

ONDERZOEK NAAR DE ROL VAN DE MOSSEL EN DE MOSSELCULTUUR IN DE WADDENZEE

TUSSENTIJD'S RAPPORT

N. Dankers

RIN-rapport 86/14

241090

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Texel

1986

R.I.N.-RAPPORT.T



## VOORWOORD

Bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer wordt onderzoek gedaan naar de mossel omdat dit dier een zeer belangrijke rol speelt in het ecosysteem van de Waddenzee. Daarnaast werd door de Directie Natuur, Milieu en Faunabeheer van het Ministerie van Landbouw en Visserij aan het RIN gevraagd te rapporteren over invloeden die de mosselcultuur heeft op het waddenecosysteem. Verwacht wordt dat tegen eind 1987 het door het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) te ontwikkelen mathematisch ecosysteemmodel van de westelijke Waddenzee zover gereed is, dat de door het RIN verzamelde gegevens over de mossel en de mosselcultuur er ingebracht kunnen worden. Dan zal voorspeld kunnen worden wat de gevolgen zijn van eventuele uitbreiding, inkrimping of vestiging van mosselcultuurpercelen.

Omdat op korte termijn door de Directie NMF en de Directie van de Visserijen beslissingen genomen moeten worden over eventuele uitbreiding van cultuurpercelen, wordt deze interimrapportage uitgebracht. De in de rapportage genoemde aantallen en hoeveelheden geven alleen een indicatie van de orde van grootte en moeten met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden. Desalniettemin hopen wij dat deze rapportage voldoende houvast biedt voor het nemen van verantwoorde beslissingen.

De Directie

Augustus 1986



## I. INLEIDING

Uit onderzoek van het Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) blijkt dat de mossel qua biomassa het belangrijkste organisme in de Waddenzee is (De Wilde en Beukema, 1984). Uit dat onderzoek blijkt dat in de bij laagwater droogvallende gebieden 23% van de biomassa van de bodemdieren uit mosselen bestaat en in het gebied beneden de laagwaterlijn zelfs 67%.

Deze situatie is ten dele toe te schrijven aan de mosselcultuur. In het begin van deze eeuw was er weliswaar mosselkweek, maar deze is later verdwenen. Sinds 1949, toen zeeuwse mosselkwekers door het optreden van de mosselparasiet Mytilicola intestinalis gedwongen waren hun kweekareaal uit te breiden, zijn in de westelijke en oostelijke Waddenzee mosselpercelen aangelegd. Tevens nam de vraag naar mosselen toe, en verdwenen door afsluiting van o.a. Veerse meer, Grevelingen en Volkerak percelen in het Deltabegied. De percelen liggen nu nog uitsluitend in de westelijke Waddenzee en beslaan nu een oppervlakte van ca. 60 km<sup>2</sup>, waarop ca. 80 mosselkwekers actief zijn. De jaarlijkse mosselproductie fluctueert sterk, onder andere onder invloed van klimaatsfactoren, en bedraagt 30-100 x 10<sup>6</sup> kg per jaar.

Naar aanleiding van de vraag of nieuwe mosselpercelen ook in het oostelijke deel van de Waddenzee konden worden aangelegd, werd het Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN) in 1984 door de toenmalige Consulente Natuurbehoud bij het Staatsbosbeheer in de provincie Groningen verzocht te rapporteren over de effecten van de mosselcultuur op het ecosysteem van de Waddenzee.

De planning is het onderzoek in 1987 af te sluiten met een rapportage, maar eind 1985 bleek dat beslissingen over uitbreidingen van de mosselcultuur in de loop van 1986 genomen zouden moeten worden. Daarom werd door het RIN een tussentijdsrapport met voorlopige conclusies toegezegd, zodat beleidsbeslissingen meer gefundeerd genomen zouden kunnen worden.

In deze tussentijdse rapportage wordt aan de hand van een voorlopige inhoudsopgave van het eindrapport (Bijlage 1) de huidige stand van zaken weergegeven.

Waar in deze rapportage sprake is van de westelijke Waddenzee, wordt het gebied ten westen van het wantij van Terschelling (met uitzondering

van het kombergingsgebied van het Eijerlandse Gat) bedoeld. De oostelijke Waddenzee ligt ten oosten van het Terschellinger wantij.

## 2. METHODEN VAN ONDERZOEK

### 2.1 Inventarisaties

#### 2.1.1 Verspreiding en dichtheden

##### 2.1.1.1 Droogvallende wilde banken

Op de meeste droogvallende banken in de westelijke Waddenzee is een aantal monsters genomen. Deze monsters zijn elk  $1/20 \text{ m}^2$  groot en zijn genomen op plekken die representatief leken voor de bank. Totaal zijn 92 monsters genomen. Voor het berekenen van het gemiddelde per  $\text{m}^2$  mosselbank moet ook nog het bedekkingspercentage bekend zijn. Van elk monster is de frequentieverdeling van de lengtes van de mosselen bepaald. Van een groot deel van de monsters is tevens het asvrij drooggewicht (AVD) bepaald en door meting en weging van individuele mosselen de relatie lengte/asvrijdrooggewicht. Alle banken zijn vanuit een vliegtuig vanaf een standaardhoogte van 200 meter gefotografeerd. Met behulp van de luchtfoto's kan het bedekkingspercentage en oppervlak van elke bank afzonderlijk geschat worden. Mogelijkheden voor het gebruik van andere remote sensing technieken zijn nog niet onderzocht.

##### 2.1.1.2 Sublittorale wilde banken

In 1985 zijn sublittorale banken met behulp van side-scan-sonar opgespoord. Deze techniek bleek goed te werken. Als bekend is waar de banken zich bevinden, kan door een gestratificeerde monsternamen de dichtheid van de banken bepaald worden. Deze bemonstering is nog niet uitgevoerd.

##### 2.1.1.3 Kweekpercelen

Op de kweekpercelen worden geen dichtheidschattingen gedaan. Voor het bepalen van de biomassa op deze percelen wordt gebruik gemaakt van de informatie die beschikbaar komt uit de door de kwekers ingevulde enqueteformulieren betreffende de zaadvisserij en informatie die via het mosselkantoor en de Opzieners van de Visserijen verkregen moet worden. Er wordt van uitgegaan dat alleen een zeer uitgebreide eigen inventarisatie de nauwkeurigheid van deze gegevens kan verbeteren.

### 2.1.2 Seizoenvariatiës

Op een aantal geselecteerde banken en percelen zijn regelmatig (in principe maandelijks) monsters genomen. Van deze monsters zijn de mosselen gemeten en is het totale asvrijdrooggewicht bepaald. Tevens is in een deel van het monster de relatie lengte/ asvrijdrooggewicht bepaald. De monsters op de banken waren steeds  $1/20 \text{ m}^2$  groot, maar op de percelen kan door het onbekend zijn van de vangefficiëntie van de kor het monsteroppervlak niet nauwkeurig bepaald worden.

### 2.2 Kwantificering van de invloed van de mossels op het ecosysteem

Op grond van de resultaten van de inventarisatie kan de dichtheid en populatiesamenstelling van de mosselen in de verschillende deelgebieden van de Waddenzee in de verschillende seizoenen bepaald worden. Op grond van literatuurgegevens en in het veld uit te voeren metingen kan bepaald worden hoeveel water deze mosselen doorpompen, wat ze er uitzeven en wat ze aan de watermassa afgeven. Deze informatie kan ingebouwd worden in het ecosysteemmodel dat door de werkgroep Ecologisch Onderzoek Noordzee en Waddenzee (EON) bij het NIOZ geformuleerd wordt. Met behulp van dit model kan dan bepaald worden wat de invloed is van mosselen op een aantal belangrijke ecosysteemparameters, terwijl tevens met de dichtheden van de mosselen in de verschillende compartimenten gemanipuleerd kan worden.

Er was op gerekend dat althans een deel van het transportmodel in 1986 bruikbaar zou zijn, maar dat is helaas nog niet het geval. Berekeningen met het model zullen niet voor eind 1987 uitgevoerd kunnen worden.

In deze interimrapportage zal daarom op grond van de geschatte dichtheden en frequentieverdelingen van lengteklassen berekend worden hoeveel water de mosselen per dag doorpompen. Deze berekening wordt gedaan voor elk kwartaal afzonderlijk. Vergelijking met productiesnelheid van phytoplankton, verversingstijd van het water etc. kan dan aanwijzingen geven of voor een bepaald gebied de draagkracht wellicht overschreden wordt.

### 3.1 Inventarisatie

Mosselbanken komen voor door de gehele westelijke waddenzee beneden het NAP niveau. Waarschijnlijk liggen de hoger gelegen gronden zo lang droog dat de mosselen daar te weinig voedsel krijgen. Droogvallende mosselbanken liggen over het algemeen langs geulen. De banken onder de laagwaterlijn bevinden zich ook langs geulranden, maar in jaren met goede zaadval kunnen ze ook op de bodem van diepe geulen met veel stroming voorkomen.

Naast mosselen komen op de banken nog een aantal andere organismen voor. Op mosselpercelen en banken onder de laagwaterlijn is nauwelijks onderzoek gedaan naar samenstelling van de fauna. Den Hertog (niet gepubl.) vond een vijftiental soorten grote bodemdieren op mosselpercelen langs de kust van Texel. Er waren geen zeldzame soorten bij. Dekker heeft een publicatie in voorbereiding waarin hij een aantal monsters beschrijft die op kweekpercelen en mosselbanken onder de laagwaterlijn genomen zijn.

