

# Effect van vooroever- suppletie met zeegrind op groei en ontwikkeling van mosselen in Oosterschelde

J.W.M. Wijsman, E. Brummelhuis

Rapport C063/15



## IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever:

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving  
Postbus 17  
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum:

16 april 2015

**IMARES is:**

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

Aanbevolen format ten behoeve van citaties: Wijsman, J.W.M.; Brummelhuis, E. (2015) Effecten van vooroeversuppletie Zierikzee en Burghsluis op groei en ontwikkeling mosselen. IMARES Rapport C063/15

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31(0)31748 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2015 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.  
KvK nr. 09098104,  
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.  
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U  
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

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

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

A\_4\_3\_1-V14.2

## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1 Inleiding.....	5
1.1 Achtergrond.....	5
1.2 Doelstelling.....	5
1.3 Aanpak.....	5
1.4 Dankwoord.....	6
2 Materiaal en methoden.....	7
2.1 Vooroeververdediging werkzaamheden Oosterschelde.....	7
2.1.1 Locatie Zierikzee.....	7
2.1.2 Locatie Burghsluis.....	7
2.2 Onderzoeksgebied.....	7
2.3 Groeimetingen mosselen.....	8
2.4 Data analyse.....	11
3 Resultaten.....	12
3.1 Initiële lengteverdeling.....	12
3.2 Schelpenlengte.....	13
3.3 Gewicht.....	17
3.4 Vleespercentage.....	21
3.5 Analyses van de trends.....	25
4 Discussie en conclusies.....	27
5 Kwaliteitsborging.....	29
6 Referenties.....	30
Verantwoording.....	31
Bijlage A: Power analyse.....	32

## Samenvatting

In het najaar van 2014 zijn er bij de locatie Zierikzee en Burghsluis vooroeververdedigingswerkzaamheden uitgevoerd met zeegrind. Oorspronkelijk was het de bedoeling om hiervoor staalslakken te gebruiken, maar op het moment dat de werkzaamheden zijn uitgevoerd waren de benodigde staalslakken niet voorradig. Staalslakken bevatten nog diverse metalen die door middel van uitloging in het milieu terecht kunnen komen en effect kunnen hebben op de groei en kwaliteit van de mosselen op nabijgelegen kweekpercelen. Dit onderzoek is aanvankelijk opgezet om de effecten van het gebruik van staalslakken op de groei van mosselen en de accumulatie van metalen in het mosselvlees te onderzoeken. Omdat de werkzaamheden uiteindelijk zijn uitgevoerd met zeegrind, waaruit geen metalen vrijkomen, is dit onderdeel komen te vervallen. Wel kan er bij het storten van het zeegrind slib vrijkomen dat effect kan hebben op de efficiëntie van de voedselopname van de mosselen en daarmee kan leiden tot groeivertraging. De verzamelde gegevens zijn daarom gebruikt om te onderzoeken of er groeivertraging is opgetreden bij de mosselen in de mandjes zijn uitgezet op 5 locaties (2 locaties bij Zierikzee, 2 bij Burghsluis en 1 als referentie bij Neeltje Jans), tijdens het storten van zeegrind in het kader van de werkzaamheden aan de vooroever bij Zierikzee en Burghsluis.

Op basis van voorliggend onderzoek zijn er geen significante effecten aangetoond van de werkzaamheden aan de vooroever bij Zierikzee en Burghsluis op de groei van mosselen in de mandjes die hiertoe zijn uitgezet. De power van het onderzoek is echter beperkt doordat de er is afgeweken van de oorspronkelijke planning van de werkzaamheden en pas laat in 2014 is begonnen met de stort. In de periode oktober-november was het minimale verschil in schelp lengte dat kon worden aangetoond 2,6 mm. In de zomerperiode (juli) was het minimale verschil dat had kunnen worden aangetoond 1,5 mm. Uit de groeimetingen blijkt dat er een duidelijk verschil is in groei van de mosselen op de locatie Zierikzee, waar de mosselen zowel in 2013 als in 2014 het minst hard zijn gegroeid en de locatie Burghsluis waar de mosselen in beide jaren het hardst zijn gegroeid. De groei van de mosselen op de referentielocatie (Neeltje Jans) zat tussen de groei bij Zierikzee en Burghsluis in. De betere groei van mosselen op de locatie Burghsluis is het gevolg van de goede voedselsituatie in vergelijking met Zierikzee. De percelen bij Burghsluis zijn bij de kwekers ook bekend als de beste groeipercelen in de Oosterschelde. In 2013 neemt de lengtegroei en het individueel gewicht af na september. In 2014 is de groei van de mosselen minder dan in 2013, maar groeien de mosselen nog langer door gedurende het najaar. Mogelijk hebben de gunstige weerscondities (2014 had een relatief warm najaar) hierbij een rol gespeeld.

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Om de vooroever van de dijken van de Oosterschelde en de Westerschelde te beschermen tegen erosie worden er door Rijkswaterstaat breukstenen en staalslakken gebruikt. Breukstenen worden gewonnen in steengroeves en bevatten van nature diverse metalen, zoals arseen (As), barium (Ba), cadmium (Cd), kobalt (Co), molybdeen (Mo), fluoride (F), kwik (Hg), molybdeen (Mo), antimoon (Sb), seleen (Se), tin (Sn), vanadium (V), die in het milieu kunnen uitlogen. Staalslakken zijn een steenachtig materiaal dat overblijft bij de productie van staal. Staalslakken bevatten nog diverse zware metalen, zoals aluminium (Al), barium (Ba), cadmium (Cd), chroom (Cr), ijzer (Fe), mangaan (Mn), vanadium (V), fluoride (F), antimoon (Sb), molybdeen (Mo), en seleen (Se), die in potentie door middel van uitloging in het milieu terecht kunnen komen. Uit uitloogexperimenten is gebleken dat vooral barium en vanadium kunnen uitlogen uit de staalslakken (Van den Heuvel-Greve e.a., 2011).

In de Oosterschelde zijn op diverse locaties vooroeververdedigingen uitgevoerd waar gebruik is gemaakt van breukstenen en staalslakken. In 2014 zijn er twee vooroeververdedigingen uitgevoerd aan de zuidkust van Schouwen-Duiveland: Het havenhoofd van Zierikzee en Burghsluis. Het doel was de oever te verdedigen met staalslakken (en breukstenen), maar omdat deze op dat moment niet voorhanden waren is de bestorting uiteindelijk uitgevoerd met zeegrind in plaats van met staalslakken.

Beide locaties liggen op of tegen mosselkweekpercelen. Bij de mosselkwekers bestond de vrees dat de stort van de staalslakken zal leiden tot verminderde groei van de mosselen op de percelen. Tevens hadden ze het vermoeden dat de zware metalen die kunnen vrijkomen uit de staalslakken zouden leiden tot verhoogde concentraties zware metalen in het mosselvlees.

## 1.2 Doelstelling

De oorspronkelijke doelstelling van dit onderzoek was om te monitoren of de uitvoering van de vooroeververdediging bij Zierikzee en Burghsluis leidt tot een verminderde groei van de mosselen en/of een verhoogde concentratie van zware metalen in het mosselvlees. Tijdens de uitvoering van het onderzoek is er door de aannemer, die de werkzaamheden in opdracht van Rijkswaterstaat heeft uitgevoerd, besloten om de vooroevers niet met staalslakken, maar met zeegrind te bestorten. Bij de stort met zeegrind is het niet te verwachten dat er (zware) metalen zullen vrijkomen die effect zullen hebben op de mosselen op nabijgelegen percelen. Wel is het in theorie mogelijk dat er met de stort van het zeegrind slib vrijkomt dat effect kan hebben op de voedselopname en daarmee de groei van de mosselen.

Vanwege deze aanpassing in de werkzaamheden is de doelstelling van het onderzoek lopende de uitvoering aangepast naar: "Wat is het effect van de bestorting van de vooroevers met zeegrind op de groei van mosselen op de nabijgelegen mosselpercelen".

## 1.3 Aanpak

Om de effecten van de stort op de mosselen te onderzoeken is er gekozen voor een BACI (Before, After, Control, Impact) aanpak. Voor dit onderzoek zijn in 2013 ( $T_0$ ) en 2014 ( $T_1$ ) mandjes met halfwasmosselen uitgezet in de buurt van de stortlocaties en op een referentielocatie. Maandelijks zijn er mosselen uit de mandjes verzameld en doorgemeten op lengte en gewicht. Een eventueel effect van de werkzaamheden in 2014 zal tot uiting kunnen komen in een verminderde groei van de mosselen op de stortlocaties in 2014 ten opzichte van de referentie en de  $T_0$ -meting in 2013. Deze methode is vergelijkbaar met de methode die is gebruikt in een eerdere studie voor Rijkswaterstaat waarbij gekeken

is naar de effecten van een experimentele vooroeversuppletie bij de Schelphoek (Wijsman en Brummelhuis, 2013).

Oorspronkelijk was het ook de bedoeling om de concentraties (zware) metalen in het mosselvlees te monitoren. Hiervoor zijn in 2013 en 2014 specifieke monsters genomen, maar omdat er uiteindelijk is besloten niet met staalslakken te storten maar met zeegrind zijn deze analyses niet meer uitgevoerd.

#### **1.4 Dankwoord**

Dank gaat uit naar de bemanning van de MS Regulus en MS de Valk voor het uitvoeren van de bemonstering. Adriana Wijga heeft de projectbegeleiding vanuit Rijkswaterstaat verzorgd.

## **2 Materiaal en methoden**

### **2.1 Vooroeververdediging werkzaamheden Oosterschelde**

Rijkswaterstaat is bezig om op verschillende plaatsen in de Oosterschelde de vooroevers van de dijken te versterken. Dit is nodig om het fundament van de dijken te beschermen tegen erosie als gevolg van de getijdenwerking en golfslag. Dit versterken van de oevers die onder water liggen gebeurt met grind, breuksteen en staalslakken. Na de voltooiing van de werkzaamheden zijn de hellingen van de dijken in de vooroever ook minder steil waardoor de dijk stabiel wordt. In de kreukelberm, rond de laagwaterlijn, wordt doorgaans gebruikt gemaakt van breuksteen (40-200 kg). Dit onderzoek richt zich op de werkzaamheden die zijn uitgevoerd bij Zierikzee en Burghsluis in 2014 en 2015. Beide locaties liggen deels op of vlak naast mosselpercelen (Figuur 1).

