

Evaluatie van voedselreservering voor Eidereenden in de Waddenzee - rapportage in
het kader van EVA II deelproject B2

Evaluatie van voedselreservering voor Eidereenden in de Waddenzee - rapportage in het kader van EVA II deelproject B2

**B.J. Ens
R.K.H. Kats**

Alterra-rapport 931

Alterra, Wageningen, 2004

REFERAAT

Ens, B.J. & R.K.H. Kats 2004. *Evaluatie van voedselreservering voor Eidereenden in de Waddenzee - rapportage in het kader van EVA II deelproject B2*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 931. 155 blz. 52 fig.; 12 tab.; .76 ref.

In dit rapport wordt nagegaan of het huidige beleid van voedselreservering voldoende garanties biedt aan de populatie overwinterende Eidereenden tegen mogelijke door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten. Drie onderzoeksvragen staan centraal. (A) Wat is de oorzaak van de waargenomen hoge sterfte en veranderde verspreiding van Eidereenden in de Waddenzee? (B) Biedt het in 2000 aangepaste beleid van voedselreservering voldoende garanties aan de populatie Eidereenden tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten? (C) Hoeveel voedsel zou voldoende zijn als reservering voor de referentieaantallen Eidereenden? Om deze vragen te beantwoorden is uitgebreid onderzoek verricht aan de voedselkeuze, de verspreiding en de aantalsontwikkeling van de Eidereenden. De ratio tussen vleesgewicht en schelpgewicht is van doorslaggevend belang voor de Eidereend, die schelpen in het geheel inslikt. Deze ratio is het gunstigst voor sublitorale mossels en het minst gunstig voor kokkels en *Spisula*. Voedseltekorten verklaren de verhoogde sterfte en veranderde verspreiding. Het huidige beleid van voedselreservering biedt onvoldoende garanties tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten, omdat geen rekening wordt gehouden met verschillen in beschikbaarheid van de prooidieren. De wintersterfte onder de Eidereenden vertoont een duidelijk negatief verband met het aanbod meerjarige sublitorale mosselen, onafhankelijk van de manier waarop de omvang van dit bestand wordt geschat. Er is sprake van een verhoging in de kans op massasterfte onder Eidereenden als het totale bestand sublitorale mosselen op 31 december beneden 90 miljoen kg versgewicht komt (of als het bestand meerjarige sublitorale mosselen op 31 december beneden de 60 miljoen kg versgewicht komt).

Trefwoorden: Eidereend, *Somateria mollissima*, voedsleecologie, voedselreservering, schelpdiervisserij, massasterfte, fysiologische voedselbehoefte, ecologische voedselbehoefte

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 43,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 931. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info@alterra.wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Achtergrond van het probleem	13
1.2 Het beleid van voedselreservering	14
1.3 Onderzoeksvragen	15
1.4 Aanpak en leeswijzer	16
2 Ontwikkeling van de aantallen Eidereenden in Nederland	19
2.1 Inleiding	19
2.2 Aantalsverloop in de Nederlandse kustwateren	19
2.3 Seizoensverloop	25
2.4 Verspreiding over deelgebieden van overwinterende Eidereenden	25
2.5 Ontwikkelingen in de Baltische/Waddenzee flyway populatie als geheel	26
2.6 Discussie	28
2.7 Conclusies	29
3 Schelpdieren als voedsel voor Eidereenden	31
3.1 Inleiding	31
3.2 Relatie tussen vlees en schelp bij verschillende prooien	31
3.2.1 Wilde sublitorale en litorale mosselen	31
3.2.2 Kokkel	35
3.2.3 Spisula	38
3.3 Seizoensvariatie en een vergelijking van prooien	40
3.4 Modelberekeningen aan prooikeus	43
3.5 Selectieproeven aan prooi-soort en prooigrootte	48
3.6 Effect van zeepokken op grootte-selectie	55
3.7 Conclusies	58
4 Verspreiding in relatie tot voedselaanbod en andere factoren	61
4.1 Inleiding	61
4.2 Keuze tussen droogvallende kokkel- en mosselbanken	61
4.3 Relatie met abiotische factoren	62
4.4 Relatie met schelpdieren	65
4.5 Discussie	74
4.6 Het belang van mosselpercelen en sublitorale mossels	75
4.7 Conclusies	77
5 Verklaring voor de hoge sterftes	79
5.1 Inleiding	79
5.2 Sterfte onder Eidereenden	79
5.3 Mogelijke oorzaken	81

5.4	De rol van parasieten	82
5.5	De rol van voedselschaarste	87
5.6	Conclusies	93
6	Dekking van de voedselbehoefte en het beleid van voedselreservering	95
6.1	Inleiding	95
6.2	Berekening voedselbehoefte	95
6.3	Berekening van de dekking van de voedselbehoefte	98
6.4	Het beleid van voedselreservering	99
6.5	Conclusies	101
7	Discussie, conclusies en aanbevelingen	103
7.1	De relatie tussen schelpdiervisserij en sterfte onder Eidereenden	103
7.2	Beantwoording van de onderzoeksvragen	104
7.3	Voedselreservering voor Eidereenden in relatie tot voedselreservering voor andere schelpdieretende vogels	107
7.4	De relatie tussen Eidereenden en mosselcultuur	108
7.5	Aanbevelingen	109
8	Rapport van de wetenschappelijke audit commissie	111
	Literatuur	119
	<i>Bijlagen</i>	
1	The Roosta Resolution	125
2	Extra metingen aan mosselen in 2001	127
3	Selectieproeven	133
5	De relatie tussen de verspreiding van overwinterende Eidereenden en abiotische factoren	139
6	"Imputing" van ontbrekende waarnemingen bij strandvondsten van dode Eidereenden	151

Woord vooraf

Het onderzoek is gefinancierd uit het door de ministeries van LNV en VW betaalde EVA II project (in 2003 programma 422) en het door LNV betaalde bestek 5a "Voedselaanbod voor vogels". De bijdrage van Romke Kats aan het onderzoek werd als project 885.10.203 gefinancierd door NWO in het kader van het prioriteit programma SUSUSE (*Sustainable use and conservation of marine living resources*)

Elze Dijkman, Jenny Cremer en Martin de Jong verzetten veel werk om de gegevens in de goede vorm te gieten. Paul Goedhart verrichtte de statistische analyses. Het RIVO leverde de gegevens over de schelpdierbestanden.

Veel dank aan Cees Camphuysen voor het ter beschikking stellen van de gegevens over de olieslachtoffertellingen op de Nederlandse kust. In de periode 2000-2002 werden deze verzameld met financiële ondersteuning van de Directie Noordzee van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (contract NZ 1240).

Henrik Baekgaard, werkzaam bij het NERI, stelde gegevens over de aantallen maagwormen (*Amidostomum acutum*) van in Denemarken geschoten Eidereenden ter beschikking.

Cor Berrevoets van het RIKZ leverde de gegevens over de aantallen Eidereenden in verschillende habitats.

Tammo Bult, Aad Smaal, Nathalie Steins (namens de visserijsector) en Lian Rombouts (namens de natuurbeschermingsorganisaties) leverden commentaar op een eerdere versie.

Samenvatting

In dit rapport wordt nagegaan of het huidige beleid van voedselreservering voldoende garanties biedt aan de populatie overwinterende Eidereenden tegen mogelijke door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten.

In hoofdstuk 1 wordt de achtergrond van het probleem geschetst, een uitleg gegeven over het beleid van voedselreservering en worden de onderzoeksvragen benoemd.

In hoofdstuk 2 wordt de ontwikkeling van de aantallen Eidereenden in Nederland beschreven. Er wordt geconcludeerd dat de toename van de in Nederland broedende Eidereenden geen verband heeft met de introductie van de mosselcultuur in de Waddenzee. Of de toename van de in Nederland overwinterende Eidereenden verband houdt met de introductie van de mosselcultuur in de Waddenzee is niet duidelijk.

In hoofdstuk 3 wordt het voedsel van de Eidereenden beschreven. De ratio tussen vleesgewicht en schelpgewicht is het gunstigst voor sublitorale mossels en het minst gunstig voor kokkels en *Spisula*. Binnen een prooi-soort is er sprake van opvallend grote variatie in deze ratio. Dat betekent dat (1) Eidereenden uiterst selectief moeten zijn in het kiezen van hun prooien en foerageergebieden, (2) sublitorale mossels alleen gemiddeld de meest aantrekkelijk ratio hebben, (3) lokaal litorale mossels, kokkels en *Spisula* een aantrekkelijke prooi kunnen zijn, hoewel ze gemiddeld minder aantrekkelijk zijn. Uit modelberekeningen blijkt dat de aantrekkelijkheid van de prooidieren, zoals bepaald aan de hand van de ratio tussen vleesgewicht en schelpgewicht, zich vrijwel één op één vertaalt in energetisch voordeel. In de modelberekeningen is aangenomen dat per duik slechts één prooi wordt gevangen. Omdat vermoedelijk meerdere prooien per duik worden gegeten leidt dit tot een overschatting van de duikkosten en daarmee een onderschatting van de aantrekkelijkheid van sublitorale kokkels en *Spisula*. Echter, zelfs bij verwaarloosbaar lage duikkosten zijn mossels gemiddeld energetisch veel aantrekkelijker dan kokkels en *Spisula*. Wanneer de conditie van de schelpdieren afneemt in de loop van de winter, dan kan de berekende dagelijkse energiebehoefte van de Eidereenden voor sommige prooien zo hoog oplopen dat fysiologische grenswaarden worden overschreden. Dit geldt met name voor kokkels en *Spisula*. Eenden die langdurig gedwongen worden dergelijke prooien te eten zullen al etend van de honger omkomen. Prooikeuze experimenten bevestigden de voorspelde preferentie.

In hoofdstuk 4 wordt de verspreiding van de Eidereenden in de Waddenzee geanalyseerd. In de winter van 2001/2002 werd op het oostelijk wad gekeken naar de verspreiding van Eidereenden over de toen massaal aanwezige droogvallende mosselzaadbanken en droogvallende kokkelbanken. De data suggereren een voorkeur voor de mosselbanken. Voor de winters van 1993 t/m 2002 zijn GIS-kaarten gemaakt van het voedselaanbod per vak van 750 bij 750 m: oppervlakte bedekt met kokkelbank, oppervlakte bedekt met mosselbank, oppervlakte bedekt

met perceelmossels, % perceel bedekt met mossels, aantal monsterpunten met 1 of meer wilde sublitorale mossels. Ook de aantallen Eidereenden zijn per winter per vak van 750 bij 750 m bekend. Voor alle 5 de verklarende variabelen zijn er zeer sterke aanwijzingen voor een per jaar verschillende effect. Het verband tussen de dichtheid Eidereenden en het oppervlakte kokkelbanken is alleen positief in de winters van 2000-2002, toen er ook sprake was van verhoogde sterfte en verlaagde aantallen in de westelijke Waddenzee. Er is een groot aantal problemen met de huidige analyse, die mogelijk (deels) verholpen kunnen worden door ruimtelijke opschaling en middeling over meerdere jaren. Het is zeker dat gedurende de onderzoeksperiode Eidereenden verjaagd werden van de mosselpercelen. De mate waarin deze activiteit het verspreidingspatroon van de Eidereenden beïnvloed heeft is niet bekend. Omdat Waddenzee dekkende gegevens over conditie en vlees/schelp ratio van schelpdieren ontbreken is het niet mogelijk het verspreidingspatroon van de Eidereenden te relateren aan de conditie en de vlees/schelp ratio van de schelpdieren.

In hoofdstuk 5 wordt de sterfte onder de Eidereenden geanalyseerd. Hoge sterfte onder Eidereenden trad op in de winters van 1991, 1992, 1999, 2000 en 2001. In de periode mei-juli 1990 was er ook sprake van een zeer hoge sterfte van naar schatting 10.000 Eidereenden. Parasieten verhogen de sterftetekans van een sterk besmet individu, maar spelen voor zover nu valt te beoordelen een secundaire rol in de verklaring van de massale sterftes. De wintersterfte onder de Eidereenden vertoont een duidelijk negatief verband met het aanbod meerjarige sublitorale mosselen, onafhankelijk van de manier waarop de omvang van dit bestand wordt geschat. Voedselschaarste is de meest aannemelijke verklaring voor de verhoogde sterfte onder Eidereenden.

In hoofdstuk 6 wordt de dekking van de voedselbehoefte berekend en wordt het beleid van voedselreservering tegen het licht gehouden. Er moet een onderscheid gemaakt worden tussen de **fysiologische voedselbehoefte** (de hoeveelheid voedsel die een individuele vogel dagelijks moet opnemen om te overleven en in goede conditie te blijven) en de **ecologische voedselbehoefte** (de hoeveelheid voedsel die per vogel in het ecosysteem aanwezig moet zijn om te zorgen dat de vogel in zijn fysiologische vleesbehoefte kan voorzien). De berekende fysiologische voedselbehoefte van Eidereenden hangt af van de prooi-soort. De behoefte is het laagst als de eenden op sublitorale mosselen kunnen foerageren en bereikt onwaarschijnlijk hoge waardes als de eenden op *Spisula* foerageren. De veldschattingen van Nehls komen overeen met de berekende fysiologische voedselbehoefte van Eidereenden die op droogvallende mosselbanken foerageren. Voor de referentie aantallen Eidereenden (130.000) komt dit neer op 16,3 miljoen kg schelpdiervlees in de loop van de winter.

Het bestand sublitorale mosselen, de meest aantrekkelijke prooi voor Eidereenden, was in 2 winters volstrekt onvoldoende om de fysiologische voedselbehoefte van de Eidereenden te dekken en in 3 winters ongeveer gelijk aan de fysiologische voedselbehoefte. Voor Scholeksters kon een model ontwikkeld worden dat bij een gegeven schelpdierbestand uitrekent of de vogels in hun fysiologische voedselbehoefte kunnen voorzien. Dit is niet mogelijk voor de Eidereend, omdat

onze kennis over de voedsleecologie van deze soort veel beperkter is. Wat wel kan is een berekening van de ecologische voedselbehoefte op basis van het waargenomen verband tussen sterfte en de omvang van het bestand sublitorale mosselen.

In hoofdstuk 7 worden de hoofdvragen uit het rapport als volgt beantwoord:

A. Wat is de oorzaak van de waargenomen hoge sterfte en veranderde verspreiding van Eidereenden in de Waddenzee?

- In dit rapport wordt aannemelijk gemaakt dat sublitorale mosselen van groot belang zijn voor de Eidereenden die in de Nederlandse Waddenzee overwinteren en dat tekorten aan sublitorale mosselen in de afgelopen jaren hebben geleid tot verhoogde sterfte en een veranderde verspreiding.
- Een definitief antwoord op de vraag of mosselkweek in de arme jaren het bestand sublitorale mosselen heeft verhoogd dan wel verlaagd kan niet gegeven worden, omdat goede getallen ontbreken. Er zijn aanwijzingen dat mosselkweek de bestanden sublitorale mosselen in de Waddenzee gemiddeld verhoogt, maar het is mogelijk dat de mosselkweek in de arme jaren de bestanden heeft verlaagd.

B. Biedt het in 2000 aangepaste beleid van voedselreservering voldoende garanties aan de populatie Eidereenden tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten?

Het in 2000 ingezette beleid van voedselreservering biedt meer garanties dan het beleid uit 1993, dat onvoldoende garanties bood. Desondanks is ook het nieuwe beleid inadequaat omdat het gebaseerd is op onjuiste wetenschappelijke aannames:

- Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat schelpdieretende vogels net als vissers slechts een deel van het bestand profijtelijk kunnen oogsten. Het beleid is gebaseerd op de fysiologische voedselbehoefte van de vogels (de hoeveelheid voedsel die de vogels tot zich moeten nemen om in goede conditie te blijven), maar kan alleen extra voedselgebrek door visserij in voedselarme jaren voorkomen als het wordt gebaseerd op de ecologische vleesbehoefte (de hoeveelheid voedsel die per vogel in het ecosysteem aanwezig moet zijn opdat de vogels in hun fysiologisch voedselbehoefte kunnen voorzien).
- Kokkels, mosselen en *Spisula* worden volledig uitwisselbaar geacht, terwijl de oogstbaarheid voor de Eidereend sterk verschilt. De kwaliteit van kokkels en *Spisula* zal regelmatig zo laag zijn dat de eenden niet in leven kunnen blijven als ze van die schelpdieren moeten leven. Ook is de berekende fysiologische voedselbehoefte veel hoger als de eenden op kokkels of *Spisula* moeten foerageren.

C. Hoe veel voedsel zou voldoende zijn als reservering voor de referentie-aantallen Eidereenden?

Op basis van de huidige kennis over de voedsleecologie van de Eidereend is een kwantitatief antwoord alleen mogelijk in termen van het bestand sublitorale mosselen, bestaande uit de mosselen op de kweekpercelen en de mosselen op de

wilde sublitorale banken. Het antwoord kan gegeven worden in termen van het totale bestand sublitorale mosselen, of alleen het bestand meerjarige sublitorale mosselen. Er is sprake van een verhoging in de kans op massasterfte onder Eidereenden als het totale bestand sublitorale mosselen op 31 december beneden 90 miljoen kg versgewicht komt (of als het bestand meerjarige sublitorale mosselen op 31 december beneden de 60 miljoen kg versgewicht komt). De kans op massasterfte onder Eidereenden is meer dan 50% als het totale bestand sublitorale mosselen op 31 december beneden de 64 miljoen kg versgewicht komt (of als het bestand meerjarige sublitorale mosselen beneden de 33 miljoen kg versgewicht komt). Reservering van de voor Eidereenden minder aantrekkelijke prooien als litorale mossels, kokkels en *Spisula* is zinvol als het bestand sublitorale mosselen zeer laag is.

Het is duidelijk dat onze kennis over de voedsleecologie van de in de Nederlandse Waddenzee overwinterende Eidereenden belangrijke lacunes vertoont.

- Het verdient daarom aanbeveling de in dit rapport gepresenteerde experimenten met een aanzienlijk groter aantal proefdieren te herhalen en te toetsen of de voorspelde prooiselectie ook in het veld wordt waargenomen.
- Daarnaast wordt aanbevolen een goede analyse te maken van de temporele en spatiele fluctuaties in de beschikbaarheid en de geschiktheid van schelpdieren als voedselbron, inclusief de mossels op de mosselpercelen.

Dit rapport maakt ook duidelijk dat het bestand sublitorale mosselen een grote rol speelt in de voedselvoorziening van de Eidereend. Tegelijkertijd zijn er belangrijke manco's in onze kennis over de omvang van dit bestand. Dit leidt tot de volgende aanbevelingen:

- Een betrouwbare survey van het wilde bestand sublitorale mosselen in het najaar. Nu is er sprake van een survey in het voorjaar, nadat de visserij reeds heeft plaatsgevonden, en een expert judgement in het najaar.
- Registratie van verplaatsingen van mosselen tussen percelen. Op dit moment worden alleen de zaadvangsten en de aanlandingen van consumptie mosselen centraal geregistreerd. Dat betekent dat op enig moment niet goed bekend is hoeveel mosselen op de percelen in de Waddenzee liggen, terwijl uit reconstructies achteraf blijkt dat dit om een aanzienlijk deel van het totale bestand sublitorale mosselen gaat (Bult *et al.* 2003b).

Een belangrijk voordeel van het registreren van verplaatsingen tussen percelen is dat dit op den duur ook een beter inzicht zal geven in het rendement van de mosselcultuur en de mogelijkheden om dat rendement te verbeteren op een manier die zowel de mosselkwekers als de Eidereenden ten goede komt.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van het probleem

Massale sterfte onder Eidereenden (*Somateria mollissima*) speelt een belangrijke rol in het conflict tussen schelpdiervissers en natuurbeschermers. In de winter van 1990/1991 vond voor het eerst massale, niet door een olieramp veroorzaakte sterfte onder Eidereenden plaats. In het voorafgaande najaar van 1990 had het ministerie van LNV op grond van de schaarste aan kokkels en mosselen de helft van de Waddenzee gesloten voor kokkelvisserij. De vissers vochten dit besluit aan bij de Raad van State en werden in het gelijk gesteld. Vervolgens werd er bijna 6 miljoen kg kokkelvles uit de Waddenzee opgevist. Toen daarna massale sterfte onder Eidereenden optrad leidde dit tot koppen in de media als "wanbeleid in de Waddenzee kost duizenden vogels het leven" (van de Kuip 1991) en "de grote kokkelroof van 1990" (Hellman 1992).

In de winter van 1999/2000 vond opnieuw een extreme sterfte plaats onder de in Nederland overwinterende Eidereenden. Op basis van uitgebreid onderzoek komen Camphuysen c.s. tot de conclusie dat deze sterfte het gevolg is geweest van verhongering door voedseltekort en dat schelpdiervisserij mede verantwoordelijk is voor dit voedseltekort (Camphuysen *et al.* 2002). In het artikel wordt verder vermeld dat een eerdere grotere sterfte optrad in de winter van 1990/1991 en dat er sindsdien structureel minder Eidereenden in de Waddenzee en meer Eidereenden op de Noordzee overwinteren. Een mogelijke verklaring voor deze verschuiving vormt een structurele verlaging van het aanbod mosselen op de mosselpercelen in de Waddenzee. Indien deze sterfte en de verandering in verspreiding inderdaad geheel of gedeeltelijk geweten kunnen worden aan menselijke activiteiten als schelpdiervisserij, dan is er sprake van een situatie die niet te verenigen is met de officiële doelstellingen voor de Waddenzee. Menselijke activiteiten, zoals schelpdiervisserij, zijn immers toegestaan zolang deze activiteiten geen wezenlijke nadelige effecten hebben op de natuurwaarden van de Waddenzee.

Er zijn ook onderzoekers die concluderen dat het totale schelpdierbestand in de winter van 1999/2000 meer dan voldoende was om de populatie Eidereenden te voeden (Smaal *et al.* 2000; Smaal *et al.* 2001). Zij concluderen het volgende: "*As no dramatic abnormalities in shellfish abundance and quality could be found in autumn 1999, food shortage is not the most likely cause of the increased Eider duck mortality episode in 1999/2000. An alternative explanation for the mass mortality may be found in the abnormal crab abundance and subsequent high risk of parasite infection.*"

In opdracht van het ministerie van LNV is de sterfte ook door het EC-LNV onderzocht (van den Berk *et al.* 2000). Het EC-LNV komt op basis van deels hetzelfde bewijsmateriaal als de eerder genoemde onderzoekers tot de volgende conclusie: "*De massale sterfte van eidereenden in de Nederlandse Waddenzee in 1999/2000 is veroorzaakt doordat een groot aantal eidereenden de gevolgen van een, op zich geregeld voorkomende infectie met parasieten (de darmparasiet *Profilocollis botulus*, die wordt opgenomen met de strandkrab *Carcinus maenas* als tussengastheer, en waarschijnlijk ook de maagparasiet*

Amidostomum spec.), niet kon weerstaan omdat de hiervoor benodigde voedselhoeveelheid niet kon worden opgenomen. De vogels zijn daardoor verhongerd. Analyse van de beschikbare gegevens ten aanzien van de vier belangrijkste prooidiersoorten (mossel, kokkel, *Spisula* en strandkrab) maakt aannemelijk dat in 1999/2000 sprake was van een op meerdere punten met voorgaande winters verschillende voedselsituatie, leidend tot een combinatie van omstandigheden die zich in de jaren daarvoor (in ieder geval sinds 1994) niet heeft voorgedaan. Op grond van deze voedselgegevens lijken veranderingen in de schelpdierbestanden te hebben geleid tot een voor eidereenden ongunstige voedselsituatie (een tekort aan beschikbare schelpdieren), die in combinatie met parasitaire infecties de massale sterfte van eidereenden heeft veroorzaakt". In het rapport van het EC-LNV wordt ook aandacht besteed aan de rol van de schelpdiervisserij. Er worden geen harde conclusies getrokken over de mosselvisserij en de kokkelvisserij, maar over de *Spisula* visserij wordt geconcludeerd dat die heeft bijgedragen aan het niet beschikbaar zijn van Halfgeknotte Strandschelpen (*Spisula subtruncata*) voor de Eidereenden. Deze conclusies worden onderschreven door een onafhankelijke audit commissie (de Boer *et al.* 2000), die het rapport op verzoek van het ministerie van LNV beoordeelt. In de winter van 2001/2002 deed zich opnieuw een grote sterfte voor onder de in Nederland overwinterende Eidereenden. In opdracht van LNV is ook deze sterfte onderzocht (Ens *et al.* 2002). De conclusies ondersteunen de eerdere conclusies van Camphuysen c.s. en het EC-LNV: "Samenvattend: de ten opzichte van andere jaren sterk verhoogde sterfte van Eidereenden in 2001/2002 kan verklaard worden uit een tekort aan geschikt voedsel, met name het bestand halfwas mosselen op de percelen in het sublittoraal van de westelijke Waddenzee. Het feit dat veel dood gevonden eenden sterk besmet waren met darmparasieten (*P. botulus*) en/of maagparasieten (*A. acutum*) kan verklaard worden uit het feit dat in tijden van voedselschaarste de verzwakte individuen als eerste sterven. Sterk met parasieten geïnfecteerde dieren zouden bij voedselschaarste wel eens extra in het nadeel kunnen zijn als gevolg van een verhoogde voedselbehoefte. Er zijn geen aanwijzingen, maar ook geen relevante gegevens, dat er behalve voedselschaarste ook sprake was van een epidemie van darmparasieten en/of maagparasieten." Ook deze conclusie wordt onderschreven door een onafhankelijke audit commissie (de Boer *et al.* 2002), die het rapport op verzoek van het ministerie van LNV beoordeelt.

1.2 Het beleid van voedselreservering

Het in 1993 in het kader van de structuurnota zee- en kustvisserij ingestelde beleid van voedselreservering beoogt in voedselarme jaren extra voedseltekorten voor schelpdieretende vogels als gevolg van schelpdiervisserij te voorkomen (LNV 1993). In het kader van dit beleid wordt schelpdiervisserij beperkt of zelfs geheel gesloten in jaren met weinig schelpdieren. Op grond van de berichten over de Eidereendensterfte en de conclusies in het rapport over de berekeningsmethodiek Waddenzee (Ens 2000) heeft staatssecretaris Faber het beleid van voedselreservering in 2000 aangescherpt (LNV 2000). Tot het moment van deze nieuwe maatregelen van staatssecretaris Faber beperkte het beleid van voedselreservering zich tot de droogvallende platen, terwijl de Eidereenden een belangrijk deel van hun voedsel verkrijgen uit de delen van de Waddenzee die permanent onder water staan, het zogenaamde sublittoraal. Het oorspronkelijke beleid bood dus onvoldoende garanties

aan de populatie Eiders eenden tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten (Ens 2000).

Het beleid van voedselreservering gaat uit van de aantallen schelpdieretende vogels die in de periode 1980-1990 in de Waddenzee overwinterden. Voor de Eider eend zijn dit ca. 130.000 dieren. De vleesbehoefte van deze eenden in de loop van de winter wordt geschat op 16,3 miljoen kg vlees (Ens 2000). Het beleid neemt aan dat een deel van deze vleesbehoefte kan worden gedekt door andere prooien dan schelpdieren. In het oude beleid bedroeg het aandeel alternatieve prooien 40%, in het nieuwe beleid 30%. De achtergrond van deze percentages is niet wetenschappelijk gedocumenteerd. De volgende stap is dat de vleesbehoefte vertaald moet worden naar schelpdierbestanden die minimaal moeten blijven liggen. Oftewel, de **fysiologische voedselbehoefte** (de hoeveelheid voedsel die een individuele vogel dagelijks moet opnemen om te overleven en in goede conditie te blijven) moet vertaald worden in de **ecologische voedselbehoefte** (de hoeveelheid voedsel die per vogel in het ecosysteem aanwezig moet zijn om te zorgen dat de vogel in zijn fysiologische vleesbehoefte kan voorzien). Voor kokkels wordt aangenomen dat alleen kokkels in dichtheden boven de 50 per m² oogstbaar zijn voor de vogels. Zowel het oude als het nieuwe beleid nemen echter aan dat alle mossels en *Spisula* oogstbaar zijn voor de vogels. Voor deze laatste twee soorten wordt de ecologische voedselbehoefte dus gelijk gesteld aan de fysiologische voedselbehoefte.

Uitgaande van een vleesbehoefte van 16,3 miljoen kg vlees, 30% alternatieve prooien, geen correctie voor beschikbaarheid en de aanname dat Eiders eenden 75% van hun voedselbehoefte dekken met schelpdieren uit het sublitoraal, komt de staatssecretaris uit op 8,6 miljoen kg schelpdiervlees in het sublitoraal (LNV 2000). Daarbij wordt aangenomen dat mossels, kokkels en *Spisula* volledig uitwisselbaar zijn. Voor het uitwisselbaar maken van schelpdierbestanden zijn goede wetenschappelijke argumenten aan te dragen (Ens 2000), maar die snijden alleen hout als het om de dekking van de ecologische vleesbehoefte gaat.

1.3 Onderzoeksvragen

In dit rapport wordt gepoogd een antwoord te vinden op de volgende drie vragen:

A: Wat is de oorzaak van de waargenomen hoge sterfte en veranderde verspreiding van Eiders eenden in de Waddenzee?

Aangezien het antwoord op deze vraag op hoofdlijnen duidelijk lijkt (zie boven), zal de aandacht zich richten op de analyse van nieuwe informatie die sinds het verschijnen van het rapport over de Eiders eendensterfte in de winter van 2001/2002 beschikbaar is gekomen. De vraag wordt dan of de nieuwe informatie de conclusie ondersteunt dat de hoge sterfte en veranderde verspreiding het gevolg is van een tekort aan geschikt voedsel, met name sublitorale mosselen, of dat de nieuwe gegevens tot heel andere inzichten aanleiding geven.

B: Biedt het in 2000 aangepaste beleid van voedselreservering voldoende garanties aan de populatie Eidereenden tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten?

Dat het oorspronkelijke beleid van voedselreservering onvoldoende garanties bood tegen extra voedseltekorten als gevolg van schelpdiervisserij is duidelijk. Om die reden is het beleid dan ook aangepast in 2000. De vraag die in dit rapport beantwoord moet worden is of het nieuwe beleid wel voldoende garanties biedt. Daarbij zal met name aandacht moeten zijn voor de leemtes in de kennis over de voedsel生态学 van de Eidereend. Mocht het nieuwe beleid onvoldoende garanties bieden, dan moet de volgende vraag beantwoord worden:

C: Hoe veel voedsel zou voldoende zijn als reservering voor de referentie-aantallen Eidereenden?

1.4 Aanpak en leeswijzer

Om de bovengestelde vragen te kunnen beantwoorden wordt begonnen met het beschrijven van de populatie-ontwikkelingen van de Eidereend in hoofdstuk 2. Een belangrijke vraag die op de achtergrond speelt is in hoeverre de introductie van de mosselcultuur in de Waddenzee rond 1950 deze populatie-ontwikkelingen heeft beïnvloed.

In hoofdstuk 3 worden de voor Eidereenden belangrijke eigenschappen van de prooidieren beschreven. Ook wordt berekend wat de meest aantrekkelijke prooien zijn. Hiertoe wordt een in het kader van EU-project ESSENSE ontwikkeld model over de prooikeus en het energiebudget van de Eidereend toegepast. Dit model is in het kader van deze studie verder ontwikkeld (Brinkman *et al.* 2003). In dit deelproject van EVA II is desondanks een veel minder belangrijke rol weggelegd voor wiskundige modellen dan in de deelprojecten over de voedselreservering voor de Scholekster (Rappoldt *et al.* 2003a; Rappoldt *et al.* 2003b). Als er namelijk iets is wat de afgelopen tijd duidelijk is geworden, dan is het dat er eerst veel meer kennis nodig is over de voedsel生态学 van de Eidereend. Daarom zijn in het kader van EVA II ook selectieproeven uitgevoerd. De resultaten van deze proeven komen aan het eind van hoofdstuk 3 aan bod.

In hoofdstuk 4 wordt de waargenomen verspreiding gerelateerd aan het voedselbestand. De schelpdierbestanden waarvan de Eidereend leeft worden jaarlijks geïnventariseerd door het RIVO vanaf 1990. Het RIKZ telt vanaf 1993 elk jaar in januari de Eidereenden in de Waddenzee middels een vliegtocht. Sinds 1999 zijn er ook door Alterra een aantal vliegtuigtellingen verricht (de Jong *et al.* 2002; de Jong *et al.* 2003). In het kader van dit project is daarom een analyse uitgevoerd van het verband tussen de verspreiding van de Eidereenden in de Waddenzee en de verspreiding van de aanwezige schelpdierbestanden.

In hoofdstuk 5 wordt de laatste stand van zaken gegeven over de hoge sterftes onder de Eidereenden en de meest aannemelijke verklaringen voor die hoge sterftes. Het betreft een aanvulling op de uitgebreide rapportage van Ens *et al.* (2002).

In hoofdstuk 6 wordt nagegaan in hoeverre de Eidereenden in de afgelopen jaren in hun voedselbehoefte hebben kunnen voorzien en wordt het beleid van voedselreservering geëvalueerd.

In hoofdstuk 7 wordt alle in de voorgaande hoofdstukken gepresenteerde informatie gebruikt om de in de inleiding gestelde vragen te beantwoorden. Dit leidt ook tot een aantal duidelijke aanbevelingen.

2 Ontwikkeling van de aantallen Eidereenden in Nederland

2.1 Inleiding

Het doel van dit hoofdstuk is een beschrijving te geven van de ontwikkelingen van de aantallen Eidereenden die in Nederland broeden en overwinteren. Deze aantalsontwikkelingen moeten gezien worden tegen de achtergrond van de ontwikkelingen van de totale omvang van de Baltische-Waddenzee *flyway* populatie. Een belangrijke vraag die aan de orde komt is of er een verband is tussen de toename van de Eidereenden en de introductie van de mosselcultuur in de westelijke Waddenzee.

2.2 Aantalsverloop in de Nederlandse kustwateren

Veel mensen denken dat de Eidereend een nieuwkomer is in de Nederlandse kustwateren, maar dat is niet zo. Uit opgravingen blijkt dat reeds in het Atlanticum (5000-2500 v. Chr.) Eidereenden in omringenden landen als Groot Brittannië en Denemarken voorkwamen. In Nederland zijn terpvondsten bekend uit de Middeleeuwen. Alleen broedend zijn Eidereenden makkelijk te vangen en het lijkt dus waarschijnlijk dat de Eidereend honderden, zo niet duizenden jaren geleden al in Nederland broedde (Swennen 1991a). De makkelijke vangbaarheid werd ook de ondergang van de soort en rond het einde van de Middeleeuwen was de Eidereend door overexploitatie uit Nederland en omliggende landen verdwenen en kwam alleen nog in het hoge noorden voor. Swennen (1991a) veronderstelt dat de reductie van de menselijke bevolking, vooral langs de kust, gedurende het hoogtepunt van de Kleine IJstijd (17^e eeuw), en de daaropvolgende trek naar de stad als gevolg van de Industriële Revolutie de menselijke predatiedruk op de Eidereenden in de kuststreek aanzienlijk heeft verminderd. Bijgevolg konden de eenden weer toenemen in aantal. Aan het einde van de 18^e eeuw broedden ze weer in de internationale Waddenzee en het eerste broedgeval in Nederland dateert van 1906 (Swennen 2002). Aanvankelijk namen de aantallen maar heel langzaam toe (Fig. 2.1). Tussen 1925 en 1935 was er sprake van een extreem snelle toename van jaarlijks 45%, al zijn er wel vraagtekens bij de betrouwbaarheid van de getallen (Camphuysen 1996). Tussen 1940 en 1960 nam het aantal broedparen toe van ongeveer 300 tot ongeveer 6000 paren, een jaarlijkse groeisnelheid van 16%. De populatie kreeg kort na 1960 een gevoelige klap door vergiftiging met telodrin en dieldrin uit de Rijn, maar herstelde zich en nam nog verder toe (Fig. 2.1). De toename ging wel langzamer dan de eerdere toenames vanaf 1925 en bedroeg jaarlijks ongeveer 6%. Rond 1990 vond een sterke afname plaats. In een paar jaar tijd halveerde het aantal broedparen. Herstel was ook weer snel, wat kan betekenen dat de lage aantallen broedparen het gevolg zijn van foutieve aannames in de reconstructie, of dat rond 1990 veel vrouwtjes niet tot broeden kwamen, die een paar jaar later wel weer aan het broedproces meededen. In de zomers van 1989, 1991 en met name 1990 was er ook een opvallend hoge sterfte onder de Eidereenden (Fig. 5.1). In de periode mei-juli 1990 stierven naar schatting 10.000 Eidereenden. Dit

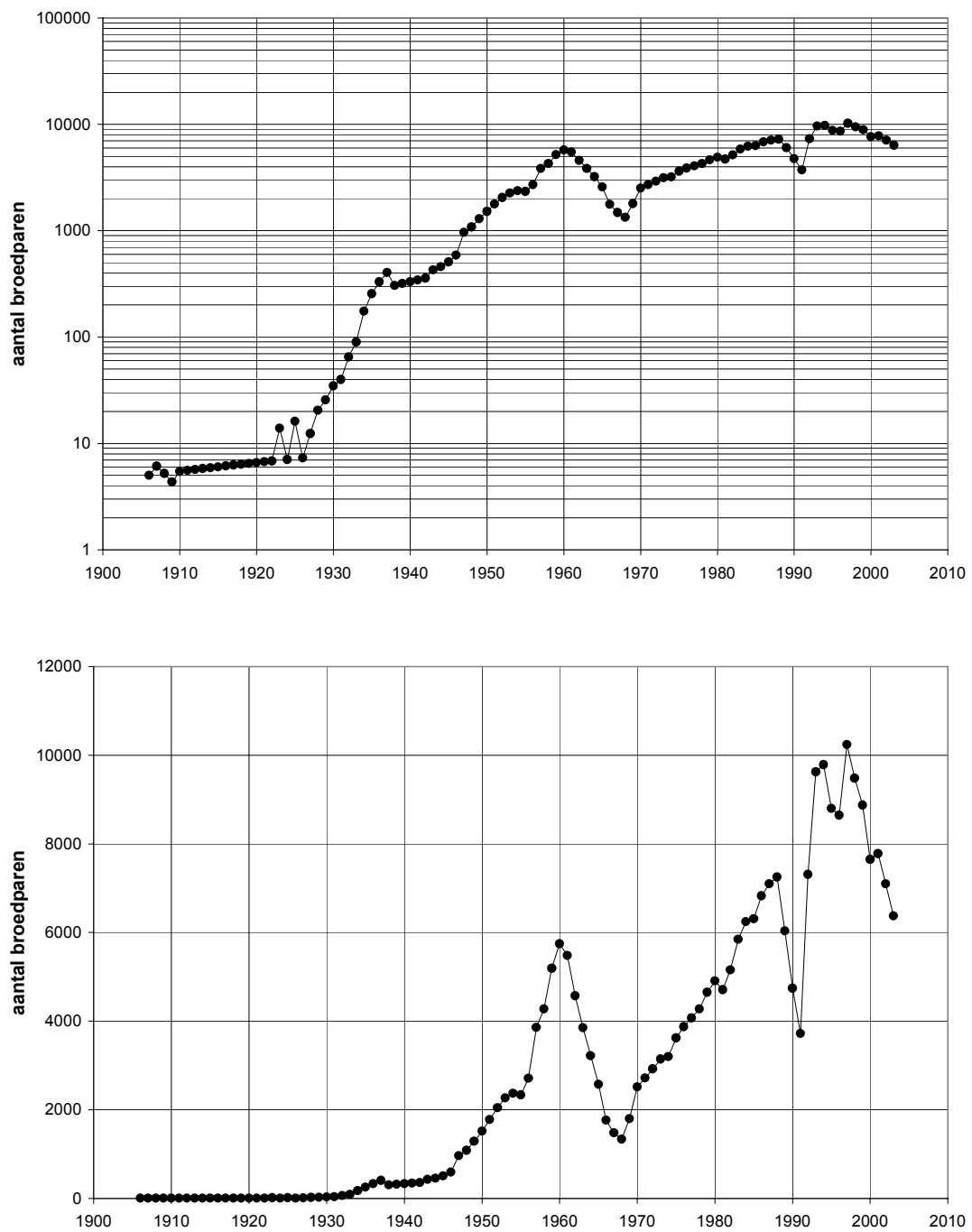
kunnen achtergebleven verzwakte trekvogels zijn geweest, maar waarschijnlijker is dat het om vogels ging die tot de Nederlandse broedpopulatie behoorden. De reconstructie van Camphuysen (1996) laat geen teruggang zien rond 1990, maar een teruggang rond die tijd lijkt hem wel zeer waarschijnlijk (Camphuysen, pers. med.).

Volgens de huidige reconstructie werd in 1997 een maximum van iets meer dan 10.000 broedparen bereikt. Sinds die tijd lijkt er sprake van een afname. Recent gepubliceerde schattingen stemmen overeen met de hier gepresenteerde reconstructie. Rasmussen *et al.* (2000) schatten dat er in 1996 ongeveer 10.000 paren broedden in de Nederlandse Waddenzee. Desholm *et al.* (2002) houden het op basis van de beschikbare informatie op een getal van 7621 paren voor 1991 en tussen de 5.000 en 10.000 voor de jaren daarna. De laatste jaren lijkt er sprake van een daling in het aantal broedparen (Dijksen & Koks 2001), of op zijn best een stabilisatie van het aantal (Oosterhuis & van Dijk 2002).

De Eidereenden die in Nederland broeden blijven het hele jaar door in de buurt van de broedkolonies, met name de vrouwtjes (Swennen 1990). Eidereenden zijn monogaam (Cramp & Simmons 1977) en komen pas na een aantal jaren tot broeden (Swennen 2002). Inclusief de niet-broedende vogels zal de Nederlandse broedpopulatie in de periode 1980-1990 ruw geschat op zijn hoogst zo'n 20.000 dieren hebben bedragen. In dezelfde periode bedroeg het aantal overwinterende dieren zo'n 130.000. Het gros (ongeveer 85%) van de dieren die in de Nederlandse Waddenzee overwintert broedt dus elders, vooral Denemarken, Zweden en Finland (Rose & Scott 1994).

Over het historische verloop van de aantallen in Nederland overwinterende Eidereenden zijn wij minder goed geïnformeerd dan over het aantal broedende Eidereenden. Dat heeft te maken met het feit dat Eidereenden in korte tijd alleen goed te tellen zijn vanuit een vliegtuig.

De eerste vliegtuigtelling in de Nederlandse Waddenzee vond plaats op 5 oktober 1931. Deze vlucht was geconcentreerd op de hoogwatervluchtplaatsen voor steltlopers (Oordt 1932). Van deze 'telling' werd in het logboek van de vlucht geen melding gemaakt van waargenomen Eidereenden. Door de geringe ervaring met het tellen van vogels vanuit de lucht door de tellers kan de Eidereend niet zijn opgemerkt, maar vanwege het contrastrijke verenkleed van de mannen lijkt dit erg onwaarschijnlijk. Waarschijnlijker is dat Eidereenden destijds in veel lagere aantallen voorkwamen dan tegenwoordig en dat de route niet over de beste Eidereend gebieden lag. Ook andere bronnen suggereren dat Eidereenden vroeger 's winters minder algemeen waren in Nederland. Zo vermeldt J.P. Thijsse het volgende in zijn boek het Vogeljaar: 'Weliswaar kregen we iederen winter overwinterende Eiders te zien,...' en 'Vroeger gold het als een buitenkansje, als je Eiders te zien kreeg en dat was dan meestal nog in den winter'.

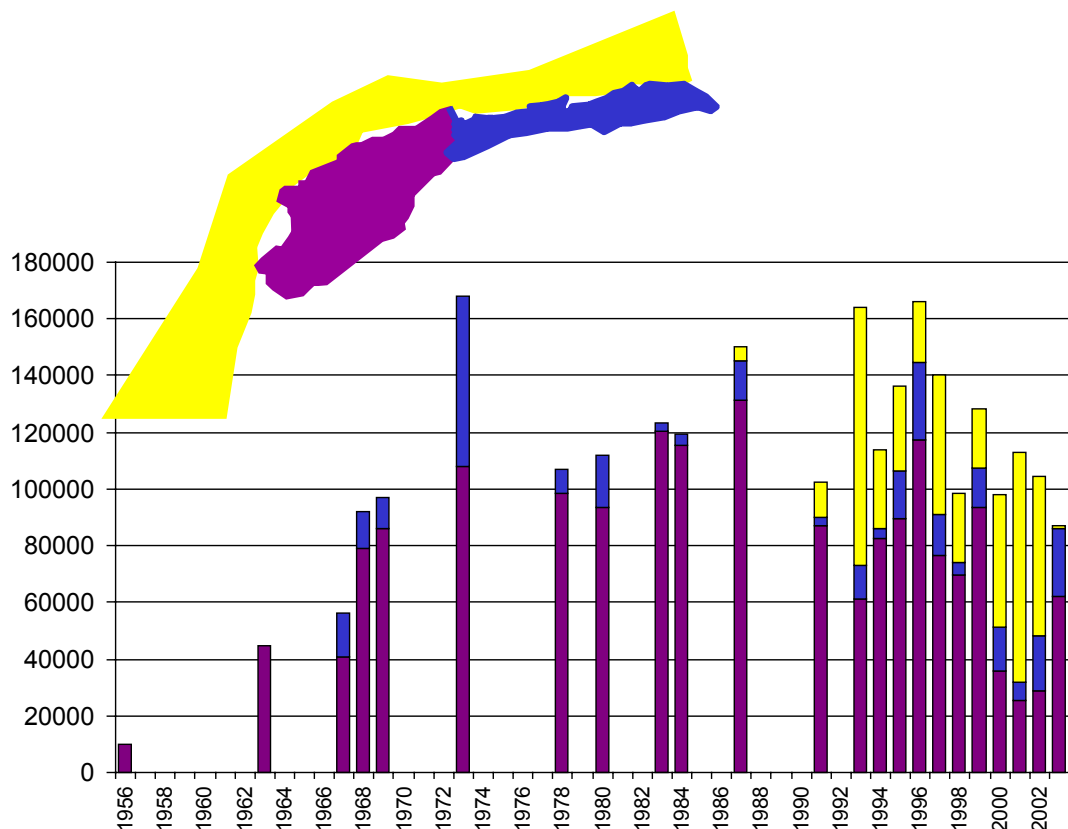


Figuur 2-1: Reconstructie van het aantal broedparen van de Eidereend in de Nederlandse Waddenzee op (a) logaritmische schaal, zodat de groeisnelheid van de populatie over verschillende periodes vergeleken kan worden, (b) lineaire schaal, zodat de omvang van de teruggangen duidelijk is. Voor de periode 1905-1995 in belangrijke mate gebaseerd op Tabel 3.2 uit Camphuysen (1996). Getallen voor latere jaren zijn gebaseerd op door Kats (ongepubliceerd) uit een groot aantal rapportages verzameld cijfermateriaal

Op 22 februari 1956, ten tijde van de strenge winter, werd door Verwey een vlucht uitgevoerd met als doel meer informatie te vergaren over de locaties van grote concentraties waterwild en de noodzaak van eventueel bijvoederen (Over & Mörzer Bruijns 1956). De vlucht volgde de wadkant van Texel tot en met Ameland, via de Friese kust en Griend langs de Afsluitdijk naar de Kop van Noord-Holland. De vlucht was geconcentreerd op open plekken in het ijs, want de 'Noordzee, zeegaten en de grote stroomgeulen in de Waddenzee waren niet bevroren' en de aanwezigheid van grote groepen Eidereenden op de wadden werden uitzonderlijk genoemd door (Over & Mörzer Bruijns 1956; Verwey 1956; Zweeres 1963). Het totaal aantal van 'in goede conditie verkerende' Eidereenden in het Westelijke deel van de Waddenzee werd door Verwey op 10.000 geschat. Van de Noordzee kunnen geen schattingen worden gegeven, omdat de Noordzee niet werd bezocht tijdens deze vlucht. Op de Noordzeekust ten noorden van Terschelling wordt in een andere bron uit februari 1956 wel melding gemaakt van het volledig ontbreken van Eidereenden op de Noordzee, suggererend dat Eidereenden in andere jaren wel op de Noordzeekust aanwezig waren (Tanis 1957), maar over de mate van gebruik van de Noordzee door Eidereenden ontbreekt duidelijkheid.

De derde vliegtuigtelling vond plaats in januari 1963 tijdens de wederom strenge winter met als doel om concentraties waterwild te lokaliseren om eventueel later te gaan bijvoederen (Zweeres 1963). De Waddenzee was 'reeds vrijwel geheel toegevroren' en de aanwezige Eidereenden bevonden zich 'in de weinige nog overgebleven wakken'. Het totaal aantal Eidereenden werd geschat op ongeveer 40.000 en geconcludeerd wordt dat dit 'een aantal is dat ongetwijfeld veel groter is dan onze eigen broedvogelstand' (Zweeres 1963).

Deze tellingen suggereren dat het aantal overwinterende Eidereenden in de loop van de eerste 60 jaar van deze eeuw sterk is toegenomen, maar voorzichtigheid bij de interpretatie van deze tellingen moet in ogenschouw worden genomen. De laatste twee vliegtuigtellingen uit die periode werden alleen in de westelijke Waddenzee uitgevoerd en zijn dus niet gebiedsdekkend. De twee tellingen vonden plaats tijdens uitzonderlijk strenge winters waardoor de Eidereenden in de Westelijke Waddenzee zich allen bevonden in de ijsvrije delen en omdat de Noordzee niet werd bezocht kan niet worden uitgesloten dat grote aantallen naar de Noordzee zijn verplaatst. De laatste twee vliegtuigtellingen kunnen alleen een indicatie geven over de aantallen Eidereenden in de Westelijke Waddenzee tijdens een strenge winter met veel ijsgang. Opvallend is wel dat tijdens de eerste telling van 1931 geen Eiders werden waargenomen. Verder melden mosselvisserij dat de overwinterende Eidereenden pas in de Waddenzee zijn toegenomen na de introductie van de mosselcultuur in de 50er jaren. Dit lijkt al met al de meest aannemelijke gang van zaken.



Figuur 2-2: Aantal in de winter (meestal januari) vanuit een vliegtuig getelde Eidereenden in en rond de Nederlandse Waddenzee. Er is een onderscheid gemaakt naar eenden in de westelijke Waddenzee (paars), oostelijke Waddenzee (blauw) en Noordzee kustzone (geel). De bijbehorende gebiedsgrenzen zijn weergegeven in de inset

Sinds 1967 wordt de gehele Waddenzee met enige regelmaat volledig geteld per vliegtuig (Fig. 2.2, Tabel 2.1). In deze begin jaren van de vliegtuigtellingen werd alleen de Waddenzee geteld, omdat er geen aanwijzingen waren dat er zich grote groepen Eidereenden op de Noordzee zouden bevinden. In deze periode is dan ook het totaal aantal Eidereenden in Nederland gelijk aan het aantal in de gehele Waddenzee. Aan het einde van de zeventiger jaren worden op de Noordzee ten noorden van Vlieland tijdens vliegtuigtellingen Eidereenden waargenomen. In de loop van de jaren tachtig wordt steeds vaker de Noordzee boven de Waddeneilanden aangedaan en worden ook hier groepen Eidereenden geteld.

Tabel 2-1: Aantallen in de winter (meestal januari) vanuit een vliegtuig getelde Eidereenden in en rond de Nederlandse Waddenzee, inclusief de Noordzeekust voor Noord-Holland. Getallen zijn cursief als het betreffende deelgebied niet volledig is geteld. WWZ = Westelijke Waddenzee, OWZ = Oostelijke Waddenzee, NZWAD = Noordzee kustzone boven de waddeneilanden; NZHOL = Noordzee kustzone ten westen van Noord Holland

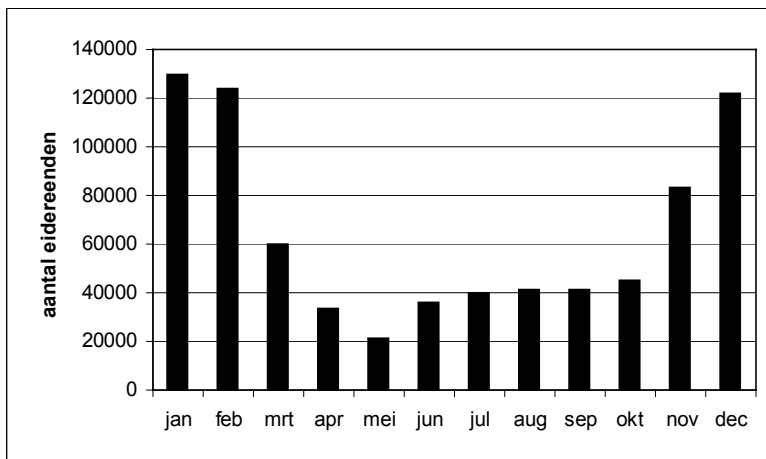
winter	WWZ	OWZ	NZWAD	NZHOL	Bron
1956	<i>10000</i>	?	?	?	(Verwey 1956)
1963	<i>45000</i>	?	?	?	(Zweeres 1963)
1967	41000	15000	?	?	(Swennen 1976)
1968	79000	<i>13000</i>	?	?	(Swennen 1976)
1969	86000	11000	?	?	(Swennen 1976)
1973	108000	60000	?	?	(Swennen 1976)
1978	98345	8477	<i>6</i>	?	(Swennen 1978)
1980	93658	18144	?	?	(Swennen 1980)
1983	120136	3285	<i>114</i>	?	(van Buuren 1983)
1984	115217	4229	?	?	(Swennen 1984)
1987	131041	14359	3544	1450	(Swennen 1987)
1991	86893	3137	10000	2210	(Swennen 1991b; Baptist <i>et al.</i> 1997)
1992	?	?	48620	2000	(Baptist <i>et al.</i> 1997)
1993	61397	11933	68145	22816	(Berrevoets & Arts 2003)
1994	82428	3692	27357	161	(Berrevoets & Arts 2003)
1995	89411	17215	29465	365	(Berrevoets & Arts 2003)
1996	117279	27650	21000	350	(Berrevoets & Arts 2003)
1997	76367	14403	22163	27516	(Berrevoets & Arts 2003)
1998	69394	4668	23826	350	(Berrevoets & Arts 2003)
1999	93693	13593	20861	275	(Berrevoets & Arts 2003)
2000	35612	15451	46596	72	(Berrevoets & Arts 2003)
2001	25314	6612	44662	36333	(Berrevoets & Arts 2003)
2002	28856	19238	15475	41067	(de Jong <i>et al.</i> 2002)
2003	62163	23853	904	0	(Berrevoets & Arts 2003; de Jong <i>et al.</i> 2003)

In de loop van de zeventiger jaren van de vorige eeuw bereikt het aantal in de Waddenzee een plafond van gemiddeld 130.000 Eidereenden. Het totaal aantal in Nederland overwinterende Eidereenden blijft op dit niveau gehandhaafd in de jaren tachtig en negentig. Tot halverwege de jaren 80 verblijft het overgrote deel van de in Nederland overwinterende Eidereenden in de Waddenzee. Tegen het einde van de jaren '80 en in het begin van de jaren '90 begint een verandering in de verdeling van de Eidereenden op te treden. Gedurende deze periode van 15 jaar neemt het totaal aantal Eidereenden in de (Westelijke) Waddenzee af en neemt het aantal op de Noordzee toe. Opvallend is dat er in de oostelijke Waddenzee geen sprake is van een afname in het aantal Eidereenden.

Van af 1993 worden de eenden elke midwinter door het RIKZ geteld volgens een vaste methode. In de periode 1993-2003 namen de aantallen in Nederland overwinterende Eidereenden significant af (de Jong *et al.* 2003).

2.3 Seizoensverloop

Eidereenden broeden van april-juni. De belangrijkste rui, waarbij alle slagpennen worden geworpen en de vogels zeer kwetsbaar zijn, vindt plaats van juli-september (Cramp & Simmons 1977). Vooral de Duitse Waddenzee is belangrijk als ruigebied. Volgens Swennen *et al.* (1989) is het aantal Eidereenden in de Waddenzee als geheel stabiel van juli t/m februari. Na de rui vindt echter een herverdeling plaats binnen de Waddenzee en nemen de aantallen in het Nederlandse deel van de Waddenzee toe. Daar worden de hoogste aantallen dan ook in de drie wintermaanden bereikt, met name in de westelijke Waddenzee (Fig. 2.3).



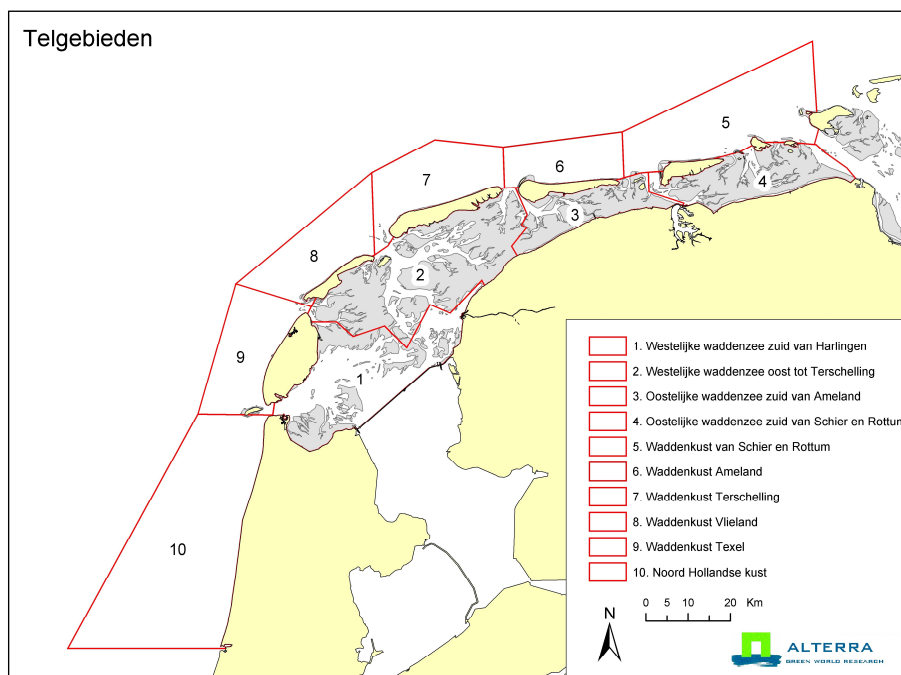
Figuur 2-3: Seizoenspatroon in het aantal Eidereenden in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-1990. Berekend op basis van het door Swennen *et al.* (1989) gegeven seizoensverloop voor de westelijke Waddenzee in combinatie met een totaal van 130.000 overwinterende Eidereenden

2.4 Verspreiding over deelgebieden van overwinterende Eidereenden

Vanaf het moment dat er met enige regelmaat gebiedsdekkende vliegtuigtellingen van Eidereenden zijn gehouden in de Nederlandse Waddenzee is de westelijke Waddenzee steeds het belangrijkste overwinteringsgebied geweest (Fig. 2.4). In de oostelijke Waddenzee zijn zelden meer dan 20.000 Eidereenden te vinden. De enige uitzondering is januari 1973 toen er 60.000 Eidereenden in de oostelijke Waddenzee werden geteld. In alle andere jaren fluctueert het aantal rond 15.000 en dit kan een aanwijzing zijn dat het oostelijke wad voornamelijk door de lokale broedvogels wordt gebruikt gedurende de winter. De helft van de in Nederland broedende Eidereenden bevindt zich in het oostelijke deel van de Waddenzee en wordt geschat op grofweg 5.000 paar (Dijksen & Koks 2001). Het aantal broedvogels komt uit op 10.000 adulte individuen en het aantal juveniele vogels wordt geschat op maximaal 5.000. Het totaal van maximaal 15.000 vogels voor het oostelijke wad komt overeen met de gevonden gemiddelde aantallen overwinterende Eidereenden van ongeveer 13.000 vogels.