Op droogvallende mosselbanken zijn enkele inventarisaties verricht. Zeldzame soorten zijn daar niet gevonden, maar soorten als zeepokken en zeeanemonen zijn gebonden aan hard substraat en komen dus vooral op mosselbanken voor.

#### 3.1.1 Biomassa en populatiesamenstelling

In deze interimrapportage zullen de biomassagegevens worden gebruikt die verzameld zijn door Beukema (1976) en Dekker (De Wilde en Beukema, 1984) (Tabel 1). Voor een meer nauwkeurige schatting moeten de gegevens die momenteel verzameld worden, nader uitgewerkt worden en tevens moet informatie over meerdere jaren gebruikt worden. Ook is het nodig de biomassa's voor elk seizoen afzonderlijk te berekenen.

Omdat kleine mosselen relatief veel meer water filtreren dan grote mosselen is de frequentieverdeling van de lengteklassen bepaald.



	biomassa g AVD/m <sup>2</sup>	oppervlak km <sup>2</sup>	totaal AVD ton	totaal vers ton
droogvallend	6,2	396	2455	49000
onder laagwaterlijn	8,3	989	8209	165000
mosselpercelen	262,4	60	15744	315000
		TOTAAL	26408	528160

Tabel 1. De totale hoeveelheid mosselen in de westelijke Waddenzee. Gewichten in tonnen van 1000 kg (naar De Wilde & Beukema, 1984). Het versgewicht is berekend ervan uitgaande dat het AVD 5% van het versgewicht (incl. schelpen) is.

### 3.1.1.1 Droogvallende wilde banken

Beukema (1976) vond een asvrij drooggewicht (AVD) van gemiddeld  $6,2 \text{ g/m}^2$ . Voor het kombergingsgebied van het Marsdiep en het Vlie samen ( $396 \text{ km}^2$ ) betekent dat dus 2455 ton AVD. Dit komt ongeveer overeen met 49000 ton (1000 kg) versgewicht. In figuur 1 wordt de frequentieverdeling van de lengteklassen gegeven. Deze figuur is gebaseerd op 92 monsters genomen op droogvallende banken in de periode tussen 1 februari en 10 mei 1984. Op grond van de gemeten relatie tussen lengte en AVD kan voor elke lengteklasse de totale biomassa berekend worden. Dat gebeurde met de formule  $\text{AVD} = 0,00003654 \times \text{lengte}^{2,4675}$ .

Het resultaat is weergegeven in figuur 2. Hierin staat dus de biomassa voor elke lengteklasse per  $\text{m}^2$  mosselbank. In de figuur is tevens de biomassa per  $\text{m}^2$  aangegeven, en de hoeveelheid water die deze mosselen per uur door kunnen pompen. Er is van uit te gaan dat in het eerste kwartaal door de lage temperatuur 1/3 van de maximaal mogelijke hoeveelheid doorgepompt wordt.

### 3.1.1.2 Sublitorale wilde banken

Dekker (pers.meded.) vond onder de laagwaterlijn in het gebied buiten de mosselpercelen (989 km<sup>2</sup>) gemiddeld 8,3 g AVD/m<sup>2</sup>. Dit komt neer op 8209 ton AVD of ca. 165000 ton vers gewicht.

Het gebied beneden de laagwaterlijn werd door ons nog niet bemonsterd, zodat een frequentieverdeling van lengteklassen niet gemaakt kan worden. Voor berekeningen in deze interimrapportage wordt uitgegaan van dezelfde populatieopbouw als de droogvallende banken.

### 3.1.1.3 Kweekpercelen

Dekker vond gemiddeld 262,4 g AVD/m<sup>2</sup> op de kweekpercelen (60 km<sup>2</sup>). Dit komt neer op 15744 ton AVD of ca. 315000 ton versgewicht. Hiervan bestaat ruwweg 100000 ton uit zaad, 100000 ton uit halfwas en 100000 ton uit

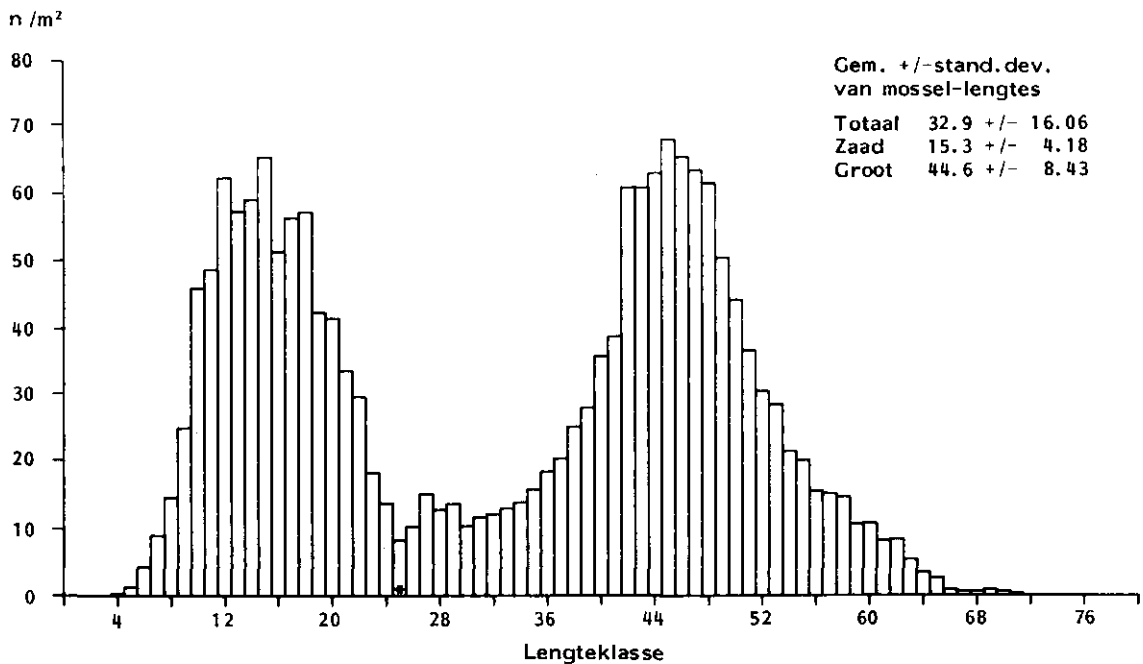


Fig. 1 Frequentieverdeling van de lengteklassen van mosselen op droogvallende banken in het voorjaar van 1984.

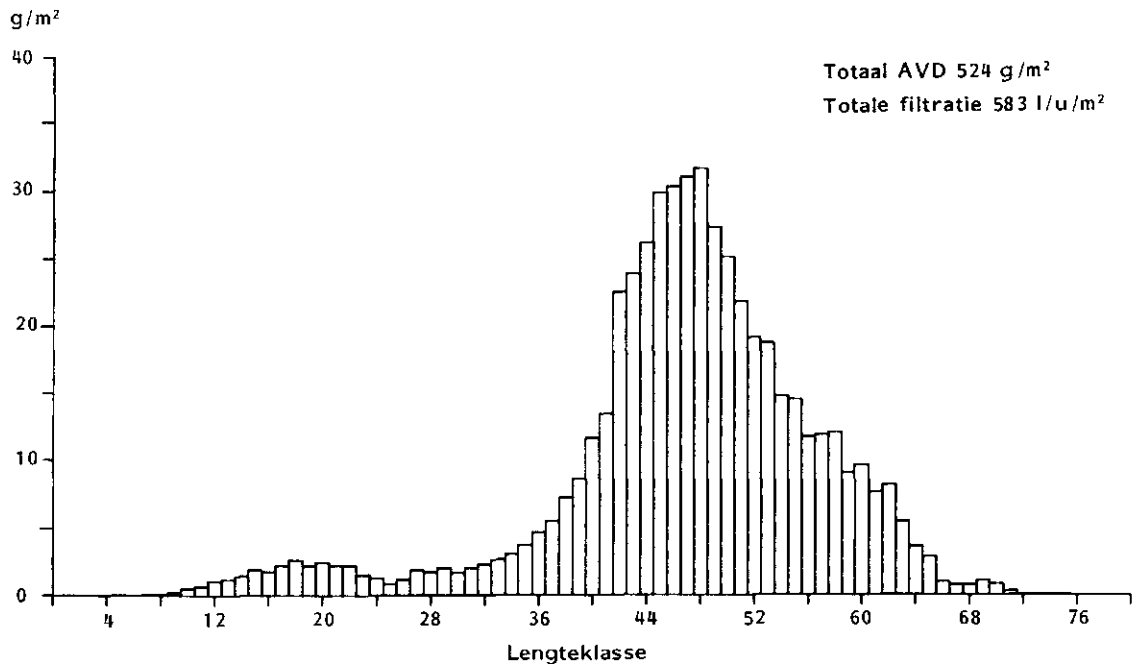


Fig. 2 Het gewicht van de verschillende lengteklassen gemiddeld per m<sup>2</sup> op een door mosselen bedekt gedeelte van een mosselbank in het voorjaar van 1984.