#### *2.1.1 Locatie Zierikzee*

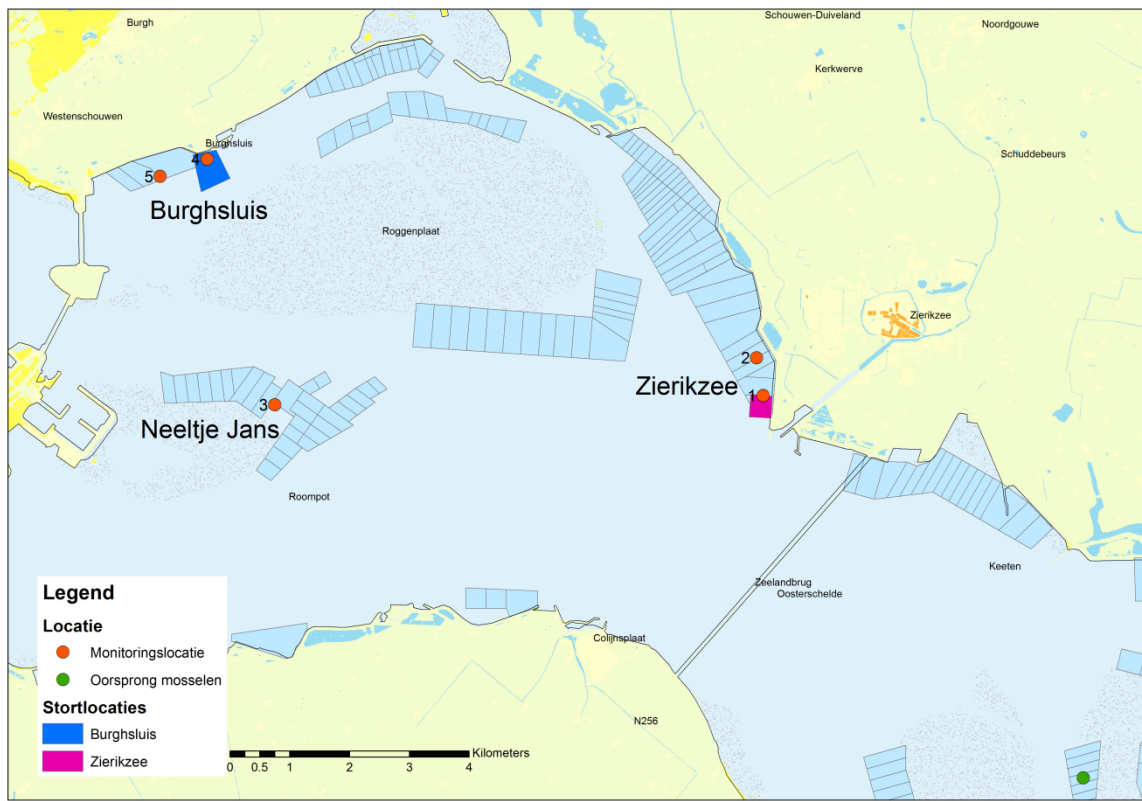
De werkzaamheden zijn begonnen bij de locatie Zierikzee. Vanaf 17 september tot 25 september 2014 is de locatie Zierikzee aan de stroomzone (vanaf -5 meter NAP tot -20 meter NAP) bestort met zeegrind met een sortering van 16 tot 64 mm. Er is door de aannemer gebruik gemaakt van zeegrind en niet van staalslakken zoals het oorspronkelijke plan, omdat er op dat moment schaarste was op de staalslakkenmarkt. De kreukelberm is bestort met grove breuksteen in de periode van 18 december tot en met 22 december 2014 en tussen 4 januari en 6 januari 2015. Van 6 januari tot 13 januari 2015, 18 tot 19 februari 2015 en 7 maart 2015 is in de golfzone (tussen 0 en -5 meter NAP) een laag met staalslakken en zeegrind aangebracht dat is afgedekt met grove breuksteen.

#### *2.1.2 Locatie Burghsluis*

Bij Burghsluis is in de periode van 12 tot 17 oktober 2014 het eerste deel van de stroomzone bestort met zeegrind. Van 12 tot 15 december 2014 is het tweede deel van de stroomzone bestort. Deze bestortingen zijn allemaal uitgevoerd met zeegrind met een sortering tussen de 16 en 64 mm.

### **2.2 Onderzoeksgebied**

De metingen zijn uitgevoerd op 5 locaties (Figuur 1). Alle locaties liggen op de grens van een of meer mosselpercelen. De locaties 1 en 2 liggen in de buurt van de stortlocatie Zierikzee en de locaties 4 en 5 liggen in de buurt van de stortlocatie Burghsluis. Bij iedere stortlocatie ligt een locatie op of aan de rand van het stortvak (locaties 1 en 4) en een tweede locatie (locaties 2 en 5) liggen op een afstand van ruim 600 meter in de richting van de ebstroom van de stortlocaties. Locatie 3 ligt aan de rand van de plaat Neeltje Jans en kan worden gezien als de referentielocatie. Deze locatie ligt op grote afstand van beide stortlocaties waardoor deze locatie niet zal worden beïnvloed door de werkzaamheden bij Zierikzee en Burghsluis. De locaties 3 tot en met 5 liggen op een diepte van ongeveer 3-7 meter beneden NAP. De locaties 1 en 2 liggen op grotere diepte (ongeveer 10 meter beneden NAP).



Figuur 1: Overzicht stortlocaties Zierikzee (roze) en Burghsluis (blauw). De oranje bolletjes geven de bemonsteringslocaties 1 tot en met 5. Locaties 1 en 2 liggen bij Zierikzee, Locatie 3 ligt bij Neeltje Jans en Locaties 4 en 5 liggen bij Burghsluis. Met de groene stip is de locatie aangegeven waar de mosselen zijn verzameld.

### 2.3 Groeimetingen mosselen

Om de groei van de mosselen in de mandjes te volgen zijn er in 2013 en 2014 op de 5 meetlocaties torens met gestapelde mandjes gevuld met halfwas mosselen geplaatst. Op iedere locatie zijn er 3 torens geplaatst. De torens bestaan uit 5 ringen (Figuur 2, links). De bovenste en onderste ringen waren leeg en dienden respectievelijk als deksel en ter voorkoming dat de mosselen in de slik wegzakken. Iedere ring was verdeeld in 4 compartimenten (Figuur 2, rechts). Aan het begin van ieder experiment (2013 en 2014) zijn de compartimenten gevuld met 20 mosselen van ongeveer gelijke lengte. Per toren zijn er in totaal 240 mosselen gebruikt (20x4x3). De torens zijn verzwaard met een betontegel (60 x 60 cm) aan de onderzijde. De torens zijn via een touw bevestigd aan een boei waardoor de torens eenvoudig zijn te bemonsteren vanaf een schip.





Figuur 2: Een toren bestaat uit 5 ringen (foto rechts). De onderste en bovenste ringen zijn leeggelaten. Iedere ring is onderverdeeld in 4 compartimenten (foto rechts) waar per compartiment 20 mosselen in zijn gebracht.

Bij de start van het experiment is uitgegaan van halfwas mosselen met een schelpenlengte van ongeveer 3,2 cm, die in de week voorafgaand aan het experiment door de bemanning van de *Regulus* zijn opgevisst van een kweekperceel in de Oosterschelde. Het voordeel van het gebruik van halfwas mosselen is dat deze het beste zullen groeien. De mosselen op een kweekperceel hebben een relatief grote spreiding in grootte. Voor de proef is het van belang dat de spreiding in de mosselen aan het begin van het experiment zo klein mogelijk is. Hoe kleiner de spreiding, hoe beter eventuele verschillen in groei statistisch kunnen worden aangetoond. Om dit te bereiken is er streng geselecteerd op basis van schelpenlengte om de variatie in schelpenlengte aan het begin van het experiment te minimaliseren. Uit de opgevisste voorraad mosselen zijn in beide jaren een 3000-tal mosselen uitgezocht van ongeveer 3.5 cm. Uit deze groep mosselen zijn random 5 monsters van 20 mosselen genomen. Van deze 100 mosselen is de individuele schelpenlengte gemeten. Per monster (20 mosselen) is het gewicht bepaald. De rest van de mosselen is in de mandjes geplaatst en uitgezet op de onderzoekslocaties.

In 2013 zijn de manden met mosselen uitgezet op 4 juni Tabel 1. Ze zijn er weer uitgehaald op 5 november. In 2014 zijn de manden uitgezet op 17 april en er weer uitgehaald op 18 november (Tabel 2). Iedere maand is er een bemonstering uitgevoerd. Per locatie is er telkens 1 toren bemonsterd. Van deze toren zijn er 3 compartimenten bemonsterd uit verschillende ringen. Op 23 september 2014 zijn er per locatie 4 compartimenten bemonsterd. Op 18 november 2014 zijn alle resterende compartimenten verzameld. Per compartiment zijn de mosselen in een gelabelde zak gedaan en geanalyseerd.

Tijdens het experiment zijn er een aantal torens verdwenen. Omdat dit vooraf was voorzien zijn er per locatie 3 torens uitgezet met als doel de risico's te spreiden. Als één van de torens zou verdwijnen is dat geen probleem, omdat er nog voldoende mosselen in de overige torens zit. In augustus 2013 is er een toren kwijtgeraakt op de locatie 3. In oktober 2013 is er nog een toren verdwenen van locatie 3. Er is toen besloten om alle resterende mosselen van deze locatie te verzamelen. Per maand zijn er indien mogelijk 3 compartimenten per locatie bemonsterd. In november 2013 is er geen bemonstering uitgevoerd op de referentielocatie omdat er torens waren verdwenen. De 5 monsters op 4 juni 2013 zijn genomen voordat de torens zijn uitgezet (zie Tabel 1).

