

Wageningen IMARES

Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies

Vestiging IJmuiden
Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax: 0255 564644

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

Vestiging Den Helder
Postbus 57
1780 AB Den Helder
Tel.: 022 363 88 00
Fax: 022 363 06 87

Vestiging Texel
Postbus 167
1790 AD Den Burg Texel
Tel.: 0222 369700
Fax: 0222 319235

Internet: www.wageningenimares.wur.nl
E-mail: imares@wur.nl

Rapport

Nummer: C014/07

De effecten van onderwaterzandsuppleties op het habitat van de Kustzee, *Spisula* en enkele beschermde soorten zeevogels

Mardik F. Leopold en Martin J. Baptist

Opdrachtgever: Rijks Instituut voor Kust en Zee
Postbus 207
9750 AE Haren

Project nummer: 439.61067.01

Aantal exemplaren:	25
Aantal pagina's:	62
Aantal tabellen:	1
Aantal figuren:	22
Aantal bijlagen:	1

Wageningen IMARES is een samenwerkingsverband tussen Wageningen UR en TNO. Wij zijn geregistreerd in het Handelsregister Amsterdam nr. 34135929 BTW nr. NL 811383696B04



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

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Probleembeschrijving.....	4
1.2	Doelstelling	9
1.3	Aanpak	9
2	Onderwatersuppleties en het daarop volgende gedrag van gesuppleerd zand in de kustzone.....	10
2.1	Inleiding	10
2.2	Verspreiding van zand van suppleties.....	10
3	Effectketen suppleties→ <i>Spisula</i> →zee-eenden.....	13
3.1	<i>Spisula subtruncata</i>	13
3.2	De ontwikkeling van het <i>Spisula</i> bestand over de jaren	14
3.3	Methode voor de beschrijving van effecten van suppleties op <i>Spisula</i>	17
3.4	Resultaten effecten op <i>Spisula</i>	18
3.5	Is er directe overlap tussen suppleties en <i>Spisula</i> ?	31
3.6	Conclusie van effecten van suppleties op <i>Spisula</i>	32
3.7	De ontwikkeling van de aantallen zee-eenden over de jaren.....	33
3.8	Conclusies effectketen suppleties→ <i>Spisula</i> →zee-eenden	35
4	Effectketen suppleties→visetende zeevogels	36
4.1	Visetende, overwinterende zeevogels.....	36
4.2	Visetende broedvogels.....	42
4.3	Conclusies effectketen suppleties →visetende zeevogels.....	45
5	Discussie	46
6	Referenties	47
	Appendix	51

Samenvatting

Vooroeverzandsuppleties vinden in Nederland in toenemende mate plaats. Hierbij worden grote hoeveelheden zand aangebracht in de grotendeels onder Vogel- en Habitatrichtlijn beschermde Kustzee; zand dat wordt gewonnen buiten dit gebied en dus “gebiedsvreemd” is. Hiermee bestaat er een risico, dat het habitat van dit beschermde gebied wordt aangetast en dat beschermde soorten die van dit habitat afhankelijk zijn, in hun ontwikkeling worden geschaad. In dit rapport wordt nagegaan of er aanwijzingen zijn dat dit daadwerkelijk is gebeurd, maar er worden geen aanwijzingen in deze richting gevonden. Weliswaar is het belangrijkste schelpdier van de Kustzee, de halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*, thans goeddeels uit de Kustzee verdwenen, maar een gedetailleerde analyse van plaats en tijd van suppleties, versus het verdwijnen van de *Spisula* laat geen enkel verband zien. Het verdwijnen van *Spisula* moet daarom toegeschreven worden aan andere oorzaken. Met de *Spisula* zijn ook de aantallen zee-eenden (Zwarte Zee-eend, Grote Zee-eend, Eidereend) in de Nederlandse kustwateren sterk afgenomen. Er is wel een verband tussen het verdwijnen van zee-eenden en hun voedsel *Spisula*, maar dus niet met de suppleties. Tegenover deze negatieve trends staan soms spectaculaire toenames onder de viseters in het gebied, waaronder: Roodkeelduiker, Fuut, Aalscholver en Grote Stern. Voor een aantal andere soorten was geen trend waarneembaar (Toppereend, Parelduiker, Geoorde Fuut, Kuifduiker). Ook deze ontwikkelingen kunnen niet verklaard worden vanuit de zandsuppleties.

Gesuppleerd zand blijft maandenlang min of meer op de plaats liggen waar het is aangebracht en “wandelt” hooguit enkele honderden meters per jaar van deze locatie weg. Hier staat tegenover dat van een aanvankelijk verschil in korrelgrootte tussen aangebracht en oorspronkelijk zand, binnen een jaar niets meer is terug te vinden. Daarbij wordt per suppletie slechts een relatief klein areaal bedekt, in een hoogdynamisch gebied, waar relatief weinig leven (in termen van schelpdierbanken) voorkomt. De meeste suppleties zijn aangebracht op dieptes waar *Spisula* niet meer in hoge dichtheden voorkwam, namelijk aan de landzijde van de *Spisulazone*, waarna het meeste transport van het gesuppleerde materiaal in de richting dwars op de kust, naar de kust toe gericht was, dus nog verder van een eventuele *Spisulabank* af. De impact van de suppleties op het voorkomen van *Spisulabanken* en zee-eenden moet mede daardoor als verwaarloosbaar klein worden beschouwd. Effecten op andere diergroepen zijn in deze studie niet onderzocht. In de suppletiezone komen uiteraard wel andere dieren voor dan *Spisula*. Effecten hierop kunnen vooralsnog niet worden uitgesloten. Het belang van *Spisula* is de afgelopen tien jaar sterk verminderd, terwijl dat van andere soorten juist is toegenomen. Effecten op *Spisula* lijken thans verwaarloosbaar klein, omdat de soort nauwelijks nog voorkomt en bovendien meestal zeewaarts voorkwam van de suppletievakken. Soorten die de niche van *Spisula* overnemen kunnen een iets andere verspreiding hebben, waardoor er in de toekomst een risico is dat er meer overlap komt tussen suppleties en belangrijke benthos soorten. Het is daarom zinnig om toekomstige vooroeverzandsuppleties goed te volgen, middels nulstudies en impactstudies.

1. Inleiding

1.1 Probleembeschrijving

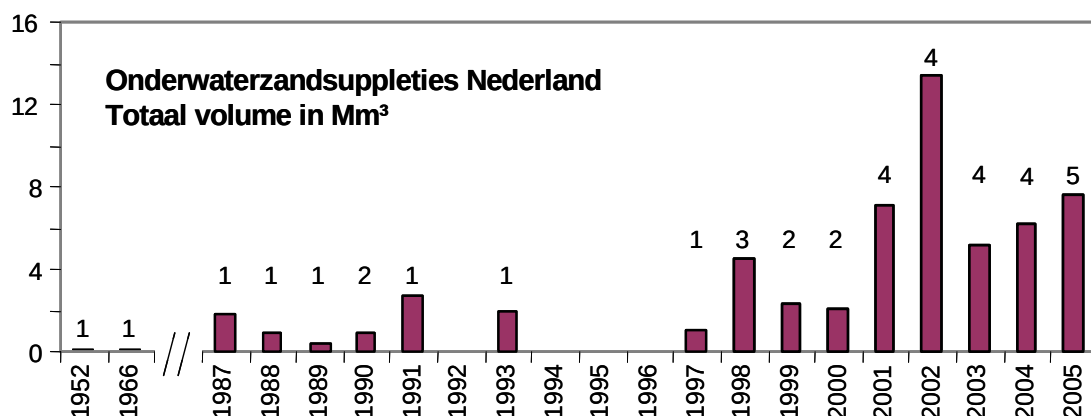
De Nederlandse zandige kust kampt met structurele erosie. Kustafslag hoort –periodiek– bij dit type kust, maar is tegenwoordig ongewenst vanwege de grote economische waarde van de kust zelf en van het directe en verder landinwaarts gelegen achterland. Nederland is vermoedelijk in staat de kust geheel vast te leggen (“in beton te gieten”) maar hier wordt niet voor gekozen. Een dergelijke rigoureuze aanpak zou niet alleen ten koste gaan van grote economische en ecologische waarden, het zou er ook toe leiden dat de erosie van de vooroever zou worden versterkt waardoor het probleem zou verergeren. Het beleid van de *kustlijnzorg* is er daarom erop gericht om met natuurlijke materialen (zand) de kusterosie tegen te gaan en de kustlijn te handhaven. Dit wil niet zeggen dat de kustlijn nergens en nooit landinwaarts zou mogen verplaatsen, maar de kustlijn zoals die in 1990 was mag niet worden aangetast. Binnen deze harde randvoorwaarde krijgen wind, water en zand in principe vrij spel, maar wanneer de kustlijn ergens te zeer wordt aangetast wordt hierop gereageerd met een zandsuppletie. Hierbij wordt zand gewonnen op een zeewaarts gelegen locatie, buiten de doorgetrokken -20m lijn (NAP) en dit zand wordt gestort in het bedreigde kustvak. In het verleden gebeurde dit meestal op het strand, maar dit was relatief duur en leverde overlast op voor de recreatie op het strand. Om deze redenen gebeuren de zandsuppleties tegenwoordig vooral op de zogenaamde vooroever, waarbij het zand dicht onder het bedreigde kustvak in zee wordt aangebracht. Door extra zand in het “zanddelend systeem” van de kustzone te brengen, worden aanrollende golven gebroken voor ze (veel) schade aan strand en duinvoet kunnen doen en komt er nieuw zand beschikbaar voor de opbouw van strand en duinen.

De eerste vooroeverzandsuppleties aan de Nederlandse kust stammen uit 1952 en 1966 en werden beide voor de kust van Walcheren, bij Vlissingen uitgevoerd (Tabel 1). Vervolgens duurde het tot 1987 voordat de volgende vooroeverzandsuppletie werd uitgevoerd, een relatief grote van 1.83 miljoen m³ voor de Kop van Schouwen. In 1988, 1989 en 1990 werden jaarlijks in Zeeuws Vlaanderen meest kleine suppleties uitgevoerd. Deze eerste vooroeverzandsuppleties stonden alle direct in het teken van de veiligheid en vonden dus alle plaats in Zeeland. In 1993 werd de eerste onderwaterzandsuppletie uitgevoerd in het kader van het beleid van *kusthandhaving*. Deze suppletie vond plaats voor de kust van Terschelling, en ging gepaard met een monitoring van de effecten op het bodemleven (van Dalfsen & Duijts 1995; van Dalfsen & Oosterbaan 1996; van Dalfsen & Essink 1997; Essink 1997). Hieruit kwam naar voren dat het bodemleven ter plaatse van de suppletie werd verstikt, maar dat deze zich na enige tijd wel weer herstelde.

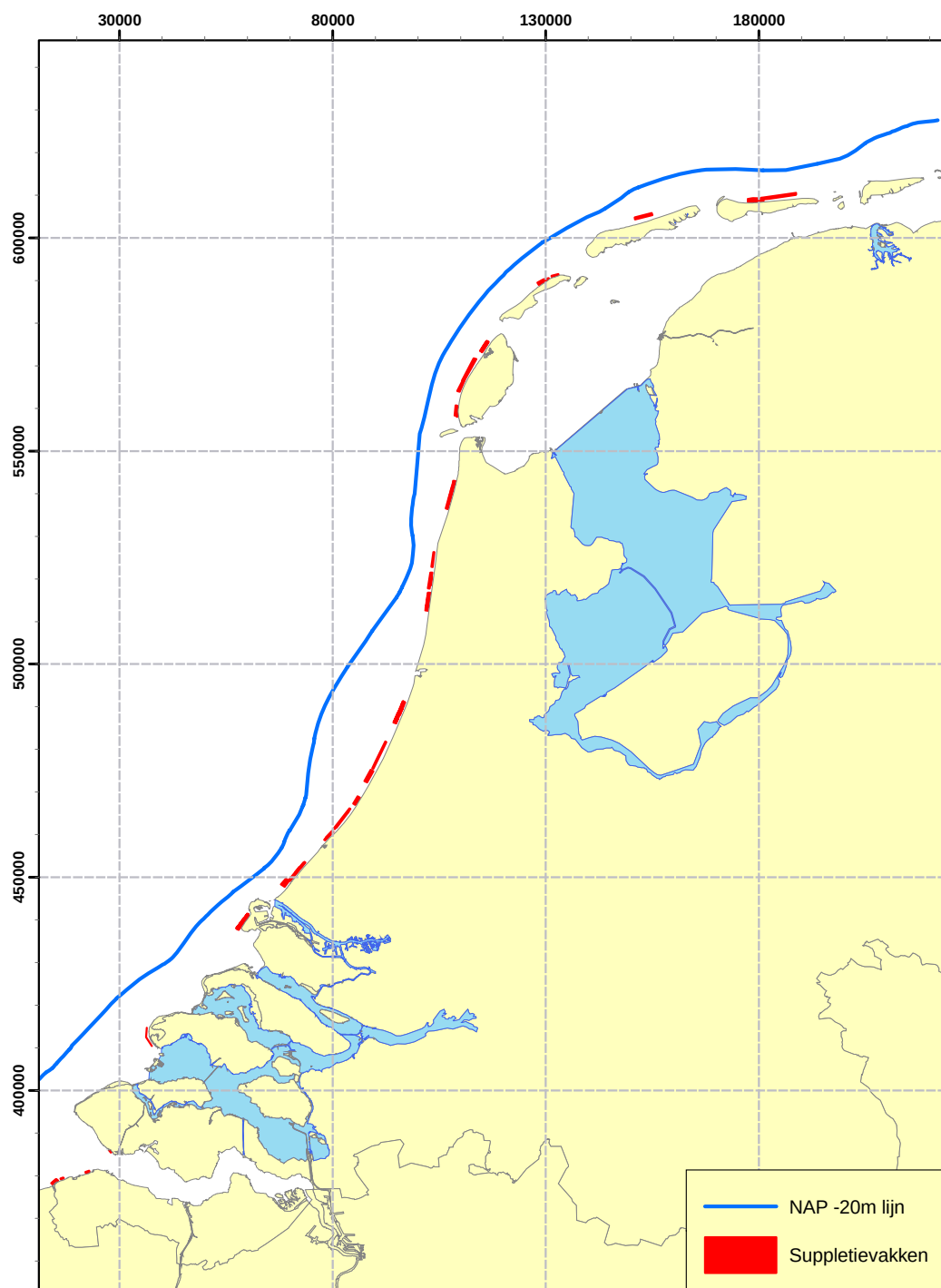
Van 1994-96 waren er geen onderwaterzandsuppleties, maar vanaf 1997 werd er jaarlijks op deze wijze gesuppleerd, op wisselende locaties langs de hele Nederlandse kust. Hierbij nam de totale jaarlijkse hoeveelheid gesuppleerd zand op de onderwateroever toe (Figuur 1). Er waren, afgezien van een monitoring van de zandsuppletie bij Texel in voorjaar/zomer 2002 (Leopold 2002a,b; 2003; Mulder 2004) geen verdere monitoringsprogramma's die de onderwaterzandsuppleties begeleidden. Wel waren er enkele inventarisaties van het bodemleven van de brandingszone voor de kust van Noord-Holland (Janssen & Mulder 2004). Deze waren echter beperkt van omvang in ruimtelijke zin, niet direct gerelateerd aan een zandsuppletie en de bemonsterde locaties lagen over het algemeen dicht bij land, op ondieper water dan de locaties die meestal bij onderwaterzandsuppleties worden gebruikt. Deze inventarisaties, langs raaien voor de kust van Egmond en Castricum in 2002 met de hoogpotige WESP (Water En Strand Profiler) leverde daarom geen direct inzicht in de mogelijke effecten van een onderwaterzandsuppletie op het bodemleven of op andere organismen.

Tabel 1. Overzicht van de uitgevoerde vooroever- en onderwaterzandsuppleties in Nederland, in chronologische volgorde (zie ook Figuur 1). Data: Roelse 2002, Steijn 2005 en Rijkswaterstaat RIKZ.

Locatie	Strandpaal	Periode (maand/jaar)	Vol. (Mm ³)	Type	Diepte (m NAP)
Vlissingen 1952	34-34.4	apr-nov 1952	0.05	Vooroever	-2 tot -3
Vlissingen 1966	34-34.4	jan-mrt 1966	0.032	Vooroever	-2 tot -5
Kop van Schouwen	13.2-15.6	apr-jun 1987	1.83	Vooroever (incl. strand)	tot -10
Cadzand-west 1988	13.3-14.3	1988	0.85	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8
Groede	5.3-6.02	sep-nov 1989	0.44	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8
Cadzand-west 1990	13.3-14.3	okt-nov 1990	0.32	Vooroever (incl. strand)	tot ca. -8
Tienhonderdpolder	10.4-11.1	nov-dec 1990	0.595	onbekend (vol. geschat)	
Kop van Schouwen	13.2-15.6	1991	2.67	Vooroever (incl. strand)	tot -10
Terschelling-midden	13.7-18.1	apr-nov 1993	2	Onderwater	-5 tot -7
Ter Heijde	113.15-114.85	aug-nov 1997	1.03	Onderwater	-5 tot -8
Noordwijk	80.5-83.5	jan-apr 1998	1.27	Onderwater	-5 tot -7
Ameland-oost 1998	13-21	apr-sep 1998	2.5	Onderwater	-5 tot -7
Katwijk	87.5-89.5	sep 1998-feb 1999	0.75	Onderwater	-5 tot -7
Scheveningen	97.73-100.5	feb-jun 1999	1.43	Onderwater	-5 tot -8
Egmond	36.9-39.1	jun-sep 1999	0.88	Onderwater	-5 tot -8
Bergen aan Zee	32.25-34.25	apr-aug 2000	1	Onderwater	-5 tot -7
Maasvlakte 2000	6.41-10.54	aug-okt 2000	1.1	Onderwater	-4 tot -8
Vlieland-midden	46.2-48.5	apr-aug 2001	1	Onderwater	-5 tot -6
Kijkduin - Ter Heijde	107.4-112.5	mrt-nov 2001	3.58	Onderwater	
Callantsoog	11.08-14.01	jun-okt 2001	1.5	Onderwater	-3 tot -6
Maasvlakte 2001	6-10.02	nov 2001-jan 2002	1	Onderwater	
Wassenaar	91-97	feb-dec 2002	3	Onderwater	
Texel-De Koog	17-23	mrt-nov 2002	5.4	Onderwater	-6 tot -9
Noordwijkerhout	73-80	apr-dec 2002	3	Onderwater	
Camperduin	26.5-30	jun-okt 2002	2	Onderwater	
Groote Keeten - Zwanenwater	10-16	feb-mei 2003	2.57	Onderwater	
Texel-Molengat	9-11.48	feb-aug 2003	1.2	Geulwandsuppletie	-3 tot -6
Groote Keeten	9.13-9.43	aug 2003	0.012	Onderwater	
Ameland-west 2003	9.4-13.7	jul-nov 2003	1.43	Onderwater	< -5
Texel-De Slufter	25.1-27.9	jun-sep 2004	2.4	Onderwater	
Egmond	36.2-40.2	jun-nov 2004	1.6	Onderwater	
Zandvoort-zuid	65.75-67.75	okt-dec 2004	0.9	Onderwater	
Zandvoort-noord	62.75-65.75	nov 2004 - jan 2005	1.35	Onderwater (vol. geschat)	
Bergen aan Zee	31.5-35	jan-dec 2005	1.5	Onderwater	
Walcheren, Zuidwest		jan-dec 2005	1.5	Onderwater	
Texel-midden	14-17.5	jan-dec 2005	2.6	Onderwater	
Vlieland-oost	48.8-50	jan-dec 2005	1	Onderwater	
Monster	108-113	jan-dec 2005	1	Onderwater	



Figuur 1. Totale, jaarlijkse hoeveelheden vooroever- en onderwaterzandsuppleties (in 10^6 m^3) in de Nederlandse Kustzee. De cijfers boven de staven geven de aantallen zandsuppleties weer.



Figuur 2. Locaties van de onderwatersuppletievakken langs de Nederlandse kust, 1952-2005. N.B.: De precieze locatie van "Walcheren, Zuidwest" (2005) is onbekend en deze is weggelaten (zie ook Tabel 1).

Het aanbrengen van een dikke laag zand in de vooroever is niet zonder ecologische gevolgen. De effecten kunnen worden onderverdeeld in directe, korte termijn effecten en indirecte, lange termijn effecten. Ter plaatse van de stortlocatie zal veel van het aanwezige bodemleven verstikt worden en in een ruimere omgeving is er versterking van het milieu door een slibpluim en door geluid en beweging. De slibpluim kan effecten hebben op de mogelijkheden voor plankton groei maar ook op het foerageersucces van de lokale zeevogels.

Het geluid en de scheepsbewegingen die gepaard gaan met een suppletie verstoren vissen, vogels en zoogdieren binnen een vooralsnog onbekend gebied rond het suppletiepunt. Langetermijneffecten betreffen de verandering van habitat. Bij een suppletie wordt zand van buiten de 20 m diepte zone aangebracht. Dit zand kan een andere korrelgrootte hebben, een andere minerale samenstelling of een gewijzigde slibfractie. Bovendien worden eigenschappen met betrekking tot penetreerbaarheid en stabiliteit gewijzigd. Hiermee wordt het habitat van bodemdieren veranderd.

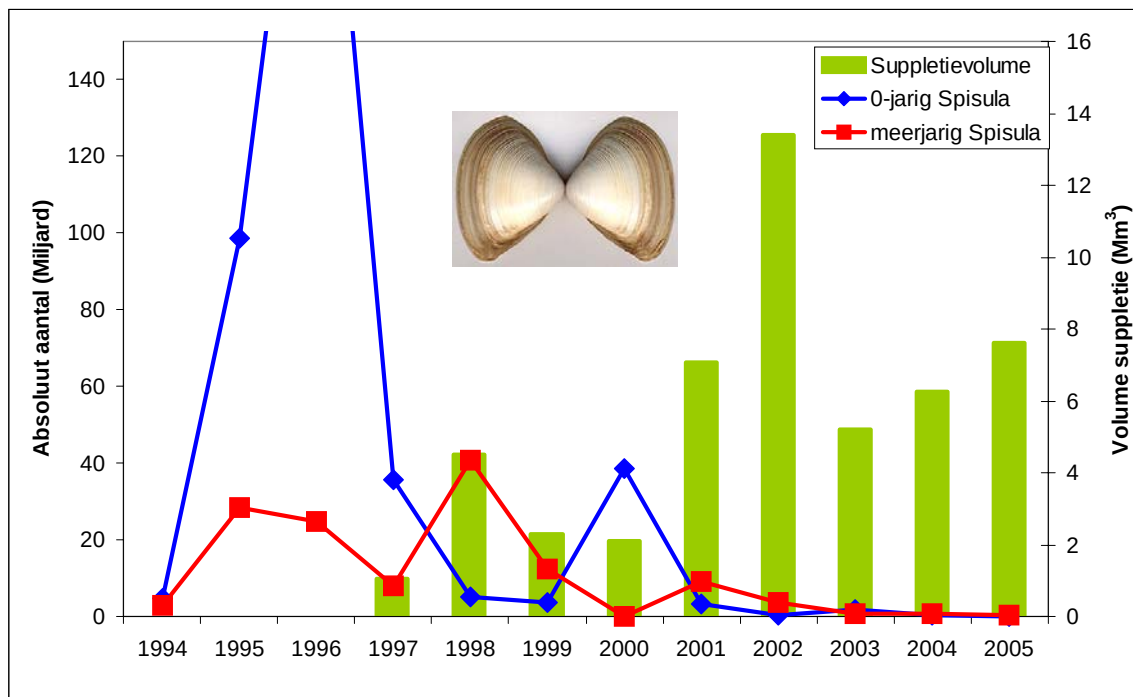
In de meeste gevallen wordt zand aangebracht met een grotere korrelgrootte dan het plaatselijk aanwezige zand. Zo is bij de suppletie van Terschelling zand gebruikt met een mediane korreldiameter die 20-40 μm groter is dan het oorspronkelijke sediment. Lange termijn effecten heeft dit kennelijk niet gehad. Reeds zes maanden na de suppletie was de korrelgrootteverdeling niet meer te onderscheiden van de originele verdeling (Guillén & Hoekstra, 1997).

Er is schaars onderzoek gedaan naar veranderingen in het benthos als gevolg van onderwatersuppleties. De proefsuppletie voor de kust van Terschelling liet een snel herstel zien van bentische soorten als gevolg van hervestiging van larven. Hierbij is ook waargenomen dat de *Spisula* broedval van 1994 zeer succesvol is geweest, zowel in termen van aantallen (vestiging), als in termen van de groei (van Dalfsen & Essink, 1997; Leopold, 1996).

Een mogelijke verstoring zou kunnen optreden wanneer de morfologie van de ondiepe kustzone zodanig wijzigt dat massale aanspoelingen van *Spisula* worden vergemakkelijkt of juist bemoeilijkt. In het laatste geval zou er een positief effect zijn wanneer de schelpen in de kustzone blijven en na een zware storm weer (her)vestigen. Maar omgekeerd kunnen de hydrodynamische processen zodanig gewijzigd zijn dat aanspoelingen makkelijker optreden. In morfodynamisch actieve kusten, echter, zullen brekerbanken en andere morfologische verschijnselen op een tijdschaal van enkele jaren veranderen. Een additioneel effect van suppleties zal reeds na een jaar zijn uitgedempt.

Hoewel genoemde verstoringen voor iedere suppletie afzonderlijk per definitie lokaal van karakter zijn en de kans daarom klein lijkt dat enige populatie van dieren daadwerkelijk bedreigd wordt, is de verstoring toch niet zonder betekenis. De bodemfauna in de 1-mijls zone voor de kust wordt beschermd via de Kaderrichtlijn Water. De zeevogels genieten bescherming onder de EU Vogelrichtlijn- en de zeezoogdieren (en enkele trekvissen) onder de EU Habitatrichtlijn en onder de nationale uitwerking van deze richtlijnen, de Flora en Faunawet. Aanzienlijke delen van de Kustzee, namelijk de Voordelta en de kustzone benoorden de Wadden (zuidelijk tot aan Petten) zijn bij de Europese Commissie aangemeld onder de Vogel- en Habitatrichtlijn, maar ook het tussengelegen deel van de Kustzee kent belangrijke ornithologische waarden, alsmede een rijk bodemleven en relatief hoge diversiteit aan vis en een kinderkamerfunctie voor vis (Lindeboom *et al.* 2005). Significante verstoringen van de ecologische ontwikkeling en kwaliteit van de Kustzee is dus ongewenst, zelfs als deze veroorzaakt zouden worden door een activiteit die van groot nationaal belang is, zoals suppleties in het kader van de kustlijninzorg.

Er is enige reden tot zorg. Het is niet bij voorbaat uit te sluiten dat onderwaterzandsuppleties een significant effect hebben op bodemleven, de visgemeenschap en de zeevogels in de kustzone. Figuur 3 illustreert het totale voorkomen van 0-jarige (de broedval) en meerjarige *Spisula* in die secties van de kust waarin suppleties (ooit) hebben plaatsgevonden, uitgezet tegen de suppletievolumes in de tijd. Dit verband suggereert een correlatie, dat er met het toenemen van suppleties een afname van *Spisula* is opgetreden.



Figuur 3. Het voorkomen (totaal aantal individuen) van 0-jarige (blauw) en meerjarige (rood) *Spisula subtruncata* in die secties van de kust tot de -20 m NAP dieptelijn waar suppleties hebben plaatsgevonden, uitgezet tegen de suppletievolumes (groene staven).

In de winter voorafgaand aan de suppletie bij Terschelling in 1993 verbleven er in en rond dit suppletiegebied ongekend grote aantallen Zwarte Zee-eenden (125.000); Grote Zee-eenden (12.000) en Eidereenden (60.000; Leopold 1993). Deze aantallen zijn in geen enkele winter na de suppletie weer gezien bij Terschelling of op enige andere locatie in Nederland (Leopold *et al.* 1995, 1998; Leopold 1996; Arts & Berrevoets 2006). Begin jaren 2000 werd duidelijk dat het stapelvoedsel van deze eenden in de Nederlandse Kustzee, de Halfgeknotte Strandschelp *Spisula subtruncata*, sterk in aantal achteruitliep. Weliswaar neemt een ander soort, de Amerikaanse Zwaardscheden *Ensis americanus* tegelijkertijd toe in dit gebied (Craeymeersch & Perdon 2004; 2006; Wijsman *et al.* 2006) en kan deze deels de functie als stapelvoedsel voor de eenden overnemen (Leopold *et al. ms*), toch lijken nu ook de aantallen eenden in de Kustzee af te nemen (Arts & Berrevoets 2006). Ook is er mogelijk iets aan de hand met jonge (plat)vis in de Kustzee. Deze komen de laatste jaren in opvallend lage dichtheden voor in deze strook en deze vissen lijken zich te hebben verplaatst naar dieper water (Grift *et al.* 2004). Er lijkt een *regime shift* gaande in de Nederlandse kustwateren waarbij *Spisula* geleidelijk vervangen wordt door *Ensis* en waarbij de kinderkamerfunctie voor platvis aan belang heeft ingeboet. Min of meer tegelijkertijd namen de aantallen van een aantal visetende zeevogels en zoogdieren in de Kustzee sterk toe (Camphuysen 2004, 2006; de Lange *et al.* 2005; Ruitenbeek & Zomerdijs 2005; Camphuysen & Peet 2006).

De mogelijkheid bestaat, dat de onderwatersuppleties iets met deze omslagen te maken zouden kunnen hebben, doordat ze langzaam maar zeker, door cumulatieve effecten van steeds nieuwe zandsuppleties, het habitat Kustzee hebben doen veranderen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren doordat er steeds relatief grofkorrelig, gebiedsvreemd zand wordt aangevoerd waarin *Spisula* en platvis zich minder goed kan handhaven dan in het zand waaraan het blijkbaar is aangepast in de Kustzee. Tegelijkertijd lijkt de Kustzee meer geschikt te worden voor *Ensis* en wellicht ook voor bepaalde rondvis, het stapelvoedsel van een aantal zeevogels en zeezoogdieren.

Het is echter geenszins overtuigd bewezen dat de zandsuppleties de oorzaak zijn van de geconstateerde veranderingen. *Regime shifts* in de Noordzee worden ook toegeschreven aan natuurlijke, klimatologische oorzaken, (over)bevissing en/of veranderingen in de graad van eutrofiëring (Sharp 2000; Jackson *et al.* 2001; Scheffer *et al.* 2001; Beaugrand 2004; Weijerman *et al.* 2005; Philippart *et al.* in druk).

1.2 Doelstelling

Het doel van deze studie is te onderzoeken of de onderwaterzandsuppleties geleid hebben tot de waargenomen veranderingen in voorkomens van *Spisula*, zeevogels en zeezoogdieren. Indien dit het geval zou zijn, is de vervolgvraag in hoeverre van dit verleden geleerd kan worden en of de wijze van suppleren wellicht kan worden gewijzigd zodat beter rekening gehouden kan worden met deze natuurwaarden.

