurlijke sterfte van kokkels in de onbeviste gebieden was ca. 60% in de Waddenzee (periode 1992-2002) en in de Oosterschelde (periode 1992-2002) en ca. 80% in de Westerschelde (periode 1997-2002). De overleving van kokkels op de beviste locaties is lager in de Waddenzee en Oosterschelde, maar in de Westerschelde is de overleving juist hoger op de beviste locaties. De gemiddelde visserijsterfte voor het gehele gebied (bevist en onbevist samen) was in de Waddenzee iets lager dan in de Oosterschelde (Waddenzee: gebaseerd op aantallen 6% en op biomassa 11%, Oosterschelde gebaseerd op aantallen 11% en op biomassa 15%). De visserijsterfte op de beviste locaties was in de Waddenzee iets hoger dan in de Oosterschelde (resp. 63% en 56%). In de Westerschelde was de overleving beter op beviste locaties (goede kokkelgebieden) dan in onbeviste gebieden (slechte kokkelgebieden). Gebaseerd op de vangst was de visserijsterfte in de Waddenzee het laagst (11%), gevolgd door Oosterschelde (22%) Westerschelde (25%). Er werd positief effect van sluiting van gebieden op overleving van kokkels aangetoond in de Westerschelde, maar niet in de Waddenzee.

Effect kokkelvisserij op aanwas kokkels

Negatieve effecten van kokkelvisserij op de aanwas van kokkels zijn waargenomen in de Waddenzee. Het effect is alleen gevonden vlak na de broedval en niet meer aantoonbaar na de winter. Daarnaast wordt in de Waddenzee een relatief lagere dichtheid aan 1-jarige kokkels aangetroffen in de open gebieden dan in de gesloten gebieden. Er van uit gaande dat het model de verschillen tussen open en gesloten gebieden voldoende kan beschrijven kan worden geconcludeerd dat het verschil kan worden toegeschreven aan een negatief effect van visserij op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. De verschillen in broedval tussen open en gesloten gebieden in de Waddenzee worden ieder jaar kleiner. Een verklaring hiervoor is dat de grotere dichtheden aan oudere kokkels in de gesloten gebieden een negatieve invloed kunnen hebben op de broedval, of dat zich een langjarige ontwikkeling in natuurlijke processen voltrekt. In de Oosterschelde wordt na de winter een positief effect van kokkelvisserij op de aanwas van kokkels gevonden en in Westerschelde werden geen negatieve effecten aangetoond.

Effect van abiotische factoren en visserij op dynamiek kokkels

De huidige dataset is onvoldoende groot om het relatieve belang te bepalen van visserij, weersomstandigheden en voedselaanbod voor de jaarlijkse variatie in kokkelbestanden op het schaalniveau van de Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde. Voor de Oosterschelde en Westerschelde werd een significante relatie tussen sterfte van 1-jarige kokkels en dichtheid gevonden. Hoe hoger de dichtheid aan éénjarigen in april, des te minder groot deel van de éénjarigen tot april van het volgende jaar zullen overleven.

Dynamiek Macoma

De ontwikkeling van de Macoma populatie in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde verschilt niet significant in open en gesloten gebieden en op beviste en onbeviste locaties. Een effect van kokkelvisserij op de Macoma aantallen en dichtheden kan niet worden aangetoond.

1. Inleiding

1.1. Kader van de studie

In het kader van de Structuur Nota Zee- en Kustvisserij is in 1993 een beleid van voedselreservering voor vogels ingezet voor de Waddenzee en Oosterschelde (LNV, 1993). Het voedselreserveringsbeleid heeft tot doel om in schelpdierarme jaren het extra voedseltekort – dat in voedselarme jaren als gevolg van de visserij-inspanning kan optreden – te beperken. Dit houdt in dat beperkingen aan de schelpdiervisserij worden opgelegd in jaren met schaarste aan schelpdieren. Het gaat hierbij vooral om de eidereend (*Somateria m. mollissima*) en de scholekster (*Haematopus o. ostralegus*), met als belangrijkste prooidieren de kokkel en de mossel. Daarnaast zijn in 1993 en 1999 een aantal gebieden in de Waddenzee en de Oosterschelde gesloten voor schelpdiervisserij. Door deze maatregel werden gebieden met een hoge potentie voor de ontwikkeling van mosselbanken en zeegras velden beschermd.

In 2000 is de evaluatie structuurnota fase II van start gegaan. In het kader hiervan is informatie nodig over de omvang van het kokkelbestand in Waddenzee en Zeeuwse Delta en de dynamiek in tijd en ruimte. Er zijn drie watersystemen bij het onderzoek betrokken: de Waddenzee, de Oosterschelde en de Westerschelde. Deze gebieden verschillen in ecologisch en hydrodynamisch opzicht. Jaarlijks zijn gegevens verzameld en gebruikt door LNV om visvergunningen af te geven. Thans moet geëvalueerd worden in hoeverre het beleid heeft gewerkt. Daarbij zijn vragen aan de orde over karakteristieken van kokkelvoorkomens, een omschrijving van kokkelbanken, de factoren die invloed hebben op vestiging en ontwikkeling van kokkelpopulaties, de relatie tussen kokkelvoorkomens en andere habitats, de beschikbaarheid van kokkels voor vogels en visserij en de invloed van mechanische kokkelvisserij op dit geheel. Deelproject H "Dynamiek Kokkelbestanden" behandelt deze vragen en bestaat uit vier onderdelen:

H1 Karakteristieken kokkelbank

H2 Bestandsopnamen kokkels

H3 Kokkelhabitatkaart

H4 Invloed van natuurlijke factoren en visserij op dynamiek kokkelpopulaties (Dit rapport).

Onderdeel H1 is niet in uitvoering genomen. In dit rapport wordt uitgegaan van de volgende **definitie van een kokkelbank: een gebied met meer dan 50 kokkels per m²**. De deelprojecten H2 (Kamermans et al, 2003a) en H3 (Kater et al, 2003) zijn apart gerapporteerd.

De volgende vraag staat in het voorliggende rapport centraal:

Heeft mechanische kokkelvisserij een effect op de temporele dynamiek van bestanden aan kokkels en *Macoma*? Hierbij geldt als nulhypothese dat er geen effecten zijn van mechanische kokkelvisserij.

Deze centrale vraag is op verschillende manieren aangepakt.

- Het effect van kokkelvisserij is bepaald door de dynamiek van bestanden aan kokkels en Macoma in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden (zie 1.3.2.) te vergelijken (**hoofdstuk 2, 3 en 6**). Is er verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels en Macoma in open en gesloten gebieden? Wanneer is dat verschil ontstaan?
- Vervolgens is de dynamiek van kokkels en Macoma in beviste locaties en onbeviste gebieden (zie 1.3.2) met elkaar vergeleken (**hoofdstuk 4, 5 en 6**). Wat is het effect van kokkelvisserij op de broedval van kokkels? Is er verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels en Macoma in beviste en onbeviste gebieden? Wat is de natuurlijke sterfte en visserijsterfte van kokkels?
- En tenslotte is gekeken hoe andere factoren naast visserij de temporele dynamiek van kokkelbestanden beïnvloeden (**bijlage 1 en 2**). Welke factoren (inclusief visserij) verklaren de temporele variatie in kokkelbestanden?

In de nu volgende paragrafen wordt uitgelegd wat bedoeld wordt met dynamiek en welke factoren daarop kunnen inwerken (1.2). Vervolgens worden de gegevens beschreven die voor deze studie zijn gebruikt (1.3).

1.2. Temporele dynamiek van schelpdieren

1.2.1. Levenscyclus

Met temporele dynamiek wordt de fluctuatie in populatiegrootte in de tijd bedoeld. Dit is afhankelijk van de aanwas en immigratie, en sterfte en emigratie van individuen. Het aantal kokkels of Macoma kan toenemen of verdwijnen door immigratie en emigratie (Armonies 1996). Aanwas is de mate waarin nieuwe individuen worden geproduceerd en de geslachtsrijpe leeftijd bereiken. Kokkels en Macoma laten in het voorjaar grote hoeveelheden ei- en zaadcellen vrij in het water. De bevruchte eicellen vormen in het water zwevende larven. Ongeveer 3-6 weken nadat de volwassen schelpdieren hun ei- en zaadcellen hebben losgelaten zijn de larven rond de 0.3 mm groot en veranderd in kleine schelpdieren, ook wel broed genoemd. Wanneer de stromingsomstandigheden het toelaten zal het broed naar beneden zinken voor vestiging op de bodem, de zogenaamde broedval. In het tweede voorjaar na hun geboorte (en soms al in het eerste voorjaar na de geboorte), zijn de schelpdieren geslachtsrijp.

Sterfte is de mate waarin kokkels uit de populatie verdwijnen. Sterfte kan optreden als gevolg van bevrozing of te grote opwarming (Beukema 1985), te hoge of te lage zoutgehaltes (Brock, 1980), verstikking (Flach, 1992), verhongering, parasieten of vergiftiging (Jonsson & Andre, 1992; Montaudouin et al 2000; Beaumont et al, 1989), of ze kunnen worden opgegeten (Masski & Guillou 1999; Mascaro & Seed 2000 a,b; Richards et al 1999; Johnstone & Norris 2000) of opgevist (Defeo et al, 1992; Rees, 1996).

De grootte van de populatie wordt vaak weergegeven in termen van totale biomassa of bestand. Dit wordt naast aanwas en sterfte ook bepaald door groei. De groei van kokkels wordt bepaald door de hoogte in de getijdezone, het voedselaanbod en intra- en interspecifieke voedselconcurrentie (Kamermans et al, 1992; Kamermans, 1993). Daarnaast zijn karakteristieken van het sediment belangrijk (Ducrotoy et al, 1991).

De grootte van schelpdierbestanden wordt in het algemeen niet bepaald door sterfte in de periode van de larvale fase, maar in de periode daarna (review van Olafsson et al, 1994). De dynamiek van kokkels wordt gekenmerkt door enorme verschillen in broedval tussen jaren. In de Waddenzee heeft massale broedval plaatsgevonden in 1975, 1979 (Beukema, 1982) en 1987, 1996 en 1997 (van Stralen en Kesteloo, ongepubliceerde gegevens; van Stralen & Kesteloo, 1998). In een periode van 30 jaar is er dus maar 5 keer sprake van een massale broedval.

In dit project wordt onderzocht wat de relatie is tussen het bestand, de aanwas en sterfte van kokkels aan de ene kant en natuurlijke factoren en visserij aan de andere kant. Hierbij wordt gekeken naar de temporele dynamiek waarbij migratie binnen gebieden niet wordt meegenomen. De spatiele dynamiek wordt behandeld in deelproject H3, de kokkelhabitatkaart (Kater et al, 2003).

1.2.2. Relatie tussen jonge en oude dieren

Hoe meer ouderdieren aanwezig zijn, hoe meer larven geproduceerd kunnen worden. Ouderdieren kunnen echter ook larven inhaleren en dit kan een negatief effect hebben op de broedval (Kristensen 1957; Andre & Rosenberg 1991; Andre et al 1993). Over de relatie tussen de grootte van het ouderbestand en de aanwas bestaan tegenstrijdige observaties. Er zijn aanwijzingen voor een positieve relatie tussen het ouderdieren bestand en de aanwas voor bay scallops (*Agropecten irradians*) (Peterson & Summerson, 1992) en voor hard clams (*Mercenaria mercenaria*) (Peterson, 2002). Voor de kokkel werd geen relatie gevonden (Hancock, 1973; Bouma et al, 2001; van der Meer et al, 2001). De broedval is afhankelijk van de aanvoer van larven (Günther, 1991). De grootte van het kokkelbestand kan de dynamiek op verschillende wijzen beïnvloeden. Er kan concurrentie om voedsel optreden (Kamermans, 1993), wat kan leiden tot groeivertraging (Kristensen 1957; Jensen, 1992) en mogelijk sterfte. Daarnaast kan bij een groot bestand van oude schelpdieren de predatie op schelpdier larven hoger zijn.

1.2.3. Invloed van andere natuurlijke factoren

Karakteristieken van het sediment kunnen de broedval beïnvloeden. Ruimtelijke patronen van vestiging van schelpdieren correleren vaak met de aanwezigheid van fijn sediment (Snelgrove & Butman, 1994). De correlatie zou een gevolg kunnen zijn van rustige hydrodynamische omstandigheden op die locaties, waardoor niet alleen slib, maar ook broedjes uitzinken. Maar er zijn ook aanwijzingen dat de broedjes gebruik maken van actieve selectie van slibbige gebieden (Günther,

1991). Dit lijkt vooral te maken te hebben met het grotere voedselaanbod op slibbige plaatsen (Grassle et al, 1992). Bouma et al (2001) vond een relatie tussen slib gehalte van het sediment en broedval van kokkels in de Westerschelde. Piersma et al (2001) relateren veranderingen in broedval van schelpdieren aan temporele veranderingen in mediane korrelgrootte in een door kokkelvisserij beroerde bodem bij Griend in de Waddenzee. De conditie van het broed en het voedselaanbod zijn mede bepalend voor de overleving (Olafsson et al 1994). Daarnaast vindt predatie plaats op net gevestigd broed door krabben en garnalen (Sanchez-Salazar et al 1987; Dijkema 1992, Beukema 1991, 1992; van der Veer et al, 1998). Beukema et al, (1998) vonden een betere broedval van nonnetjes na koude winters. Van der Have (2003) vond een relatie tussen de North Atlantic Oscillation Index en de aanwas van kokkels in de Waddenzee. De wind richting kan beslissend zijn voor de retentie van larven in een bepaald gebied (Young et al 1996).

Van alle natuurlijke factoren die de temporele dynamiek van schelpdieren kunnen beïnvloeden zijn in de huidige studie alleen de factoren temperatuur, zoutgehalte, voedselaanbod (chlorofyl-a, zwevende stof), windrichting en windkracht, North Atlantic Oscillation Index (als maat voor klimatologische omstandigheden), droogvalduur, diepte, stroomsnelheid, orbitaalsnelheid en afstand tot de geul behandeld. Er is geen onderzoek gedaan naar de relatie tussen kokkelbestanden en de stand van verschillende predatoren (krabben, garnalen, platvis, wadvogels) in de verschillende levensfasen van de schelpdieren.

1.2.4. Invloed van schelpdiervisserij

Mogelijke effecten van kokkelvisserij op de kokkelpopulatie kunnen zijn : (1) verstoring van de populatie door het ongeschikt maken van de bodem voor vestiging, (2) het opvissen van net gevestigd broed, (3) het opvissen van nog niet geslachtsrijpe 1-jarigen, of (4) het opvissen van geslachtsrijpe kokkels. Kleine bestanden aan kokkels kunnen goede jaarklassen produceren (Beukema, 1991; Andre & Rosenberg, 1991). Dit betekent dat het opvissen van geslachtsrijpe kokkels op zich geen effect op de populatie hoeft te hebben. Geslachtsrijpe kokkels hebben al een keer voor nakomelingen kunnen zorgen voor ze worden opgevisst, jongere kokkels niet. Vanuit de populatie gezien zijn de effecten op jongere kokkels belangrijker.

Verschillende studies laten relaties tussen kokkelvisserij en sterfte zien. Naast het verwijderen van de beviste individuen (Cook, 1991; Cotter et al, 1993, 1997) is ook verhoogde sterfte onder achtergebleven schelpdieren geobserveerd (de Vlas, 1982; Cook, 1991; Cotter et al, 1993, 1997; Kaiser et al, 2001; Hiddink, 2003). Andere diergroepen, zoals kleine wormen, werden eveneens negatief beïnvloedt door kokkelvisserij, maar herstel trad meestal op binnen 50-100 dagen (de Vlas, 1982; Hall & Harding 1997; Ferns et al 2000; Kaiser et al, 2001). Studies over de effecten van kokkelvisserij op de broedval van kokkels zijn schaars en geven tegenstrijdige resultaten. De Vlas (1982) spreekt van weinig invloed, terwijl Piersma et al (2001) een negatief verband ziet tussen kokkelvisserij en broedval van kokkels.

1.3. Gebruikte gegevens

In de studie zijn gegevens over jaarlijkse grootte van bestanden aan kokkels en *Macoma* in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde uit bestandsopnames gebruikt. De bestandsopnames worden uitgevoerd om het kokkelbestand te schatten. Naast kokkels worden ook andere schelpdieren, zoals *Macoma*, strandgapers en mesheften meegenomen in de inventarisatie. Strandgapers en mesheften leven vaak dieper dan de bemonsterde 7-10 cm en worden daardoor niet volledig bemonsterd. Naast kokkels kunnen echter wel gegevens over *Macoma* worden gebruikt in de analyses. Deze soort leeft in de periode van bemonstering ondieper dan 7-10 cm (Zwarts & Wanink, 1991). Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens over de locatie en intensiteit van de visserij in deze wateren en de spatiele en temporele fluctuaties in de bovengenoemde abiotische factoren. Nadrukkelijk wordt gesteld dat gebruik is gemaakt van bestaande gegevens die niet speciek voor deze studie zijn verzameld en dat er geen mogelijkheid was voor een experimentele opzet van de studie.

1.3.1. Kokkels en *Macoma*

Voor de uitvoering van het voedselreserveringsbeleid van LNV worden sinds 1990 jaarlijks kokkelinventarisaties uitgevoerd door het RIVO, i.s.m. de Producentenorganisatie Kokkelvisserij (voorjaarsinventarisaties). Op basis van de voorjaarsinventarisaties wordt bekeken of er op 1 september voldoende voedsel voor vogels aanwezig is, waarna al of niet door LNV een vergunning wordt afgegeven voor de visserij. Schattingen van de bestandsgroottes van kokkels op 1 september worden verkregen door extrapolatie van de voorjaarsgegevens. Ten behoeve van een evaluatie van de extrapolatie methode zijn in 2000, 2001 en 2002 een aantal gebieden herbemonsterd rond 1 september (herbemonsteringen). Daarnaast is in 1991 door het RIVO een onderzoek opgezet naar de populatiedynamiek van kokkelbestanden in de Oosterschelde en de Westerschelde op een aantal vaste locaties (vakken). En ten slotte voert de kokkelsector ieder jaar een inventarisatie uit van kokkelbanken. Deze vier schelpdier datasets zijn gebruikt in het huidige project. Hieronder volgt een korte beschrijving van de gebruikte methoden voor de (1) voorjaarsinventarisaties, de (2) herbemonsteringen en de (3) inventarisaties door de kokkelsector. Een beschrijving van methode voor de (4) vakken staat in bijlage 2. Een uitgebreide behandeling van de methode van de drie soorten bemonsteringen is te vinden in de EVA II rapporten B3 (Bult et al, in prep) en H2 (Kamermans et al, 2003a).

(1) Voorjaarsinventarisaties

Bemonsteringen in het kader van deze survey zijn sinds 1990 uitgevoerd in de periode maart - mei, waarbij jaarlijks 976-1545 stations werden bezocht in de Waddenzee, 228-327 stations in de Westerschelde, en 377-480 stations in de Oosterschelde. Hierbij werd gebruik gemaakt van een aantal verschillende monsterapparaten:

- Kokkelschuif: bemonsterd een oppervlak van 0.1 m² tot een diepte van 7 cm.
- Stempelkor: bemonsterd een oppervlakte van 0.42 m² tot een diepte 10 cm.

- Zuigkor: Incidenteel is gebruik gemaakt van voor een onderzoek aangepaste commerciële zuigkor: bemonsterd oppervlakte 30 m² tot een diepte van 7 cm.
- Steekmonsters: Een deel van de punten werd te voet tijdens de laagwaterperiode bemonsterd. Hierbij werd gebruik gemaakt van een steekring in de Waddenzee of een steekbuis in de Oosterschelde: bemonsterd oppervlakte 0.1 m² tot een diepte van 7 cm diep.

Binnen het te inventariseren gebied werd in de Waddenzee een stratificering toegepast waarbij intensiever werd gemonsterd in gebieden waar grotere dichtheden kokkels werden verwacht. Deze verwachting was gebaseerd op informatie van vissers en visserijkundig ambtenaren, eerdere surveys, voorsurveys van de kokkelvissers, en black-box gegevens van de kokkelvisserij. Deze stratificering varieerde van jaar tot jaar. Op deze manier werd een enkel station representatief verondersteld voor een oppervlak dat varieerde van 25 tot 207 ha. Alle monsters werden eerst gespoeld over een zeef. Hierbij zijn verschillende zeven gebruikt, afhankelijk van survey en periode: Waddenzee: 1990-1997 = 2 mm * 2 mm; na 1997: 5 mm * 5 mm; Oosterschelde: 2 mm * 2 mm. De monsters werden aan boord uitgezocht. Kokkels (*Cerastoderma edule*) werden opgedeeld in broed, 1-jarig, 2-jarig en meerjarig, op basis van groeiringen. Kokkels zonder groeiring worden dan 0-jarig genoemd. Waarschijnlijk zijn dit kokkels die laat in het jaar daarvoor zijn geboren. Per leeftijdsklasse kokkels werd het totaal aantal en gewicht bepaald. Alle overige schelpdieren werden per soort geteld en gewogen (totaalgewicht). Dit waren vooral nonnetjes (*Macoma balthica*). Door de biomassa per station te vermenigvuldigen met het oppervlak waar dat station representatief voor was werd de totale biomassa (bestand) voor de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde per jaar berekend (Fig. 1.1). Een zeef van 5 mm * 5 mm laat schelpdieren met een breedte kleiner dan 7 mm door. De broedval van kokkels vindt plaats na de voorjaarsinventarisatie. Eenjarige kokkels worden zowel door een zeef van 2 mm * 2 mm en een zeef van 5 mm * 5 mm meegenomen (Kesteloo, ongepubliceerde gegevens). De broedval van nonnetjes vindt plaats tijdens de voorjaarsinventarisatie. Hierdoor wordt nieuw gevallen broed niet meegenomen met een zeef van 5 mm * 5 mm. Een zeef van 2 mm * 2 mm zal dat echter ook niet volledig doen. Een dergelijke zeef laat nonnetjes door met een breedte kleiner dan 3 mm.

(2) Herbemonsteringen

De herbemonsteringen hebben tot doel de gebruikte extrapolaties naar 1 september te controleren. Bij de herbemonstering in 2000, 2001 en 2002 in de Oosterschelde en Westerschelde is de voorjaarsinventarisatie in zijn geheel herhaald. De monsternamen in de Ooster- en Westerschelde zijn identiek aan die in het voorjaar, d.w.z. bemonsteringen met het kokkelschelpje. In de Waddenzee wordt sinds 1998 in het voorjaar gemonsterd met een stempelkor en tijdens de herbemonstering met een kokkelschepje. De herbemonsteringen in 2001 en 2002 in de Waddenzee hebben zich beperkt tot specifieke gebieden (zie rapport H2, Kamermans et al 2003a.).

Deze twee schelpdier datasets leverden dichtheid- en biomassa-waarden voor het totale gebied per jaar (voorjaarsinventarisaties en herbemonsteringen) en aantallen en biomassa per m² per station per jaar (inventarisaties, herbemonsteringen en vakken). De gegevens van de voorjaarsinventarisaties worden gebruikt in **hoofdstuk 3, 4, 5, 6 en bijlage 1** die van de herbemonsteringen in **hoofdstuk 4**.

(3) Inventarisaties van kokkelbanken door de kokkelsector

Sinds 1980 voert de kokkelsector ieder jaar een inventarisatie uit van kokkelbanken in open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. Deze gegevens zijn gebruikt in **hoofdstuk 2** om verschillen in oppervlak aan kokkelbanken tussen open en gesloten gebieden te bestuderen.

1.3.2. Kokkelvisserij

Open en gesloten gebieden

Effecten van het voor de visserij sluiten van gebieden op de populatiedynamica van soorten, zoals toename in aantallen en grotere individuen, is vaak geobserveerd (review van Gell & Roberts, 2003). De open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde kunnen dergelijke informatie geven over de ontwikkeling van schelpdierpopulaties. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de kokkelbiomassa in verschillende deelgebieden in de Waddenzee en Oosterschelde onderling sterk kan verschillen (van Stralen & Kesteloo, 1998a). Dit geldt zowel voor open als gesloten gebieden. In het huidige rapport wordt het effect het sluiten van gebieden op de schaal van de gehele Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde bestudeerd. Daarom is de ontwikkeling van bestanden aan kokkels en *Macoma* in gesloten gebieden tezamen vergeleken met de altijd open gebieden tezamen.

Vanaf 1980 zijn een aantal gebieden gesloten in de Waddenzee. Dit zijn gebieden van Staatsbosbeheer. Vanaf 1983 zijn gebieden volgens Artikel 17 gesloten. De Staatsbosbeheer en Artikel 17 gebieden zijn geselecteerd op het voorkomen van bepaalde soorten vogels en zeezoogdieren. De gebieden wisselen soms van locatie afhankelijk van bijvoorbeeld de ligplaatsen van zeehonden of de broedplaatsen van sterns. Tevens waren in bepaalde jaren extra delen van de Waddenzee gesloten als gevolg van het voedselreserveringsbeleid of andere maatregelen. In 1993 werden op grond van de structuurnota een aantal gebieden in de Waddenzee gesloten voor kokkelvisserij (LNV, 1993; LNV, 1999). De in 1993 gesloten gebieden in Waddenzee zijn gekozen op basis van een reeks van criteria. Het Balgzand en de Piet Scheveplaat werden gesloten omdat zich daar ecoplots van het NIOZ en RIKZ bevinden. Omwille van de duidelijke afgrenzing, en omdat er veel Bergeenden ruiden werd ook de aan het Balgzand grenzende Breehorn gesloten. Daarnaast zijn gebieden waar zeegras aanwezig was gesloten: nabij Terschelling, langs de Groninger kust en Hond/Paap. Tevens werd het wantij van Rottum gesloten, omdat dit een heel wantij was en een relatief ongerept gebied was met een goede zeehondenstand. De gebieden waren representatief voor de aanwezigheid van kokkel- en mosselbanken. In 1999 zijn extra gebieden tijdelijk gesloten om verdere ontwikkeling van mosselbanken en zeegrasvelden te stimuleren. Deze tijdelijke sluiting heeft geduurd van 1999-2002. In 1993 zijn ook een aantal gebieden van natuurmonumenten gesloten. In 1990 is er gevist op kokkels in de Waddenzee. In 1991 was de hele Waddenzee gesloten voor kokkelvisserij. In 1992 was, van de in 1993 gesloten gebieden, alleen het stukje van Natuurmonumenten bij de Schorren op Texel open voor de visserij. In dat jaar is er ook gevist. Vrijwel alle gebieden die in 1993 permanent werden gesloten waren in 1991 en 1992 dus ook al gesloten. Figuur 1.2 geeft een overzicht van de gesloten gebieden in de Waddenzee.

In de Oosterschelde zijn in 1993 twee gebieden voor kokkelvisserij gesloten (LNV, 1993). Daarnaast is vanaf 1993 een gebied van Natuurmonumenten gesloten. Bovendien waren in bepaalde jaren extra delen van de Oosterschelde gesloten als gevolg van het voedselreserveringsbeleid of andere maatregelen. Figuur 1.3 geeft een overzicht van de gesloten gebieden in de Oosterschelde.

In de Westerschelde zijn in 1998 een aantal gebieden gesloten volgens het Beleidsbesluit Westerschelde (LNV, 1996). Figuur 1.4 geeft een overzicht van de gesloten gebieden in de Westerschelde.

Door de sluiting van bepaalde gebieden kan de ontwikkeling van schelpdierpopulaties in open gebieden, waarbij de schelpdieren blootstaan aan visserij, worden vergeleken met de ontwikkeling van populaties in gesloten gebieden, waar geen kokkelvisserij plaats vindt. Voorwaarde hierbij is wel dat verschillen tussen gebieden voorafgaand aan de sluiting bekend moeten zijn. Deze aanname wordt voor de Waddenzee verder behandeld in hoofdstuk 2.

Black box gegevens

De plaatsen waar mechanisch op kokkels wordt gevisst worden sinds 1992 in de Waddenzee, Voordelta en de Oosterschelde en sinds 1997 in de Westerschelde geregistreerd met black boxen. Tijdens het vissen wordt de positie van het schip met een GPS geregistreerd. Wanneer de pompen van het schip aan staan vindt iedere minuut registratie plaats. Deze registraties worden in opdracht van de Producentenorganisatie Kokkelvisserij (PO) verwerkt door DCI Electronics (DCI). Met behulp van de black box registraties is het mogelijk om per visseizoen te bepalen waar en hoe intensief er is gevisst en welk bodemoppervlak is bevisst. De black box gegevens zijn door de PO beschikbaar gesteld voor het EVA II project en door DCI aangeleverd. Het bevisst oppervlakte is het deel van de bodem van bepaald registratiegebied dat uit vissporen bestaat: op die plekken is de bodem één of meer keren geraakt door het mes. Het bevisst oppervlak wordt door DCI berekend voor een registratiegebied van 0.1 geografische minuut noorderbreedte bij 0.1 geografische minuut oosterlengte. Dat zijn vakjes met een oppervlakte van 2.11 ha (21100 m²), of 185m bij 114m. Met behulp van de black box gegevens kan per jaar binnen het voor visserij opengestelde gebied worden bepaald welk deel van de kokkelpopulatie daadwerkelijk is bevisst. Voor meer informatie over black box gegevens wordt verwezen naar het EVA II rapport over deelproject A1 (Kamermans et al, 2003b).

In **hoofdstuk 2, 3, 4, 5 en 6** wordt gebruik gemaakt van de opdeling van gebieden in open en gesloten. In **hoofdstuk 4, 5, 6 en bijlage 1** wordt gebruik gemaakt van black box gegevens.

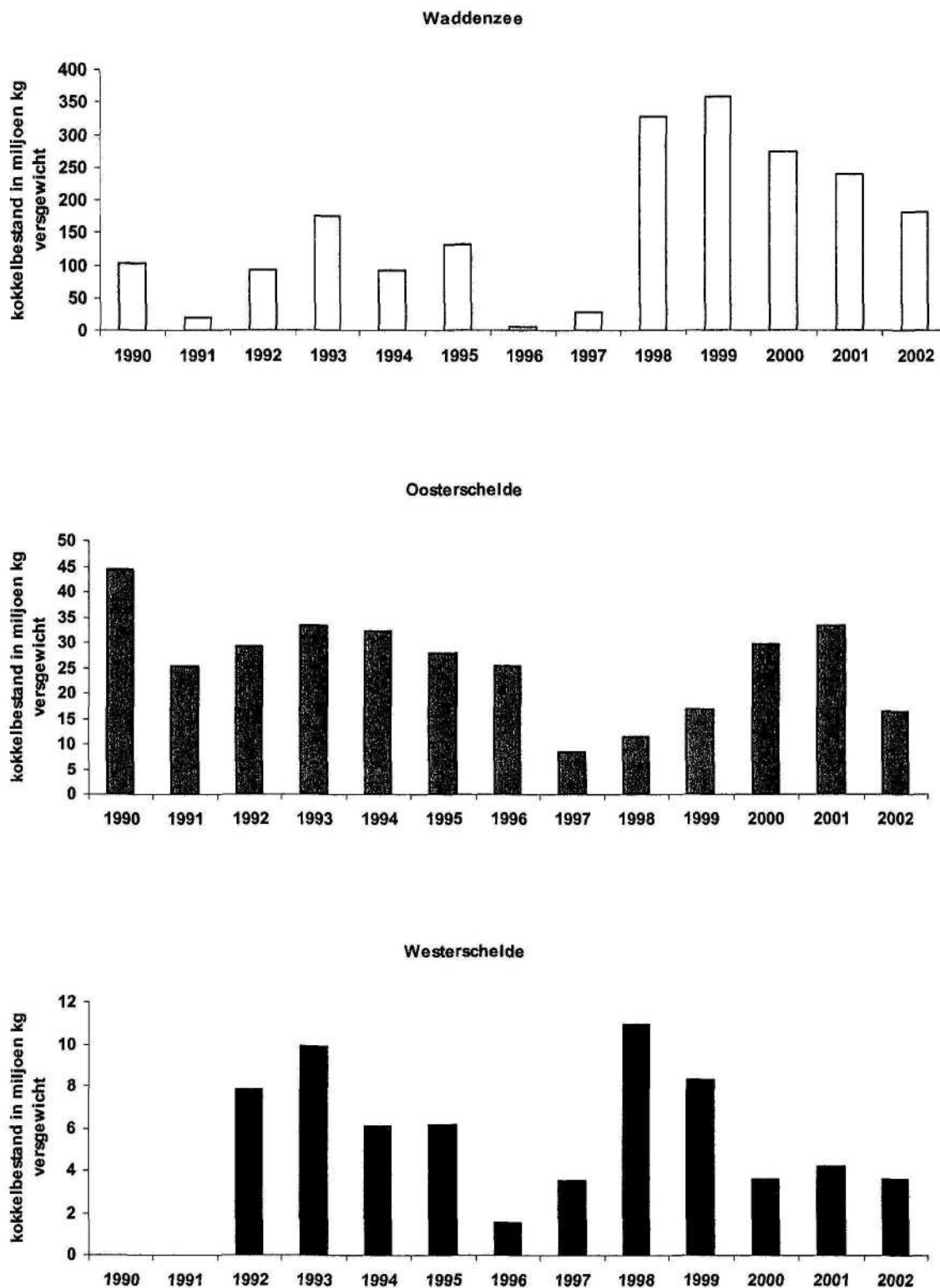
1.3.3. Abiotische gegevens

Plaatsafhankelijke of spatiele habitat gegevens

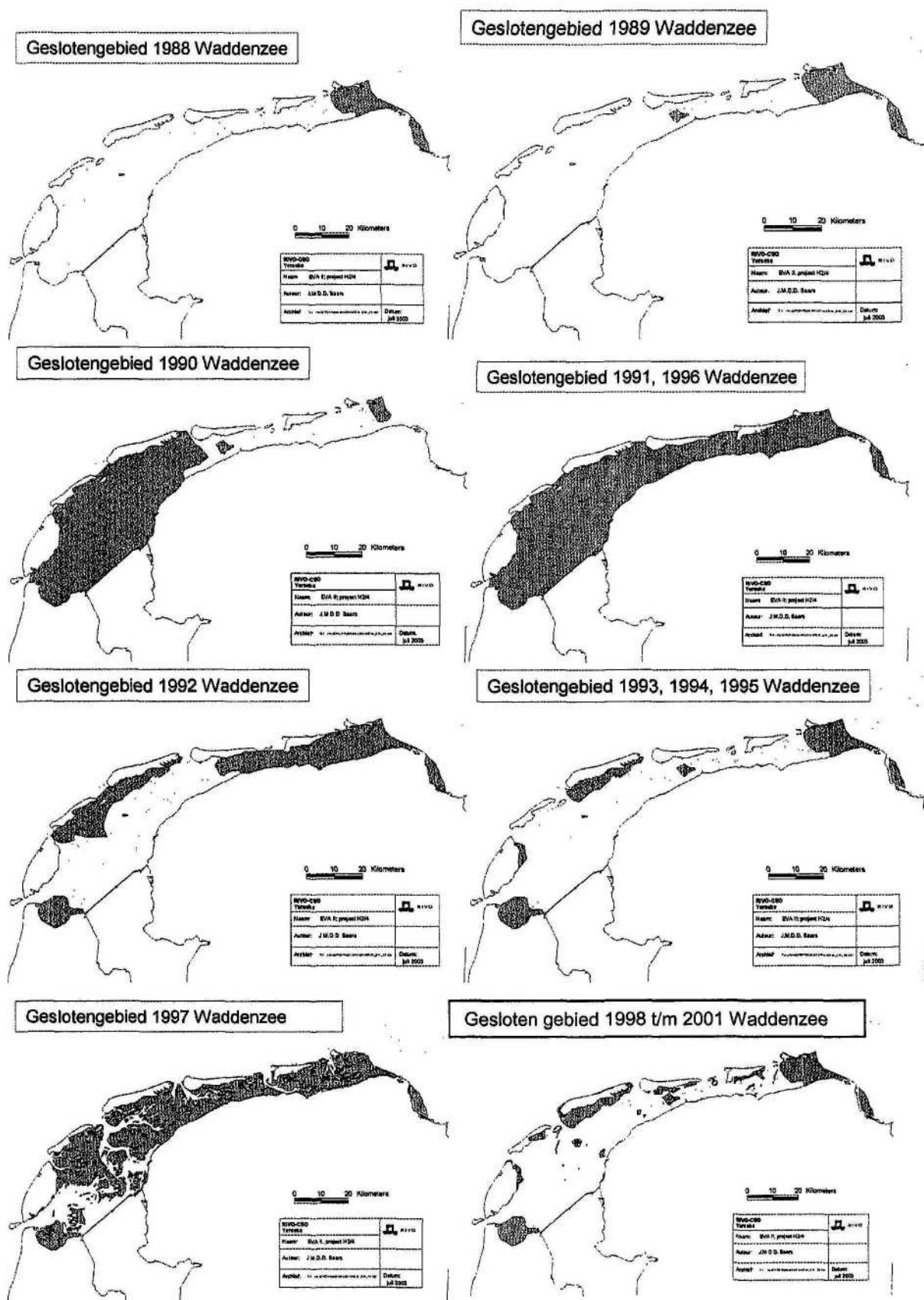
In **hoofdstuk 4** wordt gebruik gemaakt van spatiele habitat gegevens. Het betreft droogvalduur, diepte, stroomsnelheid, orbitaalsnelheid, afstand tot de geul, zoutgehalte, mediane korrelgrootte van het sediment en slibgehalte van het sediment. In het betreffende hoofdstuk wordt beschreven waar de gegevens vandaan komen.

Tijdsafhankelijke of temporele habitat gegevens

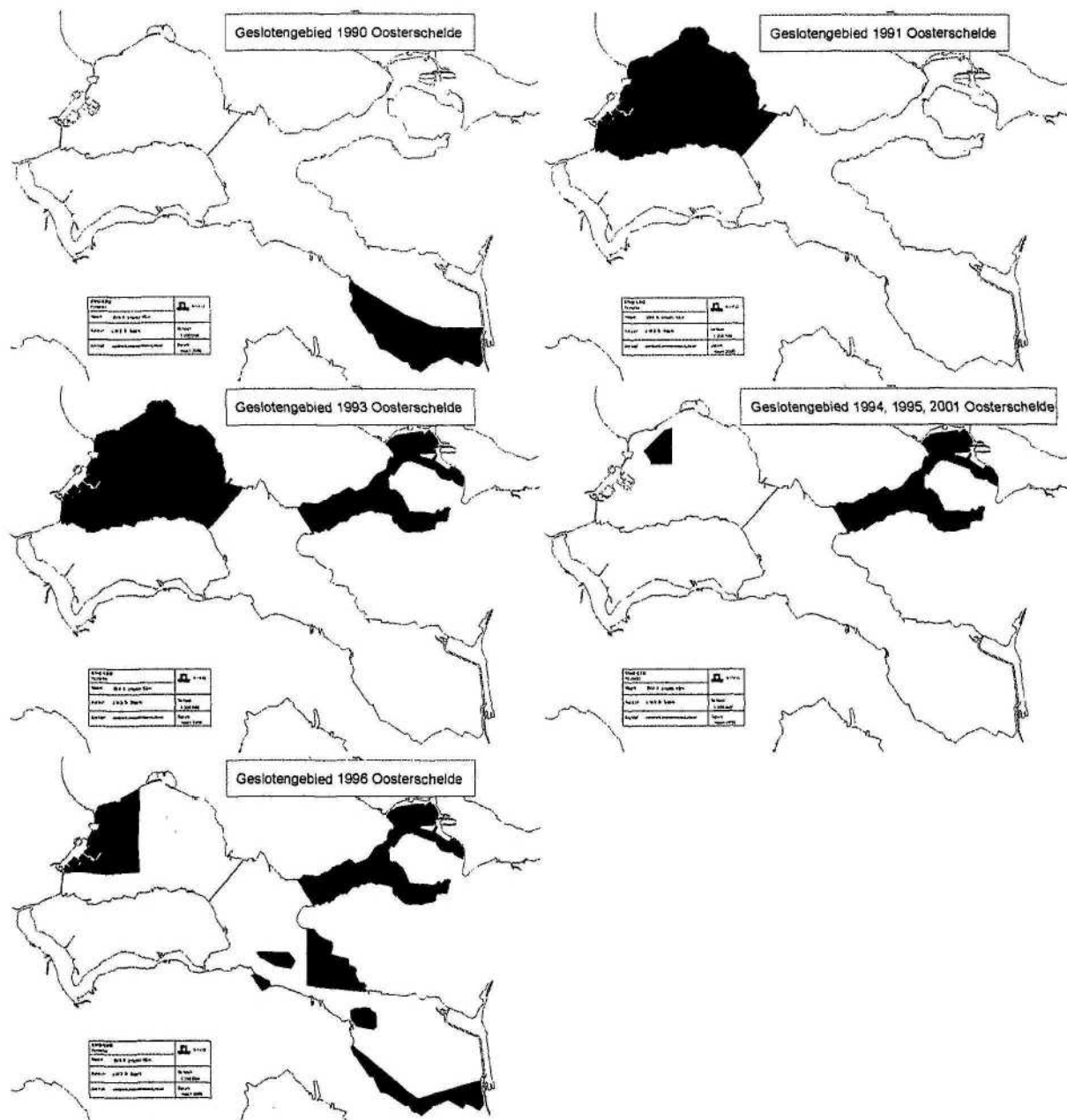
In **bijlage 1 en 2** wordt gebruik gemaakt van temporele gegevens over temperatuur (als maat voor zachte of strenge winters en koele of warme zomers). Daarnaast gebruikt bijlage 1 gegevens over de North Atlantic Oscillation Index (als maat voor het klimaat), chlorofyl-a en zwevende stof (als maat voor het voedselaanbod en de kwaliteit van het voedsel), saliniteit (als maat voor stress door lage zoutgehaltes), windrichting en windkracht (als maat voor de retentie van larven in het gebied, of het gevaar dat kokkels uit de platen spoelen of onder sediment worden bedolven of als maat voor te lange droogstand van de platen). In de betreffende bijlagen wordt beschreven waar de gegevens vandaan komen.



Figuur. 1.1. Resultaten van de kokkelinventarisaties in Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde.



Figuur. 1.2. De ligging van open en gesloten gebieden in de Waddenzee (naar van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1998).



Figuur 1.3. De ligging van open en gesloten gebieden in de Oosterschelde. In 1992 was de gehele Oosterschelde geopend. In 1997-2000 & 2002 was de Oosterschelde geheel gesloten. (naar van Stralen & Kesteloo-Hendrikse, 1998).

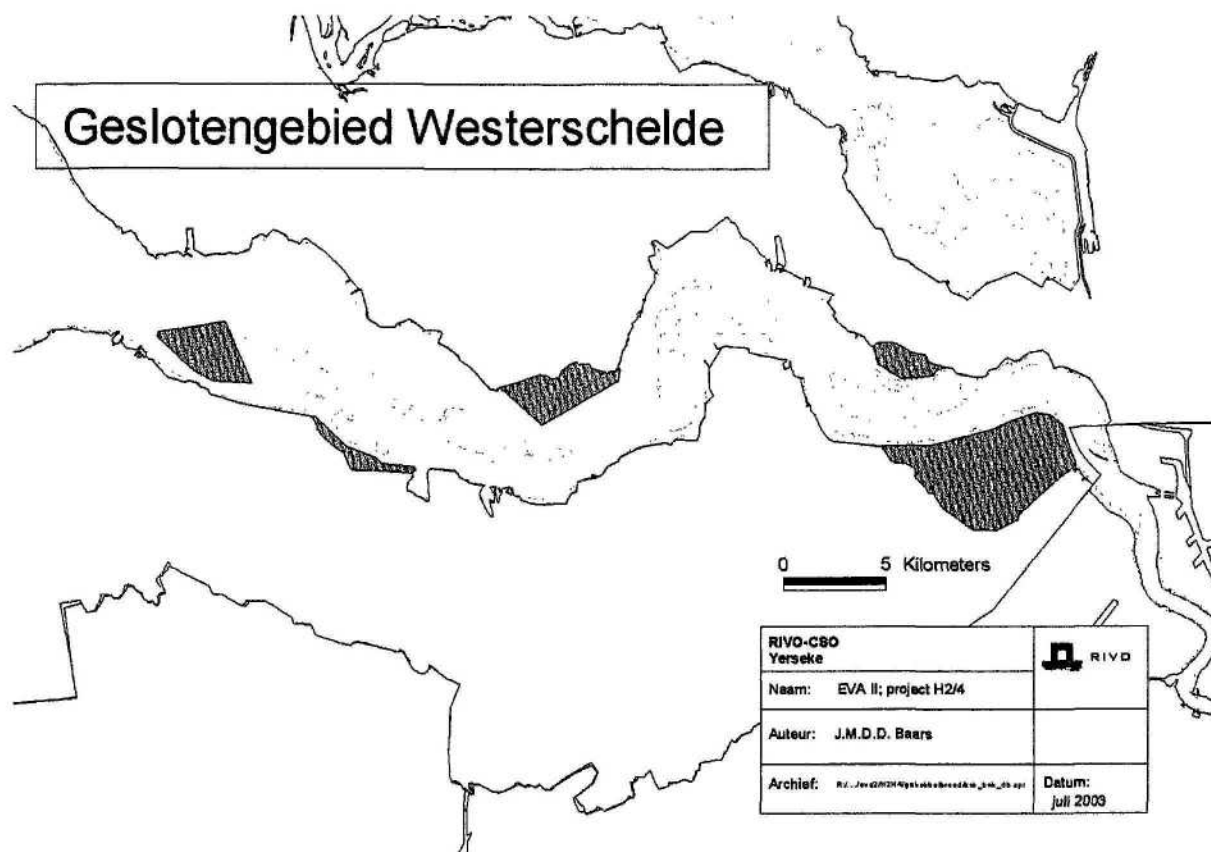


Fig. 1.4. De ligging van open en gesloten gebieden in de Westerschelde.

2. Vergelijking van het oppervlak aan litorale kokkelbanken in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden in de Waddenzee in de periode 1980-2002

2.1. Inleiding

Bij de bepaling van het effect van sluiting van gebieden voor de kokkelvisserij op het kokkelbestand is het van belang te weten of deze gebieden voor sluiting al verschilden. De RIVO inventarisaties beslaan een periode van 1990 tot 2002. Voor de periode vóór 1990 zijn minder gegevens over kokkels beschikbaar. Sinds 1980 voert de kokkelsector ieder jaar een inventarisatie uit van kokkelbanken in open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. Deze gegevens kunnen worden gebruikt om verschillen in oppervlak aan kokkelbanken tussen open en gesloten gebieden voorafgaand aan de sluiting te bestuderen. Of verschillen tussen open en gesloten gebieden zijn toe te schrijven aan visserij wordt verder geanalyseerd in hoofdstuk 4.

2.2. Materiaal en methode

2.2.1. Beschikbare gegevens

Kokkelvisseren lopen met een hand GPS in het veld en geven van een bank op diverse plaatsen aan wat de kokkeldichtheid op bepaalde posities is. De dichtheid wordt bepaald door het aantal kokkels onder een hand te tellen. De posities worden aan boord in de plotter ingevoerd. Aan de hand hiervan worden de gebieden met kokkeldichtheden groter of gelijk aan 50 per m² globaal ingetekend op nautische kaarten. Eén kokkel onder de hand komt overeen met een kokkeldichtheid van 50 per m². Deze methode is van 1980 tot 2002 ongewijzigd gehanteerd. Voor de Waddenzee zijn deze kaarten voor de periode 1980-2002 gedigitaliseerd door Alterra en het RIZA. Voor 1992 ontbreken kaarten.

Er werd in voorjaar het geïnventariseerd (dus voor de broedval), maar soms ook in najaar (na de broedval, maar voor de visserij). Daarnaast is niet ieder jaar is het gehele gebied geïnventariseerd. Tabel 2.1. geeft een overzicht. Een vergelijking van de kokkelbanken op de kaarten van 1998-2002 met de gegevens van de RIVO inventarisaties liet zien dat het oppervlak aan kokkelbanken in het open gebied vergelijkbare resultaten opleverde, maar dat het oppervlak aan kokkelbanken in het gesloten gebied door de sector werd onderschat (EVA II H2 Rapport, Kamermans et al, 2003a).

2.2.2. Analyses

In de analyses is uitgegaan van drie verschillende gebiedssluitingen in de Waddenzee wat resulteert in vier verschillende groepen gebieden (zie figuur 2.1).

1. De gesloten gebieden van Staatsbosbeheer en artikel 17 (5176 ha).
2. De gesloten gebieden natuurmonumenten en de Structuurnota 1993 (29693 ha).
3. De gesloten gebieden van de Structuurnota 1999 (6695 ha).
4. De altijd open gebieden (104076 ha).

Deze gebieden zijn vanaf 1980 apart beschouwd, dus zowel voor als na het tijdstip van sluiting.

Alleen de jaren waarin de volledige Waddenzee in het voorjaar is geïnventreiseerd zijn gebruikt voor de analyse. Er is echter geen garantie is dat een gebiedsdekkende inventarisatie ook werkelijk gebiedsdekkend is geweest. Mogelijk werden, voordat het voedselreserveringsbeleid van kracht werd, de bepaalde locaties waar wel kokkelbanken aanwezig waren, maar die om een of andere reden niet interessant waren voor de sector, niet geïnventreiseerd. Wanneer dergelijke gemiste banken bijvoorbeeld vaker in gesloten gebied voorkwamen dan in open gebied was het verschil tussen open en gesloten gebied mede een resultaat van de inventarisatie.

Voor de litorale kokkelbanken is per jaar het oppervlak berekend dat in open of gesloten gebieden valt op basis van de drie, hierboven beschreven, gebiedssluitingen. Tevens is het litorale oppervlak van de totale Waddenzee berekend en het litorale oppervlak van het open en gesloten gebied op basis van de 3 gebiedssluitingen. Hieruit is per jaar het percentage van het litoraal berekend dat is bedekt door kokkelbanken in open en gesloten gebied volgens:

$$\left\{ \frac{\text{oppervlakte kokkelbanken in gesloten gebied}}{\text{oppervlakte litoraal gesloten gebied}} \right\} * 100$$
$$\left\{ \frac{\text{oppervlakte kokkelbanken in open gebied}}{\text{oppervlakte litoraal open gebied}} \right\} * 100$$

Vervolgens is per jaar het verschil tussen de percentages in open en gesloten gebied berekend volgens:

$$\log (\text{percentage gesloten gebied} + 0.1) - \log (\text{percentage open gebied} + 0.1)$$

Een positieve uitkomst geeft aan dat een groter oppervlak aan kokkelbanken in het gesloten gebied aanwezig was en een negatieve uitkomst juist dat er een groter oppervlak aan kokkelbanken in het open gebied aanwezig was.

Door middel van regressie analyses is onderzocht of er een verschuiving in de verspreiding van kokkelbanken optrad in de loop van de tijd. Hierbij is de periode voor sluiting apart geanalyseerd van de periode na sluiting. Daarnaast is de significantie van verschillen in ratio's voor en na sluitingsdatum

getest met behulp van een t-test. Alle analyses zijn uitgevoerd in SYSTAT met een significantie niveau van 5% (SYSTAT, 1998).

2.3. Resultaten

Het oppervlak aan kokkelbanken in open en gesloten gebieden in de periode 1980-2002 is weergegeven in tabel 2.2. De, voor de analyse gebruikte, verhouding in het percentage van het litoraal in de Waddenzee dat is bedekt door kokkelbanken in open en gesloten gebied is weergegeven in figuur. 2.2. Hierbij zijn de Staatsbosbeheergebieden (SBB) en de artikel 17 (art. 17) gebieden vergeleken met de altijd open gebieden, de gebieden van Natuurmonumenten (nat. mon.) en de Structuurnota van 1993 (Struc. 93) met de altijd open gebieden en gebieden van de Structuurnota van 1999 (Struc. 99) met de altijd open gebieden. De locatie van de gebieden is weergegeven in figuur 2.1.

Voor de SBB en art. 17 gebieden vond in de periode 1980-2002 een significante toename van de waarde plaats (Fig. 2.2a, Tabel 2.3). Dit betekent dat er een verschuiving optrad van aanwezigheid van kokkelbanken van het open naar het gesloten gebied. Deze verschuiving was niet aanwezig in de periode 1980-1990 (Tabel 2.3). Er was een significant verschil tussen de verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied voor 1990 en na 1990 (Tabel 2.4). De gebieden zijn in 1980 en 1983 gesloten. Hierdoor is geen vergelijking van perioden voor en na sluiting uitgevoerd.

Voor de nat. mon en Struc. 93 gebieden vond in de periode 1980-2002 geen verandering van verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebieden plaats (Fig. 2.2b, Tabel 2.3). In de periode 1980-1990 was de verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied niet significant verschillend (Tabel 2.3). Er was wel een significant verschil tussen de verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied voor 1990 en na 1990, en ook voor 1993 en na 1993, het officiële jaar van sluiting (Tabel 2.4). Er was een groter percentage van het gesloten gebied bedekt met kokkelbanken. De nat. mon en Struc. 93 gebieden zijn in 1993 gesloten, maar, zoals beschreven in 1.3.2., vanaf 1991 al niet meer bevestigd. Vanaf 1994 neemt het verschil in verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied weer af.

Voor de Struc. 99 gebieden vond in de periode 1980-2002 een significante toename van de waarde plaats (Fig. 2.2c, Tabel 2.3). Dit betekent dat er een verschuiving optrad van aanwezigheid van kokkelbanken van het open naar het gesloten gebied. Deze verschuiving was nog niet zichtbaar in de periode 1980-1990 (Tabel 2.3). Er was een significant verschil tussen de verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied voor 1990 en na 1990, en niet voor 1999 en na 1999, het jaar van sluiting (Tabel 2.4).

2.4. Discussie

Voor 1990 was een vergelijkbaar percentage van het litoraal in open en gesloten gebied bedekt met kokkelbanken. Na 1990 vindt een verandering plaats doordat er relatief een groter oppervlak aan kokkelbanken wordt aangetroffen in het gesloten gebied in vergelijking met het open gebied. Een vergelijking van de sector inventarisaties met de RIVO inventarisaties laat zien dat het oppervlak aan kokkelbanken in de gesloten gebieden systematisch wordt onderschat in de sector inventarisaties (Kamermans et al, 2003a). Indien er sprake is geweest van onderschatting door de sector van het oppervlak aan kokkelbanken in het gesloten gebied zal het verschil tussen open en gesloten gebieden alleen maar groter zijn geweest.

In het geval van de SBB en art. 17 gebieden trad het verschil in verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied pas 10-7 jaren na sluiting op. In het geval van de nat. mon en Struc. 93 gebieden trad het verschil 3 jaar na beëindiging van de bevissing op. Vanaf 1991 is er niet meer gevist en in 1994 is het verschil zichtbaar. Deze resultaten wijzen op een herstelperiode van het gebied van enkele jaren. Een herstel periode van meerdere jaren wordt ook gesuggereerd door het onderzoek van de Vlas (1982) en Piersma et al (2001). Of er werkelijk sprake is van herstel wordt niet duidelijk uit onze analyses. De enorme toename van het oppervlak aan kokkelbanken in de Struc. 93 gebieden in 1994 wordt gevolgd door een onverklaarde afname. Als er dus sprake is van herstel zet dat niet door. Daarnaast wordt een herstelperiode tegengesproken door het geval van de Struc. 99 gebieden, waar de verschuiving al 9 jaar voor de sluiting op trad.

De resultaten uit dit hoofdstuk wijzen erop dat er rond 1990 een omslag in de verspreiding van kokkelbanken de Waddenzee heeft plaatsgevonden. In de SBB en art. 17 gebieden en de Struc. 99 gebieden is deze omslag is niet direct toe te schrijven aan de kokkelvisserij, omdat de ontwikkeling te zien is in gebieden die ver voor 1990 al gesloten waren voor kokkelvisserij, of in gebieden die ver na 1990 gesloten werden voor kokkelvisserij. Mogelijk vindt een lange-termijn verandering plaats in de verspreiding van kokkelbanken over open en gesloten gebieden beïnvloeden. Misschien dat de gesloten gebieden door andere factoren dan het ontbreken van visserij steeds gunstiger worden voor kokkelbanken. Het verdwijnen van de droogvallende mosselbanken in 1990 kan misschien een verklaring vormen. Het is opvallend dat de in 1999 gebieden die zijn gesloten voor het ontstaan van mosselbanken zo rijk aan kokkels zijn. Misschien is het zo dat door het verdwijnen van de mosselbanken de kokkels meer kansen kregen op plekken die vroeger door mosselen bezet waren. Hierover valt echter geen uitspraak te doen binnen het kader van dit deelproject. De nat. mon en Struc. 93 gebieden zijn het meest representatief voor de aanwezigheid van kokkelbanken (zie 1.3.2). Deze gebieden vormen waarschijnlijk de beste basis voor een vergelijking van open en gesloten gebieden. De resultaten wijzen niet op een geleidelijke lange-termijn verandering in verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebied, maar wel op een plotselinge toename van het oppervlak aan kokkelbanken in gesloten gebied in 1994, die niet lang stand houdt. Een mogelijke verklaring is dat drie jaar na beëindiging van bevissing het gesloten gebied aantrekkelijk is voor de aanwezigheid van kokkelbanken, maar dat daarna de handhaving van die banken door andere factoren wordt belemmerd.

Tabel 2.1. Overzicht van de gebieden en de seizoenen die door de kokkelsector zijn geïnventariseerd in de Waddenzee. Voor 1992 ontbreken de kaarten. De cursief aangegeven jaren zijn niet meegenomen in de analyse.

Jaar	Westelijk wad	Oostelijk wad	voorjaar	najaar
1980	X	X	X	
1981	X		X	
1982		X	X	
1983	X		X	
1984	X	X	X	
1985	X	X		X
1986	X	X	X	
1987	X	X	X	
1988	X	X	X	
1989		X	X	
1990	X	X	X	
1991	X	X		X
1992				
1993	X	X	X	
1994	X	X	X	
1995	X	X	X	
1996	X	X	X	
1997	X	X	X	
1998	X	X	X	
1999	X	X	X	
2000	X	X	X	
2001	X	X	X	
2002	X	X	X	

Tabel 2.2. Oppervlak van de geïnventariseerde kokkelbanken in hectaren per jaar in de verschillende gebieden en het totale oppervlak van het litoraal in die gebieden. De locaties van de gebieden zijn weergegeven in figuur 2.1. Hierbij zijn de gebieden uit 1993 die overlap vertoonden met de SBB en Art 17 gebieden alleen meegenomen in de SBB en art.17 gebieden. Voor 1992 ontbreken de kaarten. De cursief aangegeven jaren zijn niet meegenomen in de analyse.

gebied	SBB, art. 17	nat. mon. Struc. 93	Struc. 99	altijd open
totaal litoraal	5176	29693	6695	104076
kokkelbanken per jaar				
1980	381	2292	270	5039
1981	410	392	165	5324
1982	87	888	19	633
1983	0	35	0	1233
1984	82	762	178	2811
1985	524	840	296	2330
1986	73	448	91	2186
1987	40	654	549	2834
1988	283	1756	344	6935
1989	221	770	249	765
1990	181	716	375	2616
1991	708	3305	1056	8993
1992				
1993	213	2713	639	7949
1994	399	2448	449	1998
1995	760	2909	560	3698
1996	60	153	111	21
1997	618	1725	225	2320
1998	1193	3611	1277	14753
1999	1130	3688	1148	9316
2000	1114	3400	1254	5769
2001	1305	3342	1337	9626
2002	1406	3074	1112	6299

Tabel 2.3. Uitkomst van de regressieanalyses voor de gegevens van Fig. 2.2. Significante resultaten zijn onderstreept.

gebiedsvergelijking	Periode 1980-2002			Periode 1980-1990		
	n	R ²	p	n	R ²	p
SBB en Art. 17 versus altijd open	16	0.43	<u>0.006</u>	6	0.03	0.711
Nat. Mon. en Struc. 93 versus altijd open	16	0.15	0.145	6	0.50	0.115
Struc. 99 versus altijd open	16	0.26	<u>0.045</u>	6	0.21	0.354

Tabel 2.4. Uitkomst van de t-tests voor de gegevens van Fig. 2.2. Significante resultaten zijn onderstreept.

gebiedsvergelijking	periodevergelijking	n	t	p
SBB en Art. 17 versus altijd open	1980-1990 versus 1991-2002	16	-2.82	<u>0.015</u>
Nat. Mon. en Struc. 93 versus altijd open	1980-1990 versus 1991-2002	16	-3.30	<u>0.006</u>
	1980-1993 versus 1994-2002	16	-3.37	<u>0.006</u>
Struc. 99 versus altijd open	1980-1990 versus 1991-2002	16	-2.18	<u>0.046</u>
	1980-1999 versus 2000-2002	16	-1.72	0.110

Gesloten gebieden in de Waddenzee

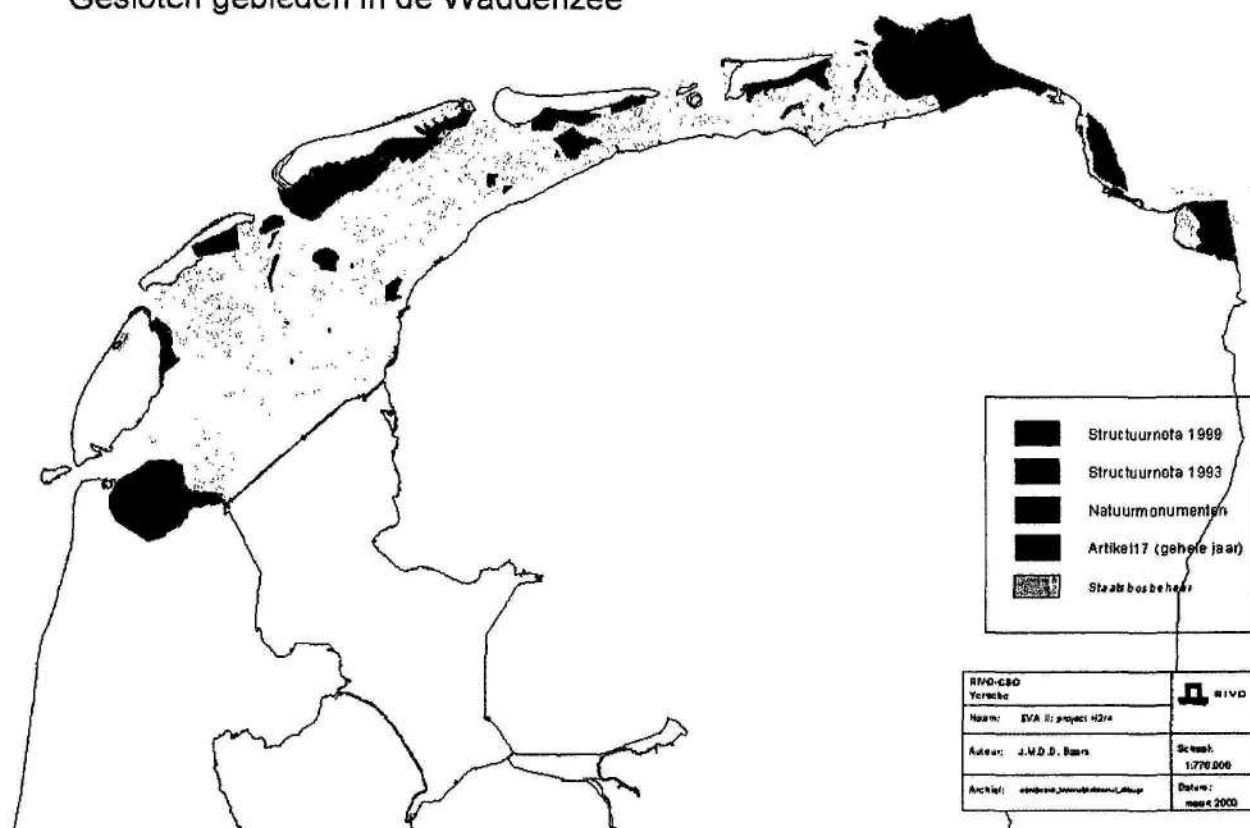


Fig. 2.1. De ligging van de gesloten gebieden in de Waddenzee.

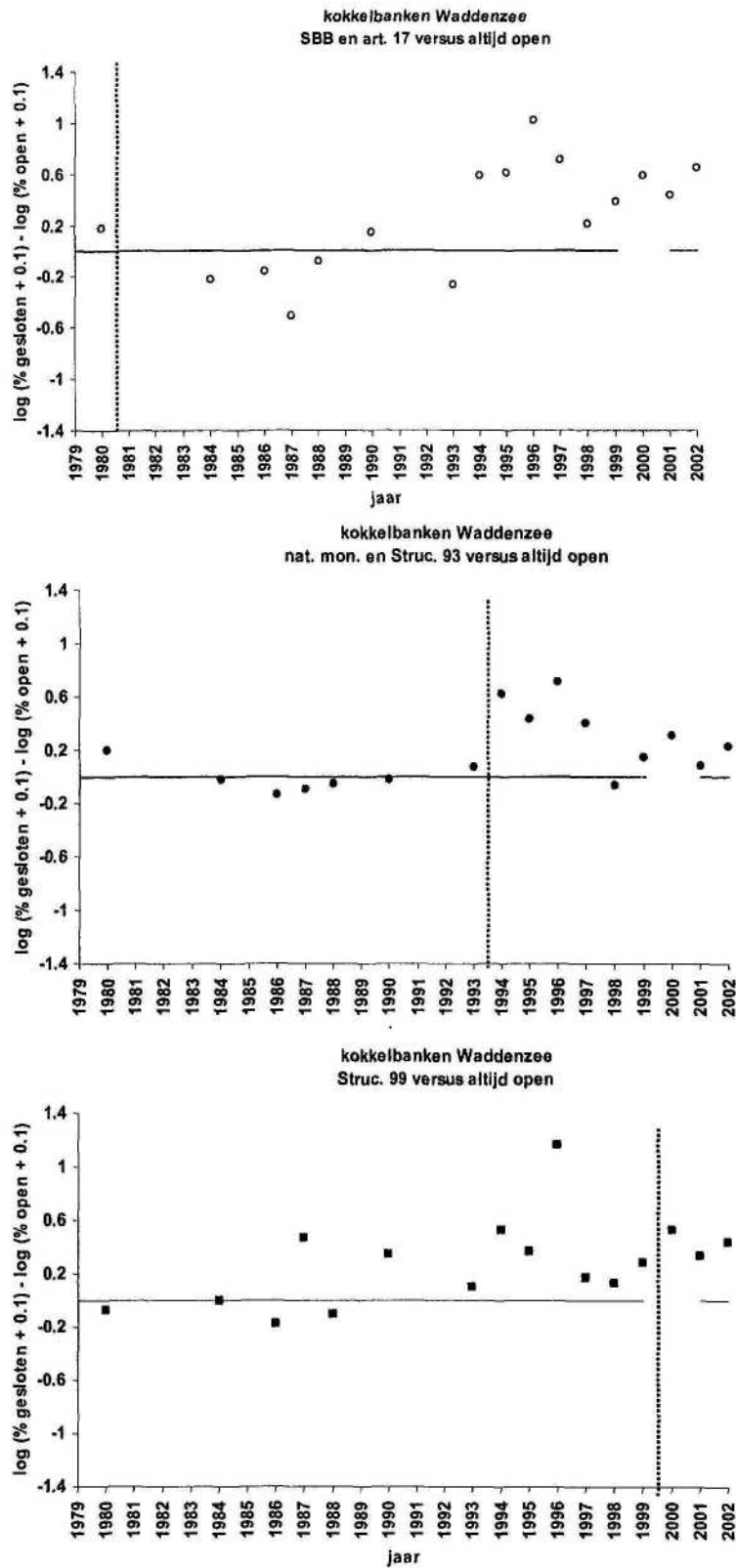


Fig. 2.2. Het verschil in het percentage van het litoraal in de Waddenzee dat is bedekt door kokkelbanken in open en gesloten gebied berekend m.b.v. de gegevens uit tabel 2.2. Een positieve uitkomst geeft aan dat een groter oppervlak aan kokkelbanken in het gesloten gebied aanwezig was en een negatieve uitkomst juist dat er een groter oppervlak aan kokkelbanken in het open gebied aanwezig was. Een aantal jaar is maar deel van de Waddenzee geïnventariseerd en een aantal jaar is in het najaar geïnventariseerd i.p.v. het voorjaar (zie tabel 2.1. voor een overzicht). De locaties van de gebieden zijn weergegeven in figuur 2.1. Hierbij zijn de gebieden uit 1993 die overlap vertoonden met de SBB en Art 17 gebieden alleen meegenomen in de SBB en art.17 gebieden. Het moment van sluiting is aangegeven met een verticale stippellijn.