In juni 2014 is er een toren op locatie 1 en locatie 2 verdwenen. In september 2014 is er nog een toren verdwenen op locaties 1 en 2. In oktober 2014 is er een toren op locatie 4 verdwenen. Per maand zijn er 3 compartimenten per locatie bemonsterd. In september zijn er per locatie 4 compartimenten bemonsterd. In november 2014 is er geen bemonstering uitgevoerd op de locaties 1 en 4 omdat de torens waren verdwenen. Wel is er op 18 november 2014 op locatie 4 een monster genomen voor de

bepaling van de zware metalen. Op locatie 3 zijn in november 2014 8 compartimenten bemonsterd. De 5 monsters op 17 april 2014 zijn genomen voordat de torens zijn uitgezet (zie Tabel 2)

Tabel 1: Overzicht van het aantal bemonsterde compartimenten per locatie en tijdstip voor de groeimetingen in 2013.

Datum	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 5	Totaal
4-jun-13	0	0	0	0	0	5
3-jul-13	3	3	3	3	3	15
25-jul-13	3	3	3	3	3	15
27-aug-13	3	3	3	3	3	15
3-okt-13	3	3	2	3	3	14
5-nov-13	3	3	0	3	3	12
Totaal	15	15	11	15	15	71

Tabel 2: Overzicht van het aantal bemonsterde compartimenten per locatie en tijdstip voor de groeimetingen in 2014.

Datum	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 5	Totaal
17-apr-14	0	0	0	0	0	5
21-mei-14	3	3	3	3	3	15
25-jun-14	3	3	3	3	3	15
23-jul-14	3	3	3	3	3	15
25-aug-14	3	3	3	3	3	15
23-sep-14	4	4	4	4	4	20
18-nov-14	0	4	8	0	4	22
Totaal	13	17	21	13	23	87

Het aantal mosselen per compartiment is geteld en de schelpenlengte is gemeten met een elektronische schuifmaat. Per compartiment zijn de mosselen als groep gewogen. Het gemiddelde versgewicht is berekend door dit te delen door het aantal mosselen in het monster. De mosselen zijn vervolgens in kokend water gebracht tot de schelpen open gingen staan waarna het vlees is gewogen (vleesgewicht). Het vleespercentage (%) is berekend door het vleesgewicht te delen door het versgewicht. Het drooggewicht (70 °C) en het Asvrij Drooggewicht (540 °C) van het vlees is bepaald met behulp van een PrepAsh.

Per maand zijn er op iedere locatie 3 compartimenten verzameld voor de lengtemetingen. Dit komt neer op maximaal 3x20= 60 mosselen per keer (Tabel 3). Door sterfte (bijvoorbeeld als gevolg van predatie) kan het zijn dat er minder dan 60 mosselen drie compartimenten zaten op het moment van bemonstering. Op het eind van de meetreeksen (november 2013 en 2014) zijn alle nog resterende mosselen verzameld en is de lengte gemeten. Op dat moment zijn er dus vaak meer dan 60 mosselen gemeten.

Gemiddeld zijn er per locatie ongeveer 65 mosselen per maand gemeten (Tabel 3). Dit aantal is voldoende om een verschil tussen de 0.5 en 5 mm (afhankelijk van de standaard deviatie van de populatie) statistisch aan te kunnen tonen (Figuur 18). Bij de eindmetingen (5 november in 2013 en 19

november in 2014) zijn er meer mosselen gemeten. Op locatie 1 (23 juli 2014 en 25 augustus 2014) en op locatie 3 (25 augustus 2014) is er van minder dan 25 individuele mosselen de schelpenlengte bepaald.

Op 18 november 2014 waren er te weinig mosselen op locatie 4 om zowel een monster te nemen voor de analyse van de zware metalen en de gewichtsbepaling. Er is gekozen om op deze locatie alleen een monster te nemen voor de zware metalen en dus geen gewichten te bepalen (Tabel 2). Van de individuele mosselen zijn wel de schelpenlengtes bepaald (zie Tabel 3).

Tabel 3: Overzicht van het aantal mosselen waarvan de lengte is gemeten per locatie per monsterdatum.

Datum	Locatie 1	Locatie 2	Locatie 3	Locatie 4	Locatie 5
3-jul-13	60	55	54	56	60
25-jul-13	58	58	58	58	55
27-aug-13	53	57	54	58	57
3-okt-13	52	57	42	51	53
5-nov-13	191	200	-	188	185
21-mei-14	45	54	48	46	42
25-jun-14	45	36	37	45	42
23-jul-14	4	43	32	45	25
25-aug-14	20	33	19	42	30
23-sep-14	27	45	28	47	56
18-nov-14	-	127	295	34	383

## 2.4 Data analyse

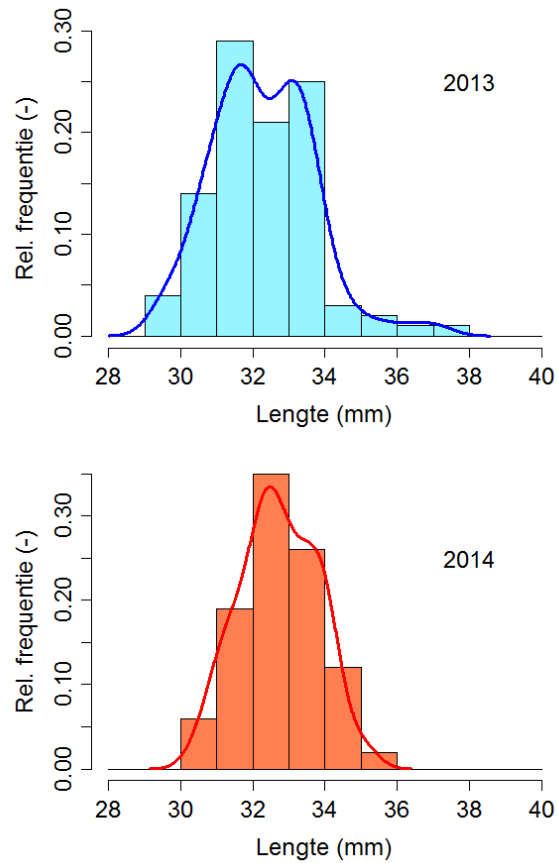
De resultaten zijn uitgezet in tijdreeksen voor 2013 en 2014. Per meting zijn de 25- en 75-percentielen voor alle 5 de locaties berekend om de bandbreedte van de observaties weer te geven. Vervolgens zijn de gemiddelde waarden van de metingen per locatie daar overheen geplott. Om een gevoel te krijgen in welk verschil in schelpenlengte nog statistisch is aan te tonen met de steekproeven is er een power analyse uitgevoerd.

Voor de laatste en voorlaatste meting van ieder jaar (respectievelijk 3 oktober en 5 november in 2013 en 23 september en 18 november in 2014) zijn de verschillen tussen de locaties getest door middel van een ANOVA gevolgd door een Tukey HSD pairwise post-hoc comparison ( $\alpha=0,05$ ). Voor de vleespercentages zijn de resultaten eerst getransformeerd door middel van een arcsinwortel transformatie.

Met de ANOVA is alleen getoetst op een bepaald moment. Om te toetsen of er ook verschillen zijn in het patroon door het jaar heen is er aanvullend ook een GAM (Generalised Additive Model) analyse uitgevoerd op de lengtemetingen en de asvrij drooggewichten. De verschillen tussen twee locaties zijn getoetst door het volledig model, zonder locatie als co-variabele, te vergelijken met een model waarbij locatie is meegenomen als co-variabele. Deze test is uitgevoerd door middel van een ANOVA voor waar als een  $\alpha$  van 0,05 is gebruikt. De GAM modellen zijn uitgevoerd op de individuele metingen (per mossel) voor de lengte en per compartiment voor het asvrij-drooggewicht. De modellen zijn hierdoor gewogen voor het aantal observaties.

### 3 Resultaten

#### 3.1 Initiële lengteverdeling



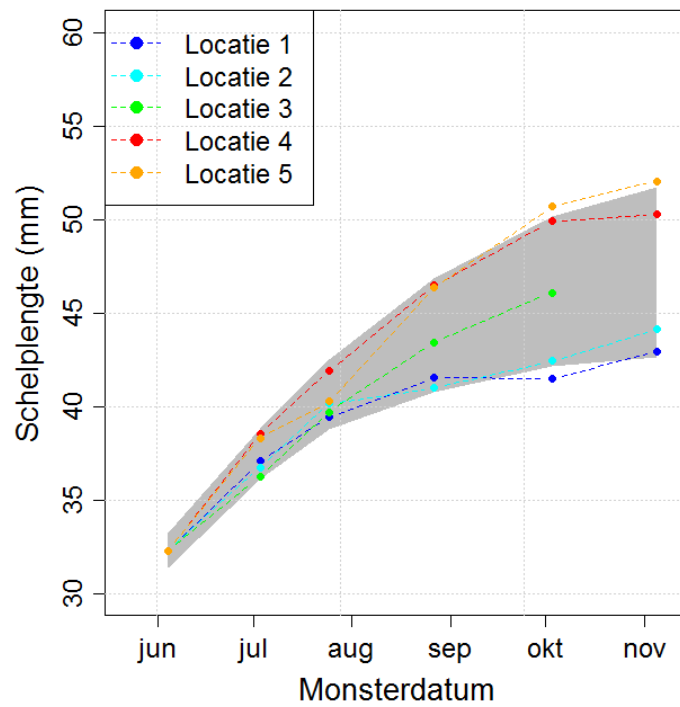
Figuur 3: Relatieve frequentieverdeling van de mosselen aan de start van het experiment. Boven 2013 en onder 2013. De getrokken lijn geeft de kernel dichtheidsfunctie weer.

In 2013 was de gemiddelde lengte van de mosselen aan de start van het experiment 32,28 mm (st. dev. 1,42 mm) (Figuur 3, boven). In 2014 was de gemiddelde lengte van de mosselen een fractie groter (32,72 mm, st. dev. 1,08 mm) (Figuur 3, onder). Een zo klein mogelijke variatie is van belang om eventuele verschillen in groei tussen de locaties te kunnen detecteren. In Bijlage A zijn de resultaten van een power-analyse gepresenteerd die is uitgevoerd om een gevoel te krijgen van het aantal mosselen dat er nodig is om een bepaald verschil in schelpenlengte significant te kunnen aantonen.

