

# De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde.

B.J. Kater

RIVO rapport nr. C018/03  
Maart 2003



# Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

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

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

## RIVO Rapport

Nummer: C018/03

### De voedselsituatie voor kokkels in de Oosterschelde.

B.J. Kater

Opdrachtgever: Rijksinstituut voor Kust en Zee  
Postbus 8039  
4330 EA Middelburg

Project nummer: 3011219117

Contract nummer: 67021476

Akkoord: Dr. A.C. Smaal  
afdelingshoofd

Handtekening: \_\_\_\_\_

Datum: maart 2003

Aantal exemplaren:	10
Aantal pagina's:	62
Aantal tabellen:	7
Aantal figuren:	29
Aantal kaarten:	3
Aantal bijlagen:	1

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

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

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

---

## Inhoudsopgave:

Samenvatting .....	4
1. Inleiding .....	5
1.1 Kader .....	5
1.2 Suspensie-eters in de Oosterschelde.....	5
1.3 Vraagstelling .....	5
2. Materialen en methoden.....	7
2.1 Schelpdierbiomassa in de Oosterschelde .....	7
2.2 Filtratiesnelheid en -tijd.....	9
2.3 Turn-over tijden van algen en filtratie tijd van schelpdieren.....	9
2.4 Gevoeligheidsanalyse.....	10
2.5 Kokkelbiomassa en -groei op plots.....	10
2.6 Verklaring van de variatie in gewicht en groei .....	12
3. Resultaten .....	15
3.1 De biomassa van de verschillende soorten in de Oosterschelde .....	15
3.2 Clearance rates .....	22
3.3 Potentiële filtratiesnelheid.....	24
3.4 Filtratie tijden van schelpdieren .....	26
3.5 Kunnen de deelgebieden de schelpdieren van voldoende voedsel in de vorm van fytoplankton voorzien? .....	27
3.6 Gevoeligheidsanalyse.....	32
3.7 Veranderingen van kokkelgewicht.....	36
3.8 Effecten van een veranderde voedselsituatie.....	44

---

4.	Conclusies en discussie .....	48
4.1	Ontwikkelingen per deelgebied.....	48
4.2	Verklaringen voor de variatie in kokkelgroei en -gewicht.....	51
5.	Referenties .....	55
6.	Bijlage: het schatten van het sublitorale bestand Japanse oesters in de Oosterschelde. ....	58
6.1	Inleiding.....	58
6.2	Materialen en methoden .....	59
6.3	Resultaten.....	60
6.4	Referenties .....	62

## Samenvatting

In dit rapport is de eerste aanzet gedaan tot het in kaart brengen van mogelijke voedselconcurrentie van kokkels met andere schelpdieren in de Oosterschelde. Hiertoe is informatie verzameld over de biomassa aan schelpdieren, de filtratiesnelheden en –tijd van de schelpdieren, en het verloop van individuele kokkelgewichten. Deze zijn vergeleken met informatie over de turn-over en samenstelling van het fytoplankton. Aangezien de gegevens aan rapporten en literatuur zijn ontleend en er geen empirische controle is uitgevoerd dienen de resultaten als indicatief te worden beschouwd.

In het mondingsgebied is in tien jaar tijd de biomassa aan schelpdieren toegenomen. De huidige filtratiesnelheid wordt voor de helft toegerekend aan oesters. De turn-over tijd van fytoplankton in dit deelgebied is nog voldoende is om aan de filtratie tijd van de huidige biomassa aan schelpdieren van negen dagen te kunnen voldoen. De gemiddelde gewichten van kokkels in het mondingsgebied zijn het hoogste van de gehele Oosterschelde. Er zijn geen aanwijzingen dat in dit deelgebied er onvoldoende voedsel voor het aanwezige schelpdierbestand is. In het middengebied is de biomassa in tien jaar tijd nauwelijks toegenomen. Wel zijn er verschuivingen tussen schelpdiersoorten opgetreden. De tijd die de schelpdieren nodig hebben om het water in dit deelgebied te filtreren is in tien jaar tijd niet sterk veranderd. De turn-over tijd van het fytoplankton in het voorjaar is min of meer gelijk aan de filtratie tijd van de schelpdieren. In de noordtak is in tien jaar de biomassa van schelpdieren enigszins toegenomen. Ook op het gebied van filtratiesnelheden is slechts een kleine toename te zien, en de tijd die de schelpdieren nodig hebben om het water in de noordtak te filtreren is ook niet veel korter geworden. In de maand mei is de turn-over tijd van fytoplankton niet meer voldoende om het wegfilteren door schelpdieren te compenseren. Er zijn aanwijzingen dat in dit deelgebied het fytoplankton al enige tijd niet aan de vraag van de schelpdieren kan voldoen. In de noordtak worden in alle leeftijdsgroepen de lichtste kokkels aangetroffen, wat niet opvallend is gezien de slechte voedselsituatie. In het komgebied is in tien jaar de biomassa van schelpdieren toegenomen. De schelpdierbiomassa in dit deelgebied wordt rond 2000 bijna volledig bepaald door oesters. In het komgebied is de filtratie per vierkante meter per dag verdubbeld in tien jaar tijd. In de maanden april en mei lijkt het erop dat de turn-over van het fytoplankton niet meer voldoende is om binnen vijf dagen de voedselvoorraad aan te vullen. Ondanks dat de voedselsituatie voor kokkels vrij slecht lijkt te worden, is het opvallend dat gewichten van individuele kokkels in dit deelgebied, na de monding, het grootste zijn.

# 1. Inleiding

## 1.1 Kader

In het kader van de evaluatie van de Structuurnota Zee en Kustvisserij is het project EVAII gestart. Een van de onderdelen binnen dit project is het voedsel-reserveringsbeleid in de Oosterschelde (deelproject D2). Binnen het deelproject zijn vragen gesteld omtrent de ontwikkeling van vogel- en kokkelpopulaties. Daarnaast wordt in 2003 door het RIKZ een watersysteem rapportage over de Oosterschelde gemaakt. In beide genoemde projecten (EVAII en het bekkenrapport Oosterschelde 2003) worden vragen gesteld over de concurrentie tussen kokkels, mosselen en oesters om voedsel, en het effect van mogelijke veranderingen in de fytoplanktensamenstelling op de biomassa en groei van kokkels.

## 1.2 Suspensie-eters in de Oosterschelde

Kokkels, mosselen en oesters zijn alle drie obligate suspensie-eters (Purchon, 1968), wat betekent dat zij het zeewater naar binnen pompen en het voedsel eruit filtreren. In de Oosterschelde komen veel soorten suspensie-eters voor; kokkels, mosselen en Japanse oesters zijn de belangrijkste. Daarnaast zijn ook er ook andere (schelp)dieren, zoals zakpijpen op de dijkglouingen en zooplankton, aanwezig in de Oosterschelde die ook een deel van de beschikbare voedselvoorraad consumeren. De Japanse oester is een belangrijke suspensie-eter in de Oosterschelde. De oppervlakten aan banken met Japanse oesters is tussen 1990 en 2002 verdubbeld van ongeveer 300 hectare in 1990 tot meer dan 600 hectare in 2000 (Kater et al., 2003a). Voor de situatie van 2002 is de biomassa litorale Japanse oesters in de Oosterschelde op ongeveer 90 miljoen kg versgewicht geschat (Kater et al., 2003b). Daarnaast is er een sublitoraal bestand aanwezig. Met behulp van side-scan sonar is gepoogd de omvang van dit bestand in kaart te brengen (Kater et al., 2002).

## 1.3 Vraagstelling

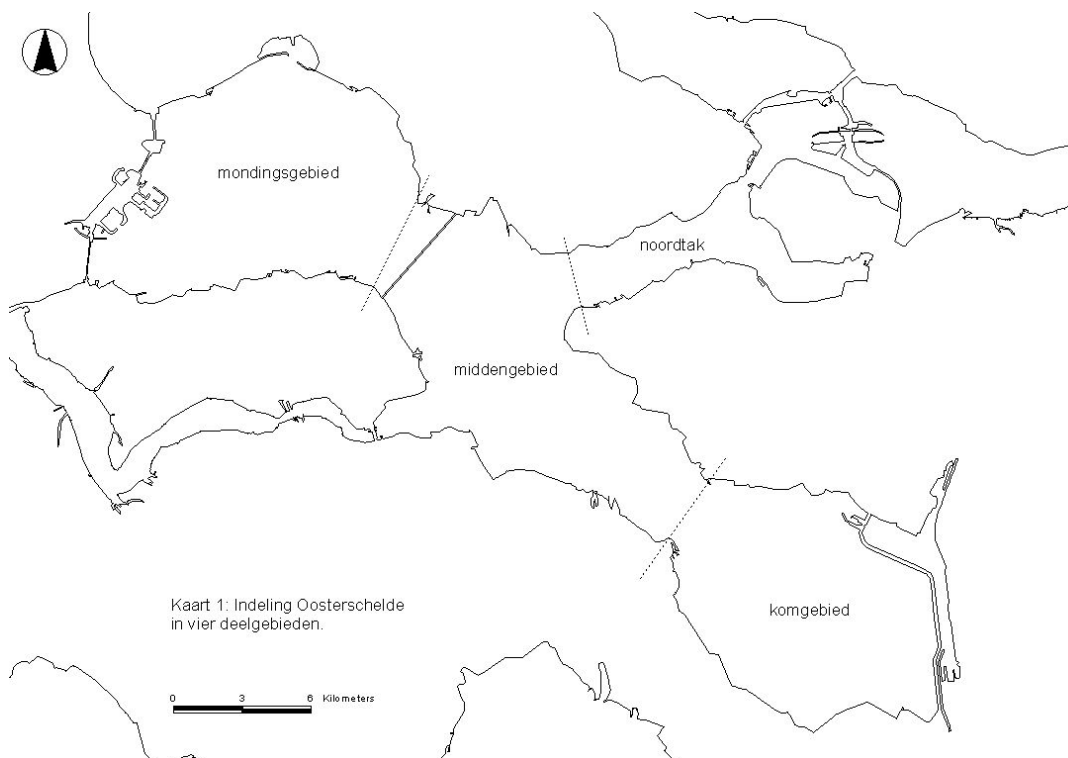
In dit rapport wordt een aanzet gegeven tot het beantwoorden van de volgende vragen:

- Wat is de biomassa van de drie belangrijkste suspensie-eters (kokkels, mosselen en oesters) in de Oosterschelde?
- Wat zijn de filtreersnelheden en filtreertijden van genoemde schelpdieren?

- Hoe verhoudt zich de filtratie tijd van schelpdieren tot de turn-over van het fytoplankton?
- Hoe heeft het individueel gewicht van kokkels zich in de Oosterschelde ontwikkeld in de afgelopen tien jaar?
- Is er een relatie tussen de ontwikkeling van de voedselsituatie in de vorm van primaire productie en fytoplanktonsaamenstelling in de Oosterschelde en het gewicht en de groei van kokkels?

De gegevens gebruikt voor dit rapport zijn op verschillende manieren verzameld: bestandsopnamen, veldmetingen, modelsimulaties en literatuurstudie. In dit rapport zal een eerste aanzet worden gegeven om een antwoord te vinden op bovenstaande vragen, het rapport is slechts het begin en de gevonden relaties als indicatief moet worden gezien, en niet als het uiteindelijke antwoord.

Voor dit rapport is de Oosterschelde in vier deelgebieden verdeeld. Kaart 1 laat de indeling zien.



**Kaart 1:** Indeling van de Oosterschelde in deelgebieden.



## 2. Materialen en methoden

### 2.1 Schelpdierbiomassa in de Oosterschelde

Als eerste wordt de schelpdierbiomassa in de Oosterschelde tussen 1990 en 2002 geschat. Voor kokkels en mosselen zijn hiervoor tijdreeksen beschikbaar, maar voor oesters zijn er twee meetpunten, namelijk 1990 en 2002. Om de drie soorten schelpdieren te kunnen vergelijken zijn twee perioden gedefinieerd, namelijk “begin jaren negentig”, en “rond 2000”. Om een biomassa overzicht voor deze twee perioden te maken zijn schattingen van totale bestanden in de gehele Oosterschelde in de twee te beschrijven perioden gebruikt. Hiervoor zijn de gegevens uit de Oosterschelde brede surveys gebruikt, omdat deze een goed overzicht van de totaal bestanden geven. De biomassa voor de verschillende soorten is op de hieronder beschreven wijze geschat.

#### 2.1.1 Kokkels

De biomassa van kokkels is jaarlijks sinds 1990 in de gehele Oosterschelde door het RIVO geïnventariseerd (Bult & Kesteloo, 2002). De inventarisatie vond in alle jaren plaats in mei. Tijdens de survey wordt per monsterpunt het versgewicht bepaald. Voor de omrekening naar asvrijdrooggewicht wordt er vanuit gegaan dat het asvrijdrooggewicht 4% van het versgewicht is.

Kokkels kennen een grote dynamiek in bestand van jaar tot jaar. Om te voorkomen dat de analyses plaats vinden op basis van een extreem jaar, zijn vier jaren gemiddeld. Voor de eerste periode is gebruik gemaakt van de biomassa gegevens uit de jaren 1990 t/m 1993. Voor de tweede periode zijn de biomassa gegevens uit de periode 1999 t/m 2002 gemiddeld. De gegevens zijn, per jaar, uit de database aanwezig bij het RIVO-CSO gehaald, waarna per periode het gemiddelde bestand in de Oosterschelde, en per deelgebied is berekend.

#### 2.1.2 Mosselen

De biomassa's en dichtheden van mosselen op de kweekpercelen in de Oosterschelde zijn sinds 1992 geïnventariseerd. De inventarisaties zijn in de maanden juni en juli uitgevoerd. Wanneer er wilde mosselen in de Oosterschelde zijn gevallen, zijn deze sinds 1994 in de inventarisatie opgenomen (Kater & Kesteloo, 2003). Tijdens de survey wordt per monsterpunt het versgewicht bepaald. Voor de

omrekening naar asvrijdrooggewicht wordt er vanuit gegaan dat het asvrijdrooggewicht 5.3% van het versgewicht is.

Voor de eerste periode is de gemiddelde mosselbiomassa in de Oosterschelde en deelgebieden berekend aan de hand van de jaren 1992, 1993 en 1994. Voor de tweede periode is deze berekening uitgevoerd voor de periode 2000-2002.

### 2.1.3 *Litorale oesterbestanden*

Vanaf 1998 vindt inventarisatie van litorale liggende Japanse oesters plaats, waarbij zowel oppervlakte van oesterbanken als biomassa's zijn bepaald (Perdon & Smaal, 2000; Kater et al, 2003b). Naast de surveys vanaf 1998 zijn reconstructies van oesterbanken uitgevoerd vanaf luchtfoto's. De veldsurveys en de reconstructies hebben samen een biomassakaart voor 2002 opgeleverd (Kater et al., 2003a), waaruit de totale biomassa in de Oosterschelde geschat is. Biomassa zijn bepaald als versgewicht (schelp+vlees), drooggewicht en asvrijdrooggewicht. De biomassa van 1990 (zowel versgewicht als asvrijdrooggewicht) is geschat door voor deze periode een gelijke oppervlakte - biomassa verhouding te veronderstellen, en de biomassa gegevens naar de gereconstrueerde kaart van 1990 (Kater et al., 2003a) te extrapoleren.

### 2.1.4 *Sublitorale oesterbestanden*

De oppervlakte aan sublitoraal bestand Japanse oesters is middels side-scan sonar in beeld gebracht (zie bijlage). Voor de sublitorale oester biomassa (versgewicht en asvrijdrooggewicht) bestanden is een zelfde verhouding tussen biomassa en oppervlakte verondersteld als in het litoraal. Met behulp van deze verhouding zijn de sublitorale biomassa's voor 2002 geschat uit de oppervlakten verkregen uit de side-scan sonar beelden. Door de oppervlakte verhouding tussen 2002 en 1990 in het litoraal te extrapoleren naar het sublitoraal is een schatting van het sublitorale oesteroppervlak in 1990 verkregen. Met de oppervlakte - biomassa verhouding is hiervoor vervolgens een biomassa geschat.

### 2.1.5 *Oesterpercelen*

Voor de biomassa aan oesters op de oesterpercelen in het komgebied is informatie omtrent ligging van de oesterpercelen en gekweekte biomassa ingewonnen bij de PO oesters (Dhr. A. Cornelisse). Omrekening van versgewicht naar asvrijdrooggewicht heeft plaatsgevonden op basis van de verhouding tussen versgewicht en asvrijdrooggewicht zoals gevonden in de litorale oesterbanken in het komgebied.

## 2.2 Filtratiesnelheid en -tijd

Om filtratie tijden en –snelheden te kunnen berekenen zijn gegevens over de clearance rates nodig. Deze clearance rates zijn uit wetenschappelijke literatuur gehaald. Hierbij was niet het doel een uitputtende literatuurstudie te doen naar clearance rates, maar om een indicatie van de clearance rates voor de drie soorten te verkrijgen.

De inhoud van ieder deelgebied is aangeleverd door het RIKZ, de oppervlakten per deelgebied zijn uitgerekend in een GIS. Hieruit is de diepte per deelgebied berekend. Uit de survey gegevens is per deelgebied het bestand berekend.