Vóór 1990 werden wel Eidereenden op de Noordzee gezien, maar de aantallen waren nooit erg hoog. In 1991 werden voor het eerst grote aantallen op de Noordzee

gezien en vanaf dat jaar zijn de aantallen bijna elke winter erg hoog. In de winters van 1999/2000, 2000/2001 en 2001/2002 waren de aantallen zelfs hoger op de Noordzee dan in de westelijke Waddenzee. Deze verschuivingen in verspreiding hangen samen met voedseltekorten en grootschalige sterfte (Camphuysen *et al.* 2002). Daarop wordt later in dit rapport nog uitvoerig ingegaan. In de winter van 2002/2003 werden voor het eerst in meer dan tien jaar geen grote aantallen Eidereenden op de Noordzee gezien (Fig. 2.2, Tabel 2.1, de Jong *et al.* 2003).

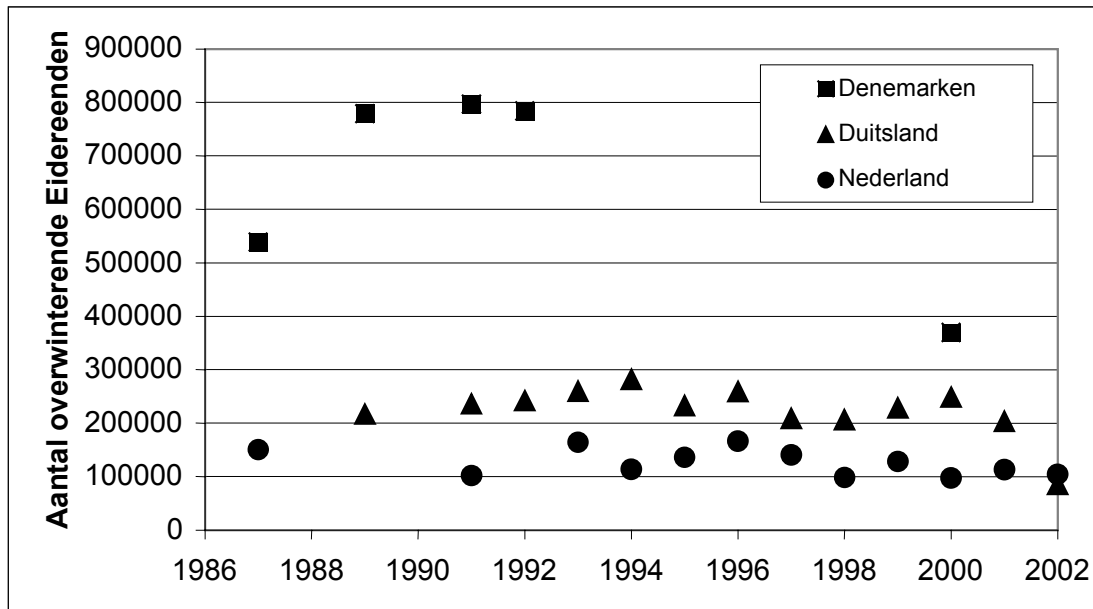


Figuur 2-4: Kaartje met de grenzen van de verschillende telgebieden die zijn onderscheiden bij het uitwerken van de vliegtuigtellingen van de Eiderend. Telgebieden 1 en 2 vormen de westelijke Waddenzee (WWZ), telgebieden 3 en 4 de oostelijke Waddenzee (OWZ), telgebieden 5 t/m 9 de Noordzee kustzone boven de waddeneilanden (NZWAD) en telgebied 10 is de Noordzee kustzone ten westen van Noord Holland (NZHOL)

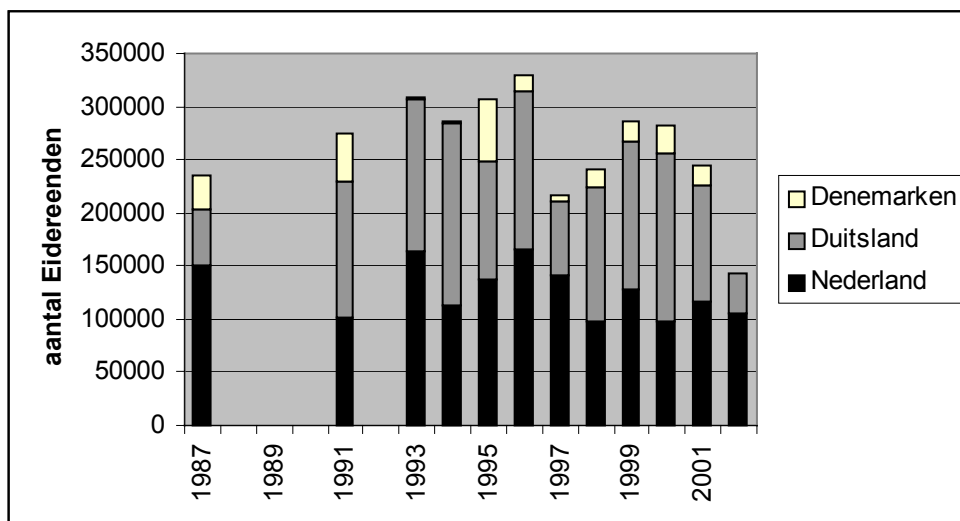
2.5 Ontwikkelingen in de Baltische/Waddenzee flyway populatie als geheel

De in Nederland broedende en overwinterende Eidereenden maken onderdeel uit van de Baltische/Waddenzee "flyway" populatie (Rose & Scott 1994). De status van deze populatie is zeer recent beschreven door (Desholm *et al.* 2002). Tussen 1940 en 1991 groeide de populatie sterk. Tussen 1991 en 2002 lijkt er sprake van een scherpe afname van naar schatting 1.200.000 tot 760.000 dieren. Daarbij moet wel worden aangetekend dat het grootste deel van de populatie in Denemarken overwintert en dat in Denemarken maar af en toe wordt geteld. De afname is vooral het gevolg van één enkele telling in Denemarken in 2000 met een zeer laag aantal (Fig. 2.5). Volgens onderzoekers verbonden aan het NERI is deze telling betrouwbaar (Fox, pers. med.).

Het totaal aantal eenden dat in de jaren negentig in de internationale Waddenzee overwinterde varieerde tussen de 200.000 en 300.000 (Fig. 2.6). Dit is ongeveer 25% van de hele Baltische/Waddenzee "flyway" populatie. De Nederlandse winterpopulatie maakt naar schatting ruim 10% van het totaal uit.



Figuur 2-5: Aantallen overwinterende Eidereenden in Denemarken, Duitsland en Nederland. Overgenomen uit (Desholm et al. 2002)



Figuur 2-6: Aantallen overwinterende Eidereenden in de Deense, Duitse en Nederlandse Waddenzee. Data (januari-tellingen) afkomstig uit de Wetlands International Seaduck Database (Pihl, pers. med.). Voor 2002 ontbreken de data voor Denemarken.

In Nederland mogen de Eidereenden niet bejaagd worden, maar elders in Europa wel. In Zweden worden jaarlijks ca. 4.000 Eidereenden geschoten. In Finland worden jaarlijks ca. 26.000 Eidereenden geschoten. De jachtdruk is het hoogst in Denemarken, maar vertoont daar een dalende trend van ca. 160.000 per winter aan het begin van de 80er jaren, tot ca. 90.000 aan het einde van de 90er jaren (Desholm *et al.* 2002). De daling in het aantal geschoten Eidereenden lijkt vooral het gevolg van een halvering van het aantal gespecialiseerde zee-eendenjagers in Denemarken van 14.000 naar 7.000.

Het artikel van Desholm c.s. is het resultaat van een bijeenkomst van de Seaduck Specialist Group in Roosta (Estland) van 18-22 april 2002, die tot doel had een overzicht te krijgen van de status van de Eidereend in Europa. Op de bijeenkomst werd geconcludeerd dat er sprake was van een dramatisch afname in de omvang van de Baltische/Waddenzee flyway populatie. Er werd een oproep aan de EU gedaan om een beheersplan voor de soort op te stellen om beschermingsmaatregelen te prioriteren. Deze en andere conclusies en aanbevelingen zijn vervat in de ter plekke opgestelde "Roosta Resolution" die als bijlage 1 aan dit rapport is toegevoegd.

2.6 Discussie

In 1951 is de mosselcultuur in de Nederlandse Waddenzee geïntroduceerd. Een belangrijke vraag is of de toename van de Eidereenden in de vorige eeuw een direct verband heeft met deze introductie. Voor wat betreft de Nederlandse broedpopulatie luidt het antwoord op deze vraag ontkennend. Na honderden jaren van afwezigheid broedden de eerste Eidereenden in 1906 weer in Nederland en in 1951 was er sprake van een snel groeiende broedpopulatie die toen al bijna 2000 broedparen bedroeg. Uit Fig. 2.1a blijkt dat die populatie niet sneller ging groeien na de introductie van de mosselcultuur in 1951. Of het maximaal mogelijke aantal broedparen verhoogd is door mosselkweek valt met deze gegevens niet te bepalen. Uiteindelijk heeft het bijna een eeuw geduurd voordat de broedpopulatie een niveau bereikte waarop de aantallen zich lijken te "stabiliseren". In dit licht bezien is niet uit te sluiten dat het herstel van de totale Baltische/Waddenzee populatie een kwestie van eeuwen is geweest. In ieder geval is het goed mogelijk dat factoren buiten de Waddenzee de hoofdoorzaak waren van de toename van de Baltische/Waddenzee *flyway* populatie in de vorige eeuw. Stjernberg (1982) is van mening dat het stoppen van de jacht op Eidereenden in het voorjaar in Zweden rond 1950 een belangrijke oorzaak is van de toename, maar ook het stoppen met de vroeger wijdverbreide gewoonte in Finland om eieren van Eidereenden te verzamelen als voedsel heeft volgens hem een rol gespeeld. De toename van de grote aantallen Eidereenden die alleen naar Nederland komen om te overwinteren heeft dus mogelijk niets te maken met de introductie van de mosselcultuur, ook al lijkt het erop dat de toename plaatsvond nadat de mosselcultuur was geïntroduceerd. Op basis van de beschikbare gegevens is geen harde conclusie mogelijk. Swennen *et al.* (1989) constateren op basis van een telling in januari 1987 van de hele Waddenzee, inclusief Duitsland en Denemarken, dat er geen duidelijk verband is tussen de dichtheid Eidereenden en het voorkomen van

mosselpercelen op de schaal van de hele Waddenzee: "*the overall distribution appears not clearly related to presence or absence of culture lots*". Wel is het zo dat bij die telling 52% van de in totaal 132.900 eenden in het westelijke deel van de Nederlandse Waddenzee bij mosselpercelen werd aangetroffen.

Een alternatieve benadering van de vraag is om na te gaan of de mosselcultuur tot een verhoging dan wel een verlaging van het bestand sublitorale mosselen heeft geleid. Hierop zal later in dit verslag worden ingegaan.

2.7 Conclusies

- De Eidereend is vermoedelijk aan het einde van de Middeleeuwen door overexploitatie uit de Waddenzee en omliggende landen verdwenen.
- In 1906 broedde de soort weer in Nederland en de broedpopulatie nam gestaag toe tot de 5.000 tot 10.000 broedparen van nu.
- Er was sprake van een opmerkelijke terugval in broedparen na 1960, toen veel eenden stierven als gevolg van vergiftiging, en rond 1990, toen veel eenden stierven als gevolg van voedselgebrek.
- Het maximale aantal broedparen van iets meer dan 10.000 werd bereikt in 1997, bijna een eeuw na het eerste broedgeval. Sindsdien nemen de aantallen broedparen af.
- Sinds ca. 1960 (en misschien aanzienlijk eerder) overwinteren er ook grote aantallen Eidereenden in de Nederlandse kustwateren; in de periode 1980-1990 gemiddeld 130.000. Het gros van de overwinteraars broedt in Zweden en Finland; slechts 15% bestaat uit lokale broedvogels.
- In het merendeel van de jaren was de westelijke Waddenzee het belangrijkste overwinteringsgebied. Uitzondering waren de winters van 1999, 2000 en 2001, toen er ook hoge sterfte onder de eenden optrad.
- Tot 1990 werden er nauwelijks Eidereenden op de Noordzee gezien, maar vanaf 1990 zijn er bijna elk jaar grote aantallen op de Noordzee te vinden; de winter van 2003 was de eerste sinds lange tijd waarin dit niet het geval was.
- De Eidereenden in Nederland behoren tot de Baltische/Waddenzee *flyway* populatie. Recentelijk is deze populatie afgenomen van ca. 1.200.000 dieren in 1991 tot ca. 760.000 dieren in 2002.
- De toename van de in Nederland broedende Eidereenden heeft geen verband met de introductie van de mosselcultuur in de Waddenzee. Of de toename van de in Nederland overwinterende Eidereenden verband houdt met de introductie van de mosselcultuur in de Waddenzee is niet duidelijk.

3 Schelpdieren als voedsel voor Eidereenden

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk heeft tot doel een zo goed mogelijke beschrijving te geven van de voedselkeuze van de Eidereend en de factoren die daarbij een rol spelen. Er bestaan verschillende literatuuroverzichten van de voedselkeuze van de Eidereend, zoals het door Camphuysen (1996) geschreven ecoprofiel van de Eidereend, het meer recent geschreven overzicht van Leopold *et al.* (2001) en als onderdeel van de EVA II rapportage over "prooibeschikbaarheid en alternatieve prooien voor vogels die van grote schelpdieren leven" (Bult *et al.* 2003a). Het is niet nodig deze literatuuroverzichten hier te herhalen. De belangrijkste conclusie is dat sublitorale mosselen waarschijnlijk de meest aantrekkelijke prooi zijn voor de Eidereend. Sublitorale mosselen hebben dunne schelpen en bevatten veel vlees in vergelijking tot litorale mosselen en kokkels. Dit is gunstig voor de Eidereend, die schelpdieren in het geheel inslikt en kraakt met zijn sterke spiermaag. In dit hoofdstuk worden de aanvullende inzichten beschreven die verkregen zijn uit modelberekeningen en empirisch onderzoek uitgevoerd in het kader van EVA II. Er wordt begonnen met een beschrijving van eigenschappen van verschillende prooien die vermoedelijk van belang zijn voor de Eidereend.

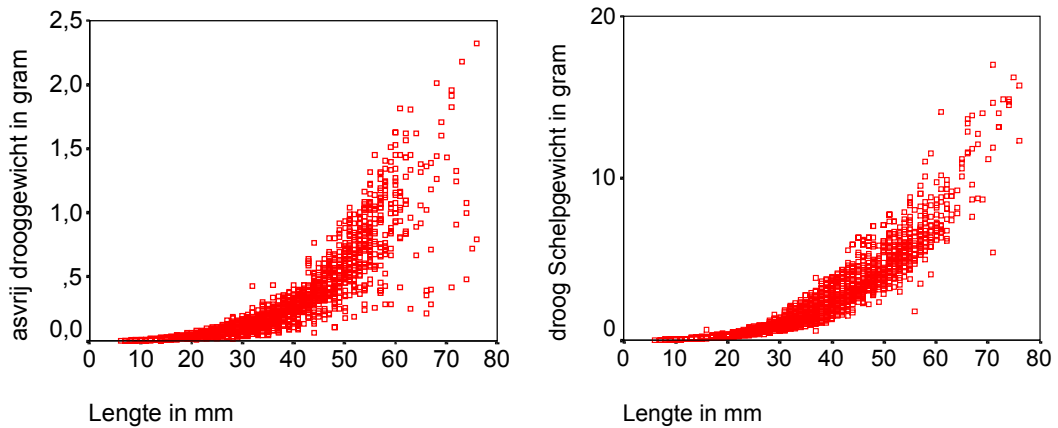
3.2 Relatie tussen vlees en schelp bij verschillende prooien

De verschillende schelpdieren die van belang zijn voor de Eidereend verschillen sterk in schelpgewicht en vleesgehalte. Hieronder worden de empirische gegevens beschreven die deze relaties beschrijven. De bijbehorende uitgebreide methodische beschrijvingen van de betreffende metingen zijn opgenomen in bijlagen bij dit rapport. Afhankelijk van de soort zijn aanvullende metingen vermeld aan eigenschappen die potentieel van belang zijn vanuit het oogpunt van de Eidereend.

3.2.1 Wilde sublitorale en litorale mosselen

Sinds 1992 bemonstert het RIVO de sublitorale mosselbestanden in de westelijke Waddenzee in het voorjaar (Bult *et al.* 2003a). In 2001 zijn mossels verzameld in het kader van deze survey ingevroren en voor nader onderzoek naar Alterra gebracht. Details over de metingen die door Alterra zijn verricht zijn te vinden in bijlage 2.

In totaal 2021 mosselen zijn doorgemeten, verzameld in de periode 12 maart t/m 4 april 2001. In Fig. 3.1 is de relatie uitgezet voor de lengte van de mossel (in mm) en het asvrij drooggewicht (AVD in gram) en tussen lengte (in mm) en schelpgewicht (in gram).



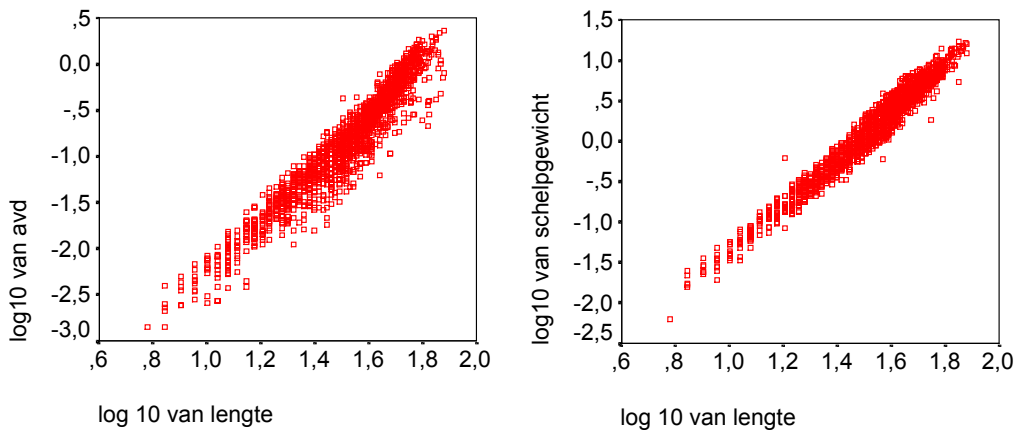
Figuur 3-1: Relatie tussen (a) het asvrijdrooggewicht (AVD in gram) en de lengte (in mm) van de mossel, (b) de relatie tussen lengte (in mm) en schelpgewicht (in gram). (N=2021)

Zowel het vleesgewicht als schelpgewicht nemen exponentieel met het toenemen van de lengte van de mossel. Na logaritmische transformatie van beide variabelen blijkt er, geheel volgens verwachting, een sterk lineair verband te zijn. Het verband tussen enerzijds G (asvrij drooggewicht in gram) en S (schelpgewicht in gram) en anderzijds L (lengte in mm) wordt gegeven door de volgende vergelijkingen:

$$\log_{10}(G) = 2,902\log_{10}(L) - 5,237, r^2=0.920, N=2021, p<0.001 \quad (1)$$

$$\log_{10}(S) = 2,923\log_{10}(L) - 4,323, r^2=0.959, N=2021, p<0.001 \quad (2)$$

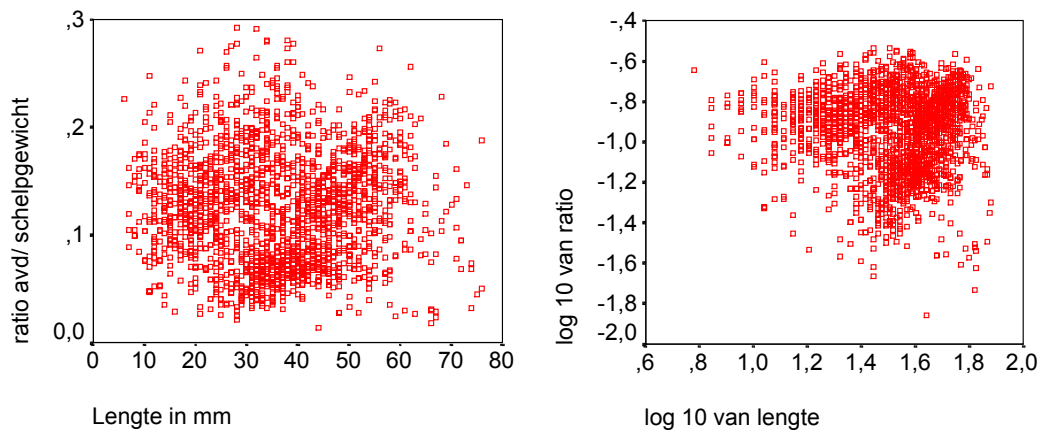
Voor zowel vlees als schelp is de exponent ongeveer 2,9. In Fig. 3.2 worden deze lineaire verbanden grafisch weergegeven.



Figuur 3-2: lineair verband na logaritmische transformatie tussen (a) lengte (mm) en AVD (gram) en (b) lengte (mm) en schelpgewicht (gram). Elk punt is een mossel (N=2021)

De verhouding tussen het gewicht aan vlees en het gewicht aan schelpmateriaal van de mossel is een indicatie voor de kwaliteit van de mossel. Hoe groter deze ratio hoe hoger het vleesgehalte van de mossel en, zoals later bewezen zal worden, hoe gunstiger de mossel is als voedsel voor de Eidereend. In Fig. 3.3 is de relatie tussen

de ratio en de lengte van de mossel weergegeven, ongetransformeerd en na logaritmische transformatie van beide variabelen.

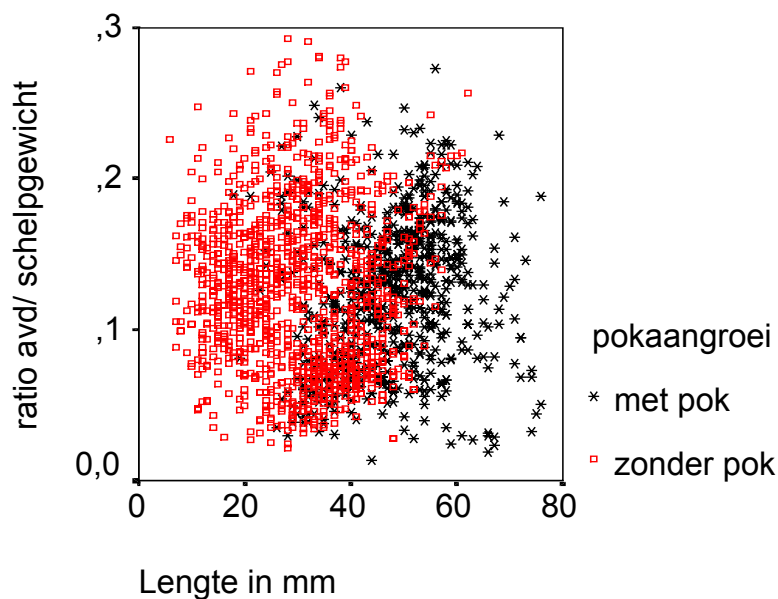


Figuur 3-3: Relatie tussen (a) de vlees-schelp ratio en lengte (mm) en (b) deze relatie na logaritmische transformatie. Elk punt is een mossel (N=2021)

Wat opvalt is de grote variatie tussen individuele mosselen. De maxima en minima verschillen een factor 10 van elkaar. Aannemende dat de vlees/schelp ratio een sterk verband heeft met profijt voor de Eidereend, dan betekent deze grote variatie dat een Eidereend veel kan winnen met het selecteren van de meest profijtelijke mossels. De vraag is of er iets aan de mosselen te zien is op basis waarvan een Eidereend zou kunnen selecteren, zoals de kleur of de aangroei met pokken.

Er lijkt geen effect te zijn van de lengte op de ratio ($r^2 = 0.000$; $p = 0.388$). Dit is echter het geval wanneer men een regressie uitvoert voor alle mossels samen. Wanneer men de mossels groepeerd per monsterlocatie en per locatie een regressie uitvoert, blijkt van de 83 monsterlocaties bij 34 monsters er wel een significant effect te zijn van de lengte op de ratio. Bij 28 van deze monsters is er een positief verband en bij 6 monsters is er een negatief verband. Bij een gekozen significantie niveau van 5% is de verwachting dat 1 op de 20 regressies door puur toeval een significant resultaat zal opleveren. Het hier gevonden aantal van 34 monsters is opmerkelijk veel hoger dan de verwachting van 4.

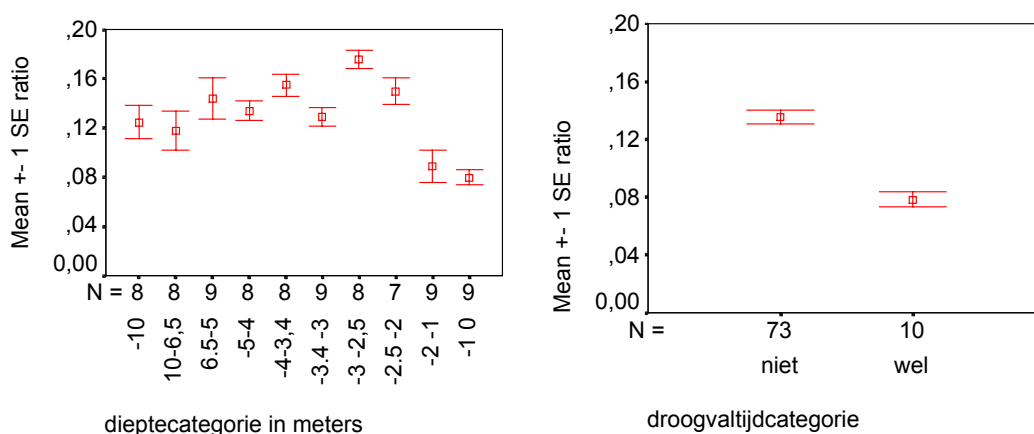
Vanuit het perspectief van Eidereenden is het interessant te kijken of de mate van pokaangroei effect heeft op de conditie (ratio) van de mossel. Het is mogelijk dat mosselen die bedekt zijn met pokken een verminderde conditie hebben ten opzichte van mosselen die niet begroeid zijn met pokken. Uit Fig. 3.4 blijkt dat er geen duidelijk verband is tussen de pokaangroei en de ratio. Wel is duidelijk te zien dat met name de grotere mosselen begroeid zijn met pokken. Mosselen langer dan 6 cm zijn vrijwel allemaal begroeid met pokken. Bij een lengte korter dan 2 cm worden geen pokken meer aangetroffen.



Figuur 3-4: Relatie tussen de vlees/ schelp ratio en de mate van aangroei met zeepokken

Verwacht was dat mosselen met een gele kleur een dunnere schelp en daardoor een gunstiger ratio zouden hebben dan mosselen met een donkere kleur, maar dit blijkt niet het geval. Wel blijkt er een relatie te zijn tussen de lengte van de mossel en het geeltal. Met name kleine mosselen zijn veelal geel en bij grotere mosselen komt dit vrijwel niet meer voor en zijn ze overwegend donker.

Er van uitgaande dat er geen effect is van lengte op de vlees/schelp ratio is per monsterlocatie (N = 83) de gemiddelde ratio berekend en is deze gemiddelde ratio gekoppeld aan diepte en droogvalduur (Fig. 3.5). De diepte is verdeeld in tien categorieën met voor elke categorie een ongeveer gelijk aantal monsterlocaties. Droogvaltijd is onderverdeeld in twee categorieën: wel of niet droogvallend, in verband met een zeer laag aantal droogvallende locaties.



Figuur 3-5: Gemiddelde vlees/ schelp ratio als functie van (a) diepte in meter en (b) droogvalcategorie

Niet-droogvallende mosselen blijken gemiddeld een significant hogere ratio te hebben dan droogvallende mosselen ($F=19.648$; $p = 0.000$). Dit komt overeen met wat je zou verwachten, gezien het feit dat droogvallende mosselen gedurende het droogvallen niet kunnen foerageren.

Gerelateerd aan de droogvaltijd blijkt ook de diepte waarop de mosselen liggen een effect te hebben op de ratio. Ook bij diepte worden de verschillen in gemiddelde ratio significant verklaard door de verschillende categorieën ($F=6.517$; $r^2=0.065$; $p=0.000$), waarbij met name de ratio voor mosselen tussen de -3 en de -2 meter het hoogst blijkt te zijn. Heel diep liggende mosselen, dieper dan 6,5 meter, en ondiep liggende mosselen, ondieper dan 2 meter, lijken een lagere ratio te hebben. Voor de ondiepere mosselen sluit dit aan bij de gevonden resultaten voor de invloed van de droogvalcategorie, aangezien bij deze dieptes de platen kunnen droogvallen.

Op basis van het bovenstaande is besloten een onderscheid te maken tussen mossels uit het litoraal (gemiddelde droogvaltijd tussen de 20% en 60%) en mossels uit het sublitoraal (gemiddelde droogvaltijd van 0%). Voor beide typen mosselen is het verband gezocht tussen asvrij drooggewicht (G in gram) en schelpgewicht (S in gram) enerzijds en lengte (L in mm) anderzijds. Daarbij is voor beide type mosselen en beide relaties de exponent vastgezet op 2,9 (zie boven). Om te zorgen dat de vlees/schelp ratio niet varieerde met lengte zijn alle relaties ook door de oorsprong geforceerd. Dit leidt tot de volgende vergelijkingen:

Sublitorale mossels:

$$S = 0,00005236L^{2,9}, R^2=0,96, N=1832, P<0,001 \quad (3)$$

$$G = 0,00000672L^{2,9}, R^2=0,90, N=1832, P<0,001 \quad (4)$$

Litorale mossels:

$$S = 0,00007692L^{2,9}, R^2=0,98, N=348, P<0,001 \quad (5)$$

$$G = 0,00000597L^{2,9}, R^2=0,95, N=348, P<0,001 \quad (6)$$

Wanneer op basis van deze vergelijkingen het schelpgewicht van litorale mosselen met het schelpgewicht van sublitorale mosselen wordt vergeleken blijkt dat het schelpgewicht van litorale mosselen 47% hoger ligt. Het asvrij drooggewicht ligt 11% lager voor litorale mosselen. De hoge vlees/schelp ratio van sublitorale mosselen is dus het gevolg van zowel een hogere vleesgehalte als een lager schelpgewicht in vergelijking met litorale mosselen. Van deze twee factoren heeft schelpgewicht het grootste effect.

3.2.2 Kokkel

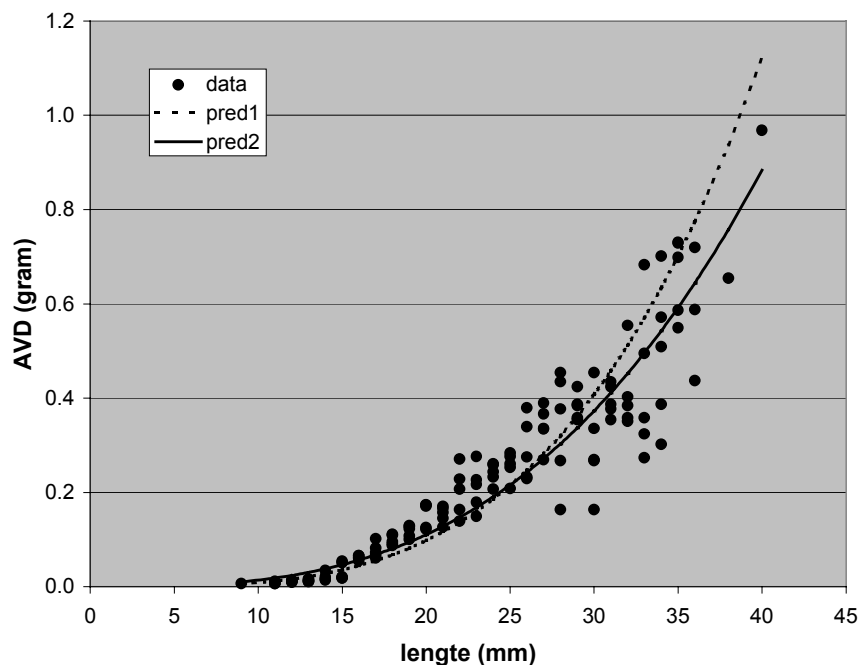
Op 17 september 2001 zijn kokkels verzameld in de Mok op Texel. Voor elke kokkel is de maximale lengte bepaald, zie Williams & Ens (2003). Het drooggewicht van de schelp en het asvrij drooggewicht van het vlees zijn bepaald volgens dezelfde standaard procedure als toegepast bij de mossels (zie bijlage 2). Het verband tussen asvrij drooggewicht en drooggewicht van de schelp enerzijds en lengte anderzijds is weergegeven in Fig. 3.6 en 3.7. Er is op twee manieren een regressie berekend voor

deze data: (1) een lineaire regressie na logaritmische transformatie van beide assen, (2) een lineaire regressie tussen de niet getransformeerde afhankelijke variabele en lengte tot de derde macht met forcing door de oorsprong. Wanneer de voorspellingen van beide modellen op het oog vergeleken worden met de waarnemingen in de ongetransformeerde figuur, dan is het tweede model zeker niet slechter dan het eerste. Het tweede model heeft als voordeel dat er makkelijker een vergelijking te maken is met relaties uit andere seizoenen of van andere schelpdieren (op vergelijkbare wijze gemodelleerd). Het tweede model, indien toegepast op zowel vleesgewicht als schelpgewicht, leidt tot een vlees/schelp ratio die niet met lengte varieert (in dit geval 0,088). Dat laatste is mogelijk een te sterke simplificatie. Het lijkt erop dat de vlees/schelp ratio een optimum bereikt voor intermediaire lengtes (Fig. 3.8). Er is besloten dit fenomeen te negeren en voor het vervolg van deze studie uit te gaan van de volgende verbanden tussen asvrij drooggewicht (G in gram), drooggewicht van de schelp (S in gram) en maximale lengte (L in mm):

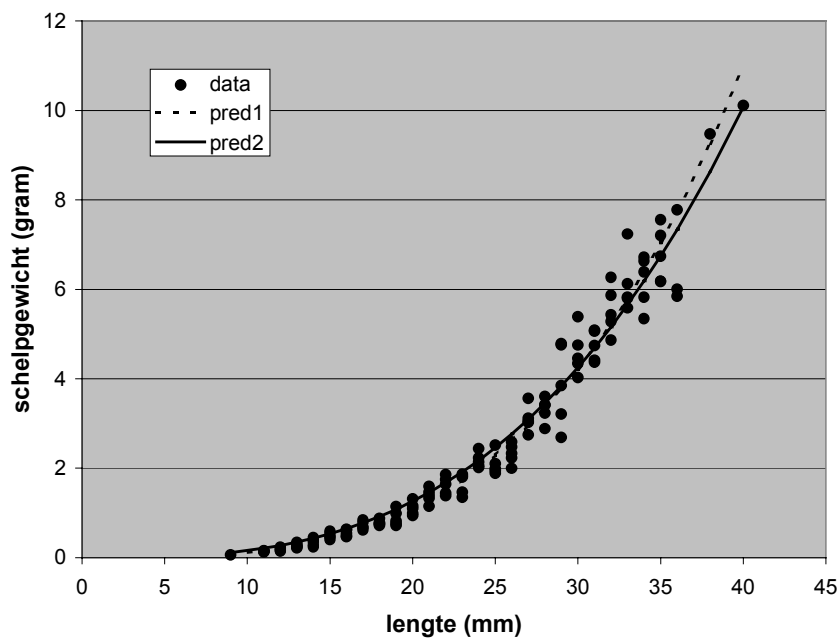
$$G = 0,0000138L^3, R^2=0,95, N=130, P<0,001 \quad (7)$$

$$S = 0,0001574L^3, R^2=0,99, N=130, P<0,001 \quad (8)$$

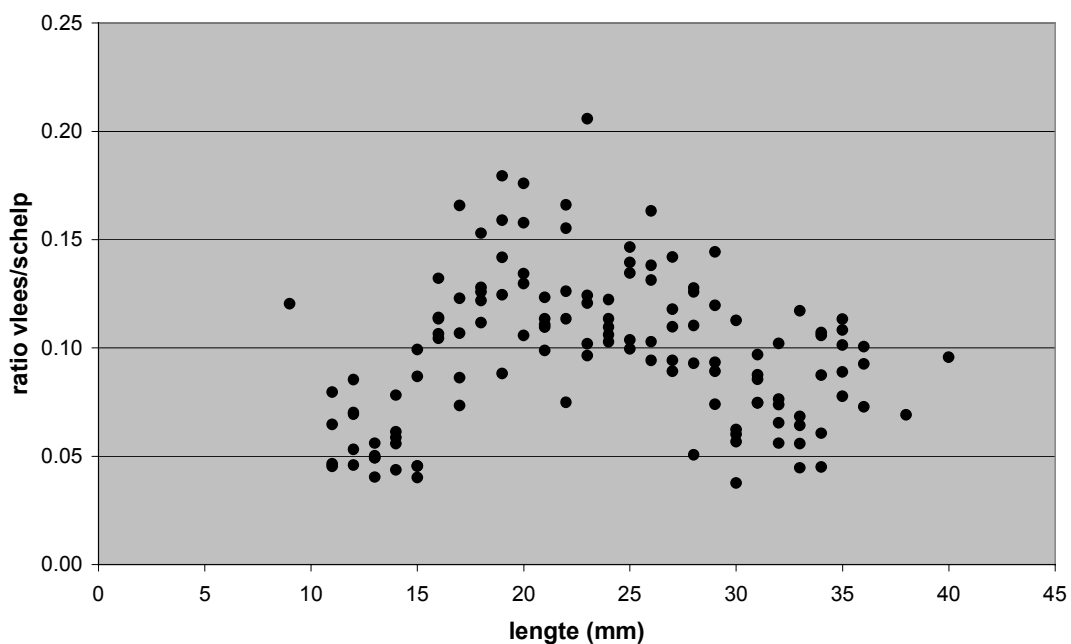
Ook door Beukema (pers. med.) is gevonden dat de vlees/schelp ratio systematisch varieert met lengte: voor kokkels tussen 2 en 4 cm lengte was er een duidelijk negatief verband tussen de vlees/schelp ratio en de lengte (zie hoofdstuk 8). Het negeren van dit fenomeen betekent dat de kwaliteit van kleine en grote kokkels gemiddeld wordt overschat en de kwaliteit van kokkels van intermediaire grootte gemiddeld wordt onderschat. Omdat in vergelijking tot andere prooien kokkels een hele lage kwaliteit hebben is het overschatten van kwaliteit geen probleem. Het onderschatten van kwaliteit daarentegen wel.



Figuur 3-6: Verband tussen asvrij drooggewicht (G in gram) en maximale lengte (L in mm) voor kokkels verzameld in de Mok. Ook weergegeven de voorspellingen van twee regressiemodellen: (1) $\ln(G) = -12,862 + 3,518\ln(L)$, $R^2=0,92$, $N=130$, $P<0,001$, (2) $G=0,00001381L^3$, $R^2=0,95$, $N=130$, $P<0,001$



Figuur 3-7: Verband tussen drooggewicht van de schelp (S in gram) en lengte (L in mm) voor kokkels verzameld in de Mok. Ook weergegeven de voorspellingen van 2 verschillende regressiemodellen: (1) $\ln(S) = -9,895 + 3,332\ln(L)$, $R^2=0,99$, $N=130$, $P<0,001$, (2) $S = 0,0001574L^3$, $R^2=0,99$, $N=130$, $P<0,001$



Figuur 3-8: Ratio tussen gewicht van vlees en schelp (gram AVD per gram drooggewicht van de schelp) als functie van de lengte bepaald voor individuele kokkels verzameld in de Mok

3.2.3 Spisula

Meerjarige *Spisula* zijn verzameld op 12 december 2002 ten noorden van Terschelling en op maart 2003 ten westen van Noord Holland. Het drooggewicht van de schelp en het asvrij drooggewicht van het vlees zijn bepaald volgens dezelfde standaard procedure als toegepast bij de mossels (zie bijlage 2). Het verband tussen asvrij drooggewicht en drooggewicht van de schelp enerzijds en lengte anderzijds is weergegeven in Fig. 3.9 en 3.10. Er is op twee manieren een regressie berekend voor deze data: (1) een lineaire regressie na logaritmische transformatie van beide assen, (2) een lineaire regressie tussen de niet getransformeerde afhankelijke variabele en lengte tot de derde macht met forcering door de oorsprong. De variatie in met name asvrij drooggewicht is groot, wat voor een deel te maken heeft met de geringe spreiding in de lengtematen: metingen van kleine *Spisula* ontbreken. Het is duidelijk dat de voorspellende waarde voor de verschillende modellen weinig verschilt. Zoals eerder opgemerkt heeft het tweede model als voordeel dat er makkelijker een vergelijking te maken is met relaties uit andere seizoenen of van andere schelpdieren (op vergelijkbare wijze gemodelleerd).

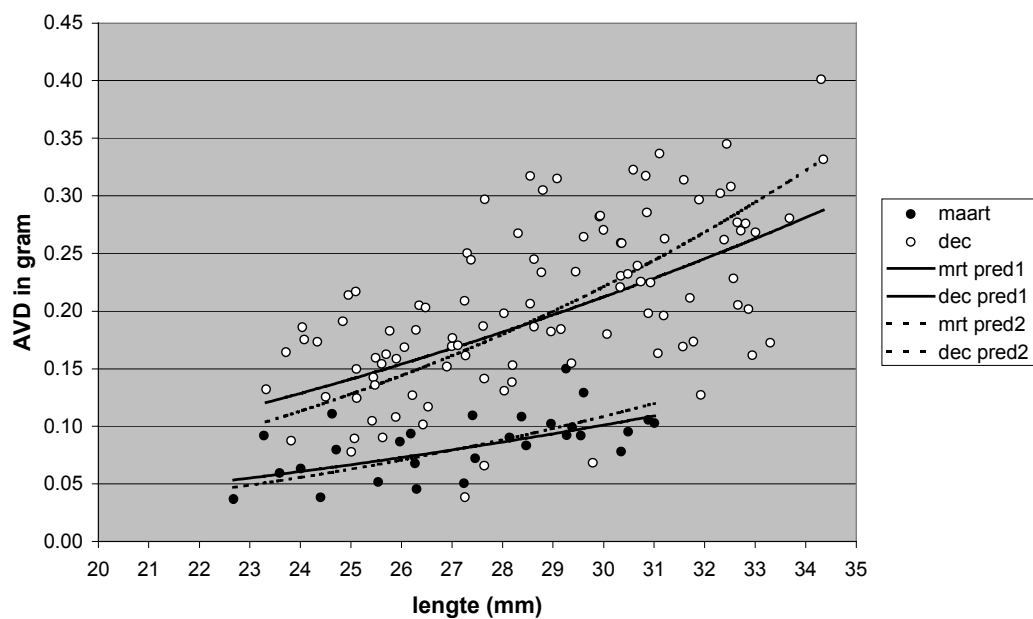
Het tweede model, indien toegepast op zowel vleesgewicht als schelpgewicht, leidt tot een vlees/schelp ratio die niet met lengte varieert (in dit geval 0.04 voor maart en 0.08 voor december). Net als eerder bij de mossel is er sprake van een grote variatie in deze ratio, maar in tegenstelling tot de kokkel zijn er geen suggesties dat de ratio varieert met de lengte (Fig. 3.11).

Het vleesgewicht bij een bepaalde lengte is duidelijk lager in maart dan in december (Fig. 3.9), maar er zijn geen aanwijzingen dat het de relatie tussen lengte en schelpgewicht varieert in de loop van het seizoen (Fig. 3.10). Om die reden is het verband tussen asvrij drooggewicht (G in gram) en maximale lengte (L in mm) apart berekend voor maart en december, maar is het verband tussen drooggewicht van de schelp (S in gram) en maximale lengte (L in mm) berekend over alle waarnemingen samen:

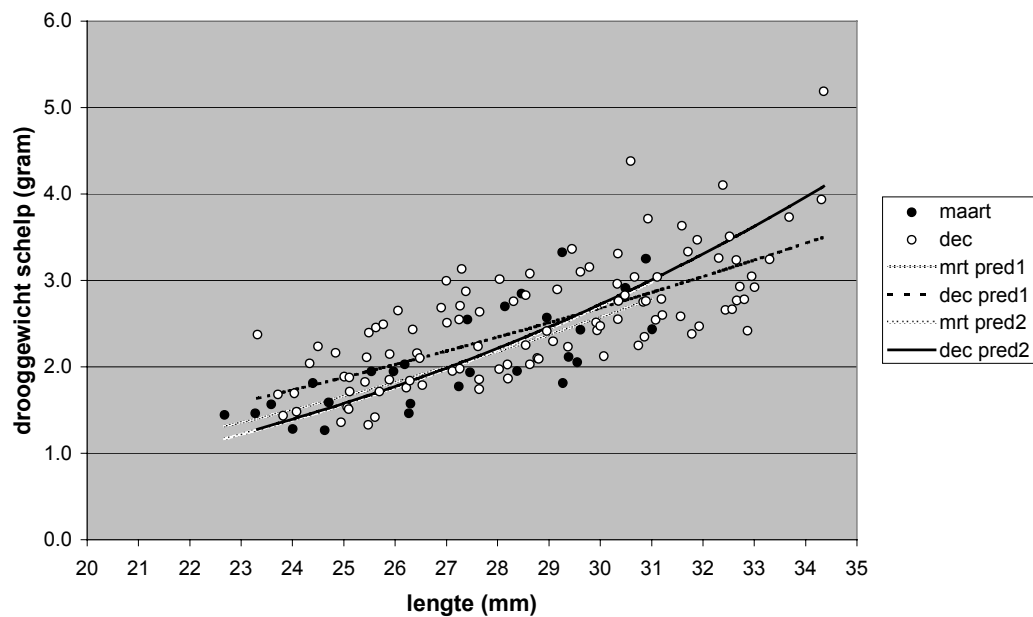
$$G = 0,00000402 L^3, R^2=0,93, N=27, P<0,001 \text{ (maart)} \quad (9)$$

$$G = 0,00000819 L^3, R^2=0,93, N=103, P<0,001 \text{ (december)} \quad (10)$$

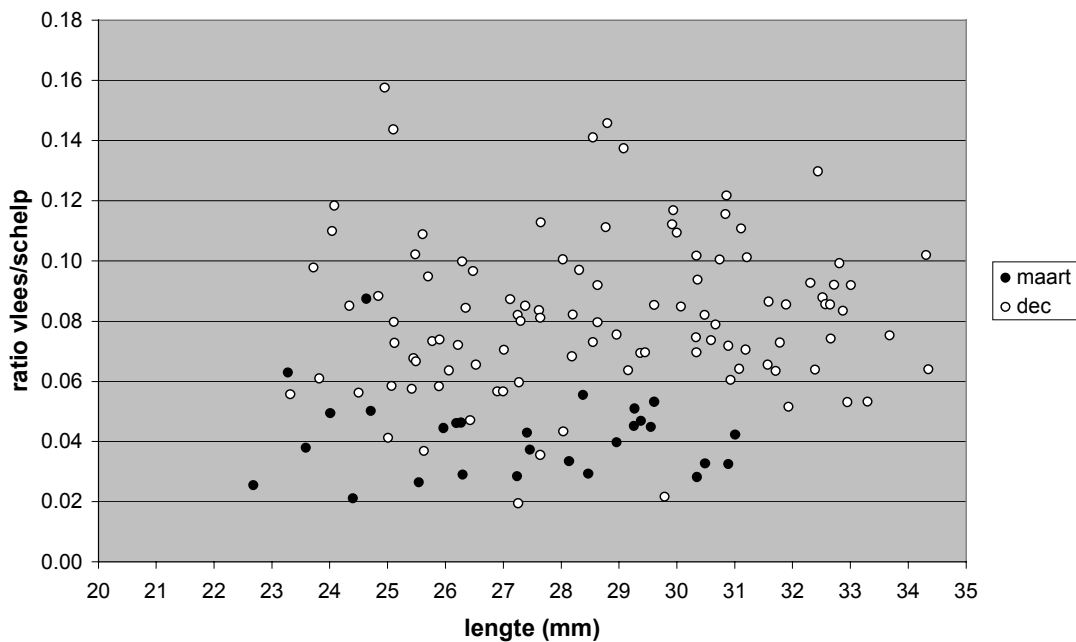
$$S = 0,0001008 L^3, R^2=0,96, N=130, P<0,001 \text{ (maart en december)} \quad (11)$$



Figuur 3-9: Relatie tussen asvrij drooggewicht (G in gram) en lengte (L in mm) voor *Spisula* verzameld in maart ($N=27$) en in december ($N=103$). Ook weergegeven de voorspellingen voor twee verschillende regressiemodellen. Maart: (1) $\ln(G) = -10,050 + 2,281 \ln(L)$, $R^2=0,36$, $P<0,001$, (2) $G = 0,00000402L^3$, $R^2=0,93$, $P<0,001$. December: (1) $\ln(G) = -9,189 + 2,246 \ln(L)$, $R^2=0,31$, $P<0,001$, (2) $G = 0,00000819 L^3$, $R^2=0,93$, $P<0,001$



Figuur 3-10: Verband tussen drooggewicht van de schelp (S in gram) en lengte (L in mm) voor *Spisula* verzameld in maart ($N=27$) en december ($N=103$). Ook weergegeven de voorspellingen van 2 verschillende regressiemodellen. Maart (1) $\ln(S) = -7,265 + 2,414 \ln(L)$, $R^2=0,65$, $P<0,001$, (2) $S = 0,0001001 L^3$, $R^2=0,97$, $P<0,001$. December (1) $\ln(S) = -5,683 + 1,961 \ln(L)$, $R^2=0,54$, $P<0,001$, (2) $S = 0,0001009 L^3$, $R^2=0,96$, $P<0,001$



Figuur 3-11: Ratio tussen gewicht van vlees en schelp (gram AVD per gram drooggewicht van de schelp) als functie van de lengte bepaald voor individuele Spisula verzameld in maart en december

3.3 Seizoensvariatie en een vergelijking van prooien

Voor een Eidereend zijn twee variabelen bij alle schelpdieren van groot belang: de biomassa aan vlees en het gewicht van de schelp. Daarbij geldt (zie later) dat hoe meer vlees een schelpdier bevat hoe beter voor de Eidereend en hoe meer schelp hoe slechter voor de Eidereend, vanwege de hoge kraakkosten en loze darmvulling. Voor alle schelpdieren geldt dat biomassa en schelpgewicht toenemen met de lengte. Als de groter wordende schelpdieren niet van vorm of samenstelling veranderen is de theoretische (allometrische) voorspelling dat biomassa en schelpgewicht gerelateerd zijn aan de derde macht van de lengte en dat deze relatie door de oorsprong gaat. Empirische metingen komen vaak in de buurt van een dergelijk verband, maar de middels regressie geschatte exponent is slechts zelden precies drie en de relatie gaat maar zelden precies door de oorsprong. Een exponent die niet gelijk is aan drie kan het gevolg zijn van een systematische verandering van vorm met lengte. In dit geval moet de oorzaak worden gezocht in de variatie in de meetpunten. Die variatie is niet het gevolg van meetfouten, maar het gevolg van variantie in vorm en vleesinhoud bij een bepaalde grootte. Om de lineaire regressie te kunnen uitvoeren wordt standaard een log log transformatie uitgevoerd. Om de aldus geschatte exponent en intercept kan een betrouwbaarheidsinterval worden berekend. Echter, die betrouwbaarheidsintervallen zijn niet onafhankelijk, maar gekoppeld, omdat de parameters niet onafhankelijk van elkaar kunnen worden geschat. Wanneer een plaatje gemaakt wordt van het gezamenlijk betrouwbaarheidsinterval in een grafiek met de intercept op de Y-as en de exponent op X-as ontstaat meestal een figuur die eruit ziet als een banaan (Brinkman 1993): een hoge waarde voor de exponent gaat

gepaard met een lage waarde voor de intercept en omgekeerd. Vrijwel altijd valt de genoemde allometrische voorspelling (exponent drie, oorsprong) in dit betrouwbaarheidsinterval. De hier gepresenteerde data laten ook zien dat de allometrische voorspelling niet veel slechter fit dan de lineaire regressie op de log log getransformeerde data. De "fout" die gemaakt wordt door dit model op te leggen aan de data is minimaal. Een belangrijk voordeel van het theoretisch voorspelde allometrische model is dat variatie in de loop van het seizoen en variatie tussen gebieden en soorten met één getal te vangen is; de tweede parameter in het model is namelijk gefixeerd op 3. Om deze redenen is het allometrische model als uitgangspunt gebruikt bij de vergelijking van schelpdierssoorten en variatie in de loop van het seizoen en de hierop gebaseerde modelberekeningen.

De eerste stap die nodig is, is het corrigeren van vleesgewicht voor de variatie in de loop van het seizoen. Alle schelpdieren nemen toe in biomassa in de loop van het seizoen en verliezen conditie in de loop van de winter. Zeer uitgebreide metingen van Zwarts (1991) aan de individuele biomassa (gemeten als AVD bij een bepaalde lengte) van een viertal schelpdierssoorten, waaronder de kokkel, laten zien dat (1) het verschil tussen het seizoensmaximum en seizoensminimum ongeveer een factor twee bedraagt, (2) globaal het minimum aan het einde van de winter wordt bereikt en het maximum aan het einde van de zomer, (3) er grote verschillen zijn tussen jaren, (4) er ook duidelijke verschillen zijn tussen soorten. Door Williams & Ens (2003) verzamelde gegevens over de mossel en de kokkel bevestigen dit beeld. Conditie uitgedrukt als % AVD (asvrij drooggewicht van het vlees) van het totale versgewicht bereikt voor kokkels een dieptepunt in maart met 2.4 % en een maximum in juni met 4.6%. Een andere conditie maat is BMI (body mass index) die wordt berekend door het asvrij drooggewicht van het vlees (AVD in gram) te delen door de lengte (in mm) tot de derde macht. De BMI van sublitorale mossels bereikt in maart een minimum met een waarde van 3,56 en een maximum van 9,4 in juli. De BMI van litorale mossels vertoont een wat grilliger verloop, met een minimum van rond de 3,5 in mei/juni en een maximum van 6,2 in oktober, waarbij aangetekend moet worden dat gegevens over september ontbreken.

Op grond van deze informatie zijn de volgende correcties doorgevoerd om te komen tot een schatting van het vleesgehalte van de schelpdieren aan het einde van de zomer, wanneer de conditie maximaal is:

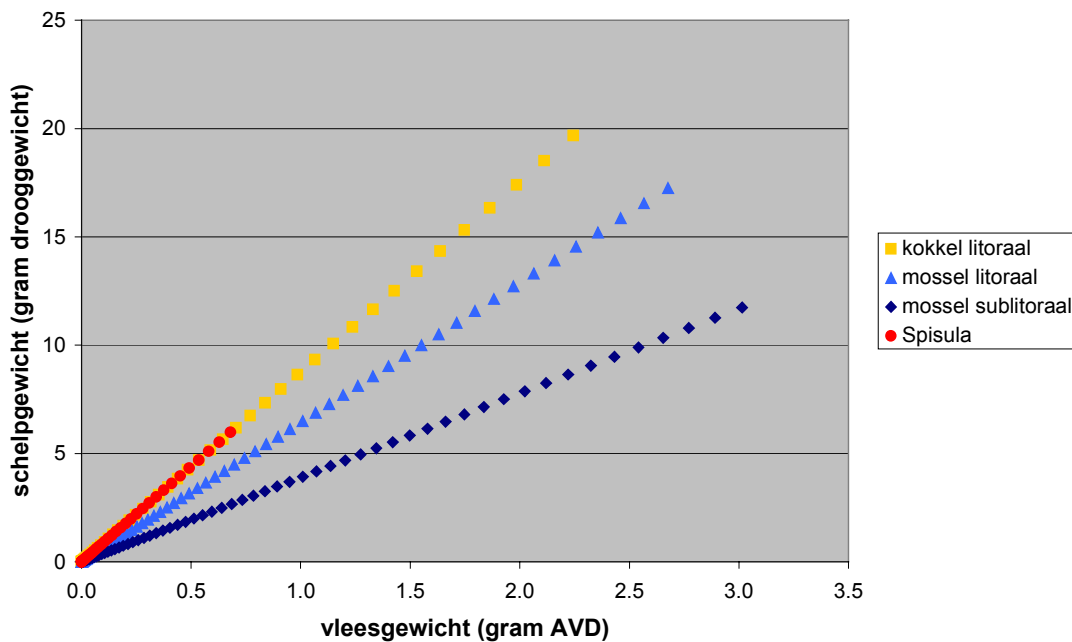
1. De getallen over de conditie van sublitorale mosselen hebben betrekking op maart, wanneer de conditie minimaal is. Vergelijking (4) is met 2 vermenigvuldigd om een schatting te krijgen van de maximale conditie. Dit is een voorzichtige schatting aangezien de conditie volgens de gegevens van Williams & Ens (2003) meer dan verdubbelt.
2. Voor de litorale mossels is vergelijking (6) ook met 2 vermenigvuldigd. Dit is eerder een overschatting dan een onderschatting.
3. Voor de kokkels is vergelijking (7) met 1,3 vermenigvuldigd om te corrigeren voor het conditieverlies tussen juli en september.
4. Voor de *Spisula* is vergelijking (9) die betrekking heeft op de december metingen met 1,4 vermenigvuldigd. Probleem is dat er geen goede schattingen

zijn over het seizoensverloop in conditie van *Spisula*. De schatting is gebaseerd op het seizoensverloop van de kokkel.

In tegenstelling tot het vleesgewicht zijn er geen meldingen uit de literatuur bekend dat het schelpgewicht (bij een bepaalde lengte) sterk varieert in de loop van het seizoen. De vergelijkingen (3), (5), (8) en (11) zijn daarom aangehouden als beste schatting voor het schelpgewicht voor sublitorale mosselen, litorale mosselen, kokkels en *Spisula*.

Op basis van deze gegevens kan nu voor de verschillende prooisoorten het voorspelde schelpgewicht worden uitgezet tegen het voorspelde vleesgewicht in het seizoen dat de conditie maximaal is (Fig. 3.12). Elk punt in deze figuur is een millimeter klasse en alle enigszins realistische lengte klassen zijn "doorgerekend". Als alleen vleesgewicht en schelpgewicht ertoe deden voor de Eidereend, dan kan op grond van deze figuur worden voorspeld dat sublitorale mosselen de meest aantrekkelijke prooi zijn, gevolgd door litorale mosselen. Kokkels en *Spisula* verschillen weinig en zijn beide ongeveer even onaantrekkelijk volgens dit criterium. De figuur is geen artefact van de gekozen correctie factoren voor het seizoeneffect in de relatie tussen biomassa en lengte (zie hierboven), want het vleesgehalte van sublitorale mossels is door de correctie mogelijk onderschat en het vleesgehalte van litorale mosselen mogelijk overschat. Sublitorale mosselen op percelen zouden nog wel eens nog aantrekkelijker kunnen zijn dan wilde sublitorale mosselen, omdat er aanwijzingen zijn dat de mosselpercelen zijn gelokaliseerd in gebieden waar de groei beter is dan in de gebieden waar de zaadval van nature goed is (Bult *et al.* 2003b).