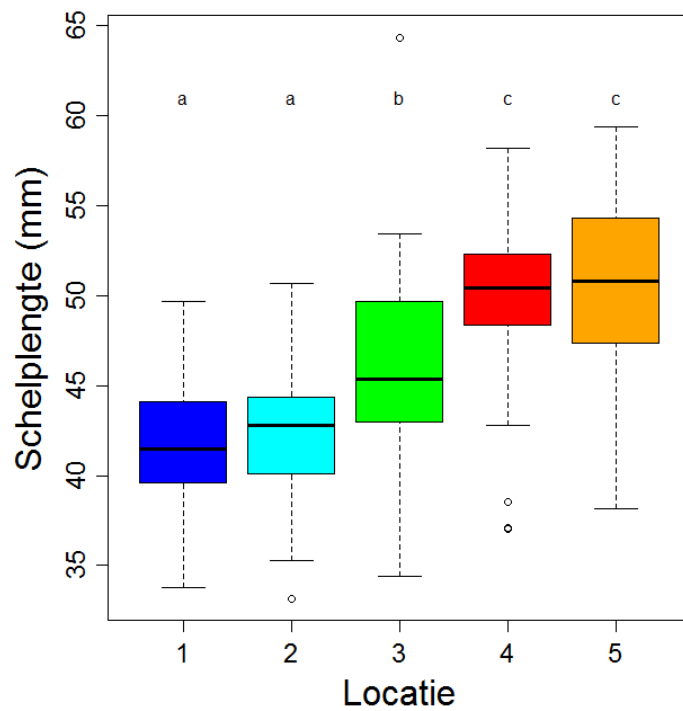
### 3.2 Schelplengte

In 2013 zijn de mosselen op alle locaties gegroeid (Figuur 4). De gemiddelde schelplengte is toegenomen van gemiddeld 32,3 mm ( $\sigma = 1,4$  mm) op 4 juni tot gemiddeld 47,3 mm ( $\sigma = 6,0$  mm) op 5 november. De mosselen zijn dus 15,0 mm gegroeid in een periode van 5 maanden. De meeste groei heeft de eerste maanden (juni tot en met augustus) plaatsgevonden. Daarna neemt de groei geleidelijk af. Er is een duidelijk verschil in groei tussen de locaties 1 en 2 waar de groei achterblijft ten opzichte van de locaties 4 en 5 waar de mosselen het hardste zijn gegroeid. Van de percelen bij locaties 4 en 5 is bekend dat de mosselen daar hard groeien. De locatie bij Neeltje Jans (locatie 3) zit daar een beetje tussenin. Uit de figuur lijkt het erop dat de schelplengte op locatie 1 iets afneemt tussen 27 augustus en 3 oktober. Dit is echter het gevolg van de steekproef en deze afname is niet significant ( $p > 0,05$ ).

Uit de schelplengtes tijdens de voorlaatste meting in 2013 (3 oktober) blijkt dat de mosselen op locaties 1 en 2 significant kleiner zijn dan de overige locaties. Ook zijn de mosselen op de locaties 4 en 5 significant groter dan op de overige locaties. Er is geen significant verschil tussen locatie 1 en 2. Ook is er geen significant verschil in schelplengte tussen locaties 4 en 5. Er is een significant verschil in schelplengte tussen locaties 1 en 2, locatie 3 en de locaties 4 en 5. Er is ook een toets uitgevoerd voor de metingen op 5 november 2013 (zonder locatie 3). Op dat moment was er geen significant verschil tussen locaties 1 en 2, maar was de gemiddelde lengte op locatie 5 significant groter dan op locatie 4 ( $p = 0,002$ ).



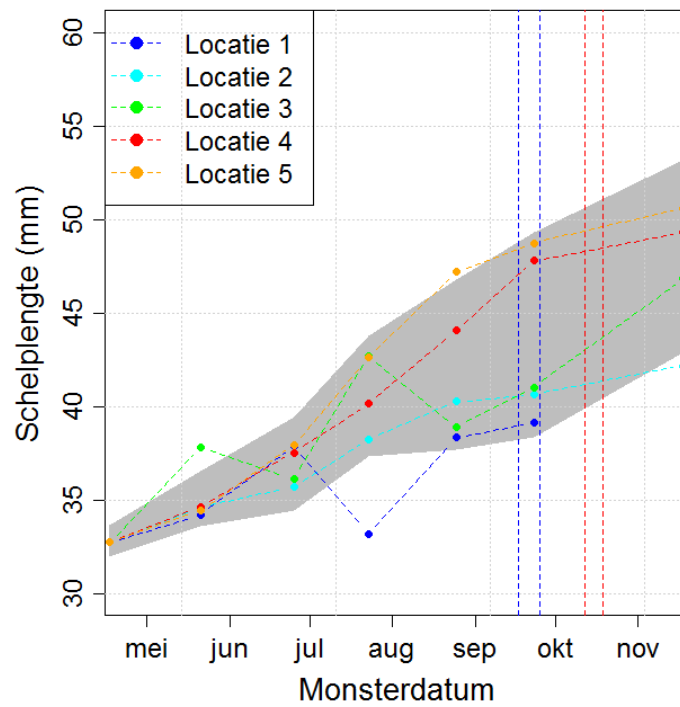
Figuur 4: Ontwikkeling schelplengte (mm) per locatie in 2013. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties.



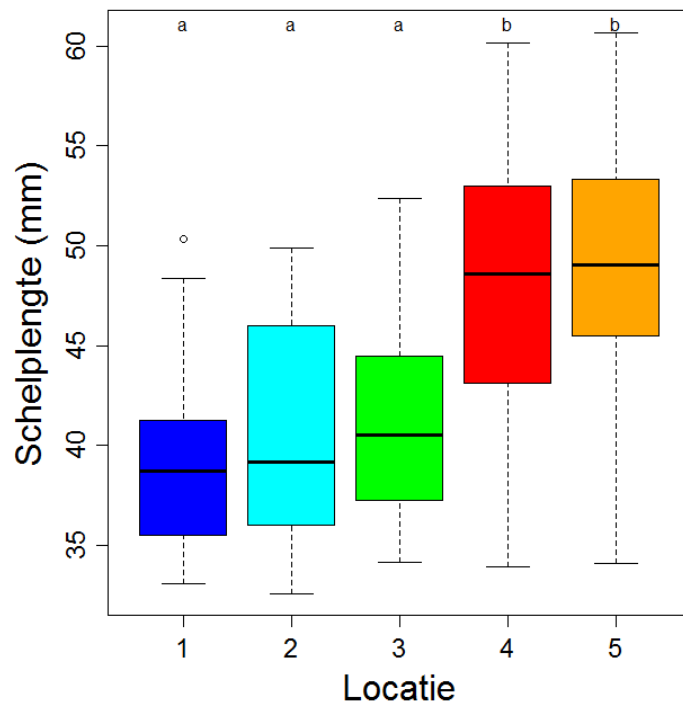
Figuur 5: Boxplots schelplengte voor de verschillende locaties op 3 oktober 2013. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA.

In 2014 zijn de mosselen gegroeid van een gemiddelde lengte van 32,7 mm ( $\sigma = 1,1$  mm) in april tot gemiddeld 48,0 mm ( $\sigma = 6,9$  mm) in november. Gemiddeld zijn de mosselen dus 15,3 mm gegroeid in een periode van 7 maanden. De variatie in de lengte groei is groter dan in 2013 (Figuur 6). Vooral op locatie 3 is er veel variatie in de schelplengte. De uitschieter naar beneden in juli op locatie 1 is het gevolg van het kleine aantal mosselen (4 stuks) waarop de gemiddelde lengte is berekend en kan worden gezien als een artefact. In de figuur is duidelijk te zien dat de mosselen op de locaties 4 en 5 weer harder zijn gegroeid dan op locaties 1 en 2. De mosselen op locatie 3 zit er tussenin, maar vertonen veel variatie. Er is geen duidelijke afname in lengtegroei op de locatie 2 en locaties 4 en 5 na de werkzaamheden (bij Zierikzee vanaf 17 september 2014 en bij Burghsluis vanaf 12 oktober 2014). Van locatie 1 kan niets gezegd worden omdat de mosselen waren verdwenen na de werkzaamheden.

Op 23 september 2014 is de gemiddelde lengte van de mosselen op de locaties 4 en 5 significant groter dan op de locaties 1, 2 en 3 (Figuur 7). De gemiddelde lengte van alle mosselen op 23 september was 44,4 mm ( $\sigma = 7,0$  mm). Aan het eind van de meetreeks, op 18 november 2014, wanneer er meer mosselen zijn doorgemeten is er alleen een significant verschil tussen de mosselen op locatie 2 en de overige locaties.



Figuur 6: Ontwikkeling schelpengte (mm) per locatie in 2014. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties. De verticale stippellijnen geven de periode aan wanneer er is gestort op de locatie Zierikzee (blauw) en Burghsluis (rood).



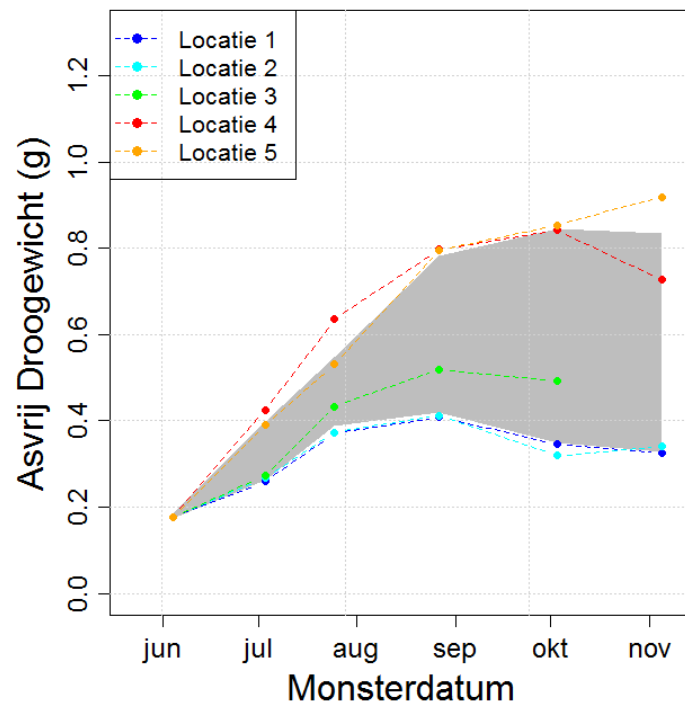
Figuur 7: Boxplots schelpengte voor de verschillende locaties op 23 september 2014. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA.



