



---

# Monitoring mosselgroei Flakkeese spuisluis

## Resultaten T0 bemonstering 2016

Auteurs: J.W.M. Wijsman, E. Brummelhuis, A.C.M. Van Gool

Wageningen University &  
Research Rapport C126/16

---

# Monitoring mosselgroei Flakkeese spuisluis

Resultaten T<sub>0</sub> bemonstering 2016

Auteur(s): J.W.M. Wijsman, E. Brummelhuis, A.C.M. Van Gool

Publicatiedatum: 19-12-2016

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Natuurambitie Grote Wateren' (projectnummer BO-11-018.01-006).

Wageningen Marine Research Yerseke, december 2016

---

Wageningen Marine Research rapport C126/16

---

J.W.M. Wijsman, 2016. *Monitoring mosselgroei Flakkeese spuisluis; Resultaten T0 bemonstering 2016*. Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C126/16. 33 blz.

Keywords: Grevelingenmeer, Oosterschelde, zuurstofconcentratie, conditie.

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken  
T.a.v.: Mevr. Astrid Hilgers  
Bezuidenhoutseweg 73  
2594 AC Den Haag

BO-11-018.01-007

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/401400>  
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© 2016 Wageningen Marine Research Wageningen UR

Wageningen Marine Research, onderdeel  
van Stichting Wageningen Research  
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 Wageningen Marine Research is niet aansprakelijk voor  
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de  
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen  
Marine Research opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research 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 V24

---

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Doelstelling	5
1.3 Aanpak	5
1.4 Dankwoord	6
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>7</b>
2.1 Onderzoekslocatie	7
2.2 Groeimetingen mosselen	8
2.3 Metingen zuurstof en temperatuur	11
2.4 Data analyse	11
<b>3 Resultaten</b>	<b>12</b>
3.1 Initiële lengteverdelingen	12
3.2 Temperatuur en zuurstofverloop	12
3.3 Overleving	14
3.4 Schelp lengte	15
3.5 Gewicht	17
3.6 Vleespercentage	20
3.7 Trends door het seizoen	21
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>23</b>
4.1 Conclusies	23
4.2 Aanbevelingen	24
<b>5 Kwaliteitsborging</b>	<b>25</b>
<b>Literatuur</b>	<b>26</b>
<b>Verantwoording</b>	<b>27</b>
<b>Bijlage 1    Additionele metingen Hangcultuur</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage 2    Resultaten GAM analyses</b>	<b>30</b>

---

# Samenvatting

In de winter van 2016/2017 zal de Flakkeese spuisluis in de Grevelingendam weer in gebruik worden genomen. De spuisluis, bestaande uit een hevel, vormt een verbinding tussen het Grevelingenmeer en de Oosterschelde. Door het openen van de hevel zal als gevolg van het getij op de Oosterschelde water heen en weer worden getransporteerd tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. De verwachting is dat door de toename in waterbeweging de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer zal verbeteren, met name nabij de bodem waar zuurstofloosheid optreedt. Om deze veranderingen te kunnen monitoren zijn er mosselen uitgezet in speciale mandjes op twee locaties in het Grevelingenmeer en twee locaties in de Oosterschelde. De groei en ontwikkeling van de mosselen kan worden gebruikt als een indicator voor de waterkwaliteit en -productiviteit. Doordat de mosselen gedurende een periode van enkele maanden zijn uitgezet, zijn de groeimetingen de resultante van de waterkwaliteit over die hele periode. Ook zijn in het Grevelingenmeer continue-metingen verricht voor zuurstofconcentratie (alleen bij de bodem) en temperatuur (nabij de bodem en het wateroppervlak). Dit rapport beschrijft de situatie in 2016 vóór de ingebruikname van de hevel (de zogenaamde  $T_0$ -meting). In 2017, en mogelijk 2019 zullen de metingen worden herhaald om de situatie na ingebruikname te meten en de veranderingen te kunnen kwantificeren.

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat op de bodem van het Grevelingenmeer in de nabijheid van de Flakkeese spuisluis de waterkwaliteit op dit moment onvoldoende is waardoor de mosselen nauwelijks kunnen overleven. Op de locatie die het verst van de spuisluis ligt zijn alle mosselen bij de bodem (ca 12 meter diepte) dood gegaan en op de locatie die dichterbij de spuisluis ligt konden mosselen nabij de bodem (ca 8 meter diepte) weliswaar overleven maar groeide zeer slecht. Ook in de Oosterschelde groeiden de mosselen die zijn uitgezet op de bodem op beide locaties zeer slecht. De kwaliteit van de mosselen is zelfs slechter dan de mosselen op de bodem van de ondiepere locatie in het Grevelingenmeer. De mosselen in de Oosterschelde zijn echter niet massaal doodgegaan.

