

Scholeksters en voedselreservering

Berekeningen naar aanleiding van de voedselreservering
in de vorm van kokkels in Waddenzee en Oosterschelde
gedurende de periode 1993 - 1998

Rapport RIKZ/2002.042



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Scholeksters en voedselreservering

**Berekeningen naar aanleiding van de
voedselreservering in de vorm van kokkels in
Waddenzee en Oosterschelde gedurende de periode
1993-1998**

8 oktober 2002

Rapport RIKZ/2002.042

Dr. J. de Vlas

Inleiding 5

1 Samenvatting 7

2 Bouwstenen van de berekening 9

- 2.1 De aantallen Scholeksters 9
- 2.2 Voedselopname per Scholekster 9
- 2.3 De kokkelbestanden 11
- 2.4 Vermagering, groei en sterfte van Kokkels 12
- 2.5 Uitputting van kokkelbestanden door Scholeksters; relatie aantal Scholeksters en prooidichtheid 12
- 2.6 Predatie door Eidereenden 14
- 2.7 Mosselen en andere "alternatieve" prooien 15
- 2.8 De invloed van visserij op de kokkelstand 16
- 2.9 Berekeningsstappen, en een overzicht van de belangrijkste parameters 17

3 Calibratie 21

- 3.1 Algemene vuistregels 21
- 3.2 Calibratie op de Oosterschelde 21
- 3.3 Vergelijking met gegevens van Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse voor de Waddenzee 23

4 Resultaten Oosterschelde 25

- 4.1 De Vogelstand in de Oosterschelde 25
- 4.2 Het berekeningsresultaat voor een willekeurig jaar 25
- 4.3 Overzicht van de jaren 1990-1997 in de Oosterschelde 26
- 4.4 Effecten van visserij in de Oosterschelde 28

5 Resultaten Waddenzee 33

- 5.1 De referentie voor de vogelstand in de Waddenzee 33
- 5.2 Het berekeningsresultaat voor een willekeurig jaar 33
- 5.3 Overzicht van de jaren 1990-1997 in de Waddenzee 34
- 5.4 Effecten van visserij in de Waddenzee 37

6 Discussie 39

- 6.1 De calibratie 39
- 6.2 Alternatieve voedselbronnen 43
- 6.3 Mogelijke voedseltekorten voor de Scholeksters 44
 - 6.3.1 Oosterschelde 44
 - 6.3.2 Waddenzee 45
- 6.4 De methode van voedselreservering: in dichtheden boven 50 per m² of ten opzichte van het totale kokkelbestand? 46
- 6.5 Wenselijke voedselreservering in relatie tot scholeksterstand en voedselbehoefte 49
- 6.6 Wat gebeurt er met de Scholeksters wanneer er echt te weinig voedsel is? 51

7 Conclusies 53

8 Literatuur 55

Sinds 1970 heeft de mechanische kokkelvisserij een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Daardoor werd het mogelijk om efficiënt en op grote schaal op kokkels te vissen voor menselijke consumptie. De belangrijkste visgebieden waren de droogvallende platen in de Waddenzee en de Oosterschelde. Het wegvissen van aanzienlijke hoeveelheden kokkels kan gevolgen hebben voor de vogelstand van de Waddenzee, omdat daardoor de voedselvoorraad voor vogels (met name Scholeksters en Eidereenden) wordt verminderd.

In 1993 werd een politiek besluit genomen over de verdeling van kokkels tussen kokkelvisserij en vogels (Structuurnota Zee- en Kustvisserij, 1993). In jaren waarin de voedselbehoefte van vogels, opgeteld bij de gewenste vangst van de visserijsector groter is dan de werkelijk aanwezige hoeveelheid moet 60% van de voedselbehoefte van vogels na visserij blijven liggen, in de vorm van kokkels in dichtheden boven 50 per m². Aangenomen werd de overige 40% van de voedselbehoefte gedekt zou kunnen worden door het eten van andere prooien, zoals wormen. De hoeveelheid te reserveren voedsel (voor alle schelpdieretende vogels samen) is berekend aan de hand van de in 1992 bekende voedselbehoefte van de relevante vogelsoorten en de vogelaantallen. Voor wat betreft de aantallen zijn de vogeltellingen van de jaren 1987-1991 in de Oosterschelde als referentie gekozen, voor de Waddenzee de tellingen in de jaren 1980 – 1990. Voor de Oosterschelde kwam de reservering uiteindelijk uit op 2,04 miljoen kilo kokkelvlees, en voor de Waddenzee op 7,56 miljoen kilo kokkelvlees. Ook voor mosselen werd er een reserveringsbeleid van toepassing, omdat een deel van het voedsel van Scholeksters en Eidereenden geacht werd uit mosselen te bestaan. In de Oosterschelde zou 0,78 miljoen kg mosselvlees worden gereserveerd, en in de Waddenzee 2,52 miljoen kg. In de Oosterschelde verdwenen de mosselen (door veranderingen in de mosselcultuur) al rond 1990 van de platen. Ze speelden dan ook geen rol in de berekeningen. In de beschouwde periode waren er in de Waddenzee bijzonder weinig mosselen te vinden, behalve in de winter van 1994-95. Toch zijn de mosselen in de Waddenzee wel in de berekeningen betrokken.

In 1998 werd het reserveringsbeleid voor schelpdieren voor het eerst geëvalueerd. In 2003 volgt een tweede evaluatie (het EVA-2 onderzoek). De nu voor u liggende bureaustudie is uitgevoerd ná de eerste tranche van het evaluatieonderzoek, maar nog vóórdat het EVA-2 onderzoek van start ging. De bestudeerde periode beslaat de jaren 1990 – 1997, waarin vanaf 1993 het reserveringsbeleid van kracht was. Het voornaamste doel was, na te gaan of de gebruikte manier van reserveren ook inderdaad tot gevolg had dat de berekende 60% van de voedselbehoefte kon worden gedekt, en bij welke reservering (rekening houdend met andere voedselbronnen) de totale voedselvoorziening voor Scholeksters gewaarborgd zou zijn.

De uitkomsten zijn nu niet meer politiek actueel, omdat inmiddels voor de Oosterschelde een aanzienlijke vergroting van de te reserveren voedselhoeveelheid is gekozen, en omdat de situatie in de Waddenzee veranderd is door de ontwikkeling van mosselbanken. Deze studie wordt nu toch nog als rapport uitgebracht, omdat de berekeningswijze als basis is genomen voor een geavanceerd berekeningsmodel dat in het kader van het EVA 2 onderzoek wordt ontwikkeld. Daardoor kunnen geïnteresseerden kennis

nemen van de basis van het berekeningsmodel en van de mogelijke uitkomsten voor het beleid.

Het rapport beperkt zich tot de voedselreservering voor Scholeksters, met name in de vorm van Kokkels. Bij een bepaalde kokkelstand en bij een bekende dichtheid en oppervlakte van de kokkelbanken ligt het aan de voedselbehoefte en het gedrag van de Scholeksters hoe veel daarvan opgegeten wordt. Factoren die een rol spelen zijn: de aantallen Scholeksters, hun keuze om Kokkels te eten in plaats van wat anders, en de fysieke mogelijkheid om die Kokkels ook inderdaad te bemachtigen.

Voor de meeste vogelsoorten zou het beslist onmogelijk zijn om de waarde van deze parameters te schatten, maar juist aan Scholeksters is zo veel onderzoek gedaan dat het wel kan. Veel gegevens zijn ontleend aan een monografie over de Scholekster onder redactie van Anne-Marie Blomert, Bruno Ens, John Goss-Custard, Jan Hulscher en Leo Zwarts, gepubliceerd in een speciaal nummer van het ornithologische tijdschrift *Ardea*, getiteld "Oystercatchers and their estuarine food supplies" (Blomert *et al.*, 1996)

Voor wat betreft de kokkelstand vormen de gegevens uit de publicaties van Marnix van Stralen en Joke Kesteloo-Hendrikse (RIVO), betreffende de kokkelstand in Waddenzee en Oosterschelde tussen 1990 en 1997 het belangrijkste uitgangspunt van de berekeningen. Gegevens over de groei en overleving van kokkels op het Balgzand werden ter beschikking gesteld door Jan Beukema (NIOZ). Daardoor was het mogelijk om scenario's door te rekenen voor situaties zonder en met kokkelvisserij.

Het bleek mogelijk om tot min of meer sluitende berekeningen te komen, en daardoor ook tot conclusies over het verband tussen reservering van kokkels en de voedselvoorziening van Scholeksters. Zoals hierboven reeds vermeld zullen de berekeningen in het kader van het EVA-2 onderzoek verfijnd worden, waarna een rapportage in het kader van de evaluatie zal volgen.

Tenslotte wil ik Bruno Ens bedanken voor zijn aanvullingen in een eerdere versie van dit document.

1 Samenvatting

In het kader van het visserijbeleid zijn vanaf 1993 maatregelen genomen om voedselgebrek van schelpdieretende vogels in de Oosterschelde en de Waddenzee te voorkomen. Om na te kunnen gaan of het systeem van voedselreservering van kokkels voor Scholeksters aan zijn doel heeft beantwoord zijn berekeningen gemaakt over de voedselvoorziening van Scholeksters in Oosterschelde en Waddenzee, voor de periode 1990 - 1997. Dat gebeurde met behulp van een rekenmodel dat is gemaakt met behulp van de bestaande literatuur over voedselopname van Scholeksters. Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van gegevens over de populatieopbouw van kokkels op het Balgzand en de door het RIVO verzamelde gegevens over de kokkelstand in de Waddenzee en Oosterschelde. Voor wat betreft de aantallen Scholeksters is uitgegaan van de aantallen die in de Structuurnota zijn gehanteerd voor de voedselreservering die sinds 1993 van kracht is in de Oosterschelde en Waddenzee. Alle gegevens en hun onderlinge relaties zijn in een tweetal spreadsheets gebracht die berekeningen per jaar mogelijk maakten.

Voor de berekening van de voedselbehoefte is uitgegaan van de scholekster aantallen in de periode voorafgaand aan de reservering; voor de Oosterschelde de periode 1987 - 1991 en voor de Waddenzee de periode 1980 - 1990. De hoeveelheid voedsel die per dag nodig is voor overwinterende Scholeksters is vrij nauwkeurig bekend. Afhankelijk van de temperatuur, de plaats (Waddenzee of Oosterschelde) en de tijd van het jaar ligt die ongeveer tussen 170 en 264 gram vers schelpdiervlees per dag. Ook de beschikbare gegevens over de kokkelstand waren zeer gedetailleerd, zowel voor wat betreft de aanwezige aantallen en biomassa's als voor wat betreft de verspreiding van de kokkels over de droogvallende platen.

De bestaande literatuur maakt het echter niet mogelijk om nauwkeurig te voorspellen welk deel van de in de bodem aanwezige kokkels door Scholeksters gevonden zouden kunnen worden. Daarom is het model gekalibreerd op de Oosterschelde. Dat was mogelijk doordat Scholeksters in de Oosterschelde gedurende de jaren 90 door voedselschaarste gedwongen zijn geweest om zo veel mogelijk kokkels op te sporen en op te eten. Vervolgens zijn scenario's doorgerekend zonder kokkelvisserij, en met intensieve ongequoteerde kokkelvisserij.

In het reserveringsbeleid is uitgegaan van een reservering van 60% van de schelpdierbehoefte. Uit de resultaten kan worden afgeleid dat door de reserveringen krachtens de Structuurnota na de visserij een voedseldekking ontstond van gemiddeld 66% in de vorm van kokkels. In jaren met heel weinig kokkels, waarin niet op kokkels werd gevestigd omdat er al in de zomer minder kokkels waren dan de te reserveren hoeveelheid, was de voedseldekking uiteraard minder groot. Ten dele was dat terug te voeren op de visserij in voorafgaande jaren.

Bij gebrek aan andere voedselbronnen leidde de visserij in de Oosterschelde tot voedseltekorten of (in andere jaren) tot versterking van de voedseltekorten. In de Waddenzee werden de effecten van visserij in de meeste jaren overvleugeld door natuurlijke invloeden zoals strenge winters en de wisselende aanwezigheid van alternatieve voedselbronnen. In een enkel jaar (1995) werd de voedselschaarste in de Waddenzee echter wel versterkt door de

schelpdiervisserij, en zou een grotere reservering het tekort minder groot gemaakt hebben.

Scholeksters vinden lang niet alle kokkels die in de bodem aanwezig zijn. Uit de berekeningen kan worden afgeleid hoeveel kokkels van meer dan één groeiseizoen oud zouden moeten worden gereserveerd om een bepaalde voedseldekking te verkrijgen. Uitgaande van de in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij gehanteerde scholeksteraantallen zouden tekorten in de Oosterschelde pas te voorkomen zijn door reservering van minimaal 4 miljoen kg kokkelvles in dichtheden boven 50 per m², en (wanneer er weinig of geen mosselen beschikbaar zijn) in de Waddenzee van 12 miljoen kilo. Bij het reserveren van voedsel is het ook mogelijk om uit te gaan van de totale kokkelstand, in plaats van de hoeveelheid kokkels in dichtheden boven 50 per m². Uitgaande van de in de Structuurnota Zee- en Kustvisserij gehanteerde aantallen Scholeksters zouden tekorten in de Oosterschelde pas te voorkomen zijn door reservering van minimaal 8,5 miljoen kg kokkelvles in het totale bestand, en (wanneer er weinig of geen mosselen beschikbaar zijn) in de Waddenzee van 27 miljoen kilo.

Los van de referentie-aantallen Scholeksters kan worden gesteld dat er in september ongeveer 3,6 maal zo veel kokkelvles in de bodem aanwezig moet zijn dan de beoogde voedselopname door Scholeksters.

De mogelijke aanwezigheid van belangrijke alternatieve prooien wordt in het rapport kort besproken. Vooral rond de Oosterschelde kunnen regenwormen uit de omringende landerijen een rol hebben gespeeld, maar kennelijk zijn de tekorten daarmee niet volledig gedekt want in de beschouwde periode zijn de aantallen Scholeksters toch afgenomen, ongeveer overeenkomend met de veranderingen in de kokkelstand. In sommige jaren kunnen er ook jonge kokkeltjes zijn gegeten, met name in de Waddenzee in 1997 toen er veel kokkelbroed was en de groeiomstandigheden goed waren.

2 Bouwstenen van de berekening

2.1 De aantallen Scholeksters

De aantallen Scholeksters die voor hun voedselvoorziening aangewezen zijn op de Waddenzee zijn berekend op basis van de aantallen zoals die in de jaren 1979 - 1990 zijn geteld (Zegers en Kwint, 1992). Voor zover mogelijk werd voor elke maand apart een gemiddelde berekend. Voor maanden waarvoor geen tellingen beschikbaar waren zijn deze berekend door gemiddelden te nemen van voorafgaande en nakomende maanden. Daardoor ontstond een ongeveer vloeiend aantalverloop. Alleen voor aantallen in januari-februari is een aantal tellingen buiten beschouwing gelaten, namelijk die waarbij het aantal Scholeksters drastisch was verminderd door strenge vorst. Met zulke vorsttrek (zie Camphuysen *et al.* 1996) is dus geen rekening gehouden in de berekeningen. In feite is de relatie tussen Scholeksters en hun predatie op Kokkels in een dergelijke periode ook niet relevant, omdat de sterfte van Kokkels door bevrozing dan vele malen belangrijker is dan sterfte door predatie. Daarna komen de 'normale' aantallen Scholeksters weer terug, maar die vinden dan een snel afstervend kokkelbestand op de wadplaten. Deze nieuwe situatie is in de berekeningen op een andere wijze opgenomen (zie 5.2.5 en 5.3.3).

Voor de Oosterschelde is gebruik gemaakt van door Meininger (RIKZ, Middelburg) verstrekte getallen voor de jaren 1987-1991. Er is een marginaal verschil met de getallen in Meininger *et al.* (1997).

2.2 Voedselopname per Scholekster

Door meerdere auteurs zijn schattingen gemaakt van de dagelijkse voedselbehoefte van Scholeksters. Een samenvatting daarvan is gegeven in Zwarts *et al.* (1996a). Het gemiddelde van de door Zwarts *et al.* genoemde studies was ongeveer 36 gram asvrij drooggewicht per dag, voor een Scholekster met een gewicht van ongeveer 520 gram. Bij een verhouding van 1:4.7 tussen asvrij drooggewicht en vers gewicht van Kokkels (Beukema en Cadée, 1997) betekent dat 170 gram vers kokkelvlees per dag. De invloed van normale dagelijkse activiteit (vliegen, lopen) zou hierop van weinig invloed zijn, maar de temperatuur wel.

Volgens Kersten en Piersma (1987) is het energieverbruik van een Scholekster onafhankelijk van de temperatuur zolang die temperatuur boven de 10 °C ligt. Elke graad lager kost ongeveer ruim 1,5 gram asvrij droog voedsel extra om op temperatuur te blijven, hetgeen overeenkomt met ongeveer 7,5 gram vers kokkelvlees.

Wanneer een Scholekster zwaarder is, gebruikt hij meer voedsel. Zwarts *et al.* (1996b) geven voor het waddengebied een overzicht van de gewichten van Scholeksters in de loop van het jaar. 's Zomers zijn de Scholeksters die leven langs de waddenkust ongeveer 520 gram. Vanaf augustus tot december nemen ze steeds meer in gewicht toe, tot ze in januari en februari gemiddeld 620 gram wegen. In maart vindt een plotselinge gewichtsafname plaats tot 520 à 540 gram, en in april zijn de volwassen dieren weer op hun zomergewicht (Zwarts *et al.*, 1996b).

Zwarts *et al.* (1996a) geven een uitgebreide beschouwing over het energiegebruik van Scholeksters met een gewicht tussen 400 en 520 gram. In die range bleek het energieverbruik van een Scholekster evenredig met het lichaamsgewicht tot de macht 1.49. Bij een zwaardere Scholekster neemt de spiermassa en het gewicht van de organen van een Scholekster nauwelijks meer toe; het meeste gewicht boven 500 gram bestaat uit vet. Het kost uiteraard energie om dat vet op te bouwen en mee te dragen, maar het vetweefsel heeft maar een geringe metabolische activiteit. Vandaar dat Zwarts *et al.* veronderstellen dat de toename van de energiebehoefte door dit extra gewicht minimaal ongeveer evenredig zou moeten zijn aan de toename van het lichaamsgewicht (energieverbruik evenredig met het lichaamsgewicht tot de macht 1). Voor een Scholekster vanaf ongeveer 520 gram betekent dat 0.33 gram extra voedsel per dag voor elke extra gram lichaamsgewicht.

Het opbouwen van vetvoorraden kost uiteraard extra voedsel, en het opgebruiken ervan spaart voedsel. Overeenkomstig Zwarts *et al.* (1996a) is aangenomen dat het gebruiken van 1 gram vet ongeveer 1.2 gram voedsel uitspaart. Voor de opbouw van vetreserves kan dat niet waar zijn, aangezien vet een veel hogere energetische waarde heeft dan Kokkels en andere prooidieren die voornamelijk uit eiwitten bestaan. Daarom is aangenomen dat de opbouw van 1 gram vet (energetische waarde ongeveer 30 kJ per gram) ongeveer 2 gram voedsel kost (energetische waarde ongeveer 20 kJ per gram asvrij droog gewicht). Dit verschilt met Kersten & Piersma (1987), die vonden dat 1 gram verandering in lichaamsgewicht overeenkwam met 1,2 gram AVD voedsel, onafhankelijk van het feit of het hier een toe- dan wel een afname betrof.

Een laatste aspect dat hier van belang is, is het verschil in gewicht tussen Scholeksters die overwinteren in verschillende gebieden. Zwarts *et al.* (1996b) geven aan dat het gewicht sterk samenhangt met de risico's op voedselschaarste die een Scholekster in een bepaald gebied of in een bepaalde periode verwacht. Scholeksters in de weilanden, die niet afhankelijk zijn van de getijden, zijn daarom lichter dan dieren langs de kust. Ze eten dan ook wat minder (Zwarts en Blomert, 1996). Ook noemen Zwarts *et al.* het effect van het getijverschil in het fourageergebied van Scholeksters: Hoe groter het tijverschil, hoe minder vetreserves nodig zouden zijn omdat er in gebieden met een groot tijverschil zelfs bij verhoogde waterstanden altijd nog wel delen van het fourageergebied bereikbaar blijven. Voor Scholeksters in het deltagebied zijn gewichten gebruikt van Lambeck (1991). Deze zijn, in overeenstemming met hetgeen hierboven werd opgemerkt, 's winters duidelijk lichter dan de Scholeksters van de Waddenzee, maar ook in het Deltagebied hebben de Scholeksters een aanzienlijke gewichtstoename in de herfst (tot 560 à 565 gram), en een snelle gewichtsafname in het voorjaar.

Al deze aspecten zijn verwerkt in tabel 1. Hierin is tevens aangegeven welke voedselbehoefte per etmaal is gehanteerd in de berekeningen. Hierbij moet worden aangetekend dat deze hoeveelheden zijn gegeven in grammen kokkelvles van 'septemberkwaliteit'. In september is de verhouding asvrij drooggewicht: vers vleesgewicht ongeveer 1 : 4.7. In de loop van de winter verschuift deze verhouding naar 1 : 6 (Beukema en Cadée, 1997). De werkelijke opname in vers vleesgewicht per dag ligt 's winters dus nog een stuk hoger dan dat is aangegeven in tabel 1. In de berekeningen is dat probleem omzeild door gebruik te maken van het asvrij drooggewicht (zie ook 2.4).

Verder is aangenomen dat alleen Kokkels van minstens een jaar oud worden gegeten. Deze aanname is niet helemaal correct, want grote 0-jarige Kokkels kunnen wel een rol spelen als aanvullende voedselbron. Voor de Waddenzee wordt hierover een beschouwing gegeven in paragraaf 6.2.

Tabel 1

Dagelijkse voedselbehoefte van Scholeksters (uitgedrukt in grammen vers vlees per dag) in de loop van het seizoen voor Oosterschelde en Waddenzee.