3. Temporele dynamiek van bestanden aan kokkels in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden in de periode 1990-2002

3.1. Inleiding

Door de sluiting van bepaalde gebieden kan de ontwikkeling van schelpdierpopulaties in open gebieden, waarbij de schelpdieren blootstaan aan visserij, worden vergeleken met de ontwikkeling van populaties in gesloten gebieden, waar geen kokkelvisserij plaats vindt. Voorwaarde hierbij is wel dat bekend moet zijn of deze gebieden voorafgaand aan sluiting al verschilden. Deze voorwaarde is voor de Waddenzee behandeld in hoofdstuk 2 en hieruit bleek dat de gebieden in de periode 1980-1990 vergelijkbaar waren. Voor de Ooster- en Westerschelde zijn dergelijke vergelijkingen niet uitgevoerd. In hoofdstuk 2 zijn gegevens over de omvang van kokkelbanken gebruikt. In het huidige hoofdstuk wordt gebruik gemaakt van gegevens van RIVO inventarisaties over het aantal kokkels, de biomassa aan kokkels, het individuele gewicht. Hierbij wordt onderzocht of deze kokkelparameters in de open en voor kokkelvisserij gesloten gebieden in Waddenzee, Ooster- en Westerschelde vergelijkbaar zijn in de periode dat het RIVO inventarisaties uit heeft gevoerd. En als er verschillen zijn, of deze verschillen dan na de sluiting van gebieden zijn opgetreden of daarvoor al aanwezig waren. Of verschillen tussen open en gesloten gebieden zijn toe te schrijven aan visserij wordt verder geanalyseerd in hoofdstuk 4.

3.2. Materiaal en methode

3.2.1. Gebruikte gegevens

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de gegevens over kokkels uit de voorjaarsinventarisaties in de Waddenzee, Westerschelde en Oosterschelde (zie 1.3.1). De huidige studie vergelijkt het bestand aan kokkels in de structuurnota gebieden en de permanent gesloten gebieden met het bestand in de andere gebieden. Hierbij zijn de bestanden in gebieden die in 1993 (Waddenzee en Oosterschelde), 1998 (Westerschelde) of 1999 (Waddenzee) zijn gesloten al vanaf de start van de inventarisaties in 1990 apart beschouwd. De sluiting van gebieden is beschreven in 1.3.2. Wanneer een gebied voor kokkelvisserij gesloten werd kon de voorjaarsinventarisatie van dat betreffende jaar nog als van voor de sluiting worden beschouwd. Figuur 3.1. geeft een overzicht van de gebruikte gesloten gebieden in de Waddenzee. Figuur 3.2. geeft een overzicht van de gebruikte gesloten gebieden in de Oosterschelde. Figuur 3.3. geeft een overzicht van de gesloten gebieden in de Westerschelde. Voor ieder jaar apart kan worden bepaald of de dynamiek van kokkels in het open en gesloten gebied van elkaar verschilt. Daarnaast kan bekeken worden of bepaalde gebieden al verschilden voordat ze

gesloten werden voor de kokkelvisserij. In 1991 was de hele Waddenzee gesloten voor kokkelvisserij. In 1992 was, van de in 1993 gesloten gebieden, alleen het stukje van Natuurmonumenten bij de Schorren op Texel open voor de visserij. In dat jaar is er ook gevist. Vrijwel alle gebieden die in 1993 permanent werden gesloten waren in 1991 en 1992 dus ook al gesloten. Een vergelijking van de kokkeldynamiek in de periode voor sluiting in 1993 (1990-1993) en daarna (1994-2002) is dus niet zinvol. In de gebieden die in 1999 zijn gesloten kunnen de kokkelbestanden voor en na sluiting wel worden vergeleken. De open gebieden in de Oosterschelde zijn ook een aantal jaren gesloten geweest. Een vergelijking van de kokkeldynamiek in de periode voor sluiting in 1993 (1990-1993) en daarna (1994-2002) is dus niet zinvol. In de Westerschelde zijn in 1998 een aantal gebieden gesloten. Hier kan de kokkelstand in deze gebieden voor en na sluiting worden vergeleken.

Per jaar en per gebied wordt het bestand aan kokkels in miljoen kg of miljoenen aantallen weergegeven. Voor kokkels is het gemiddelde individueel gewicht berekend door de totale biomassa per jaarklasse per gebied te delen door het totaal aantal per jaarklasse per gebied. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen eenjarige kokkels en twee- of meerjarige kokkels. Voor kokkels en *Macoma* is per jaarklasse de gemiddelde dichtheid en gemiddelde biomassa per m² berekend, door de miljoenen aantallen of miljoenen kg te delen door de grootte van het gebied.

3.2.2. Analyses

De gegevens over kokkels in open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde zijn vergeleken.

Parameters

De volgende parameters zijn in alle drie watersystemen onderzocht:

- Het totaal aantal kokkels
- De totale biomassa kokkels
- Het individueel gewicht van éénjarige kokkels
- Het individueel gewicht van tweejarige kokkels
- Het individueel gewicht van meerjarige kokkels
- Het totaal aantal kokkels per vierkante meter
- Het aantal éénjarige kokkels per vierkante meter
- Het aantal tweejarige kokkels per vierkante meter
- Het aantal meerjarige kokkels per vierkante meter
- De totale biomassa van kokkels per vierkante meter
- De biomassa éénjarige kokkels per vierkante meter
- De biomassa tweejarige kokkels per vierkante meter
- De biomassa meerjarige kokkels per vierkante meter

Verschillen de parameters tussen voor kokkelvisserij opengesteld en gesloten gebied?

Om aan voorwaarden voor de testen te voldoen is elke waarneming logaritmisch getransformeerd. De parameters uit het gesloten gebied en uit het gebied wat opengesteld blijft, zijn voor ieder jaar met een waarneming in beide gebieden aan elkaar gekoppeld. Vervolgens is in het geval van de Oosterschelde en de Westerschelde met een "paired t-test" onderzocht of aangetoond kon worden of de parameters tussen opengesteld en gesloten gebied significant van elkaar verschilden ($\alpha=0.05$). In de Waddenzee zijn de verschillen onderzocht tussen opengesteld en in 1993 gesloten gebied, opengesteld gebied en in 1999 gesloten gebied, en in 1993 gesloten gebied en in 1999 gesloten gebied. Omdat hier meerdere testen op een dataset werden toegepast is een "paired t-test with Bonferroni adjusted probability" gebruikt. Ook in het geval van de Waddenzee werd een overschrijdingskans van 5% toegepast.

Is er verschil in de ontwikkeling van gesloten gebieden voor en na de sluiting?

De gebieden die in 1993 in de Waddenzee zijn gesloten voor kokkelvisserij zijn in de jaren 1990-1993 ook nauwelijks bevestigd. Een vergelijking van de periode voor sluiting (1990-1993) met de periode erna (1994-2002) is daardoor niet zinvol. In de Oosterschelde is de gehele Oosterschelde gesloten geweest voor kokkelvisserij in de periode 1997-2000. Hierdoor kan de periode voor sluiting in 1993 moeilijk worden vergeleken met de periode daarna. De gebieden die in 1999 in de Waddenzee en in 1998 in de Westerschelde zijn gesloten waren voor die tijd opengesteld voor kokkelvisserij en bevestigd. In principe zouden deze gebieden tot en met het jaar van sluiting een zelfde ontwikkeling moeten vertonen als het opengestelde gebied. Dit is onderzocht door een trend analyse (1990-tot sluiting) toe te passen op het verschil tussen de waarde van de parameter in het gebied wat is gesloten, en in het opengestelde gebied. Dit verschil is berekend nadat de parameters logaritmisch waren getransformeerd $\{\ln(\text{gesloten}) - \ln(\text{open})\}$. Verwacht wordt dat beide gebieden zich op dezelfde wijze ontwikkelen, en dat de helling van de lijn niet significant toe- of afneemt. Wanneer de verhouding toeneemt betekent dit dat de waarde van de parameter verhoudingsgewijs hoger wordt in het gebied wat gesloten is vergeleken met het opengestelde gebied. Na de sluiting zijn drie tot vier jaren bemonsterd (1999-2000-2001-2002). Door dit lage aantal is het niet zinvol een trendanalyse op de periode na sluiting uit te voeren. Wanneer er voor sluiting van het gebied geen trend in de relatie tussen open en te sluiten gebied gevonden werd, is met een t-test getoetst of er een significant verschil kon worden aangetoond ($\alpha=0.05$) tussen het verschil voor en na sluiting. Wanneer er wel een significante trend is aangetoond is deze toets ook uitgevoerd, maar tevens ook een figuur gemaakt om het verloop inzichtelijk te maken.

Alle analyses zijn in SYSTAT (SYSTAT, 1998) uitgevoerd.

3.3. Resultaten

Verschillen de parameters tussen voor kokkelvisserij opengesteld en gesloten gebied in de Waddenzee, de Ooster- en Westerschelde?

De resultaten van de paired t-tests with Bonferroni adjusted probability voor de Waddenzee is weergegeven in tabel 3.1. De resultaten van de paired t-tests voor de Ooster- en Westerschelde is weergegeven in tabel 3.2.

Totale aantallen en biomassa

De totale aantallen en biomassa van kokkels is in de Waddenzee zijn in de meeste analyses significant hoger in het opengesteld gebied (Tabel 3.1 en Fig. 3.4). Dit is eenvoudig te verklaren vanuit het gegeven dat het oppervlakte opengesteld gebied groter is dan het oppervlakte gesloten gebied. Opvallend is dat de totale biomassa in het opengestelde gebied niet hoger is dan in het in 1993 gesloten gebied. De totale aantallen en biomassa van kokkels is in zowel Ooster- als Westerschelde significant hoger in het opengesteld gebied (Tabel 3.2 en Fig. 3.5 en 3.6). Dit is eenvoudig te verklaren vanuit het gegeven dat de oppervlakte opengesteld gebied groter is dan het oppervlakte gesloten gebied.

Individuele gewichten

De individuele gewichten van kokkels laten over het algemeen geen significant verschil zien tussen opengestelde en de twee typen gesloten gebieden in de Waddenzee (Tabel 3.1 en Fig. 3.7). Uitzondering is het gewicht van tweejarige kokkels, wat in het in 1993 gesloten gebied significant hoger is dan in het opengestelde gebied. De individuele gewichten van éénjarige kokkels laat geen significant verschil in zowel Ooster- als Westerschelde zien (Tabel 3.2 en Fig. 3.8 en 3.9). De tweejarige kokkels in de Oosterschelde verschillen niet significant in gewicht wanneer opengesteld en gesloten gebied worden vergeleken, maar in de Westerschelde wel. De meerjarige kokkels verschillen in de Westerschelde niet significant van gewicht, maar juist weer wel in de Oosterschelde. Dit wordt getoond in Fig. 3.8d. De figuur laat zien dat het individuele gewicht van meerjarige kokkels in opengesteld gebied in bijna alle jaren hoger ligt dan het individuele gewicht van meerjarige kokkels in gesloten gebied. De figuur laat zien dat de individuele gewichten, gaande van 1990 tot 2002, toe lijken te nemen.

Dichtheid

De dichtheden van kokkels in de Waddenzee verschillen niet significant tussen het in 1993 en het in 1999 gesloten gebied (Tabel 3.1 en Fig. 3.10). Wel is er in alle leeftijdsklassen een significant verschil aan te tonen tussen het opengestelde en gesloten gebied, waarbij in alle gevallen de dichtheid in het gesloten gebied hoger is vergeleken met het open gebied. De dichtheden per vierkante meter verschillen in de Oosterschelde voor geen enkele leeftijdsklasse significant tussen open en gesloten gebied (Tabel 3.2 en Fig. 3.11). In de Westerschelde is de dichtheid éénjarige kokkels significant hoger in het opengestelde gebied, bij de overige leeftijden werd geen significant verschil aangetoond (Tabel 3.2 en Fig. 3.12). Ook de totale dichtheid was in open gebied hoger, wat geheel aan de éénjarigen geweten kan worden. Figuur 3.12b laat het verloop van de eenjarigen in de Westerschelde in open en gesloten gebied zien.

Biomassa

De biomassa's van kokkels verschillen niet significant tussen het in 1993 en het in 1999 gesloten gebied in de Waddenzee (Tabel 3.1). Wel is er in alle leeftijdsklassen een significant verschil aan te tonen tussen het opengestelde en gesloten gebied, waarbij in alle gevallen de biomassa in het gesloten gebied hoger is vergeleken met het open gebied (Fig. 3.13). In de Oosterschelde werd voor de verschillende leeftijdsklassen geen significant verschil gevonden tussen de biomassa kokkels per vierkante meter in gesloten en open gebied (Tabel 3.2). Voor alle leeftijden bij elkaar werd in het gesloten gebied een significant hogere biomassa in gesloten gebied aangetroffen (Fig. 3.14). In de Westerschelde is de biomassa éénjarige kokkels significant hoger in het opengestelde gebied, bij de overige leeftijden werd geen significant verschil aangetoond (Tabel 3.2 en Fig. 3.15). Ook de totale biomassa was in open gebied hoger, wat geheel aan de éénjarigen geweten kan worden.

Is er verschil in de ontwikkeling van de in 1999 gesloten gebieden in de Waddenzee en de in 1998 gesloten gebieden in de Westerschelde voor en na de sluiting?

De resultaten van de trendanalyse en de t-test staan weergegeven in tabel 3.3. De tabel laat zien dat de meeste parameters in de jaren voor de sluiting geen dalende of stijgende lijn lieten zien in het te sluiten gebied. Uitzondering is de dichtheid van tweejarige kokkels en de biomassa van tweejarige kokkels in de Waddenzee. Na sluiting van de gebieden in 1999 vertonen deze parameters een significante toename in het gesloten gebied.

Dichtheid 2-jarige kokkels in Waddenzee

Het verschil in dichtheid tussen opengesteld en in 1999 te sluiten gebied liet in de jaren voor de sluiting een significant stijging van het verschil zien voor de tweejarige kokkels (Tabel 3.3. en Fig. 3.16). Een stijging betekent dat de dichtheid in de in 1999 te sluiten gebieden verhoudingsgewijs hoger wordt ten opzichte van het niet te sluiten gebied. Voor de andere leeftijden en het totaal was deze stijging niet significant aanwezig. Opvallend is dat voor de tweejarigen de stijging na sluiting niet verder gaat. Het verschil tussen de dichtheid in het gebied wat in 1999 gesloten is en het gebied wat open bleef was na de sluiting significant hoger dan voor de sluiting voor de dichtheid van meerjarige kokkels, wat duidt op of een afname in het open gebied, of een toename in het gesloten gebied. Figuur 3.10d laat zien dat het een toename in het gesloten gebied betreft. De verhoging van de biomassa lijkt vooral een effect van de broedval van 1997 te zijn, en niet zozeer een effect van de sluiting. Blijkbaar waren de in 1999 gesloten gebieden ook goed geschikt voor broedval van kokkels.

Biomassa 2-jarige kokkels in Waddenzee

Het verschil in biomassa per vierkante meter tussen opengesteld en in 1999 te sluiten gebied liet in de jaren voor de sluiting een significant stijging van het verschil zien voor de tweejarige kokkels (Tabel 3.3. en Fig. 3.17). Voor de andere leeftijden en het totaal was deze stijging niet significant aanwezig. Het verschil was na de sluiting significant hoger dan voor de sluiting, wat duidt op of een afname in het opengebied, of een toename in het gesloten gebied. Fig. 3.7a laat zien dat het een toename in het gesloten gebied betreft. De verhoging van de biomassa lijkt vooral een effect van de goede broedval van 1997 te zijn, en niet een effect van de sluiting. Vraag hierbij is waarom de broedval in 1997 in het

gebied wat later gesloten gaat worden goed is, en in de gebieden die later niet gesloten worden minder.

3.4. Discussie

In de studie zijn kokkelpopulaties in voor kokkelvisserij opengestelde gebieden vergeleken met voor kokkelvisserij gesloten gebieden. Hierbij is binnen het open gebied niet specifiek naar beviste en onbeviste locaties gekeken. Dat gebeurt in hoofdstuk 4 en 5. Deze studie richt zich op de vraag of de open en gesloten gebieden verschillen vertonen in ontwikkeling van kokkel populaties en of die verschillen al aanwezig waren voordat bepaalde gebieden werden gesloten, of pas daarna optraden.

Er is verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels in open en gesloten gebieden.

De totale aantallen en biomassa van kokkels in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde zijn significant hoger in het opengesteld gebied. Dit is eenvoudig te verklaren vanuit het gegeven dat het oppervlakte opengesteld gebieden groter is dan het oppervlakte gesloten gebieden. Opvallend is dat de totale biomassa in het opengestelde gebied in de Waddenzee niet hoger is dan in het in 1993 gesloten gebied.

Het individuele gewicht van kokkels verschilt niet consistent tussen open en gesloten gebieden. Er worden maar enkele significante verschillen gevonden; het gewicht van 2-jarige kokkels in de in 1993 gesloten gebieden is hoger dan in de altijd open gebieden in de Waddenzee; het gewicht van meerjarige kokkels in de Oosterschelde en van 2-jarige kokkels in de Westerschelde is juist hoger in het open gebied dan in het gesloten gebied. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de open en gesloten gebieden in de drie wateren onderling sterk verschillen. De gesloten gebieden in de Westerschelde zijn waarschijnlijk minder gunstig voor kokkelgroei.

Het aantal kokkels per m² en de biomassa per m² is significant hoger in de gesloten gebieden dan in de open gebieden in de Waddenzee. Dit geeft aan dat de gebieden die zijn gesloten voor de ontwikkeling van mosselbanken en zeegrasvelden ook goede gebieden zijn voor kokkelbanken. Of deze geschiktheid het gevolg is van de sluiting of al bestond voor de sluiting is alleen voor de gebieden die in 1999 zijn gesloten te bepalen. In de Oosterschelde is het verschil tussen open en gesloten gebieden minder duidelijk. Alleen de totale biomassa per m² is hoger in de gesloten gebieden dan de open gebieden. De open gebieden in de Oosterschelde zijn in 5 van de 13 onderzoeksjaren gesloten geweest. Dit kan de resultaten hebben beïnvloed. In de Westerschelde is de biomassa per m² juist hoger in de open gebieden dan de gesloten gebieden. Dit wijst opnieuw op een minder gunstig habitat voor kokkels in de gesloten gebieden van de Westerschelde dan in de open gebieden.

Het effect van sluiting kon alleen worden bestudeerd voor de gebieden die in 1999 in de Waddenzee zijn gesloten en in 1998 in de Westerschelde. Alleen de dichtheid en biomassa van tweejarige kokkels in de Waddenzee nam significant toe in het gesloten gebied na sluiting in 1999. De verhoging van de biomassa lijkt vooral een effect te zijn van de goede broedval van 1997, en niet een effect van de sluiting. In de Westerschelde is het open gebied waarschijnlijk een beter kokkelhabitat. Een effect van sluiting van de minder goede gebieden wordt dat ook niet verwacht.

De verschillen tussen open en gesloten gebieden zijn het duidelijkst in de Waddenzee. Hier zijn gebieden voor langere tijd permanent gesloten geweest, dus hier is de vergelijking het meest zinvol. Uit hoofdstuk 2 blijkt dat het oppervlak aan kokkelbanken in de open en gesloten gebieden in de periode 1980-1990 niet significant van elkaar verschilden, maar dat na 1990 een relatief groter oppervlak aan kokkelbanken wordt aangetroffen in het gesloten gebied. Dit betekent dat zich sinds 1990 een ontwikkeling voltrekt waarbij er hogere dichtheden aan kokkels aanwezig zijn in de gesloten gebieden. Deze ontwikkeling kan niet zonder meer worden toegeschreven aan negatieve effecten van de kokkelvisserij. De vergelijking van kokkelbestanden voor en na sluiting van de 1999 gebieden wijst erop dat er habitatverschillen tussen de gebieden bestaan, die al voor de sluiting aanwezig waren.

Samengevat laat dit hoofdstuk verschillen in kokkelaantallen en biomassa tussen open en gesloten gebieden zien. De verschillen zijn het duidelijkst in de Waddenzee. Daar worden hogere dichtheden aan kokkels in de gesloten gebieden gevonden. Of dit verschil tussen open en gesloten gebied wordt veroorzaakt door habitatverschillen of door visserij wordt onderzocht in het volgende hoofdstuk.

Tabel 3.1. Significante resultaten van paired t-test with Bonferroni adjusted probability op kokkel parameters uit de Waddenzee.

Parameter	Open vs gesloten 1993		Open vs gesloten 1999		Gesloten 1993 vs gesloten 1999	
	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:
Totaal aantal	0.005	Open	<0.001	Open	<0.001	Gesloten 1993
Totale kg			<0.001	Open	<0.001	Gesloten 1993
Gewicht 1-jr						
Gewicht 2-jr	0.009	Gesloten				
Gewicht m-jr						
N/m^2	<0.001	Gesloten	<0.001	Gesloten		
N/m^2 1-jr	<0.001	Gesloten	0.003	Gesloten		
N/m^2 2-jr	0.025	Gesloten	0.005	Gesloten		
N/m^2 m-jr	<0.001	Gesloten	0.001	Gesloten		
G/m^2	<0.001	Gesloten	<0.001	Gesloten		
G/m^2 1-jr	<0.001	Gesloten	0.018	Gesloten		
G/m^2 2-jr	0.012	Gesloten	0.001	Gesloten		
G/m^2 m-jr	<0.001	Gesloten	<0.001	Gesloten		

Tabel 3.2. Significante resultaten van de paired t-test op kokkel parameters uit de Ooster- en Westerschelde.

parameter	Oosterschelde		Westerschelde	
	p-waarde	par. hoogste in:	p-waarde	par. hoogste in:
Totaal aantal	<0.001	Open	<0.001	Open
Totale biomassa	<0.001	open	<0.001	Open
Gewicht 1-jr				
Gewicht 2-jr			0.040	Open
Gewicht m-jr	0.009	Open		
N/m ²			0.003	Open
N/m ² 1-jr			0.007	Open
N/m ² 2-jr				
N/m ² m-jr				
G/m ²	0.011	gesloten	0.011	Open
G/m ² 1-jr			0.011	Open
G/m ² 2-jr				
G/m ² m-jr				

Tabel 3.3. Significante resultaten van de trendanalyse en t-test voor kokkel parameters uit de Waddenzee en Westerschelde. Een toename betekent dat de parameter in gesloten gebied verhoudingsgewijs na sluiting hoger is dan voor sluiting.

parameter	Waddenzee				Westerschelde			
	trendanalyse		t-test		trendanalyse		t-test	
	p-waarde	dalen/stijgen	p-waarde	Richting	p-waarde	dalen/stijgen	p-waarde	Richting
Totaal aantal								
Totale biomassa			0.001	toename				
Gewicht 1-jr								
Gewicht 2-jr								
Gewicht m-jr								
N/m ²								
N/m ² 1-jr								
N/m ² 2-jr	0.011	Stijgen						
N/m ² m-jr			<0.001	Toename				
G/m ²			0.003	Toename				
G/m ² 1-jr								
G/m ² 2-jr	0.011	Stijgen						
G/m ² m-jr			<0.001	Toename				

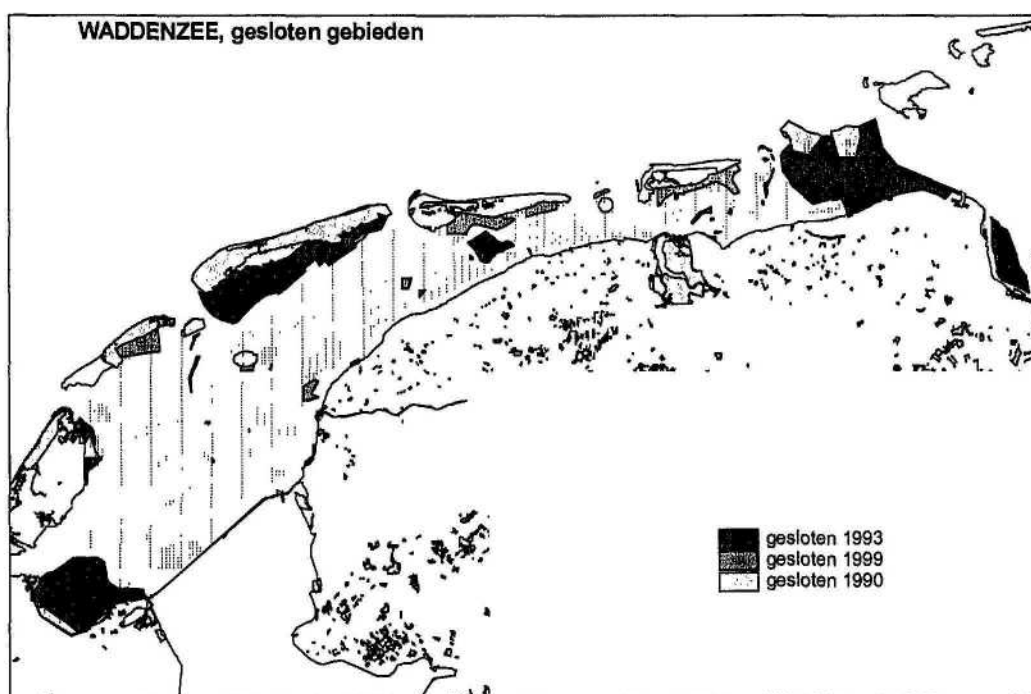


Fig. 3.1. De ligging van de gesloten gebieden en de monsterstations van de inventarisatie in 2000 in de Waddenzee. Er worden ook enkele gesloten gebieden buiten de Waddenzee weergegeven.

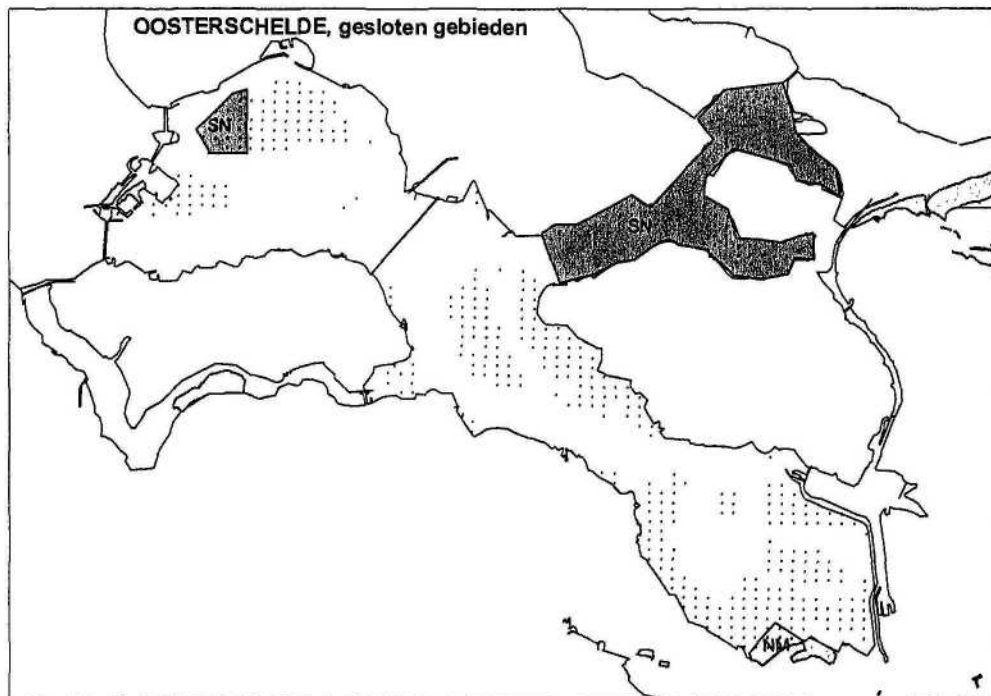


Fig. 3.2. De ligging van de gesloten gebieden en de monsterstations van de inventarisatie in de Oosterschelde. Er worden ook enkele gesloten gebieden buiten de Oosterschelde weergegeven.

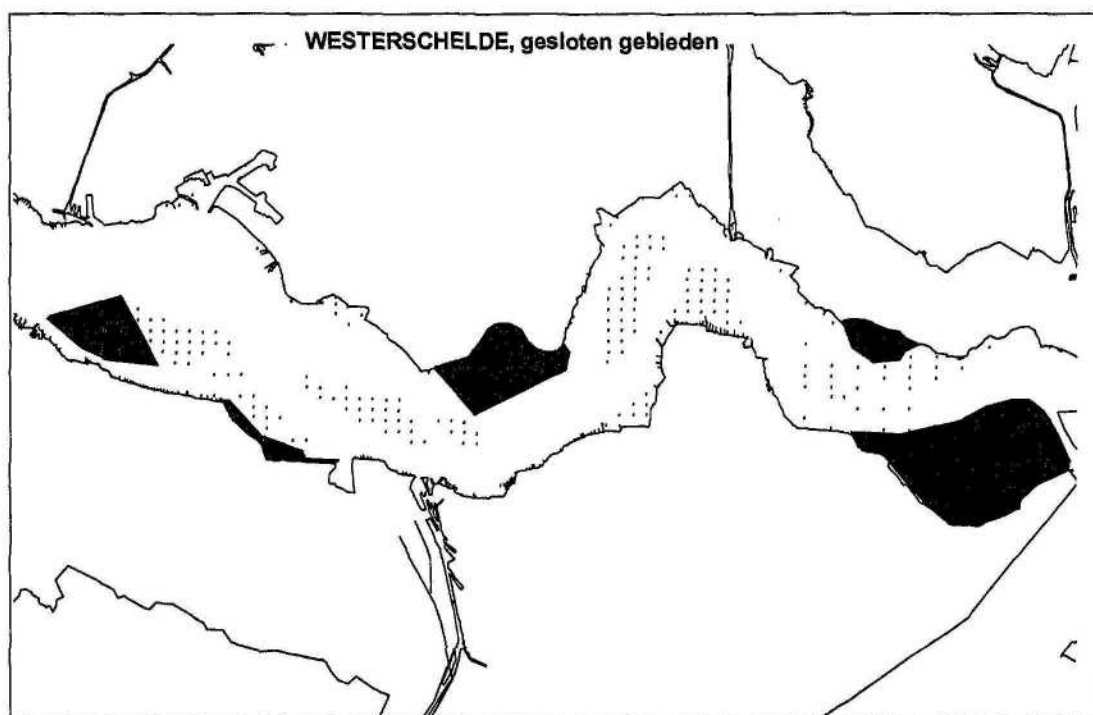


Fig. 3.3. De ligging van de gesloten gebieden en de monsterstations van de inventarisatie in de Westerschelde.

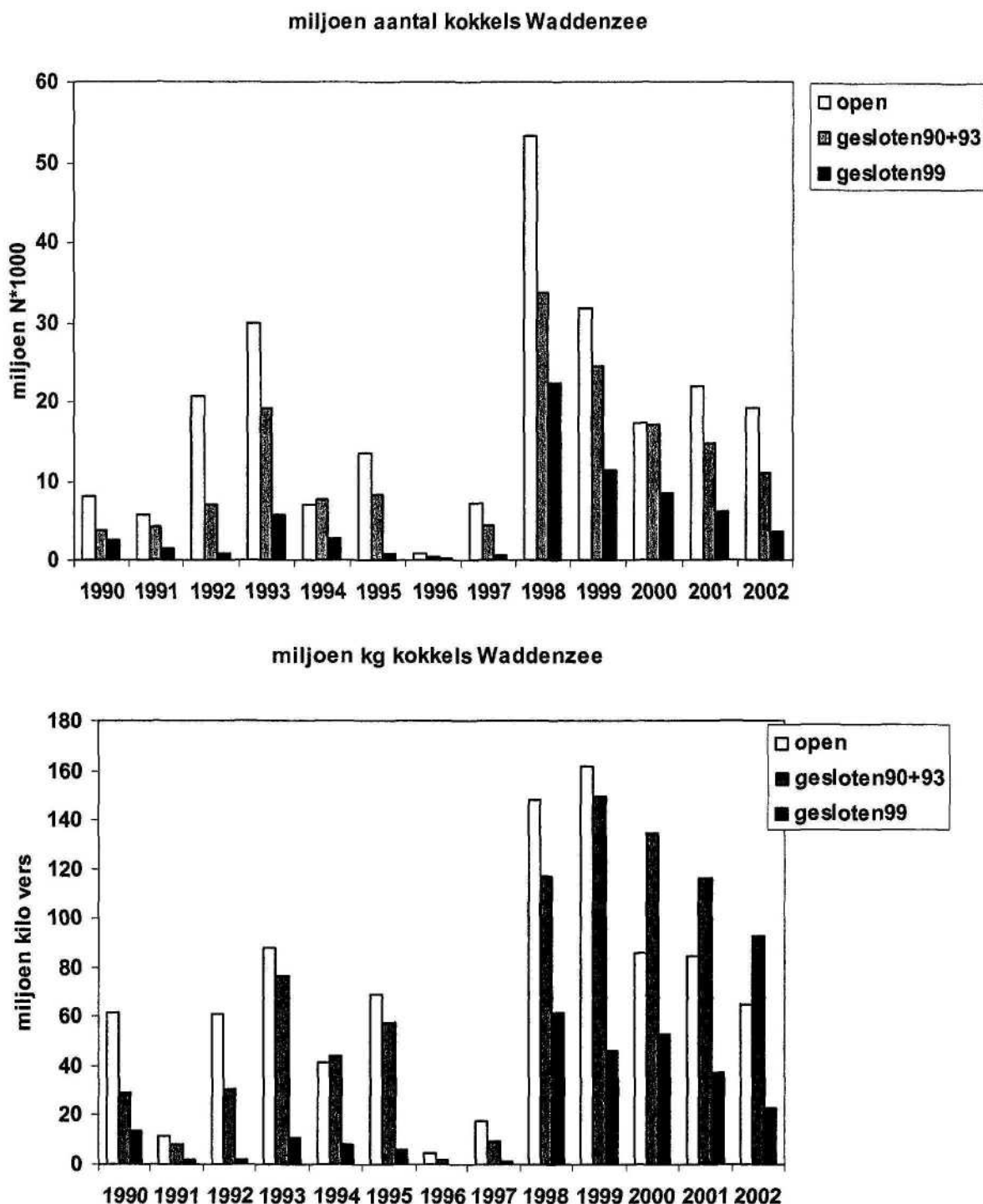


Fig. 3.4. Het verloop van het bestand aan kokkels: totaal aantallen (a) en de totale biomassa (b) in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

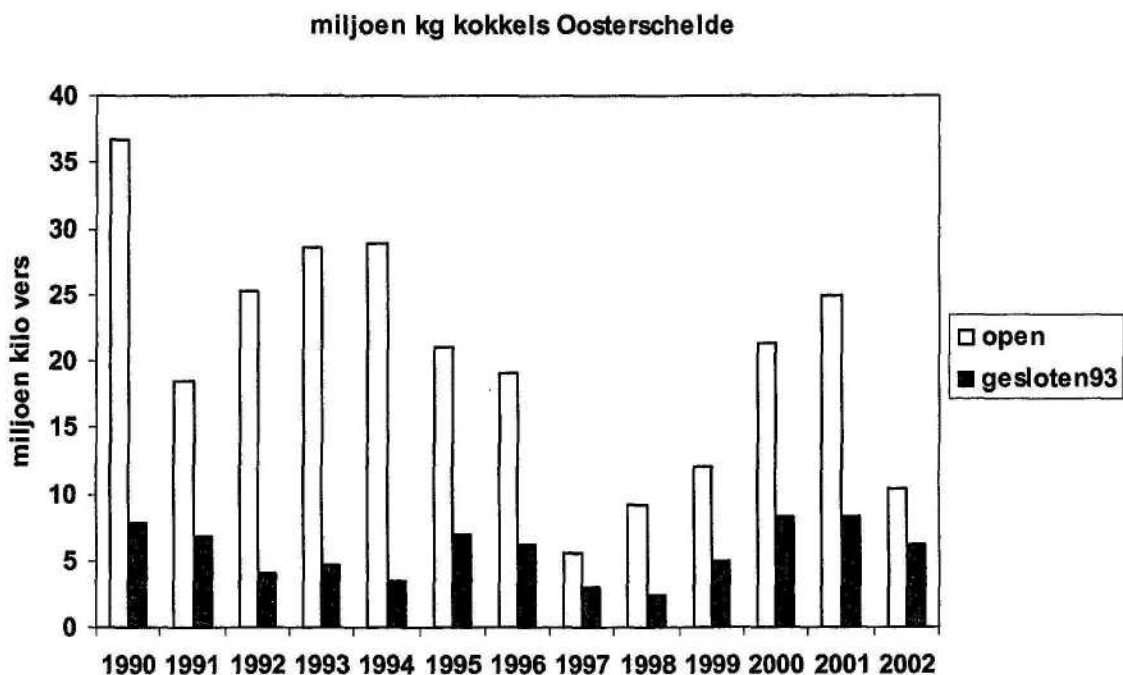
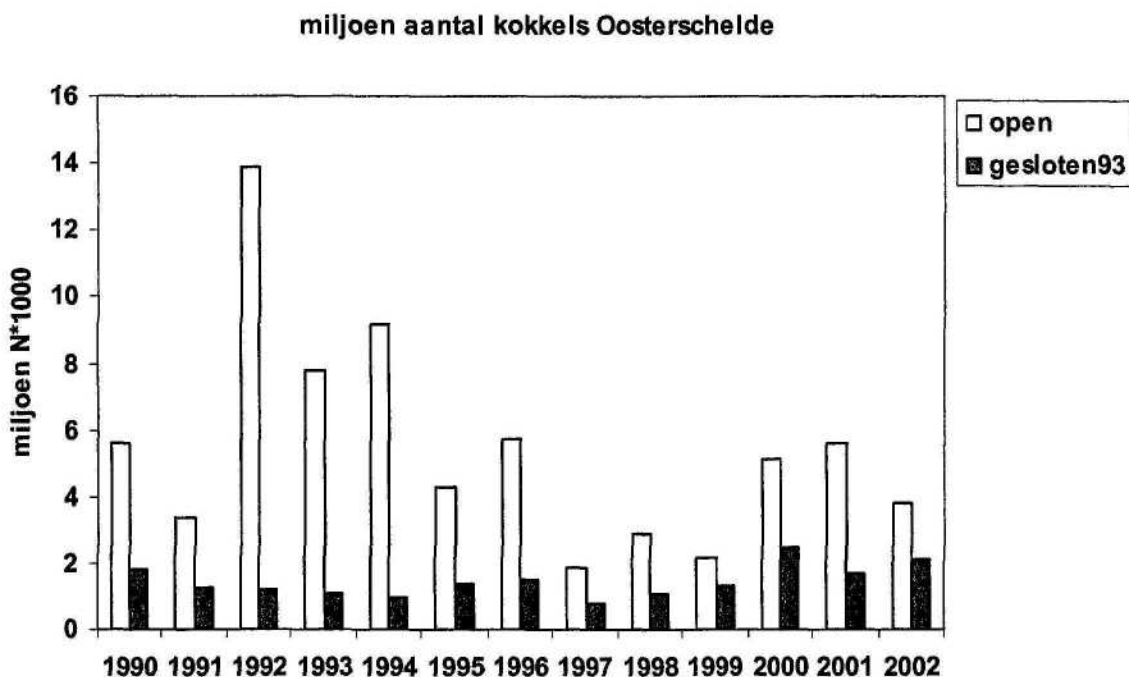


Fig. 3.5. Het verloop van het bestand aan kokkels: totaal aantallen (a) en de totale biomassa (b) in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

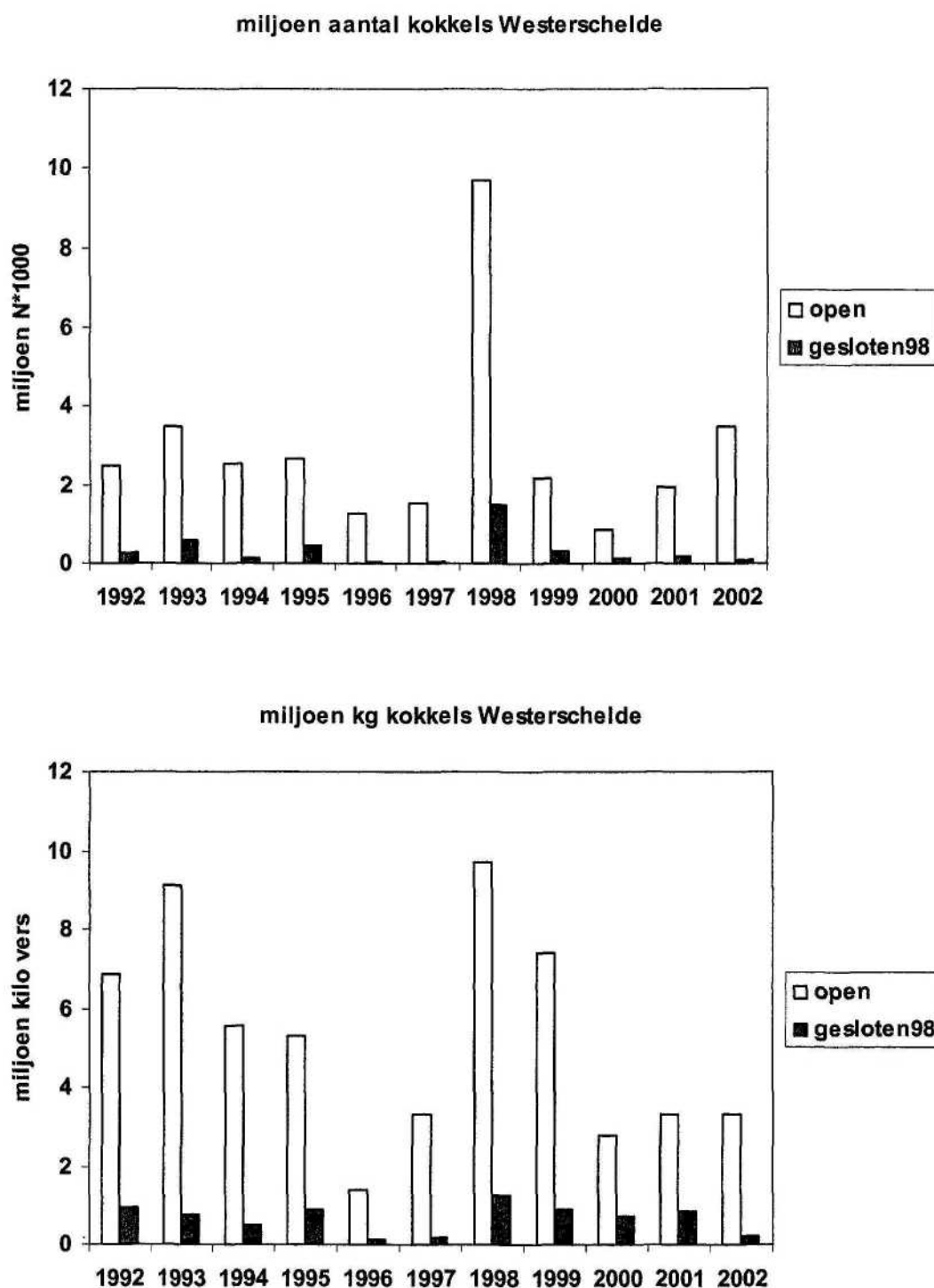


Fig. 3.6. Het verloop van het bestand aan kokkels: totaal aantallen (a) en de totale biomassa (b) in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

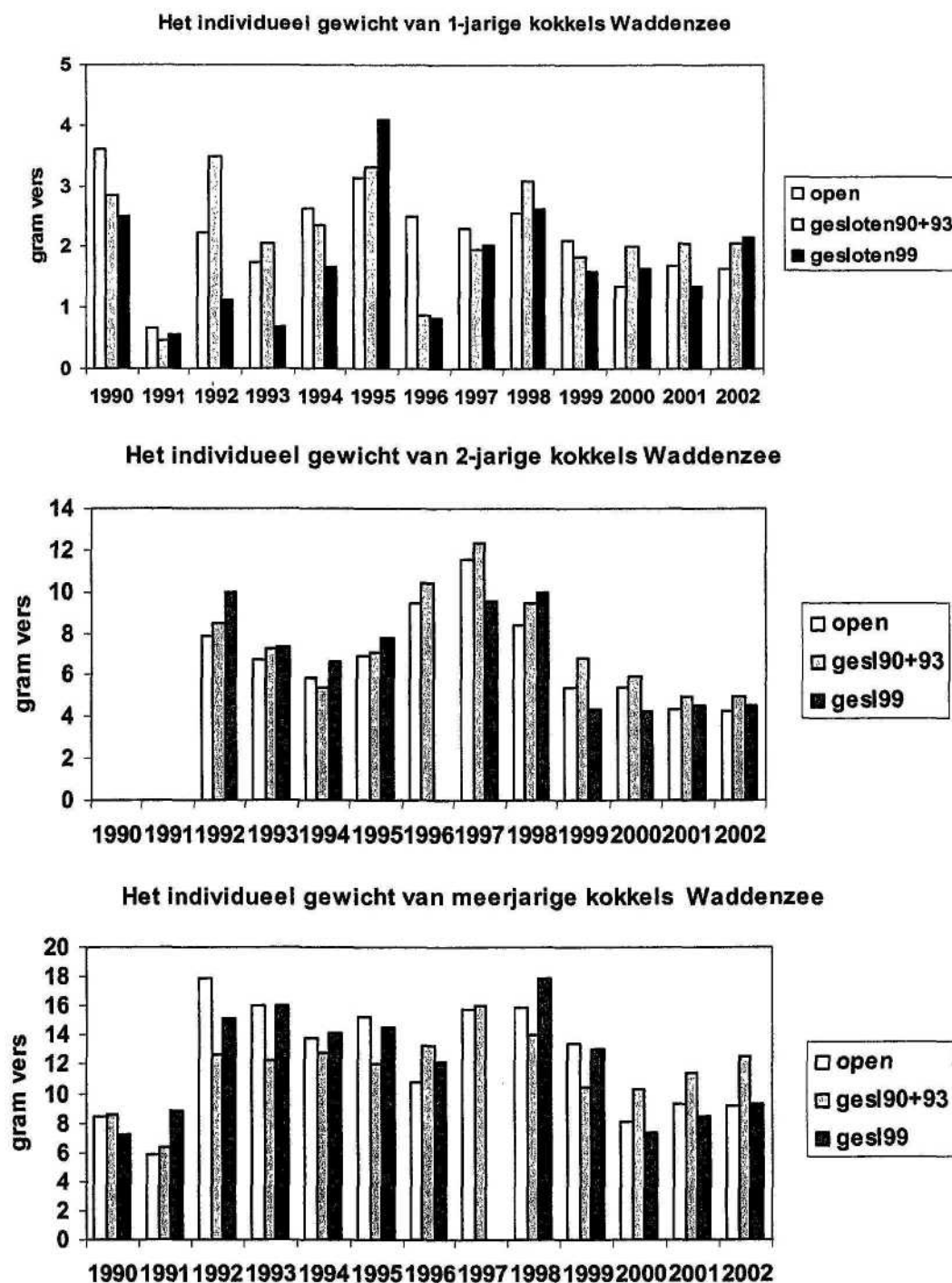


Fig. 3.7. Het individueel gewicht van 1-jarige kokkels (a) en 2- jarige kokkels (b) of meerjarige kokkels (c) in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1991 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

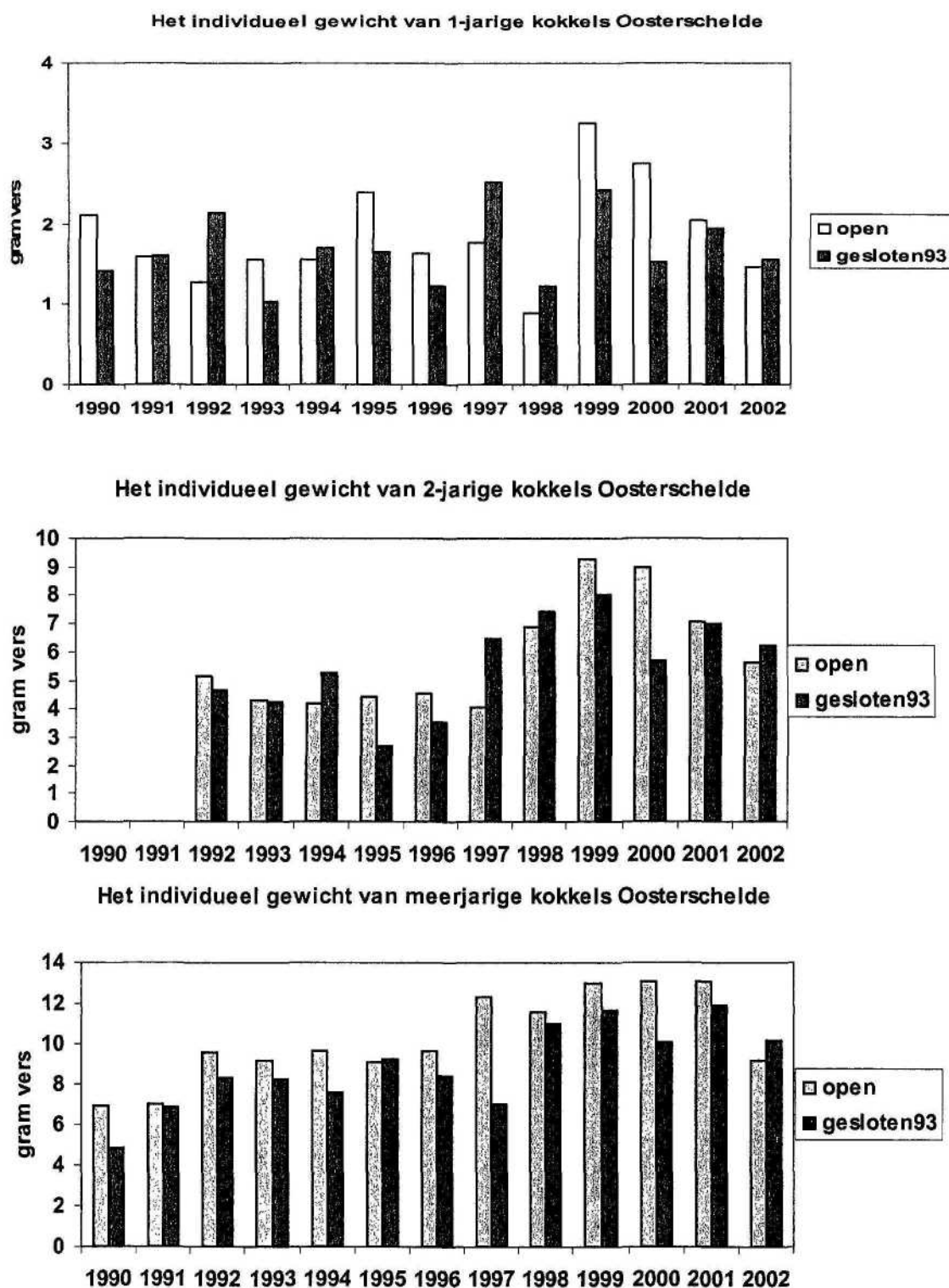


Fig. 3.8. Het individueel gewicht van 1-jarige kokkels (a) en 2--jarige kokkels (b) of meerjarige kokkels (c) in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1991 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

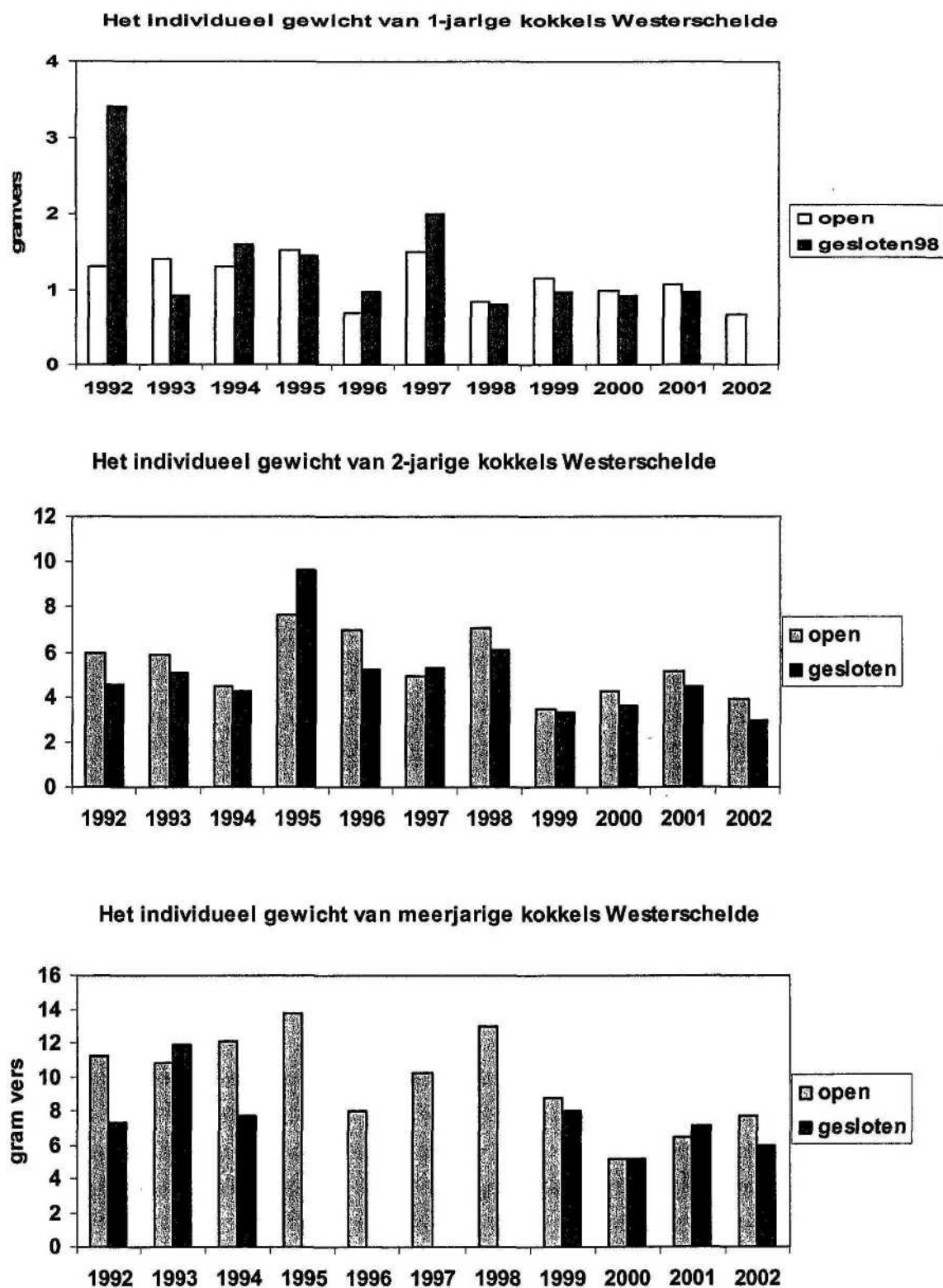


Fig. 3.9. Het individueel gewicht van 1-jarige kokkels (a) en 2-jarige kokkels (b) of meerjarige kokkels (c) in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

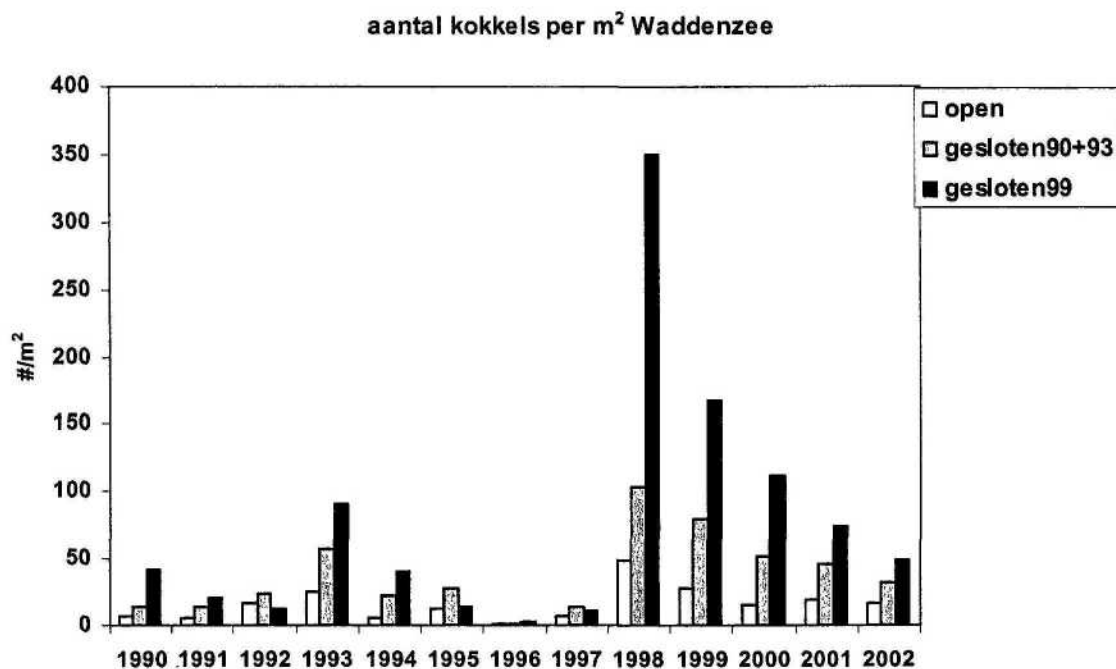


Fig. 3.10. Het aantal (a) kokkels per m² in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

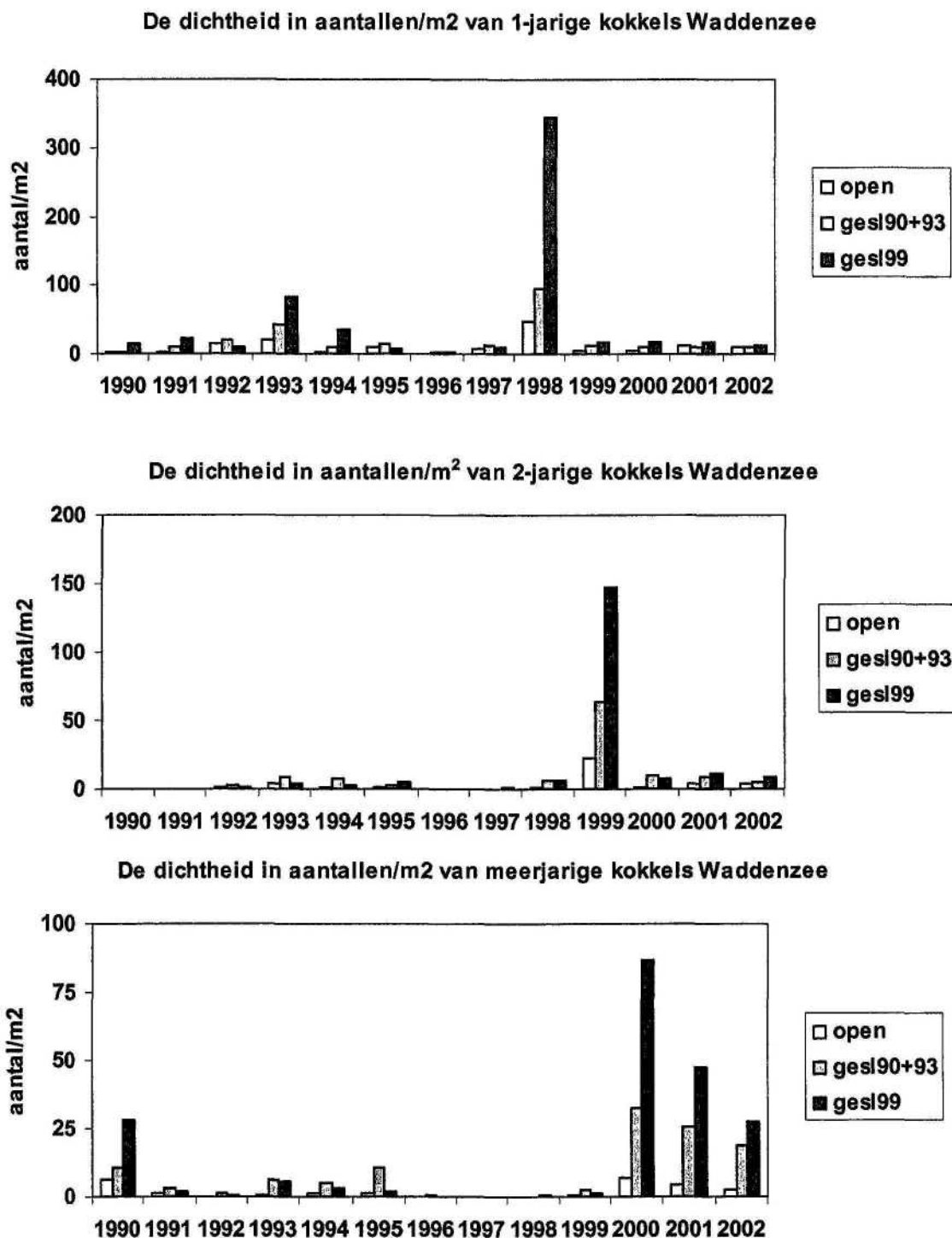


Fig. 3.10. Het aantal (b) 1-jarige kokkels per m² (c) 2-jarige kokkels per m² en (d) meerjarige kokkels in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1991 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

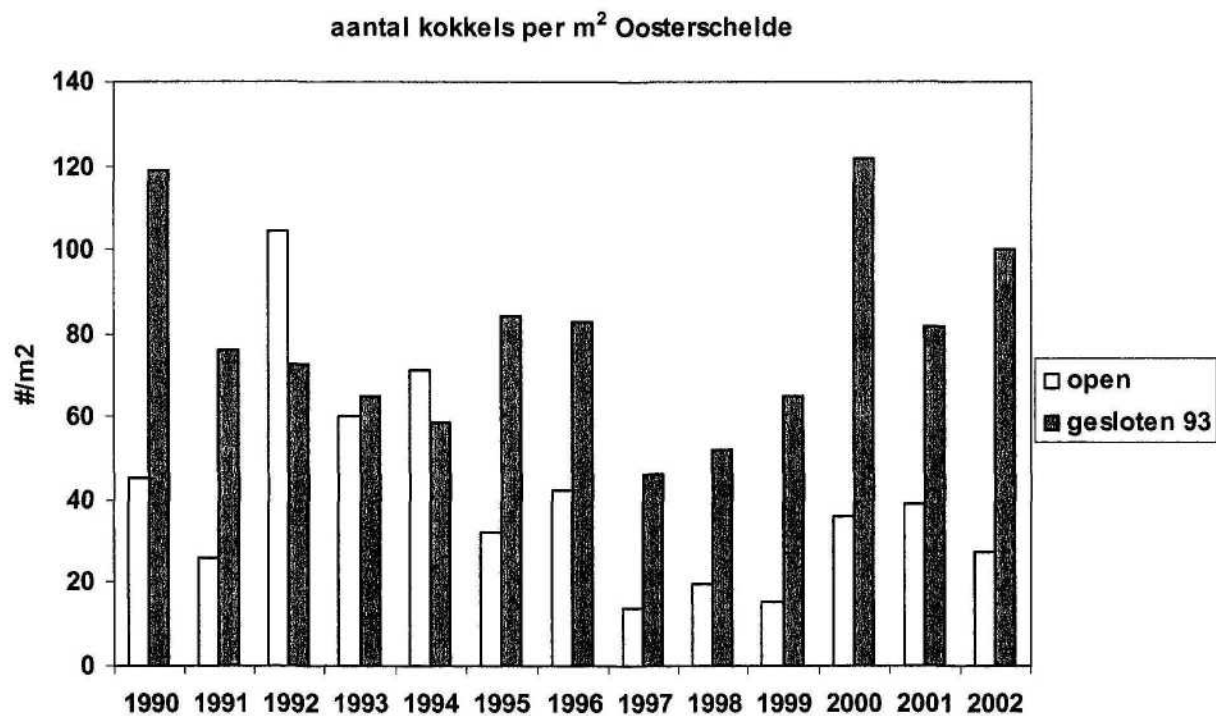


Fig. 3.11. Het aantal kokkels per m² (a) in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