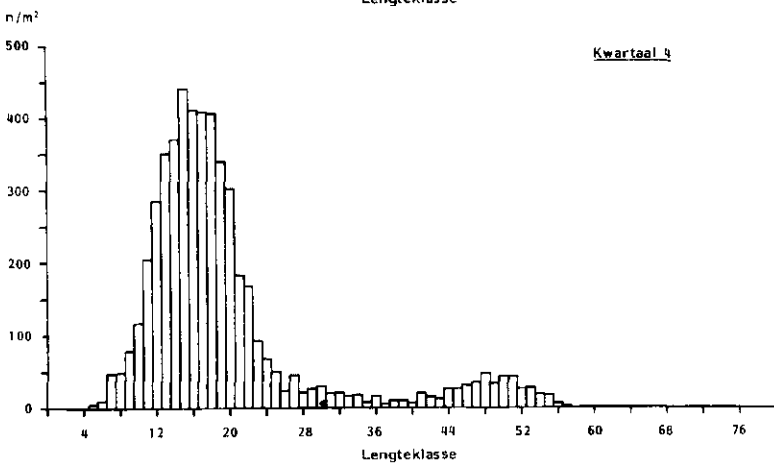
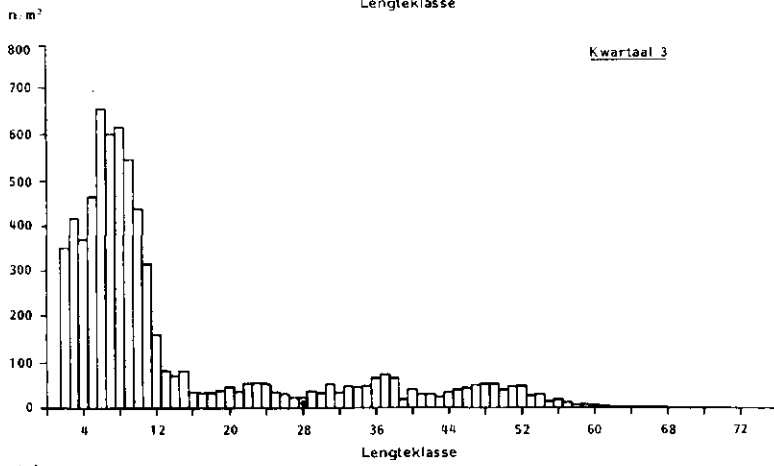
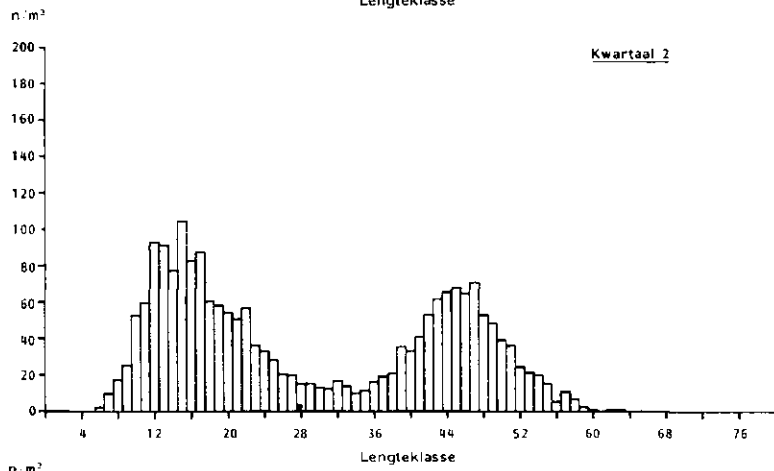
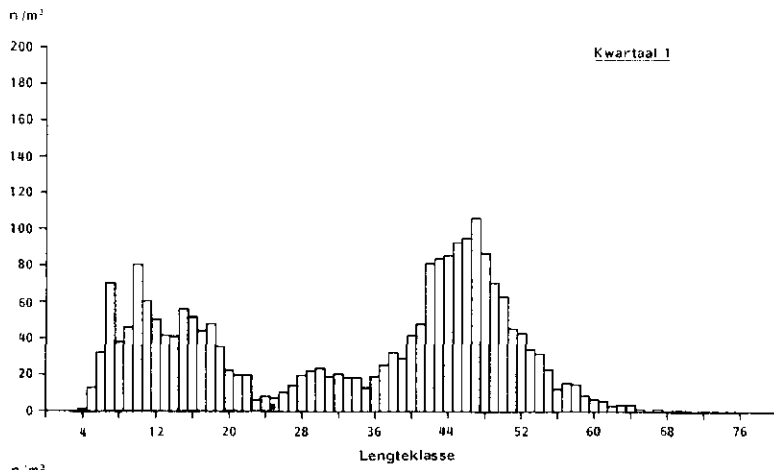


Fig. 3A Frequentieverdeling van de lengteklassen van mossen op een aantal droogvallende banken in de vier kwartalen van 1984 en 1985. De verticale schalen zijn verschillend.

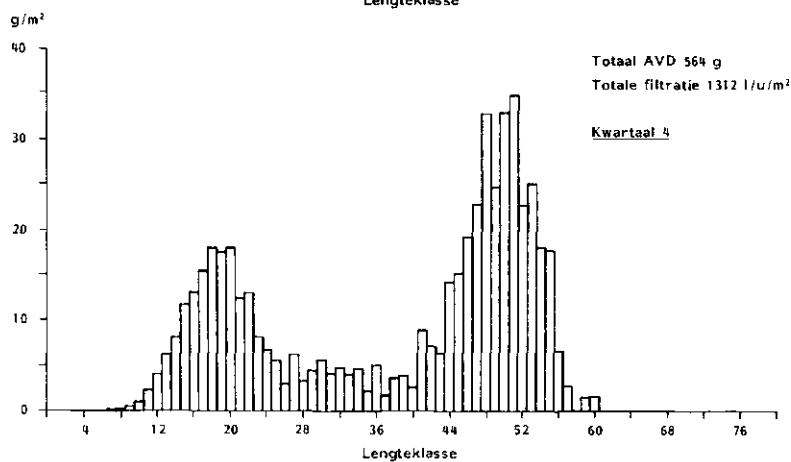
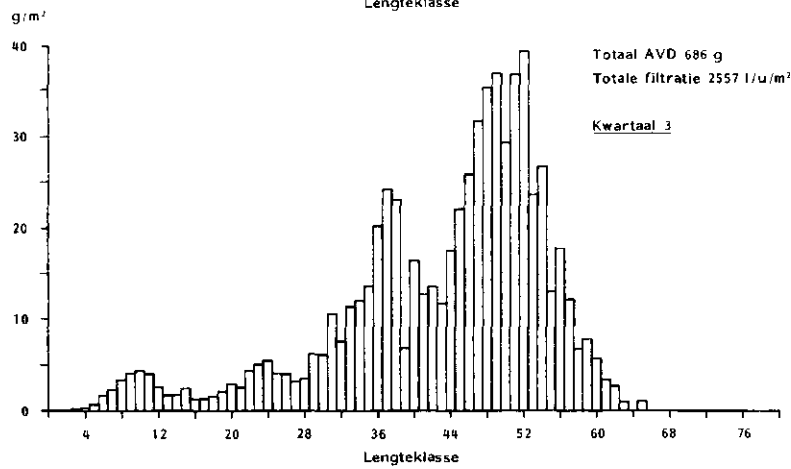
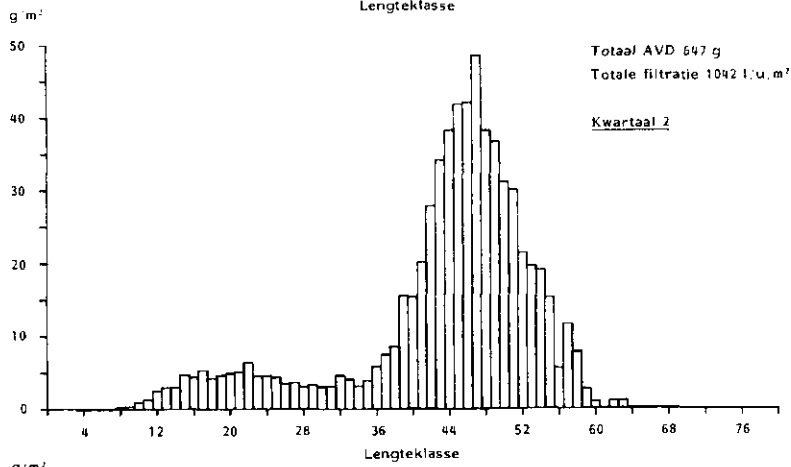
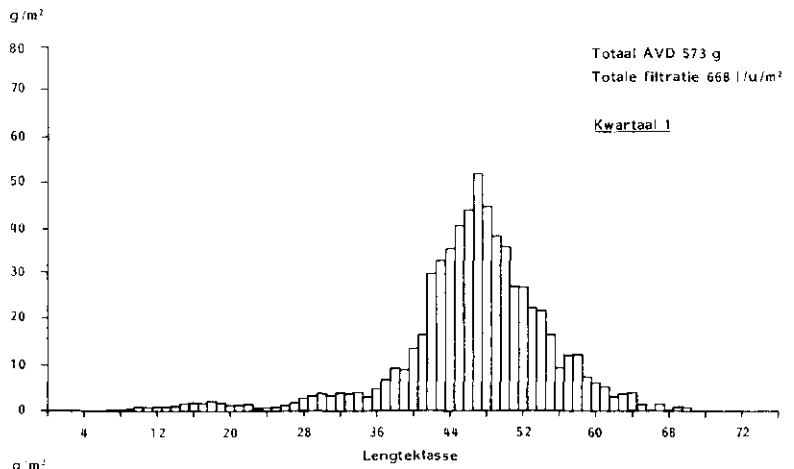


Fig. 3B Het asvrijdrooggewicht van de mosselen weergegeven in fig. 3A.

grote mosselen. De frequentieverdelingen onderscheiden per seizoen worden gegeven in hoofdstuk 3.1.2.2 .