1.3 Aanpak

Om te (kunnen) onderzoeken of onderwaterzandsuppleties een rol hebben gespeeld bij recente ecologische veranderingen, moet voldaan worden aan een aantal randvoorwaarden. Enerzijds moeten aard en omvang van de suppleties bekend zijn. Aan deze voorwaarde wordt voldaan (data Rijkswaterstaat). Anderzijds moet de ontwikkeling van mogelijk door zandsuppleties veranderende abiotiek (bijvoorbeeld korrelgrootte verdeling van het sediment langs de kust) en biotiek in kaart gebracht zijn. Aan deze voorwaarde wordt maar ten dele voldaan. Wij zijn niet bekend met jaarlijkse, gebiedsdekkende inventarisaties van het sediment in de Kustzee. Alleen in de Waddenzee is de korrelgrootte van het sediment jarenlang gevolgd. Gerekend over de hele Waddenzee zijn er wel verschuivingen in korrelgroottes (dan wel slibgehalten) gevonden, maar er zijn zowel gebieden waar het sediment grover is geworden als gebieden waar het fijner werd. Deze veranderingen werden niet toegeschreven aan zandsuppleties in de Noordzeekustzone, maar aan grote waterstaatkundige werken in de Waddenzee (inclusief de voormalige Zuiderzee en de Lauwerszee) en aan de kokkelvisserij (Piersma & Koolhaas 1997; Piersma *et al.* 2001; Zwarts 2004; van Gils *et al.* 2006). Echter, indien de kombegring van de Westelijke Waddenzee samen met zeegaten, stranden en Kustzee als een zanddelend systeem worden gezien (cf Oost & de Boer 1994) dan is het niet op voorhand uit te sluiten dat een sedimentvergroving in (delen van) de Waddenzee samenhangt met een sedimentvergroving in de Noordzeekustzone.

In de Kustzee worden jaarlijks gebiedsdekkende inventarisatie uitgevoerd van *Spisula*, jonge platvis en zeevogels en is er (ruw) trendonderzoek aan bruinvissen gedaan, zodat ook aan deze voorwaarde voldaan wordt. Echter, onderwaterzandsuppleties vinden op een relatief kleine geografische schaal plaats in vergelijking met biologische surveys en een sleutelparameter, de beschikbaarheid van rondvis (als voedsel voor de zeevogels en de zeezoogdieren) wordt niet op een dusdanige wijze gevolgd dat het bruikbaar is voor dit onderzoek. Hierdoor valt op voorhand een verschil te verwachten in zeggingskracht van onderzoek aan de keten suppleties→*Spisula*→zee-eenden in vergelijking met de keten suppleties→rondvis→visetende toppredatoren.

In deze studie is eerst samengevat welke kenmerken onderwaterzandsuppleties hebben en op welke manieren deze een effect kunnen uitoefenen. Vervolgens is ingegaan op de effectketen suppleties→*Spisula*→zee-eenden. Aangezien het schelpdier *Spisula subtruncata* een belangrijke rol speelt in de effectketen naar zee-eenden toe en de mogelijkheid bestaat dat de zandsuppleties hebben geleid tot de waargenomen verdwijning van *Spisula* (zie Figuur 3) is hieraan uitgebreid onderzoek gedaan. Vervolgens is ingegaan op de effectketen suppleties→visetende toppredatoren.

2. Onderwatersuppleties en het daaropvolgende gedrag van gesuppleerd zand in de kustzone

2.1 Inleiding

Onderwatersuppleties worden aangebracht in het diepere deel van de 'actieve zone'. De actieve zone is dat deel van de kustzone waarin erosie- en sedimentatieprocessen als gevolg van golven en stromingen op korte tijdschaal (orde jaren) morfologische veranderingen geven. De ondergrens van de actieve zone ligt op zo'n -8 tot -10 m NAP (Roelse 2002). De meeste onderwatersuppleties vinden plaats op een diepte van -5 tot -7 m NAP. Er worden drie typen onderwatersuppleties onderscheiden (Roelse 2002):

1. Voedingslaag.
Met een voedingslaag wordt beoogd om het zandvolume van de actieve zone te vergroten. Bij de herverdeling van het zand dwars op de kust onder invloed van natuurlijke processen, zal een deel hoger in het profiel terechtkomen. Het zand voor een voedingslaag moet gemakkelijk door golven en stroom getransporteerd kunnen worden.
2. Brekerbank.
Een brekerbank heeft tot doel de golven buiten de normale brekerzone te laten breken, zodat het golfgedreven langtransport in de brandingszone achter de bank afneemt. Het hogere deel van het profiel wordt extra beschermd door schaduwwerking. Aan de zeezijde van de bank vindt erosie plaats, daar moet soms een extra zandsuppletie worden aangebracht. De bank moet zo lang mogelijk in stand blijven. Het materiaal moet dus veel weerstand bieden tegen erosie.
3. Steunlaag.
De diepere kustzone vormt het fundament van de actieve zone. Hoewel hier op korte termijn weinig in beweging is, kan op middellange termijn een dusdanige (geleidelijke) erosie optreden dat het fundament van de kust wordt aangetast en herstel gewenst is om de kustzone erboven te ondersteunen. Omdat hier geen golfbreking of snelle verspreiding nodig is, behoeven aan het zand geen bijzondere eisen te worden gesteld vanuit de morfologie.

In de praktijk zijn de onderwatersuppleties vaak mengvormen van deze drie typen. Ook vinden er zogenaamde vooroeversuppleties plaats waarbij het zand op ondieper water wordt aangebracht, soms ook gecombineerd met strandsuppleties. Tabel 1 geeft weer welke onderwatersuppleties hebben plaatsgevonden langs de Nederlandse kust tussen 1952 en 2005. Duidelijk is dat vanaf de proefsuppletie voor de kust van Terschelling in 1993, en met name vanaf 1997, het aantal onderwatersuppleties en het totale volume aangebracht zand fors zijn toegenomen. Daarbij is in de loop der jaren op vele verschillende lokaties langs de kust gesuppleerd, zowel in de VHR-gebieden Voordelta en Kustzee benoorden de Wadden, als in het tussenliggende gebied, voor de kust van Noord- en Zuid-Holland. Anno 2005 is er in Nederland nog nauwelijks een aaneengesloten kustgedeelte te vinden van 30 km lengte waarin nog geen onderwaterzandsuppletie heeft plaatsgevonden.

2.2 Verspreiding van zand van suppleties

Effecten van onderwatersuppleties op het onderwaterhabitat en het onderwaterleven kunnen zich niet alleen voordoen ter plaatse van de stortlocatie (momentaan door bedekking/verstikking en temporeel door verandering van het type sediment en morfologie), maar er is ook een potentieel uitstralend effect naar de omgeving.

Het uitstralend effect kan zich voordoen:

1. door gesuspendeerd transport van sediment tijdens het storten.
2. door bodemtransport van gestort sediment door getijstroming en golven.

Ad. 1. Met betrekking tot de verspreiding van gesuspendeerd sediment is het aannemelijk dat deze plaatsvindt in een richting langs de kust als gevolg van de getij beweging. Het gestorte materiaal bestaat hoofdzakelijk uit zand dat een relatief grote valsnelheid heeft. Het transport is bovendien sterk afhankelijk van de heersende getijstroming (eb, vloed, kentering). Daar komt bij dat het zand meestal in bulkhoeveelheden wordt geklapt, zodat het niet als individuele korrels naar beneden valt. De slibfractie zal langer in suspensie blijven en zich daarom over grotere afstanden verspreiden; dit zal minder snel leiden tot significante bedekking van de bodem, maar kan tot verstikking van organismen leiden.

Tijdens het storten van sediment voor de kust van Terschelling, in 1993, is waargenomen dat een deel van het gestorte sediment zich in de vorm van een grote wolk in het water verspreidde (Tydeman 1994). De valsnelheid van het sediment, met name de slibfractie, kon echter niet nauwkeurig genoeg worden bepaald en werd geschat tussen de 1,5 m per 30 uur tot 1,5 m per 120 uur. Dientengevolge is het lastig om te berekenen hoe groot het uitstralende effect geweest kan zijn.

In het geval van de onderwatersuppleties van bijvoorbeeld Callantsoog 2001, Texel-De Koog 2002 en Terschelling-midden 1993 is goed te zien dat er nagenoeg geen morfologische veranderingen optraden buiten de suppletiezone in kustlangse richting en ook niet zeewaarts van de stortlocatie, in dieper water *als gevolg van sedimentatie van gesuspendeerd zand*. Een snelle respons is alleen in de ondiepe kustzone waargenomen, dus richting strand vanaf de suppletielocatie (Steijn 2005). Verspreiding van gesuspendeerd sediment speelt dus kennelijk geen rol van betekenis voor de bodemmorfologie, zeker niet in zeewaartse richting. Echter, niet uitgesloten is dat een bedekking van bodemleven door (fijn) zand kan zijn opgetreden.

Ad. 2. Het transport van gesuppleerd sediment is nauwkeurig onderzocht. Observaties van onderwatersuppleties laten zien dat er een landwaartse verschuiving optreedt (Ahrens & Hands 1998; Steijn 2005). Een transportrichting naar de kust toe is ook waargenomen voor de onderwatersuppletie van Egmond in 1999 (Van Duin *et al.* 2004). Voor de onderwatersuppletie van Callantsoog 2001 is gevonden dat er een uniforme noordwaartse uitbreiding (netto transportrichting van de Nederlandse kust) van slechts 200 m plaatsvond over een tijdspanne van 2 winters en 1 zomer. De onderwatersuppletie van Texel - De Koog 2002 liet zien dat de bodemveranderingen zich kenmerken door langgerekte structuren met dwars op de kust significante veranderingen in de ondiepe zone en zeewaarts slechts kleine, ongestructureerde veranderingen. In andere gebieden zoals Terschelling-midden 1993, Texel-Molengat 2003, Vlieland-oost 2001, Ameland-oost 1998 worden ook vooral effecten gevonden in de ondiepe zone, maar is anderzijds de morfologische dynamiek zodanig groot dat de effecten van de suppleties snel wegebben (Steijn 2005).

Steijn (2005) vond dat er geen significante beïnvloeding heeft plaatsgevonden van het zandvolume in naastliggende kustvakken. Bovendien werd geconstateerd dat de morfologische effecten van de meeste van deze suppleties relatief gering zijn ten opzichte van de natuurlijke dynamiek.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat:

- (i) de uitstraling van verspreiding van zand tijdens het storten gering lijkt te zijn en dat:
- (ii) de morfologische veranderingen na suppletie zich voornamelijk voordoen in de ondiepe kustzone dwars op de stortlocatie.

Onderwaterzandsuppleties worden in de regel uitgevoerd tussen de brekerbanken en dit is dichterbij de kust dan waar de Spisulabanken voorkwamen, want deze strekten zich van zee tot aan de buitenste brekerbank uit. Hieruit zou voorzichtig geconcludeerd kunnen worden dat

de zeewaarts gelegen *Spisula* zone niet of nauwelijks hinder kan hebben gehad van de suppleties. Alleen wanneer een Spisulabank zich in relatief ondiep water bevindt, en zich uitstrekt tot binnen de suppletiezone kan een deel van de bank direct getroffen zijn. Indirecte effecten lijken, gezien de geringe verspreiding van het aangebrachte zand, zeker in zeewaartse richting, ook niet erg waarschijnlijk.

3. Effectketen suppleties→*Spisula*→zee-eenden

3.1 *Spisula subtruncata*

De halfgeknotte strandschelp, *Spisula subtruncata*, komt langs de Europese en Westafrikaanse kusten voor van Noorwegen tot Senegal, en verder in de Middellandse Zee en de Zwarte Zee. De soort leeft vooral in de kustwateren in zandige, soms slibhoudende, sedimenten (Poppe & Goto 1993; Holtmann *et al.* 1996). Ook voor de Nederlandse kust is *Spisula subtruncata* vaak een van de meest voorkomende soorten (Eisma 1966; Holtmann *et al.* 1996), maar de bestandsgrootte is in de loop van de twintigste eeuw zeer veranderlijk gebleken (Hagmeier 1930; Crisp 1964; Petersen 1977; Ziegelmeier 1978; Oosterbaan 1991; Gmelig Meyling & de Bruyne 1994; Craeymeersch *et al.* 1997, 2001; Craeymeersch 1999; Degraer 1999; Perdon & Goudswaard 2006). *Spisula subtruncata* is een relatief kortlevend tweekleppig schelpdier dat meestal niet ouder wordt dan 5 jaar. Dit, samen met een leven in hoogdynamische kustmilieus, brengt met zich mee, dat de soort zich onder goede omstandigheden snel in aantal kan vermeerderen, door massale broedval. De broedval resulteert dan in het voorkomen over grote arealen, met daarbinnen duidelijke "hotspots", de Spisulabanken. De soort leeft zeer ondiep ingegraven in de bodem en voedt zich met behulp van korte siphonen waarmee organisch materiaal (plankton, detritus) uit het langsstromende zeewater wordt gefiltreerd. Over de levenscyclus is nog weinig gekend. De voortplanting vindt plaats in de zomer (Degraer 1999; Rueda & Smaal 2004; Cardoso *et al.* in druk). *Spisula subtruncata* wordt, vanwege zijn plaatselijk talrijk voorkomen in kustwateren in de loop van zijn leven door een reeks verschillende predatoren gegeten. Broedjes zijn voedsel voor ondermeer garnalen en vissen; oudere dieren voor zeesterren en zee-eenden (Craeymeersch 1999).

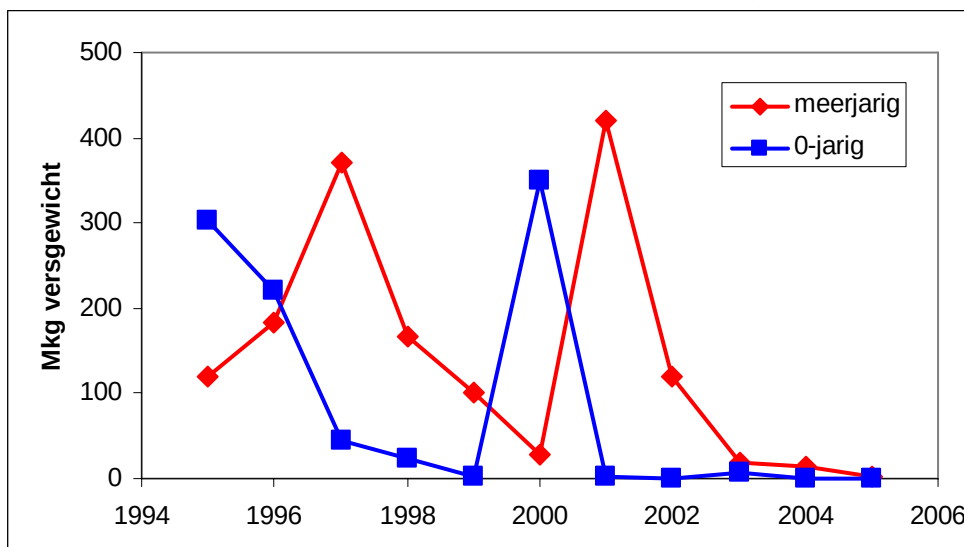
Spisula subtruncata bereikt in Nederland zijn hoogste dichtheden tussen diepten van 5 en 20 meter. In de brandingszone komt de soort niet of schaars voor tijdens rustige weersomstandigheden. Periodiek treden echter massastrandings op van levende dieren, waarbij soms vele miljoenen levende *Spisula's* op het strand terecht kunnen komen. Deze dieren moeten de zones van de brekerbanken en kustbranding hebben gepasseerd, dus periodiek komt de soort ook dicht bij de kust voor. Het is niet goed bekend of *Spisula* lang kan overleven in de zone van de brekerbanken en of in deze zone ook Spisulabanken kunnen voorkomen. In de branding wordt zelden een bemonstering uitgevoerd, om logistieke redenen. Ook is het zo dat bij surveys is geconstateerd dat de dichtheden nabij de brekers laag zijn (komende vanuit dieper water). Onbekend is of dieren die vanuit hun kennelijke voorkeurs habitat (5-20 meter waterdiepte) uitspoelen richting kust in ondieper water kunnen overleven, of nog een kans hebben bij een volgend tij weer terug te spoelen naar dieper water.

Sinds 1985 wordt er in de Nederlandse kustwateren op *Spisula subtruncata* gevestigd. Met de overheidsbeperkingen van de kokkelvisserij begin jaren negentig, is deze visserij geïntensiveerd. Visserij vond daarbij plaats in de Voordelta, de Noord-Hollandse kustzone en boven de Waddeneilanden. De omzet is bestemd voor de export (voornamelijk Spanje), maar het product is niet hoogwaardig (bulk) en de markt is niet erg groot. Maximaal wordt zo'n 4000-5000 ton visvlees afgezet. De visserij op *Spisula* is buiten de 12 mijlszone niet toegestaan en vanaf medio 1999 nog slechts met een vergunning van LNV, met beperkingen ten aanzien van het seizoen van vissen, het te bevissen gebied en de te reserveren hoeveelheid van dit stapelvoedsel voor de zee-eenden in Noordzee en Waddenzee. Sinds 2000 wordt de visserij op *Spisula* beschouwd als een activiteit in de zin van artikel 12 van de Natuurbeschermingswet en geldt ten aanzien van *Spisula* een voedselreserveringsbesluit, wat inhoudt dat jaarlijks een zekere hoeveelheid moet blijven liggen als voedsel voor de Eidereend. In 2005 werd het beleid van reservering vervangen door een sluiting van de visserij in de VHR gebieden in de Noordzeekustzone en in de Voordelta en werd de visserij in het tussengelegen gebied vrijgegeven.

3.2 De ontwikkeling van het *Spisula* bestand over de jaren

Sinds 1985 is er een professionele, mechanische visserij op *Spisula subtruncata* in Nederland. Deze ontwikkelde zich eerst in de Voordelta en breidde zich allengs uit naar rijke *Spisula* gebieden voor de wadden- en Noord-Hollandse kust. Het *Spisula* bestand in de gehele Nederlandse kustzee werd jaarlijks geïnventariseerd door het voormalige RIVO (recent opgegaan in IMARES), waardoor we de aantal-ontwikkelingen sindsdien goed kennen. In 1994 waren er dergelijke inventarisaties in de Voordelta (RIVO) en Hollandse en Waddenkust (toenmalig IBN, thans ook opgegaan in IMARES). In de jaren voor 1994 zijn enkele minder grootschalige *Spisula* (of benthos) inventarisaties gedaan voor de Nederlandse kust en zijn bovendien aanspoelingen op sommige stranden van *Spisula* langjarig gevolgd (Craeymeersch 1992; Gmelig Meyling & de Bruyne 1994; Leopold 1996). Deze vroege inventarisaties, gevoegd bij het feit dat er al sinds 1985 gevist werd op *Spisula*, geven aan dat *Spisula subtruncata* in Nederland talrijk voorkwam vanaf ten minste 1985 (Leopold *et al.* 1995; Leopold 1996). In de (tientallen) jaren daarvoor was de soort vermoedelijk minder talrijk en werd het benthos gedomineerd door andere soorten tweekleppige (Oosterbaan 1991): *shifts* in de bodemdierengemeenschap van de Nederlandse Kustzee zijn vermoedelijk een fenomeen dat wel vaker is opgetreden.

Landsdekkende surveys van *Spisula subtruncata* ten behoeve van het beheer van de stand van deze beviste soort sinds 1995 hebben laten zien dat *Spisula* tot eind jaren 90 zeer talrijk voorkwam in de Kustzee. In 1995 vindt echter de laatste goede broedval van *Spisula* in de Voordelta plaats en zonder verdere verjonging verdwijnt de soort in 1998 uit dit gebied. Verder noordelijk vindt nog een goede broedval plaats in 1999 maar daarna blijft dit ook hier uit. Het bestand veroudert, terwijl predatie en visserij doorgaan. Na een massale verhongering van Eidereenden in de winter van 1999/2000 (Camphuysen *et al.* 2002) wordt de visserij op *Spisula* ten noorden van de wadden aanzienlijk beperkt vanaf 2001. Het mag niet baten: *Spisula subtruncata* is zo goed als verdwenen uit de Kustzee van Zuid-Holland in 2002 en in Noord-Holland en voor de Waddeneilanden in 2003. Broedval bij *Spisula* is echter een grillig fenomeen, dat zich wellicht slechts eens per 5 jaar voordoet (Figuren 4 en 5); het is dus vooralsnog niet uitgesloten dat zich binnenkort opnieuw een sterke jaarklasse aandient.



Figuur 4. Omvang in biomassa (miljoen kg versgewicht) van het bestand aan volwassen (meerjarige) *Spisula subtruncata* (blauw) en de jonge aanwas van *Spisula* (rood) in de Nederlandse Kustzee 1995-2005 (naar Craeymeersch & Perdon 2003, 2004a en b, 2006).

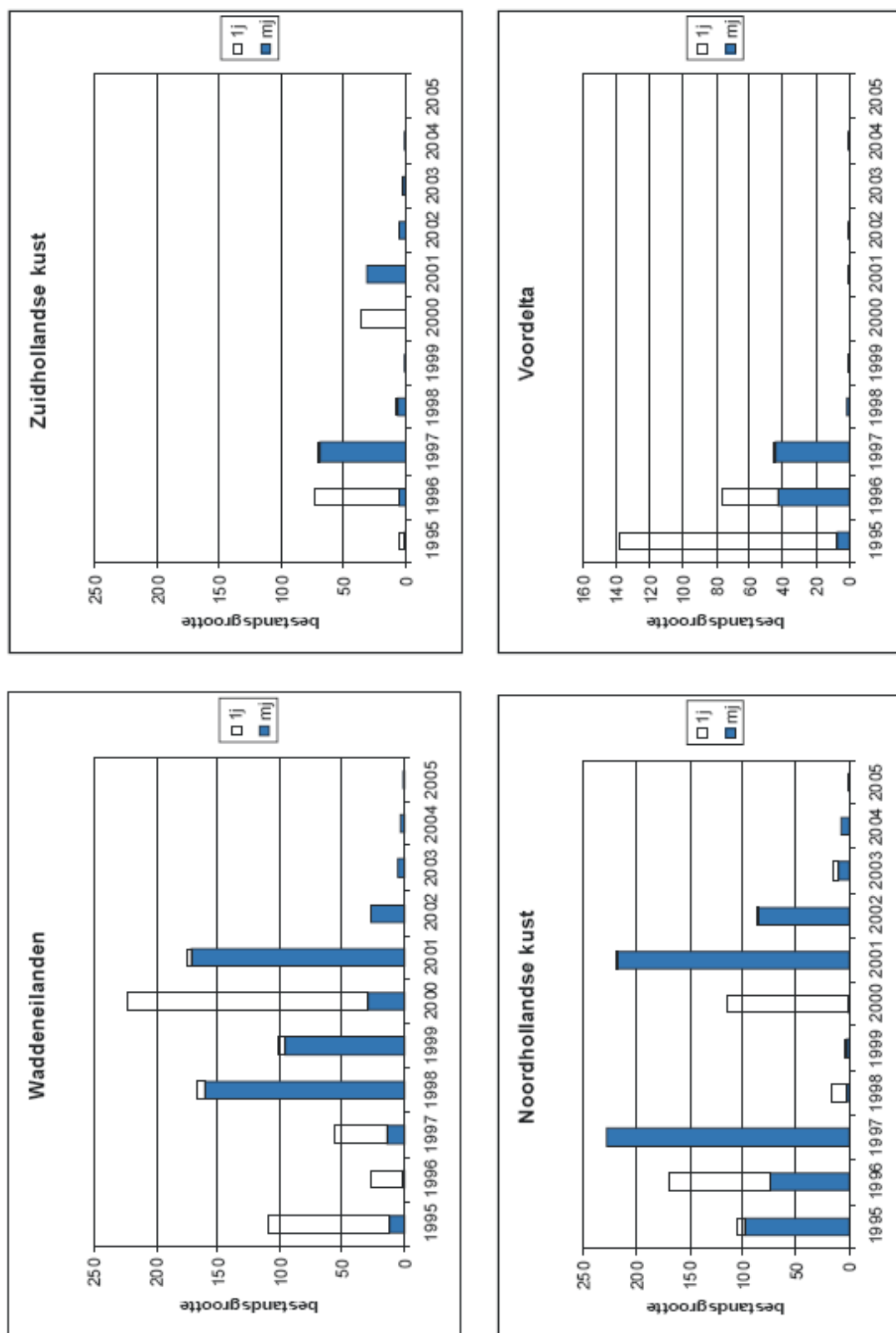
Wanneer Figuur 4 wordt vergeleken met Figuur 3 vallen enkele verschillen op. In de eerste plaats is de y-as verschillend en hoeft het niet zo te zijn dat absolute aantallen overeenkomen met massa versgewicht. Echter, we kunnen, *for argument's sake*, aannemen dat het individuele gewicht van 0-jarige en meerjarige *Spisula* constant is en dan zijn deze twee eenheden

rechtstreeks in elkaar te vertalen. In de tweede plaats is het belangrijk te realiseren dat Figuur 4 betrekking heeft op de totale kustzone en dat Figuur 3 slechts betrekking heeft op die secties waarin suppleties plaatsvinden.

Voor de 0-jarige *Spisula* zijn de hoeveelheden in zowel 1995 als 1996 hoog. Dit komt in beide figuren overeen, met dien verstande dat Figuur 3 extreem hoge aantallen in 1996 laat zien. Dit valt te verklaren door de zeer hoge dichtheden die zijn gevonden bij de kustsectie Zandvoort in 1996. De piek in 0-jarigen in 2000 komt in beide grafieken overeen. In het jaar 1995 werd een piek van 0-jarigen gevonden in de Voordelta en de Waddeneilanden en in het jaar 1996 werd een piek gevonden langs de Hollandse kust. In 2000 werden pieken gevonden langs de Noord-Hollandse kust en de Waddeneilanden (Figuur 5).

In Figuur 4 is er voor de meerjarige *Spisula* een piek in 1997, terwijl er in Figuur 3 een piek is in 1998 en een dal in 1997. In Figuur 3 wordt de piek in 1998 verklaard doordat er een relatief groot belang is gehecht aan de metingen van Texel die alle een hoge dichtheid laten zien. In Figuur 4 is de piek van 1997 vooral bepaald door een klein deel van de Noord-Hollandse kust dat net buiten de suppletiesecties ligt. Beide figuren laten een piek zien in 2001, hoewel niet in beide gevallen even uitgesproken.

Al met al treedt er een soortgelijk beeld op: de hoeveelheden meerjarige *Spisula* waren hoog in de jaren 1995 – 1998 en vertoonden een terugval in 1999-2000. Dit veerde weer op door een goede broedval in 1999 (terug te zien aan hoge aantallen 0-jarigen in 2000) dat leidde tot hoge aantallen in 2001. Hierna trad er geen goede broedval meer op en stortte de populatie in (Figuur 5).



Figuur 5. Omvang in biomassa (miljoen kg versgewicht) van het bestand aan volwassen (meerjarige) *Spisula subtruncata* (blauw) en de jonge aanwas van *Spisula* (wit) in de Nederlandse Kustzee 1995-2005 in vier deelgebieden (Craeymeersch & Perdon 2006).

3.3 Methode voor de beschrijving van effecten van suppleties op *Spisula*

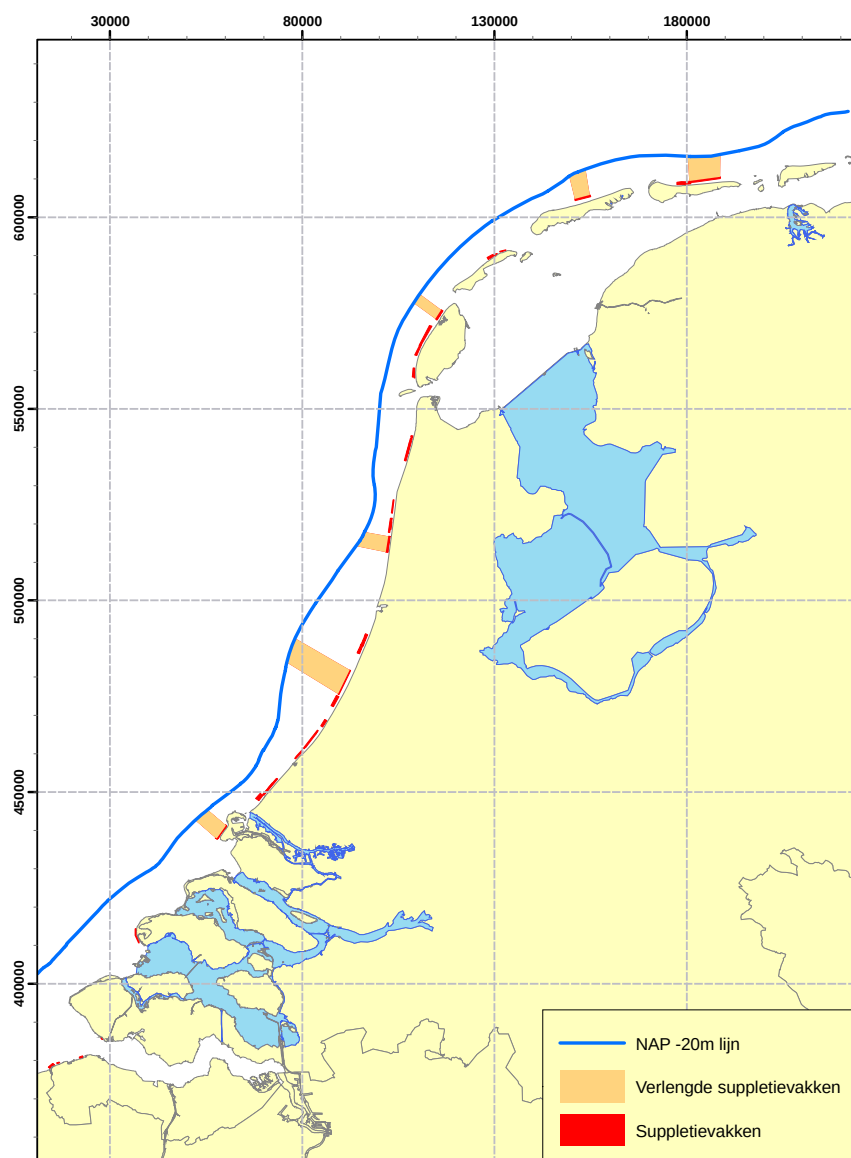
Voor het beschrijven van de mogelijke effecten van onderwaterzandsuppleties op *Spisula*banken is gebruik gemaakt van twee datasets van bodemonsters waarin de dichtheid aan *Spisula* (in aantallen per m²) is bepaald. Een set betreft gegevens van het RIVO (thans IMARES), waarbij de data zijn gebruikt voor de Voordelta in 1994, en vanaf 1995 is systematisch gebiedsdekkend langs de gehele Nederlandse kust. De andere set betreft gegevens van Leopold (IBN-DLO, Alterra, thans IMARES), van 1994 tot en met 1999, op verspreide locaties, en met name voor Noord-Nederland. De bemonsteringen van Leopold vonden in alle gevallen plaats met een Van Veen happer. De bemonsteringen van het RIVO vonden plaats met een bodemschaaf en in de Voordelta met een zuigkor. Bij uitzondering werd ook gebruik gemaakt van een Van Veen happer (gebied Texelse stenen).

In de RIVO dataset wordt onderscheid gemaakt in 1-jarige en meerjarige *Spisula* gebaseerd op een telling van de ringen van de schelpen. De 1-jarige klasse betreft de broedval van het jaar ervoor. In de dataset van Leopold is een onderscheid gemaakt tussen deze twee klassen op basis van lengte. Exemplaren kleiner dan 15 mm zijn geclassificeerd als 0-jarigen. Let op: het betreft hier ook de broedval van het jaar ervoor, zoals de 1-jarigen van RIVO, maar omdat deze hun eerste verjaardag nog moeten vieren zijn het 0-jarigen.