OOSTERSCHELDE												
Factoren	sep	Okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug
Temperatuur (°C)	16	10	7	5	4	4	7	10	14	17	19	19
Gewicht (g)	520	535	550	565	565	565	560	520	500	500	500	500
Groei per dag (g)	0.7	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	-0.2	-1.3	-0.7	0.0	0.0	0.0
Effect op consumptie (in gram vers vlees per dag)												
"standaard"	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Temp.-effect	0.0	0.0	22.5	37.5	45.0	45.0	22.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gewichts-effect	0.0	5.0	9.9	14.9	14.9	14.9	13.3	0.0	-6.6	-6.6	-6.6	-6.6
Groei-effect	1.3	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	-0.2	-1.6	-0.8	0.0	0.0	0.0
Dagelijkse consumptie	171	176	203	223	230	230	206	168	163	163	163	163
WADDENZEE												
Factoren	sep	Okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug
Temperatuur (°C)	14	8	5	3	2	2	5	8	12	15	17	17
Gewicht (g)	540	560	580	600	620	620	530	520	520	520	520	520
Groei per dag (g)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.0	-3.0	-0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Effect op consumptie (in gram vers vlees per dag)												
"standaard"	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
Temp.-effect	0.0	15.0	37.5	52.5	60.0	60.0	37.5	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gewichts-effect	6.6	13.3	19.9	26.5	33.2	33.2	13.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Groei-effect	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	0.0	-3.6	-0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Dagelijkse consumptie	178	200	229	250	264	263	207	185	170	170	170	170

2.3 De kokkelbestanden

Mede in verband met de visserij op Kokkels wordt sinds 1990 door het RIVO elk jaar een inventarisatie gemaakt van het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren (Van Stralen, 1990; Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse, 1992; Kesteloo-Hendrikse en Van Stralen, 1992; Kesteloo-Hendrikse, 1993; Kesteloo-Hendrikse, 1994; Kesteloo-Hendrikse en Van Stralen, 1995; Kesteloo-Hendrikse en Van Stralen, 1996; Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse, 1997). Daarbij wordt voor de Oosterschelde en de Waddenzee een vrij nauwkeurig beeld verkregen van de kokkelstand, van het aantal hectares waarin verschillende dichtheden aan Kokkels kunnen worden aangetroffen en van de grootte van die Kokkels.

Aangezien de inventarisaties worden uitgevoerd in de voorzomer, maar bedoeld zijn om een prognose te geven voor de situatie in september wordt op basis van hetgeen bekend is over gemiddelde groei en overleving in de zomer een schatting gemaakt voor de situatie in september. Voor het gemiddelde vleesgewicht per Kokkel wordt door Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse een percentage van 15% aangehouden ten opzichte van het hele dier inclusief schelp. Als gemiddelde waarde voor het najaar is dat een reële waarde, maar in

september zijn de vleespercentages meestal hoger, namelijk circa 18% (mondelinge mededeling J. Holstein). Daarom is aangenomen dat de werkelijke biomassa's in september 20% hoger lagen dan volgens Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse. In enkele jaren, met name in 1995 in de Waddenzee en in 1996 in de Oosterschelde, is de groei van de Kokkels juist achter gebleven bij de prognoses, zodanig dat het voor de kokkelvisserij niet mogelijk was om het toegestane quotum aan Kokkels op te vissen. In die jaren is een september-vleesgewicht van ongeveer 15% aangehouden.

2.4 Vermagering, groei en sterfte van Kokkels

De kokkelbiomassa in de bodem verandert in de loop van het jaar door vermagering (van september tot maart), groei (van maart tot september) en sterfte. In grote lijnen is die vermagering en groei wel bekend (Zwarts, 1991; Beukema en Cadée, 1997). Die veranderingen hebben invloed op het aantal Kokkels dat per dag door een Scholekster gegeten moet worden; hoe magerder de Kokkels, hoe meer een vogel ervan moet eten om aan zijn dagelijkse rantsoen te komen. Daarom is voor elke maand een correctie toegepast op de biomassa van de overlevende Kokkels, en wel een maandelijkse vermagering van iets minder dan 11%. Deze afname is op basis van het asvrij droog gewicht; voor het verse vlees lijkt de vermagering minder sterk doordat het vlees 'wateriger' wordt. Het laagste asvrij droog gewicht, zijnde ongeveer de helft van het septembergewicht, wordt begin maart bereikt. Daarna treedt tot september een maandelijkse groei op waardoor een Kokkel na een jaar per saldo ongeveer 1,5 maal zo zwaar kan worden dan in september van het jaar daarvoor (gegevens van het Balgzand, J. Beukema). Omdat een dergelijke groei niet opgaat voor Kokkels van 4 jaar oud en ouder, is aangenomen dat die groei niet verder kon gaan dan tot 4 gram vers vleesgewicht (in septembersamenstelling) per Kokkel.

Behalve door predatie van Scholeksters gaan er ook door andere oorzaken Kokkels dood. De bekendste doodsoorzaak is (streng) vorst. Daardoor kan in een paar weken wel 95% van de Kokkels dood gaan, zij het dat de werkelijke sterfte (en dus het verlies van biomassa) soms pas enige tijd (enkele weken tot maanden) na de vorst merkbaar wordt. Er zijn diverse waarnemingen van Scholeksters die stervende of nog niet zo lang gestorven Kokkels aten (Zwarts *et al.*, 1996c; B.J. Ens, pers. waarn.). Daarom is aangenomen dat sterfte van Kokkels pas vanaf maart effect heeft op de voedselopname van Scholeksters. Sterfte door vorst is niet van tevoren te modelleren; na een strenge winter moet onderzoek uitwijzen hoe veel procent van de Kokkels is dood gegaan (zie ook 3.3). Maar ook in zachte winters zullen er wel Kokkels dood gaan door andere oorzaken dan predatie, bij voorbeeld door minder strenge vorstperiodes en stormen. Zelfs in zachte winters met weinig effect van stormen, zoals in de Oosterschelde vaak voorkomt, zal toch nog enige sterfte optreden. Voor deze minimale sterfte is een stelpost van 1 procent per maand aangenomen. Alle andere sterfte onder gunstige temperatuur- en windcondities zou dan dus door predatie zijn veroorzaakt.

2.5 Uitputting van kokkelbestanden door Scholeksters; relatie aantal Scholeksters en prooidichtheid

Bij Kokkels wordt vaak gesproken over 'kokkelbanken'. Dat zijn gebieden met relatief hoge kokkeldichtheden. Dit begrip heeft geen wezenlijke betekenis voor de berekeningen in dit rapport. Er is namelijk geen duidelijke grens aan te geven tussen kokkelbanken en verspreid voorkomende Kokkels. Ook Scholeksters trekken geen duidelijke grens; in kokkelarme jaren kan zelfs nog

enige predatie door Scholeksters plaats vinden in gebieden met slechts enkele Kokkels per m². Daarom zijn alle gebieden waar Kokkels voorkomen, in dichtheden tot enkele Kokkels per m², meegerekend.

De consumptie door Scholeksters is een belangrijke factor in het verloop van de kokkeldichtheid (en biomassa) in de bodem. Daardoor wordt een kokkelbank geleidelijk steeds verder uitgedund, en dus steeds minder aantrekkelijk voor Scholeksters. Uitgaand van een bekende voedselopname per dag en een maximum aantal Scholeksters per hectare dat op een bepaalde kokkelbank kan leven, kan worden uitgerekend hoe snel dat gaat.

Hoe meer Kokkels er per hectare in de bodem zitten, hoe meer Scholeksters er op kunnen fourageren. Gemiddeld over een heel getij blijkt dat echter meestal niet meer zijn dan 70 à 90 exemplaren per hectare (onder andere: Ens *et al.*, 1996a; Meire, 1996b; Sutherland, 1982). Hierbij dient te worden opgemerkt dat gedurende een deel van een getijcyclus tijdelijk veel grotere scholeksterdichtheden (tot 150 à 200 per hectare) kunnen worden waargenomen (B.J. Ens, ongepubliceerde gegevens over Scholeksters op Texel). Meire (1996b) beschrijft dit verschijnsel voor een drietal permanente kwadraten die op verschillende afstand ten opzichte van de laagwaterlijn liggen.

Coosen (1991) geeft voor de Oosterschelde wat de maximale dichtheden van Scholeksters kunnen zijn in relatie tot het aantal Kokkels/m². Van Stralen (1993) berekende een lijn door deze punten. Het resultaat is een hyperbolisch verband dat begint bij 15 à 20 Kokkels per m². Tot ongeveer 200 Kokkels per m² neemt het aantal Scholeksters per hectare snel toe; boven 300 Kokkels per m² wordt een volgens Coosen een plafond van ongeveer 50 Scholeksters per hectare bereikt. Onder de aanname dat het hierbij ging om volwassen Kokkels met een vers vleesgewicht van 1.5, 1.75 resp. 2 gram vers vleesgewicht per stuk is het verband met het asvrij drooggewicht aan Kokkels per m² en het aantal Scholeksters per hectare gegeven in figuur 1.

Door Meire (1993 en 1996a en b) is voor verschillende omstandigheden in de Oosterschelde aangegeven hoe de scholeksterdichtheden kunnen zijn bij verschillende kokkelbiomassa's. Deze zijn als punten verwerkt in figuur 1. De maximaal mogelijke dichtheden zijn hier relevant; deze liggen tussen bijna 0 bij zeer lage biomassa's tot circa 80 bij zeer hoge biomassa's. Meire geeft voor de relatie tussen kokkeldichtheid en aantal Scholeksters per hectare enkele lineaire, maar ook enkele hyperbolische verbanden, waarbij het aantal Scholeksters zeer snel toeneemt vanaf 10 of 20 gram asvrij droog gewicht per m² (25 à 50 grote Kokkels per m²). Bij hogere biomassa's, vanaf 100 à 200 gram asvrij droog gewicht per m² (250 à 500 grote Kokkels per m²) neemt het aantal Scholeksters per ha veel minder snel toe.

Op grond van de beschikbare literatuur komt ook het model van Bos (1994) tot een hyperbool, zij het met lagere scholeksterdichtheden. In zijn model speelt de snelheid waarmee Scholeksters kokkels kunnen eten, afhankelijk van de kokkeldichtheid, een belangrijke rol. Boven 300 kokkels per m² blijkt die opnamesnelheid nauwelijks meer toe te nemen (Sutherland, 1982, in Bos, 1994). Een algemeen geaccepteerde verklaring voor de waarneming dat niet alle Scholeksters in de gebieden met de hoogste voedseldichtheid fourageren is interferentie: Naarmate de Scholeksters dichter op elkaar fourageren hinderen ze elkaar in toenemende mate bij het zoeken naar voedsel (Ens & Goss-Custard, 1984; Ens & Cayford 1996. Als gevolg hiervan wijkt een deel der Scholeksters uit naar slechtere voedselgebieden.

In dit rapport is gekozen voor een hyperbolisch verband dat vanaf ongeveer 50 gram asvrij droog gewicht per m² overeenkomt met de gegevens van Coosen,

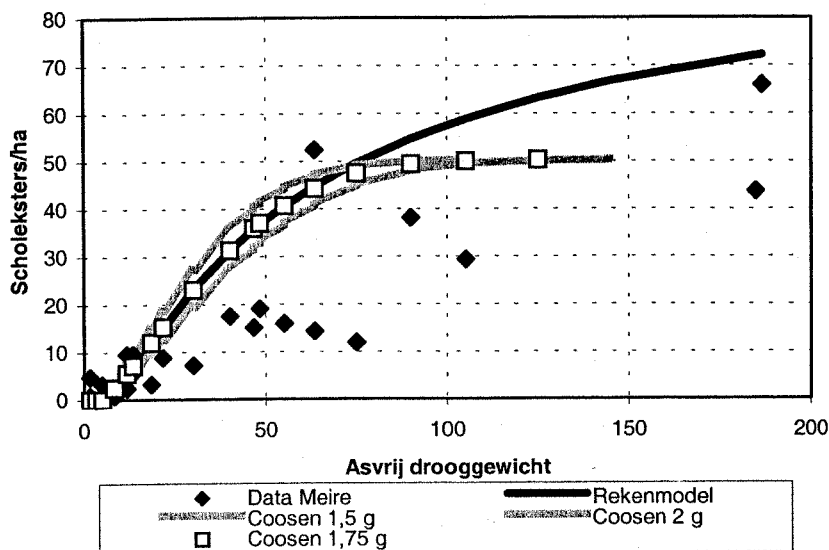
en vanaf 100 gram asvrij droog gewicht met de maximale aantallen die volgens Meire (1996b) op kokkelbanken bereikt kunnen worden. Aan dit hyperbolisch verband is een klein stukje toegevoegd voor kokkelbiomassa's tussen 0 en 10 gram asvrij droog gewicht (ongeveer 0 tot 25 grote Kokkels) per m², omdat de predatie op Kokkels ook bij die dichtheden wel mogelijk is (Beukema, 1993, Swarts *et al.*, 1996d). De totale kromme heeft daardoor een S-vormig verloop. De kromme die in deze berekeningen is gebruikt wordt bepaald door de vergelijkingen:

ALS $D < 60 \text{ m}^2$, dan aantal Scholeksters/ha = $D^{1.5}/33$

ALS $D > 60 \text{ m}^2$, dan aantal Scholeksters/ha = $110 - 23100/(D+180)$

Figuur 1

Het verband tussen kokkelbiomassa (gram AVD/m²) en het maximaal daarvan afhankelijke aantal Scholeksters per ha. Zwarte Punten: gegevens van figuur 8 in Meire (1996b); Zwarte getrokken lijn: het verband dat gebruikt is in de berekeningen, na calibratie op de Oosterschelde. Gestippelde lijn: verband berekend door Van Stralen op basis van gegevens van Coosen (1991) op basis van Kokkels van 1.5 resp. 2 gram vers vlees gewicht. Open vierkantjes: gegevens van Coosen voor Kokkels van 1.75 gram vers vlees gewicht.



Hierin is D = Dichtheid Kokkels van een nader in te vullen gewicht per stuk; in deze grafiek is overeenkomstig de calibratie (zie hoofdstuk 3) uitgegaan van Kokkels van 0.37 gram asvrij drooggewicht (in september circa 1.75 gram vers vlees gewicht).

In dit geval is de kromme, die is afgeleid van de 'numerieke respons' van Scholeksters op verschillende kokkeldichtheden, gebruikt voor de draagkracht van een gebied gedurende een langere periode. Met behulp van deze vergelijkingen kan voor alle gebieden met een bepaalde kokkelbiomassa per m² een bijbehorende maximale draagkracht worden berekend. Wanneer er in een bepaald jaar of in een deel van een jaar zo veel Kokkels waren dat het voor de Scholeksters niet nodig was om in maximale dichtheden te fourageren is het aantal Scholeksters per hectare voor alle kokkelbiomassa's met een bepaalde factor verlaagd. In het geval dat er te weinig Kokkels waren om alle Scholeksters te bergen is aangenomen dat alle banken een maximale bezetting kregen van Scholeksters, en dat de niet geplaatste Scholeksters geen Kokkels konden eten.

2.6 Predatie door Eidereenden

Swennen (1976) berekende voor Eidereenden in de westelijke Waddenzee dat het dieet voor 43.2% uit Kokkels bestond, voor 41.8% uit Mosselen en voor de rest uit andere prooien. Gegeven het grote aantal Eidereenden in de Waddenzee, en gegeven de grote voedselopname door Eidereenden (circa 670 g vers vlees/dag; Smit, 1994) kunnen ze dus aanzienlijk bijdragen aan sterfte van Kokkels.

Daarbij moet worden aangetekend dat Eidereenden waarschijnlijk alleen fourageren op hoge dichtheden van Kokkels en Mosselen. Dat hangt samen met de manier waarop ze prooien in of op de bodem moeten vinden, namelijk op de tast. Dat er inderdaad veel Eidereenden op dichte kokkelbanken kunnen fourageren, duikend in de uren rond hoogwater, is uit eigen waarnemingen bekend voor de dichte kokkelbanken in de Waddenzee in de nazomer van 1980. In het sublitoraal van de westelijke Waddenzee kunnen Eidereenden eveneens op dichte kokkelbanken fourageren, met aanzienlijke aantalsreductie (van ongeveer 1000 naar 500 Kokkels/m²) tot gevolg (waarneming J. van Dijk, schipper van het LNV-schip 'Phoca' en inventarisaties door Van Stralen)

Swennen *et al.* (1989) geven een jaarverloop van Eidereenden in de oostelijke Waddenzee. Uit latere tellingen, met name van Baptist (1997) bleek dat de aantallen gedurende de jaren 90 op de wadplaten meestal heel laag zijn geweest, namelijk soms niet meer dan enkele duizenden. Hetzelfde beeld komt ook naar voren uit de waarnemingen van de surveillanceschepen van het ministerie van LNV (Braaksma, 1997).

In het rekenmodel is de aanwezigheid van Eidereenden niet berekend vanuit de kokkelstand; daarvoor ontbreken de gegevens. In plaats daarvan is hun predatie op Kokkels gerelateerd aan de predatie door Scholekster. Aangenomen is dat Eidereenden uit dichte kokkelbanken even veel Kokkels weg eten als Scholeksters. De biomassa per m² waarbij kokkelbanken interessant worden voor Eidereenden is in de berekeningen voorlopig gesteld op 200 Kokkels per m² (van 1.75 gram vers vlees per stuk; samen ongeveer 75 gram asvrij droog per m²). Daardoor werd het aantal Eidereenden dat van Kokkels heeft geleefd in overeenstemming gebracht met de aantallen die regelmatig werden geteld in de oostelijke Waddenzee, namelijk enkele duizenden. Dat had tot gevolg dat in de berekeningen voor de periode 1990-1997 maar weinig sterfte van Kokkels is toegerekend aan Eidereenden.

2.7 Mosselen en andere "alternatieve" prooien

Wanneer er andere geschikte prooien aanwezig zijn kunnen Scholeksters en Eidereenden natuurlijk ook daarvoor kiezen. In dat geval zal op de kokkelbanken ook niet de maximale vogeldichtheid per ha bereikt worden. De enige andere prooi die met Kokkels zou kunnen wedijveren in geschiktheid is de Mossel. Mosselen kunnen in de jaren 90-97 voor Scholeksters geen grote rol hebben gespeeld, behalve mogelijk in 1994.

Van mosselbanken is bekend dat per winterhalfjaar slechts ongeveer 25 à 40% van de Mosselen door predatie wordt verwijderd. De predatie per maand tussen september en mei moet dan 3 à 4% per maand zijn geweest. Aangenomen is dat zulks ook het geval is geweest voor de mosselbanken in de periode 1990-1997, dat 60% van deze sterfte door Scholeksters werd veroorzaakt, en 40% door Eidereenden. De hoeveelheid mosselvlees die door Scholeksters per maand zou zijn opgegeten, rekening houdend met conditievermindering van de mosselen, is in de berekeningen ingebracht als voedsel voor Scholeksters.

In de schattingen die destijds zijn gemaakt in verband met de Structuurnota Zee- en Kustvisserij is de verhouding tussen de hoeveelheid gegeten Kokkels en Mosselen gesteld op 75:20 (Coosen *et al.*, 1992). De Vlas (1982) nam op basis van het persoonlijk oordeel van enkele deskundigen een verhouding 70:25 aan. Of deze vaste verhoudingen correct zouden zijn in een situatie met zowel veel Kokkels als veel Mosselen is vooralsnog onduidelijk. In het evaluatierapport van de Structuurnota Zee- en kustvisserij (Ministerie van

Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1998) wordt aangenomen dat Mosselen relatief belangrijker zouden kunnen zijn dan Kokkels. Maar in jaren met schaarste van een van beide voedselbronnen klopt zo'n vaste verdeelsleutel zeker niet. In een rijk kokkeljaar met heel weinig Mosselen zullen de Scholeksters noodgedwongen voornamelijk Kokkels eten, in een jaar met bijna alleen maar Mosselen zullen ze waarschijnlijk meer overschakelen op Mosselen. Voor alle jaren behalve 1994 (zie hoofdstuk 5) is daarom aangenomen dat de Scholeksters hebben geprobeerd het tekort aan Mosselen te dekken met Kokkels.

Andere prooien dan Kokkels en Mosselen zijn in de meeste winters van ondergeschikt belang (Zwarts *et al.*, 1996d). Dat neemt niet weg dat jonge Strandgapers (*Mya arenaria*) in sommige jaren een extra voedselbron vormen, en met name in de vroege herfst ook Nonnetjes (*Macoma balthica*) en Platte Slijkgapers (*Scrobicularia plana*), Wadpieren (*Arenicola marina*) en Zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*). Er is aangenomen dat deze prooien ongeveer 10% van de voedselbehoefte tussen september en mei kunnen dekken. Uit Essink en Stikvoort (1997) kan worden afgeleid dat met name de Strandgaper (*Mya arenaria*) gedurende enkele jaren inderdaad een rol kan hebben gespeeld.

Een speciale rol zou kunnen zijn weggelegd voor kokkelbroed. Aangezien de hoeveelheid kokkelbroed en de grootte ervan sterk fluctueert van jaar op jaar is geen vaste aanname gedaan over het aandeel van kokkelbroed in het dieet van Scholeksters. De mogelijke rol van kokkelbroed in het opvangen van voedseltekorten wordt besproken in paragraaf 6.2.

Tenslotte nog een opmerking over de regenwormen die worden gegeten door Scholeksters in de weilanden die grenzen aan getijdegebieden. Als enige overwinteringsprooi zijn ze ongeschikt, vandaar dat praktisch alle Scholeksters zich 's winters concentreren in de kustgebieden. Wanneer daar onvoldoende voedsel aanwezig is vormen ze wel een aanvulling op het voedsel dat in het getijdegebied is verzameld, zij het slechts zolang het niet vriest. Zij vormen een sluitpost die niet in de berekeningen is meegenomen.

2.8 De invloed van visserij op de kokkelstand

Bij bevissen van een kokkelbank hanteren de vissers ongeveer dezelfde criteria als vogels: ze zoeken de banken met het meeste rendement, en bereiken daarop de hoogste dichtheden. Zeer lage kokkelbiomassa's zijn niet interessant, maar de ondergrens hangt af van de grootte (en daarmee de waarde) van de Kokkels. In de jaren 80 lag de benedengrens voor de visserij bij 40 à 50 grote Kokkels/m², en tegenwoordig bij ongeveer 30 grote Kokkels/m² (mededelingen van kokkelvissers). Aangezien de dichtste kokkelbanken vaak relatief iets kleinere Kokkels bevatten zullen in de praktijk dichtheden van 100 à 200 Kokkels/m² zeker even interessant zijn als de hogere dichtheden. Voor de berekening is aangenomen dat in alle kokkelbestanden met dichtheden boven 50 Kokkels per m² werd gevist, en wanneer de Kokkels per stuk meer dan 2.5 gram vers vlees bevatten ook op bestanden met een dichtheid van 40 à 50 per m².