Figuur 3.12 geeft een beeld van de gemiddelde verschillen tussen de prooisoorten. Eerder in dit hoofdstuk hebben we echter laten zien dat er zeer grote verschillen zijn binnen een prooisoort in de verhouding tussen vlees en schelp. Het is dus niet bij voorbaat zo dat sublitorale mosselen altijd een hogere ratio hebben dan bijvoorbeeld kokkels. Er kunnen best kokkelbanken zijn met kokkels die volgens dit criterium een veel gunstiger verhouding tussen vlees en schelp hebben dan mossels op sommige sublitorale mosselbanken. Dit zal met name gelden voor kokkels van intermediaire grootte. Het enige dat fig. 3.12 laat zien is dat sublitorale mossels gemiddeld aantrekkelijker zijn dan kokkels.



Figuur 3-12: Berekende verband tussen schelpgewicht (gram drooggewicht) en vleesgewicht (gram AVD) voor litorale kokkels (maximale lengte 50 mm), litorale mossels (maximale lengte 70 mm), sublitorale mossels (maximale lengte 70 mm) en *Spisula* (maximale lengte 40 mm) voor het seizoen waarin de vleesgewichten maximaal zijn. Voor details over de berekeningen: zie tekst

3.4 Modelberekeningen aan prooikeus

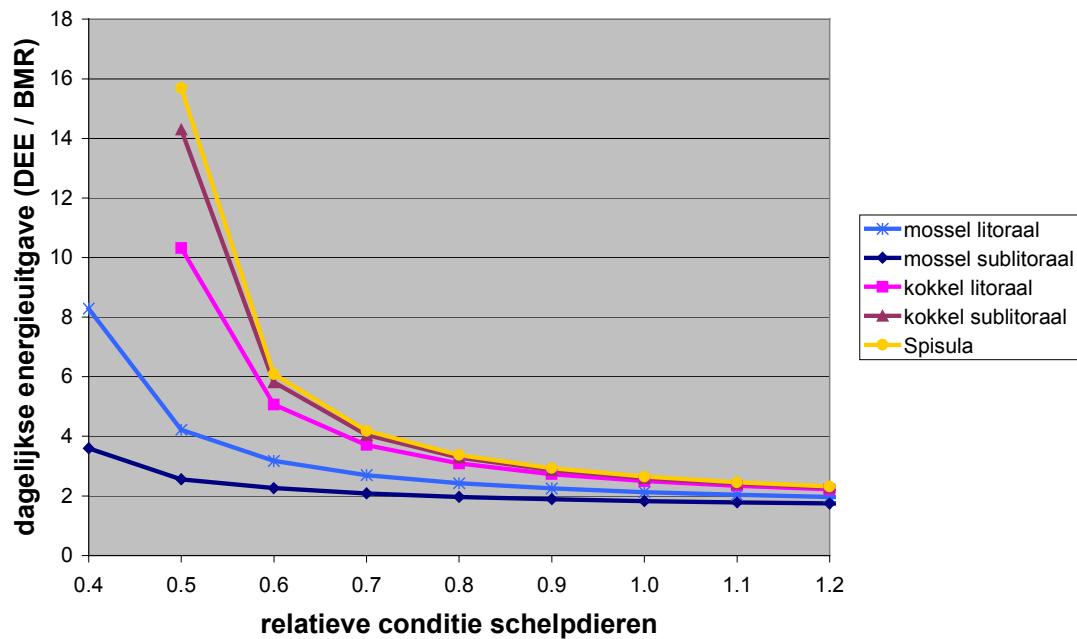
In het voorgaande is op basis van het hoge vleesgehalte en het lage schelpgewicht geconcludeerd dat sublitorale mosselen de meest profijtelijke prooi zijn voor de Eidereend. In die redenering wordt geen rekening gehouden met de energetische kosten die door de Eidereend gemaakt moeten worden om zijn prooien te bemachtigen en te verteren. Zo zullen de duikkosten voor sublitorale mosselen hoger zijn dan voor litorale mosselen, maar voor de kraakkosten zal dit omgekeerd liggen. Dankzij een in het kader van EVA II verder ontwikkeld rekenmodel over de prooikeus en het energiebudget van de Eidereend is het mogelijk aan dit bezwaar tegemoet te komen.

Voor een gedetailleerde beschrijving van het model wordt verwezen naar de rapportage van Brinkman *et al.* (2003). In dat rapport worden uitvoerig de processen beschreven en de gebruikte parameterwaarden. Veel parameters konden op basis van gegevens uit de literatuur worden geschat, zoals de ingenieuze metingen van Nehls (1995) aan de kosten van het kraken van de schelpdieren. Het model is tot op heden niet gevalideerd. Hieronder zullen we in een paar woorden proberen de hoofdlijnen van de berekening te schetsen. Uitgangspunt vormt een inactieve rustende eend. Een dergelijke eend verbruikt energie, het zogenaamde basaalmetabolisme, dat we vanaf nu zullen aanduiden als BMR (*Basal Metabolic Rate*). Het basaalmetabolisme bepaalt de minimale dagelijkse energieuitgave. Een eend die op gewicht wil blijven zal dit energieverlies moeten compenseren door naar voedsel te zoeken. Een eend die naar

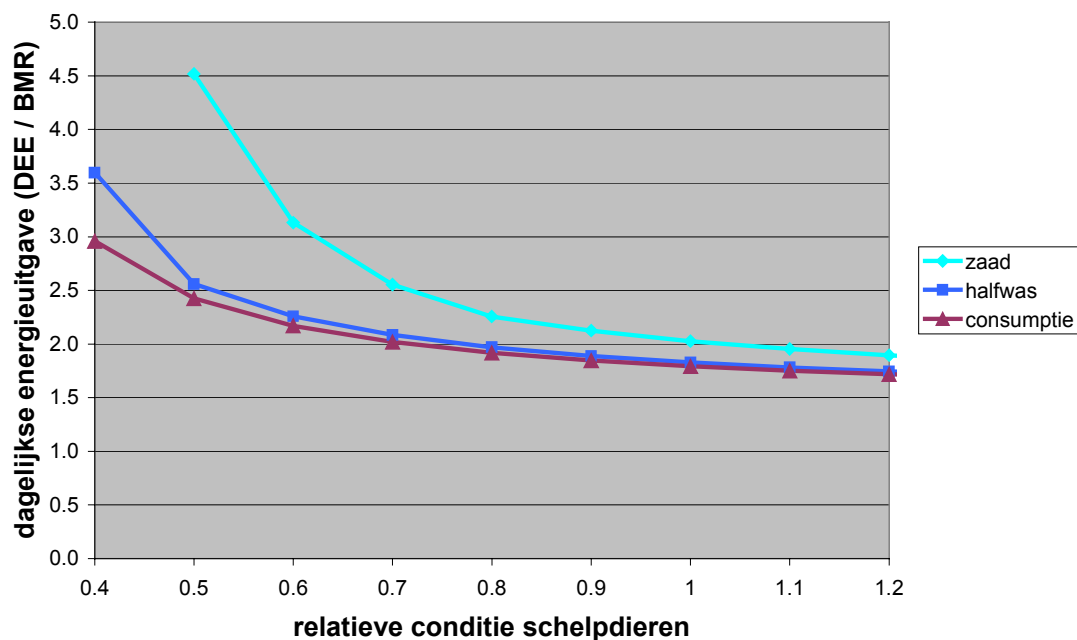
voedsel zoekt en dat voedsel verteert verbruikt meer energie dan een rustende eend; de dagelijkse energieuitgave wordt dus verhoogd door het foerageren. De dagelijkse energieuitgave wordt DEE genoemd (*Daily Existence Energy*). Centraal in het model staat een duikcyclus, die bestaat uit het duiken, het vinden en verorberen van een prooi en het verteren van die prooi. Elke duikcyclus levert meer energie op dan er kosten worden gemaakt. Als dat niet zo is heeft het weinig zin om te duiken. Met de energiewinst uit een duikcyclus moet de eend de kosten van BMR, extra activiteit en thermoregulatie compenseren. Aanname in het model is dat de eend precies genoeg duiken maakt om dat te doen. Meer duiken maken heeft geen duidelijk voordeel (tenzij het dier een energievoorraad wil aanleggen). Integendeel, er zijn aanwijzingen dat de overlevingskansen van een dier afnemen naarmate zijn dagelijkse energieuitgave toenemen (Daan *et al.* 1996). Dit betekent dat we de prooien nu kunnen vergelijken door uit te rekenen hoeveel duiken ze minimaal moeten maken om op gewicht te blijven en wat hun dagelijkse energieuitgave (DEE) dan bedraagt. DEE kan als multipel van BMR worden uitgedrukt. De prooi met de laagste waarde voor DEE/BMR is dus het meest aantrekkelijk. Daarbij is er ook nog sprake van een fysiologische limiet aan de dagelijkse energieuitgave. Drent & Daan (1980) schatten het maximum op 4 BMR. Kirkwood (1983) komt uit op 3-6 BMR. Volgens Weiner (1992) is 7 BMR de beste schatting. Op basis van de metingen van Nehls (1995) wordt BMR van een volwassen mannelijke Eidereend geschat op 800 kJ per dag en de BMR van een volwassen vrouwelijke Eidereend op 730 kJ per dag.

Voor elk van de prooien is nu voor een normale winterdag uitgerekend wat de dagelijkse energieuitgave is van een Eidereend, weergegeven in termen van DEE/BMR, wanneer de Eidereend uitsluiten die prooi eet. De voor deze berekeningen gebruikte parameterwaarden staan in Tabel 3.1. De resultaten staan in Fig. 3.13 en 3.14. Dit is herhaald voor verschillende condities van de schelpdieren. Daarbij is de maximale conditie in een gemiddeld jaar geschat zoals hierboven beschreven. In de figuren is deze conditie op 1 gesteld¹. Andere waarden van conditie, als gevolg van conditieverlies in de loop van de winter, of hogere condities als gevolg van een extreem goed jaar zijn weergegeven t.o.v. deze waarde weergegeven. Uit de berekeningen blijkt de volgende volgorde van energetisch profijt: sublitorale mosselen > litorale mosselen > litorale kokkels > sublitorale kokkels > *Spisula*. Deze volgorde is in essentie gelijk aan de volgorde die voorspeld werd op basis van de ratio tussen vleesinhoud en schelpgewichten. Dit is te begrijpen uit de hoge kraakkosten voor schelpdieren met zware schelpen. De kraakkosten van de schelpdieren vormen namelijk een belangrijke component van de energetische kosten van het foerageren. De kraakkosten zijn veel belangrijker dan de duikkosten en om die reden blijven sublitorale mosselen aantrekkelijker dan litorale mosselen. In de berekeningen is aangenomen dat litorale kokkels wat betreft schelpgewicht en vleesinhoud niet verschillen van sublitorale kokkels, zodat het enige verschil bestaat uit duikdiepte. Om die reden zijn litorale kokkels aantrekkelijker dan sublitorale kokkels.

¹ Voor elke prooi is in sectie 3.5 aangegeven hoe de biomassa (G) als functie geschreven kan worden van de lengte (L): $G=aL^3$. Deze formule heeft betrekking op de maximale biomassa in een gemiddeld jaar. Om conditie te laten variëren is de dimensieloze conditie parameter c ingevoerd: $G=cL^3$. Het is deze c die in figuur 3.13 en 3.14 op de x-as is uitgezet.



Figuur 3-13 De met het model van Brinkman et al. (2003) berekende dagelijkse energiebehoefte (uitgedrukt als multipl van BMR) als functie van de conditie van de schelpdieren (maximum in een normaal jaar is 1) voor verschillende soorten schelpdieren. Gebruikte parameterwaarden in Tabel 3.1



Figuur 3-14 De met het model van Brinkman et al. (2003) berekende dagelijkse energiebehoefte (uitgedrukt als multipl van BMR) als functie van de conditie van de schelpdieren (maximum in een normaal jaar is 1) voor verschillende klassen van sublitorale mosselen. Gebruikte parameterwaarden in Tabel 3.1

Spisula en kokkels verschillen weinig in de ratio tussen vlees en schelp, maar voor *Spisula* moeten de eenden dieper duiken. Dit leidt ertoe dat *Spisula* uit de berekeningen als minst aantrekkelijke schelpdier naar voren komt. Ook blijkt dat sublitorale mosselen zelfs bij zwaar conditieverlies nog steeds een prooi zijn waarop de Eidereend kan overleven. Dat geldt niet voor kokkels en *Spisula*. Bij lage condities van de schelpdieren worden fysiologisch onmogelijke waarden voor DEE/BMR bereikt van ver boven de 7. Wanneer binnen een prooi-soort verschillende grootteklassen worden vergeleken is het steeds zo dat de grootste prooien energetisch het meest profijtelijk zijn. De kraakkosten nemen toe met prooigrootte, maar de energieinhoud nog veel sterker. De energiewinst per duik is dus groter naarmate de prooi groter is, terwijl de duikkosten gelijk zijn.

In het model wordt aangenomen dat per duik maar één prooi wordt bemachtigd. Als de eend in staat is om een groot aantal prooien in één duik te consumeren (tot maximaal een maagvulling), dan worden de kosten van de duik lager, maar de kraakkosten blijven gelijk. De kraakkosten zijn weliswaar bepaald voor eenden met een volle maag met een groot aantal schelpdieren - de eenden kraken de schelpen namelijk in hun maag door ze tegen elkaar te drukken - maar vervolgens zijn de kraakkosten per schelpdier bepaald door de gemeten kosten te delen door het aantal schelpdieren. Volgens het model ziet het energie budget van een vrouwelijke Eidereend die in de winter op sublitorale mosselen van halfwas formaat foerageert er als volgt uit: BMR 37%, kraken 30%, verteren 16%, vliegen 7%, overige kosten 10% (waaronder duiken en zout excretie). Omdat de kosten van het kraken van de schelpdieren zo hoog zijn is aangenomen dat de uitkomsten niet wezenlijk afhangen van het aantal prooien dat per duik wordt verzameld, maar dit verdient nader onderzoek. In het uiterste geval zijn de duikkosten per prooi verwaarloosbaar klein. In dat geval zullen de uitkomsten van de modelberekeningen vooral bepaald worden door het verband tussen schelpgewicht en vleesgewicht (Fig. 3.12). In Fig. 3.13 zullen *Spisula* en sublitorale kokkels dan gelijk worden aan de litorale kokkels waarvoor geen duikkosten gemaakt hoeven te worden. Dit leidt tot de volgende volgorde van energetisch profijt: sublitorale mossels > litorale mossels > kokkels en *Spisula*.

Tabel 3-1: Tabel met gebruikte parameterwaarden voor berekeningen aan het energieverbruik van Eidereenden die op verschillende prooien leven. Alleen relevante parameters uit de drie invoerfiles voor het model zijn vermeld. Voor overige parameterwaarden zie Brinkman et al. (2003)

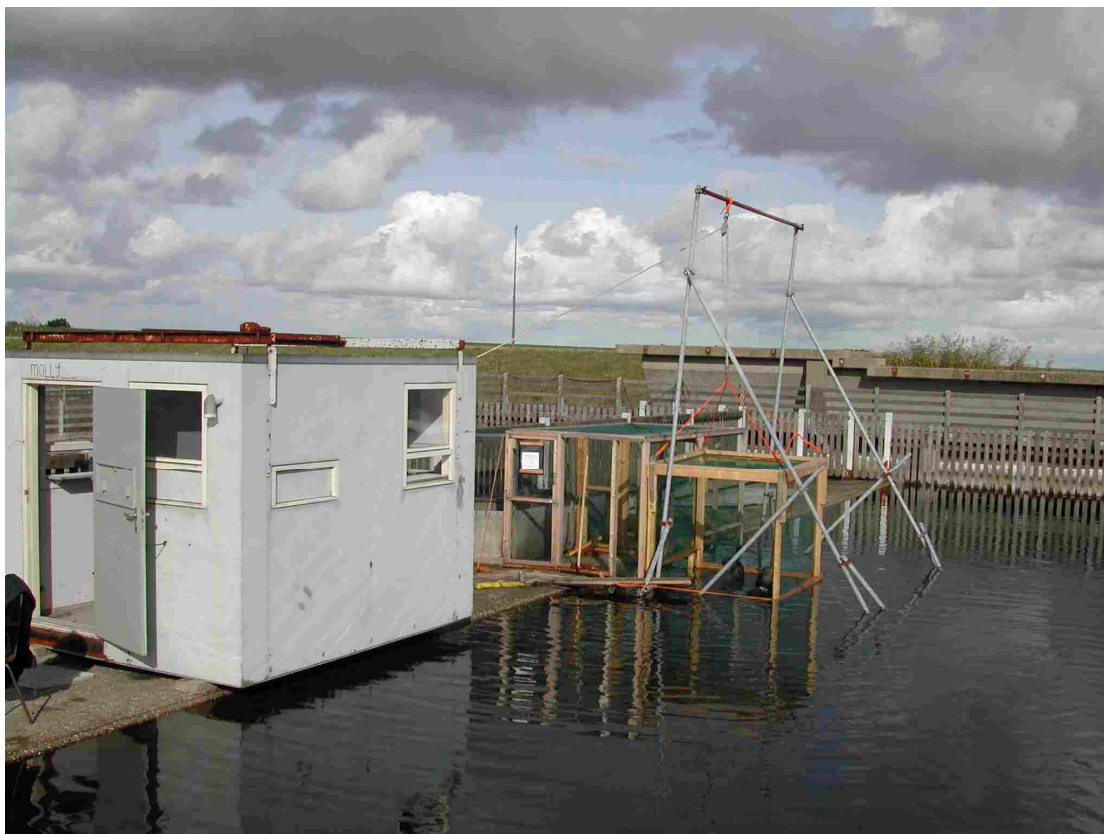
	waarde	minimum	maximum
weather.dat			
Watertemperatuur (°C)	6		
Luchttemperatuur (°C)	4		
Windsnelheid (m/s)	5		
birdpar.dat			
BMR W/kg	4.05		
Fly costs W/kg	150		
Frictionfact	0.2		
swima, W	0.6		
Swimb, x	0		
SwimTimeperDay (s)	500		
FlyTimeperDay (s)	900		
Botta, W	0.8		
Weight (g)	2000		
SpecMass eider swimming	0.45		
SpecMass eider diving kg/dm3	0.67		
PreySpecMass	1		
Body temp of eider	41		
SwimmingSpeed (m/s)	0.3		
FlySpeed (m/s)	25		
DivingSpeed (m/s)	1		
DivingSpeedAmpl	0.2		
DivingSpeedAmpFreq	2.63		
BottomSpeed (m/s)	0.1		
BottomSpeedAmpl	0.2		
BottomAmpFreq	2.62		
SearchTime0 loose mussel (s)	4		
SearchTime1 bunched mussel (s)	12		
HandlingTime losse mussels (s)	4		
HandlingTime bunched mussel (s)	16		
MaxIntakeRate	0.1		
MaxGrowthRateConst	0.1		
Assimilation efficiency	0.8		
Digestioncosts -> heat (frac)	0.2		
EnergyContentFat J/gDW	2.25E+04		
EnergyContentAnimal J/gDW	2.25E+04		
Airexhaled before diving	0.2		
cone proportionality const	4		
Lungvol_a (cm3)	1.61E-01		
Lungvol_b (mass (g)^b)	0.91		
diving_energ eff chem>muss	0.4		
diving+energ eff muss>move	0.9		
ExtraSwallowedWater (fract.)	0.1		
Areachar.dat			
Salt_content (g/g)	0.035		

	waarde	minimum	maximum
salt_costs J/g excret	1.50E+03		
Crush-a	600		
Crush-b	0		
Lengte (mm) mossel zaad sublitoraal		5	30
Lengte (mm) mossel halfwas sublitoraal		30	50
Lengte (mm) mossel consumptie sublitoraal		50	75
Lengte (mm) mossel litoraal		30	50
Lengte (mm) mossel sublitoraal		30	50
Lengte (mm) kokkel litoraal		20	30
Lengte (mm) kokkel sublitoraal		20	30
Lengte (mm) Spisula		20	40

3.5 Selectieproeven aan prooiisoort en prooigrootte

In het bovenstaande zijn metingen en berekeningen gepresenteerd die voorspellen welke prooien door de Eidereend geprefereerd zouden moeten worden. Hier zullen in het kader van EVA II uitgevoerde selectieproeven worden gepresenteerd aan eenden in gevangenschap. De eenden zijn in gevangenschap opgekweekt op korrelvoer. Na een aantal maanden zijn de eenden overgeplaatst naar een buitenkooi met stromend zout water (zie Fig. 3.15). Na een aantal weken hebben de eenden alleen nog levende schelpdieren als voedsel gekregen. Dit betekent dat de spiermaag was ingesteld op het kraken van schelpdieren. Uit onderzoek aan de Kanoetstrandloper, die ook schelpdieren in het geheel inslikt en in de maag kraakt, blijkt dat de spiermaag "degenereert" als de dieren lang op zacht voedsel leven (Dekinga *et al.* 2001). Daarbij is "degenereren" niet helemaal het goede woord. Het betreft een adaptieve respons: een sterke spiermaag is nodig om dikke schelpen snel te kunnen kraken (van Gils *et al.* 2002), maar brengt ook extra kosten met zich mee. Dit betekent dat een dier voortdurend moet afwegen of de kosten van een sterke spiermaag wel voldoende opwegen tegen de baten (Piersma & Lindstrom 1997; Piersma & Drent 2003).

Om goed onderzoek aan prooi keuze van Eidereenden te kunnen doen is het dus belangrijk dat de dieren een "getrainde" spiermaag hebben en dat was hier het geval. Van de drie eenden die buiten werden opgekweekt stierf één exemplaar aan een onbekende ziekte voordat de proeven konden beginnen. De eerste experimenten betroffen het meten van de energetische kosten van het kraken van de verschillende schelpdieren. Op het moment dat dit verslag geschreven moest worden waren de resultaten van die metingen nog niet geanalyseerd. Tijdens het opstarten van de selectieproeven stierf de tweede eend (een mannetje), waarover later meer. Bijgevolg zijn de selectieproeven uitgevoerd met slechts één vrouwelijke Eidereend. Dit dier bleef tot het einde van de proeven in goede gezondheid (Fig. 3.16). De resultaten van het onderzoek aan dit dier zijn belangwekkend, al moet onmiddellijk worden toegegeven dat de steekproefgrootte voor wat betreft het aantal proefdieren de kleinst mogelijke is. Aangezien de resultaten van de experimenten in lijn zijn met andersoortige waarnemingen worden die andersoortige waarnemingen versterkt. Meer details over de proefopzet zijn te vinden in bijlage 3.



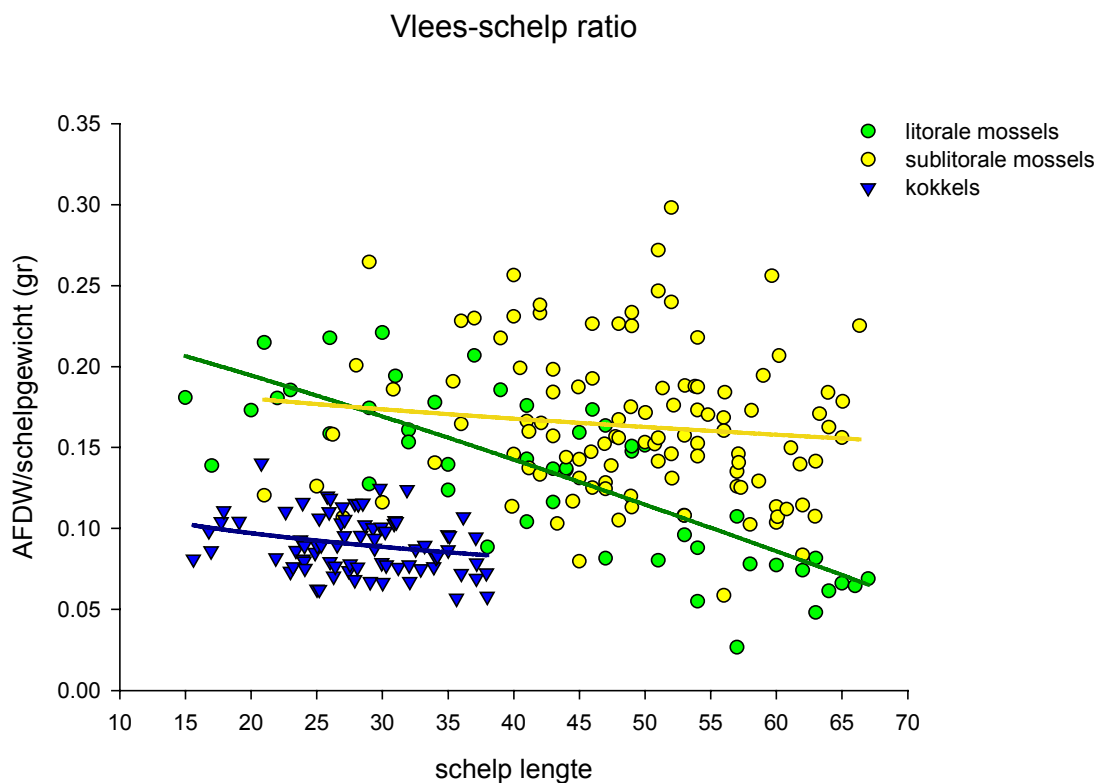
Figuur 3-15: Foto van proefopstelling Eidevenden



Figuur 3-16: Foto van de vrouwelijke Eideend die gebruikt is voor de selectieproeven

De selectie-experimenten werden uitgevoerd van 5 mei 2003 t/m 1 juni 2003. De gebruikte schelpdieren waren weken tot maanden eerder in de Waddenzee verzameld. De sublitorale mossels waren afkomstig van een wilde bank in de

Westkom. De litorale mossels waren afkomstig van een mosselbank op het wad onder de Schorren op Texel en een mosselbank bij Ameland. De kokkels waren afkomstig van het wad onder Ameland. De schelpdieren werden op het proefterrein met stromend zeewater in leven gehouden. Dit kan de conditie van deze dieren hebben beïnvloed. De gevonden vlees/schelp ratio's zijn echter in dezelfde orde van grootte als de eerder gerapporteerde getallen voor het einde van de winter. Sublitorale mosselen hebben een gunstiger ratio dan litorale mosselen, die weer een gunstiger ratio hebben dan kokkels. En net als in eerdere metingen is er sprake van een grote variatie binnen een soort. Wat wel opvalt is dat de vlees/schelp ratio ongunstiger lijkt als de grootte toeneemt. De trend is aanwezig bij alle drie de prooien, maar alleen statistisch significant voor de litorale mosselen. Hier is het effect zelfs zo groot dat kleine litorale mosselen niet verschillen van sublitorale mosselen, terwijl grote litorale mosselen niet verschillen van kokkels.



Figuur 3-17: Vlees/schelp ratio (asvrij drooggewicht vlees gedeeld door drooggewicht van de schelp) voor de schelpdieren die in de selectie-experimenten werden aangeboden. Elk punt is een individueel schelpdier. De lijnen zijn bepaald middels lineaire regressie. Alleen voor de litorale mosselen is de helling significant verschillend van nul

Volgens de eerder gepresenteerde modelberekeningen zou de eend goed moeten kunnen overleven op de aangeboden sublitorale mosselen en de kleinere litorale mosselen. De aangeboden grote litorale mosselen en de kokkels hebben vleesgehaltes die in de buurt komen van de kritische grens (Kokkels in goede conditie hebben een vlees/schelp ratio van 0,11. Als langdurig energieverbruik boven viermaal het basaalmetabolisme niet mogelijk is, dan mag de vlees/schelp ratio niet onder de 0,08 komen. Zie sectie 3.6). De eend had inderdaad geen moeite om op gewicht te blijven

of in gewicht toe te nemen als sublitorale mosselen werden aangeboden, al of niet in combinatie met andere prooien (Fig. 3.18). De enige uitzondering vormde een experiment waarbij grote sublitorale mosselen met een zware begroeiing van zeepokken werden aangeboden als enig voedsel. Met uitzondering van dit experiment bedroeg de dagelijkse opname van sublitorale mossels 1974 gram versgewicht (N=9).

Wanneer kokkels werden aangeboden verloor de eend steevast gewicht. Dit kwam omdat de eend nauwelijks van de kokkels at: gemiddeld slechts 34 gram versgewicht per dag (N=6). Wanneer kokkels samen met mossels werden aangeboden, dan at de eend alleen mossels (N=2). Een extra aanwijzing voor de onaantrekkelijkheid van de aangeboden kokkels vormt de tragische dood van het mannetje. Ook dit dier werden kokkels aangeboden en het mannetje at daar ook van. Echter, net als het vrouwtje niet genoeg om op gewicht te blijven. Na aanbieden van aantrekkelijke sublitorale mosselen nam het vrouwtje steeds weer snel toe in gewicht, maar dit gebeurde niet bij het mannetje.

Slechts één keer zijn uitsluitend litorale mossels aangeboden. De eend nam af in gewicht, maar had wel 880 gram versgewicht gegeten. Wanneer litorale mosselen samen met sublitorale mosselen werden aangeboden, dan had de eend een zeer duidelijke voorkeur voor de sublitorale mosselen. Beide typen mosselen werden in gelijke hoeveelheden aangeboden, maar over alle experimenten gemiddeld at de eend 165 gram versgewicht litorale mosselen en 1865 gram versgewicht sublitorale mosselen (N=9). Er was wel grote variatie tussen experimenten. In sommige experimenten werden niet of nauwelijks litorale mosselen gegeten, terwijl er ook experimenten waren waarbij 30% van het dieet uit litorale mosselen bestond. Het verschil heeft te maken met de beschikbaarheid van kleine litorale mossels. Als die ontbraken werden er geen litorale mossels gegeten, anders wel. Interessant is dat bij de experimenten met een combinatie van grote litorale mosselen met grote sublitorale mosselen, beide typen door elkaar in één bak werden aangeboden. Desondanks at de eend alleen sublitorale mosselen. Blijkbaar was de eend in staat op het oog of op de tast de beide typen van elkaar te onderscheiden.

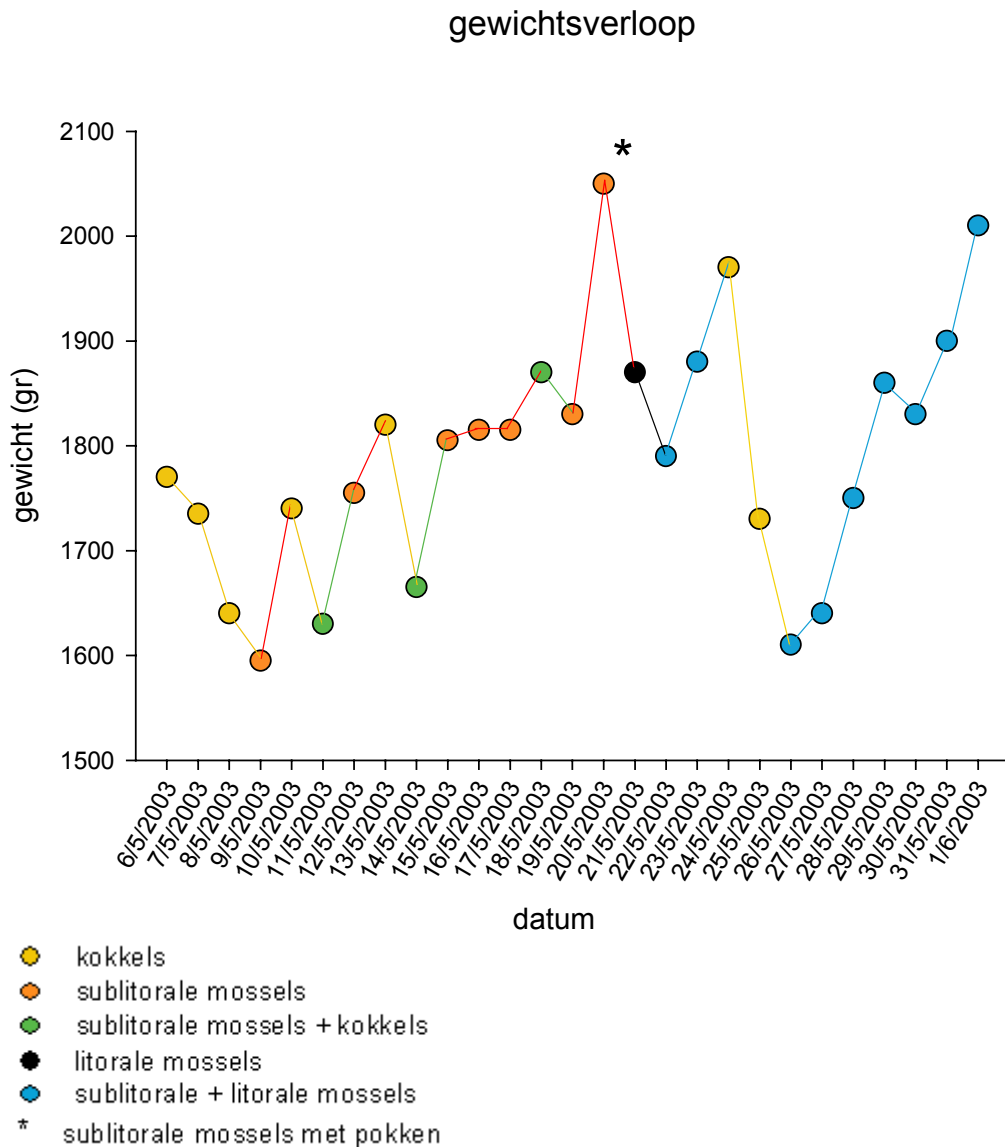
Deze preferentie voor dunschalige mossels met veel vlees werd ook vastgesteld in experimenten met Eidereenden in gevangenschap door Bustnes (1998) en Bustnes & Erikstad (1990).

De resultaten van de prooikeuze experimenten zijn conform de eerder geformuleerde verwachtingen. Een tweede stap vormt onderzoek naar selectie op lengte binnen een prooi-soort. Om de selectie te kunnen kwantificeren is de selectie index D bepaald (Jacobs 1974):

$$D = (r - p) / (r + p - 2rp)$$

Hier is r het aandeel van een lengte in hetgeen gegeten is, en p het aandeel van een lengte in het voedselaanbod. Op deze manier wordt gecorrigeerd voor het aantal dat is aangeboden van een bepaald lengte. De selectie index is bepaald voor groepen van 5 mm klassen (dus schelpen van 10 tot 15 mm behoren tot 1 klasse). Een positieve selectie index houdt in dat er een selectie is voor de lengte, een negatieve selectie

houdt in dat er tegen de lengte geselecteerd wordt. De schaal loopt van -1 tot 1 . Een selectie index van -1 betekent dat er geen één schelpdier uit die mm klasse is gegeten, een selectie index van 1 betekent dat alle schelpdieren uit die mm klasse zijn gegeten.



Figuur 3-18 Gewichtsverloop van de Eidereend gedurende de experimenten. In het figuur staat aangegeven op welke dag de eend welk soort voedsel kreeg en hoe het nuchtere gewicht was op het moment dat de eend het voedsel in de kooi kreeg. De lijnen stellen de gewichtsverandering voor die hoort bij het foerageren op de prooi zoals die wordt aangegeven door de kleur van het linker datapunt. Bijvoorbeeld: het zwarte lijntje is de gewichtsafname die hoort bij het zwarte datapunt, dus bij foerageren op litorale mossels

De aangeboden kokkels varieerden in lengte van 10 tot 40 mm met een duidelijke piek bij 25 mm. Van de 1447 aangeboden kokkels werden er slechts 40 gegeten. Op basis van deze kleine steekproef werd berekend dat er sprake was van selectie tegen hele grote en hele kleine kokkels. Er was sprake van positieve selectie op kokkels van 20 en 25 mm.

Bij litorale mossels was er sprake van sterke selectie tegen grote mossels (Fig. 3.19). Het omslag punt van de selectie lag rond de 40 mm. Als er behalve litorale mosselen ook sublitorale mosselen aangeboden werden dan was er negatieve selectie tegen mosselen van 40 mm. Als er geen alternatieven waren, dan begon de negatieve selectie pas bij mosselen van 45 mm.

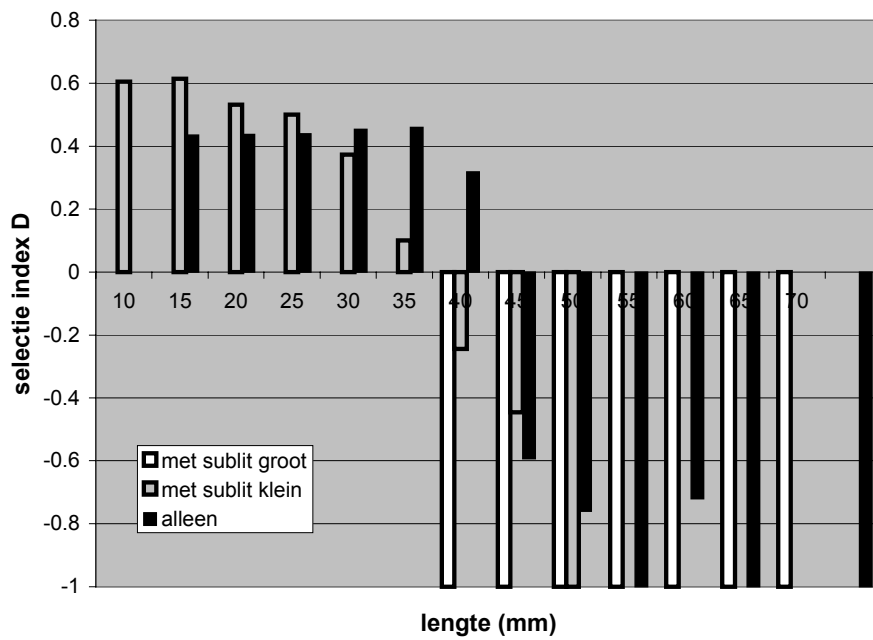
Ook bij sublitorale mosselen was er sprake van selectie tegen grote mosselen, maar die selectie begint pas bij 55 mm (Fig. 3.20). In experimenten waarbij grote sublitorale mosselen samen met grote litorale mosselen werden aangeboden was er geen duidelijke selectie op lengte bij de sublitorale mosselen.

De resultaten van de experimenten aan de grootselectie zijn niet conform de voorspellingen op basis van het model en ook gedeeltelijk in strijd met veldwaarnemingen. Twee punten verdienen aandacht. Positieve selectie op kleine mossels en negatieve selectie tegen grote mossels.

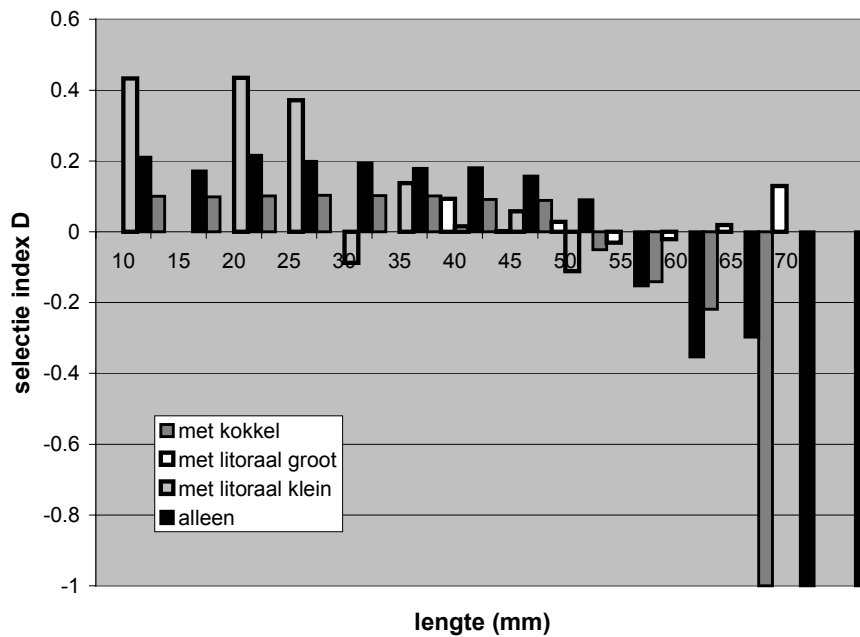
Volgens het model zijn kleine mossels het minst profijtelijk, wat vooral van belang is als de conditie van de mossels laag is. Veldstudies laten zien dat in de zomermaanden wel kleine mossels gegeten worden, maar dat er in de wintermaanden selectie tegen mossels kleiner dan 2 cm is (Nehls 1995; Hamilton *et al.* 1999). Dat in de kooi kleine mossels werden geprefereerd kan te maken hebben met (1) het feit dat de proeven in het voorjaar plaatsvonden, (2) het feit dat de zoekkosten minimaal waren in de kooiproeven, terwijl die in het veld wel een belangrijke rol spelen.

Volgens het model zijn grote mossels het meest profijtelijk. In de kooiproeven werd echter gevonden dat de grootste mossels niet werden gegeten en dit wordt ook in het veld gevonden (Nehls 1995; Hamilton *et al.* 1999). Selectie tegen grote mossels kan vooralsnog niet begrepen worden vanuit energetische overwegingen, maar heeft mogelijk te maken met risico's bij het inslikken of kraken van grote schelpdieren. Ook is het mogelijk dat de grote kracht die de maagspier moet leveren om grote mosselen te kraken de grootste exemplaren toch minder aantrekkelijk maakt. Blijkbaar weegt de eend energetische kosten en baten tegen andersoortige risico's. Verwacht mag worden dat naarmate de eend meer problemen heeft om in zijn energie budget te voorzien, de nadruk op de energetische kosten en baten komt te liggen en steeds grotere mosselen worden gegeten. Dit klopt. Uit veldwaarnemingen blijkt dat in de wintermaanden grotere mosselen worden geselecteerd dan in de zomermaanden (Nehls 1995; Hamilton *et al.* 1999). Dit is ook waargenomen voor Scholeksters (Cayford & Goss-Custard 1990; Ens *et al.* 1996).

Het voorgaande maakt duidelijk dat de in de kooiproeven waargenomen grootselectie niet gebruikt kan worden om harde grenzen aan te geven tussen mossels die wel en niet beschikbaar zijn voor de Eidereenden. Bovendien is het merendeel van de proeven met slechts 1 dier uitgevoerd en vonden ze plaats binnen een beperkt deel van het jaar.



Figuur 3-19: Selectie index D (zie bijlage 3) als functie van de lengte van litorale mosselen voor drie verschillende experimenten: (1) grote litorale mosselen samen met grote sublitorale mosselen, (2) kleine litorale mosselen samen met kleine sublitorale mosselen, (3) litorale mosselen van alle beschikbare groottes zonder andere prooien



Figuur 3-20: Selectie index D (zie bijlage 3) als functie van de lengte (mm) voor sublitorale mosselen, voor vier verschillende experimenten: (1) sublitorale mosselen van alle groottes samen met kokkels, (2) grote sublitorale mosselen samen met grote litorale mosselen, (3) kleine sublitorale mosselen samen met kleine litorale mosselen, (4) sublitorale mosselen van alle groottes zonder andere prooien

3.6 Effect van zeepokken op grootselectie

Grote mosselen zijn vaker sterk begroeid met zeepokken dan kleine mosselen (Fig. 3.4). Het is mogelijk dat sterk met zeepokken begroeide mosselen (Fig. 3.21) minder aantrekkelijk zijn voor Eidereenden. Om dit te onderzoeken zijn meer en minder sterk met zeepokken begroeide mosselen aangeboden aan de eerder beschreven Eidereenden in gevangenschap. Per keer werden 10 mosselen (de omvang van een normale maaltijd van een Eidereend waarna een verteringspauze volgt) stuk voor stuk aangeboden aan òf het mannetje, òf het vrouwtje. Elke mossel werd in het water gegooid en er werd gewacht tot de eend bovenkwam met de opgedoken mossel. Vanaf dat moment werd de hannestijd (Nederlands voor *handling time*) geklokt tot de mossel was ingeslikt of geweigerd. In totaal werden 279 mossels aangeboden. Meer details over de proeven zijn vermeld in bijlage 4.

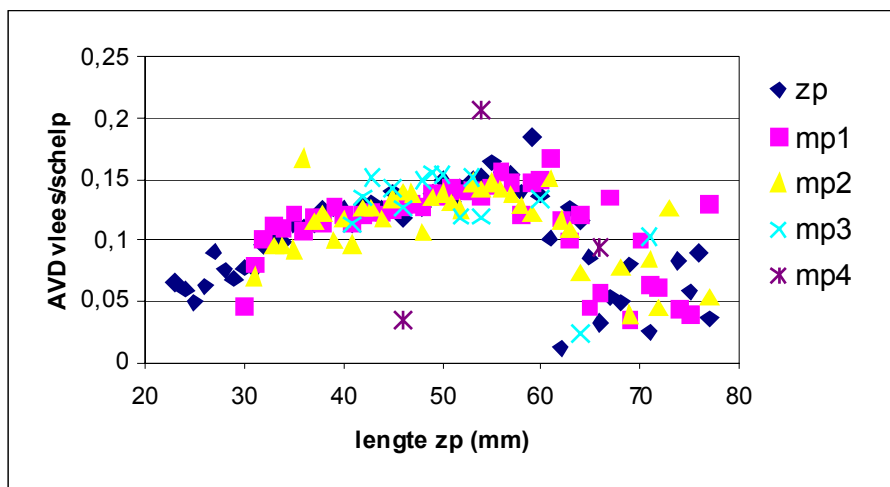
De mossels die werden gebruikt voor de proeven waren enige tijd voor de proef verzameld in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee (een wilde sublitorale bank in de Westkom). Bij deze mossels bleek geen verband tussen de mate waarin de mossels met pokken waren bedekt en de vlees/schelp ratio (Fig. 3.22). Dit stemt overeen met andere analyses van sublitorale mosselen, waarbij er ook geen verband was tussen bedekking met pokken en vlees/schelp ratio (Fig. 3.4). Wel nam de vlees/schelp ratio toe met de lengte tot een lengte van ongeveer 60 mm. Mossels boven een lengte van 60 mm hadden een opvallend lage vlees/schelp ratio.

De hannestijd van de mossels nam toe met de lengte en met de mate waarin de mosselen bedekt waren door zeepokken (Fig. 3.23). Mossels zonder pokken zijn binnen een paar seconden ingeslikt, maar het kan wel 30 seconden duren voor een grote mossel met een dichte bedekking van zeepokken is ingeslikt.

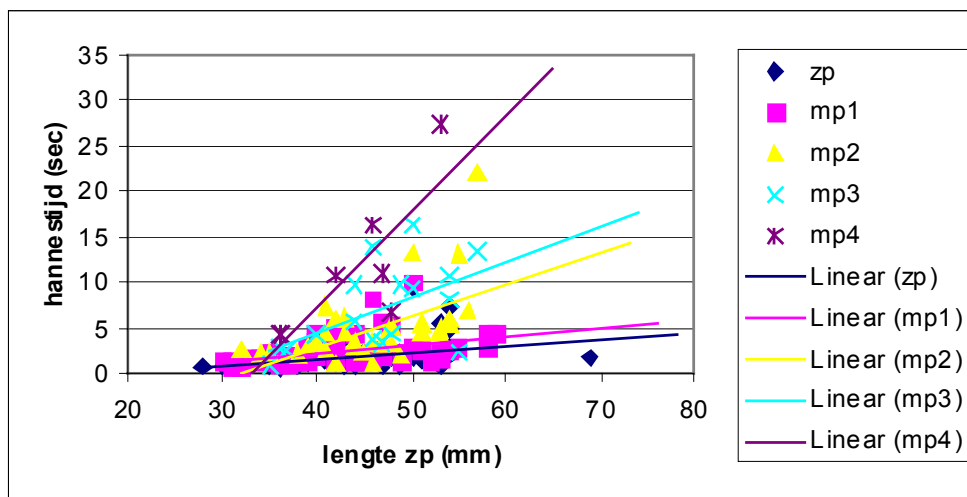
De kans dat een mossel niet werd ingeslikt, maar na het opduiken werd geweigerd nam toe met de lengte van de mossel en met de bedekking door pokken (Fig. 3.24). Mossels van 70 en 80 mm werden nooit gegeten. Mossels van 60 mm werden meestal wel gegeten als er geen of weinig pokken op zaten, maar werden meestal geweigerd als de bedekking met pokken hoog was. Deze resultaten stemmen overeen met de eerder gepresenteerde gegevens over grootte selectie (Fig. 3.20) en de waarneming dat grote sublitorale mossels vaak bedekt zijn met zeepokken (Fig. 3.4).



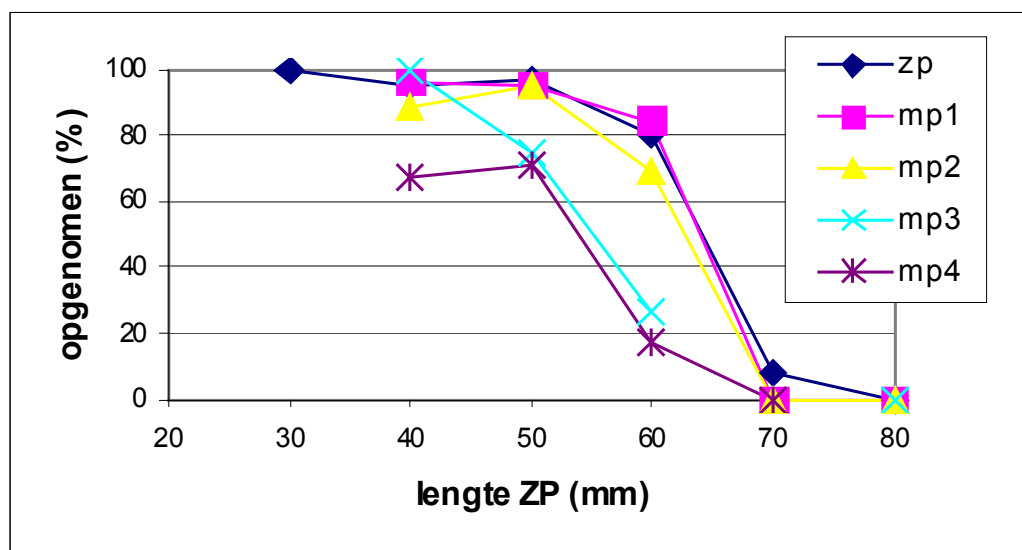
Figuur 3-21: Foto van een sterk met zeepokken (*Balanus crenatus*) begroeide sublitorale mossel. Ongeveer op ware grootte



Figuur 3-22: Verband tussen de vlees/schelp ratio en de lengte van de mossel, gemeten zonder pokken. Er is een onderscheid gemaakt naar de mate van begroeiing met pokken: zp = zonder pokken, mp1 = 0-25% bedekt met pokken, mp2 = 25-50% bedekt met pokken, mp3 = 50-75% bedekt met pokken, mp4 = 75-100% bedekt met pokken. Per millimeter lengte klasse is de gemiddelde vlees/schelp ratio (gram asvrij drooggewicht vlees per gram drooggewicht schelp) weergegeven



Figuur 3-23: Hanne tijd per lengteklasse voor de verschillende pokkenklassen van mossels die ingeslikt werden. zp (Hanne tijd $zp = 0,076 \text{ lengte mossel } zp - 1,390$; $n = 61$; $R^2 = 0,141$; $P = 0,002$), $mp1$ (Hanne tijd $mp1 = 0,095 \text{ lengte mossel } mp1 - 1,577$; $n = 57$; $R^2 = 0,156$; $P = 0,001$), $mp2$ (Hanne tijd $mp2 = 0,347 \text{ lengte mossel } mp2 - 10,883$; $n = 35$; $R^2 = 0,266$; $P = 0,001$), $mp3$ (hanne tijd $mp3 = 0,386 \text{ lengte mossel } mp3 - 10,783$; $n = 17$; $R^2 = 0,266$; $P = 0,020$), $mp4$ (hanne tijd $mp4 = 1,047 \text{ lengte mossel } mp4 - 34,557$; $n = 7$; $R^2 = 0,568$; $P = 0,031$). Voor indeling bedekkingsklassen met zeepokken zie legenda Fig. 3-22



Figuur 3-24: Kans dat een opgedoken mossel ook daadwerkelijk werd ingeslikt als functie van de lengte (gemeten zonder pokken) en per bedekkingsklasse met zeepokken (zie legenda Fig. 3-22)

3.7 Conclusies

- Voor sublitorale mossels, litorale mossels, kokkels en *Spisula* is het verband bepaald tussen asvrij drooggewicht en lengte en tussen schelpgewicht en lengte. De ratio tussen vleesgewicht en schelpgewicht is het gunstigst voor sublitorale mossels en het minst gunstig voor kokkels en *Spisula*.
- Binnen een prooi-soort is er sprake van opvallend grote variatie in deze ratio. In het geval van kokkels zijn er aanwijzingen voor een systematisch verband met lengte. Er lijkt sprake van een optimale vlees/schelp ratio bij kokkels van intermediaire lengte. Dat betekent dat (1) Eidereenden uiterst selectief moeten zijn in het kiezen van hun prooien en foerageergebieden, (2) sublitorale mossels alleen gemiddeld de meest aantrekkelijke ratio hebben, (3) lokaal kokkels en *Spisula* een aantrekkelijke prooi kunnen zijn, hoewel ze gemiddeld minder aantrekkelijk zijn dan sublitorale mossels.
- Uit modelberekeningen blijkt dat de aantrekkelijkheid van de prooidieren, zoals bepaald aan de hand van de ratio tussen vleesgewicht en schelpgewicht, zich vrijwel één op één vertaalt in energetisch voordeel. Dit is een direct gevolg van het feit dat de kosten van het kraken en verteren van de schelpdieren een belangrijke component van het energiebudget van de Eidereend vormen. Ten opzicht van de kraakkosten lijken de kosten van duiken van beperkte betekenis.
- In de modelberekeningen is aangenomen dat per duik maar één prooi wordt bemachtigd. Als de eend in staat is om een groot aantal prooien in één duik te consumeren (tot maximaal een maagvulling), dan worden de kosten van de duik lager, maar de kraakkosten blijven gelijk. Omdat de kosten van het kraken van de schelpdieren zo hoog zijn is aangenomen dat de uitkomsten van de modelberekeningen niet wezenlijk afhangen van het aantal prooien dat per duik wordt verzameld, maar dit verdient nader onderzoek.
- In het uiterste geval zijn de kosten van duiken verwaarloosbaar klein. In dat geval is de berekende volgorde van energetisch profijt als volgt: sublitorale mosselen > litorale mosselen > kokkels en *Spisula*.
- Wanneer de conditie van de schelpdieren afneemt in de loop van de winter, dan kan de berekende dagelijkse energiebehoefte van de Eidereenden voor sommige prooien zo hoog oplopen dat fysiologische grenswaarden worden overschreden. Dit geldt met name voor kokkels en *Spisula*. Eenden die langdurig gedwongen worden dergelijke prooien te eten zullen al etend van de honger omkomen.
- Prooi-keuze experimenten bevestigden de voorspelde preferentie. Sublitorale mosselen hadden de voorkeur boven litorale mosselen, die weer werden geprefereerd boven kokkels. De aangeboden kokkels waren van een zodanige lage kwaliteit dat de eenden niet op gewicht konden blijven. Sublitorale mosselen werden geselecteerd zelfs als ze gemengd met litorale mosselen werden aangeboden.
- Experimenten waarbij de eenden konden kiezen tussen mossels van verschillende lengte lieten een positieve selectie zien op kleine en halfwas mossels en negatieve selectie tegen de allergrootste mossels. Voor sublitorale

mosselen lag de grens bij 55 mm, voor litorale mosselen bij 40-45 mm. De positieve selectie op kleine mossels is niet te begrijpen vanuit de modelberekeningen. De negatieve selectie tegen grote mosselen is ook niet te begrijpen vanuit energetische overwegingen, maar is in veel veldstudies waargenomen. Uit veldstudies blijkt dat naarmate de energiebehoefte hoger is sterker tegen kleine mossels wordt geselecteerd en de bovengrens, van mossels die nog wel gegeten worden, steeds verder opschuift naar grote mossels.

- Uit experimenten blijkt dat het niet zo is dat sterk met zeepokken begroeide mosselen niet worden gegeten. Het is wel zo dat de maximale grootte die nog gegeten wordt lager ligt als de mosselen sterk met zeepokken zijn begroeid.
- Het verdient aanbeveling deze en andere experimenten met een aanzienlijk groter aantal proefdieren te herhalen en te toetsen of de voorspelde prooiselectie ook in het veld wordt waargenomen.
- Daarnaast wordt aanbevolen een goede analyse te maken van de temporele en spatiele fluctuaties in de beschikbaarheid en de geschiktheid van schelpdieren als voedselbron, inclusief de mossels op de mosselpercelen.

4 Verspreiding in relatie tot voedselaanbod en andere factoren

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de verspreiding van de Eidereenden in de Waddenzee geanalyseerd met als doel te begrijpen welke factoren die verspreiding bepalen. De belangrijkste data set vormen vliegtuigtellingen van Eidereenden waarvan van elke waargenomen groep de precieze locatie bekend is (de Jong *et al.* 2002; Berrevoets & Arts 2003; de Jong *et al.* 2003). Deze gegevens kunnen via GIS gekoppeld worden aan gegevens over abiotische factoren en het voedselaanbod. Daarnaast zijn er uit het najaar van 2001 gegevens over met een boot bezochte droogvallende schelpdierbanken.