De filtratiesnelheid is berekend door:

$$FR = \frac{B * CR * U}{O} * C$$

waarin:

FR:	filtratiesnelheid (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)
B:	biomassa van het bestand (g)
CR:	clearance rate (l/h/g)
U:	deel van het etmaal waarin gefiltreerd wordt (-)
O:	oppervlakte van het deelgebied (m <sup>2</sup> )
C:	constante 47.7 [1000/24] (-)

Het aantal dagen wat de organismen nodig hebben om de hele waterkolom een keer te filtreren, de turn-over tijd door de schelpdieren, hier verder filtratie tijd genoemd, is berekend door:

$$FT = \frac{D}{FR}$$

waarin:

FT:	filtratie tijd (d)
D:	diepte (deel)gebied (m)
FR:	filtratiesnelheid (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d)

## 2.3 Turn-over tijden van algen en filtratie tijd van schelpdieren

Op vijf locaties in de Oosterschelde zijn in 1996 metingen gedaan, waaruit de turn-over tijd van het fytoplankton berekend is (Kromkamp, NIOO-KNAW/CEME, persoonlijke mededeling). Hieruit zijn turn-over tijden van het fytoplankton in

verschillende deelgebieden bepaald, en vergeleken met de turn-over tijd door schelpdieren begin jaren negentig, en rond het jaar 2000. Uit deze vergelijking kan een inschatting worden gemaakt of het voedsel in het deelgebied limiterend is of dreigt te worden.

Bij de inschatting turn-over tijd wordt ook de verblijftijd van het water in het compartiment betrokken. Bij een korte verblijftijd van het water is er veel import van voedsel mogelijk, en kan de filtratie tijd door schelpdieren hoger zijn dan de fytoplankton turn-over tijd, zonder dat er sprake is van een voedseltekort. De volgende verblijftijden voor het water in deelgebieden wordt gehanteerd (RWS, 1991):

- Mondingsgebied: 25 dagen
- Middengebied 50 dagen
- Noordtak 75 dagen
- Komgebied 100 dagen

## 2.4 Gevoeligheidsanalyse

De getallen gebruikt in de analyses berusten allen op schattingen. Middels een gevoeligheidsanalyse is gepoogd inzicht te krijgen in de vraag welke onzekerheden de grootste doorwerking hebben op de schatting van de filtratiesnelheid en de turnover van de schelpdieren.

De eerste onzekerheid is de onzekerheid in de biomassa schatting. Sommige bestanden zijn gebaseerd op surveys, andere op inter- en extrapolaties. In de onzekerheidsanalyse is de onzekerheid rondom de biomassa bepaling geschat, en gebruikt in de analyse.

De tweede onzekerheid is de clearance rate van de schelpdieren. Als minimum en maximum zijn de minima en maxima die in de literatuur zijn gevonden gebruikt. De derde onzekerheid is het aantal uren per etmaal wat schelpdieren werkelijk aan het filtreren zijn.

Bij alle drie onzekerheden zijn minimum en maximum omstandigheden doorgerekend, en het effect op de filtratiesnelheid en de turn-over tijd van schelpdieren vastgesteld.

## 2.5 Kokkelbiomassa en -groei op plots

Voor de beschrijving van de voedselsituatie voor kokkels zijn de gegevens uit de plots gebruikt. Deze gegevens worden, in tegenstelling tot de kokkelsurvey gegevens, meerdere malen per jaar verzameld. Zodoende kunnen ook gegevens van nuljarige

kokkels in de analyses worden betrokken. Omdat met name naar groei en biomassa in verschillende leeftijdsklasse is gekeken lenen de plotgegevens zich hier ook beter voor dan de survey gegevens, waarin voor een aantal jaren problemen zijn opgetreden met het op leeftijd brengen van de kokkels.

Sinds 1991 zijn diverse malen per jaar door het RIVO 18 uitgezette plots in de Oosterschelde bezocht (Kaart 2). Een plot heeft een oppervlakte van 40m \* 40m. Bij ieder bezoek zijn met een steekbuis met een doorsnede van 55 mm 50 monsters genomen. Deze monsters zijn gepoold, zodat er uit ieder plot één poolmonster beschikbaar is. De kokkels in het monster zijn per leeftijdsklasse geteld en gewogen. Uit deze gegevens is het gemiddeld individueel gewicht per leeftijdsklasse per plot berekend. Uit alle beschikbare gegevens zijn voor ieder jaar de individuele gewichten van nul-, één-, twee- en driejarigen in november/december, per plot, geselecteerd. Bij de selectie is uitgegaan van de kokkels die in 1991 en later zijn gevallen. Meerjarige kokkels van een jaarklasse van voor 1991 zijn niet meegenomen.



**Kaart 2:** Ligging van de kokkelplots in de Oosterschelde.

In een eerste analyse is onderzocht of de kokkelgewichten significante verschillen tussen jaren en deelgebieden vertonen. Om oorzaken in variatie in kokkelgewicht gedurende een bepaalde periode te onderzoeken moet er wel een variatie en daarmee verschil tussen jaren optreden. Wanneer er geen significant verschil tussen deelgebieden was, kon de Oosterschelde als een geheel worden behandeld, wanneer

er wel verschil tussen de deelgebieden is, was indeling in de verschillende deelgebieden zinvol. Wanneer dit het geval was werd tevens onderzocht of binnen de deelgebieden een verschil in gewicht tussen jaren kon worden aangetoond. De genoemde analyses zijn met een ANOVA uitgevoerd, nadat is onderzocht of aan alle voorwaarden is voldaan. Wanneer er geen autocorrelatie tussen de jaren optrad, is met een regressie analyse onderzocht of er een significante daling of stijging in de tijd kon worden vastgesteld. Voor de uitvoering van de analyses is het softwarepakket SYSTAT (Systat, 1998) gebruikt.

## 2.6 Verklaring van de variatie in gewicht en groei

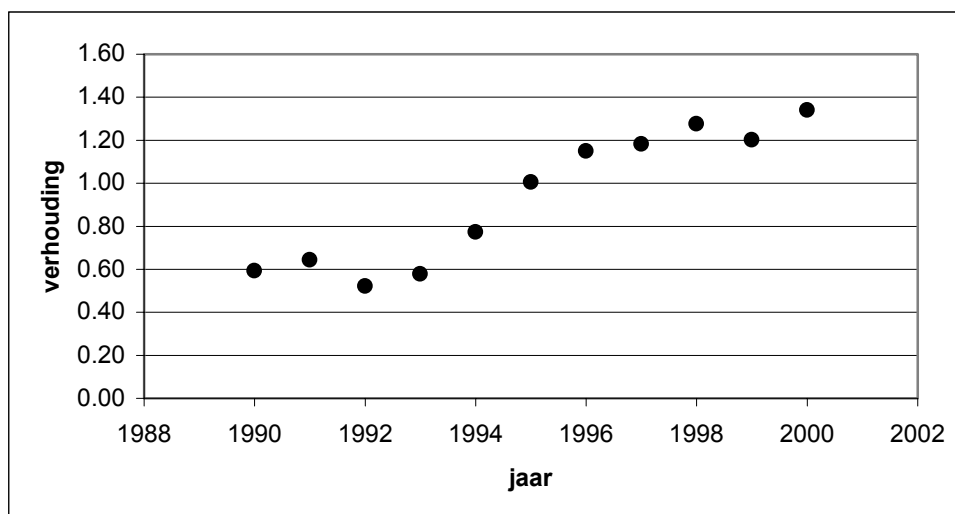
Per deelgebied is de gemiddelde individuele gewicht van een nuljarige, éénjarige, en tweejarige kokkel berekend, en de groei van nuljarige naar éénjarige kokkel. Aan deze gegevens zijn per jaar (1991-2001) de volgende, mogelijk verklarende variabelen, toegevoegd:

### Primaire productie

Door Wetsteyn et al. (2003) is de primaire productie in de Oosterschelde beschreven. De primaire productie in jaren waarin niet is gemeten is middels een modelmatige benadering geschat. Vervolgens is voor ieder deelgebied de trend in primaire productie, op basis van gemeten en gemodelleerde data vastgesteld. In de periode tussen 1990 en 2000 varieerde de primaire productie tussen de 80 gC/m<sup>2</sup>/j (1997, komgebied, gemodelleerde waarde) en 500 gC/m<sup>2</sup>/j (1990, noordtak, gemeten waarde). In het middeengebied en het komgebied werd een dalende trend in de gemeten primaire productie vastgesteld over de periode 1990-2000. Er zijn grote verschillen in jaarproductie tussen de verschillende deelgebieden.

### Fytoplanktonsamenvatting in de Oosterschelde

De fytoplanktonsamenvatting in het Oosterschelde water is in de periode van 1990 tot 2000 veranderd. Er is een toename geweest van kleinere fytoplanktonsoorten ten opzichte van grotere (Wetsteyn et al., 2003), hetgeen getoond wordt in Figuur 1.



**Figuur 1:** Verhouding tussen fytoplankton kleiner dan 20 micrometer en groter dan 20 micrometer in de Oosterschelde.

#### Minimum en maximum temperatuur

De temperatuur gegevens zijn afkomstig van het RIKZ. Per jaar is de minimale gemeten temperatuur en maximaal gemeten temperatuur bepaald. Voor de monding zijn de gegevens van het meetstation Hammen gebruikt, voor het middengebied van het meetstation Yerseke, voor het komgebied het meetstation Lodijkse gat en voor de noordtak het meetstation Zijpe.

Op deze wijze ontstaat een dataset met 44 waarnemingen (11 jaren, 4 deelgebieden). Voor iedere leeftijdsklasse is, na controle of aan de voorwaarden wordt voldaan, een stepwise backwards General Linear Model gebruikt om te onderzoeken welke van de genoemde variabelen bijdragen aan de verklaring van de variantie in de gewichten.

De nuljarigen in de dataset zijn gevallen in de zomerperiode, en gemeten in november/december. De minimum temperatuur is een temperatuur uit de maanden januari of februari van het jaar van zaadval. Omdat de nuljarigen toen nog niet gevallen waren is het niet aannemelijk dat deze variabele invloed heeft op het individuele gewicht aan het einde van het jaar. Deze variabele is daarom niet in het model opgenomen. De hoogste temperatuur van het jaar is wel als variabele meegenomen in het model. De verhouding tussen grote en kleine fytoplanktondeeltjes van de diverse soortsgroepen werd tevens in het model opgenomen, net als de primaire productie in het jaar van zaadval.

De modellen voor de één- en tweejarige kokkels kregen dezelfde variabelen mee als het model voor de nuljarigen, aangevuld met de hierna genoemde variabelen. In de meerjarige modellen is de minimum temperatuur in het jaar voor meting wel in het model opgenomen, omdat deze kokkels wel aan deze minimum temperatuur zijn blootgesteld. Tevens is het gewicht als nuljarige als verklarende variabele aan het

model voor éénjarigen toegevoegd, en het gewicht als nuljarige en als éénjarige aan het model voor tweejarigen. Het is immers goed mogelijk dat nuljarigen met een laag gewicht altijd kleiner blijven, en grote nuljarigen altijd groter blijven.

De groei van nuljarige tot éénjarige is uitgedrukt als het verschil tussen het logaritme uit het gewicht van éénjarigen minus het logaritme uit het gewicht van de nuljarigen.

De variabelen die aan het model meegegeven zijn komen uit het nulde of eerste levensjaar. Uit het nulde levensjaar zijn opgenomen: de maximumtemperatuur (tweedegraads functie), de primaire productie en de verhouding tussen grote en kleine fytoplanktondeeltjes van de diverse soortsgroepen. Uit het eerste levensjaar zijn opgenomen: de minimum temperatuur (tweedegraads functie), de maximumtemperatuur (tweedegraads functie), de primaire productie en de verhouding tussen grote en kleine fytoplanktondeeltjes van de diverse soortsgroepen.



## 3. Resultaten

### 3.1 De biomassa van de verschillende soorten in de Oosterschelde

#### 3.1.1 Biomassa overzicht per soort

##### 3.1.1.1 Kokkels

De gemiddelde totale biomassa kokkels in de Oosterschelde begin jaren negentig (1990-1993) bedroeg 33 miljoen kg versgewicht. Eind jaren negentig (1999-2002) bedroeg de gemiddelde totale biomassa 24 miljoen kg versgewicht. De gegevens zijn verzameld in de maand mei.

##### 3.1.1.2 Mosselen

Begin jaren negentig (1992-1994) werd gemiddeld 51 miljoen kg versgewicht mosselen op de mosselpercelen in de Oosterschelde aangetroffen. In de periode 2000-2002 bedroeg dit gemiddelde 38 miljoen kg versgewicht. De bemonsteringen zijn uitgevoerd in juni en juli.

##### 3.1.1.3 Litorale Japanse oesters

De biomassa litoraal liggende Japanse oesters is in 2002 geschat op 89 miljoen kg versgewicht (Kater et al., 2003a). Aan de hand van de oppervlakten in de diverse deelgebieden in 1990 en 2002 kon een verhouding tussen beide jaren worden geschat, zie Tabel 1. Door te veronderstellen dat de verhouding tussen de biomassa hetzelfde is als tussen oppervlakten is de biomassa in 1990 geschat uit de biomassa in 2002. Dit levert een geschat bestand van 29 miljoen kg versgewicht in 1990 op.

**Tabel 1:** De verhouding tussen het oppervlakte aan litorale oesterbanken in 1990 en 2000 waarbij de oppervlakte 1990 als percentage van oppervlakte 2000 is weergegeven.

gebied	verhouding
mondingsgebied	23%
middengebied	29%
komgebied	26%
noordtak	70%

#### 3.1.1.4 Sublitorale Japanse oesters

Bij de berekening van het bestand aan sublitorale oesters zijn twee aannames gedaan:

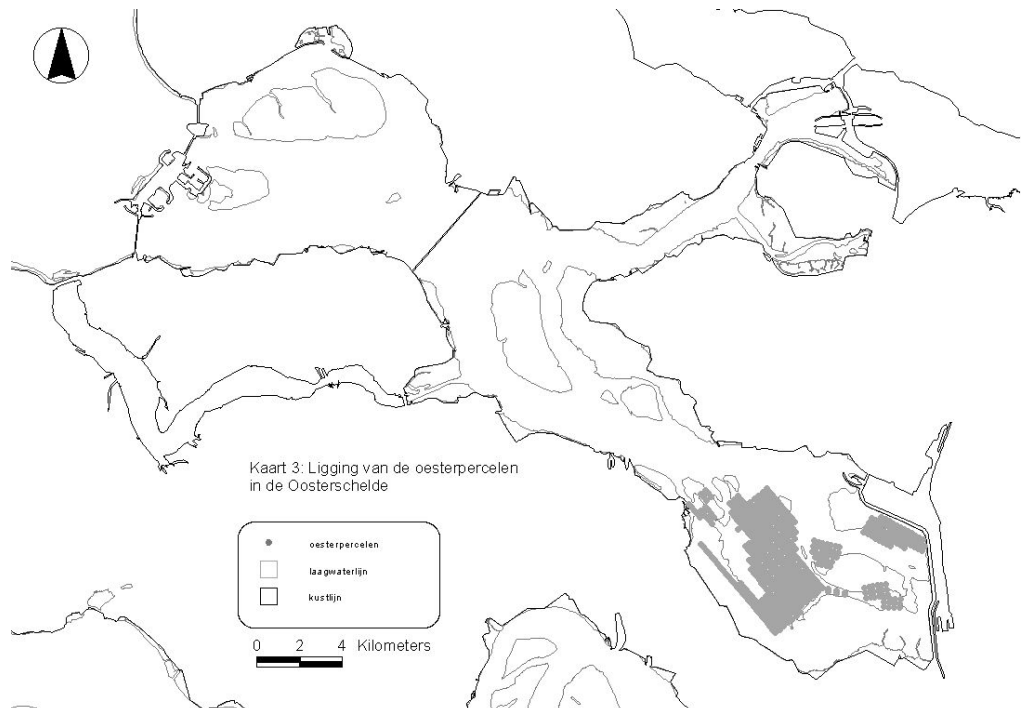
- De verhouding tussen de biomassa van litorale oesters en sublitorale oesters is gelijk aan de verhouding tussen het oppervlak aan litorale en sublitorale oesters.
- De verhouding tussen de biomassa van litorale oesters rond 2000 en begin jaren negentig is gelijk aan de verhouding tussen de oppervlakten van litorale oesters rond 2000 en begin jaren negentig.

In de bijlage is een oppervlakte sublitorale oesterbank van 720 hectare geschat voor 2002. Veronderstellende dat de verhouding tussen de biomassa's litoraal en sublitoraal gelijk is aan de verhouding tussen de oppervlakten litoraal en sublitoraal, is een sublitorale Japanse oesters biomassa van 100 miljoen kg versgewicht voor 2002 geschat. De oppervlakte sublitorale oesterbanken in 1990 is geschat uit de bestanden van 2002, waarbij wordt verondersteld dat de groei van de banken per deelgebied litoraal en sublitoraal hetzelfde is geweest. Met deze veronderstelling is een oppervlakte aan sublitorale oesterbanken in 1990 van 240 hectare geschat. Op dezelfde wijze is de biomassa van 1990 uit de biomassa van 2002 geschat. De schatting voor de biomassa van sublitorale oesters in 1990 is 33 miljoen kg versgewicht.