De beviste hectares werden geacht na bevissen gemiddeld een biomassa te hebben die ook aanwezig was in onbeviste banken met een dichtheid van ongeveer 45 Kokkels/m² respectievelijk 35 Kokkels/m², en werden in de berekeningen aan die categorie kokkelbank toegevoegd.

Uit de RIVO-inventarisaties bleek dat Kokkels die in hoge dichtheden voorkwamen (meer dan 200 per m²) 30 tot 50% lichter waren dan Kokkels in lage dichtheden (minder dan 50 per m²). De einddichtheid bij bevissen van

dichte kokkelbanken zou daardoor gemiddeld op 60 à 70 Kokkels per m² uitkomen.

De kokkelbanken van Oosterschelde en Waddenzee zijn overeenkomstig Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse verdeeld in een zevental dichtheidscategorieën, elk met een gemiddelde kokkeldichtheid en een biomassa per hectare.

Bij dichte Kokkelbestanden levert de bevissing een grote oogst per tijdseenheid op, maar die bestaat vaak uit wat kleinere (minder dure) Kokkels. Bij het vissen op lage dichtheden duurt het langer om een bepaald quotum op te vissen, maar de Kokkels zijn dan wel groter, en dus per kilo meer waard. Aangenomen is dat beide effecten elkaar compenseren, tenminste voor Kokkels die zwaarder zijn dan ongeveer 1.25 gram per stuk (stukstal 800). Uit de gegevens en uit mededelingen vanuit de visserijsector blijkt dat behalve op 'gemiddelde' bestanden ook inderdaad wordt gevestigd in de hele dichtheidsrange van 30 tot meer dan 600 Kokkels per m². Verder bleek bij de berekeningen dat het in sommige jaren niet eens mogelijk zou zijn geweest om de geregistreerde vangsten te behalen wanneer er niet, of weinig zou worden gevestigd op dichte bestanden.

Het effect van bevissen is daarom berekend door aan te nemen dat van het oppervlak van alle kokkelbanken die door hun dichtheid in aanmerking kwamen voor bevissen hetzelfde deel werd weggevestigd. Dit gebeurde in drie stappen: 33% direct in het begin van het seizoen, 50% eind september en 17% eind oktober. Dit komt voor wat betreft het effect op de voedselvoorziening van vogels ongeveer overeen met het effect van het werkelijke vangstverloop van de kokkelvisserij; ongeveer tweederde van de vangsten worden in september behaald (half september ongeveer 1/3 deel weggevestigd), en de rest geheel of grotendeels in oktober (half oktober ongeveer 5/6 deel weggevestigd). Op de vangsten zijn correcties toegepast vanwege verlies van Kokkels door breuk en mechanische beschadiging (5%) en voor de jaren 1994 - 1996 ook voor hun conditie ten opzichte van de standaard-herfstconditie in de rapporten van Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1990 - 1997).

Door het deel van de banken dat bevestigd werd te variëren kon met behulp van de het rekenmodel proefondervindelijk worden bepaald hoe veel van de banken moet zijn weggevestigd om tot de kokkelopbrengst van de kokkelvisserij in een bepaald jaar te komen.

Het effect van niet-bevissen is berekend door het bevestigde deel van de bevestigbare banken op 0 te stellen, en voor het effect van niet vissen in een bepaald jaar op de jaren daarna door een schatting van de biomassa van de dan nog levende gespaarde Kokkels. Bij deze schatting is gebruik gemaakt van de langjarige gegevensserie van het Balgzand (Beukema, pers med).

2.9 Berekeningsstappen, en een overzicht van de belangrijkste parameters

De berekeningen gaan uit van een bekend aantal Scholeksters per maand, overeenkomstig met de tellingen die ook als basis hebben gediend voor de Structuurnota Zee- en Kustvisserij (zie 2.1). Niet al die vogels worden geacht altijd Kokkels te eten; er moet een percentage worden ingevoerd dat - gegeven de aanwezigheid van alternatieve prooien - voor een heel seizoen aangeeft hoe groot het aandeel van Kokkels zou kunnen zijn in de totale voedselopname. Bij afwezigheid van mosselbanken is dit percentage voor de Oosterschelde op 90 gesteld, en voor de Waddenzee zo veel lager dan 90% als uit de mosselstand en de sterfte van Kokkels kon worden afgeleid (zie 3.3).

Uit de oppervlakte en dichtheid van de kokkelbanken is bij de aanvang van iedere nieuwe maand berekend hoe veel Scholeksters daarop maximaal terecht zouden kunnen. Wanneer er onvoldoende Kokkels aanwezig waren om alle Scholeksters te plaatsen is aangenomen dat de overige Scholeksters geen Kokkels hebben kunnen eten. Wanneer er meer Kokkels waren dan nodig om alle Scholeksters te plaatsen is aangenomen dat de maximale dichtheden nergens werden gehaald, door die maximaal mogelijke dichtheden op alle banken door dezelfde factor te delen.

De rekenperiode loopt van september tot september, zodat de groei en overleving van oudere Kokkels tot in een volgend seizoen daaruit globaal kan worden afgeleid. Voor wat betreft de voedselvoorziening wordt in de hier gepresenteerde berekeningen alleen gebruik gemaakt van de resultaten tussen september en mei. Vanaf april treedt namelijk snelle groei op van het kokkelbroed van het jaar daarvoor, waardoor een nieuwe jaarklasse Kokkels van nog onbekende omvang groot genoeg wordt voor predatie door Scholeksters.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte parameters en de waarden die aan deze parameters zijn toegekend. Die toekenning is deels hierboven beargumenteerd en deels bepaald op grond van de hierna te bespreken calibratie.

Tabel 2

Een overzicht van de gebruikte parameters en de waarden die aan deze parameters zijn toegekend. Voor een aantal parameters is er geen vast getal, maar een van jaar op jaar verschillende waarde.

1,20	Factor om vleesgewicht in de herfst, zoals gebruikt door Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse, om te rekenen naar septembergewicht in jaren met normale groei
1,75	gewicht van de "standaard" Kokkel zoals gebruikt in relatie prooibiomassa - dichtheid Scholeksters
0,99	kokkel-overleving per maand, zonder vogelpredatie
Variabel	Wintersterfte in het waddengebied, effectief vanaf 1 maart
0,95	Visserij-efficiency (deel Kokkels dat als vangst wordt gerekend)
4	Maximale kokkelgewicht (gram vers vlees)
2,5	Hoe veel gram vers vleesgewicht per Kokkel voldoende is om door te vissen tot 35 Kokkels/m ² , indien minder zwaar dan doorvissen tot 45 Kokkels/m ²
Variabel	Fractie van de kokkelbanken dat in totaal in een jaar werd bevist
0,33	Fractie van de in totaal weg te vissen kokkelbanken dat gemiddeld in september al niet meer aanwezig was
0,83	Fractie van de in totaal weg te vissen kokkelbanken dat gemiddeld in oktober niet meer aanwezig was
1	Fractie van de in totaal weg te vissen kokkelbanken dat begin november niet meer aanwezig was - aannname geen visserij meer in november
0,92	Vermageringsfactor per maand voor Kokkels van september t/m maart
1,15	Groefactor per maand voor Kokkels van april t/m september
170	Consumptie van een Scholekster per dag, in gram vers vlees, bij 20 °C en een constant lichaamsgewicht van 520 gram
7,5	Extra consumptie van een Scholekster per dag (in gram vers vlees), per graad beneden een buitentemperatuur van 10 °C
0,3316	Extra consumptie van een Scholekster per dag (in gram vers vlees), per gram dat hij zwaarder weegt dan 520 gram
0,3 à 0,9	Fractie van de Scholeksters dat Kokkels nodig heeft omdat er geen andere voedselbronnen voorradig zijn.
0,1	Fractie van de voedselvoorziening van Scholeksters dat standaard gerekend is als zijnde afkomstig van 'alternatieve voedselbronnen'
674	Consumptie van een Eidereend per dag, in gram vers vlees

200	Aantal Kokkels/m ² dat voldoende zou zijn voor Eidereenden om op te kunnen fourageren
2	Factor die aangeeft hoe veel meer Kokkels er van een bepaalde bank worden gegeten doordat er behalve Scholeksters ook Eidereenden op fourageren
0,03	Fractie van de mosselen op een mosselbank dat per maand door Scholeksters wordt weggegeten
0,02	Fractie van de mosselen op een mosselbank dat per maand door Eidereenden wordt weggegeten

3 Calibratie

3.1 Algemene vuistregels

De overleving van Kokkels is een belangrijke parameter om na te gaan of de predatie door vogels juist is geschat. Immers, zelfs in jaren met weinig andere sterfte kan het effect van predatie nooit groter zijn dan de totale sterfte.

De sterfte van oudere Kokkels varieert van jaar op jaar. Volgens Beukema (niet gepubliceerde gegevens over overleving van verschillende jaarklassen op het Balgzand tussen 1974 en 1991) zijn overlevingspercentages mogelijk van maximaal 50 à 60%. Dat komt overeen met de maximale overlevingspercentages die af te leiden zijn uit Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1998). Voor die jaren geeft dat tevens een bovengrens aan de sterfte door predatie. Daarnaast is de overleving van Kokkels (vooral in de Waddenzee) sterk afhankelijk van het effect van vorst, en wellicht ook van het effect van stormen. Voor de Waddenzee zijn dan ook te weinig gegevens beschikbaar om op basis van algemene vuistregels een calibratie uit te voeren.

3.2 Calibratie op de Oosterschelde

De gegevens over de Oosterschelde zijn juist wel tamelijk geschikt voor een calibratie. Het effect van strenge winters is in de Oosterschelde vaak afwezig, en er zijn goede redenen om aan te nemen dat de dichtheden van de Scholeksters op de kokkelbanken van de Oosterschelde in de afgelopen jaren vrijwel steeds maximaal zijn geweest. Uit de vogeltellingen rond de Oosterschelde blijkt dat de aantallen Scholeksters er vanaf het begin van de jaren 90 al onder druk staan. (Ministerie van LNV, 1998). Vanaf 1991 is het aantal vogeldagen in de Oosterschelde afgenomen; alleen in 1995 is het aantal vogeldagen van Scholeksters vergelijkbaar geweest met de situatie tussen 1987 en 1991 (Meininger, 1997). Alternatieve voedselbronnen binnen het getijdegebied van de Oosterschelde zijn er praktisch niet; er zijn praktisch geen Mosselen op de platen, en er zijn weinig Nonnetjes. Bovendien zijn de kokkelbestanden er in deze periode steeds matig tot gering geweest.

Volgens Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse was de overleving van Kokkels in de hele periode 1990 - 1997 gemiddeld ongeveer 35%. Alleen in de winter van 1996-97 was er sprake van vorststerfte bij Kokkels in de Oosterschelde, met duidelijk verlaagde overleving als gevolg. Afgezien van de door Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse gevonden overleving van 12% in 1996-97 zouden de sterfte door predatie, visserij en eventueel een geringe spontane sterfte in de andere jaren de gemiddelde overleving voor de hele periode 1990-1997 op 35% moeten brengen. Zoals in 2.4 is aangegeven is voor de 'spontane' sterfte gedurende het hele jaar een percentage van 1% per maand aangehouden. Impliciet betekent deze aanname dat bijna alle wintersterfte wordt toegerekend aan visserij en predatie. Zodoende wordt een tamelijk hoge schatting verkregen voor het aantal Scholeksters dat Kokkels heeft kunnen eten.

Door aanpassing van de relatie tussen draagkracht (en dus predatie door Scholeksters) en de sterfte van kokkels tussen september en mei vond plaats door de hoogte van de curve van figuur 1 (het verband tussen kokkelbiomassa

in de bodem en het aantal Scholeksters) net zo lang bij te stellen tot de werkelijke en berekende sterfte met elkaar in overeenstemming kwamen.

Het is mogelijk dat een ander verband tussen scholeksterdichtheid en kokkelbiomassa (zie 2.5) tot een identieke predatiedruk zou leiden, maar met meer sterfte bij hoge of lage kokkeldichtheden. Enkele andere varianten van het aantal Scholeksters in vergelijking tot de kokkelstand zijn uitgetoetst. Zowel een variant waarbij relatief meer Scholeksters predeerden op lage kokkelbiomassa's, als een variant met meer Scholeksters op hoge kokkelbiomassa's leverden ongeveer vergelijkbare resultaten op (zie ook hoofdstuk 6.2 voor de bespreking van sterk afwijkende varianten).

Tabel 3

Berekende en werkelijke sterfte van Kokkels in de Oosterschelde. Berekeningen na aanpassing van de relatie tussen scholeksterdichtheid en kokkeldichtheid door aan te nemen dat deze geldt voor Kokkels van 1.75 gram vers vlees per stuk (asvrij drooggewicht ongeveer 0.37 gram per Kokkel), zodat de gemiddelde sterfte in de Oosterschelde tussen 1990 en 1997 overeenkomt met de door Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1998) gemeten waarde van 35%.

Seizoen	Berekende overleving indien niet was gevist	Berekende overleving met visserij
90-91	53%	42%
91-92	44%	39%
92-93	64%	54%
93-94	51%	39%
94-95	54%	24%
95-96	46%	35%
96-97	43%	34%*
Berekend gemiddeld	51%	35%
Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse gemiddeld		35%
Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse onbeviste gebieden		47.5%

(*) na wintersterfte door vorst nog 12%

Calibratie is behalve op mortaliteit ook mogelijk op de overblijvende biomassa's. Als het rekenmodel klopt, zouden niet alleen de aantallen overlevende Kokkels na een jaar, maar ook hun gezamenlijke biomassa moeten kloppen.

Voor de 6 jaren waarin controle mogelijk is met behulp van de publicaties Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse blijken de resultaten voor 4 jaar vrij goed te kloppen. Voor het jaar 1992-93 klopt het om onbekende reden niet. Uit Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1998) valt wel af te leiden dat hetzij al in de zomer van 1992, hetzij in herfst of winter daarna vooral zeer veel Kokkels van de jaarklas 1991 zijn dood gegaan (75 à 80%). Voor het jaar 1996-97 klopt het ook niet, maar dat was ook niet te verwachten doordat in dat jaar sterfte door vorst optrad. (tabel 4).

Tabel 4

Vergelijking van kokkelbiomassa's (in miljoenen kg vers vlees) die volgens de berekeningen overblijven voor een volgend jaar met de inventarisatiegegevens van Van Stralen & Kesteloo-Hendrikse.

	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98
berekend	5.54	3.10	9.53	4.32	3.44	3.35	2.91***	1.56
gevonden	5.40*		3.70**	4.02	3.20	2.81	1.48	?

(*) In 1990 trad er zeer weinig broedval op. De hier gegeven 5,40 miljoen kg is het totale bestand van het najaar 1991, praktisch geheel bestaand uit Kokkels van 2 jaar oud en ouder.

(**) In het begin van het seizoen 1992-93 moet de aanwezige biomassa veel kleiner zijn geweest dan verwacht, of in de winter van 1992-93 moet er veel sterfte zijn opgetreden door parameters die niet gedekt zijn door de parameters in het rekenmodel.

(***) Door vorst trad er extra sterfte op

3.3 Vergelijking met gegevens van Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse voor de Waddenzee

Voor de Waddenzee lag de totale jaaroverleving van Kokkels volgens Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1998) tussen 2% en 53%. Zonder aanpassingen voor extra wintersterfte kwamen het rekenmodel meestal hoger uit (tabel 5), namelijk tussen 29 en 56%.

Tabel 5

Overleving Kokkels en vorst. De gemeten overleving is afgeleid uit Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1988). De vorst-omstandigheden zijn afkomstig uit de jaarverslagen van het surveillanceschip "Phoca" van het ministerie van LNV.

Jaar	Berekende overleving zonder bevissen	Berekende overleving incl. bevissen	Gemeten overleving	Winter met strengere vorst?
1990-91	46	29	20	JA
1991-92	43	43	29	weinig
1992-93	43	37	51	nee
1993-94	63	56	20	JA,ijs
1994-95	64	52*	52	nee
1995-96	44	37	2	JA,ijs
1996-97	52	52	16	JA,ijs
1997-98	38	38	?	nee

In de winters waarin de overleving minder was dan berekend is sprake geweest van een vorstperiode, en in winters waarin de overleving veel minder groot (minder dan de helft) is geweest dan verwacht is het wad geheel of gedeeltelijk met ijs bedekt geweest. Bij de berekeningen is daarom aangenomen dat alle extra sterfte ook inderdaad door lage temperaturen is veroorzaakt (zie ook 6.1), met als gevolg een gereduceerde kokkelstand vanaf begin maart.

In het waddengebied zou ook extra sterfte op kunnen treden door uitspoeling van kokkels tijdens stormen. Ook daarbij zouden lage temperaturen een rol kunnen spelen, door een verminderde ingraafsnelheid bij kou. In dat geval zou het effect op de voedselvoorraad voor Scholeksters al eerder in de winter afnemen. Goede gegevens hierover zijn echter niet voorhanden.

In 1992-93 en 1994-95 waren de uitkomsten van het rekenmodel en de werkelijke overleving van kokkels alleen met elkaar kloppend te maken door aan te nemen dat de Scholeksters vrij veel alternatieve prooien hebben gegeten. Voor het seizoen 1994-95 kan dat heel goed, doordat er toen veel Mosselen op de wadplaten aanwezig waren. De hoeveelheid Mosselen op de wadplaten eind 1994 is geschat op minimaal 100 miljoen kilo ruw gewicht (Van Stralen, 1998), hetgeen overeenkomt met 25 à 30 miljoen kilo vers vleesgewicht. Het Productschap Vis (1998) vermeldt een totale hoeveelheid van 140 miljoen ruw gewicht, hetgeen overeenkomt met circa 35 miljoen kg vers vleesgewicht. Hoe dan ook, ten opzichte van een totaal aanwezige hoeveelheid van circa 20 miljoen kilo kokkelvlees moet dat een zeer aantrekkelijke alternatieve voedselbron zijn geweest, zij het dat deze Mosselen over het algemeen niet veel groter waren dan ongeveer 3 cm (eigen waarneming). Door aan te nemen dat maar ongeveer 35 à 40% van de Scholeksters Kokkels heeft gegeten 'klopt' de berekende sterfte. 1994-95 was een zachte winter, zodat wintersterfte door vorst waarschijnlijk geen rol heeft gespeeld.

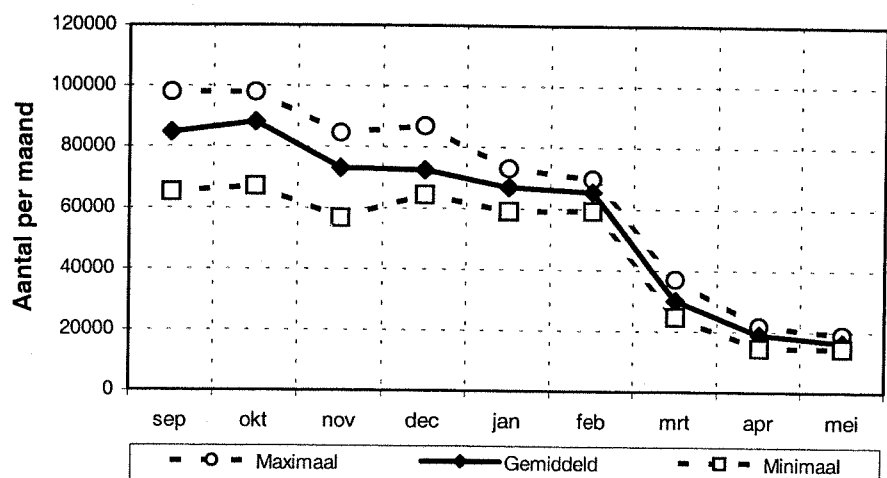
In 1992-93 waren er praktisch geen Mosselen. Wel waren er in dat jaar vrij veel Strandgapers (Dekker, 1993), maar de gegevens ontbreken om na te gaan welke alternatieve prooien of andere omstandigheden een rol kunnen hebben gespeeld.

4 Resultaten Oosterschelde

4.1 De Vogelstand in de Oosterschelde

Figuur 2a geeft het aantal Scholeksters in de Oosterschelde in de loop van de winter die als referentie hebben gediend voor de voedselberekeningen (Meininger, pers med; zie ook Meininger, 1997). In de periode 1987-98 - 1990-91 waren er in het begin van de herfst gemiddeld 85.000 Scholeksters aanwezig. In de loop van herfst en winter nam dat aantal geleidelijk af tot ongeveer 65.000 in februari, waarna een snelle afname volgde tot ongeveer 30.000 in maart, en een verdere afname tot ongeveer 16.000 in mei. De verschillen in getelde aantallen tussen de verschillende jaren waren het grootst in september (tussen 65.000 en 100.000). In februari waren er in elk van de vier winters tussen 60.000 en 70.000 Scholeksters in de Oosterschelde.

Figuur 2a
De maandelijks getelde aantallen Scholeksters in de Oosterschelde in de periode 1987-1990.



4.2 Het berekeningsresultaat voor een willekeurig jaar

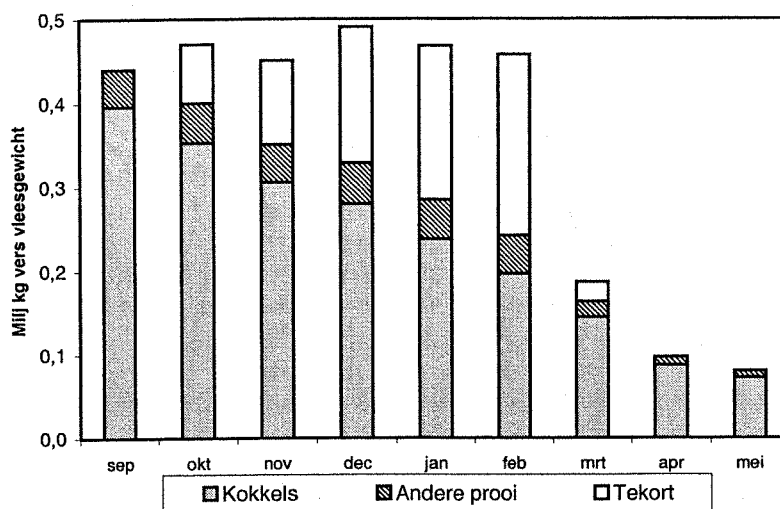
Figuur 2b geeft de geschatte totale voedselbehoefte per maand voor een willekeurig jaar (1994-95), met daarin aangegeven welk deel daarvan door grote Kokkels zou kunnen zijn gedekt. De totale voedselbehoefte is in de herfst geschat op ongeveer 0,45 miljoen kg vers vlees gewicht per maand, en december, januari en februari ongeveer 0,5 miljoen kilo vers vleesgewicht per maand. In maart nam de geschatte totale voedselbehoefte sterk af, doordat de stijgende temperatuur, de gewichtsvermindering van de Scholeksters (Tabel 1) en het vertrek van veel vogels naar hun broedgebieden (Figuur 2a).