Met behulp van Inverse Distance Weighting (IDW) zijn uit de ruwe puntdata vlakdekkende kaarten gemaakt van *Spisula* dichtheid, voor iedere afzonderlijke survey (Appendix). Als alternatief voor IDW is ook Ordinary Kriging uitgevoerd op de data, maar dit leidde tot sterke randeffecten waarbij soms zeer hoge dichtheden werden “verwacht” op plaatsen waar deze niet voorkomen, namelijk in de brandingszone. Om deze reden is ervoor gekozen om de analyses met IDW uit te voeren. Aan de geproduceerde kaarten zijn de locaties van de onderwatersuppletie locaties aangebracht. Vervolgens is de *Spisula* dichtheid bepaald voor twee gebieden:

1. Ter plaatse van de suppletie locaties zelf. In sommige gevallen liggen deze vakken buiten het gebied waar daadwerkelijk *Spisula* is bemonsterd, op water dat te ondiep is voor de surveyschepen. De gebruikte *Spisula* “dichtheden” zijn dan dus gebaseerd op geëxtrapoleerde data. Het gevaar bestaat dat hiermee een verspreiding van *Spisula* wordt gesuggereerd die er niet is.
2. Binnen een verlengd suppletievak, dat zich uitstrekt van de daadwerkelijke suppletie locatie, zeewaarts tot de -20 m NAP dieptelijn. Hiermee wordt een beeld gegeven van de *Spisula* voorkomens in de desbetreffende kustsectie (Figuur 6). Voor gebieden in zuidwest Nederland waar diepe getijgeulen tot vlak onder de kust voorkomen is deze analyse voor de verlengde vakken niet uitgevoerd.

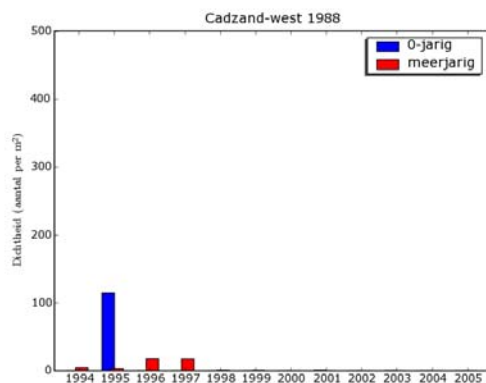
Voor ieder jaar van 1994 tot en met 2005 is de gemiddelde dichtheid van 0-jarige en meerjarige *Spisula* bepaald uit de RIVO data en de Leopold data voor de suppletie gebieden zelf en de -20 m NAP verlengde gebieden en voor de presentatie van de gegevens zijn deze waarden gemiddeld. Hierin is tevens aangegeven in welk jaar een onderwatersuppletie is aangebracht. De y-as is geschaald tot een dichtheid van 500 per m². Dichtheden van orde grootte tientallen per m² of hoger duiden op een *Spisula* bank.



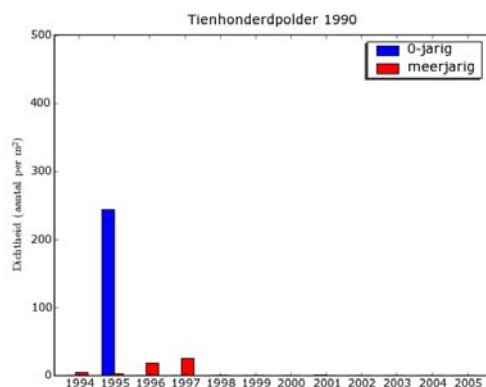
Figuur 6. Enkele voorbeelden van verlengde suppletievakken tot een met de NAP -20 m lijn. Voor de analyse zijn voor alle suppleties ten noorden van Zeeland verlengde vakken gebruikt.

3.4 Resultaten effecten op *Spisula*

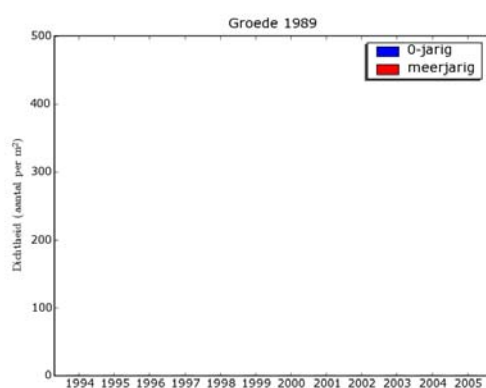
Onderstaande figuren geven de *Spisula* dichtheden (aantal per m²) aan 0-jarige (blauw, of donkergrijs) en meerjarige (rood, of middengrijs) voor de onderwatersuppletiegebieden (linkerkolom) en de verlengde -20 m NAP gebieden (rechterkolom). Een halfdoorzichtige groene balk is geplaatst in het jaar van de suppletie (indien deze plaatsvond tussen 1994 en 2005). Wanneer de dichtheid 0 per m² betreft is deze locatie bemonsterd, maar zijn geen *Spisula* gevonden. Wanneer de locatie niet is bemonsterd is dit aangegeven met n.d. (no data).



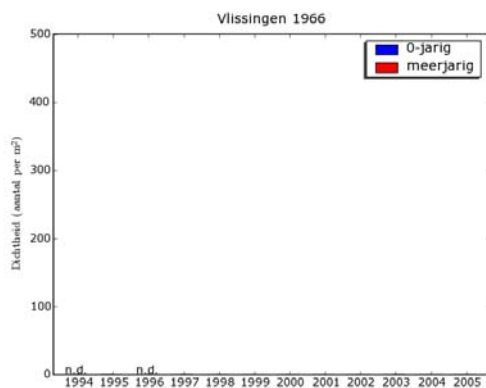
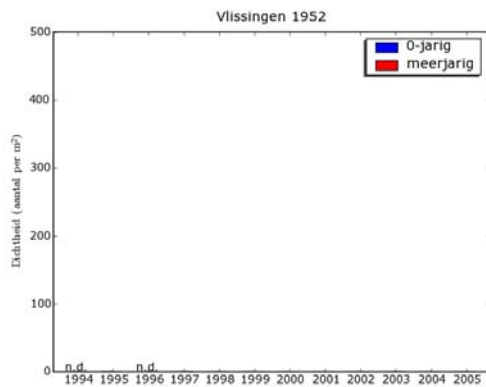
Bij Cadzand-west is in 1988 en 1990 gesuppleerd, dus ruim voordat er *Spisula* surveys werden uitgevoerd. Halverwege de jaren negentig is er nog *Spisula* gevonden, sinds 1998 niet meer. NB: voor deze, en alle andere Zeeuwse locaties is geen verlengd suppletievak gehanteerd (rechterplaatje leeg).



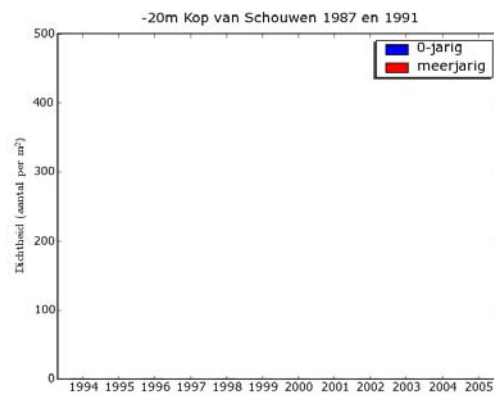
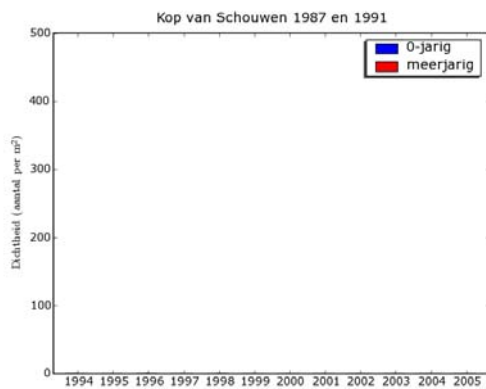
Bij Tienhonderdpolder vond een (waarschijnlijk) kleine suppletie plaats in 1990. Midden jaren negentig is hier nog *Spisula* gevonden, maar recent niet meer.



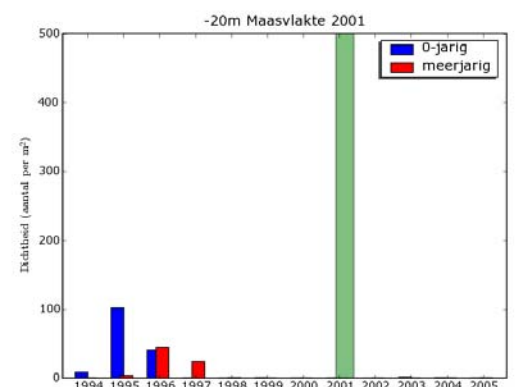
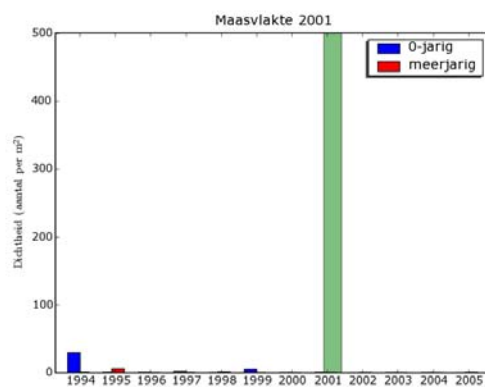
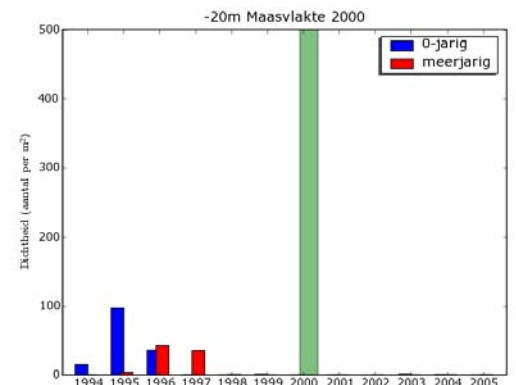
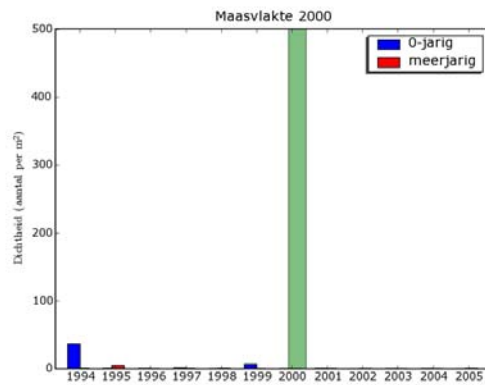
In Groede is in 1989 kleinschalig ($0,44 \text{ Mm}^3$) gesuppleerd. Tussen 1994 en 2005 is Groede ieder jaar gemonitord, maar er is nooit *Spisula* gevonden.



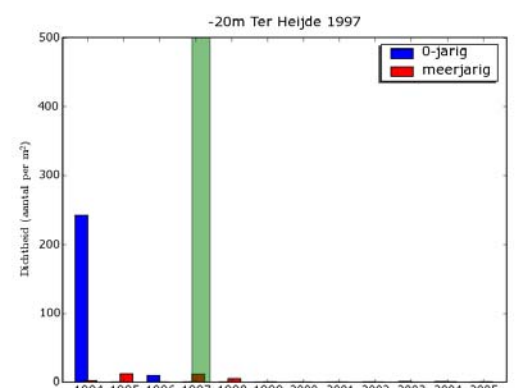
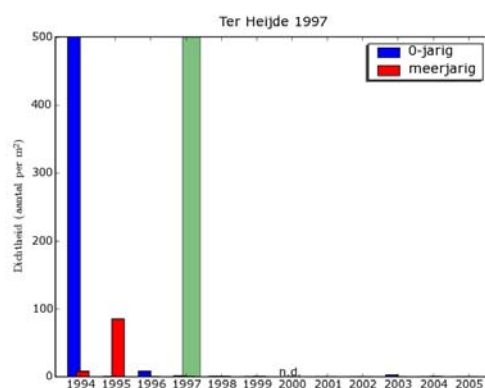
Bij het badstrand van Vlissingen is in 1952 en 1966 gesuppleerd. Er is hier in onze surveys nooit *Spisula* gevonden.



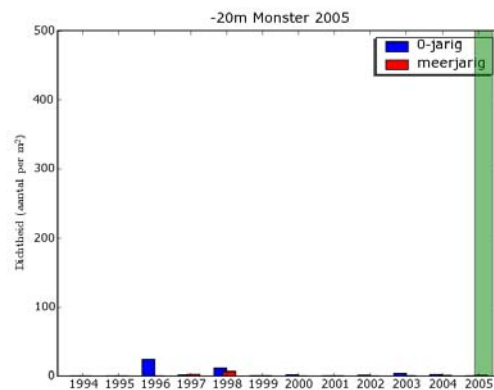
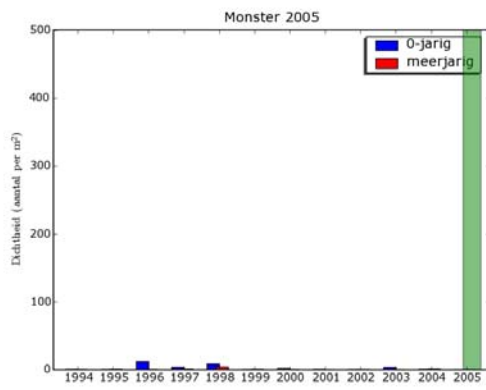
Bij de Kop van Schouwen vond in 1987 en 1991 een vooroeversuppletie plaats. Onze data vanaf 1994 laten geen voorkomen van *Spisula* zien binnen het suppletievak.



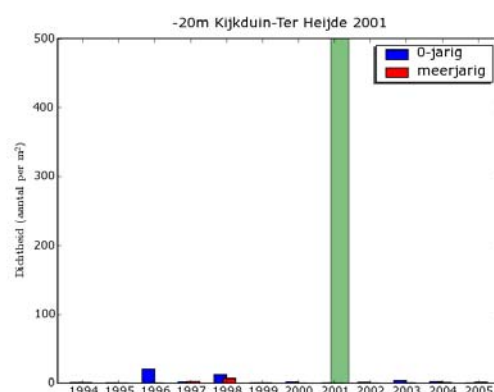
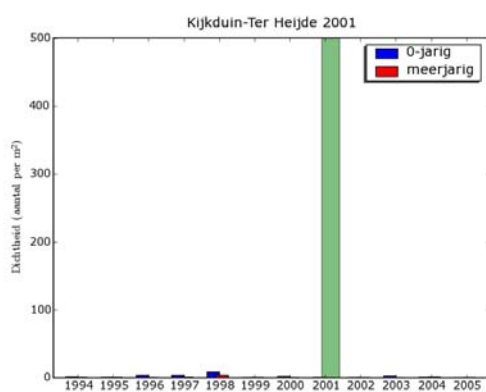
Bij de Slufterdam van de Maasvlakte is in 2000 en 2001 gesuppleerd. Spisulabanken die werden gevonden in 1995/1996/1997 waren toen al verdwenen.



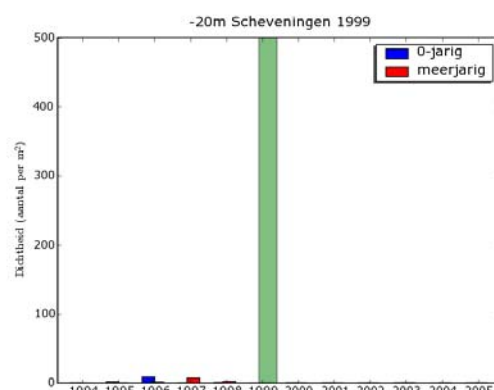
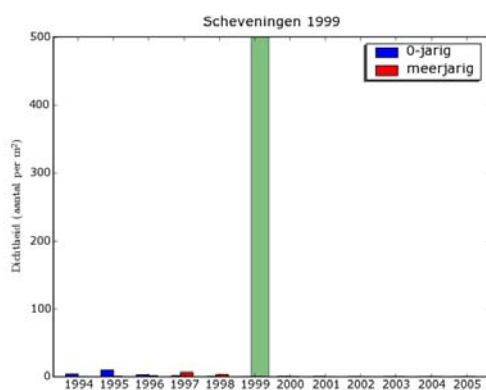
Bij Ter Heijde is in 1997 gesuppleerd. De laatste Spisulabank is in 1995 gevonden.



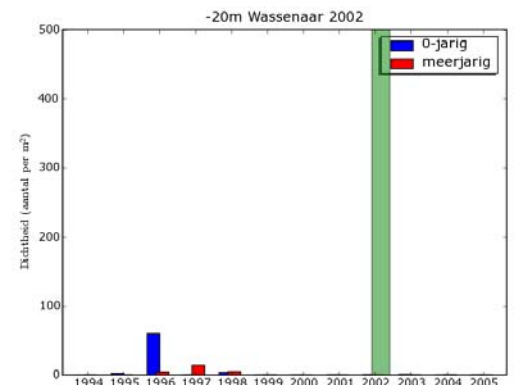
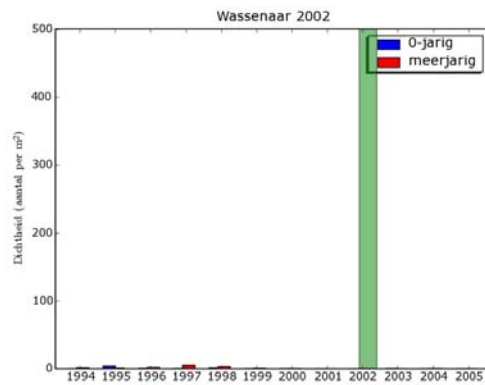
Bij Monster is in 2005 gesuppleerd. Goede *Spisulabanken* zijn in onze meetserie niet gevonden.



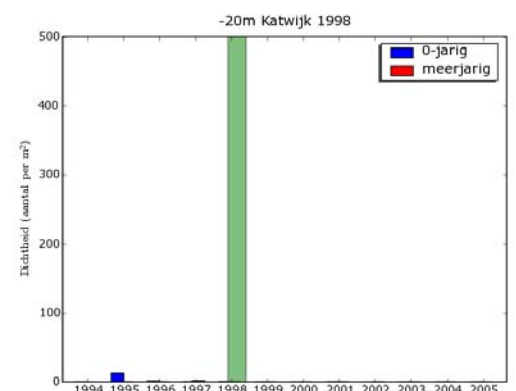
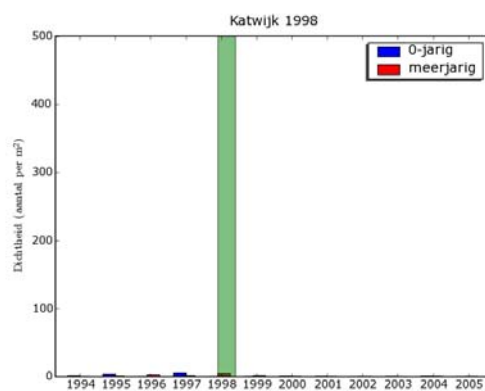
Tussen Kijkduin en Ter-Heijde is een grootschalige suppletie (3,58 Mm³) geweest in 2001. *Spisula* is alleen in lage dichtheden gevonden, zowel voor als na de suppletie.



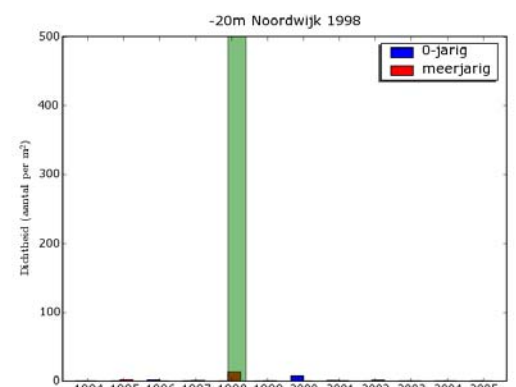
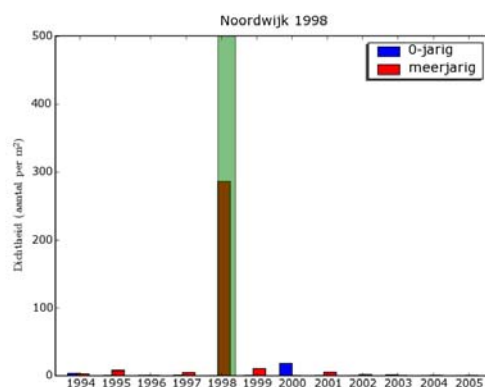
In Scheveningen is in 1999 gesuppleerd. Goede *Spisulabanken* zijn nooit gevonden, en vanaf 1999 is er geen *Spisula* meer aangetroffen.



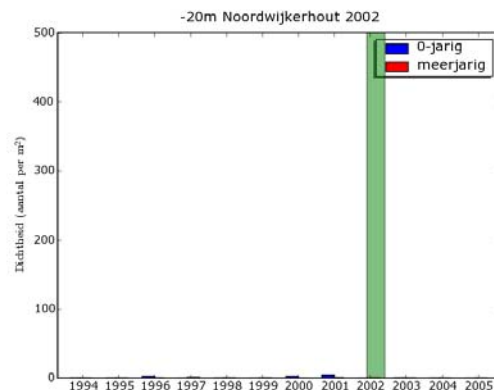
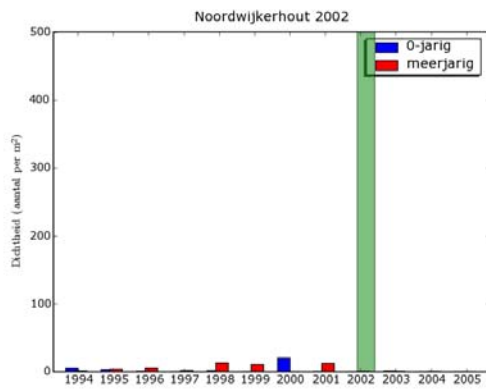
Bij Wassenaar is in 2002 grootschalig (3,0 Mm³) gesuppleerd. *Spisula* voorkomens waren hier niet dicht en al verdwenen voor de suppletie plaatsvond.



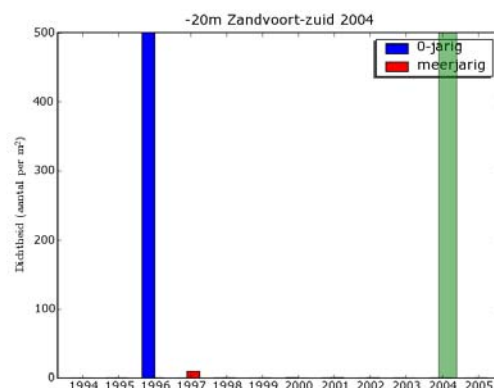
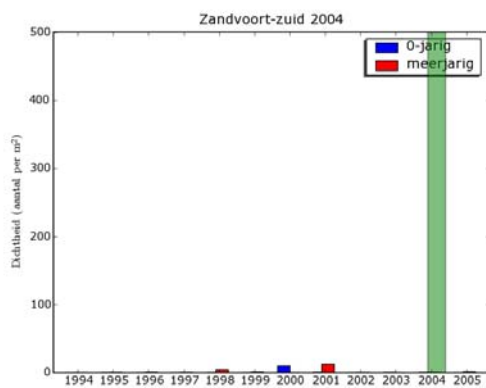
In Katwijk zijn nooit echte *Spisula*banken gevonden en vanaf 2000 is *Spisula* verdwenen.



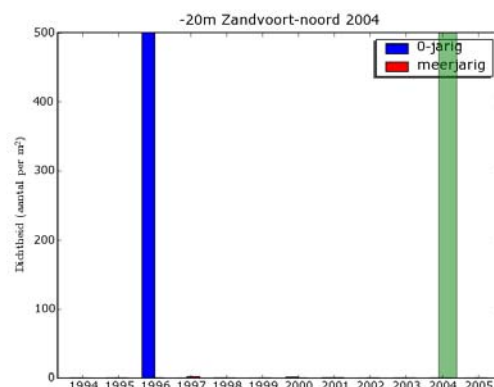
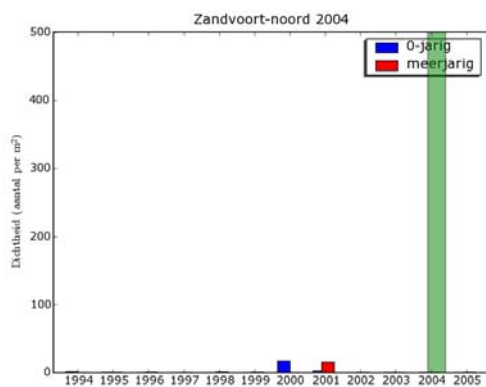
Bij Noordwijk is in 1998 gesuppleerd ter plaatse van een *Spisula*bank. Deze bank is in het volgende jaar zo goed als verdwenen en vervolgens is het bestand te gronde gegaan.



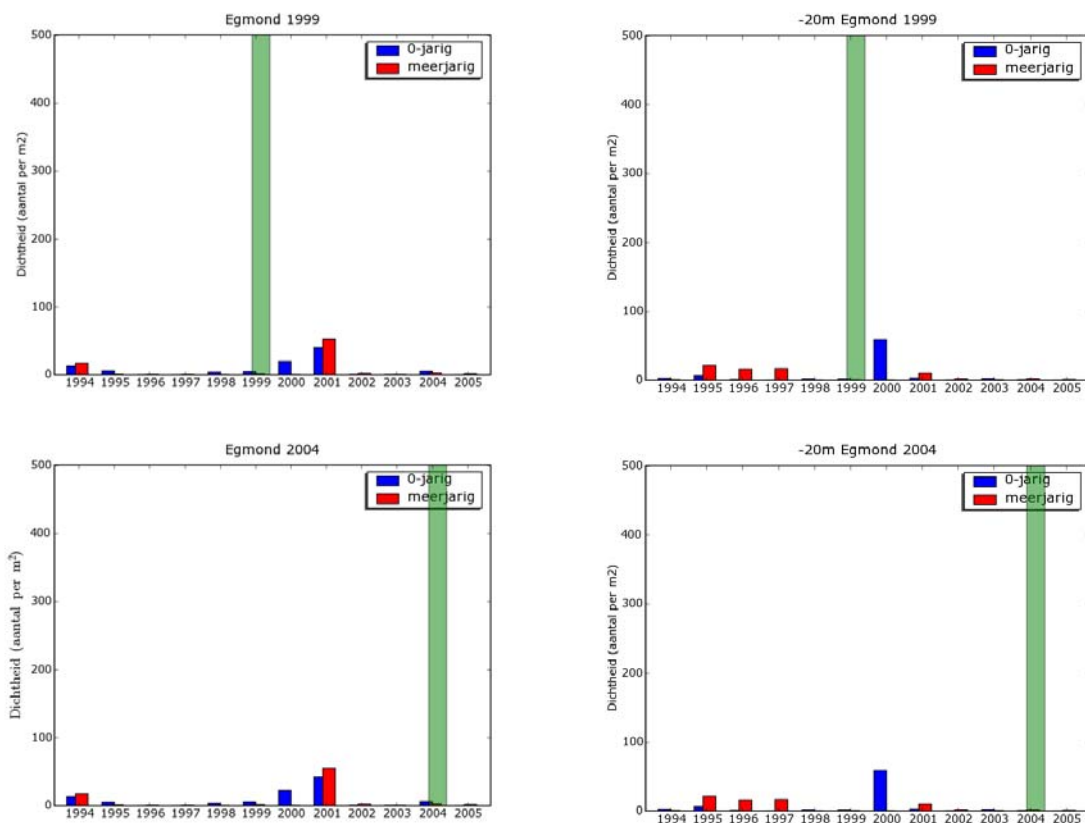
In Noordwijkerhout is een omvangrijke (3,0 Mm³) suppletie geweest. Goede *Spisulabanken* zijn hier nooit gevonden, maar na de suppletie kwam *Spisula* helemaal niet meer voor..



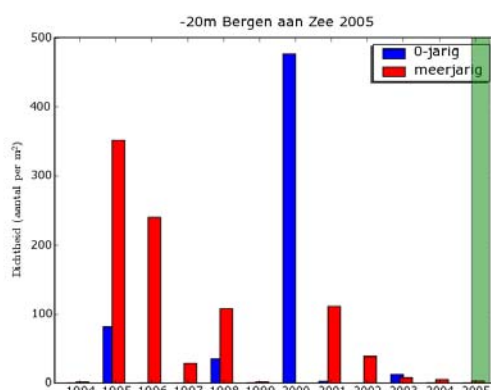
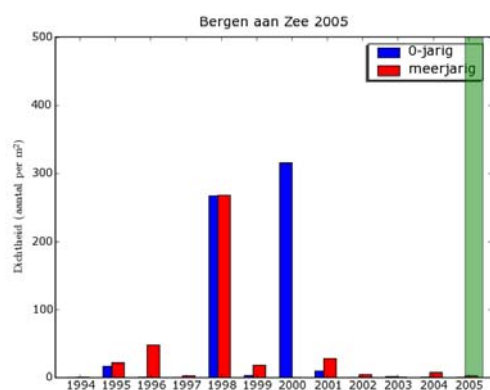
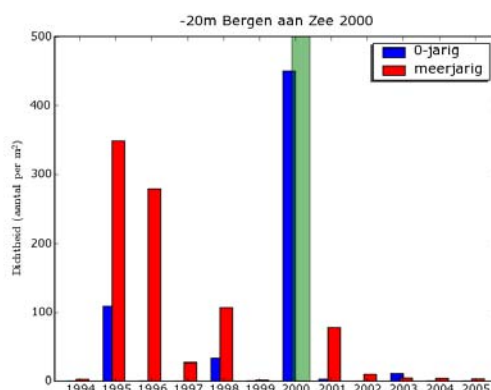
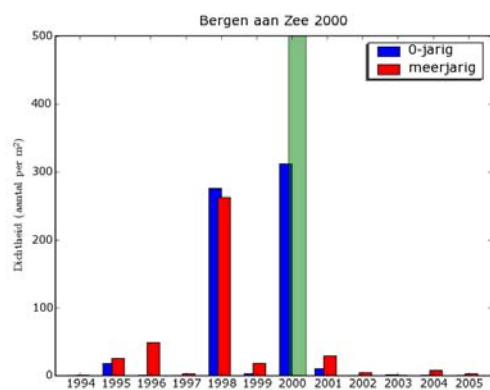
Bij Zandvoort-zuid is in 2004 gesuppleerd. Hoge dichtheden 0-jarige *Spisula* zijn hier eenmaal, in 1996, aangetroffen, maar dit bestand was snel weer verdwenen, ruim voor de aanvang van de suppletie.



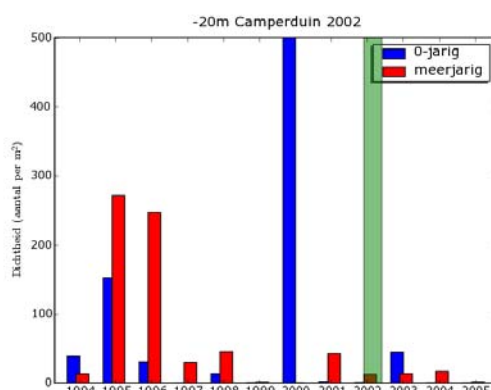
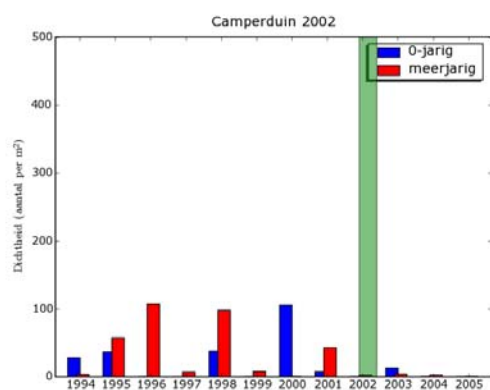
Ook bij Zandvoort-noord is in 2004 gesuppleerd. Hier lag dezelfde bank 0-jarige *Spisula* in 1996 als bij Zandvoort-zuid.