#### 3.1.1.5 Japanse oesters op oesterpercelen

In het komgebied van de Oosterschelde liggen kweekpercelen voor oesters. Op deze percelen worden voornamelijk Japanse oesters gekweekt. De ligging van de percelen is weergegeven in kaart 3. Niet alle percelen zijn verhuurd. De volgende informatie is ontvangen van A. Cornelisse van de YE60. Een deel van de percelen wordt gebruikt als broedperceel. Hierop wordt een dunne laag mosselschelpen uitgezaaid, waarop de oesterlarven zich kunnen hechten. Op de kweekpercelen worden de mosselschelpen met oesterbroed in een dunne laag uitgezaaid, waarna ze kunnen opgroeien tot consumptieformaat. Op de kweekpercelen ligt maximaal 10 kg per vierkante meter.

Geschat wordt dat er zowel in 1990 als 2000 ongeveer 4 miljoen kg versgewicht op de oesterpercelen lag.

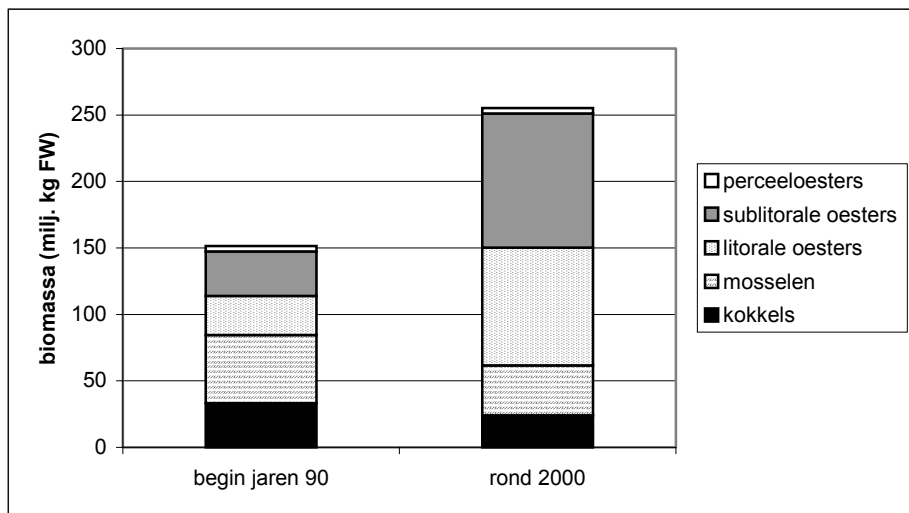


**Kaart 3:** Ligging van (verhuurde en onverhuurde) oesterpercelen in de Oosterschelde.

### 3.1.2 *De verhouding tussen de biomassa van verschillende soorten*

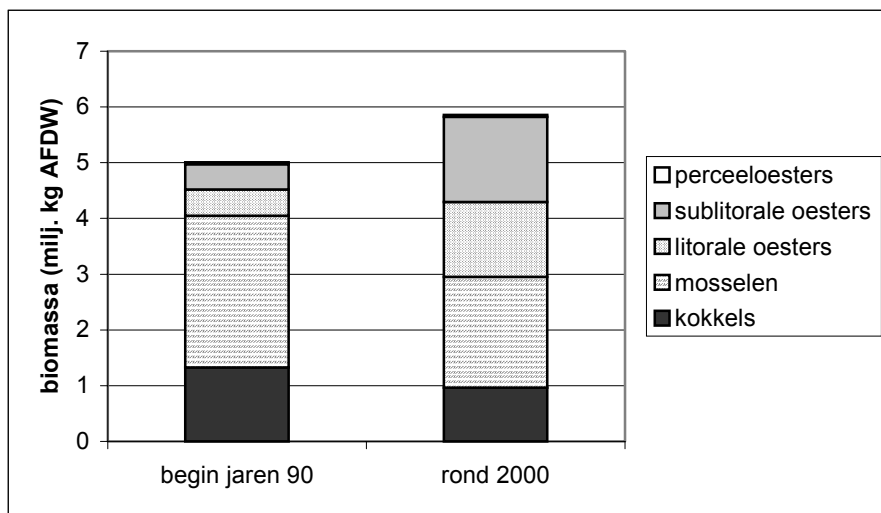
#### 3.1.2.1 Oosterschelde

Alle biomassa gegevens zijn zoveel mogelijk voor het begin van het groeiseizoen bepaald en uitgedrukt in miljoenen kg vers, en daardoor vergelijkbaar. De biomassa voor de gehele Oosterschelde is in Figuur 2 weergegeven voor de periode begin jaren negentig en rond 2000. De figuur laat zien dat oesters begin jaren negentig iets minder dan de helft van de totale biomassa besloegen, terwijl dat rond 2000 tot driekwart is gegroeid. Het relatieve aandeel van kokkels en mosselen aan de biomassa als versgewicht is behoorlijk gedaald.



**Figuur 2:** De biomassa in versgewicht van diverse schelpdiersoorten begin jaren negentig en rond 2000.

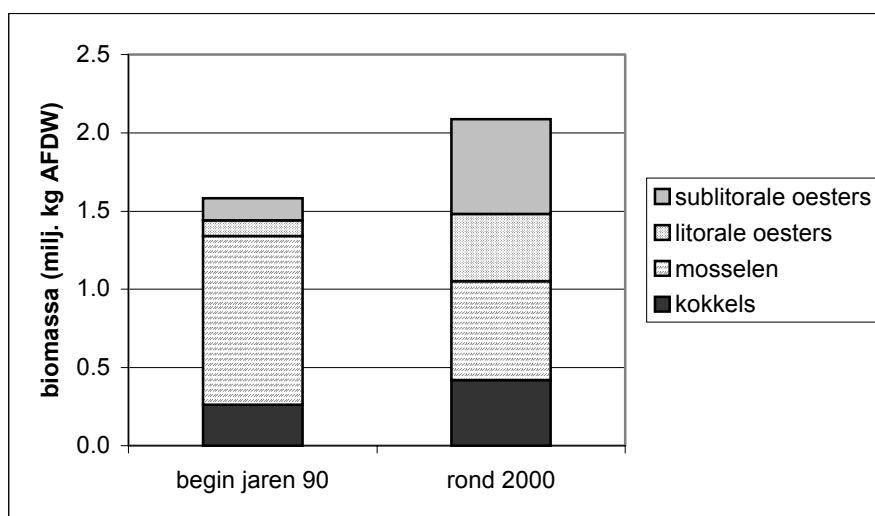
Het versgewicht bevat zowel schelp als vlees. Omdat oesters voor een groot deel (93%; Kater et al., 2003b) uit schelp bestaan is de biomassa van iedere soort ook als asvrijdrooggewicht gepresenteerd. Figuur 3 laat de asvrijdrooggewichten van de verschillende schelpdieren in de Oosterschelde in de twee genoemde perioden zien. De figuur laat zien dat begin jaren negentig het bestand op basis van asvrijdrooggewicht voor 20% uit oester bestond, en dat dit aandeel rond 2000 naar 50% is gestegen.



**Figuur 3:** De biomassa in asvrijdrooggewicht van diverse schelpdiersoorten begin jaren negentig en rond 2000.

### 3.1.2.2 Mondingsgebied

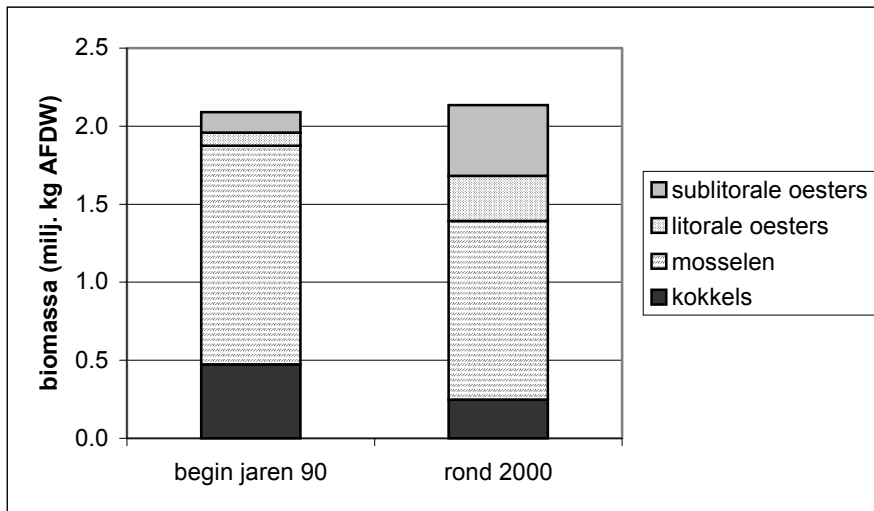
In het mondingsgebied is de totale biomassa tussen de twee perioden toegenomen (Figuur 4). In dit gebied maakten de mosselen begin jaren negentig meer dan de driekwart uit van de totale biomassa als asvrijdrooggewicht. Rond 2000 is dit aandeel gereduceerd tot een kwart. Het biomassa-aandeel van mosselen wordt door de aanvoer van mosselkwekers bepaald. De biomassa van zowel oesters als kokkels is tussen de genoemde perioden toegenomen.



**Figuur 4:** De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in het mondingsgebied van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.

### 3.1.2.3 Middengebied

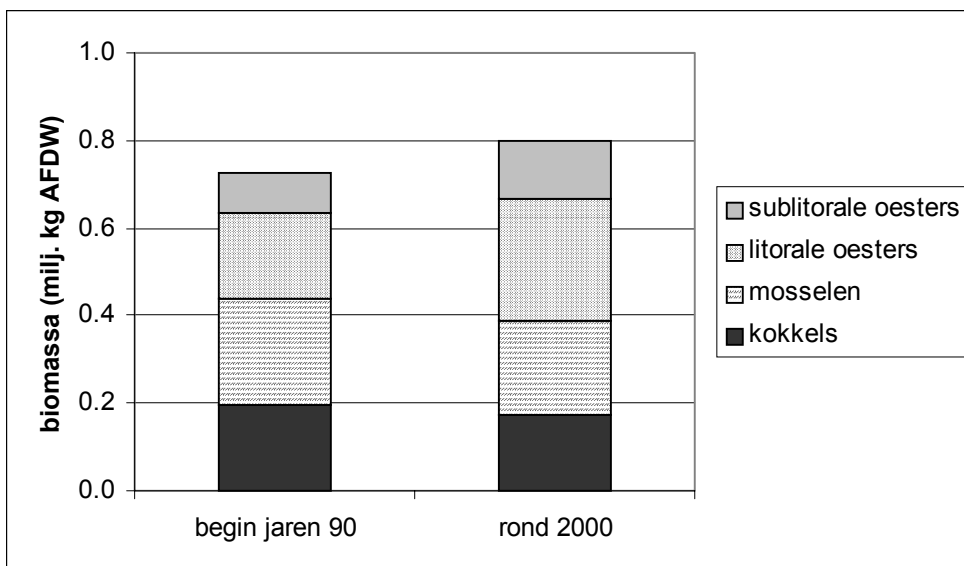
In het middengebied is de totale biomassa in asvrijdrooggewicht nauwelijks gestegen tussen de twee perioden. Wel is de biomassa aan oesters toegenomen, en de biomassa mosselen en kokkels gedaald.



**Figuur 5:** De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in het middengebied van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.

#### 3.1.2.4 Noordtak

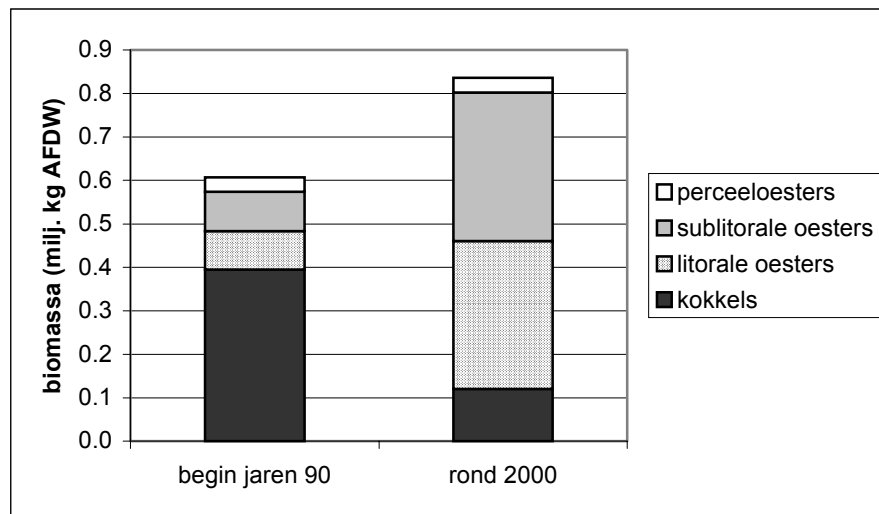
In de noordtak is de totale biomassa iets gestegen van begin jaren negentig tot rond 2000 (Figuur 6). De biomassa van kokkels en mosselen in dit deelgebied zijn heel licht gedaald, terwijl de oesters in biomassa zijn toegenomen.



**Figuur 6:** De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in de noordtak van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.

### 3.1.2.5 Komgebied

In het komgebied is de biomassa in asvrijdrooggewicht gestegen tussen de twee beschouwde perioden (Figuur 7). In dit gebied werd de biomassa in asvrijdrooggewicht begin jaren negentig nog gedomineerd door kokkels. Meer dan de helft van de biomassa werd door deze soort bepaald. Mosselen worden in dit gebied niet aangetroffen. Rond 2000 wordt meer dan 80% van de biomassa gevormd door wilde Japanse oesters.



**Figuur 7:** De biomassa van kokkels, mosselen en oesters in de komgebied van de Oosterschelde begin jaren negentig en rond 2000.

## 3.2 Clearance rates

De clearance rate is een indicator voor de voedselactiviteit, en geeft aan welk watervolume volledig wordt ontdaan van partikels per tijdseenheid (Dupuy et al., 2000).

### 3.2.1 Japanse oesters

De clearance rates van de Japanse oesters is door verschillende auteurs in experimentele opstellingen vastgesteld. Deze clearance rates zijn allen gestandaardiseerd op een gram drooggewicht. Tabel 2 geeft een overzicht van de gevonden gestandaardiseerde waarden in de literatuur, en van een tweetal onderzoeken uitgevoerd bij het RIVO. De gemiddelde clearance rate voor de Japanse oester op basis van de tabel is 5.8 l/h/g dw.

**Tabel 2:** Gevonden clearance rates (CR) voor de Japanse oester (gestandaardiseerd voor gram drooggewicht)

CR (l/h/g dw)	Interval	Referentie
2.43	1.78-3.19	Ropert & Gouletquer, 2000
4.0	2.7-5.3	Dupuy et al., 1999
4.5	4.1-4.9	Bougrier et al., 1995
5.6		Walne, 1972
6	2-10	Gerdes 1983
10	9.6 – 12.5	Levinton et al., 2002
11.8		Dupuy et al., 2000
<i>RIVO data</i>		
2.03	0.18-9.2	Been, 2001
5.6	4.1-6.9	Habraken, 1999

Voor Japanse oesters is in de analyses de gemiddelde clearance rate van de tabel gehanteerd, dit is 5.8 l/h/g DW gehanteerd. Er is verondersteld dat de litoraal liggende oesters tien uur per etmaal filtreren, en sublitorale oesters 12 uur per etmaal.

### 3.2.2 Kokkels

De clearance rates van de kokkels is door verschillende auteurs in experimentele opstellingen vastgesteld. Deze clearance rates zijn allen gestandaardiseerd op een



gram asvrijdrooggewicht. Tabel 3 geeft een overzicht van de gevonden gestandaardiseerde waarden in de literatuur.

**Tabel 3:** Gevonden clearance rates (CR) voor kokkels (gestandaardiseerd)

CR (l/h/g)	gest. voor 1 gram	interval	referentie
1.56	DW	0.5 – 3.8	Smaal, 1997
2.8	AFDW	2 - 5	Urrutia et al., 1997
0.77	WW	± 0.04	Foster-Smith, 1975

Van Stralen & Dijkema (1994) veronderstelde dat kokkels zich 75% van de tijd onder water bevinden. Zij kunnen dan 18 uur per etmaal filtreren.

Voor kokkels is gekozen om een clearance rate van 2 l/h/g AFDW te gebruiken in de analyses, met de veronderstelling dat er per etmaal 18 uur gefiltreerd kan worden.

### 3.2.3 Mosselen

De clearance rates van de mosselen is door verschillende auteurs in experimentele opstellingen en in veldopstellingen vastgesteld. Deze clearance rates zijn allen gestandaardiseerd op een gram asvrijdrooggewicht. Tabel 4 geeft een overzicht van de gevonden gestandaardiseerde waarden in de literatuur

**Tabel 4:** Gevonden clearance rates (CR) voor mosselen (gestandaardiseerd)

CR (l/h/g)	gest. voor 1 gram:	opstelling	interval	referentie
2.4	AFDW	veld	0.7 –5.3	Prins, 1996
2.4	AFDW	veld	-	Zurburg et al., 1994
3.1	AFDW	laboratorium	1.6 – 4.3	Prins, 1996
1.63	DW	laboratorium	0.5 - 3.5	Smaal, 1997
0.39	WW	laboratorium	± 0.04	Foster-Smith, 1975

Voor mosselen is de jaargemiddelde clearance rate voor de analyses vastgelegd op 2 l/h/g AFDW. Omdat alle mosselen zich op sublitorale percelen bevinden is verondersteld dat de mosselen 24 uur per etmaal filtreren (Van Stralen & Dijkema, 1994).

### 3.3 Potentiële filtratiesnelheid

Voor mosselen, kokkels, litorale oesters, sublitorale oesters en oesters op de percelen is, op basis van de gevonden biomassa, berekend wat zij in theorie kunnen filtreren (potentiële filtratiesnelheid), uitgedrukt als  $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ .

In het mondingsgebied werd in het begin van de jaren negentig volgens deze berekening plm.  $0.75 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  door schelpdieren gefiltreerd. Meer dan de helft hiervan,  $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  kwam voor rekening van de mosselen. Rond 2000 is de filtratie opgelopen tot bijna  $1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . Het grootste aandeel wordt nu gefiltreerd door de sublitoraal liggende oesters ( $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ), terwijl de mosselen zijn gedaald naar  $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . De filtratie van kokkels is iets toegenomen van  $0.09 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  naar  $0.14 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ .

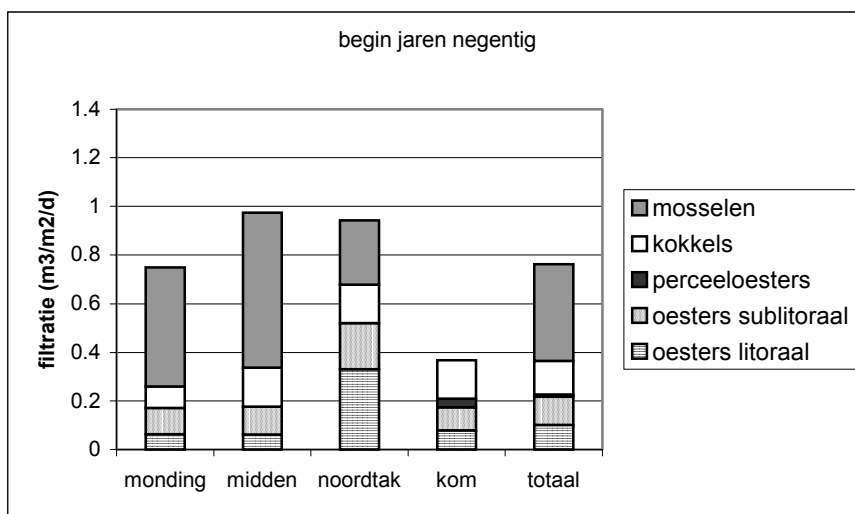
In het middengebied werd in het begin van de jaren negentig iets minder dan  $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  gefiltreerd. Ook in dit deel werd het grootste aandeel verzorgd door de mosselen met ongeveer  $0.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . Rond 2000 is de filtratie door alle schelpdieren gestegen naar  $1.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , en hebben de mosselen nog steeds het grootste deel met  $0.5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . De filtratie van de kokkels is gedaald van  $0.16 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  rond 1990 naar  $0.08 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  rond 2000.

In de noordtak bedroeg de filtratie ruim  $0.9 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  aan het begin van de jaren negentig. De aandelen waren redelijk gelijk verdeeld over de kokkels ( $0.15 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ), mosselen ( $0.25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ), litorale ( $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ) en sublitorale oesters ( $0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ). Rond 2000 wordt totaal ongeveer  $1.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  gefiltreerd, waarbij de oesters ongeveer  $2/3$  voor hun rekening nemen en mosselen en kokkels  $1/3$ .

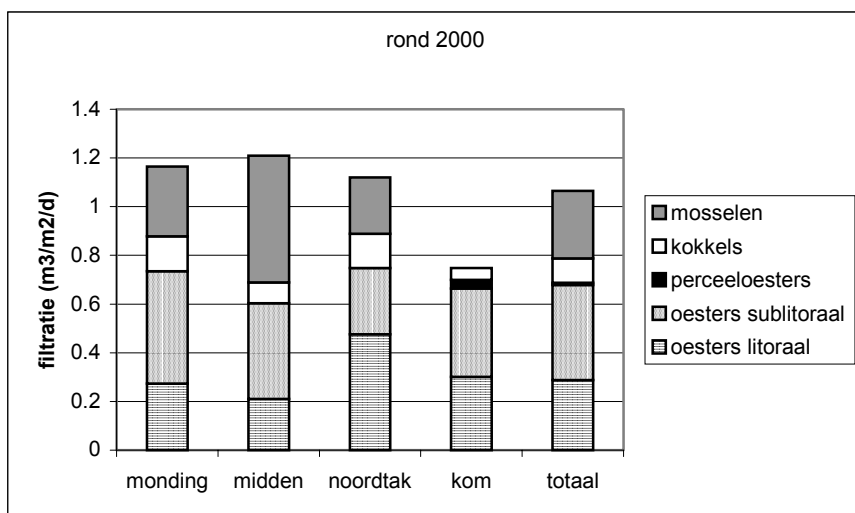
In de kom bedroeg de filtratie ongeveer  $0.4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . De helft hiervan werd door kokkels gedaan. Rond 2000 bedraagt de totale filtratie bijna  $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ . Het aandeel van de kokkels is teruggebracht tot minder dan  $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ , en bijna de gehele filtratie wordt uitgevoerd door oesters.

In de gehele Oosterschelde is de filtratie toegenomen van bijna  $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  begin jaren negentig tot bijna  $1.1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$  rond 2000. Begin jaren negentig werd de helft nog door mosselen verzorgd, rond 2000 is dat verschoven naar een aandeel van ongeveer  $2/3$  door oesters.

De filtratie van de diverse schelpdieren in de diverse deelgebieden wordt weergegeven in Figuur 8 voor de situatie begin jaren negentig en in Figuur 9 voor de situatie rond 2000.



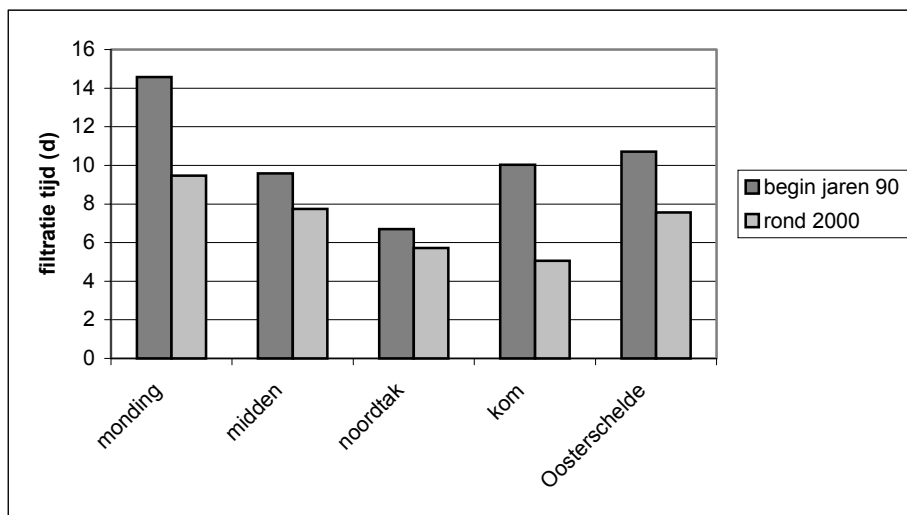
**Figuur 8:** Filtratie van de verschillende groepen schelpdieren zoals geschat voor de situatie begin jaren negentig.



**Figuur 9:** Filtratie van de verschillende groepen schelpdieren zoals geschat voor de situatie rond 2000.

### 3.4 Filtratie tijden van schelpdieren

Uit de filtratiesnelheden kan berekend worden in hoeveel tijd een deelgebied door de aanwezige biomassa gefiltreerd wordt: de filtratie tijd van schelpdieren. In het mondingsgebied en het komgebied zijn de turn-over tijden rond 2000 het sterkste gedaald naar iets minder dan de helft van de filtratie tijd begin jaren negentig. In het middengebied en de noordtak is deze daling veel minder sterk. In het totaal is de filtratie tijd in de Oosterschelde rond 2000 en kwart minder geworden dan begin jaren negentig. Figuur 10 laat de filtratie tijden door schelpdieren in de diverse deelgebieden en de gehele Oosterschelde zien.



**Figuur 10:** Filtratie tijden door schelpdieren begin jaren negentig en rond 2000.

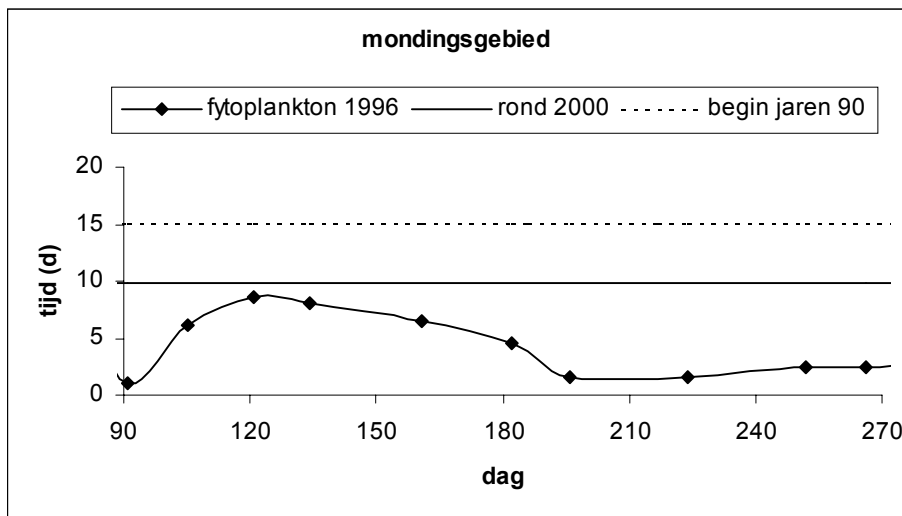
### **3.5 Kunnen de deelgebieden de schelpdieren van voldoende voedsel in de vorm van fytoplankton voorzien?**

In deze paragraaf is er vanuit gegaan dat het fytoplankton de schelpdieren van voedsel voorziet. Er zal echter ook een terugkoppeling plaatsvinden van de schelpdieren op het fytoplankton, bijvoorbeeld door bio-depositie en veranderingen in de fytoplankton samenstelling (Prins et al., 1998). In de opzet van deze paragraaf is geen rekening gehouden met dit terugkoppel mechanisme.

De filtratie tijd van schelpdieren is per deelgebied berekend op basis van het bestand zoals vastgesteld in het voorjaar. In werkelijkheid zal de filtratie tijd door het jaar heen niet constant zijn, maar omdat er een maal per jaar een gebiedsdekkende survey is, ontbreekt informatie over de variatie in het bestand en in de filtratiesnelheid. De gepresenteerde filtratie tijd is gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar en constant gehouden gedurende het gehele jaar.

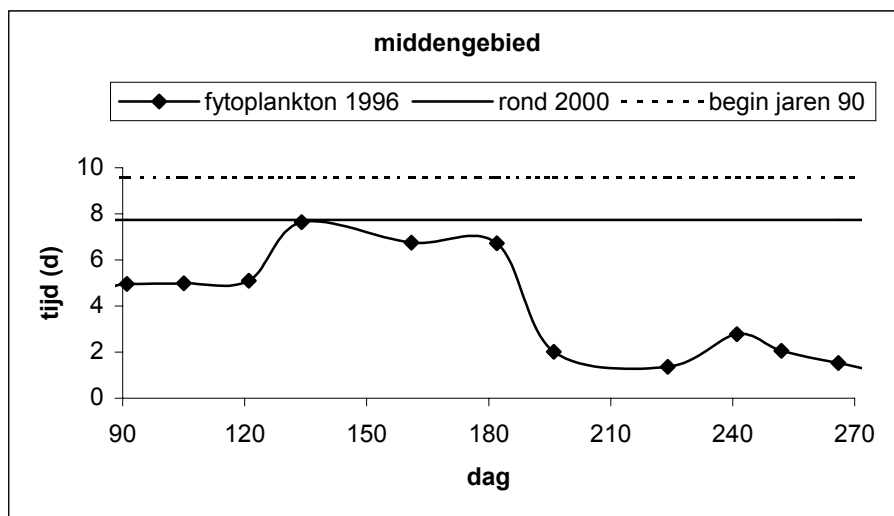
De turn-over waarden van het fytoplankton zijn geleverd door het NIOO-CEME (J. Kromkamp). In deze paragraaf is per deelgebied bekeken of in het groeiseizoen van schelpdieren er aanwijzingen zijn dat de turn-over van het fytoplankton en de filtratie tijd van schelpdieren bij elkaar in de buurt komen.

In het mondingsgebied (Figuur 11) is filtratie tijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 15 dagen in de periode rond 1990 naar 10 dagen in de periode rond 2000 (gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar). De turn-over tijd van het fytoplankton is op alle moment kleiner dan de 10 dagen die de schelpdieren nodig hebben. Het maximum is 8½ dag rond het begin van mei. Op basis van de hier gebruikte gegevens lijkt er voor dit deelgebied voldoende voedsel te worden geproduceerd om alle schelpdieren te kunnen voeden. Daarnaast is de verblijftijd van het water in dit gebied vrij kort (25 dagen) zodat een tekort aan voedsel snel aangevuld zal worden door import van water.



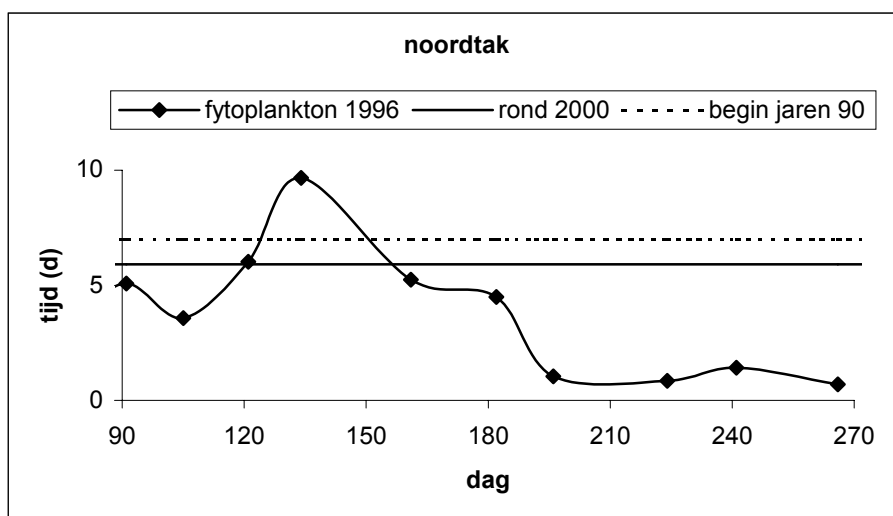
**Figuur 11:** Turn-over tijden van fytoplankton (data Kromkamp) en filtratie tijden van schelpdieren in het mondingsgebied.

In het middengebied (Figuur 12) is turn-over tijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 9 dagen in de periode rond 1990 naar 7½ dag in de periode rond 2000 (gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar). De turn-over tijd van het fytoplankton is op alle moment kleiner dan de 7½ dag die de schelpdieren nodig hebben, hoewel de maximum turn-over tijd van 7½ dagen halverwege de maand mei aan de jaargemiddelde filtratie tijd van schelpdieren raakt. Voor dit deelgebied lijkt er ook nog voldoende voedsel te worden geproduceerd om alle schelpdieren te kunnen voeden, hoewel het in het voorjaar tegen de grens aanzit. Dit zal echter gecompenseerd worden door de import van voedsel uit naastgelegen gebieden, gezien de nog relatief korte verblijftijden van het water in dit deelgebied.



**Figuur 12:** Turn-over tijden van fytoplankton (data Kromkamp) en filtratie tijden van schelpdieren in het middengebied.

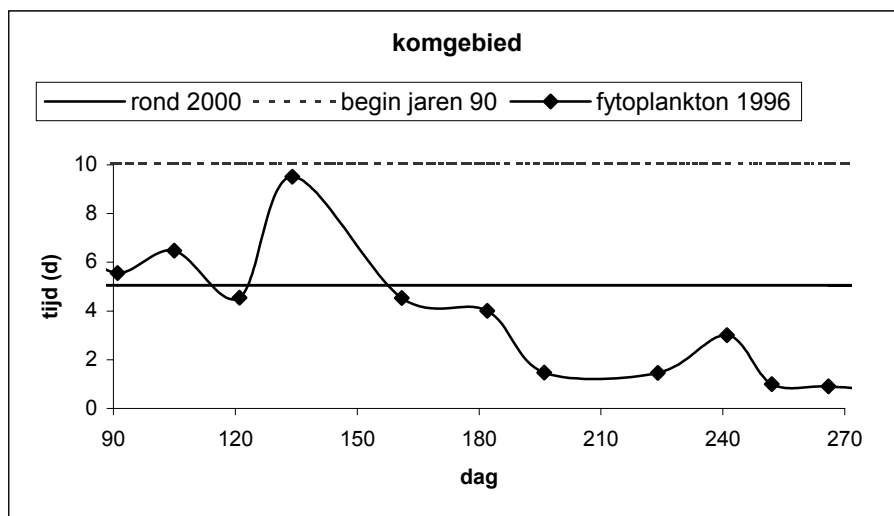
In de noordtak (Figuur 13) is de filtratie tijd van de waterkolom door schelpdieren nauwelijks veranderd tussen 1990 en 2000 (gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar). Tussen begin en half mei ligt de turn-over tijd van het fytoplankton hoger dan de filtratie tijd van de schelpdieren, wat betekent dat het fytoplankton zich langzamer kan aanvullen dan dat de schelpdieren het wegfilteren. Uit de figuur blijkt dat dit al sinds 1990 zo is, daar de totale filtratie tijd in dit gebied, op basis van de bestandsopnamen in het voorjaar, nauwelijks meer toeneemt. Een tekort aan voedsel zal in dit deelgebied niet gecompenseerd worden door uitwisseling van water met andere gebieden, daar de verblijftijd van het water in dit deelgebied met 75 dagen daarvoor te lang is.