De dekking van de voedselbehoefte was in 1994-95 karakteristiek voor de hele periode 1990 - 1997. In september was die dekking nog volledig, maar door het effect van visserij was er vanaf oktober een tekort. Na oktober werd het tekort steeds groter, tot aan het eind van de winter. Vanaf maart, toen de meeste Scholeksters waren weggetrokken, was er voor de overblijvende vogels wel weer genoeg voedsel. In de voedselvoorziening spelen Mosselen niet of

nauwelijks een rol; voor zover ze aanwezig zouden zijn geweest, zijn ze bij de alternatieve prooien gerekend.

Figuur 2b

De berekende voedselopname van Scholeksters in de Oosterschelde voor het seizoen 1994-95 (Kokkels dekken in dit voorbeeld 64% van de voedselbehoefte).



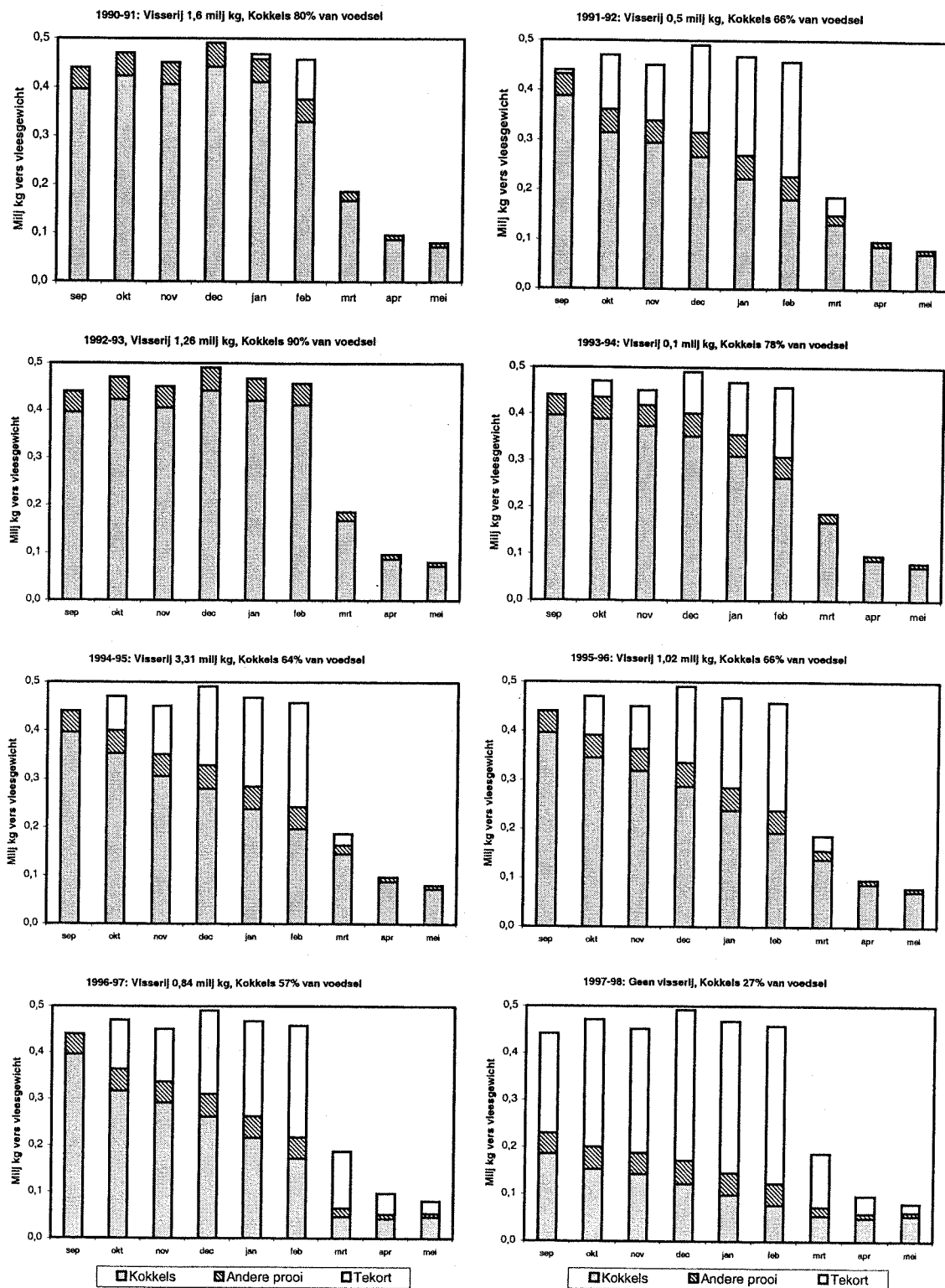
4.3 Overzicht van de jaren 1990-1997 in de Oosterschelde

Figuur 3 geeft voor elk van de jaren vanaf 1990-91 tot en met 1997-98 een beeld van de voedseldekking in de Oosterschelde. Alleen 1992-93 lijkt een jaar te zijn geweest met voldoende schelpdieren gedurende de hele winter. In de jaren 1990-91 en 1993-94 was er in de herfst nog wel genoeg, maar was er toch schaarste in de winter.

In 1991-92 en in de periode van 1994-95 tot 1996-97 was er alleen in september voldoende voedsel, met (door het effect van visserij) een sprongsgewijze overgang naar schaarste in oktober. In de maanden daarna nam de voedseldekking geleidelijk verder af, tot ongeveer 50% in januari en februari. Vanaf maart was er voor de overblijvende Scholeksters vaak wel weer genoeg, behalve in het voorjaar van 1997 toen veel Kokkels waren doodgevroren. Het seizoen 1997-98 tenslotte was direct vanaf het begin bijzonder voedselarm. In dat seizoen moet sprake zijn geweest van een groot en opvallend voedseltekort.

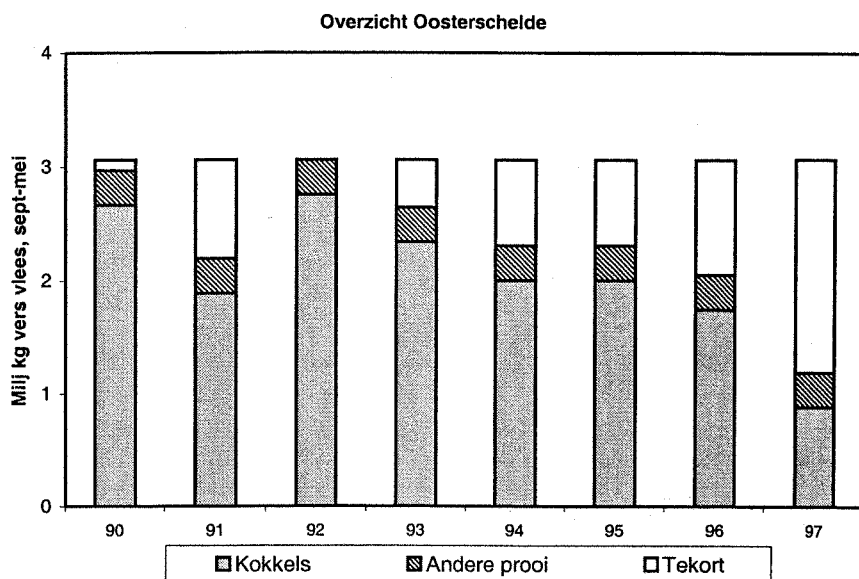
Figuur 3

a-h: Berekende dekking van de maandelijkse
voedselbehoefte van Scholeksters in de
Oosterschelde per seizoen, voor de seizoenen
1990-91 tot en met 1997-98.



In figuur 4 is een overzicht gegeven van de totale voedselopname per jaar voor de hele periode 1990 - 1998. Vanaf 1993 was er steeds te weinig voedsel voor de referentie-aantallen Scholeksters, vooral in het seizoen 1997-98.

Figuur 4
Overzicht van de voedseldekking in de Oosterschelde, samengevat per jaar, voor de hele periode 1990-1998.



4.4 Effecten van visserij in de Oosterschelde

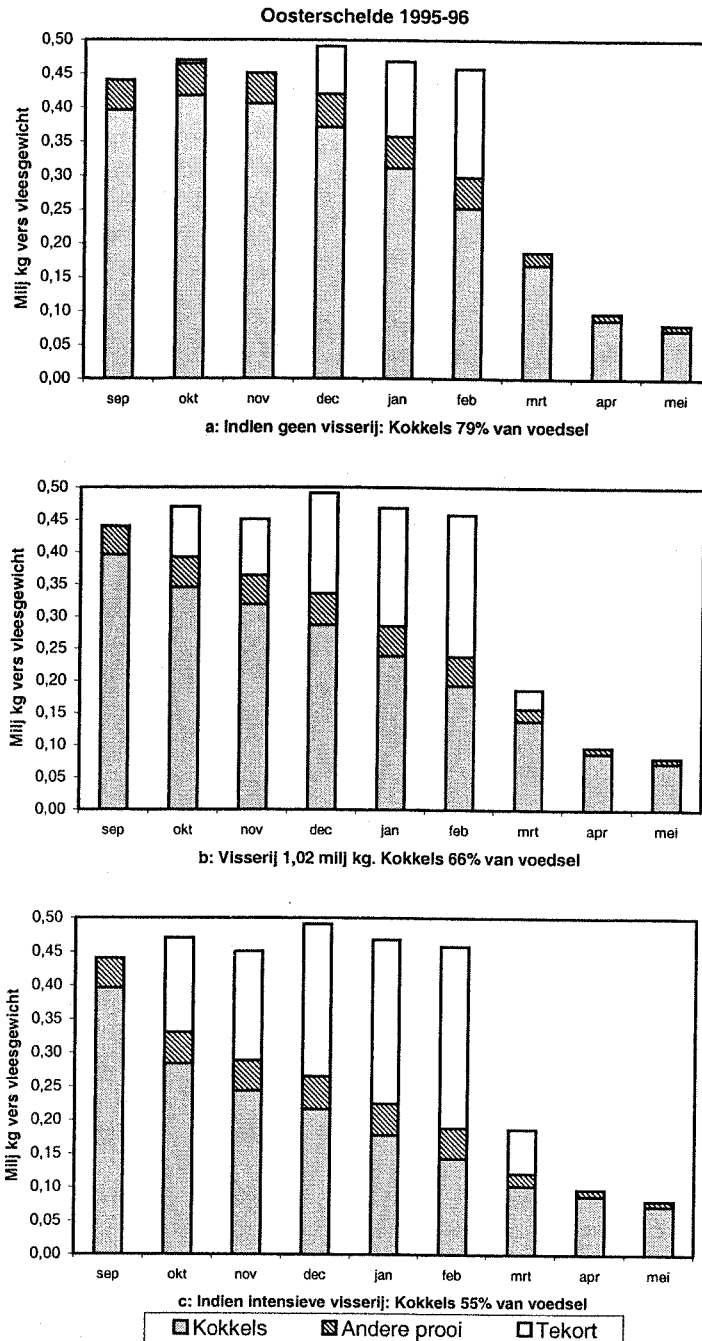
Het effect van bevissen en quoterij is voor het jaar 1995 aangegeven in figuur 5a, 5b en 5c. Dat jaar is met opzet gekozen omdat het zowel voor wat betreft het voedselaanbod als voor wat betreft de visserijdruk een tamelijk 'gemiddeld' jaar was. Wanneer er niet gevisst zou zijn (figuur 5a), zou er tot en met november voldoende voedsel zijn geweest, en daarna zouden de tekorten duidelijk minder groot zijn geweest.

In het jaar 1995 is slechts op ongeveer 1/3 van de kokkelbanken gevisst, in verband met de voedselreservering voor vogels. Een bevissen van minimaal 2/3 deel van alle banken is zowel in de Oosterschelde als in de Waddenzee technisch mogelijk. Het effect van een dergelijke intensieve bevissen is weergegeven in figuur 5c. In dat geval zouden de voedseltekorten nog veel groter zijn geweest, behalve in september omdat toen de visserij nog niet klaar was.

In deze figuur is al iets te zien van het effect van visserij op het jaar daarna. Wanneer er niet wordt gevisst wordt zijn er in maart, wanneer de meeste predatie van Scholeksters voorbij is, nog steeds relatief veel Kokkels beschikbaar. Dat komt doordat niet alle gespaarde Kokkels door vogels worden opgegeten. Daardoor zou er niet alleen in 1995, maar ook in 1996 meer voedsel voor vogels zijn geweest wanneer er in 1995 niet gevisst was. Andersom zou intensiever bevissen in 1995 ook effecten hebben op het jaar daarna.

Figuur 5

Effect van bevissen en quoterings in de Oosterschelde in 1995. (a) De situatie geheel zonder visserij, (b) de werkelijke situatie en (c) bij intensieve visserij waarbij op 70% van de kokkelbanken zou zijn gevestigd.



Dit effect is vooral te verwachten wanneer er niet al te veel wintersterfte optreedt door vorst. Vandaar dat het 'spaar-effect' meegerekend is in de berekeningen over het effect van visserij, maar dat het spaar-effect verminderd is voor jaren met extra sterfte door vorst (1996-97) of anderszins (1992-93).

Beukema (pers. med.) vond in zachte winters op het Balgzand dat de biomassa van grote jaarklassen van Kokkels 1-jarige kokkels in de loop van een jaar afnam tot 57 a 88%. Gemiddeld genomen nam de jaarklas-biomassa na het 3^e jaar sterker af (tot hoogstens 40% tussen het 3^e en het 4^e, en 18% tussen het vierde en het vijfde jaar). Deze percentages zijn de resultante van sterfte en groei. In deze jaren werd op het Balgzand weliswaar op Kokkels gevestigd, maar het effect van bevissen van grote jaarklassen was waarschijnlijk niet zo groot.

In voedselarme jaren, maar zonder visserij en vorstschade, kwam het rekenmodel gemiddeld uit op 64% resterende biomassa in het volgende jaar. Gegeven de goede overeenstemming tussen Balgzandwaarnemingen (60 à 80%) en berekening (64%) lijkt het daarom verantwoord om 64% van de niet-geviste biomassa door te schuiven naar een volgend jaar (vooral van 1 naar 2 jaar, en van 2 naar 3 jaar), voor het eerste jaar nadat deze Kokkels gespaard werden. Rekening houdend met het feit dat een deel van deze Kokkels dan al 3 jaar oud zal zijn is aangenomen dat 50% daarvan nog merkbaar zal zijn in het jaar daarop, en 25% daar weer van nog een jaar later. Aangezien Kokkels 5 jaar oud kunnen worden kan een klein deel van de 'gespaarde' Kokkels ook nog het volgend jaar nog in leven zijn, maar hun biomassa is dan verwaarloosbaar.

Een doorrekening van jaar op jaar voor de Oosterschelde leverde tabel 6 op. Voor het spaar-effect naar 1993-94 en 1997-98 is rekening gehouden met minder goede groei in het voorafgaande seizoen en extra sterfte door vorst.

Tabel 6

Het "spaar-effect" van niet-vissen op Kokkels in de Oosterschelde. Ontbrekende getallen voor de jaren 1990-1993 zijn berekend uit de andere (tussen haakjes aangegeven).

	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99
niet gevestigd	0.9	0.5	1.4	1.5	3.7	1.0	0.9	0.0	?
gespaard (miljoenen kg vers vlees)									
1 ^e jaar 64%	(0.70)	0.58	0.32	0.40	0.96	2.37	0.64	0.29	0.00
2 ^e jaar 50%	(0.36)	(0.36)	0.29	0.07	0.20	0.48	1.18	0.16	0.15
3 ^e jaar 25%	(0.07)	(0.09)	(0.09)	0.03	0.02	0.05	0.12	0.15	0.04
"Spaar-effect"									
Totaal	(1.13)	(1.03)	(0.70)	0.50	1.18	2.90	1.94	0.60	0.19

Met behulp van deze berekening is een schatting gemaakt van de voedseldekking van de Scholeksters vanaf 1990, wanneer er in de Oosterschelde al vanaf 1987 niet zou zijn gevestigd op Kokkels (figuur 6a). Voor de jaren 1990-91 tot en met 1992-93 geeft het een benadering, uitgaand van een gemiddeld spaar-effect zoals dat berekend is voor de jaren 1993-94 tot en met 1997-98. Het resultaat is een voldoende voedselhoeveelheid in alle jaren, behalve in 1997-98 door het effect van wintersterfte in de voorafgaande winter. In figuur 6b is de werkelijke situatie weergegeven.

Bij een jaarlijks terugkerende intensieve bevissing treedt het omgekeerde effect op, een 'inteer-effect', doordat er elk jaar maar weinig Kokkels overleven. Het effect daarvan is net zo berekend als het effect van niet-vissen. Daarbij is aangenomen is dat steeds 70% van de banken werd bevestigd (tabel 7). Volgens de berekeningen is dat in de Oosterschelde in 1994 ook bijna werkelijk gebeurd; ongeveer 2/3 van de banken moet toen zijn bevestigd.

Tabel 7

Het 'inteer-effect' van jaarlijks intensief vissen op Kokkels in de Oosterschelde. Ontbrekende getallen voor de jaren 1990-1993 zijn berekend uit de andere (tussen haakjes aangegeven).

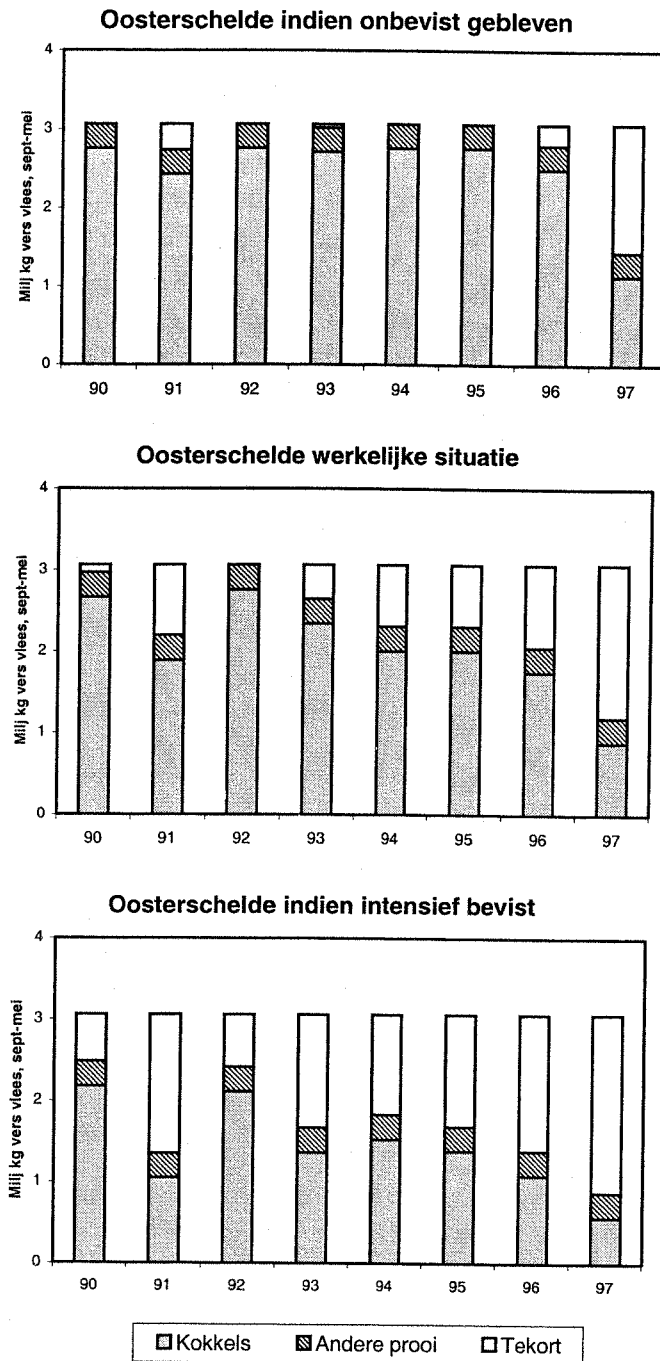
	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99
Extra gevestigd	1.6	0.97	4.42	2.26	0.20	0.86	1.19	0.37	?
ingeteerd (miljoenen kg vers vlees)									
1 ^e jaar 64%	(0.69)	1.02	0.62	1.27	1.45	0.13	0.55	0.26	0.23
2 ^e jaar 50%	(0.30)	(0.30)	0.51	0.14	0.63	0.72	0.06	0.09	0.13
3 ^e jaar 25%	(0.07)	(0.07)	(0.07)	0.06	0.03	0.16	0.18	0.01	0.02
"inteer-effect"									
Totaal	(1.06)	(1.39)	(1.20)	1.47	2.11	1.01	0.79	0.36	0.38

Figuur 6c geeft het berekende effect op de voedselvoorziening van Scholeksters weer voor de hele periode van 1990 - 1997. Een intensievere

bevissen dan dat nu het geval is geweest zou de voedselvoorziening voor vogels aanmerkelijk verder verslechterd hebben.

Figuur 6

Het mogelijke meerjarig effect van visserij in de Oosterschelde. (a) De situatie geheel zonder visserij, (b) de werkelijke situatie en (c) bij intensieve visserij waarbij elk jaar op 70% van de kokkelbanken zou worden gevist.



5 Resultaten Waddenzee

5.1 De referentie voor de vogelstand in de Waddenzee

Figuur 7a geeft de referentie-aantallen Scholeksters die hebben gediend als basis voor de voedselopname in de Waddenzee (Zegers en Kwint, 1992). Deze aantallen zijn in de herfst het hoogst, namelijk tussen 220.000 en 250.000 exemplaren. Daarna nemen de aantallen geleidelijk af, tot ongeveer 120.000 in maart. Daarna vertrekken er kennelijk veel vogels naar broedgebieden buiten het waddengebied; in mei zijn er nog ongeveer 40.000 Scholeksters in de Waddenzee.