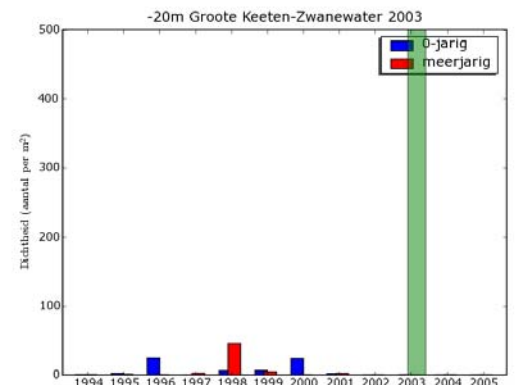
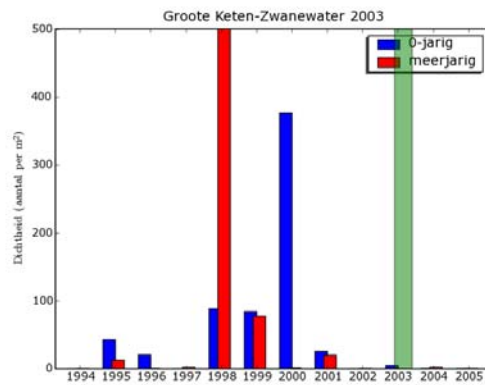
In Egmond is in 1999 en 2004 op bijna dezelfde locatie gesuppleerd. Hoge dichtheden zijn hier niet aangetroffen. Opvallend zijn (bescheiden) vestigingen van broed in de jaren na de eerste suppletie, waarvan die in 2000 succesvol was, gezien het bestand meerjarigen in 2001.



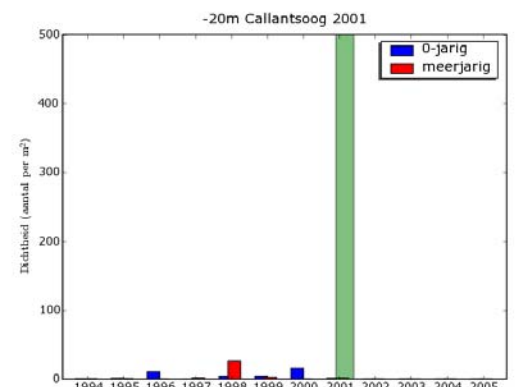
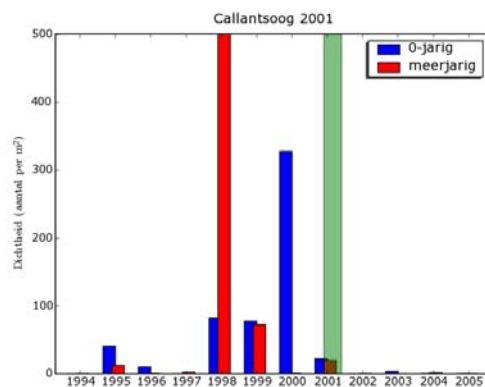
Bij Bergen aan Zee is in 2000 en in 2005 gesuppleerd in nagenoeg hetzelfde deel van het kustprofiel. Ter plaatse van de suppletie van 2000 is een bank van 0-jarigen gevonden en in 2001 is een matig hoge dichtheid aan meerjarigen aangetroffen, maar sindsdien zijn de gevonden dichtheden laag.



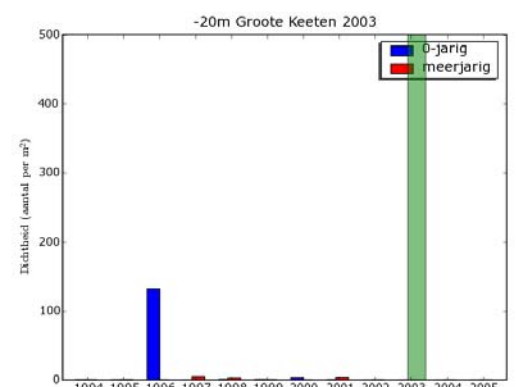
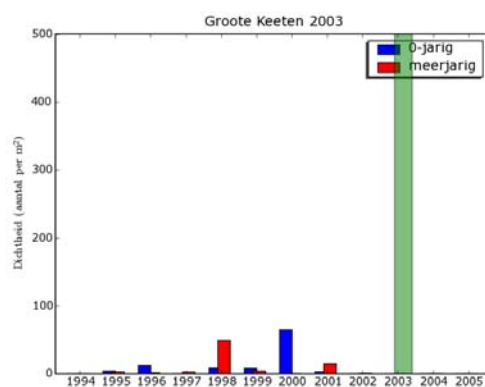
In Camperduin heeft een omvangrijke (2,0 Mm³) suppletie plaatsgevonden in 2002. Goede *Spisula*banken waren toen al verdwenen. *Spisula* in lage dichtheden is ook na de suppletie teruggevonden.



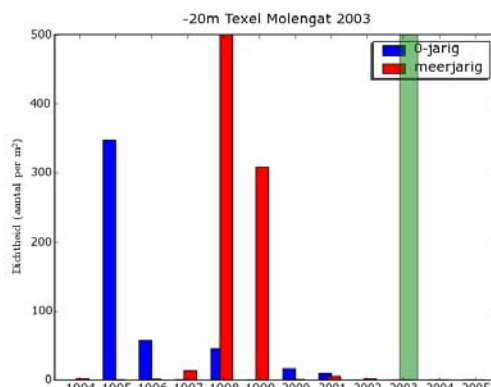
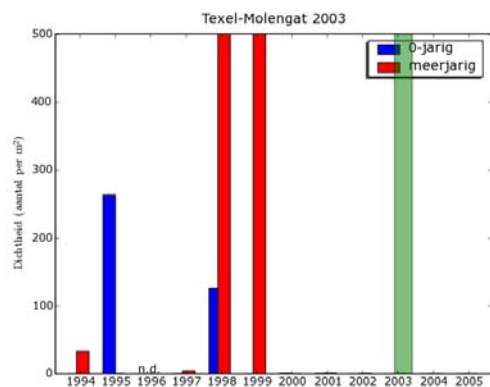
Langs de kust van Groote Keten tot het Zwanewater heeft een omvangrijke ($2,57 \text{ Mm}^3$) suppletie plaatsgevonden in 2003. De *Spisulabanken* bevonden zich hier dicht onder de kust, maar werden reeds vanaf 2002 niet meer aangetroffen.



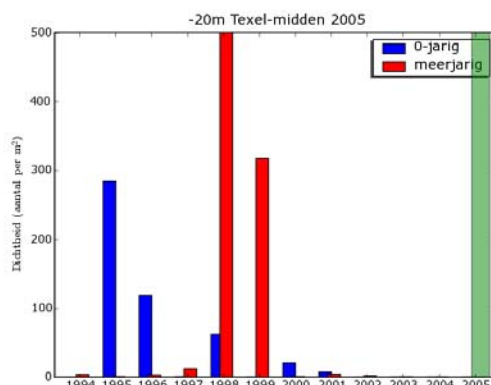
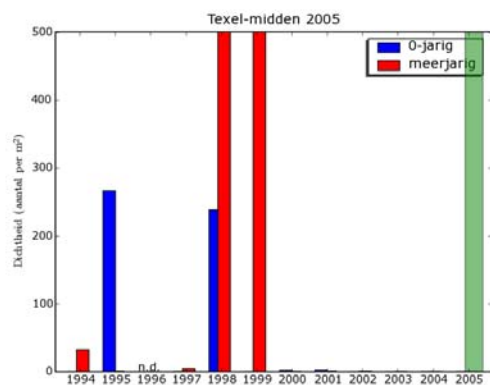
Voor de kust van Callantsoog is in 2001 gesuppleerd. Er bevond zich toen een lage dichtheid *Spisula* ter plaatse van de suppletie. In recente jaren is *Spisula* niet meer aangetroffen.



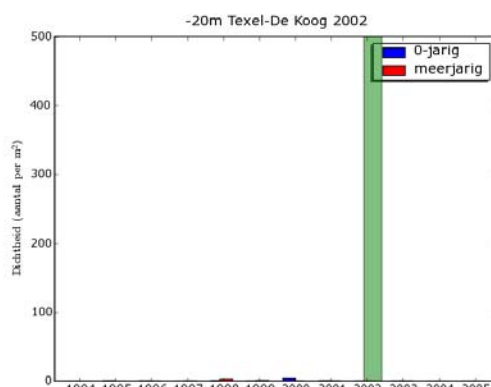
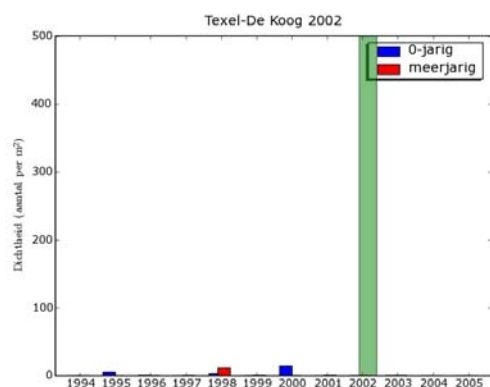
Bij Groote Keeten is een mini-suppletie ($0,012 \text{ Mm}^3$) geweest in een periode waarin geen *Spisula* werd gevonden.



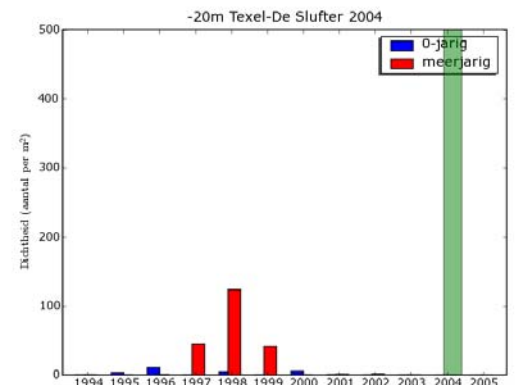
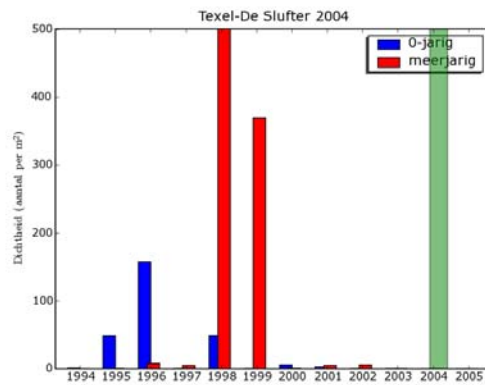
Langs Texel nabij Den Hoorn, in het Molengat is in 2003 gesuppleerd. Op deze locatie werden dichte Spisulabanken gevonden in 1998 en 1999, maar deze zijn zwaar bevestigd in 1999 (Leopold 1999) en sinds 2000 niet meer aangetroffen.



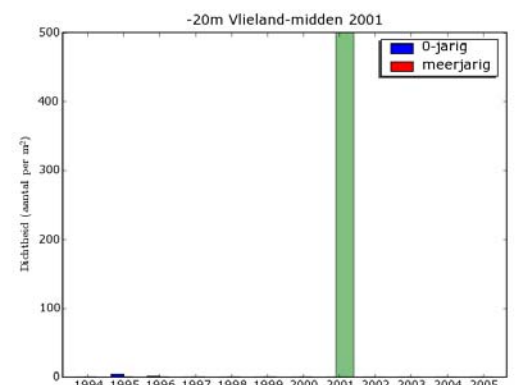
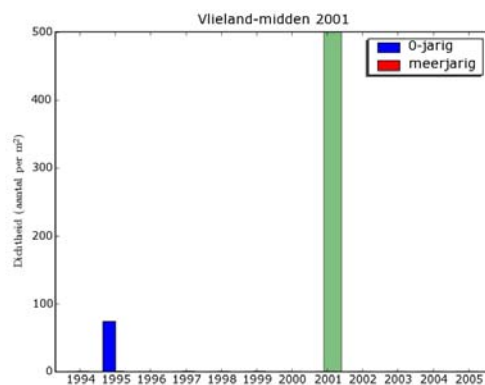
Op Texel-midden, tussen Den Hoorn en De Koog is in 2005 gesuppleerd op een locatie waar zich eind jaren negentig nog dichte Spisulabanken bevonden, maar die zijn vanaf 2000 al niet meer gevonden.



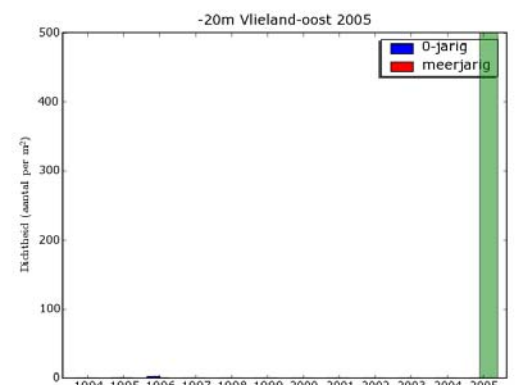
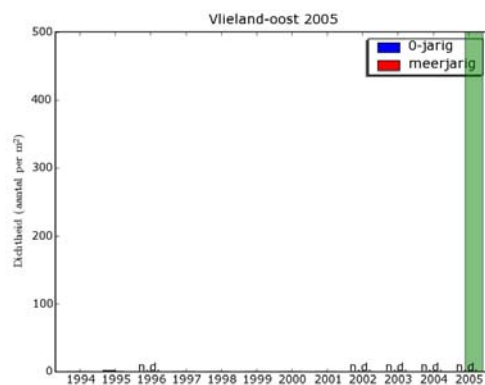
Langs Texel bij De Koog is in 2002 gesuppleerd op een locatie waar geen noemenswaardige Spisulabanken voorkwamen.



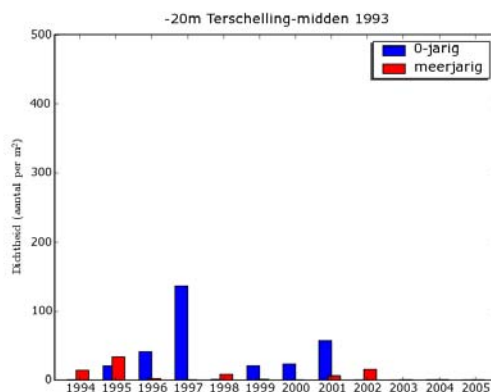
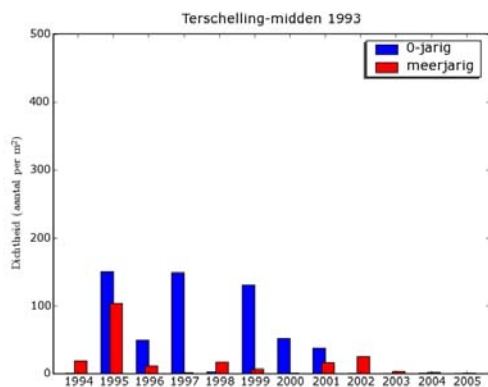
Langs Texel is in 2004 gesuppleerd ten noorden van de ingang van De Slufter op een locatie waar in 1998 en 1999 nog dichte *Spisulabanken* zijn gevonden. Die waren echter al verdwenen voordat de suppletie plaatsvond.



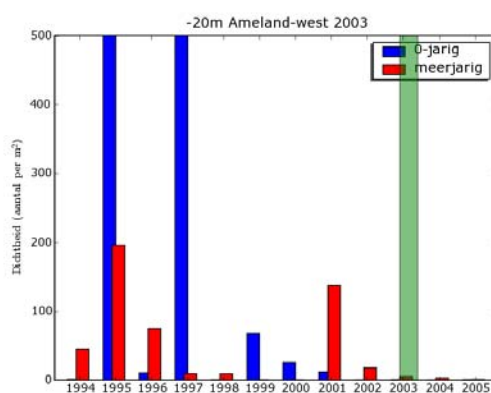
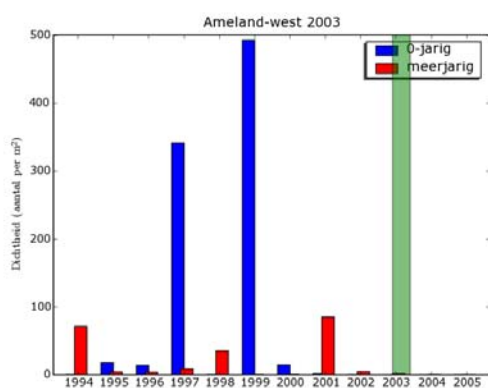
Voor Vlieland-midden vond een onderwatersuppletie plaats in 2001 op een locatie waar sinds 1995 geen *Spisula* is gevonden.



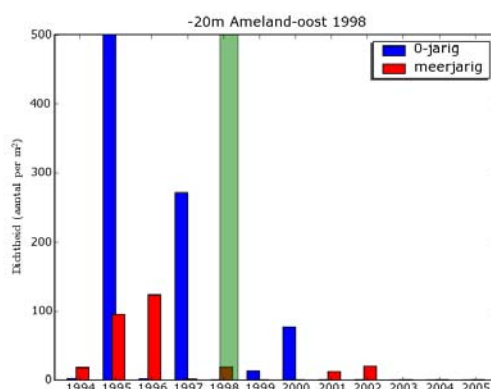
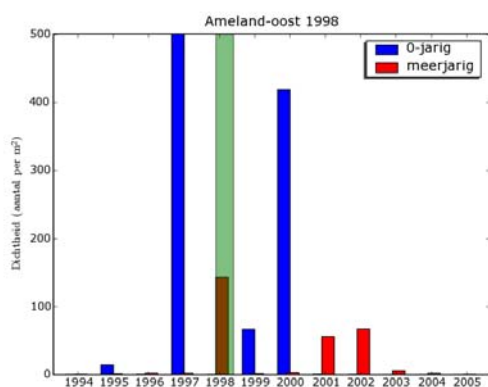
Voor Vlieland-oost vond een onderwatersuppletie plaats in 2005 op een locatie waar geen *Spisula* is gevonden, hoewel data van de laatste jaren ontbreken (n.d. = no data). Het betreft hier een buitendelta met buitengewoon grof sediment, waar nooit *Spisula* in werd gevonden.



Langs Terschelling is in 1993 (vóór aanvang van de hier gebruikte dataset voor *Spisula*) gesuppleerd als proefproject. Op dat moment was er een grote *Spisulabank* aanwezig voor de kust van Terschelling.



Voor Ameland is in 2003 gesuppleerd in een deel van het kustprofiel. *Spisulabanken* in hoge dichtheden kwamen eerder in dit gebied voor, maar werden in 2003 al niet meer aangetroffen. NB: de *Spisula* inventarisatie van 2003 vond plaats in april/mei (Appendix); de suppletie pas daarna, van juli tot november (Tabel 1).



Voor Ameland heeft in 1998 een omvangrijke (2,5 Mm³) suppletie plaatsgevonden (april tot september; Tabel 1). De suppletie is aangebracht op een diepte van -5 tot -7 m NAP in en vlak buiten de brekerbankzone (Steijn, 2005; Fig. 3.120 en 3.121). De meeste *Spisula* is in 1998 aangetroffen op dieptes vanaf -6 m NAP, buiten de brekerbankzone. De suppletie heeft plaatsgevonden aan de rand van het verspreidingsgebied van *Spisula*.

Bij de aanvang van die suppletie (april/mei; RIVO en mei; Leopold) is hier meerjarige *Spisula* gevonden. Deze bank is in de navolgende jaren niet meer aangetroffen. Wel heeft zich een nieuwe broedval van 0-jarigen voorgedaan en is een nieuwe Spisulabank gevormd in relatief ondiep water.

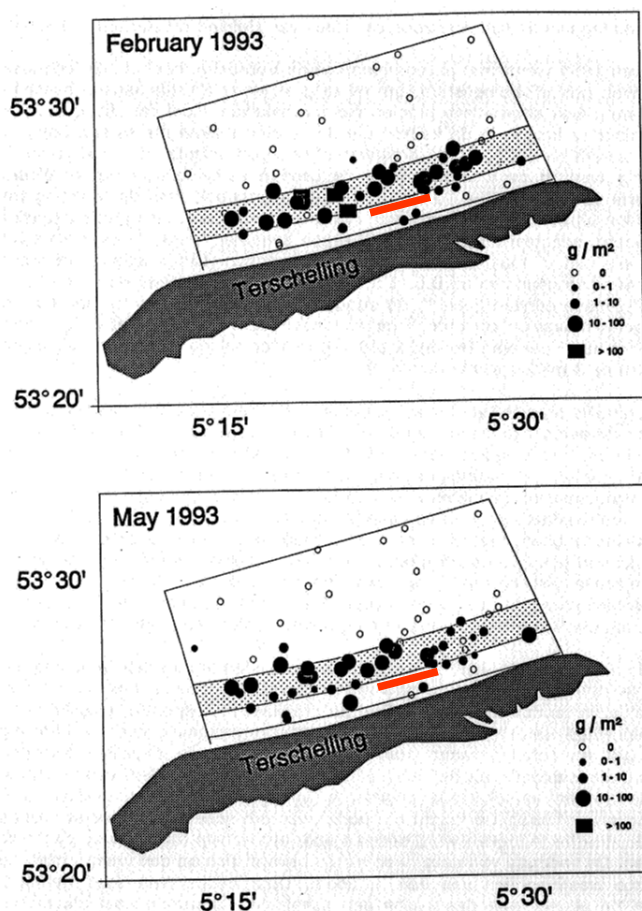
3.5 Is er directe overlap tussen suppleties en *Spisula*?

Bovenstaand voorbeeld voor Ameland geeft aan dat in dat geval de suppletie en de Spisulabank elkaar deels overlappen. Echter, het ging hierbij om de binnenste rand van de Spisulabank; de grote meerderheid van de *Spisula* lag op dieper water. Er zijn niet veel gegevens voorhanden over de daadwerkelijke overlap tussen de suppletievakken en de ondiepe grens van het voorkomen van *Spisula*. In, en vlak buiten de brekerszone wordt in de regel niet bemonsterd omdat deze strook voor zeegaande schepen te gevaarlijk is. In slechts enkele gevallen is tot in de branding bemonsterd, met een zeer ondiep stekend schip.

Langs Terschelling is in 1993 (vóór aanvang van de hier gebruikte dataset voor *Spisula*) gesuppleerd als proefproject. Op dat moment was er een grote Spisulabank aanwezig voor de kust van Terschelling. Deze Spisulabank strekte zich uit over een lengte van ongeveer 20 km waarbij de hoogste dichtheden werden gevonden op een afstand van ongeveer 2 – 4 km uit de kust op een diepte van -9 tot -15 m NAP (Leopold 1996), zie figuur 7. De onderwatersuppletie is dus aangebracht aan de landzijde van de Spisulabank, net buiten de hoogste dichtheden ($>1000 \text{ m}^{-2}$). In de jaren hierop volgend heeft zich een (licht) herstel van de Spisulabanken voorgedaan, maar *Spisula* is toch verdwenen in recente jaren (deze grafiek). De onderwatersuppletie van 2 Mm^3 is aangebracht over een lengte van ongeveer 4 km tussen twee brekerbanken in op een diepte van -5 tot -8 m NAP, op een afstand van 800 – 1400 m van de Rijksstrandpalen (Van Dalfsen & Essink 1997) en lag dus voor ongeveer 20% van de lengte van de Spisulabank hiermee parallel.

De grote bank die in 1995 voor de kust van Ameland werd gevonden, strekte zich uit van 500 m uit de kust tot 5.5 km uit de kust. In de strook van 2-3.5 km uit de kust waren de dichtheden het hoogst, daarbuiten waren de dichtheden zeer laag. Ter hoogte van de latere zandsuppletie (1998) net buiten de brekerbanken, waren de dichtheden dus laag (Leopold 1996).

Voor al deze gevallen geldt, dat de ruimtelijke resolutie laag is, zeker in relatie tot details in het bodemreliëf. Aanvullend onderzoek, in ruimtelijke zin, met de WASP (Janssen & Mulder 2004) suggereert dat er tussen de brekerbanken nauwelijks nog *Spisula* voorkomt. Figuur 7 laat zien, dat *Spisula* nog wel kan voorkomen ter hoogte van een suppletievak, en zelfs daarbinnen, maar dat de meerderheid van deze dieren verder zeewaarts zit. Bij dieptes, geringer dan circa 5 meter lijkt er weinig kans op overlap tussen suppleties en *Spisula* voorkomen. Figuur 7 laat echter ook zien dat een suppletievak zeer dicht tegen een Spisulabank aan kan liggen en dat kleine variaties in hetzij voorkomen van *Spisula*, hetzij de ligging van het suppletievak in de toekomst wel tot overlap zouden kunnen leiden. Ter hoogte van, en binnen de brekerbanken zal dat niet of nauwelijks het geval zijn.



Figuur 7. *Spisula subtruncata* biomassa (g/m^2) voor de kust van Terschelling in februari en mei 1993 en de locatie van de onderwatersuppletie van april-november 1993 (rode baan). Tussen beide opnames trad een verlies op van de helft van het *Spisula* bestand die werd toegeschreven aan intensieve *Spisula* visserij ter plaatse (Leopold 1996).

3.6 Conclusie van effecten van suppleties op *Spisula*

*Spisula*banken van hoge dichtheden werden voor de kust aangetroffen in de tweede helft van de jaren negentig. Vanaf 2001 is het echter bergafwaarts gegaan. Uit deze studie kunnen we niet aantonen dat de onderwatersuppleties hieraan debet zijn. Het lijkt er eerder op dat de neergaande trend zich al inzette voordat de suppleties plaatsvonden. Daarbij is het zo dat de eerste suppletie (Terschelling, 1993) geen groot, direct effect kon hebben doordat deze vlak buiten de hoogste dichtheden is aangebracht; dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de sterke terugval van het bestand in de Voordelta in 1998 werd veroorzaakt door suppleties in dit gebied die alle plaatsvonden voor 1992 (Tabel 1) terwijl er in de tussenliggende jaren rijke banken veelvuldig voorkwamen (Appendix); en dat de ingezette terugval langs de hele Hollandse en Waddenkust niet lijkt samen te hangen met het achttal suppleties uit dit gebied in deze jaren. Ook zijn er enkele voorbeelden waar zich een herstel van *Spisula* heeft voorgedaan volgend op een suppletie, zoals die bij Ameland-oost en Terschelling-midden, terwijl er in de Voordelta sprake was van wijd verspreide, grote bestanden in de jaren na de meeste suppleties in deze regio. Aan de andere kant is er ook een voorbeeld waaruit men zou kunnen concluderen dat een suppletie heeft bijgedragen aan het verdwijnen van een *Spisula*bank (Noordwijk), maar gezien de duidelijke trendbreuk in *Spisula* dichtheden vanaf 2001, kan dit niet met zekerheid worden gesteld.

Waarschijnlijk liggen er andere oorzaken ten grondslag aan het verdwijnen van *Spisula* uit de Kustzee dan onderwaterzandsuppleties (verschuivend evenwicht tussen soorten, al dan niet in samenhang met klimaatsinvloeden en visserij). Vooralsnog is er geen reden aan te nemen dat de suppleties wezenlijk hebben bijgedragen aan het verdwijnen van de *Spisula* uit de Nederlandse kustzone. De hoeveelheid nog aanwezige *Spisula* is thans zeer laag, en dat is reden om hier juist in de komende jaren zeer voorzichtig mee om te gaan. Indien derhalve gesuppleerd zou moeten worden in een gebied waar nog een restant van een Spisulabank voorkomt, of waar in het verleden dergelijke banken meermalen zijn aangetroffen, verdient het aanbeveling om, voorafgaand aan de suppletie, deze waarden in kaart te brengen en er zorg voor te dragen dat niet op dergelijke specifieke locaties gesuppleerd wordt, maar bijvoorbeeld iets dichterbij de kust.

3.7 De ontwikkeling van de aantallen zee-eenden over de jaren

Het voorkomen van zee-eenden in de Kustzee heeft de bijzondere aandacht van Nederlandse ornithologen sinds eind jaren 80 van de vorige eeuw (Leopold *et al.* 1995). Aanvankelijk werden concentraties slechts bij toeval ontdekt, geteld en beschreven, vervolgens werden deze dieren gericht geteld vanaf schepen en later vanuit het vliegtuig. Begin jaren 90 werd het meest intensief geteld, zowel vanaf land, als vanaf schepen als vanuit de lucht; vanaf eind jaren 90 tot heden ligt de nadruk op een enkele gerichte midwinter telling per vliegtuig en hebben aanvullingen uit de andere bronnen een meer incidenteel karakter gekregen.

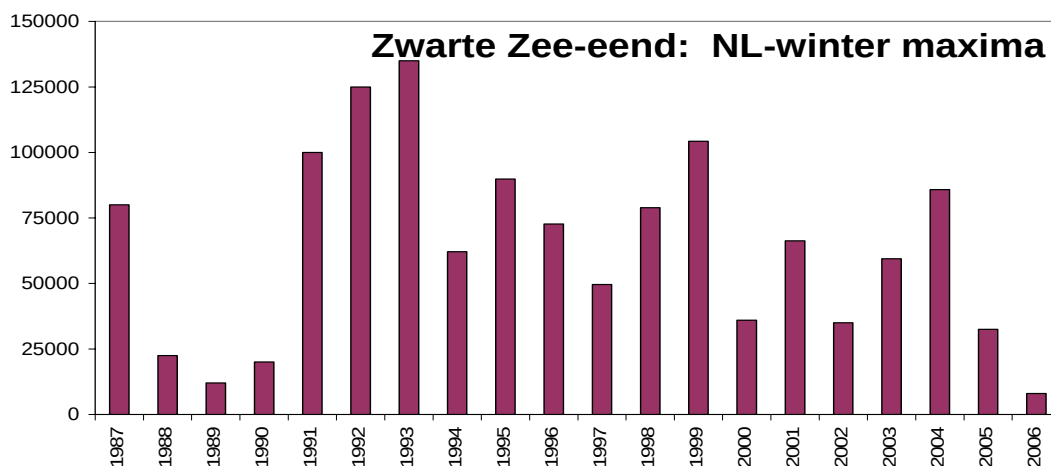
Er komen verschillende soorten zee-eenden (talrijk) voor in de Nederlandse Kustzee. In volgorde van aflopende aantallen zijn dit: Zwarte Zee-eend (tot ruim 125.000), Eidereend (tot circa 100.000), Grote Zee-eend (tot 13.000) en Toppereend (tot circa 10.000). Ze komen vaak in grote groepen voor, waarin de Zwarte Zee-eenden, Grote Zee-eenden en Eidereenden op dezelfde locatie bijeen zitten. De locatie waar de groepen zich ophouden kan gedurende meerdere maanden dezelfde zijn, maar er zijn ook sterke wisselingen binnen een seizoen geconstateerd. Hierdoor kunnen verschillende surveys binnen een winter soms sterk verschillende uitkomsten hebben, worden grote groepen tijdens een enkele survey makkelijk gemist en is het zinvol om zoveel mogelijk informatie van verschillende bronnen bijeen te brengen. Dit is bijvoorbeeld gedaan door Leopold *et al.* (1995), die op basis van alle beschikbare data van reguliere en incidentele tellingen per vliegtuig, schip en vanaf land een reconstructie hebben gemaakt van het voorkomen van de Zwarte Zee-eend in de Nederlandse kustwateren.

Zwarte en Grote Zee-eend

De Zwarte Zee-eend is de meest karakteristieke eendensoort van de Nederlandse Kustzee. Zwarte Zee-eenden komen van oudsher voor in dit gebied, in wisselende, maar vaak in zeer grote aantallen (reconstructie in Leopold *et al.* 1995). Grote Zee-eenden zijn aanzienlijk schaarser. Voor hen is Nederland een marginaal overwinteringsgebied maar jaarlijks trekken wel aanzienlijke aantallen door van en naar verder zuidwestelijk gelegen overwinteringsgebieden. Afhankelijk van de lokale voedselsituatie blijven wisselende aantallen korte of langere tijd “hangen” in Nederland, waarbij ze zich dan vrijwel altijd aansluiten bij ter plaatse verblijvende groepen Zwarte Zee-eenden. Hier zijn ze meestal moeilijk te tellen tussen de veel grotere aantallen Zwarte Zee-eenden en vanwege hun vaak relatief kortstondig verblijf worden ze gemakkelijk over het hoofd gezien. Er is dan ook geen goede reeks tellingen van Grote Zee-eenden in Nederland beschikbaar.