**Figuur 13:** Turn-over tijden van fytoplankton (data Kromkamp) en filtratie tijden van schelpdieren in de noordtak.



In het komgebied (Figuur 14) is de filtratie tijd van de waterkolom door schelpdieren gedaald van 9 dagen in de periode rond 1990 naar 5 dagen in de periode rond 2000. Van eind april tot half juni is er sprake van een hogere filtratie van schelpdieren (bestanden gebaseerd op voorjaarsopnamen) vergeleken met de turn-over van het fytoplankton. Dit duidt erop dat in deze periode mogelijk een tekort aan voedsel kan optreden voor de schelpdieren, een effect wat in 1990 nog nauwelijks aanwezig was. Dit zal niet gecompenseerd kunnen worden door de import van voedsel uit het mondingsgebied, gezien de lange verblijftijd van 100 dagen van water in dit deelgebied. In dit deelgebied lijkt in de laatste jaren effecten van competitie om voedsel tussen schelpdieren zichtbaar te worden.



**Figuur 14:** Turn-over tijden van fytoplankton (data Kromkamp) en filtratie tijden van schelpdieren in het komgebied.

### 3.6 Gevoeligheidsanalyse

De getallen gebruikt in de analyses in paragraaf 3.1 tot en met 3.5 berusten allen op schattingen. Middels een gevoeligheidsanalyse is gepoogd inzicht te krijgen in de vraag welke onzekerheden de grootste doorwerking hebben op de schatting van de filtratiesnelheid en de turnover van de schelpdieren. In deze gevoeligheidsanalyse wordt een worst-case benadering gebruikt. Hierin wordt uitgegaan van de twee extreme situaties die kunnen optreden, namelijk:

- én de laagst mogelijke biomassaschatting voor alle soorten, én de laagst mogelijke clearance rate voor alle soorten én de laagst mogelijke filtreertijd per 24 uur voor alle soorten;
- én de hoogst mogelijke biomassaschatting voor alle soorten, én de hoogst mogelijke clearance rate voor alle soorten én de hoogst mogelijke filtreertijd per 24 uur voor alle soorten

De uitkomst van de gevoeligheidsanalyse geeft het minimum en het maximum weer. Alle andere combinaties (oesters wel te hoge clearance, maar kokkels een lagere, enz.) liggen tussen dit gevonden minimum en maximum.

#### 3.6.1 Instelling van de parameters

De eerste onzekerheid is de onzekerheid in de biomassa schatting. Sommige bestanden zijn gebaseerd op surveys, andere op inter- en extrapolaties.

Het mosselbestand wordt geïnventariseerd, waarbij een monster een oppervlak van 4.2 ha vertegenwoordigt (Kater & Kesteloo, 2003). Omdat er relatief veel monsters op een klein oppervlak worden genomen wordt de onzekerheid geschat op +/- 5%.

De kokkels worden ook geïnventariseerd, maar in deze survey staat een monster voor een oppervlak van 27 ha (Bult & Kesteloo, 2002). Omdat de monsterdichtheid groter is vergeleken met mosselen, is de onzekerheid op +/- 10% gesteld.

Voor de oesters zijn een aantal biomassa monsters in een platen- of slikkengebied genomen, en is deze biomassa geëxtrapolleerd naar het gehele platen- of slikken gebied. Als onzekerheidsmarge is in de analyse +/- 50% gebruikt.

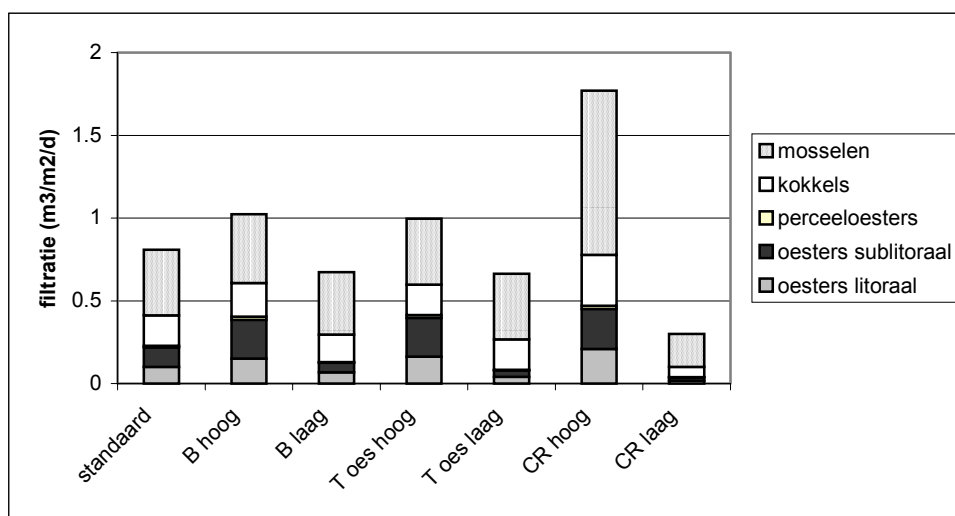
Van sublitorale en perceel oesters zijn geen biomassa monsters genomen, de gebruikte biomassa's zijn schattingen op basis van de biomassa's in het litorale gebied. Als onzekerheid is hiervoor is een onzekerheid van +/- 100% gebruikt.

De tweede onzekerheid is de clearance rate van de schelpdieren. Als minimum en maximum zijn de minima en maxima die in de literatuur zijn gevonden gebruikt. De analyse is uitgevoerd met een range voor mosselen en kokkels van 1-5 l/h/g AFDW, en voor oesters van 1 – 12 l/h/g DW.

De derde onzekerheid is het aantal uren per etmaal wat schelpdieren werkelijk aan het filtreren zijn. Hierover is uit literatuur weinig informatie te halen. De tijden voor mosselen en kokkels zijn al maximaal, en verder niet gevarieerd. Voor litorale oesters is de analyse uitgevoerd met 4 uur als minimum tijd en 16 uur als maximumtijd. Voor sublitorale – en perceeloesters is de analyse uitgevoerd met 4 uur als minimum tijd en 24 uur als maximale tijd.

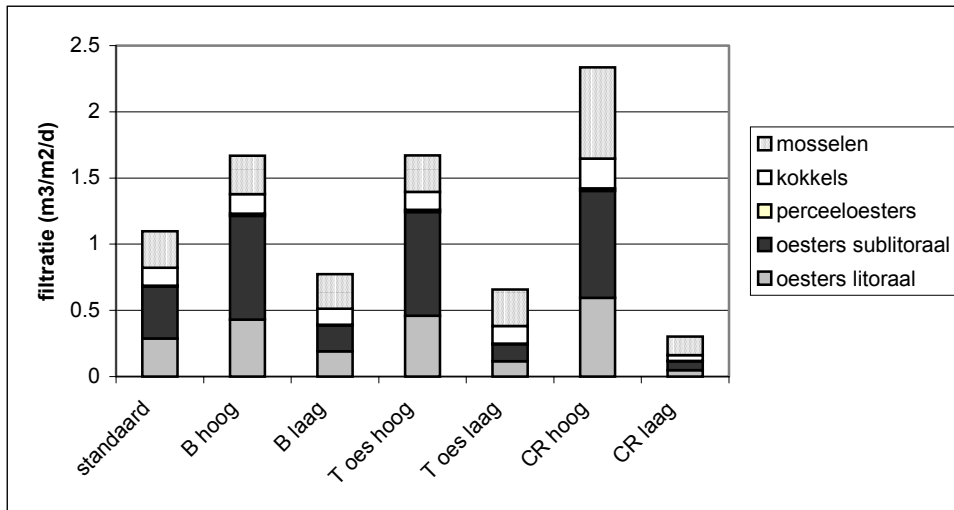
### 3.6.2 Effecten op filtratie snelheid en filtratie tijd

In de periode begin jaren negentig is het effect van variatie in biomassa en de tijd dat er gefiltreerd wordt per etmaal niet zo groot. Dit komt vooral omdat in deze periode de schelpdieren gedomineerd werden door mosselen, waarvan de onzekerheden het kleinste zijn. De berekeningen blijken het gevoeligst te zijn voor variatie in de clearance rates. Wanneer de clearance rates hoger liggen dan de gekozen clearance rate kan de filtratiesnelheid meer dan twee maal zo hoog worden, terwijl een verlaging een afname in de filtratie van meer dan de helft laat zien. Figuur 15 laat het resultaat van de verschillende analyses zien.



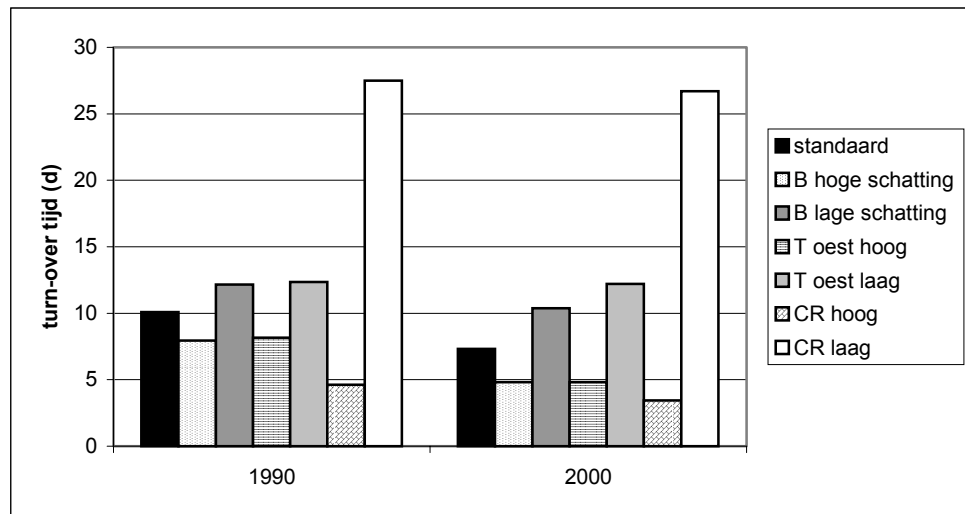
**Figuur 15:** Gevoeligheidsanalyse op de gegevens van begin jaren negentig (*standaard*: analyse met standaard instellingen; *B hoog*: analyse met hoogst mogelijke geschatte biomassa's; *B laag*: analyse met laagst mogelijk geschatte biomassa's; *T oes hoog*: analyse met maximale filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *T oes laag*: analyse met minimaal geschatte filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *CR hoog*: analyse met hoogste in literatuur gevonden clearance rate; *CR laag*: analyse met laagste in literatuur gevonden clearance rate).

In de periode rond 2000 is het effect van variatie in biomassa en de tijd dat er gefiltreerd wordt per etmaal groter dan in de voorgaande periode. De berekeningen blijken ook in deze periode het gevoeligst te zijn voor variatie in de clearance rates. Wanneer de clearance rates hoger liggen dan de gekozen clearance rate kan de filtratiesnelheid meer dan twee maal zo hoog worden, terwijl een verlaging een afname in de filtratie van een derde laat zien. Figuur 15 laat het resultaat van de verschillende analyses zien. Bij biomassa en filtratie tijd variatie liggen deze factoren voor de maximum situatie op ongeveer een anderhalf, de filtratiesnelheid wordt in beide gevallen een half keer zo groot. De minimum situatie ligt 30% tot 40% lager. Figuur 16 laat het resultaat van de verschillende analyses zien.



**Figuur 16:** Gevoeligheidsanalyse op de gegevens van rondom 2000 (*standaard*: analyse met standaard instellingen; *B hoog*: analyse met hoogst mogelijke geschatte biomassa's; *B laag*: analyse met laagst mogelijk geschatte biomassa's; *T oes hoog*: analyse met maximale filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *T oes laag*: analyse met minimaal geschatte filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *CR hoog*: analyse met hoogste in literatuur gevonden clearance rate; *CR laag*: analyse met laagste in literatuur gevonden clearance rate).

De gevoeligheidsanalyse is ook uitgevoerd voor de turn-over tijd van de schelpdieren. Bij de analyse blijkt dat ook de turn-over tijd het gevoeligste is voor de gekozen clearance rate. Figuur 17 laat de uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse zien.



**Figuur 17:** De gevoeligheidsanalyse (*standaard*: analyse met standaard instellingen; *B hoge schatting*: analyse met hoogst mogelijke geschatte biomassa's; *B lage schatting*: analyse met laagst mogelijk geschatte biomassa's; *T oest hoog*: analyse met maximale filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *T oest laag*: analyse met minimaal geschatte filtratie tijd per 24 uur voor oesters; *CR hoog*: analyse met hoogste in literatuur gevonden clearance rate; *CR laag*: analyse met laagste in literatuur gevonden clearance rate)

### 3.7 Veranderingen van kokkelgewicht

Wanneer er veranderingen zijn opgetreden in de voedselsituatie tussen begin jaren negentig en nu, zoals in de vorige paragrafen uiteengezet, is dit wellicht ook terug te vinden in de ontwikkeling van de individuele kokkelgewichten. Hiervoor zijn de kokkelgegevens van de plots gebruikt. Met behulp van deze gegevens uit november/december is per jaarklasse uitgerekend wat de individuele gewicht is. Eerste stap is om met deze gegevens te onderzoeken of er veranderingen zijn opgetreden in de individuele gewichten in de loop der tijd, en of de gewichten per deelgebied variëren. Immers, wanneer de gewichten tussen deelgebieden en in de tijd niet variëren, heeft de veranderende voedselsituatie geen weerslag op de kokkelgewichten gehad. Na logaritmische transformatie van het gewicht werd aan alle voorwaarden voor het toepassen van een ANOVA voldaan. De ANOVA is toegepast per leeftijdsklasse, met als verklarende variabele het jaar waarin werd gemeten en het deelgebied.

#### 3.7.1 *Verschillen de kokkelgewichten tussen de jaren en deelgebieden?*

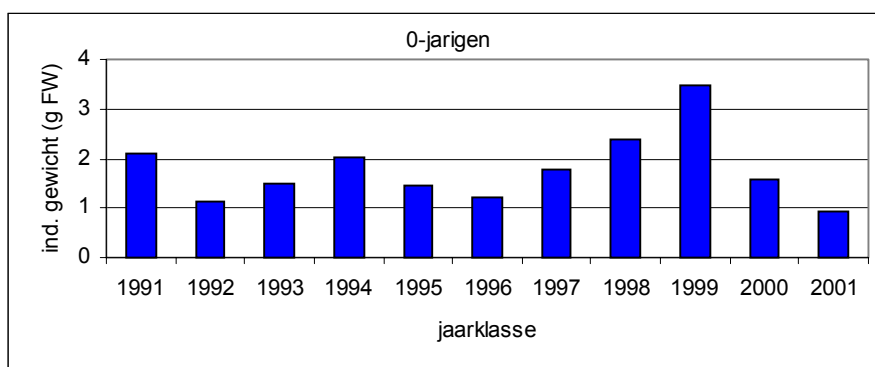
De nuljarige kokkels werden 164 maal aangetroffen. De ANOVA laat een significant effect van jaar ( $p < 0.001$ ) en van deelgebied ( $p = 0.003$ ) zien. De éénjarige kokkels werden 162 maal in de plots aangetroffen. De ANOVA laat een significant effect van jaar ( $p < 0.001$ ) en van deelgebied ( $p < 0.001$ ) zien. De tweejarige kokkels werden 116 maal in de plots aangetroffen. De ANOVA laat geen significant effect van jaar zien ( $p = 0.069$ ), maar wel van deelgebied ( $p < 0.001$ ). De driejarige kokkels werden 57 maal in de plots aangetroffen. De ANOVA laat een significant effect van jaar ( $p = 0.038$ ) en van deelgebied ( $p = 0.004$ ) zien.

Bovenstaande analyses laten zien dat de gewichten in de verschillende deelgebieden en de verschillende jaren significant van elkaar verschillen. Het is dus zinvol de ontwikkeling van de gewichten per deelgebied te beschouwen.

#### 3.7.2 *Gewichtsveranderingen per deelgebied*

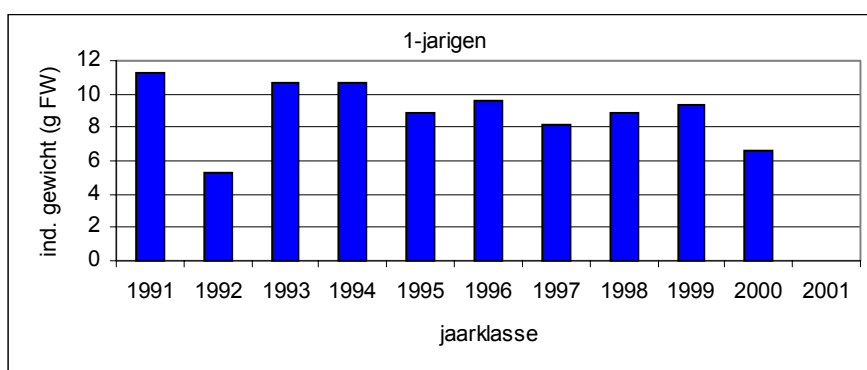
##### 3.7.2.1 Mondingsgebied

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 18. Er zijn minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p = 0.001$ ), maar er is geen significant stijgende of dalende lineaire trend ( $p = 0.954$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (3.5 g) werd aangetroffen in 1999, en het laagste in 2001 (0.9 g).