### 3.1.2 Seizoenvariatiës

#### 1.1.2.1 Droogvallende wilde banken

De frequentieverdelingen van de mosselen op de droogvallende banken die regelmatig bemonsterd werden, zijn weergegeven in figuur 3 A. De bij elke lengteklasse behorende biomassa's staan in figuur 3 B. De frequentieverdelingen zijn voor elk kwartaal afzonderlijk weergegeven. Dat de populatie-opbouw per jaar erg kan verschillen, blijkt uit figuur 4 A waar de frequentieverdeling van de lengteklassen in januari 1986 is weergegeven. Door de goede zaadval van 1985 komen dan zeer grote aantallen kleine dieren voor.

#### 3.1.2.2 Kweekpercelen

De frequentieverdeling van de lengteklassen op de kweekpercelen is voor de tweede , derde en vierde kwartaal weergegeven in figuur 5 A. De bij elke lengteklasse behorende biomassa's staan in figuur 5 B. In de figuur zijn de zeer grote aantallen kleine mosseltjes uit de natuurlijke zaadval van 1985 weggelaten omdat ze een vertekend beeld geven van de normale situatie op kweekpercelen. Incidenteel komt er echter wel zaadval op percelen voor zodat hiermee bij de interpretatie van de resultaten wel rekening gehouden moet worden.

#### 3.1.2.3 Filtratie

De hoeveelheid gefiltreerd water per gram mossel (ventilatiesnelheid) is afhankelijk van de grootte van de mossel. Indien de temperatuur en de biomassa en de lengteverdeling van de mosselpopulatie bekend zijn, kan de door de mosselpopulatie gefiltreerde hoeveelheid water berekend worden. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in tabel 2. Bij het samenstellen van deze tabel is uitgegaan van de biomassa's uit tabel 1. Ongetwijfeld zijn de biomassa's van de drie onderscheiden populaties niet in elk kwartaal hetzelfde. Een nauwkeuriger biomassaschatting per kwartaal kan nu echter nog niet gemaakt worden. Voor elk kwartaal zijn de biomassa's gelijk gehouden, maar de per gram gefiltreerde hoeveelheid water werd voor elk kwartaal berekend door voor elke lengteklasse de hoeveelheid gefiltreerd water te berekenen. Met behulp van de in figuur 4

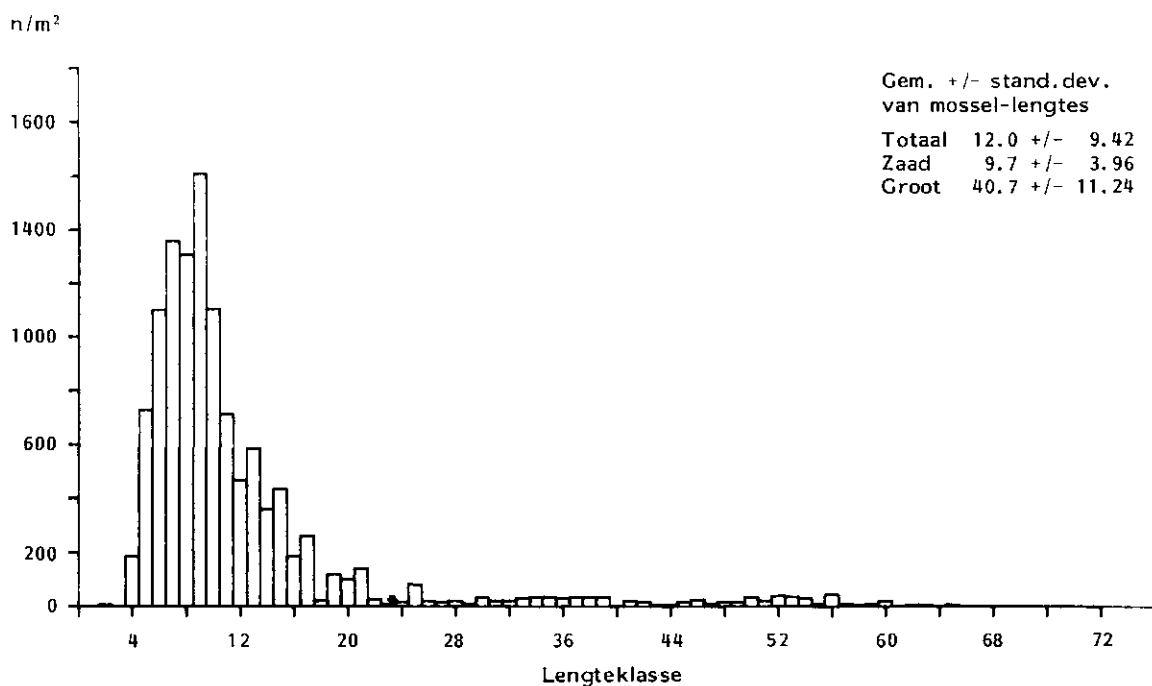


Fig. 4A Frequentieverdeling van de lengteklassen van mosselen op twee banken in het voorjaar van 1986.

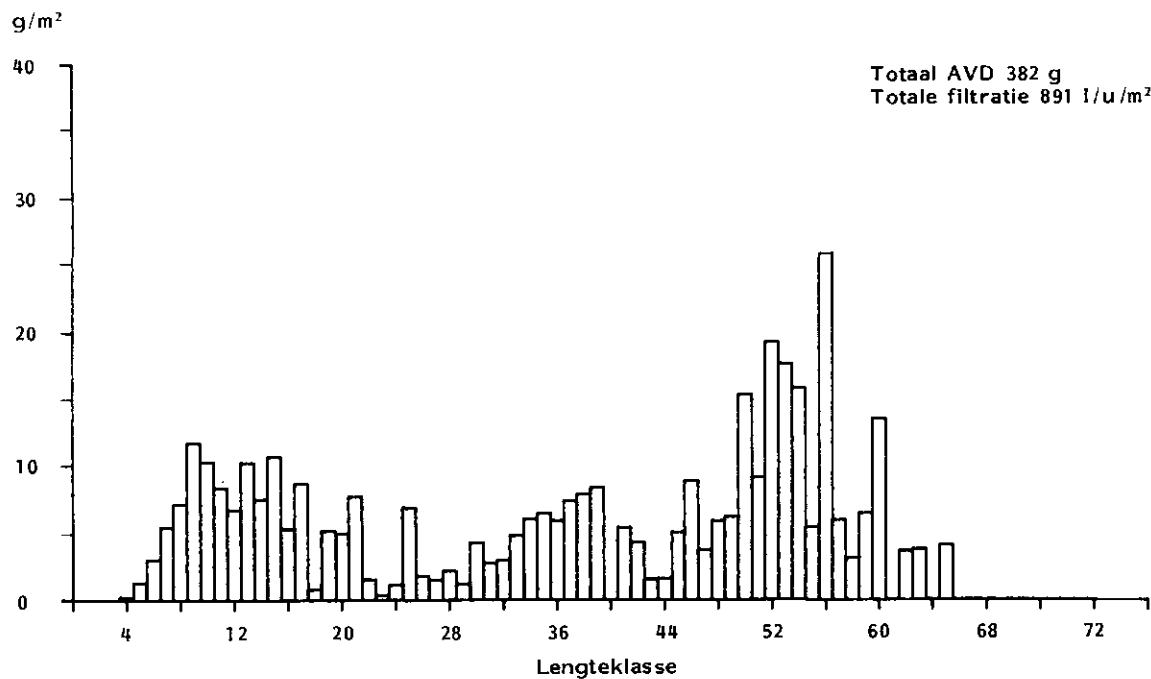


Fig. 4B Het gewicht van de mosselen weergegeven in Fig. 4A.

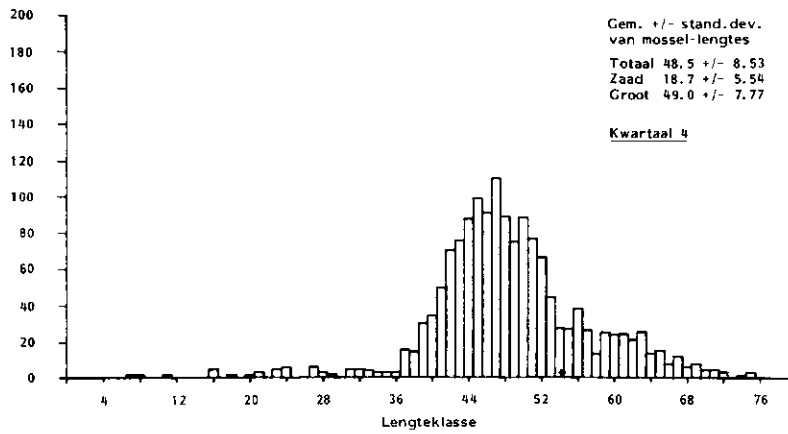
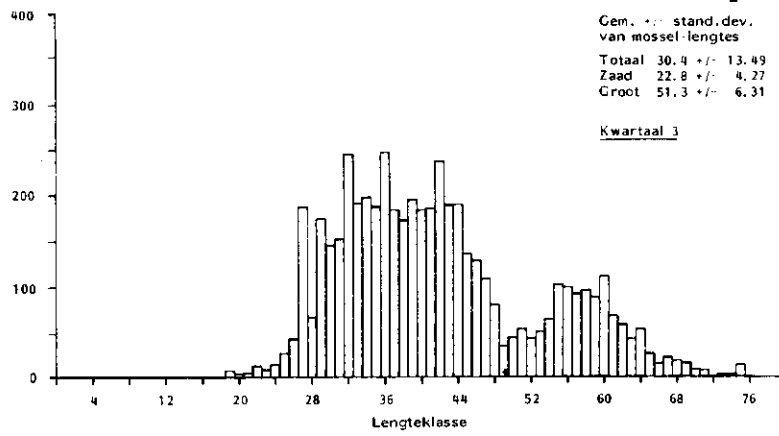
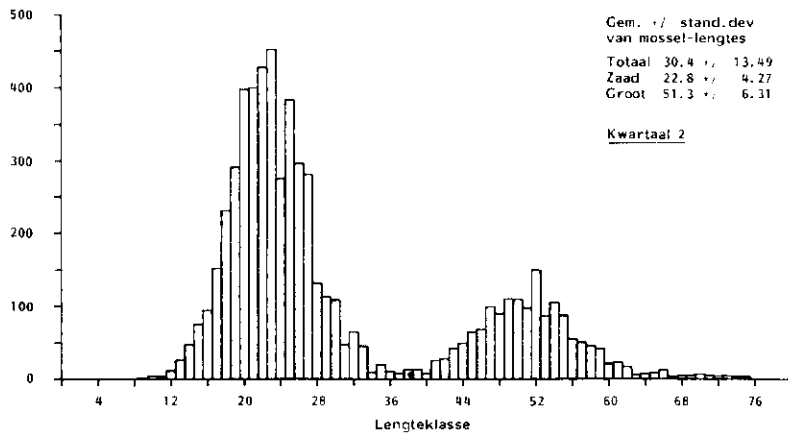


Fig. 5A Frequentieverdeling van de lengteklassen van mosselen op de kweekpercelen in de Waddenzee.