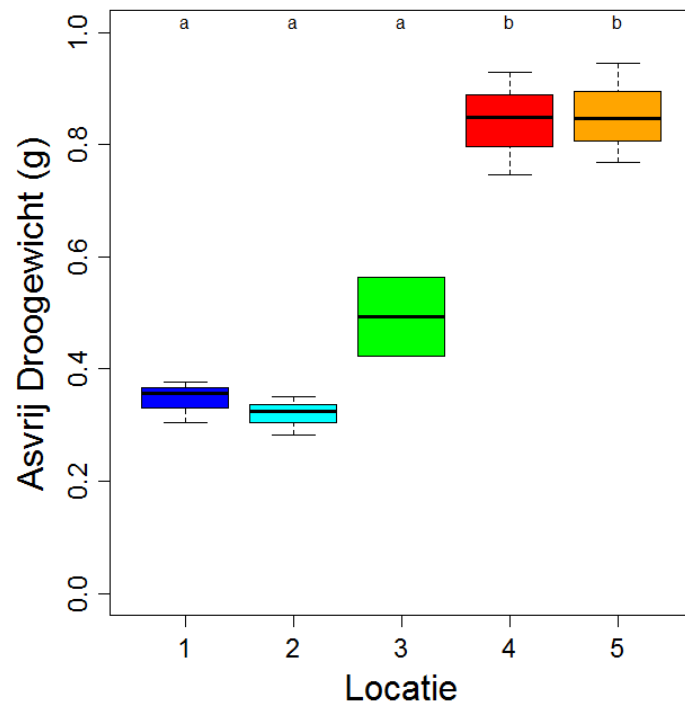
### 3.3 Gewicht

In 2013 is het gemiddeld asvrij drooggewicht toegenomen van 0,18 gram ( $\sigma = 0,007$  g) in juni naar gemiddeld 0,58 gram ( $\sigma = 0,27$  gram) in november. In Figuur 8 is duidelijk te zien dat de variatie snel toeneemt gedurende het jaar. De mosselen op de locaties 4 en 5 zijn duidelijk meer toegenomen in asvrij drooggewicht dan de mosselen op de locaties 1 en 2. Op de locatie 4 en 5 zijn de mosselen respectievelijk 0,55 en 0,74 gram toegenomen en op de locaties 1 en 2 0,15 en 0,16 gram. Opvallend is dat het maximale gewicht van de mosselen op de locaties 1 en 2 (en mogelijk ook locatie 3) in augustus ligt, terwijl de mosselen op de locaties 4 en 5 ook in het najaar nog blijven toenemen in gewicht.

Op 3 oktober 2013 is het gemiddelde gewicht van de mosselen op locaties 4 en 5 significant hoger dan op de overige locaties (Figuur 9). Op locatie 3 is er een grote variatie tussen de mosselen in het asvrij drooggewicht (gemiddeld 0,49 gram,  $\sigma=0,1$  gram), waardoor er geen significant verschil is aangetoond tussen het gewicht van de mosselen op locatie 3 en de locaties 1 en 2. Er is ook getoetst of er verschillen waren in gemiddeld gewicht van de mosselen aan het eind van de meetperiode (5 november). Er was geen significant verschil tussen de locaties 1 en 2, maar de mosselen op locatie 4 waren significant zwaarder dan de mosselen op de locaties 1 en 2 en de mosselen op locatie 5 waren significant zwaarder dan de rest van de locaties (1, 2 en 4).



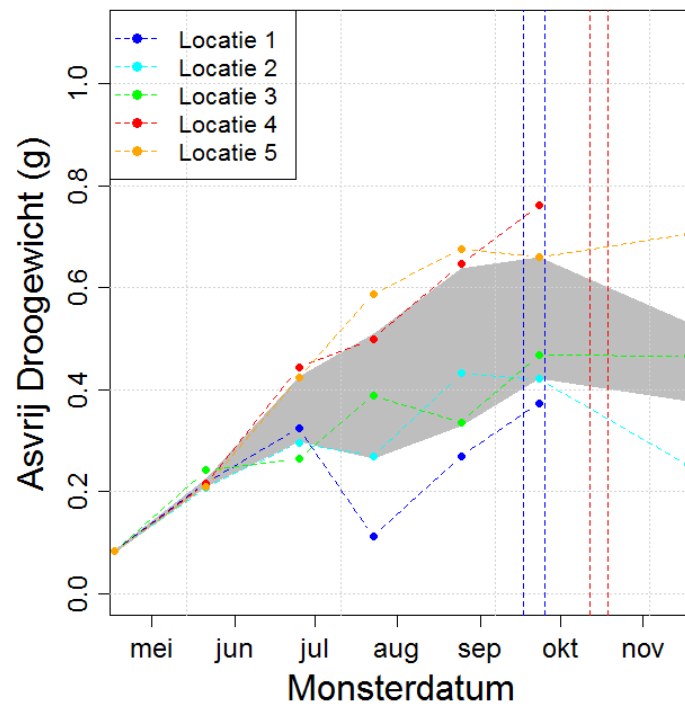
Figuur 8: Ontwikkeling gemiddeld asvrij drooggewicht (g) per locatie in 2013. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties.



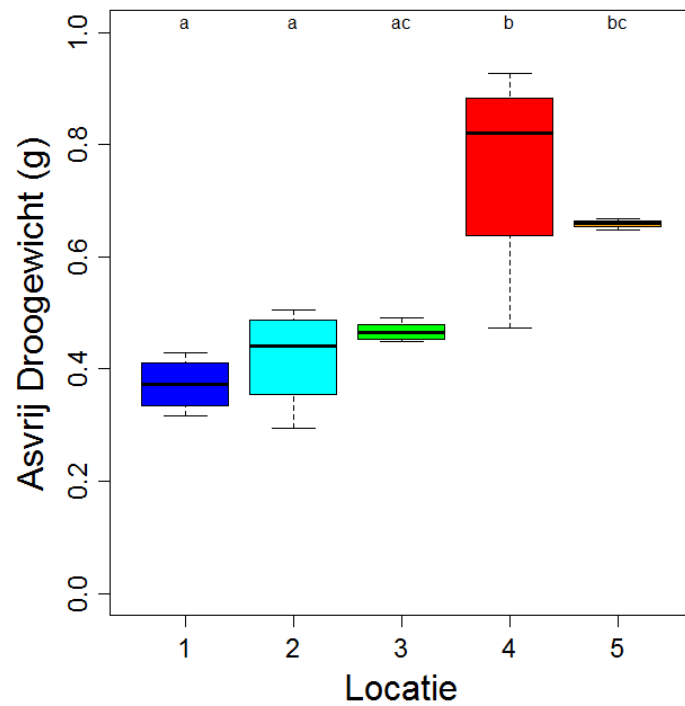
Figuur 9: Boxplots asvrij drooggewicht (g) voor de verschillende locaties op 3 oktober 2013. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA.

Net als voor de lengtes zit er in 2014 ook meer variatie in de asvrij drooggewichten van de mosselen in vergelijking tot 2013 (Figuur 10). Tussen 17 april en 18 november is het gemiddeld asvrij drooggewicht toegenomen van 0,08 g ( $\sigma = 0,005$  g) naar 0,49 g ( $\sigma = 0,19$  g). Ook hier is weer te zien dat de mosselen op de locaties 4 en 5 harder zijn gegroeid dan op de overige locaties. Ook lijkt het erop dat deze mosselen zijn doorgesleept in het najaar. Er blijkt niet duidelijk dat de mosselen op de locatie 5 afneemt na de werkzaamheden. Voor locatie 4 is hier niets van te zeggen omdat er geen metingen beschikbaar zijn na de werkzaamheden. Hetzelfde geldt voor de locatie 1. Op locatie 2 is wel te zien dat het gemiddelde asvrij drooggewicht afneemt van 0,42 g op 23 september naar 0,25 g op 18 november. Ditzelfde patroon, van een afname in het vleesgewicht in het najaar, is voor deze locatie ook waargenomen in 2013. Het lage gewicht van de mosselen op locatie 1 op 23 september is gebaseerd op slechts 4 individuele mosselen en heeft daarmee een relatief grote onzekerheid.

Tijdens de voorlaatste meting op 23 september was er geen significant verschil in gemiddeld asvrij drooggewicht tussen de locaties 1, 2 en 3. Het gemiddelde asvrij drooggewicht op locatie 4 en 5 was significant hoger dan op de locaties 1 en 2. Bij de laatste meting op 18 november was het gemiddeld asvrij drooggewicht op locatie 2 significant lager dan op locatie 3 en het asvrij drooggewicht op locatie 5 was significant hoger dan op de locaties 2 en 3.



Figuur 10: Ontwikkeling gemiddeld asvrij drooggewicht (g) per locatie in 2014. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties.

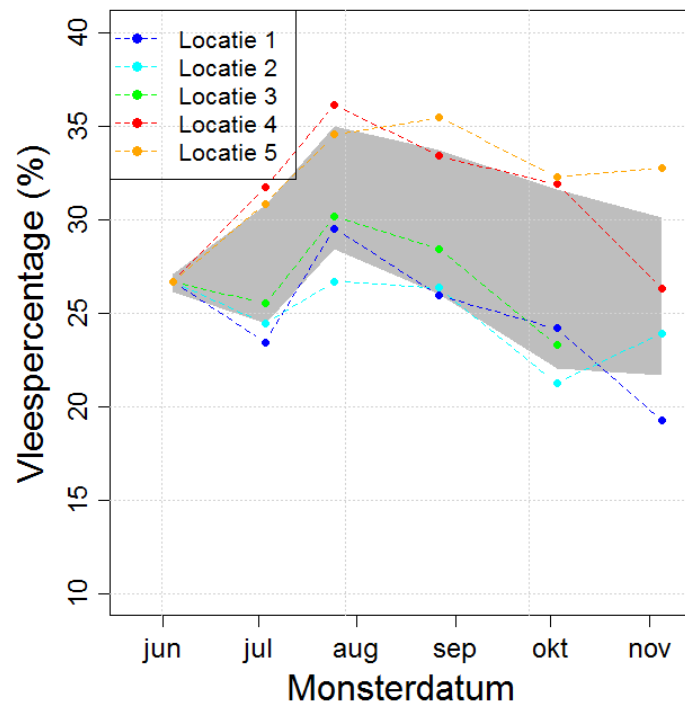


Figuur 11: Boxplots asvrij drooggewicht (g) voor de verschillende locaties op 23 september 2014. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA.