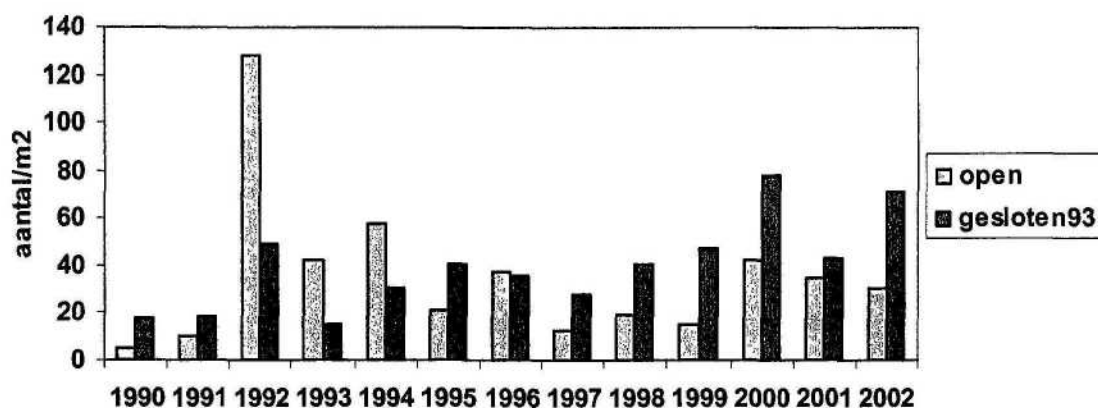
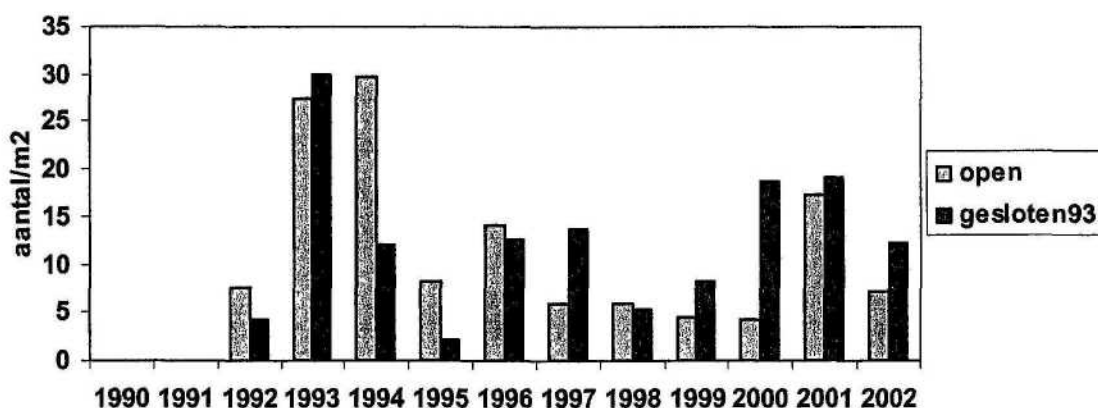
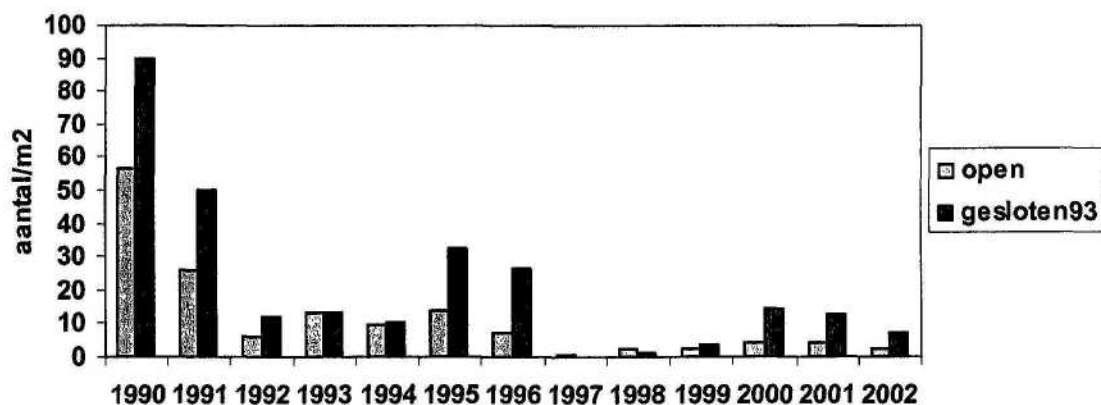
De dichtheid in aantallen/m² van 1-jarige kokkels OosterscheldeDe dichtheid in aantallen/m² van 2-jarige kokkels OosterscheldeDe dichtheid in aantallen/m² van meerjarige kokkels Oosterschelde

Fig. 3.11. Het aantal (b) 1-jarige kokkels per m² (c) 2-jarige kokkels per m² en (d) meerjarige kokkels in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1991 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

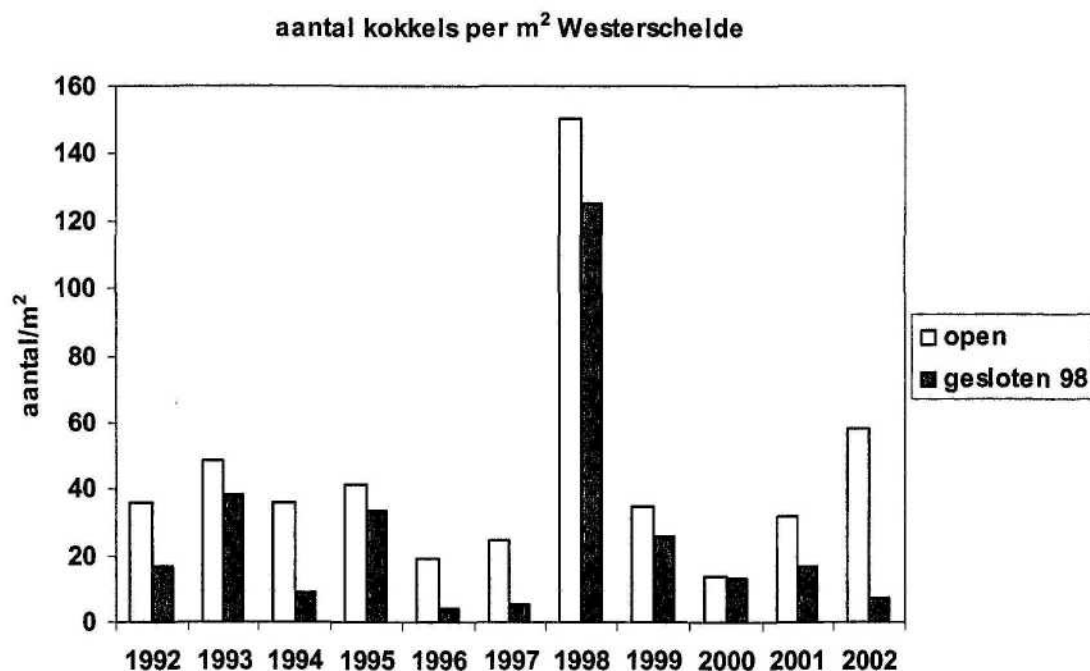
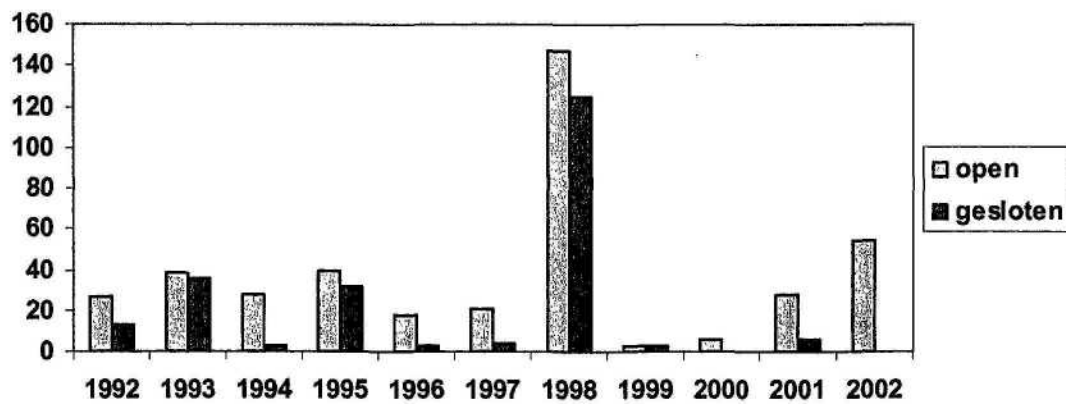
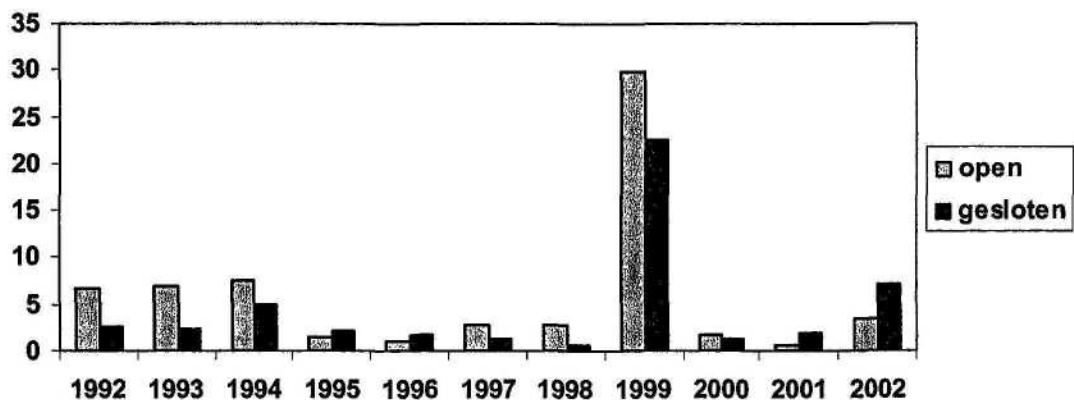


Fig. 3.12. Het aantal kokkels per m² (a) in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

De dichtheid in aantallen/m2 van 1-jarige kokkels Westerschelde



De dichtheid in aantallen/m2 van 2-jarige kokkels Westerschelde



De dichtheid in aantallen/m2 van meerjarige kokkels Westerschelde

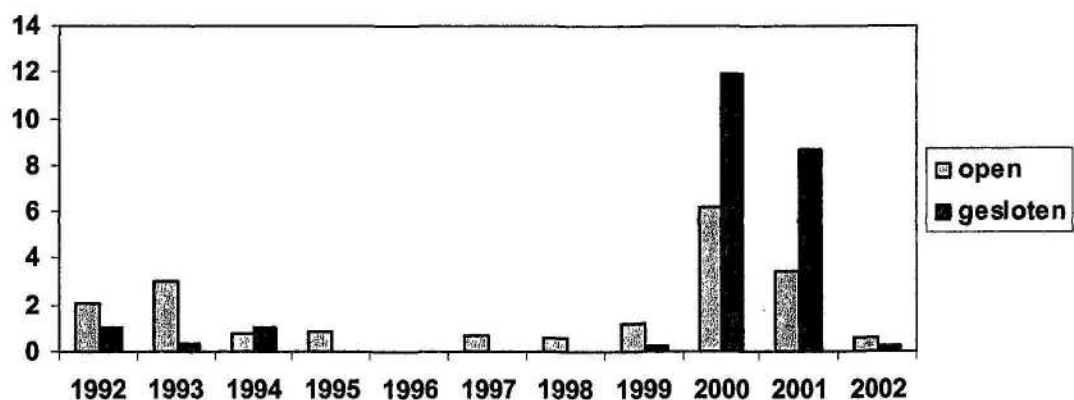


Fig. 3.12. Het aantal (b) 1-jarige kokkels per m2 (c) 2-jarige kokkels per m2 en (d) meerjarige kokkels in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

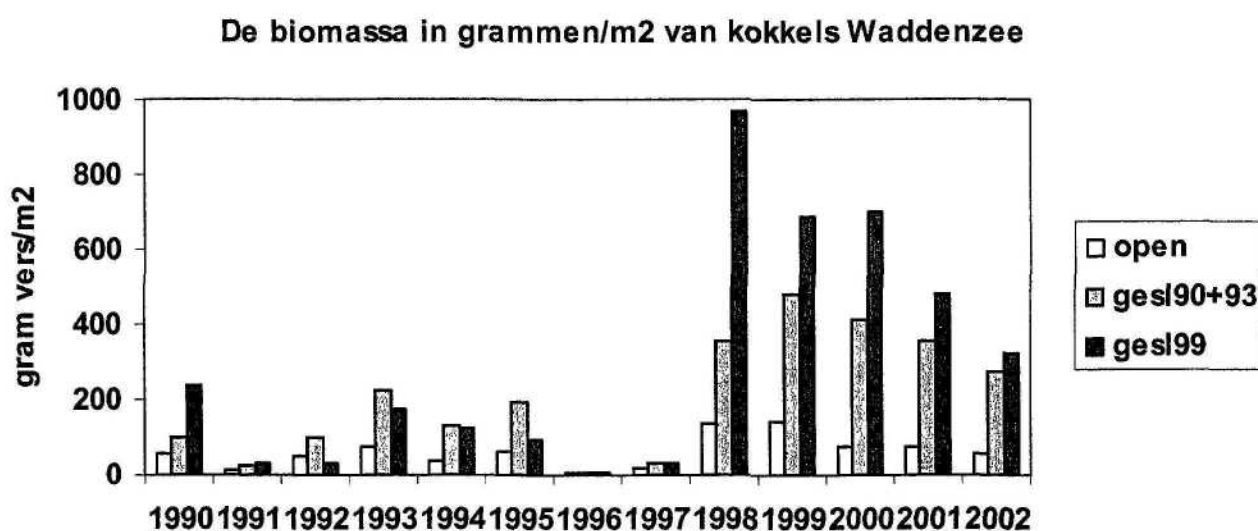


Fig. 3.13. De biomassa (a) kokkels per m² in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

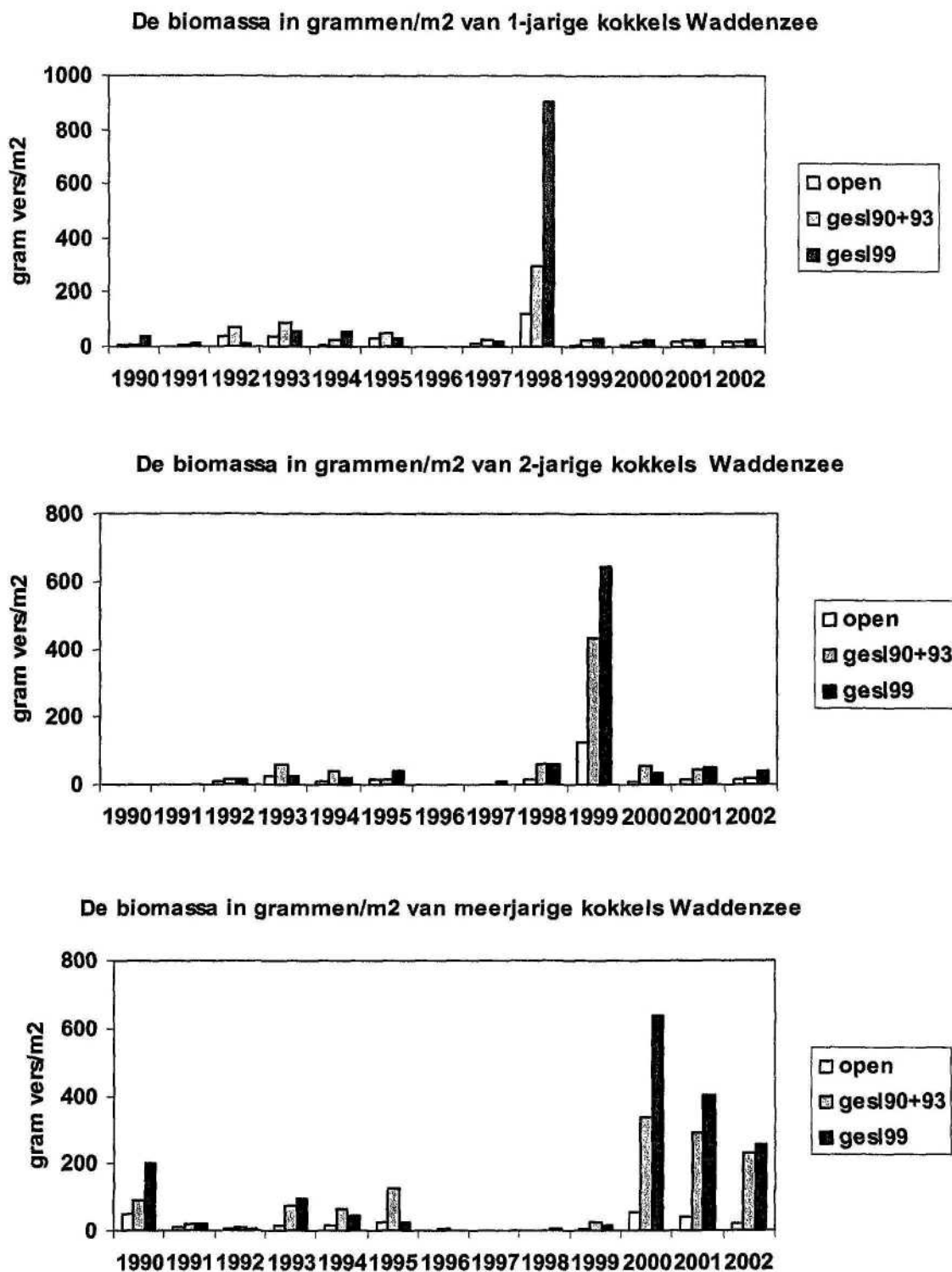


Fig. 3.13. De biomassa (b)1-jarige kokkels per m2 (c) 2-jarige kokkels per m2 en (d) meerjarige kokkels per m2 in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.1). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1991 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

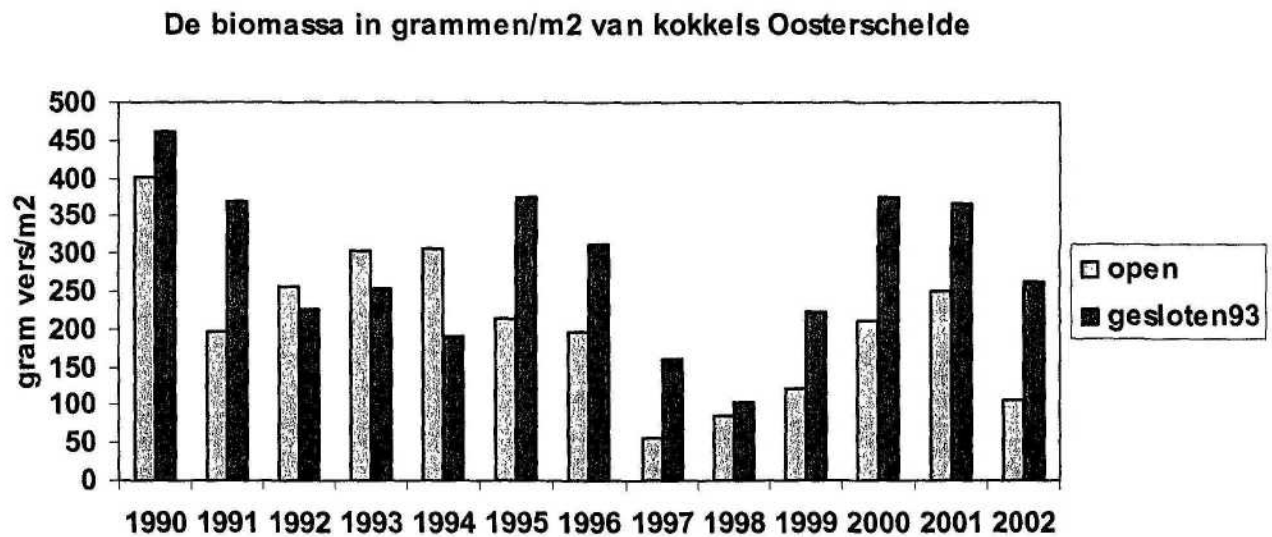


Fig. 3.14. De biomassa (a) kokkels per m² in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven.

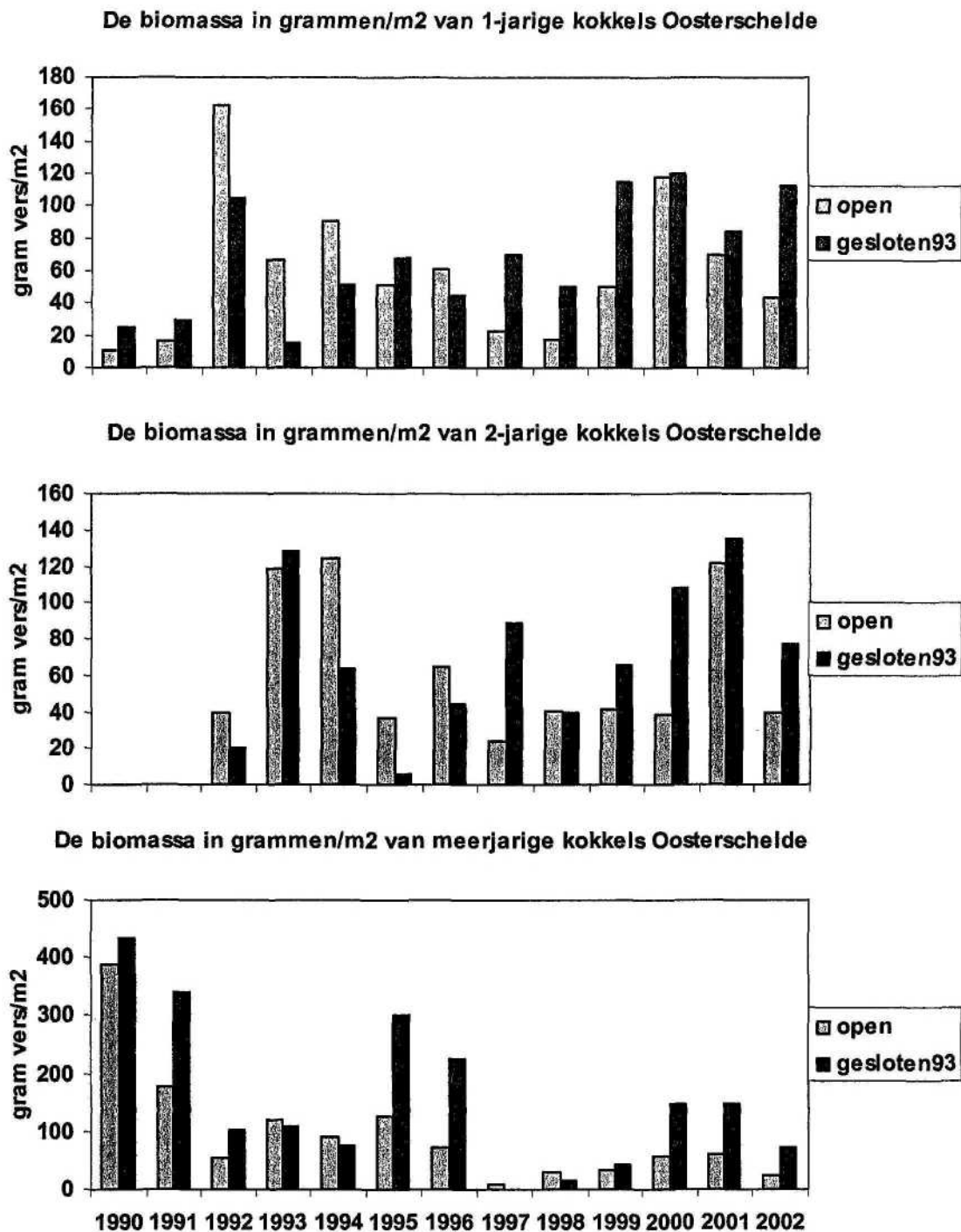


Fig. 3.14. De biomassa (b)1-jarige kokkels per m² (c) 2-jarige kokkels per m² en (d) meerjarige kokkels per m² in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.2). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1990 aangegeven. In 1990 en 1992 werd geen onderscheid gemaakt tussen 2-jarige en meerjarige kokkels.

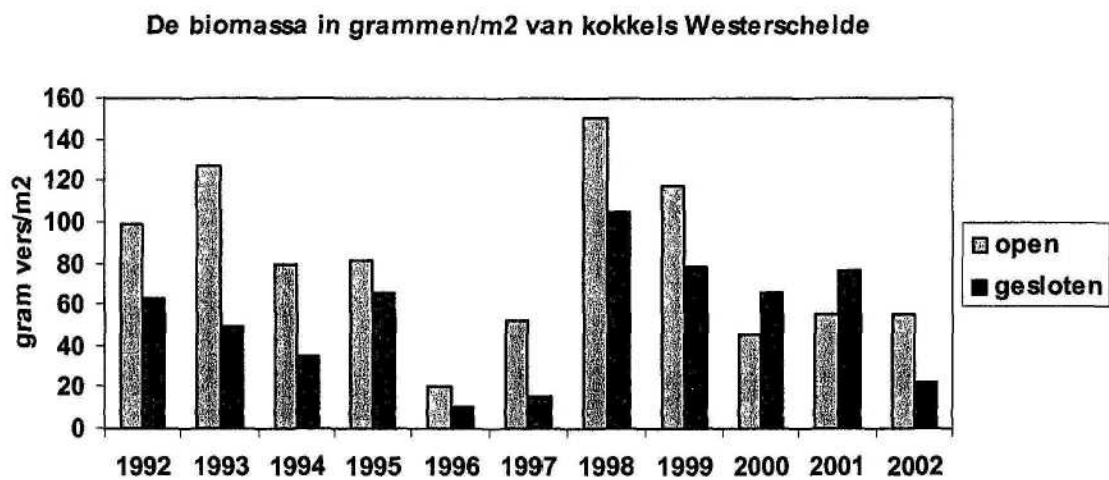


Fig. 3.15. De biomassa (a) kokkels per m² in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

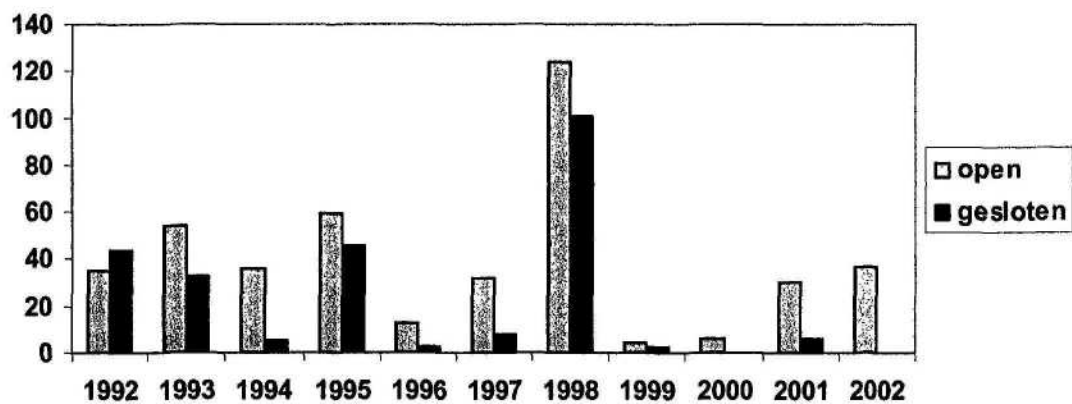
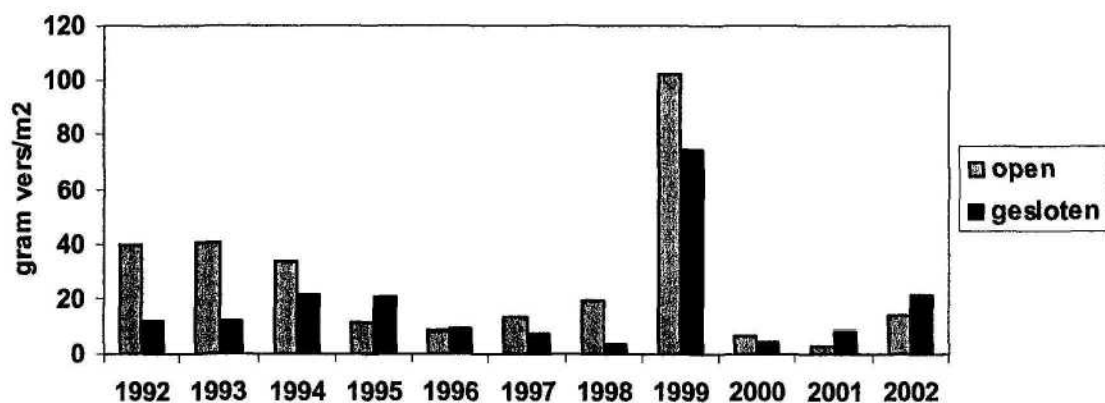
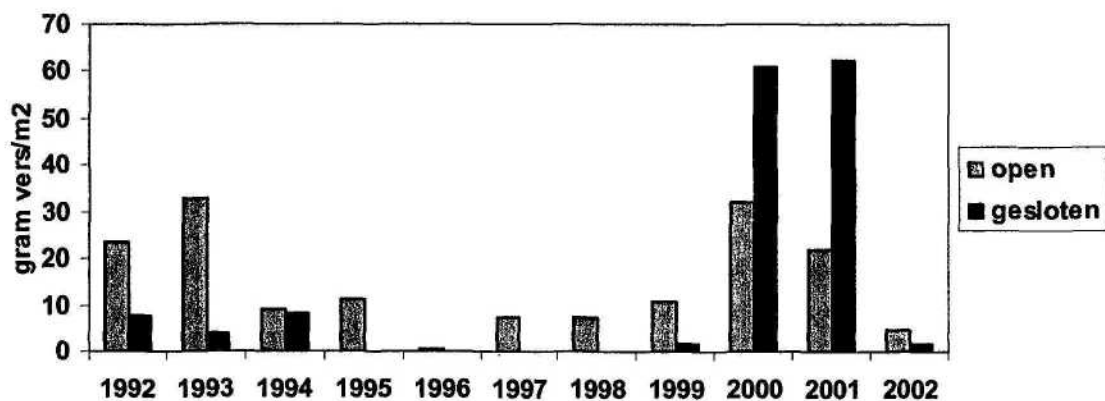
De biomassa in grammen/m² van 1-jarige kokkels WesterscheldeDe biomassa in grammen/m² van 2-jarige kokkels WesterscheldeDe biomassa in grammen/m² van meerjarige kokkels Westerschelde

Fig. 3.15. De biomassa (b)1-jarige kokkels per m² (c) 2-jarige kokkels per m² en (d) meerjarige kokkels in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 2.3). In dit figuur is het onderscheid in gebieden al vanaf 1992 aangegeven.

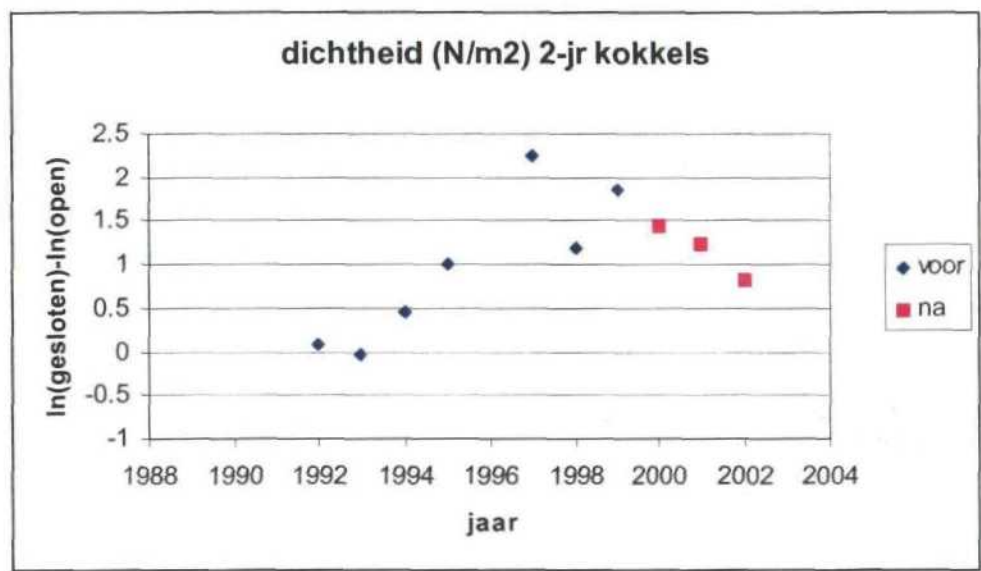


Fig 3.16. Verschil in dichtheid van 2-jarige kokkels in in 1999 gesloten en altijd open gebied in de Waddenzee. De perioden voor en na sluiting zijn met verschillende symbolen aangegeven. Positieve waarden geven een hogere dichtheid in het gesloten gebied weer.

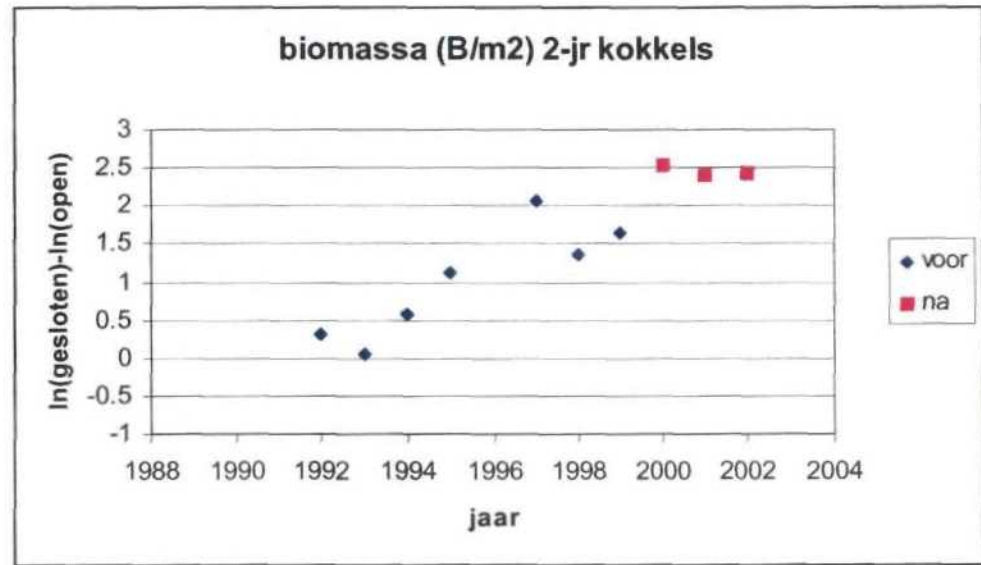


Fig. 3.17. Verschil in biomassa per m² van 2-jarige kokkels in in 1999 gesloten en altijd open gebied in de Waddenzee. De perioden voor en na sluiting zijn met verschillende symbolen aangegeven. Positieve waarden geven een hogere dichtheid in het gesloten gebied weer.

4. Effect van kokkelvisserij op aanwas van kokkels

4.1. Inleiding

Studies over het effect van kokkelvisserij op de aanwas van nieuwe kokkels leiden tot verschillende conclusies. Piersma et al (2001) concluderen dat een negatief effect van kokkelvisserij op de broedval van kokkels kan worden verondersteld door een vergroving van het sediment. Hierdoor is de bodem minder geschikt voor vestiging van broedjes. De hypothese van Piersma et al (2001) wordt onderzocht in de EVA II deelprojecten C1/2 en G (Leopold et al, 2003 en Zwarts et al, 2003). Dit is een proces dat mogelijk over een lange termijn effect kan hebben. Een positief effect van kokkelvisserij op de broedval van kokkels kan worden verondersteld doordat de visserij de adulte populatie uitdunt en zo het affiltreren van larven uit het water vermindert (Andre et al 1993). Daarnaast zou ook de competitie om ruimte en voedsel na settlement minder kunnen zijn. Naast een mogelijk effect van visserij op de broedval kunnen een groot aantal andere factoren van belang zijn voor de aanwas van kokkels (zie hoofdstuk 1 en bijlage 1). Het effect van kokkelvisserij op de aanwas van kokkels wordt niet experimenteel onderzocht, maar er wordt gebruik gemaakt van bestaande gegevens die in het kader van andere vraagstellingen zijn verzameld, de kokkelgegevens uit de jaarlijkse inventarisaties. In de analyses worden alleen verbanden onderzocht, niet de mechanismen die ten grondslag liggen aan de verbanden.

Er zijn twee benaderingswijzen gevolgd:

1. Een aanpak waarbij vooral gekeken wordt naar de lokale en korte termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van de black box gegevens.
2. Een aanpak waarbij vooral gekeken wordt naar grootschalige en lange termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van open en gesloten gebieden.

Beide benaderingen maken gebruik van gegevens over de ruimtelijke abiotiek. Zowel de verspreiding van kokkels als de visbaarheid van deze kokkels voor vissers is sterk afhankelijk van habitat: Bijvoorbeeld, kokkels lager in de getijzone zijn makkelijker op te vissen dan hoog op de platen; ook komen veel van de kokkels voor rond de laagwaterlijn. Hierdoor wordt het zeer moeilijk om gedrag van vissers te scheiden van habitatrelaties van kokkels. Immers, men vist waar kokkels liggen waardoor dichtheden kokkels positief kunnen zijn gerelateerd aan de visserijinspanning, zelfs als zou visserij een sterk negatief effect hebben op kokkeldichtheden. Daarnaast kan de diepteverdeling van de kokkelvisserij van jaar tot jaar en op lange termijn variëren. Correctie voor habitat, op basis van relaties uit de gesloten gebieden, kan mogelijk effecten van habitat en van visserij ontrafelen. De spatiele

abiotische factoren voor de Waddenzee en de Oosterschelde zijn de factoren die zijn gebruikt voor de habitatkaarten (EVA II rapport H3, Kater et al, in prep). Er is geen gebruik gemaakt van de habitatmodellen, omdat deze nog niet af waren op het moment dat de analyse plaats vond. Bovendien gaat het in dit hoofdstuk om aanwas, dus specifiek de jonge kokkels, terwijl de habitatmodellen voor alle leeftijds categorieën zijn opgesteld.

4.1.1. Lokale benadering (aanpak 1)

Bij de lokale benadering wordt het effect van kokkelvisserij direct voorafgaand aan de broedval bestudeerd.

In dit rapport wordt gebruik gemaakt van bestaande gegevens. De locaties van de monsterstations van de jaarlijkse inventarisaties ten behoeve van bestandsopnamen en herbemonsteringen zijn gekoppeld aan de locaties van de kokkelvisserij voorafgaand aan de broedval (m.b.v. black box gegevens). Dit is dus geen zuiver experimentele aanpak, maar op deze manier kreeg ieder station een behandeling (bevestigd of onbevestigd).

De inventarisaties hebben tot doel het totale bestand aan kokkels in de Waddenzee te schatten. Hierdoor worden ook gebieden bemonsterd waar geen kokkels liggen. Bij het bepalen van het effect van kokkelvisserij op de aanwas van nieuwe kokkels is het van belang dat alleen locaties waar kokkels kunnen voorkomen worden betrokken bij de analyse. Indien ook monsterstations waar kokkels nooit voorkomen, meedoen aan de analyse kunnen nulwaarden het beeld verstoren. Bovendien moeten gebieden worden vergeleken die aantrekkelijk zijn voor kokkelvisserij. Om aan beide voorwaarden te voldoen zijn die stations geselecteerd waar volgens schattingen op 1 september van het jaar dat de visserij plaats vond meer dan 50 kokkels per m^2 aanwezig waren. De voorjaarsinventarisaties dienen als basis voor de bestandsschatting voor het begin van het visseizoen. De extrapolatie van voorjaar naar 1 september wordt beschreven in het EVA II H2 rapport (Kamermans et al, 2003a). Door deze selectie is een bepaalde keuze gemaakt. De grens is gelegd bij

50 kokkels per m^2 , dit had ook 20 per m^2 of 100 per m^2 kunnen zijn, maar 50 per m^2 wordt over het algemeen aangehouden als maat voor een kokkelbank en de meeste kokkelvisserij vindt plaats op kokkelbanken.

De onderzoeksvraag die met de lokale benadering is aangepakt is:

- *Wat is het effect van kokkelvisserij voorafgaand aan de broedval op de aanwas van kokkels?*

4.1.2. Grootschalige benadering (aanpak 2)

Visserij zou niet alleen een direct en lokaal effect kunnen hebben maar ook grootschaliger effecten. Visserij zou een effect kunnen hebben op de rekrutering van 1-jarige kokkels (de eerste jaarklasse die in de RIVO-surveys wordt meegenomen) doordat deze kokkels als kokkelbroed in aanraking zijn gekomen met de kokkelkor in het voorgaande jaar, of doordat de kokkelvisserij een invloed zou kunnen hebben op de sedimentsamenstelling en daarmee op de broedval. Herhaaldelijk vissen op dezelfde locatie zou daarbij een groter effect kunnen hebben, en herstel zou mogelijk meerdere jaren kunnen duren. Duidelijk is dat daarmee niet alleen de visserij in het voorgaande jaar mogelijk van invloed kan zijn, maar ook de visserij in de periode daarvoor.

Daarnaast zijn kokkelpopulaties zeer variabel, zowel ruimtelijk als temporeel (variatie in jaarklassterkte) en deze grote variatie verlaagt de "power" van analyses met als consequentie dat de kans groot is dat statistisch niet-significante verschillen worden gevonden, terwijl deze verschillen in werkelijkheid groot zijn. Door de analyses te concentreren op grotere gebieden en te corrigeren voor variatie in jaarklassterkte, in een benadering waarbij langdurig open gebieden vergeleken worden met langdurig gesloten gebieden, wordt een belangrijk deel van deze problematiek ondervangen.

Nadeel van deze benadering is echter dat de analyses vooral geconcentreerd worden op de relatieve verdeling over gesloten en open gebieden. Hierdoor blijft vaak onduidelijk of de gevonden resultaten het gevolg zijn van een toename van de dichtheden in de open gebieden, een afname in de gesloten gebieden, of een combinatie van beiden. Voor het doel van deze rapportages woog dit nadeel echter niet op tegen de voordelen die hierboven zijn geschetst. Zonder correctie voor variatie in jaarklassterkte en met alleen aandacht voor de directe en locale effecten van visserij is de kans zeer groot dat nauwelijks statistisch significante resultaten worden gevonden, zelfs als zou de visserij een groot effect hebben. Hiermee zou weinig worden bijgedragen aan een zinvolle discussie over de mogelijke effecten van de kokkelvisserij op de broedval.

De onderzoeksvragen die met de grootschalige benadering zijn aangepakt, zijn:

- Zijn er verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels tussen langdurig geopende en gesloten gebieden?
- Wat is hierbij de rol van habitat?
- *Treedt herstel op na sluiting van de gebieden?*
- *Is er een relatie tussen kokkelbestand en broedval?*

4.2. Lokale benadering (aanpak 1)

4.2.1. Materiaal en methode

Dichtheden van 1-jarige kokkels in beviste locaties werden vergeleken met dichtheden in onbeviste gebieden. Hierbij werd gebruik gemaakt van kokkelgegevens uit de voorjaarsinventarisaties en herbemonsteringen (zie 1.3.1), black box gegevens over kokkelvisserij (zie 1.3.2) en spatiele habitat gegevens (zie 1.3.3). In de voorjaarsinventarisaties worden kokkels zonder groei-ring 0-jarig genoemd. Waarschijnlijk zijn dit kokkels die laat in het jaar daarvoor zijn geboren. Daarom zijn ze bij deze analyse meegeteld als 1-jarigen.

Kokkelgegevens

Broedval van kokkels vindt plaats in de zomer. De herbemonsteringen hebben plaatsgevonden aan het einde van de zomer. Deze geven dus een goed beeld van de broedval. De voorjaarsinventarisaties worden in mei en juni uitgevoerd. Deze gegevens kunnen dus niet gebruikt worden om de broedval van dat jaar te bepalen. De kokkels die het jaar daarvoor zijn gevallen hebben 1 groei-ring en worden éénjarigen genoemd. Omdat er een winter is verstreken sinds de broedval plaatsvond, geven deze kokkels geen volledig beeld van de broedval, maar wel van de aanwas aan nieuwe kokkels binnen de populatie. In de uitgevoerde analyses zijn de éénjarigen gebruikt als maat voor de aanwas. Figuur 4.1 geeft een voorbeeld van de sequentie van bevissing en bemonstering. Voor de gegevens van de herbemonstering geldt dat de bemonstering een beeld geeft van de broedval van dat jaar. De broedval van deze kokkels kan zijn beïnvloed door kokkelvisserij in het najaar van het jaar daarvoor. Voor de gegevens van de voorjaarsinventarisaties geldt dat éénjarige kokkels worden bemonsterd in het voorjaar van jaar 0. De broedval van deze kokkels kan zijn beïnvloed door kokkelvisserij in het najaar twee jaar eerder (jaar -2). Daarnaast kan ook visserij hebben plaatsgevonden in het tussenliggende jaar (jaar -1), waardoor in die zomer gevestigde kokkels kunnen zijn opgevisst of verstoord. Deze categorie wordt niet in de analyse meegenomen, omdat alleen het effect van visserij voorafgaand aan de broedval wordt bepaald. De overleving van 1-jarige kokkels is niet bestudeerd. Ook monsterstations die in beide jaren zijn bevist doen dus niet mee aan de analyse. De analyse richtte zich op kokkelgebieden op beviste en onbeviste locaties door alleen stations waar volgens schattingen op 1 september van het jaar dat de visserij plaats vond meer dan 50 kokkels per m² aanwezig waren te gebruiken. De voorjaarsinventarisaties dienden als basis voor de bestandsschatting voor het begin van het visseizoen. De extrapolatie van aantallen kokkels in het voorjaar naar 1 september wordt beschreven in het EVA II H2 rapport (Kamermans et al, 2003a).

Koppeling kokkelgegevens en black box gegevens

De monsterstations werden gekoppeld aan de black box gegevens van twee jaar daarvoor. De black box gegevens geven het percentage bevist oppervlakte voor een gebied van 0.1' bij 0.1'. De coördinaten zoals zijn aangeleverd geven het middelpunt van zo'n vakje. Met behulp van het Create

Map Grid Theme script (Banerjee, 2000) is zo'n middelpunt omgezet in een vakje van 0.1' bij 0.1'. Vervolgens werd dan bepaald of een monsterstation in een bevist vakje viel. Indien dit het geval was werd dat kokkelstation ingedeeld in de categorie **bevist** (percentage bevissing vanaf 3%). Op dezelfde manier werden de stations gekoppeld aan de black box gegevens van het jaar voorafgaand aan bemonstering. Deze monsterstations werden verwijderd uit de selectie, omdat de gevestigde kokkels kunnen zijn opgevist of verstoord voordat de bemonstering plaats vond. De overgebleven stations werden ingedeeld in de categorie **onbevist** (percentage bevissing 0-2%).

Van ieder monsterstation is de volgende informatie gebruikt: dichtheid aan nuljarige kokkels (herbemonsteringen) of éénjarige kokkels (voorjaarsinventarisaties) en dichtheid van kokkels ouder dan 1 jaar (herbemonsteringen, of schattingen op basis van voorjaarsinventarisaties in jaren dat geen herbemonstering plaatsvond). Black box gegevens zijn beschikbaar vanaf 1992 voor de Waddenzee en de Oosterschelde en vanaf 1997 voor de Westerschelde. Dit betekent dat éénjarige kokkels uit 1994 na de visserij in 1992 het eerste jaar is dat aan de analyse mee kan doen (zie tabel 4.1). In 1996 was de kokkeldichtheid in de Waddenzee zo laag dat de dataset in alle categorieën voornamelijk nulwaarden bevat. Dit jaar is daarom niet meegenomen in de analyse. De broedval van éénjarige kokkels uit 1998 in de Waddenzee zouden beïnvloed kunnen zijn door de visserij in 1996, maar omdat er dat jaar niet gevist is, wordt dat jaar niet meegenomen in de analyse.

Koppeling kokkelgegevens en gegevens abiotische factoren

De spatiele abiotische factoren voor de Waddenzee en de Oosterschelde zijn afkomstig van het RIKZ. De gegevens zijn gebruikt bij constructie van de kokkelhabitatkaarten voor de Waddenzee en de Oosterschelde (EVA II rapport H3, Kater et al, in prep). In dat rapport wordt de herkomst beschreven. Tabel 4.2. geeft een samenvatting. Op het moment van analyse waren geen spatiele abiotische gegevens beschikbaar voor de Westerschelde.

De kaarten met abiotische factoren zijn ingelezen in ArcView, uitgebreid met de extensie Spatial Analyst (ESRI, 1996). Met behulp van Get Grid Value Extension (Davies, 2000) is de waarde van de gridcel onder het kokkelstation aan dit punt gekoppeld.

Statistische analyse

Voor de analyse van het effect van kokkelvisserij op de aanwas van kokkels is gebruik gemaakt van stepwise backwards generalized modelling. In de analyse zijn de volgende gegevens betrokken (zowel de gewone waarde als de gekwadraterde waarde): jaar (als class variable, en als maat voor mogelijke effecten van bv strenge winters), black box gegevens (percentage bevissing) en abiotische factoren (diepte, droogvalduur, stroomsnelheid, korrelgrootte sediment en slibgehalte sediment). Termen zijn uit de analyse verwijderd als $p > 0.10$. Het was een type III analyse, wat betekent dat het effect van iedere factor werd bepaald nadat was gecorrigeerd voor het effect van de andere factoren. Omdat de residuen niet de normale verdeling volgen, en er nulwaarden in de dataset voorkomen, is een Poissonverdeling gebruikt. In een tweede analyse is op dezelfde wijze gekeken naar het effect van het aantal jaren dat een station bevist werd. Hiervoor is steeds per gebied en per inventarisatie het

laatste jaar geselecteerd. Alle analyses zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket SAS (2000). In de tests is een significantie niveau van 5% aangehouden. Als maat voor het percentage dat verklaard wordt door de significante variabelen werd een " R^2 " berekend. Dit is $\{(\text{deviantie model} - \text{deviantie leeg}) / \text{deviantie leeg}\}$.

4.2.2. Resultaten

Waddenzee herbemonsteringen

Figuur 4.2 en 4.3 tonen de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de herbemonsteringen en de black box gegevens en abiotische factoren. Over het algemeen bevinden de beviste en onbeviste stations zich in dezelfde range van de abiotische waarden. Alleen is bij de beviste stations de diepte minder en de droogvalduur langer dan die van de onbeviste stations. De statistische analyse laat een significant effect van jaar zien (Tabel 4.3). Dit wordt veroorzaakt door de grote verschillen in dichtheden tussen de jaren. In het jaar 2001 was de broedval veel beter dan in 2002. Daarnaast wordt een significant verband tussen het aantal 0-jarige kokkels en stroomsnelheid geobserveerd (Tabel 4.3.). Ook werd een significant verband tussen het aantal 0-jarige kokkels en slibgehalte gevonden (Tabel 4.3.) Het positieve verband met de factor en het negatieve verband met de factor in het kwadraat geeft aan dat de verbanden niet lineair zijn. En tenslotte werd een significant negatief verband gevonden tussen kokkelvisserij en het aantal broedjes (Tabel 4.3.). De vijf significante factoren verklaren gezamenlijk 12% van de deviantie (Tabel 4.4). De factor bevissing alleen verklaart 3% (Tabel 4.4). De tweede analyse, naar het effect van het aantal jaren dat een station bevist werd met data van 2002, liet een significant positief effect van zien het aantal jaren dat een station bevist werd (Tabel 4.3.). Deze factor verklaart 60% van de deviantie (Tabel 4.4).

Waddenzee voorjaarsinventarisaties

Figuur 4.4 t/m 4.10 tonen de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de voorjaarsinventarisaties en de black box gegevens en abiotische factoren. Over het algemeen bevinden de beviste en onbeviste stations zich in dezelfde range van de abiotische waarden. Alleen is bij de beviste stations de diepte minder en de droogvalduur langer dan die van de onbeviste stations. De statistische analyse laat een significant effect van jaar zien (Tabel 4.3). Dit wordt veroorzaakt door grote verschillen in dichtheden 1-jarigen tussen jaren. Daarnaast is een significant effect van droogvalduur geobserveerd (Tabel 4.3). Het negatieve verband met de factor en het positieve verband met de factor in het kwadraat geeft aan dat het verband niet lineair is. Er werd geen verband met visserij gevonden. De drie significante factoren verklaren gezamenlijk 9% van de deviantie (Tabel 4.4). En werd geen significant effect van het aantal jaren dat een station bevist werd gevonden in 2002 (Tabel 4.4).

Oosterschelde herbemonsteringen

Figuur 4.11 toont de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de herbemonstering en de black box gegevens en abiotische factoren. Beviste en onbeviste stations hebben een vergelijkbare range aan diepte en stroomsnelheden, maar het zoutgehalte is iets hoger voor de beviste stations. Een effect van jaar kan in dit geval niet getest worden (Tabel 4.3). De andere factoren zijn allen niet significant (Tabel 4.3). En werd geen significant effect van het aantal jaren dat een station bevist werd gevonden in 2002 (Tabel 4.3).

Oosterschelde voorjaarsinventarisaties

Figuur 4.12 t/m 4.16 tonen de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de voorjaarsinventarisaties en de black box gegevens en abiotische factoren. Beviste en onbeviste stations hebben een vergelijkbare range aan diepte en stroomsnelheden, maar het zoutgehalte is iets hoger voor de beviste stations. De statistische analyse laat een significant effect van jaar zien (Tabel 4.3). Dit wordt veroorzaakt door grote verschillen in dichtheden 1-jarigen tussen jaren. Daarnaast is een significant positief effect van kokkelvisserij geobserveerd (Tabel 4.3). De twee significante factoren verklaren gezamenlijk 7% van de deviantie (Tabel 4.4). De factor bevissing alleen verklaard 2% (Tabel 4.4). En werd geen significant effect van het aantal jaar bevissing gevonden in 1998 (Tabel 4.3).

Westerschelde herbemonsteringen

Figuur 4.17 toont de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de herbemonsteringen en de black box gegevens. Er waren onvoldoende observaties aanwezig om de kwadratische bevissingsterm te testen. Er werden geen significante verbanden gevonden (Tabel 4.3). Ook het effect van aantal jaar bevissing was niet significant (Tabel 4.3).

Westerschelde voorjaarsinventarisaties

Figuur 4.18 toont de resultaten van de koppeling tussen kokkelgegevens uit de voorjaarsinventarisaties en de black box gegevens. Er werd alleen een significant effect van jaar gevonden (Tabel 4.3). Het effect van aantal jaar bevissing was niet significant (Tabel 4.3).

4.2.3. Discussie

De huidige dataset toont in de Waddenzee een negatief effect van visserij op de broedval van kokkels vlak na de broedval (2 herbemonsteringen). Op beviste locaties valt minder broed dan op onbeviste locaties. De factoren jaar, stroom, slib en bevissing verklaren slechts 12% van de deviantie. Deze lage waarde geeft aan dat ook andere factoren die niet zijn opgenomen in onze analyse de broedval beïnvloeden (b.v. predatie). Toch wordt 3% verklaard door bevissing. Het aantal jaar bevissing geeft

een positief effect. Dit wil zeggen dat op locaties waar een groot aantal jaren is gevist meer broed valt dan op minder vaak beviste locaties. Deze factor verklaard 60% van de deviantie. Mogelijk is hier geen sprake van een oorzaak maar van een gevolg: vissen is gecorreleerd met de kwaliteit van een station. Hierdoor wordt juist in goede kokkelgebieden met een goede broedval gevist. Beide effecten zijn niet meer aantoonbaar na de winter (7 voorjaarsinventarisaties). In de Oosterschelde zijn geen effecten van kokkelvisserij aantoonbaar direct na de broedval (1 herbemonstering). Na de winter wordt echter een positief effect van kokkelvisserij gevonden (5 voorjaarsinventarisaties). Jaar en bevissing verklaren 7% van de deviantie. Ook hier geeft deze lage waarde aan dat er andere, niet onderzochte, factoren een rol spelen bij de broedval. Van de twee significante factoren wordt 2% van de deviantie verklaard door bevissing. In de Westerschelde worden geen effecten van kokkelvisserij aangetoond (2 herbemonsteringen en 4 voorjaarsinventarisaties).

Ook in de studie van Piersma et al. (2001) werd een negatief effect van kokkelvisserij op de broedval in de Waddenzee direct na de broedval geobserveerd. De resultaten van onze voorjaarsinventarisaties geven geen directe informatie over de broedval, maar wel over de uiteindelijke aanwas van kokkels. Het is mogelijk dat visserij de broedval negatief beïnvloedt, maar dat in de daaropvolgende winter de sterfte op de onbeviste stations hoger is.

De lokale benadering heeft te maken met kokkelpopulaties die zeer variabel zijn, zowel ruimtelijk als temporeel. Dit reduceert de power van de analyses. Daarnaast zijn visserij en kokkelhabitat moeilijk van elkaar te scheiden. Hierdoor kunnen effecten van visserij worden gemaskeerd door effecten van habitat. De tweede benadering (zie 4.3) maakt gebruik van een vergelijking tussen grootschalige gebieden en er wordt gecorrigeerd voor jaarklassterkte. Hierdoor kunnen bovengenoemde problemen voor een groot deel worden vermeden.

Tabel 4.1. Gebruikte dataset van kokkels en kokkelvisgegevens. * In 1996 waren er te lage aantallen kokkels aanwezig in de Waddenzee voor de analyse.

jaar	Kokkelvisserij Waddenzee met black box	Bestands opnamen kokkels	Kokkelvisserij Oosterschelde met black box	Bestands opnamen kokkels	Kokkelvisserij Westerschelde met black box	Bestands opnamen kokkels
1992	Ja	Mei 94	Ja	Mei 94	Nee	
1993	Ja	Mei 95	Ja	Mei 95	Nee	
1994	Ja	Mei 96*	Ja	Mei 96	Nee	
1995	Ja	Mei 97	Ja	Mei 97	Nee	
1996	Niet gevist		Ja	Mei 98	Nee	
1997	Ja	Mei 99	Niet gevist		Ja	Mei 99
1998	Ja	Mei 00	Niet gevist		Ja	Mei 00
1999	Ja	Mei 01	Niet gevist		Ja	Mei 01
2000	Ja	Mei 02 Sept 01	Niet gevist		Ja	Mei 02 Sept 01
2001	Ja	Sept 02	Ja	Sept 02	Ja	Sept 02

Tabel 4.2. Informatie over spatiele abiotische gegevens.

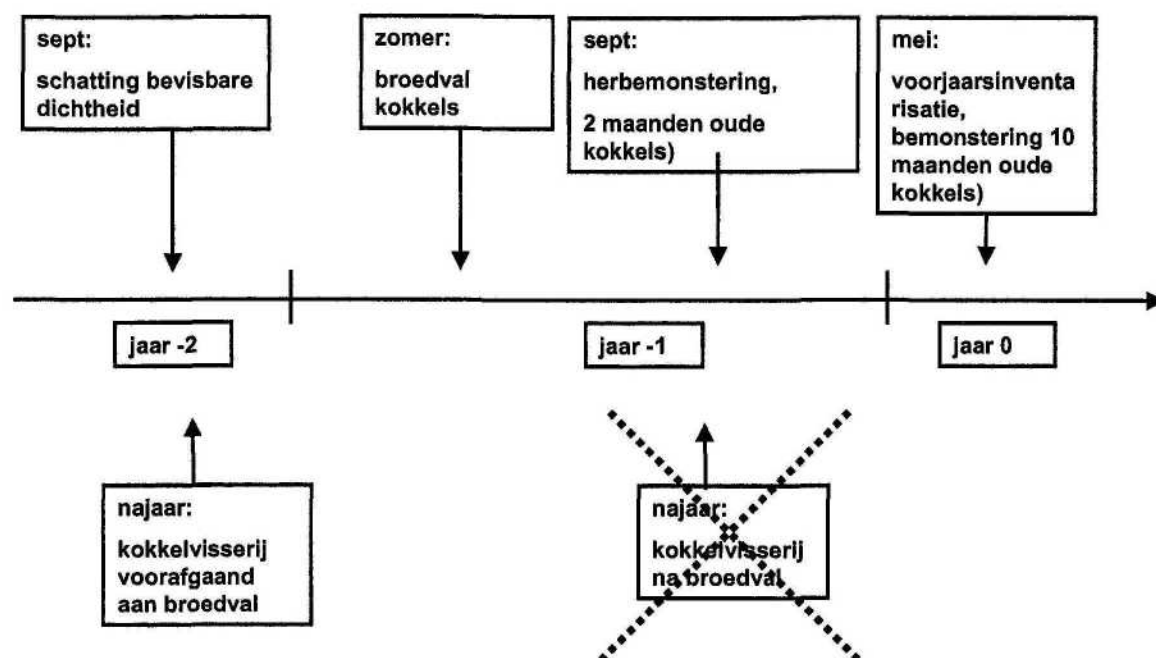
Gebied	Parameter	eenheid	jaar	grid grootte
Waddenzee	Droogvalduur (afgeleid uit diepte kaart)	%	1997	50x50 m
	Diepte	m t.o.v. NAP	1997	50x50 m
	Afstand tot de geul (afgeleid uit droogvalduur)	m	1997	50x50m
	Stroomsnelheid	m.s ⁻¹	Model voor 1989	500x500 m
	Orbitaalsnelheid	m.s ⁻¹	model	250x250 m
	mediane korrelgrootte	µm	1989-1997	50x50 m
	Slibgehalte	%	1989-1997	50x50 m
Oosterschelde	Diepte	m t.o.v. NAP	1994	20x20 m
	droogvalduur (afgeleid uit diepte kaart)	%	1994	20x20 m
	stroomsnelheid	m.s ⁻¹	model voor 1996	50x50 m
	zoutgehalte	g.l ⁻¹	model voor 1996	100x100 m

Tabel 4.3. Significantie van deviantie analyses met verschillende datasets (herbemonsteringen en voorjaarsinventarisaties, zie figuur 4.2 – 4.18) en stepwise backwards generalized modelling. De richting van de relaties is aangegeven (positief = +, of negatief = -), significante P waarden zijn aangegeven, nd = geen gegevens. * Het effect van het aantal jaar bevissing (aantal) is alleen getest in het laatste jaar van de inventarisaties.

geteste factor	P her-bemonsteringen Waddenzee (n=239)	P voorjaars inventarisaties Waddenzee (n=1157)	P her-bemonsteringen Oosterschelde (n=80)	P voorjaars inventarisaties Oosterschelde (n=351)	P her-bemonsteringen Westerschelde (n= 36)	P voorjaars inventarisaties Westerschelde (n= 124)
Jaar	< 0.0001	< 0.0001	niet toepasbaar	0.0013		< 0.0001
Diepte	(-)	(-)	(-)	(+)	Nd	Nd
Diepte ²	(+)	(+)	(+)	(-)	Nd	Nd
Droogvalduur	(-)	0.0069 (-)	(+)	(-)	Nd	Nd
Droogvalduur ²	(+)	< 0.0001 (+)	(-)	(+)	Nd	Nd
stroomsnelheid	0.0299 (+)	(-)	(+)	(+)	Nd	Nd
Stroomsnelheid ²	0.0236 (-)	(+)	(-)	(-)	Nd	Nd
korrelgrootte	(-)	(+)	Nd	Nd	Nd	Nd
Korrelgrootte ²	(+)	(-)	Nd	Nd	Nd	Nd
slibgehalte	0.0036 (+)	(+)	Nd	Nd	Nd	Nd
Slibgehalte ²	0.0076 (-)	(-)	Nd	Nd	Nd	Nd
Saliniteit nat	Nd	Nd	(+)	(+)	Nd	Nd
Saliniteit nat ²	Nd	Nd	(-)	(-)	Nd	Nd
Saliniteit droog	Nd	Nd	(-)	(-)	Nd	Nd
Saliniteit droog ²	Nd	Nd	(+)	(+)	Nd	Nd
Percentage bevissing	0.0165 (-)	(+)	(+)	0.013 (+)	(-)	(-)
Percentage bevissing ²	(+)	(-)	(-)	(-)	niet toepasbaar	(+)
*	(n=239)	(n=216)	(n=80)	(n=90)	(n=23)	(n=19)
Aantal	< 0.0001 (+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)
Aantal ²	(+)	(-)	(+)	(+)	(-)	(+)

Tabel 4.4. "R²" (= {deviantie model – deviantie leeg} / deviantie leeg) van deviantie analyses met verschillende datasets (herbemonsteringen en voorjaarsinventarisaties, zie figuur 4.2 – 4.18) en stepwise backwards generalized modelling. Wanneer geen significante factoren zijn ingevuld is het model gerund met alle factoren. Voor de gebieden WZ02, OS98, OS02, en WS02 is alleen de factor aantal getest.

data	gebied	n	significante factoren	r2	devMODEL	devEMPTY
Alle factoren						
nj	WZ	239	jaar, stroom, slib en bevissing	0.12	64617	73086
nj	WZ	239	alleen bevissing	0.03	71044	73086
vj	WZ	1157	jaar, droogval	0.09	132839	145906
nj	OS	80		-175.07	4567082	25939
vj	OS	351	jaar, bevissing	0.07	49003	52427
vj	OS	351	alleen bevissing	0.02	51535	52426
nj	WS	36		0.07	23373	25257
vj	WS	124	jaar	0.24	31846	42085
Alleen aantal						
nj	WZ02	81	aantal	0.60	8251	20874
vj	WZ02	216		0.04	38552	40303
vj	OS98	90		0.20	7031	8839
nj	OS02	80		-133.80	3496639	25939
nj	WS02	23		0.14	16020	18718
vj	WS02	19		0.29	10725	15037



Figuur 4.1. Koppeling van gebruikte gegevens voor bepaling effect kokkelvisserij op aanwas nieuwe kokkels.