Kijken we naar de *maximale* aantallen Zwarte Zee-eenden die van jaar tot jaar gevonden zijn in de Nederlandse Kustzee (per boot of vliegtuig of vanaf de wal) dan zien we (Figuur 8), dat er vier perioden te onderscheiden zijn: van 1987-90 waren de aantallen meestal laag; van 1991-93 kwamen recordaantallen in Nederland voor, gevolgd door lagere aantallen in 1994-99 en nog lagere aantallen in 2000-06, waarbij de laatste jaren een sterke daling in de waargenomen aantallen laten zien. De eenden zaten op wisselende plaatsen, al naar gelang het voorkomen van *Spisula subtruncata*. In 1987 zat de hoofdmacht tussen Zandvoort en Noordwijk. Van 1991-

93 zaten de eenden eerst ten noorden van Schiermonnikoog, maar ze schoven geleidelijk op naar Ameland en Terschelling. Hier werd het *Spisula* bestand in februari 1993 intensief bevestigd (zie ook Figuur 7), met als gevolg dat de eenden vertrokken en neerstreken voor de kust van Noord-Holland, ter hoogte van Camperduin. In de jaren daarop vlogen de eenden heen en weer tussen Ameland/Terschelling en Noord-Holland, maar nu werden beide gebieden bevestigd. In de winters van 1996 en 1997 kregen de eenden te maken met zware ijsgang boven de wadden en met massasterfte van *Spisula* boven de Waddeneilanden. De eenden weken daarop opnieuw uit naar Noord-Holland (Leopold *et al.* 1998). In 1999 bevond zich de rijkste bank van profijtelijke, meerjarige *Spisula* zich bij zuidwest Texel. Ook deze bank werd (zeer) intensief bevestigd, in mei 1999 en herstelde zich nadien niet meer. De eenden concentreerden zich vervolgens in de kustzones van Terschelling en Ameland, vanouds hun voorkeursgebied. Hier komt nog steeds *Spisula* voor in enige aantallen, al is het nog slechts een fractie van wat het was in de jaren 90. Elders is de soort inmiddels zo goed als verdwenen en is zijn plaats ingenomen door *Ensis americanus*. De eenden hebben geleerd ook deze soort als voedselbron te benutten (Leopold & Wolf 2003; Wolf & Meininger 2004; Leopold *et al.* ms), maar zijn inmiddels wel sterk in aantal afgenomen, wat suggereert dat deze voedselbron inferieur is in vergelijking met *Spisula*, ondanks de zeer hoge biomassa's die thans in de Kustzee voorkomen.



Figuur 8. Winter maxima van aantallen Zwarte zee-eend in de Nederlandse kustwateren.

Eidereend

Eidereenden “horen” traditioneel thuis in de Waddenzee maar moesten dit gebied in de jaren 90 van de vorige eeuw massaal verlaten vanwege voedselgebrek aldaar. Vele tienduizenden Eidereenden namen de wijk naar de aanpalende Noordzeekustzone, waar hun aantallen soms tot 100.000 opliepen. Ook deze eenden sloten zich hier aan bij de residerende Zwarte Zee-eenden, op rijke spisulabanken maar de Eiders vertoonden in deze situatie, in tegenstelling tot de Zwarte Zee-eenden een hoge mortaliteit (Leopold 1993; Leopold *et al.* 2001; Camphuysen *et al.* 2002; Ens *et al.* 2002).

Toppereend

Toppereenden zijn in hun voorkomen in de Kustzee beperkt tot een vaste groep van enkele duizenden vogels in de monding van het Haringvliet en groepjes doortrekkers op wisselende plaatsen langs de kust (Baptist & Wolf 1993; Camphuysen & Leopold 1994; Arts & Berrevoets 2006). Toppers “horen”, evenals Eiders thuis in de Waddenzee en zelfs nog verder landinwaarts, in het IJsselmeer (van Roomen *et al.* 2005). In de Noordzee worden alleen relatief hoge aantallen gezien in zeer strenge winters, wanneer IJsselmeer en Waddenzee dichtvriezen (Arts & Berrevoets 2006). Toppers lijken niet goed aangepast aan het leven in de Kustzee. Alleen in de beschutting van de Haringvlietmond komt de soort regelmatig voor. Het is niet goed bekend wat ze hier eten; zowel *Spisula* als kokkels als enkele kleinere bivalven (en tegenwoordig ook *Ensis*) kunnen hier voorkomen maar onderzoek naar het daadwerkelijke dieet

van Toppers in de Voordelta is niet gedaan. Elders langs de kust komt de soort onregelmatig voor. Een van de schaarse waarnemingen van grote aantallen op zee was in de winter van 1986 toen mogelijk tienduizenden vogels de bevrozende Waddenzee trachten te ontvluchten en uitweken naar de Kustzee bij Texel. Bij die gelegenheid kwamen duizenden Toppers om het leven (Leopold *et al.* 1986).

Op grond van het historische voorkomen is de Zwarte Zee-eend de beste *graadmeter* voor de ecologische toestand van de Kustzee. De andere soorten voegen niets wezenlijks toe. Grote Zee-eenden zijn notoir moeilijk te tellen en komen altijd in relatief geringe aantallen voor. De hoogste aantallen zijn bekend uit het jaar dat ook het topjaar was voor de Zwarte Zee-eend: 1993. Toen werden er bij Terschelling/Ameland samen met een record aantal Zwarte Zee-eenden 13.000 toppereenden aangetroffen tijdens een boottelling (Leopold 1993) en 3820 tijdens de midwinter vliegtuigtelling, eveneens een record (Arts & Berrevoets 2006). Het voorkomen van Eider- en Toppereenden hangt wellicht eerder samen met de situatie in de Waddenzee, respectievelijk IJsselmeer, dan met die in de kustzone, al hebben Eidereenden duidelijk ook geprofiteerd van de rijke *Spisula* bestanden in de jaren 90.

3.8 Conclusies effectketen suppleties→*Spisula*→zee-eenden

Hoewel het verband tussen de toenemende intensiteit van onderwatersuppleties en de afnemende dichtheden *Spisula* suggereert dat er een oorzakelijk verband is (Figuur 3), sluiten wij een direct verband uit. Uit een gedetailleerde analyse van de dichtheden *Spisula* ter plaatse en zeewaarts tot -20 m NAP van de suppletielocaties blijkt dat de *Spisula* bestanden reeds afnamen aan het begin van de reeks grote suppleties voor de kust van Holland en van de Waddeneilanden. De bestanden namen eerst af in Zeeland, nadat hier zeker zes jaar lang *niet* was gesuppleerd, terwijl er in de jaren van de suppleties aldaar (1987-1991; Tabel 1) en in de jaren daarna juist rijke bestanden voorkwamen in de Voordelta. Bovendien bevinden de onderwatersuppleties zich in de brekerbankzone, dat op ondieper water en in een meer actief morfodynamisch milieu is gelegen dan het gebied waar de *Spisula* zich doorgaans ophoudt. Het verdwijnen van *Spisula* heeft derhalve andere hoofdoorzaken die gelegen kunnen zijn in klimaatverandering, andere triggers van een regime shift (een of twee extreme winters), en/of door overbevissing. Met het verdwijnen van *Spisula* is wel het favoriete stapelvoedsel van zee-eenden verdwenen, hetgeen geleid heeft tot een afname aan zee-eenden langs de Nederlandse kust. Echter, de onderwaterzandsuppleties kunnen niet hebben geleid tot het afnemen van zee-eenden volgens de effectketen suppleties→*Spisula*→zee-eenden.

Het is niet uitgesloten dat *Spisula* op enig moment in de toekomst weer massaal terugkeert in de Nederlandse kustzone: het bestand heeft ook in het verleden, voor zover kan worden nagegaan, grote schommelingen vertoont. Als daarbij de kustmorfologie en de biologie van *Spisula* niet te zeer verandert, en bovendien de locaties voor suppleties min of meer gelijk blijven aan die van de afgelopen tien jaren, lijkt er weinig risico voor een grote mate van overlap. Wel raken de zones van *Spisula* en suppleties elkaar, dus kleine verschuivingen kunnen in deze relatief grote gevolgen hebben. Daar moet worden bijgevoegd dat ook andere soorten (schelpdieren) massaal in de Kustzee kunnen voorkomen. Tien jaar geleden was dat *Spisula*, thans is dit *Ensis*, maar in een verder verleden waren dit mogelijk andere soorten als *Mactra corallina* of de kokkel (Oosterbaan 1991). De eenden zijn volgend aan het aanbod van geschikt voedsel. Momenteel ligt er ruim voldoende biomassa van een soort die ook door de eenden wordt geconsumeerd (*Ensis*) maar die blijkbaar minder geschikt voedsel vormt dan de *Spisula* die eerder domineerde. De eenden vertonen dan ook dalende trends in de Nederlandse Kustzee, maar bij een volgende omslag in het benthos kan deze trend weer omdraaien. Het is dus zaak om zowel de ontwikkelingen in het benthos, als in de eenden, als in de suppleties goed te blijven volgen en van geval tot geval te bezien of er gevaar bestaat voor overlap tussen suppleties en voorkomen van rijke schelpdierbestanden, zeker in de VHR gebieden binnen de Kustzee.

4. Effectketen suppleties→visetende zeevogels

4.1 Visetende, overwinterende zeevogels

De Nederlandse Kustzee is niet alleen van groot belang voor schelpdieretende zeevogels, maar ook voor een aantal visetende vogels, zowel in de winter als in de broedtijd. In de Kustzee bevindt zich, afgezet tegen de hele Noordzee, een aparte avifauna. Een aantal soorten is geheel op deze wateren aangewezen en deze vogels wagen zich zelden verder op zee; een aantasting van hun habitat kan derhalve grote gevolgen hebben voor hun populatieomvang. De Kustzee is van eminent belang voor een aantal soorten die specifiek genoemd worden in de Annex I van de Vogelrichtlijn en die dus een hoge mate van bescherming genieten: Roodkeel- en Parelduiker, en Grote Stern. Verder komen periodiek internationaal belangrijke aantallen voor van de Fuut en komen incidenteel nog een aantal kleinere futen voor die voor het Nederlandse natuurbelief van belang zijn. Naast de Grote Stern, die in de broedtijd meer dan enige andere stern direct van de Kustzee afhankelijk is, is er een groeiend aantal kolonies van Aalscholvers langs de Nederlandse kust en ook deze vogels zijn in hoge mate afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende voedsel in de kustzee. Met de hierboven genoemde is een breed scala voor handen van specialisten en generalisten en van vogels die aan het wateroppervlak foerageren, als ook aan de zeebodem. De vraag die ten aanzien van deze groep voorligt is, of (een of meer van) deze soorten beïnvloed is door de uitgevoerde zandsuppleties.

Zandsuppleties kunnen viseters in theorie op verschillende manieren beïnvloeden. Lokaal kan een toegenomen troebelheid het foerageersucces beïnvloeden. Vissen, die door het opgespoten zand sterven of tijdelijk gedesoriënteerd raken, zouden een gemakkelijke prooi kunnen vormen en met een veranderend habitat (door het aangebrachte, gebiedsvreemde zand) zou ook de visgemeenschap en dus de beschikbaarheid van vis kunnen veranderen. Ten aanzien van deze drie mogelijkheden bestaat grote onzekerheid.

Troebelheid. Onder de genoemde viseters zijn enkele uitgesproken oogjagers (waarvan de Grote Stern de meest uitgesproken exponent is), maar ook enkele soorten die uitstekend kunnen vissen in troebel water, zoals de Roodkeelduiker. Bij een aantal soorten is minder duidelijk hoe goed ze kunnen omgaan met troebelheid. Detail studies in het IJsselmeer (van Eerden & Zijlstra 1995; van Rijn & van Eerden 2002) hebben laten zien dat Aalscholvers, die toch relatief goed in troebel water kunnen vissen, wel degelijk last hebben van een te grote troebelheid. Dit uitte zich zowel op de korte termijn (opzoeken van luw water met relatief goed doorzicht bij storm), als op de middellange termijn (preferentie voor relatief heldere delen binnen het grote IJsselmeergebied), als op de lange termijn (afname aantallen broedvogels langs permanent troebeler geworden wateren). De notie dat Aalscholvers last hebben van hoge troebelheid wordt ondersteund door buitenlands onderzoek (Henkel 2006). Hier staan echter de observaties tegenover van dezelfde Henkel (2006) en van Haney & Stone (1988) dat plonsduikers, zoals (Grote) sterns juist troebel water prefereren en de aanvankelijke suggestie van Eriksson (1985) dat bij hogere troebelheid vissen zich wellicht veiliger wanen, hoger in de water kolom gaan zwemmen en dus makkelijk vangbaar zijn, waardoor het effect van hogere troebelheid op het foerageersucces van viseters niet op voorhand voorspeld kan worden, is nog niet vervangen door een betere.

Aangeslagen vis als makkelijke prooi. Er zijn, voor zover bekend, geen directe waarnemingen van het foerageergedrag van zeevogels tijdens een vooroeverzandsuppletie. Incidentele waarnemingen bij strandsuppleties (Leopold ongepubliceerd) suggereren dat er regelmatig vis en andere eetbare organismen meekomen, die gretig door meeuwen geconsumeerd worden. Of en hoe dergelijke aangeslagen vissen ook op zee benut worden en of dit een substantiële voedselbron zou kunnen zijn voor de in dit rapport besproken soorten is onbekend.

Veranderende visfauna in de Kustzee. De visbestanden in de Kustzee worden weliswaar regelmatig bemonsterd door IMARES (voorheen RIVO), maar er is geen zicht op de bestanden van de niet-commerciële soorten zoals grondels of zandspiëring, die belangrijke voedselbronnen vormen voor zeevogels. Hetzelfde geldt voor kleine pelagische vis (soorten die (ver) boven de bodem voorkomen zoals jonge haring of sprat). De observatie dat jonge platvis zich uit de Kustzee naar dieper water terugtrekt (Griff *et al.* 2004) suggereert wel een verschuiving in de visgemeenschap maar juist platvissen worden door weinig zeevogels gegeten vanwege hun onhandige formaat (Garthe *et al.* 1996).

Beschikbare data

Voor een analyse van trends in aantallen zeevogels in Nederland kunnen verschillende databases worden aangesproken. RIKZ telt iedere twee maanden de zeevogels op het hele Nederlandse Continentale Plat, met inbegrip van de Kustzee. Voor een aantal wijd verspreide soorten zeevogels zijn recent analyses gepubliceerd over het voorkomen op zee, maar juist het waarnemen van duikers en futen bleek dermate lastig tijdens deze tellingen dat deze database ongeschikt is voor een trendanalyse en ook voor de Aalscholver heeft RIKZ zich nog niet aan een analyse gewaagd.

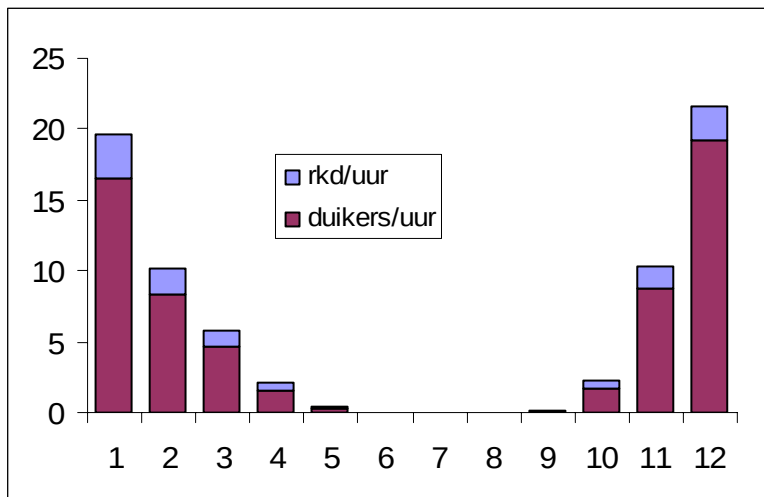
Een tweede database, met een hoge gegevensdichtheid is die van de zeetrekellingen van de Nederlandse Zeevogelgroep. Zeetrekters hebben sinds de jaren 70 van de vorige eeuw bijna dagelijks het op en neer vliegen van zeevogels langs de Nederlandse kust genoteerd, vanaf een groot aantal, verspreid langs de kust liggende telposten (Camphuysen & van Dijk 1983; Platteeuw *et al.* 1994). Hoewel deze waarnemingen vooral gericht zijn op trek van zeevogels, wordt ook de aanwezigheid geregistreerd, voor zover deze zich manifesteert en heen en weer vliegen. Juist midden in de winter en midden in de zomer, als er weinig echte trek is maar des te meer lokale vliegbewegingen van ter plaatse residerende vogels, zijn de aantallen heen en weer vliegende vogels een goede relatieve maat voor hun aanwezigheid. Zeetrek data zijn digitaal beschikbaar tot begin jaren 2000 voor alle posten en voor een beperkt aantal posten vrijwel tot op de dag van schrijven van dit rapport. Voor deze categorie staat de telpost Scheveningen model, waarvoor recent een aantal trendanalyses zijn gepresenteerd (de Lange 2006). Een vergelijking met de (in samenvatting) beschikbare teldata voor andere posten op www.trektellen.nl leert, dat de trends zoals waargenomen in Scheveningen een goede weerspiegeling zijn voor de landelijke trends.

Een derde dataset wordt gevormd door kolonietellingen van broedvogels en zowel de kolonies van Grote Sterns als van Aalscholvers langs de Nederlandse kust worden in detail gevolgd.

Met een combinatie van deze gegevens kan worden nagegaan of er trends zijn in het voorkomen van de visetende zeevogelsoorten die in dit rapport besproken worden en indien dit het geval is, kan worden gezien of er een relatie mogelijk is met de vooroeverzandsuppleties.

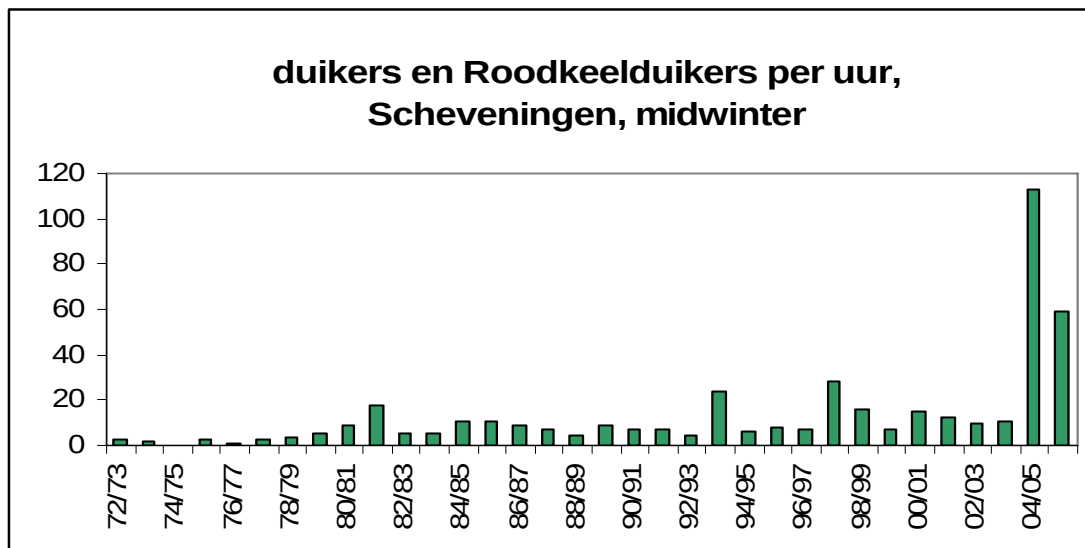
Roodkeelduiker *Gavia stellata*

Roodkeelduikers zijn in Nederland in hun voorkomen strikt beperkt tot de Kustzee (Skov *et al.* 1995). Op open zee komen ze nauwelijks voor maar ook verder landinwaarts, in de Waddenzee, de Zeeuwse stromen, IJsselmeer of kleinere zoete wateren zijn ze uitermate schaars. De Roodkeelduiker kan daarom als een kensoort voor de kustzee gezien worden en is goed aangepast aan het troebele water dat hier voorkomt. Toch is de soort geen voedselspecialist: maagonderzoek aan meer dan 175 dood gevonden Roodkeelduikers heeft laten zien dat een grote variëteit aan vissoorten en –groottes wordt gegeten (Leopold *in prep.*). De beste database voor het voorkomen van deze soort wordt gevormd door de zeetrek gegevens. In deze database staan de vogels geregistreerd als aantallen per uur (langs vliegend naar links of rechts, of voor de betreffende telpost ter plaatse, op het water verblijvend). Voor alle onderstaande analyses is deze eenheid gehanteerd; voor alle Nederlandse gegevens tezamen (88.390 teluren) voor een seizoensplaatje en voor specifieke telposten voor trendanalyses.



Figuur 9. Seizoenspatroon van voorkomen van “duikers” en van op soort gedetermineerde Rood-keelduikers in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrekgegevens (n=63.065 Roodkeelduikers en 325.996 “duikers”). Veel duikers kunnen niet op soort gebracht worden, maar >90% van alle in Nederland waargenomen duikers zijn Roodkeel-duikers)

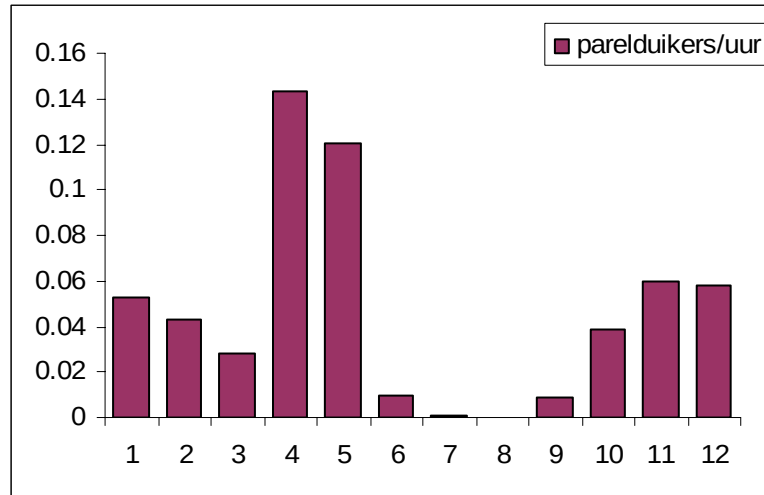
Het seizoenspatroon van de Roodkeelduiker laat zien dat de hoogste aantallen worden geregistreerd van december tot januari (Figuur 9). Een trendanalyse voor de gegevens van Scheveningen laat zien dat er na 1997 (toen men begon te suppleren voor de Hollandse kust) geen trendbreuk is, maar dat er de laatste twee winters ongekend grote aantallen voor de kust van Scheveningen verbleven (Figuur 10). Dit patroon werd ook gezien op andere goed bemande posten, te weten Westenschouwen, Katwijk, Noordwijk, Egmond en de Hondsbossche Zeewering.



Figuur 10. Voorkomen van (Roodkeel)duikers voor de kust van Scheveningen in de winters 72/73 tot en met 2005/06. Zeetrek data Nederlandse Zeevogelgroep, telgroep Scheveningen. De staven geven gemiddelde aantallen per waarnemingsuur per winter weer.

Parelduiker *Gavia arctica*

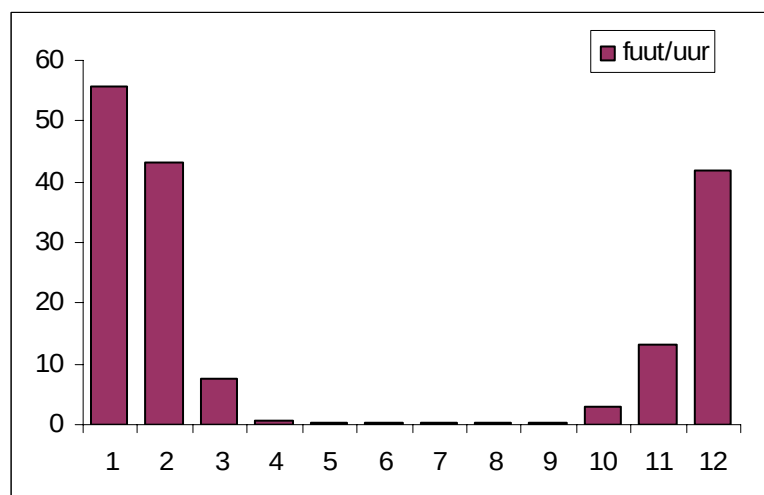
Parelduikers hebben een stabiel wintervoorkomen van november tot februari (Figuur 11; merk op: veel lagere aantallen dan bij Roodkeelduiker), maar daarenboven een opvallende doortrekpiek in maart/april. In het voorjaar valt de soort extra goed op omdat de vogels dan in zomerkleed zijn (van der Ham 1987); in de winter zullen veel Parelduikers ongedetermineerd blijven en een trendanalyse is dan ook niet erg zinnig.



Figuur 12. Seizoenspatroon van voorkomen van Parelduikers in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrekgegevens (n=4294 Parelduikers).

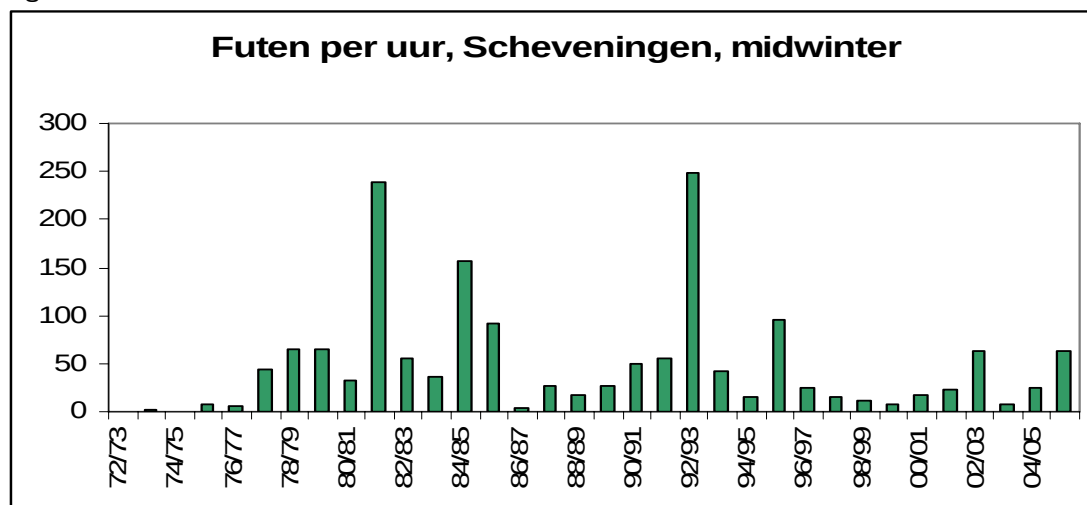
Fuut *Podiceps cristatus*

De Fuut is in Nederland op zee een echte wintergast, die zich van alle zeevogels het meest direct ophoudt in de suppletiezone, namelijk vrijwel alleen in de eerste 3 kilometer vanaf het strand, met hoge aantallen direct achter de branding. Het seizoenspatroon laat zien dat er gemiddeld tamelijk stabiele hoge aantallen zijn tussen december en februari (Figuur 13). Echter, de soort is erg vorstgevoelig en tijdens strenge vorst kunnen enkele tienduizenden extra Futen het gebied binnenstromen, als in het binnenland het zoete water bevroert (Camphuysen & Derks 1989).

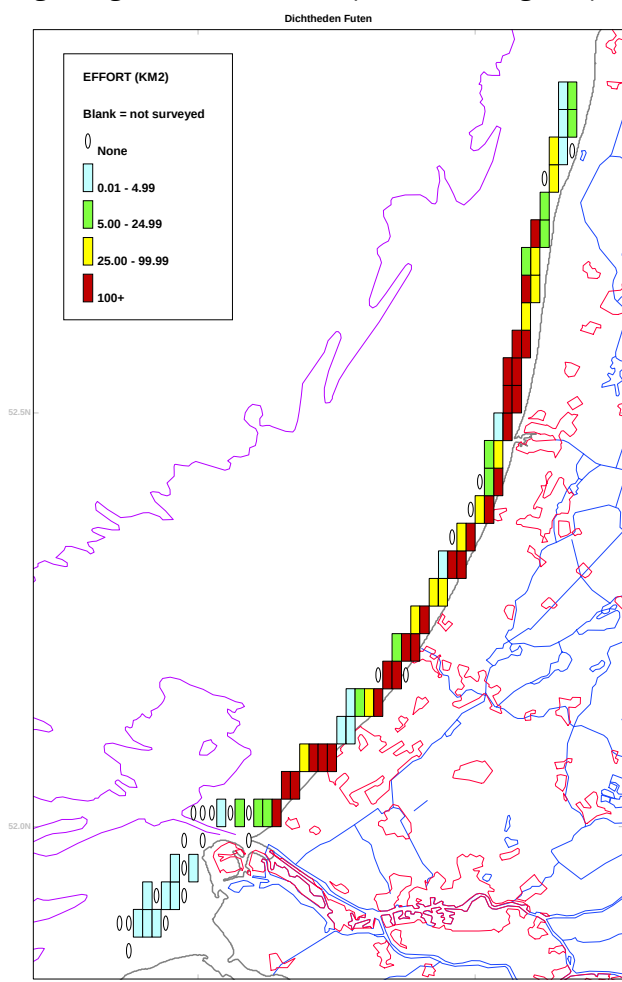


Figuur 13. Seizoenspatroon van voorkomen van de Fuut in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrekgegevens (n= 805.743 Futen).

Deze vorstinfluxen vertroebelen het beeld van de langjarige trend, maar Futen laten een relatief hoge presentie zien in de afgelopen winters, zonder dat er sprake was van strenge winters (Figuur 14)



Figuur 14. Voorkomen van Futen voor de kust van Scheveningen in de winters 72/73 tot en met 2005/06. Zeetrek data Nederlandse Zeevogelgroep, telgroep Scheveningen. De staven geven gemiddelde aantallen per waarnemingsuur per winter weer.

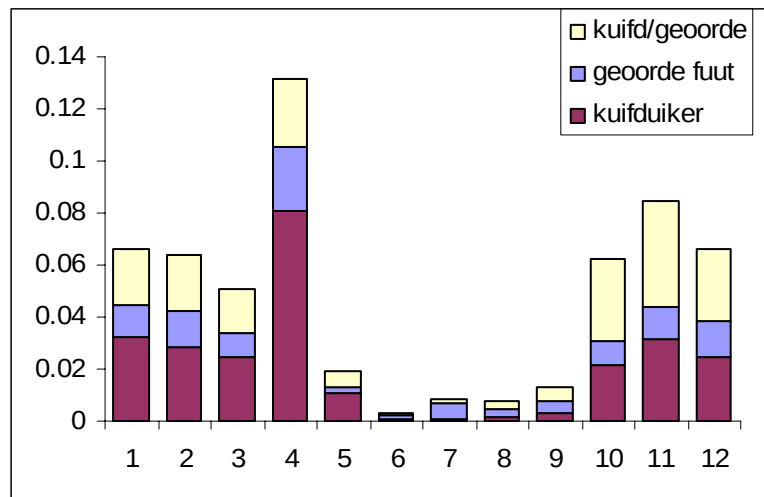


Opvallend hierbij waren grote aantallen ter plaatse verblijvende Futen in de winter van 2005/06. Vanaf het strand werden en soms bijna 20.000 langs een klein stukje kustlijn geteld (Boele 2006; Verkade 2006) en bij een telling op zee langs de hele Hollandse kust werd vastgesteld dat het er (tegen het eind van de winter) nog om circa 28.000 vogels moest gaan (Leopold *et al. in prep*, Figuur 15).