De mosselen die vlak onder de wateroppervlakte zijn uitgezet groeiden aanzienlijk beter dan op de bodem. In de Oosterschelde was de groei beter dan in het Grevelingenmeer. Het verschil in groei tussen bodem en wateroppervlak suggereert dat er een duidelijk verschil is in waterkwaliteit (voedsel, zuurstof) tussen de bodem en het wateroppervlak en dat deze lagen zowel in het Grevelingenmeer als in de Oosterschelde niet volledig zijn gemengd.

De huidige  $T_0$  meting biedt een goede basis om de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis in kaart te brengen. De verwachting is dat er betere menging van het water zal optreden, zowel horizontaal als verticaal in de waterkolom waardoor de gelaagdheid in zuurstofconcentratie en temperatuur die zichtbaar waren tijdens de  $T_0$  meting zullen verminderen. Mogelijk zullen de zuurstofcondities aan de bodem voor de locaties in het Grevelingenmeer verbeteren zodat er minder sterfte zal optreden. Ook is de verwachting dat de waterkwaliteit nabij de bodem aan de Oosterschelde zal gaan verbeteren door een betere verversing van het water. Omdat er meer horizontale waterbeweging gaat komen zullen de locaties door een groter gebied worden beïnvloed. Dit zou ook in de toplaag kunnen leiden tot een betere voedselaanvoer en daarmee betere groei van de mosselen.

Een  $T_1$  meting in 2017, als de Flakkeese spuisluis in werking is getreden, en eventueel een herhaling van de meting in 2019 zal hier uitsluitsel over geven.

---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De waterkwaliteit in het Grevelingenmeer is reeds een aantal jaren van onvoldoende kwaliteit beoordeeld vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water. Door de beperkte wateruitwisseling treedt regelmatig zuurstofloosheid op in de diepere delen (Wijsman, 2002) waardoor de waterkwaliteit achteruit gaat. Vooral in het oostelijk deel van het meer, nabij de Grevelingendam, treedt stankoverlast op door afstervende macroalgen.

RWS gaat de Flakkeese Spuisluis (FSS) in de Grevelingendam, na 30 jaar stilstand, in de winter van 2016/2017 weer in gebruik nemen. Door middel van hevelwerking kan water als gevolg van het getij op de Oosterschelde heen en weer stromen tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. De hevel is in 1984 gebouwd om het zoutgehalte in de Noordelijke tak van de Oosterschelde en Krabbenkreek tijdens de afbouw van de Oosterscheldewerken op peil houden (Haas e.a., 2006). Na de voltooiing van de Oosterscheldewerken in 1987, had de spuisluis geen functie meer en is sindsdien niet meer in bedrijf geweest. Door de Flakkeese Spuisluis opnieuw in gebruik te nemen zal de wateruitwisseling tussen de Oosterschelde en het Grevelingenmeer verbeteren en daarmee de waterkwaliteit in het oostelijk deel van het Grevelingenmeer. Via zes kokers in de FSS zal er water vanuit het Grevelingenmeer naar de Oosterschelde kunnen stromen en weer terug. De spuisluis heeft een daggemiddelde capaciteit van ongeveer  $70 - 80 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . De verbeterde uitwisseling van het water moet leiden tot positieve effecten op de natuurwaarden van het Grevelingenmeer, met name voor het bodemleven (Haas e.a., 2006). Tevens zou dit kunnen leiden tot betere kansen voor schelpdierkweek in dit gebied (Smaal en Wijsman, 2014; Wijsman e.a., 2014).

Monitoring, zowel voor als na de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis, is van groot belang om de effecten te kunnen registreren en kwantificeren. Hieruit kunnen tevens lessen worden getrokken omtrent de effecten van het geplande doorlaatmiddel in de Brouwersdam.