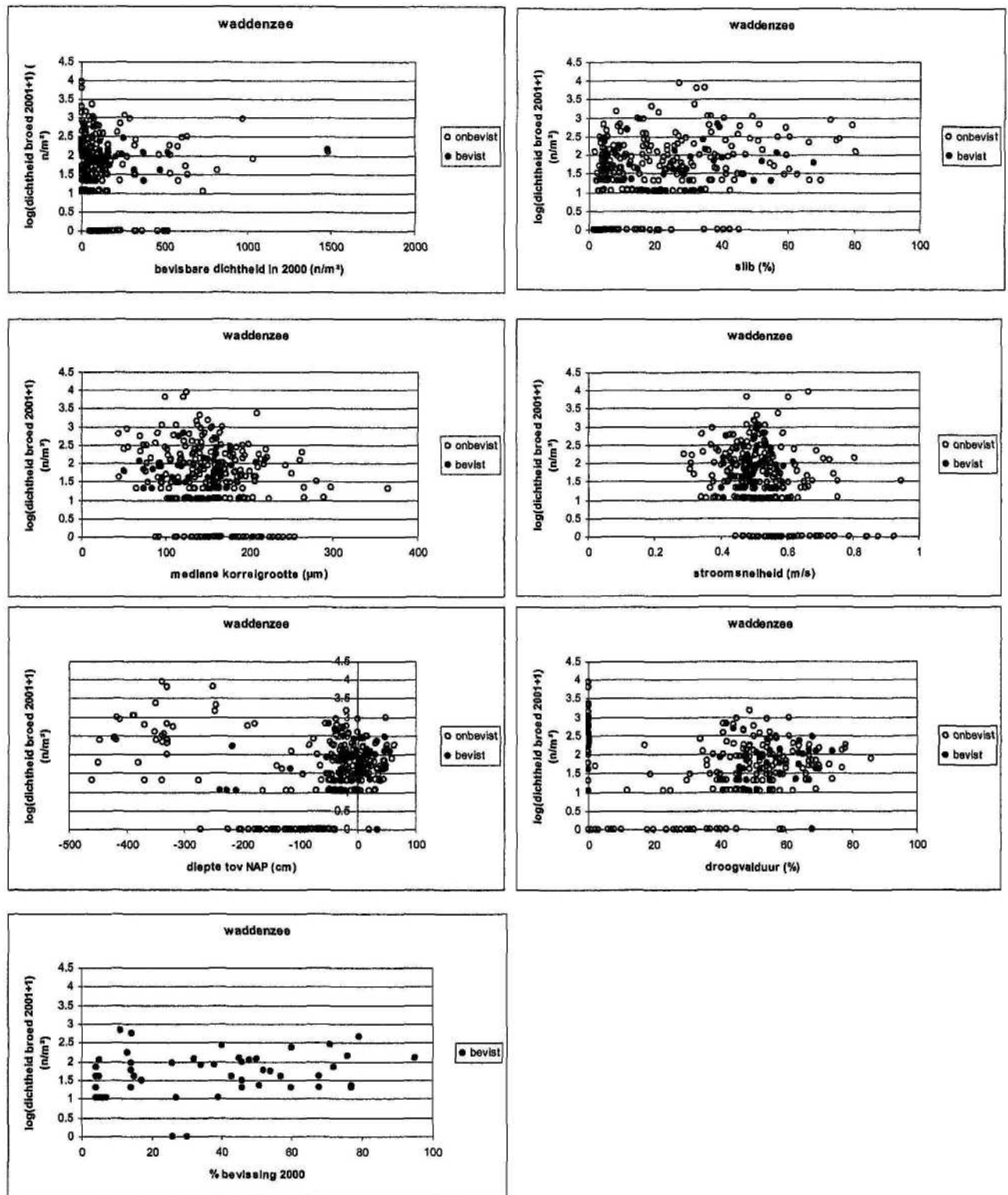


Fig. 4.2. Relaties tussen broedval (herbemonstering 2001), abiotische factoren en bevisning in de Waddenzee.

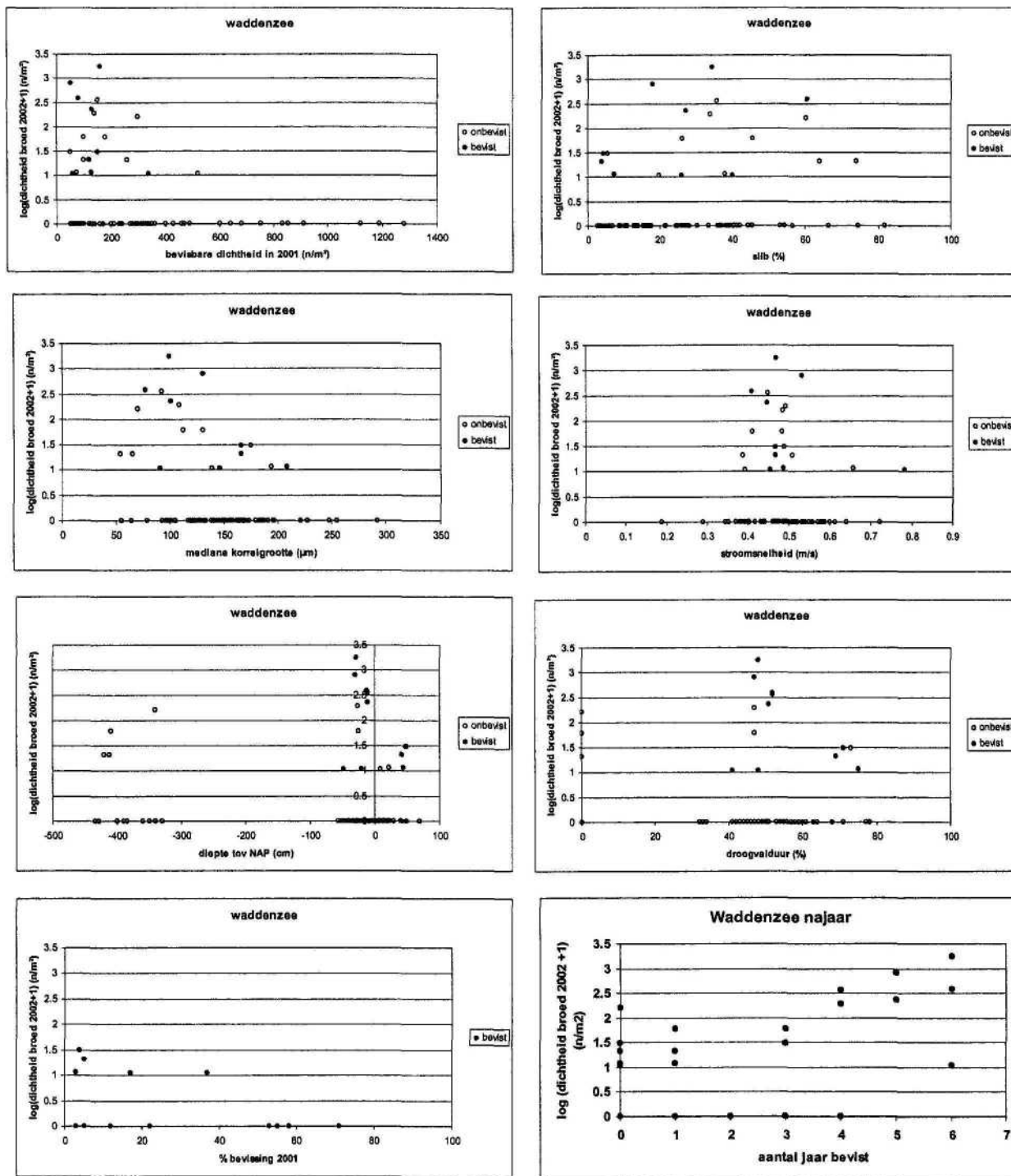


Fig. 4.3. Relaties tussen broedval (herbemonstering 2002), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

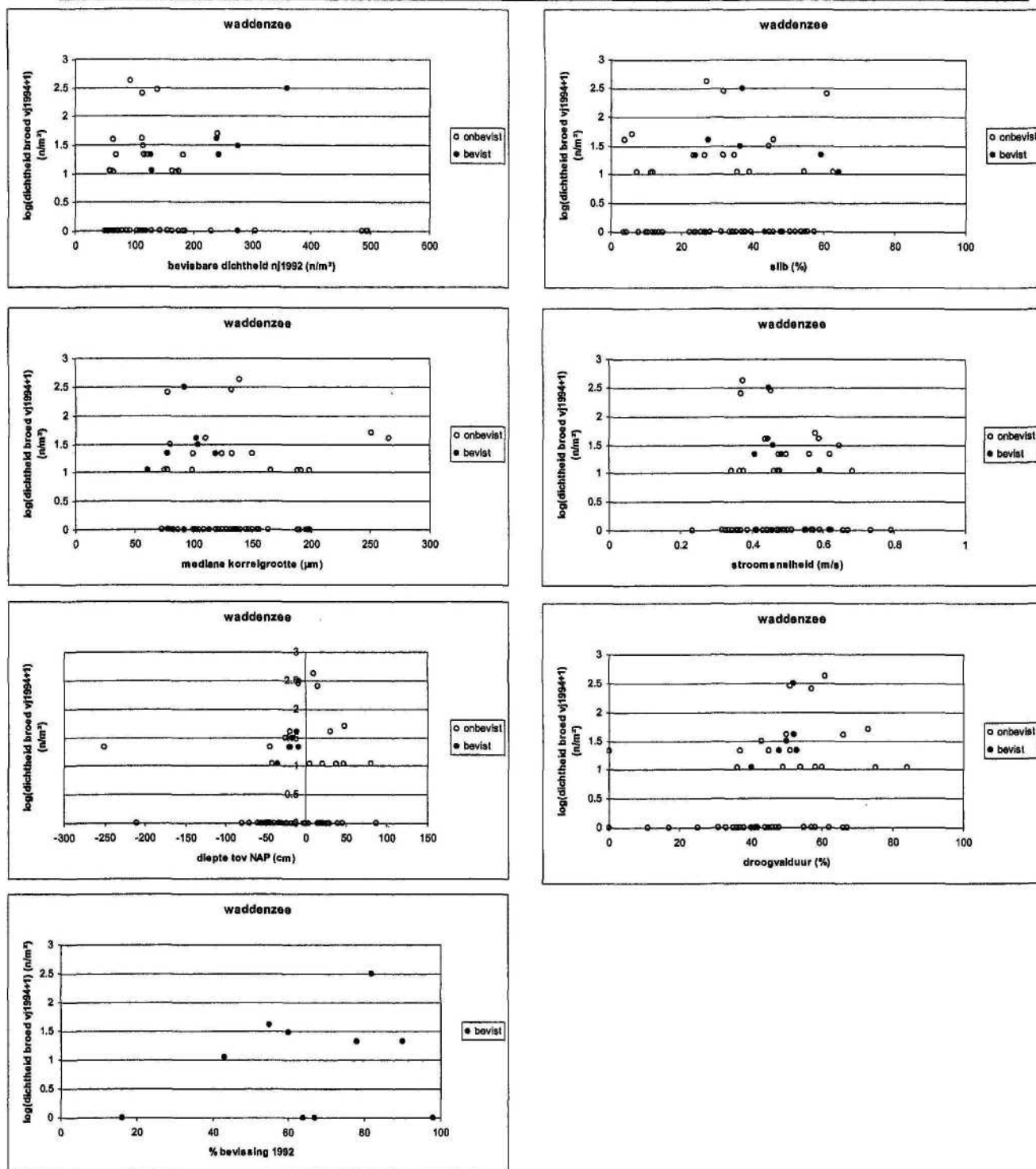


Fig. 4.4. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1994), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

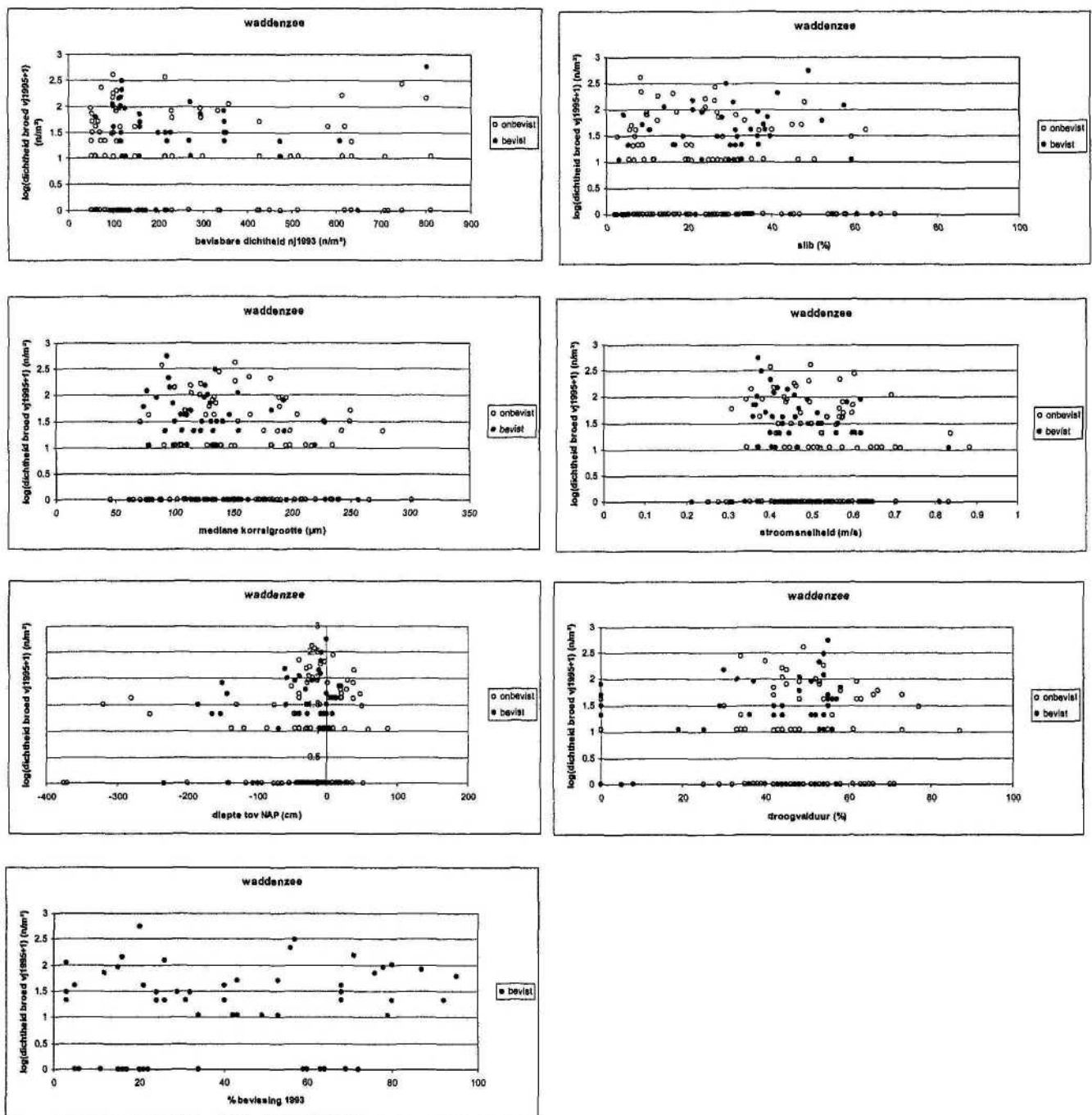


Fig. 4.5. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1995), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

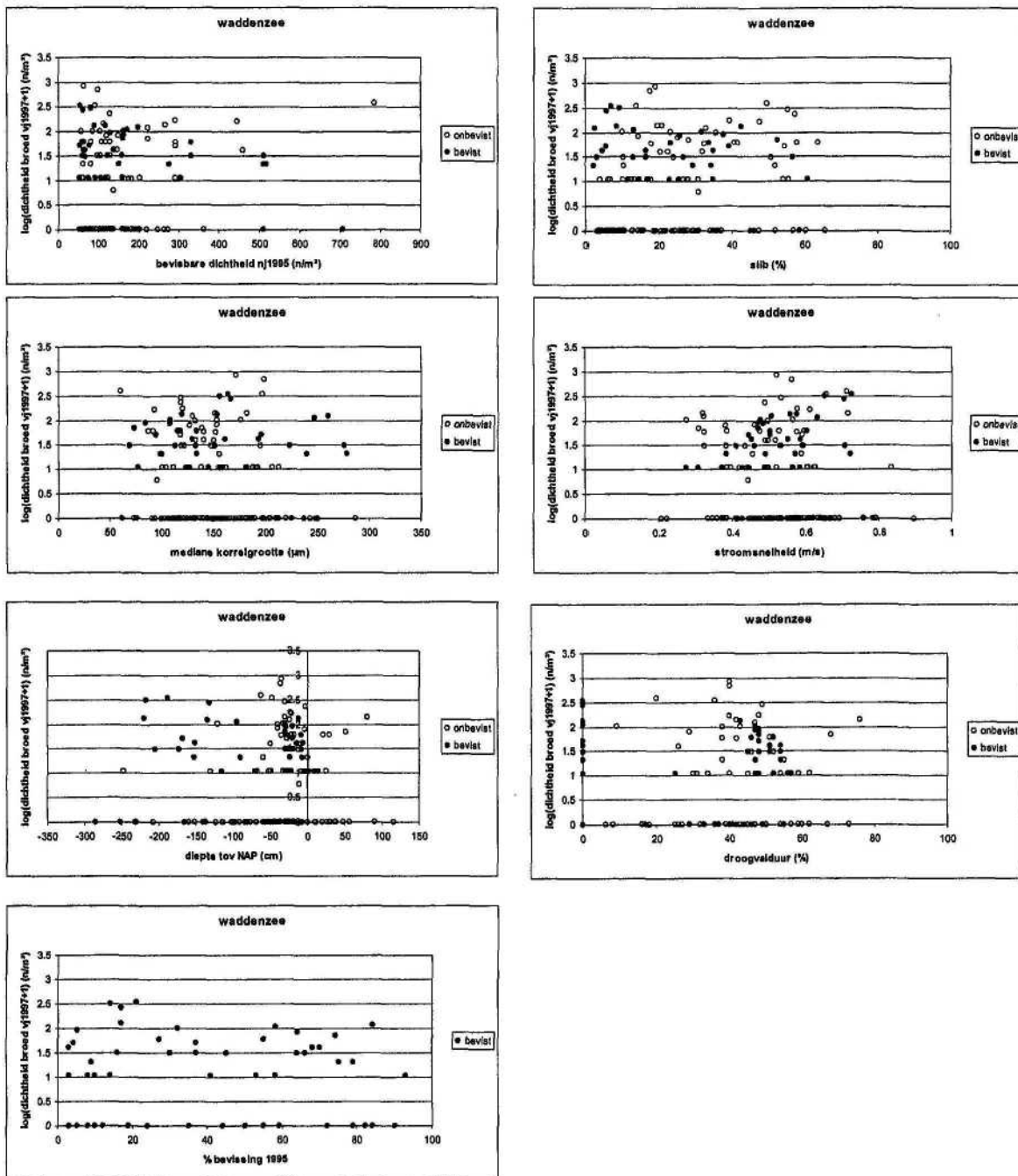


Fig. 4.6. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1997), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

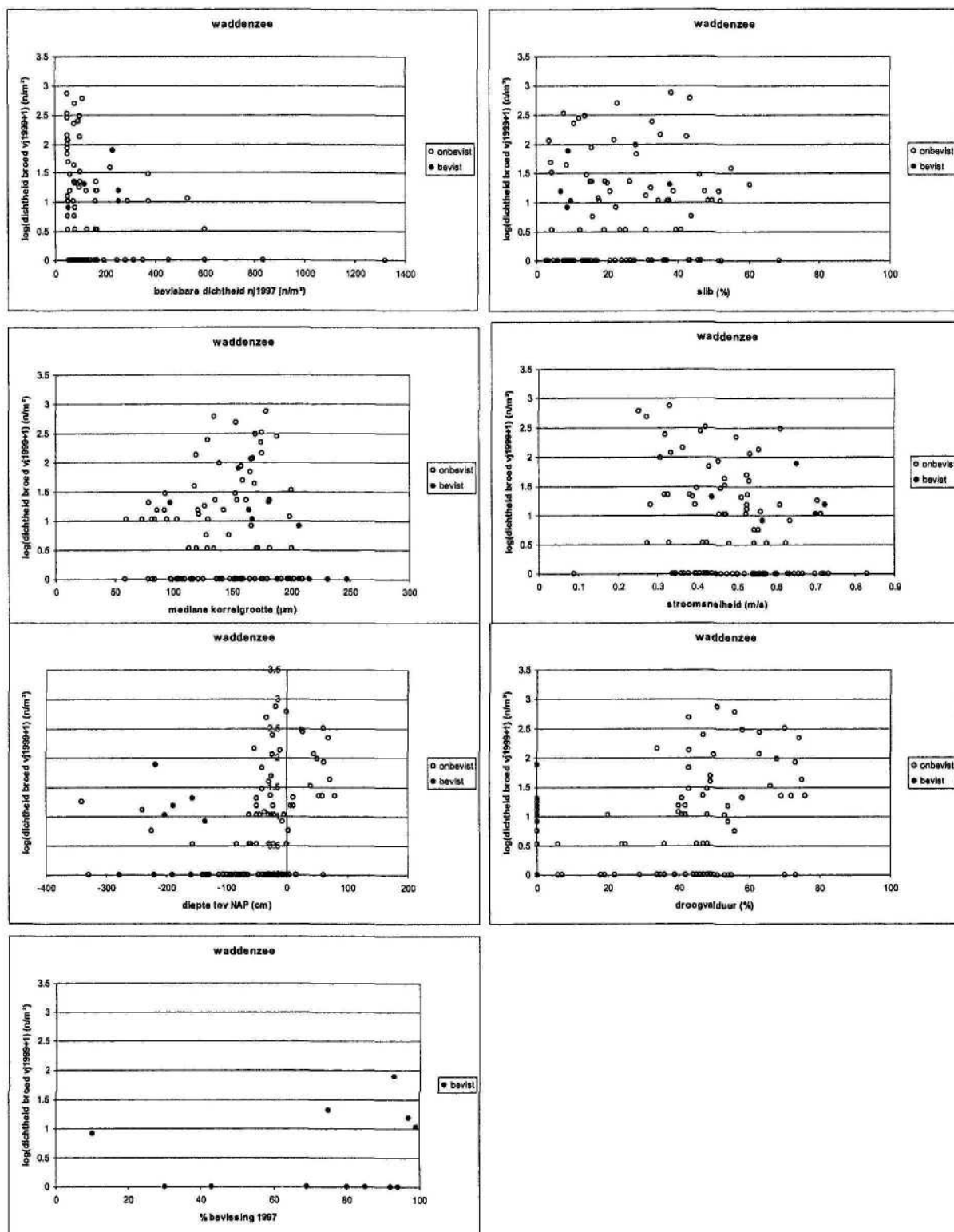


Fig. 4.7. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1999), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

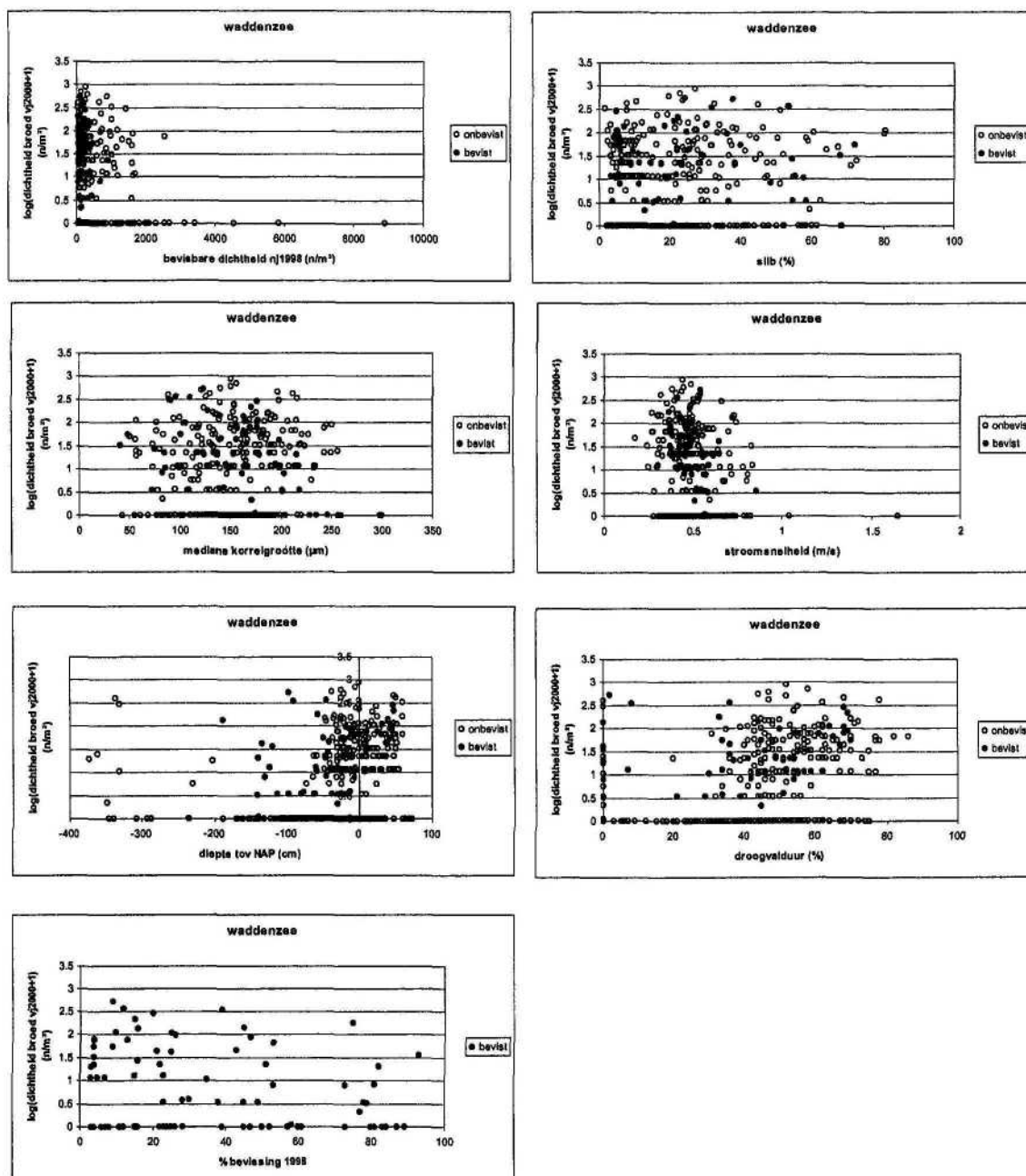


Fig. 4.8. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 2000), abiotische factoren en bevising in de Waddenzee.

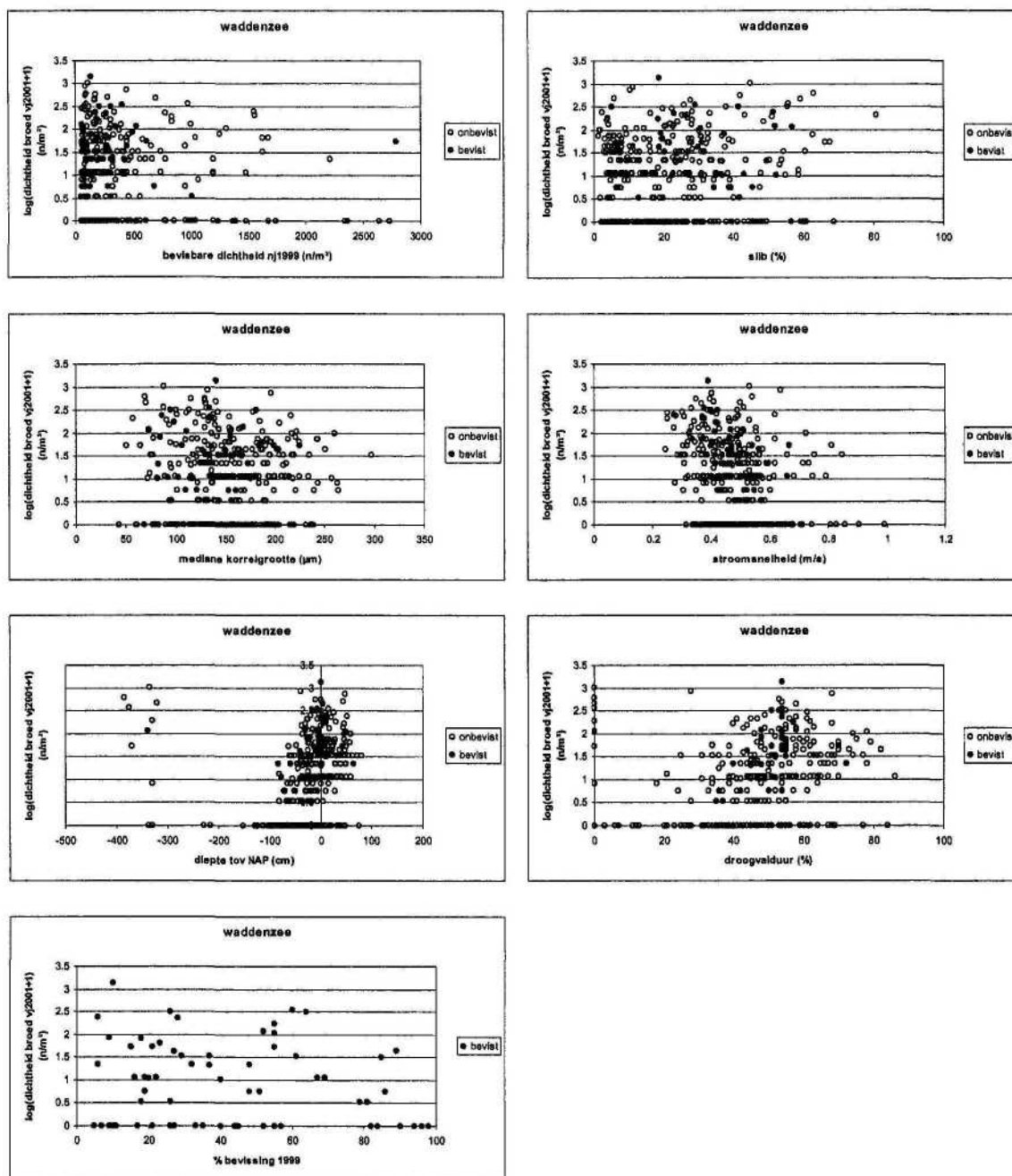


Fig. 4.9. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 2001), abiotische factoren en bevising in de Waddenzee.

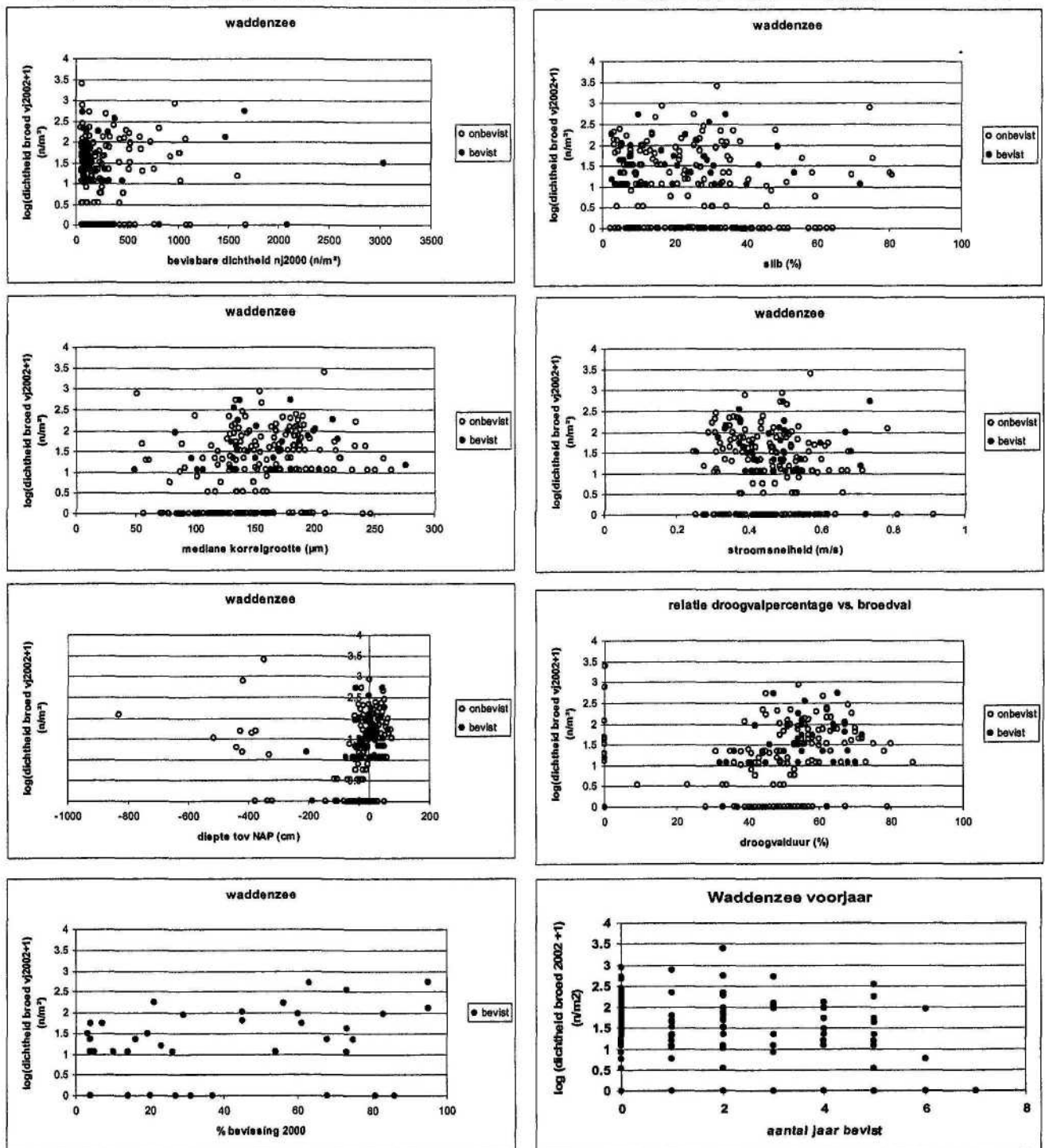


Fig. 4.10. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 2002), abiotische factoren en bevissing in de Waddenzee.

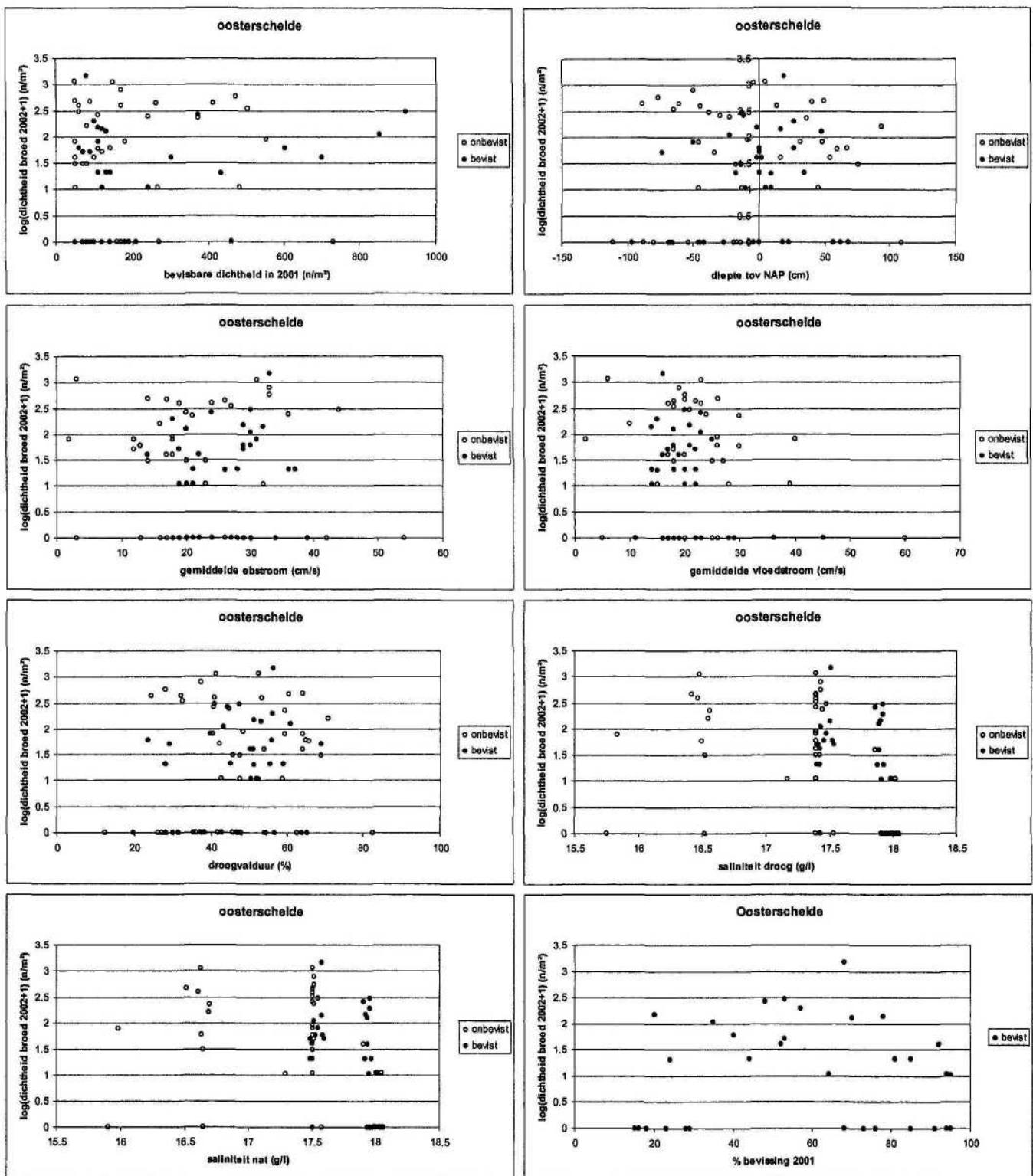


Fig. 4.11. Relaties tussen broedval (herbemonstering 2002), abiotische factoren en bevissing in de Oosterschelde.

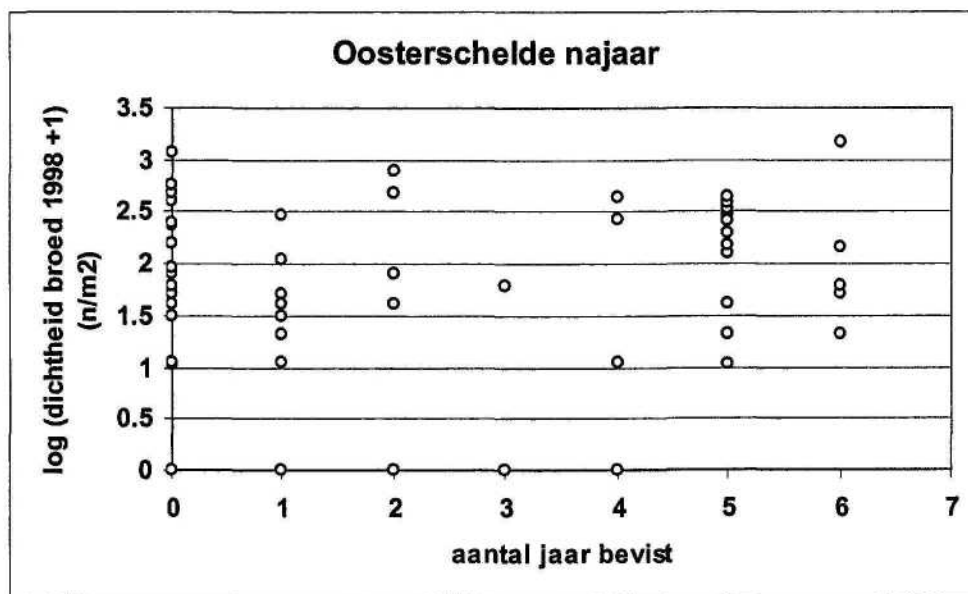


Fig. 4.11. vervolg Relaties tussen broedval (herbemonstering 2002), abiotische factoren en bevissing in de Oosterschelde.

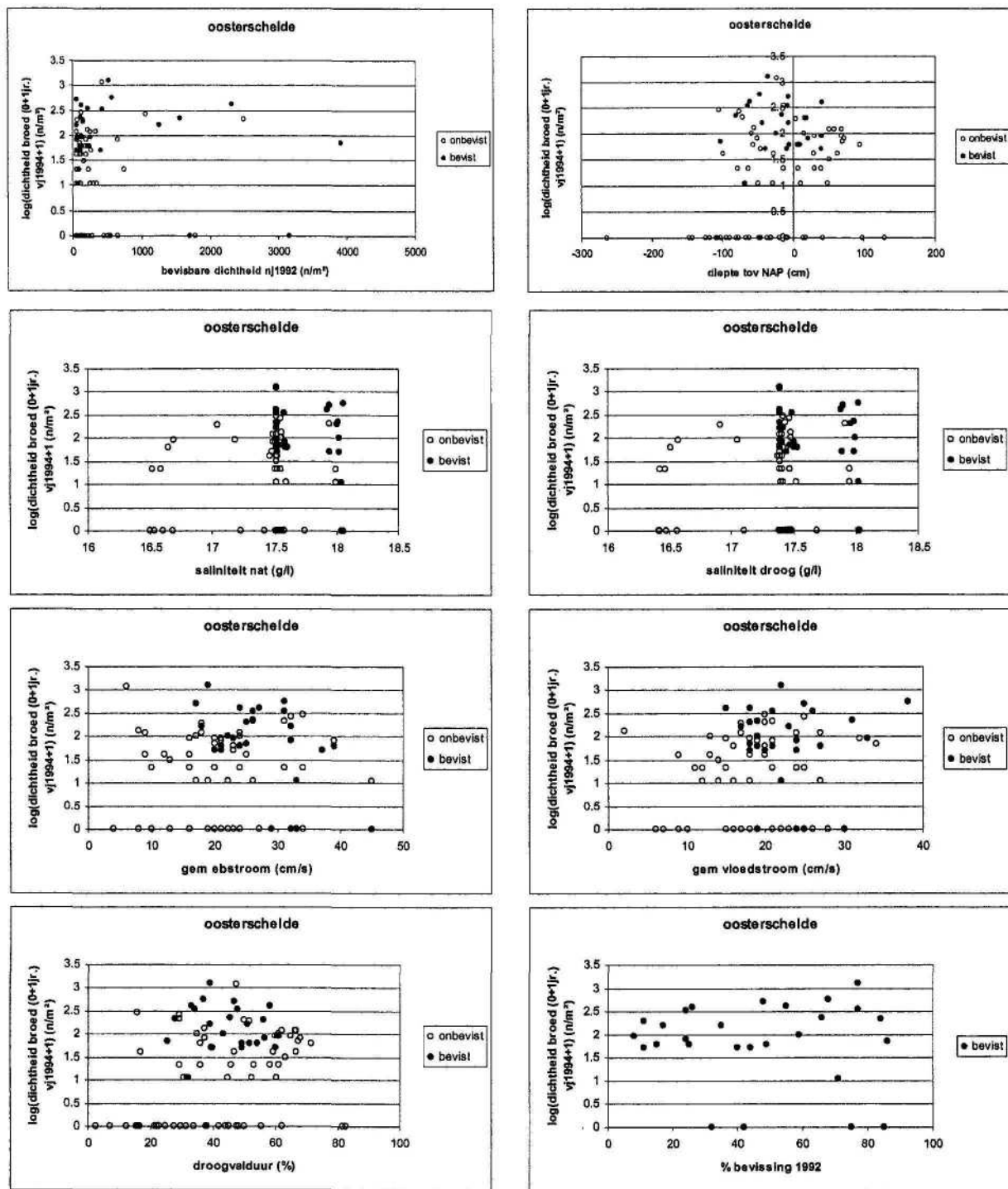


Fig. 4.12. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1994), abiotische factoren en bevising in de Oosterschelde.

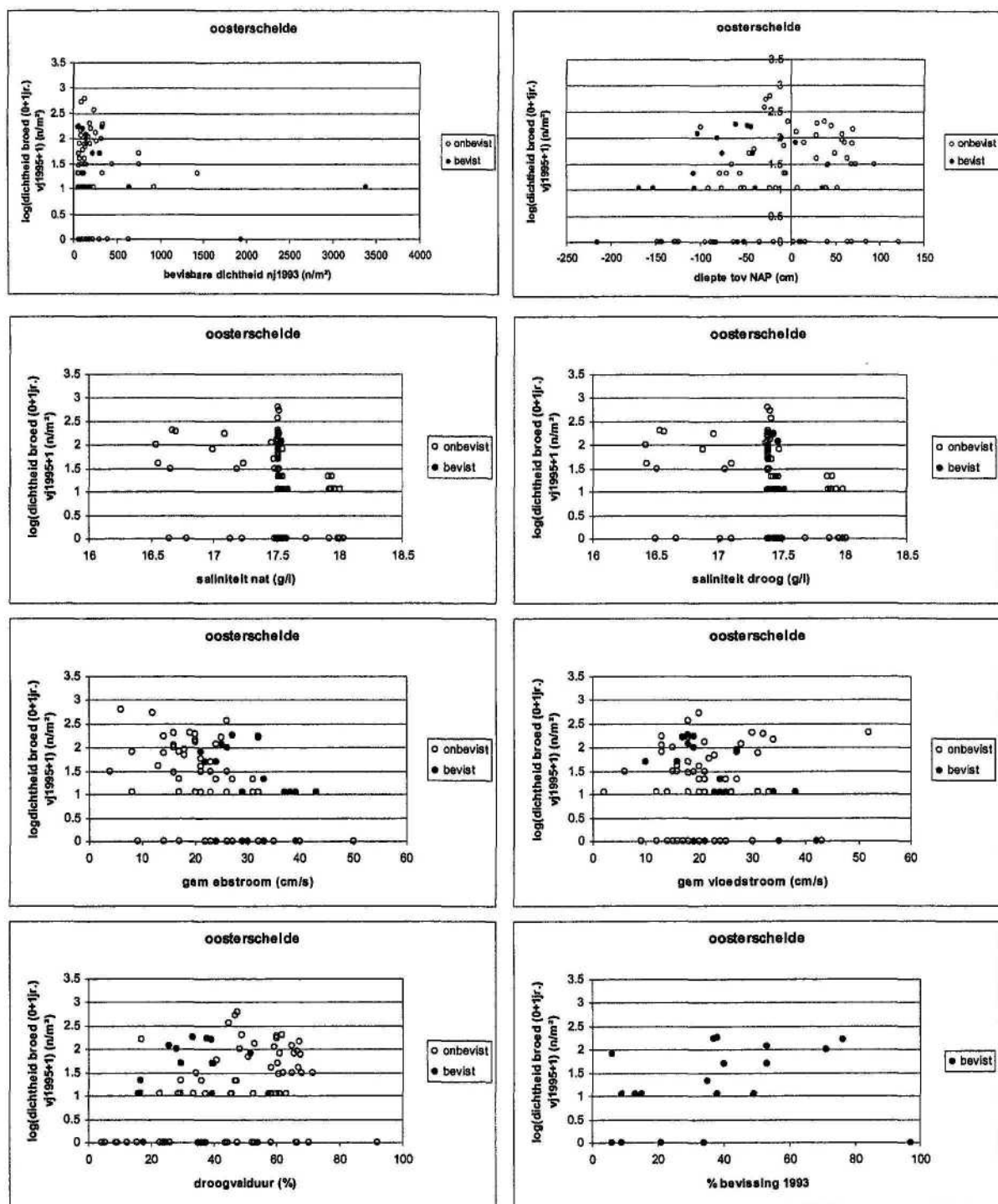


Fig. 4.13. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1995), abiotische factoren en bevissing in de Oosterschelde.

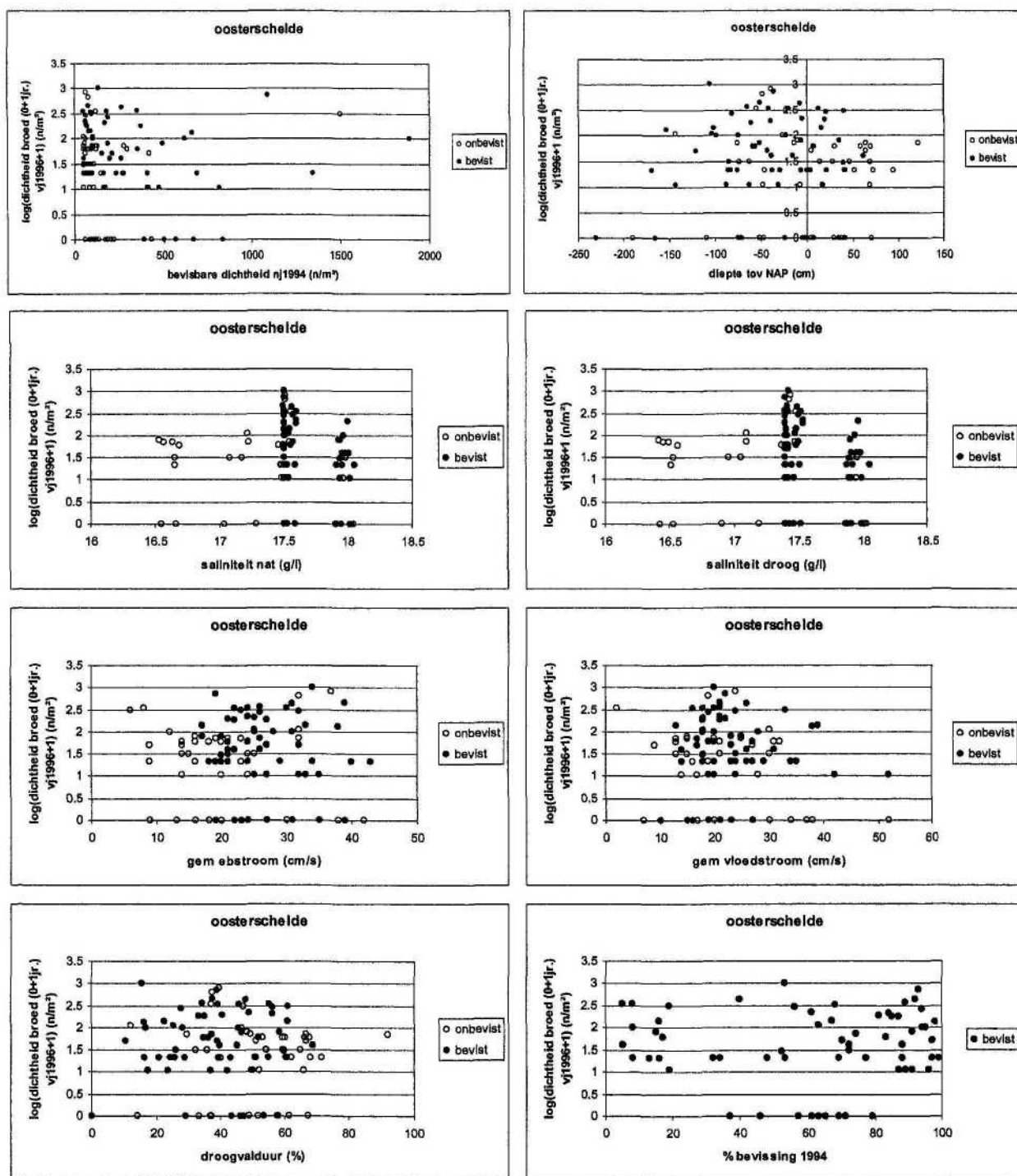


Fig. 4.14. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1996), abiotische factoren en bevisning in de Oosterschelde.

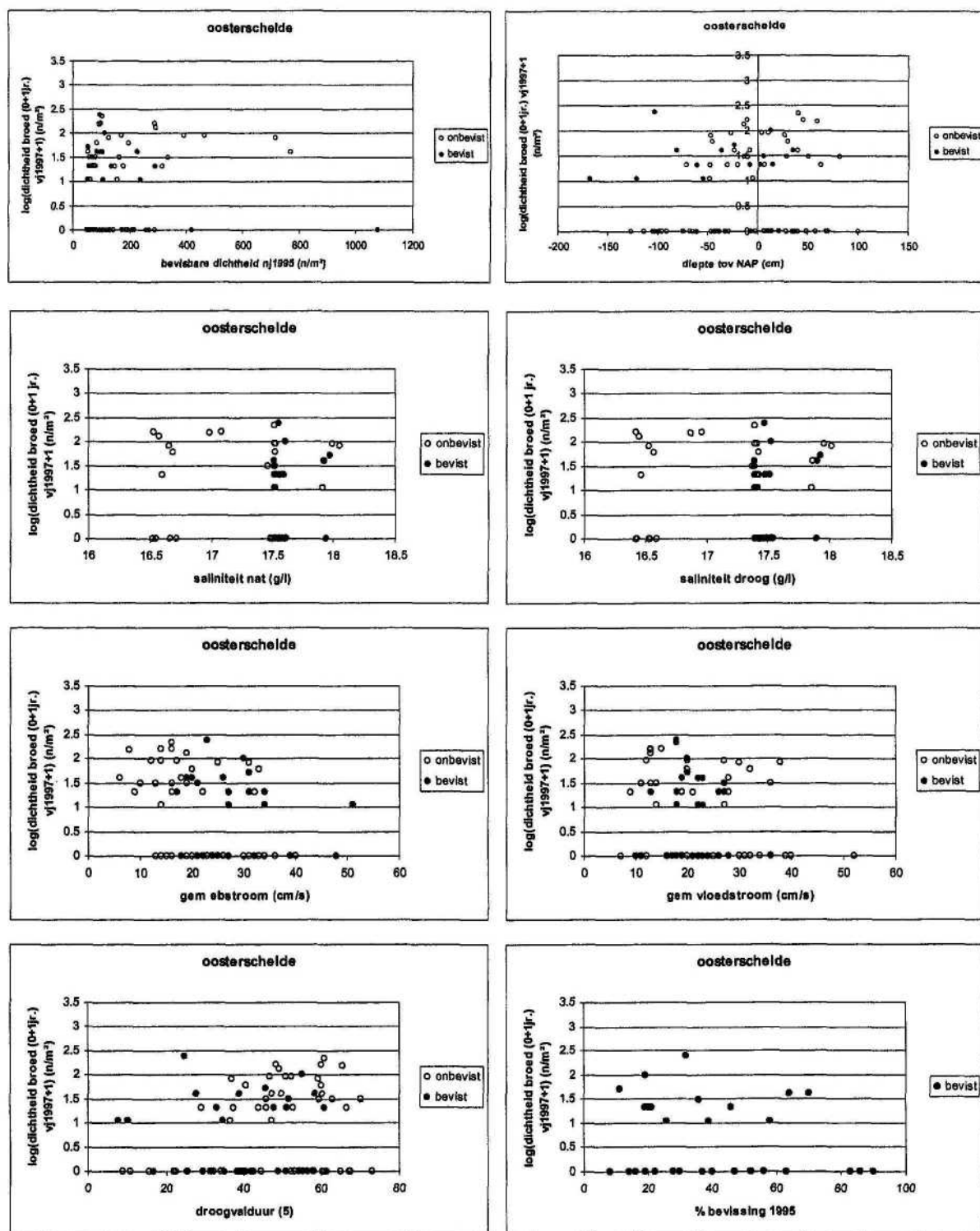


Fig. 4.15. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1997), abiotische factoren en bevestiging in de Oosterschelde.

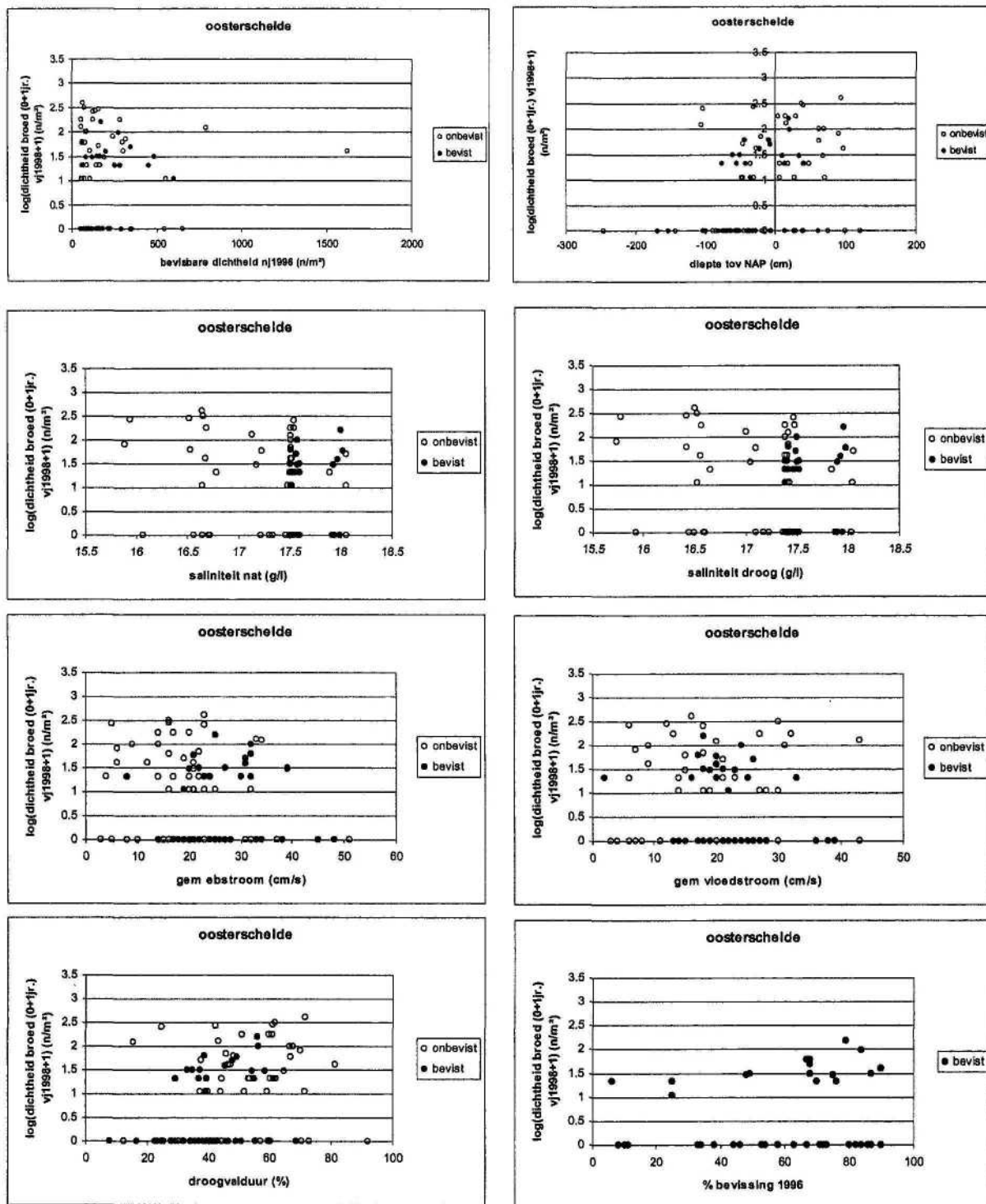


Fig. 4.16. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1998), abiotische factoren en bevissing in de Oosterschelde.

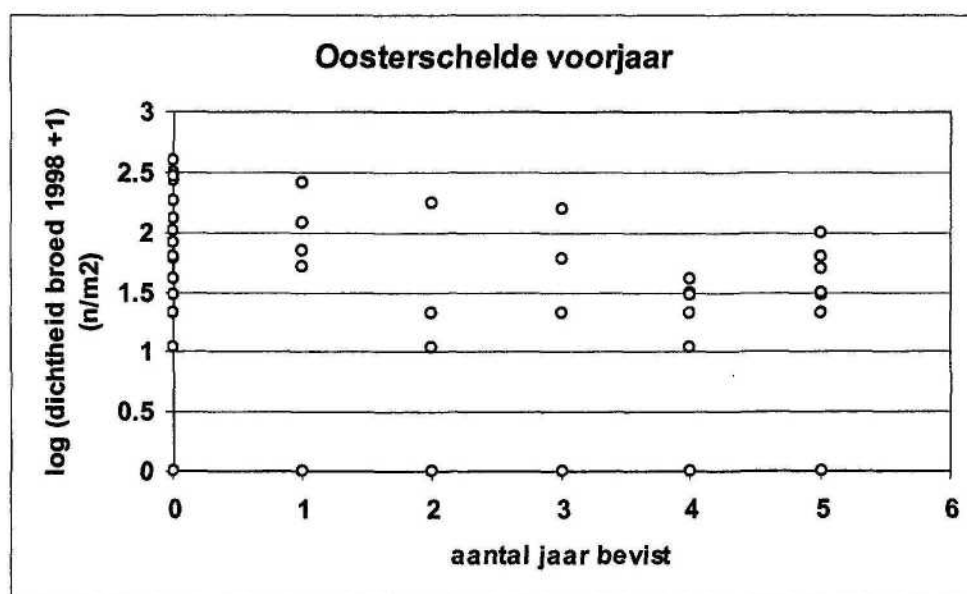


Fig. 4.16. Vervolg. Relaties tussen broedval (voorjaarsinventarisatie 1998), abiotische factoren en bevissing in de Oosterschelde.

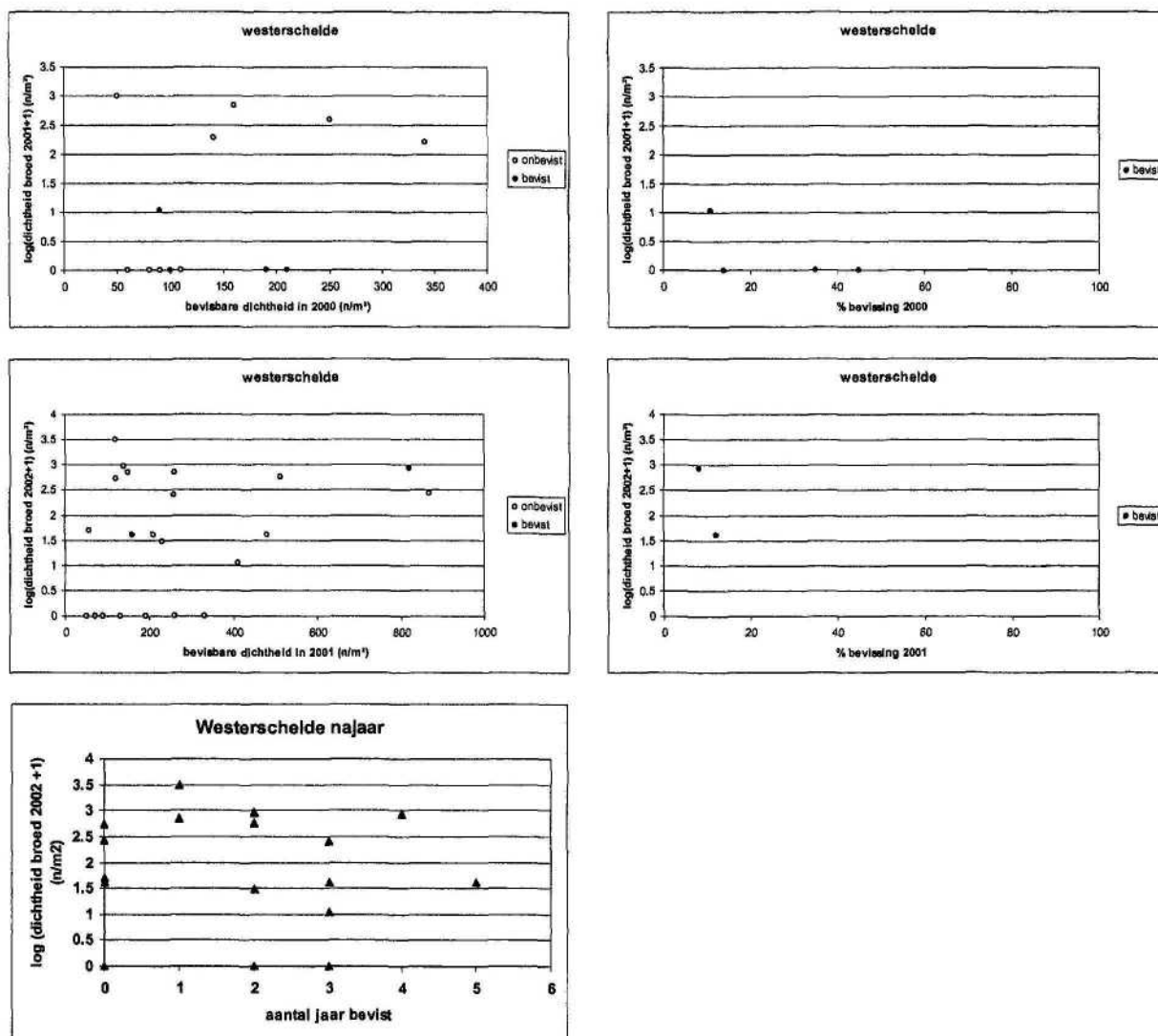


Fig. 4.17. Relatie tussen broedval (herbemonsteringen 2001 en 2002) en bevissing in de Westerschelde.

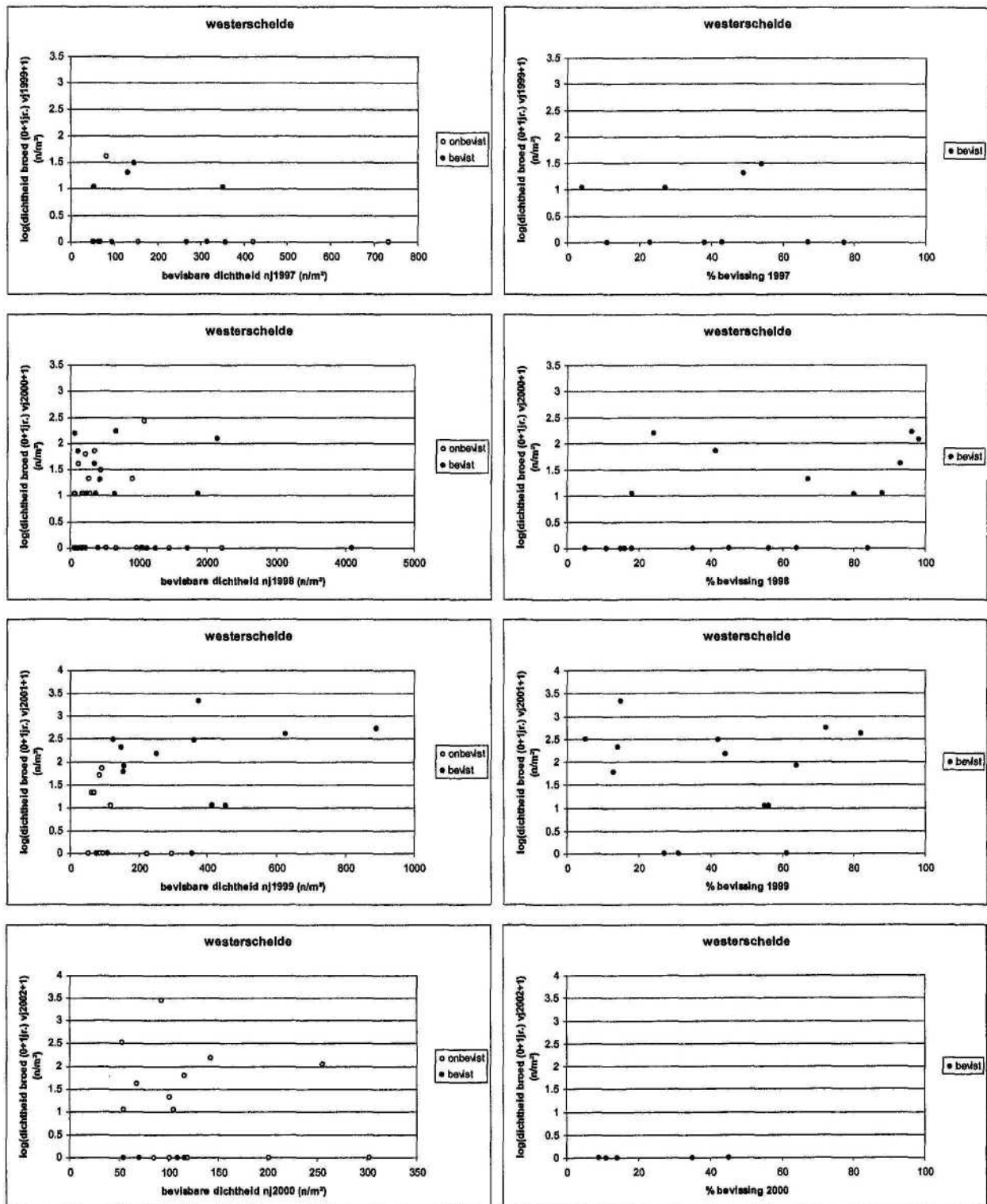


Fig. 4.18. Relatie tussen broedval (voorjaarsinventarisaties 1999 t/m 2002) en bevissing in de Westerschelde.