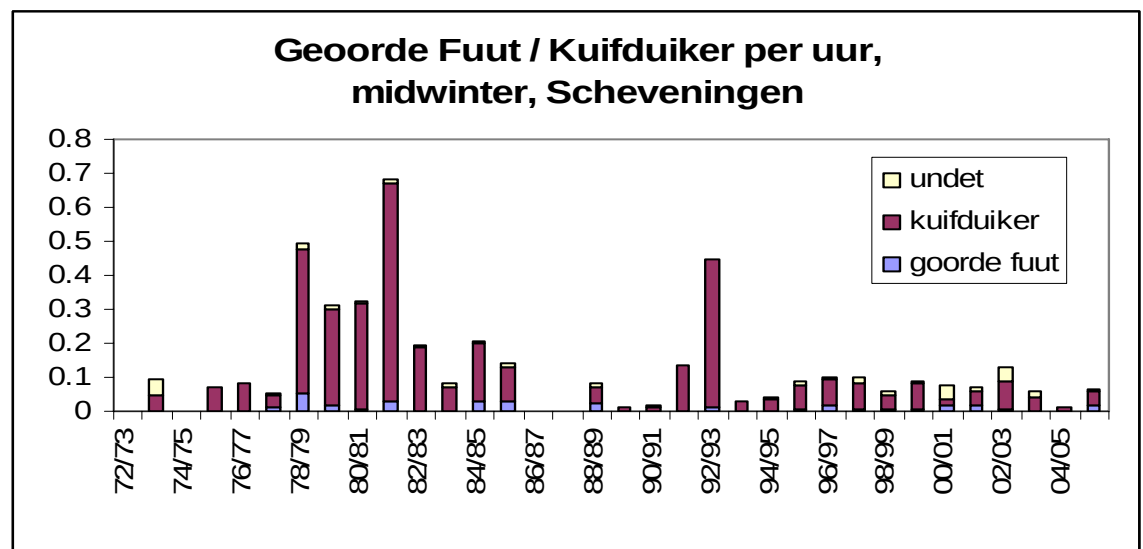
Figuur 15. Dichtheden Futen tijdens een gerichte telling per schip langs de Hollandse kust, 20-24 februari 2006. In totaal verbleven circa 28.000 Futen langs dit gedeelte van de Nederlandse kust, vanaf de branding tot circa 3000 meter uit de kust (Leopold *et al., in prep.*)

Geoorde Fuut *Podiceps nigricollis* en Kuifduiker *Podiceps auritus*

Zowel de Geoorde Fuut als de Kuifduiker zijn eigenlijk geen soorten die in belangrijke aantallen op de Noordzee voorkomen: het zijn eerder soorten van de Zeeuwse stromen en de Waddenzee in Nederland (Bijlsma *et al.* 2001). Daarnaast zijn deze twee kleine futen vaak moeilijk van elkaar te onderscheiden en om deze redenen worden ze hier gezamenlijk besproken. De twee soorten hebben een min of meer stabiel voorkomen van oktober tot maart, gevolgd door een opvallende voorjaarspiek van doortrekkende Kuifduikers in april (Figuur 16). In de periode 1993 tot 2006 laten de Scheveningse data geen trend zien; wel zijn de aantallen in deze periode duidelijk lager dan in de periode rond 1980, maar het beeld is sterk eratisch.



Figuur 16. Seizoenspatroon van voorkomen van de Geoorde Fuut en de Kuifduiker in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrek gegevens ($n = 814$ Geoorde Futen, 1942 Kuifduikers en 1470 Geoorde Fuut/Kuifduikers).



Figuur 17. Voorkomen van Geoorde Futen en Kuifduikers voor de kust van Scheveningen in de winters 72/73 tot en met 2005/06. Zeetrek data Nederlandse Zeevogelgroep, telgroep Scheveningen. De staven geven gemiddelde aantallen per waarnemingsuur per winter weer. Merk op dat het aandeel Kuifduikers in de Scheveningse dataset relatief hoog is; de coördinator kan niet in staan voor een goede determinatie in alle gevallen (M. de Lange, in litt.).

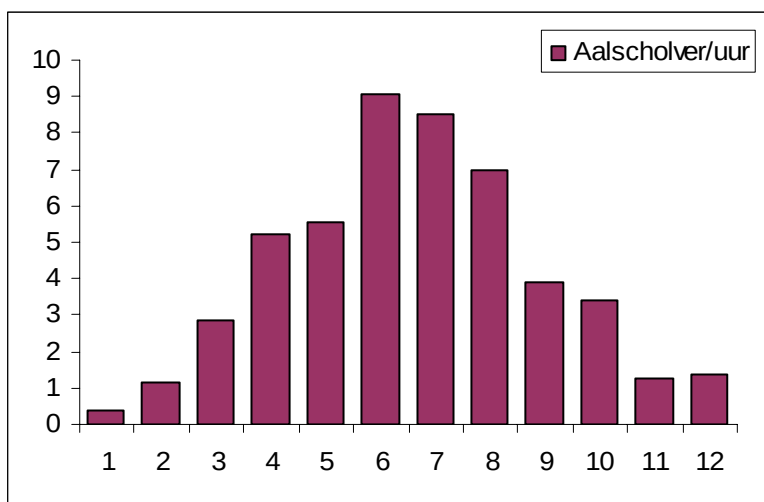
Andere soorten

De trend die bij Roodkeelduikers en in mindere mate bij de Fuut is geconstateerd, namelijk een plotselinge, zeer sterke toename in de laatste (zachte) winters, al dan niet voorafgegaan door een langer lopende toename, is ook geconstateerd voor een aantal andere viseters voor de Nederlandse kust. Dit geldt voor: Aalscholvers, Drieteenmeeuwen, Zeekoeten, Alken, Bruinvissen, en Gewone en Grijze Zeehonden (Camphuysen 2004; 2006; de Lange *et al.* 2005). Dit is een bont gezelschap viseters, die zowel grote als kleine vissen eten, zowel rond- als platvis en zowel soorten omvat die hier vanouds voorkwamen, als soorten die nieuwe overwinterraars zijn in de Nederlandse kustzone.

4.2 Visetende broedvogels

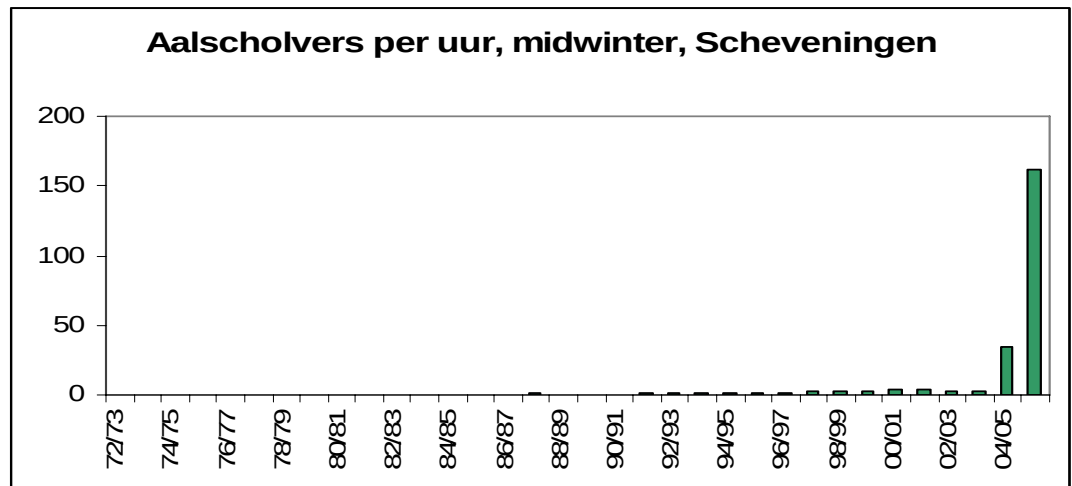
Aalscholver *Phalacrocorax carbo*

Aalscholvers zijn vanouds zomergasten in Nederland die in de winter wegtrokken naar wateren gelegen van NW Frankrijk tot aan de Middellandse Zee. Dit voorkomen wordt ook weerspiegeld in de gemiddelde presentie voor de Nederlandse kust (Figuur 18).



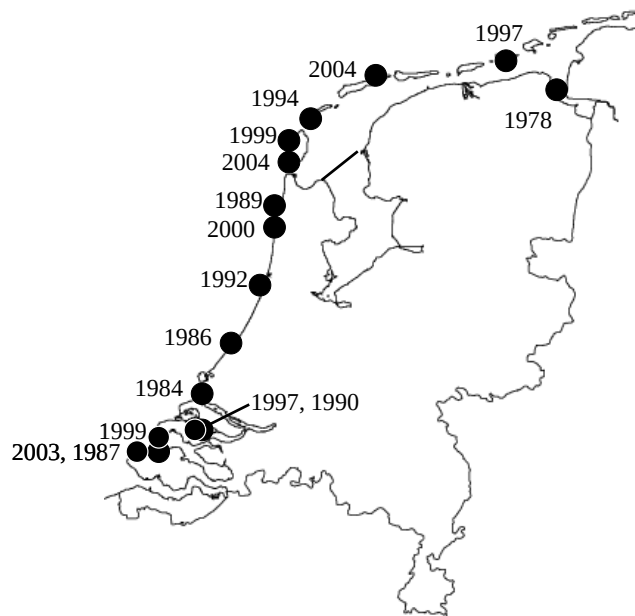
Figuur 18. Seizoenspatroon van voorkomen van de Aalscholver in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrek-gegevens (n= 385.790 Aalscholvers).

Deze soort heeft echter zowel als broedvogel als overwinteraar een opvallende ontwikkeling doorgemaakt. Tegenwoordig zijn Aalscholvers vrij talrijke wintergasten, zoals ook wordt weerspiegeld in de Scheveninger zeetrek data, zij het in extreme mate: Figuur 19. Een (lichte) toename in de winter speelt in Nederland al langer dan de laatste twee jaar en omvat de hele periode van vooroeverzandsuppleties (ook zichtbaar in Figuur 19).



Figuur 19. Voorkomen van Aalscholvers voor de kust van Scheveningen in de winters 72/73 tot en met 2005/06. Zeetrek data Nederlandse Zeevogelgroep, telgroep Scheveningen. De staven geven gemiddelde aantallen per waarnemingsuur per winter weer.

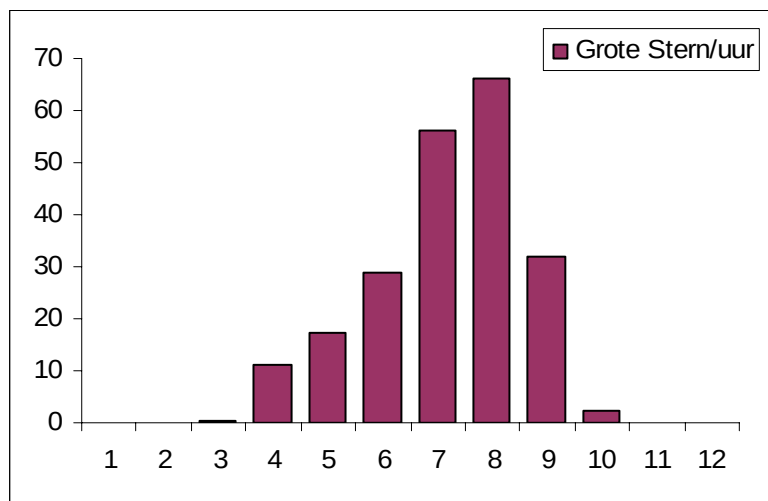
Naast een vestiging als wintergast, heeft de Aalscholver zich gevestigd als broedvogel langs de Nederlandse Noordzeekust, en de soort heeft zich hierbij rap over de hele lengte van de kust verspreid: zie Figuur 20). Inmiddels broeden circa 5000 paar in kolonies, verspreid langs de kust en is ook de presentie in de Kustzee in de zomer sterk toegenomen. Aalscholvers zijn ware alleskunnars waar het gaat om het vangen en eten van vis: vissen mogen groot of klein zijn, plat of rond en mag bodemvis of pelagische vis zijn (Leopold & Slot *in prep.*). De sterke toename van de Aalscholver in de Nederlandse Kustzee lijkt daarmee niet samen te hangen met de toename van een of andere specifieke vissoort.



Figuur 20. Locaties waar de Aalscholver zich als broedvogel gevestigd hebben langs de Nederlandse kust, met het jaar van vestiging (Leopold & Slot *in prep.*)

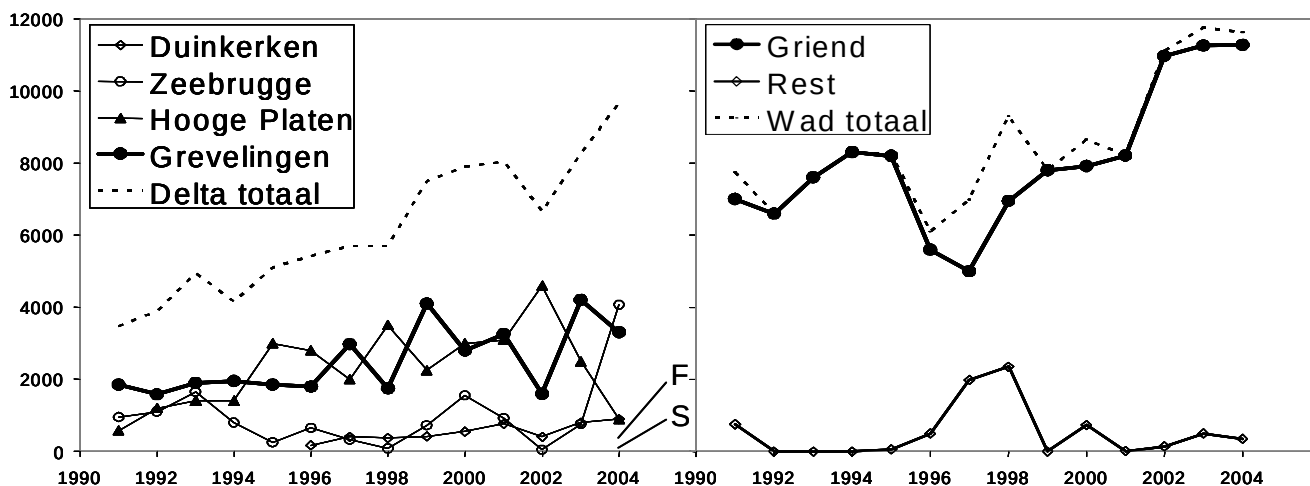
Grote Stern *Sterna sandvicensis*

Ook de Grote Stern is vooral zomergast in Nederland (Figuur 21). Grote Sterns trekken echter nog steeds allemaal weg in het najaar en deze soort verschilt verder van de Aalscholver omdat hij (in Nederland) een voedselspecialist is, die vooral haring, sprot en zandspiering eet, die dicht bij het wateroppervlak gevangen wordt.



Figuur 21. Seizoenspatroon van voorkomen van de Grote Stern in Nederlandse kustwateren aan de hand van zeetrekgegevens (n= 1.807.438 Grote Sterns).

Ook Grote Sterns hebben recent hun aantal kolonies uitgebreid in Nederland, met nieuwe vestigingen op de Slijkplaat (Haringvliet), de Flaauwers Inlaag (Schouwen), de zuidpunt van Texel en de Boschplaat (Terschelling) met daarbij af en toe nog vestigingen op Ameland, Schiermonnikoog en Rottumerplaat (Derks & de Kraker 2005). In Noord-Nederland gaat het de soort goed (stijgende aantallen broedvogels sinds 1997 met een bredere verspreiding); in de Delta staan diverse kolonies onder druk door lokale ongunstige ontwikkelingen ter plaatse (verruiging, predatie, verstoring) maar doet de soort het in zijn geheel ook goed (Figuur 22, overgenomen uit Derks & de Kraker 2005).



Figuur 22. Het verloop van het aantal broedparen Grote Sterns in het Grevelingenmeer en in de rest van de Delta, en het nabijgelegen Zeebrugge (België) en Duinkerken (Frankrijk) (links). Flaauwers Inlaag (F), en Slijkplaat (S) zijn apart aangegeven; nieuw in 2004. Rechts: aantalsverloop in de Nederlandse Waddenzee, ter vergelijking.

4.3 Conclusies effectketen suppleties →visetende zeevogels

Het is de visetende zeevogels in de Nederlandse Kustzee het afgelopen decennium, de periode van vooroeverzandsuppleties, bepaald niet slecht gegaan. Veel soorten lieten een geleidelijke toename zien, de laatste jaren gevolgd door een spectaculaire aantal toename. Bij enkele soorten is door Leopold en co-auteurs (diverse publicaties in voorbereiding) enig voedselonderzoek gedaan (Roodkeelduiker, Aalscholver, Alk, Zeekoet en Bruinvis), door Brasseur en co-auteurs (in voorbereiding: Gewone en Grijze Zeehond) en door Stienen (2006: Grote Stern). Hieruit komt een zeer divers beeld naar voren, van een zeer breed spectrum aan prooivissen. Het is vooralsnog volstrekt niet zeker of een ontwikkeling in de visgemeenschap ten grondslag ligt aan de geconstateerde veranderingen. Een eenduidige oorzaak voor een toename van predatoren van (vooral) grondels (Roodkeelduiker en Bruinvis), haring/sprot/zandspiering (Alk, Grote Stern), platvis/zandspiering (de beide zeehonden en de Aalscholver) is niet te geven; een relatie met vooroeverzandsuppleties al helemaal niet. Ten aanzien van de suppleties kan feitelijk alleen geconstateerd worden, dat sinds deze plaatsvinden, het alleen maar beter is gegaan met de meeste viseters in de Kustzee, maar dat een oorzakelijk verband niet voor de hand ligt.

5. Discussie

Het verband tussen suppleties en het voormalig belangrijkste schelpdier in de kustzone, *Spisula subtruncata*, moest worden onderzocht terwijl er nauwelijks data voorhanden zijn van het voorkomen van deze soort binnen de suppletievakken. Niet alleen zijn vrijwel nooit nulstudies uitgevoerd bij suppleties, ook de surveys die speciaal gericht waren op het voorkomen en de bestands grootte van *Spisula* bleven veelal beperkt tot iets dieper water dan waar de suppleties waren uitgevoerd. Er moest daarom gewerkt worden met extrapolaties op grond van de wel bestaande survey data. Hierbij werd met behulp van een Kriging techniek (IDW) een schatting gemaakt van het voorkomen binnen de suppletievakken. Deze aanpak is risicovol omdat buiten het gebied waar de data daadwerkelijk verzameld zijn, andere fysische processen spelen en dus ook de verspreiding van *Spisula* heel anders kan zijn. Met name in het gebied tussen de eerste en tweede brekerbank, waar zich een relatief rustige trog bevindt, zou *Spisula* kunnen leven. Als dit echter zo mocht zijn, zijn dergelijke voorkomens nooit gevonden, niet bij zeer ondiepe monsterstations bij de *Spisula* surveys en niet tijdens gericht onderzoek van Rijkswaterstaat met de WESP. Ook zijn voor de Hollandse en Waddenkust nooit langdurig grote aantallen zee-eenden in de zone tussen de brekerbanken aangetroffen dus ook hier ontbreekt een aanwijzing dat deze zone belangrijk is voor *Spisula* en eenden. Tenslotte is de kustwaartse extrapolatie geverifieerd aan de hand van grotere vakken direct zeewaarts gelegen van de suppletievakken en trends in het voorkomen van *Spisula* in deze diepere gedeelten van de Kustzee (waar wel *Spisula* voorkwam en waar wel is gemonsterd), gaven geen wezenlijk ander beeld dan dat voor de suppletievakken.

De analyses geven in slechts één geval een mogelijk verband aan tussen een suppletie en het verdwijnen van *Spisula* (Noordwijk). In een situatie, waarin *Spisula* aan het verdwijnen is, en waarin regelmatig her en der wordt gesuppleerd, mocht dit ook verwacht worden dus dit geval mag aan het toeval worden toegeschreven. Er zijn ook gevallen gevonden van herstel van *Spisula* na een suppletie en van verdwijnen van *Spisula* zonder dat er in de omgeving gesuppleerd was. Al met al moet de conclusie zijn dat er geen verband is tussen het verdwijnen van *Spisula* en de suppleties.

Voor de toekomst betekent dit nog niet dat er geen schadelijke overlap kan zijn tussen suppleties en belangrijk benthos. Andere soorten, zoals *Ensis* of *Lanice* kennen een verspreiding die minder goed bekend is maar die mogelijk meer overlapt met de zone voor suppleties dan *Spisula*. De brekerbanken zelf, en hun onmiddellijke omgeving kennen weinig bodemleven vanwege de zeer hoge omgevingsdynamiek, Verder zeewaarts, maar mogelijk ook in de trog tussen eerste en tweede brekerbank kan meer leven voorkomen en hier is het zaak voorafgaande aan een suppletie na te gaan hoe het ter plaatse gesteld is met het bodemleven.

Ten aanzien van de vogels van de Kustzee kon worden vastgesteld dat de zee-eenden volgend zijn aan het benthos. Daar waar geen bank voorkomt van geschikt stapelvoedsel, zullen ook geen grote aantallen eenden verblijven en kan een suppletie dus ook geen eenden verstoren. Thans is de trend in aantallen eenden in de Kustzee dalende en daalt dus ook het risico van effecten van suppleties op deze vogels. Deze trend kan echter ook weer omdraaien, als een meer geschikte soort tweekleppige zich massaal in de Kustzee weet te vestigen. Ten aanzien van de viseters geldt, dat deze juist positieve trends in hun voorkomen in de Kustzee laten zien. Een aantal van deze soorten komt geconcentreerd voor in de Kustzee, bijvoorbeeld in relatie tot de ligging van kolonies (Aalscholver, Grote Stern). Anderen komen meer verspreid door de hele kustzone voor (duikers) maar ook deze laten soms opvallende concentraties zien die echter niet voorspeld kunnen worden aan de hand van “vaste gegevens” zoals het voorkomen van een schelpenbank.

6. Referenties

- Ahrens J.P. & Hands E.B. 1998. Parameterizing beach erosion/accretion conditions. Proceedings of the 26th International Conference on Coastal Engineering, Copenhagen, Denmark: pp. 2382-2394.
- Arntz W.E. 1972. Die Nahrung der Kliesche (*Limanda limanda* [L.]) in der Kieler Bucht. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. 22: 129-183.
- Arts F.A. & Berrevoets C.M. 2006. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2006. Rapport RIKZ/6006.006, 21 p.
- Baptist H.J.M. & Wolf P.A. 1993. Atlas van de vogels van het Nederlands Continentaal Plat. Rapport DGW-93.013, Rijkswaterstaat, Dienst Getijdewateren, Middelburg, 168p.
- Beaugrand G. 2004. The North Sea regime shift: evidence, causes, mechanisms and consequences. Progress in Oceanography 60: 245-262.
- Boele A. 2006. Spectaculaire aantallen duikers, Futen en alkachtigen voor de Hollandse kust. SOVON Nieuwsbrief seizoen 2005/2006, nr 6 februari 2006: 2-3.
- Braber L. & de Groot S.J. 1973. The food of five flatfish species (Pleuronectiformes) in the southern North Sea. Neth. J. Sea Res. 6: 163-172.
- Brinkman A.G., Dijkman E., Cremer J., Groenewold S. & Daan R. 2002. GIS bodemfauna Noordzee. Hoofdstuk 5.6 in: H. Lindeboom (Ed.). Mare Eindrapport fase 1 van Perceel 4: Plankton, bodemdieren en ecologie van kust en duin, pp 14-68. Flyland Onderzoeksprogramma Luchthaven in zee, thema mariene ecologie en morfologie.
- Bult T.P., Ens B.J., Baars D., Kats R. & Leopold M. 2004. Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. Eindverslag EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase), Deelproject B3. RIVO-rapport C018/04, 108p.
- Bijlsma R.G., Hustings F. & Camphuysen C.J. 2001. Avifauna van Nederland II - Algemene en schaarse vogels van Nederland. GMB Uitgeverij/KNNV, Haarlem/Utrecht.
- Cadée G.C. & Hegeman J. 1975. Levende Afgeknotte Strandschelp in de Waddenzee. Lev. Nat. 78(2): 48.
- Cardoso K.F., Witte J.I.J. & van der Veer H.W. (in druk). Growth and reproduction of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa) in Dutch coastal waters. J. Sea Res.
- Camphuysen C.J. 2004. Buitengewone aantallen bruinvissen, duikers, futen, zeekoeten en foeragerende (kleine) meeuwen voor de Hollandse kust, december 2004. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 6(1): 6-7
- Camphuysen C.J. 2006. Bruinvissen langs de Noord-Hollandse kust. Tussen Duin & Dijk 5(1): 4-8.
- Camphuysen C.J. & van Dijk J. 1983. Zee- en kustvogels langs de Nederlandse kust 1974-79. Limosa 56: 81-230.
- Camphuysen C.J. & Derks P.J.T. 1989. Voorkomen en sterfte van de Fuut *Podiceps cristatus* voor de Nederlandse kust 1974-86. Limosa 62: 57-62.
- Camphuysen K. & Peet G. 2006. Walvissen en dolfijnen in de Noordzee. Fontaine Uitgevers, 's Graveland.
- Camphuysen C.J. & Leopold M.F. 1994. Atlas of seabirds in the southern North Sea. IBN Research report 94/6, NIOZ Report 1994-8, Institute for Forestry and Nature Research, Netherlands Institute for Sea Research and Dutch Seabird Group, Texel.
- Camphuysen C.J., Berrevoets C.M., Cremers H.J.W.M., Dekinga A., Dekker R., Ens B.J., van der Have T.M., Kats R.K.H., Kuiken T. & Leopold M.F. 2002. Mass mortality of common eiders (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea, winter 1999/2000: starvation in a commercially exploited wetland of international importance. Biological Conservation 106(3): 303-317.
- Craeymeersch J.A. 1992. Het macrozoobenthos in the Haringvlietbuitendelta. Onderzoek naar de effecten van de aanleg van de grootschalige locatie voor de berging van baggerspecie 1986-1990. Rapport 1992-01, Nederlands Instituut voor Oecologisch Onderzoek, Yerseke, 46 p.
- Craeymeersch J.A. 1999. Uitwerking graadmeter 'stapelvoedsel': *Spisula subtruncata* in de Nederlandse kustzone (1993-1997). RIVO-rapport C061/99, RIVO, Yerseke.
- Craeymeersch J. 2002. Beschrijving *Spisula*. Hoofdstuk 5.4 in: H. Lindeboom (Ed.). Mare Eindrapport fase 1 van Perceel 4: Plankton, bodemdieren en ecologie van kust en duin, pp 14-68. Flyland Onderzoeksprogramma Luchthaven in zee, thema mariene ecologie en morfologie.
- Craeymeersch J.A. & Leopold M.F. 2000. Jaarlijkse schelpkalkproductie door *Spisula subtruncata*. RIVO rapport C047/00, 18p.
- Craeymeersch J.A., Leopold M.F. & van Wijk M.O. 2001. Halfgeknotte strandschelp en Amerikaanse zwaardschede: een overzicht van bestaande kennis over visserij, economische betekenis, regelgeving, ecologie van de beviste soorten en effecten op het ecosysteem. RIVO rapport C033/01, 34p.
- Craeymeersch J.A. & Perdon J. 2003. De halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2002. RIVO rapport C004/03.
- Craeymeersch J.A. & Perdon J. 2004a. De halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2003. RIVO rapport C040/04.
- Craeymeersch J.A. & Perdon J. 2004b. De halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2004. RIVO rapport C073/04.
- Craeymeersch J.A. & Perdon J. 2006. De halfgeknotte strandschelp *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2005. RIVO Rapport, C036/06.
- Craeymeersch J.A., Heip C.H.R. & Buijs J. 1997. Atlas of the North Sea benthic infauna based on the 1986 North Sea Benthos Survey. ICES Coop. Res. Rept 218, Copenhagen, Denmark, 86p.
- Craeymeersch J.A., Leopold M.F. & van Wijk M.O. 2001. Halfgeknotte strandschelp en Amerikaanse zwaardschede: een overzicht van bestaande kennis over visserij, economische betekenis, regelgeving, ecologie van de beviste soorten en effecten op het ecosysteem. RIVO rapport C033/01, 34p.
- Crisp B. (ed.) 1964. The effects of the severe winter of 1962-63 on marine life in Britain. J. Anim. Ecol. 33: 165-210.