4.2 Keuze tussen droogvallende kokkel- en mosselbanken

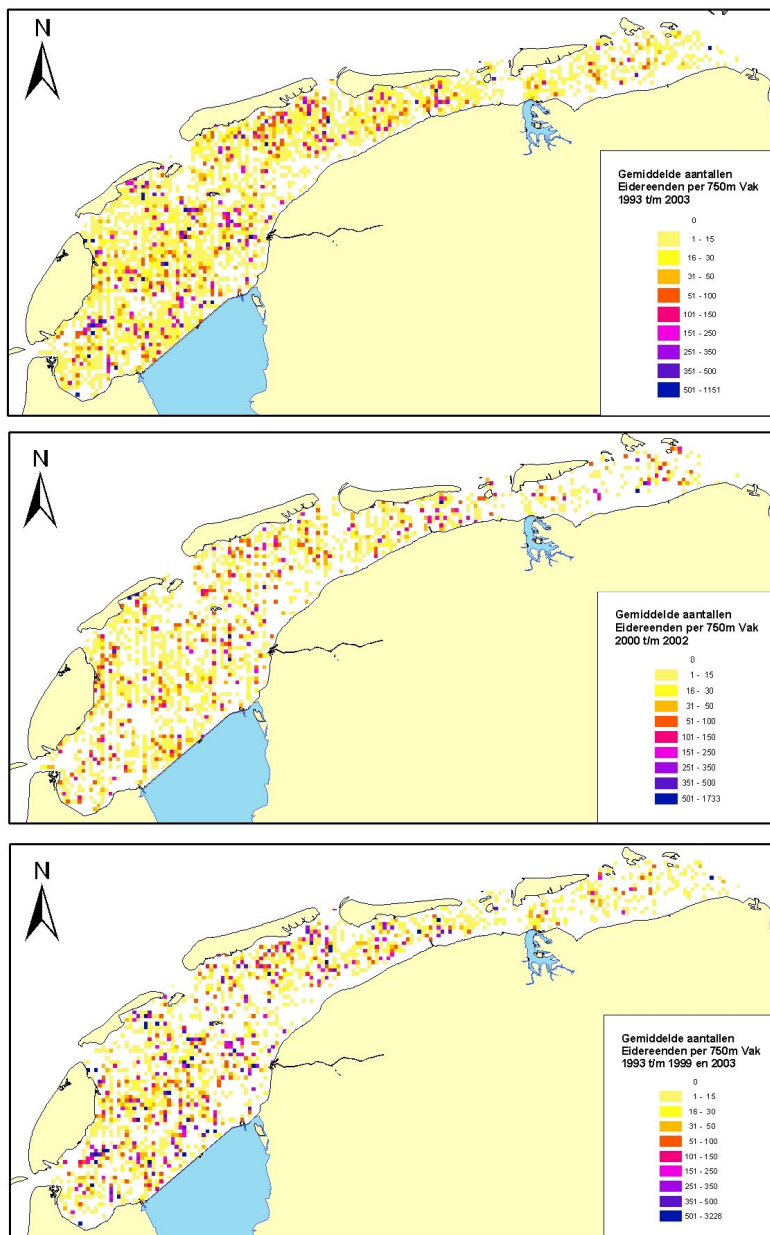
Op grond van de resultaten in hoofdstuk 3 over prooiselectie wordt voorspeld dat Eidereenden droogvallende mosselbanken zullen prefereren boven droogvallende kokkelbanken. In het najaar van 2001 deed zich een grote broedval van mosselen voor op het oostelijke wad. Met name op het wad onder Rottum, dat sinds begin 90er jaren permanent gesloten is voor de kokkelvisserij, waren ook nog veel oude kokkelbanken aanwezig. Hoewel het aantal Eidereenden op het oostelijk wad altijd laag is (omdat sublitorale gebieden worden geprefereerd - zie verderop in dit hoofdstuk) werd toch een poging ondernomen om deze voorspelling te toetsen. Eind november, begin december 2001 werden tijdens hoogwater een groot aantal uit EVA II onderzoek bekende kokkelbanken bemonsterd en werd genoteerd of er Eidereenden foerageerden. Ook werd gemonsterd op plekken waar foeragerende Eidereenden werden gezien tijdens hoogwater. Op één locatie kon geen duidelijke prooi worden vastgesteld en deze locatie is verder buiten beschouwing gelaten. In totaal werden slechts op 6 van de 24 banken Eidereenden waargenomen: gemiddeld 297, minimaal 20 en maximaal 625. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat de aanwezigheid van mosselzaad de kans op de aanwezigheid van Eidereenden vergroot (Tabel 4.1), maar het geringe aantal banken met Eidereenden maakt statistische toetsing moeilijk. Alleen de Fisher Exact toets kan worden toegepast, maar die vereist 2 rijen en 2 kolommen. Wanneer met de Fisher Exact toets de 10 banken met mosselzaad vergeleken worden met de 14 banken met alleen kokkels is het resultaat niet significant: $P(1\text{-zijdig}) = 0,17$. Wanneer met de Fisher Exact toets de 2 banken met alleen mosselzaad vergeleken worden met de 22 banken met kokkels is het resultaat bijna significant: $P(1\text{-zijdig}) = 0,054$.

Tabel 4-1: Verband tussen de aanwezigheid van Eidereenden en het type droogvallende schelpdierbank

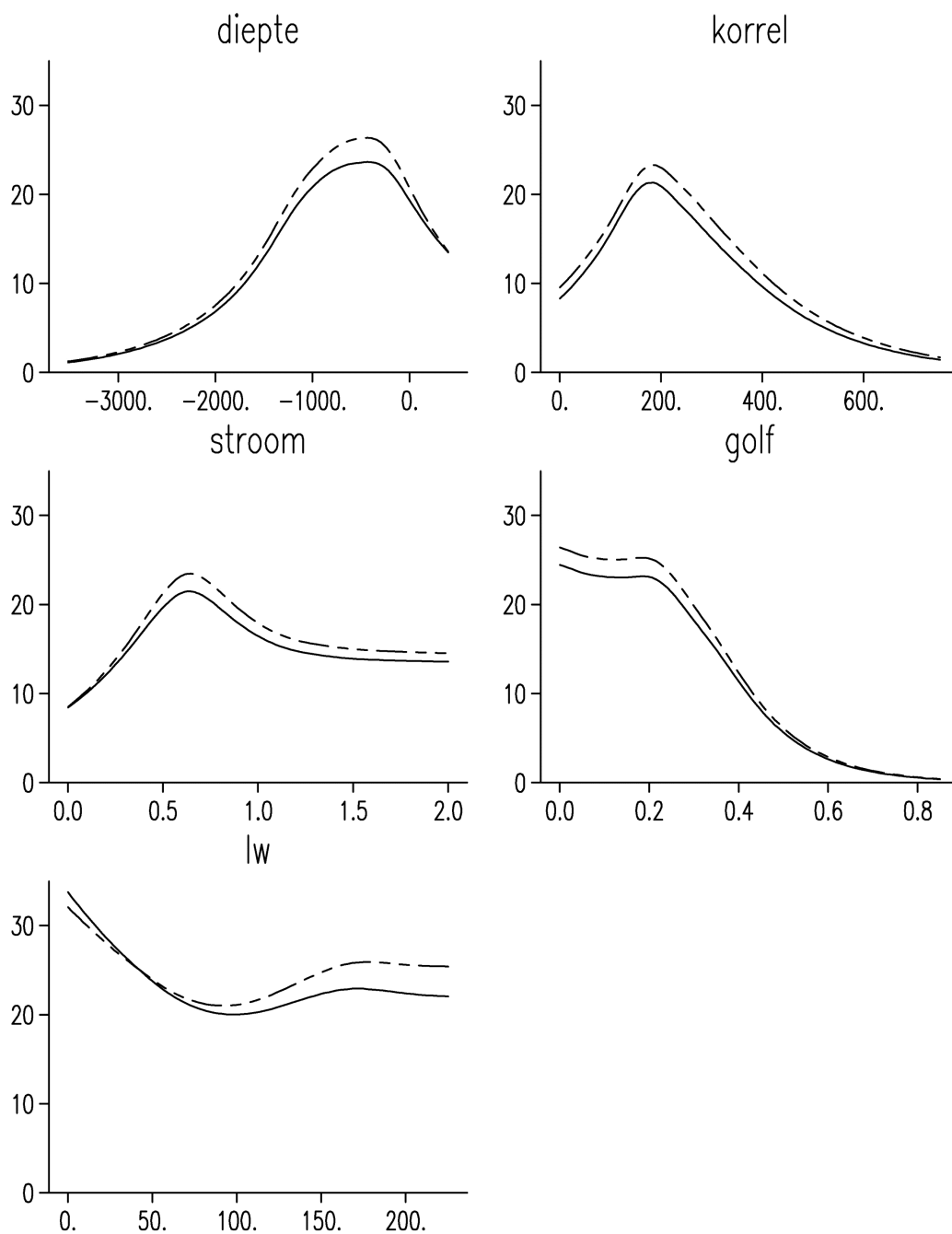
	Geen Eidereenden	Wel Eidereenden	% banken met Eidereenden
mosselzaadbank	0	2	100%
mosselzaad op kokkels	6	2	25%
alleen kokkels	12	2	14%

4.3 Relatie met abiotische factoren

Sinds 1993 worden standaard door het RIKZ in januari vanuit een vliegtuig de zee-eenden geteld die in de Nederlandse kustwateren overwinteren (Berrevoets & Arts 2003). Vanaf 1999 zijn er ook een aantal tellingen door Alterra verricht (de Jong *et al.* 2002; de Jong *et al.* 2003). Tijdens een vliegtuigtelling wordt van elke groep Eidereenden zo precies mogelijk de locatie en het aantal genoteerd. De nauwkeurigheid van de plaatsbepaling is ongeveer 750 m (de helft van de afstand tussen twee vliegtuigraaien). Om die reden is besloten de verspreiding van de Eidereenden te analyseren aan de hand van vakken van 750 bij 750 m, behorende tot een vaststaand rooster over de Waddenzee. In Fig. 4.1 is de het aantal Eidereenden per vak weergegeven, gemiddeld over alle januari tellingen van 1993 t/m 2003. Van de vakken is ook een groot aantal abiotische factoren bekend, zoals diepte en droogligging. In bijlage 5 wordt meer informatie over deze abiotische factoren gegeven en wordt uitgebreid beschreven hoe de in Fig. 4.1 weergegeven gemiddelde verspreiding van de Eidereend verband houdt met deze abiotische factoren. Bijna alle abiotische factoren zijn significant gecorreleerd met de verspreiding van de eenden, maar de abiotische factoren zijn deels onderling ook gecorreleerd. Om te kiezen welke factoren samen nodig zijn om de verspreiding te voorspellen is een voorwaartse selectieprocedure toegepast. Daarbij wordt steeds de variabele aan het model toegevoegd die de grootste verbetering van het model in termen van verklaarde variantie geeft totdat nieuwe variabelen geen significante verbetering meer geven. Na deze voorwaartse selectieprocedure blijven 5 factoren over (Fig. 4.2). Dit zijn diepte, mediane korrelgrootte, stroomsnelheid, golfwerking en lw (het aandeel van een vak dat boven de laagwaterlijn ligt). Diepte en korrelgrootte laten een duidelijke optimum curve zien, terwijl golfwerking een duidelijk negatief effect lijkt te hebben. De veranderingen in aantallen Eidereenden als functie van stroom en lw zijn gering.



Figuur 4-1: Aantallen Eiderenden in januari in de Waddenzee per vak van 750 bij 750 m, gemiddeld over de winters van (a) 1993 t/m 2003, (b) 2000 t/m 2002 en (c) 1993 t/m 1999 en 2003



Figuur 4-2: Voorspellingen van het aantal Eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter onder het met voorwaartse selectie geselecteerde model. De stippellijn is de voorspelling onder het volledige model met alle abiotische variabelen. De voorspellingen zijn berekend voor de mediaan van alle andere variabelen. De voorspellingen zijn niet gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in x -vak en y -vak (zie bijlage 5). Op de Y-as van elke grafiek staat het aantal Eidereenden in een vak van 750×750 m. Op de X-as respectievelijk diepte in cm t.o.v. NAP, stroomsnelheid in m/s, aantal punten op 50×50 m grid dat droogvalt in vak van 750×750 m (maximum van lw bedraagt 225), mediane korrelgrootte in μ van alle deeltjes $> 64 \mu$, maximale orbitaalsnelheid in m/s (golf).

4.4 Relatie met schelpdieren

Voor het onderzoek naar de relatie tussen de verspreiding van de Eidereenden en het voorkomen van verschillende soorten schelpdieren is net als bij het onderzoek naar de relatie met de abiotische factoren gebruik gemaakt van vakken van 750 bij 750 m. Uitgangspunt vormen de in januari getelde aantallen Eidereenden en gepoogd is voor elke winter een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de verspreiding van de schelpdierbestanden.

De volgende data zijn gebruikt:

1. **oppbank:** oppervlakte van droogvallende mosselbank in ha (**dus niet in m²**). Door het RIVO zijn mosselbank contouren van de najaars van 1994 t/m 2001 aangeleverd. De najaarsgegevens zijn toegerekend aan het daaropvolgende winterseizoen. Gegevens voor de najaars van 1992 en 1993 ontbreken, maar omdat er toen nauwelijks droogvallende mosselbanken lagen zijn alle vakken voor de winters van 1993 en 1994 op 0 gesteld.
2. **opperceel:** oppervlakte van het mosselperceel in ha (**dus niet in m²**). Dit is gebaseerd op de contouren van de mosselpercelen. Er is een 0 verondersteld indien in een vak in geen enkel jaar een oppervlakte staat vermeld. Voor vakken waarin wel een oppervlakte is gegeven in 1 of meer jaren, zijn ontbrekende jaren vervangen door het gemiddelde van de beschikbare oppervlaktes. Deze variabele varieert niet in de tijd, behalve voor de bovengenoemde vakken, 111-114, 124-140, 125-140 en 126-140, waarin soms twee percelen lagen.
3. **%perceel:** percentage bedekking van een mosselperceel. Dit is gebaseerd op de gegevens van de visserijkundige ambtenaren over de bedekking van de mosselpercelen met mossels. Een uitvoerige beschrijving van deze gegevens wordt gegeven door Bult *et al.* (2003b). Deze gegevens zijn niet compleet: alle ontbrekende gegevens zijn vervangen door een 0.
4. **nsubl:** maat voor hoeveelheid sublitorale mosselen, gebaseerd op de voorjaarssurvey van het RIVO. Voor elk vak is het aantal monsterpunten berekend met minimaal één of meer mossels. De gegevens zijn toegerekend aan de eraan voorafgaande winter. Deze gegevens zijn niet compleet: alle ontbrekende gegevens zijn vervangen door een 0.
5. **oppkokkel:** oppervlakte van kokkelbank in ha (**dus niet in m²**). Dit is gebaseerd op de door de vissers ingetekende kokkelbanken. De survey van de vissers vindt plaats in het voorjaar en de gegevens zijn toegerekend aan de eraan voorafgaande winter. Deze toerekening betekent dat kokkelbanken die in de loop van de winter als gevolg van kokkelvisserij of ijsgang zijn verdwenen niet op de kaart voorkomen. Daar staat tegenover dat de broedval in de voorafgaande zomer wel als kokkelbank is ingetekend, voor zover deze broedval de winter heeft overleefd. Deze gegevens zijn compleet.

Omdat **opperceel** samenvalt met de factor vak kan deze niet worden gebruikt als verklarende variabele in een model waarin gecorrigeerd wordt voor verschillen tussen vakken. Als alternatief hiervoor wordt genomen de variabele

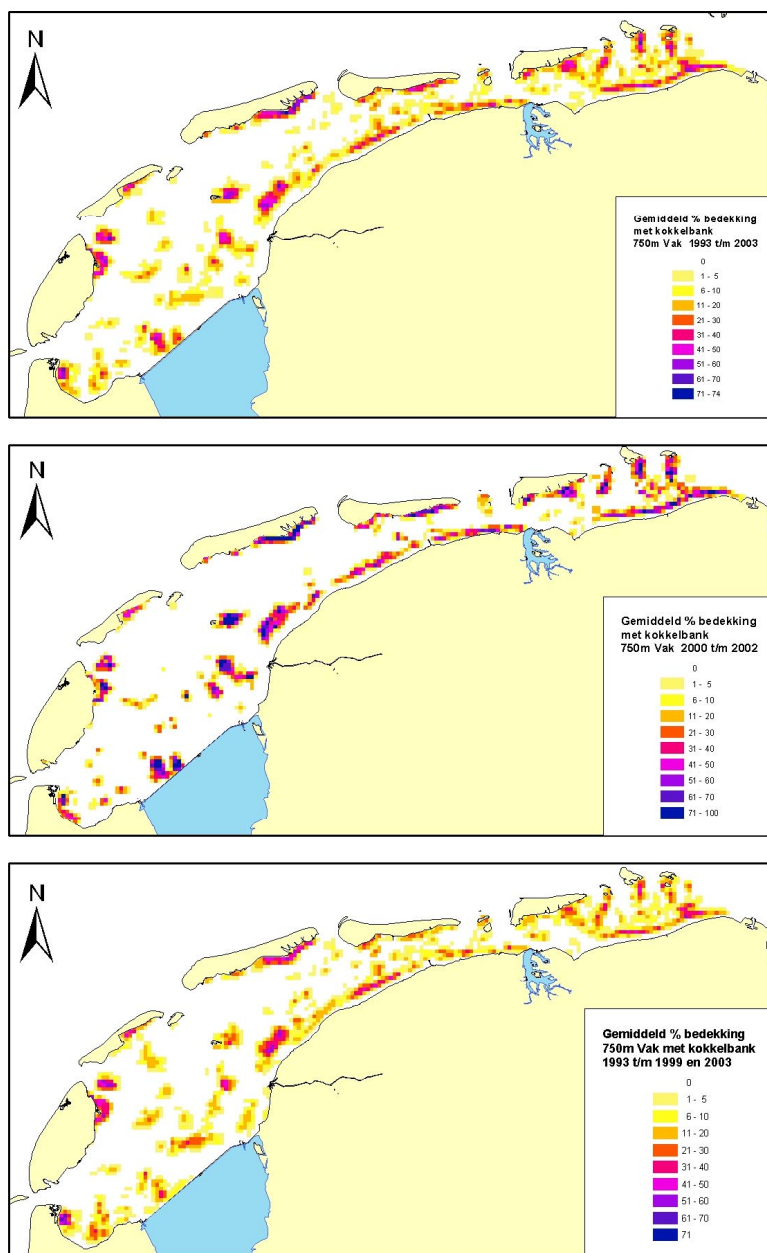
effperceel = **opperceel** * **%perceel** / 100. Dit is een maat voor de oppervlakte van een vak dat is bedekt door perceelmosselen.

De volgende 5 verklarende variabelen worden dan gebruikt: **oppbank**, **%perceel**, **effperceel**, **nsublit** en **oppkokkel**.

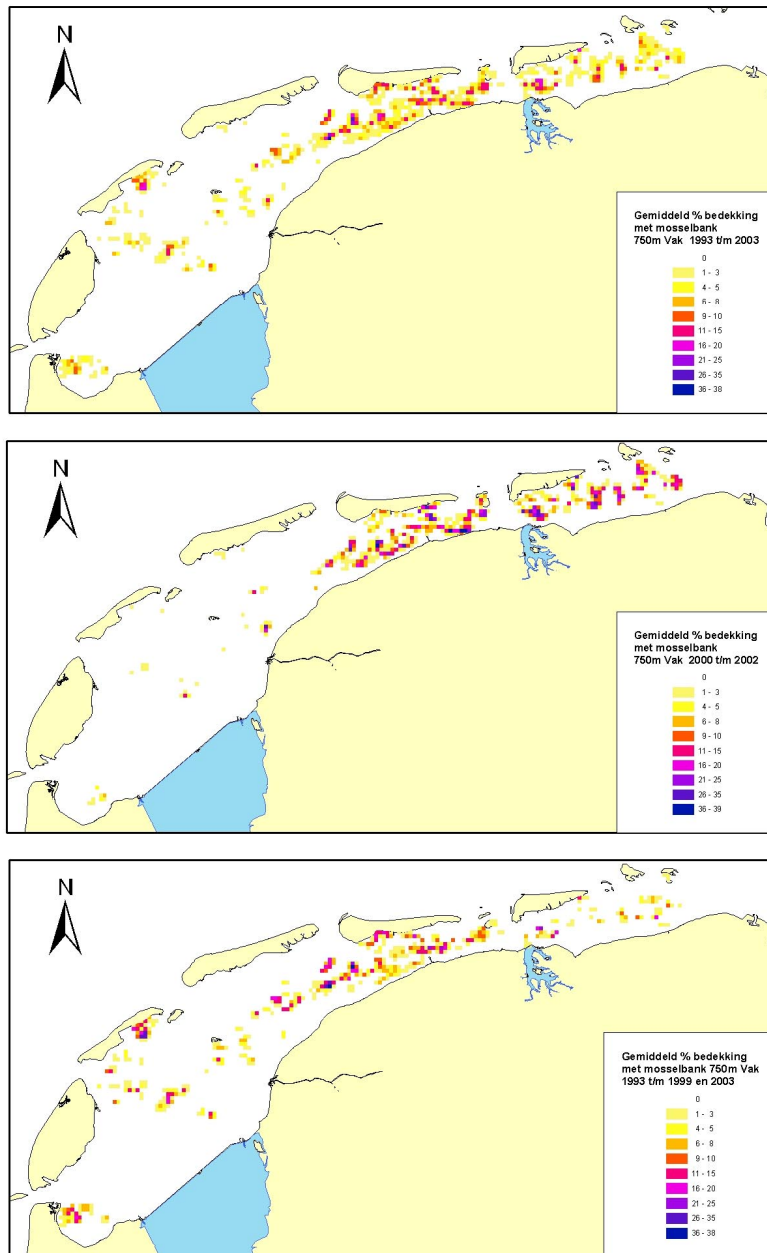
In de statistische analyse zijn de verschillende jaren apart gehouden, maar voor de grafische weergave is besloten voor elke variabele drie verspreidingskaarten te geven: (1) de gemiddelde verspreiding over de winters 1993 t/m 2003, (2) de gemiddelde verspreiding over de winters 2000, 2001 en 2002 toen er sprake was van een verhoogde sterfte onder de Eidereenden en er opvallend weinig Eidereenden in de westelijke Waddenzee verbleven (Fig. 2.2) en (3) de gemiddelde verspreiding over de winters zonder verhoogde sterfte (Fig. 4.3 t/m 4.6). Om misverstanden te voorkomen over de aanduiding van de winters: met de winter van 2002 wordt de winter bedoeld uit het seizoen 2001/2002.

Wat bij de bestudering van de verspreidingskaartjes onmiddellijk opvalt is dat de Eidereenden niet één op één aan een bepaalde voedselbron gekoppeld kunnen worden. Kokkelbanken komen vooral langs de randen van de Waddenzee voor, maar er zitten ook veel Eidereenden in de centrale delen van de Waddenzee. Droogvallende mosselbanken worden vooral in de oostelijke Waddenzee gevonden, maar dat is niet het zwaartepunt van de verspreiding van de Eidereenden. Mosselpercelen bevinden zich in een band van de afsluitdijk naar Terschelling, maar ook buiten die band zijn veel Eidereenden te vinden. Dat geldt ook voor de wilde sublitorale mosselen, die vooral in het gebied grenzend aan de afsluitdijk zijn te vinden. Een ander opvallend verschijnsel is dat er bij de schelpdieren sprake lijkt van verspreidingsgebieden die veel groter zijn dan de vakken van 750 bij 750 m. Bij de Eidereenden kunnen vakken met hele hoge dichtheden vlak naast vakken zonder Eidereenden liggen. Eidereenden kunnen in dichte groepen foerageren en het hangt er maar net vanaf waar de groep zat toen hij werd geteld (zie later).

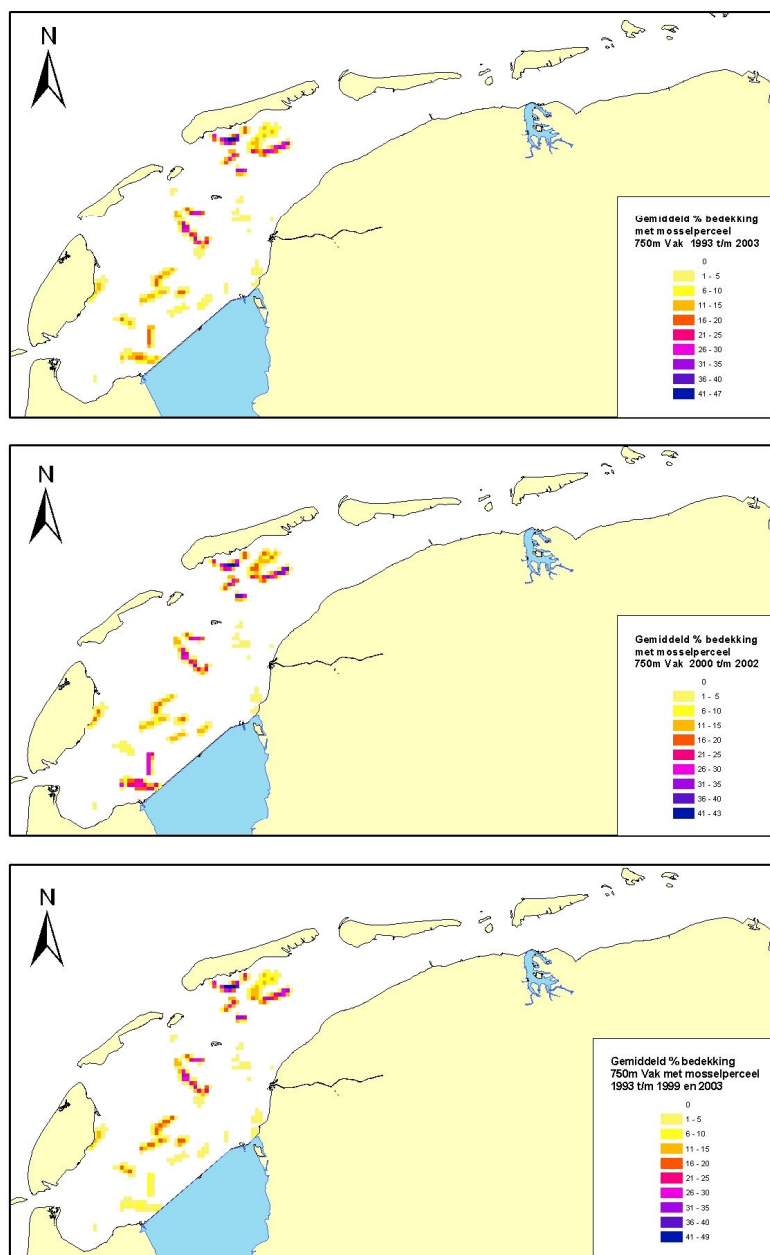
Dit alles neemt niet weg dat er in globale termen wel een voorkeur voor bepaalde gebieden lijkt te zijn. Over alle jaren gemiddeld zijn de dichtheden Eidereenden het hoogst in de westelijke Waddenzee. Het belangrijkste verschil tussen de westelijke en de oostelijke Waddenzee betreft het voorkomen van sublitorale mosselbestanden en mosselpercelen. Ook lijkt het er op dat er weinig Eidereenden dicht onder de Friese en Groningse kust voorkomen - gebieden waar bijna altijd kokkelbanken voorkomen.



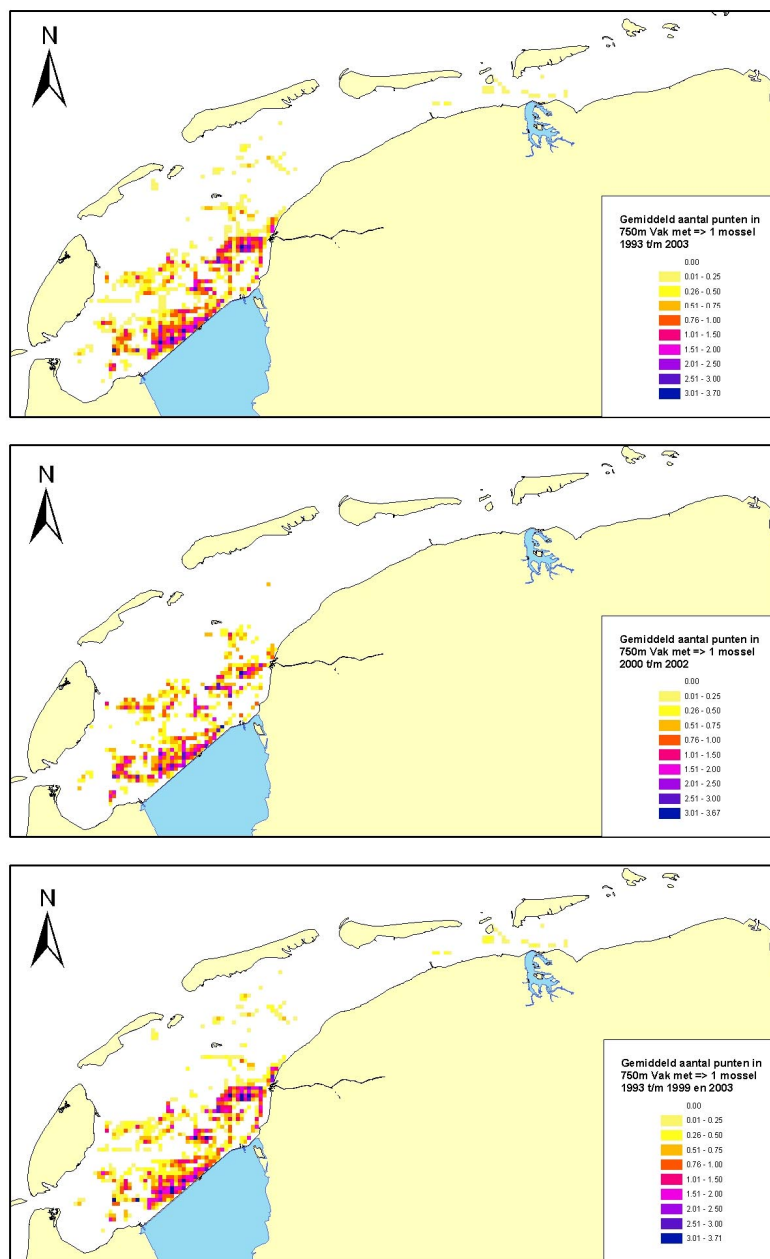
Figuur 4-3: Gemiddelde bedekking (%) met kokkelbanken (variabele oppkoker) in de Waddenzee per vak van 750 bij 750 m, gemiddeld over de winters van (a) 1993 t/m 2003, (b) 2000 t/m 2002 en (c) 1993 t/m 1999 en 2003



Figuur 4-4: Gemiddelde bedekking (%) met droogvallende mosselbanken (variabele oppbank) in de Waddenzee per vak van 750 bij 750 m, gemiddeld over de winters van (a) 1993 t/m 2003, (b) 2000 t/m 2002 en (c) 1993 t/m 1999 en 2003



Figuur 4-5: Gemiddelde bedekking (%) van de mosselpercelen (variabele effperceel) in de Waddenzee per vak van 750 bij 750 m, gemiddeld over de winters van (a) 1993 t/m 2003, (b) 2000 t/m 2002 en (c) 1993 t/m 1999 en 2003



Figuur 4-6: Gemiddeld aantal punten met sublitorale mosselen (variabele nsublit) in de Waddenzee per vak van 750 bij 750 m, gemiddeld over de winters van (a) 1993 t/m 2003, (b) 2000 t/m 2002 en (c) 1993 t/m 1999 en 2003

Middels statistische analyse is gepoogd bovenstaande simplistische beschrijving verder te onderbouwen. In de analyse zijn alleen die vakken meegenomen met een oppervlakte groter dan de helft van het standaardvak van 750 bij 750. Het totaal aantal vakken is dan 4217. Zowel de aantallen Eidereenden als ook de voedselgegevens bevatten zeer veel nullen. In onderstaande Tabel 4.2 staat per jaar het percentage van de in totaal 4217 vakken waarvoor de betreffende variabele ongelijk is aan nul. In de laatste kolom staat het totaal aantal waargenomen eidereenden.

Tabel 4-2: Voor elke variabele is per jaar het percentage vakken aangegeven waarin de variabele een waarde hoger dan 0 had. De laatste kolom geeft het totaal aantal Eidereenden als alle vakken die meedoen in de statistische analyse gesommeerd worden

winter	oppbank	%perceel	effperceel	Nsublit	Oppkokkel	eiders	N eiders
1993	0.0	8.8	7.2	6.1	14.6	2.3	62753
1994	0.0	8.8	3.1	5.2	7.6	2.8	85847
1995	7.6	8.8	4.6	7.1	11.1	5.0	106538
1996	1.6	8.8	5.6	6.9	0.9	4.2	143882
1997	3.4	8.8	6.7	8.6	8.9	3.4	86500
1998	1.3	8.8	4.6	6.9	25.8	5.4	73662
1999	2.4	8.8	4.5	6.9	19.1	8.2	107286
2000	5.1	8.8	7.1	6.5	17.0	8.9	50174
2001	3.2	8.8	5.6	4.2	18.6	19.6	51741
2002	7.1	8.8	8.3	7.1	15.9	15.8	46067

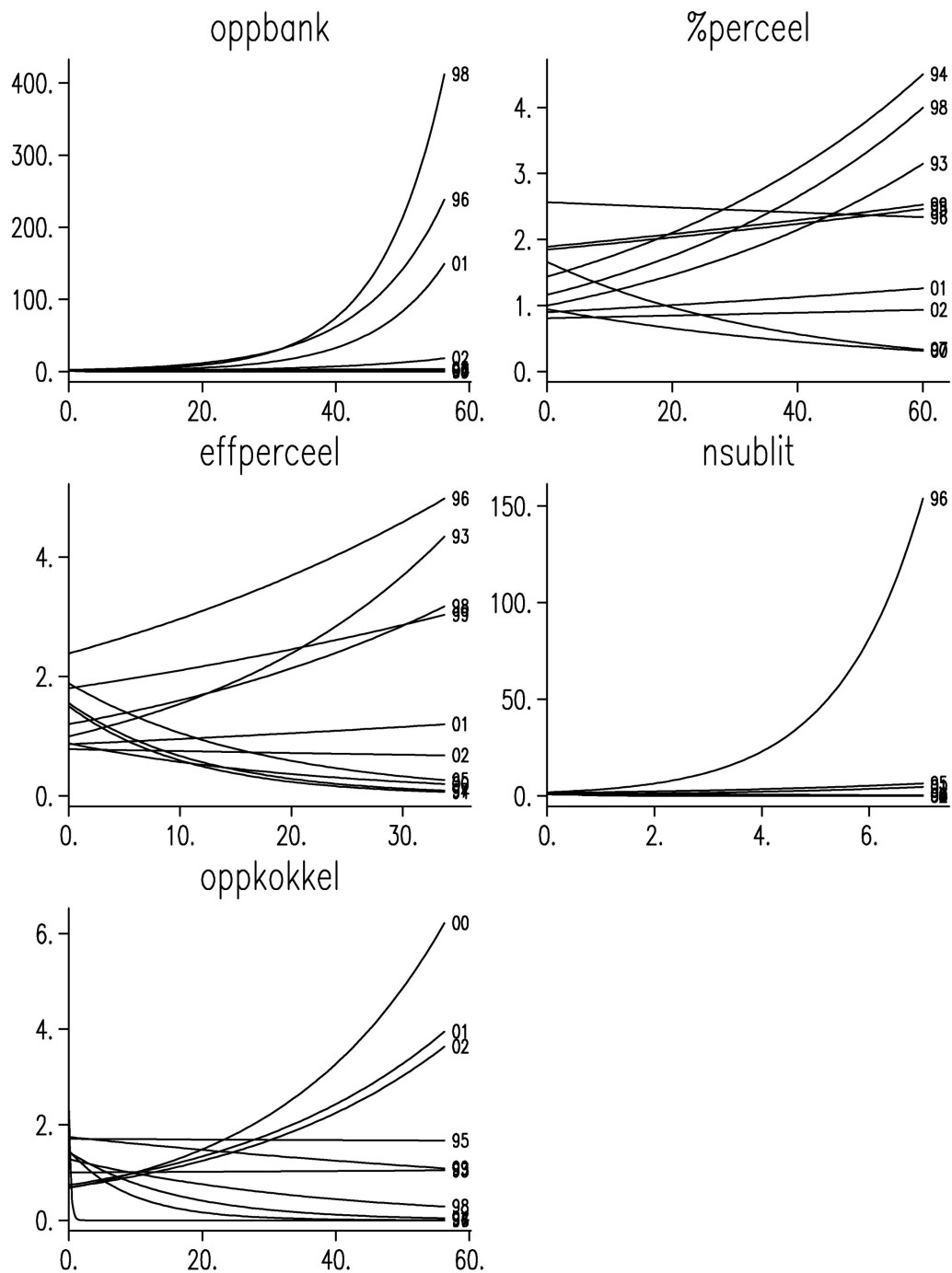
In de winters 2000-2002 zijn de minste Eidereenden geteld, maar deze zijn ruimtelijk meer gespreid dan de jaren daarvoor. Met name in 2001 en 2002 zijn in relatief veel vakken Eidereenden geteld. De laatste drie winters in Tabel 4.2 zijn precies de winters met verhoogde sterfte. Een mogelijke verklaring is dat bij voldoende voedselaanbod de vogels zich in grote groepen op de allerbeste voedselplekken concentreren, terwijl ze zich bij schaarste in veel kleine groepjes over de Waddenzee verdelen (voor zover ze hun heil niet buiten de Waddenzee op de Noordzee zoeken) en dan in veel vakken worden waargenomen.

In de statistische analyse is het aantal Eidereenden per vak per jaar de afhankelijke variabele. Deze wordt gemodelleerd met een log-lineair model met Poisson verdeling en een overdispersie factor. Alle toetsen zijn gebaseerd op deviance ratio's, zie McCullagh & Nelder (1989). Er wordt dus verondersteld dat de variantie evenredig is met het gemiddelde. In het model zijn standaard opgenomen een factor vak en een factor jaar. De factor vak corrigeert voor alle mogelijke verschillen tussen vakken, zoals bijvoorbeeld verschillen in abiotiek. De factor vak corrigeert ook voor de variabele opperperceel omdat deze nauwelijks varieert in de tijd. Tevens geldt dat het oppervlakte van het vak volledig samenvalt met de factor vak; en dus wordt Log(oppervlak) niet meegenomen als offset. De factor jaar corrigeert voor niveau verschillen in aantallen tussen de jaren, dus voor goede en slechte jaren. De relatie tussen de logaritme van het verwachte aantal eidereenden en de verklarende variabelen oppbank, %perceel, effperceel, nsublit en oppkokkel worden verondersteld lineair te zijn. Er zijn dus geen niet lineaire modellen, zoals polynomen of splines, aangepast.

Per verklarende variabele (x) is aan het model met vak en jaar achtereenvolgens toegevoegd x en de interactie jaar.x. De bijbehorende p-waarden zijn als in onderstaande Tabel 4.3. Voor alle 5 de verklarende variabelen zijn er zeer sterke aanwijzing voor een per jaar verschillend effect. Een grafische voorstelling van de interactie is gegeven in Fig. 4.7. Op de y-as van deze grafieken staat het quotiënt ten opzichte van het voorspelde aantal in het jaar 1993 met $x=0$. Met andere woorden de grafiek voor 1993 gaat door het punt (0,1). Opvallend is dat de coëfficiënten voor oppkokkel (oppervlakte kokkelbanken) positief zijn voor de winters 2000-2002, en voor de andere jaren negatief of ongeveer gelijk aan nul. De winters met een positief verband tussen de Eidereenden en de kokkelbanken zijn precies de winters met verhoogde sterfte, lage aantallen in de westelijke Waddenzee en een sterke spreiding van de Eidereenden. Dit suggereert dat de eenden in die winters door honger gedreven op zoek gingen naar minder profijtelijke schelpdierbestanden.

Tabel 4-3: Voor elke variabele de p-waarde als de betreffende variabele (x) wordt toegevoegd aan het in de tekst beschreven statistische model met vak en jaar. Idem als vervolgens de interactie van de variabele met jaar (jaar.x) wordt toegevoegd

Term	Oppbank (x)	%perceel (x)	Effperceel (x)	Nsublit (x)	Oppkokkel (x)
+ x	0.021	0.007	0.040	0.297	0.002
+ jaar.x	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001



Figuur 4-7: Voor vijf variabelen voor elk jaar het quotient van het voorspelde aantal Eidereenden t.o.v. het voorspelde aantal in het jaar 1993 met $x=0$, met andere woorden, de grafiek voor 1993 gaat door het punt (0,1). (a) oppbank = oppervlakte (ha) van vak bedekt met droogvallende mosselbank, (b) %perceel = percentage van de percelen in het vak dat bedekt is met mossels, (c) effperceel = oppervlakte van het vak (ha) dat bedekt is met perceelmosselen, (d) nsublit = aantal monsterpunten per vak met 1 of meer mossels in het sublitoraal, (e) oppkokkel = oppervlakte van het vak (ha) bedekt met kokkelbank

4.5 Discussie

Vooralsnog moeten de in sectie 4.4 gepresenteerde uitkomsten met de nodige voorzichtigheid betracht worden. Er zijn namelijk verschillende problemen met het statistische model:

1. Er wordt geen rekening gehouden met de ruimtelijke autocorrelatie tussen de tellingen. In het algemeen geldt dat het niet modelleren van de ruimtelijke autocorrelatie weinig consequenties heeft voor de parameterschattingen, maar grote consequenties kan hebben voor de standaardafwijkingen van de schattingen. Hierdoor zijn in de regel statistische toetsen te progressief, dat wil zeggen dat de p-waarden van de toetsen te klein zijn.
2. Er wordt geen rekening gehouden met de temporele correlatie tussen de tellingen. Ook dit kan grote consequenties hebben voor de standaardafwijkingen van de schattingen.
3. De respons (het aantal Eidereenden) bevat zeer veel nullen. De niet nullen hebben een mediaan van 35 en een gemiddelde van 255. De Poisson veronderstelling lijkt dus discutabel. Een zogenaamd "Zero Inflated Poisson" verdeling, met een extra kans op 0 is een mogelijk alternatief.
4. De verklarende variabelen bevatten zeer veel nullen. Een min of meer "toevallige" combinatie van een positief aantal Eidereenden en een positieve verklarende variabele kan een grote invloed hebben op de regressiecoëfficiënten. Een vorm van robuuste regressie kan dit mogelijkkerwijs verhelpen.

Ruimtelijke opschaling, bijvoorbeeld naar vakken van 3 bij 3 km, is wellicht een (partiële) oplossing voor de problemen 1, 3 en 4. Middeling over verschillende jaren is een eenvoudige (partiële) oplossing voor problemen 2, 3 en 4. Opschaling heeft natuurlijk als nadeel dat detail in de gegevens verloren gaat. Vanwege tijd- en geldgebrek was het niet mogelijk verschillende technieken uit te proberen. Dat wil overigens niet zeggen dat bij voldoende tijd de problemen zonder meer oplosbaar zijn.

Los van de statistiek zijn er nog vier andere problemen die aandacht verdienen. Ten eerste staat het vast dat de Eidereenden gedurende de onderzoeksperiode verjaagd werden van de mosselpercelen. Over de omvang van deze activiteit worden door Smaal *et al.* (2000) getallen gegeven op basis van een enquête onder de mosselvisser. Voor de jaren 1995-1999 vond op 5-7% van de percelen verjaging plaats. De noordelijke percelen (in het rapport aangeduid als deelgebied II) zijn het meest stabiel en worden gebruikt voor het "afmesten van de mosselen". In dit deelgebied varieerde het percentage bewaakte percelen tussen de 7 en de 14%. De betekenis van deze getallen is onduidelijk om een aantal redenen: (1) verjagen van Eidereenden is een illegale activiteit en de getallen komen niet van een onafhankelijke instantie, (2) als slechts een deel van de percelen voor Eidereenden interessant is, dan moet de bewaking uitgedrukt worden ten opzichte van deze interessante percelen en niet ten opzichte van het totaal aantal percelen, (3) het is niet bekend hoe effectief verjaging daadwerkelijk is. Het gevolg is dat er niet veel meer geconcludeerd kan worden dan

dat verjaging waarschijnlijk tot een onderschatting van de dichtheid Eidereenden op de percelen heeft geleid.

Ten tweede is geen rekening gehouden met het de mogelijkheid dat verstoring door scheepvaart een rol kan spelen. Grote groepen Eidereenden vliegen op als ze benaderd worden door schepen. Dat zou er toe kunnen leiden dat in bepaalde gebieden met frequentere scheepvaart (bijv. Doove Balg, Boontjes, Meep) minder eiders aanwezig zijn dan op grond van aanwezigheid van schelpdieren voorspeld zou worden.

Ten derde is in de analyse van de verspreiding van de Eidereenden in relatie tot het voedselaanbod geen rekening gehouden met variatie in conditie en vlees/schelp ratio binnen een schelpdiersoort. Er is alleen een vergelijking tussen soorten gemaakt doordat de soorten apart zijn gehouden en doordat litorale en sublitorale mosselbanken zijn onderscheiden. Eerder is echter aangetoond dat er binnen een schelpdiersoort enorme variatie is wat betreft de verhouding tussen vlees en schelp. Voor zover die variatie samenhangt met locatie (en dat lijkt waarschijnlijk) mag verwacht worden dat de Eidereenden er ook op reageren. In een vervolg analyse zal hier dus ook rekening mee moeten worden gehouden.

Ten vierde is geen rekening gehouden met de dichtheid van de schelpdieren.

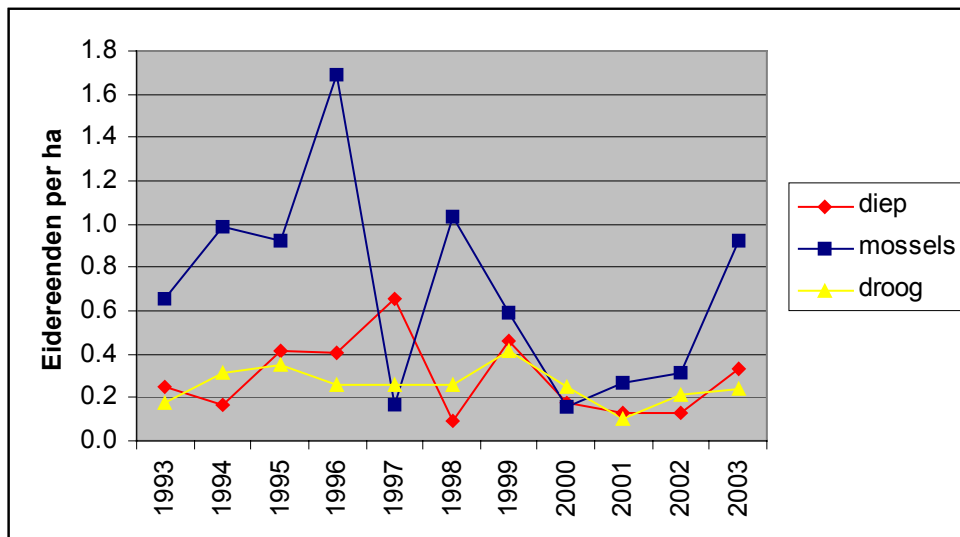
4.6 Het belang van mosselpercelen en sublitorale mossels

In het bovenstaande is beschreven hoe de Eidereenden van oudsher vooral in de westelijke Waddenzee worden gevonden en dat dit ook de plaats is waar de mosselpercelen en sublitorale mosselbestanden worden gevonden. Twee grofschalige analyses van het verspreidingspatroon onderstrepen het belang van de mosselpercelen en de sublitorale mosselbestanden.

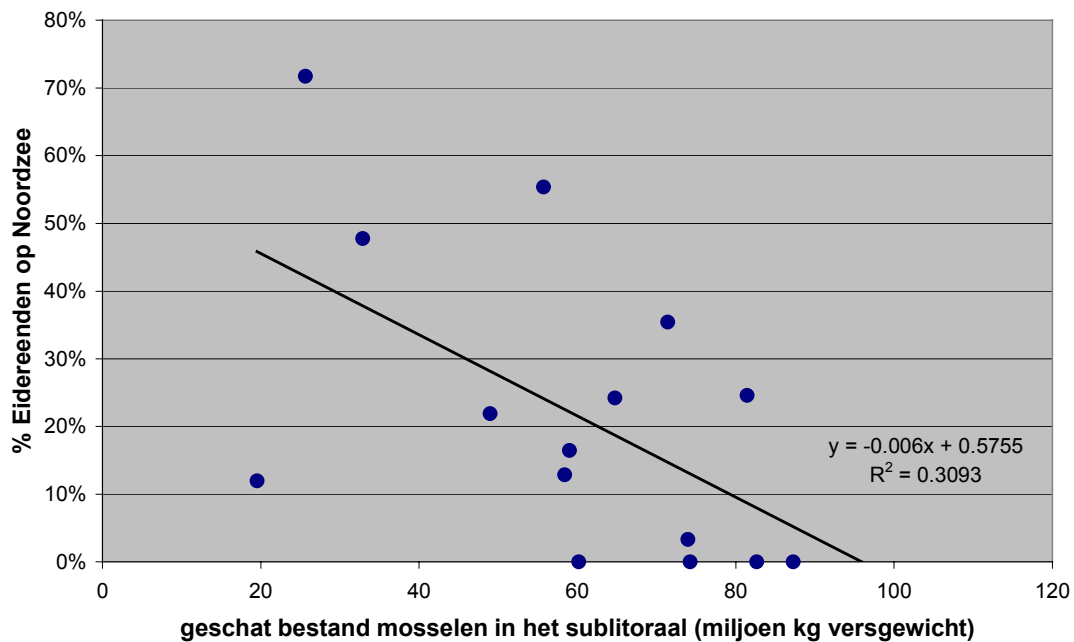
Berrevoets & Arts (2003) analyseren de midwintertellingen van zee-eenden van het RIKZ voor de periode 1993-2003. In hun analyses wordt de Waddenzee onderverdeeld in (1) mossel - de mosselpercelen en het gebied binnen 1 km afstand van de mosselpercelen, (2) diep - delen van de Waddenzee die altijd onder water staan en niet toegerekend aan een perceel, (3) droog - delen van de Waddenzee die tijdens laagwater droogvallen. Op grond van hun gegevens kan de dichtheid Eidereenden per habitat worden berekend (Fig. 4.8). In de meeste jaren is de dichtheid Eidereenden op en rond de mosselpercelen beduidend hoger dan in de rest van de Waddenzee. In 1997 is dit niet het geval, wat te maken kan hebben met sterke ijsgang tijdens de telling. Ook in de winters van 2000, 2001 en 2002 is de dichtheid Eidereenden op en rond de mosselpercelen erg laag. Dit zijn precies de winters met sterk verhoogde sterfte onder de Eidereenden.

Volgens Camphuysen *et al.* (2002) zijn de Eidereenden aan het begin van de negentiger jaren voor het eerst massaal naar de Noordzee uitgeweken als gevolg van voedselgebrek in de Waddenzee. In dit rapport wordt aannemelijk gemaakt dat met

name het bestand sublitorale mosselen een belangrijke voedselbron is in de Waddenzee. Als er sprake is van uitwijken verwachten we een negatief verband tussen het percentage van de eenden dat op de Noordzee verblijft en het bestand sublitorale mosselen in de Waddenzee. De aantallen Eidereenden staan in Tabel 2.1, waarbij is aangenomen dat de vaak niet getelde aantallen Eidereenden op de Noordzee op 0 gesteld konden worden als de telling voor 1990 plaatshad. Op de Noordzee zijn pas na 1990 voor het eerst grote aantallen Eidereenden gezien (Camphuysen *et al.* 2002). Het aanbod mosselen is teruggerekend uit de aanvoer om de langst mogelijke tijdserie te krijgen (Tabel 5.2). Er is een significant negatief verband tussen het percentage Eidereenden op de Noordzee en het berekende aanbod sublitorale mosselen: $r = -0,56$, $N = 15$, $P = 0,03$ (Fig. 4.9). Wanneer niet met het totale bestand sublitorale mosselen, maar alleen met het bestand halfwas mosselen wordt gerekend is de correlatie nog steeds negatief, maar net niet significant: $r = -0,47$, $N = 16$, $P = 0,063$.



Figuur 4-8: De dichtheid Eidereenden (eenden per ha) per jaar per habitattypen (zie tekst). Op basis van gegevens in Berrevoets & Arts (2003)



Figuur 4-9: Het percentage van de overwinterende Eidereenden dat op de Noordzee verblijft als functie van het bestand mosselen in het sublitoraal (miljoen kg versgewicht). Dit bestand is teruggerekend uit de aanvoer van mosselen op de veiling (zie Tabel 5.2). De aantallen Eidereenden zijn uit Tabel 2.1, waarbij aangenomen is dat vóór 1990 de vaak niet getelde aantallen Eidereenden op de Noordzee op 0 gesteld konden worden. Elk punt is een jaar

4.7 Conclusies

- In het najaar van 2001 werden droogvallende kokkelbanken en mosselzaadbanken op het oostelijk wad bezocht. Slechts op 6 van de 24 banken werden Eidereenden aangetroffen. De zeer beperkte data suggereren dat de eenden mosselzaadbanken prefereerden boven kokkelbanken.
- De uit vliegtuigtellingen waargenomen verspreiding van de Eidereenden in de Waddenzee heeft een duidelijk verband met diepte, korrelgrootte, stroomsnelheid, golfwerking en het deel van het vak boven de laagwaterlijn.
- Voor de winters van 1993 t/m 2002 zijn GIS-kaarten gemaakt van het voedselaanbod per vak van 750 bij 750 m: oppervlakte bedekt met kokkelbank, oppervlakte bedekt met mosselbank, oppervlakte bedekt met perceelmossels, % perceel bedekt met mossels, aantal monsterpunten met 1 of meer wilde sublitorale mossels. Ook de aantallen Eidereenden zijn per winter per vak van 750 bij 750 m bekend. Voor alle 5 de verklarende variabelen zijn er zeer sterke aanwijzingen voor een per jaar verschillende effect. Het verband tussen de dichtheid Eidereenden en het oppervlakte kokkelbanken is alleen positief in de winters van 2000-2002, toen er ook sprake was van verhoogde sterfte en verlaagde aantallen in de westelijke Waddenzee.
- Er is een groot aantal problemen met de huidige analyse, die mogelijk (deels) verholpen kunnen worden door ruimtelijke opschaling en middeling over meerdere jaren.

- Het is zeker dat gedurende de onderzoeksperiode Eidereenden verjaagd werden van de mosselpercelen. De mate waarin deze activiteit het verspreidingspatroon van de Eidereenden beïnvloed heeft is niet bekend.
- Voor een volledige analyse van het verspreidingspatroon van de Eidereenden zou ook de conditie, de vlees/schelp ratio en de dichtheid van de schelpdieren in beschouwing moeten worden genomen.
- In de meeste jaren is de dichtheid Eidereenden 's winters hoger op en rond de mosselpercelen in vergelijking met andere delen van het wad.
- Eidereenden zijn vooral talrijk op de Noordzee als er volgens schattingen weinig mossels in het sublitoraal van de Waddenzee voorkomen.

5 Verklaring voor de hoge sterftes

5.1 Inleiding

In de inleiding van dit verslag is al uitgebreid gerefereerd aan eerder onderzoek aan de sterfte onder Eidereenden (van den Berk *et al.* 2000; Camphuysen *et al.* 2002; Ens *et al.* 2002). Doel van dit hoofdstuk is kort de belangrijkste conclusies te herhalen over het onderzoek naar de oorzaken van de verhoogde sterftes die de afgelopen jaren zijn waargenomen. Daarnaast zullen enkele aanvullende analyses worden gepresenteerd, die mogelijke werden gemaakt door het beschikbaar komen van nieuwe informatie.

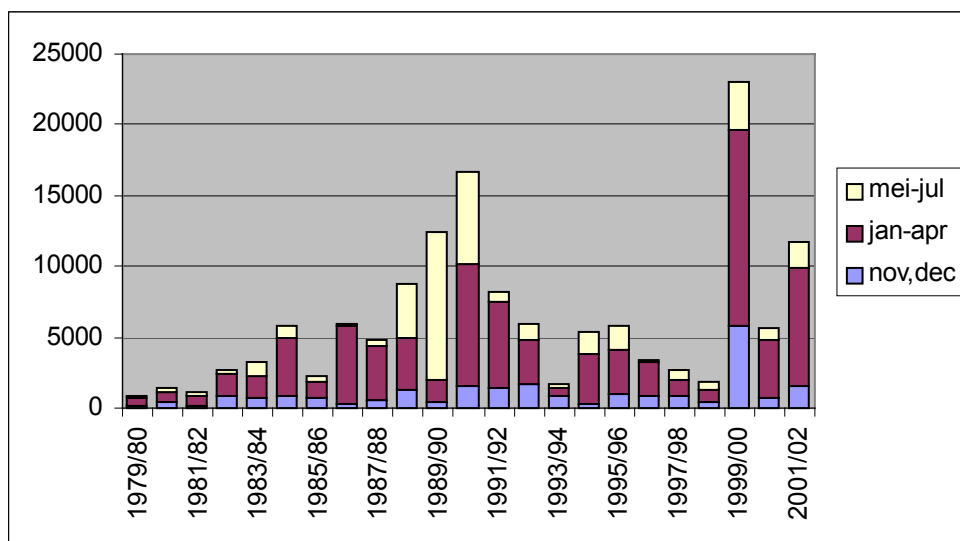
5.2 Sterfte onder Eidereenden

Kees Camphuysen stelde gegevens ter beschikking over de dood aangespoelde Eidereenden. In bijlage 6 wordt beschreven hoe ontbrekende waarnemingen zijn bijgeschat. Dit bijschatten wordt ook wel aangeduid als "*imputing*". Of er al of niet wordt bijgeschat en op wat voor manier wordt bijgeschat heeft effect op het beeld dat ontstaat over de sterfte. Deze technische kwesties kunnen verschillen tussen publicaties verklaren. De verschillen zijn echter klein en tasten het algemene patroon niet aan: grote sterfte in de winters van 1990/91 en 1991/92 en extreem hoge sterfte in de winter van 1999/2000, gevolgd door hoge sterfte in de winter van 2001/02 (Fig. 5.1). Tot op heden is de sterfte meestal uitgerekend over de periode nov-april. In de maanden mei, juni en juli kan er ook aanzienlijke sterfte optreden (bijlage 6). In de maanden mei, juni en juli van 1990 stierven meer dan 10.000 eenden (Fig. 5.1). Voor het bijschatten is geen onderscheid gemaakt naar het al of niet besmeurd zijn met olie en de hoge sterfte in de voorjaren van 1990 en 1991 zou dus het gevolg kunnen zijn van olievervuiling. Dit blijkt niet het geval. De laatste winter waarin een aanzienlijk aantal met olie besmeurde eenden werd aangetroffen was 1987/88, dus duidelijk voor de gevallen van extreem hoge sterfte (Fig. 5-2).

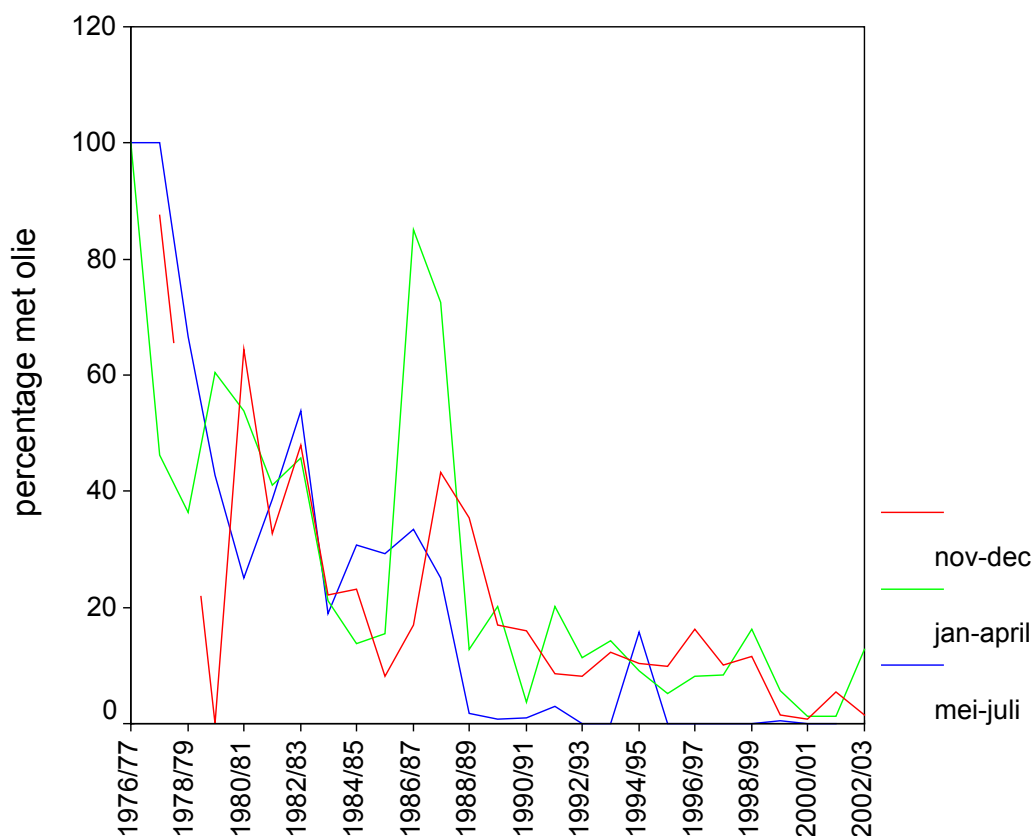
Doordat de gegevens over 2003 nog lang niet compleet waren is dit jaar niet meegenomen in de bijschatting (zie bijlage 6). Dat is jammer, want dit compliceert het toetsen van de voorspelling dat als gevolg van de hogere mosselbestanden in het sublitoraal van de Waddenzee in 2002/2003 er weer meer Eidereenden in de westelijke Waddenzee zouden verblijven en er minder sterfte zou zijn in vergelijking met de drie voorafgaande winters. De eerste voorspelling is bevestigd door de Jong *et al.* (2003). Voor het toetsen van de tweede voorspelling zijn de getallen over de wintersterfte nodig. Met de beschikbare gegevens is het wel mogelijk een voorlopige schatting te maken. Eerst zijn de bijgeschatte aantallen gecorrigeerd voor het percentage eenden met olie. Vervolgens is het aantal dode eenden in nov/dec gecorreleerd met het aantal dode eenden in de daaropvolgende periode jan-apr. De correlatie is hoog: $R^2=0.71$. Wanneer de regressie-lijn door de oorsprong wordt getrokken wordt de relatie: $Y=2,755X$. In de winter van 2002/2003 werden in

nov,dec naar schatting 1171 dode eenden zonder olie gevonden. Dit levert een schatting van 3226 eenden voor de periode jan-apr. Het totaal voor de winter van 2002/2003 wordt daarmee geschat op 4397. Dit is lager dan in de drie daaraan voorafgaande winters en ook dit deel van de voorspelling wordt dus bevestigd.