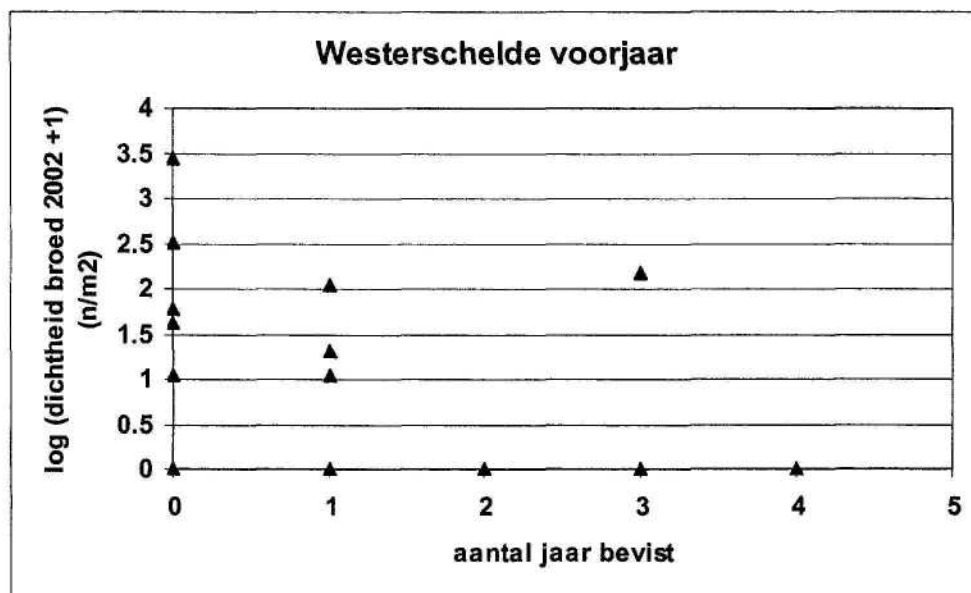


Fig. 4.18. Vervolg. Relatie tussen broedval (voorjaarsinventarisaties 1999 t/m 2002) en bevissing in de Westerschelde.

4.3. Grootschalige benadering (aanpak 2)

4.3.1. Materiaal en methoden

Dichtheden, gewicht en mortaliteit van 1-jarige kokkels in langdurig voor de visserij geopende gebieden werden vergeleken met dichtheden in langdurig gesloten gebieden. Hierbij werd gebruik gemaakt van gegevens uit de RIVO inventarisaties uit de periode 1990-2002 (zie 1.3.1), de locaties van de open en gesloten gebieden (1.3.2) en ruimtelijke abiotische gegevens (1.3.3).

Analyses Waddenzee

Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels tussen open en gesloten gebieden?

Voor een vergelijk van open met gesloten gebieden zijn grote gebieden nodig die langdurig open en gebieden die langdurig gesloten zijn geweest (zie Figuur 4.20). Voor de gesloten gebieden werd daarom gebruik gemaakt van de in 1993 gesloten gebieden en de gebieden die in de periode 1990-2002 altijd gesloten zijn geweest (groene, paarse, blauwe en oranje gebieden in Fig. 4.20). Voor de open gebieden werd gebruik gemaakt van die gebieden die in de gehele periode 1990-2002 geopend waren (witte gebieden in Fig. 4.20). Hierbij werd specifiek aandacht besteed aan de 1-jarige kokkels in de periode 1994-2002. In 1994 werd de eerste jaarklasse in de RIVO inventarisaties aangetroffen die effect kan hebben ondervonden van de sluiting van gebieden. Mogelijke effecten van visserij kunnen zijn: 1. een sediment verstoring tijdens het visseizoen in 1992, dat mogelijk effect heeft op de broedval in 1993, of 2. het in aanraking komen van een zuigkor met net gevestigd broed in het visseizoen van 1993. Deze effecten worden dus niet meer verwacht in de gesloten gebieden. De gebieden die in 1999 zijn gesloten (rode gebieden in Fig. 4.20), zijn buiten beschouwing gelaten in de analyses omdat in slechts drie jaren 1-jarige kokkels aanwezig waren in de gesloten gebieden die zeker niet met een kor in aanraking zijn geweest.

De dichtheden van 1-jarige kokkels in de litorale gebieden die in 1993 waren gesloten (= de in 1993 gesloten gebieden + de in 1993 reeds gesloten gebieden) en de litorale gebieden die altijd (1990-2002) waren geopend werden per jaar vergeleken over de periode 1994-2002:

$$\Delta l j_{jaar=i} = \log_{10}(Dl j_{open, jaar=i}) - \log_{10}(Dl j_{gesloten, jaar=i})$$

met:

$$Dl j_{open, jaar=i} = \text{dichtheid (\#} \cdot \text{m}^{-2} \text{) 1-jarige kokkels in jaar } i$$

Negatieve getallen impliceren hierbij dat de dichtheden in de gesloten gebieden groter waren dan in de open gebieden; positieve getallen dat dichtheden in open gebieden groter waren; "0" impliceert geen verschil. M.a.w., als het openstellen van gebieden voor visserij een negatief effect heeft op de dichtheden 1-jarige kokkels dan zou dit moeten resulteren in negatieve waarden.

Mogelijke verschillen tussen open en gesloten gebieden werden onderzocht m.b.v. variantieanalyse in SAS (2000).

Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden: de rol van habitat?

Verschillen in habitat tussen open en gesloten gebieden zouden de oorzaak kunnen zijn van verschillen in kokkeldichtheid. Daarom is ook gekeken of na correctie voor habitatverschillen, verschillen aantoonbaar waren tussen open en gesloten gebieden:

Omdat het habitatmodel voor 1-jarigen kokkels voor de Waddenzee (deelproject H3, Kater et al, in prep.) nog niet gereed was is een habitatmodel gemaakt op basis van de kokkeldichtheden voor de periode 1990-2002 in die gebieden die in 1993 gesloten waren. Hierbij werd gebruik gemaakt van informatie over droogvalduur (%), diepte (m NAP), stroomsnelheid (m.s⁻¹), mediane korrelgrootte (µm), orbitaalsnelheid (m.s⁻¹) afstand tot de geul (m) en slibgehalte (%) (de waarde als zodanig en gekwadrateerd) (zie 1.3.3.).

In verband met negatieve getallen werd de diepte herberekend t.o.v. 1 meter boven NAP:

$$diepte(m)_{nieuw} = (100 - diepte(cmNAP)_{oud}) / 100$$

Dichtheden in de monsternames werden per jaar herberekend t.o.v. de gemiddelde dichtheid van 1-jarige kokkels in de hierboven genoemde gesloten gebieden. De gemiddelde dichtheid per jaar is genormaliseerd door de dichtheid uit te drukken als deel van de gemiddelde dichtheid in de gesloten gebieden over de gehele studieperiode. Hierdoor werd bereikt dat de analyses meer werden gefocusseerd op variaties in verspreiding en minder werden beïnvloed door verschillen in bestandsomvang tussen jaren.

Habitatmodellen werden vervolgens ontwikkeld middels deviantieanalyse en Poisson regressie in SAS (GENMOD procedure, stepwise backwards regression, type III). Omdat de gegevens geen count-data betroffen maar gebroken getallen, werd de schaalparameter geschat binnen de gebruikte procedure; α=0.05 werd gebruikt als selectie criterium voor opname van variabelen in het model.

In al deze analyses werden de waarnemingen gewogen, afhankelijk van het bijbehorende representatieve monster oppervlak: bijvoorbeeld, monsternames representatief voor 6 ha wogen mee voor de helft ten opzichte van monsternames representatief voor 12 ha.

Aldus werden een model ontwikkeld van de vorm:

$$dichtheid = e^{(a+b*diepte+c*diepte^2+d*stroomsnelheid_{max}+e*stroomsnelheid_{max}^2+.....+h*medianekorrelg\ rootte+i*medianekorrelg\ rootte^2)}$$

Met behulp van dit model werden de dichtheden kokkels voorspeld voor de monsterlocaties in de open gebieden. Deze werden vervolgens vergeleken met de waargenomen kokkeldichtheden:

$$\Delta jHAB_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{open, voorspeld, jaar=i})$$

Negatieve getallen impliceren hierbij dat de dichtheden lager waren dan voorspeld; positieve getallen impliceren dat de dichtheden hoger waren dan voorspeld; "0" impliceert geen verschil. M.a.w., als visserij een negatief effect heeft op de dichtheden 1-jarige kokkels en het model effectief corrigeert voor verschillen in habitat tussen open en gesloten gebieden, dan zal dit resulteren in negatieve waarden.

Het vermogen van dit model, gebaseerd op de gesloten gebieden, om dichtheden 1-jarige kokkels in open gebieden te voorspellen werd beschreven met deviantieanalyse/Poisson regressie:

$$waargenomen\ dichtheid = e^{(a+b*\ln(voorspelde\ dichtheid))}$$

De p waarden en percentages verklaarde deviantie in deze analyse werden gebruikt om te beoordelen of er een significant verband was tussen voorspellingen en waarnemingen (p) en wat het voorspellend vermogen was van de habitatmodellen (% verklaarde deviantie).

Om te bepalen of visserij de factor is die de verschillen tussen open en gesloten gebieden kan verklaren werden de dichtheden aan 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden vóór correctie voor habitat werden gerelateerd aan visserij-inspanning (uitgedrukt als percentage bevist oppervlak) in het visseizoen voorafgaand aan de voorjaarsinventarisatie en het visseizoen in het jaar daarvoor.

Tevens zijn dichtheden aan 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden gecorrigeerd voor habitat met een habitatmodel dat werd gebaseerd op alle waarnemingen in de hierboven genoemde open en gesloten gebieden, i.p.v. de gesloten gebieden alleen. Voordeel van deze benadering is dat meer waarnemingen gebruikt kunnen worden bij de modelontwikkeling waardoor mogelijk een beter voorspellend model resulteert. Nadeel is dat mogelijke relaties tussen habitat en visserij het gebruik en de interpretatie van het model bemoeilijken.

In deze benadering werden de dichtheden per jaar herberekend t.o.v. de gemiddelde dichtheid van 1-jarige kokkels in alle gebieden die bij deze analyse waren betrokken, i.p.v. alleen de gesloten gebieden.

Vervolgens werden de voorspelde dichtheden in open en gesloten gebieden vergeleken met de waargenomen (en gecorrigeerde) dichtheden:

$$\Delta 1jOPEN_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open, wa\ arg\ enomen, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{open, voorspeld, jaar=i})$$

$$\Delta 1jGESL_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{gesloten, voorspeld, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{gesloten, wa\ arg\ enomen, jaar=i})$$

Negatieve getallen voor $\Delta 1J$ -OPEN impliceren hierbij dat de dichtheden in de open gebieden lager waren dan voorspeld; Negatieve getallen voor $\Delta 1J$ -GESL impliceren hierbij dat de dichtheden in de gesloten gebieden hoger waren dan voorspeld; "0" impliceert geen verschil. M.a.w., als visserij een negatief effect heeft op de dichtheden 1-jarige kokkels en het model effectief corrigeert voor verschillen in habitat tussen open en gesloten gebieden, dan zal dit voor zowel $\Delta 1J$ -OPEN als $\Delta 1J$ -GESL resulteren in negatieve waarden.

Mogelijke verschillen tussen open en gesloten gebieden werden onderzocht m.b.v. variatieanalyse in SAS.

Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden: herstel na sluiting?

Mogelijke veranderingen in de kokkelpopulaties na sluiting werden bestudeerd door analyse van veranderingen in de verdeling van kokkels over gesloten en open litorale gebieden. Hierbij werd gebruik gemaakt van de in 1993 gesloten gebieden en die gebieden die gedurende de gehele periode 1990-2002 geopend waren:

$$\Delta 1j_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{gesloten, jaar=i})$$

Als visserij een negatief effect zou hebben op de dichtheden 1-jarige kokkels, dan zou dit mogelijk kunnen resulteren in een toename van de dichtheden 1-jarige kokkels na sluiting. In dat geval zou $\Delta 1J$ een negatieve ontwikkeling laten zien in de periode 1994-2002.

Verschillen in dichtheden van 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden: de rol van kokkelstand?

Omdat de ontwikkelingen in 1-jarige kokkels veroorzaakt zouden kunnen zijn door een toename van oudere kokkels in de in 1993 gesloten gebieden (door het ontbreken van visserij) en negatieve interacties tussen oudere kokkels en broedval, is verder onderzocht of de oudere kokkels in de gesloten gebieden toenamen en of er een relatie was tussen oudere kokkels en broedval. In aanvulling hierop werd ook gekeken naar verschillen in dichtheden van 2-jarige kokkels ($\Delta 2J$; #.m⁻²), het kokkelbestand (ΔTOT ; g.m⁻²), het gemiddelde gewicht van de 1-jarige kokkels ($\Delta G1J$; g) en de mortaliteit van de 1-jarige kokkels ($\Delta MORT$).

De mortaliteit (RMR) en $\Delta MORT$ werden hierbij aldus berekend:

$$RMR_{jaar=i} = \ln(D1j_{jaar=i}) - \ln(D2j_{jaar=i+1})$$

$$\Delta MORT = RMR_{gesloten} - RMR_{open}$$

Mogelijke ontwikkelingen in deze variabelen werden bestudeerd m.b.v. regressieanalyse in SAS.

Analyses Oosterschelde

Getracht werd een zelfde benadering toe te passen op de Oosterschelde, als hierboven is weergegeven voor de Waddenzee. Probleem is echter dat in de Oosterschelde het openen en sluiten van gebieden zeer variabel is geweest (zie Fig. 1.3). Een herhaling van de Waddenzee-analyses voor de Oosterschelde was daarmee niet mogelijk.

Wel werden per jaar de dichtheden van de 1-jarige kokkels in de open en de gesloten litorale gebieden vergeleken, zoals eerder is aangegeven:

$$\Delta 1j_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open,jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{gesloten,jaar=i})$$

Merk op dat veranderingen in $\Delta 1J$ over de jaren in deze analyses mede onder invloed staan van verschillen in oppervlak en locatie van de gesloten gebieden. Voor een aantal jaren was deze variabele zelfs niet uit te rekenen omdat de Oosterschelde of geheel gesloten of geheel geopend was.

De langst aaneengesloten periode in de Oosterschelde waarin jaarlijks zowel open als gesloten gebieden aanwezig waren, was de periode 1993-1996. Een zinvol vergelijk van open en gesloten gebieden zoals beschreven voor de Waddenzee is dus alleen mogelijk voor die gebieden die gedurende die hele periode 1993-1996 gesloten of geopend waren (blauwe en witte gebieden in Figuur 4.21), en waarbij pas in 1994 in de gesloten gebieden voor het eerst 1-jarige kokkels aanwezig waren die geen mogelijk sediment verstoringseffect op de broedval of aanraking door een kor hebben meegemaakt. Dit beperkt de analyses dus tot een (te) klein gebied en een (te) korte periode (1994-1996).

Desondanks werden per jaar de dichtheden van de 1-jarige kokkels in deze open en gesloten litorale gebieden vergeleken, ook voor wat betreft de periode voor 1994 en na 1996. Deze analyses waren echter vooral bedoeld ter illustratie, gezien de beperkingen van de dataset. Verdere analyses m.b.t. habitatmodellering en trendanalyses, zoals uitgevoerd voor de Waddenzee, zijn dan ook niet uitgevoerd voor de Oosterschelde.

4.3.2. Resultaten

Waddenzee

Figuur 4.22a geeft aan dat er verschillen zijn tussen de dichtheden 1-jarige kokkels in open gebieden (witte gebieden in Fig. 4.20) versus gesloten gebieden (groene, paarse, blauwe en oranje gebieden in Fig. 4.20). Deze verschillen zijn significant (gemiddelde $\Delta 1J = -0.33$, $sd = 0.17$; $n = 9$, $t = -5.81$, $p < 0.0$). De waarden zijn negatief, dus er worden hogere dichtheden aan kokkels gevonden in de gesloten gebieden. In het open gebied ligt 47% ($10^{-0.33} = 0.47$) van wat je zou verwachten wanneer beide gebieden gelijk zouden zijn. Een deel van deze verschillen kon aan habitat worden toegewezen, een groter deel niet (gemiddelde $\Delta 1J_{hab} = -0.16$, $sd = 0.17$; $n = 9$, $t = -2.67$, $p = 0.03$), uitgaande van een habitatmodel op basis van kokkelgegevens uit de gesloten gebieden. In het open gebied ligt 70% ($10^{0.16} = 0.70$) van wat je zou verwachten na habitat correctie.

Het habitatmodel verklaarde 17% van de deviantie ($n = 2634$) m.b.t. de kokkeldichtheden in het gesloten gebied en 8% in het geopende gebied ($n = 5372$; $p < 0.01$). De rest van de deviantie wordt verklaard door andere factoren, waaronder visserij.

Door langdurig opengestelde en gesloten gebieden met elkaar te vergelijken worden lange termijn effecten die kunnen accumuleren onderzocht. Indien visserij een belangrijk effect veroorzaakt is tevens een verband te verwachten tussen de visserij-inspanning in visseizoen voorafgaand aan de voorjaarsinventarisatie (effect op broedval), of het visseizoen in het jaar daarvoor (effect op net gevestigd broed), en de dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden zonder correctie voor habitat. Er werd geen significant verband aangetoond (Fig. 4.22b).

Figuur 4.23 geeft de resultaten voor een vergelijking van de gesloten gebieden (groene, paarse, blauwe en oranje gebieden in Fig. 4.20) en de altijd open gebleven gebieden (witte gebieden in Fig. 4.20). Dit geeft een zelfde indruk, maar dan uitgaande van een habitatmodel op basis van kokkelgegevens uit de open en gesloten gebieden gecombineerd: Er waren significante verschillen tussen de dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden in de periode 1994-2002 (gemiddelde $\Delta 1J = -0.33$, $sd = 0.17$; $n = 9$, $t = -5.81$, $p < 0.01$; $10^{-0.33} = 0.47$). Wederom negatieve waarden, dus hogere dichtheden in de gesloten gebieden. Een deel van deze verschillen kon aan habitat worden toegewezen, een deel niet (gemiddelde $\Delta 1J_{GESL} = -0.11$, $sd = 0.11$; $n = 9$, $t = -3.00$, $p = 0.02$, $10^{-0.11} = 0.78$; (gemiddelde $\Delta 1J_{OPEN} = -0.08$, $sd = 0.07$; $n = 9$, $t = -3.29$, $p = 0.01$, $10^{-0.08} = 0.83$).

Het habitatmodel verklaarde 15% van de deviantie ($n = 8006$) m.b.t. de kokkeldichtheden in het totaal van gesloten en open gebieden. In het gesloten gebied werd 10% van de deviantie verklaard door het model, in het open gebied 18%. De rest van de deviantie wordt verklaard door andere factoren, waaronder visserij.

Beide habitatmodelbenaderingen geven dus een zelfde beeld: er zijn verschillen tussen de open en gesloten gebieden, deze verschillen zijn deels door habitat te verklaren, deels ook niet. Juist dit deel dat niet door habitat was te verklaren is interessant voor deze rapportage: wordt dit overblijvende verschil veroorzaakt door visserij of niet? Belangrijk voor de beantwoording van deze vraag is de kwaliteit van de gebruikte habitatmodellen. Als het model slecht in staat is de onderliggende habitatrelaties te beschrijven, dan zou dit overblijvende verschil te verklaren zijn door habitatverschillen die niet zijn meegenomen in het model. Als het model goed in staat is de onderliggende habitatrelaties te beschrijven, dan neemt hiermee de waarschijnlijkheid toe dat dit overblijvende verschil door visserij werd veroorzaakt.

Om een beter idee te krijgen van de kwaliteit van de habitatmodellen is gekeken in hoeverre de dichtheden 1-jarige kokkels in de in 1993 gesloten gebieden (groene gebieden in Fig. 4.20) afwaken van de gebieden die in de gehele periode 1990-2002 gesloten waren (paarse, blauwe en oranje gebieden in Fig. 4.20). De dichtheden 1-jarige kokkels in de in 1993 gesloten gebieden bleken lager dan de in 1990-2002 gesloten gebieden in de periode na 1993 (gemiddelde $\Delta 1J = -0.47$, $sd=0.44$; $n=9$, $t=-3.20$, $p=0.01$). Deze verschillen zijn dus qua ordegrrootte vergelijkbaar met het contrast open-gesloten gebieden zoals hiervoor besproken.

Vervolgens werd gekeken in hoeverre deze verschillen tussen de beide gesloten gebieden (in 1993 gesloten en vanaf 1990 gesloten) verklaarbaar waren vanuit het eerder genoemde habitatmodel op basis van beide gesloten gebieden tezamen. Als dit habitatmodel geen recht doet aan de onderliggende habitatrelaties dan was de verwachting dat deze verschillen slechts ten dele zouden verdwijnen na correctie voor habitatverschillen. Als dit habitatmodel wel recht doet aan de onderliggende habitatrelaties dan was de verwachting dat deze verschillen zouden verdwijnen na correctie voor habitatverschillen. Als deze verschillen volledig zouden verdwijnen na habitatcorrectie neemt dus de waarschijnlijkheid toe dat visserij een rol speelt in de uitkomsten van Figuur 4.22 en 4.23. Als deze verschillen niet zouden verdwijnen neemt de waarschijnlijkheid af dat visserij een rol speelt in de uitkomsten van Figuur 4.22 en 4.23 omdat de habitatverschillen tussen open en gesloten gebieden niet goed zijn meegenomen in het model: "Habitat" is dan een mogelijke verklaring voor de verschillen tussen open en gesloten gebieden, ondanks correctie voor habitatverschillen met een habitatmodel.

Resultaten laten zien dat na correctie voor habitat de verschillen tussen de in 1993 en andere gesloten gebieden niet meer significant zijn:

$\Delta 1J_{1993} = -0.03$, $sd=0.11$; $n=9$, $t=-0.82$, $p=0.44$, met:

$\Delta 1J_{1993} = \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels waargenomen in in 1993 gesloten gebieden}) - \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels voorspeld in in 1993 gesloten gebieden})$

$\Delta 1J_{\text{altijd}} = -0.05$, $sd=0.33$; $n=9$, $t=-0.46$, $p=0.66$, met:

$$\Delta 1J_{\text{altijd}} = \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels waargenomen in in 1990-2002 gesloten gebieden}) - \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels voorspeld in in 1990-2002 gesloten gebieden})$$

Het habitatmodel doet dus recht aan de onderliggende habitatrelaties. Hierdoor is het waarschijnlijk dat visserij een rol speelt in de uitkomsten van Figuur 4.22 en 4.23.

Probleem hierbij is dat het habitatmodel basis van beide gesloten gebieden tezamen niet werd toegepast op data die onafhankelijk waren van de data die zijn gebruikt bij de ontwikkeling van het habitatmodel, terwijl in de eerdere exercities een habitatmodel werd ontwikkeld op basis van data uit gesloten gebieden, dat vervolgens werd gebruikt voor analyses in open gebieden (d.w.z. onafhankelijke data). Dat verschillen in dichtheden tussen gebieden lijken te verdwijnen in latere analyses maar niet in de eerdere analyses kan dus te maken hebben met het feit dat dit habitatmodel goede beschrijvende eigenschappen heeft maar slecht werkt wanneer het wordt geëxtrapoleerd naar andere gebieden. Als dit laatste het geval is blijft het goed mogelijk dat visserij geen enkele rol speelt in de resultaten van Figuur 4.22 en 4.23.

Om deze reden is een habitatmodel gemaakt op basis van de in 1993 gesloten gebieden. Dit model is vervolgens gebruikt om te kijken of verschillen in dichtheden 1-jarige kokkels tussen de in 1993 gesloten gebieden en de gebieden die in 1990-2002 altijd gesloten waren te verklaren waren vanuit habitat alleen. Resultaten laten zien dat na correctie voor habitat de verschillen tussen deze twee gebieden niet significant meer waren:

$$\Delta 1J_{\text{hab}} -0.03, \text{sd}=0.43; n=9, t=-0.20, p=0.84, \text{met:}$$

$$\Delta 1J_{\text{hab}} = \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels waargenomen in in 1990-2002 gesloten gebieden}) - \log_{10}(\text{dichtheid 1-jarige kokkels voorspeld in in 1990-2002 gesloten gebieden op basis van habitatmodel uit de in 1993 gesloten gebieden})$$

Het habitatmodel werkt dus goed wanneer het wordt geëxtrapoleerd naar andere gebieden. Hierdoor is het waarschijnlijk dat visserij een rol speelt in de uitkomsten van Figuur 4.22 en 4.23.

Het habitatmodel beschreef 14% van de deviantie ($n=2236$) m.b.t. de kokkeldichtheden in de in 1993 gesloten gebieden. In het in 1990-2002 gesloten gebied werd 11% van de deviantie verklaard door dit model ($n=398$, $p<0.01$).

In de periode na 1993 was er een geleidelijke verschuiving in de dichtheden 1-jarige kokkels naar relatief meer 1-jarige kokkels in de open gebieden of relatief minder 1-jarige kokkels in de gesloten gebieden ($n=9$, $r^2=0.79$, $p<0.01$, $a=-122.5$, $b=0.06$; zie Figuur 4.24).

Omdat deze ontwikkeling veroorzaakt zou kunnen zijn door een toename van oudere kokkels in de in 1993 gesloten gebieden (door het ontbreken van visserij) en negatieve interacties tussen oudere kokkels en broedval, is verder onderzocht of er een relatie was tussen oudere kokkels en broedval en of de oudere kokkels in de gesloten gebieden toenamen t.o.v. het open gebied. Er waren geen

duidelijke aanwijzingen voor relaties tussen kokkelbestand en broedval (zie Figuur 4.25). Figuur 4.26 en figuur 4.27 geven een vergelijk van de dichtheden 2-jarige kokkels en alle kokkels >1 jaar. In beide gevallen waren de dichtheden in de gesloten gebieden hoger dan die in de open gebieden. De totale dichtheden kokkels (aantal.m⁻²) in de gebieden die in 1993 gesloten werden ten opzichte van de altijd open gebieden was significant hoger in de periode na 1993 dan ervoor (voor $\Delta = -0.31$; na: $\Delta = -0.46$; $n=13$, $F^1_{11}=5.44$, $p=0.04$). Na 1993 namen deze relatieve dichtheden (Δ) niet significant toe of af ($n=9$, $r^2=0.28$, $p=0.14$; Fig. 4.28). De gesloten gebieden zijn echter al vanaf 1991 niet meer bevestigd (zie 1.3.2). In de gehele periode 1990-2002 komt een steeds groter deel van het kokkelbestand in het gesloten gebied te liggen ($n=13$, $r^2=0.55$, $p<0.01$; Fig. 4.28). Het gemiddeld gewicht van de 1-jarige kokkels in de open gebieden was groter dan in de gesloten gebieden (zie Figuur 4.29). De mortaliteit verschilde niet significant tussen open en gesloten gebieden, maar vertoonde wel een significante toename in de open gebieden t.o.v de gesloten gebieden (zie Figuur 4.30).

Oosterschelde

Deze analyses zijn bedoeld ter illustratie, gezien de beperkingen van de dataset. Figuur 4.31 en Figuur 4.32 geven een vergelijk van de dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden. Deze dichtheden verschilden niet significant ($p>0.11$). Duidelijk is dat interpretatie van deze resultaten erg lastig is door het gebruik van steeds verschillende open en gesloten gebieden. Verdere analyses m.b.t. habitatmodellering en trendanalyses, zoals uitgevoerd voor de Waddenzee, zijn dan ook niet uitgevoerd voor de Oosterschelde.

4.3.3. Discussie

De analyses in deze rapportage waren vooral gebaseerd op een vergelijk van open met voor de visserij gesloten litorale gebieden: zijn dichtheden, groei of mortaliteit van kokkels in open litorale gebieden anders dan in gesloten litorale gebieden, en zijn eventuele verschillen te interpreteren in termen van visserijeffecten? Hierbij werd gebruik gemaakt van de RIVO surveys die sinds 1990 zijn uitgevoerd in de Nederlandse kustwateren.

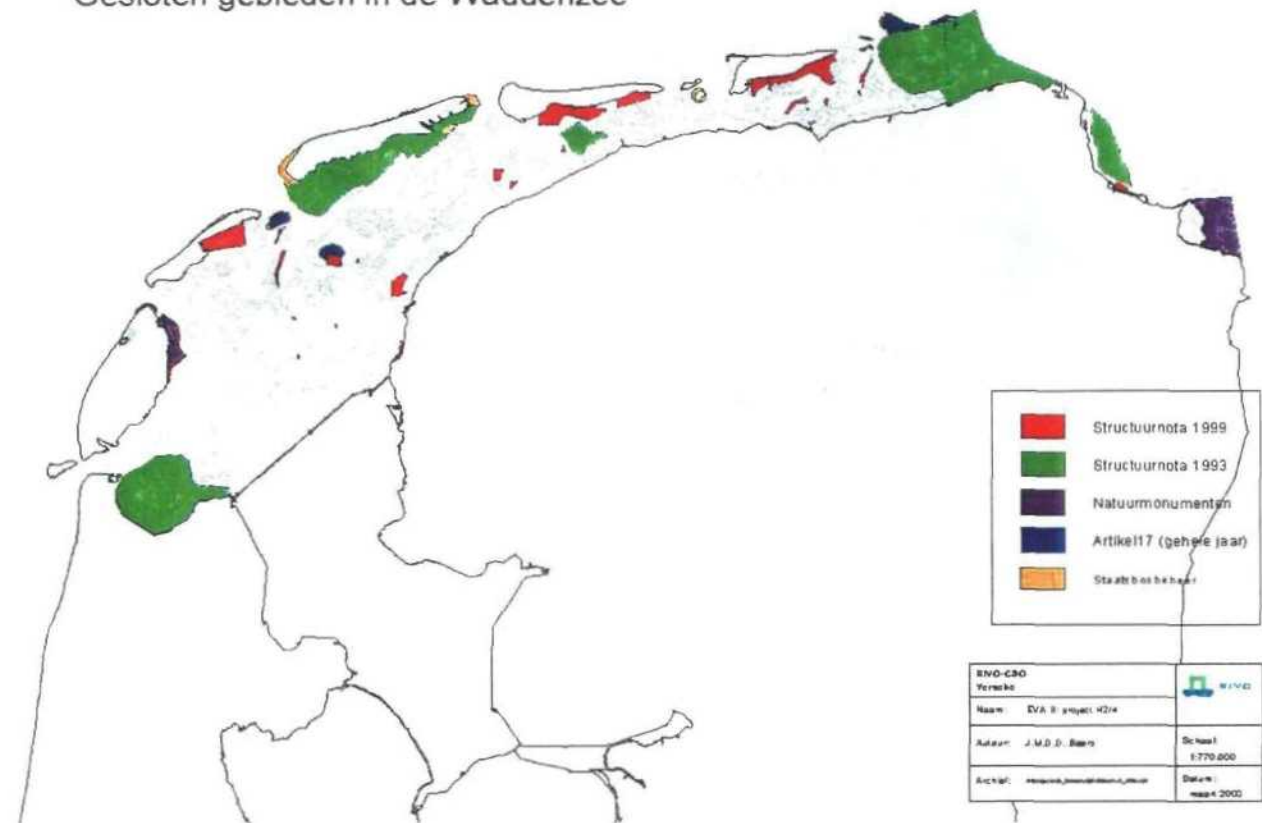
In de Waddenzee werden relatief lagere dichtheden 1-jarige kokkels aangetroffen in de open gebieden: De dichtheden in de open gebieden waren ongeveer 47% van de dichtheden in de gesloten gebieden. Deze resultaten zijn in lijn met de EVA II C1/3 deelstudie van Leopold et al (2003). Ook zij vonden hogere dichtheden aan jonge kokkels in kokkelbanken in het gesloten gebied. Onze analyse laat zien dat een deel van deze verschillen te herleiden was tot verschillen in habitat, een ander deel niet: De dichtheden in de open gebieden waren ongeveer 70% van wat verwacht kan worden op basis van een habitatmodel ontwikkeld op basis van gegevens uit het gesloten gebied. Na sluiting nam de populatie 1-jarige kokkels af in de gesloten gebieden ten opzichte van de open gebieden. Hierdoor verdwenen de verschillen in dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden over de periode 1994-2002. In de gehele periode 1990-2002 kwam een steeds groter deel van het kokkelbestand in het gesloten gebied te liggen. De 1-jarige kokkels in de gesloten gebieden waren

gemiddeld 20% kleiner dan in de open gebieden. De mortaliteit van de 1-jarige kokkels verschilde niet significant tussen open en gesloten gebieden, maar vertoonde wel een significante toename in de open gebieden t.o.v de gesloten gebieden. De Oosterschelde resultaten zijn slecht te interpreteren doordat steeds verschillende gebieden gesloten en geopend zijn geweest.

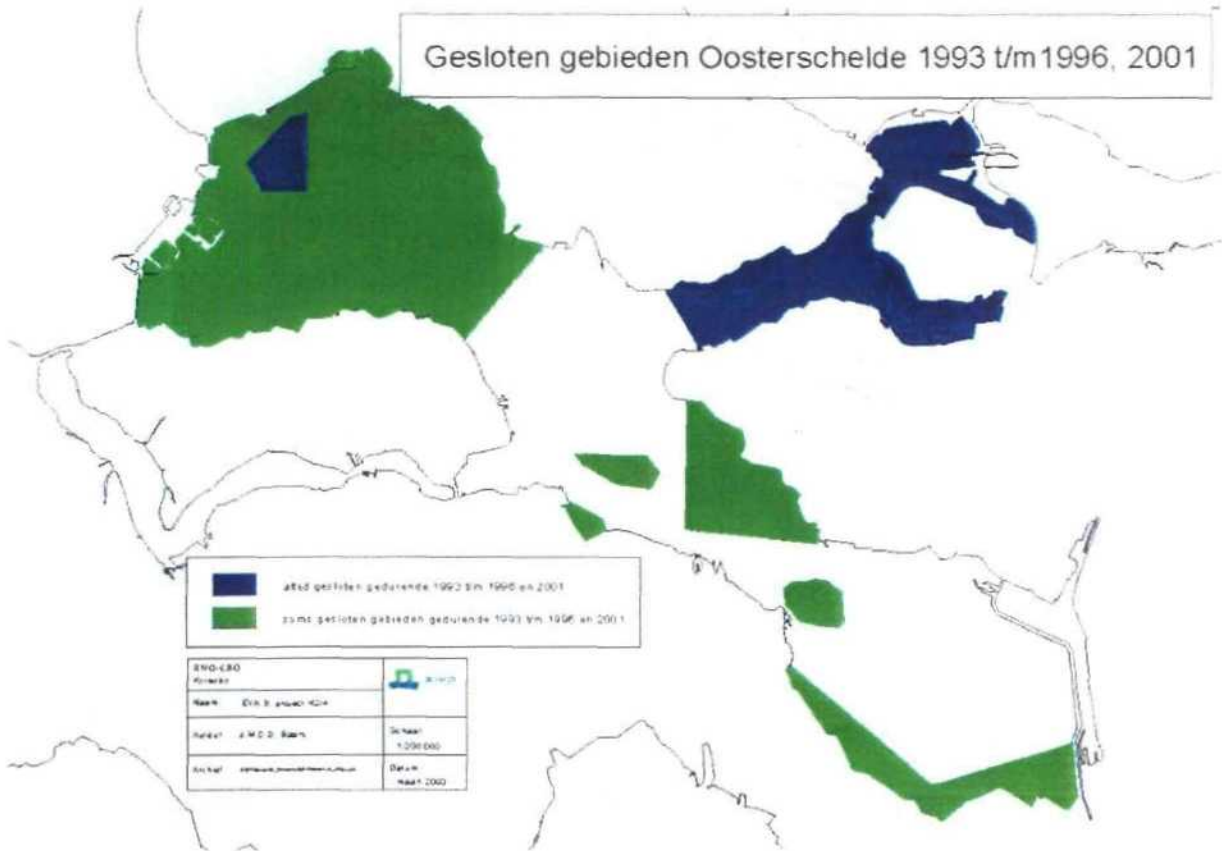
Deze resultaten suggereren dat habitat een belangrijke factor is voor een begrip van verschillen in dichtheden 1-jarige kokkels in open en gesloten gebieden. De resultaten zijn in lijn met de hypothese dat visserij een effect heeft op de dichtheden 1-jarige kokkels, maar de hardheid van deze conclusie is sterk afhankelijk van een inschatting in hoeverre habitatrelaties goed zijn meegenomen in de analyses. Verschillen in dichtheden na correctie voor habitat zouden te maken kunnen hebben met effecten van visserij of met habitatverschillen die niet zijn meegenomen in het habitatmodel. Uit een aantal aanvullende analyses bleek dat verschillen in dichtheden tussen de in 1993 gesloten gebieden en de in de gehele periode 1990-2002 gesloten gebieden verdwenen na correctie met het beschikbare habitatmodelinstrumentarium. Dit betekent dat het habitatmodel recht doet aan de onderliggende habitatrelaties. Deze controle analyse was echter beperkt ($n=1$). Er van uit gaande dat het habitat model de verschillen tussen open en gesloten gebieden voldoende kan beschrijven kan worden geconcludeerd dat het resterende verschil kan worden toegeschreven aan een negatief effect van visserij op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Er werd echter geen verband gevonden tussen de visserij-inspanning in visseizoen voorafgaand aan de voorjaarsinventarisatie (effect op broedval), of het visseizoen in het jaar daarvoor (effect op net gevestigd broed), en de dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden. Dit ondersteunt de conclusie dat het overblijvende verschil in dichtheid aan 1-jarige kokkels tussen open en gesloten gebieden wordt veroorzaakt door kokkelvisserij niet. Daarnaast werden de verschillen in broedval tussen open en gesloten gebieden in de Waddenzee ieder jaar kleiner. Een verklaring hiervoor is dat de grotere dichtheden aan oudere kokkels in de gesloten gebieden een negatieve invloed kunnen hebben op de broedval, of dat zich een langjarige ontwikkeling in natuurlijke processen voltrekt.

Samengevat geeft dit hoofdstuk aan dat er negatieve effecten van kokkelvisserij in de Waddenzee zijn waargenomen. De kleinschalige benadering toont een negatief effect van visserij op de broedval van kokkels vlak na de broedval. Dit effect is niet meer aantoonbaar na de winter, waarschijnlijk omdat het visserijeffect dan door andere factoren is overschaduwt. De grootschalige benadering liet zien dat in de Waddenzee relatief lagere dichtheden 1-jarige kokkels werden aangetroffen in de open gebieden dan in de gesloten gebieden. Er van uit gaande dat het habitat model de verschillen tussen open en gesloten gebieden voldoende kan beschrijven kan worden geconcludeerd dat het resterende verschil kan worden toegeschreven aan een negatief effect van visserij op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Een nadere analyse van geeft daar geen aanwijzingen voor. Het effect van gebiedssluiting op broedval verdwijnt in de loop van de tijd. In de Oosterschelde en Westerschelde werden geen negatieve effecten aangetoond.

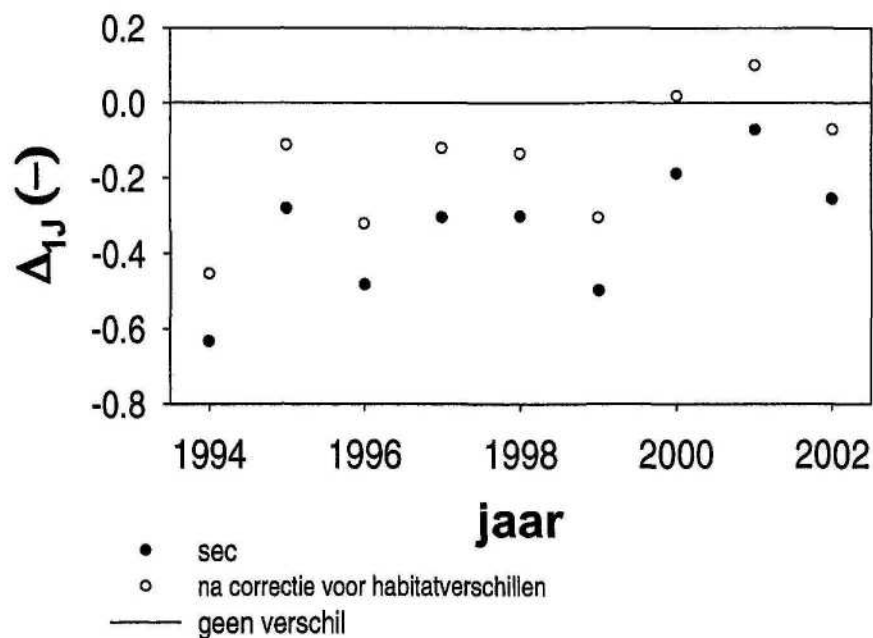
Gesloten gebieden in de Waddenzee



Figuur 4.20. Open en gesloten gebieden in de Waddenzee.



Figuur 4.21. Open en gesloten gebieden in de Oosterschelde.

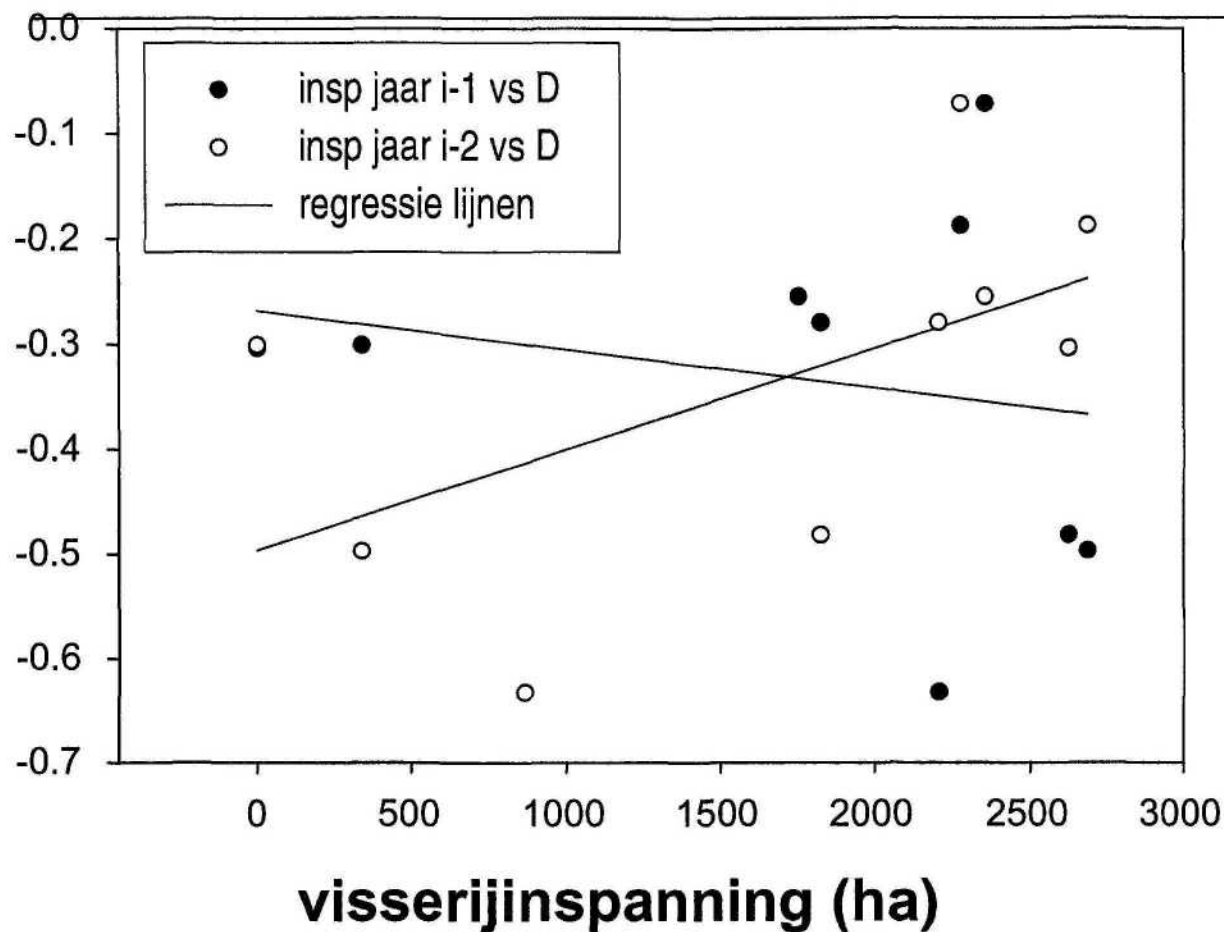


Figuur 4.22a. Dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden, voor ($\Delta 1J$) en na ($\Delta 1J$ -HAB) correctie voor habitat m.b.v. een model op basis van kokkelgegevens uit de gesloten gebieden. De gesloten gebieden betreffen de in 1993 gesloten gebieden en de gebieden die in de periode 1990-2002 altijd gesloten waren.

$$\Delta 1j_{\text{jaar}=i} = \log_{10}(D1j_{\text{open}, \text{jaar}=i}) - \log_{10}(D1j_{\text{gesloten}, \text{jaar}=i})$$

$$D1j_{\text{open}, \text{jaar}=i} = \text{dichtheid (\#} \cdot \text{m}^{-2}\text{) 1-jarige kokkels in jaar } i$$

$$\Delta 1j_{\text{HAB}}_{\text{jaar}=i} = \log_{10}(D1j_{\text{open}, \text{jaar}=i}) - \log_{10}(D1j_{\text{open}, \text{voorspeld}, \text{jaar}=i})$$



D versus insp jaar i-2:

$n=9$

$r^2=0.32$ (positief)

$p=0.11$

D versus insp jaar i-1:

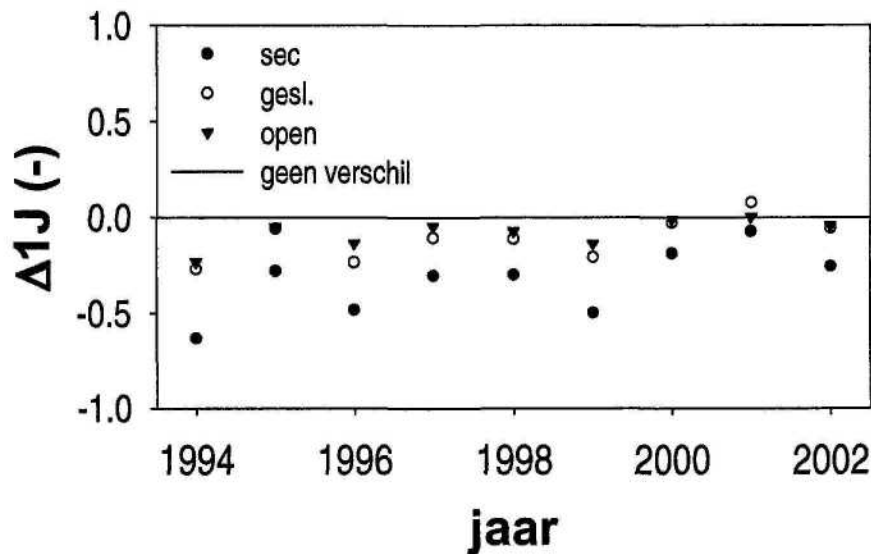
$n=9$

$r^2=0.04$ (negatief)

$p=0.5$

Figuur 4.22b. Visserij-inspanning (hectaren gebaseerd op aantal 2.11 ha registratiegebieden en percentage bevestigd oppervlak) in visseizoen voorafgaand aan de voorjaarsinventarisatie en het visseizoen in het jaar daarvoor gerelateerd aan de dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden, ($\Delta 1J$) voor correctie voor habitat. De gesloten gebieden betreffen de in 1993 gesloten gebieden en de gebieden die in de periode 1990-2002 altijd gesloten waren.

jaar	insp i-1	insp i-2	D
1994	2204	865	-0.63248
1995	1826	2204	-0.27994
1996	2625	1826	-0.48201
1997	0	2625	-0.30425
1998	340	0	-0.30083
1999	2686	340	-0.49757
2000	2274	2686	-0.18765
2001	2353	2274	-0.07214
2002	1754	2353	-0.25528



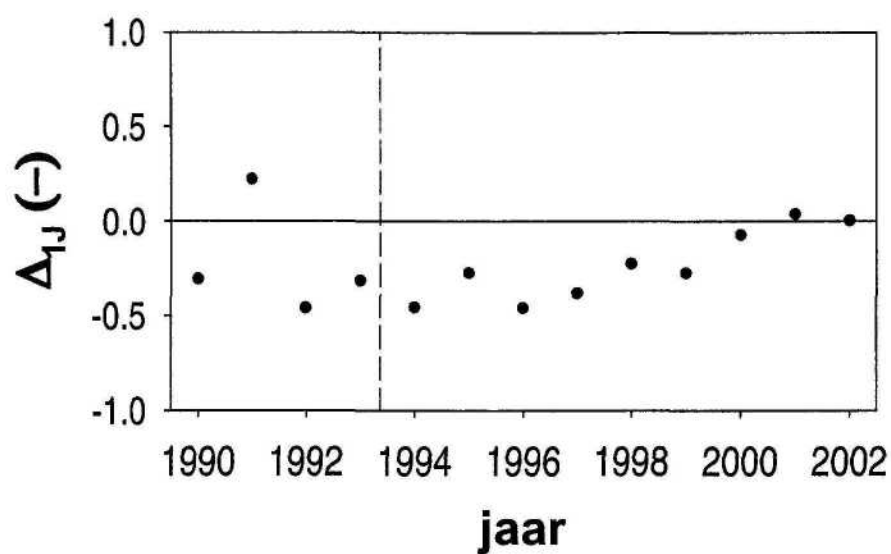
Figuur 4.23. Dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden, voor en na correctie voor habitat m.b.v. een model op basis van kokkelgegevens uit de open en gesloten gebieden. De gesloten gebieden betreffen de in 1993 gesloten gebieden en de gebieden die in de periode 1990-2002 altijd gesloten waren.

$$\Delta 1j_{jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{gesloten, jaar=i})$$

$$\Delta 1j_{OPEN, jaar=i} = \log_{10}(D1j_{open, wa arg enomen, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{open, voorspeld, jaar=i})$$

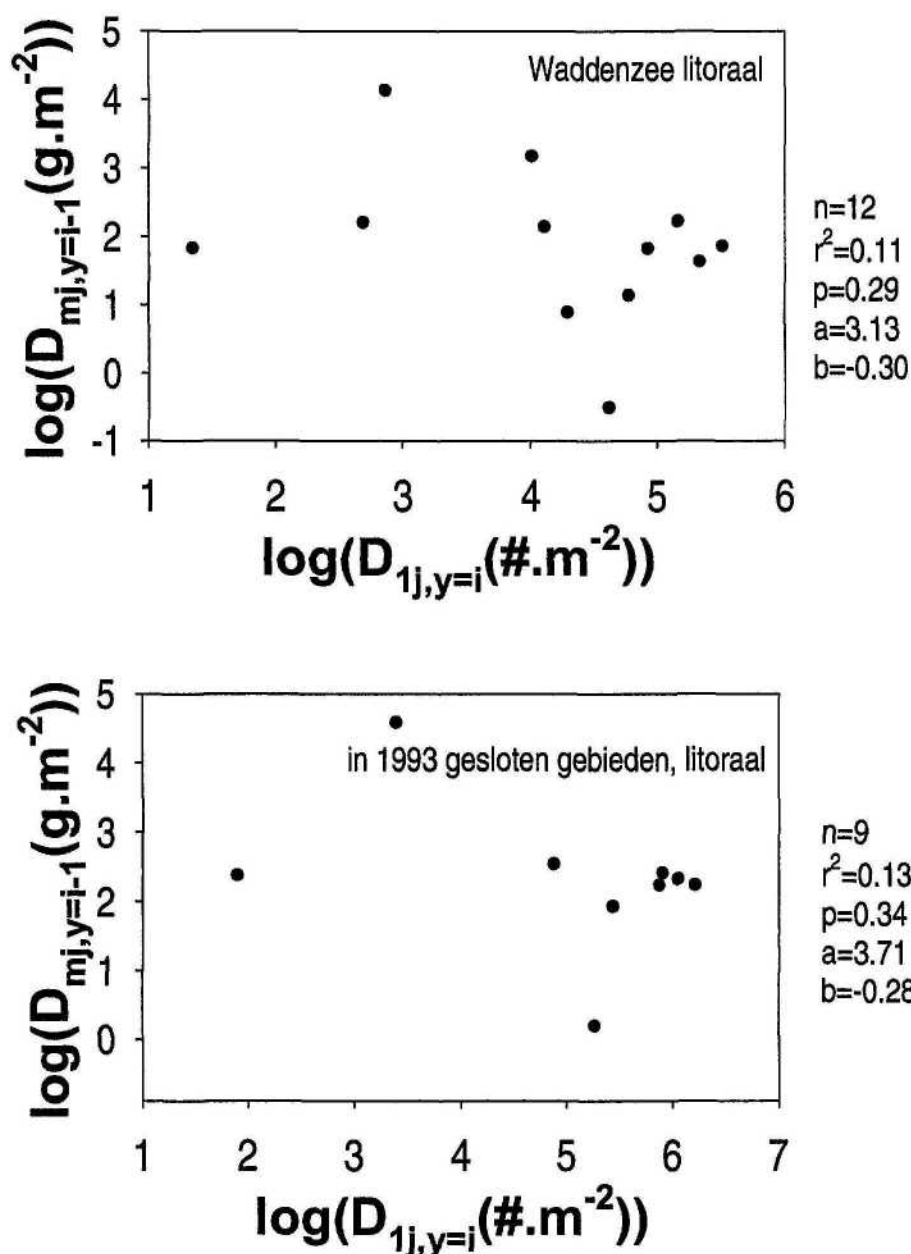
$$\Delta 1j_{GESL, jaar=i} = \log_{10}(D1j_{gesloten, voorspeld, jaar=i}) - \log_{10}(D1j_{gesloten, wa arg enomen, jaar=i})$$

$$D1j_{open, jaar=i} = \text{dichtheid (\#} \cdot \text{m}^{-2}) \text{ 1-jarige kokkels in jaar } i$$

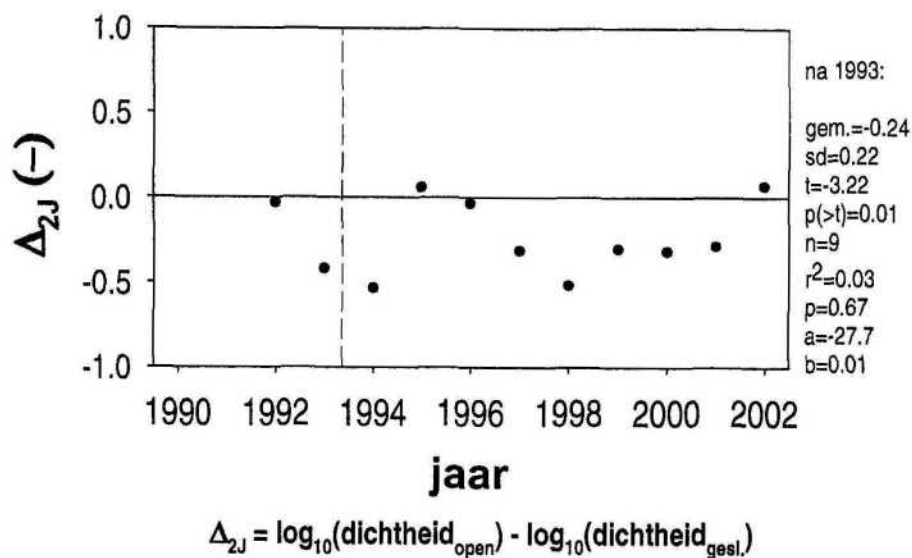


Figuur 4.24. Dichtheden 1-jarige kokkels in open versus de in 1993 gesloten gebieden in de periode 1994-2002 (1990-1993 ingevoegd ter illustratie). Na 1993: $n=9$, $r^2=0.79$, $p<0.01$, $a=-122.5$, $b=0.06$

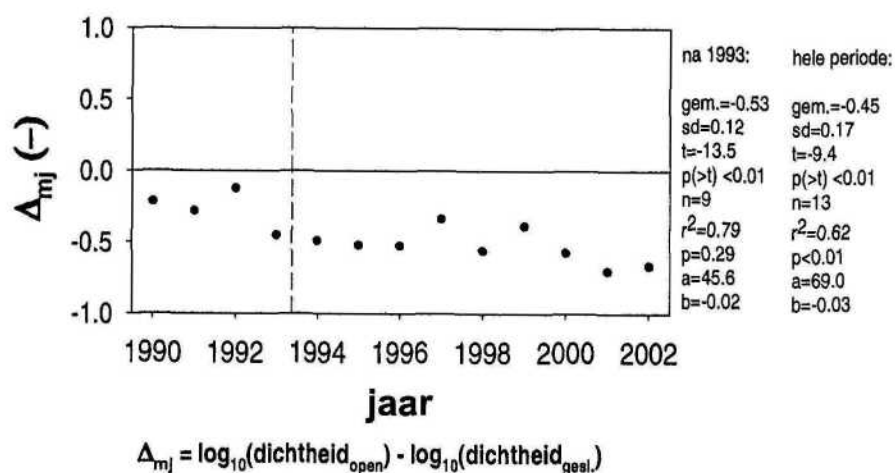
$$\Delta_{1j_{jaar=i}} = \log_{10}(D_{1j_{open, jaar=i}}) - \log_{10}(D_{1j_{gesloten, jaar=i}})$$



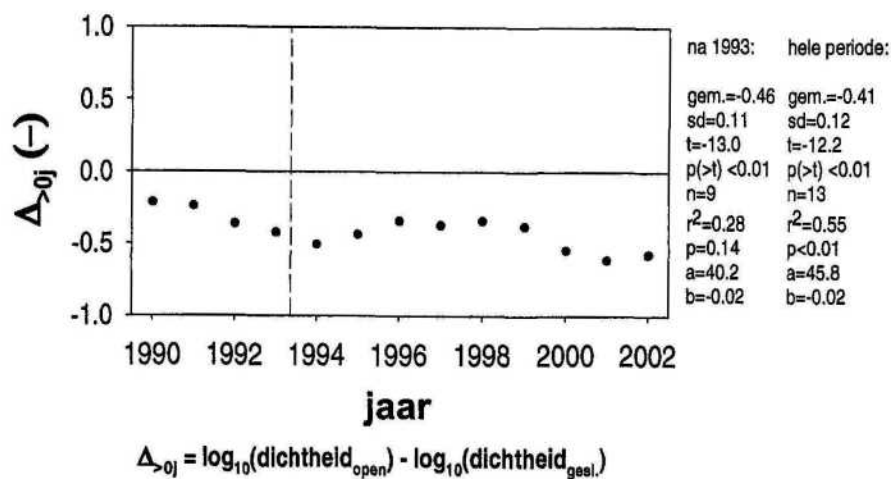
Figuur 4.25. Beïnvloeding kokkelstand op broedval: dichtheden 1-jarige kokkels in jaar i als functie van de kokkelstand het jaar daarvoor.



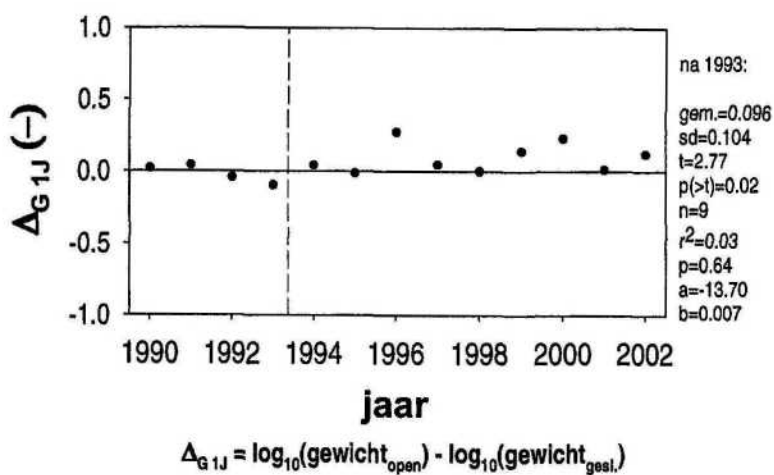
Figuur 4.26. Dichtheden (#.m⁻²) 2-jarige kokkels in open versus de in 1993 gesloten gebieden.



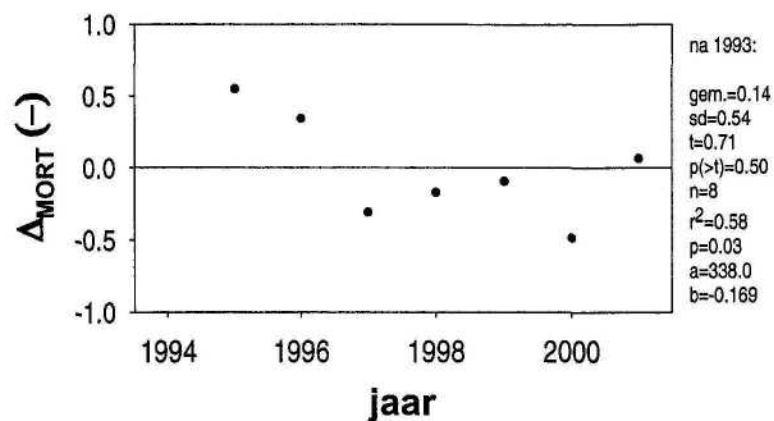
Figuur 4.27. Dichtheden (#.m⁻²) meerjarige kokkels (>1 jaar) in open versus de in 1993 gesloten gebieden.



Figuur 4.28. Dichtheden (#.m⁻²) kokkels in open versus de in 1993 gesloten gebieden.



Figuur 4.29. Gemiddeld gewicht van de 1-jarige kokkels in open versus de in 1993 gesloten gebieden.

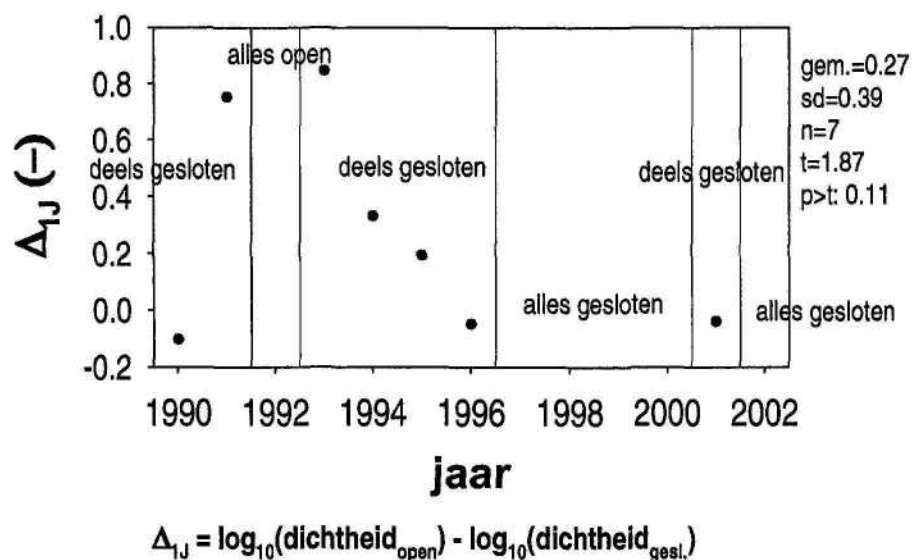


$$\Delta \text{MORT} = \log_{10}(\text{RMR}_{\text{gesl.}}) - \log_{10}(\text{RMR}_{\text{open}})$$

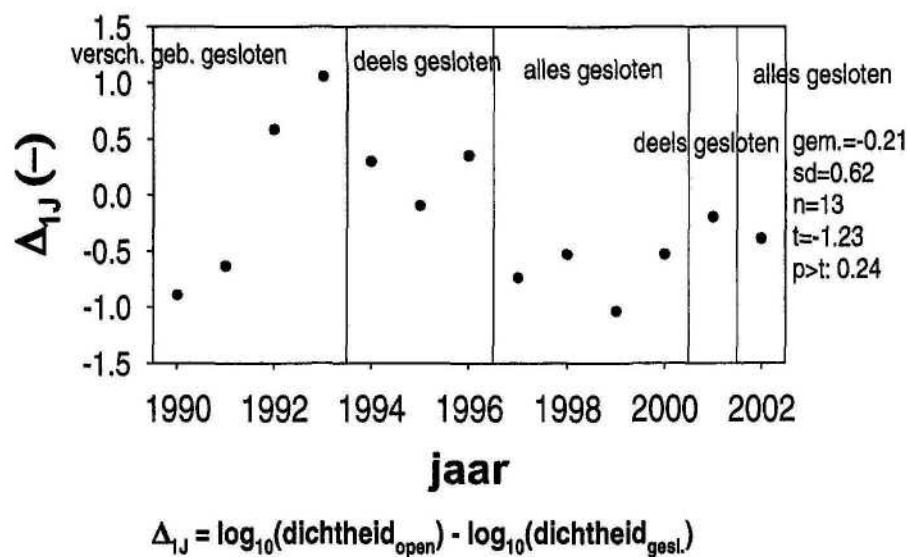
met:

$$\text{RMR} = \ln(\text{dichtheid } 1_{\text{jaar } i} (\#.m^{-2})) - \ln(\text{dichtheid } 2_{\text{jaar } i+1} (\#.m^{-2}))$$

Figuur 4.30. Mortaliteit van de 1-jarige kokkels in open versus de in 1993 gesloten gebieden.



Figuur 4.31. Dichtheden 1-jarige kokkels in open versus gesloten gebieden in de Oosterschelde. Met behulp van een t-test is getoetst of het gemiddelde significant afweek van nul.



Figuur 4.32. Dichtheden 1-jarige kokkels in geselecteerde open versus gesloten gebieden in de Oosterschelde. Met behulp van een t-test is getoetst of het gemiddelde significant afweek van nul.