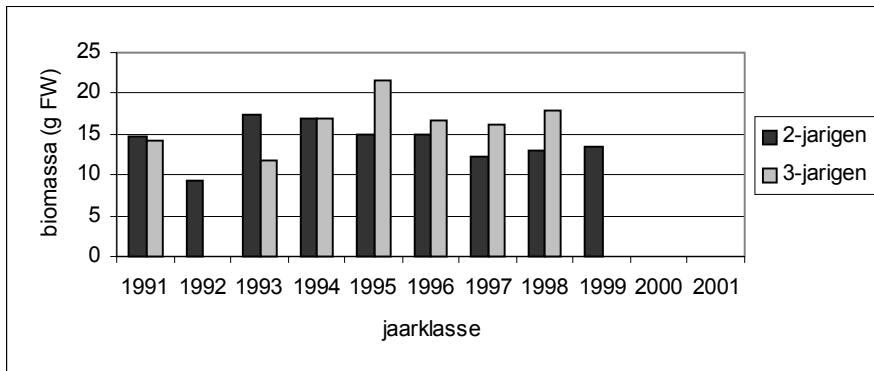
**Figuur 18:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels op de plots in het mondingsgebied.

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 19. Ook bij de éénjarigen zijn er minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.032$ ), maar ook voor deze categorie is er geen significante stijgende of dalende lineaire trend ( $p=0.607$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (11 g) werd aangetroffen in jaarklasse 1991. Deze jaarklasse van kokkels is als nuljarige nog heel gemiddeld. De jaarklasse met het laagste gemiddelde individuele gewicht (5.3 g) is 1992. Figuur 18 laat zien dat deze jaarklasse als nuljarige ook al een laag gemiddelde individuele gewicht had.



**Figuur 19:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels op de plots in het mondingsgebied.

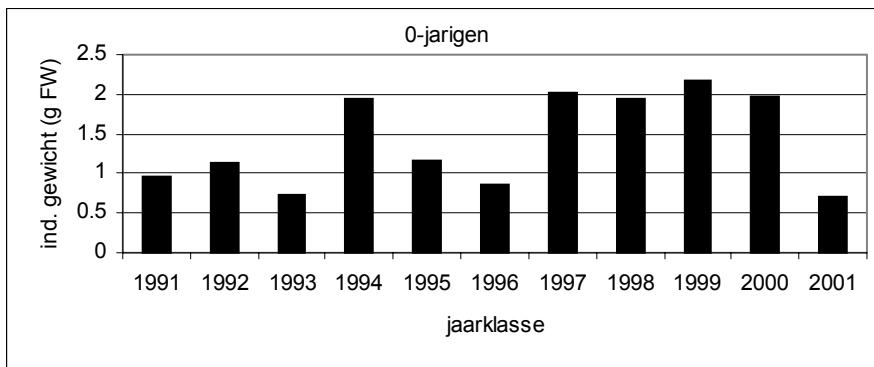
Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 20. Voor beide leeftijdscategorieën geldt dat de verschillen van jaar tot jaar niet significant waren ( $p=0.501$  voor tweejarigen en  $p=0.424$  voor driejarigen). Het gemiddelde gewicht van tweejarigen in het mondingsgebied is 14 g, en van driejarigen 17 g.



**Figuur 20:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels op de plots in het mondingsgebied.

3.7.2.2 Middengebied

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 21. Er zijn minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.001$ ). Er is geen stijgende of dalende lineaire trend ( $p=0.365$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (2.2 g) werd aangetroffen in 1999, en het laagste in 2001 (0.7 g). Dit zijn dezelfde jaarklassen als in het mondingsgebied, maar de gewichten zijn lager.

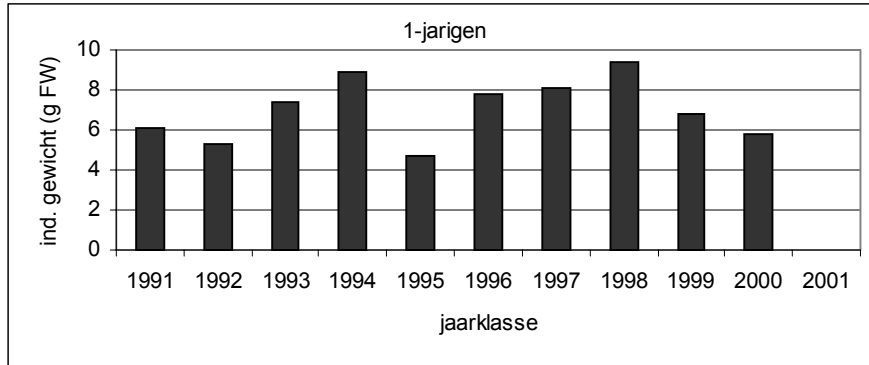


**Figuur 21:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels op de plots in het middengebied.

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 22. Ook bij de éénjarigen zijn er minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.038$ ), maar er is een significant stijgende of dalende lineaire trend ( $p=0.551$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (9.4 g) werd aangetroffen in jaarklasse 1998. Deze jaarklasse van kokkels is als nuljarige nog heel gemiddeld. De jaarklasse met het laagste gemiddelde individuele gewicht (4.6 g) is 1995. Ook als nuljarige had deze jaarklasse geen hoog gewicht. De jaarklassen met het hoogste en laagste individuele

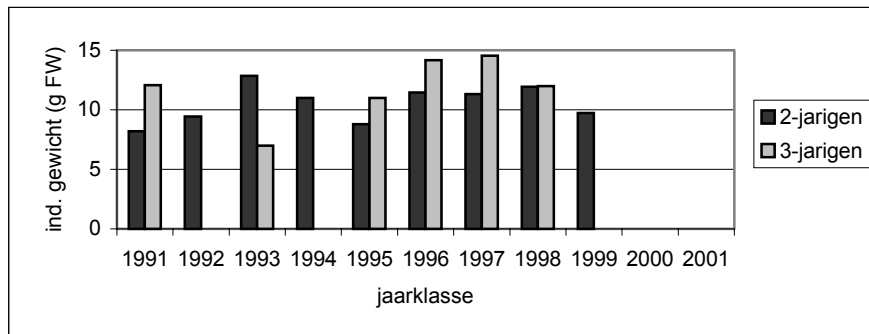


gewicht zijn andere jaarklassen dan in het mondinggebied werden gevonden. Het hoogste individuele gewicht is iets lager dan in dit gebied, de laagste ongeveer gelijk.



**Figuur 22:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels op de plots in het middengebied.

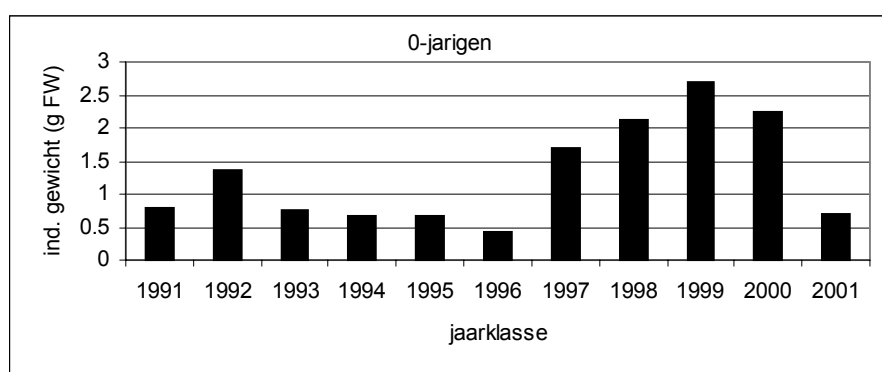
Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 23. Voor beide leeftijdscategorieën geldt dat de verschillen van jaar tot jaar niet significant waren ( $p=0.488$  voor tweejarigen en  $p=0.267$  voor driejarigen). Het gemiddelde gewicht van tweejarigen in het mondingsgebied is 11 g, en van driejarigen 12 g, wat beide lager is dan in het mondingsgebied.



**Figuur 23:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels op de plots in het middengebied.

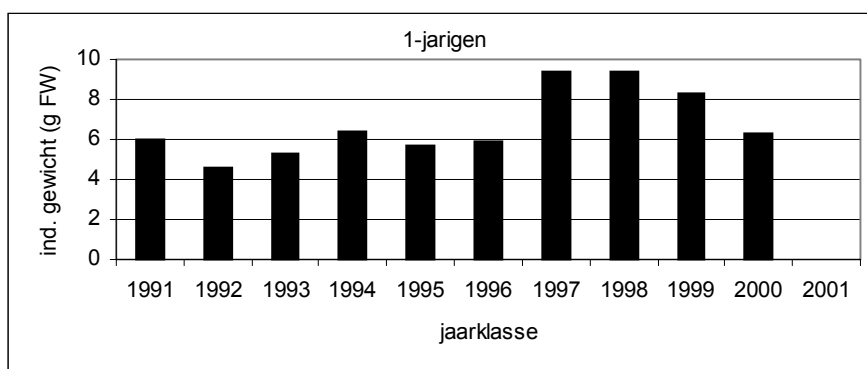
### 3.7.2.3 Noordtak

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 24. Er zijn minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.004$ ). Er is echter geen significante stijgende of dalende trend ( $p=0.210$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (2.7 g) werd aangetroffen in 1999. Dit is dezelfde jaarklasse als in het mondings- en middengebied, en het gemiddelde individuele gewicht ligt tussen beide gebieden in. Het laagste individuele gewicht van nuljarige kokkels werd aangetroffen in 1996 (0.4 g). Dit is een andere jaarklasse als in het mondings- en middengebied, en het gemiddeld individueel gewicht is lager.



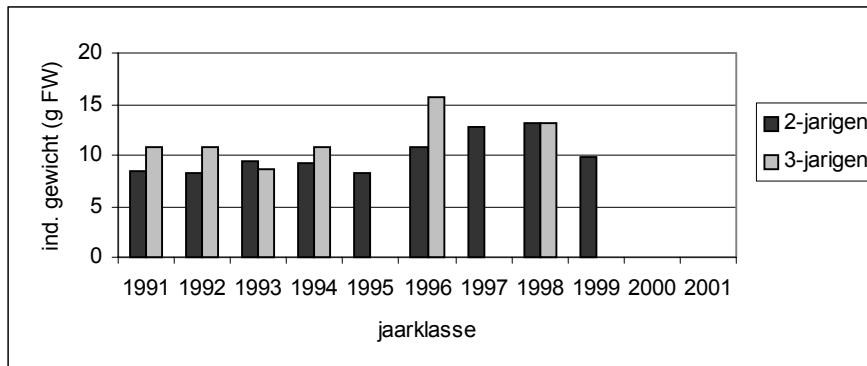
**Figuur 24:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels op de plots in de noordtak.

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 25. Ook bij de éénjarigen zijn er minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.005$ ). Voor éénjarige kokkels is er een stijgende lineaire trend vastgesteld ( $p=0.040$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (9.4 g) werd aangetroffen in jaarklasse 1997. Deze jaarklasse van kokkels is als nuljarige gemiddeld. De jaarklasse met het laagste gemiddelde individuele gewicht (4.6 g) is 1992, die ook als nuljarige gemiddeld was. De jaarklassen met het hoogste en laagste individuele gewicht zijn over het algemeen andere jaarklassen dan in het mondings- en middengebied werden gevonden. Het hoogste en laagste gevonden individuele gewicht van éénjarigen in de noordtak is gelijk aan die in het middengebied, maar lager dan die in het mondingsgebied.



**Figuur 25:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels op de plots in de noordtak.

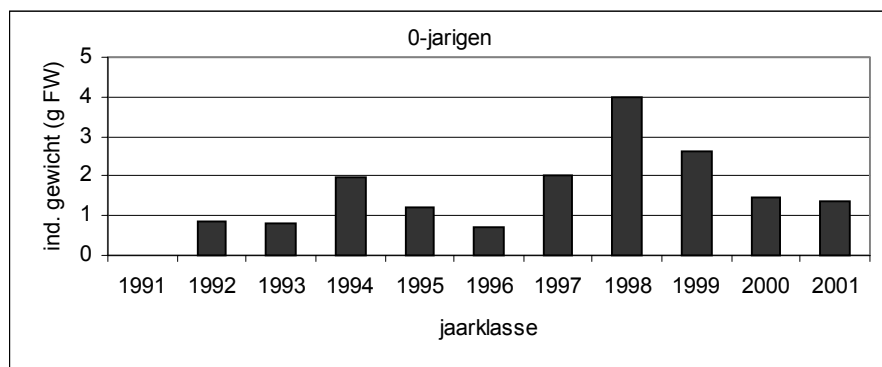
Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 26. Voor beide leeftijdscategorieën geldt dat de verschillen van jaar tot jaar niet significant waren ( $p=0.063$  voor tweejarigen en  $p=0.063$  voor driejarigen). Het gemiddelde gewicht van tweejarigen in de noordtak is 10 g, en van driejarigen 12 g, wat beide lager is dan in het mondingsgebied, maar gelijk aan het middengebied.



**Figuur 26:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels op de plots in de noordtak.

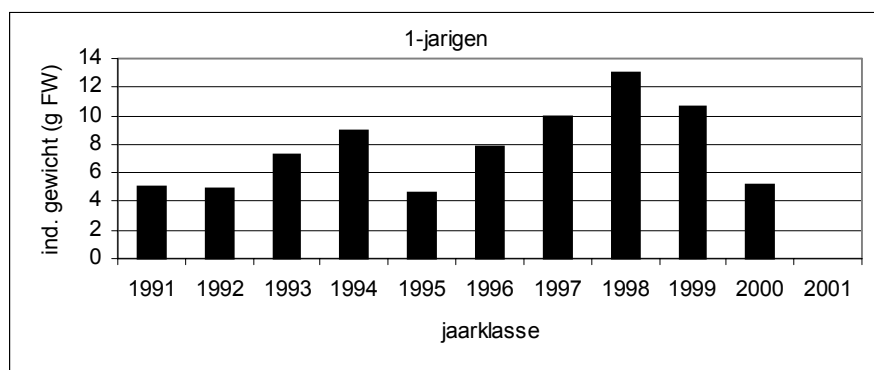
### 3.7.2.4 Het komgebied

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 27. Het komgebied was het enige gebied waarin geen significant verschil in gewichten van nuljarigen tussen de jaren kon worden vastgesteld ( $p=0.114$ ). Er was geen lineaire stijgende of dalende trend aanwezig ( $p=0.154$ ). Het gemiddelde individuele gewicht bedroeg 1.7 g.



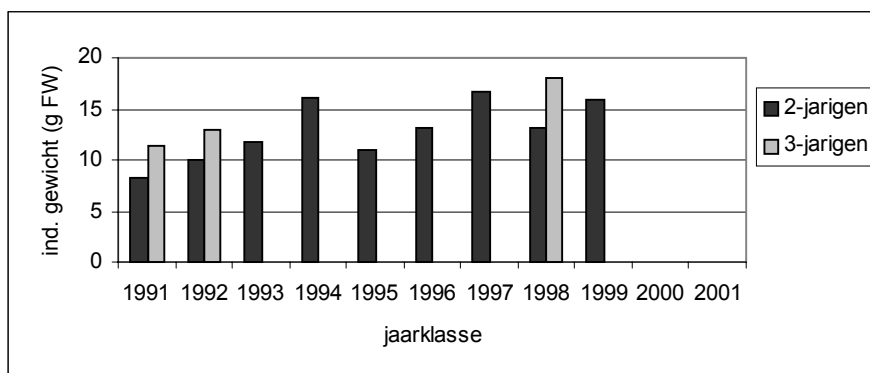
**Figuur 27:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van nuljarige kokkels op de plots in het komgebied.

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 28. Ook bij de éénjarigen zijn er minstens twee jaren die significant van elkaar verschillen ( $p=0.001$ ). Er is geen stijgende of dalende significante trend aanwezig ( $p=0.188$ ). De figuur laat zien dat het hoogste gemiddelde individuele gewicht (13 g) werd aangetroffen in jaarklasse 1998. Dit is het hoogste gemiddelde individuele gewicht wat in een deelgebied is aangetroffen. De jaarklasse met het laagste gemiddelde individuele gewicht (4.6 g) is 1995. Dat is hetzelfde gewicht als in het middengebied en de noordtak. Alleen het mondingsgebied laat een hoger gewicht zien.



**Figuur 28:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van éénjarige kokkels op de plots in het komgebied.

Het verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels van jaar tot jaar wordt weergegeven in Figuur 29. Voor beide leeftijdscategorieën geldt dat de verschillen van jaar tot jaar niet significant waren ( $p=0.152$  voor tweejarigen en  $p=0.377$  voor driejarigen). Het gemiddelde individuele gewicht van tweejarigen in het mondingsgebied is 13 g, en van driejarigen 14 g. Dit betekent dat de gemiddelde gewichten van de tweejarigen het hoogste zijn in het mondings- en komgebied, en van driejarigen het hoogste in het mondingsgebied.



**Figuur 29:** Verloop van het gemiddelde individuele gewicht van tweejarige en driejarige kokkels op de plots in het komgebied.

### 3.7.3 Oosterschelde

Hoewel in een aantal gevallen het gewicht van jaar tot jaar verschilt, is in Tabel 5 weergegeven wat per leeftijdsgroep en deelgebied de gemiddelde individuele gewichten zijn.