Overigens is het bij nader inzien om nog een andere reden jammer dat bij het bijschatten voor het jaar-effect het kalenderjaar (dat loopt van januari t/m december) is genomen. Verhoogde sterfte begint al in november en gaat door tot mei of misschien zelfs nog langer. Dat betekent dat de factor jaar beter toegekend zou kunnen worden aan een seizoen dat loopt van bijvoorbeeld juli t/m juni of aug t/m juli.



Figuur 5-1: Schatting van het totaal aantal dode Eidereenden op de Nederlandse kust ten noorden van IJmuiden (teltrajecten 8 t/m 27, zie bijlage 6) per winter en opgesplitst naar drie periodes (november-december, januari-april, mei-juli)



Figuur 5-2: Tijdsree van het aantal aangespoelde Eidereenden dat besmeurd was met olie, opgedeeld naar drie periodes: november-december, januari-april en mei-juli

5.3 Mogelijke oorzaken

In het rapport over de verhoogde Eidereenden sterfte in de winter van 2001/2002 worden zeven mogelijke verklaringen voor die verhoogde sterfte genoemd (Ens *et al.* 2002):

1. Ongeluk met olietanker of (illegale) lozingen van olie of andere vetachtige substantie (palmolie, verf, paraffine, dodecylphenol, nonylphenol, polyisobutyleen)
2. Behalve (illegale) giflozingen (bijv. telodrin, dieldrin) kan er ook sprake zijn van natuurlijke toxinen (botulisme, "red tides" door giftige algen)
3. Virus epidemie. In Nederland zijn tot nu toe geen gevallen beschreven van massale sterfte van Eidereenden door een virus epidemie, maar dergelijke epidemieën zijn wel bekend voor andere diersoorten, zoals de Gewone Zeehond (*Phoca vitulina*)
4. Epidemie van niet-virale microparasieten. Een bekend voorbeeld is vogelcholera, die veroorzaakt wordt door de bacterie *Pasteurella multocida*.
5. Epidemie van macroparasieten. De volgende twee macroparasieten van de Eideend zijn mogelijk pathogeen: de darmparasiet *Profillicollis botulus* en de maagparasiet *Amidostomum acutum*

6. Chronische stress als gevolg van een veelheid aan factoren, zoals vervuiling, voedseltekort en verstoring
7. Een tekort aan voedsel van geschikte kwaliteit

Op basis van de beschikbare gegevens wordt de volgende samenvattende conclusie getrokken: "de ten opzichte van andere jaren sterk verhoogde sterfte van Eidereenden in 2001/2002 kan verklaard worden uit een tekort aan geschikt voedsel, met name het bestand halfwas mosselen op de percelen in het sublittoraal van de westelijke Waddenzee. Het feit dat veel dood gevonden eenden sterk besmet waren met darmparasieten (*P. botulus*) en/of maagparasieten (*A. acutum*) kan verklaard worden uit het feit dat in tijden van voedselschaarste de verzwakte individuen als eerste sterven. Sterk met parasieten geïnfecteerde dieren zouden bij voedselschaarste wel eens extra in het nadeel kunnen zijn als gevolg van een verhoogde voedselbehoefte. Er zijn geen aanwijzingen, maar ook geen relevante gegevens, dat er behalve voedselschaarste ook sprake was van een epidemie van darmparasieten en/of maagparasieten."

5.4 De rol van parasieten

Sinds de rapportage van over de Eidereenden sterfte in 2001/2002 zijn er een tweetal nieuwe gegevens over parasieten bekend geworden. Ten eerste stelde Henrik Baekgaard van het NERI gegevens ter beschikking over de besmetting van in Denemarken geschoten Eidereenden met de maagworm *Amidostomum acutum*. Deze gegevens kunnen vergeleken worden met de eerder gerapporteerde gegevens over de besmetting van in de Nederlandse Waddenzee verhongerde Eidereenden (Fig. 5.3). Bij alle klassen Eidereenden is het zo dat de besmetting van verhongerde dieren gemiddeld hoger is dan de besmetting van geschoten dieren. Dit is ook voor alle groepen statistisch significant (Tabel 5.1). Verder valt op dat er een grote spreiding is. De op één na hoogste besmetting van meer dan 700 maagwormen is vastgesteld bij een geschoten mannetje en niet bij een verhongerd mannetje. De hoge spreiding betekent ook dat er per klasse Eidereenden een grote mate van overlap is in de besmetting met maagwormen tussen geschoten en verhongerde eenden. Tot slot zijn er met name bij de verhongerde eenden aanwijzingen dat de adulte dieren sterker besmet zijn dan de juveniele dieren. Dit patroon is precies tegenovergesteld aan het patroon voor de besmetting met de darmparasiet *Proflicollis botulus* (Fig. 5.4). Voor elke klasse van Eidereenden kan nu het gemiddelde aantal maagwormen uitgezet worden tegen het gemiddelde aantal darmparasieten (Fig. 5.5). De gecombineerde besmettingsgraad van verhongerde eenden ligt duidelijk hoger dan de gecombineerde besmettingsgraad van geschoten eenden. In de figuur zijn ook de bijbehorende standaard deviaties opgegeven en die zijn groot. Er is dus alleen een statistisch verschil en het is niet zo dat de gecombineerde besmettingsgraad van verhongerde eenden altijd boven de gecombineerde besmettingsgraad ligt van geschoten eenden. Het waargenomen patroon kan daarom als volgt verklaard worden: bij voedselschaarste zijn het de door parasieten verzwakte dieren die als eerste het loodje leggen. In deze verklaring heeft een eend die sterk geparasiteerd is dus een verhoogde sterftekans, maar het is niet zo dat de verhoogde sterfte in de

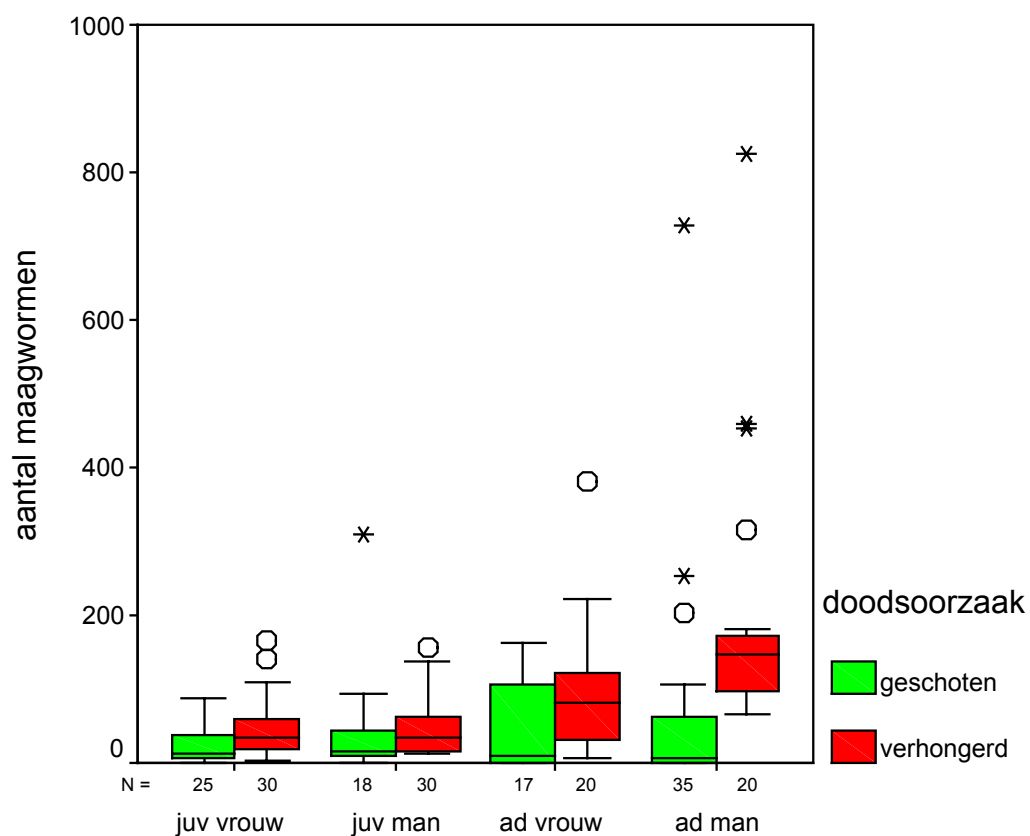
populatie Eidereenden een gevolg is van een epidemie van parasieten. Tegen een epidemie van parasieten pleit ook het feit dat beide parasieten een heel andere levenscyclus hebben: een gecombineerde epidemie lijkt daardoor niet erg waarschijnlijk.

Tot slot is onderzoek van Hanssen *et al.* (2003) aan broedende Eidereendvrouwtjes vermeldenswaard. Zij behandelden de vrouwtjes met een geneesmiddel tegen parasieten. Dit had geen effect op de overleving van vrouwtjes van hoge kwaliteit, waarbij kwaliteit werd afgemeten aan het met succes grootbrengen van jongen. Het had wel effect op de overleving van vrouwtjes van lage kwaliteit (misschien sterk besmet met parasieten), die het broedproces niet afmaakten. Behandelde vrouwtjes van lage kwaliteit hadden een sterk verhoogde kans om het volgende jaar in de kolonie terug te keren ten opzicht van onbehandelde vrouwtjes van lage kwaliteit. Het interessante aan deze studie is dat het gaat om parasieten die de vrouwtjes in het broedgebied bij zich dragen. Als ze die parasieten in het wintergebied hebben opgelopen zijn ze daar in ieder geval toen niet aan gestorven. Zonder parasieten lijkt de kans op overleving van de winter hoger en dit past in het beeld dat bij voedseltekorten in de winter de geparasiteerde dieren als eerste het loodje leggen.

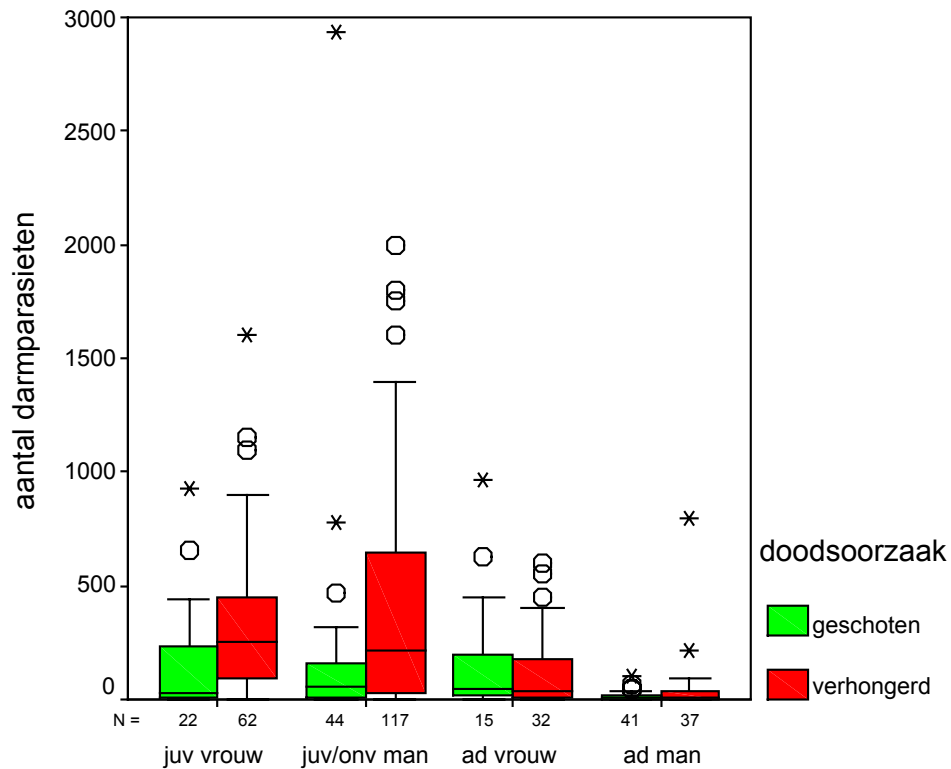
Voor de volledigheid moet nog worden opgemerkt dat in de hier gepresenteerde vergelijking geen onderscheid gemaakt kan worden tussen de vergelijking verhongerd-geschoten en de vergelijking Nederland-Denemarken. Alle verhongerde eenden zijn namelijk afkomstig uit Nederland en alle geschoten eenden uit Denemarken. Strikt genomen kan een goede vergelijking tussen verhongerde en geschoten eenden alleen gemaakt worden als de eenden in dezelfde periode in hetzelfde gebied verzameld worden.

*Tabel 5-1: Per klasse van sexe en leeftijd is met de non-parametrische Mann-Whitney toets nagegaan of er een verschil was in de besmetting met de maagworm *Amidostomum acutum* tussen verhongerde en geschoten Eidereenden*

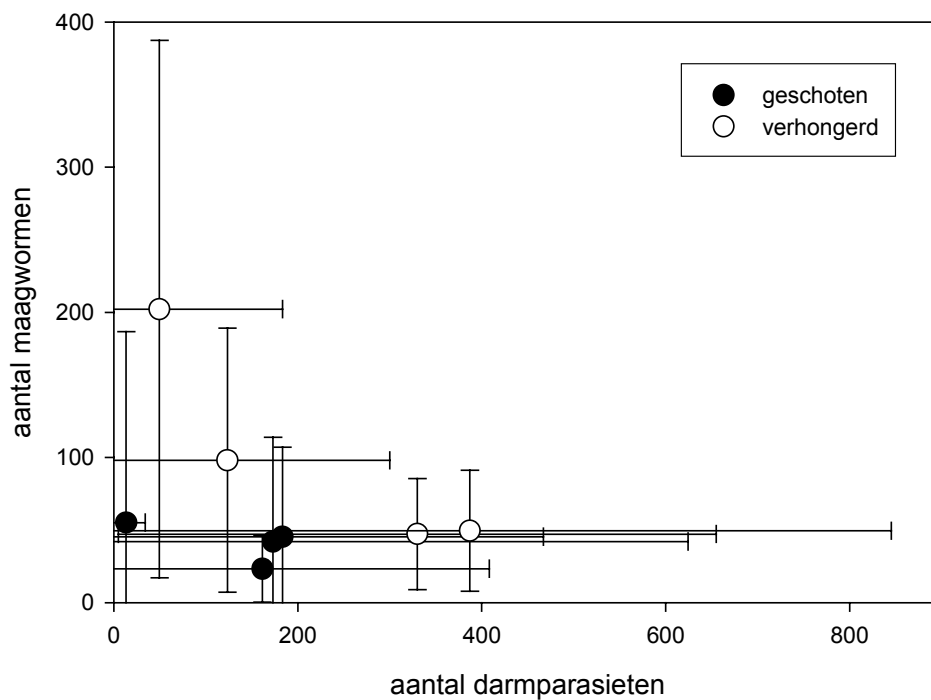
	N geschoten	N verhongerd	Mann-Whitney U	Significantie (P)
Juv vrouw	25	30	207.5	0.005
Juv man	18	30	172.0	0.037
Ad vrouw	17	20	86.0	0.010
Ad man	35	20	77.5	0.000



Figuur 5-3: Boxplot van het aantal maagwormen voor verschillende klassen Eidereenden. Er is een onderscheid gemaakt naar leeftijd en sexe en of de eend geschoten, dan wel verhongerd was. Data voor verhongerde eenden uit Ens et al. (2002). Data voor geschoten eenden zijn afkomstig van Henrik Baekgaard (pers. comm.)



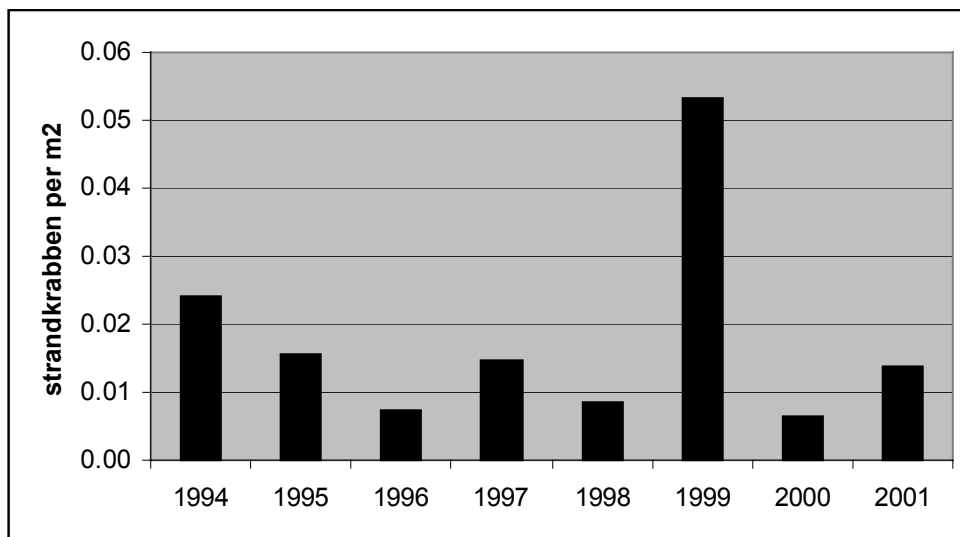
Figuur 5-4: Boxplot van het aantal darmparasieten (*Proflicollis botulus*) in Eidereenden. Figuur overgenomen uit Ens et al. (2002)



Figuur 5-5: Het aantal maagwormen (*Amidostomum acutum*) als functie van het aantal darmparasieten (*Proflicollis botulus*) voor verschillende klassen Eidereenden. Er is een onderscheid gemaakt naar leeftijd en sexe en of de eend geschoten dan wel verhongerd was. Naast het gemiddelde is ook de standaard deviatie (SD) weergegeven. De figuur is een combinatie van de data in figuren 5.3 en 5.4

De strandkrab *Carcinus maenas* is tussengastheer voor de darmparasiet *Profilocollis botulus*. Volgens metingen van het RIVO was er in de winter van 1999/2000 een zeer hoge stand van strandkrabben in de Waddenzee en dit was een belangrijke reden om te suggereren dat de sterfte onder de Eidereenden veroorzaakt zou kunnen zijn door verhoogde besmetting met darmparasieten (Smaal *et al.* 2000; Smaal *et al.* 2001). Deze tijdserie is nu aangevuld t/m 2002 en het blijkt dat er in de winter van 2001/2002 geen sprake was van een verhoogd aanbod aan strandkrabben, terwijl er in die winter wel sprake was van een sterk verhoogde sterfte onder de Eidereenden. Omdat de krabbendichtheid in 1999 zo ver buiten de overige waarnemingen ligt kan het verband tussen Eidereendensterfte (november t/m april) en krabbendichtheid niet parametrisch getoetst worden, maar is de nonparametrische Spearman rangcorrelatie berekend. Over de eerste zes jaren (dus t/m 1999) bedraagt de waarde van $r_s = 0,83$ en dit is significant bij tweezijdige toetsing ($P=0,04$). Wanneer de twee nieuwe jaren worden toegevoegd wordt de waarde lager ($r_s = 0,37$) en is zelfs bij eenzijdige toetsing niet meer significant ($P=0,18$).

Hieraan kan nog de volgende conclusie van de audit-commissie over de rapportage over de sterfte van eidereenden in de winter 1999/2000 worden toegevoegd (de Boer *et al.* 2000): “Strandkrabben migreren in het najaar van de platen naar het sublittorale gebied. Uit de rapportages van Smaal *et al.* (2000) en Smaal *et al.* (2001) blijkt niet dat bij de analyse van de gegevens van de Demersal Young Fish Surveys, die in september en oktober plaatsvinden, met dit gedrag rekening is gehouden. Daarom acht de auditcommissie conclusies met betrekking tot talrijkheid, toe- en afname van krabben tussen jaren en tussen deelgebieden niet betrouwbaar. Anderszijds maken de beschikbare gegevens het niet erg waarschijnlijk dat er in najaar 1999 veel minder krabben zijn geweest.”



Figuur 5-6: Dichtheid strandkrabben in de Nederlandse Waddenzee zoals vastgesteld tijdens de Demersal Young Fish Survey van het RIVO

5.5 De rol van voedselschaarste

In het rapport over de Eidereendensterfte in de winter van 2001/2002 wordt een uitgebreide analyse gepresenteerd van de sterfte in relatie tot het voedselaanbod (Ens *et al.* 2002). Ondertussen zijn nieuwe gegevens beschikbaar gekomen en het ligt daarom voor de hand deze analyses te herhalen. De eerste vraag is welke maat voor de sterfte onder de Eidereenden we moeten gebruiken: de "ongecorrigeerde" aantallen dode Eidereenden per km strand, of de middels *imputing* (zie bijlage 6) verkregen schattingen van het totaal aantal dode Eidereenden. Het verband tussen deze twee variabelen blijkt zeer hoog en het maakt dus weinig uit welke van de twee wordt gekozen (Fig. 5.7, Tabel 5.2). Omdat voor het bijschatten een aantal jaren niet zijn meegenomen betreft het aantal dode Eidereenden per km strand een langere dataserie en dat is een licht voordeel.

De belangrijkste bevinding uit het rapport over de Eidereendensterfte is dat die sterfte vooral hoog is in jaren met een laag aanbod aan halfwas mosselen op de percelen in de Waddenzee. Het aanbod halfwas mosselen werd geschat door aan te nemen dat 1 kg mosselzaad in jaar x leidt tot 1 kg halfwas mosselen in jaar $x+1$, die in jaar $x+2$ als 1 kg consumptiemosselen op de markt worden gebracht. Onder die aanname kon het bestand halfwas mosselen uit de aanvoer van mosselen op de veiling worden geschat. Voor het terugrekenen van het aanbod op basis van de alleen de aanvoer zijn ondertussen nieuwe inzichten gegroeid. Het lijkt beter om in plaats van 1:1:1 aan te nemen dat 1 kg consumptiemosselen voortkomt uit 1,01 kg halfwas mosselen, die weer voortkomen uit 0,44 kg zaadmosselen (Bult *et al.* 2003b). We zullen dit aanduiden met de **terugrekening** en tekenen daarbij aan dat deze terugrekening een schatting maakt van het totale bestand sublitorale mosselen en niet uitsluitend het bestand op de percelen. Voor de halfwas mosselen maakt dit nieuwe inzicht nauwelijks iets uit. Het belangrijkste verschil is dat een extra jaar aan de analyse kan worden toegevoegd: het jaar 2001/2002 met een hoge sterfte onder de Eidereenden en een relatief laag aanbod halfwas mosselen. Dit punt vormt dus een versterking voor de grafiek (Fig. 5.8).

Toevoeging van een extra data punt leidt ook niet tot andere conclusies als de andere lange series in de analyse worden betrokken: (1) hoge sterfte heeft geen verband met de strengheid van de winter, (2) hoge sterfte correleert negatief met het geschatte bestand zaadmossels en het kokkelbestand, maar deze correlaties zijn niet significant als gecontroleerd wordt voor het bestand halfwas mossels (Tabel 5.3). Wel is het zo dat de partiele correlatie met het bestand zaadmossels bijna significant is. De waarde van het kokkelbestand is voor de jaren voorafgaand aan 1990 gebaseerd op een extrapolatie van de door Beukema op het Balgzand verzamelde gegevens naar de hele Waddenzee. Onderzoek in het kader van EVA II plaatst vraagtekens bij deze extrapolatie (Kamermans *et al.* 2003). Het voordeel van de analyse met de in tabel 5.2 verzamelde gegevens is dat het een lange reeks betreft, maar het nadeel is dat slechts een deel van de prooien bestreken wordt en dat er vraagtekens zijn bij de nauwkeurigheid van de getallen.

De eerste Waddenzee-brede RIVO-surveys van de schelpdierbestanden dateren van 1990, maar *Spisula* wordt pas sinds 1995 bemonsterd. Het aanbod mossels op

percelen wordt niet bemonsterd, maar in het kader van EVA II is gepoogd op grond van alle beschikbare informatie (dus niet alleen de aanvoer van consumptiemosselen) een zo nauwkeurig mogelijke reconstructie te maken (Bult *et al.* 2003b). Ter onderscheiding van de middels de terugrekening gevonden getallen voor de sublitorale mosselen zal deze procedure worden aangeduid met de **reconstructie**. De getallen staan in Tabel 5.4. Volgens de gegevens in die tabel zouden er in de winter van 1990/1991 10 miljoen kg halfwas mosselen en 31 miljoen kg consumptie mosselen op de droogvallende platen hebben gelegen, maar dit is zeer onwaarschijnlijk. De schatting is gebaseerd op grond van een extrapolatie vanuit een RIVO survey in het voorjaar, maar in 1990 is het grootste deel van de wilde droogvallende mosselbanken opgevist (Dankers & de Vlas 1992; Beukema 1993), zodat er in het najaar vrijwel geen droogvallende mosselbanken resteerden. Daarom zijn in de statistische analyses de litorale mosselbestanden in 1990/1991 op nul gesteld.

De eerste vraag is hoe het verband tussen de Eidereendensterfte en de nieuwe schatting van het bestand halfwas mosselen in het sublitoraal eruit ziet. Voor die schatting is het wilde bestand meerjarige mosselen in het sublitoraal opgeteld bij de schatting van het bestand meerjarige mosselen op de percelen. Er is een sterk en significant negatief verband (Fig. 5.9). Wanneer alle in Tabel 5.4 gegeven variabelen met de Eidereendensterfte worden gecorreleerd is alleen voor het bestand meerjarige mosselen in het sublitoraal de correlatie significant (Tabel 5.5). Daarbij zijn zowel voor het mosselzaad als de meerjarige mossels de wilde sublitorale bestanden en de bestanden op de percelen bij elkaar opgeteld om tot een schatting voor het totale bestand van zaad en meerjarige mosselen in het sublitoraal te komen. Berekening van partiele correlaties tussen de Eidereendensterfte en de in Tabel 5.4 gegeven schelpdierbestanden, waarbij gecontroleerd wordt voor het bestand meerjarige mosselen in het sublitoraal, leidt niet tot andere inzichten (Tabel 5.5).

Tabel 5-2: Gegevens over de strengheid van de winter middels de IJnsen index (IJnsen 1988), de omvang van de schelpdierbestanden in het najaar en twee maten voor de Eidereendensterfte: het aantal dode Eidereenden per km strand (zelfde getallen als in Ens et al. 2002) en het middels imputing geschatte totaal aantal dode Eidereenden in de periode november-april. De bestanden halfwas en zaadmosselen in het sublitoraal van de Waddenzee zijn teruggerekend uit de aanvoer (zie tekst). Het bestand litorale kokkels vóór 1990 is gebaseerd op extrapolatie vanuit de Balgzand gegevens. Na 1990 zijn de RIVO-surveys aangehouden volgens de nieuwste extrapolatie methode (Kamermans et al. 2003)

Seizoen	IJnsen index	Bestand litorale kokkels (miljoen kg vlees per 1 sept)	Mossels aangeland uit Waddenzee (miljoen kg versgewicht)	Geschatte bestand halfwas mosselen (miljoen kg versgewicht)	Geschatte bestand zaadmosselen (miljoen kg versgewicht)	Aantal dode Eidereenden per km strand	Totaal aantal dode Eidereenden
1977-1978	6.6	127.4	95.3	64.0	18.6	0.06	
1978-1979	45.9	92.3	63.4	42.3	15.2	0.30	
1979-1980	7.3	9.2	41.9	34.5	39.7	0.09	312
1980-1981	5.3	213.0	34.2	90.2	49.5	0.10	507
1981-1982	25.5	203.2	89.3	112.5	33.0	0.12	552
1982-1983	5.6	108.2	111.4	75.0	12.2	0.22	1282
1983-1984	9.6	64.8	74.3	27.8	32.4	0.45	1812
1984-1985	31.7	27.0	27.5	73.6	17.1	0.97	4203
1985-1986	43.3	9.2	72.9	38.9	25.4	0.59	1589
1986-1987	22.5	7.4	38.5	57.7	16.3	0.31	1059
1987-1988	1.7	10.8	57.1	37.1	35.8	0.40	1372
1988-1989	0.7	166.8	36.7	81.3	31.0	0.81	4075
1989-1990	1.9	108.6	80.5	70.4	3.5	0.43	1600
1990-1991	18.5	9.9	69.7	8.0	11.6	1.76	9626
1991-1992	2.4	6.4	7.9	26.3	14.7	1.21	6122
1992-1993	5.6	13.3	26.0	33.4	22.3	0.87	4317
1993-1994	10.2	29.4	33.1	50.7	14.0	0.26	1204
1994-1995	4.2	12.8	50.2	31.9	17.1	0.87	3419
1995-1996	52.1	17.0	31.6	38.8	19.6	0.77	3858
1996-1997	22.6	1.5	38.4	44.6	26.8	0.66	2929
1997-1998	3.2	10.3	44.2	60.9	20.5	0.34	1859
1998-1999	6.2	56.3	60.3	46.7	12.4	0.25	1079
1999-2000	0.8	46.7	46.2	28.1	4.8	4.83	18762
2000-2001	9.5	37.6	27.8	11.0	14.7	1.38	4803
2001-2002	4.2	34.4	10.9	33.4		2.69	9740
2002-2003		24.3	33.1				

Tabel 5-3 Berekening van de correlatie tussen Eidereenden sterfte (logaritmisch getransformeerd) en verschillende schelpdierbestanden en de IJnsen index voor strengheid van de winter. De data waarop deze berekeningen betrekking hebben staan in Tabel 5.2. Voor een aantal variabelen is ook de partiele correlatie berekend door te controleren voor het bestand halfwas mosselen in het sublitoraal. Significanties hoger dan 0,10 zijn niet weergegeven

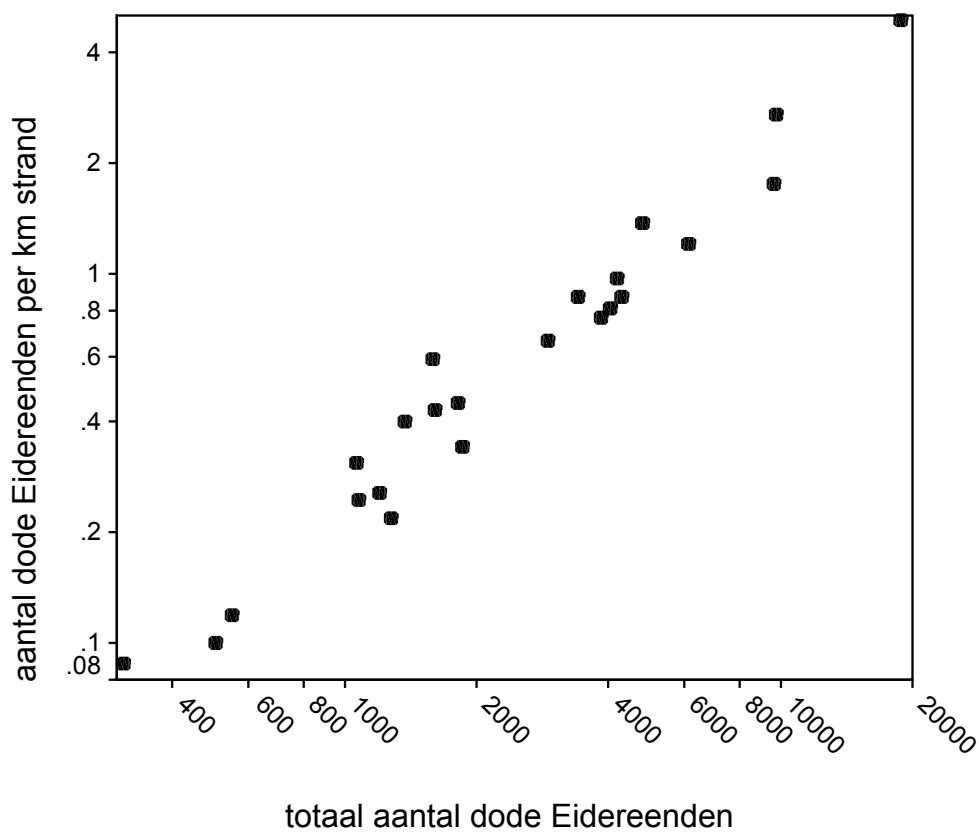
	Correlatie met Eidereenden sterfte			Partiele correlatie met Eidereenden sterfte waarbij gecontroleerd wordt voor het bestand halfwas mosselen		
	Pearson r	Steekproef N	Significantie P	Pearson r	Steekproef N	Significantie P
Bestand litorale kokkels	-0.47	25	0.018	-0.08	21	-
Halfwas mosselen sublitoraal	-0.57	25	0.003			
Zaadmosselen sublitoraal	-0.48	24	0.017	-0.40	21	0.061
IJnsen winterindex	-0.02	25	-	0.03	21	-

Tabel 5-4: Schelpdierbestanden in Waddenzee en de Noordzee kustzone op basis van de gegevens van het RIVO. Metingen van de kokkels vinden plaats in mei en worden geëxtrapoleerd naar september (Kamermans et al. 2003). Metingen van de Spisula vinden ook plaats in het voorjaar en zijn toegerekend aan de voorafgaande winterperiode. De getallen voor de sublitorale mosselbestanden in het wild en op de percelen betreffen en reconstructie met als peildatum 31 december (Bult et al. 2003b). De bestanden van mosselen in het litoraal betreffen een combinatie van de voorjaarsmeting en expert judgement om te komen tot een schatting voor het najaar. Deze getallen zijn ook gebruikt in EVA II project B1 (Rappoldt et al. 2003a). Daarbij is aangenomen dat er in het najaar van 1990 geen 41,6 miljoen kg mosselen op de platen lagen, maar 1,7 miljoen kg. COCKLIT = litorale kokkelbestand na visserij in september (milj kg vlees). COCKSUB = sublitorale kokkelbestand na visserij in september (milj kg vlees). ZAADSPIS = miljoen kg versgewicht Spisula zaad aan het einde van de winter (mei). MJSPISU = miljoen kg versgewicht meerjarige Spisula aan het einde van de winter (mei). ZAADWILD = miljoen kg netto zaadmosselen op wilde sublitorale banken op 31 december. MJWILD = miljoen kg netto meerjarige mosselen op wilde sublitorale banken op 31 december. ZAADPERC = miljoen kg netto zaadmosselen op percelen op 31 december. MJPERC = miljoen kg netto meerjarige mosselen op percelen op 31 december. LITZAAD = miljoen kg netto versgewicht mosselzaad in het litoraal. LITHW = miljoen kg netto versgewicht halfwas mosselen in het litoraal. LITCONS = miljoen kg netto versgewicht consumptie mosselen in het litoraal

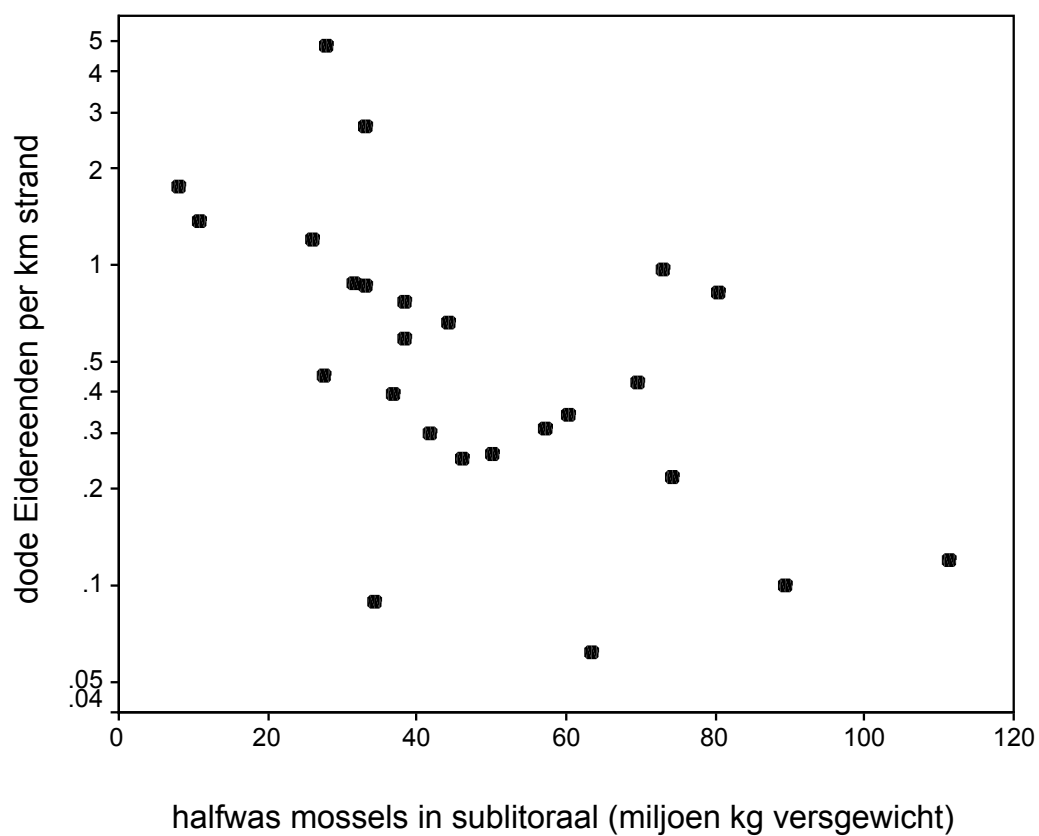
	SEIZOEN	COCKLIT	COCKSUB	ZAADSPIS	MJSPISU	zaadwild	mjwild	zaadperc	mjperc	LITZAAD	LITHW	LITCONS
1990-1991	9.9	0.4								0.0	10.4	31.2
1991-1992	6.4	0.0			12.0	0.0				0.0	0.4	1.3
1992-1993	13.3	8.2			30.0	2.0	4.0	14.0	0.0	0.0	0.3	1.0
1993-1994	29.4	4.0			7.0	38.0	0.0	39.0	0.0	0.0	0.4	1.1
1994-1995	12.8	1.5	104.8	109.7	34.0	5.0	10.0	31.0	103.5	1.5	0.0	0.0
1995-1996	17.0	2.7	167.5	76.3	7.0	27.0	2.0	22.0	0.0	9.3	1.9	1.9
1996-1997	1.5	0.3	29.4	324.8	57.0	3.0	14.0	33.0	19.9	2.1	3.1	3.1
1997-1998	10.3	1.2	20.1	162.7	30.0	74.0	4.0	80.0	0.0	15.6	9.5	9.5
1998-1999	56.3	3.4	6.7	97.8	13.0	29.0	1.0	98.0	0.0	8.9	7.2	7.2
1999-2000	46.7	1.4	272.9	3.8	24.0	9.0	4.0	17.0	17.3	2.4	8.0	8.0
2000-2001	37.6	1.3	4.3	389.1	6.0	8.0	0.0	53.0	1.2	6.0	9.7	9.7
2001-2002	34.4	2.4	0.2	112.3	33.0	3.0	20.0	35.0	95.5	2.8	14.2	14.2
2002-2003	24.3	4.4			29.0	21.0	0.0	76.0				

Tabel 5-5: Berekening van de correlatie tussen Eidereenden sterfte (logaritmisch getransformeerd) en verschillende schelpdierbestanden. De data waarop deze berekeningen betrekking hebben staan in Tabel 5.4. Ook de partiele correlatie is berekend door te controleren voor het bestand meerjarige sublitorale mosselen. Significanties hoger dan 0,10 zijn niet weergegeven

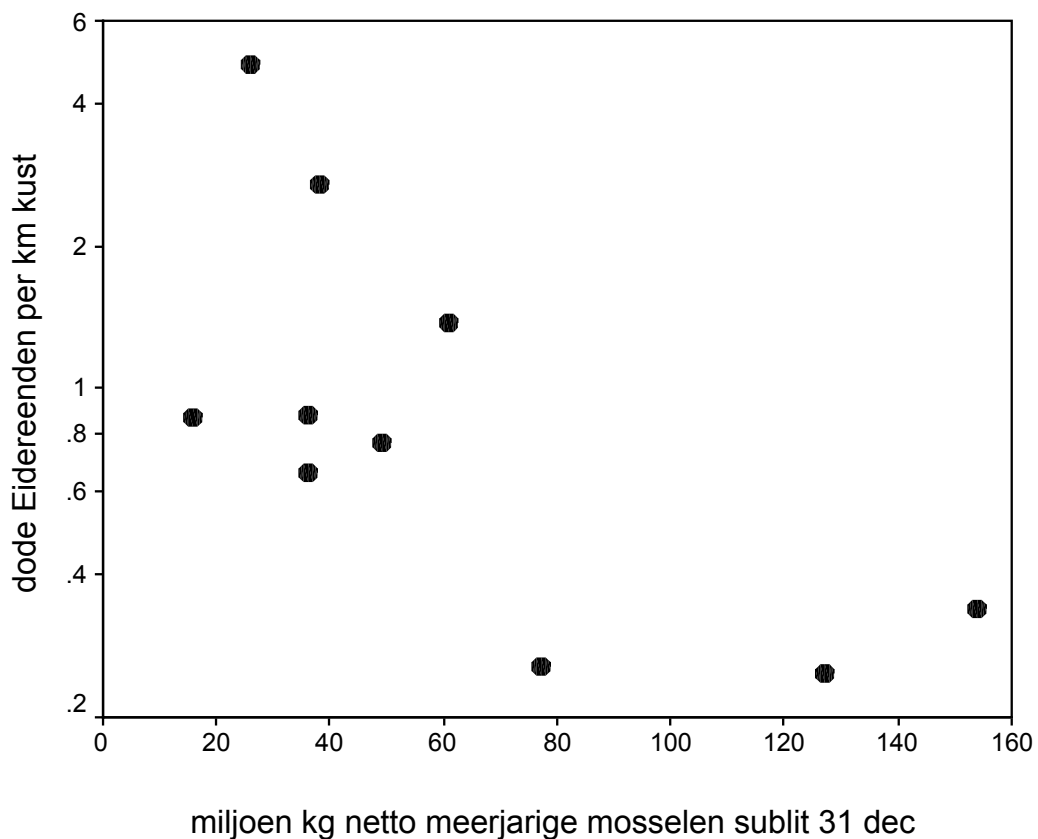
	Correlatie met Eidereenden sterfte			Partiele correlatie met Eidereenden sterfte waarbij gecontroleerd wordt voor het bestand meerjarige mosselen in het sublitoraal		
	Pearson r	Steekproef N	Significantie P	Pearson r	Steekproef N	Significantie P
Litorale kokkels	-0,08	12	-	0,27	7	-
Sublitorale kokkels	-0,27	12	-	-0,48	7	-
Spisula zaad	0,52	8	-	0,31	5	-
Spisula meerjarig	-0,19	8	-	-0,24	5	-
Sublitoraal mosselzaad	0,25	10	-	0,06	7	-
Sublitoraal meerjarige mossels	-0,68	10	0,032			
Litoraal mosselzaad	0,32	12	-	0,11	7	-
Litoraal halfwas mossels	-0,41	12	-	0,31	7	-
Litoraal consumptie mossels	0,25	12	-	0,63	7	0,067



Figuur 5-7: Het verband tussen het aantal dode Eidereenden per km strand per winter en de schatting van het totale aantal dode Eidereenden per winter. In beide gevallen loopt de winter van november t/m april. Lineaire regressie leidt tot de volgende relatie: $\ln(Y) = -8,219 + 0,982\ln(X)$, $R^2=0,96$, $N=22$, $P=0,000$



Figuur 5-8: Verband tussen de Eidereenden sterfte en het geschatte bestand halfwas mosselen in het sublitoraal van de Waddenzee, bepaald via terugrekening (zie tekst). De correlatie bedraagt $r=-0,57$, $N=25$, $P=0,003$



Figuur 5-9: Relatie tussen het aantal dode Eidereenden per km kust (zonder olie) en het bestand meerjarige mosselen in het sublitoraal van de Waddenzee per 31 december (een optelling van het wilde bestand en het bestand op de percelen). De correlatie is $r=-0,69$, $N=10$, $P=0.03$

5.6 Conclusies

- Hoge sterfte onder Eidereenden trad op in de winters van 1991, 1992, 1999, 2000 en 2001. In de periode mei-juli 1990 was er ook sprake van een zeer hoge sterfte van naar schatting 10.000 Eidereenden. Geen van deze hoge sterftes kon in verband worden gebracht met een olieramp.
- Parasieten verhogen de sterftekans van een sterk besmet individu, maar spelen waarschijnlijk een secundaire rol in de verklaring van de massale sterftes. Verhongerde Eidereenden hadden gemiddeld een hogere belasting met parasieten dan geschoten Eidereenden, waarbij juveniele vogels vooral besmet waren met de darmparasiet *Profilicollis botulus* en adulte vogels met de maagworm *Amidostomum acutum*. De meest aannemelijke verklaring hiervoor is dat in een periode met voedselschaarste de door parasieten verzwakte individuen als eerste sterven.
- De wintersterfte onder de Eidereenden vertoont een duidelijk negatief verband met het aanbod meerjarige sublitorale mosselen, onafhankelijk van de manier waarop de omvang van dit bestand wordt geschat. Voedselschaarste is de meest aannemelijke verklaring voor de verhoogde sterfte onder Eidereenden.

6 Dekking van de voedselbehoefte en het beleid van voedselreservering

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt onderzocht of het beleid van voedselreservering voldoende garanties heeft geboden tegen door schelpdiervisserij verhoogde voedseltekorten in schelpdierarme jaren. Daartoe wordt allereerst de voedselbehoefte van de Eidereenden berekend. Vervolgens wordt nagegaan of de aanwezige schelpdierbestanden in de afgelopen jaren van voldoende omvang zijn geweest om de schelpdierbehoefte te dekken. Tot slot wordt het beleid van voedselreservering onder de loep genomen.

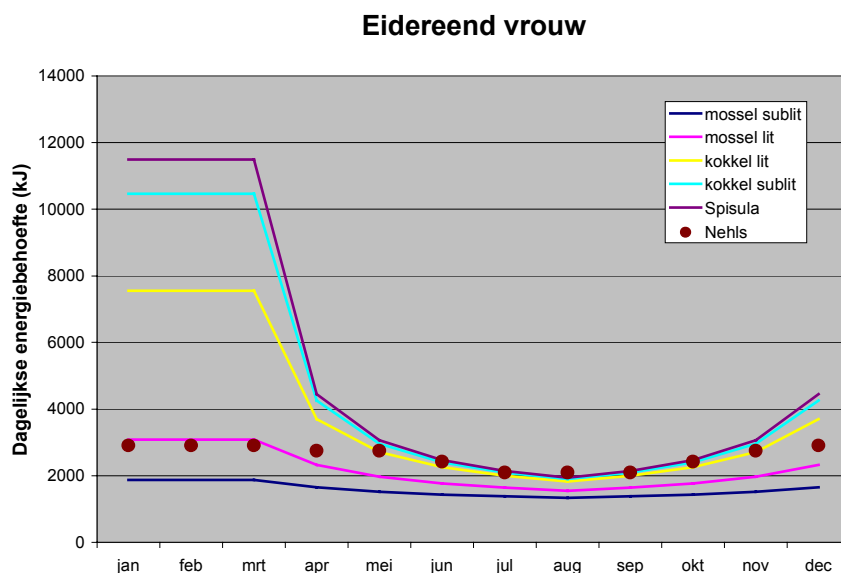
6.2 Berekening voedselbehoefte

In het rapport over de berekeningsmethodiek voedselreservering Waddenzee worden de beschikbare gegevens over de voedselbehoefte van de Eidereend onder de loep genomen (Ens 2000). Geconcludeerd wordt dat de beste schattingen van de voedselbehoefte van vrij levende Eidereenden worden gegeven door Nehls (1995). Door Nehls *et al.* (2000) worden deze schattingen gepresenteerd als maandelijkse voedselbehoeftes, die variëren van 180 gram AVD per dag in de koude wintermaanden, tot 130 gram AVD per dag in warme zomermaanden. De veldschattingen van Nehls kunnen worden vergeleken met de door het model van Brinkman *et al.* (2003) berekende energiebehoeftes. Om een verband te kunnen leggen tussen dagelijkse voedselbehoefte en dagelijkse energieuitgave (DEE) is een verteringsefficiëntie van 75% aangenomen (Nehls 1995). Dat wil zeggen dat 75% van de voedselopname beschikbaar is voor energieverbruikende processen. Om met het model de energieuitgave te kunnen berekenen zijn gegevens nodig over de watertemperatuur, de luchttemperatuur, de windsnelheid, de conditie van de prooien, de prooi-soort (met name schelpgewicht als functie van prooigrootte) en het gewicht van de eend. De gebruikte waardes staan in tabel 6.1. De berekende dagelijkse energieuitgave is weergegeven ten opzicht van het basaal metabolisme (BMR). Door hun hogere gewicht hebben mannetjes een hogere energieuitgave dan vrouwtjes (tabel 6.1, figuren 6.1 en 6.2). Ook is er een duidelijk seizoenspatroon. In de zomer zijn de uitgaven het laagst als gevolg van de hoge temperaturen, de goede conditie van de prooien en de lage gewichten van de eenden. Het lijkt er wel op dat in de modelberekeningen de verschillen tussen zomer en winter groter zijn dan in de veldschattingen van Nehls. Voor deze studie zijn vooral de wintergetallen van belang, omdat dan de grootste aantallen eenden in de Nederlandse Waddenzee verblijven. In de winter levert het model zeer uiteenlopende schattingen afhankelijk van de prooi-soort (voor alle prooi-soorten is uitgegaan van intermediair formaat; bij *Spisula* is uitgegaan van meerjarige exemplaren). Zoals eerder beschreven liggen sommige van deze schattingen ver boven wat fysiologisch mogelijk is. Dit geldt met name voor kokkels en *Spisula*. Dit betekent niet dat deze prooien 's winters niet gegeten kunnen

worden. Aannemende dat het model min of meer correct is betekent het wel dat deze prooien alleen gegeten kunnen worden op momenten en op locaties waar de conditie van de betreffende prooien duidelijk beter is dan aangenomen in de berekeningen. Dit is niet onmogelijk. Al eerder is gewezen op de grote variatie in conditie tussen individuele schelpdieren. Het betekent wel dat de eenden uitermate selectie moeten zijn in de keuze van de schelpdieren en de schelpdierbanken. Het model levert dus een verklaring waarom ogenschijnlijk rijke schelpdierbestanden soms niet benut worden door de Eidereenden. Door honger gedreven kunnen eenden ook gedwongen worden op schelpdierbanken te foerageren waar ze niet in hun energiebehoefte kunnen voorzien, maar alleen kunnen proberen minder snel te verhongeren. Dit vormt een verklaring voor het positieve verband tussen het voorkomen van Eidereenden en kokkelbanken in de winters van 1999, 2000 en 2001 (zie hoofdstuk 4).

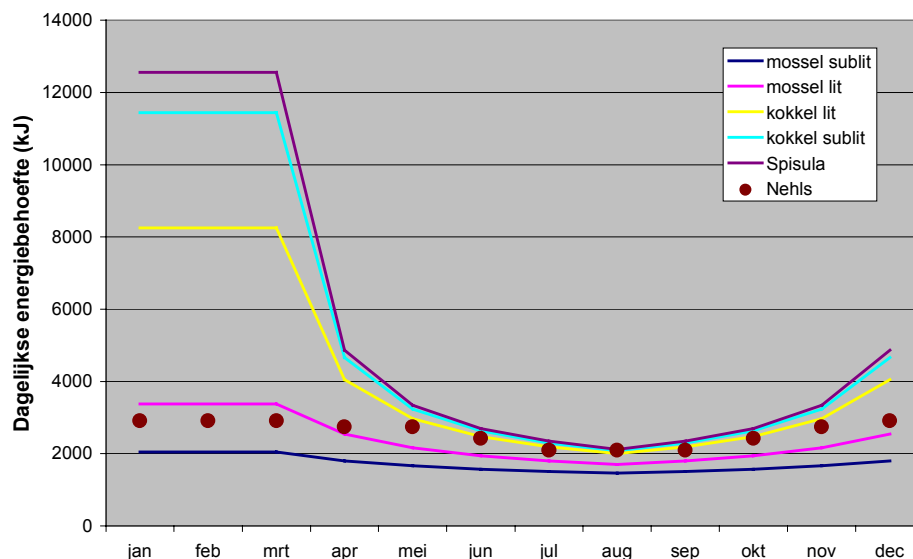
De wintergetallen van Nehls liggen ver onder de onmogelijk hoge waarden voor kokkels en *Spisula* (tabel 6.1, figuren 6.1 en 6.2). In zijn studie foerageerden de eenden op droogvallende mosselbanken en de winterschattingen vanuit het model voor litorale mossels komen goed overeen met de veldschattingen van Nehls. Dat geeft ook vertrouwen dat de berekende "lage" energiebehoefte als de eenden op sublitorale mosselen foerageren correct zijn.

Om tot een schatting van de voedselbehoefte van de populatie Eidereenden te komen moet het in Fig. 2.3 weergegeven seizoensverloop in de aantallen eenden gecombineerd worden met de voedselbehoefte van een individuele vogel. In tabel 6.1 staan de door Nehls opgegeven getallen en ook de minimale waarde volgens het model. Deze minimale waarde is alleen geldig als de eenden alleen maar op sublitorale mosselen foerageren.



Figuur 6-1: Dagelijkse energiebehoefte van een vrouwelijke Eidereend die niet aan het broedproces deelneemt in de loop van het jaar, zoals berekend door het model (m.b.v. de waarden gegeven in Tabel 6.1) en zoals gegeven door Nehls et al. (2000)

Eidereend man



Figuur 6-2: Dagelijkse energiebehoefte van een vrouwelijke Eidereend die niet aan het broedproces deelneemt in de loop van het jaar, zoals berekend door het model (m.b.v. de waarden gegeven in Tabel 6.1) en zoals gegeven door Nehls et al. (2000)

Tabel 6-1: Tabel met getallen die gebruikt zijn bij de berekening van de voedselbehoefte van Eidereenden in de Waddenzee per maand. Gemiddelde watertemperatuur gemeten in Marsdiep door NIOZ. Gemiddelde luchttemperatuur en windsnelheid op basis metingen KNMI bij De Kooij. Relatieve conditie prooi zoals beschreven in sectie 3.5. Relatieve conditie prooi zoals in hoofdstuk 3. Dagelijkse energienitgave (DEE) uitgedrukt als multipel van BMR zoals berekend met model (hoofdstuk 3). Gewichten van Eidereenden en voedselbehoefte Nehls uit Nehls (1995) en Nehls et al. (2000)

	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
Temp water (graden Celsius)	4.3	3.2	5.2	8	12.5	16.3	18.7	18.6	16.1	13.1	8.5	5.4
Temp lucht (graden Celsius)	3.4	2.5	5	7.3	11.4	14.2	16.4	16.6	14.4	11.1	7	4.6
wind (meter per sec)	7.2	6.2	6.3	5.8	5.1	5.1	5.1	5	5.4	5.8	6.4	6.5
relatieve conditie prooi	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	0.9	0.8	0.7	0.6
gewicht mannetje (gram)	2400	2275	2250	2250	2250	2250	2225	2200	2275	2350	2367	2383
gewicht vrouwtje (gram)	2175	2075	2060	2060	2060	2060	2050	2025	2075	2150	2158	2167
DEE/BMR model mossel sublitoraal	2.6	2.6	2.6	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3
DEE/BMR model mossel litoraal	4.2	4.2	4.2	3.2	2.7	2.4	2.3	2.1	2.3	2.4	2.7	3.2
DEE/BMR model kokkel litoraal	10.3	10.3	10.3	5.1	3.7	3.1	2.7	2.5	2.7	3.1	3.7	5.1
DEE/BMR model kokkel sublitoraal	14.3	14.3	14.3	5.8	4.0	3.3	2.9	2.6	2.9	3.3	4.0	5.8
DEE/BMR model Spisula	15.7	15.7	15.7	6.1	4.2	3.4	2.9	2.7	2.9	3.4	4.2	6.1
DEE (kJ per dag) model minimum	1874	1874	1874	1654	1525	1441	1382	1338	1382	1441	1525	1654
DEE (kJ per dag) model maximum	12553	12553	12553	4869	3347	2700	2345	2121	2345	2700	3347	4869
DEE (kJ per dag) volgens Nehls	2909	2909	2909	2748	2748	2424	2101	2101	2101	2424	2748	2909
voedselbehoefte (g vlees/dag) model min	552	552	552	487	449	425	407	394	407	425	449	487
voedselbehoefte (g vlees/dag) model max	3698	3698	3698	1434	986	795	691	625	691	795	986	1434
voedselbehoefte (g vlees/dag) Nehls	857	857	857	809	809	714	619	619	619	714	809	857
aantal Eidereenden	130000	123800	60055	33512	21112	36407	39892	41250	41250	44939	83114	122058
Miljoen kg vlees per maand model min	2.2	2.1	1.0	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	1.2	1.8
miljoen kg vlees per maand Nehls	3.5	3.0	1.6	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	2.0	3.2

6.3 Berekening van de dekking van de voedselbehoefte

Hoe verhoudt de hiervoor berekende voedselbehoefte zich tot de aanwezige schelpdierbestanden, met name het bestand sublitorale mosselen? Als alle eenden alleen maar sublitorale mosselen zouden eten, dan zou de totale vleesconsumptie in de drie wintermaanden januari, februari en maart in totaal minimaal 5,4 miljoen kg vlees bedragen (Tabel 6.1). Aan het einde van de zomer bedraagt het vleespercentage van sublitorale mosselen ongeveer 30% (Brinkman & Smaal 2003). In de winter schatten wij dit op 15%. Dat betekent dat 5,4 miljoen kg vlees overeenkomt met 36 miljoen kg versgewicht. Volgens de schattingen van het RIVO variëren de bestanden van meerjarige sublitorale mossels op 31 december tussen de 16 en de 154 miljoen kg versgewicht (Bult *et al.* 2003b). In twee van de 11 winters was het bestand ver onder de behoefte van de Eidereenden. In drie van de 11 winters was het bestand vrijwel gelijk aan de berekende behoefte. Hieruit kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. De potentiële predatiedruk van Eidereenden op meerjarige sublitorale mosselbestanden is zeer hoog. In theorie zouden de eenden in een aanzienlijk aantal jaren alle meerjarige sublitorale mossels in de winter kunnen opeten.
2. In een groot aantal jaren hebben de eenden (noodgedwongen) niet alleen meerjarige sublitorale mosselen, maar ook minder profijtelijke schelpdieren gegeten. Eerder is al aangetoond dat in jaren met lage bestanden sublitorale mosselen de sterfte onder de Eidereenden verhoogd is.