- van Dalfsen J.A. & Duijts O. 1995. Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). The effects on benthic fauna of shoreface-nourishment off the island of Terschelling, The Netherlands. Report 4: Post-Nourishment survey, April 1994. Report RIKZ/OS-95.610x, 35p.
- van Dalfsen J.A. & Essink K. 1997. RIACON - Risk Analysis of Coastal Nourishment Techniques, National Evaluation Report (The Netherlands). Report RIKZ-97.022, 98 p.
- van Dalfsen J.A. van & Oosterbaan J. 1996. Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). The effects on benthic fauna of shoreface-nourishment off the island of Terschelling, The Netherlands. Report 6: Post-Nourishment survey, April 1995. Report RIKZ/OS-96.605x, 34p.
- Degraer S. 1999. Macrozoobenthos of shallow marine habitats (Belgian coast) and its use in coastal zone management. PhD thesis, University of Gent.
- Derks P. & de Kraker K. 2005. De ontwikkeling van de kolonie grote sterns in het Grevelingenmeer in vergelijking met de rest van Nederland, België en aangrenzend Noord-Frankrijk. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 6(3): 2-5.
- van Duin M.J.P., Wiersma N.R., Walstra D.J.R., van Rijn L.C. & Stive M.J.F. 2004. Nourishing the shoreface: observations and hindcasting of the Egmond case, The Netherlands. Coastal Engineering 51: 813-837.
- van Eerden M.R. & Zijlstra M. 1995. Recent crash of the IJsselmeer population of Great Cormorants *Phalacrocorax carbo sinensis* in The Netherlands. Cormorant Research Group Bulletin 1: 27-32.
- Ens B.J., Borgsteede F.H.M., Camphuysen C.J., Dorrestein G.M., Kats R.K.H. & Leopold M.F. 2002. Eidereendensterfte in de winter 2001/2002. Alterra Rapport 521, 113p.
- Eriksson M.O.G. 1985. Prey detectability for fish-eating birds in relation to fish density and water transparency. Ornith. Scand. 16: 1-7.
- Essink K. 1997. RIACON - Risk Analysis of Coastal Nourishment Techniques, Final Evaluation Report. Report RIKZ-97.031, 41p.
- Fox A.D. 2003. Diet and habitat use of scoters *Melanitta* in the Western Palearctic - a brief overview. Wildfowl 54: 163-182.
- Garthe S., Camphuysen C.J. & Furness R.W. 1996. Amounts of discards by commercial fisheries and their significance as food for seabirds in the North Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 136: 1-11.
- van Gils J.A., Piersma T., Dekinga A., Spaans B., Kraan C. 2006. Shellfish dredging pushes a flexible avian top predator out of a marine protected area. PLoS Biol 4(12): e376. DOI: 10.1371/journal.pmed.0030376.
- Gmelig Meyling A.W. & de Bruyne R.H. 1994. Zicht op zee: waarnemingen van veranderingen in de nabije kustzone door strandmonitoring met strandwachters. Rapport Stichting Anemoon, 79p + bijlagen.
- Grift R.E., Tulp I., Clarke L., Damm U., McLay A., Reeves S., Vigneau J. & Weber W. 2004. Assessment of the ecological effects of the Plaice Box. Report of the European Commission Expert Working Group to evaluate the Shetland and Plaice Boxes.. Brussel, 121p.
- Guillén J. & Hoekstra P. 1997. Sediment Distribution in the Nearshore Zone: Grain Size Evolution in Response to Shoreface Nourishment (Island of Terschelling, The Netherlands). Estuarine, Coastal and Shelf Science 45: 639-652.
- Hagmeier A. 1930. Eine Fluktuation von *Mactra (Spisula) subtruncata* da Costa an der ostfriesischen Küste. Berichte Deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. 5: 126-155.
- van der Ham N.F. 1987. Zomerkleed Parelduikers *Gavia arctica* voor de Noordhollandse kust. Sula 1: 47-48.
- Haney J.C. & Stone A.E. 1988. Seabird foraging tactics and water clarity: are plunge divers really in the clear?. Mar. Ecol. Progress Ser. 49: 1-9.
- Henkel L.A. 2006. Effect of water clarity on the distribution of marine birds in nearshore waters of Monterey Bay, California. J. Field Ornithol. 77: 151-156.
- Holtmann S.E., Groenwold A., Schrader K.H.M., Asjes J., Craeymeersch J.A., Duineveld G.C.A., van Bostelen A.J. & van der Meer J. 1996. Atlas of the zoobenthos on the Dutch Continental Shelf. Ministry of Transport, Public Works and Water Management, North Sea Directorate, Rijswijk, 244 p.
- Jackson J.B.C., Kirby M.X., Berger W.H., Bjorndal K.A., Botsford L.W., Bourque B.J., Bradbury R.H., Cooke R., Erlandson J., Estes J.A., Hughes T.P., Kidwel S., Lange C.B., Lenihan H.S., Pandolfi J.M., Peterson C.H., Steneck R.S., Tegner M.J. & Wagner R.R. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. Science 293: 629-637.
- Janssen G.M. & Mulder S. 2004. De ecologie van de zandige kust van Nederland. Inventarisatie van het macrobenthos van strand en brandingszone. Rapport Rijkswaterstaat, RWS RIKZ / 2004.033: 103p.
- Kristensen I. 1959. The coastal waters of the Netherlands as an environment of Molluscan life. Basteria 23, Supplement: 18-55.
- de Lange M., van der Vliet R. & van Dijk J. 2005. Spectaculaire aantallen roodkeelduikers, drieteenmeeuwen, zeekoeten, alken en bruinvissen voor de Hollandse kust van december 2004 tot januari 2005. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 6(3): 5-7.
- de Lange M. 2006. Zeetrekten. Leuk en nuttig?! Lezing Landelijke SOVON Dag, 25 november 2006, Nijmegen.
- Leopold M.F. 1993. *Spisula*'s, zee-eenden en kokkelvisser: een nieuw milieuprobleem op de Noordzee. Sula 7(1): 24-28.
- Leopold M.F. 1996. *Spisula subtruncata* als voedselbron voor zee-eenden in Nederland. BEON rapport 96-2.
- Leopold M. 1999. *Spisula*-vissers vissen wat ze vissen kunnen in mei 1999: nog steeds geen overheidsbeleid. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 1(1): 5-6.
- Leopold M.F. 2002a. Nulmeting vogels en benthos in de Texelse vooroever (KUSTADV*NH). Alterra-Texel, unpubl. Report.
- Leopold M.F. 2002b. T-1 meting benthos en vissen in de Texelse vooroever (KUSTADV*NH), september 2002. Alterra-Texel, unpubl. Report.
- Leopold M.F. 2003. T-2 meting: vogels, vissen en benthos in de Texelse vooroever (KUSTADV*NH), februari 2003. Alterra-Texel, unpubl. Report.
- Leopold M.F. & Wolf P. 2003. Zee-eenden eten ook *Ensis*. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 4(3): 5.

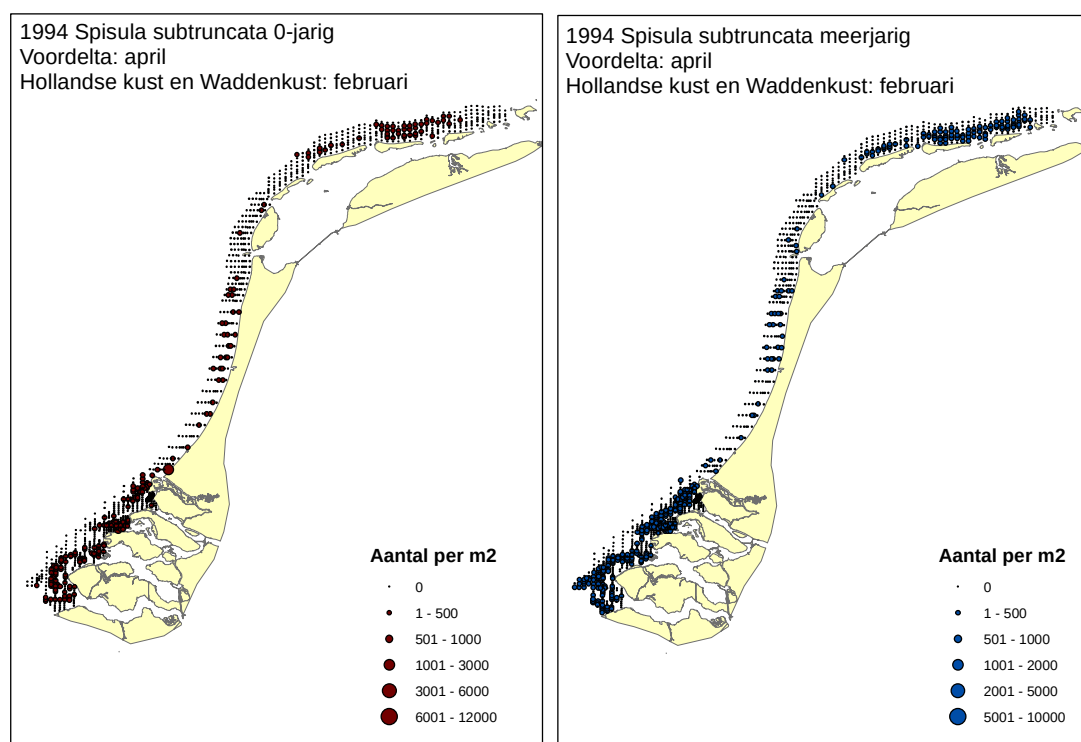
- Leopold M.F., Maas F.-J. & Hin H. 1986. Elfsteden winter 1986: slachting onder de wadvogels met name de Toppereend. *Skor* 5(3): 70-78, 5(4): 90-96.
- Leopold M.F., Baptist H.J.M., Wolf P.A. & Offringa H. 1995. De Zwarte Zeeëend *Melanitta nigra* in Nederland. *Limosa* 68: 49-64.
- Leopold M.F., van der Land M.A. & Welleman H.C. 1998. *Spisula* en zee-eenden in de strenge winter van 1995/96 in Nederland. Beon-rapport 98-6.
- Leopold M.F., Kats R.K.H. & Ens B.J. 2001. Diet (preferences) of Common Eiders *Somateria mollissima*. *Wadden Sea Newsletter* 2000-1: 25-31.
- Leopold M.F., Spannenburg P.C., Verdaat H.J.P. & Kats R.K.H. 2000. Identification and size estimation of *Spisula subtruncata* and *Ensis americanus* from shell fragments in stomachs and faeces of Common Eiders *Somateria mollissima* and Common Scoters *Melanitta nigra*. Ms Atlantic Seabirds.
- Lindeboom H., Geurts van Kessel J. & Berkenbosch L. 2005. Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008, Alterra Rapport nr. 1109, 104p.
- Mulder S. 2004. Ecologische effecten van een onderwatersuppletie. Monitoring in het kader van toetsing aan de Vogel- en Habitatrichtlijn. Werkdocument RIKZ/OS/2004.602w.
- Mulder S., Raadschelders E.W. & Cleveringa J. 2005. Een verkenning van de natuurbeschermingswetgeving in relatie tot Kustlijn zorg. Rapport RIKZ/2005.004, 84 p.
- Oosterbaan A. 1991. De grote vijf van de Hollandse kust. *Natura* 88: 86-87.
- Perdon K.J. & Goudswaard P.C. 2006. De Amerikaanse Zwaardschede, *Ensis directus*, en de Halfgeknotte Strandschelp, *Spisula subtruncata*, in de Nederlandse kustwateren in 2006. IMRES rapport C078/06, 21p.
- Philippart C.J.M., Beukema J.J., Cadée G.C., Dekker R., Goedhart P.W., van Iperen J.M., Leopold M.F. & Herman P.M.J. 2007 (in druk). Impacts of Nutrient Reduction on Coastal Communities. *Ecosystems*.
- Piersma T. & Koolhaas A. 1997. Shorebirds, shellfish(eries) and sediments around Griend, Western Wadden Sea, 1988–96. Report 1997–7. NIOZ, Texel, the Netherlands.
- Piersma T., Koolhaas A., Dekinga A., Beukema J.J., Dekker R. & Essink K. 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. *J. Appl. Ecology* 38:976-990.
- Platteeuw M., van der Ham N.F. & den Ouden J.E. 1994. Zeetrekellingen in Nederland in de jaren tachtig. *Sula* 8(1/2, special issue): 1-203.
- Raad voor het Landelijk Gebied, 1998. Leven en laten leven. Advies over kustvisserij en natuur in kustgebieden. Advies aan de Minister van LNV.
- Roelse P. 2002. Water en zand in balans; Evaluatie zandsuppleties na 1990, een morfologische beschouwing. Rapport RIKZJ2002.003. ISBN 90-36-369-3426-5.
- van Roomen M., van Winden E., Hustings F., Koffijberg K., Kleefstra R., SOVON Ganzen & zwanenwerkgroep & Soldaat L. 2005. Watervogels in Nederland in 2003/2004. SOVON-monitoringrapport 2005/03, RIZA-rapport BM05.15, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Rueda J.L. & Smaal A.C. 2002. Physiological response of *Spisula subtruncata* (da Costa, 1778) to different seston quantity and quality. *Hydrobiologia* 475-476: 505-511.
- Rueda J.L. & Smaal A.C. 2004. Variation of the physiological energetics of the bivalve *Spisula subtruncata* (da Costa, 1778) within an annual cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 301, 141-157.
- Ziegelmeier E. 1978. Macrobenthos investigations in the eastern part of the German Bight from 1950 to 1974. *Rapp. P.-v. R.un. Cons. int. Explor. Mer* 172: 432-444.
- Ruitenbeek W. & Zomerdijk P. 2005. Wanneer is de aalscholver aan zijn maximum?. *Tussen Duin en Dijk* 4(4): 17.
- van Rijn S.H.M. & van Eerden M.R. 2001. Aalscholvers in het IJsselmeermeergebied: concurrent of graadmeter?. RIZA rapport 2001.058, 90p.
- Scheffer M., Carpenter S., Foley J.A., Folke C. & Walker B. 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature* 413: 591-596.
- Sharp G.D. 2000. The past, present and future of fisheries oceanography: refashioning a responsible fisheries science. In: P. Harrison & T.R. Parsons (eds). *Fisheries-oceanography: an integrative approach to fisheries ecology and management*. Blackwell, Osney/Mead/Oxford, pp 207-262.
- Skov H., Durinck J., Leopold M.F. & Tasker M.L. 1995. Important bird areas in the North Sea, including the Channel and the Kattegat. BirdLife International, Cambridge, 156p.
- Steijn R. 2005. Effectiviteit van vooroeversuppleties langs de Waddenkust; Aanzet tot ontwerprichtlijnen voor het ontwerp van vooroeversuppleties. Alkyon rapport A1539.
- Stienen E.W.M. 2006. Living with gulls : trading off food and predation in the Sandwich Tern *Sterna sandvicensis*. University of Groningen: Groningen : The Netherlands, 192p.
- van Stralen M. & Kesteloo-Hendrikse J.J. 1993. De ontwikkeling van schelpdierbestanden in de Voordelta in de periode 1984-1993 in relatie tot de schelpdiervisserij. RIVO Rapport C. 026/93.
- Tydemann P. 1994. Risk analysis of coastal nourishment techniques (RIACON). De effecten op de bodemfauna van vooroeversuppletie boven het eiland Terschelling, in de Nederlandse Waddenzee. Rapport 2: De toestand van de bodemfauna in november 1993 kort nadat lokaal de suppletielaag is aangebracht. Rapport RIKZ/OS - 94.625x, 21p.
- Verkade H. 2006. Zeetelling 22 januari 2006. de Strandloper 38 (1): 34-36.
- Weijerman M., Lindeboom H. & Zuur A.F. 2005. Regime shifts in marine ecosystems of the North Sea and Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 298: 21–39.
- Wolf P.A. & Meininger P.L. 2004. Zeeën van zee-eenden bij de Brouwersdam. Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 5(2): 1-2.
- Wijsman J.W.M., Kesteloo J.J. & Craeymeersch J.A. 2006. Ecologie, visserij en monitoring van mesheften in de Voordelta. RIVO Rapport C009/06, 37p.
- Zwarts L., Dubbeldam W., van den Heuvel H., van de Laar E., Menke U., Hazelhof L. & Smit C.J. Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. Rapport RIZA/2004.028.

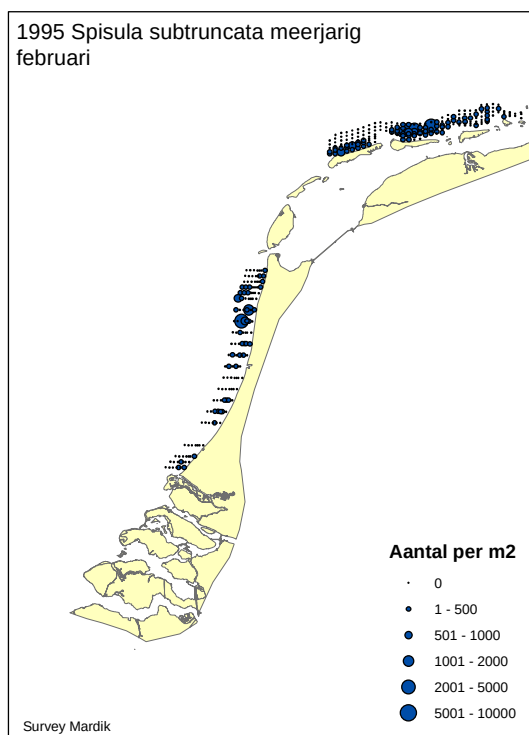
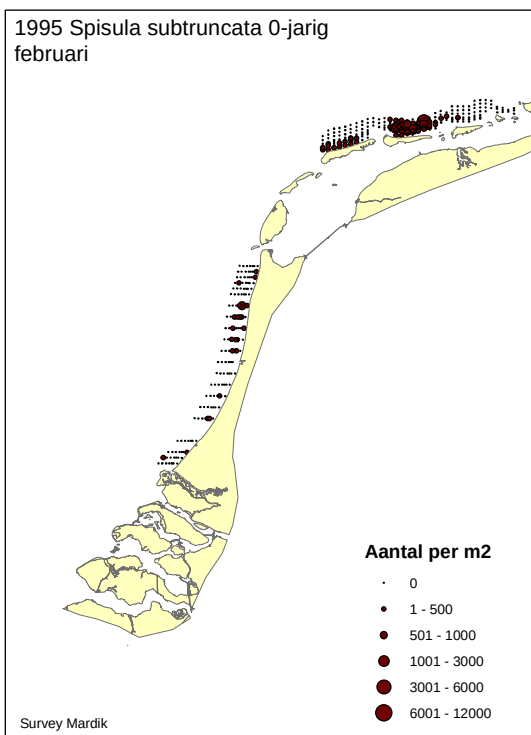
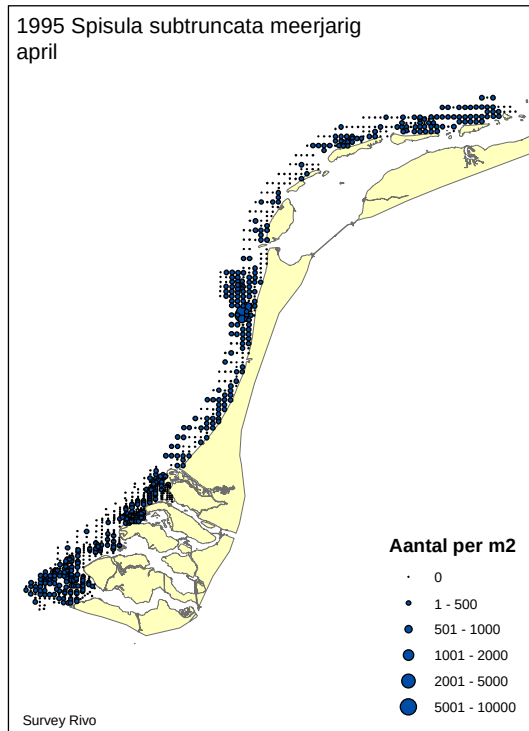
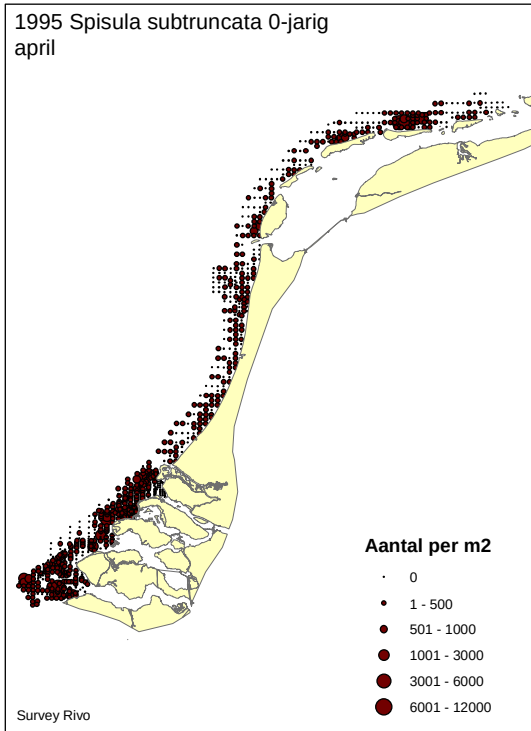
Appendix

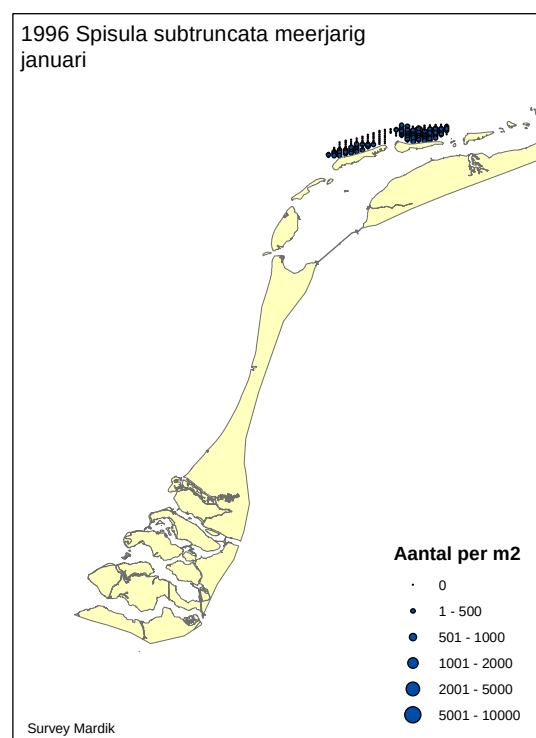
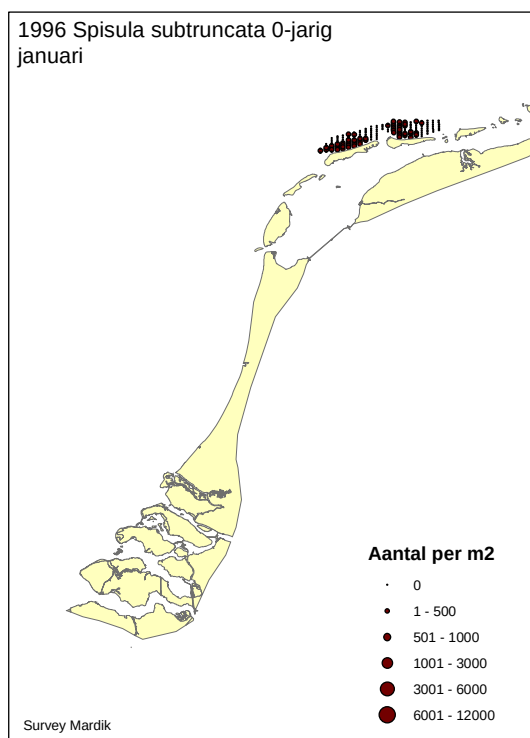
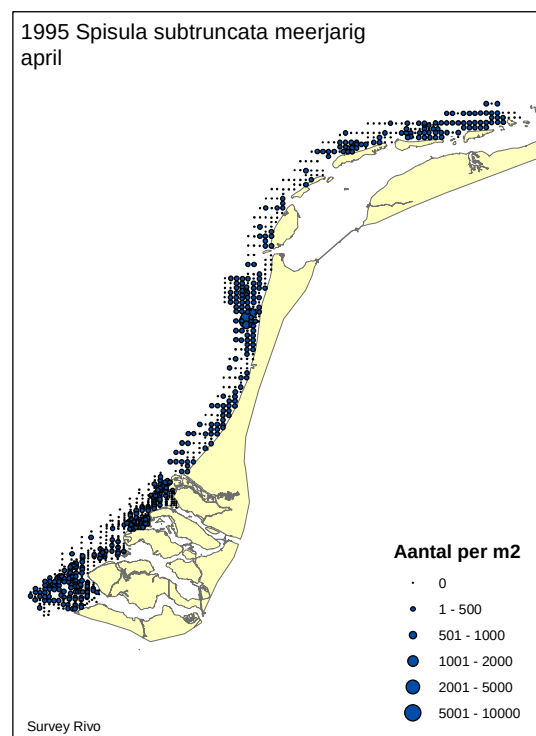
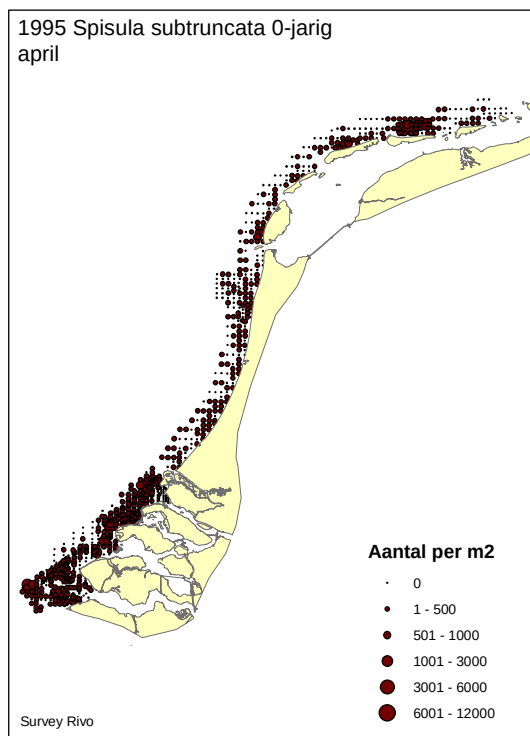
In deze appendix wordt een overzicht gegeven van de gebruikte survey data voor *Spisula subtruncata* in Nederland. Onderscheiden worden steeds de bestandsopnamen van het voormalig RIVO en de opnamen van Mardik Leopold (Alterra, thans evenals RIVO samengegaan in IMARES). Ook wordt onderscheid gemaakt tussen de voorkomens van nuljarigen en meerjarige *Spisula*.

Bij de eerste surveys (1994) zijn de RIVO survey (ten zuiden van Hoek van Holland) en de Alterra survey (ten noorden van Hoek van Holland per leeftijdscategorie in een kaartbeeld samengebracht omdat ze elkaar aanvullen zonder overlap; bij alle volgende surveys worden de resultaten van de verschillende surveys apart weergegeven.

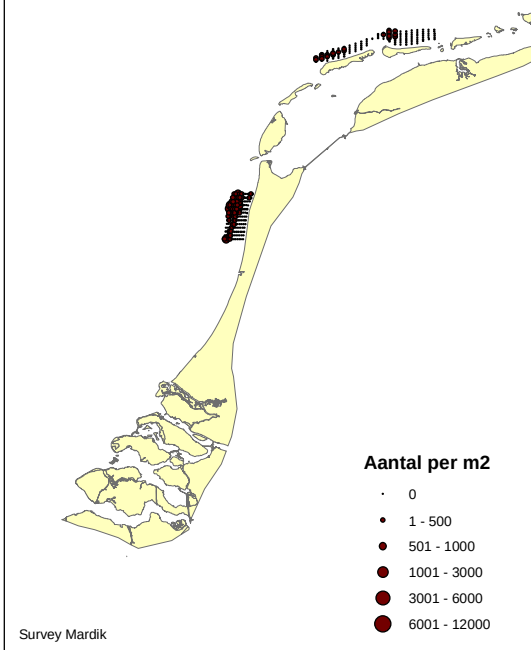
Er was steeds een RIVO survey per jaar. Binnen de andere serie surveys waren er soms meerdere achtereenvolgende surveys per jaar, van het zelfde gebied of van verschillende gebieden.



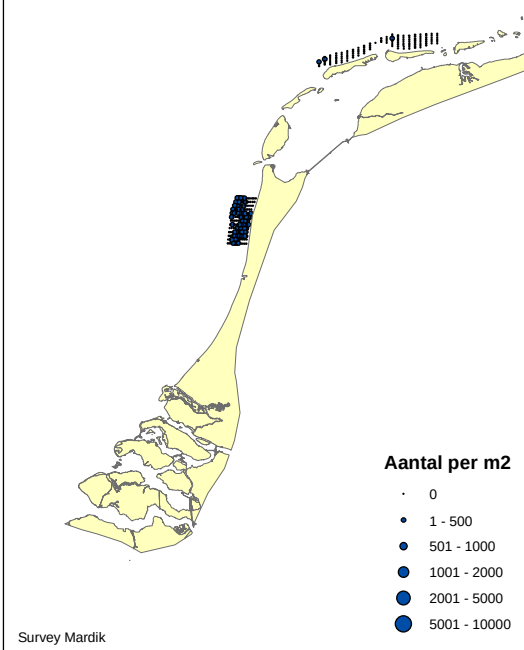




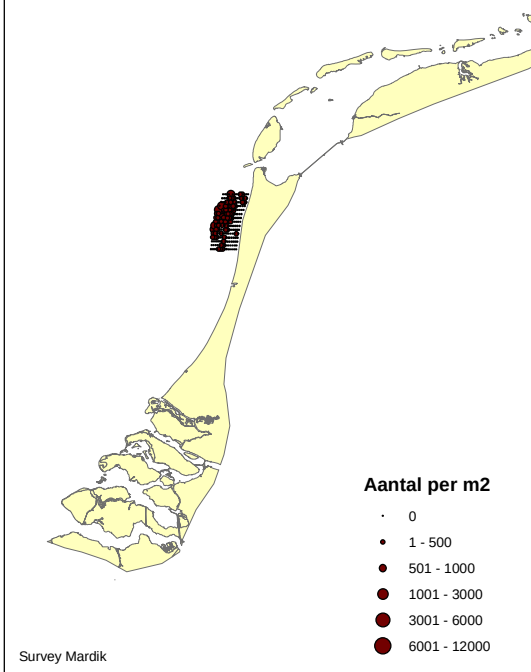
1996 *Spisula subtruncata* 0-jarig
maart



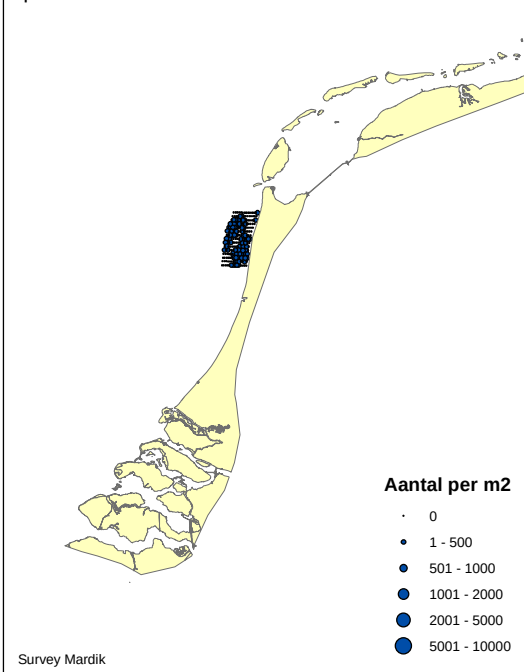
1996 *Spisula subtruncata* meerjarig
maart

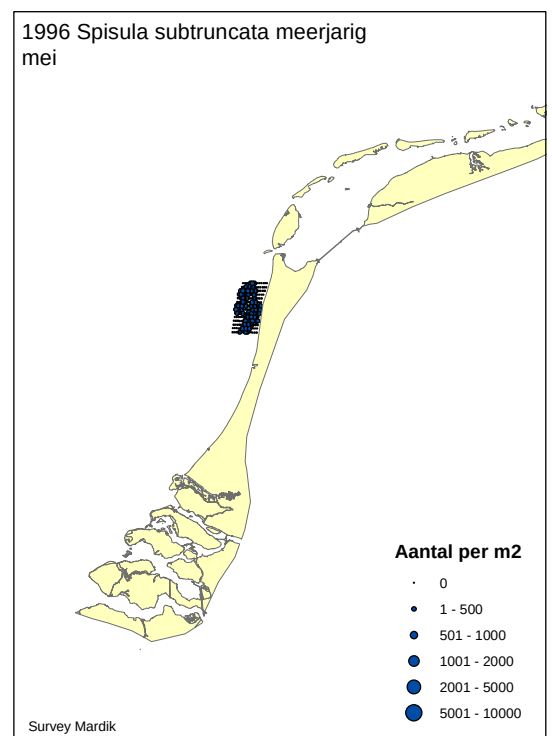
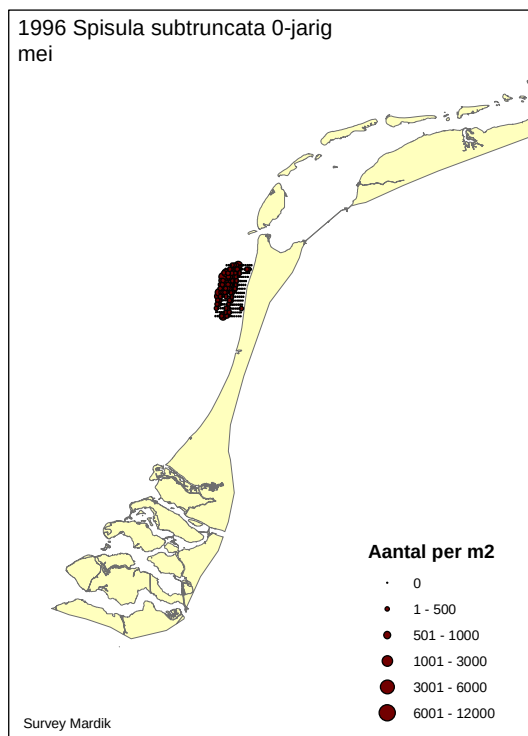
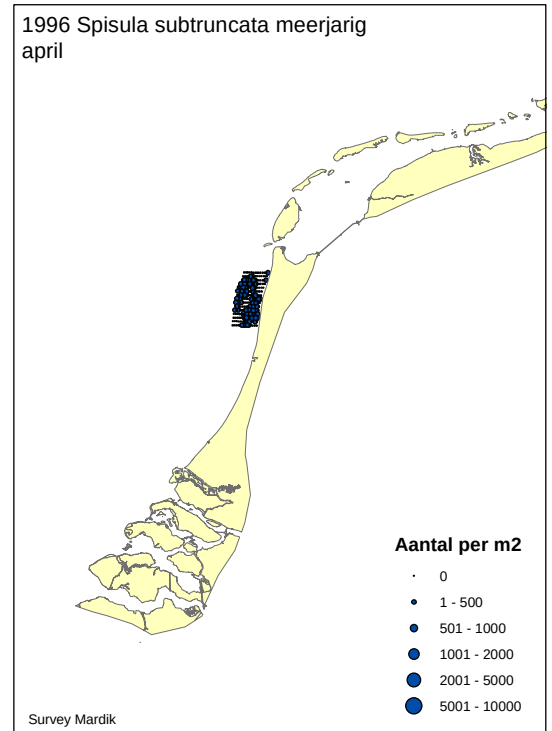
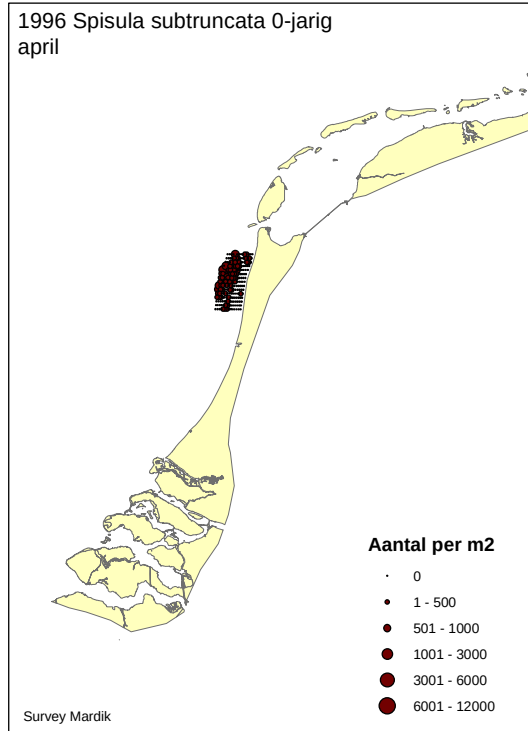