**Tabel 5:** Individuele kokkelgewichten (gemiddeld over de jaren) voor ieder deelgebied en leeftijdsgroep.

	monding	midden	noordtak	kom
nuljarigen	1.8	1.4	1.3	1.7
éénjarigen	8.9	7.0	6.8	7.8
tweejarigen	14	10	10	13
driejarigen	17	12	13	14

### 3.8 Effecten van een veranderde voedselsituatie

Met de individuele gewichten per jaarklasse en per deelgebied kan onderzocht worden welke parameters (bijvoorbeeld primaire productie, temperatuur, verhoudingen tussen fytoplankton) een significant effect hebben op een leeftijdscategorie. Per deelgebied zijn maximaal elf gegevens (elf jaren) beschikbaar voor nuljarigen en tien voor éénjarigen. Vaak ontbreken er parameters van een aantal jaren, zodat er te weinig gegevens zijn om een model te bouwen. Daarom is er geen model per deelgebied, maar voor de gehele Oosterschelde gebouwd, waarin de kokkelgewichten per leeftijdsklasse (maximaal 11) per deelgebied zijn gekoppeld aan de parameters uit dit deelgebied. Zo ontstond een dataset van maximaal 44 (11 jaarklassen \* 4 deelgebieden) gegevens.

Per leeftijdscategorie (nuljarig, éénjarig en tweejarig) en groei (van nul- naar éénjarige) is geanalyseerd van welke parameters een significant effect kon worden vastgesteld.

#### 3.8.1 Nuljarige kokkels

De stepwise backwards GLM met zes verklarende variabelen (maximum temperatuur (Tmax, eerste en tweedegraadsterm), primaire productie (primprod), verhouding diatomeeën (rat\_diat), verhouding dinoflagellaten (rat\_dino), verhouding overige fytoplankton (rat\_over)) levert een model op waarin het gewicht verklaard wordt met maximum temperatuur, de primaire productie, en de grootte verhoudingen van diatomeeën, dinoflagellaten en overige algen. Het model is gebaseerd op 22 waarnemingen. De verklarende variantie bedroeg 69.4%, en de p-waarde van het model was 0.003. Tabel 6 geeft een overzicht van de parameters met een significant effect, hun p-waarde en de richting van het effect.

**Tabel 6:** Model voor het gewicht van nuljarige kokkels (n=22;  $r^2=0.694$ ;  $p=0.003$ ).

Effect	p-waarde effect	richting effect	Opmerking
Tmax	0.015	bergparabool	top bij 20.8°C
Tmax <sup>2</sup>	0.013		
primprod	0.031	negatief	
rat_diat	0.034	negatief	
rat_dino	0.001	negatief	
rat_over	0.006	positief	

### 3.8.2 Eénjarige kokkels

De stepwise backwards GLM met negen verklarende variabelen (maximum temperatuur (Tmax, eerste en tweedegraadsterm), minimum temperatuur (Tmin, eerste en tweedegraadsterm), primaire productie (primprod), verhouding diatomeeën (rat\_diat), verhouding dinoflagellaten (rat\_dino), verhouding overige fytoplankton (rat\_over) en het gewicht als nuljarige (B(0)) levert een model op waarin het gewicht verklaard wordt met de maximum temperatuur, de minimum temperatuur, de grootteverhouding bij dinoflagellaten, en het gewicht als nuljarige. Het model is gebaseerd op 26 waarnemingen. De verklarende variantie bedroeg 82.1%, en de p-waarde van het model was 0.000001. Tabel 7 geeft een overzicht van de parameters met een significant effect, hun p-waarde en de richting van het effect.

**Tabel 7:** Model voor het gewicht van éénjarige kokkels (n=26;  $r^2=0.821$ ;  $p<0.001$ ).

Effect	p-waarde effect	richting effect
Tmax	0.003	bergparabool
Tmax <sup>2</sup>	0.004	
Tmin	0.017	negatief
rat_dino	0.014	negatief
B(0)	<0.001	positief

### 3.8.3 Tweejarigen

De stepwise backwards GLM met tien verklarende variabelen (maximum temperatuur (Tmax, eerste en tweedegraadsterm), minimum temperatuur (Tmin, eerste en tweedegraadsterm), primaire productie (primprod), verhouding diatomeeën (rat\_diat), verhouding dinoflagellaten (rat\_dino), verhouding overige fytoplankton (rat\_over), het gewicht als nuljarige (B(0)) en het gewicht als éénjarige (B(1)) levert een model op waarin het gewicht verklaard wordt met de grootteverhouding bij de diatomeeën en bij overige fytoplanktonsoorten, en het gewicht als éénjarige. Het model is gebaseerd op 24 waarnemingen. De verklarende variantie bedroeg 81.6%, en de p-waarde van het model was kleiner dan 0.00001. Tabel 8 geeft een overzicht van de parameters met een significant effect, hun p-waarde en de richting van het effect.

**Tabel 8:** Model voor het gewicht van tweejarige kokkels (n=24;  $r^2=0.816$ ;  $p<0.001$ ).

Effect	p-waarde effect	richting effect
rat_diat	0.021	Negatief
rat_ove	0.008	Positief
B(1)	<0.001	Positief

### 3.8.4 Van nul naar éénjarige

Wanneer alle potentieel verklarende variabelen aan het model werden meegegeven ontstond een overgedimensioneerd model. Daarom is op basis van de resultaten van de gewicht van nul- en éénjarige kokkels een selectie van verklarende variabelen gemaakt. De variabelen die uiteindelijk aan het model zijn meegegeven zijn:

- minimum temperatuur in het jaar dat de kokkel éénjarig is (Tmin)
- maximum temperatuur in het jaar dat de kokkel nuljarig is en het jaar dat de kokkel éénjarig is, eerste en tweedegraads term (Tmax)
- primaire productie in het jaar dat de kokkel nuljarig is en het jaar dat de kokkel éénjarig is (primprod)
- de ratio tussen kleine en grote diatomeeën, dinoflagellaten en overige algen in het jaar dat de kokkels nuljarig zijn en in het jaar dat de kokkels éénjarig zijn (rat\_diat, rat\_dino, rat\_over)

Het model is gebaseerd op 15 waarnemingen. De verklarende variantie bedroeg 99.3%, en de p-waarde van het model was 0.000061.



Tabel 9 geeft een overzicht van de parameters met een significant effect, hun p-waarde en de richting van het effect. De tabel laat zien dat de groei afhangt van zowel parameters uit het jaar dat de kokkel nuljarig is als uit het jaar dat de kokkel éénjarig is.

**Tabel 9:** Model voor de groei van kokkels van nul- naar éénjarige (n=15;  $r^2=0.994$ ;  $p<0.001$ ).

	effect	p-waarde effect	Richting effect
Jaar 0	Tmax	<0.001	bergparabool
	Tmax <sup>2</sup>	<0.001	
	primprod	<0.001	positief
	rat_dino	0.002	negatief
Jaar 1	Tmax <sup>2</sup>	<0.001	dalparabool
	Tmin	<0.001	negatief
	primprod	0.005	negatief
	rat_dia	<0.001	positief
	rat_dino	<0.001	negatief

## 4. Conclusies en discussie

### 4.1 Ontwikkelingen per deelgebied

In dit rapport is de eerste aanzet gedaan tot het in kaart brengen van mogelijke voedselconcurrentie van kokkels met andere schelpdieren in de Oosterschelde. Hiertoe is informatie verzameld over de biomassa aan schelpdieren, de filtratiesnelheden en –tijd van de schelpdieren, en het verloop van individuele kokkelgewichten. Deze zijn vergeleken met informatie over de turn-over en samenstelling van het fytoplankton. Aangezien de gegevens aan rapporten en literatuur zijn ontleend en er geen empirische controle is uitgevoerd dienen de resultaten als indicatief te worden beschouwd.

#### 4.1.1 Mondingsgebied

In het mondingsgebied is de biomassa in tien jaar tijd met 25% toegenomen. De biomassa van oesters op basis van asvrijdrooggewicht is verviervoudigd, terwijl de kokkel biomassa anderhalf keer zo groot is geworden. De mosselbiomassa is gedaald, maar deze wordt bepaald door de biomassa aan mosselen die door mosselkwekers op de percelen wordt aangevoerd. Het mondingsgebied is het enige deelgebied waarin de biomassa van kokkels tussen begin jaren negentig en rond 2000 is toegenomen. In het mondingsgebied werd door schelpdieren rond 1990 per vierkante meter en per dag zo'n 0.8 kubieke meter water gefiltreerd. Het grootste aandeel van de filtratie kwam op conto van de mosselen. Rond 2000 is de filtratie toegenomen tot 1.2 kubieke meter, en wordt de helft hiervan toegeschreven aan oesters. Begin jaren negentig duurde het ongeveer 14 dagen voordat al het water in het deelgebied een keer gefiltreerd was. Rond 2000 ging dit door de biomassa toename sneller, en waren slechts 9 dagen nodig. Deze filtratiesnelheden zijn echter wel gebaseerd op voorjaarsopnamen, een beeld van de filtratiesnelheid gedurende het gehele jaar ontbreekt. Er zijn geen aanwijzingen dat er in het mondingsgebied onvoldoende fytoplankton wordt geproduceerd om aan de vraag van de schelpdieren te kunnen voldoen. Het verloop van de gewichten van nuljarige kokkels en éénjarige kokkels vertoont in het mondingsgebied variatie door de jaren heen. De kokkels uit dit gebied zijn in alle leeftijdsklasse het zwaarste van de vier beschouwde deelgebieden. Het mondingsgebied lijkt een van de betere kokkelgebieden in de Oosterschelde te zijn.

#### 4.1.2 *Middengebied*

In het middengebied is de biomassa in tien jaar tijd nauwelijks toegenomen. Wel zijn er verschuivingen opgetreden. De biomassa van oesters op basis van asvrijdrooggewicht is verdrievoudigd, terwijl de kokkel biomassa is gehalveerd. De mossel biomassa is enigszins afgenomen, maar worden vooral door de toevoer van mosselen door mosselkwekers bepaald. Als gevolg van de verschuiving is in het middengebied de filtratie enigszins toegenomen. Rond 1990 werd het grootste deel van de filtratie nog aan mosselen toegeschreven, rond 2000 was dit verschoven naar oesters. De tijd die de schelpdieren nodig hebben om het water in dit deelgebied te filtreren is in tien jaar tijd niet sterk veranderd. Er zijn geen aanwijzingen dat er in het middengebied onvoldoende fytoplankton wordt geproduceerd om aan de vraag van de schelpdieren te kunnen voldoen. De individuele kokkelgewichten van nul- en éénjarige kokkels in het middengebied verschillen van jaar tot jaar. De gewichten van de kokkels in dit deelgebied zijn lager dan in het mondingsgebied en het komgebied, en ongeveer gelijk aan de gewichten in de noordtak.

#### 4.1.3 *Noordtak*

In de noordtak is in tien jaar de biomassa van schelpdieren in asvrijdrooggewicht enigszins toegenomen. De biomassa van oesters is licht gestegen, van mosselen (bepaald door mosselkwekers) en kokkels licht gedaald. Ook op het gebied van filtratiesnelheden is slechts een kleine toename te zien, en de tijd die de schelpdieren nodig hebben om het water in de noordtak te filtreren is ook niet veel korter geworden. Er zijn indicaties dat in de maand mei de turn-over tijd van het fytoplankton niet meer voldoende is om het wegfilteren door schelpdieren te compenseren. Dit was begin jaren negentig ook al het geval, en dit is mogelijk een verklaring waarom de verhoudingen tussen de schelpdierbestanden maar weinig zijn veranderd. Het lijkt erop dat in dit deelgebied al langer sprake is van een minder goede voedselsituatie voor schelpdieren, en dat de biomassa langzaam ten gunste van de oesters verschuift. In deze analyse is de hangculture van mosselen in de noordtak niet meegenomen. Opvallend is dat, ondanks de voedselsituatie, deze cultuur het goed doet in de noordtak van de Oosterschelde. Het verloop van de gewichten van nuljarige kokkels en éénjarige kokkels vertoont in het noordtak variatie door de jaren heen. De gewichten van de kokkels in dit deelgebied zijn lager dan in het mondingsgebied en het komgebied, en ongeveer gelijk aan de gewichten in het middengebied.

#### 4.1.4 Komgebied

In het komgebied zijn geen mosselen aangetroffen, de mosselen die tijdelijk op de verwaterplaatsen zijn gelegd zijn in deze analyse niet meegenomen. In dit gebied is in tien jaar de biomassa van schelpdieren in asvrijdrooggewicht met een kwart toegenomen. De biomassa van oesters is verviervoudigd, terwijl van het kokkelbestand nog een derde over is. De schelpdierbiomassa in dit deelgebied wordt rond 2000 bijna volledig bepaald door oesters. In het komgebied is de filtratie per vierkante meter per dag verdubbeld van 0.4 naar 0.8 kubieke meter water. Begin jaren negentig duurde het ongeveer 9 dagen voordat al het water in dit deelgebied een keer gefiltreerd was. Rond 2000 ging dit door de biomassa toename sneller, en waren slechts 5 dagen nodig. Deze filtratie tijden zijn gebaseerd op bestandsopnamen in het voorjaar, de seizoensvariatie is niet in de analyse opgenomen. Er is een aanwijzing dat in de maanden april en mei de turn-over van het fytoplankton niet meer voldoende is om binnen vijf dagen de voedselvoorraad aan te vullen. Het lijkt er op dat in het voorjaar in dit gebied er niet voldoende voedsel voor alle schelpdieren aanwezig is. Het verloop van de gewichten van nuljarige kokkels vertoont in het komgebied geen variatie door de jaren heen, van de éénjarige kokkels wel. De gewichten van de kokkels in dit deelgebied zijn hoger dan in het middengebied en de noordtak, en ongeveer gelijk aan de gewichten in het mondingsgebied.

In de inleiding is al melding gemaakt van het feit dat dit rapport als aanzet bedoeld is voor het beantwoorden van draagkracht gerelateerde vraagstukken in de Oosterschelde. De gebruikte gegevens laten zien dat in een aantal deelgebieden aanwijzingen zijn dat sprake lijkt te zijn van het mogelijke begin van een voedseltekort voor schelpdieren. De genoemde schelpdieren zijn echter niet de enige suspensieeters in de Oosterschelde. Zo zullen andere schelpdieren (b.v. Amerikaanse zwaardschede, muiltjes) van dezelfde voedselbron gebruik maken als kokkels, mosselen en oesters. Naast de schelpdieren zijn er meer groepen in de Oosterschelde die van deze voedselbron gebruik maken, zoals zeepokken, zeeklitten, en sommige polychaete wormen (Dame et al., 2001). Tenslotte zal ook het zooplankton een grote bijdrage aan de grazing op fytoplankton kunnen leveren. Er zijn echter niet voldoende zooplankton gegevens van de Oosterschelde bekend om deze mee te nemen in het overzicht. Er zijn dus voldoende andere organismen die niet in het overzicht zijn meegenomen, maar waarschijnlijk wel eten uit dezelfde voedselbron.

Aan de andere kant zijn er voor schelpdieren wellicht ook andere voedselbronnen beschikbaar, zoals opgewerveld microfytobenhtos (Kamermans, 1994). Deze kunnen

een flinke bijdrage geven aan het totaal voedselbestand. Hoe groot de bijdrage in de Oosterschelde is, is echter niet bekend.

## **4.2 Verklaringen voor de variatie in kokkelgroei en -gewicht**

### *4.2.1 Temperatuur*

De maximum temperatuur gemeten in een jaar speelt bij het gewicht van nuljarige, éénjarige en de groei van nul- naar éénjarige een rol in de verklaring van de variatie in de biomassa of groei. In alle drie gevallen betreft het een parabool met een top die net boven de 20 °C ligt. Omdat de temperatuurtop vaak in augustus of september ligt is het niet waarschijnlijk dat het hier een effect op broedval betreft. Meer waarschijnlijk is het dat het voedselaanbod bij deze temperatuur voor jonge kokkels optimaal is. Conclusie is dat de hoogste temperatuur in het water een effect heeft op het gewicht en groei van nul- en éénjarige kokkels.

### *4.2.2 Effect van gewicht in voorgaande jaren*

Het gewicht van een éénjarige kokkel wordt in grote mate bepaald door het gewicht als nuljarige. Hoe groter het gewicht als nuljarige, des te groter het gewicht als éénjarige. Hetzelfde geldt voor tweejarige kokkels, hun gewicht wordt voor een deel bepaald door hun gewicht als éénjarige. Hoe groter dit gewicht, des te groter het gewicht als tweejarige.

### *4.2.3 Primaire productie*

Een hoge primaire productie had een negatief effect op het gewicht van nuljarigen. Dit kan verklaard worden doordat de groei van nuljarigen tussen broedval en december waarschijnlijk bepaald wordt door andere processen dan in de analyse zijn meegenomen, zoals bijvoorbeeld de dichtheid aan nuljarige kokkels. De negatieve relatie kan voortkomen uit een relatie tussen primaire productie en een onbekende factor die een negatief effect op de groei van nuljarige kokkels heeft.

### *4.2.4 Verhoudingen tussen fytoplanktondeeltjes*

De verhouding tussen kleine en grote fytoplanktondeeltjes kwam in bijna alle analyses als verklarende variabele naar voren.