Het voorgaande betekent ook dat de met het model berekende lage voedselbehoefte als de eenden alleen sublitorale mosselen eten niet van toepassing is. Een onbekend, maar waarschijnlijk aanzienlijk, deel van het dieet zal in veel jaren bestaan hebben uit minder profijtelijke prooien. Uitgaande van de schattingen van Nehls hebben de eenden 16,4 miljoen kg vlees nodig tussen 1 september en 31 maart (Tabel 6.1).

Wanneer alle schelpdierbestanden bij elkaar worden opgeteld, dan heeft er waarschijnlijk in alle winters meer dan 16,4 miljoen kg vlees, of een veelvoud daarvan, gelegen. Dat zegt echter weinig, omdat in een dergelijke optelling geen rekening wordt gehouden met de verschillen in profijtelijkheid en oogstbaarheid tussen de schelpdieren. Door in de optelling schelpdierbestanden mee te nemen die niet geschikt zijn voor de eenden, kan de indruk ontstaan dat er meer dan genoeg voedsel is voor de eenden, terwijl het tegendeel misschien waar is.

In het ideale geval zouden we een model hebben dat voor elk schelpdierbestand berekent of de Eidereenden in de loop van de winter voldoende voedsel kunnen vinden. Een dergelijk model is ontwikkeld voor de Scholekster (Rappoldt *et al.* 2003c), maar ontbreekt voor de Eidereend. Het onderliggende probleem is dat we onvoldoende kennis hebben over de voedsel生态学 van de Eidereend (Leopold *et al.* 2001; Bult *et al.* 2003a) om een dergelijk model te maken. In dit rapport worden nieuwe gegevens over die voedsel生态学 gepresenteerd, maar een aantal zeer belangrijke parameters blijft onbekend:

1. Voor geen enkele prooi-soort bestaat kennis over de functionele respons, dat wil zeggen het verband tussen prooidichtheid en de opnamesnelheid van voedsel. Dat betekent dat we niet weten wat de minimale prooidichtheid is waarbij de eenden nog net voldoende voedsel kunnen vinden. Het deel van het bestand beneden die minimale dichtheid is niet beschikbaar als voedsel en zou niet moeten worden meegerekend in het beschikbare voedselaanbod.
2. Er bestaan geen schattingen over de mate van interferentie tijdens het voedselzoeken, al zijn er wel aanwijzingen dat interferentie voorkomt. Volgens Nehls & Ketzenberg (2002) concurreerden Eidereenden om de toegang tot mosselbanken in hun studiegebied: bij toenemende aantallen Eidereenden moest een steeds groter deel van de eenden uitwijken naar nabijgelegen kokkelbanken. Het gevolg van interferentie is dat de dichtheden waarin de vogels naar voedsel kunnen zoeken niet boven een maximum komen, wat weer als gevolg heeft dat slechts een deel van het voedsel door de vogels in de loop van de winter geogst kan worden.
3. De mate waarin drooglijtijd in combinatie met mogelijke *digestive bottlenecks* beperkingen oplegt aan de benutting van schelpdierbestanden is onbekend.

Een tweede probleem is dat voorzover er wel kennis is, die kennis niet toegepast kan worden, omdat bij de monitoring van schelpdierbestanden de betreffende parameters niet gemeten worden:

1. Het is overduidelijk dat schelpdikte en vleesinhoud van de schelpdieren van groot belang zijn voor de Eidereenden, maar geen van beide wordt gemeten tijdens de RIVO surveys (Bult *et al.* 2003a). Overigens is het nog maar de zeer de vraag of het meten van vleesinhoud tot een grote verbetering zou leiden (Bult *et al.* 2003a).
2. Eidereenden vertonen een sterke selectie op grootte (die nog beïnvloed wordt door de begroeiing met zeepokken), maar grootte wordt niet gemeten tijdens de RIVO surveys, al lijken er wel mogelijkheden om versgewichten om te rekenen naar grootte (Bult *et al.* 2003a).

6.4 Het beleid van voedselreservering

Bij de bespreking van het beleid van voedselreservering is het nuttig eerder geïntroduceerde begrippen fysiologische voedselbehoefte en ecologische voedselbehoefte te gebruiken. De fysiologische voedselbehoefte is de hoeveelheid voedsel die een vogel dagelijks tot zich moet nemen om te overleven en in goede conditie te blijven. De ecologische voedselbehoefte is de hoeveelheid vlees die per vogel in het ecosysteem aanwezig moet zijn op dat de vogel in zijn fysiologische voedselbehoefte kan voorzien.

Het in 1993 ingezette beleid van voedselreservering heeft tot doel in voedselarme jaren extra sterfte onder schelpdieretende vogels als gevolg van schelpdiervisserij te voorkomen. Het oorspronkelijke beleid beperkte zich tot de schelpdierbestanden op de droogvallende platen en bood daarmee onvoldoende garanties aan de Eidereend, die sterk afhankelijk is van delen van de Waddenzee die altijd onder water staan (Ens

2000). Naar aanleiding van de hoge sterfte onder Eidereenden in de winter van 1999/2000 en het rapport over de berekeningsmethodiek voedselreservering Waddenzee is het beleid aangepast in oktober 2000 (LNV 2000).

In het nieuwe beleid wordt aangenomen dat minimaal 11,4 miljoen kg kokkels, mosselen en *Spisula* aanwezig moet zijn voor de Eidereend. Onvermeld worden de peildatum en de eenheid, maar het ligt voor de hand dat de peildatum 1 september is en de eenheid kg vlees (en niet versgewicht of asvrij drooggewicht). Wat is de achtergrond van deze getallen? Op basis van het rapport over de berekeningsmethodiek wordt de totale voedselbehoefte van de Eidereenden populatie, voor de referentie jaren 1980-1990 geschat op 130.000 dieren, in de periode 1 september t/m 31 mei geschat op 16,3 miljoen kg vlees. Vervolgens wordt aangenomen dat de Eidereenden hun dieet van kokkels, mosselen en *Spisula* kunnen aanvullen met 30% andere prooien. De wetenschappelijke basis voor dit getal ontbreekt. De enige die het dieet in de hele Waddenzee ooit heeft durven schatten is Swennen en die kwam uit op 40% kokkels, 40% mossels en 20% andere prooien (Swennen 1976). In het rapport over de berekeningsmethodiek wordt geconcludeerd dat het dieet sterk kan variëren van plek tot plek en van jaar tot jaar, maar deze variatie wordt niet samengevat tot een getal. Als 10 Eidereenden op locatie A voor 100% strandkrabben eten en 1000 Eidereenden op locatie B voor 100% sublitorale mossels, is het fout om te concluderen dat het gemiddelde dieet voor 50% uit strandkrabben bestaat en voor 50% uit sublitorale mossels. De goede schatting van het dieet van de hele populatie (en dat is waar het hier om gaat) is 99% sublitorale mosselen en 1% strandkrabben. Het probleem is dat dieet studies altijd lokaal zijn en vaak een onbekend aantal dieren betreft.

Door de staatssecretaris wordt aangenomen dat de eenden 25% van hun voedsel van de platen halen en 75% uit het sublitoraal. Hoewel ook hier een wetenschappelijke onderbouwing ontbreekt lijkt dit op basis van expert judgement geen slechte schatting. Vervolgens moet de vleesbehoefte vertaald worden naar schelpdierbestanden die gereserveerd moeten worden. Hierbij worden twee zeer belangrijke aannames gemaakt:

1. Er wordt aangenomen dat alle bestanden van de genoemde schelpdieren voor de volle 100% oogstbaar zijn door de Eidereenden.
2. Er wordt aangenomen dat kokkels, mosselen en *Spisula* volledig uitwisselbaar zijn.

Er worden geen argumenten aangedragen om deze aannames te motiveren. Zoals reeds vermeld in dit rapport is onze kennis over de voedsleecologie van de Eidereend beperkt, maar ook hier zijn allerlei aanwijzingen over beperkingen aan de oogstbaarheid van de schelpdieren. Onder alle omstandigheden moet rekening worden gehouden met het conditie verlies van de schelpdieren in de loop van de winter. Als er 10 miljoen kg schelpdiervlees ligt aan het begin van de winter, dan kunnen de eenden die 10 miljoen alleen volledig oogsten als ze alle schelpdieren de eerste dag van het seizoen opeten. Als ze wachten tot het einde van het seizoen ligt er nog maar 5 miljoen kg vlees. De tweede aanname van de staatssecretaris over de uitwisselbaarheid van bestanden is te herleiden tot de volgende constatering in het

rapport over de berekeningsmethodiek: "Reservering van kokkels en mosselen geschiedt onafhankelijk. Een extreem laag aanbod van de ene schelpdiersoort wordt niet gecompenseerd door een verhoging in de reservering van de andere schelpdiersoort" (Ens 2000). Wat ontbreekt is het besef dat er ook een gevaar schuilt in het uitwisselbaar maken van de schelpdierbestanden. Wanneer geen rekening wordt gehouden met de oogstbaarheid van de schelpdieren, zoals nu het geval is, dan kan een hoog bestand voor vogels slecht oogstbare schelpdieren ertoe leiden dat een laag bestand voor vogels goed oogstbare schelpdieren mag worden bevestigd. Dit betekent dat invoering van uitwisseling tussen schelpdierbestanden een verslechtering van het reserveringsbeleid is in plaats van een verbetering. Het probleem kan als volgt kort worden samengevat: de ecologische voedselbehoefte wordt ten onrechte gelijk gesteld aan de fysiologische voedselbehoefte.

Op grond van het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat ook het nieuwe beleid onvoldoende garanties biedt voor de Eidereend tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten. Het feit dat er ook na invoering van het nieuwe beleid door voedselschaarste veroorzaakte sterfte onder de Eidereenden heeft plaatsgevonden, namelijk in de winter van 2001/2002, lijkt hiermee in overeenstemming. Om het laatste te concluderen moet echter wel bewezen worden dat schelpdiervisserij de schaarste aan schelpdieren in de winter van 2001/2002 heeft verhoogd. Hierop zal worden ingegaan in hoofdstuk 7.

6.5 Conclusies

- Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen de fysiologische voedselbehoefte (de hoeveelheid voedsel die nodig is om te zorgen dat een individu niet van honger omkomt en in goede conditie blijft) en de ecologische voedselbehoefte (de hoeveelheid voedsel die per individu in het ecosysteem aanwezig moet zijn om te zorgen dat het betreffende individu in zijn fysiologische voedselbehoefte kan voorzien).
- De berekende fysiologische voedselbehoefte van Eidereenden hangt af van de prooi. De behoefte is het laagst als de eenden op sublitorale mosselen kunnen foerageren en bereikt onwaarschijnlijk hoge waarden als de eenden op *Spisula* foerageren. Dit betekent niet dat alle *Spisula* banken bij voorbaat ongeschikt zijn als voedselbron. Voor de berekeningen is namelijk uitgegaan van prooien van gemiddelde kwaliteit. De enorme variatie in kwaliteit tussen schelpdieren heeft tot gevolg dat er *Spisula* banken zullen zijn waarop de eenden wel kunnen overleven.
- De veldschattingen van Nehls komen overeen met de berekende voedselbehoefte van Eidereenden die op droogvallende mosselbanken foerageren.
- Het bestand sublitorale mosselen, de meest aantrekkelijke prooi voor Eidereenden, was in 2 winters volstrekt onvoldoende om de voedselbehoefte van de Eidereenden te dekken en in 3 winters ongeveer gelijk aan de voedselbehoefte.

- Er is onvoldoende kennis om bij een bepaald schelpdierbestand uit te rekenen of de Eidereenden in hun voedselbehoefte kunnen voorzien, zoals dat wel kan voor de Scholekster. In andere woorden, het is onmogelijk om de ecologische voedselbehoefte te berekenen. Dit is een gevolg van ernstige lacunes in de kennis over de voedsel生态学 van de Eidereend.
- Het in 1993 ingezette beleid van voedselreservering bood onvoldoende garanties aan de Eidereend tegen extra sterfte als gevolg van schelpdiervisserij in voedselarme jaren, omdat de reservering zich beperkte tot de droogvallende platen. Het nieuwe beleid biedt meer garanties, maar is nog steeds inadequaar omdat: (1) geen rekening wordt gehouden met het feit dat schelpdieretende vogels net als vissers slechts een deel van het bestand profijtelijk kunnen oogsten, (2) kokkels, mosselen en *Spisula* volledig uitwisselbaar worden geacht, terwijl de oogstbaarheid voor de Eidereend sterk verschilt. Oftewel, de ecologische voedselbehoefte wordt ten onrechte gelijk gesteld aan de fysiologische voedselbehoefte.

7 Discussie, conclusies en aanbevelingen

7.1 De relatie tussen schelpdiervisserij en sterfte onder Eidereenden

In de inleiding van dit rapport wordt beschreven hoe er in de maatschappelijke discussie een sterk verband wordt gelegd tussen mechanische kokkelvisserij en sterfte onder Eidereenden. In dit rapport worden geen gegevens gepresenteerd die sterke aanwijzingen leveren voor een dergelijk verband, wat niet hetzelfde is als een bewijs dat er geen verband is. Zo is de sterfte onder Eidereenden hoger als de bestanden sublitorale kokkels laag zijn, maar dit verband is niet significant.

Hoofdoorzaak van de massasterftes en veranderde verspreiding is een tekort aan sublitorale mosselen. Dat betekent dat we moeten nagaan of er een verband is tussen mosselkweek en schaarste aan sublitorale mosselen. Bult *et al.* (2003b) berekenen voor de periode 1992-2002 voor het sublitoraal van de Waddenzee een verhoging van het bestand sublitorale mosselen van zo'n 15% ten opzicht van een situatie zonder kweek. De berekening is echter gebaseerd op "gemiddeld" kweekgedrag. Bult *et al.* stellen vast dat "Een afname van het mosselbestand ten opzichte van een meer gemiddelde situatie zou kunnen ontstaan als (1) het kweekproces wordt verkort bij lage mosselbestanden of doordat (2) een groter deel van de kweek wordt gerealiseerd op Oosterscheldepercelen i.p.v. Wadpercelen". Door gebrek aan gegevens blijkt het niet mogelijk harde conclusies te trekken. De slotconclusie van Bult *et al.* luidt derhalve dat mosselkweek "in een gemiddelde situatie waarschijnlijk leidt tot een groter mosselbestand in de Nederlandse kustzone en mogelijk ook leidt tot een toename van het mosselbestand in het sublitoraal van de Waddenzee. In arme jaren zou dit anders kunnen zijn. In hoeverre dit doorwerkt in de voedselsituatie voor Eidereenden blijft onduidelijk, deels omdat kennis ontbreekt over kweekgedrag in arme versus rijke jaren, deels omdat onduidelijk is in hoeverre kweek effecten heeft op de beschikbaarheid van mosselen als voedsel voor Eidereenden".

De berekeningen van Bult *et al.* hebben betrekking op de periode 1992-2002. In die periode was de aanvoer van mosselen uit de Nederlandse kustwateren duidelijk lager dan in de twintig jaren daarvoor. Deze afname betekent vrijwel zeker dat ook het bestand sublitorale mosselen is afgenomen. Door Ens (2003) is een groot aantal mogelijke verklaringen voor deze afname naar voren gebracht. In verschillende van deze verklaringen speelt mosselzaadvisserij en/of mosselkweek een belangrijke rol. Op grond van analyses in het kader van EVA II deelproject F7 is het aannemelijk dat de afname deels het gevolg is van de afnemende eutrofiëring (Brinkman & Smaal 2003). Dit betekent niet dat mosselzaadvisserij en/of mosselkweek geen rol speelt. De verschillende verklaringen sluiten elkaar namelijk niet uit.

7.2 Beantwoording van de onderzoeksvragen

Aan het begin van dit rapport zijn drie onderzoeksvragen gesteld die hier beantwoord zullen worden.

A. Wat is de oorzaak van de waargenomen hoge sterfte en veranderde verspreiding van Eidereenden in de Waddenzee?

In dit rapport wordt aannemelijk gemaakt dat sublitorale mosselen van groot belang zijn voor de Eidereenden die in de Waddenzee overwinteren en dat een tekort aan sublitorale mosselen leidt tot verhoogde sterfte en veranderde verspreiding. De argumentatie luidt als volgt:

- Sublitorale mosselen hebben van alle onderzochte schelpdieren de gunstigste verhouding tussen vlees en schelp.
- Modelberekeningen laten zien dat de dagelijkse energieuitgave van Eidereenden het laagste is als ze op sublitorale mosselen kunnen foerageren.
- Een Eidereend in gevangenschap prefereerde sublitorale mosselen boven litorale mosselen, in overeenstemming met eerdere experimenten door buitenlandse onderzoekers aan Eidereenden in gevangenschap. Kokkels waren de minst geprefereerde prooi in deze pilot studie en de eend verloor gewicht als alleen kokkels werden aangeboden.
- Aanzienlijke bestanden sublitorale mosselen komen alleen voor in de westelijke Waddenzee en de westelijke Waddenzee herbergt van oudsher de grootste aantallen Eidereenden. Een uitzondering vormde de winters van 1993, 2000, 2001 en 2002 toen er meer Eidereenden op de Noordzee zaten dan in de westelijke Waddenzee. Met name in de winters van 1993, 2000 en 2002 was het bestand meerjarige sublitorale mosselen laag.
- Parasieten spelen naar alle waarschijnlijkheid alleen een secundaire rol in de verhoogde sterftes. Het feit dat verhongerde eenden gemiddeld zwaarder besmet zijn dan geschoten eenden kan als volgt worden verklaard: als er sprake is van voedseltekort sterven door parasieten verzwakte dieren als eerste.
- Hoge wintersterfte onder Eidereenden correleert met een laag bestand meerjarige sublitorale mosselen (percelen en wilde bestanden samen), onafhankelijk van de manier waarop de omvang van het bestand sublitorale mosselen wordt geschat.
- In sommige winters was het bestand meerjarige sublitorale mosselen lager dan de minimale schatting van de voedselbehoefte van de Eidereenden.

De conclusie dat tekorten aan (meerjarige) sublitorale mosselen de hoofdoorzaak zijn van de waargenomen verhoogde sterftes onder de Eidereenden en de veranderde verspreiding betekent niet dat variaties in sterfte en verspreiding alleen veroorzaakt worden door variaties in het bestand sublitorale mosselen. Het feit dat de sterfte in 1999/2000 zo extreem hoog was heeft naast een tekort aan sublitorale mosselen waarschijnlijk ook te maken met het vrijwel ontbreken van meerjarige *Spisula* op de Noordzee in die winter. Mogelijk speelden ook parasitaire infecties als gevolg van het hoge bestand strandkrabben een rol.

B. Biedt het in 2000 aangepaste beleid van voedselreservering voldoende garanties aan de populatie Eiders tegen door schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten?

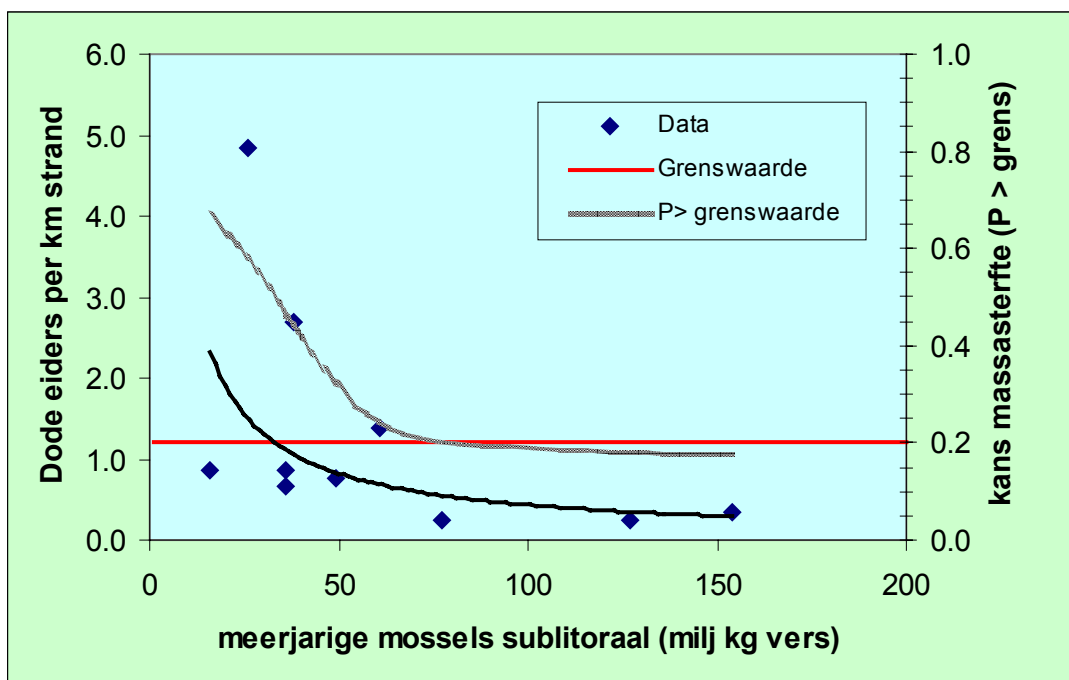
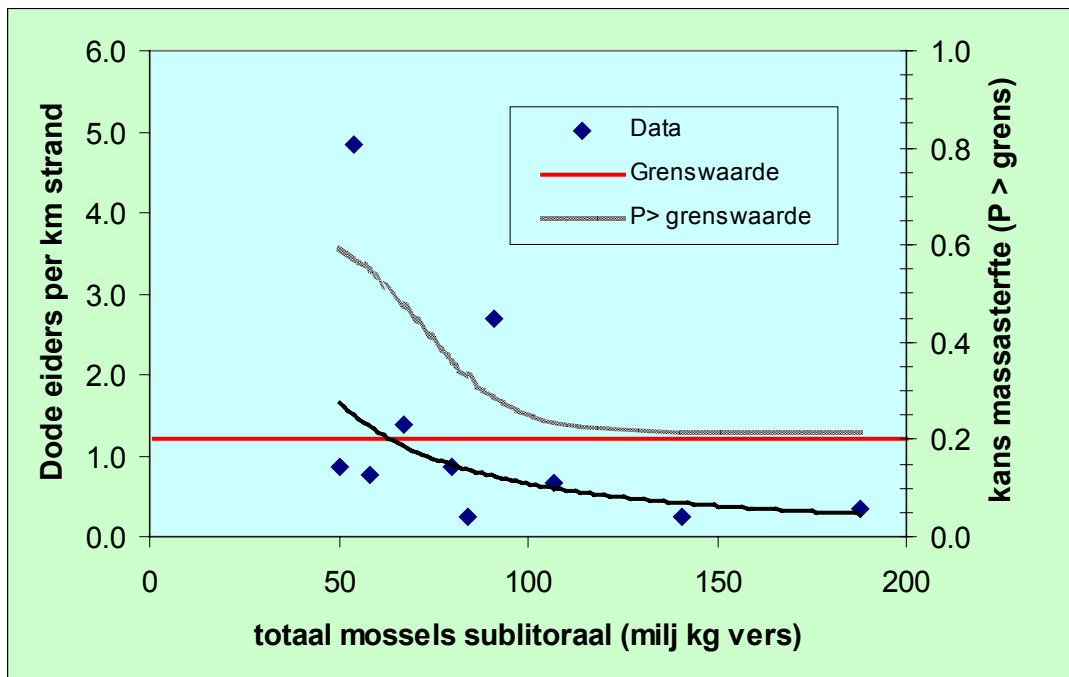
Het in 2000 ingezette beleid van voedselreservering biedt meer garanties dan het beleid uit 1993, dat onvoldoende garanties bood. Desondanks is ook het nieuwe beleid inadequaats omdat het is gebaseerd op aannames die wetenschappelijk onjuist zijn:

- Er wordt ten onrechte geen rekening gehouden met het feit dat schelpdieretende vogels net als vissers slechts een deel van het bestand profijtelijk kunnen oogsten.
- Kokkels, mosselen en *Spisula* worden volledig uitwisselbaar geacht, terwijl de oogstbaarheid voor de Eider sterk verschilt. De kwaliteit van kokkels en *Spisula* zal regelmatig zo laag zijn dat de eiders niet in leven kunnen blijven als ze van die schelpdieren moeten leven. Ook is de berekende voedselbehoefte veel hoger als de eiders op kokkels of *Spisula* moeten foerageren.

C. Hoe veel voedsel zou voldoende zijn als reservering voor de referentiekantallen Eiders?

Uitgangspunt van het huidige beleid vormen de ca. 130.000 Eiders die in de referentieperiode 1980-1990 in de Waddenzee overwinterden. Doel van het beleid is te voorkomen dat er extra sterfte onder deze eiders optreedt als gevolg van schelpdiervisserij in voedselarme jaren. Uit dit rapport blijkt dat tekorten aan meerjarige sublitorale mosselen een hoofdrol spelen in de waargenomen verhoogde sterfte onder de Eiders. Verder is uitvoerig beargumenteerd dat de kennis ontbreekt om een model te maken dat voorspelt of de Eiders kunnen overleven op een gegeven schelpdierbestand, zoals dat wel kan voor de Scholekster (Rappoldt *et al.* 2003a; Rappoldt *et al.* 2003b; Rappoldt *et al.* 2003c). Met andere woorden, we weten dat litorale mossels, kokkels en *Spisula* energetisch minder profijtelijk zijn dan sublitorale mossels, maar het is niet mogelijk om deze verschillende prooien ten opzichte van elkaar te wegen in een modelberekening.

De best beschikbare wetenschappelijke kennis laat alleen een beleid van voedselreservering toe dat is gebaseerd op het verband tussen Eiderssterfte en het bestand sublitorale mosselen. Dat verband kunnen we gebruiken om te bepalen bij welk voedselaanbod de kans op massasterfte onder Eiders onaanvaardbaar hoog wordt, waarbij duidelijk is dat de keuze voor wat al of niet aanvaardbaar is door het beleid gemaakt moet worden. Het is de taak van de wetenschap de kans op massasterfte te berekenen. De eerste stap is het definiëren van massasterfte. De winters van 1991, 1992, 2000, 2001 en 2002 zijn omschreven als winters met massasterfte in de publicaties die hierover tot nu toe verschenen zijn (Camphuysen *et al.* 2002; Ens *et al.* 2002). In die winters varieerde het aantal dode Eiders per kilometer strand tussen 1,21 en 4,83 (Tabel 5.2).



Figuur 7-1: De sterfte onder Eidereenden (uitgedrukt in aantal dode eenden per km strand, zie Tabel 5.2) als functie van het gereconstrueerde bestand sublitorale mosselen op 31 dec (uitgedrukt in kg versgewicht, zie Tabel 5.3). Ook weergegeven de regressielijn, de grenswaarde voor massasterfte en de op basis van de regressie berekende kans op massasterfte. (a) Eidersterfte als functie van het totale bestand sublitorale mossels, $Y=317X^{-1,34}$. (b) Eidersterfte als functie van het bestand meerjarige sublitorale mossels, $Y=29,5X^{-0,91}$

Het geschatte totaal aantal dode Eidereenden varieerde tussen 4.800 en 19.000. In winters zonder massasterfte varieerde het aantal dode Eidereenden per kilometer strand tussen 0,06 en 0,97 en het geschatte totaal aantal dode Eidereenden tussen 300 en ca. 4.300. Op grond hiervan wordt een winter met massasterfte aangeduid als een winter met een sterfte met meer dan 1,2 dode Eidereenden per kilometer strand (of meer dan 4.800 dode Eidereenden in totaal). De tweede stap is bij elk voedselaanbod berekenen van de kans op massasterfte, oftewel de kans op 1,2 dode Eidereenden per km strand of meer. Deze berekening is uitgevoerd voor zowel het totale bestand sublitorale mosselen per 31 december (Fig. 7.1a) als alleen het bestand meerjarige sublitorale mosselen per 31 december (Fig. 7.1b). Uit deze figuren zijn twee waardes te destilleren. Allereerst het punt waarbij de kans op massasterfte sterk begint toe te nemen als het voedselaanbod afneemt. Vervolgens het punt waarbij de kans op massasterfte 50% is. Dit is het punt waarbij de regressielijn de grenswaarde snijdt. De uit de grafieken afgelezen grenswaarden staan in Tabel 7.1. Er is sprake van een verhoogde kans op massasterfte onder Eidereenden als het totale bestand sublitorale mosselen op 31 december beneden 90 miljoen kg versgewicht komt, of als het bestand meerjarige sublitorale mosselen op 31 december beneden de 60 miljoen kg versgewicht komt. De kans op massasterfte onder Eidereenden is meer dan 50% als het totale bestand sublitorale mosselen op 31 december beneden de 64 miljoen kg versgewicht komt, of als het bestand meerjarige sublitorale mosselen beneden de 33 miljoen kg versgewicht komt.

Wanneer de kans op massasterfte zeer hoog is (meer dan 50%) is het zinvol voor de Eidereend minder aantrekkelijke prooien als litorale mossels, kokkels en *Spisula* te reserveren.

Tabel 7-1: Uit Figuur 7.1 afgelezen grenswaarden voor het bestand sublitorale mosselen op 31 dec (miljoen kg versgewicht) waarbij de kans op massasterfte onder Eidereenden sterk toeneemt, dan wel 50% bedraagt. De grenswaarden zijn afgelezen voor zowel het totale bestand sublitorale mosselen als het bestand meerjarige sublitorale mosselen

	Sterke toename van de kans op massasterfte	Kans op massasterfte 50%
Meerjarige sublitorale mosselen	Ca. 60	33
Totaal sublitorale mosselen	Ca. 90	64

7.3 Voedselreservering voor Eidereenden in relatie tot voedselreservering voor andere schelpdieretende vogels

In de ambtelijke notitie die ten grondslag ligt aan het beleid van voedselreservering, zoals dat in 1993 van kracht werd, werd uitgegaan van de schelpdierbehoefte van alle schelpdieretende vogels in de Waddenzee. Gaandeweg heeft de discussie over dit beleid zich meer en meer beperkt tot de twee belangrijkste consumenten van grote schelpdieren in de Waddenzee: de Scholekster en de Eidereend. Beide soorten leven vrijwel uitsluitend van schelpdieren en de consumptie van deze twee soorten is zo hoog omdat zowel de consumptie per individu als ook het totaal aantal dieren hoog is. De Kanoetstrandloper leeft ook vrijwel uitsluitend van schelpdieren, maar de consumptie per individu is veel lager dan van de andere twee soorten. Daarbij komt

dat de Kanoetstrandloper leeft van schelpdieren die zo klein zijn dat ze commercieel niet interessant zijn en deze kleine schelpdieren worden ook niet adequaat bemonsterd in de schelpdiersurveys van het RIVO. De aandacht voor Scholekster en Eidereend is dus begrijpelijk en vanuit het beleidsinstrument voedselreservering alleszins te rechtvaardigen.

In paragraaf 7.2 wordt een voedselreservering voor Eidereenden berekend die uitsluitend is gebaseerd op sublitorale mosselen. Voor Scholeksters berekenen Rappoldt *et al.* (2003a) een voedselreservering die is gebaseerd op het bestand litorale kokkels en het oppervlakte droogvallende mosselbanken. De schelpdierbestanden die volgens de huidige inzichten van primair belang lijken voor de voedselreservering voor de Eidereend overlappen dus niet met de schelpdierbestanden die van primair belang lijken voor de Scholekster. De voedselreservering voor Eidereenden kan dus onafhankelijk van de voedselreservering voor Scholeksters plaatsvinden. Daarbij moet wel worden aangetekend dat de wetenschappelijke basis van de voedselreservering voor de Scholekster aanzienlijk steviger is dan voor de Eidereend. Zoals eerder opgemerkt lijkt het verstandig bij zeer lage bestanden sublitorale mosselen voor de Eidereend ook andere schelpdierbestanden te reserveren. Aanvullend onderzoek naar de voedsel生态学 van de Eidereend zal meer duidelijkheid moeten scheppen over het belang van andere schelpdierbestanden dan sublitorale mosselen voor de overwinterende Eidereenden.

7.4 De relatie tussen Eidereenden en mosselcultuur

In het beleid van voedselreservering wordt niet expliciet rekening gehouden met bestaande discussies over de relatie tussen Eidereenden en mosselcultuur in de Waddenzee. De vraag is of het nodig is rekening te houden met die discussies. De introductie van de mosselcultuur geschiedde in 1950 en was dus een bestaande activiteit toen de Waddenzee als hoofdfunctie natuur kreeg in de jaren zeventig. Eventuele systematische verhoging of verlaging van de draagkracht voor Eidereenden als gevolg van mosselkweek was als het ware onderdeel van de toenmalige natuur in de Waddenzee. De vraag of rekening gehouden moet worden met het effect van mosselkweek op de draagkracht voor Eidereenden is dus primair een beleidsvraag en valt daarmee buiten de kaders van dit rapport. Binnen de kaders van dit rapport valt een discussie over de beschikbare kennis over dit onderwerp.

Volgens de visserijsector is de draagkracht voor Eidereenden in de Waddenzee verhoogd als gevolg van de mosselcultuur. Men onderschrijft het grote belang van sublitorale mosselen voor de Eidereenden en is van mening dat mosselkweek leidt tot meer sublitorale mosselen in de Waddenzee, die ook van betere kwaliteit zijn dan de wilde sublitorale mosselen. Over de verhoging van het bestand bestaat nu een schatting voor de periode 1992-2002, die echter met veel onzekerheden is omgeven. Volgens een daarom als tentatief aangeduide berekening van Bult *et al.* (2003b) was het bestand mosselen in het sublitoraal van de Waddenzee in de genoemde periode gemiddeld 15% hoger als gevolg van de mosselkweek, ondanks de afvoer naar percelen in de Oosterschelde en de afvoer naar de veiling in Yerseke. Over het

verschil in kwaliteit als voedsel voor de Eidereend tussen wilde sublitorale mosselen en sublitorale mosselen op percelen bestaan geen harde gegevens. Wel maken Bult *et al.* (2003b) aannemelijk dat de groei op percelen beter is en dat betekent waarschijnlijk dat de mossels een dunnere schelp en meer vlees hebben bij een bepaalde grootte. Dat betekent dat gemiddeld het voedselaanbod met meer dan 15% verhoogd zou zijn. Daar staat tegenover dat Eidereenden niet verjaagd worden van wilde sublitorale mosselbanken, maar wel van mosselpercelen. Zoals eerder beschreven zijn er geen goede gegevens om tot een oordeel te komen over de mate waarin perceelmossels als gevolg van deze activiteit onbeschikbaar worden voor de Eidereenden. Dit alles betekent dat het niet mogelijk is om tot een goede schatting te komen van de mate waarin mosselkweek het voedselaanbod voor de Eidereenden heeft verhoogd. Zelfs een gemiddelde verlaging kan niet worden uitgesloten, al lijkt dit op basis van expert judgement minder waarschijnlijk. Is het misschien zo dat vóór 1992 mosselkweek wel tot een aanzienlijke verhoging van het bestand sublitorale mosselen in de Waddenzee leidde. Hiervoor pleit dat de afvoer van mosselen naar percelen in de Oosterschelde recentelijk is toegenomen volgens Bult *et al.* (2003b) en vroeger dus minder was. Anderzijds zijn er aanwijzingen dat de kweekrendementen vroeger lager waren.

Een alternatieve benadering is te kijken naar de relatie tussen de aantalontwikkeling van de Eidereenden en het moment van introductie van de mosselkweek in de Waddenzee. Voor de Nederlandse broedpopulatie werd reeds vastgesteld dat er sprake was van een snel groeiende populatie Eidereenden ten tijde van de introductie van de mosselcultuur en dat de groeisnelheid niet werd beïnvloed door de introductie. Er is dus geen aanwijzing voor een positief effect van mosselkweek op de Nederlandse broedpopulatie. Voor de veel grotere aantallen in Nederland overwinterende Eidereenden kon geen duidelijk antwoord worden gegeven op grond van de veranderingen in aantallen. Enerzijds vond die toename vrijwel zeker plaats nadat de mosselcultuur was geïntroduceerd. Anderzijds kan de toename van de in Nederland overwinterende eenden het gevolg zijn geweest van veranderingen in de broedgebieden in Zweden en Finland, zoals beschreven in de literatuur. Ook deze benadering levert dus geen duidelijk antwoord op de vraag of de draagkracht van de Waddenzee voor Eidereenden gemiddeld is verhoogd als gevolg van de introductie van de mosselkweek.

Samenvattend moet geconcludeerd worden dat mosselkweek waarschijnlijk gemiddeld leidt tot een verhoging van het voedselaanbod voor Eidereenden, maar dat niet kan worden uitgesloten dat er juist in arme jaren sprake is van een verlaging van het voedselaanbod voor Eidereenden. Juist in arme jaren is de kans groot op verhoogde sterfte onder de Eidereenden.

7.5 Aanbevelingen

Het is duidelijk dat onze kennis over de voedsleecologie van de in de Nederlandse Waddenzee overwinterende Eidereenden belangrijke lacunes kent.

- Het verdient daarom aanbeveling de in dit rapport gepresenteerde experimenten met een aanzienlijk groter aantal proefdieren te herhalen en te toetsen of de voorspelde prooiselectie ook in het veld wordt waargenomen.
- Daarnaast wordt aanbevolen een goede analyse te maken van de temporele en spatiele fluctuaties in de beschikbaarheid en de geschiktheid van schelpdieren als voedselbron, inclusief de mossels op de mosselpercelen.

Het is ook duidelijk dat het bestand sublitorale mosselen een grote rol speelt in de voedselvoorziening van de Eidereend. Tegelijkertijd zijn we zeer slecht over de omvang van dat bestand geïnformeerd. Dit leidt tot de volgende aanbevelingen:

- Een betrouwbare survey van het wilde bestand sublitorale mosselen in het najaar. Nu is er sprake van een survey in het voorjaar, nadat de visserij reeds heeft plaatsgevonden, en een expert judgement in het najaar.
- Registratie van verplaatsingen van mosselen tussen percelen. Op dit moment worden alleen de zaadvangsten en de aanlandingen centraal geregistreerd. Dat betekent dat op enig moment niet goed bekend is hoeveel mosselen op de percelen in de Waddenzee liggen, terwijl uit reconstructies achteraf blijkt dat dit om een aanzienlijk deel van het totale bestand sublitorale mosselen gaat (Bult *et al.* 2003b).

Een belangrijk voordeel van het registreren van verplaatsingen tussen percelen is dat dit op den duur ook een beter inzicht zal geven in het rendement van de mosselcultuur en mogelijkheden om dat rendement te verbeteren op een manier die zowel de mosselkwekers als de Eidereenden ten goede komt.

8 Rapport van de wetenschappelijke audit commissie²

Deelrapport B2 ‘Evaluatie van voedselreservering voor eidereenden in de Waddenzee’ levert meer dan de titel belooft. Naast een evaluatie van de voedselreservering wordt veel nieuwe informatie over de ecologie van eidereenden geproduceerd en worden vele eerdere losstaande waarnemingen in een groot kader gepast. Het rapport is uitvoerig en wetenschappelijk verantwoord, maar juist door zijn uitvoerigheid niet overal even gemakkelijk leesbaar.

Het rapport heeft als doel drie vragen te beantwoorden:

- a. wat is de oorzaak van de waargenomen sterfte van eidereenden;
- b. biedt het aangepaste beleid voor eidereenden voldoende garanties tegen door de schelpdiervisserij veroorzaakte voedseltekorten;
- c. hoeveel voedsel zou voldoende zijn als reservering voor de referentie-aantallen.

Het rapport tracht hier een antwoord op te geven door de bestandsschommelingen te analyseren, door het prooiaanbod te kwantificeren en door experimenten met eidereenden die geselecteerd voedsel aangeboden krijgen.

Een deel van de conclusies in het rapport is gebaseerd op een “achtergrondrapportage” ‘Modelling the energy budget and prey choice of eider ducks’ door A.G. Brinkman, B.J. Ens en R. Kats. Er is de audit-commissie niet gevraagd om ook dit achtergrondrapport te beoordelen. Het is echter nauwelijks mogelijk om rapport B2 te beoordelen zonder ook goed kennis te nemen van het achtergrondrapport. Dat is dus gedaan. Ook dit achtergrondrapport blijkt wetenschappelijk verantwoord. Er worden wel arbitraire keuzes gemaakt voor de modellering van verschillende aspecten maar daar is in een modelstudie niet aan te ontkomen. Er wordt over deze achtergrondrapportage slechts één specifieke opmerking gemaakt. De modellering is opgezet vanuit de aanname dat de eidereend per keer duiken slechts één prooi vangt. Later is de auteurs gebleken dat dit niet correct is want een eidereend kan per keer duiken meerdere prooien verzamelen. Dat heeft niet geleid tot ingrijpende aanpassing van het achtergrondrapport maar is wel meegenomen in de formulering van de tekst van het rapport B2. “Gelukkig” blijkt energetisch het kraken van de verzamelde schelpen veel meer energie te kosten dan het opduiken van die schelpen. De in het parallelle rapport B1 behandelde scholeksters zijn deels concurrerend m.b.t. voedselbronnen. Het wordt daarom aanbevolen in een van beide rapporten B1 en B2 de voedselreserveringen die nodig worden geacht voor beide soorten samen, te aan te geven.³

² De tekst in dit hoofdstuk bestaat uit het rapport van de audit commissie over een concept versie van het rapport over de Eidereenden. Middels voetnoten zoals deze is aangegeven hoe het commentaar van de audit commissie is verwerkt in de definitieve versie van het rapport.

³ Aan hoofdstuk 7 is een beschouwing toegevoegd over voedselreservering voor Eidereenden in relatie tot voedselreservering voor andere soorten.

Met betrekking tot het hoofdrapport heeft de audit-commissie de volgende opmerkingen.

De audit-commissie onderschrijft de conclusies zoals verwoord in de paragrafen 2.7, 3.7, 4.7, 5.6, 6.5 en 7.2, tenzij hierna over onderdelen van een van deze paragrafen opmerkingen worden gemaakt.

Paragraaf 1.1, eerste alinea: Hier ware te vermelden dat in dezelfde periode ook de mosselvoorraden tot een dieptepunt daalden.⁴

Paragraaf 2.5, eerste alinea: deze alinea en figuur 2-5 (zie ook paragraaf 2.7, achtste bolletje) roepen vragen op die ergens in het rapport aan de orde moeten komen. In de eerste plaats: hoe betrouwbaar is de geconstateerde afname van 1.2 miljoen naar 760.000 eidereenden tussen 1991 en 2002; wordt er elders even intensief en nauwgezet geteld als in Nederland? Dan, wat is de waarde van de Deense gegevens? Het ene punt in 2000 suggereert een afname met 50% maar we hebben geen enkele andere waarneming sinds 1992. Voor alle duidelijkheid: het overgrote deel van de Deense eiders zal niet in de Waddenzee hebben gezeten.⁵ En wat kan de verklaring zijn voor de afname in Duitsland? Zitten hier ook de tellingen van de Oostzee in? Dat wel aannemelijk want volgens de Wadden Sea Newsletter (2001, nr. 1 – Special issue on eider mortality – blz. 14-15) fluctueert het aantal in de Duitse Waddenzee in de periode 1987-2000 tussen 70.000 en 174.000, terwijl Figuur 2-5 200-300.000 voor Duitsland geeft in dezelfde periode. Het zou het inzicht vergroten indien in paragraaf 2.5 ook de Waddenzeetellingen van eiders in Duitsland en Denemarken worden gegeven, zo mogelijk t/m winter 2003.⁶ Tenslotte is een belangrijk aspect bij de beoordeling van figuur 2-5 en eventuele aanvullingen in hoeverre eidereenden plaatstrouw zijn aan een eens gekozen overwinterings-gebied. Ook hierover is informatie gewenst.⁷

Hoofdstuk 3 is sterk geconcentreerd op een statistische behandeling van de beschikbare gegevens. De eigenlijke vraag wordt beantwoord in fig. 3.12 en de uitgebreide statistische beschouwingen op de eerdere pagina's voegen niet veel extra toe.

Dat in fig. 3.3. geen relatie blijkt te bestaan tussen vlees/schelpgewicht en lengte is niet te verwonderen indien men alle data bij elkaar gooit. In een kleine helft van de data sets is die relatie er wel. De auteurs werken niet verder uit waarom dit zo is en

⁴ Er is nu aangegeven dat er ook sprake was van schaarste aan mosselen

⁵ In de tekst zijn de volgende zinnen toegevoegd: " Daarbij moet wel worden aangetekend dat het grootste deel van de populatie in Denemarken overwintert en dat in Denemarken maar af en toe wordt geteld. De afname is vooral het gevolg van één enkele telling in Denemarken in 2000 met een zeer laag aantal (Fig. 2.5). Volgens onderzoekers verbonden aan het NERI is deze telling betrouwbaar (Fox, pers. med.)."

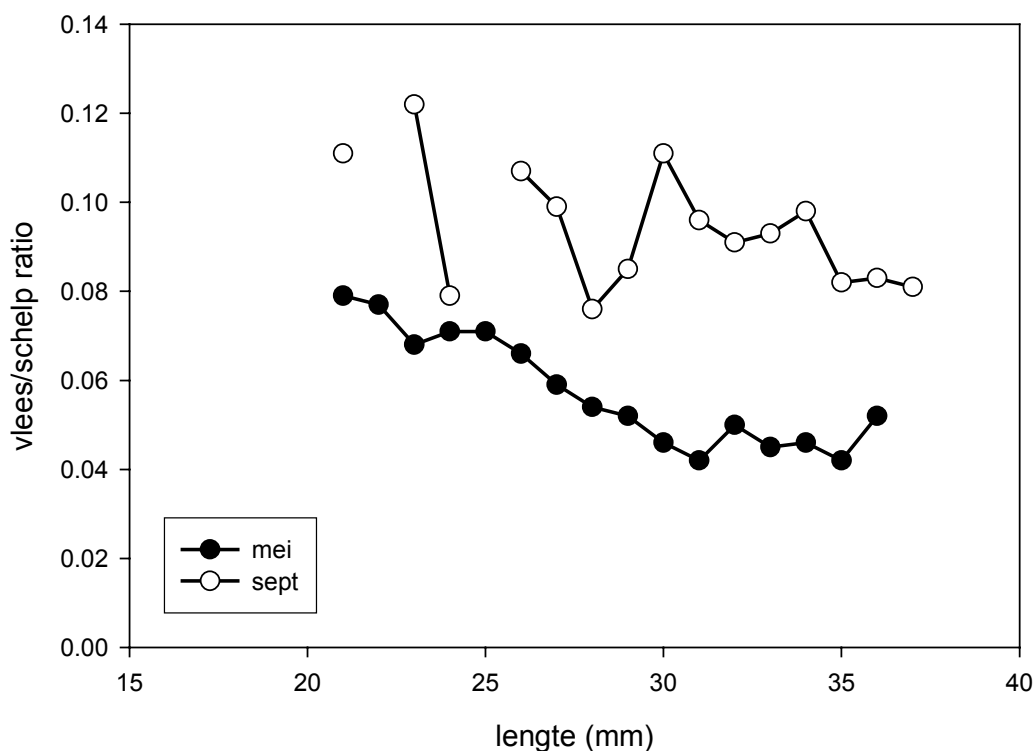
⁶ Er is een figuur opgenomen met de aantallen overwinterende Eidereenden in het Deense, Duitse en Nederlandse deel van de Waddenzee.

⁷ Over de mate van plaatstrouw van overwinterende Eidereenden zijn de auteurs geen wetenschappelijke studies bekend.

waarom in bepaalde gebieden die relatie negatief is. In het algemeen zijn droogvaltijd en diepte belangrijke factoren, wat te verwachten was.

Paragraaf 3.2.2: Figuur 3-8 verdient aandacht; in deze figuur wordt een optimumkromme gevonden voor de relatie tussen schelpenlengte en de verhouding tussen vleesgewicht en schelpgewicht. De auteurs maken zich hier wel erg makkelijk vanaf door mee te delen dat zij hebben besloten dit verschijnsel te negeren. De audit-commissie stelt voor dat 1) de literatuur nog eens wordt nagezocht om te zien of anderen dit verschijnsel ook hebben gevonden, 2) collega's (bijv. dr. J.J. Beukema en/of drs R. Dekker) wordt gevraagd of zij dit verschijnsel herkennen, en 3) een nieuwe set van ca. 100 kokkels wordt verzameld (niet in de Mokbaai) om te zien of dit verschijnsel kan worden gereproduceerd. In het geval andere bronnen deze relatie bevestigen of wanneer het niet mogelijk zou zijn om daar uitsluitel over te krijgen, zou op de relevante plaatsen in het rapport moeten worden aangegeven op welke wijze dit verschijnsel de uitkomsten zou kunnen beïnvloeden.⁸

⁸ Binnen het project was geen geld om aanvullend onderzoek te doen. Dr. J. Beukema is zo vriendelijk geweest dit verband te onderzoeken voor een deel van zijn gegevens van het Balgzand. De betreffende kokkels zijn verzameld op 18 mei en 18 sept 1978 ten noorden van de Vangdam op een plek waar de kokkels goed groeien. Hij vindt daarin ook een negatief verband tussen de vlees/schelp ratio en de lengte van de kokkels vanaf 20 mm lengte zoals uit onderstaande figuur blijkt. In de tekst is op relevante plaatsen aangegeven dat het veronachtzamen van het blijkbaar systematische verband tussen lengte en vlees/schelp ratio mogelijk tot een onderschatting leidt van het belang van middelgrote kokkels voor de Eidereend.



Paragraaf 3.2.3: In de derde alinea wordt gesteld dat er geen aanwijzingen zijn dat het schelpgewicht varieert in de loop van het seizoen. De regressiecurves lijken wat dit betreft niet relevant aangezien bij dieren die nog in de groei zijn, van maart tot december zowel de lengte als het drooggewicht toeneemt. Eenzelfde schelp zou dus indien hij beide malen zou worden gemeten parallel aan de regressielijnen in de curve zijn verplaatst. Bedoeld wordt mogelijk dat er geen aanwijzingen zijn dat de relatie tussen lengte en schelpgewicht verandert in de loop van het seizoen.⁹

Paragraaf 3.5, tweede alinea: De tekst is soms nodeloos ingewikkeld zoals “de steekproefgrootte voor wat betreft het aantal proefdieren de kleinst mogelijke is” waar bedoeld wordt dat slechts 1 proefdier werd gebruikt. Belangrijker is echter het feit dat slechts 1 eidereend voor de experimenten kon worden gebruikt (zie ook paragraaf 3.7, 7e t/m/ 10e bolletje). Dat doet ernstig afbreuk aan de bewijskracht van de experimenten, maar het maakt ze niet geheel waardeloos. Als de uitkomsten van de experimenten in lijn zijn met andersoortige waarnemingen, worden die laatste daardoor versterkt.¹⁰

Paragraaf 3.5: Op bladzijde 45 wordt gesteld dat de selectie tegen grote mosselen vooralsnog niet begrepen wordt. Een verklaring zou kunnen zijn dat weliswaar het rendement van grote mosselen groot is, maar dat de kracht die de maagspier daarvoor in absolute zin moet uitoefenen grote exemplaren toch niet aantrekkelijk maakt.¹¹

Paragraaf 3.5: laatste zin. Hier wordt een voorbehoud gemaakt ten aanzien van de resultaten van de kooiproeven. Daaraan dient te worden toegevoegd dat de proeven bovendien met slechts 1 dier zijn uitgevoerd en plaats vonden binnen een beperkt deel van het jaar.¹²

Paragraaf 4.5, tweede alinea. Naast verjaging zou ook verstoring door scheepvaart een rol kunnen spelen. Grote groepen eidereenden vliegen op als ze benaderd worden door schepen. Dat zou er toe kunnen leiden dat in bepaalde gebieden met frequentere scheepvaart (bijv. Dove Balg, Boontjes, Meep) minder eiders aanwezig zijn dan op grond van aanwezigheid van schelpdieren voorspeld zou worden (zie ook paragraaf 4.7, 5e bolletje).¹³

Paragraaf 4.6: aan het eind van deze paragraaf wordt opgemerkt dat er een significant negatief verband bestaat tussen het percentage eidereenden op de Noordzee en het aanbod sublitorale mosselen terwijl het negatieve verband met sublitorale halfwas mosselen weliswaar net niet 95% significant is maar wel aannemelijk. Aangezien in geval van correlaties wederzijdse afhankelijkheid het kwadraat van de correlatiecoëfficiënt is, zou het aanbod van sublitorale mosselen 31% (d.w.z. -0,562) van het percentage eiders op de Noordzee verklaren. Alleen voor sublitorale

⁹ Het tekstvoorstel van de audit commissie wordt inderdaad bedoeld en is overgenomen

¹⁰ Dit laatste klopt en derhalve is deze zin van de audit commissie toegevoegd aan paragraaf 3.5.

¹¹ Dit is een goede mogelijkheid en derhalve is deze overweging van de audit commissie toegevoegd aan paragraaf 3.5.

¹² Overweging toegevoegd aan betreffende tekst

¹³ Idee toegevoegd aan discussie

halfwassmosselen komt het percentage uit op 22% (-0,472). Er moeten dus ook andere factoren hebben meegespeeld in de verklaring van de variatie.¹⁴

Paragraaf 5.4, laatste alinea: de audit-commissie herhaalt hier een zinsnede uit zijn oordeel in 2000 over de rapportage over de sterfte van eidereenden in de winter 1999/2000: “Strandkrabben migreren in het najaar van de platen naar het sublittorale gebied. Uit de rapportage van Smaal *et al.* (2000) blijkt niet dat bij de analyse van de gegevens van de Demersal Young Fish Surveys, die in september en oktober plaatsvinden, met dit gedrag rekening is gehouden. Daarom acht de auditcommissie conclusies met betrekking tot talrijkheid, toe- en afname van krabben tussen jaren en tussen deelgebieden niet betrouwbaar. Anderszijds maken de beschikbare gegevens het niet erg waarschijnlijk dat er in najaar 1999 veel minder krabben zijn geweest.”¹⁵

Paragraaf 5.5, laatste alinea en figuur 5-9. De wijze van toetsen en de p-waarde van het verband weergegeven in figuur 5-9 waren te geven.¹⁶ Overigens suggereert de figuur dat er wellicht een drempelwaarde is waarboven geen sterfte door voedselgebrek plaatsvindt (rond 80 miljoen kg).¹⁷

Paragraaf 6.3, eerste alinea: het vleespercentage van sublittorale mossels in de winter (15%) ware te onderbouwen.¹⁸

Paragraaf 6.4, eerste alinea: Het begrip ‘ecologische voedselbehoefte’ (hoeveelheid voedsel die per individu in het ecosysteem aanwezig moet zijn om in de fysiologische voedselbehoefte van het individu te voorzien) lijkt aantrekkelijk maar is moeilijk operationeel te maken tenzij zeer veel kennis beschikbaar is. Voor de eidereend wordt geconstateerd (in tegenstelling tot de scholekster) dat de fysiologische voedselbehoefte wel is vast te stellen, maar dat dat niet mogelijk is voor de ecologische voedselbehoefte. Hoe kan men dan toch tot een voedselreservering komen? In hoofdstuk 7 wordt met de best beschikbare middelen getracht de ecologische voedselbehoefte te kwantificeren.

Paragraaf 6.4, derde alinea: voor de volledigheid zou hier ook dienen te worden gemeld voor welke hoeveelheid eidereenden voedsel dient te worden gereserveerd.¹⁹

Paragraaf 7.2: de audit-commissie onderschrijft de antwoorden op de onderzoeksvragen zoals gegeven in paragraaf 7.2. Met de beste beschikbare informatie wordt op een zorgvuldige wijze een zo goed mogelijk antwoord op de

¹⁴ Om te beginnen is er sprake van meetfouten in de aantallen getelde Eidereenden en in de schattingen van de omvang van de bestande sublittorale mosselen. Zelfs bij een perfect verband zal de verklaarde variantie in de waarnemingen daarom nooit 100% kunnen bedragen. Daarnaast is het inderdaad aannemelijk dat ook het voedselaanbod op de Noordzee en andere voedselbronnen in de Waddenzee een rol spelen, maar daarvan bestaan geen lange meetseries.

¹⁵ Toegevoegd aan tekst

¹⁶ De statistiek staat in de legenda van figuur 5-9.

¹⁷ In figuur 7-1 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

¹⁸ Eerder in het verslag (paragraaf 3.3) is het conditieverlies van mosselen en andere schelpdieren in de loop van de winter besproken. Dit bedraagt ruim 50%.

¹⁹ Aantallen Eidereenden zijn toegevoegd

onderzoeksvragen gegeven. Fig. 7-1 en Tabel 7-1 geven het best mogelijke antwoord op de vraag wanneer massasterfte van eidereenden zou kunnen optreden en dus voedselreservering een voor de eidereenden positieve rol zou kunnen spelen; dit kan worden beschouwd als de kern van de rapportage (zie ook de titel van het rapport). Als kanttekening wordt gesteld dat de definitie van een massasterfte beter kan worden uitgedrukt in een percentage van de totale populatie.²⁰ Dit zal de antwoorden op de onderzoeksvragen echter vrijwel zeker niet veranderen. Een tweede kanttekening is dat de maximale ‘normale’ sterfte ligt op 4300 en de minimale ‘massa’ sterfte op 4800 eidereenden. Die twee liggen wel erg dicht bij elkaar.²¹ Bij het vierde bolletje onder A zou een verduidelijking kunnen zijn “...met eerdere experimenten door buitenlandse onderzoekers aan eidereenden in gevangenschap.”²²

Paragraaf 7.4, tweede alinea: er worden twee aanbevelingen gedaan: een survey van wilde mosselen en een registratie van mosselverplaatsingen tussen percelen. De audit-commissie vraagt zich af of het niet eenvoudiger is om een survey uit te voeren waarin ook de percelen worden meegenomen.²³

Bijlage 1: Uit het rapport van de Roosta groep blijkt dat Deense kolonies in 1996 en 2001 ‘dramatic decline’ vertoonden tengevolge van Avian Cholera. Dit wordt niet in het Nederlandse onderzoek betrokken; ergens ware uit te leggen waarom dat niet nodig is.²⁴

Detailopmerkingen

Tabel 2-1. In het bijschrift wordt de Voordelta genoemd; dat kan vervallen.²⁵

Blz. 27, verwijzing naar fig. 3.5 i.p.v. 2.5.²⁶

²⁰ Eerder in het rapport (de eerste alinea van paragraaf 5.5) is ervoor gekozen om de analyses uit te voeren met de aantallen dode Eidereenden per km strand. Die getallen kunnen niet gebruikt worden om tot een schatting van de sterfte als percentage van de overwinterende populatie te komen.

²¹ De grens is in derdaad in zeker mate arbitrair. Om tot een beter onderbouwde grenswaarde te komen zou een populatie dynamisch model van de Eidereend gemaakt moeten worden, maar daarvoor ontbreekt op dit moment de kennis.

²² Verduidelijking is toegevoegd

²³ Het is zeker nuttig om een onafhankelijke survey van de mosselen op de percelen uit te voeren. Toch levert dit bij lange na niet de informatie die beschikbaar komt bij een goed functionerende registratie van verplaatsingen van mossels tussen percelen. Die verplaatsingen kunnen namelijk op elk moment in het seizoen plaatsvinden, al is er natuurlijk een seizoenspatroon. Dat betekent dat middels de registraties steeds bekend is hoeveel mossels waar in de Waddenzee liggen.