1996 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april

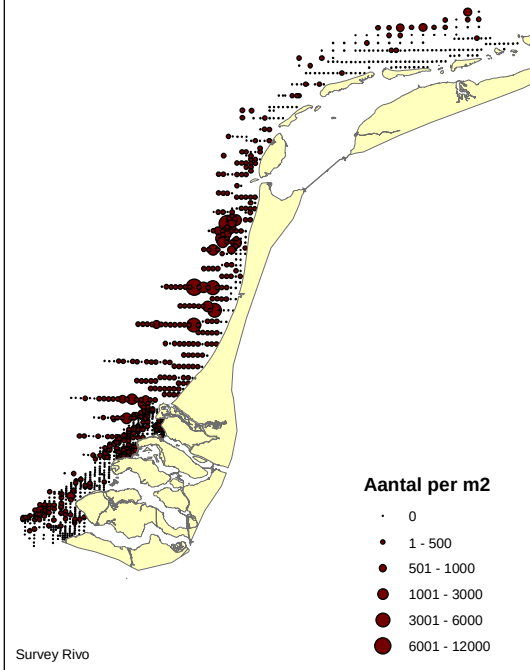


1996 *Spisula subtruncata* meerjarig
april

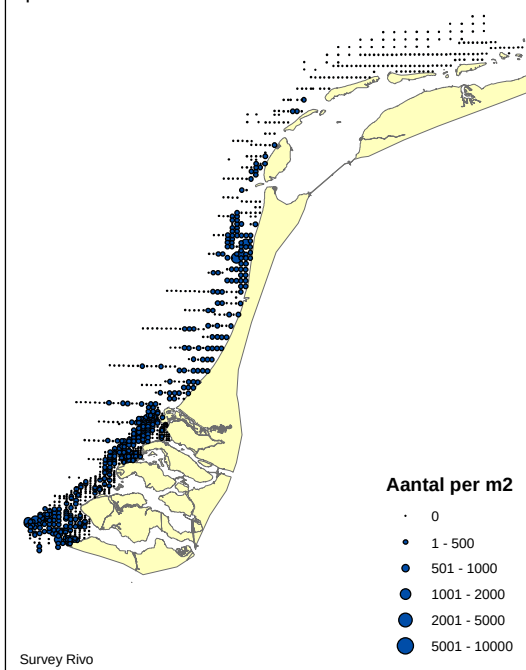




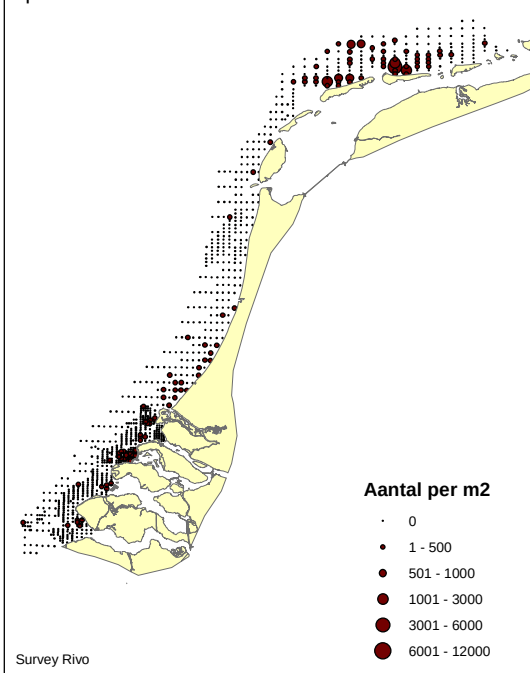
1996 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april/mei



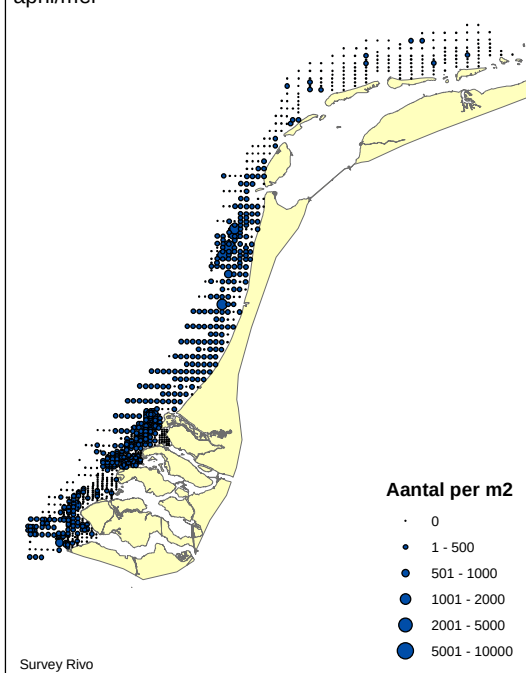
1996 *Spisula subtruncata* meerjarig
april/mei

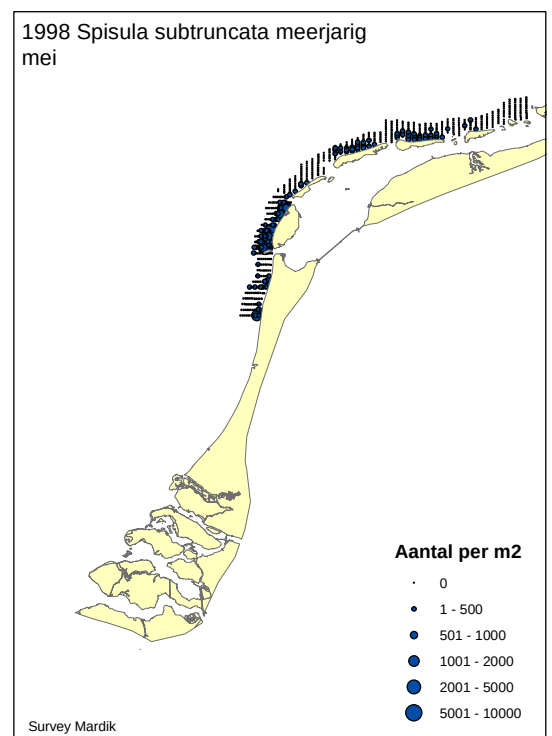
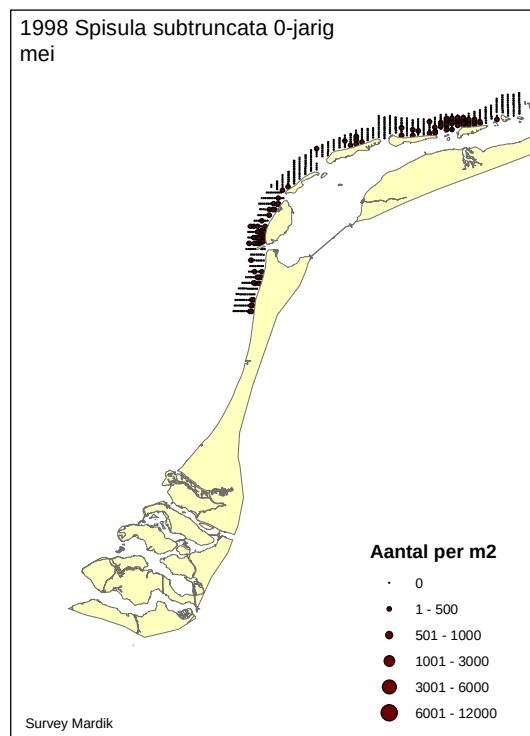
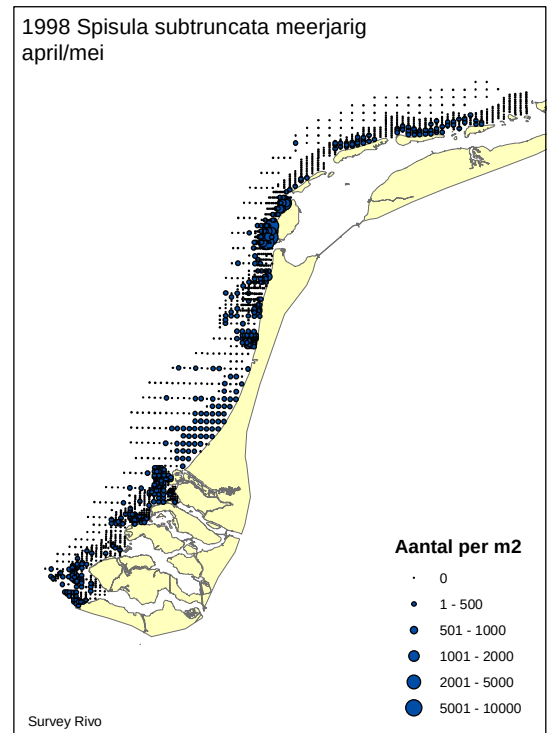
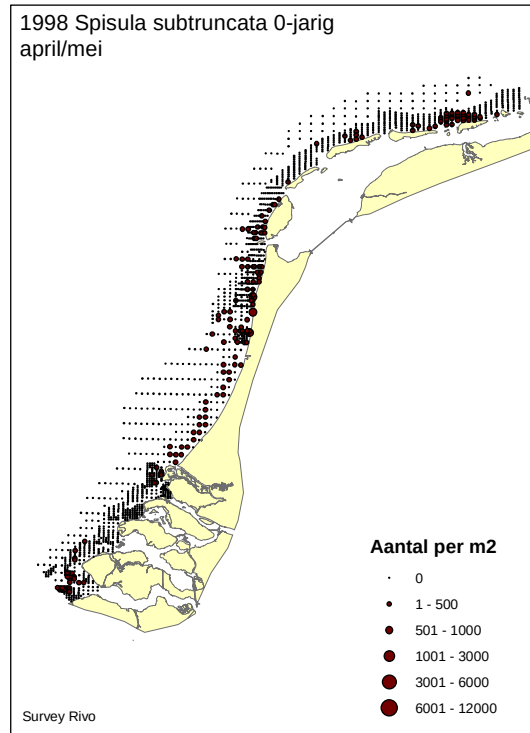


1997 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april/mei

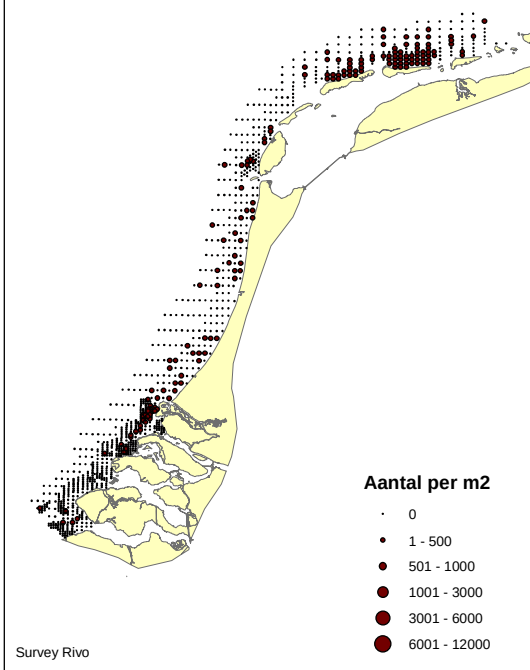


1997 *Spisula subtruncata* meerjarig
april/mei

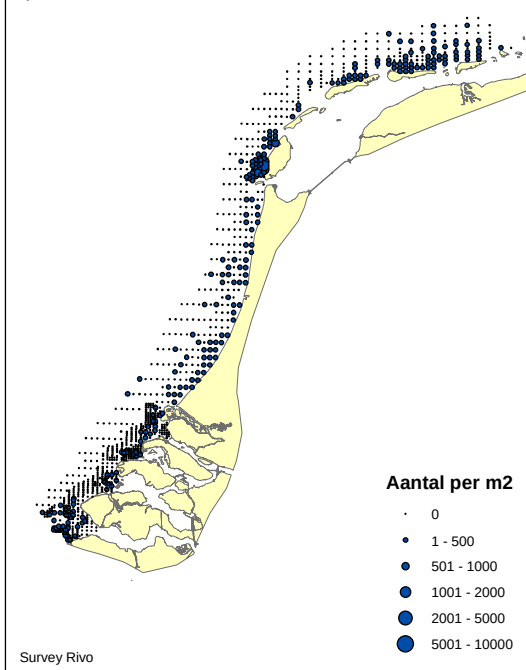




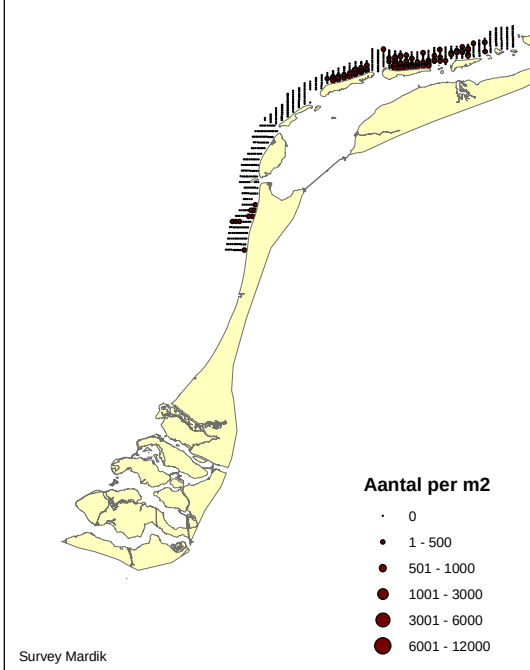
1999 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april/mei



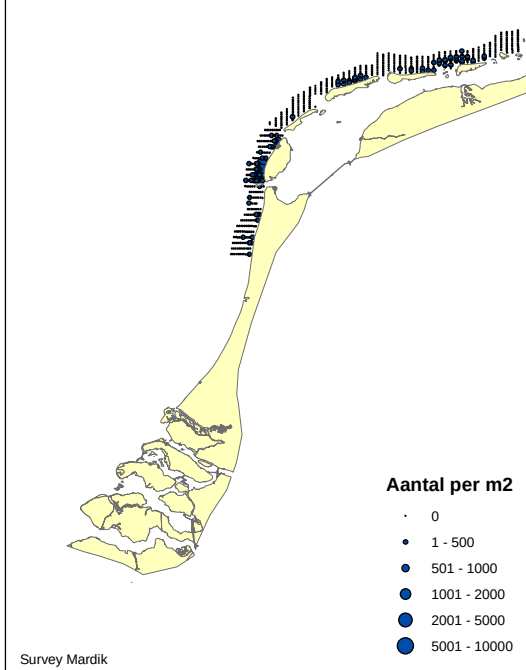
1999 *Spisula subtruncata* meerjarig
april/mei

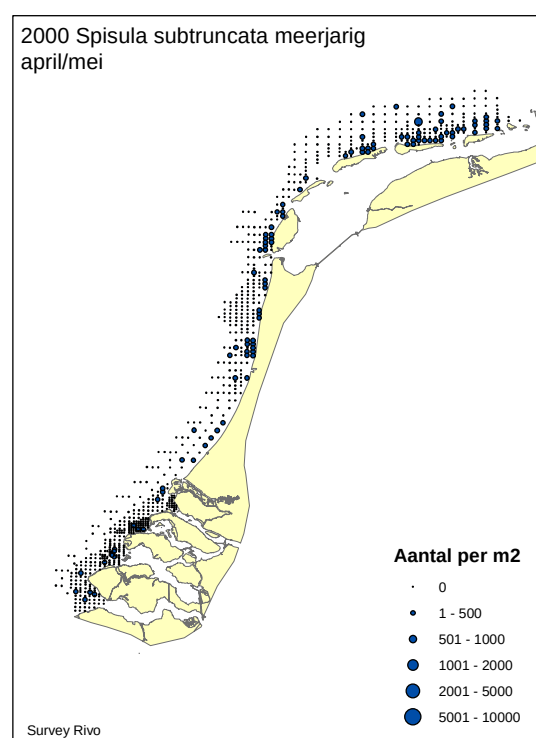
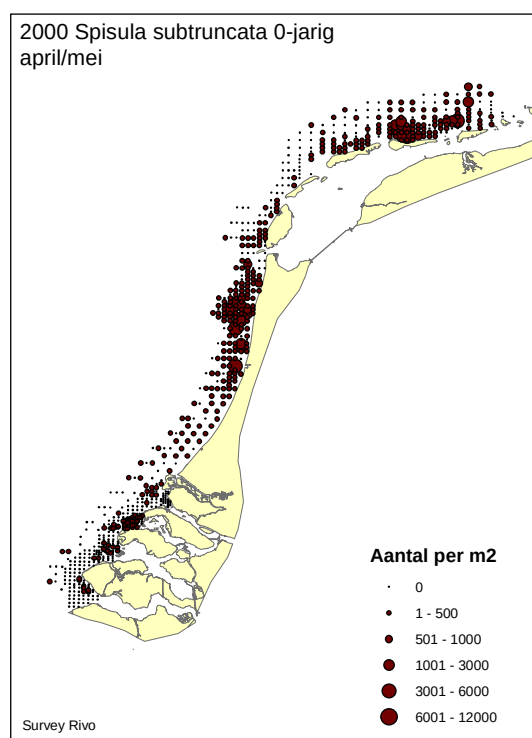
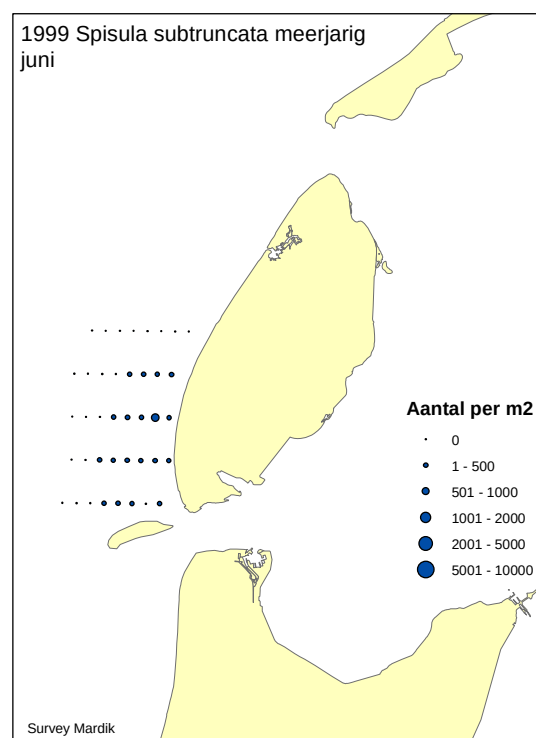
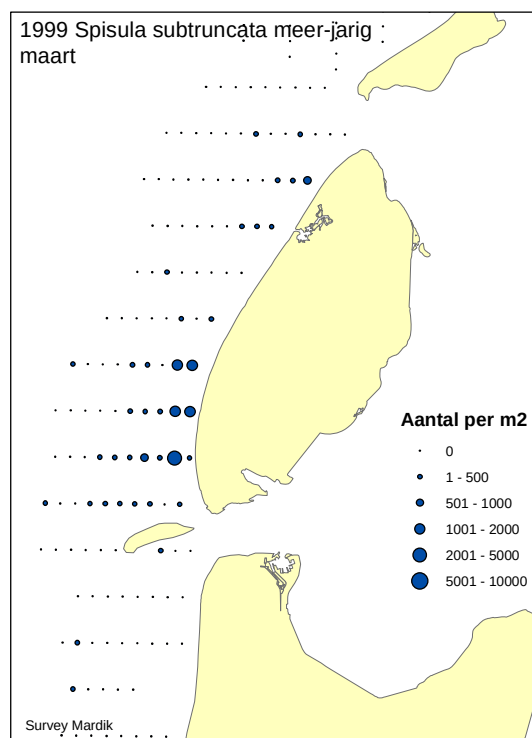


1999 *Spisula subtruncata* 0-jarig
maart

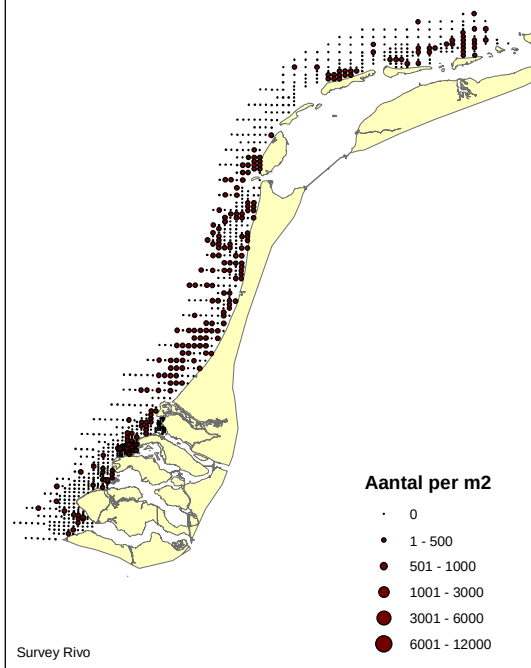


1999 *Spisula subtruncata* meerjarig
maart

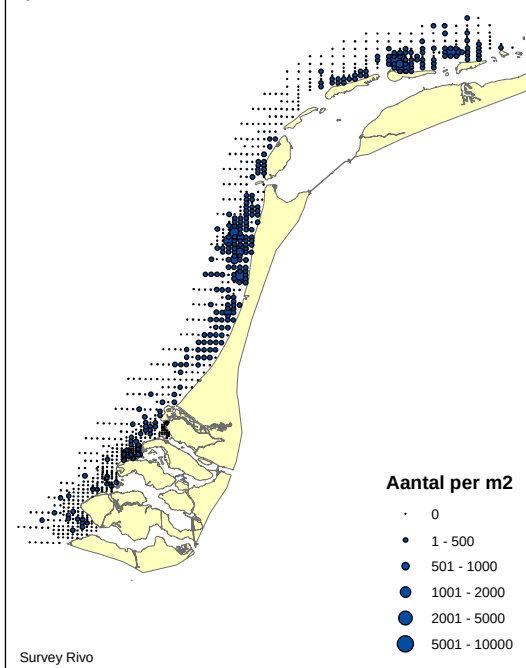




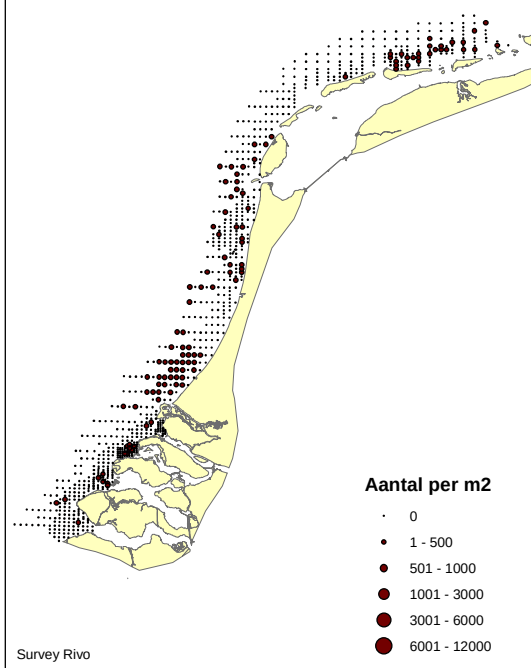
2001 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april/mei



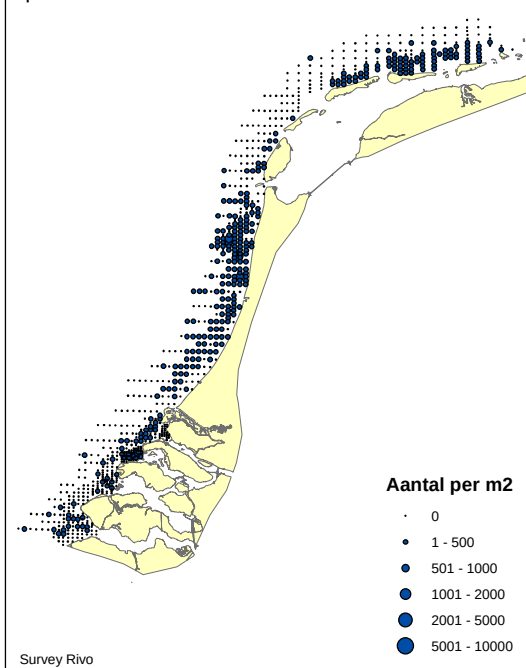
2001 *Spisula subtruncata* meerjarig
april/mei

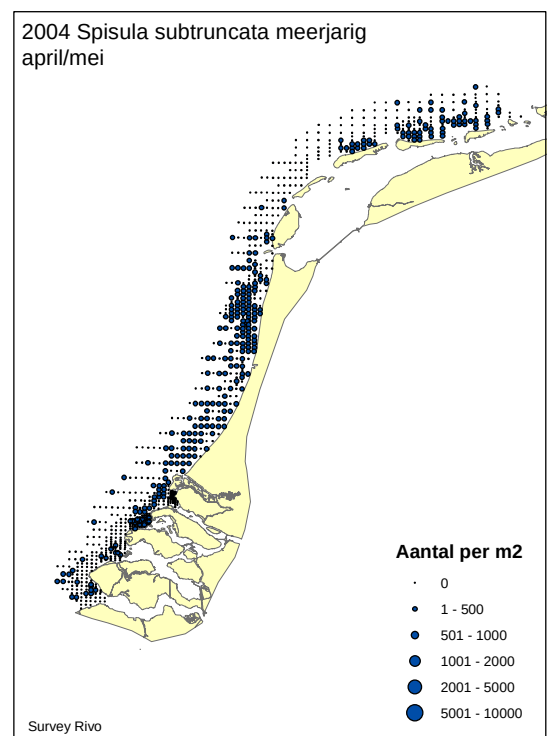
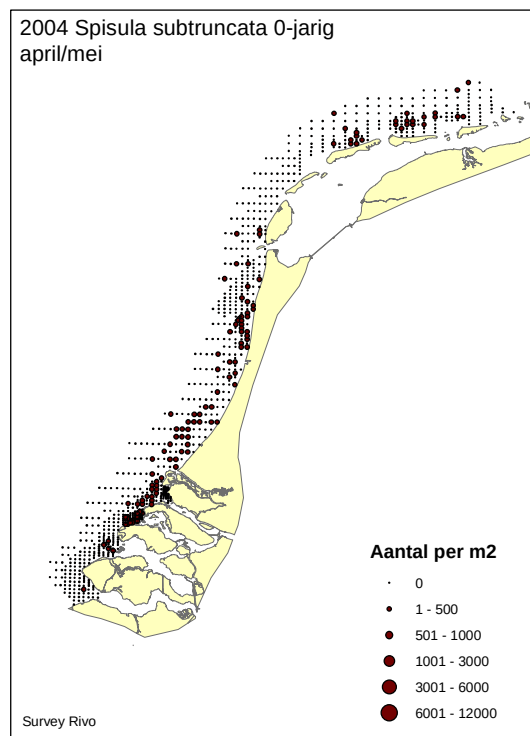
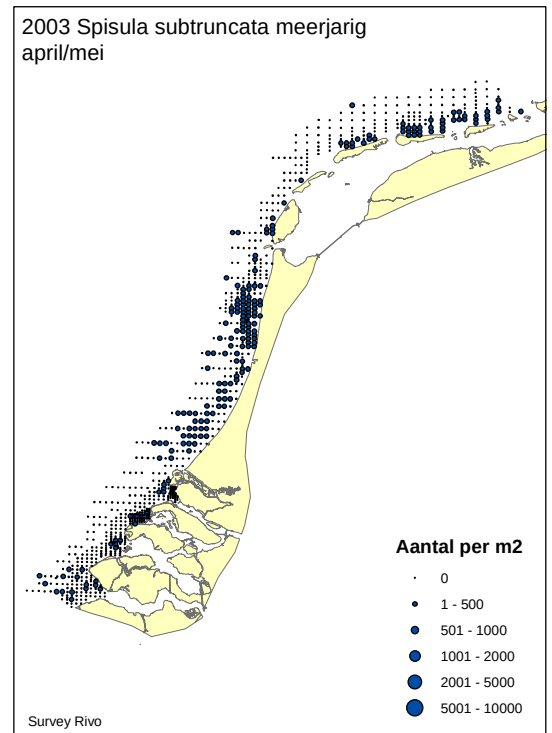
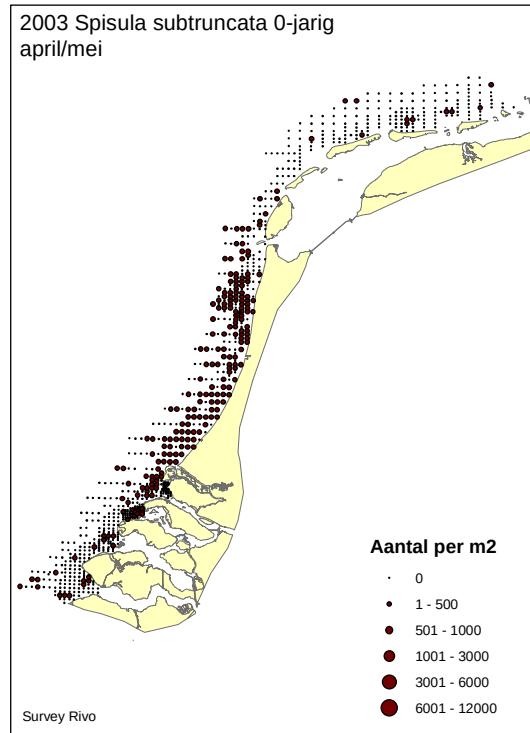


2002 *Spisula subtruncata* 0-jarig
april/mei



2002 *Spisula subtruncata* meerjarig
april/mei





Dr. H.J. Lindeboom

Handtekening:

Datum:

14 februari 2007