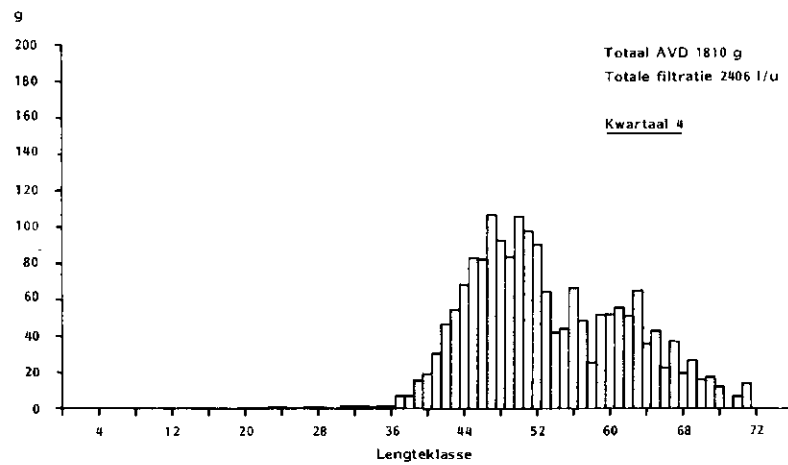
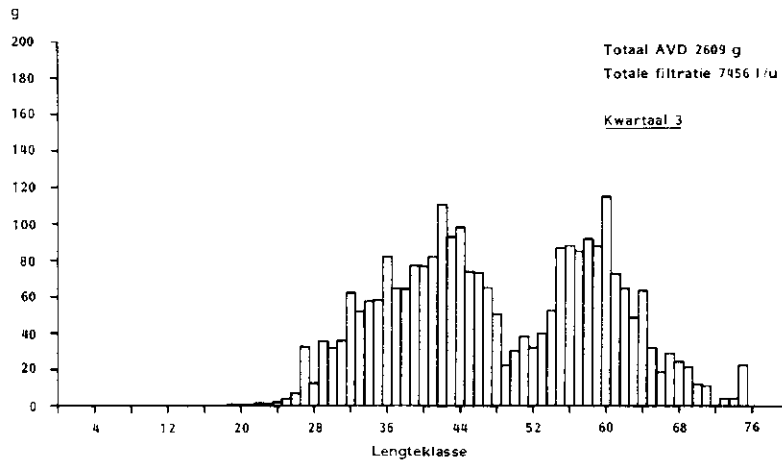
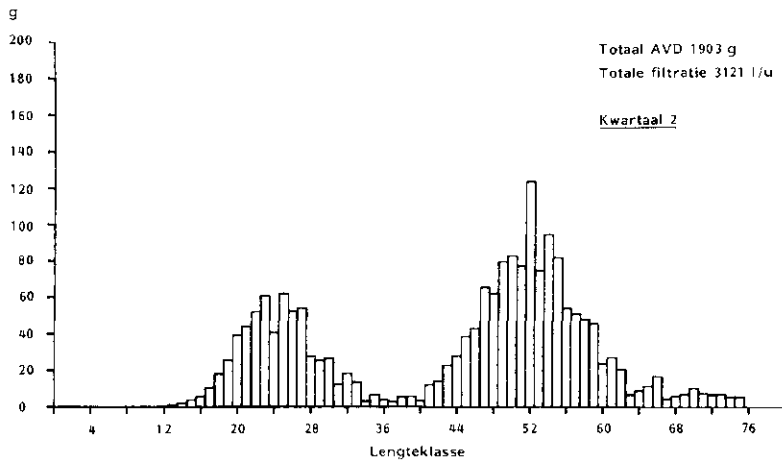


Fig. 5B Het gewicht van de mosselen weergegeven in fig. 5A.

B en 5 B gepresenteerde biomassaverdeling kan de door de in het histogram gepresenteerde mosselpopulatie gefiltreerde hoeveelheid berekend worden met de formule  $V = 2,21 \times g^{0,56}$  (Haas, pers. med.). Deze formule is geldig bij 15-20 °C. Volgens Bayne (1976 blz. 170,171) wordt bij 5 °C ongeveer 1/3 van de maximale hoeveelheid water gepompt en bij 10 °C ongeveer de helft. Smaal (pers. meded.) gaat uit van de halve snelheid bij een temperatuur van 2-8 °C. Bij de berekening in deze rapportage is ervan uit gegaan dat in het eerste kwartaal 1/3 van de maximale hoeveelheid doorgepompt wordt. In het tweede en vierde kwartaal kan bij een watertemperatuur van 15 à 20 °C maximaal gepompt worden.

Nu kan dus ook de hoeveelheid water die gemiddeld per gram mossel gefiltreerd wordt, berekend worden (Tabel 2, kolom 3). Voor de wilde mosselen onder de laagwaterlijn is dezelfde ventilatiesnelheid aangehouden als voor de droogvallende mosselen.

Voor de mosselen van kweekpercelen en voor de mosselen die onder de laagwaterlijn voorkomen is er van uitgegaan dat ze 24 uur per dag actief zijn, terwijl mosselen uit het intergetijdengebied gemiddeld 12 uur per dag pompen. De per dag door de gehele mosselpopulatie van de Westelijke Waddenzee doorgepompte hoeveelheid water staat in de 6e kolom van tabel 2.

	populatie	gewicht (ton)	ventilatie l/g/u	totaal l/u x 10 <sup>6</sup>	liter /dag x 10 <sup>6</sup>	totaal <sup>3</sup> m /dag x 10 <sup>9</sup>
1 <sup>e</sup> kwartaal	droog	2455	1,16	2856	34272	
	onder LW	8209	1,16	9550	229192	0,6
	perceel	15744	0,88	13907	333776	
2 <sup>e</sup> kwartaal	droog	2455	1,59	3904	46842	
	onder LW	8209	1,59	13053	313260	0,98
	perceel	15744	3,27	25741	617784	
3 <sup>e</sup> kwartaal	droog	2455	3,83	9403	112836	
	onder LW	8209	3,83	31440	754560	1,94
	perceel	15744	2,85	44870	1.076880	
4 <sup>e</sup> kwartaal	droog	2455	2,33	5708	68496	
	onder LW	8209	2,33	19086	458064	1,03
	perceel	15744	2,33	20861	500652	

Tabel 2. De door de mosselen in de westelijke Waddenzee dagelijks doorgepompte hoeveelheid water.

### 3.1.3 Resultaten van de inventarisatie van de opbrengsten van de zaadvisserij.

Tot nu toe werden slechts de door de kwekers in het voorjaar van 1984 ingevulde enquêteformulieren verwerkt. In figuur 6 staan de belangrijkste gebieden aangegeven waar zaad werd gevist. De opbrengsten voor elk van de in figuur 6 aangegeven gebieden staan in tabel 3. Ongeveer 10% van deze opbrengst slaat op halfwas.

Uit de enquêtegegevens van 1984 die een betrouwbaar beeld van de visserij geven, blijkt dat maar een klein gedeelte van de zaadvisserij plaatsvond op droogvallende banken. Voorlopige informatie van 1986 laat echter zien dat dit jaar relatief veel op droogvallende banken wordt gevist, vooral in het gebied ten zuiden van Ameland. Van de in 1984 totaal opgeviste hoeveelheid (137 miljoen kg) werd 95% (130 miljoen kg) op percelen in de Waddenzee uitgezaaid. De rest ging naar Zeeland.

Fig. 6 De belangrijkste visgebieden tijdens de zaadvissersrij van 1984. De per plaats geviste hoeveelheden zijn weergegeven in Tabel 3.



nr.	hoeveelh.	nr.	hoeveelh.	nr.	hoeveelh.
1	7227	12	8390	23	1043
2	2813	13	858	24	2706
3	1023	14	924	25	363
4	7250	15	363	26	221
5	31871	16	132	27	891
6	891	17	913	28	330
7	8316	18	1254	29	462
8	7161	19	1297	30	175
9	15617	20	957	31	1881
10	2211	21	2178	32	396
11	1122	22	215	33	4158
TOTAAL					115609

Tabel 3. De hoeveelheden opgevist zaad in het voorjaar van 1984. De nummers geven de plaats in figuur 6 weer, de hoeveelheden zijn weergegeven in tonnen (1000 kg). Van 20576 ton is geen exacte visplaats binnen de Westelijke Waddenzee bekend.