## 1.2 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is de  $T_0$  situatie (voor de ingebruikname van de hevel) vast te leggen met betrekking tot de groei en overleving van mosselen. Mosselen worden hierbij gebruikt als indicator voor de kwaliteit en productiviteit van het water. Als de waterkwaliteit of de hoeveelheid voedsel in het water gedurende langere periode slecht is zullen de mosselen slecht groeien en eventueel dood gaan.

Naast dit monitoringsprogramma is er ook nog een meetprogramma dat wordt uitgevoerd door Rijkswaterstaat waarbij de effecten van opwervelend slib op de concentraties zwevend stof in het water in kaart worden gebracht.

## 1.3 Aanpak

Voor dit onderzoek zijn mosselen in de buurt van de Flakkeese spuisluis (zowel aan de Oosterschelde als de Grevelingenmeer zijde) uitgezet in mandjes, zowel op de bodem als vlak onder het wateroppervlak in de waterkolom. De schelpdieren zijn maandelijks bemonsterd om de groei, ontwikkeling en overleving te bepalen. De meting zal na de ingebruikname worden herhaald om zo de effecten van de Flakkeese spuisluis in beeld te kunnen brengen.

Het is de bedoeling om in de winter van 2016/2017 de spuisluis in gebruik te nemen. Echter vanaf 1 april 2017 zal de spuisluis mogelijk weer voor een half jaar worden gesloten omdat er werkzaamheden

---

moeten worden verricht in het kader van het Tidal Technology Center Grevelingendam (TTC-GD). Als dat gaat gebeuren zal dit consequenties hebben voor de T<sub>1</sub> meting die voor 2017 staat gepland.

## 1.4 Dankwoord

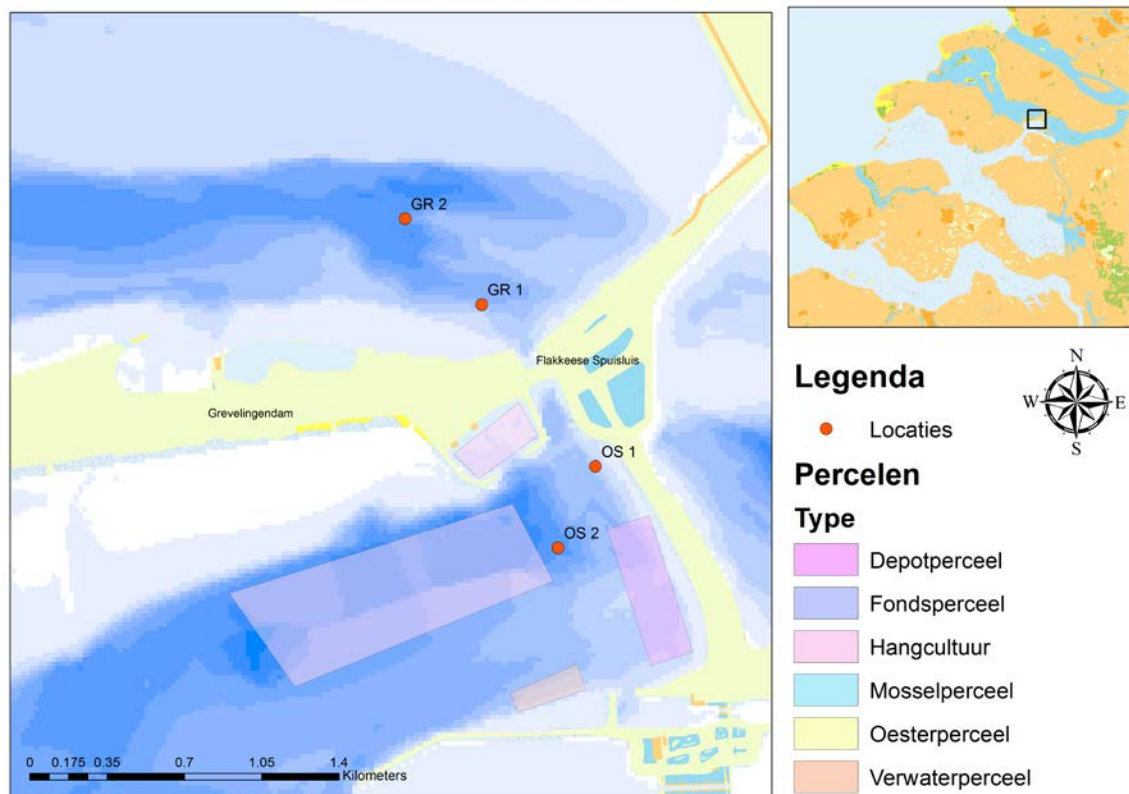
Hierbij willen de auteurs de bemanning van de MS Regulus en de vakdeskundigen visserij van het Ministerie van Economische Zaken (Dhr. Harry Heidekamp en Dhr. Gert-Jan van Veen) danken voor het uitvoeren van de bemonsteringen. De projectbegeleiding vanuit het ministerie van Economische Zaken was in handen van Dhr. Erik Jan van der Meer. De heren Bart en Arthur Landa van Mosselhangcultuur Landa B.V. zijn we dankbaar dat we de experimenten bij hun hangcultuur hebben mogen uitvoeren en dat we gebruik hebben kunnen maken van hun mosselen. Marijn Tangelder, Wouter van Heusden en Erik Jan van der Meer hebben waardevolle commentaren gegeven op een conceptversie van dit rapport.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het EZ-programma Beleidsondersteunend Onderzoek thema 'Natuurambitie Grote Wateren', projectnummer BO-11-018.01-006.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Onderzoekslocatie