5. Effect van kokkelvisserij op overleving van kokkels

5.1. Inleiding

Als onderdeel van de evaluatie van de effecten van de kokkelvisserij is de sterfte van kokkels door kokkelvisserij vergeleken met de natuurlijk optredende sterfte. Is er verschil in overleving van kokkels in open en gesloten gebieden en in beviste en onbeviste gebieden? Wat is de natuurlijke sterfte en visserijsterfte van kokkels?

5.2. Materiaal en Methoden

In dit hoofdstuk werd gebruik gemaakt van gegevens over kokkels en Macoma uit de voorjaarsinventarisaties (zie 1.3.1), black box gegevens over kokkelvisserij (zie 1.3.2) en locaties van open en gesloten gebieden (zie 1.3.2). In de voorjaarsinventarisaties worden kokkels zonder groeiring 0-jarig genoemd. Waarschijnlijk zijn dit kokkels die laat in het jaar daarvoor zijn geboren. Daarom zijn ze bij deze analyse meegeteld als 1-jarigen.

Voor het bepalen van de overleving van kokkels zijn steeds de voorjaarsinventarisaties van twee opeenvolgende jaren met elkaar vergeleken. Omdat sterfte beïnvloed kan worden door het aantal stations dat wordt bemonsterd zijn alleen de stations die in beide jaren zijn bemonsterd betrokken in de huidige analyse. Hierbij zijn aparte leeftijdsklassen gevolgd, d.w.z. het aantal 1-jarige kokkels in jaar 1 is vergeleken met het aantal 2-jarige kokkels in jaar 2, en het aantal 2-jarige kokkels in jaar 1 is vergeleken met het aantal meerjarige kokkels in jaar 2.

De stations in Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde werden ingedeeld in **open** en **gesloten**. **Gesloten** zijn alle monsterstations die lagen in gesloten gebieden (zie Fig. 3.1, 3.2, 3.3). Hierbij zijn de bestanden in gebieden die in 1993 (Waddenzee en Oosterschelde), 1998 (Westerschelde) of 1999 (Waddenzee) zijn gesloten al vanaf de start van de inventarisaties in 1990 apart beschouwd. **Open** zijn alle andere stations. Daarnaast zijn de stations ingedeeld in bevist en onbevist. **Bevist** zijn de stations die zijn bevist tussen beide bemonsteringen. Dit zijn stations die vielen in een bevist gebiedje van 0.1' bij 0.1' zoals kan worden opgemaakt uit de black box gegevens van de kokkelvisserij (percentage bevissing vanaf 3%). Black box gegevens zijn beschikbaar vanaf 1992 voor de Waddenzee en de Oosterschelde en vanaf 1997 voor de Westerschelde. Een beschrijving van de koppeling van de locatie van de monsterstations aan de locatie van vissen is te vinden in 4.2.1. **Onbevist** zijn alle stations die niet zijn bevist. Deze lagen ofwel in een open of in een gesloten gebied. Het totale aantal kokkels (1-jarig en ouder) in het hele gebied inclusief het beviste gebied en zonder het beviste gebied werd bepaald in het jaar voor de visserij (N_0) en in het jaar erna (N_1). Uit deze twee getallen werd het

percentage overleving berekend als $((N_0 - N_1)/N_0) \cdot 100$. Daarnaast is deze berekening ook uitgevoerd voor 1-jarige kokkels en oudere kokkels apart.

Visserijsterfte

Om te bepalen wat de visserijsterfte van kokkels is voor de gehele kokkelpopulatie is gekeken wat de overleving van kokkels was in het gehele gebied met en zonder visserij. Het verschil tussen de overleving van kokkels in het hele gebied inclusief het beviste gebied en de overleving van kokkels zonder het beviste gebied is de **visserijsterfte in het gehele gebied (F_{tot})**. Deze sterfte is berekend uit de aantallen kokkels ($F_{tot/aantal}$). Daarnaast is F_{tot} ook berekend uit de biomassa van de kokkels ($F_{tot/biomassa}$) voor een vergelijking met de visserijsterfte berekend uit de vangst.

In het onderzoek van van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1998) is de visserijsterfte berekend door de overlevingskansen van kokkels in de pengestelde gebieden te delen door de overlevingskansen van kokkels in de gesloten gebieden. Hierbij werd er van uit gegaan dat de extra sterfte in het open gebied het gevolg was van visserij. In het huidige onderzoek kunnen de beviste locaties in het open gebied specifiek worden aangewezen met behulp van de black box gegevens. De **visserijsterfte op beviste locaties (F_{vis})** is berekend uit de miljoenen aantallen kokkels (1jarig en 2+meerjarig) zoals die in twee opeenvolgende jaren (T_0 en T_1) zijn gemeten op de beviste locaties (volgens black box) en in onbeviste gebieden (rest van het gebied = controle gebied). Uitgangspunt is :

1) dat de natuurlijke sterfte (N) op de beviste locaties op zich niet verschillend is van die in het controle gebied en

2) dat de overlevingskans (P) van kokkels tussen T_0 en T_1 in de beviste locaties (P_{vis}) het gevolg is de visserijsterfte (F_{vis}) en de natuurlijke sterfte (N) samen.

De overlevingskans van kokkels in de controle gebieden (P_{con}) geeft aan hoe groot de kans is natuurlijke sterfte oorzaken te overleven:

$$P_{con} = M_{con-T_1} / M_{con-T_0} = 1 - N$$

(M_{con} = Miljoen aantal in controle gebied).

De overlevingskans van kokkels in de beviste locaties wordt bepaald door de kans de natuurlijke sterfte te overleven ($1 - N$) en de kans de visserij te overleven ($1 - F_{vis}$):

$$P_{vis} = M_{vis-T_1} / M_{vis-T_0} = (1 - N) \times (1 - F_{vis}) = P_{con} \times (1 - F_{vis}).$$

(M_{vis} = Miljoen aantal in beviste locatie).

Hieruit kan de visserijsterfte worden berekend:

$$P_{vis} / P_{con} = (1 - F_{vis})$$

$$- F_{vis} = (P_{vis} / P_{con}) - 1$$

$$F_{vis} = 1 - (P_{vis} / P_{con}). \text{ (formule 1)}$$

Of uitgedrukt in percentages $F_{vis} \cdot 100$.

En tenslotte is de **visserijsterfte berekend uit de vangsten (F_{vangst})** zoals opgegeven door de PO en september bestanden uitgedrukt in vlees. Deze waarden worden weergegeven in de figuren 4.13, 4.14 en 4.15 van EVA II rapport H2 (Kamermans et al, 2003a).

Analyses

De overleving van kokkels in open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde zijn vergeleken.

Verschilt de overleving van kokkels tussen voor kokkelvisserij opengesteld en gesloten gebied?

Om aan voorwaarden voor de testen te voldoen is elke waarneming logaritmisch getransformeerd. De overleving uit het gesloten gebied en uit het gebied wat opengesteld blijft, zijn voor ieder jaar met een waarneming in beide gebieden aan elkaar gekoppeld. Vervolgens is in het geval van de Oosterschelde en de Westerschelde met een "paired t-test" onderzocht of aangetoond kon worden of de parameters tussen opengesteld en gesloten gebied significant van elkaar verschilden ($\alpha=0.05$). In de Waddenzee zijn de verschillen onderzocht tussen opengesteld en in 1993 gesloten gebied, opengesteld gebied en in 1999 gesloten gebied, en in 1993 gesloten gebied en in 1999 gesloten gebied. Omdat hier meerdere testen op een dataset werden toegepast is een "paired t-test with Bonferroni adjusted probability" gebruikt. Ook in het geval van de Waddenzee werd een overschrijdingskans van 5% toegepast.

Is er verschil in overleving van kokkels in gesloten gebieden voor en na de sluiting?

De gebieden die in 1993 in de Waddenzee zijn gesloten voor kokkelvisserij zijn in de jaren 1990-1993 ook nauwelijks bevestigd. Een vergelijking van de periode voor sluiting (1990-1993) met de periode erna (1994-2002) is daardoor niet zinvol. In de Oosterschelde is de gehele Oosterschelde gesloten geweest voor kokkelvisserij in de periode 1997-2000. Hierdoor kan de periode voor sluiting in 1993 moeilijk worden vergeleken met de periode daarna. De gebieden die in 1999 in de Waddenzee en in 1998 in de Westerschelde zijn gesloten waren voor die tijd opengesteld voor kokkelvisserij en bevestigd. In principe zouden deze gebieden tot en met het jaar van sluiting een zelfde ontwikkeling moeten vertonen als het opengestelde gebied. Met een t-test is getoetst of er een significant verschil kon worden aangetoond ($\alpha=0.05$) tussen het verschil in overleving in open en gesloten gebied voor en na sluiting.

Alle analyses zijn in SYSTAT (SYSTAT, 1998) uitgevoerd.

5.3. Resultaten

Over het algemeen is de overleving van kokkels beter in de gesloten gebieden. Dit verschil was significant voor alle wateren (Fig. 5.1, tabel 5.1a en tabel 5.1b.). Verschillen in overleving van kokkels in gebieden voor en na sluiting waren bijna significant in de Waddenzee en significant in de Westerschelde (Tabel 5.2c). De verwachting is dat het verschil in overleving tussen opengesteld en gesloten gebied groter wordt na sluiting van het gebied. Dit wordt ook gevonden in de Westerschelde (Tabel 5.2c). In de Waddenzee was het verschil in overleving van kokkels tussen open en gesloten gebied juist kleiner na 1999.

De opdeling in de overleving van de kokkels in het hele gebied inclusief de beviste locaties en de overleving van de kokkels in het hele gebied zonder de beviste locaties laat zien dat de overleving met het beviste gebied erbij lager is in de Waddenzee en Oosterschelde, maar hoger in de Westerschelde (Fig. 5.2, 5.3, en 5.4). In de periode 1992-2002 was de gemiddelde jaarlijkse natuurlijke sterfte van kokkels in de onbeviste gebieden 59% in de Waddenzee (Tabel 5.2.a.). De gemiddelde jaarlijkse natuurlijke sterfte van kokkels in de onbeviste gebieden in de periode 1992-2002 was 61% in de Oosterschelde (Tabel 5.2.a.). De gemiddelde jaarlijkse natuurlijke sterfte van kokkels in de onbeviste gebieden in de periode 1997-2002 was 81% in de Westerschelde (Tabel 5.2.a.). De 1-jarigen en oudere kokkels apart laten een vergelijkbaar beeld zien (Fig. 5.2, 5.3, en 5.4). In 1992-1993 in de Waddenzee is het percentage overleving van 2- en meerjarigen meer dan 100% (Fig. 5.2). Dit betekent dat er kokkels bij gekomen zijn. In die jaren waren er erg weinig oudere kokkels in de Waddenzee. Met lage aantallen is de kans op overlevingspercentages hoger dan 100% groter. In de Westerschelde zijn maar weinig geschikte kokkelgebieden. Hierdoor is de overleving van kokkels in de onbeviste gebieden vaak lager dan in de beviste gebieden (Fig. 5.4). NB. De onbeviste gebieden zijn niet hetzelfde als de gesloten gebieden.

De visserijsterfte in het gehele gebied ($F_{\text{tot/aantal}}$), de visserijsterfte op de beviste locaties (F_{vis}) en de visserijsterfte gebaseerd op de vangstgegevens (F_{vangst}) en de visserijsterfte gebaseerd op biomassa worden weergegeven in tabel 5.2. Er wordt een veel hogere sterfte op de beviste locaties verwacht, omdat op die locaties kokkels door visserij worden verwijderd. De andere waarden ($F_{\text{tot/aantal}}$, $F_{\text{tot/biomassa}}$ en F_{vangst}) geven een idee van het aandeel van de visserijsterfte op de gehele kokkelpopulatie. In de Waddenzee was de gemiddelde visserijsterfte (periode 1992-2002) gebaseerd op aantalsveranderingen voor het gehele gebied 6.48% en voor de beviste locaties 59.75% (Tabel 2.5.a.). De gemiddelde visserijsterfte in de Waddenzee voor het gehele gebied gebaseerd biomassa veranderingen was 11.03% en gebaseerd op de vangst 11.37% (Tabel 5.2.b.). In de Oosterschelde was de gemiddelde visserijsterfte (periode 1992-2002) gebaseerd op aantallen voor het gehele gebied 10.72%, en voor de beviste locaties 56.16% (Tabel 2.5.a.). De gemiddelde visserijsterfte in de Oosterschelde voor het gehele gebied gebaseerd biomassa veranderingen was 15.31% en gebaseerd op de vangst 22.51% (Tabel 5.2.b.). In de Westerschelde was de gemiddelde visserijsterfte (periode 1997-2002) gebaseerd op aantalsveranderingen voor het gehele gebied -3.34%, en voor de beviste locaties -34.55% (Tabel 5.2.a.). De visserijsterfte voor het gehele gebied gebaseerd biomassa veranderingen was -2.85% en gebaseerd op de vangst 24.54% (Tabel 5.2.b.). De negatieve getallen wijzen erop dat de overleving beter was in beviste locaties dan in onbeviste gebieden. Ook voor 1-jarige kokkels wordt visserijsterfte gevonden (Tabel 5.2.a.).

5.4. Discussie

De natuurlijke sterfte van kokkels in onbeviste gebieden is vergelijkbaar in Waddenzee en Oosterschelde en een stuk hoger in de Westerschelde (59%, 61% en 81% resp.). In de Westerschelde

was overleving van kokkels beter in beviste locaties dan in onbeviste gebieden. In de Westerschelde worden de geschikte kokkelgebieden bevist. Overleving van kokkels in de onbeviste (slechte) gebieden is vaak laag.

Voor de Waddenzee en Oosterschelde valt het relatief grote aandeel van de visserij sterfte onder 1-jarige kokkels op. Dit kan worden veroorzaakt doordat 1-jarige kokkels groot genoeg zijn om te worden opgevist, of door sterfte nadat de kokkels door een kokkelkor zijn geraakt. Bij de opdeling in 1-jarige en oudere kokkels kan een verkeerde leeftijdsindeling een rol spelen. Dit is waarschijnlijk belangrijker in de Oosterschelde (EVA II rapport H2, Kamermans et al, 2003a) dan in de Waddenzee (EVA II rapport B3, Bult et al, 2003).

Samengevat blijkt uit dit hoofdstuk dat in de Waddenzee en Oosterschelde de overleving van kokkels beter is in de gesloten gebieden. De overleving van kokkels op de beviste locaties is lager in de Waddenzee en Oosterschelde, maar in de Westerschelde is de overleving juist hoger op de beviste locaties. Er werd positief effect van sluiting van gebieden op overleving van kokkels aangetoond in de Westerschelde, maar niet in de Waddenzee.

Tabel 5.1a. Resultaten van paired t-test with Bonferroni adjusted probability op kokkel parameters uit de Waddenzee (zie Fig. 5.1).

Parameter	Open vs gesloten 1993		Open vs gesloten 1999		Gesloten 1993 vs gesloten 1999	
	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:
Overleving kokkels	<0.000	Gesloten 1993	0.002	Gesloten 1999	<0.001	Gesloten 1999

Tabel 5.1b. Resultaten van de paired t-test op kokkel parameters uit de Ooster- en Westerschelde (zie Fig. 5.1).

Parameter	Oosterschelde		Westerschelde	
	p-waarde	par. hoogste in:	p-waarde	par. hoogste in:
Overleving kokkels	<0.001	Gesloten	<0.001	Gesloten

Tabel 5.1c. Resultaten van de t-test voor kokkel overleving uit de Waddenzee en Westerschelde voor en na sluiting van gebieden in 1999 (Waddenzee) en 1998 (Westerschelde) (zie Fig. 5.1).

parameter	Waddenzee		Westerschelde	
	t-test		t-test	
	p-waarde	Vershil grootst	p-waarde	Vershil grootst
Overleving kokkels	0.06	Voor sluiting	0.04	Na sluiting

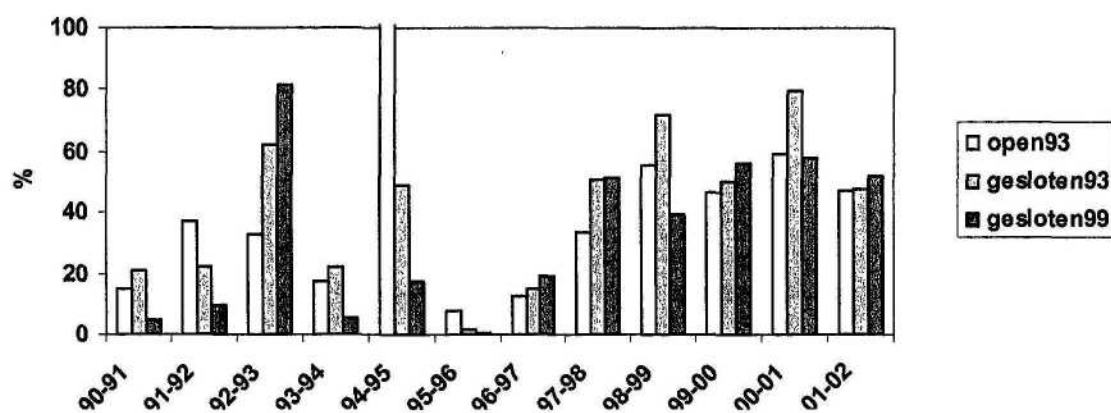
Tabel 5.2.a. Het percentage visserijsterfte tussen T0 (voorjaarsbestandsopname in eerste jaar) en T1 (voorjaarsbestandsopname in tweede jaar) van 1-jarige en oudere kokkels in het bovenste deel tabel: het gehele gebied (Ftot/aantal berekend uit verschil in aantal tussen lijnen in Fig. 5.2, 5.3, 5.4), het percentage natuurlijke sterfte (N) in de onbeviste gebieden, en in het onderste deel van de tabel: het percentage visserijsterfte op de beviste locaties (Fvis uit formule 1) in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde en de oppervlakten van de visgebieden (opp ha) gebaseerd op EVA II rapport A1, Kamermans et al 2003b. In 97-98 waren er te weinig meerjarige kokkels in de Waddenzee om de visserijsterfte te kunnen berekenen. Negatieve getallen wijzen erop dat de overleving beter was in beviste locaties dan in onbeviste gebieden.

	Waddenzee				Oosterschelde				Westerschelde			
	Ftot/aantal	Ftot/aantal	Ftot/aantal	N	Ftot/aantal	Ftot/aantal	Ftot/aantal	N	Ftot/aantal	Ftot/aantal	Ftot/aantal	N
seizoen	1-j	2+mj	tot kok	tot kok	1-j	2+mj	tot kok	tot kok	1-j	2+mj	tot kok	tot kok
92-93	4.62	66.47	8.20	56.82	15.70	-9.22	16.58	53.29				
93-94	3.81	4.75	5.02	79.80	27.65	0.75	2.60	51.77				
94-95	22.98	7.15	18.04	35.88	8.01	38.13	22.13	50.55				
95-96	1.82	1.05	1.58	95.75	9.75	6.79	8.43	42.60				
96-97				86.54	13.19	0.24	5.95	81.43				
97-98	5.15	-1.22	5.03	59.14				62.49	-5.96	81.31	-3.92	89.71
98-99	4.35	0.49	4.08	37.76				76.39	-4.37	-20.58	-4.69	85.24
99-00	0.21	7.25	6.24	50.95				54.51	-8.13	-5.94	-5.66	79.63
00-01	4.37	8.80	7.64	30.41				62.21	-3.54	-0.38	-3.93	68.12
01-02	2.00	2.73	2.51	52.53	8.25	7.95	8.67	72.42	1.62	1.05	1.51	82.89
gem	5.48	10.83	6.48	58.56	13.76	7.44	10.72	60.77	-4.08	11.09	-3.34	81.12
	Waddenzee				Oosterschelde				Westerschelde			
	Fvis	Fvis	Fvis	opp (ha)	Fvis	Fvis	Fvis	opp (ha)	Fvis	Fvis	Fvis	opp (ha)
seizoen	1-j	2+mj	tot kok		1-j	2+mj	tot kok		1-j	2+mj	tot kok	
92-93	64.26	96.80	76.39	3703	75.80	-49.08	69.60	1734				
93-94	52.68	94.36	79.48	10143	51.55	20.74	15.59	844				
94-95	75.57	44.91	69.19	4788	50.58	65.77	63.57	323				
95-96	96.00	64.79	86.92	14093	40.34	37.92	39.75	1644				
96-97					87.34	26.92	80.77	2547				
97-98	89.74			3868					-160.62	90.92	-70.53	1661
98-99	38.32	12.55	37.39	12280					-49.22	-371.56	-53.20	2454
99-00	4.86	57.20	54.41	8191					-31.15	-43.88	-36.89	2028
00-01	27.50	54.75	47.55	10677					-278.20	-2.46	-51.70	458
01-02	21.20	29.57	26.71	6809	66.20	66.29	67.65	1910	39.73	40.83	39.55	165
gem	52.24	56.87	59.75	8284	61.97	28.10	56.16	1500	-95.89	-57.23	-34.55	1353

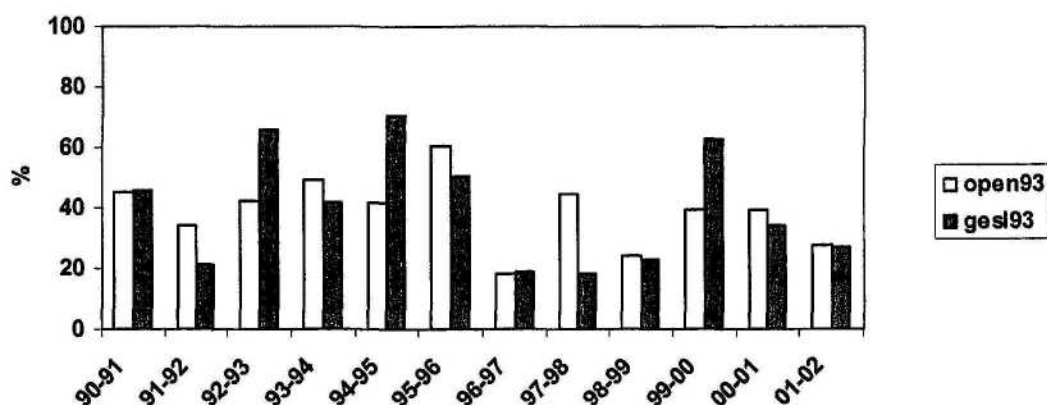
Tabel 5.2.b. Het percentage visserijsterfte berekend uit de vangsten (**Fvangst**) en berekend uit de biomassa op T0 (voorjaarsbestandsopname in eerste jaar) en T1 (voorjaarsbestandsopname in tweede jaar) van kokkels in het gehele gebied ($F_{\text{tot/biomassa}}$) in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde. In 97-98 waren er te weinig meerjarige kokkels in de Waddenzee om de sterfte te kunnen berekenen. Negatieve getallen wijzen erop dat de overleving beter was in beviste locaties dan in onbeviste gebieden.

	Waddenze e				Oosterscheld				Westerscheld			
	tot. Vlees	vangst	Fvangst	Ftot/biomassa	tot.vlees	vangst	Fvangst	Ftot/biomassa	tot. vlees	vangst	Fvangst	Ftot/biomassa
seizoen	milj kilo		%vangst		milj kilo		%vangst		milj kilo		%vangst	
92-93	23.93	2.50	10.45	17.07	6.89	1.29	18.73	17.32	1.38	0.30	21.80	
93-94	38.15	4.73	12.38	8.66	6.24	0.27	4.38	0.30	2.35	0.80	34.09	
94-95	16.68	2.38	14.28	30.27	6.34	3.32	52.35	50.54	1.53	0.80	52.35	
95-96	23.23	3.55	15.27	2.01	4.65	1.02	21.86	6.17	1.69	0.75	44.38	
96-97	1.87				4.80	0.84	17.57	1.77	0.51			
97-98	12.87	1.45	11.27	9.70	2.27				0.92	0.25	27.10	-0.96
98-99	69.04	9.34	13.53	6.78	2.30				4.20	0.63	14.88	-8.74
99-00	55.86	7.80	13.96	11.53	3.03				1.81	0.35	19.25	-4.33
00-01	41.48	2.59	6.24	9.01	4.86				0.72	0.04	5.95	-1.96
01-02	38.68	1.91	4.93	4.20	5.41	1.09	20.16	15.76	1.13	0.01	1.06	1.74
gem	32.18	4.03	11.37	11.03	4.68	1.31	22.51	15.31	1.62	0.44	24.54	-2.85

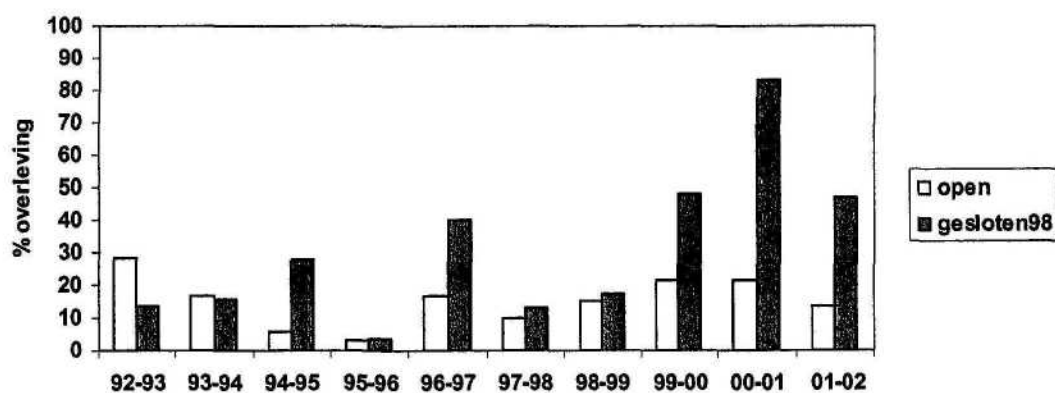
Overleving kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Waddenzee



Overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Oosterschelde

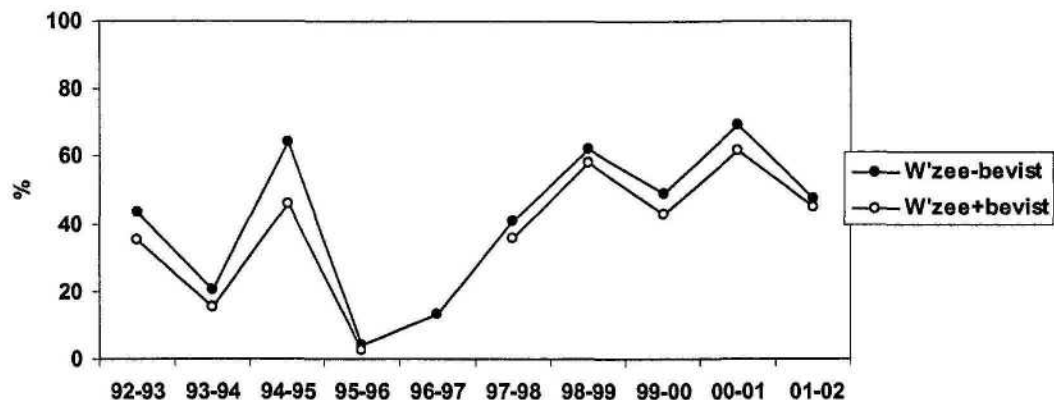


Overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Westerschelde

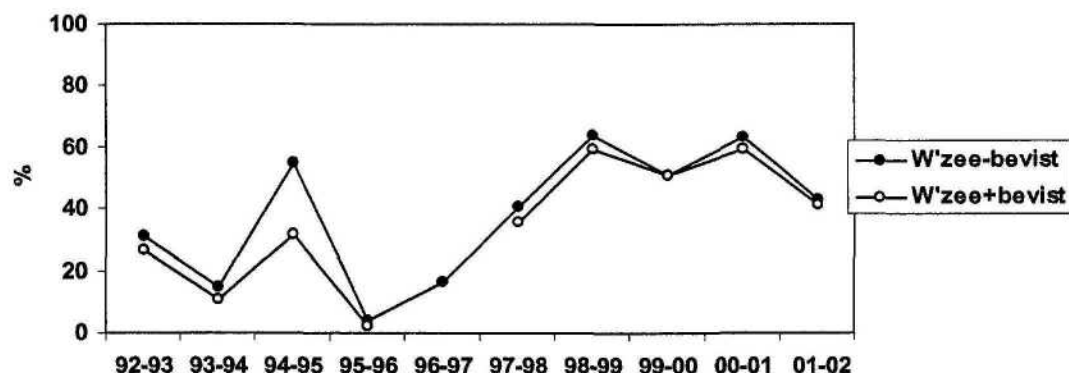


Figuur 5.1. Het percentage overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar berekend uit de aantallen in twee opeenvolgende jaren in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde in gebieden die sinds 1993 open zijn, en gebieden die vanaf dat najaar gesloten zijn (voor locatie gesloten gebieden zie Fig. 3.1; 3.2 en 3.3).

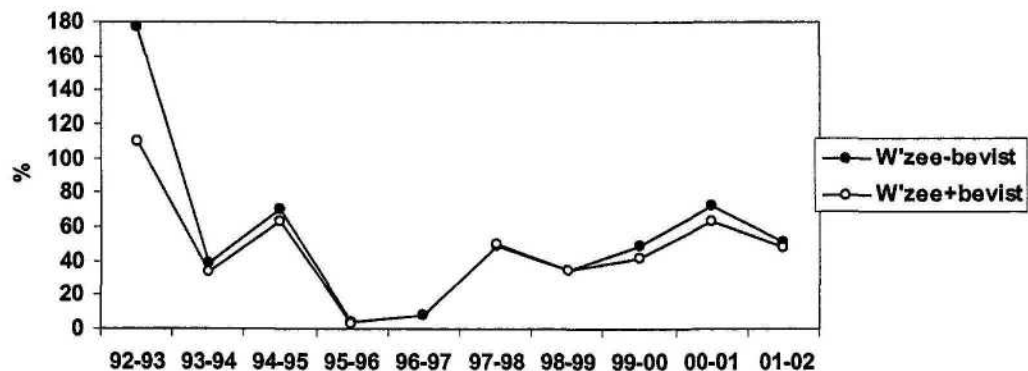
De overleving van alle kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Waddenzee met en zonder de beviste gebieden



De overleving van 1-jarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Waddenzee met en zonder de beviste gebieden

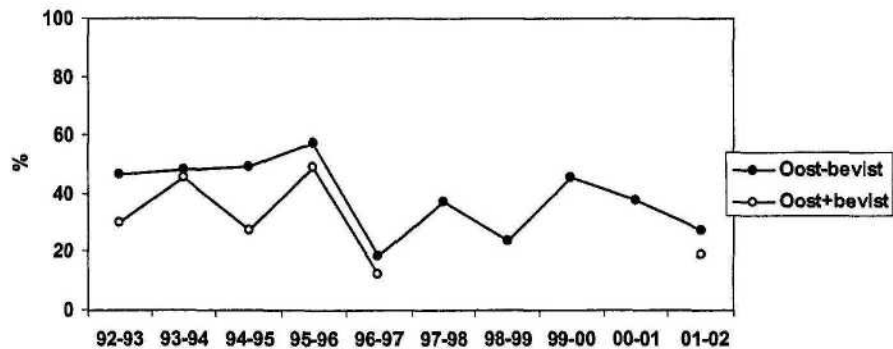


De overleving van 2-en meerjarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Waddenzee met en zonder de beviste gebieden

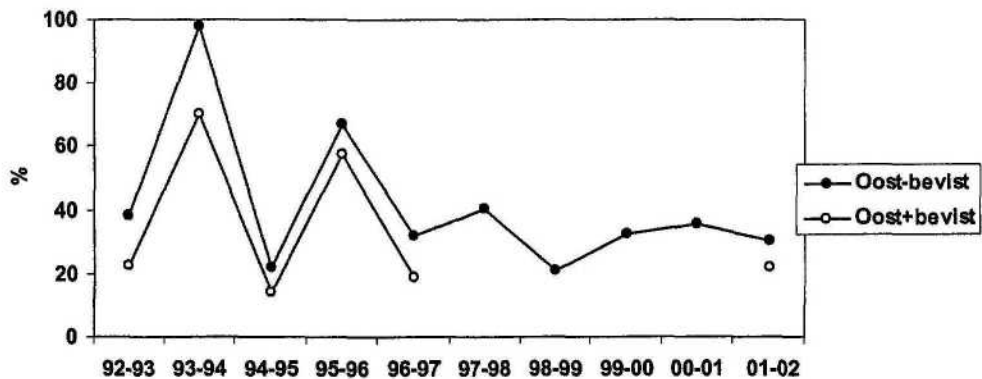


Figuur 5.2. Het percentage overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Waddenzee berekend uit de aantallen in twee opeenvolgende jaren in de totale Waddenzee en in de Waddenzee zonder de beviste locaties volgens de black box (in 1996 is niet gevist).

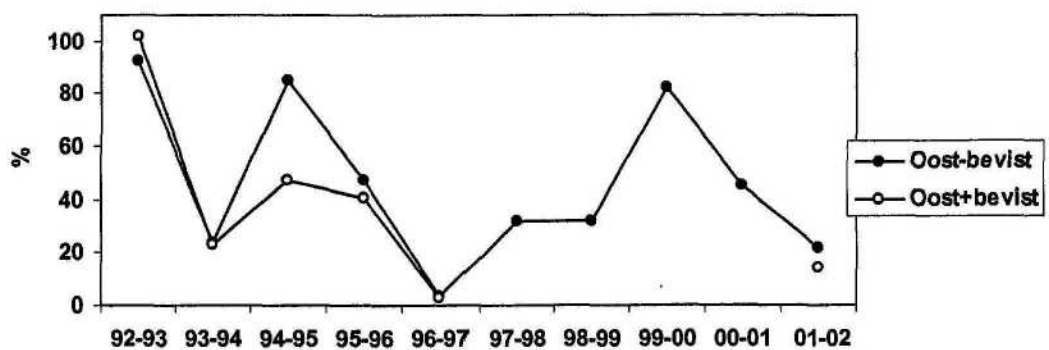
De overleving van alle kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Oosterschelde met en zonder de beviste gebieden



De overleving van 1-jarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Oosterschelde met en zonder de beviste gebieden

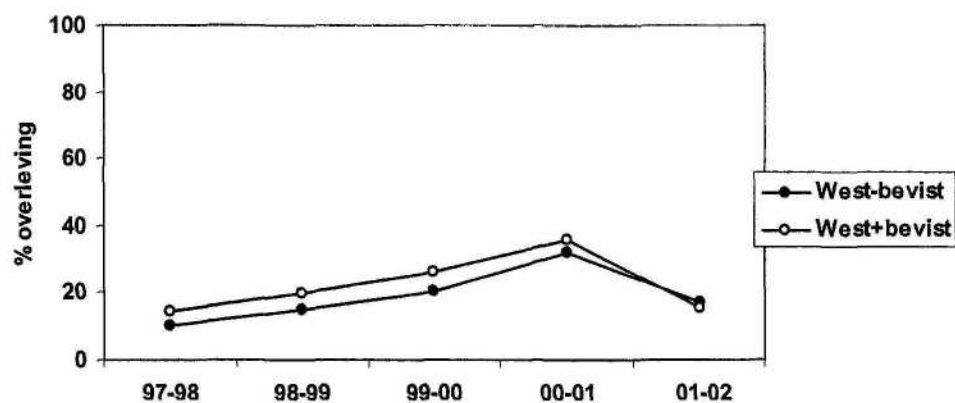


De overleving van 2+meerjarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Oosterschelde met en zonder de beviste gebieden

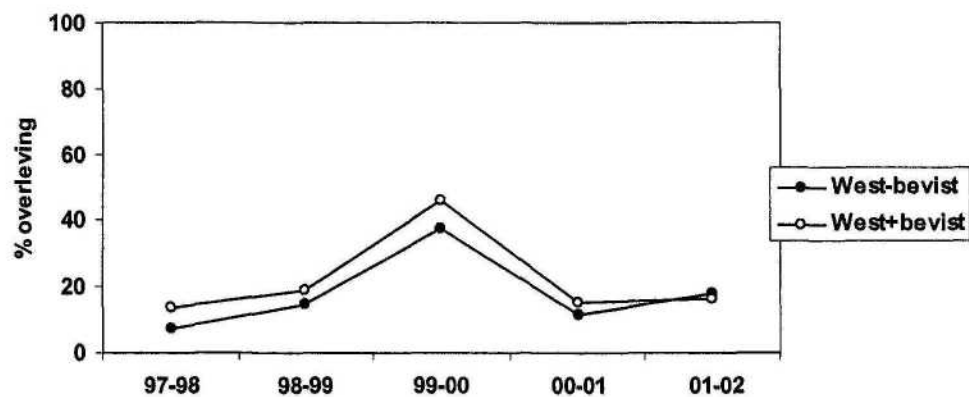


Figuur 5.3. Het percentage overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Oosterschelde berekend uit de aantallen in twee opeenvolgende jaren in de totale Oosterschelde en in de Oosterschelde zonder de beviste locaties volgens de black box (in 1997 t/m 2000 is niet gevist).

De overleving van alle kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Westerschelde met en zonder de beviste gebieden



De overleving van 1-jarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Westerschelde met en zonder de beviste gebieden



De overleving van 2+meerjarige kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Westerschelde met en zonder de beviste gebieden

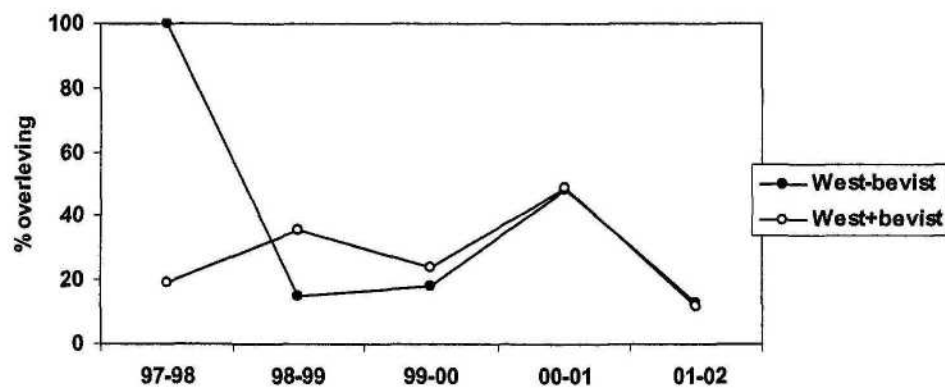


Fig. 5.4. Het percentage overleving van kokkels van voorjaar tot voorjaar in de Westerschelde berekend uit de aantallen in twee opeenvolgende jaren in de totale Westerschelde en in de Westerschelde zonder de beviste locaties volgens de black box.

6. Effect van kokkelvisserij op temporele dynamiek van Macoma

6.1. Inleiding

Is er verschil in ontwikkeling in populaties van Macoma in open en gesloten gebieden en in beviste en onbeviste gebieden?

6.2. Materiaal en methode

In dit hoofdstuk werd gebruik gemaakt van gegevens over Macoma uit de voorjaarsinventarisaties in de Waddenzee, Westerschelde en Oosterschelde (zie 1.3.1). Vanwege de gebruikte maaswijdte van de zeven, zoals beschreven in 1.3.1, betreft dit geen broed van het jaar van bemonstering. Daarnaast werd gebruik gemaakt van black box gegevens over kokkelvisserij (zie 1.3.2) en locaties van open en gesloten gebieden (zie 1.3.2).

6.2.1. Temporele dynamiek van bestanden aan Macoma in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden

De huidige studie vergelijkt het bestand aan Macoma in de structuurnota gebieden en de permanent gesloten gebieden met het bestand in de andere gebieden. Hierbij zijn de bestanden in gebieden die in 1993, 1998 of 1999 zijn gesloten al vanaf de start van de inventarisaties in 1990 apart beschouwd. Per jaar en per gebied wordt het bestand aan Macoma in miljoen kg of miljoenen aantallen weergegeven. Voor Macoma is de gemiddelde dichtheid berekend, door de miljoenen aantallen te delen door de grootte van het gebied.

6.2.2. Ontwikkeling dichtheid Macoma

Voor het bepalen van de ontwikkeling in dichtheid aan Macoma zijn steeds de voorjaarsinventarisaties van twee opeenvolgende jaren met elkaar vergeleken. Omdat sterfte beïnvloedt kan worden door het aantal stations dat wordt bemonsterd zijn alleen de stations die in beide jaren zijn bemonsterd betrokken in de huidige analyse. De stations in Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde werden ingedeeld in drie categorieën: open bevist, open onbevist en gesloten. **Open bevist** zijn de stations die zijn bevist tussen beide bemonsteringen. Dit zijn stations die vielen in een bevist gebiedje van 0.1' bij 0.1' zoals kan worden opgemaakt uit

de black box gegevens van de kokkelvisserij. Een beschrijving van de koppeling van de locatie van de surveys stations aan de locatie van vissen is te vinden in 3.2.1. **Open onbevist** zijn alle stations die niet zijn bevist en die niet in een gesloten gebied lagen. **Gesloten** zijn alle monsterstations die lagen in gebieden die in de periode tussen beide bemonsteringen gesloten waren voor de kokkelvisserij. Macoma worden tijdens de inventarisaties niet op leeftijd gebracht. Hierdoor kan aanwas niet van sterfte worden onderscheiden. Visserijsterfte is daardoor ook niet te bepalen. De ontwikkeling van de dichtheid van de populatie is echter wel te volgen. In de Waddenzee worden de inventarisaties gestratificeerd uitgevoerd. Dat wil zeggen dat niet alle stations representatief zijn voor een zelfde oppervlakte. Voor de bepaling van de dichtheid is eerst het totale aantal Macoma voor het gehele gebied van iedere categorie bepaald. Het oppervlakte van de gebieden uit de drie categorieën is niet hetzelfde en verschilt bovendien per jaar voor de beviste categorie. Daarom is het aantal per m^2 bepaald door het totale aantal Macoma te delen door het oppervlakte van het gebied.

6.2.3. Analyses

De gegevens over Macoma (totaal aantal en aantal per m^2) in open en gesloten gebieden in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde zijn vergeleken.

Verschillen de Macoma gegevens tussen voor kokkelvisserij opengesteld en gesloten of bevist en onbevist gebied?

Om aan voorwaarden voor de testen te voldoen is elke waarneming logaritmisch getransformeerd. De parameters uit het gesloten gebied en uit het gebied wat opengesteld blijft zijn voor ieder jaar met een waarneming in beide gebieden aan elkaar gekoppeld. Vervolgens is in het geval van de Oosterschelde en de Westerschelde met een "paired t-test" onderzocht of aangetoond kon worden of de parameters tussen opengesteld en gesloten gebied significant van elkaar verschilden ($\alpha=0.05$). In de Waddenzee zijn de verschillen onderzocht tussen opengesteld en in 1993 gesloten gebied, opengesteld gebied en in 1999 gesloten gebied, en in 1993 gesloten gebied en in 1999 gesloten gebied. Omdat hier meerdere testen op een dataset werden toegepast is een "paired t-test with Bonferroni adjusted probability" gebruikt. Ook in het geval van de Waddenzee werd een overschrijdingskans van 5% toegepast. Bij het testen van verschillen tussen bevist gebied, open onbeviste en het gesloten onbeviste gebied is ook gebruik gemaakt van een "paired t-test". Deze test is voor de Oosterschelde en Wadden zee uitgevoerd "with Bonferroni adjusted probability", omdat het hier drie verschillende gebieden betreft.

Is er verschil in de ontwikkeling van Macoma in gesloten gebieden voor en na de sluiting?

De gebieden die in 1993 in de Waddenzee zijn gesloten voor kokkelvisserij zijn in de jaren 1990-1993 ook nauwelijks bevist. Een vergelijking van de periode voor sluiting (1990-1993) met de periode erna (1994-2002) is daardoor niet zinvol. In de Oosterschelde is de gehele Oosterschelde gesloten geweest voor kokkelvisserij in de periode 1997-2000. Hierdoor kan de periode voor sluiting in 1993 moeilijk worden vergeleken met de periode daarna. De gebieden die in 1999 in de Waddenzee en in 1998 in de Westerschelde zijn gesloten waren voor die tijd opengesteld voor

kokkelvisserij en bevist. In principe zouden deze gebieden tot en met het jaar van sluiting een zelfde ontwikkeling moeten vertonen als het opengestelde gebied. Met een t-test is getoetst of er een significant verschil kon worden aangetoond ($\alpha=0.05$) tussen het verschil voor en na sluiting.

Alle analyses zijn in SYSTAT (SYSTAT, 1998) uitgevoerd.

6.3. Resultaten

6.3.1. Temporele dynamiek van bestanden aan Macoma in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden

Waddenzee

Er werden significante verschillen in totaal aantal Macoma geobserveerd tussen de gebieden (Fig 6.1a en tabel 6.1a). Hierbij verschilde het aantal Macoma in alle gebieden (Tabel 6.1a). De meeste Macoma werden gevonden in het open gebied, maar dat is ook het grootste gebied. En vervolgens in het in 1993 gesloten gebied, dat weer groter is dan het in 1999 gesloten gebied. Er werd geen significant effect van de sluiting in 1999 gevonden (Tabel 6.1c). De dichtheid aan Macoma verschilde niet significant tussen gebieden (Fig 6.1b en tabel 6.1a). Ook hier werd geen significant effect van de sluiting in 1999 gevonden (Tabel 6.1c).

Oosterschelde

Er werden in het totaal significant meer Macoma gevonden in het grotere open gebied dan in het gesloten gebied (Fig. 6.2a en tabel 6.1b). Het aantal Macoma per m^2 was significant hoger in het gesloten gebied (Fig. 6.2b en tabel 6.1b).

Westerschelde

Er werden in het totaal significant meer Macoma gevonden in het grotere open gebied dan in het gesloten gebied (Fig. 6.3a en tabel 6.1b). Het aantal Macoma per m^2 verschilde was significant hoger in het open gebied (Fig. 6.3b en tabel 6.1b). Er werd geen significant effect van de sluiting in 1998 gevonden (Tabel 6.1c).

6.3.2. Ontwikkeling dichtheid Macoma

De dichtheid van Macoma laat een wisselend beeld zien (Fig. 6.4, 6.5, 6.6). Er is niet gevist in 1996 in de Waddenzee, en niet in 1997, 1998, 1999, 2000 in de Oosterschelde, dus in die jaren was er ook geen bevist gebied. De dichtheid aan Macoma is meestal het hoogst in de bevist open gebieden. De aantallen Macoma per m^2 verschilde in de Waddenzee niet significant tussen de verschillende gebieden (Fig. 6.4, Tabel 6.2). In de Oosterschelde werd een significant groter verschil in dichtheid aan Macoma tussen twee opeenvolgende jaren gevonden in het gesloten

gebied dan in het beviste gebied (Fig. 6.5, Tabel 6.2). In de Westerschelde verschild het aantal *Macoma* niet significant tussen de verschillende gebieden (Fig. 6.6, Tabel 6.2).

6.4. Discussie

De dichtheid aan *Macoma* verschilde niet significant tussen gebieden in de Waddenzee, was hoger in het gesloten gebied dan het open gebied in de Oosterschelde en juist lager in het gesloten gebied dan het open gebied in de Westerschelde. De ontwikkeling van de *Macoma* populatie in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde vertoont dus geen vergelijkbaar beeld.

Negatieve effecten op *Macoma* in de Waddenzee zoals gevonden in de EVA II deelstudie C1/3 (Leopold et al, 2003) en beschreven door Piersma et al (2001) en Hiddink (2003) zijn in de huidige studie niet gevonden. Een verschil met de studie van Leopold et al (2003) is dat in onze studie de *Macoma* niet op leeftijd is gebracht. Zonder deze extra informatie werd ook in C1/3 geen significant effect gevonden. Een verschil met de studies van Piersma et al (2001) en Hiddink (2003) is dat onze gebruik maakt van gegevens na een winterperiode, terwijl de monsternamen van Piersma et al (2001) en Hiddink (2003) aan het einde van de zomer en in het najaar plaatsvonden. Een mogelijke verklaring kan zijn dat de effecten van verminderde broedval of verhoogde sterfte door visserij worden overschaduw door wintersterfte op zowel beviste locaties of in open gebieden als in onbeviste of gesloten gebieden. Dit wordt niet ondersteunt door de resultaten uit de Oosterschelde waar de dichtheden aan *Macoma* hoger waren in het gesloten gebied. Dit verschil kan een andere oorzaak hebben dan een visserijeffect. De opengestelde gebieden zijn nl in de periode 1997-2000 niet bevist. In twee van die vier jaren werden hogere dichtheden in het gesloten gebied gevonden. De gesloten gebieden van de Oosterschelde kunnen dus om een andere reden specifiek geschikt zijn voor *Macoma*. In de Westerschelde is de dichtheid aan nonnen lager in het gesloten gebied, wat niet wijst op een visserij effect.

Concluderend kan gesteld worden dat met onze analyse geen effect van kokkelvisserij op de *Macoma* aantallen en dichtheden is aangetoond.

Tabel 6.1a. Resultaten van paired t-test with Bonferroni adjusted probability op Macoma parameters uit de Waddenzee (zie Fig. 6.1). n.s. = niet significant.

Parameter	Open vs gesloten 1993		Open vs gesloten 1999		Gesloten 1993 vs gesloten 1999	
	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Par. hoogste in:
Totaal aantal Macoma	<0.001	Open	<0.001	Open	<0.001	Gesloten 1993
N/m ² Macoma	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	-

Tabel 6.1b. Resultaten van de paired t-test op Macoma parameters uit de Ooster- en Westerschelde (zie Fig. 6.2 en 6.3.).

Parameter	Oosterschelde		Westerschelde	
	p-waarde	par. hoogste in:	p-waarde	par. hoogste in:
Totaal aantal Macoma	<0.001	Open	<0.001	Open
N/m ² Macoma	0.023	Gesloten	0.002	Open

Tabel 6.1c. Resultaten van de t-test voor Macoma parameters uit de Waddenzee en Westerschelde voor en na sluiting van gebieden in 1999 (Waddenzee) en 1998 (Westerschelde) (zie Fig. 6.1 en 6.3).

parameter	Waddenzee		Westerschelde	
	t-test		t-test	
	p-waarde	Verschil grootst	p-waarde	Verschil grootst
Totaal aantal Macoma	n.s.	-	n.s.	-
N/m ² Macoma	n.s.	-	n.s.	-

Tabel 6.2. Resultaten van paired t-test with Bonferroni adjusted probability op verschil in Macoma dichtheid in twee opeenvolgende jaren in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde (zie Fig. 6.4, 6.5 en 6.6). n.s. = niet significant.

Parameter	Open onbevist vs bevist		Open onbevist vs gesloten		Bevist vs gesloten	
	p-waarde	Grootste verschil in:	p-waarde	Par. hoogste in:	p-waarde	Grootste verschil in:
Vershil in dichtheid Waddenzee	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	-
Vershil in dichtheid Oosterschelde	n.s.	-	n.s.	-	0.05	gesloten
Vershil in dichtheid Westerschelde	n.s.	-				

miljoen aantal nonnetjes Waddenzee

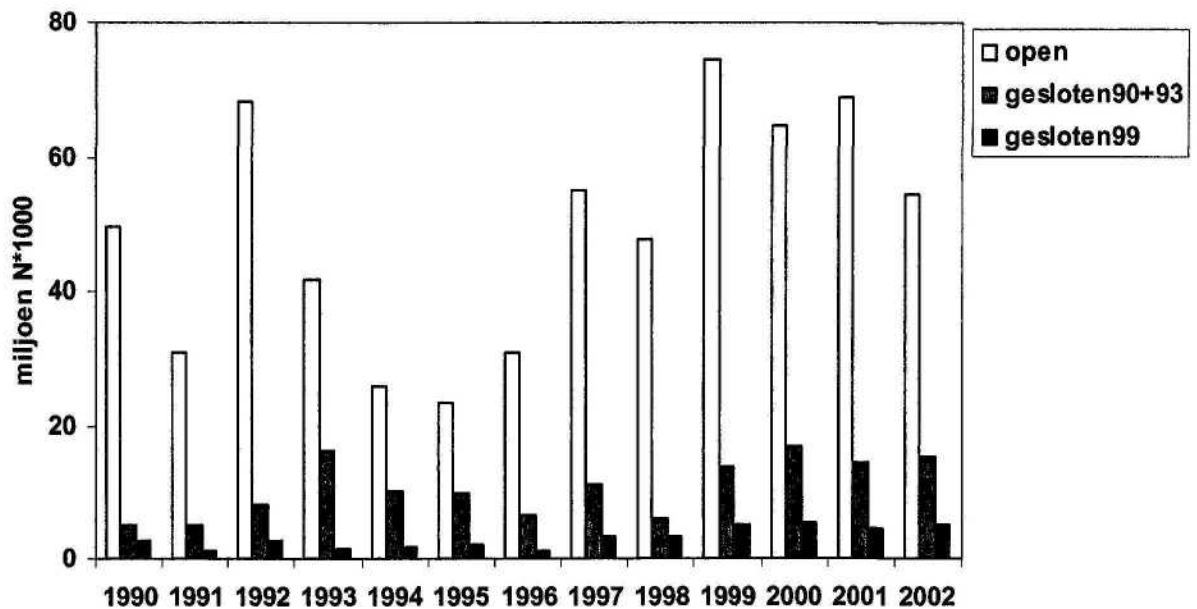
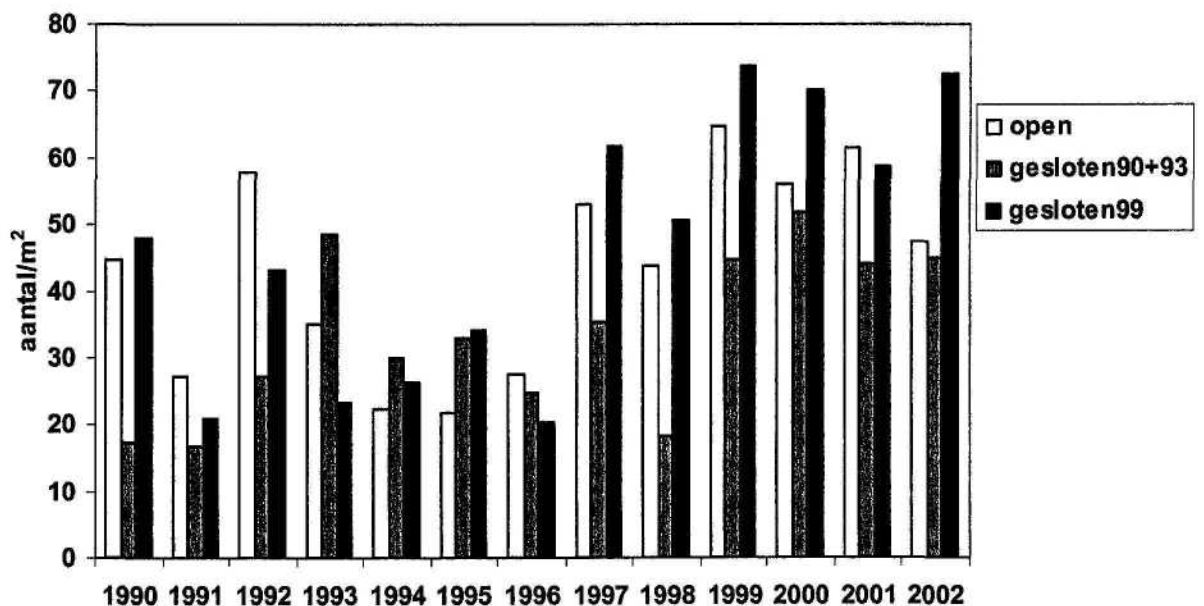
aantal nonnen per m² Waddenzee

Fig. 6.1. Het verloop van het totaal aantallen nonnen of Macoma (a) en het aantal Macoma per m² (b) in de verschillende gebieden in de Waddenzee. In de periode 1990 t/m 1993 waren alleen gebieden van Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer en Artikel 17 gesloten, in de periode 1994 t/m 1998 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten en in de periode 1999 t/m 2002 waren daarbij ook nog de gebieden van de Structuurnota 1999 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 3.1).

miljoen aantal nonnetjes Oosterschelde

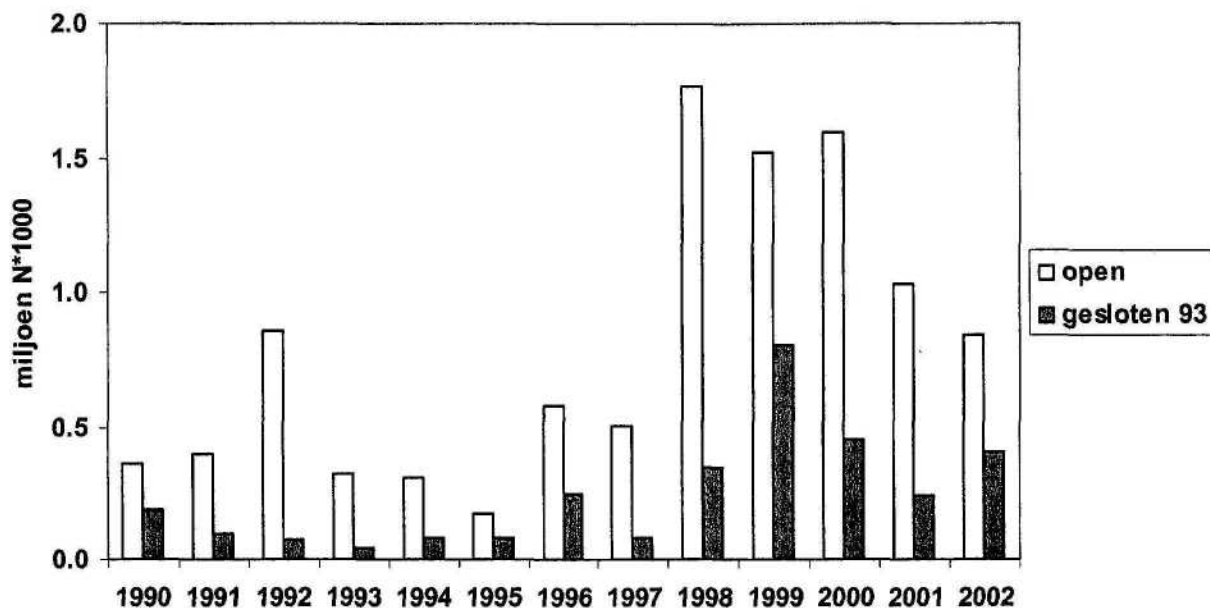
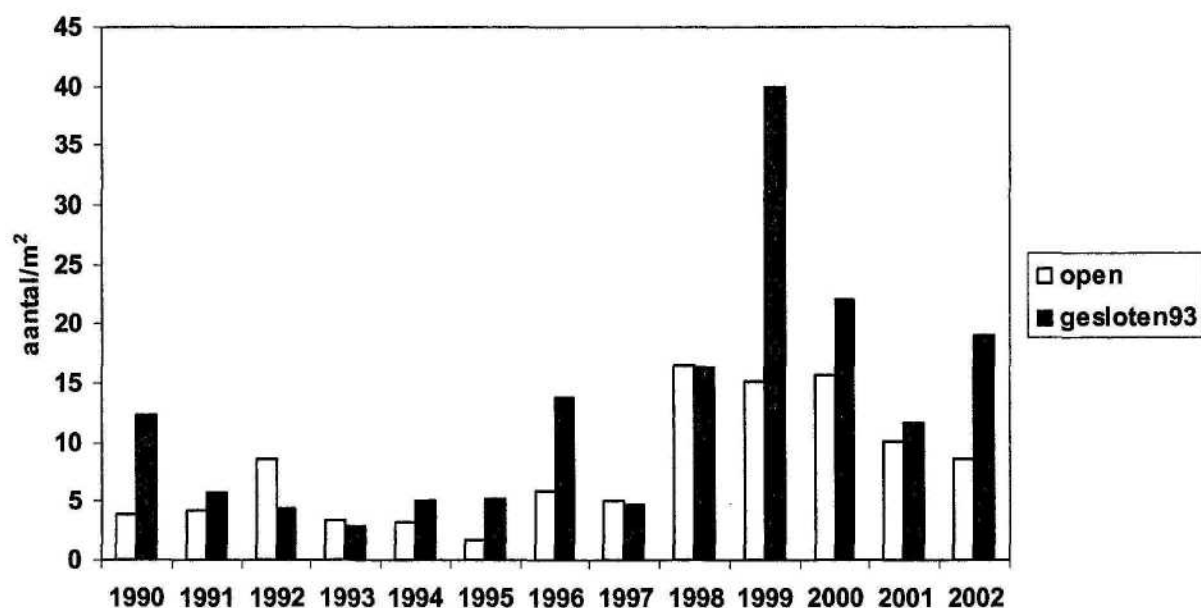
aantal nonnetjes per m² Oosterschelde

Fig. 6.2. Het verloop van het totaal aantallen nonnen of Macoma (a) en het aantal Macoma per m² (b) in de verschillende gebieden in de Oosterschelde. In de periode 1990 t/m 1993 was alleen het gebied van Natuurmonumenten gesloten, in de periode 1994 t/m 2002 waren daarbij ook de gebieden van de Structuurnota 1993 gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 3.2).