### 3.2 Invloed van de mosselpopulatie op het ecosysteem

In de uiteindelijke rapportage zal dit hoofdstuk onderverdeeld worden zoals aangegeven in de inhoudsopgave. In deze rapportage worden de secties van dit hoofdstuk samen behandeld.

Uit tabel 2 blijkt dat de door de mosselen verpompte hoeveelheid water in de zomer  $1,94 \times 10^9 \text{ m}^3$  per dag bedraagt. Bij laagwater bevindt zich in de westelijke Waddenzee gemiddeld  $3,5 \times 10^9 \text{ m}^3$  en bij hoogwater  $5,6 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Gemiddeld is dit dus  $4,5 \times 10^9 \text{ m}^3$ . Dit betekent dat het hele volume van de westelijke Waddenzee in 2-3 dagen de mosselkieuwen zou kunnen passeren. In werkelijkheid zullen echter bepaalde waterdeeltjes een aantal keren door een mossel doorgepompt worden en andere helemaal niet. Men kan er van uitgaan dat al het materiaal groter dan  $2 \text{ à } 8 \times 10^{-6} \text{ m}$  door de mosselen afgefiltreerd wordt, en voor een groot deel als pseudofaeces en in mindere mate faeces afgezet wordt.

Voor de Oosterschelde hebben Coosen en Smaal (1985) de rol van de mossel gekwantificeerd. Hun resultaten zijn omgerekend voor 1000 ton mosselen (AVD) en weergegeven in tabel 4 (kolom 2).

	Oosterschelde	Waddenzee	Waddenzee
biomassa	1000 ton AVD	1000 ton AVD	26402 ton AVD
1 seston filtratie	2244 ton/dag	4768 ton/dag	125875 ton/dag
2 POM filtratie	337 "	716 "	18902 "
3 pseudofaeces			
productie	1843 "	3916 "	103382 "
4 faeces productie	373 "	373 "	9848 "
5 consumptie POM	61 "	61 "	1610 "
6 assimilatie	34 "	34 "	898 "
7 respiratie	14 "	14 "	370 "
8 productie	20 "	20 "	528 "

Tabel 4. De invloed van de mosselpopulatie in de Westelijke Waddenzee. Voor uitleg zie tekst. POM is particulier organisch materiaal.

In de Oosterschelde is de gemiddelde concentratie van zwevende stof (seston) 20 mg/l waarvan ca. 3 mg/l bestaat uit organisch materiaal. In de westelijke Waddenzee is de gemiddelde sestonconcentratie 42,5 mg/l (De Wit e.a. 1982) In de winter is het hoger dan in de zomer. Voor organisch materiaal kan evenals in de Oosterschelde een gehalte van ca. 15% aangehouden worden. In de 3<sup>e</sup> kolom van tabel 4 is berekend wat 1,000 ton (AVD) mosselen in de Waddenzee zouden doen. De waarden voor filtratie van seston en particulier organisch materiaal, alsmede de waarde voor pseudofaecesproductie zijn omgerekend voor de in de Waddenzee ruim twee maal hogere sestonconcentraties. De overige waarden blijven hetzelfde omdat die in grote lijnen afhankelijk zijn van de hoeveelheid die een mossel maximaal kan consumeren. In de uiteindelijke rapportage zal worden nagegaan of deze aanname terecht is.

Enige opmerkingen moeten bij deze getallen gemaakt worden. Een productie van gemiddeld over het jaar 528 ton/dag bij een consumptie van 1610 ton/dag lijkt hoog, als uit gegaan wordt van een populatie waar ook adulten voorkomen. Als alle POM hoogwaardig voedsel zou zijn betekent dit een efficiëntie van 33%. Omdat een deel van het POM niet verteerbaar is, is de efficiëntie nog hoger. Ook de productie/ biomassa ratio in deze tabel is erg hoog. De productie is 192720 ton/jaar bij een biomassa van 26402 ton. De ratio is dus 7,3. Over het algemeen wordt een getal van 1 à 2 aangehouden. Nadere studie is noodzakelijk om deze waarden te verifiëren.

In het kader van de huidige studie is het interessant de hierboven berekende getallen te vergelijken met andere beschikbare informatie. In tabel 5 wordt de totale primaire produktie in de westelijke Waddenzee berekend. De produktiegegevens zijn overgenomen uit De Wilde en Beukema (1984). Uit het jaartotaal kan berekend worden dat gemiddeld per dag 3070 ton geproduceerd wordt. Volgens Cadée (1982) komt 40% hiervan vrij als opgelost materiaal zodat nog 1,842 ton overblijft als POM. Volgens tabel 4 is voor de consumptie van de mosselen al 1610 ton nodig. Onder consumptie wordt verstaan het gedeelte dat ook werkelijk door de mossel opgenomen wordt. De Wilde en Beukema (1984) komen tot de conclusie dat voedsel beperkend is voor de grote bodemdieren in de Waddenzee. Bij die berekening hebben zij nog geen rekening gehouden met het feit dat een groot gedeelte van de primaire produktie nagenoeg direct vastgelegd wordt in pseudofaeces.

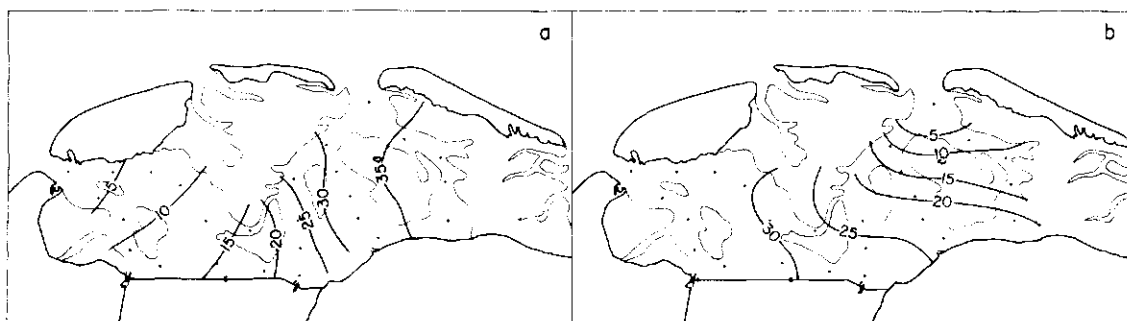


	prim prod g C/m <sup>2</sup> /jrg	prim prod org mat/m <sup>2</sup> /jr	oppervlak x 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	produktie ton/jaar
phytobenthos				
platen	159	400	396	158400
phytoplankton				
platen	20	50	396	19800
phytoplankton				
geulen	150	375	989	370875
invoer Noordzee	165	412	1385	571312
			TOTAAL	1.120387

Tabel 5. Beschikbare primaire productie in de westelijke Waddenzee.

Aan- of afvoer door kwelders kan worden verwaarloosd. De invoer uit de Noordzee is omrekenend naar de hoeveelheid per m<sup>2</sup> van de totale Waddenzee.

De doorpomptijd van het water (2 à 3 dagen) moet ook vergeleken worden met de verblijftijden van het water in het gebied. Immers, als voldoende vers en voedselrijk Noordzeewater aangevoerd zou worden, zou ook voldoende voedsel aanwezig kunnen zijn. Figuur 7 is overgenomen uit Zimmermann (1976) en daaruit blijkt dat de leeftijd van het Noordzeewater in het grootste deel van de Waddenzee veel hoger is dan de periode waarin de mosselen het water doorpompen. Alleen dicht bij de zeegaten zou voldoende vers zeewater aanwezig zijn. Recente gegevens van Ridderinkhof (pers. meded.) geven aan dat in de westelijke Waddenzee een resttransport optreedt van Vlie naar Marsdiep, zodat dicht bij het Vlie de condities voor groei beter zouden moeten zijn dan bij het Marsdiep. Vooral langs de westkant van de Vliestroom, waar een vloedoverschot bestaat, zou de voedselsituatie gunstig moeten zijn. Er zijn echter te weinig gegevens over productie van bodemdieren om na te gaan of deze theorie klopt.



Figuur 7. De "leeftijd" van Noordzeewater binnenkomend door Marsdiep (a) en Vlie (b) uitgedrukt in getijdeperioden (Zimmerman 1976).

Op grond van de hier gepresenteerde informatie kan de conclusie getrokken worden dat wellicht juist voldoende primaire productie aanwezig is om de grote bodemdieren in de westelijke Waddenzee van voedsel te voorzien, ware het niet dat het merendeel als pseudofaeces vastgelegd wordt voordat de mossel ervan kan profiteren, zodat de conclusie getrokken kan worden dat er te weinig voedsel beschikbaar is voor optimale groei. Ook praktijkervaringen wijzen in die richting. In 1985 kwamen o.a. ten gevolge van stormen en ijsgang in het voorjaar relatief weinig mosselen voor in de Waddenzee. In dat jaar was de groei van zowel grote mosselen als zaad echter zeer goed (De Beer, pers. meded.). Een leemte in de huidige kennis is in hoeverre pseudofaeces nog voedselwaarde hebben. In de pseudofaeces zullen ongetwijfeld grote aantallen bacteriën en een uitgebreide microfauna voorkomen, maar ook nog veel min of meer intacte algencellen. Uit observatie in het veld blijkt dat een zeer groot gedeelte van de pseudofaeces weer geresuspendeerd wordt en zodoende weer beschikbaar komt voor suspensie- en depositfeeders. Het is aannemelijk dat geresuspendeerde pseudofaeces enige malen door de mosselpopulatie worden opgenomen, maar harde gegevens daarvoor bestaan niet. Bodemdieren die wat verder van een mosselbank voorkomen zijn in elk geval in het nadeel omdat de mosselen op een mosselbank vooraan zitten indien resuspensie optreedt.