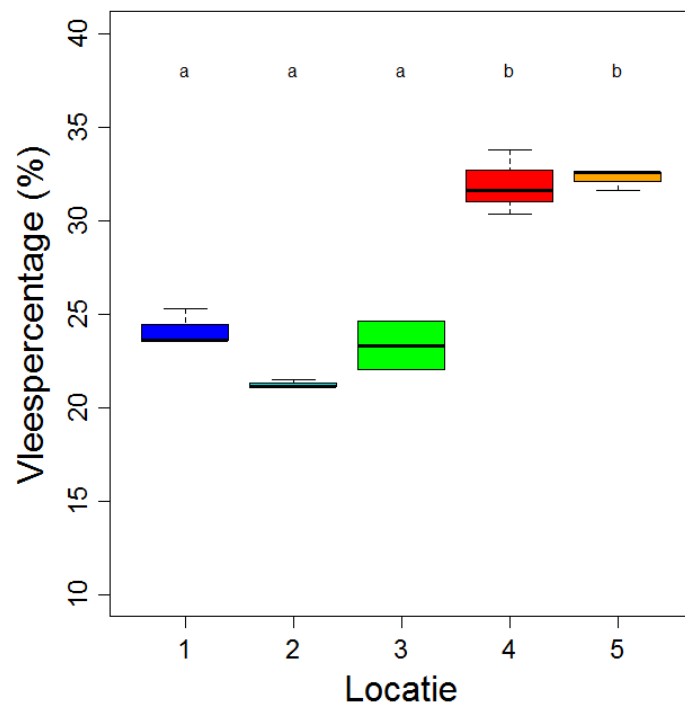
### **3.4 Vleespercentage**

Het vleespercentage kan worden gezien als een maat voor de conditie van de mosselen. In het algemeen neemt het vleespercentage toe in het voorjaar en weer af in het najaar. Vleespercentages worden ook gemeten op de veiling, waar het vleespercentage mede de prijs bepaalt die de kweker er voor krijgt. In 2013 zijn de hoogste vleespercentages gemeten op locaties 4 en 5 in de maanden juli en augustus (Figuur 12). Na deze periode neemt het vleespercentage op alle locaties af. De hoogste vleespercentages worden door het hele jaar aangetroffen op de locaties 4 en 5. De vleespercentages op locatie 3 komen overeen met de vleespercentages op de locaties 1 en 2.

Tijdens de voorlaatste meting op 3 oktober 2013 was het gemiddelde vleespercentage van de mosselen op de locaties 4 en 5 significant hoger dan op de locaties 1, 2 en 3 (Figuur 13). Op 5 november 2013 (laatste meting) was het verschil tussen locaties 4 en 5 niet significant evenals het verschil tussen de locaties 1 en 2. Het verschil tussen de locaties 2 en 4 was ook niet significant.



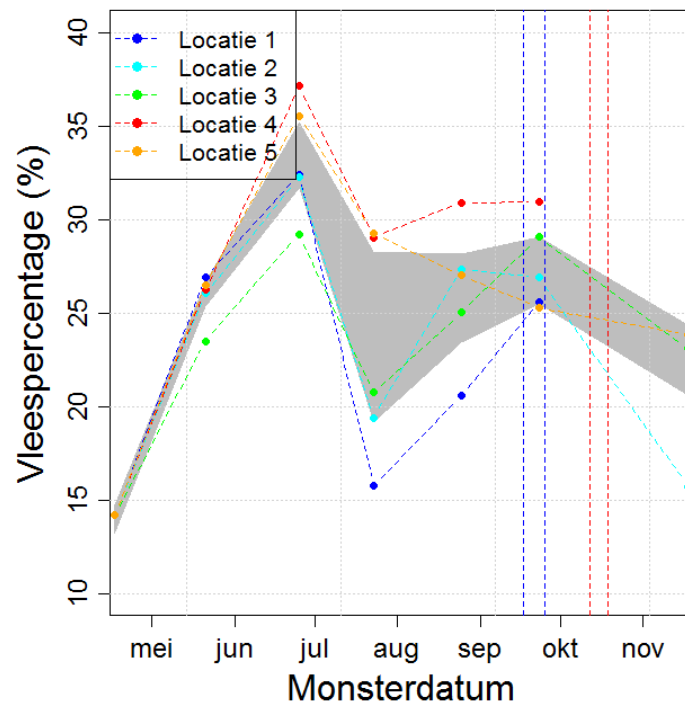
Figuur 12: Ontwikkeling gemiddeld vleespercentage (%) per locatie in 2013. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties.



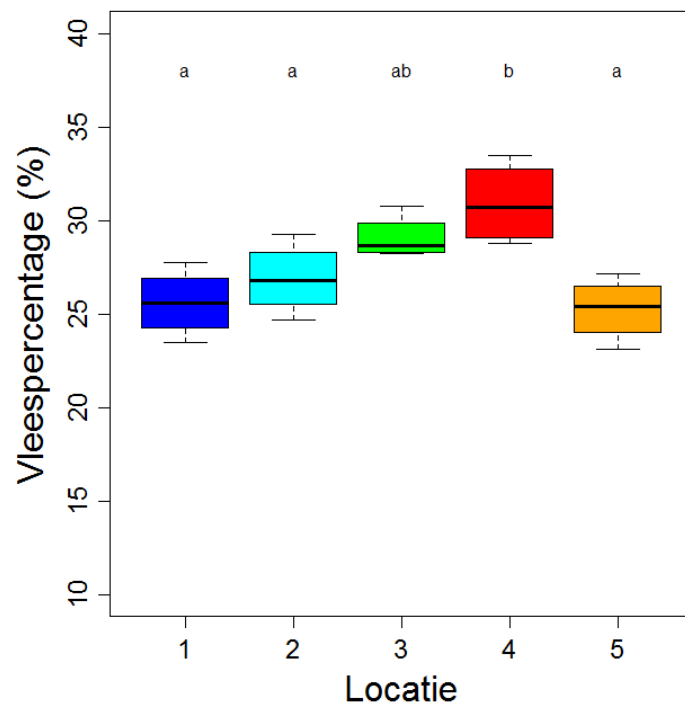
Figuur 13: Boxplots vleespercentages (%) voor de verschillende locaties op 3 oktober 2013. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA. Significanties zijn berekend na arcsin-wortel transformatie.

Het vleespercentage van de mosselen aan het begin van het seizoen in 2014 is een stuk lager dan in 2013. De metingen in 2014 zijn dan ook bijna anderhalve maand eerder begonnen. Het vleespercentage neemt in het voorjaar snel toe van gemiddeld 14% op 17 april naar gemiddeld 33% op 25 juni. De locaties 4 en 5 hebben op dat moment de hoogste vleespercentages. Ook op de locaties 1 en 2 zijn de vleespercentages dan hoger dan in de vergelijkbare periode in 2013. Na 25 juni neemt het vleespercentage op alle locaties af. Op de locaties 1, 2, 3 en 5 herstelt het vleespercentage zich tussen 23 juli en 23 september. Daarna neemt het vleespercentage op alle locaties die zijn doorgemeten (2, 3 en 5) weer af, net als in 2013.

Op de voorlaatste meting (23 september 2014) is het vleespercentage op locatie 4 significant hoger dan op de overige locaties (m.u.v. locatie 3). De verschillen in gemiddelde vleespercentages tijdens de laatste meting (18 november) zijn geen van allen significant.



Figuur 14: Ontwikkeling gemiddeld vleespercentage (%) per locatie in 2014. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van de observaties.



Figuur 15: Boxplots vleespercentages (%) voor de verschillende locaties op 23 september 2014. De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars het 5-95 percentiel interval. De letters geven de significante ( $\alpha=0,05$ ) verschillen uit de ANOVA. Significanties zijn berekend na arcsin-wortel transformatie.

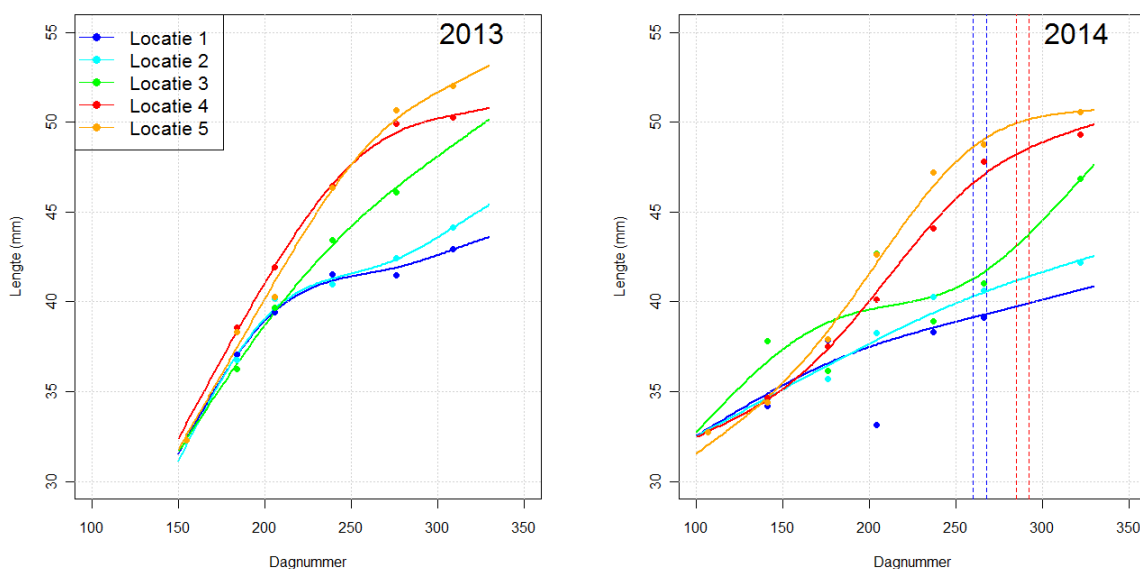


### 3.5 Analyses van de trends

De trends door het seizoen heen zijn geanalyseerd door middel van GAM modellen. De regressielijnen (Figuur 16 en Figuur 17) geven de resultaten van de individuele fits door de metingen voor respectievelijk de schelpenlengte en het asvrij drooggewicht. Voor de modellen zijn de individuele metingen gebruikt. In de figuur is echter voor de overzichtelijkheid alleen de gemiddelde waarde van de metingen weergegeven.