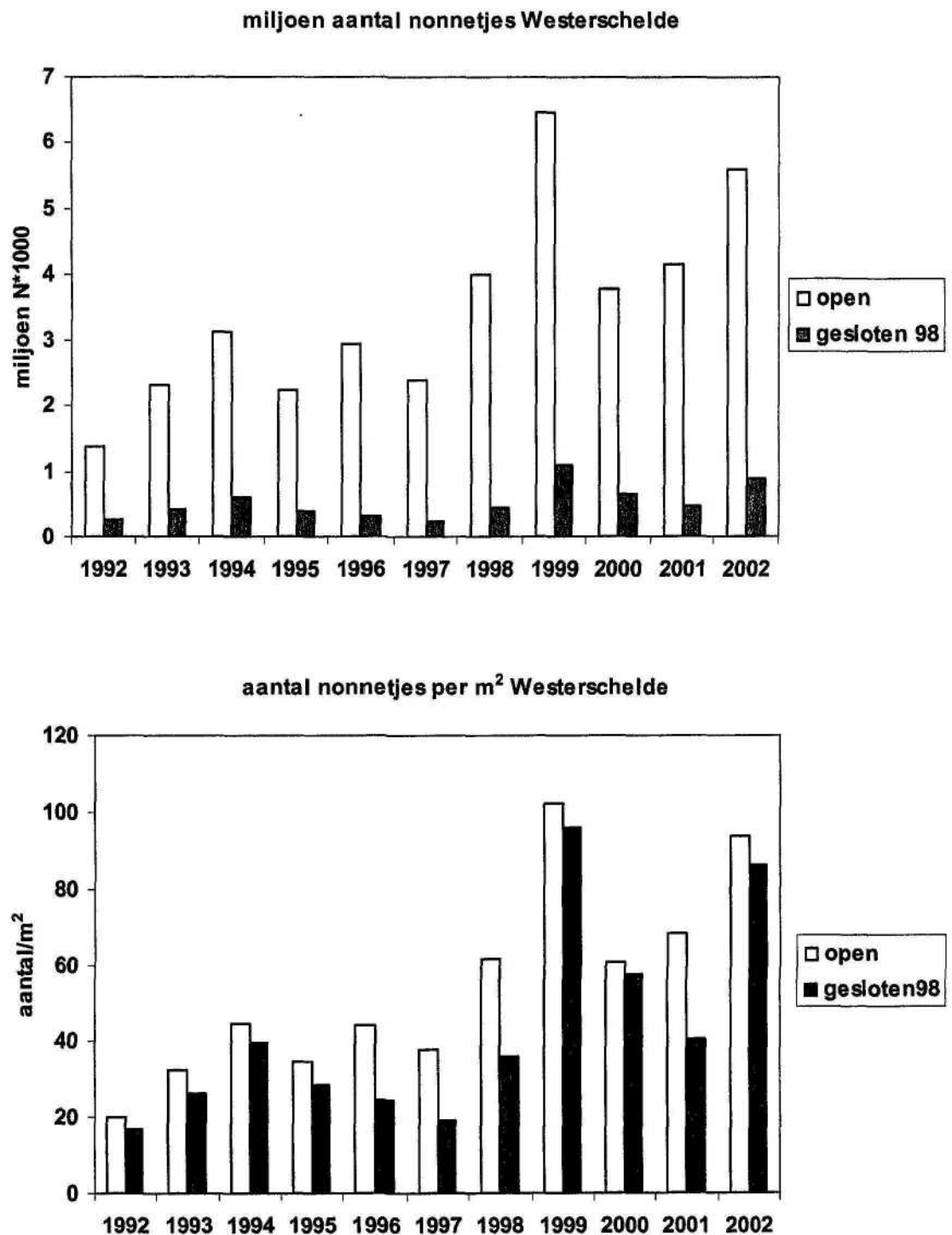
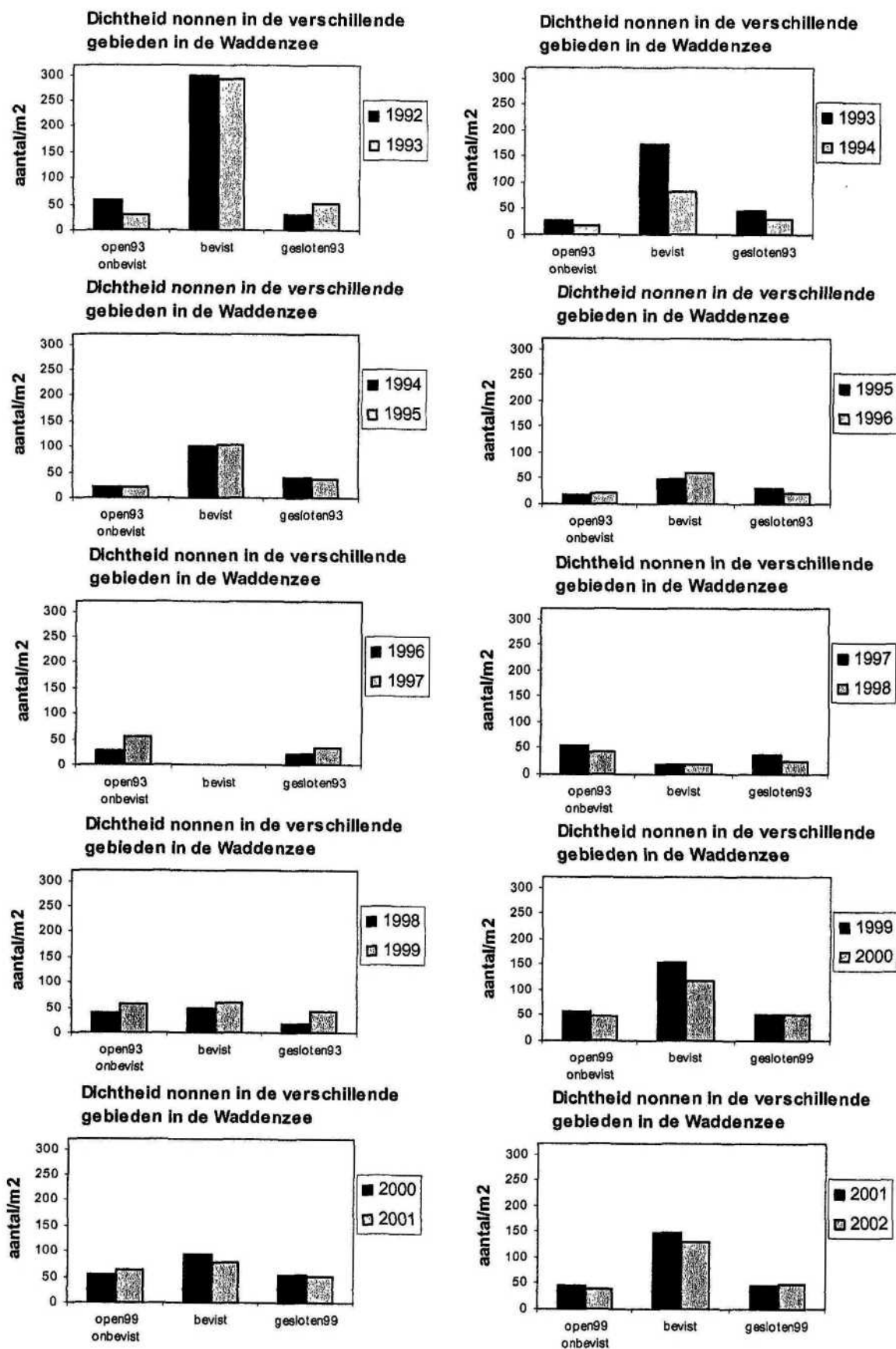
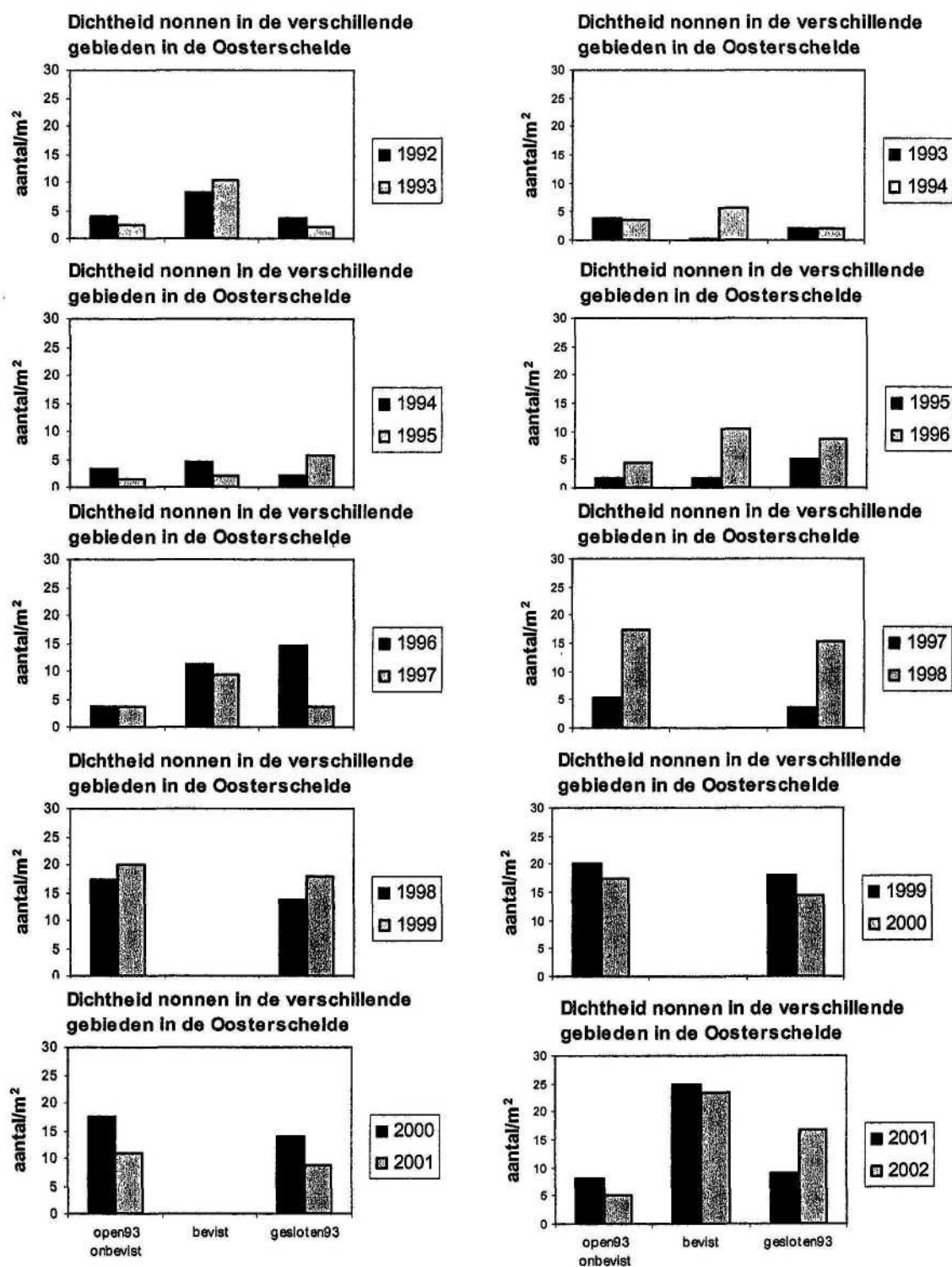


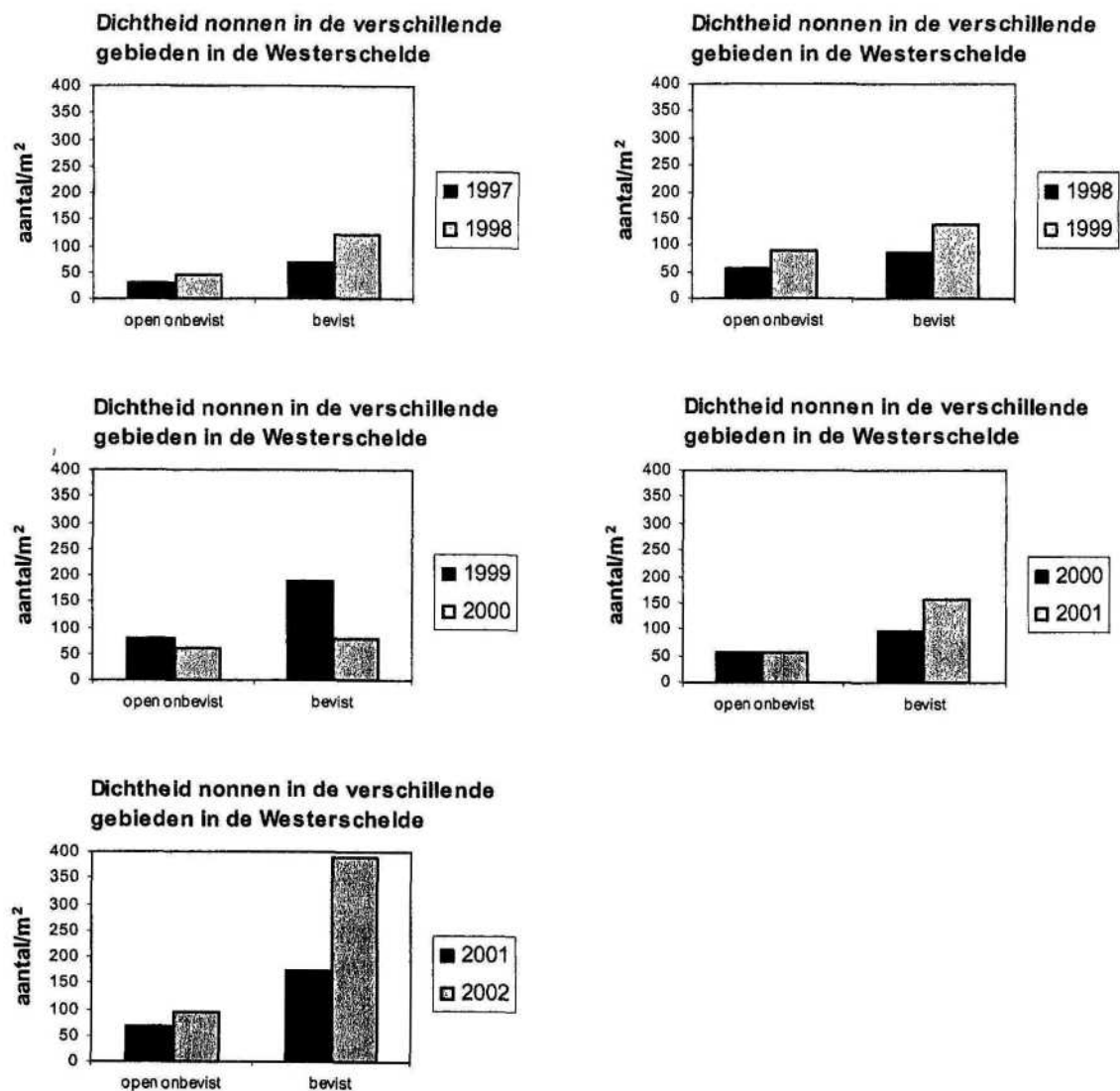
Fig. 6.3. Het verloop van het totaal aantallen nonnen of Macoma (a) en het aantal Macoma per m² (b) in de verschillende gebieden in de Westerschelde. In de periode 1999 t/m 2002 waren de gebieden van het Beleidsbesluit Westerschelde gesloten (voor locatie gebieden zie Fig. 3.3).



Figuur 6.4. Ontwikkeling van de dichtheid aan nonnen of *Macoma* in de Waddenzee twee opeenvolgende jaren in drie verschillende categorieën (onbevestigd open, bevestigd open en gesloten). Gesloten 93 = gebieden die voor 93 en in 93 gesloten zijn tezamen. Gesloten 99 = gebieden die voor 93 en in 93 en 99 gesloten zijn tezamen. (voor locatie gesloten gebieden zie Fig. 3.1). In 1996 is niet gevist in de Waddenzee.



Figuur 6.5. Ontwikkeling van de dichtheid aan nonnen of *Macoma* in de Oosterschelde twee opeenvolgende jaren in drie verschillende categorieën (onbevist open, bevist open en gesloten). (voor locatie gesloten gebieden zie Fig. 3.2). In 1997, 1998, 1999 en 2000 is niet gevist in de Oosterschelde.



Figuur 6.6. Ontwikkeling van de dichtheid aan nonnen of Macoma in de Westerschelde twee opeenvolgende jaren in twee verschillende categorieën (onbevist open en bevist open). (voor locatie gesloten gebieden zie Fig. 3.3).

7. Conclusies

Dynamiek kokkels in open en gesloten gebieden (hoofdstuk 2, 3 en 5)

Het effect van kokkelvisserij is bepaald door de dynamiek van bestanden aan kokkels en *Macoma* in voor kokkelvisserij opengestelde en gesloten gebieden te vergelijken. Er is verschil in ontwikkeling in bestanden aan kokkels in open en gesloten gebieden. Het aantal kokkels per m² is significant hoger in de gesloten gebieden dan in de open gebieden in de Waddenzee en de Oosterschelde. Het effect van sluiting kon alleen worden bestudeerd voor de gebieden die in 1999 in de Waddenzee zijn gesloten en in 1998 in de Westerschelde. Het totale kokkelbestand in de Waddenzee was hoger in de in 1993 gesloten gebieden dan in open gebieden in 1994 en vanaf 2000. Dit wordt veroorzaakt door een betere aanwas van kokkels in gesloten gebieden en het wegvissen van kokkels in de open gebieden. Over het algemeen is de overleving van kokkels beter in de gesloten gebieden dan in de open gebieden waar kokkelbestanden aanwezig zijn. Dit verschil was significant was voor alle wateren. Deze resultaten duiden op gunstige omstandigheden voor kokkelpopulaties in gesloten gebieden. Een analyse van de verspreiding van kokkelbanken in de Waddenzee in de periode 1980-2002 laat zien dat voor 1990 een vergelijkbaar percentage van het litoraal in open en gesloten gebied bedekt was met kokkelbanken. Drie jaar na beëindiging van bevissing vindt een plotselinge toename plaats van het oppervlak aan kokkelbanken. De daarop volgende jaren neemt het oppervlak weer af. Een mogelijke verklaring is dat het gesloten gebied aantrekkelijk is voor de aanwezigheid van kokkelbanken, maar dat daarna de handhaving van die banken door andere factoren wordt belemmerd.

Overleving kokkels op beviste locaties en in onbeviste gebieden (hoofdstuk 5)

De dynamiek van kokkels op beviste locaties en in onbeviste gebieden is met elkaar vergeleken. De gemiddelde jaarlijkse natuurlijke sterfte van kokkels in de onbeviste gebieden was ca. 60% in de Waddenzee (periode 1992-2002) en in de Oosterschelde (periode 1992-2002) en ca. 80% in de Westerschelde (periode 1997-2002). De gemiddelde visserijsterfte voor het gehele gebied was in de Waddenzee iets lager dan in de Oosterschelde (Waddenzee: gebaseerd op aantallen 6% en op biomassa 11%, Oosterschelde gebaseerd op aantallen 11% en op biomassa 15%). De visserijsterfte op de beviste locaties was in de Waddenzee iets hoger dan in de Oosterschelde (resp. 63% en 56%). In de Westerschelde was de overleving beter op beviste locaties (goede kokkelgebieden) dan in onbeviste gebieden (slechte kokkelgebieden). Gebaseerd op de vangst was de visserijsterfte in de Waddenzee het laagst (11%), gevolgd door Oosterschelde (22%) Westerschelde (25%). Er werd een positief effect van sluiting van gebieden op overleving van kokkels aangetoond in de Westerschelde, maar niet in de Waddenzee.

Effect kokkelvisserij op aanwas kokkels (hoofdstuk 4)

Het effect van kokkelvisserij op broedval is met behulp van twee benaderingen bestudeerd: Ten eerste een lokale benadering waarbij vooral gekeken wordt naar de lokale en korte termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van beviste en onbeviste monsterstations aan de hand van black box gegevens. En ten tweede een grootschalige benadering waarbij vooral gekeken wordt naar grootschalige en lange termijn effecten. Hierbij is gebruik gemaakt van open en gesloten gebieden.

De locale benadering toont in de Waddenzee een negatief effect van visserij op de broedval van kokkels vlak na de broedval (2 herbemonsteringen). Op beviste locaties valt minder broed dan op onbeviste locaties. Een kwart van de verklaarde deviantie wordt verklaard door bevissing. Het aantal jaar bevissing geeft een positief effect: vissen is gecorreleerd met de kwaliteit van een station. Hierdoor wordt juist in goede kokkelgebieden met een goede broedval gevist. Beide effecten zijn niet meer aantoonbaar na de winter (7 voorjaarsinventarisaties). In de Oosterschelde zijn geen effecten van kokkelvisserij aantoonbaar direct na de broedval (1 herbemonstering). Na de winter wordt echter een positief effect van kokkelvisserij gevonden (5 voorjaarsinventarisaties). Iets minder dan een derde van de verklaarde deviantie wordt verklaard door bevissing. In de Westerschelde worden geen effecten van kokkelvisserij aangetoond (2 herbemonsteringen en 4 voorjaarsinventarisaties). In deze analyses werd i.v.m. de vraagstelling specifiek geselecteerd op monsterstations die aan bepaalde voorwaarden voldeden. Een uitspraak voor het gebied als geheel is hierdoor lastiger.

Visserij zou niet alleen een direct en lokaal effect kunnen hebben maar ook grootschaliger effecten, en juist deze grotere schaalniveaus zijn interessant in het kader van deze studie. De grootschalige benadering van het effect van kokkelvisserij laat zien dat er minder 1-jarige kokkels aanwezig zijn in de open dan in gesloten gebieden in de Waddenzee. Na correctie voor habitat verschillen wordt gemiddeld 30% minder 1-jarige kokkels gevonden in open dan in gesloten gebieden in de Waddenzee. Dit suggereert dat een deel van de verschillen tussen open en gesloten gebieden te maken hebben met habitat. Er is een beperkte analyse uitgevoerd om het habitat model te toetsen en dit geeft geen aanwijzingen dat het model slecht functioneert. Er van uit gaande dat het habitat model de verschillen tussen open en gesloten gebieden voldoende kan beschrijven kan worden geconcludeerd dat het resterende verschil kan worden toegeschreven aan een negatief effect van visserij op de broedval van kokkels in de Waddenzee. De verschillen in broedval tussen open en gesloten gebieden in de Waddenzee worden ieder jaar kleiner. Een verklaring hiervoor is dat de grotere dichtheden aan oudere kokkels in de gesloten gebieden een negatieve invloed kunnen hebben op de broedval, of dat zich een langjarige ontwikkeling in natuurlijke processen voltrekt.

Wanneer de resultaten van de huidige studie worden vergeleken met andere studies naar het effect van mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee op de broedval van schelpdieren komt geen eenduidig beeld naar voren. Pierma et al (2001) vonden het eerste jaar na bevissing een positief effect op de broedval van kokkels en nonnetjes. Een langjarige analyse toonde echter een

negatief effect in de eerste 8 jaar na bevissing. De EVA II studie C4 van Ens et al (2003) laat zien dat de broedval van kokkels en mosselen in het jaar na bevissing vooral plaats vindt op beviste locaties. De EVA II analyse F4a van Brinkman et al (2003) wijst op een negatief effect van intensieve kokkelvisserij op de broedval van mosselen en een positief effect van matig vissen.

Effect van abiotische factoren en visserij op dynamiek kokkels (bijlage 1 en 2)

Er is gekeken hoe naast visserij andere factoren de temporele dynamiek van bestanden aan kokkels beïnvloedden. De huidige dataset is echter onvoldoende groot om het relatieve belang te bepalen van visserij, weersomstandigheden en voedselaanbod voor de jaarlijkse variatie in kokkelbestanden op het schaalniveau van de Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde. Voor de Oosterschelde en Westerschelde werd een significante relatie tussen sterfte van 1-jarige kokkels en dichtheid gevonden. Hoe hoger de dichtheid aan éénjarigen in april, des te minder groot deel van de éénjarigen tot april van het volgende jaar zullen overleven.

Dynamiek Macoma (hoofdstuk 6)

De ontwikkeling van de Macoma populatie in de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde verschilt niet significant in open en gesloten gebieden en op beviste en onbeviste locaties. Een effect van kokkelvisserij op de Macoma aantallen en dichtheden kan niet worden aangetoond.

Conclusie

De huidige studie laat zien dat in de periode 1990-2002 verschillen in kokkelpopulaties bestaan tussen voor kokkelvisserij gesloten en opengestelde gebieden. Voor 1990 was een vergelijkbaar percentage van het litoraal in open en gesloten gebied bedekt met kokkelbanken. Drie jaar na beëindiging van bevissing vindt een plotselinge toename plaats van het oppervlak aan kokkelbanken. De daarop volgende jaren neemt het oppervlak weer af. Een mogelijke verklaring is dat het gesloten gebied aantrekkelijk is voor de aanwezigheid van kokkelbanken, maar dat daarna de handhaving van die banken door andere factoren wordt belemmerd. De studie laat tevens zien dat er negatieve effecten van kokkelvisserij zijn op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Het effect is alleen gevonden vlak na de broedval en niet meer aantoonbaar na de winter. Daarnaast wordt in de Waddenzee een relatief lagere dichtheid aan 1-jarige kokkels aangetroffen in de open gebieden dan in de gesloten gebieden. Er van uit gaande dat het habitat model de verschillen tussen open en gesloten gebieden voldoende kan beschrijven kan worden geconcludeerd dat het verschil kan worden toegeschreven aan een negatief effect van visserij op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Het verschil tussen open en gesloten gebieden neemt de laatste jaren af. Het effect van gebiedssluiting op de broedval verdwijnt dus in de loop van de tijd. In de Oosterschelde en Westerschelde werden geen negatieve effecten van kokkelvisserij op de aanwas van kokkels aangetoond.

Literatuur

- Andre, C., P.R. Johnsson & M. Lindegarth, 1993. Predation on settling bivalve larvae by benthic suspension feeders: the role of hydrodynamics and larval behaviour. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 97: 183-192.
- Armonies, W., 1996. Changes in distribution patterns of 0-group bivalves in the Wadden Sea: byssus-drifting releases juveniles from the constraints of hydrography. *J. Sea Res.* 35: 323-334.
- Banerjee, N. 2000. Script Create Map- Grid Theme. Download van <http://arcscripits.esri.com>.
- Beaumont, A.R., P.B. Newman, D.K. Mills, M.J. Waldock, D. Miller & M.E. Waite, 1989. Sandt-substrate microcosm studies on tributyl tin (TBT) toxicity to marine organisms. In: *Proc. 22nd EMBS*, J. Ros ed: 737-743.
- Bell, M.C., R.C.A. Bannister, P. Walker, P.W. Atkinson & N.A. Clark, 2001. Fisheries and bird predation as componenets of cockle (*Cerastordema edule*) mortality in the Burry Inlet, South Wales. ICES Annual Science Meeting, ICES-CM 2001/J02.
- Beukema, J.J., 1982. Annual variation in reproductive succes and biomass of the major macrobenthic species living in a tidal flat area of the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 16: 37-45.
- Beukema, J.J., 1991. The abundance of shore crabs *Carcinus maenas* (L.) on a tidal flat in the Wadden sea after cold and mild winters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 153: 97-113.
- Beukema, J.J., 1992. Dynamics of juvenile shrimp *Crangon crangon* in a idal flat nursery of the Wadden Sea after mild and cold winters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83: 157-165.
- Beukema, J.J., 1985. Zoobenthos survival during severe winters on high and low tidal flats in the Dutch Wadden sea. In: J.S. Gray & M.E. Christiansen (eds.) *Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms*, John Wiley, Chichester: 351-361.
- Beukema, J.J. & G.C. Cadee, 1991. Growtrh rates of the bivalve *Macoma balthica* in the Wadden Sea during a period of eutrophication: relationships with concentrations of pelagic diatoms and faellates. *Mar. ecol. Prog. Ser.* 68: 249-256.
- Beukema, J.J., E. Knol & G.C. Cadee, 1985. Effects of temperature on the length of the annual growing season in the tellinid bivalve *Macoma balthica* (L.) living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 90: 129-144.
- Beukema, J.J., P.J.C. Honkoop & R. Dekker, 1998. Recruitment in *Macoma balthica* aftermild and cold winters. *Hydrobiologia* 375/376: 23-34.
- Boicourt, W.C., 1982. Estuarien larval retention mechanisms on 2 scales. In: V.S. Kennedy (ed). *Estuarien comparisons*. Academic Press. New York, 445-457.
- Bouma, H., J.M.C. Duiker, P.P. de Vries, P.M.J. Herman & W.J. Wolff, 2001. Spatial pattern of early recruitment of *Macoma balthica*(L.) and *Cerastoderma edule* (L.) in relation to sediment dynamics on a highly dynamic intertidal sandflat. *Journ. Sea Res.* 45: 79-93.
- Brinkman, A.G., Kater, B.J., Aarts, G. & Baars, J.M.D.D. Mogelijke effecten van kokkelvisserij op mosselzaadval in de Waddenzee. Alterra rapport. 2003b. Wageningen, Alterra.

- Brock, V. 1980. The geographical distribution of *Cerastoderma (Cardium) edule* (L.) and *C. lamarcki* (Reeve) in the Baltic and adjacent seas related to salinity and salinity fluctuations. *Ophelia* 19: 207-214.
- Bult, T.P., Baars, D., Ens, B.J., Kats, R.K.H. & Leopold, M.F. B3: Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. RIVO rapport. 2003a.
- Cook, W., 1991. Studies on the effects of hydraulic dredging on cockle and other macroinvertebrate populations 1989-1990. Lancaster University, Lancaster, 30 pp.
- Cotter, A.J.R., P. Walker, P. Coates, W. Cook and P.J. Dare, 1993. An experiment on the effects of tractor dredging on cockles in Burry Inlet, South Wales. ICES Annual Science Meeting, ICES-CM 1993/K24.
- Cotter, A.R.J., P. Walker, P. Coates, W. Cook, P.J. Dare, 1997. Trial of a tractor dredger for cockles in Burry Inlet, South Wales. ICES- J. Mar. Sci. 54: 72-83.
- Davies, J. 2000. Get Grid Value Extension. Download van <http://acrscripsts.esri.com>.
- Defeo, O., E. Ortiz & J.C. Castilla, 1992. Growth, mortality and recruitment of the yellow clam *Mesodesma mactroides* on Uruguayan beaches. *Mar. Biol.* 114: 429-437.
- De Vlas, J., 1982. De effecten van de kokkelvisserij op de bodemfauna van Waddenzee en Oosterschelde. RIN rapport 82/19, 99 pp.
- Ducrotoy, J.-P., H. Rybarczyk, J. Souprayen, G. Bachelet, J.J. Beukema, M. Desprez, J. Dörjes, K. Essink, J. Guillou, H. Michaelis, B. Sylvand, J.G. Wilson, B. Elkaïm and F. Ibanez, 1991. A comparison of the population dynamics of the cockle (*Cerastoderma edule*, L.) in North-Western Europe. In: M. Elliot and J.-P. Ducrotoy (eds.), *Estuaries and coasts: spatioal and temporal intercomparisons*, Olsen & Olsen, Fredensborg, 173-184.
- Dijkema, R., 1992. Spatfall and recryuitment of mussels (*Mytilus edulis*) and cockles (*Cerastoderma edule*) on different locations along the Euriopean coast. Results of the first two workshops, sponsored by the C.E.C. ICES Annual Science Meeting, ICES-CM 1992/K45.
- Ens, B.J., de Jong, M.L. & Ter Braak, C.J.F. EVA II deelproject C4: resultaten kokkelvisexperiment Ameland. Alterra rapport. 2003. Wageningen.
- ESRI, 1996. ArcView Spatial Analyst. ESRI, USA.
- Ferns, P.N., D.M. Rostron & H.Y. Siman, 2000. Effects of mechanical cockle harvesting on intertidal communities. *J. Appl. Ecol.* 37: 464-474.
- Flach, E.C., 1992. Disturbance of benthic infauna by sediment reworking activities of the lugworm *Arenicola marina*. *Neth. J. Sea Res.* 30: 81-89.
- Gell, F.R. & C.M. Roberts, 2003. The fishery effcets of marine reserves and fishery closures. WWF Publication.
- Günther, C.P., 1991. Settlement of *Macoma balthica* on an intertidal sandflat in the Wadden sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76: 73-79.
- Grassle, J.P., P.V.R. Snelgrove & C.A. Butmann, 1992. Larval habitat choice in still water and flume flows by the opportunistic bivalve *Mulinia lateralis*. *Neth. J. Sea Res.* 30: 33-44.

- Hall, S.J. & M.J.C. Harding, 1997. Physical disturbance and marine benthic communities: The effects of mechanical harvesting of cockles on non-target benthic infauna. *J. Appl. Ecol.* 34: 497-517.
- Hancock, D.A., 1973. The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. *Rapp. P.-V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 164: 113-131.
- Hiddink, J.G. 2003. Effects of suction dredging for cockles on non-target fauna in the Wadden Sea. *Journ. Sea Res.*, 50: 315-323.
- Honkoop, P.C.J. & J.J. Beukema, 1997. Loss of body mass in three intertidal bivalve species: an experimental and observational study of the interacting effects between water temperature, feeding time and feeding behaviour. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 212: 277-297.
- Honkoop, P.J.C. & J. van der Meer, 1998. Experimentally induced effects of water temperature and immersion time on reproductive output of bivalves in the Wadden Sea. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 220: 227-246.
- Jensen, K.T., 1992. Dynamics and growth of the cockle, *Cerastoderma edule*, on an intertidal mud-flat in the Danish Wadden sea: effects of submersion time and density. *Neth. J. Sea Res.* 28: 335-345.
- Jonsson, P.R. & C. Andre, 1992. Mass mortality of the bivalve *Cerastoderma edule* on the Swedish west coast caused by infestation with the digenenean trematode *Cercaria cerastodermæ*. *Ophelia* 36: 151-157.
- Johnstone, I. & K. Norris, 2000. The influence of sediment type on the aggregative response of oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, searching for cockles, *Cerastoderma edule*. *Oikos* 89: 146-154.
- Kamermans, P., 1993. Food limitation in cockles (*Cerastoderma edule* (L.): influences of location on tidal flat and of nearby mussel beds. *Neth. J. Sea Res.* 31: 71-81.
- Kamermans, P., H.W. van der Veer, L. Karczmarski & G.W. Doeglas, 1992. Competition in deposit- and suspension-feeding bivalves: experiments in controlled outdoor environments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 162: 113-135.
- Kamermans, P., Kesteloo-Hendrikse, J.J. & Baars, D. 2003a. EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. RIVO rapport C054/03. Yerseke.
- Kamermans, P., Schuiling, E., Baars, D. & van Riet, M. 2003b. EVA II deelproject A1: Visserij-inspanning. RIVO rapport C057/03. Yerseke.
- Kaiser, M.J., G. Broad & S.J. Hall, 2001. Disturbance of intertidal soft-sediment benthic communities by cockle hand raking. *Joun. Sea Res.* 45: 119-130.
- Kater, B.J., Brinkman, A.G., Baars, J.M.D.D. & Aarts, G. Kokkelhabitatkaarten voor de Waddenzee en de Oosterschelde. RIVO rapport C060/03. 2003. Yerseke, RIVO.
- Kristensen, I., 1957. Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Wadden Sea. PhD dissertation University of Leiden, 103 pp.
- Leopold, M.F., Dijkman, E.M., Cremer, J.S.M., Meijboom, A. & Goedhart, P.W. EVA II deelproject C1/3: de effecten van mechanische kokkelvisserij op de benthische macrofauna en hun habitat. Alterra rapport. 2003. Wageningen.

- LNv, 1993. Vissen naar evenwicht. Structuurnota Zee- en Kustvisserij. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
- LNv, 1996. Beleidsbesluit kokkelvisserij Westerschelde.
- LNv, 1999. Beleidsvoornemen Structuurnota Zee- en Kustvisserij – Tweede Fase.
- Mascaro, M. & R. Seed, 2000 a. Foraging behaviour of *Carcinus maenas* (L.): Comparisons of size-selective predation on four species of bivalve prey. J. Shellfish Res. 19: 283-291.
- Mascaro, M. & R. Seed, 2000 b. Foraging behaviour of *Carcinus maenas* (L.): Species-selective predation among four species of bivalve prey. J. Shellfish Res. 19: 293-300.
- Masski, H. & J. Guillou, 1999. The role of biotic interactions in juvenile mortality of the cockle (*Cerastoderma edule* L.): field observations and experiment. Journ. Shellfish Res. 18: 575-578.
- Montaudouin, X., I. De Kisielowski, G. Bachelet & C. Desclaux, 2000. A census of macroparasites in an intertidal bivalve community, Arcachon Bay, France. Oceanol. Acta 23: 453-468
- Olafsson, E.B., C.H. Peterson & W.G. Ambrose, 1994. Does recruitment limitation structure populations and communities of macroinvertebrates in marine soft sediments: the relative significance of pre- and post-settlement processes. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 32: 65-109.
- Peterson, C.H. 2002. Recruitment overfishing in a bivalve mollusc fishery: hard clams (*Mercenaria mercenaria*) in North Carolina. Ca. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 96-104.
- Peterson, C.H. & H.C. Summerson, 1992. Basin-scale coherence of population dynamics of an exploited marine invertebrate, the bay scallop: implications of recruitment limitation. Ar. Ecol. Prog. Ser. 90: 257-272.
- Piersma, T., A. Koolhaas, A. Dekenga, J.J. Beukema, R. Dekker & K. Essink, 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. J. Appl. Ecol. 38: 976-990.
- Rees, E.I.S., 1996. Environmental effects of mechanised cockle fisheries: a review of research data. School of Ocean Sciences, Bangor, 40 pp.
- Richards, M.G., M. Huxham & A. Bryant, 1999. Predation: a causal mechanism for variability in intertidal bivalve populations. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 241: 159-177.
- Sanchez-Salazar, M.E., C.L. Griffiths & R. Seed, 1987. The interactive roles of predation and tidal elevation in structuring populations of the edible cockle, *Cerastoderma edule*. Estur. Coast. Shelf Sci. 25: 245-260.
- SAS, 2000. SAS 8.01 1999-2000. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Smaal, A. C. & H. A. Haas, 1987. "Seston dynamics and food availability on two intertidal cockle banks in the Oosterschelde (The Netherlands)." EMBS 1987, Barcelona.
- Snelgrove, P.V.R. & C.A. Butman, 1994. Animal-sediment relationships revisited: cause versus effect. Oceanography and Marine Biology: an annual review 32: 111-177.
- SYSTAT 1998. SYSTAT version 9.0, SPSS Inc.
- Van der Have, T.M., 2003. Birds and shellfisheries in the Dutch Wadden Sea: a case of adaptive resource management? Proc. 10th Int. Wadden Sea Symp.: 147-172.

- van der Meer, J., T. Piersma & J.J. Beukema, 2001. Population dynamics of benthic species on tidal flats: the possible roles of shorebird predation. In: Ecological comparisons of sedimentary shores. K. Reise (Ed.). Springer, Berlin, 317-336.
- van der Veer, H., R.J. Feller, A. Weber & J.I.J. Witte, 1998. Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. Jour. Exp. Mar. Biol. Ecol. 213: 139-157.
- Van Stralen, 1995. De groei en aanvoer van gekweekte mosselen (*Mytilus edulis*) na 1952 en de ontwikkeling van het kokkelbestand (*Cerastoderma edule*) in relatie tot het voedselaanbod, eutrofiering en andere milieufactoren in de Waddenzee. RIVO Rapport 95.016, 52 pp.
- van Stralen en Kesteloo, 1998a. De ontwikkeling van het kokkelbestand in de Waddenzee (1971-1997) en Oosterschelde (1980-1997). RIVO rapport C.005.98, 52 pp.
- van Stralen en Kesteloo, 1998b. Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in het voorjaar van 1998. RIVO rapport C020/98, 42 pp.
- Young, E.F., G.R. Bigg & A. Grant, 1996. A statistical study of environmental influences on bivalve recruitment in the Wash, England. Mar. Ecol. Prog. Ser. 143: 121-129.
- Ysebaert, T., P. Meire, N. de Regge, 2000. Spatio-temporal patterns of intertidal macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. In: Ysebaert T. Macrozoobenthos and waterbirds in the estuarine environment: spatio-temporal patterns at different scales. PhD thesis, University of Antwerp. Communications of the Institute of Nature Conservation 16. Brussel, Belgium: 51-72.
- Zwarts, L. & J.H. Wanink, 1991. The macrobenthos fraction accessible to waders may represent marginal prey. Oecologia 87: 581-587.
- Zwarts, L., m.m.v. Dubbeldam, W., Essink, K., van de Heuvel, H., van de Laar, E., Menke, U., Hazelhoff, L. & Smit, C.J. Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. RIZA rapport. 2003. Lelystad, RIZA.
- Andre, C. & R. Rosenberg, 1991. Adult-larval interactions in the suspension feeding bivalves *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria*. Mar. ecol. Prog. Ser. 71: 227-234.

Bijlage 1. Effect van omgevingsfactoren en kokkelvisserij op de jaarvariatie in bestandsomvang van 1-jarige kokkels

1. Inleiding

In dit hoofdstuk worden analyses gepresenteerd die tot doel hebben een indruk te verkrijgen van het relatief belang van visserij, weersomstandigheden en voedselaanbod voor de jaarlijkse variatie in kokkelbestanden op het schaalniveau van de Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde. Hierbij werd gebruik gemaakt van de variatie in bestandsomvang van 1-jarige kokkels in het litoraal van de Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde zoals waargenomen in het voorjaar vanuit de RIVO surveys en gegevens over visserij, weersomstandigheden en voedselaanbod. Deze analyses waren beperkt tot de 1-jarige kokkels omdat die een goed beeld geven van de aanwas van de populatie. Daarnaast zijn alleen gegevens uit het litoraal gebruikt omdat de dynamiek van sublitorale bestanden waarschijnlijk bepaald worden door andere processen, met name waar het gaat om invloeden als temperatuur, wind en voedselaanbod. Bovendien zijn de sublitorale kokkelbestanden klein zijn ten opzicht van de litorale bestanden (Oosterschelde en Westerschelde >99% litoraal; Waddenzee 87% litoraal) en omdat invloeden van habitat en visserij op kleiner schaalniveau en invloeden van visserij op lange termijn vallen buiten dit project, maar zijn onderdeel van hoofdstuk 4 en van de analyses in het EVAII-deelproject H3 (Kater et al, 2003).

2. Materiaal en methode

2.1. Kokkelbestanden

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de litorale gegevens van de kokkelinventarisaties in de Waddenzee, Westerschelde en Oosterschelde (zie 1.3.1).

2.2. Andere informatie

Temperatuur, chlorofyl-a, zwevende stof, saliniteit

De meetwaarden van de parameters watertemperatuur (°C), chlorofyl-a (µg/l), zwevende stof (mg/l) en saliniteit (‰) zijn opgevraagd bij de Basisinfodesk (onderdeel van RIKZ, beheert DONAR-gegevens). Van totaal 106 meetstations (62 in de Waddenzee, 19 in de Oosterschelde en 25 in de Westerschelde) zijn gegevens opgestuurd. Voor de Waddenzee zijn 6 stations geselecteerd met een zo volledig mogelijke dataset: 3 stations in de westelijke Waddenzee en 3 stations in het oostelijk deel. In de Oosterschelde zijn 4 stations geselecteerd en in de Westerschelde 3 (Fig. 1.) De stations hebben een meetfrequentie van ongeveer 20x per jaar. Dit betekent echter niet dat van iedere maand een meting bekend is.

Op basis van deze gegevens is voor 3 seizoenen een gemiddelde of mediane waarde berekend: winter (december – maart), voorjaar (april en mei) en zomer (juni – september). De indeling in deze drie perioden heeft te maken met de biologie van de kokkel. De temperatuur in de winterperiode is belangrijk voor de overleving en de broedval (Beukema et al, 1998; Honkoop & van der Meer, 1998), temperaturen in het voorjaar en de zomer bepalen mede het voedselaanbod (Beukema et al, 1985). De chlorofyl-a en zwevende stof gehalten van het water zijn een maat voor de voedselkwaliteit (Smaal & Haas, 1987; van Stralen, 1995). Voldoende voedsel in de winter kan een positieve invloed hebben op de conditie van kokkels (Honkoop & Beukema, 1997). Voedsel in het voorjaar en de zomer is zowel belangrijk voor de groei van de larven en het broed als van oudere kokkels (Beukema & Cadée, 1991). De saliniteit van het water kan in de winter te laag worden voor overleving van kokkels. Dit is b.v. het geval voor kokkels in het oosten van de Westerschelde (Ysebaert, 2000). Voor sommige soorten zijn positieve verbanden geobserveerd tussen de broedval in het voorjaar en een laag zoutgehalte (Boicourt, 1982).

Voor het berekenen van een seizoensgemiddelde, moet voor alle maanden een meetwaarde bekend zijn. Wanneer dit niet het geval is, is voor deze maand een waarde berekend.

Voor de gecorrigeerde seizoensgemiddelden per stations zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:

- A. vanuit de dataset zoals door de Basisinfodesk is aangeleverd, is per station, per jaar en per maand voor de parameters temperatuur, chlorofyl-a en saliniteit een gemiddelde waarde berekend. Voor de parameter zwevende stof is de mediane waarde berekend, omdat incidentele extreem hoge waarden als gevolg van b.v. een storm dan minder meewegen. Per stations verschilt het aantal maanden waarvan een waarde bekend is.
- B. Vanuit de dataset zoals bij A. berekend, is per station een langjarig maandgemiddelde berekend.
- C. Net als bij B. is een langjarig maandgemiddelde berekend, maar in de tabel met berekende langjarige maandgemiddelde zijn per jaar en per maand alleen waarden

ingevuld wanneer in de dataset zoals bij A. berekend ook voor dezelfde maand een waarde is berekend.

$$seizoensgemiddelde_{station,y} = A(B / C)$$

Tenslotte is per gebied (Waddenzee en Ooster- en Westerschelde) één waarde berekend per seizoen, door het gemiddelde te berekenen van de afzonderlijke stations. Dit resulteerde in de variabelen:

- TMP-W1: temperatuur in de winter, direct voorafgaand aan de bestandsopname
- TMP-W2: temperatuur in de winter, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname
- TMP-Z1: temperatuur in de zomer, direct voorafgaand aan de bestandsopname
- TMP-Z2: temperatuur in de zomer, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname
- CHL-W1; ZWS-W1; SAL-VJ1: chlorofyl-a, zwevende stof en saliniteit in de winter en het voorjaar, direct voorafgaand aan de bestandsopname
- CHL-W2; ZWS-W2; SAL-VJ2: chlorofyl-a, zwevende stof en saliniteit in de winter en het voorjaar, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname
- CHL-Z1; ZWS-Z1; SAL-Z1: chlorofyl-a, zwevende stof en saliniteit in de zomer, direct voorafgaand aan de bestandsopname
- CHL-Z2; ZWS-Z2; SAL-Z2: chlorofyl-a, zwevende stof en saliniteit in de zomer, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname

Windgegevens

De uur-waarnemingen met gegevens over windrichting- en sterkte zijn afkomstig van het KNMI (http://www.knmi.nl/samenw/hydra/cgi-bin/meta_data.cgi). Bij de uur-waarnemingen is de windsterkte vermeld in m/0,1s en de windrichting in graden. In de Waddenzee zijn 2 stations geselecteerd met recente en een lang-lopende reeks waarnemingen, één in de westelijke Waddenzee en de andere in het oostelijk deel. In de Oosterschelde zijn ook 2 stations geselecteerd, waarvan één aan de westkant en de andere in het oostelijk deel. In de Westerschelde is 1 stations geselecteerd; in het westelijk deel (Fig. 2).

NAO Index

Van der Have (2003) vond een relatie tussen de North Atlantic Oscillation Index en de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Daarom is deze parameter meegenomen in de analyse. Gegevens over de North Atlantic Oscillation Index (december – maart) zijn afkomstig van <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.stat.winter.html>. De invloed van de NAO op Europa is groot. Vooral in de wintermaanden is het weer in Europa goed gecorreleerd met de NAO. De drukverdeling boven de Noord Atlantische Oceaan wordt gekenmerkt door een dipool: het bekende lagedrukgebied bij IJsland en het Azorenhooft. De variatie in de sterkte van deze

drukgebieden blijkt in fase te zijn en wordt de Noord Atlantische Oscillatie (NAO) genoemd. Als index wordt vaak het drukverschil tussen IJsland (Stykkisholmur) en de Azoren (of Lissabon) genomen. Als het "IJsland laag" minder diep is, is "Azoren hoog" vaak minder sterk. Dan is het drukverschil dus klein en is de NAO index laag. Als de drukgradiënt groot is, is de NAO index hoog.

(<http://www.knmi.nl/voorl/nieuws/naoindex.htm>)

2.3. Visserij

Berekening bevestig oppervlak

Op basis van de black-box gegevens (zie 1.3.2) is de bevissing (hectaren) bepaald per jaar voor de OS, WS en WZ. Het totaal aantal registratiegebieden van 2.11 ha met een visintensiteit groter dan 2%, vermenigvuldigd met 2.11 geeft het totale oppervlak van de registratiegebieden. Omdat van ieder registratiegebiedje bekend is hoeveel procent van het gebied is bevestig, kan het totaal bevestig oppervlak berekend worden.

Dit resulteerde in de variabelen:

- BEV-1: bevestig oppervlak direct voorafgaand aan de bestandsopname (8-4 maanden)
- BEV-2: bevestig oppervlak een jaar voorafgaand aan de bestandsopname (20-16 maanden)

Analyses

De periode van jaren waarvoor visserij gegevens en kokkelbestanden beschikbaar zijn (1992-2002) zijn voor de analyse gebruikt. Het effect van visserij voorafgaand aan de bestandsopnamen werd bestudeerd. De eerste visserijgegevens zijn uit 1992, de eerste gebruikte bestandsopname is dus 1993.

M.b.t. de invloed van wind werd eerst een aparte analyse uitgevoerd, waarbij de correlatie tussen het bestand 1-jarige kokkels (10^6 kg) en wind werd uitgerekend voor een reeks van windrichtingen en windsterktes. Deze analyse had tot doel om te bepalen welke windsnelheden en -richtingen met name van belang zijn voor het kokkelbestand. Voor de windrichtingen Noord (360° , $0^\circ \pm 30^\circ$); NoordOost ($45^\circ \pm 30^\circ$); Oost ($90^\circ \pm 30^\circ$); ZuidOost ($135^\circ \pm 30^\circ$); Zuid ($180^\circ \pm 30^\circ$); Zuidwest ($225^\circ \pm 30^\circ$); West ($270^\circ \pm 30^\circ$) en NoordWest ($315^\circ \pm 30^\circ$) werd het aantal uren bepaald in de periode 1 juni – 1 mei dat de windrichting groter was dan $X \text{ m.s}^{-1}$ met $X=3.5, 7., 10.5, \dots, 35 \text{ m.s}^{-1}$. Al deze windrichtingen en windsnelheden werden apart gerelateerd aan het kokkelbestand m.b.v. een speciaal hiervoor ontwikkeld programma in FORTRAN. Dit programma maakte het mogelijk om al deze resultaten in een enkel figuur weer te geven en vervolgens te bekijken welke windrichtingen en -snelheden het meest relevant waren.

Vervolgens werden correlaties onderzocht tussen het bestand aan 1-jarige kokkels en het totale kokkelbestand.

En tenslotte werd het bestand aan 1-jarige kokkels (in jaar i , 10^6 kg) bekeken in relatie tot de voornoemde variabelen afzonderlijk (temperatuur, zwevende stof-, chlorofylgehaltes, wind, bevissing en de populatie ouderdieren ($>0_{\text{jaar}=i-1}$)), m.b.v. regressieanalyse in SYSTAT (1998). Gezien de veelheid aan variabelen (15) en het kleine aantal jaren (5-10) dat gegevens beschikbaar waren werd een stepwise multiple regression niet zinvol geacht.

3. Resultaten

Figuur 3 laat de invloed zien van wind op kokkelbestanden bij verschillende windrichtingen en -snelheden (m.s^{-1}) voor het litoraal van de Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee. Geen van de gevonden correlatiecoëfficiënten was significant ($p>0.05$). Ter illustratie is ook een figuur toegevoegd voor de litorale mosselbestanden. In tegenstelling tot de kokkelbestanden blijken de mosselbestanden juist wel gevoelig voor wind, met name vanuit West-ZuidWest, waarbij windsterktes vanaf 7.5 m.s^{-1} verklarend waren ($p<0.05$).

Omdat vanuit deze statistische benadering het niet mogelijk bleek om een combinatie van windrichting en -sterkte te identificeren die duidelijk meer van invloed was op de kokkelbestanden dan andere richtingen, is in de regressieanalyses geen gebruik gemaakt van de windgegevens.

De kokkelstand (1-jarig, $\log(\text{kg})$) in het litoraal van de Oosterschelde bleek niet significant gecorreleerd met de kokkelstand (1-jarig, $\log(\text{kg})$) in het litoraal van de Waddenzee ($n=13$, $r^2=0.01$, $p=0.71$) of de Westerschelde ($n=11$, $r^2=0.21$, $p=0.15$). Voor de Oosterschelde bleek een significant negatief verband tussen het bestand 1-jarige kokkels en het totale kokkelbestand (10^6 kg) in het jaar daarvoor (zie Figuur 4) ($n=12$, $r^2=0.55$, $p=0.03$). Voor Westerschelde en Waddenzee werd geen significant verband gevonden tussen het bestand 1-jarige kokkels en het totale kokkelbestand (10^6 kg) het jaar daarvoor ($p>0.21$; $r^2<0.36$; $n>10$; zie Figuur 4). Wanneer Waddenzee, Oosterschelde en Westerschelde als één systeem werd beschouwd, werd evenmin een significante relatie tussen het bestand 1-jarige kokkels en het totale kokkelbestand (10^6 kg) gevonden ($p>0.19$, $r^2<0.21$; $n=10$).

Figuur 5-7 en tabel 1 geven een overzicht van de resultaten van de regressieanalyses voor de verklarende variabelen apart: De bestanden (10^6 kg) 1-jarige kokkels waren niet significant ($p>0.05$) gerelateerd aan temperatuur, het kokkelbestand in het voorgaande jaar, chlorofylgehaltes, zwevende stofgehaltes, saliniteit of bevissing in Oosterschelde, Westerschelde of Waddenzee, m.u.v.:

- Een positief verband tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in de Waddenzee en de gemiddelde temperatuur in de zomer voorafgaand aan de survey ($r^2=0.65$, $p=0.005$).

- Een negatief verband tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in de Waddenzee en de grootte van het bevestig oppervlak 2 jaar voorafgaand aan de survey ($r^2=0.50$, $p=0.034$).
- Een negatief verband tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in de Westerschelde en de gemiddelde temperatuur in de winter 2 jaar voorafgaand aan de survey ($r^2=0.79$, $p=0.043$).

4. Discussie

In de Waddenzee werd een significant positief verband gevonden tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in het litoraal en de gemiddelde temperatuur in de zomer voorafgaand aan de survey en een significant negatief verband tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in het litoraal en de grootte van het bevestig oppervlak 2 jaar voorafgaand aan de survey. In de Oosterschelde werd een significant negatief verband gevonden tussen het bestand 1-jarige kokkels en het totale kokkelbestand. In de Westerschelde werd een significant negatief verband gevonden tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in het litoraal en de gemiddelde temperatuur in de winter 2 jaar voorafgaand aan de survey. De vraag is echter wat deze verbanden betekenen. De gevonden significante relaties worden steeds veroorzaakt door 1 jaar, 1998.

Het negatieve verband tussen het bestand aan 1-jarige kokkels in het litoraal en de grootte van het bevestig oppervlak 2 jaar voorafgaand aan de survey wordt veroorzaakt door de hoge waarde van het bestand in 1998. In deze bestandsopname is de goede broedval van 1997 zichtbaar als 1-jarige kokkels. In 1996 is er niet gevestigd in de Waddenzee. De significante relatie suggereert dat niet vissen resulteerde in een goede broedval. In 1995 is er wel gevestigd in de Waddenzee en in 1996 vond ook een goede broedval plaats. Deze is echter niet terug te vinden in de bestandsopname van 1997, omdat in de winter van 1996/1997 vrijwel alle kokkels zijn doodgevroren.

Bij een relatief korte dataserie zoals in deze rapportage, zullen alleen variabelen zinvol geïnterpreteerd kunnen worden als 1 of slechts enkelen een zeer sterke invloed hebben op de kokkelstand. Het is zeer onwaarschijnlijk dat dit het geval is, niet alleen omdat eerder onderzoek naar de dynamiek van kokkelpopulaties dergelijke variabelen zou moeten hebben aangetoond, maar ook omdat blijkt dat Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee niet synchroon lopen in die zin dat een sterke jaarklasse in het ene gebied niet gecorreleerd is met een sterke jaarklasse in het andere gebied. Grootschalige weersinvloeden met een sterk effect op de kokkelstand zijn daarmee minder waarschijnlijk. Vanuit eerdere publicaties zou de wintertemperatuur in aanmerking kunnen komen als variabele met een mogelijke grootschalige en sterke invloed (o.a. Beukema et al, 1998). Echter, de twee strenge winters die in de periode 1990-2002 voorkwamen, traden op in sequentie. Doordat de RIVO surveys werden uitgevoerd voorafgaand aan de broedval, zullen effecten van wintertemperaturen op de broedval pas merkbaar zijn in de bestanden 1-jarige kokkels het jaar daarna. Het mogelijke effect van de eerste strenge winter op de broedval en het bestand 1-jarige kokkels in het jaar daarna, kan daarom teniet zijn gedaan

door de daaropvolgende winter. Hierdoor waren wintereffecten mogelijk wel aanwezig maar niet meer aantoonbaar in de analyses van deze rapportage.

Wel duiden de resultaten erop dat de variatie in kokkelbestanden waarschijnlijk bepaald wordt door een veelheid aan factoren inclusief mogelijke interacties, i.p.v. dat de kokkelstand bepaald wordt door slechts een of enkele factoren. Mogelijk zijn effecten van de bestudeerde factoren alleen zichtbaar op een kleiner schaalniveau (deelgebieden, platen) dan het gehele systeem van Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde. Dit betekent ook het onwaarschijnlijk is dat systeembrede analyses die verder gaan dan de analyses die in dit rapport zijn gepresenteerd, leiden tot een beter inzicht in deze problematiek. Dergelijke analyses zijn wel uitgevoerd (opnemen interactietermen, herschaling variabelen, aanvullende regressiemethoden, etc. etc.), maar niet gepresenteerd omdat deze aanvullende analyses en resultaten geen beter inzicht of ander beeld oproepen dan is vermeld in deze rapportage.

Concluderend kan gesteld worden dat de huidige dataset onvoldoende groot is om het relatieve belang te bepalen van visserij, weersomstandigheden en voedselaanbod voor de jaarlijkse variatie in kokkelbestanden op het schaalniveau van de Waddenzee, Oosterschelde of Westerschelde.

Tabel 1. Overzicht van de verschillende variabelen die zijn onderzocht. WZ = Waddenzee; OS = Oosterschelde; WS = Westerschelde; Mljn kg 1j kok = het bestand aan 1-jarige kokkels in miljoenen kg; TMP-W1 = temperatuur in °C in de winter, direct voorafgaand aan de bestandsopname; TMP-W2 = temperatuur in °C in de winter, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname; TMP-Z1 = temperatuur in °C in de zomer, direct voorafgaand aan de bestandsopname; TMP-Z2 = temperatuur in °C in de zomer, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname; CHL/ZWS-W1; SAL-VJ1 = verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof in mg/l, en saliniteit in psu in de winter en het voorjaar, direct voorafgaand aan de bestandsopname; CHL/ZWS-W2; SAL-VJ2 = verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof mg/l, en saliniteit in psu in de winter en het voorjaar, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname; CHL/ZWS-Z1; SAL-Z1 = verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof mg/l, en saliniteit in psu in de zomer, direct voorafgaand aan de bestandsopname; CHL/ZWS-Z2; SAL-Z2 = verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof mg/l, en saliniteit in psu in de zomer, een jaar voorafgaand aan de bestandsopname; BEV-1 = bevestigd oppervlak in hectaren direct voorafgaand aan de bestandsopname (8-4 maanden); BEV-2 = bevestigd oppervlak in hectaren een jaar voorafgaand aan de bestandsopname (20-16 maanden); NAO = Noord Atlantische Oscillatie.

gebied	jaar	mljn kg 1j kok	tmp-w1	tmp-w2	tmp-z1	tmp-z2	chl/zw-w1	chl/zw-w2	chl/zw-z1	chl/zw-z2
WZ	1993	63.53005	4.449985	4.762796	18.125	18.44167	0.06165	0.083661	0.548604	0.649312
WZ	1994	15.99432	4.579945	4.449985	16.58657	18.125	0.088971	0.06165	0.722991	0.548604
WZ	1995	37.67513	5.552778	4.579945	17.47083	16.58657	0.059787	0.088971	0.465806	0.722991
WZ	1996	1.56426	2.090964	5.552778	18.14627	17.47083	0.198057	0.059787	0.382479	0.465806
WZ	1997	19.65979	3.820195	2.090964	16.50564	18.14627	0.122896	0.198057	0.501008	0.382479
WZ	1998	268.4466	4.87214	3.820195	19.53346	16.50564	0.108253	0.122896	0.486164	0.501008
WZ	1999	16.4278	4.26547	4.87214	16.91877	19.53346	0.092698	0.108253	0.360332	0.486164
WZ	2000	15.92795	4.967407	4.26547	17.53449	16.91877	0.081889	0.092698	0.273516	0.360332
WZ	2001	26.70861	3.624554	4.967407	17.23425	17.53449	0.14485	0.081889	0.535645	0.273516
WZ	2002	21.04451	5.737754	3.624554	17.34564	17.23425	0.082849	0.14485	0.414309	0.535645
gebied	jaar	mljn kg 1j kok	sal-vj1	sal-vj2	sal-z1	sal-z2	bev-1	bev-2	nao	
WZ	1993	63.53005	27.17528	28.04417	30.2025	31.05208	1346.813		3.28	
WZ	1994	15.99432	25.60917	27.17528	28.09313	30.2025	3080.516	1346.813	2.67	
WZ	1995	37.67513	28.76167	25.60917	29.11646	28.09313	2242.972	3080.516	3.03	
WZ	1996	1.56426	30.62472	28.76167	29.16016	29.11646	3516.463	2242.972	3.96	
WZ	1997	19.65979	30.28181	30.62472	31.08313	29.16016	0	3516.463	-3.78	
WZ	1998	268.4466	28.12458	30.28181	30.29617	31.08313	1580.939	0	-0.2	
WZ	1999	16.4278	27.25167	28.12458	28.91694	30.29617	3809.689	1580.939	0.72	
WZ	2000	15.92795	29.20875	27.25167	29.02063	28.91694	2665.669	3809.689	1.7	
WZ	2001	26.70861	27.00917	29.20875	29.28083	29.02063	2783.027	2665.669	2.8	
WZ	2002	21.04451	27.34569	27.00917	28.83604	29.28083	1829.581	2783.027	-1.89	

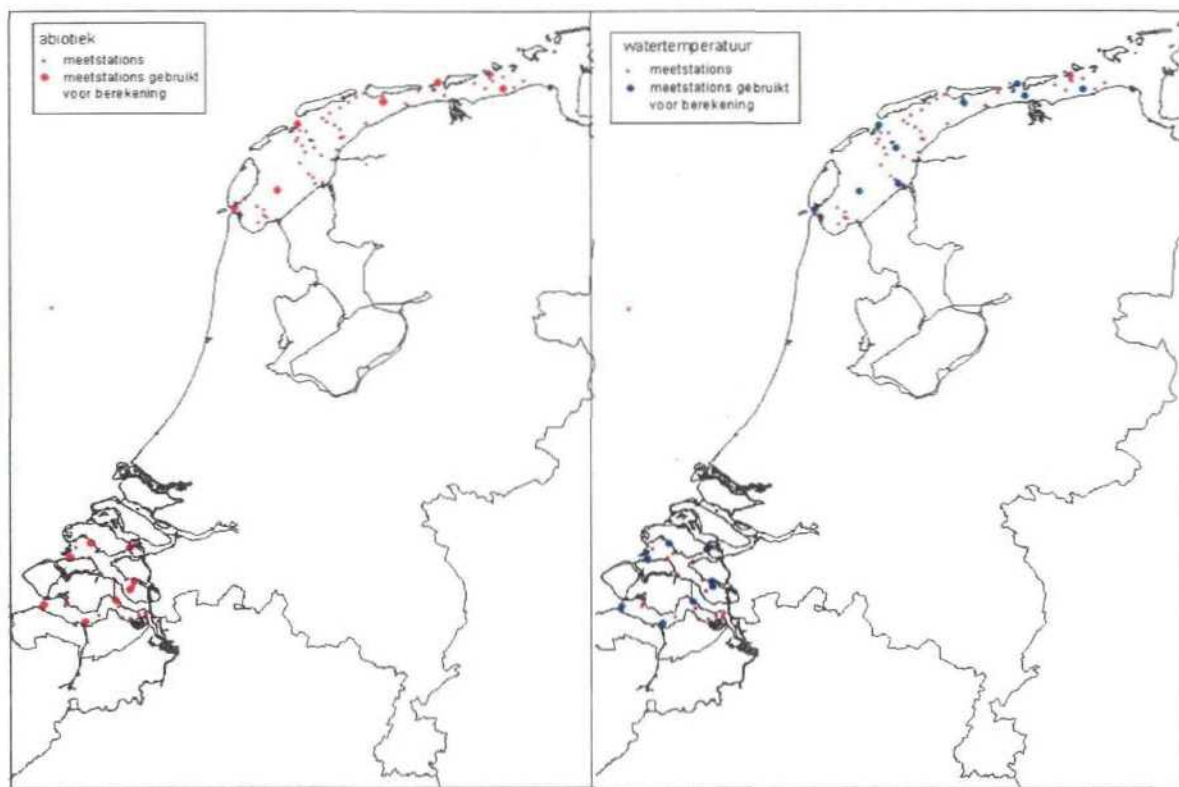
Tabel 1. Vervolg.

gebied	jaar	mljn kg 1j kok	tmp-w1	tmp-w2	tmp-z1	tmp-z2	chl/zw-w1	chl/zw-w2	chl/zw-z1	chl/zw-z2
OS	1993	6.26177	5.578125	4.90625	18.7	17.1625	0.135628	0.077033	1.2828	0.791383
OS	1994	9.321245	4.653902	5.578125	17.7375	18.7	0.094174	0.135628	1.650556	1.2828
OS	1995	5.851414	7.153125	4.653902	18.15208	17.7375	0.109541	0.094174	2.554867	1.650556
OS	1996	6.350267	3.525	7.153125	18.2	18.15208	0.579231	0.109541	0.51421	2.554867
OS	1997	3.376289	5.555284	3.525	17.44688	18.2	0.171288	0.579231	0.996386	0.51421
OS	1998	2.582073	5.708438	5.555284	19.23089	17.44688	0.102638	0.171288	1.385622	0.996386
OS	1999	6.944873	4.835	5.708438	17.57177	19.23089	0.150647	0.102638	1.841859	1.385622
OS	2000	13.15938	5.971875	4.835	19.58854	17.57177	0.089186	0.150647	1.175137	1.841859
OS	2001	8.868389	6.006563	5.971875	18.13375	19.58854	0.232629	0.089186	1.400179	1.175137
OS	2002	6.850544	5.9775	6.006563	17.95469	18.13375	0.191277	0.232629	1.226178	1.400179
gebied	jaar	mljn kg 1j kok	sal-vj1	sal-vj2	sal-z1	sal-z2	bev-1	bev-2	nao	
OS	1993	6.26177	31.225	30.56	31.13	31.77531	538.345		3.28	
OS	1994	9.321245	29.58753	31.225	31.62375	31.13	262.357	538.345	2.67	
OS	1995	5.851414	27.76313	29.58753	30.51544	31.62375	1474.679	262.357	3.03	
OS	1996	6.350267	31.39563	27.76313	29.21854	30.51544	498.0022	1474.679	3.96	
OS	1997	3.376289	31.42188	31.39563	31.16563	29.21854	1057.384	498.0022	-3.78	
OS	1998	2.582073	30.60479	31.42188	31.11703	31.16563	0	1057.384	-0.2	
OS	1999	6.944873	29.75125	30.60479	31.57594	31.11703	0	0	0.72	
OS	2000	13.15938	29.26688	29.75125	30.90151	31.57594	0	0	1.7	
OS	2001	8.868389	28.99063	29.26688	30.5175	30.90151	0	0	2.8	
OS	2002	6.850544	29.99125	28.99063	31.00229	30.5175	819.461	0	-1.89	

gebied	jaar	mljn kg 1j kok	tmp-w1	tmp-w2	tmp-z1	tmp-z2	chl/zw-w1	chl/zw-w2	chl/zw-z1	chl/zw-z2
WS	1998	9.169254	6.113333	3.476491	18.76847	17.29583	0.043525	0.035186	0.279739	0.101558
WS	1999	0.284897	5.475374	6.113333	17.80028	18.76847	0.035884	0.043525	0.533475	0.279739
WS	2000	0.385566	6.435	5.475374	18.7795	17.80028	0.033124	0.035884	0.122602	0.533475
WS	2001	1.879166	6.080833	6.435	18.36304	18.7795	0.031845	0.033124	0.163442	0.122602
WS	2002	2.212161	5.495334	6.080833	18.07743	18.36304	0.04081	0.031845	0.333363	0.163442
gebied	jaar	mljn kg 1j kok	sal-vj1	sal-vj2	sal-z1	sal-z2	bev-1	bev-2	nao	
WS	1998	9.169254	23.37083	25.92917	26.89153	26.95417	399.2964		-0.2	
WS	1999	0.284897	22.04739	23.37083	26.52167	26.89153	623.2518	399.2964	0.72	
WS	2000	0.385566	21.97417	22.04739	25.62992	26.52167	481.8185	623.2518	1.7	
WS	2001	1.879166	17.23792	21.97417	23.32342	25.62992	68.2796	481.8185	2.8	
WS	2002	2.212161	20.265	17.23792	22.42111	23.32342	20.045	68.2796	-1.89	

Tabel 2. Uitkomst van de regressie analyses voor de verklarende variabelen van de tabel 2 en de figuren 4 tot en met 6. Significante uitkomsten zijn onderstreept.

gebied	Variabele	n	R ²	p	A	b
WZ	TMP-W1	10	0.05614	0.50984	17.76380	-29.39387
WZ	TMP-W2	10	0.02855	0.64079	-13.95717	108.69451
WZ	TMP-Z1	10	0.65124	<u>0.00477</u>	71.32857	-1202.41189
WZ	TMP-Z2	10	0.16849	0.23869	-34.73284	661.72189
WZ	CHL/ZW-W1	10	0.00954	0.78834	-183.36900	67.80311
WZ	CHL/ZW-W2	10	0.02115	0.68852	273.28526	20.20211
WZ	CHL/ZW-Z1	10	0.01245	0.75892	71.39391	15.20806
WZ	CHL/ZW-Z2	10	0.01709	0.71885	77.17355	10.68332
WZ	SAL-VJ1	10	0.00519	0.84328	-3.61100	150.30874
WZ	SAL-VJ2	10	0.17759	0.22515	21.45480	-556.52265
WZ	SAL-Z1	10	0.18079	0.22059	38.52977	-1084.10033
WZ	SAL-Z2	10	0.32796	0.08358	45.85927	-1309.75478
WZ	BEV-1	10	0.09229	0.39345	-0.02107	96.84585
WZ	BEV-2	9	0.49502	<u>0.03443</u>	-0.04917	161.92306
WZ	NAO	10	0.02480	0.66395	-4.95035	54.78188
OS	TMP-W1	10	0.00000	0.99518	0.00682	6.91916
OS	TMP-W2	10	0.02381	0.67039	0.47705	4.38564
OS	TMP-Z1	10	0.07805	0.43437	1.19992	-14.96787
OS	TMP-Z2	10	0.04486	0.55694	0.81664	-7.89999
OS	CHL/ZW-W1	10	0.01183	0.76490	-2.24745	7.37380
OS	CHL/ZW-W2	10	0.16442	0.24501	-8.16002	8.37810
OS	CHL/ZW-Z1	10	0.00002	0.99084	0.02332	6.92391
OS	CHL/ZW-Z2	10	0.17027	0.23598	2.16953	4.00758
OS	SAL-VJ1	10	0.20113	0.19361	-1.14115	41.19077
OS	SAL-VJ2	10	0.08991	0.39993	-0.75462	29.63804
OS	SAL-Z1	10	0.00036	0.95849	0.08299	4.39406
OS	SAL-Z2	10	0.17477	0.22927	1.68886	-45.32057
OS	BEV-1	10	0.15689	0.25716	-0.00231	8.02980
OS	BEV-2	9	0.23749	0.18331	-0.00292	8.27491
OS	NAO	10	0.17841	0.22398	0.50679	6.33378
WS	TMP-W1	5	0.03830	0.75244	1.70950	-7.33400
WS	TMP-W2	5	0.79166	<u>0.04321</u>	-2.74087	17.90542
WS	TMP-Z1	5	0.25161	0.38923	4.29337	-76.03032
WS	TMP-Z2	5	0.52382	0.16688	-4.12117	77.79741
WS	CHL/ZW-W1	5	0.58697	0.13089	562.72664	-18.05581
WS	CHL/ZW-W2	5	0.07870	0.64755	-226.36031	10.91545
WS	CHL/ZW-Z1	5	0.00589	0.90242	-1.73636	3.28372
WS	CHL/ZW-Z2	5	0.34641	0.29647	-12.15003	5.70420
WS	SAL-VJ1	5	0.16280	0.50056	0.62657	-10.35864
WS	SAL-VJ2	5	0.27412	0.36522	0.60835	-10.66549
WS	SAL-Z1	5	0.11215	0.58172	0.61975	-12.68110
WS	SAL-Z2	5	0.04053	0.74541	0.48773	-9.82844
WS	BEV-1	5	0.00386	0.92098	-0.00087	3.06183
WS	BEV-2	4	0.42890	0.34509	-0.00277	2.28124
WS	NAO	5	0.10666	0.59168	-0.66765	3.20416



Figuur 1. Locatie stations voor meting van temperatuur, chlorofyl-a, zwevende stof, saliniteit.