Een deel van de productie van de mosselen komt in het voorjaar en zomer vrij als geslachtsproducten. Een deel van de eieren en larven zal

geruime tijd in het water verblijven en zodoende een relevante bijdrage leveren aan de hoeveelheid organisch materiaal in de waterkolom. Een exacte berekening van de grootte van dit aanbod is nog niet gemaakt, maar grof geschat moet er in de loop van de voortplantingsperiode toch 5 à 10000 ton AVD aan geslachtsproducten geproduceerd worden. In hoeverre dit materiaal van belang is voor het zooplankton en voor de vispopulatie in de Waddenzee moet nog bestudeerd worden.

Door de uitscheiding van stofwisselingsproducten kunnen de mosselen het ecosysteem beïnvloeden. Door mosselen wordt in ieder geval ammonia geproduceerd dat direct ten goede kan komen aan de phytoplankton- en phytobenthosproductie. In hoeverre de primaire productie op en rond mosselbanken groter is dan elders in de Waddenzee is niet bekend. In hoeverre mosselbanken opgeloste organische koolstof produceren, wordt momenteel onderzocht.

#### 4. DE INVLOED VAN MOSSELCULTUUR OP HET ECOSYSTEEM

Door de mosselcultuur wordt een van nature aanwezig element in het Waddenzeecosysteem door menselijk ingrijpen sterk uitgebreid. Op de percelen ligt ongeveer 2/3 van de mosselen in de westelijke Waddenzee. In hoeverre door de extra hoeveelheid larven die op de percelen geproduceerd worden het aantal "wilde" banken toeneemt is niet bekend, omdat veel meer factoren dan alleen het larvenaanbod bepalen of mosselbanken gevormd worden en overleven. Het is echter niet aannemelijk dat deze factor van groot belang is, gezien de toch al zeer grote larvenproductie door mossels. Wellicht is het aantal mosselen in het sublitoraal buiten de percelen wel afhankelijk van de aan- of afwezigheid van mosselpercelen. Voorstelbaar is dat delen van de perceelpopulaties wegspoelen en elders meer of minder tijdelijk terechtkomen.

##### 4.1 Zaadvisserij

###### 4.1.1 Effecten op banken

In mei en juni vindt op grote schaal zaadvisserij plaats. Ook in het najaar wordt meestal nog enkele dagen gevist. In eerste instantie worden banken onder de laagwaterlijn bevestigd, hoewel de kwekers het zaad van droogvallende banken meer waarderen omdat het sterker is. Droogvallend zaad is over het algemeen wel kleiner dan zaad van diepere delen.

Over de effecten op banken onder de laagwaterlijn is weinig te zeggen. De banken verdwijnen grotendeels, maar het is niet zeker dat ze zonder zaadvisserij wel zouden blijven bestaan. Er zijn geen aanwijzingen dat in het verleden (voor 1950 toen cultuur in de Waddenzee begon) uitgestrekte en goed ontwikkelde mosselbanken voorkwamen in het gebied onder de laagwaterlijn.

Op droogvallende banken zijn de effecten van de zaadvisserij wel duidelijk zichtbaar. Banken verdwijnen grotendeels of worden zodanig aangetast dat ze minder weerstand hebben tegen ijs en storm. Momenteel wordt onderzoek uitgevoerd naar het effect van het wegvissen van een mosselbank op de vogels die daar normaal fourageren. Uitgewerkte resultaten zijn niet voor 1987 beschikbaar, maar het lijkt erop dat voor de vogels op korte termijn geen duidelijk negatieve effecten optreden. Meestal is voor broedende dieren en hun jongen voldoende voedsel aanwezig, maar in jaren met slechte zaadval zijn wel eens zoveel mosselbanken weggevist dat dit een effect had op het broedsucces van de Eidereenden (Swennen, pers. meded.).

#### 4.2 Uitzaaïen op percelen

Bij het vissen van zaad en halfwas, het transport en het uitzaaïen op percelen van mosselen treedt een aanzienlijke sterfte op. Hoe groot deze sterfte precies is, is niet onderzocht. Afvaleters zoals paling en krabben maar ook zeesterren worden aangetrokken.

#### 4.3 Groei op percelen

Tijdens de groei van een mosselpopulatie op een kweekperceel ontstaat een biotoop met een "harde" ondergrond dat eerder op die plaats niet voorkwam. Een aantal soorten organismen vindt hier geschikte levensomstandigheden en zal zich vestigen. Hierbij zijn geen soorten die van nature niet in de Waddenzee voorkwamen, maar de mosselcultuur heeft wel een positieve invloed op de aantallen. De meest in het oog springende soorten zijn: zeester, verschillende soorten zeepokken, zeeanemonen, strandkrab, paling, puitaal en eidereend. De eidereend nam reeds sterk toe vóór de komst van de mosselcultuur en de mosselcultuur kan ook niet gezien worden als oorzaak van het toenemen van Eidereenden (Swennen 1982). Wel worden Eidereenden aangetrokken tot mosselbanken waar ze behalve mosselen ook grote aantallen zeesterren en krabben eten (Swennen, pers. meded.). In hoeverre dat een uitstralingseffect heeft naar de

wijdere omgeving is niet duidelijk omdat de meeste organismen zich niet van de bank verwijderen. Reise (1982) beschrijft veranderingen in de fauna in de Duitse Waddenzee over de laatste 100 jaar. Ook daar is sprake van mosselcultuur. Van de 30 soorten die over die periode in aantallen toenamen, komen er 15 vooral voor op mosselbanken. Negen daarvan zijn polychaeten.

Tijdens de groei op de percelen verandert de bodemsamenstelling, omdat een deel van de pseudofaeces achter blijft onder de mossel. Een onderzoek naar de samenstelling van het sediment van het begin en het einde van het mosselseizoen loopt nog. Een voorlopige bestudering van de resultaten laat zien dat onder de mosselen op het perceel de sliblaag dikker wordt. De zandige platen buiten de percelen lijken niet slikkiger te worden. In de richting van vloed- en ebstroom is in de geul echter wel een duidelijk effect op de sedimentsamenstelling meetbaar. Rondom droogvallende mosselbanken wordt het wad wel duidelijk veel slikkiger, vooral als veel zaadmosselen aanwezig zijn.

Zoals eerder duidelijk is geworden, hebben mosselen een groot effect op de samenstelling van het water. Slib en phytoplankton worden uit het water verwijderd en pseudofaeces en uitscheidingsprodukten worden afgegeven. Er zijn aanwijzingen dat het chlorophylgehalte in de buurt van mosselpercelen relatief laag is (Cadée, pers.meded.). De grootte van het effect op de nutriëntenhuishouding is nog niet bekend, maar het moet relatief groot zijn. Voorlopige resultaten wijzen op een zuurstofverbruik van ruim 1 gram per m<sup>2</sup> mosselbank per uur. Dat wil zeggen dat zeer veel organisch materiaal wordt afgebroken waarbij nutriënten vrijkomen. Wellicht wordt in het gebied waar mosselen voorkomen (banken + percelen) evenveel organisch materiaal afgebroken als in de rest van de westelijke Waddenzee. Pas na het afronden van berekeningen met behulp van het model van de EON kan hierover meer gezegd worden. De condities voor phytoplankton- en phytobenthosproductie moeten dus beter worden door het helderder worden van het water en de beschikbaarheid van nutriënten en indien voldoende biomassa aan phytoplankton aanwezig is zal de primaire productie op en rond mosselbanken toenemen. Op en rond een aantal percelen langs de oostkust van Texel is een onderzoek gedaan naar het voorkomen van grote bodemdieren (Den Hertog, intern RIN-rapport). De aantallen en biomassa's buiten de kweekpercelen waren extreem laag. Het is niet duidelijk of dit een gevolg is van de kweekpercelen in dat gebied of dat andere factoren hiervoor verantwoordelijk zijn. Uit onderzoek van

Dekker en Ente (in voorb.) blijkt dat het gehele gebied langs de Noordzijde van Texelstroom zeer arm is en gekenmerkt wordt door een bijzondere bodemsamenstelling.

Er is nog geen duidelijk inzicht in de slibbalans van de Waddenzee zodat geen antwoord gegeven kan worden op de vraag of door de mosselcultuur de Waddenzee troebeler of helderder wordt. Met elke vloed wordt slib naar binnen getransporteerd. Het meeste daarvan zou met de volgende eb weer naar buiten gaan, maar een deel wordt nu vastgehouden door de mosselen. Er komt dus meer slib in de Waddenzee maar het ligt opgeslagen tussen de mosselen. Na het leegvissen van de percelen worden deze schoongemaakt door het slib op te wervelen. Dit slib zal dan door de Waddenzee verspreid worden, net als slib dat in het najaar door stormen wordt opgewerveld. Hiervan zal een deel bezinken op rustige plaatsen zoals landaanwinningswerken en kwelders. Een aanzienlijk deel zal met de na de storm optredende sterke ebstroom naar de Noordzee afgevoerd worden. Onderzoek naar een goede slibbalans zou een hoge prioriteit moeten hebben.

#### 4.4 Leegvissen van percelen

Tijdens het leegvissen van percelen treedt troebeling van het water op. Dit heeft een aantal ecologische effecten die als negatief beoordeelt moeten worden. Over de effecten van het opwoelen van sediment bestaat een uitgebreide literatuur (Anonymus, 1981; Van de Veer et al, 1985; Dankers, 1979). Indien de omvang van deze effecten mag worden vergeleken met die van de zandwinning in de Waddenzee, dan kan het effect van leegvissen van percelen als verwaarloosbaar worden beschouwd (Anonymus, 1981).