#### 4.2.4.1 Dinoflagellaten

Een toename in de verhouding tussen kleine en grote dinoflagellaten heeft een negatief effect op het gewicht van nuljarige en éénjarige kokkels en de groei van nul naar éénjarige. Onbekend is of en welke dinoflagellaten door kokkels worden geprefereerd. Uit de analyse lijkt te blijken dat kokkels beter groeien bij de aanwezigheid van verhoudingsgewijs meer grote dinoflagellaten. Dit kan veroorzaakt worden doordat hier hun voorkeur ligt. Een andere verklaring kan zijn dat een toename van kleine dinoflagellaten concurrentie oplevert met die fytoplanktonsoorten waarmee kokkels zich willen voeden.

#### 4.2.4.2 Diatomeeën

De relatie tussen de groei en het gewicht van kokkels en de verhouding tussen kleine en grote diatomeeën is niet eenduidig. Wanneer het aandeel kleine diatomeeën toeneemt, neemt het gewicht van nuljarige en tweejarige kokkels af. De verhouding heeft geen effect op het gewicht van éénjarige kokkels. Een toename van de verhouding tussen kleine en grote diatomeeën in het eerste jaar van kokkels heeft echter een positief effect op de groei van nul naar éénjarige.

Kamermans (1992) heeft de maaginhoud van kokkels uit de Waddenzee geanalyseerd. De pelagische diatomeeën gevonden in de maaginhoud analyse zijn op dezelfde wijze ingedeeld naar grootte als de diatomeeën gemeten in de Oosterschelde (Wetsteyn, pers. med.). Uit de indeling blijkt dat kokkels zich met pelagische diatomeeën voeden die kleiner zijn dan 20 µm, zoals *Cyclotella*, *Melosira* en *Skeletonema costatum*. Er werden ook diatomeeën gevonden die groter zijn dan 20 µm, zoals *Coscinoidiscus*, *Ditylum brightwellii* en *Nitzschia*. De analyses zijn vooral uitgevoerd op éénjarige kokkels.

Een mogelijke verklaring van het gevonden effect van de verhouding van kleine en grote diatomeeën en het gewicht als nuljarige kan zijn dat de diatomeeën verhouding in het nulde jaar van kokkels geen direct effect op de gewicht hebben, maar dat de verhouding een parameter volgt die ook het moment van broedval bepaald. Een vroege broedval leidt immers tot een hogere gewicht van nuljarigen in december dan een lage broedval. Wanneer de onbekende parameter gelijktijdig een afname van de verhouding en een vroege broedval bewerkstelligt, kan dit de gevonden relatie verklaren. Het gegeven dat het mogelijk een indirect effect betreft kan ook de relatieve zwakte ( $p=0.034$ ) van het effect verklaren. Het effect dat de toename van het relatief aandeel kleine diatomeeën leidt tot een betere groei van nuljarige tot éénjarige kan er op duiden dat kokkels weliswaar de grotere en kleinere soorten diatomeeën eten, maar de groei beter wanneer het relatief aandeel van de kleinere soorten groter is. Tweejarigen tenslotte hebben een lagere gewicht als de verhouding kleiner wordt, wat betekent dat zij vooral profiteren wanneer het aandeel grotere

diatomeeën toeneemt. Dit kan ook weer op een indirect effect duiden, maar ook aangeven dat de grotere kokkels wel profiteren van grotere diatomeeën.

#### 4.2.4.3 Overige fytoplankton

Uit de analyses blijkt dat de verhouding tussen de overige fytoplankton deeltjes (niet-dinoflagellaten en niet-diatomeeën) een verklarende variabele is voor het gewicht van nuljarigen en tweejarigen. Naar mate de ratio groter wordt, en het aantal kleine deeltjes verhoudingsgewijs toeneemt, groeien de nuljarige en tweejarige kokkels beter. De toename aan kleine deeltjes wordt veroorzaakt door een toename in *Cryptophyceae* (mond. med. B. Wetsteyn), wat er op kan duiden dat kokkels zich wellicht graag met deze soort voeden. De maaginhoud analyse van Kamermans (1992) lieten zien dat er in een derde van de monsters *Cryptomonas* werd aangetroffen, welke in sommige gevallen meer dan 50% van de maaginhoud uitmaakte. Deze soort is bij de fytoplanktonmetingen ingedeeld bij de *Cryptophyceae* (Wetsteyn, pers. med.).

#### 4.2.5 *Oesters*

Van oesters is bekend dat zij in staat zijn met hun kieuwen bepaalde partikels te selecteren (Levinton et al., 2002). Oesters hebben een beperkte capaciteit om kleine partikels op te nemen. Bij een laag seston gehalte kunnen deeltjes tot 4 µm worden opgenomen, bij hoge seston gehalten ligt de drempel bij 12 µm (Barillé et al., 1993). In de experimenten van Dupuy et al (1999) werden ciliaten en flagellaten tussen de 4 en 72 µm door oesters opgenomen. De retentie van flagellaten groter dan 5 µm, dinoflagellaten, diatomeeën en cilicaten is voor oesters groter dan 80%, terwijl de retenties voor picofytoplankton en flagellaten kleiner dan 5 µm onder de 50% lag (Dupuy et al., 2000).

Oesters blijken op deeltjesgrootte te kunnen selecteren, en lijken een voorkeur te hebben voor het grotere fytoplankton. Toename van de oesterpopulatie zou door de toenemende graasdruk tot een afname van fytoplankton groter dan 20 µm kunnen leiden. Kokkels lijken het grotere fytoplankton wel aan te kunnen, maar vooral een voorkeur te hebben voor de kleinere diatomeeën en overige soorten (*Cryptophyceae*). Waarschijnlijk zullen beide soorten wel concurreren zodra het voedsel limiterend wordt, zoals het komgebied en de noordtak.

Samengevat wordt het gewicht van kokkels volgens de analyses in dit rapport in grote lijnen bepaald door de temperatuur van het water in de winter, het gewicht van de kokkel in het voorgaande jaar en de verhouding tussen de grootte van verschillende fytoplanktondeeltjes. Mogelijk hebben Japanse oesters een effect op de verhouding

tussen de grootte van de verschillende fytoplanktondeeltjes, en daarmee zowel direct via competitie als indirect via beïnvloeding van de grootte van de beschikbare deeltjes, een effect op het gewicht van kokkels.



## 5. Referenties

Barille L, Prou J, Heral M & Bougrier S, 1993. No influence on food quality, but ration-dependent retention efficiencies in the Japanese oyster *Crassostrea gigas*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 171: 91-106.

Been R, 2001. De filtercapaciteit van de Japanse oester : Het effect van de temperatuur op de filtercapaciteit en de invloed van de Japanse oester op mossellarven. Intern RIVO rapport nr 01.012.

Bougrier S, Geairon P, Deslous-Paoli JM, Bacher C & Jonquières G, 1995. Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas* (Thunberg). Aquaculture 134: 143-154.

Bult TP & Kesteloo JJ, 2002. Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2002. RIVO rapport C038/02.

Dame RF, Buschek D & Prins TC, 2001. Benthic suspension feeders as determinants of ecosystem structure and function in shallow coastal waters. Ecological Studies 151: 11-37.

Dupuy C., Le Gall S, Hartmann HJ & Breret M., 1999. Retention of ciliates and flagellates by the oyster *Crassostrea gigas* in French Atlantic coastal ponds: protests as a trophic link between bacterioplankton and benthic suspension-feeders. Marine Ecology Progress Series 177: 165-175.

Dupuy C, Vaquer A, Lam-Höai T, Rogier C, Mazouni N, Lautier J, Collos Y & Le Gall S, 2000. Feeding rate of the oyster *Crassostrea gigas* in a natural planktonic community of the Mediterranean Thau Lagoon. Marine Ecology Progress Series 205: 171-184.

Foster-Smith FL, 1975. The effect of concentration of suspension on the filtration rates and pseudofaecal production from *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma edule* (L.) and *Venerupis pullastra* (Montagu). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 17: 1-22.

Gerdes D, 1983. The Pacific oyster *Crassostrea gigas*. Part I. Feeding behaviour of larvae and adults. Aquaculture 31: 195-219.

Habraken N, 1999. Invloed van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) op het Oosterschelde systeem. Afstudeerscriptie. RIVO rapport 99.008.

Kamermans P, 1992. Growth limitation in intertidal bivalves of the Dutch Wadden Sea. Thesis Rijksuniversiteit Groningen.

Kamermans P, 1994. Similarity in food source and timing of feeding in deposit- and suspension-feeding bivalves. Marine Ecology Progress Series 104: 63-75.

Kater BJ, Baars JJMD & van Riet M, 2003a. Een reconstructie van oppervlakten van banken van Japanse oesters in de Oosterschelde in het verleden en een schatting van het huidig oppervlak. RIVO-rapport concept.

Kater B, Baars D & Perdon J, 2003b. Japanse oesters in het litorale gebied van de Oosterschelde. Rapport C003/03. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke

Kater B, Baars D, Perdon J & van Riet M., 2002c. Het inventariseren van sublitorale oesterbestanden in de Oosterschelde: mogelijkheden met side-scan sonar. Rapport C058/02. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.

Kater B & Kesteloo J, 2003. Mosselbestand in de Oosterschelde 1992-2002. Rapport C002/03. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.

Levinton JS, Ward JE & Shumway SE, 2002. Feeding responses of the bivalves *Crassostrea gigas* and *Mytilus trossulus* to chemical composition of fresh and alged kelp detritus. Marine Biology 141: 367-376.

Perdon KJ & Smaal AC, 2000. Het bestand aan Japanse oesters op de platen van de Oosterschelde. Rapport C030/00. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.

Prins TC, 1996. Bivalve grazing, nutrient cycling and phytoplankton dynamics in an estuarine ecosystem. Thesis Landbouwniversiteit Wageningen.

Prins TC, Smaal AC & Dame RF, 1998. A review of the feedbacks between bivalve grazing and ecosystem processes. Aquatic Ecology 31(4): 349-359.

Purchon RD, 1968. The biology of molluscs. Pergamonn Press. Oxford.

---

Ropert M & Gouletquer P, 2000. Comparative physiological energetics of two suspension feeders: polychaete annelid *Lanice conchilega* and pacific cupped oyster *Crassostrea gigas*. *AquaCulture* 181: 171-189.

RWS, 1991. Veilig getij. De effecten van de waterbouwkundige werken op het getijdemilieu van de Oosterschelde. Nota GWWS 91.088/AX 91.091. Dienst Getijdewateren/ Directie Zeeland, Middelburg.

Smaal AC, 1997. Food supply and demand of bivalve suspension feeders in a tidal system. Thesis Rijksuniversiteit Groningen.

Stralen van MR & Dijkema RD, 1994. Mussel culture in a changing environment: the effects of a coastal engineering project on mussel culture (*Mytilus edulis* L.) in the Oosterschelde estuary (SW Netherlands). *Hydrobiologia* 282/283: 359-379.

Systat, 1998. SYSTAT version 9.0. SPSS Inc.

Urrutia MB, Iglesias JIP & Navarro E, 1997. Feeding behaviour of *Cerastoderma edule* in a turbid environment: Physiological adaptations and derived benefit. *Hydrobiologia* 355: 173-180.

Walne PR, 1972. The influence of current speed, body size and water temperature on the filtration rate of five species of bivalves. *Journal of the Marine Biological Association UK*. 52: 345-374.

Wetsteyn LMPJ, Kromkamp J & Prins T, 2003. Verkenning raagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000. RIKZ rapport -concept.

Zurburg W, Smaal A, Heral M & Dankers N, 1994. Seston dynamics and bivalve feeding in the bay of Marennes-Olerons (France). *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28: 459-466.

## **6. Bijlage: het schatten van het sublitorale bestand Japanse oesters in de Oosterschelde.**

### **6.1 Inleiding**

#### *6.1.1 Side scan sonar*

Side scan sonar is een echosounding techniek. Met deze techniek kunnen gebieden met een grote oppervlakte gescand worden. Voordeel van de techniek is dat onder optimale condities een fotoachtig beeld van de bodem ontstaat. Nadeel is dat de kwaliteit van de data variabel is. Bij een overlapping van scans kan door beide scans een ander beeld gegeven worden. De resolutie van de systemen is afhankelijk van de sonar frequentie. De diepte die gescand moet worden is niet van invloed op de kwaliteit.

#### *6.1.2 Oesters en side scan sonar*

In maart 2002 is een deel van de Oosterschelde gescand met side scan sonar. Op een tiental plekken zijn de sonarbeelden geverifieerd door duikers (Kater et al., 2002). Uit het onderzoek bleek dat oesters goed van de andere structuren op de bodem te onderscheiden zijn, behalve van stenen. Bekend is echter dat in de Oosterschelde stenen zijn gekoloniseerd door oesters, met uitzondering van de kust langs Noord-Beveland.

## **6.2 Materialen en methoden**

### *6.2.1 Verwerking van de sonarbeelden*

De beelden zijn door NITG op CD aangeleverd als .dat files. Deze files konden door het systeem aan boord van het onderzoeksschip "Lodijcke" worden ingelezen. Per beeld is een screendump gemaakt, waarna met een fotobewerkingsprogramma deze screendumps tot een strook aan elkaar zijn geplakt. Aan de hand van het vaartraject van de Schollevaar, en de tijd op de stroken, kon de positie van iedere strook worden bepaald. Met behulp van de extensie World to File Creator is de strook op schaal in ArcView geplakt.

### *6.2.2 Sublitorale oesterbanken*

Op de sonarbeelden kunnen oesterbanken worden herkend. De contouren van zichtbare oesterbanken zijn als polygoon in ArcView ingetekend. Aan iedere polygoon is een locatie kenmerk (monding, middengebied, noordtak of kom) meegegeven. Met behulp van XTOOLS is de oppervlakte van iedere bank berekend, en het totaal ingetekende oppervlakte per deelgebied berekend. Het ingetekende oppervlak per deelgebied is op basis van het gescande deel van het deelgebied geëxtrapoleerd naar de gehele Oosterschelde.

## 6.3 Resultaten

### 6.3.1 Side scan sonar beelden

Alle side-scan sonar beelden zijn in GIS gebracht en de oesterbanken ingetekend. De banken zijn niet op locatie ingetekend, maar hebben wel meegekregen in welk deelgebied zij werden aangetroffen. Scans uitgevoerd boven litoraal gebied bij hoog water zijn niet meegenomen. Totaal is 131 km boven sublitoraal gebied gevaren met de side-scan sonar. Dit betekent dat een oppervlakte van 19.7 km<sup>2</sup> gescand is. In het gescande gebied werd totaal 73 hectare oesterbank ingetekend. Tabel 10 laat de oppervlakten oesterbank per deelgebied zien.

**Tabel 10:** Oppervlakte oesterbank per deelgebied.

deelgebied	oppervlakte oesterbank (ha)
Monding	13
Midden	28
noordtak	5
Kom	17

### 6.3.2 Diepste oesters

De vaarroute van het onderzoeksschip "Schollebaar", waarmee de side-scan sonar beelden zijn verzameld, is gedurende de vaart geregistreerd. Bij deze registratie wordt tevens de diepte geregistreerd. Door de dieptes aan het voorkomen van oesters te koppelen kan de diepste locaties met oesters worden gevonden. Deze bleek te liggen voor de Zandkreek, waar oesters werden gevonden op een waterdiepte van 45 meter onder de Schollebaar. Volgens de dieptekaart 2002 is de diepte op deze locatie -42 meter.

### 6.3.3 Extrapolatie naar de gehele Oosterschelde

Het totale oppervlakte van de Oosterschelde bedraagt 345 km<sup>2</sup> (data RIKZ). Hiervan wordt 118 km<sup>2</sup> gevormd door het intergetijdegebied, en 6 km<sup>2</sup> door schorgebied (Nienhuis & Smaal, 1994). Dit betekent dat de Oosterschelde 221 km<sup>2</sup> sublitoraal gebied heeft. Hiervan wordt 30 km<sup>2</sup> (Kater & Kesteloo, 2003) als mosselperceel gebruikt, en 2 km<sup>2</sup> als oesterperceel. Er wordt vanuit gegaan dat mosselpercelen vrij worden gehouden van oesters. Er is dus totaal 189 km<sup>2</sup> waar sublitorale oesters gevonden kunnen worden.

---

Zonder de scans boven intergetijdegebied is 125 km gescand, wat overeenkomt met een oppervlakte van 18.8 km<sup>2</sup>. Op deze oppervlakte is 73 hectare oesterbank aangetroffen. Er is dus per km<sup>2</sup> 3.86 hectare oesterbank aangetroffen.

De diepste oesters liggen dieper dan 45 meter, het diepste punt in de Oosterschelde is 55 meter. Correctie voor diepte waarop geen oesters zijn aangetroffen (45 meter – 55 meter) is niet zinvol omdat het oppervlakte in de genoemde diepterange relatief klein is.

Uitgaande van het sublitorale oppervlakte van 189 km<sup>2</sup> kan een sublitoraal oesterbestand van 718 hectare geschat worden. Tabel 11 geeft de geëxtrapoleerde oppervlakten per deelgebied weer.

**Tabel 11:** Geëxtrapoleerd totaal oppervlak per deelgebied

Deelgebied	Totaal oppervlak (ha)
Monding	127
Midden	278
Noordtak	46
Kom	267
Totaal	718

## 6.4 Referenties

Kater B, Baars D, Perdon J & van Riet M., 2002. Het inventariseren van sublitorale oesterbestanden in de Oosterschelde: mogelijkheden met side-scan sonar. Rapport C058/02. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.

Kater B & Kesteloo J, 2003. Mosselbestand in de Oosterschelde 1992-2002. Rapport C002/03. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), Yerseke.