²⁴ Vogelcholera is in 1984 vastgesteld onder de Eidereenden die op Vlieland broeden. Sindsdien zijn er geen meldingen geweest van deze ziekte in Nederland. De vogelcholera in Denemarken betreft kolonies in de Oostzee, dus niet in het waddengebied. De grootste aantallen Eidereenden behorende tot de Baltische/Waddenzee flyway populatie broeden in Finland en Zweden. De waargenomen uitbraken van vogelcholera hebben mogelijk bijgedragen aan de recente afname van de flyway populatie, maar zeker is dit niet. Sowieso is de bewijsvoering dat de flyway populatie is afgenomen gebaseerd op beperkte data, zoals eerder opgemerkt door de audit commissie. Vanwege deze beperkte data en vanwege de niet zeer duidelijke link van de Deense kolonies met de Nederlandse overwinteraars is hier in het rapport verder geen aandacht aan besteed.

²⁵ Voorgestelde verbetering doorgevoerd.

Paragraaf 3.3: Het feit dat de door regressie geschatte exponent van de relatie tussen biomassa (of schelpgewicht) en schelpenlengte tot de derde macht niet exact gelijk aan 3 is, heeft ook te maken met de vorm van de schelp.²⁷ Het zal verder niet voor alle lezers duidelijk zijn wat wordt bedoeld met “Het gezamenlijke betrouwbaarheidsinterval ziet er meestal uit als een banaan”.²⁸

In paragraaf 3.5 wordt de selectie-index D geïntroduceerd. Hier ware te verwijzen naar Jakobs (1974) of eventueel naar De Leeuw (1997).²⁹

Figuur 3.21: een schaal zou wenselijk zijn.³⁰

Paragraaf 4.3: de omschrijving van het bepalen van de vakken van 750 x 750 m is onduidelijk; een klein tekeningetje zou dit kunnen verduidelijken.³¹ Het begrip ‘voorwaartse selectieprocedure’ behoeft een korte uitleg.³² Hoe is golfwerking gedefinieerd? Op moment van waarneming, maximum gedurende het jaar, gemiddeld, bij welke waterstand?³³

Figuur 4-2: aan elke grafiek dienen de eenheden te worden toegevoegd.³⁴

Paragraaf 4.4, blz. 64: welke is de relatie tussen vak en standaardvak?³⁵

Blz. 66 verwijzing naar fig. 4.8 moet zijn fig. 4.7.³⁶

Figuur 4-7: hier dienen de eenheden te worden toegevoegd³⁷

Figuur 5-1: Welk gedeelte van de Nederlandse kust te noorden van IJmuiden?³⁸

Paragraaf 6.2, 1e alinea: “Dat wil zeggen dat de dagelijkse energieuitgave 75% bedraagt van de dagelijkse voedselopname.” Deze formulering is te kort door de

²⁶ Voorgestelde verbetering doorgevoerd.

²⁷ Aan de tekst toegevoegd dat verandering van de vorm met lengte ook tot een exponent kan leiden die niet gelijk is aan 3.

²⁸ Gepoogd de tekst nog duidelijker te maken.

²⁹ Referentie toegevoegd.

³⁰ De foto is ongeveer op ware grootte en dit is nu in de legenda van de figuur aangegeven.

³¹ Er is uitgegaan van een vaststaand rooster van vakken van 750 x 750 m. Dit is nu ook in de tekst aangegeven.

³² Uitleg is nu gegeven.

³³ Het is de maximale orbitaalsnelheid zoals weergegeven op een in 1998 door het RIKZ berekende kaart. Deze uitleg staat in bijlage 5 en daar wordt nu ook naar verwezen.

³⁴ Eenheden beschreven in de legenda van de figuur.

³⁵ Een deel van de vakken van het rooster valt buiten het intergetijdegebied van de Waddenzee, bijvoorbeeld in het IJsselmeer, of in de polders achter de dijk. Dit gedeelte is niet meegenomen in de analyses. Alleen als de helft of meer van het vak in het intergetijdegebied van de Waddenzee viel is het vak meegenomen in de analyse. Met standaardvak wordt een vak bedoeld waarvan het hele oppervlakte in het intergetijdegebied valt.

³⁶ Verbeterd.

³⁷ Eenheden staan in legenda van figuur.

³⁸ Teltrajecten 8 t/m 27 zoals beschreven in bijlage 6.

bocht: een verteringsefficiëntie van 75% wil zeggen dat 75% van de voedselopname beschikbaar is voor energieverbruikende processen, maar per dag kan de werkelijke uitgave daarvan naar boven of naar beneden afwijken. Alleen op langere termijn is bovenstaande zinsnede gemiddeld juist.³⁹

Paragraaf 7.1 zou wat bondiger kunnen worden geformuleerd.

In paragraaf 7.3 worden verschillende vragen opgeworpen terwijl de lezer een heldere conclusie zou verwachten.⁴⁰

Utrecht / Yerseke / Haren
1 december 2003

Prof.dr. P.L. de Boer
Prof.dr. C.H.R. Heip
Prof.dr. W.J. Wolff

³⁹ Tekst aangepast.

⁴⁰ Aan het einde van de paragraaf is de volgende tekst toegevoegd: "Samenvattend moet geconcludeerd worden dat mosselkweek waarschijnlijk gemiddeld leidt tot een verhoging van het voedselaanbod voor Eidereenden, maar dat niet kan worden uitgesloten dat er juist in arme jaren sprake is van een verlaging van het voedselaanbod voor Eidereenden. Juist in arme jaren is de kans groot op verhoogde sterfte onder de Eidereenden."

Literatuur

- Baptist, H.J.M., Witte, R.H., Duiven, P. & Wolf, P.A. 1997. Numbers of Eider *Somateria mollissima* in The Netherlands in winter, 1993-97. *Limosa* 70, 113-118.
- Berrevoets, C.M. & Arts, F.A. Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en de Nederlandse kustwateren, januari 2003. Rapport RIKZ/2003.008, 1-21. 2003. Middelburg, RIKZ.
- Beukema, J.J. 1993. Increased mortality in alternative bivalve prey during a period when the tidal flats of the Dutch Wadden Sea were devoid of mussels. *Netherlands Journal of Sea Research* 31, 395-406.
- Brinkman, A.G. Estimation of length and weight growth parameters in populations with a discrete reproduction characteristic. IBN Research Report 93/5, 1-27. 1993. Texel, IBN-DLO.
- Brinkman, A.G., Ens, B.J. & Kats, R.K.H. Modelling the prey choice and distribution of Common Eiders *Somateria mollissima*. Alterra rapport 839, 1-133. 2003. Wageningen, Alterra.
- Brinkman, A.G. & Smaal, A.C. EVA II deelproject F7: Onttrekking en natuurlijke productie van schelpdieren in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1976-1999. Alterra rapport. 2003. Wageningen, Alterra.
- Bult, T.P., Baars, D., Ens, B.J., Kats, R.K.H. & Leopold, M.F. B3: Evaluatie van de meting van het beschikbare voedselaanbod voor vogels die grote schelpdieren eten. RIVO rapport. 2003a.
- Bult, T.P., van Stralen, M.R., Brummelhuis, E. & Baars, D. Mosselvisserij en - kweek in het sublitoraal van de Waddenzee. RIVO Rapport - Concept voor stuurgroep EVA II, 1-74. 2003b. Yerseke, RIVO.
- Bustnes, J.O. 1998. Selection of blue mussels, *Mytilus edulis*, by common eiders, *Somateria mollissima*, by size in relation to shell content. *Canadian Journal of Zoology* 76, 1787-1790.
- Bustnes, J.O. & Erikstad, K.E. 1990. Size selection of common mussels, *Mytilus edulis*, by common eiders, *Somateria mollissima*. Energy maximization or shell weight minimization? *Canadian Journal of Zoology* 68, 2280-2283.
- 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., van der Meer, J. & Piersma, T. 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, 303-317.
- Camphuysen, K. Ecoprofiel eidereend. RIKZ 96.146x, 1-125. 1996. Den Haag, RIKZ.
- Cayford, J.T. & Goss-Custard, J.D. 1990. Seasonal changes in the size selection of Mussels, *Mytilus edulis*, by Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*: an optimality approach. *Animal Behaviour* 40, 609-624.

- Cramp, S. & Simmons, K.E.L. 1977. *Somateria mollissima* Eider. In: The Birds of the Western Palearctic (Ed. by S. Cramp & K.E.L. Simmons), pp. 595-604. Oxford, Oxford University Press.
- Daan, S., Deerenberg, C. & Dijkstra, C. 1996. Increased daily work precipitates natural death in the kestrel. *Journal of Animal Ecology* 65, 539-544.
- Dankers, N. & de Vlas, J. Multifunctioneel Beheer in de Waddenzee: integratie van natuurbeheer en schelpdiervisserij. RIN-RAPPORT 92/15, 1-18. 1992. Leeuwarden, RIKZ.
- de Boer, P.L., Heip, C.H.R. & Wolff, W.J. Beoordeling van het rapport "Sterfte onder Eidereenden in de Waddenzee 1999-2000: een zoektocht naar de oorzaak van massale sterfte van Eidereenden in de Waddenzee in 1999/2000". Rapport audit commissie EVA II, 1-6. 2000. Utrecht, LNV.
- de Boer, P.L., Heip, C.H.R. & Wolff, W.J. Beoordeling van het rapport "Eidereendensterfte in de winter 2001/2002". Rapport audit commissie EVA II, 1-2. 2002. Utrecht, LNV.
- de Jong, M.L., Ens, B.J. & Kats, R.K.H. Aantallen Eidereenden in en rond het Waddengebied in januari en maart 2002. Alterra rapport 630, 1-26. 2002. Wageningen, Alterra.
- de Jong, M.L., Ens, B.J. & Kats, R.K.H. Aantallen Eidereenden in en rond het Waddengebied in de winter van 2002/2003. Alterra rapport 794, 1-35. 2003. Wageningen, Alterra.
- Dekinga, A., Dietz, M.W., Koolhaas, A. & Piersma, T. 2001. Time course and reversibility of changes in the gizzards of red knots alternatively eating hard and soft food. *Journal of Experimental Biology* 204, 2167-2173.
- Desholm, M., Christensen, T.K., Scheiffarth, G., Hario, M., Andersson, Å., Ens, B.J., Camphuysen, C.J., Nilsson, L., Waltho, C.M., Lorentsen, S.-H., Kuresoo, A., Kats, R.K.H., Fleet, D.M. & Fox, A.D. 2002. Status of the Baltic / Wadden Sea population of the Common Eider *Somateria m. mollissima*. *Wildfowl* 53, 167-203.
- Dijksen, L.J. & Koks, B.J. 2001. The Breeding Season in 2000 for Common Eiders in the Dutch Wadden Region. *Wadden Sea Newsletter* 2001-1, 11-14.
- Drent, R.H. & Daan, S. 1980. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 68, 225-252.
- Ens, B.J. Berekeningsmethodiek voedselreservering Waddenzee. Alterra-rapport 136, 1-70. 2000. Wageningen, Alterra.
- Ens, B.J. What we know and what we should know about mollusc fisheries and aquacultures in the Wadden Sea. Wolff, W. J., Essink, K., Kellerman, A., and van Leeuwe, M. A. Proceedings of the 10th International Scientific Wadden Sea Symposium. 2003. Den Haag, Ministerie van LNV. Ref Type: Conference Proceeding
- Ens, B.J., Borgsteede, F.H.M., Camphuysen, C.J., Dorrestein, G.M., Kats, R.K.H. & Leopold, M.F. Eidereendensterfte in de winter 2001/2002. Alterra-rapport 521, 1-114. 2002. Wageningen, Alterra. ISSN 1566-7197.
- Ens, B.J., Dirksen, S., Smit, C.J. & Bunscoeke, E.J. 1996. Seasonal changes in size selection and intake rate of oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on the bivalve *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule*. *Ardea* 84a, 159-176.

- Hamilton,D.J., Nudds,T.D. & Neate,J. 1999. Size-selective predation of blue mussels (*Mytilus edulis*) by Common Eiders (*Somateria mollissima*) under controlled field conditions. *The Auk* 116, 403-416.
- Hanssen,S.A., Folstad,I., Erikstad,K.E. & Oksanen,A. 2003. Costs of parasites in common eiders: effects of antiparasite treatment. *Oikos* 100, 105-111.
- Hastie,T.J. & Tibshirani,R.J. 1990. *Generalized Additive Models*. London: Chapman and Hall.
- Hellman,P. De grote kokkelroof van 1990 - en andere extreme bedreigingen van de Waddenzee. *NRC Handelsblad* . 1992. Ref Type: Magazine Article
- IJnsen,F. 1988. Het karakteriseren van winters: koudegetallen en wintercijfers. *Zenit* 15, 50-55.
- Jacobs,J. 1974. Quantitative measurements of food selection. A modification of the Forage ratio and Ivlev's Electivity index. *Oecologia* 14, 413-417.
- Kamermans,P., Kesteloo-Hendrikse,J.J. & Baars,D. EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. RIVO rapport C054/03. 2003. Yerseke.
- Kirkwood,J.K. 1983. A limit to metabolisable energy intake in mammals and birds. *Comparative Biochemistry and Physiology* 75A, 1-3.
- Leopold,M.F., Kats,R.K.H. & Ens,B.J. 2001. Diet (preferences) of Eiders *Somateria mollissima*. *Wadden Sea Newsletter* 1, 25-31.
- LNv . Vissen naar evenwicht: Regeringsbeslissing Structuurnota Zee- en kustvisserij. 1-111. 1993. Wageningen, Veeman Drukkers.
- LNv . Aanpassing beleid voedselreservering Waddenzee. Brief aan de tweede kamer, vergaderjaar 2000-2001, 27 400 XIV, nr. 11, 1-4. 2000. Ref Type: Bill/Resolution
- McCullagh,P. & Nelder,J.A. 1989. *Generalized Linear Models*. 2 edn. London: Chapman and Hall.
- Nehls,G. 1995. Strategien Der Ernährung Und Ihre Bedeutung Für Energiehaushalt Und Ökologie Der Eiderente (*Somateria Mollissima* (L., 1758). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Nehls,G., Hertzler,I., Ketzenberg,C. & Scheiffarth,G. 2000. Die Nutzung stabiler Miesmuschelbänke durch Vögel. In: *The Wadden Sea Ecosystem: Exchange, Transport and Transformation Processes*, pp. 343-353.
- Nehls,G. & Ketzenberg,C. In press. Do Common Eiders *Somateria mollissima* exhaust their food resources? A Study on Natural Mussel *Mytilus edulis* beds in the Wadden Sea. *Proceedings* . 2002.
- Oordt,G.J.V. 1932. Verslag van een tocht met Hr. Ms. Watervliegtuig L7 boven de Nederlandse Waddenzee op 5 october 1931. Eerste Jaarverslag der Stichting "Vogeltrekstation Texel" 29.
- Oosterhuis,R. & van Dijk,K. 2002. Effect of food shortage on the reproductive output of common eiders *Somateria mollissima* breeding at Griend (Wadden Sea). *Atlantic Seabirds* 4, 29-38.
- Over,H.J. & Mörzer Bruijns,M.F. 1956. Waterwildconcentraties in Nederland in februari 1956. *De Levende Natuur* 59, 149-155.
- Piersma,T. & Drent,J. 2003. Phenotypic flexibility and the evolution of organismal design. *Trends in Ecology & Evolution* 18, 228-233.

- Piersma, T. & Lindstrom, A. 1997. Rapid reversible changes in organ size as a component of adaptive behaviour. *Trends in Ecology & Evolution* 12, 134-138.
- Rappoldt, C., Ens, B.J., Dijkman, E. & Bult, T. Scholeksters en hun voedsel in de Waddenzee. Rapport voor deelproject B1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra rapport 882, 1-152. 2003a. Wageningen, Alterra.
- Rappoldt, C., Ens, B.J., Dijkman, E., Bult, T., Berrevoets, C.M. & Geurts van Kessel, J. Scholeksters en hun voedsel in de Oosterschelde. Rapport voor deelproject D2 thema 1 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra rapport 883, 1-137. 2003b. Wageningen, Alterra.
- Rappoldt, C., Ens, B.J., Kersten, M. & Dijkman, E. Wader Energy Balance & Tidal Cycle Simulator WEBTICS, technical documentation version 1.0. Rapport voor de deelprojecten B1 en D2 van EVA II, de tweede fase van het evaluatieonderzoek naar de effecten van schelpdiervisserij op natuurwaarden in de Waddenzee en Oosterschelde 1999-2003. Alterra rapport. 2003c. Wageningen.
- Rasmussen, L.M., Fleet, D.M., Hälterlein, B., Koks, B., Potel, P. & Südbeck, P. Breeding Birds in the Wadden Sea in 1996 - Results of a total survey in 1996 and of number of colony breeding species between 1991 and 1996. *Wadden Sea Ecosystem* No. 10, 1-122. 2000. Wilhelmshaven, Common Wadden Sea Secretariat.
- Rose, P.M. & Scott, D.A. Waterfowl Population Estimates. IWRB Publication 29, 1-91. 1994. Oxford, Information Press.
- Smaal, A., Craeymeersch, J.A., Kamermans, P. & van Stralen, M. Food shortage as Eider duck mortality cause? Shellfish and Crab abundance in the Dutch Wadden Sea 1994-1999. *Wadden Sea Newsletter*. 2001. Ref Type: In Press
- Smaal, A.C., Craeymeersch, J.A., Kamermans, P., Kesteloo, J.J. & Schuiling, E. Schelpdieren en krabben in het Waddengebied in de periode 1994 - 2000 als mogelijk voedsel voor Eidereenden. C029/00, 3-23. 2000. Den Haag, Ministerie van LNV.
- Stjernberg, T. 1982. The size of the breeding Eider population of the Baltic in the early 1980s. *Ornis Fennica* 59, 135-140.
- Swennen, C. 1976. Populatie-structuur en voedsel van de Eidereend *Somateria m. mollissima* in de Nederlandse Waddenzee. *Ardea* 64, 311-371.
- Swennen, C. Januari 1978: Resultaten vogeltelling waddenzee en kuststrook noordzee. 1-3. 1978.
- Swennen, C. Januari 1980: Resultaten waterwildtelling waddenzee 23 januari 1980. 1-3. 1980.
- Swennen, C. Januari 1984: Resultaten waterwildtellingen Waddenzee op 20 januari 1984. 1-4. 1984.
- Swennen, C. Januari 1987: Resultaten waterwildtelling Waddenzee op 28 en 29 januari 1987. 1-21. 1987.

- Swennen,C. 1990. Dispersal and migratory movements of Eiders *Somateria mollissima* breeding in the Netherlands. *Ornis Scandinavica* 21, 17-27.
- Swennen,C. 1991a. Ecology and Population Dynamics of the Common Eider in the Dutch Wadden Sea. Rijksuniversiteit Groningen.
- Swennen,C. Januari 1991: Resultaten waterwildtellingen Nederlandse Waddenzee. 1-9. 1991b.
- Swennen,C. 2002. Development and population dynamics of Common Eider *Somateria mollissima* colonies in the Netherlands. *Danish Review of Game Biology* 16, 63-74.
- Swennen,C., Nehls,G. & Laursen,K. 1989. Numbers and distribution of Eiders *Somateria mollissima* in the Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 24, 83-92.
- Tanis,J.J.C. 1957. Aanvullingen op het artikel van Dr. J. Verwey over de vogels in de wadden Sea bij strenge vorst. *Limosa* 30, 56.
- van Buuren,J. Onderzoek naar overwinterende eidereenden in de westelijk waddenzee. Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. 1-39. 1983. Den Haag, Petroland BV.
- van de Kuip,C. 1991. Wanbeleid in de Waddenzee kost duizenden vogels het leven. *Vogels* 66.
- van den Berk,V.M., Dirksen,S. & Poot,M.J.M. Sterfte onder eidereenden in de Waddenzee 1999-2000. Werkdocument EC-LNV 186, 1-71. 2000. Wageningen, Expertisecentrum LNV.
- van Gils,J.A., Dekinga,A. & Piersma,T. Gizzard size constrains intake rate on shelled prey in a mollusc-eating shorebird. 2002. Ref Type: Unpublished Work
- Verwey,J. 1956. De Wadden Zee als voedselareaal voor vogels bij strenge kou. *Ardea* 44, 8-14.
- Weiner,J. 1992. Physiological Limits to Sustainable Energy Budgets in Birds and Mammals: Ecological Implications. *Trends in Ecology & Evolution* 7, 384-388.
- Williams,M. & Ens,B.J. The many ways to determine the weight of shellfish or their parts: an attempt to determine general conversion factors. Alterra werkdocument. 2003. Wageningen, Alterra.
- Zwarts,L. 1991. Seasonal variation in body weight of the bivalves *Macoma balthica*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria* and *Cerastoderma edule* in the Dutch Wadden Sea. *Netherlands Journal of Sea Research* 28, 231-245.
- Zweeres,K. 1963. Maar toch wordt het weer lente. *Het Vogeljaar* 11, 1-3.

Bijlage 1 The Roosta Resolution

1. Thirty-six seaduck experts from thirteen countries around the globe gathered at the Seaduck Specialist Group Meeting in Roosta, Estonia during 18-22 April 2002 and agreed the following:
2. The Meeting noted the major declines in wintering numbers of the Baltic/Wadden Sea population of the common eider *Somateria mollissima mollissima* and reductions in breeding numbers at individual colonies in Finland, Denmark, The Netherlands and in some areas in Sweden and Estonia. It recognised that the Baltic/Wadden Sea wintering population of common eider has declined by up to a half in the last 10 years and therefore qualifies as a huntable species of unfavourable conservation status. It noted recent declines in other discrete breeding and wintering common eider populations in Greenland, Shetland and Norway.
3. The Meeting recognised that consecutive annual changes in the size of common eider breeding populations are highly susceptible to small-scale changes in adult survival, but relatively robust to large changes in reproductive success. Hence, changes in additive mortality are critical in affecting year to year changes in breeding number (e.g. as a result of disease, starvation, drowning in fishing nets or hunting), but poor breeding output contributes relatively little to between year changes in breeding population size. Very high breeding female philopatry and skewed sex ratio means that adult female survival is an especially sensitive parameter in local breeding population dynamics.
4. The Meeting recognised that death of incubating females from Avian Cholera has caused dramatic declines at some Danish colonies in 1996 and 2001, and perhaps affected Baltic colonies elsewhere. Predation pressures from mink, fox and other species have increased at many Baltic breeding sites. Although neither factor can easily be eliminated, management techniques may be available to locally minimise their effects. Hunting in Denmark since the 1980s has declined in line with eider abundance. Nevertheless, whilst respecting that the earlier hunting kill was sustained during a period of population increase, the present declines in abundance give cause for concern.
5. The Meeting recognised that wintering eiders have shifted from the Dutch Wadden Sea to adjacent parts of the North Sea, coinciding with years of high mortality (i.e. mass death through starvation), in years of scarcity of sublittoral mussels. Studies found high levels of Acanthocephalan infestation in healthy wintering Danish birds, with no relationship between parasite numbers and individual body condition, suggesting unusual parasite loads were not responsible for mass mortality events in the Wadden Sea. The Meeting noted that a great deal more needs to be known about the factors affecting food profitability before we can estimate the sustainable harvestable fraction of a shellfishery resource and understand its role in the population dynamics of the common eider.
6. The Meeting noted that many factors potentially affecting population trends of the common eider can be identified (e.g. starvation, disease, predation, pollution, hunting, drowning in fishing nets, etc.). There remains an urgent need to assess their relative contribution to declines in common eider numbers through population modelling or some other approach. Such analysis would identify the most effective use of resources to increase annual adult female survival and enable restoration of the population to favourable conservation status.
7. The Meeting recommends the immediate establishment of a working group to identify current and future potential threats to the nominate race of common eider and develop effective integrated research and monitoring mechanisms to enable assessment of the potential for population recovery. The Meeting recommends combining independent count methods (e.g. at breeding colonies, at migration points, moult concentrations and on the wintering grounds) and monitoring

of demographic parameters (e.g. duckling production and female annual survival) into a future population monitoring strategy.

8. The Meeting urges the Ornis Committee to accept the dramatic declines in the population and formally recognise that the Baltic/Wadden Sea population of the common eider is a Birds Directive Annex II huntable species of unfavourable conservation status. The Meeting accordingly urges the drafting of an EU management plan for the population as soon as possible to prioritise remedial actions.

Seaduck Specialist Group Meeting
Roost Estonia
19 April 2002

Bijlage 2 Extra metingen aan mosselen in 2001

Inleiding

In deze bijlage wordt achtergrondinformatie gegeven over de extra metingen aan mosselen die door Alterra in 2001 werden uitgevoerd. In het hoofdverslag worden deze metingen geanalyseerd in sectie 3.2.1 "Wilde sublitorale en litorale mosselen". De extra metingen betreffen parameters waarvan wordt vermoed dat ze een belangrijke invloed hebben op het profijt van de prooien voor de Eidereend, zoals schelpgewicht, begroeiing met zeepokken en vertrassing.

Monsterverzameling

Sublitorale mossel surveys worden jaarlijks uitgevoerd in maart door het RIVO op een kwantitatieve basis in het kader van de mossel zaad inventarisatie (Bult *et al.* 2003a). De monsternamen worden gedaan vanaf een commerciële boot en er wordt gebruik gemaakt van een zuigkorf met een monsterwijdte van 20 cm en een maaswijdte van 5x5 mm, tot een sediment diepte van 10 cm en over een afstand van 100 m. Monsters worden gezeefd aan boord over een zeef met 5x5 mm maaswijdte, dan gesorteerd op lengte en tot slot wordt het versgewicht bepaald. De surveys in de sublitorale wateren zijn beperkt tot het westelijke deel van de Nederlandse Waddenzee, aangezien er geen sublitorale mosselbedden van enige betekenis in het oosterlijke deel voorkomen.

Het indelen van de mosselen in de categorieën zaad, halfwas en consumptie gebeurt op basis van een zogenaamde "expert judgement". Dit betekent dat op het oog en op basis van ervaring de mosselen worden ingedeeld in de categorie zaad, halfwas en consumptie. Dit is een indeling van mosselen naar leeftijd. Zaad zijn nul-jarige mosselen, halfwas zijn 1-jarige en consumptie zijn 2 jarige mosselen. Als lengte-indeling hanteert het RIVO: kleiner dan 30 mm is zaad, van 30 tot 50 mm is halfwas en groter dan 45 mm is consumptie. Tussen de categorieën halfwas en consumptie is dus een overlap van 5 mm. Recentelijk heeft een ijking van deze indeling plaatsgevonden (Bult *et al.* 2003a).

Van de mosselen aan boord is een monster genomen en in een zak gestopt ten behoeve van dit onderzoek. Er is door het RIVO bemonsterd op ongeveer 200 punten in het sublitoraal gedeelte. Hiervan zijn van 94 plaatsen monsterzakken gevuld. Op de overige plaatsen waren geen mosselen aanwezig of waren de dichtheden bijzonder laag. De zakken zijn gevuld voor het uitzoeken van de mosselen aan boord en bevatten dus ook nog restmateriaal en dergelijke. Deze 94 zakken zijn voorzien van een label met vermelding van de datum waarop het monster genomen is en een monsternummer. De zakken zijn gewogen en daarna ingevroren.

Verwerken monsters in laboratorium

Van de monsterzak werden gegevens verzameld van de totaal gewichten van de mosselen en het gewicht en een omschrijving van aanwezig restmateriaal (hoofdzakelijk bestaande uit schelpen, schelpgruis en krabben). Het totaal aantal mosselen werd geteld en gewogen waarbij een onderscheid werd gemaakt tussen vertruste mosselen en losse mosselen en binnen deze groepen tussen mosselen met pokken en mosselen zonder pokken. Deze gewichten werden gewogen op hele grammen nauwkeurig.

Vervolgens werd het totaal aantal mosselen verdeeld in de twee groepen op basis van de aanwezigheid van pokken. Bij elke groep werd gescheiden een lengteverdeling gemaakt in mm-klassen. Hierbij werd de lengte van de mossel gemeten met een schuifmaat op 1 honderdste mm nauwkeurig en vervolgens ingedeeld in de dichtstbijzijnde mm-klasse. Dit betekent dat in de klasse 35 mm alle mosselen vallen met een lengte van 34,50 tot 35,49 mm. Na het indelen in de klassen werd binnen elke klasse een onderscheid gemaakt tussen gele en zwarte mosselen op basis van de kleur en mogelijk dikte van de schelp. Dit laatste is gebeurd vanwege de mogelijke samenhang tussen de kleur en de dikte van de schelp. Het vermoeden bestond dat dunne schelpen geel en dikke schelpen donker en weinig lichtdoorlatend waren.

Hierna werd voor elke groep apart en op verschillende wijze een selectie gemaakt voor individuele bepalingen aan de mossel. Voor beide groepen werd het drooggewicht bepaald en het veraste vleesgewicht, het droge schelpgewicht, de breedte en de hoogte van de schelp. Voor de groep met pokken werd tevens het droog gewicht van de pok bepaald en de breedte, hoogte en lengte van de schelp inclusief de pok.

Bij de mosselen zonder pokken werd de selectie gemaakt door de laagst voorkomende mm-klasse af te trekken van de hoogst voorkomende mm-klasse en dit getal te delen door 10. Over het algemeen was de uitkomst van deze berekening 2 of 3, hetgeen betekende dat mosselen geselecteerd werden waarbij steeds 1 respectievelijk 2 klassen werden overgeslagen. Uit de klassen werd een gele en een zwarte mossel geselecteerd (indien beide typen aanwezig waren). De selectie van de mosselen met pokken werd bepaald door de mate waarin de pokaangroei op de schelp nog volledig aanwezig was. Het nog aangehecht zijn van alle pokken is een belangrijk criterium aangezien bepaald moest worden wat de invloed van de pokaangroei is op de mossel. In veel gevallen waren de pokken eraf gevallen door transport en invriezen.

Voor het bepalen van het drooggewicht van pokken, vlees en schelp zijn deze delen afzonderlijk in kroesjes gedroogd in een droogstoof voor de duur van 48 uur bij een temperatuur van 60 °C. Voor het verassen van vlees is gebruik gemaakt van een verassingsoven op 560 °C gedurende 2 uur. De gewichten zijn bepaald met behulp van een digitale weegschaal op 10.000ste grammen nauwkeurig.

Abiotische gegevens

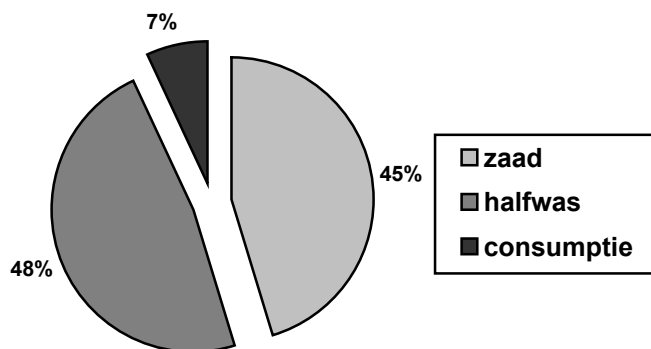
De gegevens omtrent de abiotische factoren zijn verkregen met behulp van GIS. Voor de monsterlocaties is gebruik gemaakt van de Parijse coördinatenstelsel. De coördinaten per locatie zijn gekoppeld aan de coördinaten in een database met abiotische variabelen afkomstig van RIKZ (zie bijlage 5).

Dataverwerking

Voor dit verslag is ervoor gekozen om de monstierzakken die niet overeenkwamen qua nummer en datum-identiteit met de gegevens van het RIVO, niet mee te nemen bij de analyse. Ook de monsterlocaties waarvan geen gegevens omtrent de abiotische variabelen bekend waren, zijn buiten beschouwing gelaten. De resultaten in dit verslag zijn gebaseerd op 83 monsterlocaties. De statistische bewerkingen zijn uitgevoerd in SPSS. Voor het bepalen van de relaties tussen schelp, vlees en asvrijdrooggewicht is gebruik gemaakt van correlatie en regressie-analyse. Ten aanzien van de individuele bepalingen aan de mosselen zijn een aantal mosselen niet meegenomen binnen de statistische analyse in verband met negatieve waarden voor vleesgewicht of schelpgewicht. Dergelijke waarden zijn per definitie onmogelijk en duiden aan dat er iets mis is gegaan in de meetprocedure.

Verdeling van mosselen naar lengte

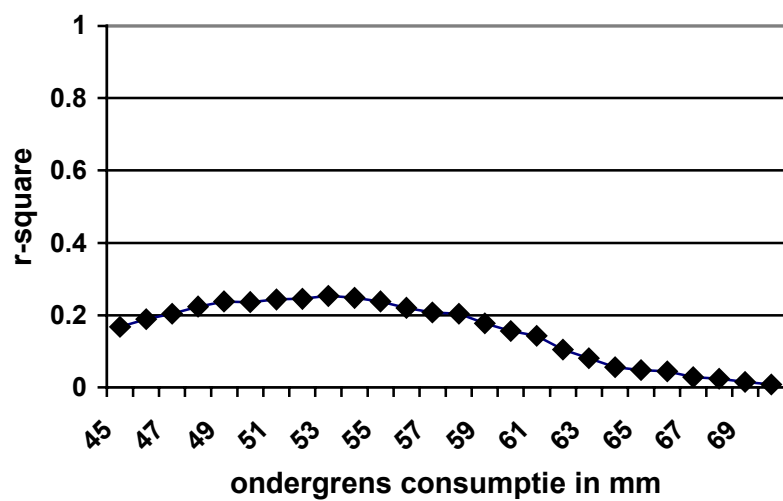
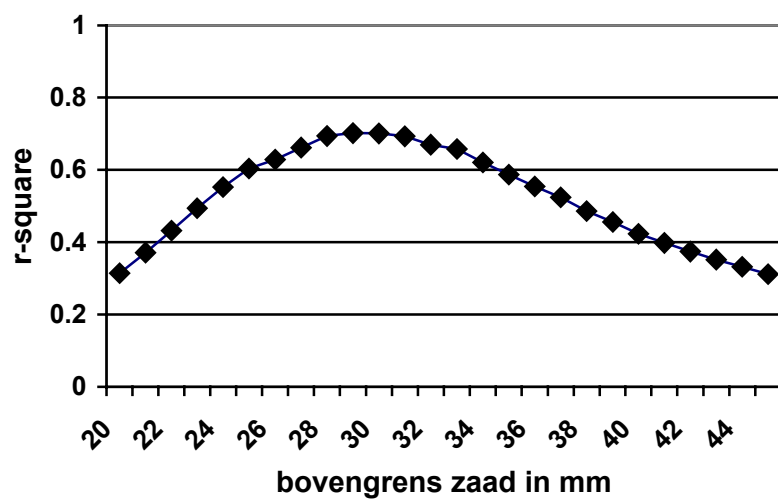
In onderstaande grafiek is de verdeling van de mosselen voor het voorjaar 2001 weergegeven in de leeftijdsklassen zaad, halfwas en consumptie zoals bepaald door het RIVO. Deze gegevens zijn afkomstig van de voorjaarsinventarisatie van het RIVO en gebaseerd op de ontvangen gegevens van de 94 monsterlocaties. De gegevens zijn aangeleverd in aantal mosselen per m² voor elke klasse, welke werden omgezet in percentages. Vervolgens is het gemiddelde berekend van alle monsterlocaties.



Figuur 1: mosselverdeling in leeftijdsklasse, bron RIVO

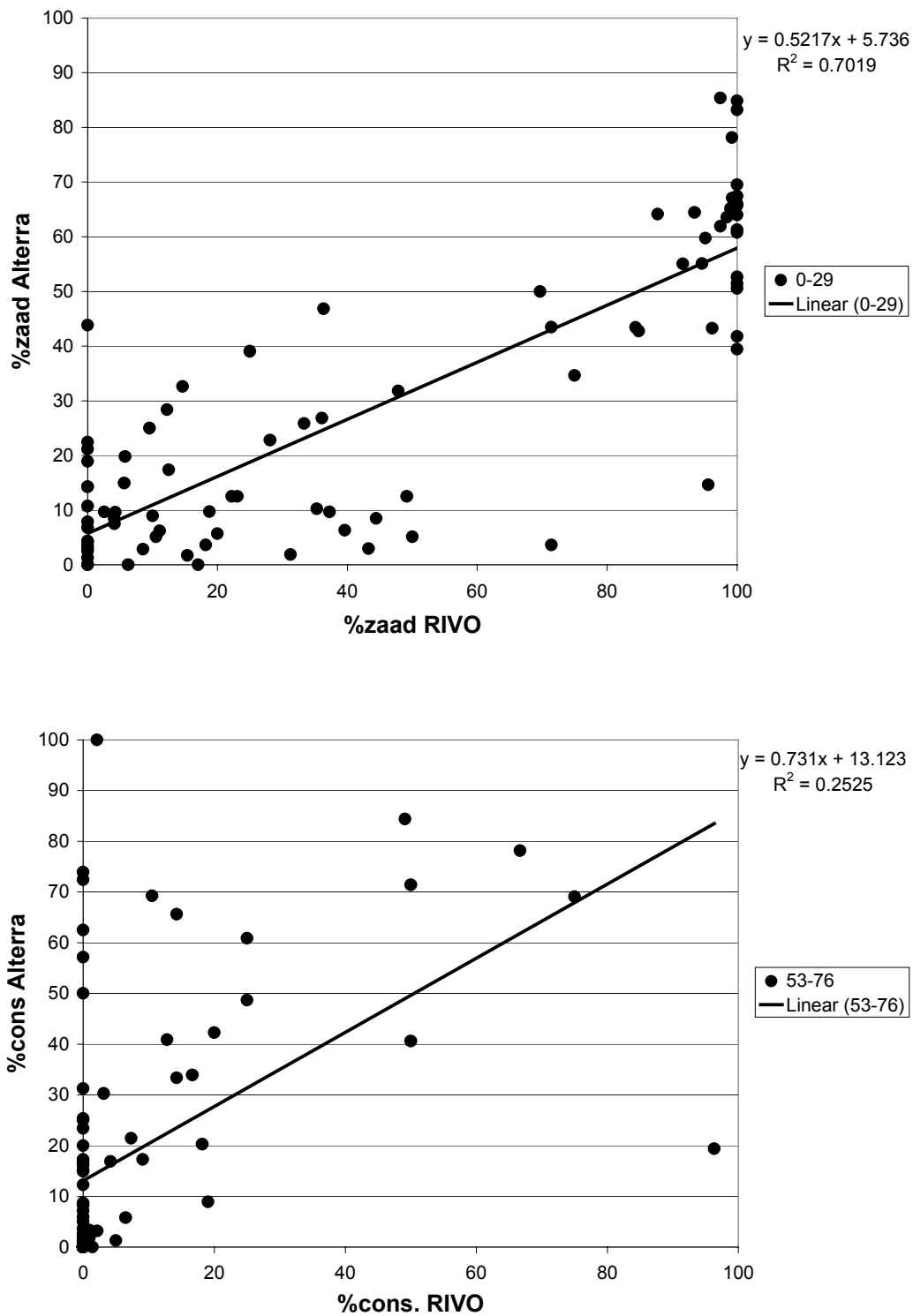
Aangezien er geen nauwkeurige omschrijving is van de lengtes behorende bij de leeftijdsklasse, is er een vergelijking gemaakt met de lengteverdeling van de aanwezige mosselen in de monsterzakken. Er is een correlatie uitgevoerd voor alle mogelijke onder- en bovengrenzen in mm voor de leeftijdscategorieën zaad en consumptie.

In figuur 2 is de r^2 uitgezet tegen de mogelijke onder- en bovengrenzen. De beste fit bleek te ontstaan bij een lengte-indeling van zaad tot 30 mm ($r^2=0.702$) en consumptie vanaf 53 mm ($r^2=0.252$). Voor halfwas is de beste fit dan bij een mm-indeling van 30-52 mm ($r^2=0.29$).



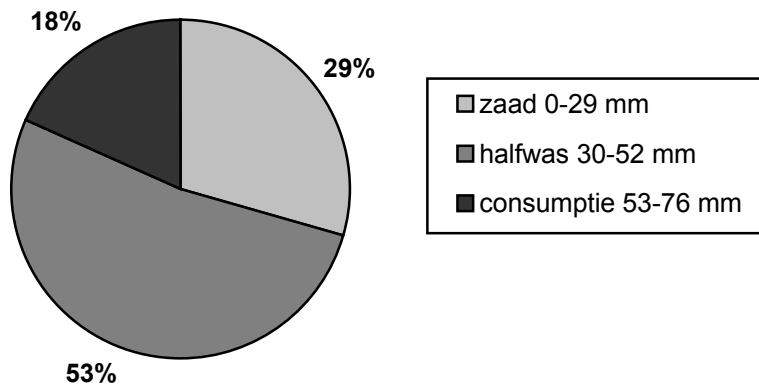
Figuur 2: r^2 als functie van gekozen grenswaarde voor (a) bovengrens zaad (ondergrens = 0 mm) en (b) voor ondergrens consumptie (bovengrens = 76 mm)

In figuur 3 is in een scatterplot de best passende lijn weergegeven voor de categorieën zaad (boven) en consumptie (onder).



Figuur 3 best passende lijn voor zaad (boven) en consumptie (beneden), waarbij y het % is van de monsters uitgezocht op Alterra en x het % voor leeftijdsindeling gevonden door RIVO.

In figuur 4 is de verdeling van de mosselen afkomstig van de monsterzakken weergegeven in percentages voor de hierboven bepaalde lengteklasse-indeling.



Figuur 4: mosselverdeling in lengteklasse

Er blijken met name voor de categorie zaad grote verschillen te zijn tussen de leeftijdsindeling en de lengte-indeling. Volgens de lengte-indeling bestaat 53% uit halfwasmosselen, terwijl dit voor de leeftijdsverdeling 48% is.

Dankwoord

Dit onderzoek was mogelijk dankzij de grote inzet van Rieneke de Jager, die een belangrijke bijdrage leverde in het kader van de opleiding Diermanagement aan het Van Hall Instituut te Leeuwarden. De titel van haar in december 2001 opgeleverde stageverslag luidt: "Eidereenden en sublitorale mosselen in de Nederlandse Waddenzee: een onderzoek naar de relatie tussen de verspreiding van eidereenden (*Somateria mollissima*) en de verspreiding van mosselen (*Mytilus edulis*) in het sublitorale gedeelte van de Nederlandse Waddenzee".

Bijlage 3 Selectieproeven

Inleiding

In deze bijlage worden de methodes beschreven van de selectieproeven waarvan de resultaten worden beschreven in sectie 3.7 van het hoofdrapport. Omdat de gebruikte methoden verschilden per deelvraag wordt eerst een korte beschrijving gegeven van de tijdens de experimenten gehanteerde onderzoeksvragen.

Onderzoeksvragen

Deelvraag 1: Bij welk voedselaanbod is de eend in staat het nuchtere gewicht (gewicht na 2 uur zonder toegang tot voedsel) op peil te houden?

Deelvraag 2a: Is er een verband tussen de lengte van een schelpdier en de vleesmassa?

Deelvraag 2b: Is er een verband tussen de lengte van een schelp en het schelpgewicht?

Deelvraag 2c: Is er een verband tussen de lengte van een schelpdier en de vlees / schelp ratio?

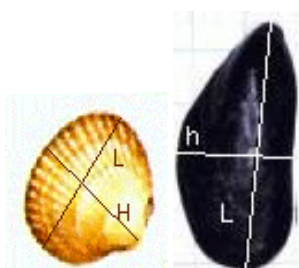
Deelvraag 3: Welke lengtes selecteert de Eidereend uit de verschillende soorten prooidieren (kokkels, (sub)litorale mossels) en is dit te verklaren met behulp van de gevonden vlees / schelp ratio's?

Deelvraag 4: Vindt er een andere lengte selectie plaats als 2 soorten prooien tegelijkertijd worden aangeboden en is dit te verklaren met behulp van de gevonden vlees / schelp ratio's?

Materiaal en methoden

De eend bevond zich in een experimentele opstelling met zout water, dat steeds werd verversd. In de experimentele opstelling was een grondelkooi, waar de eend voedsel kon bemachtigen door zwemmend zijn hoofd onder water te steken, en een duikkooi, waar de eend voedsel kon bemachtigen door één of meer meter te duiken, afhankelijk van de ingestelde diepte. Elke dag werd het gewicht van de eend genomen. Ook werd het overgebleven voer verwijderd en werd nieuw voer aangeboden. De totale hoeveelheid voedsel was in theorie voldoende om twee tot drie keer de volledige voedselbehoefte van de eend te dekken.

Van iedere maaltijd die werd aangeboden is de lengte samenstelling bepaald. Met behulp van een digitale schuifmaat zijn de mossels en kokkels ingedeeld in millimeter klassen. Daarbij zijn 0,50 en 0,49 als grenzen van een klasse aangehouden. Zo word bijvoorbeeld 12,50 tot millimeterklasse 13 gerekend, maar 13,49 ook. Van de mossels en kokkels werd steeds de maximale lengte bepaald (zie Fig. 1). Vervolgens werd het aantal mossels / kokkels dat zich in een klasse bevond geteld en werden ze gezamenlijk gewogen.



Figuur 1: Positie waarop de lengte en hoogte van de schelp werd bepaald. De breedte werd loodrecht op de twee lijnen gemeten op het dikste punt van de schelp.

Wanneer het experiment werd gestopt, werden de mossels en kokkels weer onderverdeeld in millimeterklassen, geteld en gewogen. Alle aantallen werden genoteerd, zodat achteraf was te bepalen welke lengtes de eend had gegeten.

De experimenten werden gedaan met onbepokte mossels. Als er pokken op de mossels zaten, werden deze eraf gesneden met een mesje.

De mossels en kokkels zijn in het verleden uit de Waddenzee gehaald. Ze werden in kratten in een goot bewaard waar steeds vers zeewater doorheen gepompt werd. Zo werden de schelpdieren vers gehouden.

Iedere dag werd ook het gewicht van de eend bepaald voor het experiment begon, na het experiment en twee uur nadat het voedsel was weggehaald (nuchtere gewicht). Ook werd de temperatuur van het water, de lucht en van de minimumtemperatuur gemeten.

Bij de experimenten waar zowel litorale als sublitorale mossels werden aangeboden, moest het mogelijk zijn de twee soorten van elkaar te onderscheiden. De grote schelpen zijn visueel te onderscheiden maar de kleintjes lijken erg op elkaar. Daarom zijn de litorale mossels voorzien van een kruisje wat in de schelp is gekrast met een mesje (zie Fig. 2). De kruisjes werden allemaal op dezelfde schelpheft gekrast zodat ze snel te onderscheiden waren.



Figuur 2: Gemarkte litorale mossels.

Als er één prooi soort werd aangeboden, kreeg de eend 3 kilo voedsel. Dit voldoet ruim aan de dagelijkse voedsel behoefte van de eend (1 tot anderhalve kilo). Wanneer er twee prooien werden aangeboden kreeg de eend van beide prooien 3 kilo.

Kwaliteitsbepalingen

De kwaliteit van de schelpdieren werd bepaald door regelmatig een kwaliteitsmonster apart te houden en in te vriezen. De ingevroren schelpdieren werden later weer ontdooid en gesorteerd in millimeterklassen. Vervolgens werden er ongeveer 15 per kwaliteitsmonster uitgekozen die de lengtesamenstelling goed weergaven. De 15 uitgekozen schelpdieren bevatten in ieder geval de grootste en kleinste uit het monster en verder werd er geprobeerd uit iedere klasse nog een exemplaar bij te nemen. Werdt dit teveel dan werd een zo gevarieerd mogelijk mengsel samengesteld. Van de op die manier uitgekozen schelpen werden lengte, hoogte en breedte bepaald met behulp van de digitale schuifmaat (zie Fig. 1). Vervolgens werd het vlees uit de schelp gehaald en werden vlees en schelp in afzonderlijke kroesjes geplaatst. De kroesjes werden in de droogstoof geplaatst bij 65 °C gedurende 48 uur. Daarna werden de drooggewichten van schelp en vlees bepaald. Het drooggewicht van het vlees werd inclusief kroesmassa bepaald. Vervolgens werd het vlees gedurende 2 uur verast op 560 °C. Hierna werd het asgewicht van het vlees inclusief kroesje bepaald. Hieruit kon het as-vrij-drooggewicht (AVD) van het vlees worden bepaald. Van de mossels met pokken werd ook het natgewicht, het drooggewicht en het asgewicht van de pokken bepaald.

Methode deelvraag 1: Iedere dag is de eend gewogen nadat ze 2 uur geen toegang had gehad tot voedsel (nuchtere gewicht).

Methode deelvraag 2: De kwaliteit van de monsters is bepaald zoals hierboven beschreven is. Vervolgens zijn grafieken gemaakt van het AVD uitgezet tegen de lengte van de schelp, het drooggewicht van de schelp uitgezet tegen de lengte van de schelp en de vlees / schelp ratio (AVD / drooggewicht schelp) uitgezet tegen de lengte van de schelp.

Methode deelvraag 3: Van ieder selectie experiment werd vooraf de lengte samenstelling van het aangeboden voedsel bepaald. Vervolgens werd dit in een bak aangeboden in de grondelkooi. De volgende dag werd het overgebleven voedsel er weer uitgehaald en nagemeten.

De experimenten die hiervoor gedaan zijn, zijn de volgende:

Prooi	Aantal keer uitgevoerd
Sublitorale mossels	3
Litorale mossels	1
Kokkels	4

Aan de hand van deze experimenten is bepaald welke lengtes de eend selecteert van de verschillende prooien. Dit is voor de experimenten samen bepaald. Zo is bijvoorbeeld van de 2 sublitorale mossel experimenten het totaal aantal per mm-klasse wat is aangeboden bepaald, het totaal aantal gegeten per mm-klasse, en daaruit het percentage gegeten per mm-klasse. Dit is vervolgens uitgezet tegen de lengte.

Nadeel van deze manier van weergeven is dat het misleidend kan zijn doordat er van sommige lengtes maar een paar prooien zijn aangeboden, en die lengte al snel voor 100 procent is opgegeten. Daarom is de selectie index D bepaald:

$$D=(r-p)/(r+p-2rp)$$

Hier is r het aandeel van een lengte in hetgeen gegeten is, en p het aandeel van een lengte in het voedselaanbod. Op deze manier wordt gecorrigeerd voor het aantal dat is aangeboden van een bepaald lengte. De selectie index is bepaald voor groepen van 5 mm klassen (dus schelpen van 10 tot 15 mm behoren tot 1 klasse). Een positieve selectie index houdt in dat er een selectie is voor de lengte, een negatieve selectie houdt in dat er tegen de lengte geselecteerd wordt. De schaal loopt van -1 tot 1. Een selectie index van -1 betekent dat er geen één schelpdier uit die mm klasse is gegeten, een selectie index van 1 betekent dat alle schelpdieren uit die mm klasse zijn gegeten.

Methode deelvraag 4: Van 2 verschillende soorten schelpdieren is van te voren de lengte samenstelling bepaald. Vervolgens zijn deze beide aan de eend aangeboden. De 2 soorten werden door elkaar heen gemengd aangeboden. Wel werd het voedsel in 2 bakken aangeboden zodat het foerageeroppervlak 2 keer zo groot was als wanneer de eend 1 prooi soort kreeg aangeboden. Op deze manier was ook de laag van schelpdieren even dik als wanneer de eend een prooi soort kreeg aangeboden. Hierdoor zijn de zoekkosten zoveel mogelijk gelijk gebleven aan de experimenten waarbij 3 kilo van een prooi soort werd aangeboden. De volgende dag zijn de prooien gesorteerd op soort en zijn ze nagemeten.

De experimenten die hiervoor zijn uitgevoerd zijn de volgende:

Prooi	Lengte samenstelling	Aantal keer uitgevoerd
Kokkels met sublitorale mossels	Alle lengtes	2
Sublitorale mossels met litorale mossels	0 – 54 mm	3
Sublitorale mossels met litorale mossels	40 mm en groter	2

Als er meerdere experimenten op dezelfde manier zijn gedaan dan zijn de waarden van de afzonderlijke experimenten samengevoegd. Hier is weer de selectie index uitgerekend zoals hierboven is beschreven.

Dankwoord

Veel dank gaat uit naar Inge Hollander, die een belangrijke bijdrage leverde aan dit onderzoek in het kader van de opleiding dierecologie aan de Rijksuniversiteit te Groningen. De titel van haar op 4 juli 2003 opgeleverde stageverslag luidt: "Experimenteel onderzoek aan de prooi keuze van de Eidereend (*Somateria m. mollissima*)".

Bijlage 4 Effect van zeepokken op selectie

Inleiding

In deze bijlage worden de methoden beschreven die gehanteerd zijn bij het onderzoek naar de vraag of de mate waarin mossels begroeid zijn met zeepokken een effect heeft op de grootte selectie door Eidereenden. De resultaten van dit onderzoek worden besproken in sectie 3.8 "Effect van zeepokken op grootte selectie" van het hoofdrapport.

Conditie

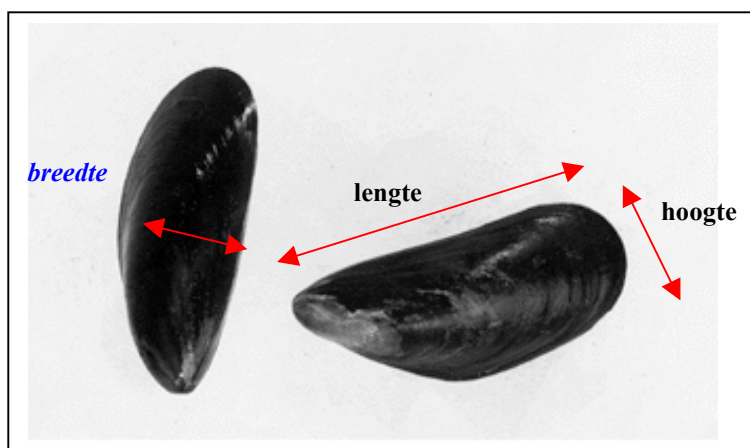
Het effect van de aanwezigheid van pokken op de buitenkant van mosselen op de conditie van de mossel is bepaald aan de hand van het energiegehalte in relatie tot de hoogte, breedte en lengte van de mossel en de pokken.

Om het asvrij drooggewicht (AVD) te bepalen is het mosselvlees uit de schelp verwijderd en gedroogd. Na achtenveertig uur drogen bij 65°C is van het mosselvlees het drooggewicht bepaald. Vervolgens werd het mosselvlees twee uur verast bij 560°C en werd het asgewicht bepaald. Door het drooggewicht te verminderen met het as gewicht werd het AVD verkregen.

Deze bepalingen zijn uitgevoerd met mosselen in verschillende millimeter klassen en zowel met bepokte als onbepokte mosselen. De mosselen met pokken zijn onderverdeeld in mosselen met verschillende pokken gehalten, respectievelijk 0-25% (mp1), 25-50% (mp2), 50-75% (mp3) en 75-100% (mp4) bedekt met pokken.

Om te bepalen of de pokken energie bevatten die voor de Eidereend beschikbaar is, is van deze pokken tevens het energiegehalte bepaald. Dit gebeurde op dezelfde manier als voor het mosselvlees. Van de pokken is echter niet het vlees van de schelp (kalkplaten) gescheiden omdat deze hier te klein voor zijn.

Naast het AVD zijn van de mosselen tevens de hoogte, breedte en lengte bepaald met behulp van een schuifmaat (Fig. 1). Voor de mosselen met pokken is tevens de lengte, breedte en hoogte beïnvloed door de pokken bepaald. Van alle mosselen wordt het drooggewicht van de schelp bepaald, na 48 uur drogen in de droogstoof bij 65°C.



Figuur 1: Meting van breedte, lengte en hoogte van de mosselen.

Meting hannestijd en selectie

In deze experimenten zijn de Eidereenden sublitorale mosselen van verschillende lengte en bedekt met verschillende hoeveelheden pokken aangeboden. Tijdens de experimenten is bepaald wat de hannestijd van de verschillende mosselen voor de Eidereend is en of ze uiteindelijk opgenomen (gegeten) zijn.

Voor dit experiment is gebruik gemaakt van twee Eidereenden (mannetje en vrouwtje) in gevangenschap. Gedurende 1 maand voordat er met de experimenten werd begonnen zijn de Eidereenden gevoerd met sublittorale mosselen om de spiermaag te trainen.

De Eidereenden werden gehouden in een kooi bij een zoutwaterbassin. De kooi met een deel van het bassin vormde de dagelijkse leefomgeving van de Eidereenden, waarin ook de experimenten werden uitgevoerd. In de kooi hadden de eenden onbeperkte toegang tot voedsel en water. De kooi was 1,5 meter hoog en had een oppervlak van 3x4 m².

Het bassin met de kooien werden continue voorzien van vers zoutwater zodat de waterspiegel schoon blijft. Het schoonhouden van de waterspiegel is van groot belang om een goede conditie van de vogels te waarborgen.

Onder natuurlijke omstandigheden, zoals in de Waddenzee, zoeken Eidereenden al duikend naar voedsel, dit is middels het bassin nagebootst, waarin het voedsel op de bodem ligt, ca. 1 m onder water.

Vooraf gaand aan het experiment hebben de Eidereenden gedurende een periode van tenminste 4 uur geen toegang tot voedsel, zodat de Eidereenden nuchter aan de experimenten beginnen. Tijdens het experiment zijn telkens tien mosselen aangeboden aan een eend, dit is de omvang van 1 maaltijd. De eenden zijn allebei afwisselend bij de experimenten gebruikt. Deze aannames zijn gedaan op basis van veldwaarnemingen.

De mosselen die voor het experiment zijn gebruikt zijn mosselen waarop pokken aanwezig zijn (bepokte mosselen) en mosselen waar geen pokken op aanwezig zijn (onbepokte mosselen). De bepokte mosselen zijn ingedeeld in vier klassen, afhankelijk van het percentage waarmee de mossel bedekt is met pokken. Dit is gedaan om te kunnen bepalen of de hoeveelheid pokken invloed heeft op de hannestijd. De verschillende klassen zijn: 0-25% (mp1), 25-50% (mp2), 50-75% (mp3) en 75-100% (mp4) bedekt met pokken.

Van de mosselen is met behulp van een schuifmaat de lengte, breedte en hoogte gemeten (Fig. 1). Van de bepokte mosselen is tevens de lengte, breedte en hoogte beïnvloedt door de pokken gemeten.

Van alle mosselen is met behulp van de weegschaal de massa bepaald. De doorgemeten mosselen zijn in plastic bakjes gelegd die zijn gecodeerd met letters (A tot en met J).

Het experiment is uitgevoerd in het Eidereendenhok, omdat dit de dagelijkse leefomgeving van de dieren was, waardoor ze hier de minste stress ondervonden. De mosselen zijn meegenomen in de plastic bakjes en worden één voor één aangeboden aan de Eidereend. Dit is gedaan door de mossel voor de Eidereend in het water te gooien. De Eidereend dook achter de mossel aan. Wanneer de eend met mossel bovenkwam is de stopwatch ingedrukt (geactiveerd). De tijd werd gestopt wanneer de eend de mossel had doorgeslikt. De aldus gemeten tijd is de hannestijd. Wanneer een mossel door de Eidereend werd geweigerd dan is dit achter de tijd genoteerd, de stopwatch is dan uitgedrukt op het moment dat de eend de mossel liet vallen.

Dankwoord

Voor dit onderzoek zijn we veel dank verschuldigd aan Annemarie Teunissen die een belangrijke bijdrage leverde in het kader van de opleiding milieutechnologie aan de Saxion Hogeschool IJsselland. De titel van het op 2 juli 2003 opgeleverde stageverslag luidt: "Opname van mosselen door Eidereenden, Conditie van mosselen: De rol van pokken".