#### 4.5 Effecten op zeehonden

Indien zeehondenligplaatsen zich bevinden langs een geul die van percelen naar een hoofdvaarwater loopt zullen ze regelmatig verstoord kunnen worden. Ook maakt aanleg van percelen op en bij zeehondenligplaatsen deze gebieden voor de zeehonden onbruikbaar.

Indien de geul naar een mosselperceel slikkiger wordt, zullen de zeehonden uit die geul verdwijnen. Deze situatie heeft zich voorgedaan in de Oude Zuid Meep, maar het is niet duidelijk of het slikkiger worden van de geul te wijten is aan de mosselpercelen die daar aangelegd zijn, of dat het nog een aanpassing is aan het afsluiten van de Zuiderzee waardoor

het stroomgebied van het Marsdiep zich uitbreidt, en het stroomgebied van het Vlie kleiner wordt.

#### 5. MOGELIJKHEDEN VOOR OPBRENGSTVERHOOGING BIJ BESTAANDE PERCEELGROOTTEN

Op dit moment kan niet gezegd worden of op de bestaande percelen meer mosselen gekweekt kunnen worden, maar de mogelijkheden lijken niet groot.

Onderzoek dat leidt tot verbetering van kweekmethoden zou ook eerder door het RIVO dan door het RIN uitgevoerd dienen te worden.

Uit eerder RIVO-onderzoek is duidelijk geworden dat grote sterfte optreedt tussen het moment van opvissen en verkoop in Yerseke. Een vermindering van dat verlies zou tot meer opbrengst van de huidige percelen kunnen leiden.

Gezien het slechte resultaat als men de gebruikte hoeveelheid zaad en de opbrengst aan consumptiemosselen van een perceel vergelijkt, lijkt het mogelijk om door andere bedrijfsvoering de hoeveelheid op te vissen zaad te verminderen en toch een goede opbrengst aan consumptiemosselen te verkrijgen. In hoeverre dit bedrijfseconomisch en technisch haalbaar is, zou nader onderzocht dienen te worden.

#### 6. CONCLUSIES EN DISCUSSIE

In de westelijke Waddenzee vindt op grote schaal mosselcultuur plaats. Delen met een diepte van meer dan 1 m bij laagwater zijn in principe geschikt voor de cultuur van mosselen, maar in de praktijk blijken de meeste plaatsen niet geschikt. De Directie der Visserijen beschikt over kaarten waarop geschikte gebieden zijn aangegeven.

Op grond van de resultaten die gepresenteerd zijn in deze rapportage lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat in de westelijke Waddenzee niet voldoende voedsel aanwezig is om de mosselcultuur nog veel verder uit te breiden. Ook de Wilde en Beukema (1984) komen tot de conclusie dat voedsel momenteel beperkend is voor de groei van bodemorganismen. Uitbreiding met meer percelen zal de groei op de andere percelen waarschijnlijk verminderen. Daarom zullen ook niet alle in principe bruikbare gronden door mosselcultuur in gebruik kunnen worden genomen.

Er zijn door het onderzoek tot dusver nauwelijks directe ecologische

effecten van het aanleggen en voorkomen van percelen aangetoond, afgezien van de aanwezigheid van de mossel zelf. Indien de mosselen zoveel voedsel gebruiken dat het voedsel beperkend wordt voor de groei van andere organismen zal de groei van die organismen afnemen. Slechts grootschalige meetcampagnes kunnen aantonen of dit het geval is.

In een zo natuurlijk mogelijke Waddenzee (uitgangspunt Beheersvisie Waddenzee) zou geen mosselcultuur dienen voor te komen. Het beperken van deze cultuur tot een bepaald kombergingsgebied betekent dat daar een onnatuurlijke situatie wordt geschapen, maar daar staat tegenover dat andere kombergingsgebieden in hun natuurlijke staat blijven. Spreiding van het huidige cultuurareaal betekent dat overal effecten optreden, maar deze zijn per gebied minder ingrijpend dan bij concentratie in een bepaald gebied, tenzij overal naar een maximale productie wordt gestreefd. Indien het beleidsuitgangspunt zou zijn een zo groot mogelijke productie te verwezenlijken is spreiding beter omdat dan minder snel voedsellimitatie optreedt.

Het door zaadvijverij aantasten van droogvallende natuurlijke mosselbanken in het Staatsnatuurreservaat Waddenzee staat op gespannen voet met de geest van de Natuurbeschermingswet. Hetzelfde geldt natuurlijk ook voor de wilde banken onder de laagwaterlijn, maar men zou kunnen aanvoeren dat die verliezen meer dan gecompenseerd worden door de aanleg van kweekpercelen onder de laagwaterlijn. Indien de droogvallende banken niet bevist zouden worden, ontstaan meer oude mosselbanken met daaromheen slikkige gebieden. Ook deze banken zullen periodiek verdwijnen door stormen en ijsgang. Het extra oppervlak is moeilijk te schatten, maar voor de gehele Waddenzee zal het niet meer dan enkele honderden hectaren zijn. Wilde mosselbanken dicht bij de kust zijn belangrijk voor Scholeksters. Er blijkt een duidelijk verband te bestaan tussen het oppervlak aan mosselbanken bij west Ameland en het aantal Scholeksters aldaar (Kersten, in voorb.). Deze mosselbanken zijn ook belangrijk voor op de eilanden broedende Eidereenden.



## 7. LITERATUUR

- Anon., 1981. Zandwinning in de Waddenzee. Resultaten van een hydrographisch-sedimentologisch en biologisch-ecologisch onderzoek. Rijkswaterstaat dir. Friesland 40 pp.
- Bayne, B.L., 1976. Marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press. Cambridge 506 pp.
- Beukema, J.J., 1976. Biomas and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 10: 236-261.
- Cadée, G.C., 1982. Tidal and seasonal variation in particulate and dissolved organic carbon in the western Dutch Wadden Sea and Marsdiep tidal inlet. Neth. J. Sea Res. 15: 228-249.
- Coosen, J. & A. Schoenmaker, 1985. Biomassaberekeningen van het mosselbestand in de Oosterschelde. Balans rapport augustus 1985. Deltadienst Middelburg.
- Dankers, N., 1978. De ecologische gevolgen van havenaanleg op het Balgzand. In: Een haven op het Balgzand? Ned. Econ. Inst. Rotterdam, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Arnhem.
- Reise, K., 1982. Long term changes in the macrobenthic invertebrate fauna of the Wadden Sea: are polychlorinates about to take over? Neth. J. Sea Res. 16: 29-36.
- Swennen, C., 1981. De vogels langs onze kust. In: W.J. Wolff (e.a.). Wadden Duinen Delta, Pudoc Wageningen. 78-100.
- Veer, H.W. van der, M.J.N. Bergman & J.J. Beukema, 1985. Dredging activities in the Dutch Wadden Sea: Effects on macrobenthic in fauna. Neth. J. Sea Res. 19: 183-190.

Wilde, P.A.W.J. de & J.J. Beukema 1984. The role of zoobenthos in the consumption of organic matter in the Dutch Wadden Sea. Neth. Inst. for Sea Res.-Publ. ser. 10: 145-158.

Zimmerman, J.T.F., 1976. Mixing and flushing of tidal embayments in the western Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 10: 149-191.

Bijlage 1

Voorlopige inhoudsopgave "De rol van de mossel in de Waddenzee"

1. Inleiding
2. Methoden van onderzoek
  - 2.1 Inventarisaties
    - 2.1.1 Verspreiding en dichtheden
      - 2.1.1.1 Droogvallende wilde banken
      - 2.1.1.2 Sublittorale wilde banken
      - 2.1.1.3 Kweekpercelen
    - 2.1.2 Seizoenvarisaties
  - 2.2 Kwantificering van de invloed van mosselen op het ecosysteem
3. Resultaten
  - 3.1 Inventarisaties
    - 3.1.1 Biomassa en populatiesamenstelling
      - 3.1.1.1 Droogvallende wilde banken
      - 3.1.1.2 Sublittorale wilde banken
      - 3.1.1.3 Kweekpercelen
    - 3.1.2 Seizoenvariaties
      - 3.1.2.1 Droogvallende wilde banken
      - 3.1.2.2 Kweekpercelen
      - 3.1.2.3 Filtratie
    - 3.1.3 Resultaten van de inventarisatie van de opbrengsten van de zaadvisserij
  - 3.2 Invloed van mosselpopulatie op het ecosysteem
    - 3.2.1 Filtratie van water
    - 3.2.2 Consumptie van phytoplanton
    - 3.2.3 Consumptie van phytoplanton
    - 3.2.4 Productie van pseudofaeces
    - 3.2.5 Productie van vlees
    - 3.2.6 Productie van eieren en larven
    - 3.2.7 Excretie

4. Invloeden van mosselcultuur op het ecosysteem
  - 4.1 Zaadvisserij
    - 4.1.1 Effect op banken
    - 4.1.2 Effect op vogels
  - 4.2 Storten op percelen
  - 4.3 Groei op percelen
    - 4.3.1 Aantrekken van andere soorten
    - 4.3.2 Veranderingen in sedimentsamenstelling
    - 4.3.3 Veranderingen in water
  - 4.4 Opvissen van percelen
  - 4.5 Effecten op zeehonden
5. Mogelijkheden voor opbrengstverhoging bij bestaande perceelgroottes
6. Conclusies en discussie
7. Literatuur