Figuur 2. Locatie stations windgegevens.

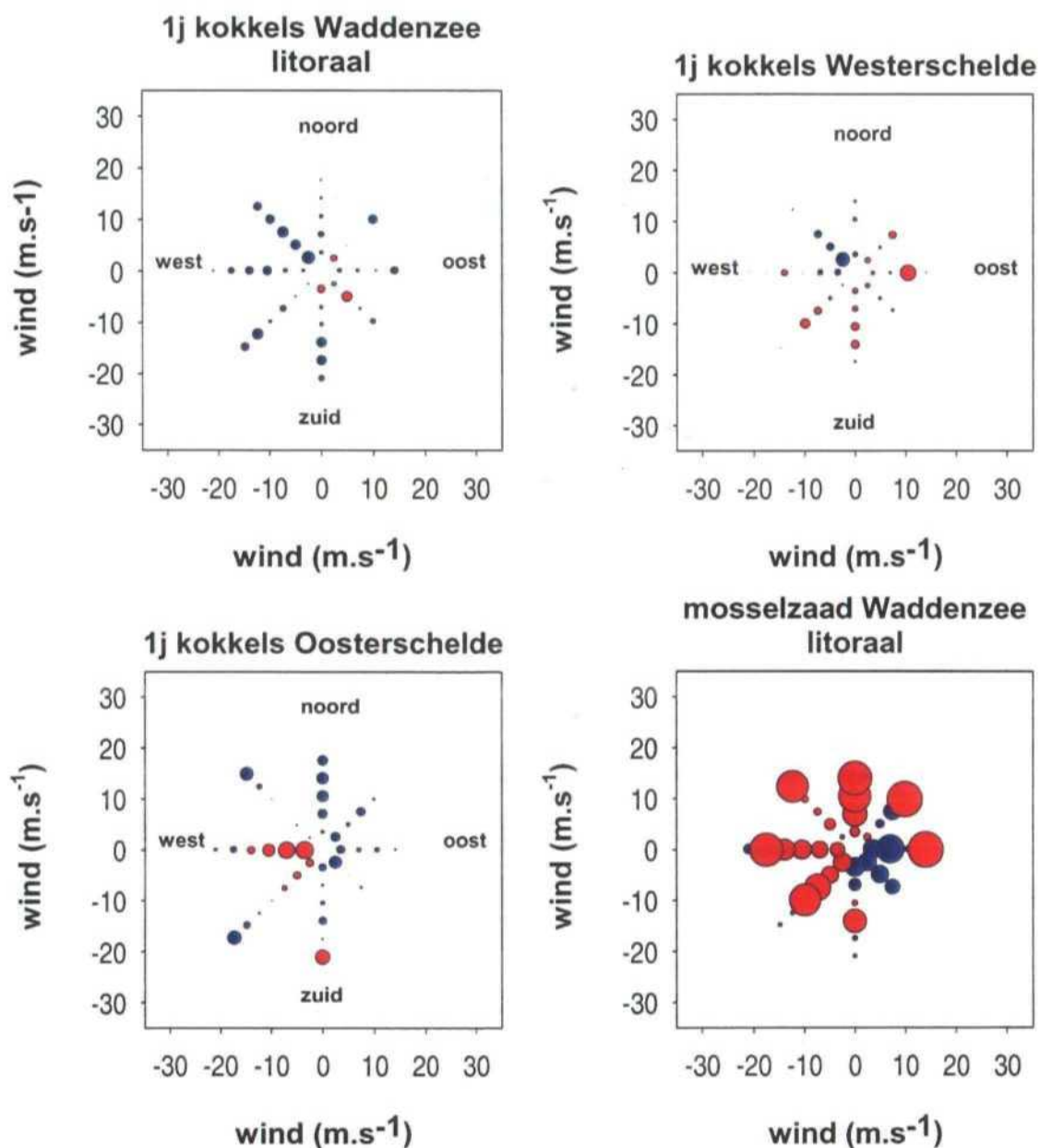


Fig. 3. Invloed van wind op kokkelbestanden bij verschillende windrichtingen en -snelheden (m.s⁻¹) voor Oosterschelde, Westerschelde en Waddenzee. De grootte van de cirkels correspondeert met de grootte van de correlatiecoëfficiënt (r) tussen kokkelbestand (10^6 kg, 1-jarig) in het voorjaar en het aantal uren wind vanuit verschillende windrichtingen en vanaf verschillende windsnelheden in de voorafgaande periode 1 juni – 1 mei. Rood impliceert een positieve correlatiecoëfficiënt, blauw een negatieve. Geen van de gevonden correlatiecoëfficiënten was significant ($p > 0.05$). De figuur voor litorale mosselen is bijgevoegd ter illustratie.

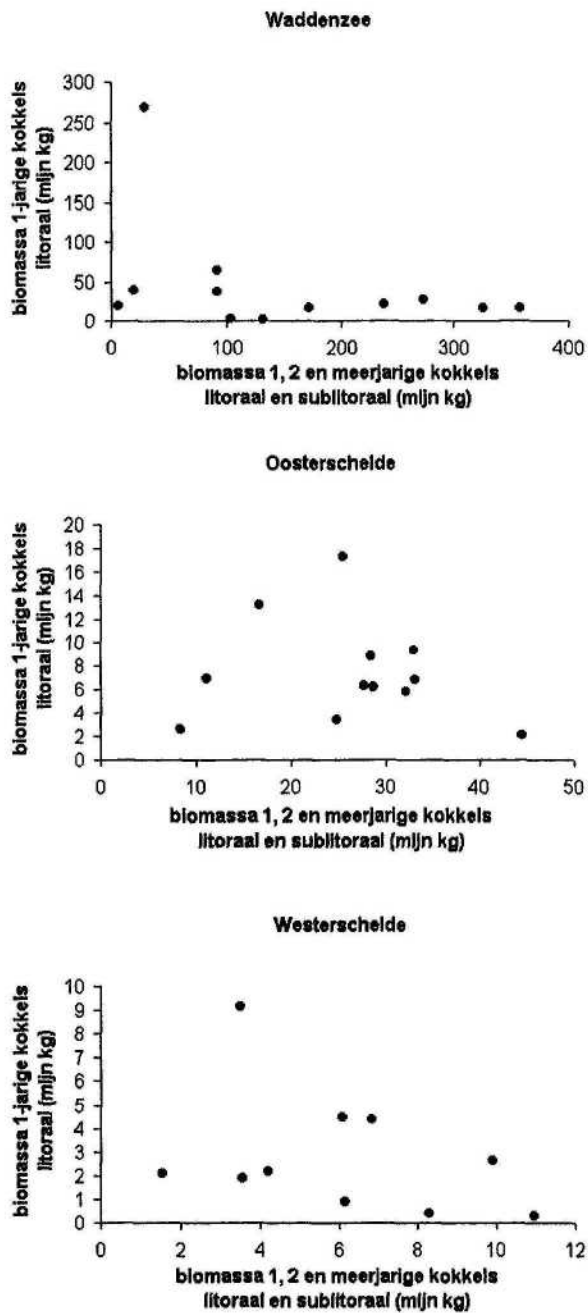


Fig. 4. De totale biomassa van 1-, 2- en meerjarige kokkels in zowel het litoraal als het sublitoraal, uitgezet tegen de biomassa van alleen 1-jarige kokkels in het litoraal.

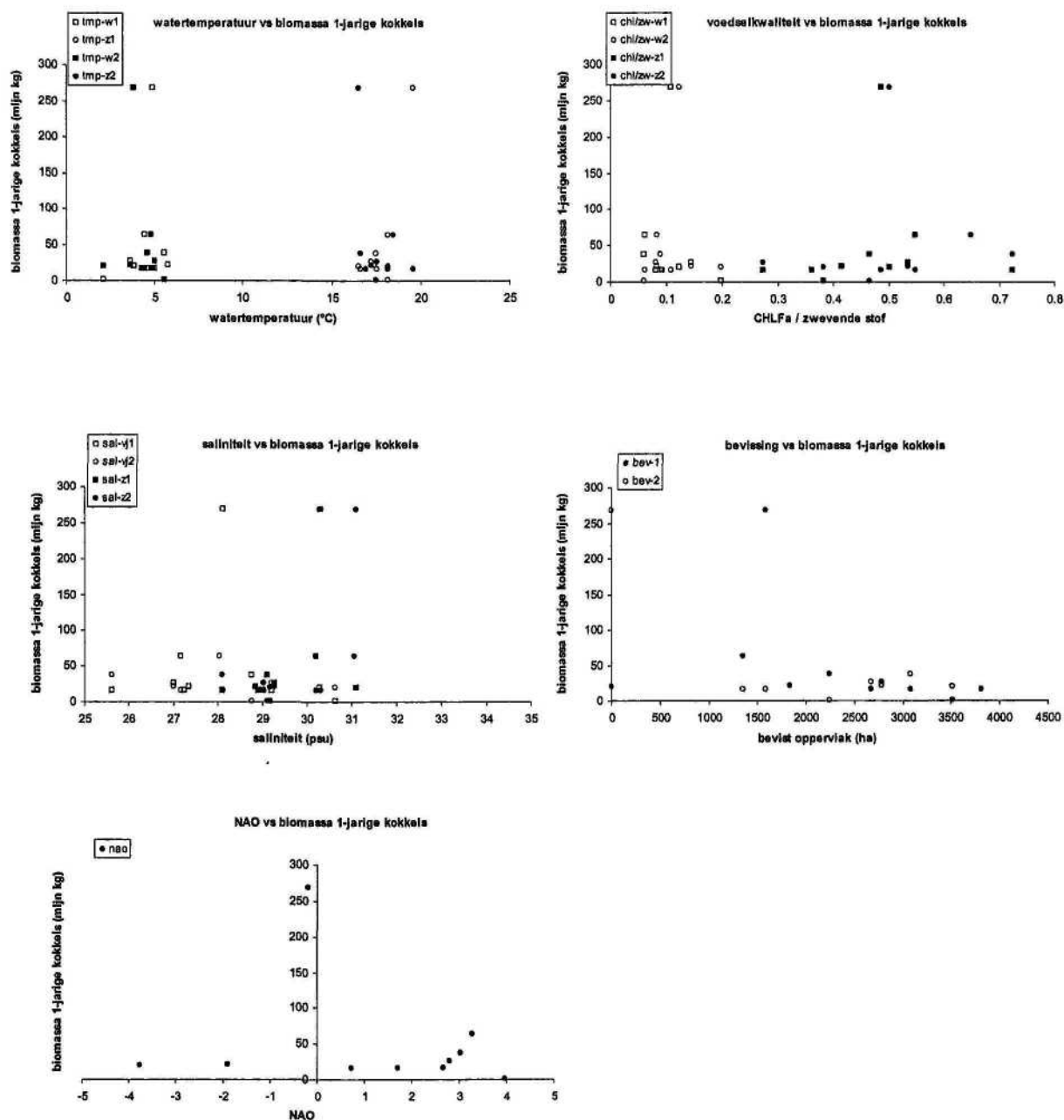


Fig 5. Biomassa 1-jarige kokkels op het litoraal in de **Waddenzee** in de periode 1993-2002 uitgezet tegen de watertemperatuur, de verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof, de saliniteit, bevisst oppervlak en de Noord Atlantische Oscillatie (NAO). De meetwaarden van de eerste vier genoemde parameters zijn gemiddeld over 3 seizoenen: winter (december - maart), voorjaar (april en mei) en zomer (juni - september). In de figuren zijn de seizoenen aangegeven met de letters w (winter), v (voorjaar) en z (zomer). Het seizoen direct voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -1, het seizoen een jaar voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -2. De NAO Index is gebaseerd op de periode december – maart.

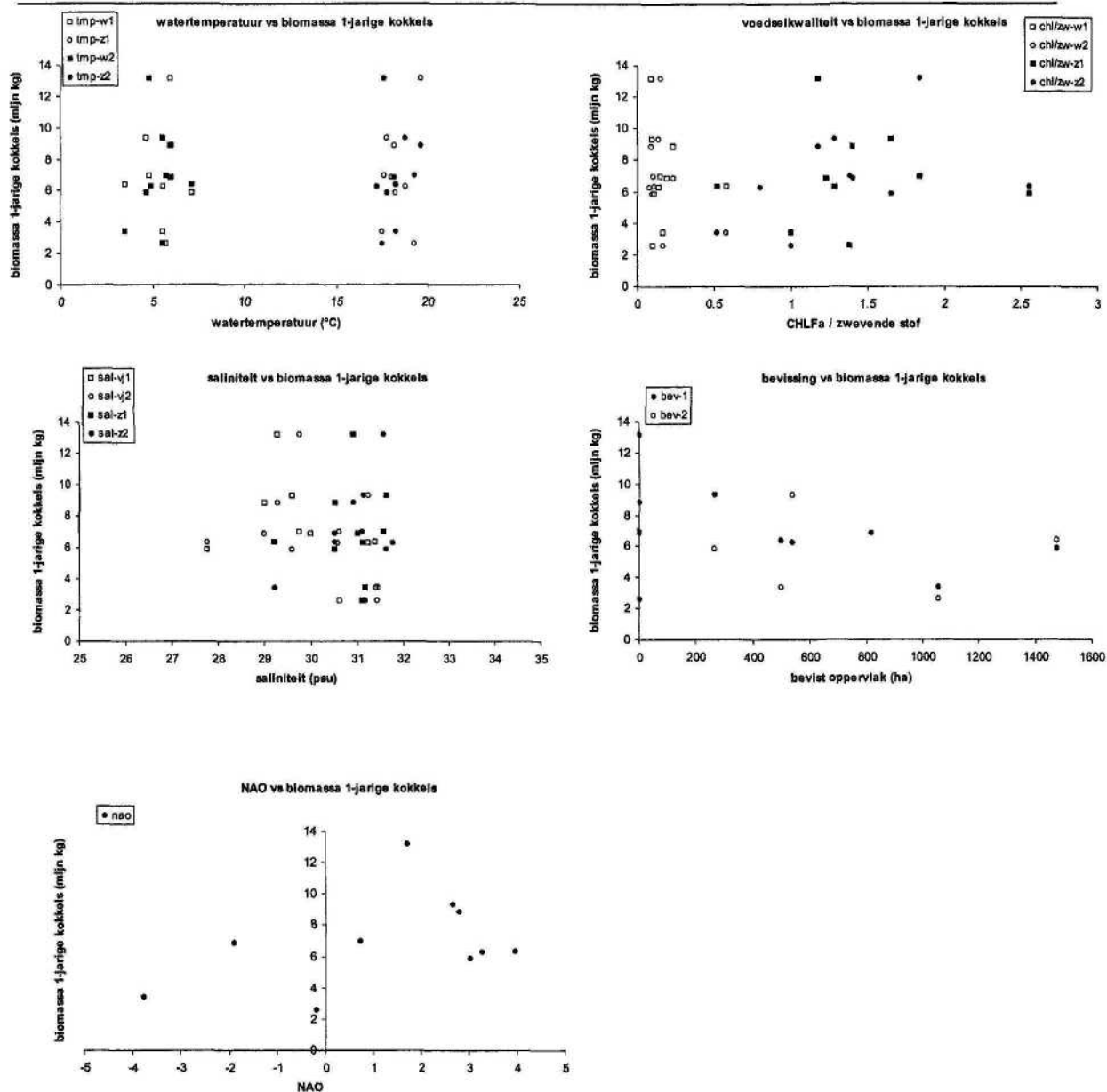


Fig. 6. Biomassa 1-jarige kokkels op het litoraal in de **Oosterschelde** in de periode 1993-2002 uitgezet tegen de watertemperatuur, de verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof, saliniteit, percentage bevissing en de Noord Atlantische Oscillatie (NAO). De meetwaarden van de eerste vier genoemde parameters zijn gemiddeld over 3 seizoenen: winter (december - maart), voorjaar (april en mei) en zomer (juni - september). In de figuren zijn de seizoenen aangegeven met de letters w (winter), vj (voorjaar) en z (zomer). Het seizoen direct voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -1, het seizoen een jaar voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -2. Het percentage bevissing is gebaseerd op de gehele periode dat kokkelvisserij plaatsvindt. De NAO Index is gebaseerd op de periode december – maart.

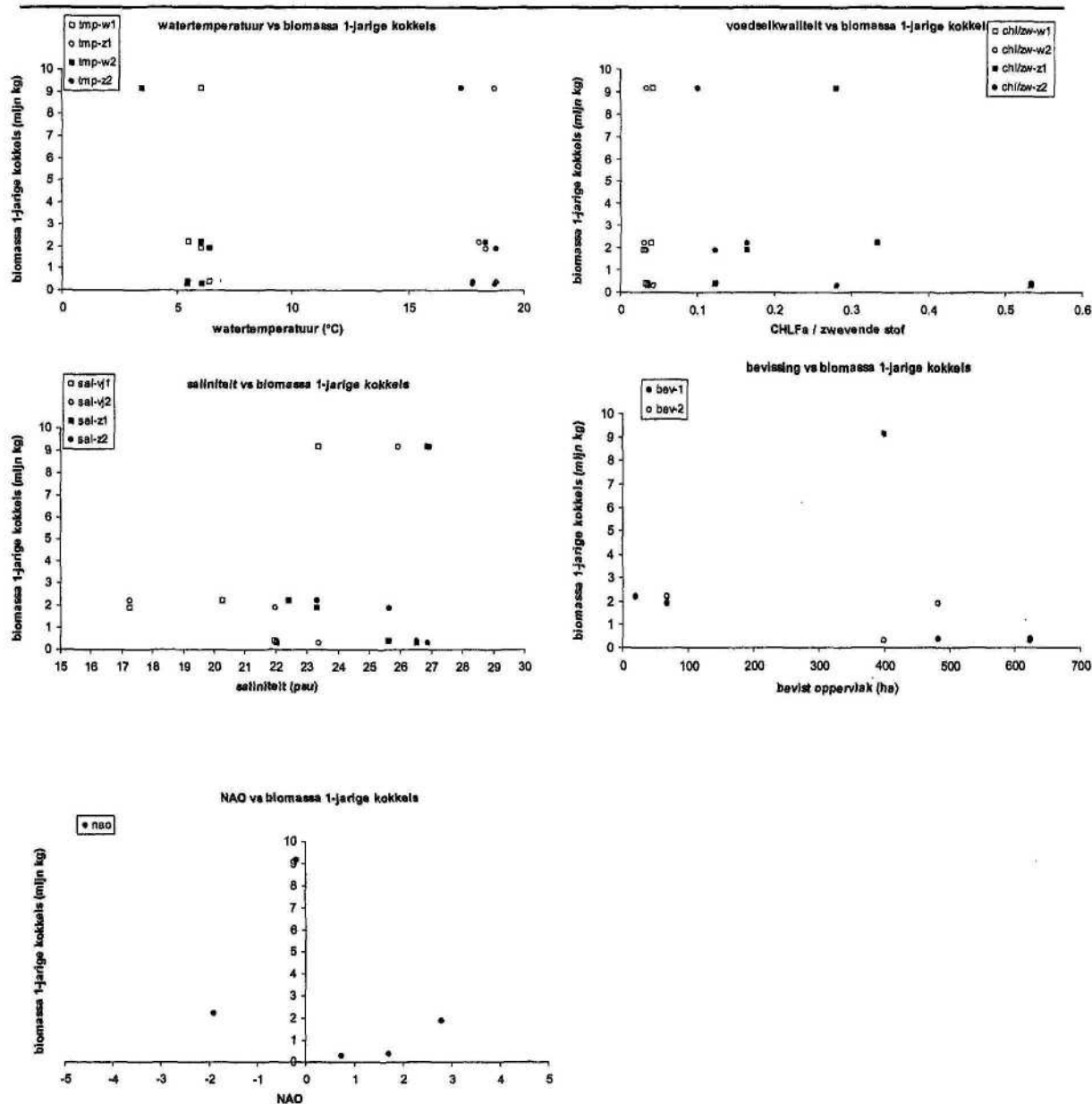


Fig 7. Biomassa 1-jarige kokkels op het litoraal in de **Westerschelde** in de periode 1998-2002 uitgezet tegen de watertemperatuur, de verhouding tussen chlorofyl-a en zwevende stof, saliniteit, percentage bevissing en de Noord Atlantische Oscillatie (NAO). De meetwaarden van de eerste vier genoemde parameters zijn gemiddeld over 3 seizoenen: winter (december - maart), voorjaar (april en mei) en zomer (juni - september). In de figuren zijn de seizoenen aangegeven met de letters w (winter), vj (voorjaar) en z (zomer). Het seizoen direct voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -1, het seizoen een jaar voorafgaand aan de bestandsopname heeft code -2. Het percentage bevissing is gebaseerd op de gehele periode dat kokkelvisserij plaatsvindt. De NAO Index is gebaseerd op de periode december – maart.

Bijlage 2. Effect van wintertemperatuur en dichtheid op overleving van kokkels

1. Inleiding

De temperatuur van de voorgaande winter kan van invloed zijn op de overleving van kokkels in het seizoen daarna. De conditie van de kokkels kan b.v. slechter zijn. Daarnaast kan de dichtheid van de aanwezige kokkels de overleving van kokkels beïnvloeden. Bij hoge dichtheden zou de competitie om voedsel groter kunnen zijn. Indien deze relaties bestaan kunnen de wintertemperatuur en de kokkeldichtheid in mei gebruikt worden om de sterfte in de zomer te voorspellen. In dit verslag wordt beschreven hoe de relatie is gelegd tussen de wintertemperatuur en dichtheid enerzijds en de overleving van éénjarige kokkels anderzijds.

2. Materiaal en Methoden

Voor deze studie is gebruik gemaakt van de gegevens van de kokkel vakken in de Westerschelde en Oosterschelde tussen 1992 en 2000. In 1991 is door het RIVO een onderzoek opgezet naar de populatiedynamiek van kokkelbestanden. Door het meerdere jaren volgen van vaste onderzoekslocaties is het de bedoeling meer inzicht te krijgen in de factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van kokkelbestanden. Om de ontwikkeling van de kokkelbestanden te kunnen volgen zijn verspreid over de Ooster- en Westerschelde vakken uitgezet. De vakken zijn zo gekozen dat er zoveel mogelijk verschillende condities bekeken kunnen worden. In december 1991 is een begin gemaakt met het uitzoeken van geschikte locaties. Op 18 plaatsen in de Oosterschelde en 16 plaatsen in de Westerschelde met een goede kokkeldichtheid is een vak uitgezet van 40 bij 40 m, op de hoekpunten een paaltje. Van de hoekpunten is de positie met een navigator ingemeten. Het inmeten is belangrijk voor het terugvinden van de monsterlocatie, als door storm of visserij de paaltjes verdwenen zijn. In de loop van het onderzoek is de positie van enkele van deze locaties verzet, bijvoorbeeld doordat het vak teveel op de rand van de plaat in een schelpenrug kwam te liggen, of omdat er in de buurt van het bestaande vak meer kokkelbroed aangetroffen was. Zoveel mogelijk zijn dezelfde condities aangehouden. Per bemonstering zijn binnen dit gebied random met een steekbuis 50 monsters uitgestoken. De steekbuis heeft een oppervlakte van 86.5 cm^2 . De hierin aanwezige kokkels zijn verzameld op een zeef van 2 mm, gespoeld en verder als één monster behandeld. Aan boord is van de in het monster aangetroffen kokkels de leeftijd bepaald aan de hand van de groeiringen op de schelp. Per jaarklasse is het aantal, het gewicht en de schelpenlengte bepaald. Met lengte wordt hier bedoeld de grootste afstand tussen de voor- en achterrand van de schelp. Vanaf 1998

worden de kokkels per jaarklasse gekookt en het vlees ingevroren. Op het lab wordt van het kokkelvlees het asvrijdrooggewicht bepaald.

Per monsterpunt is de dichtheid van éénjarigen in maart, april en mei van de genoemde jaren in een spreadsheet ondergebracht. Per maand (maart t/m december) is vervolgens de dichtheid aan éénjarige kokkels in het betreffende jaar in het spreadsheet ondergebracht. Tenslotte zijn ook de éénjarige kokkels in de maanden januari en februari van het jaar erop, en de tweejarige gevonden in de maanden maart t/m september van het jaar erop in het spreadsheet ondergebracht. Verondersteld wordt hierbij telkens hetzelfde cohort te volgen. De cellen van het spreadsheet zijn waar data aanwezig gevuld voor de opnames in zowel Ooster- als Westerschelde.

2.1. Overleving

In het spreadsheet zijn verschillende overlevingsgetallen van éénjarigen berekend. Tabel 1 geeft het overzicht. In het geval van combinatie van maanden is bij voorkomen van gegevens van meerdere maanden de dichtheid voor deze maanden gemiddeld.

2.2. Correlaties

Per monsterpunt is de wintertemperatuur, dichtheden van éénjarigen in maart, april en mei, en overlevingswaarden van éénjarigen, van de genoemde jaren in een spreadsheet ondergebracht. Wintertemperatuur is hierbij gedefinieerd als de gemiddelde januari-februari temperatuur bij Vlissingen. Tussen verschillende overlevingen en de wintertemperaturen, en tussen de verschillende overlevingen en de dichtheden is de correlatie coëfficiënt berekend, waarna bekeken is of de correlatie coëfficiënt significant was. Omdat de meeste data niet aan de voorwaarde voor het gebruik van een parametrische toets voldeden, is de non-parametrische Kendall Tau test gebruikt om de correlatie coëfficiënten te berekenen. Met behulp van een tabel is bekeken of de correlaties significant waren. Een correlatie is significant genoemd wanneer $p < 0,05$ was. Eén van de significante relaties tussen dichtheid en overleving wordt verder uitgewerkt tot een regressie model.

3. Resultaten

3.1. Wintertemperatuur

In de Oosterschelde en Westerschelde zijn geen significante correlaties gevonden tussen de overleving van éénjarigen en de wintertemperatuur. Ook wanneer de gegevens van beide watersystemen samen worden genomen, worden geen significante correlaties aangetroffen. Tabel 2 geeft het overzicht.

Voor de afzonderlijke Oosterschelde intergetijdegebieden (Slikken van den Dortman, Hoge Kraayert, Neeltje Jans, Roggenplaat, Slikken van Viane, Slikken van Stavenisse, Vondelingenplaat en Zandkreek) werden geen significante correlaties tussen wintertemperatuur en overleving van éénjarigen gevonden (tabel 3). Ook bij een verdeling van de Oosterschelde in de gebieden kom, midden, noord tak en monding werd geen significante correlatie gevonden (tabel 4).

Bij een indeling van de Westerschelde in drie deelgebieden (Oost, Midden, West) werd geen significante correlatie gevonden tussen de wintertemperatuur en overleving van april tot augustus van éénjarigen.

3.2. Dichtheid

De dichtheid van éénjarigen in mei waren niet gecorreleerd met overleving van éénjarigen. Met de dichtheden in maart (tabel 5) en april (tabel 6) worden wel significante correlaties aangetroffen.

De relaties tussen de dichtheid éénjarigen in april en de overleving van éénjarigen van dit jaar april naar april volgend jaar is verder uitgewerkt voor de Oosterschelde en Westerschelde. Hiertoe worden beide variabelen logaritmisch getransformeerd. Met beide getransformeerde variabelen wordt een regressie analyse uitgevoerd. Bij deze analyse is gekeken of de regressie significant was ($p < 0,05$), of de residuen homogeen en normaal verdeel waren, en tenslotte wat de helling (en standaardfout) en het intercept (en standaardfout) van de vergelijking waren. Tabel 7 geeft de resultaten van de analyse weer.

De waarden overleving van april tot april voor éénjarigen is uitgezet tegen de dichtheid van éénjarigen in april voor de Oosterschelde en de Westerschelde (figuur B1).

4. Conclusies

Er kon geen significante relatie tussen de wintertemperatuur en de overleving van de éénjarige kokkels in de loop van het jaar na de winter worden vastgesteld. Er werd wel een relatie met dichtheid gevonden. Hoe hoger de dichtheid aan éénjarigen in april, des te minder éénjarigen tot april van het volgende jaar zullen overleven. Deze relatie gaat op voor zowel de Ooster- als de Westerschelde, waarbij de richtingscoëfficiënten en intercepten gezien hun standaardfout nauwelijks van elkaar verschillen. Omdat de dichtheid aan éénjarigen zowel een rol speelt bij de berekening van de overleving als bij de bepaling van het effect van dichtheid wordt in de huidige analyse geen gebruik gemaakt van twee onafhankelijke datasets.

Tabel 1: Berekende overleving van éénjarigen in de vakken. Wanneer de overleving naar het opvolgende jaar is berekend, is dit tussen haakjes weergegeven.

Van	Naar
Maart	maart (volgend jaar)
maart/april	augustus/september
maart/april	maart/april (volgend jaar)
April	Augustus
april/mei	augustus/september
Mei	September
augustus	september (volgend jaar)
augustus/september	april/mei/juni (volgend jaar)
augustus/september	augustus/september (volgend jaar)
september	september (volgend jaar)

Tabel 2: Correlaties tussen overleving van éénjarigen en wintertemperatuur.

Van	Naar	Oosterschelde	Westerschelde	Samen
Mrt	mrt (vj)	-		-
mrt/apr	aug/sep	-		
mrt/apr	mrt/apr (vj)	-		
Apr	Aug	-	-	
apr/mei	aug/sep	#		
Mei	Sep	-		-
Aug	sep (vj)	Gd		-
aug/sep	apr/mei/jun (vj)	-		
aug/sep	aug/sep (vj)	-		
Sep	sep (vj)	-		-

-: $p > 0,10$; #: $p > 0,05 \wedge p \leq 0,10$;

*: $p > 0,01 \wedge p \leq 0,05$; **: $p > 0,001 \wedge p \leq 0,01$; *** $p < 0,001$;

gd: geen data

Tabel 3: Correlaties tussen overleving op de platen en wintertemperatuur.

Van	Naar	Viane	Roggenplaat	Vondelingen	Neeltje Jans
mrt/apr	aug/sep	-	-	-	-
mrt/apr	mrt/apr (vj)	-	-	-	-
Apr	Aug	-	-	-	-
apr/mei	aug/sep	-	-	-	-
aug/sep	apr/mei/jun (vj)	-	-	-	-

Tabel 4: Correlaties tussen overleving in de deelgebieden en wintertemperatuur.

Van	Naar	Noordtak	Kom	Monding	Midden
mrt/apr	aug/sep	-	-	-	-
mrt/apr	Mrt/apr (vj)	-	-	-	-
Apr	Aug	-	-	-	-
apr/mei	aug/sep	-	-	-	-
aug/sep	Apr/mei/jun (vj)	-	-	-	-

Tabel 5: Correlaties tussen overleving van éénjarigen en éénjarigen dichtheid in maart.

Van	Naar	Oosterschelde
Mrt	mrt (vj)	*
mrt/apr	aug/sep	-
mrt/apr	mrt/apr (vj)	*
Apr	Aug	-
apr/mei	aug/sep	-
Mei	Sep	-
Aug	sep (vj)	*
aug/sep	apr/mei/jun (vj)	-
aug/sep	aug/sep (vj)	-
Sep	sep (vj)	-

-: $p > 0,05$; * $p < 0,05$; gd: geen data

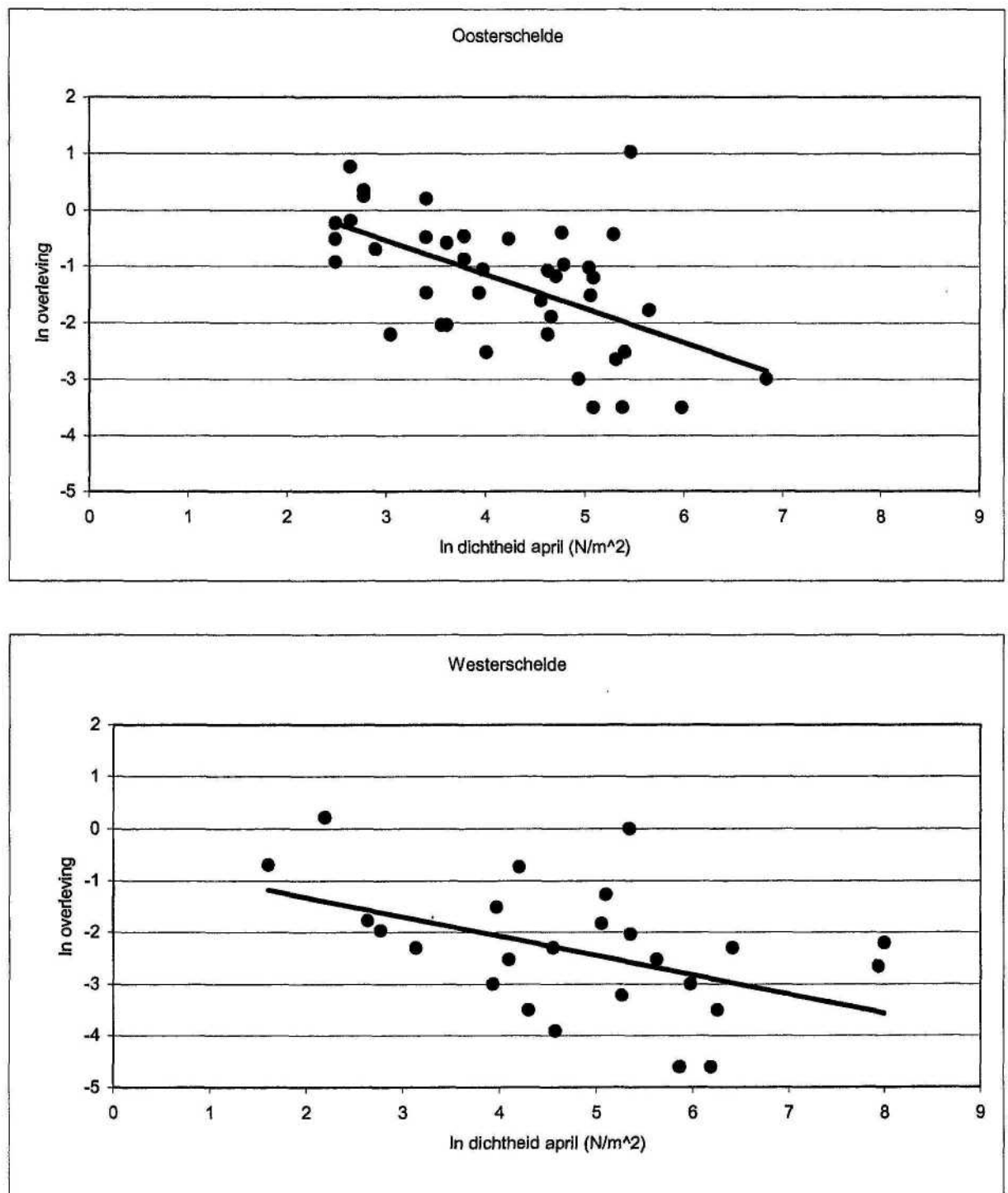
Tabel 6: Correlaties tussen overleving van éénjarigen en éénjarigen dichtheid in april.

Van	Naar	Oosterschelde
Mrt	mrt (vj)	-
mrt/apr	aug/sep	-
mrt/apr	mrt/apr (vj)	*
Apr	Aug	-
apr/mei	aug/sep	-
Mei	Sep	Gd
Aug	sep (vj)	Gd
aug/sep	apr/mei/jun (vj)	*
aug/sep	aug/sep (vj)	*
Sep	sep (vj)	-

-: $p > 0,05$; * $p < 0,05$; gd: geen data

Tabel 7: Resultaten regressie analyse.

Watersysteem	p-waarde	hom res	norm res	Helling	SE	Intercept	SE
					helling		Intercept
Oosterschelde	0,000029	+	+	-0,542	0,121	3,390	0,189
Westerschelde	0,007958	+	+	-0,682	0,235	3,134	0,650



Figuur 1. Relatie tussen de overleving van éénjarige kokkels van april tot april en de dichtheid van éénjarige kokkels in april voor de Oosterschelde en de Westerschelde.

Bijlage 3. Evaluatie auditcommissie

De onderstaande tekst bevat de reactie van de auditcommissie op de concept-rapportage en hoe deze reactie is verwerkt in het eindrapport.

EVALUATIE VAN DEELRAPPORT H 4: 'INVLOED VAN NATUURLIJKE FACTOREN EN KOKKELVISSERIJ OP DE DYNAMIEK VAN BESTANDEN AAN KOKKELS (*CERASTODERMA EDULE*) EN NONNEN (*MACOMA BALTHICA*) IN DE WADDENZEE, OOSTER- EN WESTERSCHELDE'

Deelrapport H 4 'Invloed van natuurlijke factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde' beschrijft de veranderingen in de tijd van de populaties van twee soorten schelpdieren en probeert die te relateren aan veranderingen in de tijd in de omgeving.

Het rapport doet verslag van een grondige analyse van een groot aantal gegevens die bij het RIVO beschikbaar zijn. Dit wordt op wetenschappelijk verantwoorde wijze gedaan en op uitvoerige, goed te controleren wijze verwoord. Er zijn echter hier en daar nog wel een aantal opmerkingen te maken, deels zwaarwegend.

De studie maakte in eerste instantie deel uit van een geplande serie van vier deelstudies, doch de eerste deelstudie 'Karakteristieken kokkelbank' (H 1) is uiteindelijk niet in uitvoering genomen. Dit maakt het noodzakelijk om in dit deelrapport ergens te definieëren wat een kokkelbank is (in paragraaf 1.1?).

Definitie is: gebied met meer dan 50 kokkels per m², is toegevoegd aan 1.1.

De centrale vraag van de studie (paragraaf 1.1) had beter als volgt kunnen worden gesteld: Heeft mechanische kokkelvisserij effect op de dynamiek in de tijd van bestanden aan kokkels en Macoma? Zo ja, hoe groot is die dan? Daarbij had als nulhypothese gehanteerd moeten worden dat er geen effecten van mechanische kokkelvisserij zijn.

Centrale vraag is gewijzigd zoals voorgesteld.

Een vraag die bij lezing van het rapport bij voortduring terugkomt betreft de basis waarop indertijd de keuze is gemaakt van de open en de gesloten gebieden en hoe deze gebieden van nature verschillen. Bijv. blz. 13 laatste alinea "gebieden waren geselecteerd omdat ze een hoge potentie voor de ontwikkeling van mosselbanken en zeegrasvelden hadden". De bevooroordeelde oppervlakkige lezer heeft hiermee zelf al een verklaring voor de meer positieve ontwikkeling van de gesloten gebieden. Later in het rapport komt dit wel ter sprake, maar aangezien de vraag zich her en der eerder reeds aandient, is het zinvol hierover en over het habitat model in de introductie van het rapport in een apart hoofdstukje enkele algemene opmerkingen te maken.

Het stukje over de selectie van de gesloten gebieden, zoals dat in 1.3.2 staat, is uitgebreid op basis van de notitie van de Vlas.

De wijze van formuleren kan hier en daar de indruk wekken dat de onderzoekers bevooroordeeld zijn. Negatieve visserijeffecten worden eerst hard neergezet en vervolgens afgezwakt. Zie op meerdere plaatsen, ook in de conclusie op blz. 147, waar in het midden staat: "De studie laat tevens zien dat er negatieve effecten van de kokkelvisserij zijn op de aanwas van kokkels in de Waddenzee. Het effect is alleen gevonden vlak na de broedval en niet meer aantoonbaar na de winter" en het hoofdstuk eindigt met "..... het trekken van harde conclusies over het effect van kokkelvisserij bemoeilijkt". Voor elk wat wils dus. Formuleren als deze kunnen leiden tot onvolledige citaties in de pers en leiden tot discussies over de vraag of er dan wel of niet een effect is en waarbij voor- en tegenstanders beiden menen dat het gelijk aan hun kant ligt.

De resultaten van het onderzoek geven geen eenduidig beeld over het effect van kokkelvisserij. Lezers die wel een eenduidige uitkomst verwachten, kunnen het presenteren van resultaten die niet in hun straatje passen, opvatten als het bevooroordeeld zijn van de auteurs. Dit is echter onterecht. In een poging om discussies over de uitkomsten van het onderzoek te beperken is de waarde van de verschillende resultaten duidelijker aangegeven.

Paragraaf 1.2 'Temporele dynamiek van schelpdieren' geeft een overzicht van de literatuur over dit onderwerp. Dit zou ten behoeve van de leesbaarheid beter kunnen worden onderverdeeld in de volgende subparagrafen:

- 1.2.1. Levenscyclus kokkel (noem ook aantal larven per ouder)
- 1.2.2. Relatie tussen oude en jonge kokkels
- 1.2.3. Invloed van andere natuurlijke factoren
- 1.2.4. Invloed van schelpdiervisserij

Een suggestie voor zo'n andere indeling is door de auditcommissie rechtstreeks aan de eerste auteur gezonden.

Suggesties zijn overgenomen.

Paragraaf 1.3.1: gemeld wordt dat na 1997 in de Waddenzee een zeef met een maaswijdte van 5 * 5 mm wordt gehanteerd. Aangegeven zou moeten worden tot op welke leeftijd kokkels en *Macoma*'s door deze zeef passeren. Daar zou in de relevante latere paragrafen (met name hoofdstuk 6) rekening mee moeten worden gehouden.

Een zeef met een maaswijdte van 5 * 5 mm wordt gebruikt in de voorjaarsinventarisaties in de Waddenzee vanaf 1997. Daarvoor werd een zeef van 2*2 mm gebruikt. In de herbemonsteringen in een zeef van 2 * 2 mm gebruikt. Een zeef van 5 * 5 mm laat schelpdieren met een breedte kleiner dan 7 mm door. De broedval van kokkels vindt plaats na de voorjaarsinventarisatie. De ongeveer 10 maanden oude kokkels worden zowel door een zeef van 2*2 en een zeef van 5*5 meegenomen (Kesteloo, ongepubliceerde gegevens). De broedval van nonnetjes vindt plaats tijdens de voorjaarsinventarisatie. Hierdoor wordt nieuw gevallen broed niet meegenomen. Een zeef van 2*2 mm zal dat echter ook niet volledig doen. Een dergelijke zeef laat nonnetjes door met een breedte kleiner dan 3 mm. Deze aanvullende informatie is opgenomen in paragraaf 1.3.1. De resultaten van hoofdstuk 6 betreffen dus geen broed van dat jaar. Dit is vermeld in hoofdstuk 6.

Paragraaf 1.3.2: Het staat vast dat de keuze van voor de visserij gesloten gebieden niet gebaseerd is geweest op maximale vergelijkbaarheid met de voor de visserij opengestelde gebieden. De Staatsbosbeheer en artikel 17 gebieden zijn geselecteerd op het voorkomen van bepaalde soorten vogels en zeezoogdieren en zullen dus het landschapstype vertegenwoordigen waarin deze dieren het meeste voorkomen. Dit is vrijwel zeker niet een 'gemiddeld' type wad. De in 1999 gesloten gebieden in de Waddenzee waren in de eerste plaats bedoeld om het herstel van mosselbanken te bevorderen. Omdat mossels net als kokkels 'filter feeders' zijn, mag worden aangenomen dat deze gebieden meer dan gemiddeld geschikt zijn voor kokkels. De in 1993 gesloten gebieden in Waddenzee en Oosterschelde zijn gekozen op basis van een reeks van criteria waaronder representativiteit voor de Waddenzee; deze gebieden komen dus waarschijnlijk het dichtst bij het 'gemiddelde' type wad of slik. De gebieden in de Oosterschelde komen uit de analyses echter naar voren als een suboptimaal type wad. Dat geldt ook voor de gesloten gebieden in de Westerschelde die door hun merendeels hoge ligging als suboptimaal moeten worden beschouwd. Geconcludeerd moet worden dat qua eigenschappen de in 1993 gesloten gebieden in de Waddenzee waarschijnlijk de beste basis voor een vergelijking van open en gesloten gebieden bieden. Conclusies hierop gebaseerd dienen het zwaarst te wegen.

Deze opmerking is meegenomen bij het bepalen van de waarde van de verschillende resultaten.

Dat wordt nog versterkt door de oppervlakte van de gesloten gebieden in de Waddenzee. De SBB en artikel 17 gebieden beslaan slechts 17% van de oppervlakte van de in 1993 gesloten gebieden, de in 1999 gesloten gebieden slechts 23%. Die verhouding verkleint zowel voor de Staatsbosbeheer/artikel 17 gebieden als voor de in 1999 gesloten gebieden de kans dat zij representatief voor de Waddenzee zijn. Conclusies gebaseerd op deze laatste twee gebieden zullen ook daarom minder betrouwbaar zijn dan conclusies gebaseerd op de in 1993 gesloten gebieden.

Deze opmerking is meegenomen bij het bepalen van de waarde van de verschillende resultaten.

Paragraaf 2.3: levert een ecologisch moeilijk te begrijpen uitkomst. Immers, wat zou het mechanisme kunnen zijn waarom kokkelbanken relatief verschuiven van open naar gesloten gebieden al voor dat er sprake is van sluiting? Een mogelijkheid is dat de open gebieden een voortgaande verslechtering (door de visserij?) vertonen; dat de gesloten gebieden geleidelijk beter voor kokkels worden is moeilijk voorstelbaar en is in elk geval niet te rijmen met het vrij plotseling verdwijnen van de mosselbanken rond 1990. Daarom dient de in paragraaf 2.2.2 beschreven

methode kritisch te worden gezien; mogelijk is er sprake van een artefact. Het valt dan op dat de in Tabel 2.1 vermelde afwijkende jaren (1981, 1982, 1983, 1989 alleen een deel van het wad geïnventariseerd; 1985 en 1991 najaars- in plaats van voorjaarsbemonstering) vrijwel alle leiden tot meer extreme uitkomsten (zie Fig. 2.2). Dit maant tot voorzichtigheid. De auditcommissie stelt daarom voor om in de analyse of deze jaren weg te laten, of de najaarsbemonsteringen weg te laten en voor de overige jaren het westelijke deel en het oostelijke deel van de Waddenzee apart te analyseren. Indien dat tot de conclusie leidt dat er geen sprake is van verschuiving van banken voordat gebieden worden gesloten, dient de tekst op diverse plaatsen in het rapport te worden aangepast.

De analyse van verdeling van kokkelbanken over open en gesloten gebieden met alleen de jaren dat de gehele Waddenzee door de sector is geïnventariseerd levert dezelfde resultaten als voorheen: de trend in de tijd is significant voor de SBB en 99 gebieden, maar niet voor de Struc 93 gebieden. Er zijn echter twee verschillen met de vorige analyse opgetreden:

Nu ook een significant verschil tussen de periode voor 1990 en daarna voor de Struc 93 gebieden.

De verdeling van kokkelbanken over open en in 1999 gesloten gebieden is nu niet meer significant verschillend voor en na sluiting van deze gebieden.

De nieuwe analyses vervangen de oude. De conclusie dat in 1999 gesloten gebieden een verschuiving optrad voordat deze gebieden werden gesloten blijft geldig, dus op dat punt wordt de tekst niet aangepast. Bij de beoordeling van de waarde van deze resultaten dient te worden opgemerkt dat er geen garantie is dat een gebiedsdekkende inventarisatie ook werkelijk gebiedsdekkend is geweest. Mogelijk werden, voordat het voedselreserveringsbeleid van kracht werd, de bepaalde locaties waar wel kokkelbanken aanwezig waren, maar die om een of andere redenen niet interessant waren voor de sector, niet geïnventariseerd. Wanneer dergelijke gemiste banken bijvoorbeeld vaker in gesloten gebied voorkwamen dan in open gebied was het verschil tussen open en gesloten gebied mede een resultaat van de inventarisatie.

Fig. 2.2 en volgende figuren. De ordinaat is volgens de legenda $\log (\% \text{ gesloten} - \log \% \text{ open}) \cdot 100$. Bedoeld wordt wellicht $(\log \% \text{ gesloten} - \log \% \text{ open}) \cdot 100$. Maar ook dat klopt niet, de factor 100 is wellicht in werkelijkheid niet berekend? Zie tabel hieronder met enkele voorbeelden

% open	% gesloten	log open	% log gesloten	% verschil	verschil*100	volgens formule	in rapport
20	50	1.30	1.70	-0.40	-39.79	126.25	
2	98	0.30	1.99	-1.69	-169.02	-205.68	
98	2	1.99	0.30	1.69	169.02	198.99	
4	6	0.60	0.78	-0.18	-17.61	50.81	
80	78	1.90	1.89	0.01	1.10	189.27	

De tekst bij de y-as van figuur 2.2 is per abuis verkeerd overgenomen. De juiste tekst is $\log (\text{percentage gesloten gebied} + 0.1) - \log (\text{percentage open gebied} + 0.1)$. Dit is aangepast.

Paragraaf 2.4, regel 3-4: Waarom zou er "sprake zijn geweest van onderschatting"?

Uit het H2 rapport blijkt dat de sector inventarisaties systematisch in de gesloten gebieden lager zijn dan de RIVO schattingen, terwijl dit niet het geval is in de open gebieden. Dit is toegevoegd.

Idem, herstelperiodes: de herstelperiode van een gebied zal mede afhangen van de grootte van het verstoorde gebied. Hoe groter, hoe langer herstel zal duren. Noem bij de herstelperiodes daarom de grootte van het gebied waarop de getallen betrekking hebben.

De grootte van de gebieden zijn nu aangegeven. Of er werkelijk sprake is van herstel wordt niet duidelijk uit onze analyses. De enorme toename van het oppervlak aan kokkelbanken in de Struc. 93 gebieden in 1994 is onverklaard. Als er sprake is van herstel dan zet dat niet door. In de 99 gebieden treedt zo'n sprong niet op. Bovenstaande opmerking is toegevoegd.

Paragraaf 3.3, blz. 35, eerste alinea, totale aantallen (en verderop her en der soortgelijke formuleringen) "totale aantallen ... significant hoger in het opengestelde gebiedeenvoudig te verklaren ... oppervlak opengestelde gebied groter". De tekst, noch de tabellen en figuren waarnaar wordt verwezen geven enig inzicht in de feitelijke dichtheden en dat is toch wat de lezer graag wil weten. Totale aantallen zijn weinig zeggend indien oppervlaktes niet bekend zijn.

De commissie heeft blijkbaar figuur 3.10; 3.11 en 3.12, waarin dichtheden worden gepresenteerd, over het hoofd gezien. De figuren met totale aantallen en biomassa zijn toegevoegd om de verschillen tussen de gebieden te illustreren. Hierbij is het bijvoorbeeld opvallend dat, ondanks het grotere oppervlak, de in 1990 al gesloten en in 1993 gesloten gebieden in de Waddenzee in de jaren 2000 t/m 2002 meer kg kokkels bevatten dan het open gebied.

Paragraaf 4.1.2 onder Statistische analyse: Er wordt gekeken naar het aantal jaren dat een station wordt bevist teneinde een effect van visserij op broedval te achterhalen. Het is echter ook mogelijk dat vaker op het zelfde station vissen is gecorreleerd met de kwaliteit van dit station voor de vestiging en aanwezigheid van kokkels. Met andere woorden, vaker vissen zou een verschil in habitatkwaliteit kunnen aanduiden (zie ook paragraaf 4.2.2). In paragraaf 4.2.3 komen de auteurs zelf ook tot de conclusie dat visserij-effecten en effecten van habitatkwaliteit met de gebruikte methode moeilijk zijn te scheiden. Hun conclusie dienaangaande in de laatste alinea van paragraaf 4.3.3. klopt daar echter niet mee ("... een positief effect van een aantal jaren bevissing.")

Dat vissen mogelijk gecorreleerd is met de kwaliteit van dit station voor de vestiging en aanwezigheid van kokkels is toegevoegd.

Paragraaf 4.3.1, blz. 97 en volgende. De audit-commissie heeft deze opmerking al voor een eerder rapport gemaakt. Naar onze mening klopt de herberekening van de diepte niet. Indien deze formule echt gebruikt is, zou dat wel tot zeer merkwaardige resultaten leiden. Een eenvoudig rekenvoorbeeld toont dit duidelijk aan:

Oorspronkelijke diepte: -200 cm NAP
Nieuwe diepte: $(100 - -200)/100 = 3 \text{ m}$

Oorspronkelijke diepte: -100 cm NAP
Nieuwe diepte: $(100 - -100)/100 = 2 \text{ m}$

Oorspronkelijke diepte: 100 cm NAP
Nieuwe diepte: $(100 - 100)/100 = 0 \text{ m}$

Oorspronkelijke diepte: 200 cm NAP
Nieuwe diepte: $(100 - 200)/100 = -1 \text{ m}$

M.a.w. hoe hoger oorspronkelijk, hoe dieper na transformatie. Overigens kan de formule eenvoudiger worden uitgedrukt als

$$\text{diepte (m,nieuw)} = 1 - \text{diepte (cm,oud)}/100 = 1 - \text{diepte (m,oud)}$$

wat onmiddellijk het probleem laat zien.

De omrekening heeft geen effect op de resultaten. Voor een uitleg van de keuze voor deze omrekening wordt verwezen naar het rapport EVA II F4b.

Paragraaf 4.3.2 onder Waddenzee, alinea "Het habitatmodel werkt dus goed wanneer het wordt ge-extrapoleerd naar andere gebieden." Toevoegen: Het is dus waarschijnlijk dat visserij een rol speelt in de uitkomsten van Fig. 4.22 en 4.23.

Deze zin staat al op blz 99 en blz 100, maar is nu op blz 100 opnieuw vermeld.

Paragraaf 4.3.2 onder Waddenzee, twee alinea's verder ("In de periode na 1993.."): De hier op basis van Fig. 4.23 getrokken conclusie is op zich correct. In het rapport bevindt zich echter een Fig. 4.24 (waar in de tekst niet naar wordt verwezen) die een ander licht op deze conclusie werpt. **Per abuis wordt in deze zin verwezen naar figuur 4.23, dit moet zijn 4.24. De tekst is nu aangepast. Dit figuur werpt geen ander licht op de conclusie.**

Paragraaf 4.3.2 onder Waddenzee, volgende alinea: Toevoegen: "Uit Figuur 4.27 blijkt dat de dichtheden van meerjarige kokkels in de gesloten gebieden na 1990 significant toenemen."

Er staat: De totale dichtheden kokkels (g.m^{-2}) in de gebieden die in 1993 gesloten werden ten opzichte van de altijd open gebieden verschilden significant in de periode voor en na

1993 (voor $\Delta=-0.31$; na: $\Delta=-0.46$; $n=13$, $F^1_{11}=5.44$, $p=0.04$). Hier is in plaats van "verschilde significant" vermeld dat het significant toenam.

Paragraaf 4.3.3, laatste alinea: weer voor elk wat wils, enkele malen wordt begonnen met negatieve effecten die vervolgens in de volgende zin worden afgezwakt of na verloop van tijd veranderen in positieve effecten. Een duidelijke conclusie zou hier op zijn plaats zijn.

De waarde van de verschillende resultaten is duidelijker aangegeven.

Paragraaf 5.4, tweede alinea: de hier vermelde conclusie over hoge sterfte onder 1-jarige kokkels (51-91% van die van de 2- en meerjarige kokkels; zie ook Tabel 5.2) zou aanleiding tot bezorgdheid moeten zijn. Als het inderdaad om sterfte gaat, impliceert deze waarneming dat minimaal omstreeks 50, maar waarschijnlijk eerder 90% van de 1-jarige kokkels die in een kokkelkor terecht komen dat niet overleeft (aannemend dat de sterfte van 2- en meerjarige kokkels in de kor 100% is).

Alle eenjarige kokkels die in de periode eind augustus tot eind december groter zijn dan 21.61 mm komen in een kokkelkor terecht en worden verwerkt als vangst.

Hoofdstuk 6 draagt nauwelijks bij aan een beter inzicht. Zoals de auteurs zelf vermelden zijn er geen leeftijden van de *Macoma* bepaald en in de tweede plaats bestaat het risico dat de jongste jaarklasse in de Waddenzee na 1997 door de gebruikte zeven is gespoeld (vgl. paragraaf 1.3.1). De eindconclusie dat "met onze analyse geen effect van kokkelvisserij op de *Macoma* aantallen en dichtheden kan worden aangetoond" berust vrijwel zeker meer op "onze analyse" dan op de werkelijkheid. Men kan zich afvragen of dit hoofdstuk niet beter kan worden weggelaten, temeer daar deze materie naar het zich laat aanzien wel goed wordt behandeld in EVA II rapport C 1/3.

Deze suggestie is in overweging genomen, maar omdat de gegevens een indruk geven van de lange termijn ontwikkeling van de *Macoma* populatie is besloten het hoofdstuk in stand te houden. Hierbij is nu wel de kanttekening geplaatst dat de resultaten geen broed van dat jaar betreffen.

Hoofdstuk 7 bevat de eindconclusies van deze deelstudie. Naar het oordeel van de auditcommissie dienen die conclusies hier en daar te worden aangepast in verband met de hierboven gemaakte opmerkingen. Verder verbaast het de commissie dat de uitkomsten niet worden vergeleken met de wetenschappelijke literatuur. Dat gebeurt wel in de voorgaande hoofdstukken, maar juist in hoofdstuk 7 zou men het totaalbeeld gebaseerd op eigen onderzoek en dat van anderen geschetst willen zien.

De waarde van de verschillende resultaten is duidelijker aangegeven en de resultaten worden vergeleken met ander onderzoek.

Detailopmerkingen

Samenvatting, tweede regel: --- en andere factoren op de omvang ---
Is toegevoegd.

Paragraaf 1.1: opengestelde, gesloten, beviste en onbeviste gebieden dienen te worden gedefinieerd. Eventueel ware te verwijzen naar paragraaf 1.3.2.

Verwijzing is toegevoegd.

Paragraaf 1.2: verwezen wordt naar Van der Meer et al. (2001) die een negatieve relatie zouden hebben gevonden tussen het bestand aan volwassen kokkels en de aanwas van jonge kokkels. Deze auteurs constateerden echter dat er geen relatie was en dat dus er sprake zou moeten zijn van dichtheidsafhankelijke sterfte van larven of jonge dieren.

Is aangepast.

Paragraaf 1.2: Als oorzaak van sterfte zouden ook ziekten en parasieten moeten worden vermeld.
Is toegevoegd.

Paragraaf 1.2: Emigratie en immigratie worden kennelijk niet als belangrijke factoren voor de dynamiek van de kokkelpopulaties beschouwd; dit ware te vermelden.

Is toegevoegd.

Paragraaf 1.2, blz. 9, 4^{de} regel van onderen: "Piersma et al (2001) broedval van schelpdieren". Hier ligt de relatie andersom.

Is aangepast.

Paragraaf 1.2.1: Naast de in 1.2.1 genoemde factoren die de dynamiek kunnen beïnvloeden worden in paragraaf 1.3.3 ook nog andere factoren genoemd; die waren hier ook te noemen.

Is aangepast.

Paragraaf 1.2.1: Chlorofyl-a is geen abiotische factor.

Is aangepast.

Paragraaf 1.2.2, eerste alinea: (2) het (van) opvissen ...

Is verwijderd.

Idem: Waarom zou het wegvangen van geslachtsrijpe kokkels, die immers zelfs in kleine aantallen nog voor een behoorlijke broedval kunnen zorgen, minder belangrijk zijn dan het wegvangen van jongere kokkels.

Geslachtsrijpe kokkels hebben al en keer voor nakomelingen kunnen zorgen, jongere kokkels niet. Deze uitleg is toegevoegd.

Paragraaf 1.3, eerste zin: Hier zou uiteengezet moeten worden waarom alleen kokkels en Macoma zijn geanalyseerd en niet de andere soorten die in de bemonsteringen voorkwamen.

De andere soorten komen maar sporadisch voor of zitten vaak dieper dan 10 cm waardoor ze niet volledig zijn bemonsterd. Dit is toegevoegd.

Paragraaf 1.3.1. In de laatste zin voor Voorjaarsbemonsteringen is sprake van drie soorten bemonsteringen, terwijl daar boven vier typen worden genoemd. Waar wordt die vierde bemonstering (inventarisaties door de sector) beschreven (paragraaf 2.2.1)?

De vierde bemonstering is de vakken bemonstering, deze wordt uitgelegd in bijlage 2. Dit staat al in de tekst, maar is met nummers nog duidelijker naar voren gebracht.

Paragraaf 1.3.1, Herbemonstering: Bemonstering met een kokkelschelpje (sic).

Is aangepast.

Paragraaf 2.2.1: Aangegeven dient te worden wat in de inventarisaties door de kokkelsector het criterium is voor een 'hoge kokkeldichtheid'. Hoeveel kokkels gaan er in dit geval minimaal onder een hand? Tevens dient te worden vermeld dat deze methode van 1980 tot 2000 ongewijzigd is gehanteerd (of niet?).

Is toegevoegd.

Paragraaf 2.4: Ook De Vlas (1982) kwam tot een herstelperiode van enkele jaren.

Is toegevoegd.

Fig. 2.2: het bijschrift langs de y-as klopt niet met de tekst beschreven in paragraaf 2.2.2. Verwijs naar oorspronkelijke data.

Is aangepast.

Tabel 3.1 t/m 3.3: de biomassa per m² wordt in elke tabel op een andere wijze uitgedrukt.

Is aangepast.

Fig. 3.1 en 3.2: er worden ook gesloten gebieden buiten de Waddenzee en de Oosterschelde weergegeven.

Deze gebieden zijn nu in het onderschrift vermeld als liggende buiten de Waddenzee of Oosterschelde.

Paragraaf 3.4, tweede alinea: ---biomassa van kokkels (is) in de Waddenzee, ---

--- zijn (in de) significant hoger ---

Is aangepast.

Paragraaf 3.4, vierde alinea: De open gebieden in de Oosterschelde zijn in 5 van de 13 ---

Is aangepast.

Idem: Dit kan de resultaten hebben beïnvloed(t).

Is aangepast.

Fig. 3.16 en 3.17: de vergelijking tussen open en gesloten gebieden geschiedt door de natuurlijke logaritme van de dichtheid, resp. biomassa in de open gebieden af te trekken van die in de gesloten gebieden. Deze methode wordt niet beschreven in paragraaf 3.2.2. Gaat het overigens werkelijk om de natuurlijke logaritme en niet om $\log_{10}$ zoals in hoofdstuk 2?

Een beschrijving van de methode is toegevoegd.

Paragraaf 4.1.2: Er wordt gecorrigeerd voor jaarklassterkte. Hoe?

Op blz 94 staat: De gemiddelde dichtheid per jaar is genormaliseerd door de dichtheid uit te drukken als deel van de gemiddelde dichtheid in de gesloten gebieden over de gehele studieperiode.

Paragraaf 4.2.1, Statistische analyse: Poisson distributie ipv Poison distributie
Is aangepast.

Idem: Dit is $(\{\text{deviantie model} - \text{deviantie leeg}\} / \text{deviantie leeg})$ (haakje vooraan bijvoegen). Zie ook bovenschrift tabel 4.4.

Is aangepast.

Paragraaf 4.2.2, blz. 69, bovenste regel: --- onbeviste ---

Is aangepast.

Zelfde alinea: verklaart ipv. verklaard (twee maal)

Is aangepast.

Zelfde alinea: Het is niet duidelijk waar de deviantie nu op slaat (ook tabel 4.4 helpt niet echt). De vijf significante factoren verklaren 12 % van de deviantie maar het aantal jaren dat een station wordt bevist verklaart 60 % van de deviantie. M.a.w., dit laatste is geen significante factor? Lijkt niet logisch.

Het gaat hier om twee verschillende analyses. Dit is verduidelijkt.

Paragraaf 4.3.1, blz. 97, voorlaatste alinea: Onbegrijpelijk voor niet-gebruikers van SAS.

In de aangegeven alinea staat niets dat met SAS te maken heeft.

Paragraaf 5.3, 2e alinea: de laatste 6 zinnen zijn ongelukkig geformuleerd; bedoeld is kennelijk dat er zo weinig kokkels in de monsters zaten dat de kans op foutieve schattingen groot is.

Nee, er wordt hier bedoeld dat de sterfte in de onbeviste gebieden hoger is dan in de beviste gebieden. Hierdoor krijg je bij het uitrekenen van de visserijsterfte negatieve getallen. De natuurlijke sterfte is immers hoger dan de sterfte in de beviste gebieden.

Tabel 5.2 zou overzichtelijker moeten worden opgezet.

Is aangepast.

Bijlage 1, paragraaf 2.2: chlorofyl-a is geen abiotische factor.

Is aangepast.

Bijlage 2, tabel 6: wat betekenen de aanduidingen in de derde kolom?

De aanduidingen betreffen codes die zijn gebruikt bij de analyse. Ze zijn per abuis weergegeven, maar zijn nu verwijderd.

Utrecht / Yerseke / Haren, 14 januari 2004

Prof.dr. P.L. de Boer

Prof.dr. C.H.R. Heip

Prof.dr. W.J. Wolff