Over het algemeen lijken de GAM modellen de metingen goed weer te geven. Een duidelijke uitbijter is de meting op locatie 1 op 23 juli (dag 204). Zoals eerder aangegeven is deze meting slechts gebaseerd op 4 mosselen en deze meting heeft daardoor weinig invloed op de regressie.

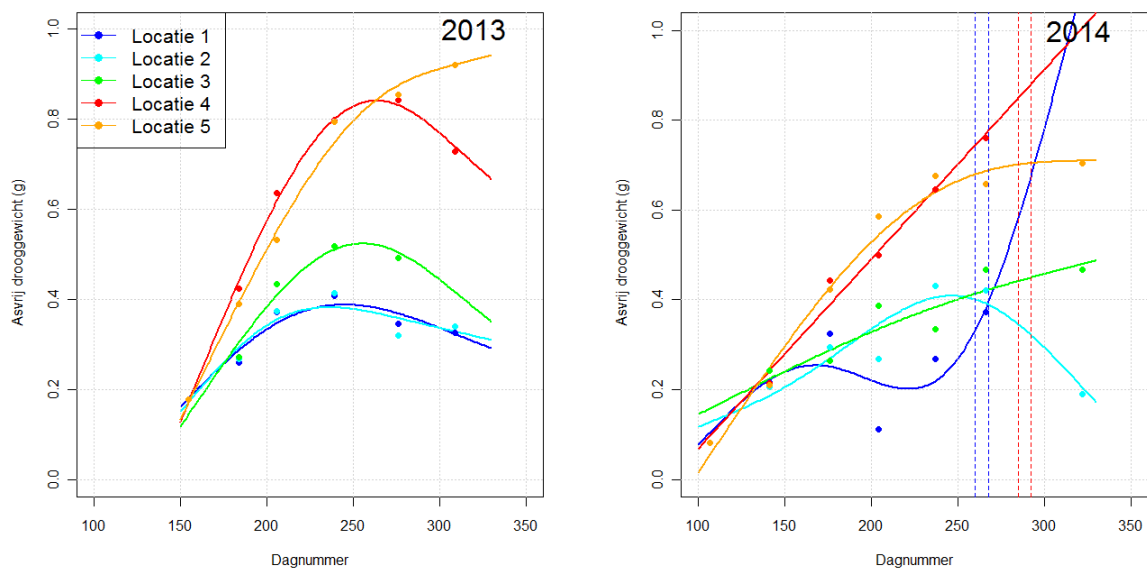
In Figuur 16 is te zien dat de mosselen over het algemeen in 2013 beter zijn gegroeid in lengte dan in 2014. Ook is te zien dat er in 2014 meer variatie is opgetreden. In beide jaren is de beste groei op de locaties 4 en 5 en de minste groei op de locaties 1 en 2. Dit komt ook overeen met de ervaring van de kwekers. Locaties 4 en 5, bij Burghsluis liggen bij de beste kweekpercelen van de hele Oosterschelde. De groei stabiliseert na dag 250 (begin september). In 2013 is er geen significant verschil in schelpenlengte ontwikkeling tussen locaties 1 en 2 ( $p=0,23$ ) en locaties 4 en 5 ( $p=0,08$ ). De overige verschillen tussen de locaties zijn wel significant. In 2014 is er ook geen significant verschil in lengtegroei tussen locaties 1 en 2 ( $p=0,14$ ) en de locaties 4 en 5 ( $p=0,28$ ). Er is geen duidelijk effect van de werkzaamheden bij Zierikzee (blauwe stippellijnen) en Burghsluis (rode stippellijnen) te zien op de lengtegroei. De stabilisatie in groei is normaal in deze periode en is ook te zien in 2013. Ook zijn er geen duidelijke verschillen tussen de locaties dicht bij de werkzaamheden (locaties 1 en 4) en de locaties verder weg van de werkzaamheden (locaties 2 en 5) in 2014.



Figuur 16: GAM regressie modellen voor de lengte ontwikkeling (mm) op de afzonderlijke locaties in 2013 (links) en 2014 (rechts). De verticale stippellijnen in 2014 geeft de periode van de werkzaamheden weer (blauw Zierikzee en rood Burghsluis). Op de x-as staat het dagnummer (dagen na 1 januari in dat jaar).

De ontwikkeling in asvrij drooggewichten in 2013 laten een duidelijk maximum zien rond dag 250 (begin september). Alleen op locatie 5 lijkt het individuele gewicht van de mosselen nog door te groeien in het najaar, maar op alle andere locaties neemt het individuele gewicht af tijdens het najaar. Er is geen

significant verschil tussen de locaties 1 en 2 ( $p=0,99$ ) en locaties 4 en 5 ( $p=0,09$ ) in 2013. De overige verschillen tussen de locaties zijn wel significant ( $p<0,05$ ). In 2014 is er duidelijk meer variatie in de groei in asvrij drooggewicht. Ook is te zien dat de mosselen in dit jaar minder hard groeien, maar wel langer doorgroeien in het najaar. Dit is ook geobserveerd bij de mosselveiling. De toenames van de asvrij drooggewichten op de locaties 1 en 4 na dag 266 (23 september) zijn een modelartefact en komen door de extrapolatie van het GAM model. Ook in dit jaar is er geen significant verschil tussen locaties 1 en 2. Ook is er geen significant verschil tussen locaties 1 en 3 ( $p=0,06$ ). In tegenstelling tot de overige GAM analyses zijn in dit jaar de verschillen tussen locaties 4 en 5 wel significant. Deze verschillen kunnen echter niet het gevolg zijn van de werkzaamheden omdat de verschillen reeds zijn opgetreden voordat de werkzaamheden bij Burghsluis zijn begonnen.



Figuur 17: GAM regressie modellen voor de asvrij-drooggewicht ontwikkeling (g) per mossel op de afzonderlijke locaties in 2013 (links) en 2014 (rechts). De verticale stippellijnen in 2014 geeft de periode van de werkzaamheden weer (blauw Zierikzee en rood Burghsluis). Op de x-as staat het dagnummer (dagen na 1 januari in dat jaar).

#### 4 Discussie en conclusies

Het onderzoek is opgezet om de effecten van de werkzaamheden aan de vooroever op de groei van mosselen te monitoren. Het was aanvankelijk de bedoeling om staalslakken te gebruiken bij deze werkzaamheden. Een eventueel effect van de stort met staalslakken zou zich kunnen uiten in een groeivertraging tijdens de zomer en/of een accumulatie van zware metalen in het mosselvlees. De staalslakken zouden door de aannemer in opdracht van Rijkswaterstaat worden aangebracht in de zomer van 2014. Gedurende twee groeiseizoenen (nulmeting in 2013 en effectmeting in 2014) zou de groei van de mosselen worden gevolgd op verschillende locaties en met elkaar vergeleken volgens een zogenaamde Before-After-Control-Impact (BACI)-benadering.

Uiteindelijk is er bij de verdediging van de vooroevers door de aannemer niet gewerkt met staalslakken, zoals oorspronkelijk het geval was, maar met zeegrind. Het onderzoek naar de effecten van de zware metalen uit de staalslakken op groei van- en accumulatie in de mosselen is daarmee komen te vervallen. Tijdens de monitoring in 2013 en 2014 zijn specifiek mosselen uitgezet, verzameld en bewaard in de vriezer voor de analyse van de zware metalen. Deze analyses zijn niet meer uitgevoerd omdat er bij de vooroeververdediging niet is gewerkt met staalslakken maar met zeegrind, waar geen zware metalen uit vrijkomen.

Het is wel mogelijk dat er tijdens de stort van het zeegrind slib is vrijgekomen in het water. Een hoge slibconcentratie in het water kan leiden tot verminderde voedselopname en daardoor groeivertraging bij mosselen (Wijsman e.a., 2012). In eerdere studies (Prins en Smaal, 1989) is aangetoond dat voedselopname afneemt bij slibconcentraties boven de  $50 \text{ mg l}^{-1}$  en dat groeivertraging optreedt bij concentraties hoger dan  $100 \text{ mg l}^{-1}$ . Er zijn geen gegevens bekend over de zwevend stofmetingen op de onderzoek locaties tijdens de stort van het zeegrind door de aannemer.

Voor het groeiseizoen is gekozen voor de periode mei tot en met oktober. De mosselen groeien over het algemeen het best in het voorjaar en tijdens de zomer, als de watertemperatuur hoog is en er voldoende voedsel (microalgen) voorhanden zijn (Wijsman en Brummelhuis, 2013). Bij de monitoring is gebruik gemaakt van halfwasmosselen. Dit omdat halfwasmosselen relatief hard groeien en eventuele effecten op de groei als gevolg van een ingreep is dan ook beter waar te nemen. Uiteindelijk zijn de werkzaamheden vertraagd en zijn de bestortingen bij Zierikzee uitgevoerd tussen 17 september en 25 september 2014 en bij Burghsluis tussen 12 en 18 oktober 2014. Een deel van de werkzaamheden is uitgevoerd in december en begin 2015, nadat de proef was afgelopen. Per locatie zijn er iedere maand 3 compartimenten verzameld voor de groeimetingen. Oorspronkelijk zaten er in ieder compartiment 20 mosselen. Door sterfte/predatie neemt het aantal mosselen per compartiment gedurende het seizoen af. Door individuele verschillen in groei neemt ook de variatie tussen de mosselen toe gedurende het seizoen. De power van de analyse om eventuele verschillen te kunnen aantonen neemt daardoor af naarmate het seizoen verloopt. In juli kon met bij een steekproefgrootte van 60 mosselen een verschil van 1,5 mm nog statistisch worden aangetoond. In de maanden oktober-november is dit minimale verschil dat nog statistisch kan worden aangetoond toegenomen naar 2,6 mm (zie bijlage A). Doordat er uiteindelijk pas eind september (Zierikzee) en oktober (Burghsluis) 2014 is gestort, is de kans beperkt dat kleine verschillen in groei als gevolg van de werkzaamheden, statistisch kunnen worden aangetoond. Dit wordt versterkt doordat de mosselen aan het eind van het groeiseizoen minder hard groeien. Grotere verschillen (meer dan 2,6 mm) kunnen nog wel worden aangetoond.