Bijlage 5 De relatie tussen de verspreiding van overwinterende Eidereenden en abiotische factoren

Inleiding

Onderstaande tekst is vrijwel letterlijk overgenomen uit notitie PGO-2003-06, gedateerd 16 mei 2002, en opgesteld door Dr. P.W.Goedhart (Biometris, Wageningen UR) naar aanleiding van een verzoek van Dr. B.J. Ens om de relatie tussen de verspreiding van overwinterende Eidereenden in de Waddenzee te relateren aan abiotische factoren.

Gebruikte data

Vanaf 1993 zijn elke winter in januari de eidereenden in de Waddenzee vanuit een vliegtuig geteld door RIKZ (Berrevoets & Arts 2003). Vanaf 1999 is er ook door Alterra geteld (de Jong *et al.* 2002; de Jong *et al.* 2003). Van elke groep eidereenden wordt zo precies mogelijk het aantal en de locatie vastgelegd. De Waddenzee is opgedeeld in vakken van 750 bij 750 meter, omdat dit ongeveer de nauwkeurigheid in de plaatsbepaling van de eenden is. Van elk vak zijn dus voor 11 achtereenvolgende winters (1993-2003) het aantal eenden in januari als de afhankelijke variabele beschikbaar.

Het bleek dat niet alle vakken 750 bij 750 meter zijn. Met name vakken aan de rand van de Waddenzee zijn soms erg klein, de kleinste is slechts 0.7 m². De abiotische variabelen voor deze kleine vakken zijn meestal ook slecht bepaald met veel nul waarden. Daarom is besloten om alleen die vakken in de analyse mee te nemen met een oppervlakte groter dan de helft van het standaard vak van 750 bij 750 meter. Er resteren dan 4217 vakken.

De verklarende variabelen zijn een serie abiotische gegevens over de vakken. Deze gegevens zijn afkomstig van het RIKZ. Ze zijn als vaste waarden voor de hele periode genomen, omdat ze maar uit een enkel jaar bekend zijn en niet jaarlijks bepaald worden. De abiotische variabelen zijn diepte, droog, slib, korrel, stroom, afstgeul, golf en lw:

Diepte	= diepte in cm t.o.v. NAP gebaseerd op meetdata RIKZ 1991-1997
Droog	= %tijd droogliggend, berekend met RIKZ data 1998
Slib	= slibgehalte (fractie < 64 µ) in % op basis metingen RIKZ 1989-1997
Korrel	= mediane korrelgrootte (µ) van alle deeltjes > 64 µ, op basis RIKZ metingen 1989-1997
Stroom	= stroomsnelheid in m/s
Afstgeul	= kortste afstand tot rand van de plaat (GLW) in m op basis kaart RIKZ uit 1998
Golf	= maximale orbitaalsnelheid in m/s op basis kaart RIKZ uit 1998 (golfwad)
LW	= aantal punten op 50x50 m grid dat droogvalt in vak van 750x750 m op basis kaart RIKZ 1998 (maximale waarde is 225)

Tevens zijn bekend de x- en y-coördinaten van het centrum van elk vak, deze worden verder xvak en yvak genoemd. In deze analyse zijn de gegevens van vak 73-83 niet meegenomen omdat, met uitzondering van afstgeul en lw, alle abiotische variabelen gelijk zijn aan nul en dus is er waarschijnlijk een interpolatiefout in de berekening van de abiotiek voor dit vak opgetreden. De analyse gebruikt dus gegevens van 4216 vakken. Box-plots van de abiotische variabelen zijn opgenomen in Fig. 1. De correlaties tussen de abiotische variabelen en de x- en y-coördinaten zijn als in onderstaande Tabel 1, waarbij correlaties kleiner dan -0,5 of groter dan 0,5 vet zijn weergegeven.

Tabel 1: De onderlinge correlatie tussen de gebruikte abiotische variabelen, alsmede de x- en y-coördinaten. Correlaties kleiner dan -0,5 of groter dan 0,5 zijn vet weergegeven.

xvak	1.000									
yvak	0.858	1.000								
diepte	0.202	0.214	1.000							
droog	0.343	0.391	0.477	1.000						
slib	0.039	-0.072	0.091	0.095	1.000					
korrel	-0.375	-0.280	-0.486	-0.293	-0.576	1.000				
stroom	-0.240	-0.199	-0.790	-0.425	-0.239	0.585	1.000			
afstgeul	-0.183	-0.327	-0.256	-0.118	0.220	0.093	0.091	1.000		
golf	0.265	0.181	0.516	0.337	-0.077	-0.218	-0.357	-0.171	1.000	
lw	0.339	0.420	0.590	0.832	0.063	-0.390	-0.525	-0.251	0.402	1.000
	xvak	yvak	diepte	droog	slib	korrel	stroom	afstgeul	golf	lw

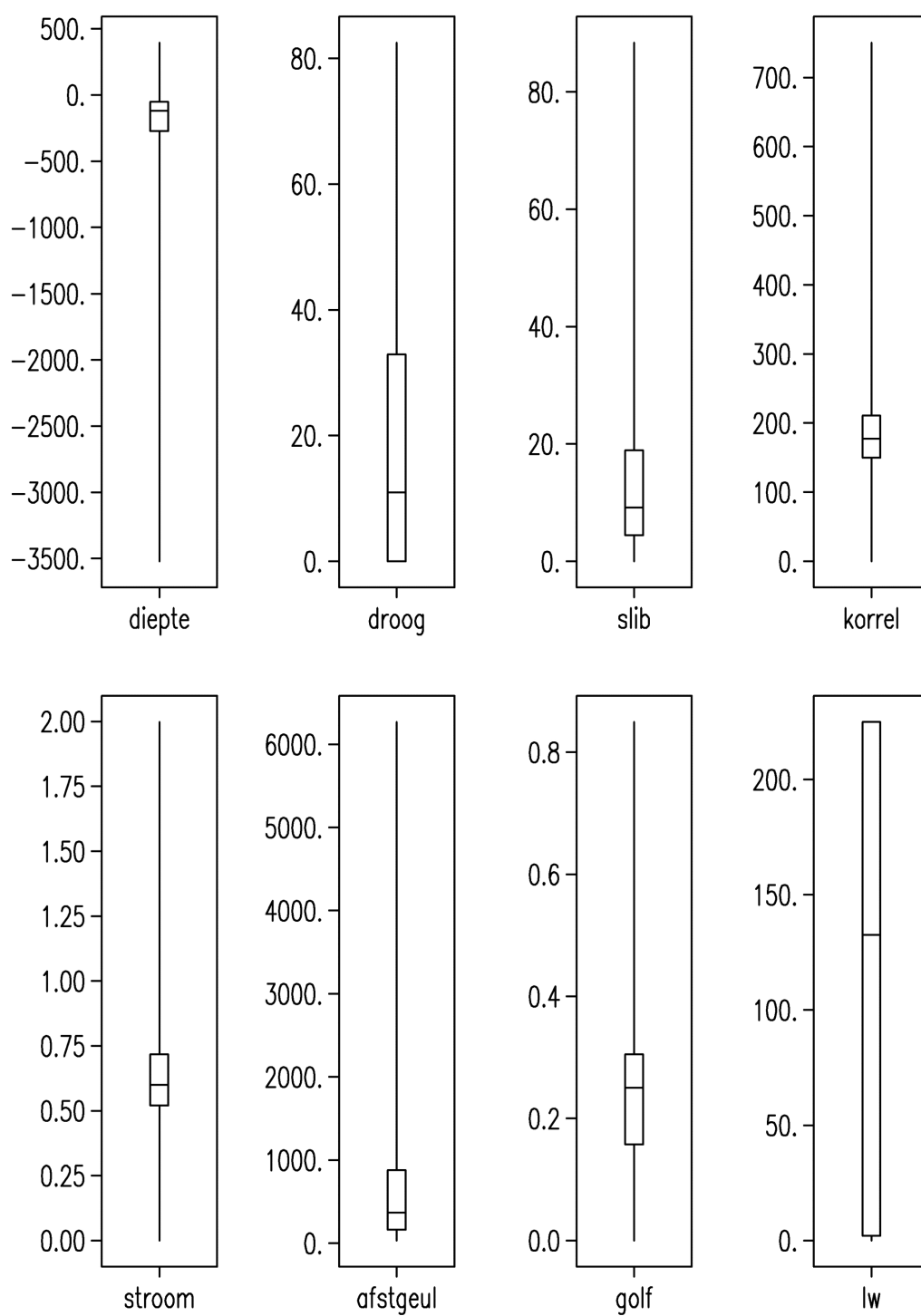
Analyse

Aangezien de abiotische variabelen niet variëren in de tijd is als afhankelijke variabele het gemiddelde aantal Eidereenden in de periode 1993-2003 gebruikt. Van de 4216 vakken hebben 2402 vakken een positief gemiddeld aantal Eidereenden; in de resterende 1814 vakken is dus in de gehele periode geen enkele Eidereend waargenomen. Er is een log-lineair model gebruikt met de Poisson verdeling en met een overdispersie factor. Er wordt dus verondersteld dat de variatie evenredig is aan het gemiddelde. De overdispersie factor is ongeveer gelijk aan 70 en dit is aanzienlijk. Alternatief modellen, bijvoorbeeld op basis van de negatief binomiale verdeling, zijn niet uitgetoetst. Aangezien de oppervlakten van de vakken een factor 2 kunnen verschillen is in het model Log(oppervlakte) opgenomen als offset. Hierdoor wordt verondersteld dat het gemiddelde aantal eidereenden evenredig is met het oppervlakte van het vak.

In de analyse wordt geen rekening gehouden met een eventuele ruimtelijke autocorrelatie in het gemiddelde aantal eidereenden. In het algemeen geldt dat het niet modelleren van de ruimtelijke autocorrelatie weinig consequenties heeft voor de parameterschattingen, maar grote consequenties kan hebben voor de standaardafwijkingen van de schattingen. Hierdoor zijn in de regel statistische toetsen te progressief, dat wil zeggen dat de p-waarden van de toetsen te klein zijn. Er zijn een aantal oplossingen voor dit probleem. (1) Ruimtelijke opschaling vermindert de ruimtelijke correlatie; een groot nadeel is dat hierdoor detail in de abiotische variabelen verloren gaat. (2) Door resampling of bootstrap procedures kunnen de significantie niveaus van de toetsen beter bepaald worden, waardoor te optimistische conclusies ten aanzien van de effecten van de abiotiek vermeden worden. (3) Direct modelleren van de ruimtelijke autocorrelatie. Dit zijn echter lastige niet-standaard modellen en er is besloten deze modellen vooralsnog niet toe te passen.

De relatie tussen het gemiddelde aantal Eidereenden en een abiotische variabele kan niet-lineair zijn. Dit kan ondervangen worden door het aanpassen van polynomen, maar een elegantere methode is het gebruik van zogenaamde smoothing splines, ook wel generalized additive models genoemd (Hastie & Tibshirani 1990). In de GenStat implementatie van smoothing splines moet het aantal graden van vrijheid van de spline worden opgegeven. Hiervoor wordt steeds de waarde 3 gebruikt; dit geeft in de regel voldoende flexibiliteit in de aan te passen curven.

Voor elke abiotische variabele zijn twee toetsen uitgevoerd: (1) een marginale toets waarbij de smoothing spline voor de abiotische variabele als enige aan het nul model wordt toegevoegd en (2) een conditionele toets waarbij de smoothing spline voor de abiotische variabele als enige uit het volledige model met smoothing splines voor alle variabelen wordt verwijderd. Tevens zijn gecorrigeerde marginale en conditionele toetsen uitgevoerd, waarbij gecorrigeerd is voor een ruimtelijk verloop van het gemiddelde aantal eidereenden. De correctie is uitgevoerd met het model $xvak + xvak^2 + xvak^3 + yvak + yvak^2 + yvak^3 + xvak*yvak + xvak^2*yvak + xvak*yvak^2$. Dit model is rotatie invariant, voldoende flexibel en corrigeert voor alle mogelijke ruimtelijke verschillen die niet gerepresenteerd worden door de in een model opgenomen abiotische variabelen.



Figuur 1: Box-plots van de abiotische variabelen.

Resultaten zonder correctie voor ruimtelijke verschillen

De resultaten van de ongecorrigeerde toetsen zijn opgenomen in onderstaande Tabel 2. Hierin zijn p-marginaal en p-conditioneel de p-waarden van de toetsen, en f-marginaal en f-conditioneel de toetsingsgrootheden.

Tabel 2: Significanties en F-waarden voor de marginale en conditionele toetsen per abiotische variabele voor het niet voor ruimtelijke verschillen gecorrigeerde model.

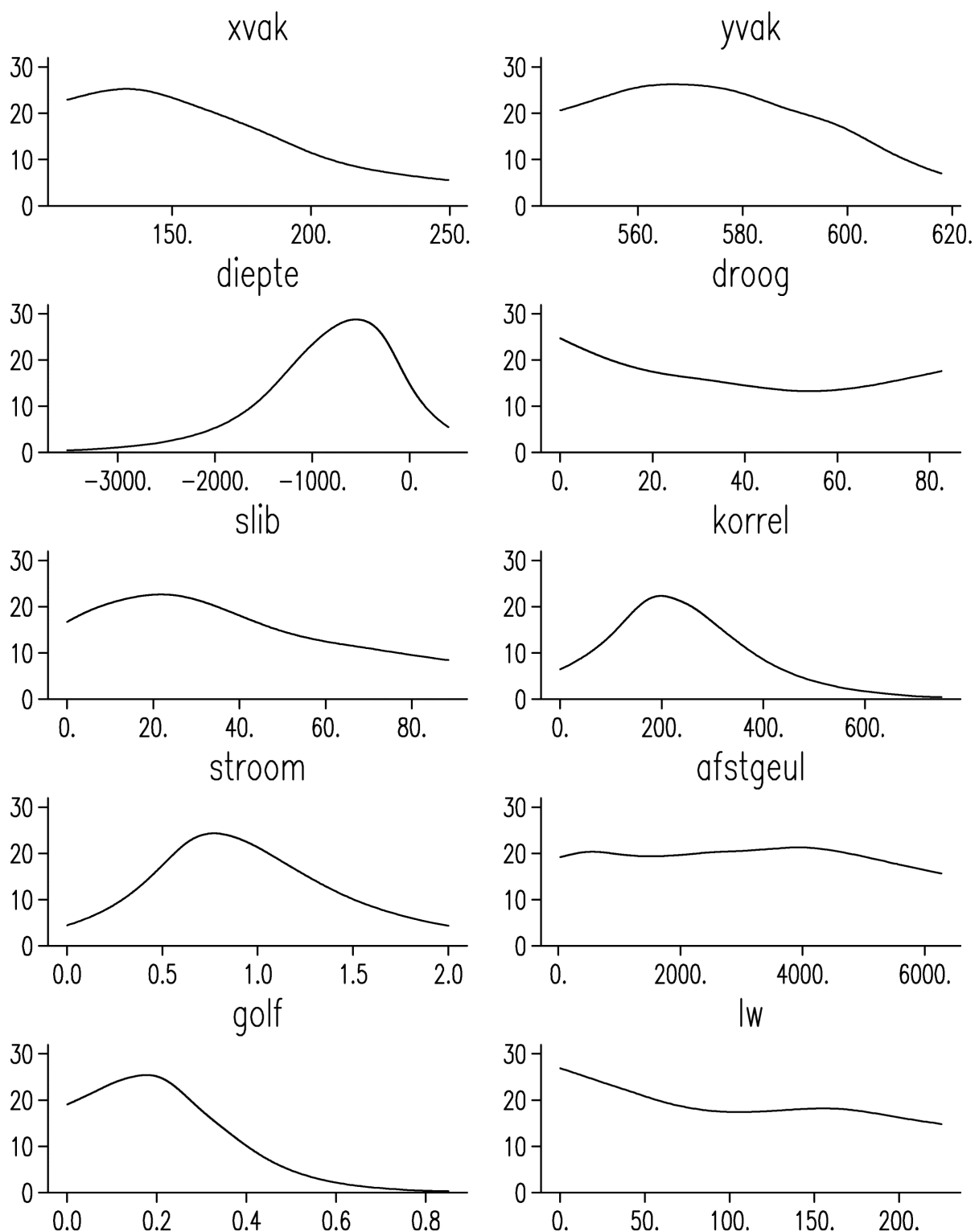
abiotiek	p-marginaal	p-conditioneel	f-marginaal	f-conditioneel
diepte	0.000	0.000	37.58	6.13
droog	0.000	0.033	19.80	2.91
slib	0.000	0.361	6.64	1.07
korrel	0.000	0.002	13.66	5.01
stroom	0.000	0.000	21.57	6.28
afstgeul	0.210	0.031	1.51	2.96
golf	0.000	0.000	35.18	20.47
lw	0.000	0.014	24.94	3.56

Met uitzondering van afstgeul zijn alle marginale p-waarden zeer significant. De conditionele toetsen geven aan dat met name diepte, korrel, stroom en golf van belang zijn. Grafieken van de marginale modellen, dus steeds met slechts één abiotische variabele in het model, zijn gegeven in Fig. 2. Voorspellingen onder het volledige model zijn gegeven in Fig. 3. In tabel 3 staat hoe de verschillende abiotische variabelen (in de vorm van een spline) met voorwaartse selectie achtereenvolgens worden geselecteerd.

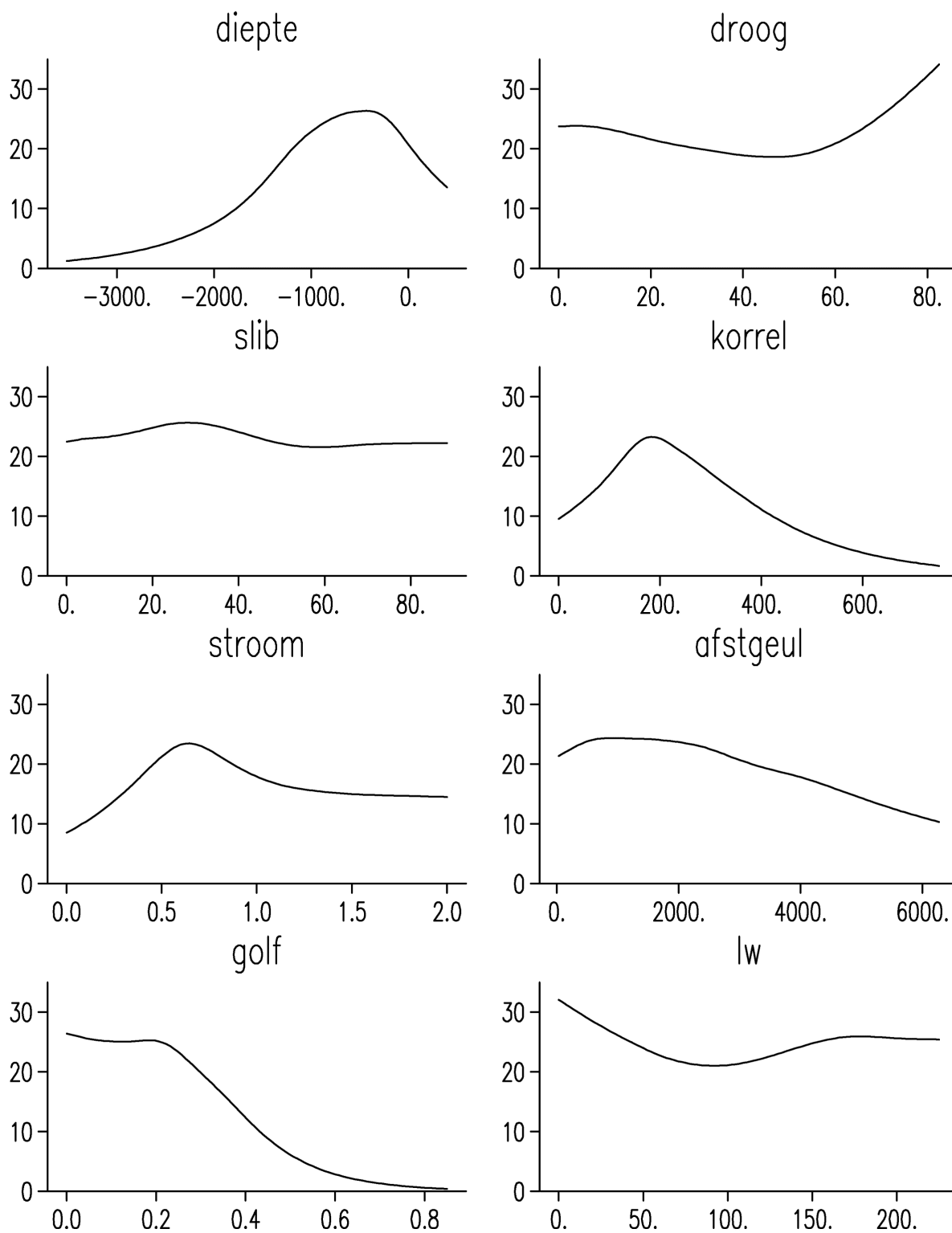
Tabel 3: Resultaten van voormaatse selectie van de verschillende abiotische variabelen (in de vorm van een spline). De laatste kolom geeft aan of toevoeging van de variabele nog een significante verbetering geeft.

Abiotiek	df	deviance	mean deviance	deviance ratio	p-waarde
+ SSPLINE(diepte ; 3)	3	8203.91	2734.64	38.80	<.001
+ SSPLINE(golf ; 3)	3	4648.48	1549.49	21.98	<.001
+ SSPLINE(korrel ; 3)	3	1795.41	598.47	8.49	<.001
+ SSPLINE(lw ; 3)	3	2236.08	745.36	10.58	<.001
+ SSPLINE(stroom ; 3)	3	1129.32	376.44	5.34	0.001
+ SSPLINE(afstgeul ; 3)	3	545.37	181.79	2.58	0.052
+ SSPLINE(droog ; 3)	3	573.63	191.21	2.71	0.043
+ SSPLINE(slib ; 3)	3	225.79	75.26	1.07	0.361
Residual	4191	295385.63	70.48		
Total	4215	314743.62	74.67		

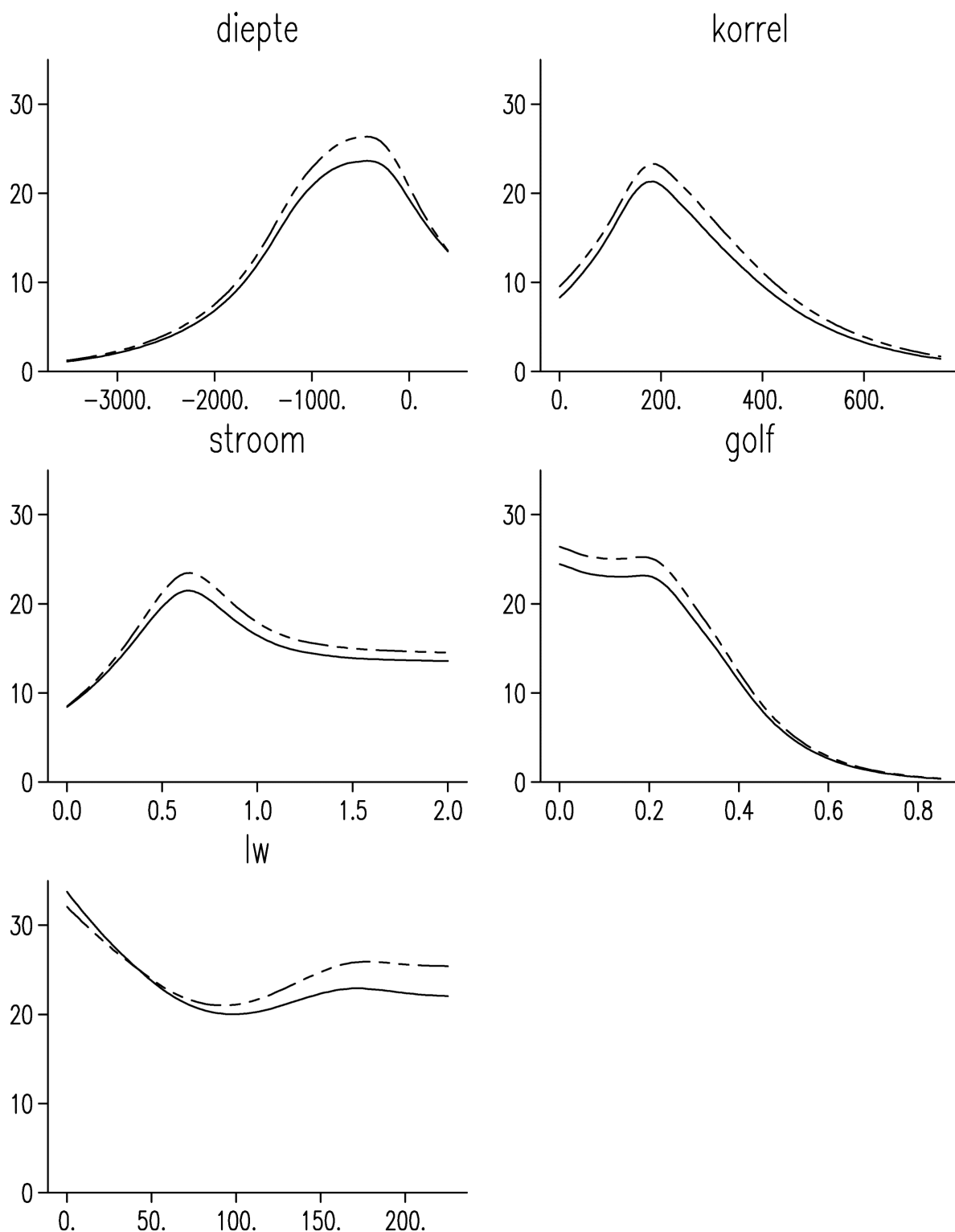
Hieruit blijkt dat het model met diepte, golf, korrel, lw en stroom voldoende is. Dit is in overeenstemming met de resultaten van de conditionele toetsen. De voorspellingen onder het model met diepte, golf, korrel, lw en stroom zijn sterk vergelijkbaar met die onder het volledige model, zoals blijkt uit de grafische voorstelling van het model in Fig. 4.



Figuur 2: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter voor de marginale modellen met slechts een smoothing spline met 3 df in één abiotische variabele. De voorspellingen zijn niet gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in xvak en yvak.



Figuur 3: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter voor het volledige model met smoothing splines met 3 df. De voorspellingen zijn berekend voor de mediaan van alle andere variabelen. De voorspellingen zijn niet gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in xvak en yvak.



Figuur 4: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter onder het met voorwaartse selectie geselecteerde model. De stippellijn is de voorspelling onder het volledige model met alle abiotische variabelen. De voorspellingen zijn berekend voor de mediaan van alle andere variabelen. De voorspellingen zijn niet gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in x -vak en y -vak.

Resultaten met correctie voor ruimtelijke verschillen

De resultaten van de gecorrigeerde toetsen zijn opgenomen in onderstaande Tabel 4. Hierbij is dus gecorrigeerd met het model $xvak + xvak^2 + xvak^3 + yvak + yvak^2 + yvak^3 + xvak*yvak + xvak^2*yvak + xvak*yvak^2$.

Tabel 4: Significanties en F-waarden voor de marginale en conditionele toetsen per abiotische variabele voor het voor ruimtelijke verschillen gecorrigeerde model.

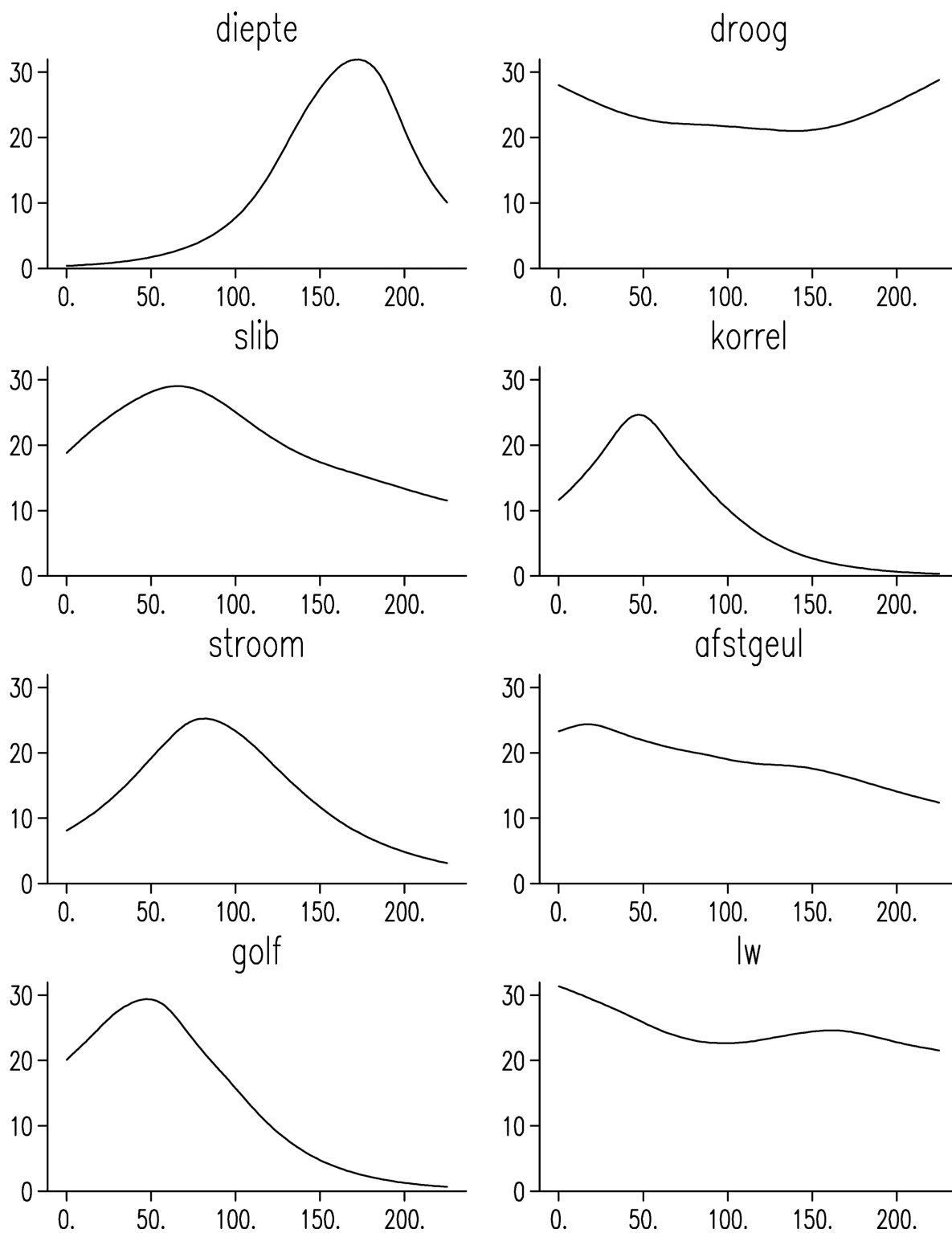
abiotiek	p-marginaal	p-conditioneel	f-marginaal	f-conditioneel
diepte	0.000	0.000	24.34	9.31
droog	0.007	0.018	4.03	3.35
slib	0.000	0.243	8.61	1.39
korrel	0.000	0.000	16.32	8.46
stroom	0.000	0.001	14.33	5.52
afstgeul	0.029	0.022	3.02	3.21
golf	0.000	0.000	23.81	11.89
lw	0.000	0.015	8.18	3.50

Met uitzondering van afstgeul zijn alle marginale p-waarden zeer significant. De conditionele toetsen geven aan dat met name diepte, korrel, stroom en golf van belang zijn. Deze resultaten zijn volledig in overeenstemming met de ongecorrigeerde analyse. Grafieken van de marginale modellen, dus steeds met slechts één abiotische variabele in het model, zijn gegeven in Fig 5. Voorspellingen onder het volledige model zijn gegeven in Fig. 6. In Tabel 5 is weergegeven hoe met voorwaartse selectie de abiotische variabelen achtereenvolgens worden geselecteerd:

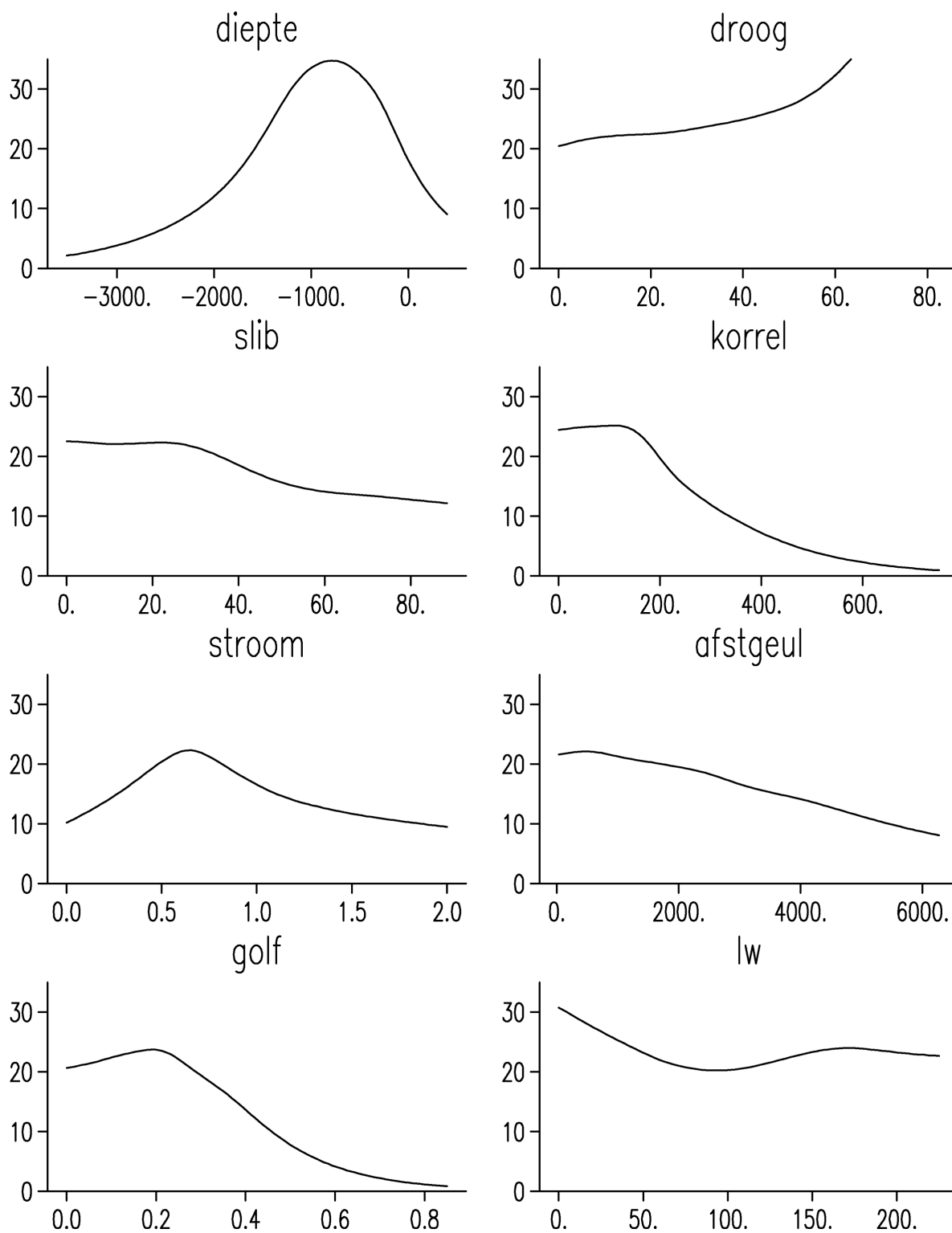
Tabel 5: Resultaten van voorwaartse selectie van de verschillende abiotische variabelen (in de vorm van een spline). De laatste kolom geeft aan of toevoeging van de variabele nog een significante verbetering geeft.

abiotiek	df	deviance	mean deviance	deviance ratio	p-waarde
+ correctie in xvak , yvak	9	12389.91	1376.66	20.02	<.001
+ SSPLINE(diepte ; 3)	3	5162.88	1720.96	25.03	<.001
+ SSPLINE(korrel ; 3)	3	3517.49	1172.50	17.05	<.001
+ SSPLINE(golf ; 3)	3	2378.25	792.75	11.53	<.001
+ SSPLINE(lw ; 3)	3	1195.23	398.41	5.79	<.001
+ SSPLINE(stroom ; 3)	3	887.86	295.95	4.30	0.005
+ SSPLINE(afstgeul ; 3)	3	687.29	229.10	3.33	0.019
+ SSPLINE(droog ; 3)	3	654.82	218.27	3.17	0.023
+ SSPLINE(slib ; 3)	3	287.22	95.74	1.39	0.243
Residual	4182	287582.68	68.77		
Total	4215	314743.62	74.67		

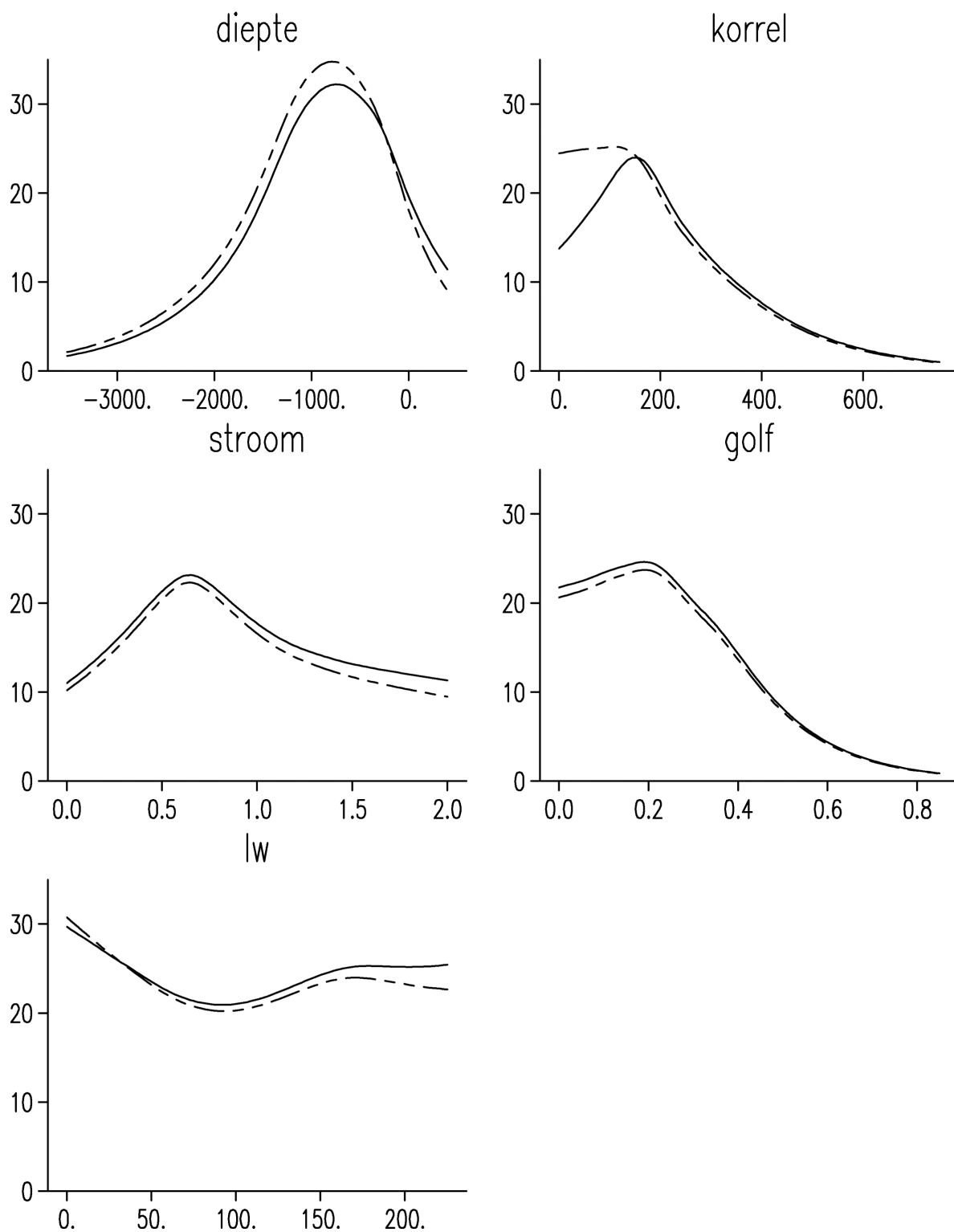
Hieruit blijkt dat het model met diepte, korrel, golf, lw en stroom voldoende is. Dit is volledig in overeenstemming met de ongecorrigeerde analyse en ook met de resultaten van de conditionele toetsen. De voorspellingen onder het model met diepte, golf, korrel, lw en stroom zijn sterk vergelijkbaar met die onder het volledige model, met uitzondering van de curve voor korrel. Een grafische voorstelling is opgenomen in Figuur 7.



Figuur 5: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter voor de marginale modellen met slechts een smoothing spline met 3 df in één abiotische variabele. De voorspellingen zijn gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in x vak en y vak.



Figuur 6: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter voor het volledige model met smoothing splines met 3 df. De voorspellingen zijn berekend voor de mediaan van alle andere variabelen. De voorspellingen zijn gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in xvak en yvak.



Figuur 7: Voorspellingen van het aantal eidereenden in een vak van 750 bij 750 meter onder het met voorwaartse selectie geselecteerde model. De stippellijn is de voorspelling onder het volledige model met alle abiotische variabelen. De voorspellingen zijn berekend voor de mediaan van alle andere variabelen. De voorspellingen zijn gecorrigeerd voor een ruimtelijk verloop in x -vak en y -vak.

Conclusie

De resultaten van de ongecorrigeerde en de gecorrigeerde analyse zijn goed vergelijkbaar. Aan welke analyse in de rapportage de voorkeur wordt gegeven is in zekere zin een kwestie van smaak. Voordeel van de ongecorrigeerde analyse is de eenvoud.

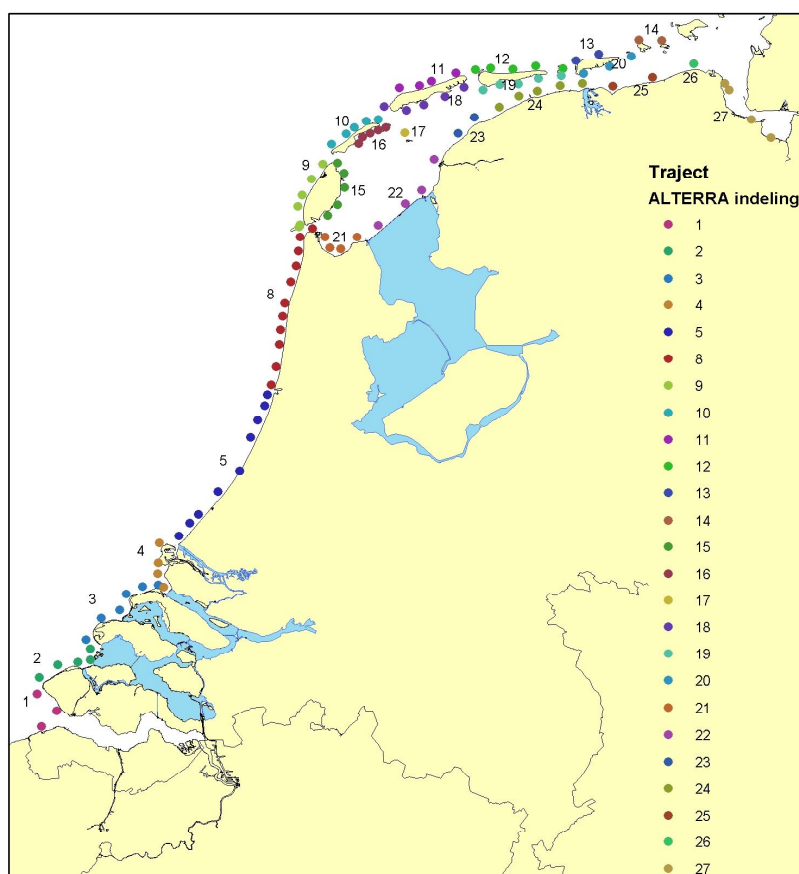
Bijlage 6 "Imputing" van ontbrekende waarnemingen bij strandvondsten van dode Eidereenden

Inleiding

Door Kees Camphuysen zijn de gegevens over de aan de kust angespoelde dode Eidereenden ter beschikking gesteld. Het gaat om gegevens die verzameld worden door vrijwilligers in het kader van de "beached bird surveys" en opgeslagen in een database van NZG/NLO. Omdat de zoekinspanning kan verschillen tussen teltrajecten, tussen jaren en tussen maanden is het nodig om daarvoor te corrigeren (Camphuysen *et al.* 2002). In deze bijlage wordt beschreven hoe de *imputing* van ontbrekende gegevens in zijn werk is gegaan. De analyse en de tekst zijn afkomstig van dr. Paul Goedhart van Biometris in Wageningen.

Teltrajecten

In de database worden 108 verschillende teltrajecten onderscheiden. Voor de analyse in het kader van deze rapportage zijn deze samengenomen tot 25 trajecten. Door een toevalligheid zijn deze genummerd van 1 t/m 27, waarbij nummers 6 en 7 ontbreken. In Fig. 1 is elk punt een oorspronkelijk teltraject en is middels een kleur en een nummer aangegeven aan welk traject het oorspronkelijke traject is toegekend.



Figuur 1: Teltrajecten in het kader van de beached bird survey. Elk punt is een teltraject zoals onderscheiden in de database van NZG/NLO. Middels een aparte kleur en een apart nummer is aangegeven hoe deze trajecten zijn samengenomen tot grotere eenheden in het kader van deze rapportage.

Analyse

Er zijn in totaal 2369 tellingen en 5731 ontbrekende waarnemingen. De som is 8100 en dit is gelijk aan het produkt van het aantal jaren (27), het aantal maanden (12) en het aantal transecten (25). De waarnemingen zijn dus redelijk dun gezaaid. Deze waarnemingen worden gemodelleerd met een loglineair model met Poisson verdeling, log-link en overdispersie. Verder wordt als offset gebruikt $\log(\text{Effort})$. Dit modelleert de veronderstelling dat de aantallen evenredig zijn met de effort. Jaar staat steeds voor het kalenderjaar!

Er is eerst verondersteld dat de gevonden aantallen evenredig zijn met de "Werkelijke effort". Vervolgens zijn alle 14 mogelijke modellen aangepast. Daaruit blijkt dat, met $s=\text{transect}$, $y=\text{jaar}$ en $m=\text{maand}$, het meest uitgebreide model met alle twee-factor interacties ($s + y + m + s.y + s.m + y.m$) veruit het beste is. De p-waarden van de modellen met minder termen zijn allemaal <0.001 . Met andere woorden er zit zeer veel detail in de data. Voor het volledige model is de overdispersie 5,92. Helaas kan het volledige model niet gebruikt worden om te imputen omdat veel parameters in dit model niet schatbaar zijn. In de tabel (jaar x transect) en in de tabel (maand x transect) zitten te veel lege cellen zonder waarnemingen. De tabel (jaar x maand) kent slechts lege cellen voor de jaren 1977, 1978 en 2003. Uiteindelijk is het model ($s + y + m + y.m$) als basis genomen, waarbij de jaren 1977, 1978 en 2003 verwijderd zijn.

Vervolgens is nader naar de veronderstelling van evenredigheid van aantallen en effort gekeken. Als de werkelijke effort kleiner of gelijk is aan de lengte dan is er geen probleem met de veronderstelling. Echter als de effort groter is dan de lengte dan zou de veronderstelling niet kunnen kloppen. Veronderstel bijvoorbeeld dat men hetzelfde transect in zijn geheel op drie opeenvolgende dagen heeft gelopen, de lengte is dan bijvoorbeeld 20 en de effort 60. Dan mag toch niet verwacht worden dat het waargenomen aantal ook drie keer zo groot is als bij 1 keer lopen. Je zou dan een kleinere factor dan drie verwachten. Overigens wordt verondersteld dat bij herhaald aflopen van hetzelfde transect, er geen dode vogels dubbel geteld worden.

Definieer

$\text{effort1} = \text{MINIMUM}(\text{WerkelijkeEffort} ; \text{Lengte})$

$\text{effort2} = \text{WerkelijkeEffort} / \text{effort1}$

Dan is $\text{WerkelijkeEffort} = \text{effort1} * \text{effort2}$

Voorbeeld :

Lengte	Werkelijk-Effort	effort1	effort2
20	15	15	1.0
20	30	20	1.5

Er wordt nu niet gemodelleerd dat $\text{Aantal} \sim \text{effort1} * \text{effort2}$, maar $\text{Aantal} \sim \text{effort1} * \text{effort2}^{**}(\beta)$.

Oftewel op log-schaal $\text{Log}(\text{aantal}) = \text{Log}(\text{effort1}) + \beta * \text{Log}(\text{effort2})$.

Als $\beta=1$ dan kan dus de WerkelijkeEffort als evenredigheids factor worden aangenomen. Als β niet gelijk is aan 1, dan is de verwachting dat $\beta < 1$.

Voor het model ($s + y + m + y.m$) blijkt dat de schatting voor β gelijk is aan 0.649 (SE=0.081).

Voor het volledige model ($s + y + m + y.m + y.s + m.s$) is de schatting 0.610 (SE=0.103). Dit is een duidelijk beeld, maar bij analyse van vergelijkbare gegevens aan Scholeksters is de schatting gelijk aan 1 of ligt zelfs beduidend hoger. Om consistent te zijn met de Scholekster is besloten ook voor de Eidereend evenredigheid met WerkelijkeEffort aan te nemen.

Van de 2369 waarnemingen zijn er 222 van een lage kwaliteit. Als de factor Kwaliteit aan het model ($s + y + m + y.m$) wordt toegevoegd, dan is deze zeer significant ($p < 0.001$). Merkwaardig genoeg zijn de lage kwaliteit tellingen een factor 3.08 hoger dan de hoge kwaliteit tellingen. Een verklaring hiervoor ontbreekt.

Het definitieve model is evenredigheid met WerkelijkEffort, geen correctie voor kwaliteit en verder (s + y + m + y.m). De jaren 1977, 1978 en 2003 zijn niet meegenomen in de analyse. Dit model geeft gefitte waarden. Omdat de WerkelijkEffort steeds verschilt zijn de gefitte waarden niet goed te vergelijken. Dit geldt overigens ook voor de tellingen zelf. Daarom zijn beide teruggerekend naar de lengte van de transecten, dus

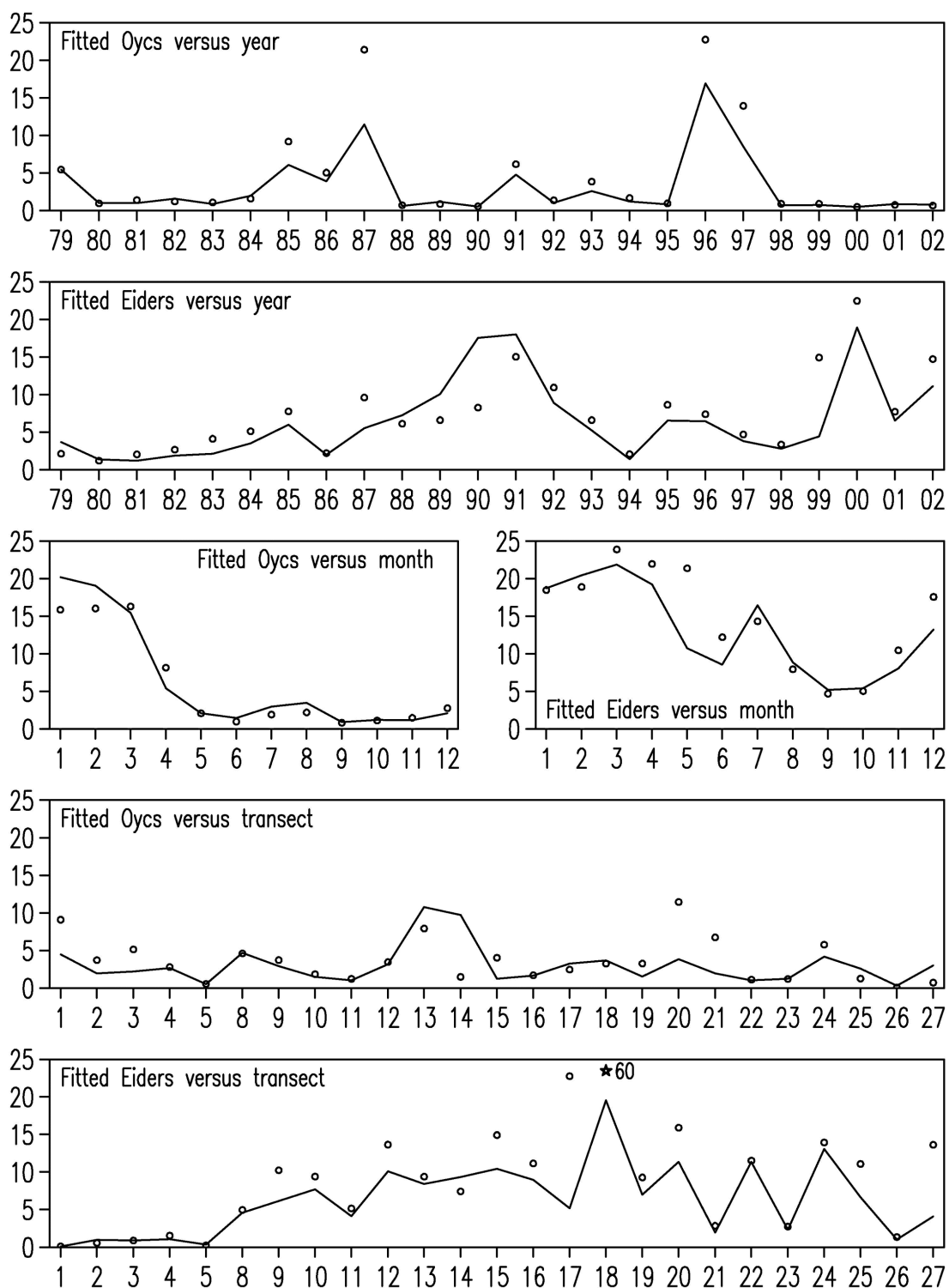
$ltelling = telling * Lengte / WerkelijkEffort$

$lfitted = fitted * Lengte / WerkelijkEffort$

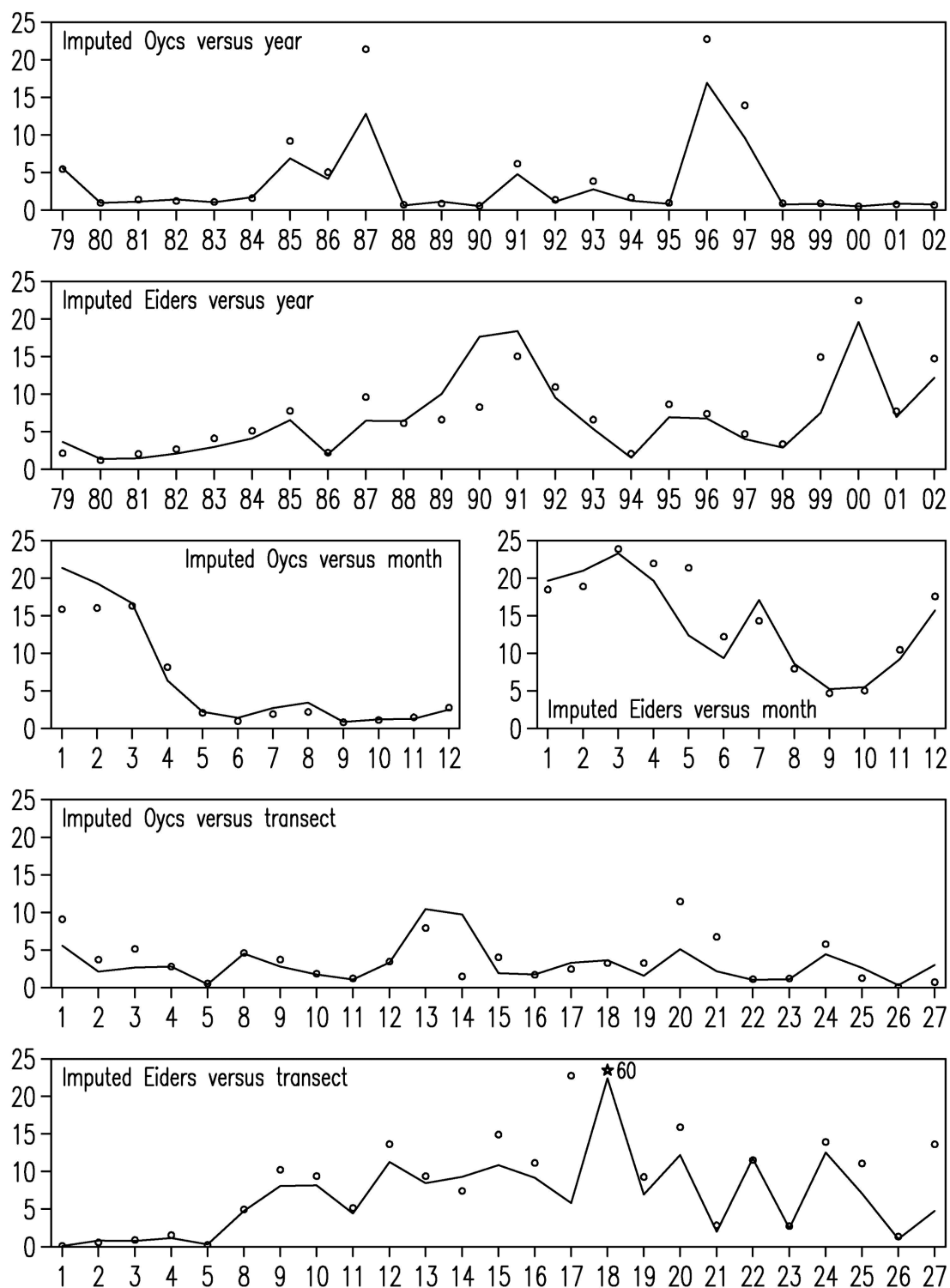
Geimputeerde tellingen worden dan verkregen met

$limputed = MVREPLACE(ltelling ; lfitted)$, waarbij MVREPLACE staat voor Missing Value REPLACE.

We hebben nu voor alle combinaties van (s,y,m) een lfitted en een limputed. Vervolgens zijn grafieken gemaakt van totalen (gedeeld door 1000) versus jaar, versus maand en versus transect en deze zijn bijgesloten. In Fig. 2 staat de doorgetrokken lijn voor de gefitte totalen (op basis van lfitted) en de rondjes zijn de waargenomen totalen op basis van ltelling. De laatste zijn bijvoorbeeld berekend door de naar jaar uitgesplitste gemiddelden van ltelling te vermenigvuldigen met het aantal maanden (12) en het aantal transecten (25). In Fig. 3 zijn de geimputeerde totalen (gedeeld door 1000) uitgezet. Het waargenomen totaal voor transect 18 is weergegeven met een sterretje, want het waargenomen totaal is 60 en dit valt buiten de schaal. Er zijn weinig verschillen tussen de grafieken.



Figuur 2: Waargenomen totalen (rondjes) en gefitte totalen (doorgetrokken lijn) als functie van jaar, maand en transect. Behalve voor de Eidereend is dit ook weergegeven voor doodgevonden Scholeksters (Oycs).



Figuur 3: Waargenomen totalen (rondjes) en "geïmputeerde" totalen (doorgetrokken lijn) als functie van jaar, maand en transect. Behalve voor de Eidereend is dit ook weergegeven voor doodgevonden Scholeksters (Oycs).