Afgezien van massale wegtrek tijdens strenge vorst waren er in de referentieperiode aanzienlijke verschillen van jaar op jaar. Voor de berekeningen is overeenkomstig de uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de Structuurnota Zee- en Kustvisserij steeds gebruik gemaakt van de gemiddelde aantallen.

5.2 Het berekeningsresultaat voor een willekeurig jaar

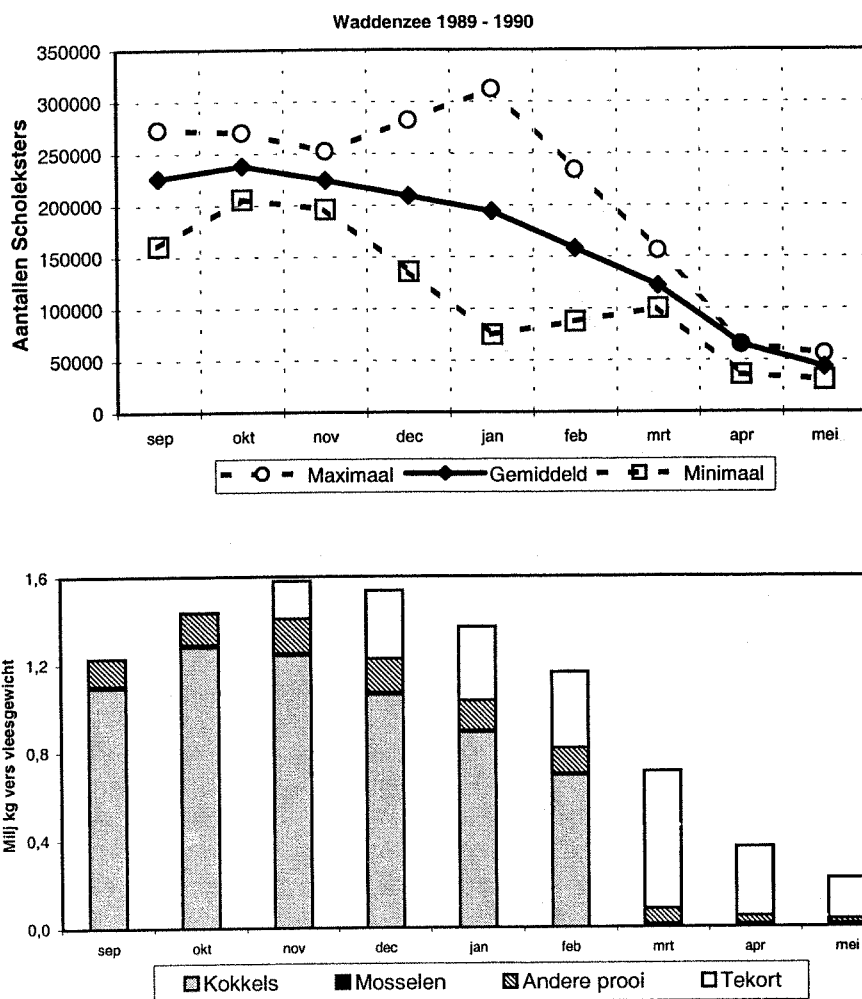
Figuur 7b geeft het resultaat van de berekeningen weer voor de dekking van de voedselbehoefte in de winter van 1995-96. In dat jaar was er een matige kokkelstand, met een totale geschatte biomassa van ongeveer 29 miljoen kg vlees in de herfst. Daarvan werd door de kokkelvisserij ongeveer 2,7 miljoen kg weggevisst.

De totale voedselopname per maand was ongeveer 1,2 miljoen kg vlees in september. In de loop van de herfst nam de totale behoefte toe tot ongeveer 1,6 miljoen kg per maand, om vervolgens in de loop van de winter af te nemen tot 1,2 miljoen kg in februari. In de loop van maart en april vertrekken veel Scholeksters naar hun broedgebieden, en bovendien hebben de Scholeksters in die tijd van het jaar veel minder voedsel nodig dan in de winter. In mei was de voedselbehoefte nog maar ongeveer 0,2 miljoen kg. Het effect van de strenge winter is vanaf maart duidelijk te zien; door de strenge vorst vrozen er in januari en februari veel Kokkels dood.

Voor wat betreft de voedseldekking speelden behalve de standaard aangenomen 10% alternatieve voedselbronnen ook de mosselbanken mee, ook al was het oppervlak daarvan in 1995 niet zo groot. In september en oktober waren er voldoende Kokkels aanwezig om de overige voedselbehoefte te dekken. In de loop van het winterhalfjaar was er een voedseltekort, met als 'slechtste' maanden februari en maart. In april begonnen de overgebleven Kokkels weer te groeien, maar er waren er zo weinig over dat hun gewichtstoename in het voorjaar van 1996 weinig effect had op de draagkracht voor Scholeksters.

Figuur 7

a: Referentie-aantallen Scholeksters in de Waddenzee, b: De voedselopname in 1995.



5.3 Overzicht van de jaren 1990-1997 in de Waddenzee

In figuur 8 zijn de resultaten van alle jaren tussen 1990 en 1997 gegeven.

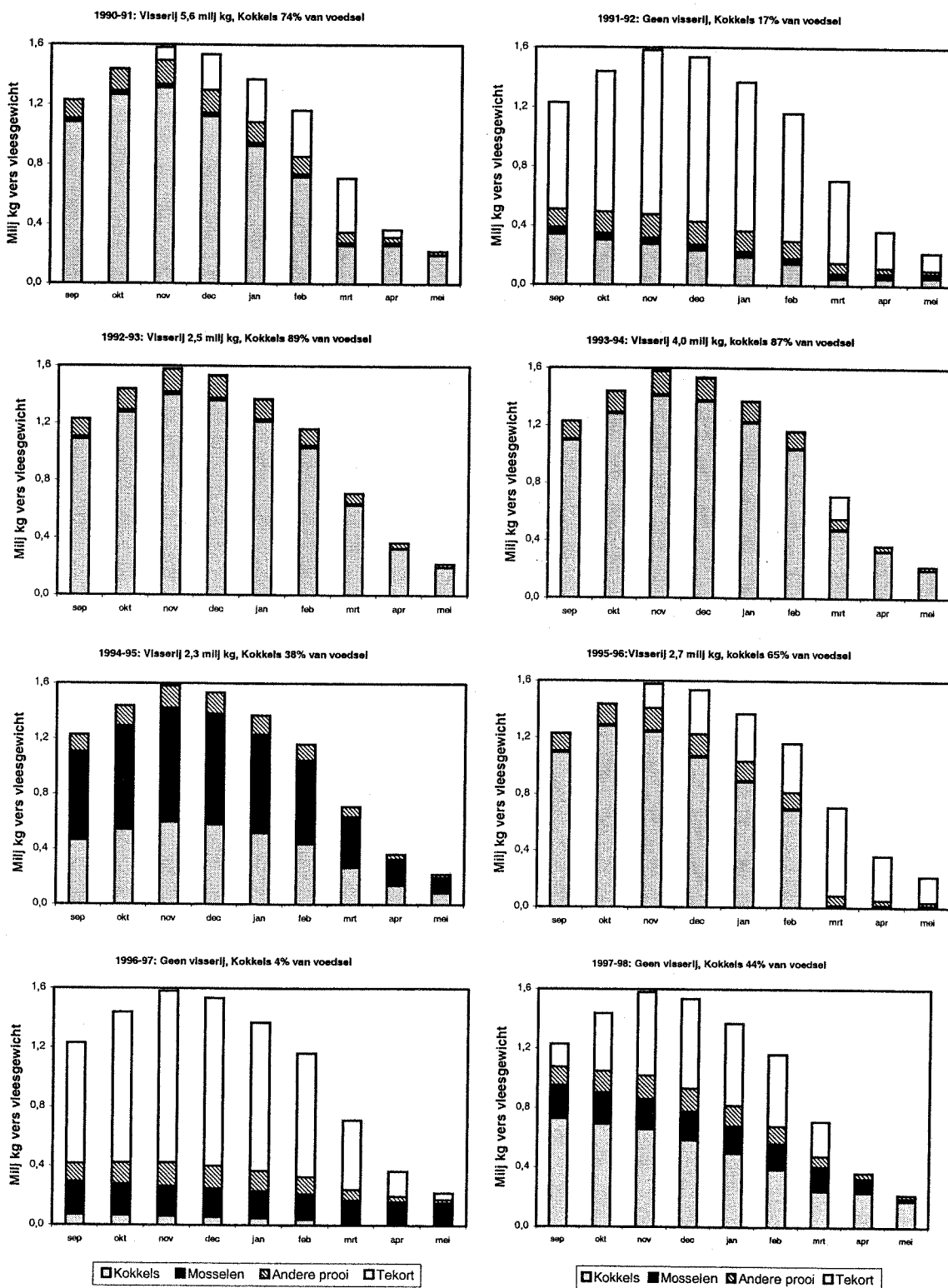
1990-91 was, zoals al besproken, een seizoen redelijke voedselomstandigheden, maar met tekorten in de winter. Samen met de nog aanwezige Mosselen was 76% van de voedselbehoefte gedekt.

1991-92 was een seizoen met bijzonder weinig Kokkels van een jaar oud en ouder, en de laatste mosselbanken waren weggescheept door handrapers. Er werd in 1991 niet op Kokkels gevestig. Volgens de berekening kunnen Mosselen en Kokkels van meer dan een jaar oud samen niet veel meer dan 21% van het voedsel van Scholeksters hebben gedekt.

1992-93 moet een gunstig jaar zijn geweest voor wat betreft de kokkelstand. Er waren weliswaar praktisch geen mosselen, maar er waren zo veel Kokkels dat er waarschijnlijk gedurende het hele seizoen voldoende voedsel is geweest. Er is wel op Kokkels gevestig (1,9 miljoen kg). Zeker 90% van de voedselbehoefte was op basis van de berekening gedekt door Kokkels. 1993-94 was ook goed. Er was een behoorlijke kokkelstand, waarvan 4 miljoen kg werd weggevestig. Mosselbanken waren er nog steeds bijna niet, maar ook na de visserij waren er voldoende Kokkels over om het tekort aan Mosselen te dekken. Tijdens de winter moet er wel een aanzienlijke sterfte van

Figuur 8

De berekende voedseldekking van
Scholeksters in de Waddenzee per jaar, van
1990-91 tot 1997-98.



Kokkels zijn geweest; waarschijnlijk heeft dat alleen in maart tot een tekort geleid.

1994-95 werd gekenmerkt door het grote aantal mosselbanken dat door broedval ontstond in het centrale deel van de Waddenzee. De totale biomassa aan Mosselen is geschat op circa 140 miljoen ruw gewicht. Bij een vleesgewicht van 25% zou dat een biomassa van 35 miljoen kg vers vleesgewicht betekenen. De kokkelstand was niet zo groot; vanwege de voedselreservering voor vogels werd er niet meer dan 2,3 miljoen kg van de wadplaten gevist. De sterfte onder Kokkels was zo gering dat aangenomen moet worden dat veel Scholeksters (en wellicht ook Eidereenden) Mosselen hebben gegeten. Wel gingen de meeste mosselbanken in de loop van de winter en in het vroege voorjaar verloren door stormen.

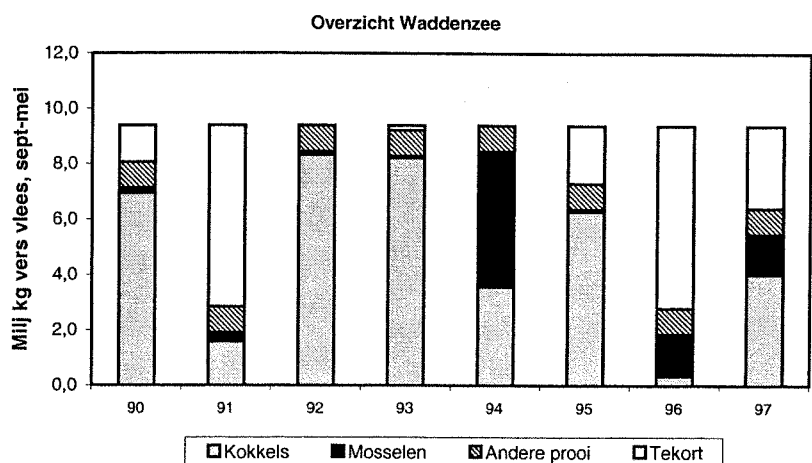
1995-96 was weer een winter met weinig mosselbanken. De kokkelstand was matig; vanwege de voedselreservering voor vogels mocht er niet meer dan 6,7 miljoen kg gevist worden. De groei van de Kokkels was echter slecht dat jaar; uiteindelijk kon er niet meer dan 3,5 miljoen kg worden opgevist, waarvan 2,7 miljoen van de wadplaten. In deze winter was er dus enig tekort aan grote Kokkels en mosselen. De winter was vroeg, lang en streng, met veel ijs op het wad. Daarna waren er bijna geen Kokkels meer over.

1996-97 was een uitermate voedselarme winter voor wat betreft Kokkels. Er waren wel iets meer Mosselen, maar veel te weinig om het tekort te dekken. Er werd niet gevist.

1997-98 tenslotte was voor wat betreft de Kokkels een tamelijk schaars jaar. De mosselstand was ongeveer gelijk aan die in 1996. Ongeveer 60% van de totale voedselbehoefte kon worden gedekt door Kokkels en Mosselen. Er werd niet gevist op Kokkels. De winter verliep mild en tamelijk rustig.

In figuur 9 is een samenvatting gegeven van de voedselvoorziening gedurende de jaren 1990-1997. In het najaar van 1992, 1993 en 1994 moeten er voldoende Kokkels en Mosselen op het wad zijn geweest om samen ongeveer 90% van de voedselbehoefte van de Scholeksters te dekken. In 1990 en 1995 was het wat minder, en 1997 was tamelijk voedselarm. In 1991 en 1996 kunnen er echt maar heel weinig Kokkels en Mosselen gegeten zijn door Scholeksters; dat moeten echt heel voedselarme jaren zijn geweest.

Figuur 9
Overzicht van voedseldekking Scholeksters
Waddenzee in de hele periode 1990-1998.



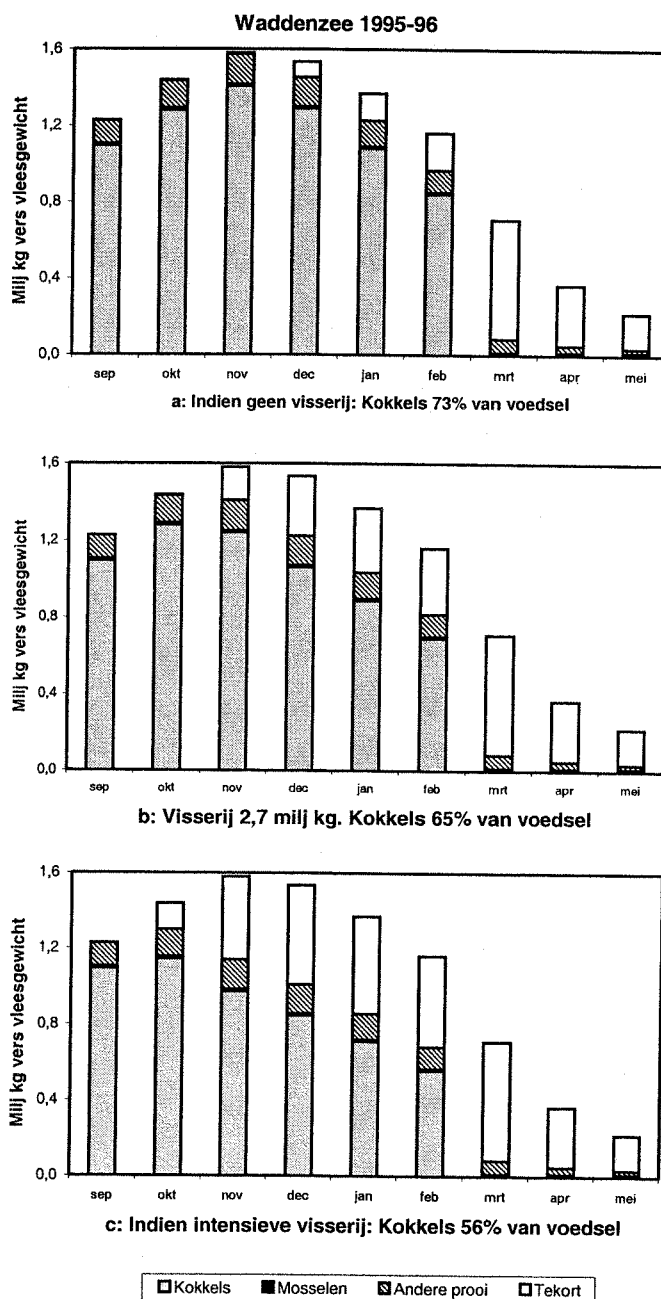
5.4 Effecten van visserij in de Waddenzee

In twee van de beschouwde jaren was er sprake van een zodanige bevissing dat er een direct effect kan zijn geweest op de voedselvoorziening van Scholeksters, namelijk 1990 en 1995. In de schaarse jaren 1991, 1996 en 1997 werd in het geheel niet op de wadplaten gevisht.

Omdat in 1995 voedsel is gereserveerd is dat jaar geschikt om na te gaan hoe de voedselvoorziening zou zijn geweest zonder visserij, en bij volledig vrije visserij. Bij volledig vrije visserij had de opbrengst aan Kokkels ongeveer 6 miljoen kg kunnen zijn geweest; ruim twee keer zo veel als hetgeen in werkelijkheid op de platen is gevisht. Zoals verwacht kon worden zou de voedseldekking zonder visserij duidelijk beter zijn geweest, en bij volledig vrije visserij veel slechter (figuur 10a en c in vergelijking met figuur 10b).

Figuur 10

Effect van bevissen en quoterings in de Waddenzee in 1995. (a) De situatie geheel zonder visserij, (b) de werkelijke situatie en (c) bij intensieve visserij waarbij op 70% van de kokkelbanken zou zijn gevisht.

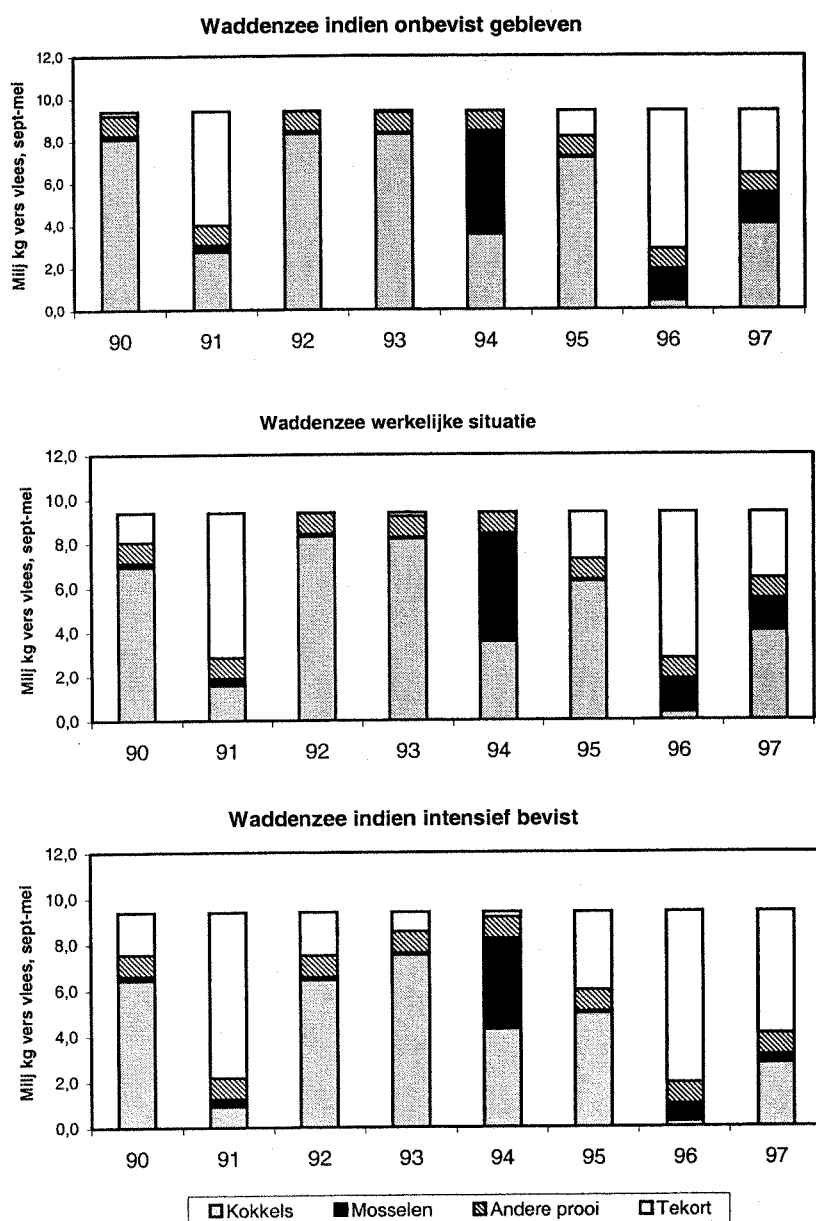


Evenals bij de Oosterschelde zijn de effecten doorgerekend van jaren achtereenvolgens niet vissen, of juist jaren achtereenvolgens intensief vissen. Hierbij is rekening gehouden met de extra werkelijk opgetreden wintersterfte, waardoor het 'spaar-effect' geheel of grotendeels verloren kan gaan. Bij intensief bevissen is de maximale kokkelbehoefte voor de visserij op 15 miljoen kg gesteld. Het resultaat is weergegeven in figuur 11. In tegenstelling tot hetgeen voor de Oosterschelde naar voren kwam zijn de verschillen tussen helemaal geen bevissen en de werkelijke situatie slechts in drie jaar duidelijk te zien, namelijk in 1990, 1991 en 1995. Het 'spaar-effect' was vooral duidelijk in 1991. Na 1995 werd het spaar-effect voor een deel teniet gedaan door de strenge winter (figuur 11a en b).