Uit de meetgegevens is geen significant aantoonbaar effect gevonden van de werkzaamheden bij Burghsluis en Zierikzee op de groei van de mosselen die voor dit onderzoek op 5 locaties in mandjes zijn uitgezet. Uit de groeimetingen blijkt dat er een duidelijk verschil is in groei van de mosselen op de locatie Zierikzee, waar de mosselen zowel in 2013 als in 2014 het minst hard zijn gegroeid en de locatie Burghsluis waar de mosselen in beide jaren het hardst zijn gegroeid. De groei van de mosselen op de

referentielocatie (Neeltje Jans) zat tussen de groei bij Zierikzee en Burghsluis in. De betere groei van mosselen op de locatie Burghsluis is het gevolg van de goede voedselsituatie in vergelijking met Zierikzee. De percelen bij Burghsluis zijn bij de kwekers ook bekend als de beste groeipercelen in de Oosterschelde. In 2013 neemt de lengtegroei en het individueel gewicht af na september. In 2014 is de groei van de mosselen minder dan in 2013, maar groeien de mosselen nog langer door gedurende het najaar. Mogelijk hebben de gunstige weerscondities (2014 had een relatief warm najaar) hierbij een rol gespeeld.

In dit onderzoek zijn de metingen uitgevoerd met behulp van mosselen in mandjes. Het voordeel hiervan is dat er op iedere locatie gebruik is gemaakt van hetzelfde uitgangsmateriaal. Hierdoor zijn de verschillende locaties beter met elkaar te vergelijken. Tevens was het mogelijk om aan het begin van het experiment mosselen van eenzelfde lengte te selecteren. Hierdoor is de variatie geminimaliseerd waardoor verschillen in groei beter zijn waar te nemen. De groei van mosselen in mandjes is echter niet representatief voor de mosselen op de kweekpercelen. Doordat de mosselen in de mandjes zich vlak boven de zeebodem bevinden, en niet verspreid over de bodem liggen is de beschikbaarheid van het voedsel voor de mosselen in de mandjes anders. Ook de overleving zal in de mandjes niet hetzelfde zijn. De experimenten zijn niet bedoeld om representatief te zijn voor de groei van de mosselen op de percelen, maar om te onderzoeken of er een verschil is in groei tussen de verschillende locaties, en meer specifiek of er een effect is van de werkzaamheden aan de vooroever op de groei van de mosselen. Hiervoor zijn er zowel bij Burghsluis als bij Zierikzee twee locaties onderzocht. Eén locatie direct op of naast de stort en een tweede locatie op ruim 600 meter van de werkzaamheden. De verwachting is wel dat de ruimtelijke en temporele verschillen in groei die wordt gemeten in de mandjes representatief zijn voor de verschillen op de kweekpercelen waar de mandjes hebben gestaan.

De mandjes waarin de mosselen zijn uitgezet vormen ook een uitstekend substraat voor diverse organismen. In het voorjaar van 2014 zijn er op de locaties 4 en 5 eipakketten van pijlinktvis en later eipakketten van sepia's aangetroffen. In de mandjes op de locaties 1 en 2 is er ook aangroei van zakpijpen opgetreden. Voor de mosselen in de mandjes is het van belang dat de torens niet zodanig worden overwoekerd dat de aanvoer van voedsel wordt beperkt. Gezien de goede groei van de mosselen lijkt dit in beide jaren niet het geval te zijn geweest. Ondanks de kleine maaswijdte (5 mm) van de mandjes zijn er toch kleine zeesterren en krabben in de mandjes terecht gekomen. Dit heeft niet geleid tot opvallende predatie in de mandjes.

Door de kwekers en de vakdeskundige visserij van het ministerie van EZ is er na de uitvoering van de werkzaamheden bij Zierikzee sterfte van mosselen waargenomen op de percelen in de buurt van de stortlocatie. De monitoring met de mandjes is niet specifiek gericht op een kwantificering van de sterfte maar op de groei van de mosselen als gevolg van de uitgevoerde werkzaamheden. In de mandjes nabij vooroeververdedigingen is geen verhoogde sterfte van mosselen geconstateerd vlak na de werkzaamheden.

Op basis van voorliggend onderzoek kan worden geconcludeerd dat er geen significante effecten zijn aangetoond van de werkzaamheden aan de vooroever bij Zierikzee en Burghsluis op de groei van mosselen in de mandjes. De power van het onderzoek is echter beperkt doordat de er is afgeweken van de oorspronkelijke planning van de werkzaamheden en pas laat in 2014 is begonnen met de stort.

## **5 Kwaliteitsborging**

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

## 6 Referenties

- Prins, T. C. en A. C. Smaal (1989) Carbon and nitrogen budgets of the mussel *Mytilus edulis* L. and the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in relation to food quality. *Scientia Marina* 53: 477-482.
- Van den Heuvel-Greve, M. J., A. Van den Brink, S. Glorius, C. Schipper, M. J. De Kluijver en M. Dubbeldam (2011) Monitoring vooroeververdediging Oosterschelde 2010: T<sub>1</sub> Cluster 1 / T<sub>0</sub> Cluster 2. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C029/11, 69 pagina's.
- Wijsman, J. W. M., M. Dedert, T. Schellekens, L. Teal en Y. J. G. Van Kruchten (2012) Adaptive Monitoring Strategies in dredging; Case Study Mussels – Modeling the effect of dredging on filter-feeding bivalves. IMARES, Ecoshape, Rapport nummer: C123/12, 52 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. en E. Brummelhuis (2013) Proefsuppletie Schelphoek: Monitoring effecten op mosselgroei. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C046/13, 31 pagina's.

## Verantwoording

Rapport C063/15

Projectnummer: 4303105501

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Drs. M.J. van den Heuvel-Greve  
Onderzoeker afdeling Delta



Handtekening:

Datum: 16 april 2015

Akkoord: Dr. ing. R.E. Trouwborst  
Hoofd afdeling Delta en Aquacultuur

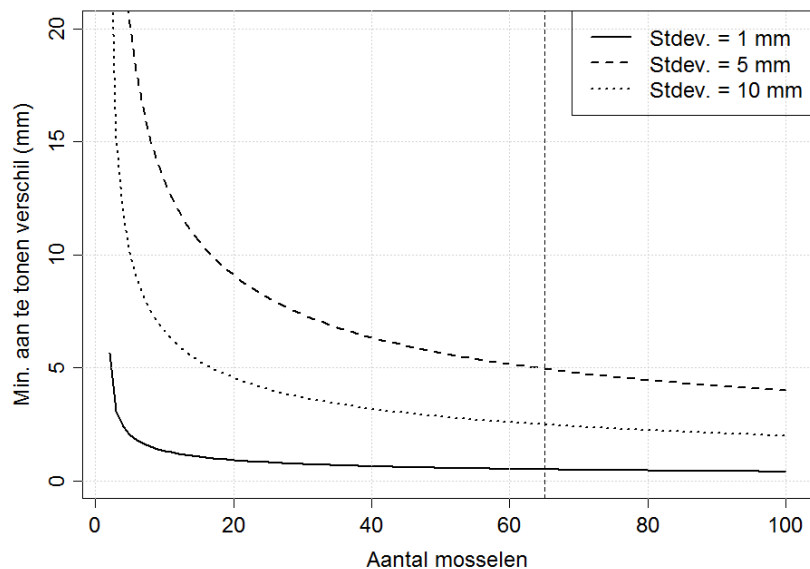


Handtekening:

Datum: 16 april 2015

## Bijlage A: Power analyse

Om een gevoel te krijgen hoeveel mosselen er nodig zijn om een bepaald verschil in schelpenlengte significant aan te kunnen tonen is een power analyse uitgevoerd. In Figuur 18 is het minimum aan te tonen verschillen als functie van het aantal gemeten mosselen uitgezet. Dit is gedaan voor drie verschillende standaarddeviaties (1,5 en 10 mm). Een standaarddeviatie van 1 mm komt overeen met de standaarddeviatie op het moment dat de mosselen zijn uitgezet. De standaarddeviatie van 10 mm komt overeen met de standaarddeviatie van de mosselen aan het eind van het experiment. De berekeningen zijn uitgevoerd met een power van 0,8 en een  $\alpha$  van 0,05. Bij een steekproefgrootte van 65 mosselen is het minimale verschil dat kan worden aangetoond tussen twee steekproeven 0,5 mm bij een standaarddeviatie van de populatie van 1 mm. Bij een standaarddeviatie van de populatie van 5 mm is het verschil 2,5 mm en bij een standaarddeviatie van 10 mm is het minimum aan te tonen verschil 5,0 mm.



Figuur 18: Minimum statistisch aan te tonen verschil in schelpenlengte (mm) tussen twee steekproeven als functie van het aantal mosselen dat is gemeten. De verschillende lijnen zijn voor een gegeven standaard deviatie van de populatie van respectievelijk 1, 5 en 10 mm. De verticale stippellijn staat voor een steekproefgrootte van 65 mosselen.

In de zomerperiode (juli) is de standaard deviatie van de schelpenlengte van de mosselen in de mandjes ongeveer 3 mm. Aan het eind van het jaar (oktober november) is de standaard deviatie toegenomen naar 5 mm. Bij een steekproef van 60 mosselen is het minimale aan te tonen verschil bij een standaarddeviatie van 3 mm 1,5 mm. Bij een standaard deviatie van 5 mm is het minimale aan te tonen verschil bij een steekproef van 60 mosselen toegenomen naar 2,6 mm.