De effecten van een volledig vrije en elk jaar intensieve visserij zijn aangegeven in figuur 11c. In bijna alle jaren zou er dan duidelijk minder voedsel voor de Scholeksters zijn geweest. Voor de volledigheid is in figuur 11c het effect van vrije mosselvisserij meegerekend, door aan te nemen dat zonder visserijmaatregelen in 1994 een derde deel van de mosselen zou zijn weggevisht, in 1996 de helft van het restant en in 1997 de helft van wat er na 1996 nog over was.

Figuur 11

Het mogelijke meerjarig effect van visserij in de Waddenzee. (a) De situatie geheel zonder visserij, (b) de werkelijke situatie en (c) bij intensieve visserij waarbij elk jaar op 70% van de kokkelbanken zou worden gevisht.



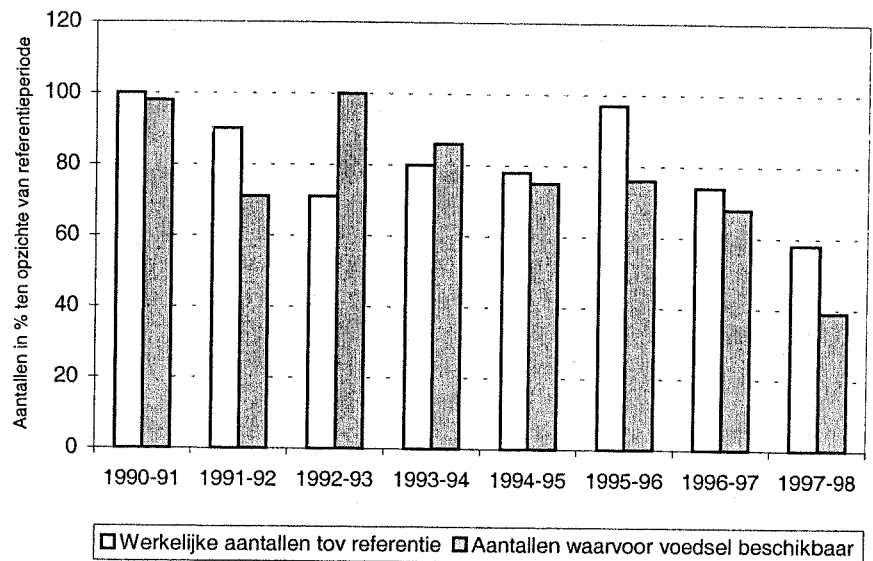
6 Discussie

6.1 De calibratie

De calibratie van het model is uitgevoerd met behulp van gegevens uit de Oosterschelde. Dat was mogelijk door de kennelijke voedseltekorten die daar optraden. Daardoor is het aannemelijk dat zo veel mogelijk Scholeksters de Oosterschelde hebben opgezocht om daar voedsel te zoeken. Een gevaar daarbij zou kunnen zijn dat daarbij een zodanige overexploitatie optrad dat méér kokkels uit de bodem werden gehaald dan mogelijk is door een scholeksterpopulatie die nog past bij de aanwezige voedselvoorraad. Anderzijds is het van belang om te constateren of er wel voldoende Scholeksters zijn geweest om de kokkelstand behoorlijk uit te putten. Uit vergelijking achteraf met de gemiddeld per maand aanwezige aantallen Scholeksters (Berrevoets et al, 2002) blijkt dat in alle jaren, behalve in het seizoen 1992 - 1993, ongeveer even veel of wat meer Scholeksters aanwezig zijn geweest als volgens het rekenmodel mogelijk was op grond van de voedselvoorraden (figuur 12). Voor wat betreft de hoge waarde voor de werkelijk aanwezige Scholeksters in 1995-1996 zij vermeld wat deze beïnvloed is door tijdelijke intrek van Scholeksters (Berrevoets, persoonlijke mededeling). Het lijkt er dan ook op dat vooral vanaf 1993 de afnemende kokkelhoeveelheden ook afnemende aantallen Scholeksters hebben veroorzaakt.

Figuur 12

Vergelijking van de werkelijke aantallen Scholeksters in de Oosterschelde, in percentage ten opzichte van de referentieperiode 1987-1990, met de aantallen waar volgens de berekening voedsel voor beschikbaar is geweest. Werkelijke aantallen naar Berrevoets et al, 2002.



Voor wat betreft de calibratie betekent dit dat het bovengenoemde risico (een incorrecte calibratie door extreme uitputting van de kokkelbestanden door naar verhouding veel te hoge aantallen Scholeksters) niet zo groot is. Wel moet de uitputting van de kokkelvoorraden behalve in 1992-1993 behoorlijk zijn geweest, met een gemiddeld genomen circa 10% meer Scholeksters dan waar volgens de berekeningen voedsel voor was.

Een op zichzelf correcte calibratie over de totale berekening sluit niet uit dat binnen de berekeningen overschattingen van de ene factor opgeheven kunnen zijn door onderschattingen van een andere. Een voorbeeld zou kunnen zijn: een iets te hoge geschatte voedselbehoefte van Scholeksters, in combinatie met een iets te laag geschatte 'spontane' (niet door Scholeksters veroorzaakte) sterfte van kokkels. Het is op dit moment onmogelijk om hierover uitspraken te doen. Voor de situatie binnen de Oosterschelde is dit ook niet zo van belang, maar wel is dit een onzekerheid bij extrapolatie van het model naar andere gebieden, bij voorbeeld de Waddenzee.

De meest cruciale factor in dit verband is waarschijnlijk de hoeveelheid voedsel die een Scholekster nodig heeft om in conditie te blijven. Gelukkig is daarover veel bekend, maar elke correctie hierop zal onmiddellijk invloed hebben op het aantal Scholeksters dat gevoed kan worden met een bepaalde hoeveelheid kokkels of andere prooidieren.

De calibratie is uitgevoerd onder aanname van gemiddelde wintertemperaturen, die voor de Oosterschelde ongeveer 2 graden Celsius hoger zijn genomen dan het langjarig temperatuurgemiddelde voor de Bilt. Bij hogere temperaturen eten de Scholeksters minder (en zal de door predatie veroorzaakte sterfte van Kokkels minder groot zijn), en bij lagere temperatuur eten ze meer (met als gevolg meer sterfte van Kokkels). In de onderzoeksperiode kwamen zowel enkele vrij zachte (1992-93 en 1994-95), enkele strenge (1990-91, 1995-96 en 1996-97) en enkele middelmatige winters voor. Het seizoen 1996-97 deed in de calibratie niet mee, vanwege de extra sterfte van kokkels als gevolg van strenge vorst. Het effect van minder, resp. meer predatie door temperatuurverschillen bleek in de berekeningen ongeveer 1% meer overleving op te leveren in zachte winters (wintertemperatuur gedurende de hele periode december-februari ongeveer 7 graden) en ongeveer 1% minder in strenge winters (wintertemperatuur gedurende de hele periode december-februari ongeveer 2 graden). Voor de calibratie als totaal vallen deze verschillen dus ongeveer tegen elkaar weg.

De arbitraire aanname van een maandelijks sterfte van 1% voor Kokkels door andere oorzaken dan predatie van Scholeksters is met opzet vrij laag genomen, maar wordt ook ondersteund door waarnemingen van Kees Kersting in wadbakken (pers. med.) op het IBN. Daarmee is echter de beschikbaarheid voor Scholeksters eerder overschat dan onderschat: bij grotere sterfte door andere oorzaken dan scholeksterpredatie blijft er automatisch minder over voor Scholeksters.

De wintersterfte van Kokkels zoals die in de Waddenzee vaak optreedt tijdens en na strenge vorst, is geheel geplaatst op 1 maart. In veel jaren zal de grootste sterfte ook inderdaad wel rond die tijd plaats vinden; het effect van vorst op de kokkelstand is opvallend en algemeen bekend. Maar de aanname dat alle 'extra' sterfte wel gedurende een vorstperiode plaats zal hebben gevonden is waarschijnlijk wel wat te simpel. Ook najaars- en winterstormen kunnen een rol spelen. Voor de berekende voedselopname betekent dat, dat de opname tot en met februari misschien nog wat te hoog kan zijn getaxeerd.

Aangezien de meeste Kokkels worden gegeten tussen september en februari zal de berekende voedselopname dus ook voor wat betreft de extra wintersterfte eerder tenderen naar een overschatting van de voedseldekking dan naar een onderschatting.

In de berekeningen is geen aandacht besteed aan het feit dat Scholeksters 's winters op binnendijkse graslanden regenwormen kunnen eten. Enerzijds kon

dat ook niet omdat er geen gegevens beschikbaar zijn die inpassing mogelijk maken, anderzijds kan worden beargumenteerd dat de waarde van Regenwormen als winterprooi niet kan worden vergeleken met die van schelpdieren in de getijdengebieden. Het fourageren op regenwormen gebeurt vrijwel uitsluitend in graslandgebieden grenzend aan getijdengebieden, vooral in perioden waarin verhoogde waterstanden zorgen voor moeilijke bereikbaarheid van de prooien van de droogvallende platen. Tijdens perioden met vorst spelen regenwormen geen rol, omdat ze onbereikbaar worden. Dat neemt niet weg dat regenwormen in tijden van nood wel eens heel belangrijk zouden kunnen zijn als aanvulling op een te karige voedselvoorziening in een getijdegebied. Zij kunnen wellicht ook verklaren hoe de toch nog iets te grote aantallen Scholeksters zich in en rond de Oosterschelde hebben kunnen handhaven in de jaren vanaf 1995.

In exceptionele gevallen kunnen kleine aantallen Scholeksters ook gedurende langere tijd in het binnenland verblijven (Hulscher, de Jong en van Klinken, 1993), maar zulke Scholeksters worden niet meegeteld in de hoogwatertellingen en hebben dus ook geen rol gespeeld in de hoogte van de referentie-aantallen.

De berekening is gedaan in stappen van een maand. Stappen per week, of, nog beter, per dag zouden praktisch tot hetzelfde resultaat hebben geleid, maar de aantallen Scholeksters bij een bepaalde kokkeldichtheid zou dan 2 à 3 procent hoger moeten zijn genomen. Per maand wordt namelijk maximaal ongeveer 5% van de Kokkels opgegeten, dus halverwege die maand is hun aantal al ongeveer 2,5% gezakt.

Bij de berekening is gebruik gemaakt van een gestileerde verdeling van de Kokkels over de platen, namelijk in hectares met dichtheden van 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-100, 100-200 en meer dan 200 Kokkels/m², overeenkomstig de indeling van Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse. Deze stilerings zal waarschijnlijk weinig invloed hebben gehad op de te kiezen relatie tussen kokkeldichtheid en Scholekster-aantallen, want het verschil in predatie-percentages tussen opeenvolgende kokkeldichtheids-categorieën is niet zo groot (figuur 13). De hier gebruikte relatie tussen maximaal mogelijke scholeksterdichtheden en kokkelbiomassa zal dan ook wellicht dicht bij de waarheid liggen, maar vanwege compensatie van het effect van vereenvoudigingen in het rekenmodel met een kleine verschuiving.

Het effect van de hier gekozen relatie tussen kokkelbiomassa en draagkracht voor Scholeksters heeft uiteraard invloed op de verdeling van de kokkels in de overblijvende kokkelbanken, en ook op het 'spaar-effect' en het 'inteer-effect' zoals dat in hoofdstuk 4.4 en 4.5 beschreven is. In figuur 13a en 13b zijn enkele alternatieve relaties weergegeven, die elk een even grote draagkracht voor Scholeksters in de Waddenzee en in de Oosterschelde geven zouden hebben. Wanneer functies worden gekozen die niet door $x=0$ gaan, dan zijn beduidend hogere scholeksterdichtheden nodig dan normaal gesproken worden waargenomen (figuur 13a). Wat dat betreft voldoet een lineaire functie door $x=0$ beter, zij het dat dan bij biomassa's rond 20 – 100 gram Asvrij droog gewicht aan kokkelvlees (50 à 300 flinke kokkels met een vers vleesgewicht van 1,75 gram per stuk) juist erg lage scholeksterdichtheden zouden optreden. Ook dat is niet in overeenstemming met de in figuur 1 gebruikte waarnemingen.

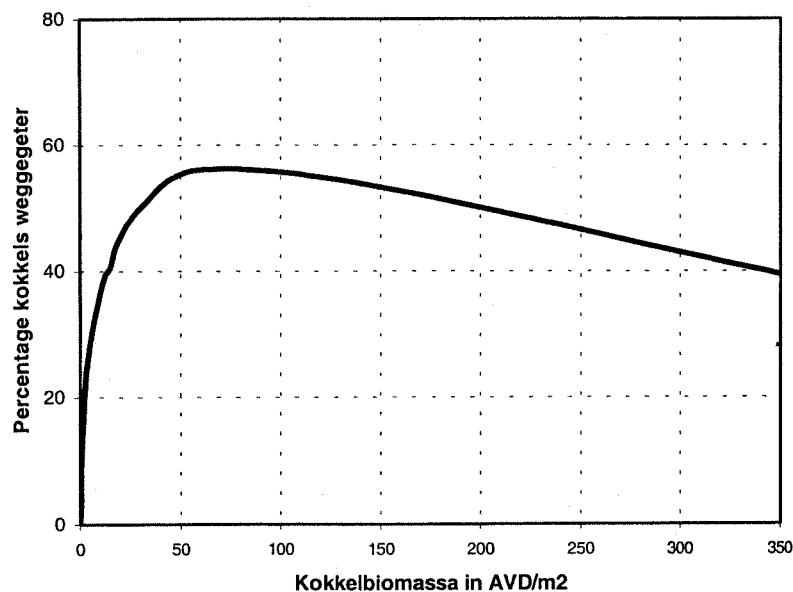
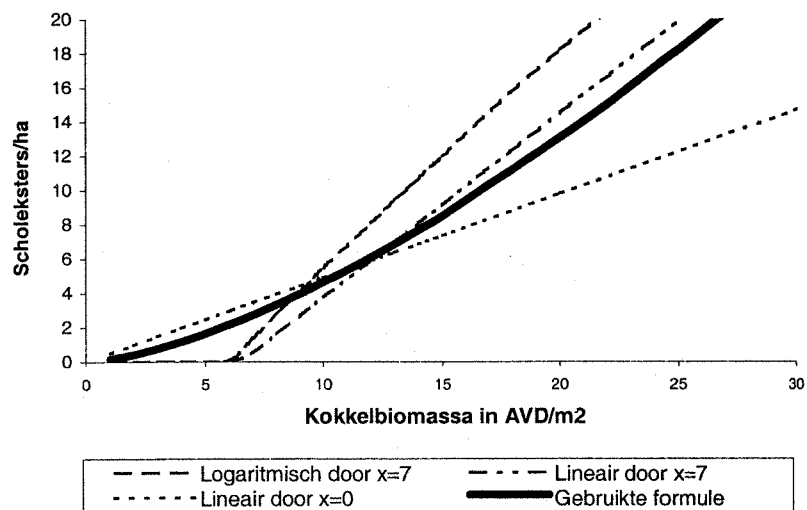
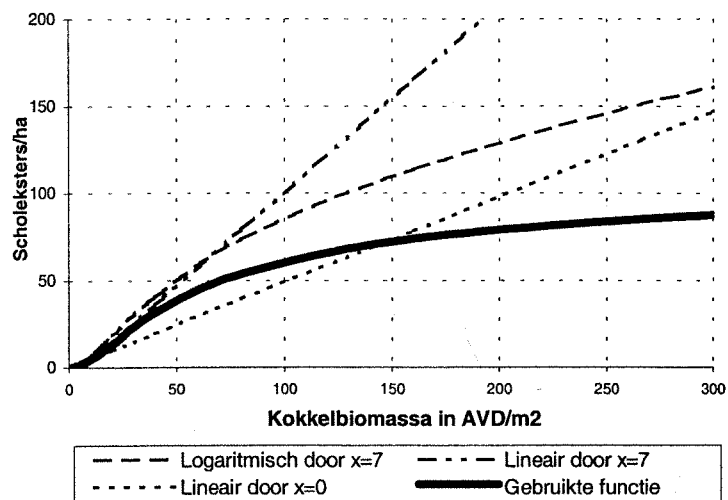
Figuur 13a, b en c

a: De gebruikte relatie tussen kokkelbiomassa per m² in de bodem en de draagkracht voor Scholeksters, en een drietal andere relaties

b: Dezelfde relaties, maar nu alleen voor kokkelbiomassa's tot 50 gram AVD/m².

c: Het percentage van de aanwezige kokkels dat volgens het gebruikte model bij een maximale predatiedruk wordt opgegeten, afhankelijk van de aanvangsbiomassa.

De schaal van 0 – 300 gram AVD/m² komt overeen met 0 – 1000 kokkels met een vers vleesgewicht van 1,75 gram.



Vooraf hetgeen gebeurt bij lage kokkeldichtheden (beneden ongeveer 10 gram asvrij drooggewicht per m²; ongeveer 30 kokkels van 1,75 gram vers vlees per stuk) is van veel invloed op de draagkracht voor Scholeksters die voor de overige kokkelbanken moet worden aangenomen (figuur 13b). Dat komt doordat er van relatief lage kokkeldichtheden zeer grote oppervlaktes aanwezig zijn. Wanneer aangenomen wordt dat die geen rol spelen als voedsel voor Scholeksters, dan moet aangenomen worden dat dichtheden boven 100 Scholeksters per ha normaal zouden zijn op de betere kokkelbanken.

De aanname van een bepaald verband tussen kokkelbiomassa en draagkracht voor Scholeksters is gerelateerd aan het percentage van de kokkels dat wordt opgegeten van banken van verschillende dichtheid (figuur 13c). In het geval van de gebruikte relatie zou bij biomassa's boven 18 gram Asvrij Droog gewicht per m² (meer dan ongeveer 50 kokkels per m²) 40 a 55% van de kokkels opgegeten worden; beneden die dichtheid zou de procentuele predatiekans snel afnemen, maar pas 0 worden bij een dichtheid van bijna 0. Kleine verschuivingen in de gebruikte functie, die in overeenstemming blijven met de gegevens van Coosen (1991) en Meire (1996b) (zie figuur 1) hebben maar weinig invloed op deze percentages.

6.2 Alternatieve voedselbronnen

Zoals uiteengezet door Smit (1994) en Hulscher (1996) zijn er naast Kokkels diverse alternatieve voedselbronnen voor de Scholekster, met name in de Waddenzee. Het review van Zwartz *et al.* (1996d) maakt echter aannemelijk dat andere prooien dan Kokkels en Mosselen gedurende de winter maar een beperkte rol spelen. Maar hoe kunnen Scholeksters dan overleven in jaren met weinig Kokkels? Hierboven is al aangegeven dat wormen in de aan de kustgebieden grenzende weilanden niet altijd een alternatief kunnen zijn. In de berekeningen is één van de mogelijke antwoorden gegeven, namelijk de aanwezigheid van Mosselen. Gedurende de periode 1990-1997 heeft zich die situatie alleen maar in 1994-95 in de Waddenzee voorgedaan. Uit de geringe sterfte van Kokkels in die winter kan worden afgeleid dat de Scholeksters inderdaad moeten zijn overgestapt van Kokkels naar Mosselen. In de andere jaren waren er ook in de Waddenzee maar weinig mosselbanken in de Waddenzee, en moeten er toch alternatieve prooien gevonden zijn om de aanwezige Scholeksters te voeden.

Een voor de hand liggende alternatieve prooi is tot nog toe buiten beschouwing gelaten, namelijk kokkelbroed. Vooraf na strenge winters (en dus weinig oude Kokkels) kunnen er relatief veel jonge Kokkels aanwezig zijn in de Waddenzee, en in de Oosterschelde is eigenlijk elk jaar wel enig kokkelbroed aanwezig. De waarde van deze 'alternatieve prooi' wordt echter direct al weer beperkt door de grootte ervan. Kokkelbroedjes (Kokkeltjes van hoogstens een groeiseizoen oud) zijn zelden groter dan 1,5 cm (schelpengte), en daardoor voor Scholeksters erg klein. Sutherland (1982) geeft een voorbeeld van een situatie waarin zowel kleine Kokkels (vanaf 12 mm) en grote (tot 38 mm) voorhanden waren. De aanwezige Scholeksters aten praktisch alleen Kokkels groter dan 22 mm. Predatie op kleinere Kokkeltjes is echter wel mogelijk. Zo foerageerden er in de winter 1997-98 grote aantallen Scholeksters op het kokkelbroed (schelpengte tot ca 20 mm?) van het oostelijke wad ten zuiden van Rottumeroog. Waarschijnlijk is predatie op kokkelbroed alleen mogelijk bij grote dichtheden, want de Scholeksters moeten per dag ongeveer 1000 Kokkeltjes van 1,7 à 1,8 cm vinden om hun voedselbehoefte te dekken. Behalve de aanwezige biomassa per m² speelt dan ook de tijd mee, die nodig is

om al die Kokkeltjes leeg te eten. Bij oudere Kokkels zal het benodigde aantal per dag liggen tussen 300 kleine en 50 à 100 grote exemplaren.

Tabel 8

De aanwezigheid van kokkelbroed in de Waddenzee gedurende jaren met een geringe stand aan grote Kokkels en Mosselen.

Jaar	% Kokkels en Mosselen beschikbaar t.o.v. totale voedselbehoefte	Aanwezigheid van broedval die deels kan hebben gediend als alternatieve voedselbron
1990	76%	Onbekend
1991	21%	Matig, broed vrij groot
1995	74%	Matig, groei slecht
1996	21%	Matig
1997	59%	Zeer goed

Tabel 8 geeft een globale aanduiding van de hoeveelheden kokkelbroed dat in kokkelarme jaren in de Waddenzee aanwezig is geweest.

De broedval in 1991 was matig, maar bestond wel uit relatief groot kokkelbroed. Volgens Van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1991) kan het zijn dat een deel van dat broed al uit het eind van 1990 afkomstig zijn geweest. 1991 was dus mogelijk iets minder slecht dan op grond van de slechte stand van Mosselen en oudere Kokkels is geconcludeerd.

In 1995 trad waarschijnlijk een matige broedval op; in 1996 bestond circa 2/3 van het bestand uit Kokkels van 1 jaar oud. De groei was echter slecht.

In 1996 was er een matige broedval. De totale biomassa van jonge en oude Kokkels samen bleef gering. Het winterseizoen 1996-97 moet dus ook voor wat betreft het kokkelbroed bijzonder voedselarm zijn geweest.

In 1997 trad een grote broedval op. Veel Scholeksters zijn ook inderdaad foeragerend waargenomen op kokkelbanken met alleen jonge Kokkels. In 1997-98 speelde kokkelbroed dus een duidelijke rol als voedselbron.

6.3 Mogelijke voedseltekorten voor de Scholeksters

6.3.1 Oosterschelde

Vergelijking met de voedselopname zoals die zijn berekend, suggereert dat er (ten opzichte van de referentie-aantallen Scholeksters) behalve in 1992-93 in alle jaren vanaf 1990 een voedseltekort moet zijn geweest, in 5 van de 8 jaar zelfs een ernstig voedseltekort. De aantallen van rond 1990 zouden behalve in 1992-93 niet gevoed kunnen worden door de aanwezige schelpdierbestanden, en afhankelijk van de extra sterfte van 1-jarige Kokkels in 1992 is het ook niet eens zeker of er 1992-93 wel voldoende voedsel was. De aantallen Scholeksters zijn ook inderdaad afgenomen (rapportages in het kader van de evaluatie van de Structuurnota Zee- en Kustvisserij), en uit de ruitoestand van dood gevonden dieren in de winter van 1996-97 kon worden afgeleid dat er ook voor die winter al sprake moet zijn geweest van voedseltekort.

Op een wat langere tijdschaal valt ook op een heel andere manier af te leiden dat de voedselvoorraden in de Oosterschelde gemiddeld genomen ook rond 1990 al krap moet zijn geweest. Bij een voldoende aanwezigheid van voedsel zou verwacht kunnen worden dat het aantal vogels gedurende de winter tamelijk constant blijft, om pas tegen het einde van de winter af te nemen. Tellingen van de jaren 80 geven ook inderdaad die indruk. Bij voedseltekorten ten opzichte van het aantal vogels zal de voorraad in het begin van de herfst nog relatief hoog zijn, maar daarna steeds verder uitgeput raken. Daardoor ontstaat een jaarverloop met relatief veel vogels in de herfst, maar (los van

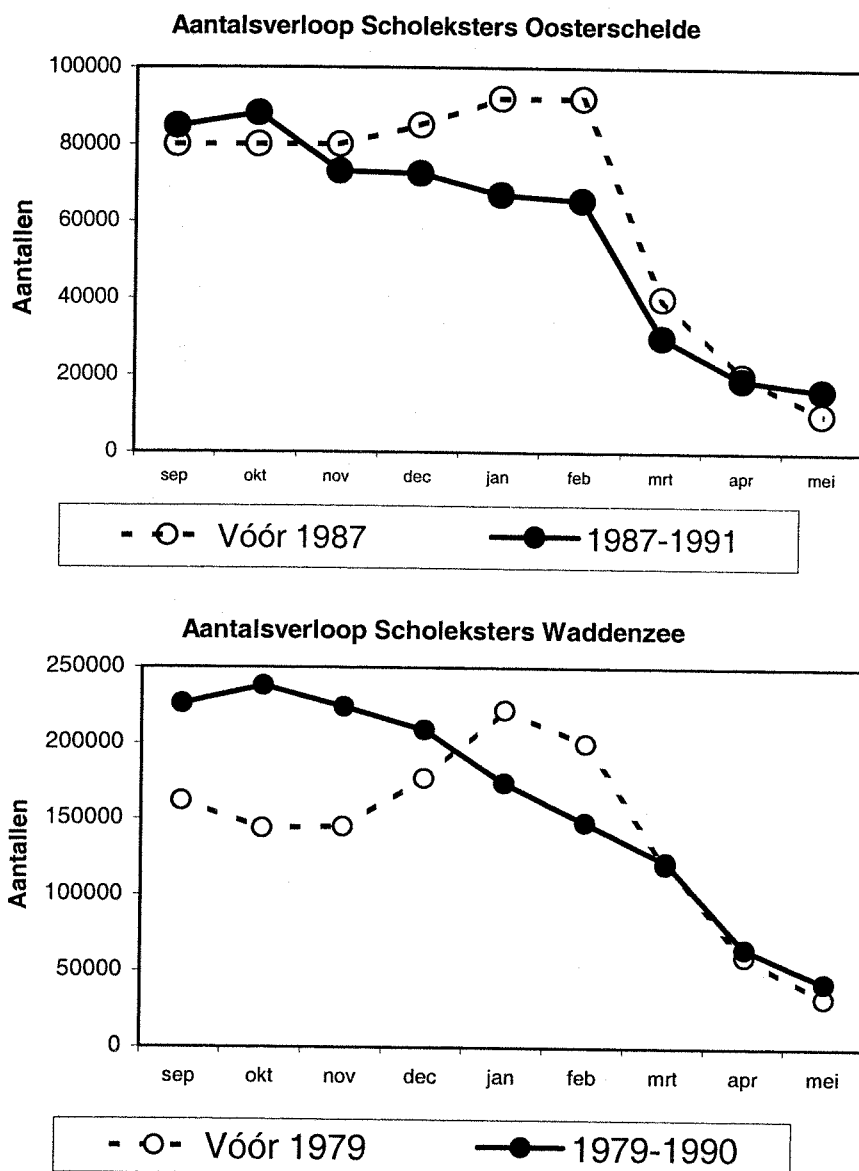
tijdelijke wegtrek in verband met vorst) steeds kleinere aantallen in de loop van de winter, zoals in het begin van de jaren 90 (figuur 14a).

6.3.2 Waddenzee

In 1991-92 en 1996-97 waren er zo weinig Kokkels en Mosselen dat het bijna onmogelijk moet worden geacht dat alternatieve voedselbronnen binnen de Waddenzee het gat hebben opgevuld. In 1997-98 was er ook een vrij groot tekort, maar het kan zijn dat dat (gedeeltelijk) is opgevuld door kokkelbroed. In de winters van 1990-91 en 1995-96 was het tekort minder groot, maar toch 15 à 20% van de totale voedselbehoefte. Ondanks de drie goede opeenvolgende seizoenen 1992-93, 1993-94 en 1994-95 is de totale periode van 1990 - 1998 dus tamelijk voedselarm geweest.

Figuur 14

De verandering in het aantalsverloop van Scholeksters in de loop van het winterhalfjaar. (a): Bij vergelijking tussen de jaren voor de afsluiting van de Oosterschelde en daarna, en (b): Bij vergelijking van de jaren 70 met de jaren 80 voor de Waddenzee.



Ook voor de Waddenzee kan al in de jaren 80 een tendens waargenomen worden naar afnemende aantallen in de loop van het winterseizoen. De tellingen zoals gepresenteerd door Hulscher (1980) voor de jaren 70 (figuur 14b) geven nog een piek in de winter, terwijl het gemiddelde van de tellingen

van de jaren 80 een piek in de herfst vertonen. In betere jaren (zoals 1992) zou wegtrek in de loop van de winter uiteraard niet nodig zijn, behalve gedurende een periode van strenge vorst. Op de gemiddelde aantallen voor een langere serie jaren heeft dat een intermediair beeld tot gevolg, ongeveer zoals het aantalsverloop in de jaren 80 is geweest.

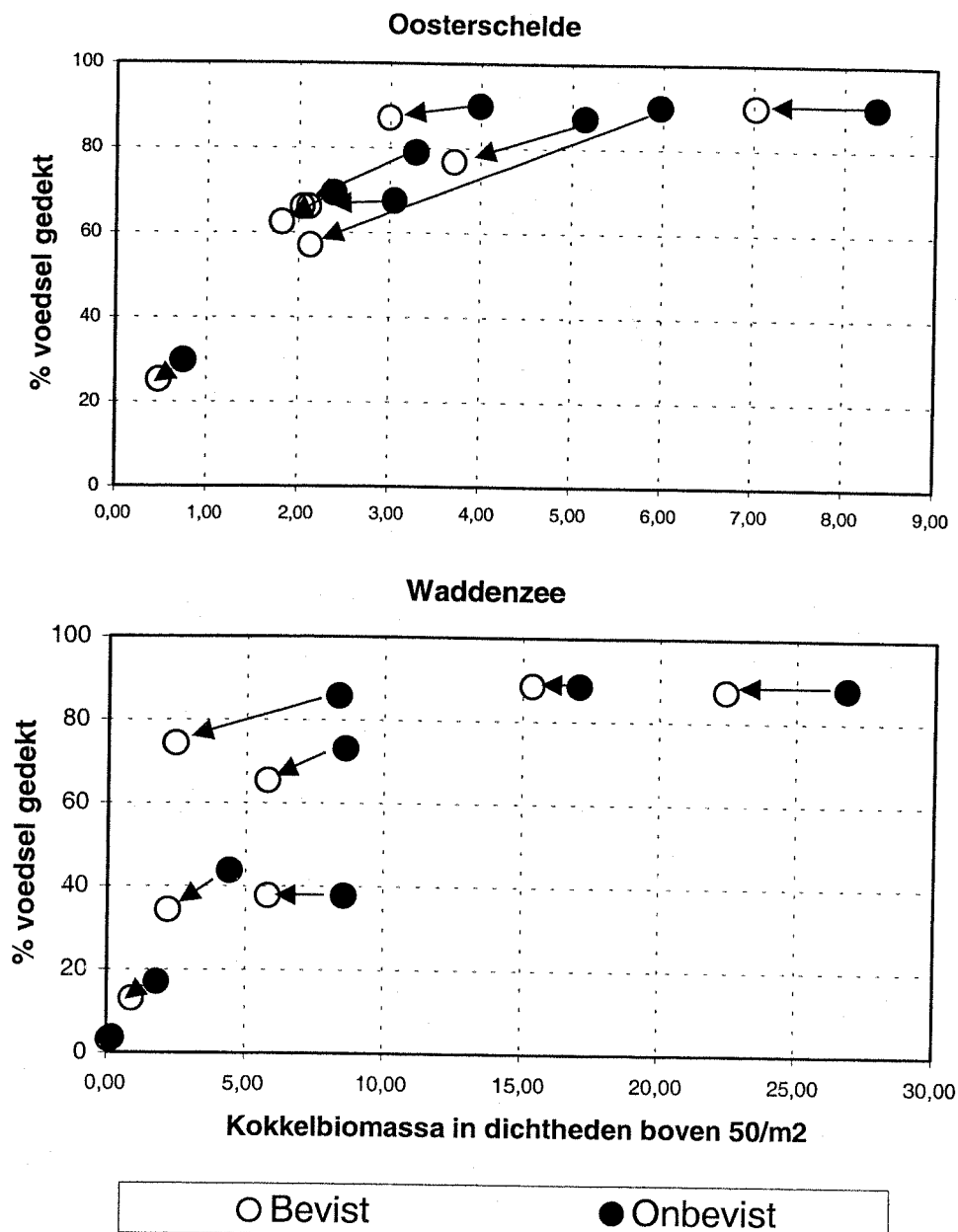
6.4 De methode van voedselreservering: in dichtheden boven 50 per m² of ten opzichte van het totale kokkelbestand?

Bij de reservering is steeds uitgegaan van de hoeveelheden Kokkels in dichtheden boven 50 per m². Is dat een goede maat voor voedselreservering? Immers, ook de wat lagere dichtheden kunnen nog door Scholeksters gebruikt worden.

In figuur 15a en b is voor Oosterschelde en Waddenzee aangegeven welk verband er is tussen de hoeveelheid Kokkels in dichtheden boven 50 per m² voor en na bevissen, en de voedselvoorziening van Scholeksters. Voor een deel zijn deze bevissingen ook echt uitgevoerd, en zijn de werkelijk weggevisste hoeveelheden in de berekeningen gebruikt. Voor de hele lage kokkelbiomassa's is bevissing op 30% van de kokkelbanken gesimuleerd. Het resultaat duidt vóór de visserij op een vrij duidelijke relatie tussen de hoeveelheid Kokkels in dichtheden boven 50 per m², maar daarna is dat verband veel minder duidelijk geworden. Het 'sparen' van een bepaald bestand in dichtheden boven 50 Kokkels per m² geeft dus in dit rekenmodel niet zo'n heel duidelijk beeld van hetgeen de Scholeksters daarna nog zouden kunnen eten.

Figuur 15

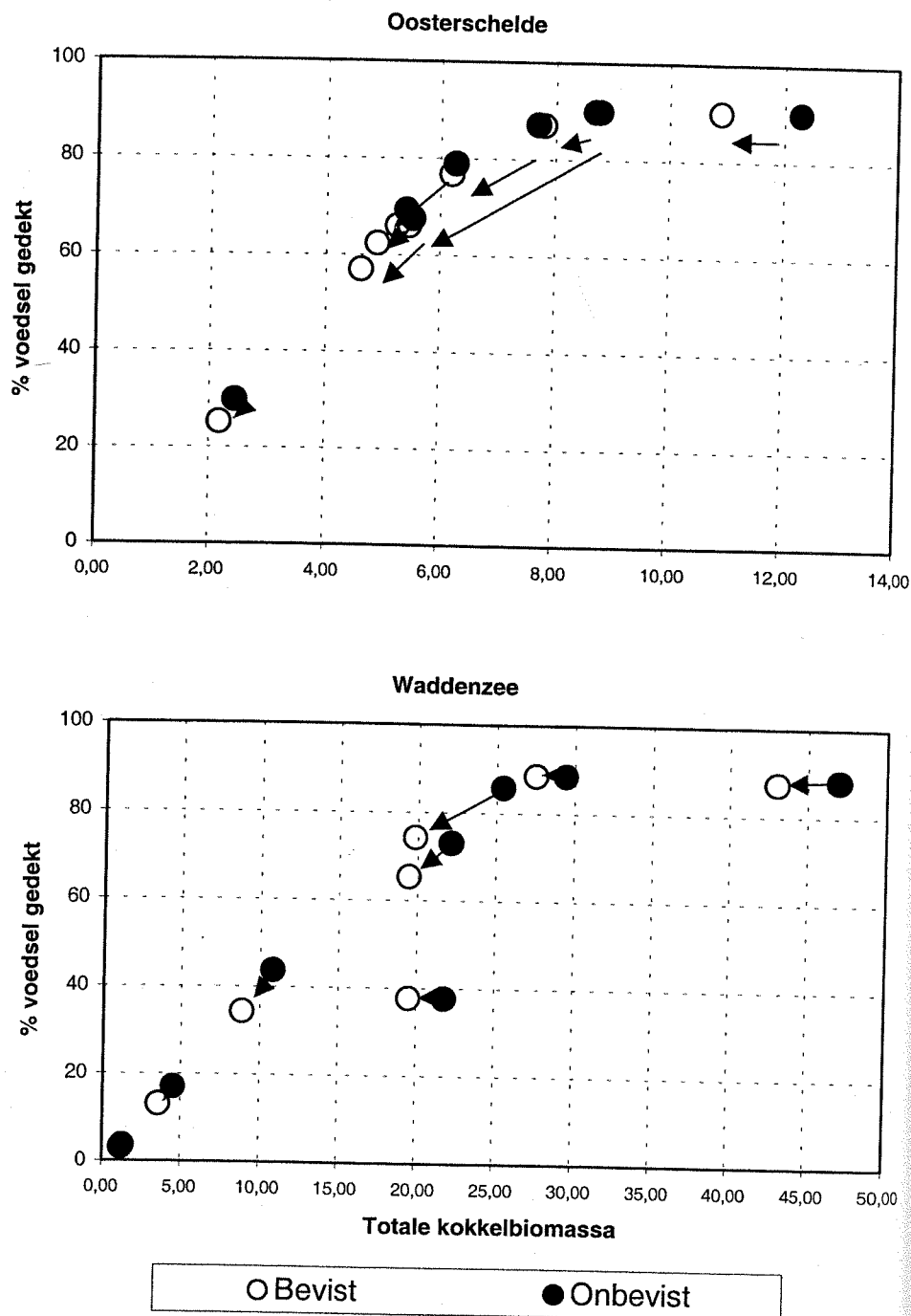
Het effect van visserij op de voedselvoorziening van Scholeksters in vergelijking met de kokkelbiomassa van Kokkels in dichtheden boven 50 per m². Als maat voor de biomassa is het vers vlees gewicht genomen, op basis van 15% van het totale gewicht inclusief schelp in september. (a): Oosterschelde. (b): Waddenzee.



In figuur 16a en b is het effect van bevissen weergegeven ten opzichte van de totale kokkelstand van Oosterschelde en Waddenzee. Ook hier zijn de werkelijk weggevisste hoeveelheden in de berekening opgenomen, en is voor jaren waarin niet is gevisst een bevissing van 30% gesimuleerd. Bevissing lijkt ten opzichte van de totale kokkelstand een heel voorspelbaar effect te hebben op de voedselvoorziening van Scholeksters. De punten voor 1995 in de Waddenzee liggen een beetje laag. Dat komt door de grote wintersterfte van Kokkels in het voorjaar van 1996. Zonder die wintersterfte zouden de punten voor 1995 ook keurig op de lijn gelegen hebben. In de Waddenzee is er echter één jaar dat zich niet aan deze regel houdt, namelijk 1994. In dat jaar hebben de scholeksters voornamelijk Mosselen gegeten, met als gevolg dat het effect van kokkelvisserij op de voedselvoorziening niet optrad.

Figuur 16

Het effect van visserij op de voedselvoorziening van Scholeksters in vergelijking met de totale kokkelbiomassa. Als maat voor de biomassa is het vers vlees genomen, op basis van 15% van het totale gewicht inclusief schelp in september. (a): Oosterschelde. (b): Waddenzee.



Bij vergelijking van figuur 15 met figuur 16 lijkt het er op dat het effect van bevissen nauwkeuriger kan worden voorspeld op grond van de totale overblijvende kokkelstand dan op grond van de hoeveelheid Kokkels in dichtheden boven 50 per m². Een verklaring voor de betere 'fit' bij het in beschouwing nemen van de totale kokkelstand kan liggen in het feit dat in het gebruikte model ook op kokkels in dichtheden beneden 50 per m² kon worden gefourageerd. De betere 'fit' is daarom op zichzelf geen bewijs dat deze betere fit ook terecht zou zijn. Die bewijskracht zou moeten liggen in de juistheid van de constatering dat kokkelbanken inderdaad overeenkomstig figuur 13 worden leeggegeten door Scholeksters. In de praktijk lijkt dat ook zo te zijn. Kokkelbanken worden in de loop van een aantal jaren uitgeput, en zelfs na een

aantal kokkel-arme jaren kunnen er nog oude kokkelbanken zijn met enkele honderden kokkels per m². Overigens zullen de aannames in het model op dit punt ongetwijfeld nog bijgesteld kunnen worden (zie ook de toelichting bij figuur 13 a en b).

6.5 Wenselijke voedselreservering in relatie tot scholeksterstand en voedselbehoefte

Zowel uit figuur 15 als uit figuur 16 vallen ook conclusies af te leiden over het effect van de voedselreservering zoals die in de afgelopen jaren is toegepast. Zowel in de Oosterschelde (1993 - 1996) als in de Waddenzee (1995) hebben de Scholeksters in jaren waarin er voedsel werd gereserveerd voor 57 à 77% in hun voedselbehoefte kunnen voorzien door het eten van Kokkels (gemiddeld 66%). Ten opzichte van de in het visserijbeleid beoogde 60% is dat een goed resultaat.

Uit figuur 15 kan voor de Oosterschelde verder worden afgeleid dat er voor de referentie-aantallen Scholeksters te weinig voedsel is wanneer de totale kokkelbiomassa in bestanden boven 50/m² minder is dan ongeveer 4 miljoen kg vers vleesgewicht. Dat was ongeveer 1,4 maal de voedselbehoefte tussen september en mei (In de berekeningen 2,83 miljoen kilo kokkelvlees, zijnde 90% van de totale voedselbehoefte. Deze voedselbehoefte van Scholeksters wijkt iets ten opzichte van de schattingen voor de Structuurnota Zee- en kustvisserij). Bij afwezigheid van andere voedselbronnen was de reservering tot aan 1997 (2,04 miljoen kg) dan ook onvoldoende. Inmiddels is die reservering bijgesteld naar een veilig niveau, namelijk 5 miljoen kg.

Voor de Waddenzee kan uit figuur 15 worden afgeleid dat er effecten waren te verwachten wanneer de kokkelbiomassa in bestanden boven 50 Kokkels per m² minder was dan 12 miljoen kg vers vleesgewicht. Dat was eveneens ongeveer 1,4 maal de voedselbehoefte in de vorm van kokkels (in de berekeningen 8,65 miljoen kilo kokkelvlees tussen september en mei, zijnde 90% van de totale voedselbehoefte). Ook in de Waddenzee is dus te weinig gereserveerd, maar daarin zou verandering kunnen komen wanneer er voldoende mosselbanken zouden ontstaan. Dan kan een deel van de Scholeksters overschakelen op een dieet van mosselen.

Reserveringen kunnen ook worden gedaan ten opzichte de totale kokkelstand. Zoals in paragraaf 6.4 al is aangegeven is het effect van een bepaalde reservering dan nauwkeuriger af te leiden. Om honger te voorkomen zou voor de referentie-aantallen Scholeksters in de Oosterschelde in totaal 8,5 miljoen kilo kokkels aanwezig moeten zijn, en in de Waddenzee 27 miljoen kilo. Dat is 3,0 respectievelijk 3,1 maal zo veel dan de voedselbehoefte in de vorm van kokkels (tabel 9).

Bovenstaande berekeningen zijn –voor wat betreft de te reserveren hoeveelheden- gedaan met kokkelvleesgewichten van 15% van het totaalgewicht van de kokkels, overeenkomstig de publikaties van van Stralen en Kesteloo-Hendrikse (1992-1998). Uitgaande van het werkelijke vleesgewicht van de kokkels in begin september (verschillend per jaar, maar in goede jaren rond 18% vleesgewicht ten opzichte van het totaalgewicht), zouden de reserveringen in de vorm van kokkels boven 50/m² zowel voor Waddenzee als voor Oosterschelde 1,7 maal zo groot moeten zijn als de voedselbehoefte.

Ten opzichte van het totale kokkelbestand, bij de werkelijke vleesgewichten van begin september, zouden de reserveringen zowel voor de Oosterschelde als

voor de Waddenzee 3,6 maal zo groot moeten zijn dan de voedselbehoefte. Waarschijnlijk zijn reserveringen in relatie tot de septemberbiomassa van de kokkels het meest adequaat, omdat dan bekend is hoe de groei en de sterfte in de voorafgaande zomer is geweest.

Tabel 9

Samenvatting van hoeveelheden kokkelvlees die volgens de berekeningen voldoende zouden zijn ten opzichte van de voedselbehoefte van Scholeksters tussen september en mei.

RESERVERING TEN OPZICHTE VAN	BIOMASSABEPALING	OOSTERSCHELDE	WADDENZEE
Dichtheden boven 50/m ²	Kokkels met 15% vleesgewicht	Totale scholeksterstand in de periode 1987-1991, geen mosselen 4,0 milj kg	Totale scholeksterstand in de periode 1980 - 1990, geen mosselen 12 milj kg
Dichtheden boven 50/m ²	Kokkels met 15% vleesgewicht	Per 10.000 Scholeksters gemiddeld tussen september en mei aanwezig 0,65 milj kg	Per 10.000 Scholeksters gemiddeld tussen september en mei aanwezig 0,7 milj kg
Dichtheden boven 50/m ²	Kokkels met 15% vleesgewicht	1,4 maal de voedselbehoefte	1,4 maal de voedselbehoefte
Dichtheden boven 50/m ²	Werkelijk vleesgewicht begin september	1,7 maal de voedselbehoefte	1,7 maal de voedselbehoefte
Het totale kokkelbestand	Kokkels met 15% vleesgewicht	Totale scholeksterstand in de periode 1987-1991, geen mosselen 8,5 miljoen kg	Totale scholeksterstand in de periode 1980 - 1990, geen mosselen 27 miljoen kg
Het totale kokkelbestand	Kokkels met 15% vleesgewicht	3,0 maal de voedselbehoefte	3,1 maal de voedselbehoefte
Het totale kokkelbestand	Werkelijk vleesgewicht begin september	3,6 maal de voedselbehoefte	3,6 maal de voedselbehoefte

De tot nu toe gegeven hoeveelheden en vermenigvuldigingsfactoren zijn bedoeld voor een voldoende voedselbeschikbaarheid in de vorm van kokkels gedurende het hele winterseizoen, waarbij steeds 90% van al het voedsel uit kokkels kan bestaan (tabel 9). Wanneer er onvoldoende voedsel aanwezig is wordt de benutting van de kokkelbestanden anders. Een relatief groot deel van de kokkels wordt dan in het najaar al opgegeten, wanneer de kokkels nog niet vermagerd zijn.

De verhoudingen tussen aanwezig voedsel en hetgeen door Scholeksters wordt opgegeten wanneer er schaarste is, zijn niet verwerkt in tabel 9, om dat zulke reserveringen tot gevolg zouden hebben dat de Scholeksters in de nawinter en het vroege voorjaar dan toch een voedseltekort zouden hebben (zie bijvoorbeeld figuur 7). Bovendien zitten zulke schaarste-effecten toch ook al in de gehanteerde scholekster-aantallen (zie ook paragraaf 6.3). Bij hetzelfde

gemiddelde aantal vogels per maand, maar meer op een constant niveau gedurende de winterperiode, zou de voedselbehoefte voor een bepaald gemiddeld aanwezig aantal Scholeksters zelfs nog wat hoger zijn dan dat nu berekend is. Een proefberekening duidde overigens niet op een erg groot verschil, van enkele procenten.

6.6 Wat gebeurt er met de Scholeksters wanneer er echt te weinig voedsel is?

Wanneer er onvoldoende voedsel is zijn er voor Scholeksters drie mogelijkheden: Wat anders zoeken om te eten, de buikriem aantrekken of ergens anders heen gaan. Als dat allemaal niet meer kan zullen er Scholeksters dood moeten gaan.

In de berekeningen is steeds aangenomen dat er ongeveer 10% voedsel te vinden zal zijn in de vorm van alternatieve voedselbronnen. Deze zouden kunnen worden benut wanneer de hoofdvoedselbronnen schaars zijn. Voor de Oosterschelde zou die 10% vooral moeten bestaan uit kokkelbroed, en verder zijn er nog wat Nonnetjes (*Macoma balthica*) te vinden. Mosselen zijn er niet of nauwelijks, en Zeeduizendpoten (*Nereis diversicolor*) en andere wormen zijn 's winters niet van belang. Misschien is 10% aan alternatieve voedselbronnen binnen de Oosterschelde toch nog wat hoog geschat, maar hebben regenwormen in de omgeving van de Oosterschelde een rol gespeeld. Voor de Waddenzee zijn de Mosselen apart in de berekeningen opgenomen. De 10% alternatieve prooien die in de berekeningen zijn gehanteerd zouden kunnen bestaan uit kokkelbroed (soms), jonge Strandgapers en jonge Slijkgapers (soms), misschien Amerikaanse zwaardschede en (vooral in vroege herfst en voorjaar) wat Nonnetjes. De Mosselen zijn voor de Waddenzee apart in de berekeningen opgenomen.

Wanneer er naast mosselen en alternatieve prooien te weinig kokkels zouden zijn is het aantrekken van de buikriem een zeer goede, en waarschijnlijk algemeen toegepaste mogelijkheid. Wanneer in het rekenmodel wordt ingevoerd dat de Scholeksters in de Waddenzee niet zwaarder worden dan 520 gram (in plaats van 620), blijkt dat ongeveer 10% besparing te geven op hun voedselopname. Maar er zit wel een grens aan deze besparing. Veel magerder dan 520 gram kan niet; 12% besparing (bij een gewicht van minder dan 500 gram) is wel het maximum, met zeer grote risico's bij elke storm of een paar graden vorst. Daardoor komt deze camouflage van het voedseltekort aan het licht wanneer het langdurig stormt vanuit het westen of (vooral) wanneer het echt begint te vriezen. De sterfte van Scholeksters is dan ook maximaal in winters die gekenmerkt worden door een combinatie van voedseltekort en extreme kou (Nève & Van Noordwijk, 1997; zie ook hoofdstuk 2).

Wegtrekken kan ook, al weet geen enkele Scholekster van tevoren of het in Frankrijk of Engeland beter is. Bovendien, dieren die wegtrekken zijn hun plekje in de Waddenzee of Oosterschelde kwijt aan een ander. Als ze weer terug komen moeten ze zich opnieuw een plaats veroveren. Maar toch vertrekken er in geval van intredende vorst soms grote aantallen Scholeksters naar het zuiden (Camphuysen *et al.* 1996). Vanwege de energie die een dergelijke vlucht vergt is wegtrekken over een grotere afstand alleen mogelijk voor Scholeksters met een voldoende gewicht. Ook hier geldt dus: Hoe meer besparing, hoe meer risico.

In de praktijk zullen Scholeksters daarom doortrekken of wegtrekken wanneer de aanwezige voedselvoorraden onvoldoende zijn of in de loop van een seizoen uitgeput raken. Een deel van de achterblijvers zal daarbij magerder zijn dan het

gewenste streefgewicht, en de magerste zullen de grootste risico's lopen. Het resultaat is toch een aanpassing aan de voedselvoorraden, niet alleen per gebied maar ook per seizoen. Deze aanpassing was in de Oosterschelde duidelijk waarneembaar (figuur 12).

7 Conclusies

Het gehanteerde systeem van reservering had volgens de berekeningen tot gevolg dat ongeveer 66% van de voedselvoorziening van de Scholeksters was gedekt. Het verschil met de vooraf aangegeven 60% ontstond doordat enerzijds ook nog wel kokkels worden gegeten wanneer de dichtheden minder groot zijn, maar doordat anderzijds lang niet alle kokkelbanken worden leeggegeten tot een dichtheid van 50 per m². Een dekking van 66% door kokkels is echter onvoldoende, wanneer er geen mosselbanken of andere voedselbronnen zijn om de overige 34% in te vullen.

In de Oosterschelde zijn (behalve misschien de grotere exemplaren van het kokkelbroed) niet veel alternatieve voedselbronnen aanwezig. Buiten de Oosterschelde kunnen Scholeksters (zolang het niet vriest) wel regenwormen zoeken. Uitgaande van 10% alternatieve prooien is de reservering van 2,04 miljoen kg kokkelvlees in dichtheden boven 50 Kokkels/m² duidelijk onvoldoende. Geringe tekorten waren (voor de scholekster aantallen in de referentieperiode van 1987-1991) al te verwachten bij minder dan ongeveer 4 miljoen kg kokkelvlees in dichtheden boven 50/m² (ongeveer 8,5 miljoen kg in het totale kokkelbestand).

Aan de andere kant heeft de reservering van voedsel in het kader van het visserijbeleid er wel voor gezorgd dat nog grotere voedseltekorten voorkomen werden.

Het berekende chronische voedseltekort gedurende de periode 1990-1997 wordt bevestigd door de afnemende aantallen Scholeksters.

In de Waddenzee zijn er in de periode 1990 – 1997 enkele goede, maar ook enkele zeer slechte jaren geweest. Wanneer er weinig Mosselen aanwezig zijn heeft het wegvissen van Kokkels volgens de berekeningen al een effect op de voedselbeschikbaarheid van Scholeksters wanneer de kokkelstand minder groot is dan circa 12 miljoen kg in dichtheden boven 50 grote Kokkels/m² (ongeveer 27 miljoen kg kokkelvlees in het totale bestand).

De beperkingen die sinds 1993 gelden voor de visserij betekenden voor de Waddenzee een verbetering ten opzichte van een geheel vrije schelpdiervisserij. Er bleef er wel een invloed van visserij aanwezig, want de reservering betrof slechts 7,56 miljoen kg in dichtheden boven 50 Kokkels/m². Maar de natuurlijke fluctuaties in de kokkelstand waren relatief groot ten opzichte van de effecten van de huidige, gereguleerde visserij.

Voor de Waddenzee is de aanwezigheid van Mosselen van grote invloed op de voedselbeschikbaarheid. Wanneer er veel Mosselen zijn, zoals in 1994-95, kunnen veel Scholeksters daarop overschakelen.

Van de aanwezige kokkels wordt slechts een deel (circa 50%) door Scholeksters opgegeten. Niet-weggeviste kokkels kunnen daardoor ook in de jaren daarna nog beschikbaar zijn voor vogels (het 'spaar-effect'). Anderzijds zal schaarste, ook in jaren waarin in het geheel niet wordt gevestigd, in meerdere of mindere mate het gevolg zijn van visserij in voorafgaande jaren (het 'inteer-effect'). Schelpdiervisserij zonder enig effect op de voedselvoorziening van Scholeksters zal dan ook onmogelijk zijn.

Wanneer kokkels de enige belangrijke voedselbron zijn, zoals in de Oosterschelde, dan zou een reservering in dichtheden boven 50 kokkels/m² 1,4 maal de voedselbehoefte moeten bedragen. Een reservering ten opzichte van het totale kokkelbestand in september lijkt nauwkeuriger, en zou 3,0 a 3,1 maal de voedselbehoefte moeten bedragen. Deze getallen betreffen kokkels met een aangenomen vlees-inhoud van 15% ten opzichte van hun totaalgewicht.

Ten opzichte van het werkelijke september-vleesgewicht zou 1,7 maal de voedselbehoefte gereserveerd moeten worden in dichtheden boven 50 per m², of 3,6 maal de voedselbehoefte ten opzichte van de totale biomassa aan kokkels. Reserveringen op basis van september-biomassa's zijn het meest adequaat, omdat niet voorspelbare effecten van groei en sterfte in de voorafgaande zomer dan geen onzekere factor meer vormen.

In de Oosterschelde zijn er geen duidelijke kansen op vergroting van de alternatieve voedselbronnen. Daar zal dus minimaal met 90% van de totale voedselbehoefte ook in de nabije toekomst uit kokkels moeten komen. In de Waddenzee kunnen mosselen een goede alternatieve voedselbron vormen.

8 Literatuur

Baptist et al, 1977: Aantallen Eidereenden *Somateria mollissima* in de Nederlandse kustwateren en de Waddenzee in de winters 1993-97. *Limosa* 70:113-118

Berrevoets, C.M., R.C.W Strucker en P.L. Meininger, 2002: Watervogels in de zoute Delta 2000/2001. Rapport RIKZ/2002.002, ISBN 903693446X

Beukema, J.J. en G.C. Cadée, 1997: De voor winning beschikbare jaarlijkse schelpkalkproductie door kokkels in de Nederlandse Waddenzee. Rapport opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland. NIOZ, Texel, 27 pp

Beukema, J.J., K. Essink, H. Michaëlis en L. Zwarts, 1993: Year-to-year variability in the biomass of macrobenthic animals on tidal flats of the Wadden Sea: How predictable is this food source for birds? *Neth. J. Sea Res.* 31:319-330

Blomert, A.-M., Ens, B.J., Goss-Custard, J.D., Hulscher, J.B. & Zwarts, L. (eds.). 1996: Oystercatchers and their estuarine food supplies. Special issue of *Ardea* 84A: 1-538.

Bos, D., 1994: Effects of decreasing food availability on wintering Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: literature review and model study. Report RIKZ-94.014

Braaksma, S.D., 1997: Zwemvogeltellingen Waddenzee 1985-1995. Intern rapport Directie Noord van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Camphuysen, C.J., B.J. Ens, D. Heg, J.B. Hulscher, J. van der Meer & C.J. Smit. 1996: Oystercatcher *Haematopus ostralegus* winter mortality in The Netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea* 84A: 469-492.

Coosen, J., 1991: Voedselbeschikbaarheid voor Scholeksters in de Oosterschelde, evaluatie 1990 en inschatting 1991. Intern RIKZ- rapport GWWS-91.13067.

Coosen, J., J. de Vlas, M. Van Stralen, H.P. Pröpper en L.P. van Duijn, 1992: De voedselbehoefte van vogels in de Waddenzee en Oosterschelde. Interne nota Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij

Dekker, R., 1993: Het macrozoobenthos op negen raaien in de Waddenzee en in de Eems-Dollard in 1992. NIOZ-rapport 1993-3, 42 blz.

Ens, B.J & J.T. Cayford. 1996. Feeding with other Oystercatchers. Chapter 4 in "The Oystercatcher: from individuals to populations", J.D. Goss-Custard (ed.). Oxford Univ. Press, Oxford, pp. 77-104.

- Ens, B.J. & J.D. Goss-Custard. 1984. Interference among Oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, feeding on mussels, *Mytilus edulis*, on the Exe estuary. *Journal of Animal Ecology* 53: 217-231.
- Ens, B.J., Merck, T., Smit, C.J. & Bunscoeke, E.J. 1996a. Functional and numerical response of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* on shellfish populations. *Ardea* 84A: 441-452.
- Ens, B.J., S. Dirksen, C.J. Smit & E.J. Bunscoeke. 1996b. Seasonal changes in size selection and intake rate of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on the bivalves *Mytilus edulis* and *Cerastoderma edule*. *Ardea* 84A: 159-176.
- Essink, K. & E. Stikvoort, 1997: Ontwikkeling van alternatieve voedselbronnen in en buiten voor kokkelvisserij gesloten gebieden in de Oosterschelde en Waddenzee/Eems-Dollard. Werkdocument RIKZ/OS-97.618x, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Goss-Custard, J.D. (ed.) 1996. The Oystercatcher: from individuals to populations. Oxford University Press, Oxford.
- Goss-Custard, J.D., Durell, S.E.A. le V. dit, Goater, C.P., Hulscher, J.B., Lambeck, R.H.D., Meininger, P.L. & Urfi, J., 1996a: How Oystercatchers survive the winter. Chapter 6 in Goss-Custard, J.D. (ed.), 1996: The Oystercatcher: from individuals to populations. Oxford University Press, Oxford. 133-154.
- Goss-Custard, J.D., McGrorty, S. & Durell, S.E.A. le V. dit. 1996b: The effect of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* on shellfish populations. *Ardea* 84A: 453-468.
- Hulscher, J.B., 1989. Sterfte en overleving van Scholeksters *Haematopus ostralegus* bij strenge vorst. *Limosa* 62:177-182.
- Hulscher, J.B., 1980: Oystercatcher (*Haematopus ostralegus* L.). In: Birds of the Wadden Sea, report 6 of the Wadden Sea Working Group, edited by C.J. Smit & W.J. Wolff. Stichting Veth tot steun aan Waddenonderzoek, 1980, Leiden.
- Hulscher, J.B., B. De Jong en J. van Klinken, 1993: Uitzonderlijk grote aantallen Scholeksters in het binnenland gedurende de winter van 1992/93. *Limosa* 66: 117-123
- Hulscher, J.B. 1996: Food and feeding behaviour. Chapter 1 in: Goss-Custard, J.D. (ed.) 1996. The Oystercatcher: from individuals to populations. Oxford University Press, Oxford, 7-29.
- Kersten, M. & Piersma, T. 1987: High levels of energy expenditure in shorebirds: metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. *Ardea* 75: 175-188.
- Kesteloo-Hendrikse, J.J., en M.R. Van Stralen, 1992: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde en de Waddenzee 1992. RIVO rapport AQ 92-06.
- Kesteloo-Hendrikse, J.J., 1993: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde en de Waddenzee 1993. RIVO rapport.

- Kesteloo-Hendrikse, J.J., 1994: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1994. RIVO rapport.
- Kesteloo-Hendrikse, J.J., en M.R. Van Stralen, 1995: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1995. RIVO rapport.
- Kesteloo-Hendrikse, J.J., en M.R. Van Stralen, 1996: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1996. RIVO rapport.
- Kersten, M. & W. en Visser, 1996: Food intake of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* by day and by night measured with an electronic nest balance. *Ardea* 84A:57-72
- Kersten, M. en T. Piersma, 1987: High levels of energy expenditure in shorebirds: metabolic adaptations to an energetically expensive way of life. *Ardea* 75: 175:187
- Lambeek, R.H.D., 1991: Changes in abundance, distribution and mortality in wintering Oystercatchers after habitat loss in the Delta area, SW Netherlands. *Acta XX Congr. Int. Ornithol.*: 2208-2218
- Meininger, P.L., C.M. Berrevoets en R.C.W. Strucker, 1997: Tellingen van steltlopers in het Deltagebied 1987-1997. RIKZ werkdocument OS-97.882X
- Meire, P., 1993: Wader population and macrozoobenthos in a changing estuary: the Oosterschelde (The Netherlands). Proefschrift, Universiteit Gent
- Meire, P.M., 1996a: Feeding behaviour of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* during a period of tidal manipulations. *Ardea* 84a: 509-524
- Meire, P.M., 1996b: Distribution of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* over a tidal flat in relation to their main prey species, cockles *Cerastoderma edule* and mussels *Mytilus edulis*: Did it change after a substantial habitat loss? *Ardea* 84a: 525-538
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1993: Vissen naar evenwicht. Regeringsbeslissing ten aanzien van de Structuurnota Zee- en kustvisserij. Ministerie van LNV
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 1998: Evaluatie van het visserijbeleid van 1993 - 1997. Ministerie van LNV
- Nève, G. & van Noordwijk, A. 1997: De overleving van Scholeksters in de Waddenzee 1980-1994: De effecten van leeftijd, voedselaanbod en vorst. Interim rapport NIOO-CTO.
- Productschap Vis, 1998: Vissers en de natuur. Evaluatie beheersmaatregelen schelpdiervisserij 1994 - 1997. Productschap Vis.
- Smit, C.J., 1994: Alternatieve voedselbronnen voor schelpdier-etende vogels in Nederlandse getijdewateren. IBN-rapport 077.

- Van Stralen, M.R., 1990: Het kokkelbestand in de Oosterschelde en de Waddenzee in 1990. RIVO rapport AQ 90-03
- Van Stralen, M., en J. Kesteloo-Hendrikse, 1992: Het kokkelbestand en de broedval van kokkels in de Oosterschelde en in de Waddenzee in 1991. RIVO rapport AQ 92-05
- Van Stralen, M.R., 1993: Relatie kokkel-scholekster dichtheid. Interne notitie op basis van kokkel- en scholeksterdichtheden van J. Coosen; GWWS-91.13067 en GWWD-91.13067
- Van Stralen, M.R. en J.J. Kesteloo-Hendrikse, 1997: Het kokkelbestand in de Oosterschelde, de Westerschelde, de Waddenzee en de Voordelta in 1997. RIVO rapport.
- Van Stralen, M.R., en J. Kesteloo-Hendrikse, 1998: De ontwikkeling van het kokkelbestand in de Waddenzee (1971-1997) en Oosterschelde (1980-1997). RIVO-DLO Rapport 98.001
- Van Stralen, M.R., 1998: De ontwikkeling van het mosselbestand in de Waddenzee en Oosterschelde na 1992. RIVO-DLO rapport c.006.98.
- Sutherland, W.J., 1982: Do Oystercatchers select the most profitable cockles? *Animal behaviour* 30, 857-861
- Swennen, C., 1976: Populatiestructuur en voedsel van de Eidereend *Somateria m. mollissima* in de Nederlandse Waddenzee. *Ardea* 64:311
- Swennen, C., G. Nehls en K. Laursen, 1989: Numbers and distribution of Eiders *Somateria mollissima* in the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 24:83-92
- de Vlas, J. de, 1982: De effecten van kokkelvisserij op de bodemfauna van Waddenzee en Oosterschelde. RIN rapport 82/19, Texel: 99 p.
- Zegers, P.M. en N.D. Kwint, 1992: Vogeltellingen in het Nederlandse deel van het Waddengebied 1979-90. SOVON rapport 1992/14, Beek-Ubbergen: 51 p
- 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. *Neth. J. Sea Res.* 28: 231-245.
- Zwarts, L. en A-M. Blomert, 1996: Daily metabolized energy consumption of Oystercatchers *Haematopus ostralegus* feeding on larvae of the crane fly *Tipula paludosa*. *Ardea* 84A:221-228.
- Zwarts, L., B.J. Ens, J.D. Goss-Custard, J.B. Hulsher and M. Kersten, 1996a: Why oystercatchers *Haematopus ostralegus* cannot meet daily energy requirements in a single low water period. *Ardea* 84A:269-290
- Zwarts, L., J.B. Hulscher, K. Koopman, T. Piersma en P.M. Zegers, 1996b: Seasonal and annual variation in body weight, nutrient stores and mortality of Oystercatchers *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A:327-356

Zwarts, L., J.H. Wanink en B.J. Ens, 1996c: Predicting seasonal and annual fluctuations in the local exploitation of different prey by Oystercatchers *Haematopus ostralegus*: A ten-year study in the Wadden Sea. *Ardea* 84A:401-440

Zwarts, L., B.J. Ens, J.D. Goss-Custard, J.B. Hulscher en S.E.A. le V. dit Durell, 1996d: Causes in variation of of prey profitability and its consequences for the intake rate of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84A:229-268