Het onderzoeksgebied bevindt zich rond de Flakkeese Spuisluis (Figuur 1). De monitoring is uitgevoerd op 4 locaties (Tabel 1). Twee in het Grevelingenmeer, ten noorden van de Flakkeese spuisluis (GR 1 en GR 2) en twee in de Oosterschelde aan de zuidzijde van de Flakkeese spuisluis (OS 1 en OS 2). GR 1 bevindt zich op ca 400 meter van de spuisluis op een waterdiepte van ongeveer 8 meter. De locatie GR 2 ligt verder weg van de Flakkeese spuisluis (ca 900 m) op een waterdiepte van ongeveer 12 m. OS 1 bevindt zich op een waterdiepte van ongeveer 6 meter en een afstand van ca 400 meter van de spuisluis. Aanvankelijk was deze locatie iets meer naar het westen voorzien, maar omdat het dan in de weg lag voor de aannemer is deze op 12 juli verplaatst. De locatie OS 2 bevindt zich op een afstand van ca 800 meter en ligt op een waterdiepte van 13 meter. Deze locatie bevindt zich vlak naast de hangcultuur van Mosselhangcultuur Landa B.V.



**Figuur 1.** *Ligging van de onderzoekslocaties bij de Flakkeese spuisluis. De overzichtskaart rechtsboven laat zien waar deze spuisluis zich bevindt binnen de zuidwestelijke delta.*

**Tabel 1.** *Coördinaten van de locaties.*

Locatie	NB	OL
GR 1	51° 40.88'	4° 8.67'
GR 2	51° 41.09'	4° 8.38'
OS 1	51° 40.37'	4° 9.22'
OS 2	51° 40.28'	4° 9.09'



## 2.2 Groeimetingen mosselen

Om de groei en overleving van mosselen te volgen zijn er op iedere locatie drie torens met gestapelde mandjes geplaatst, gevuld met halfwas mosselen. Twee torens op de bodem (A en B) en één toren hangend aan een boei in de water kolom op een diepte van ongeveer 2 meter onder het water oppervlak. De torens op de bodem bestaan uit 5 ringen. De bovenste en onderste ringen waren leeg en dienden respectievelijk als deksel en als buffer ter voorkoming dat de onderste mosselen in de slik wegzakken. De toren in de waterkolom bestond uit 7 ringen (Figuur 2), waarbij de bovenste ring als deksel diende.

Iedere ring was verdeeld in 4 compartimenten (Figuur 3). Aan het begin van ieder experiment (9 juni 2016) zijn de compartimenten gevuld met 25 mosselen van ongeveer gelijke lengte. Per toren op de bodem zijn er 300 mosselen gebruikt (25x4x3). Deze torens zijn verzwaard met een betontegel (60 x 60 cm) aan de onderzijde. Voor de torens in de waterkolom zijn 600 mosselen gebruikt (25x4x6). Deze torens zijn niet verzwaard. De torens zijn via een touw bevestigd aan een boei waardoor de torens eenvoudig zijn te bemonsteren vanaf een schip.



**Figuur 2.** *Bemonstering van een toren uit de waterkolom in het Grevelingenmeer door de bemanning van de MS Regulus.*



**Figuur 3.** *Iedere ring is onderverdeeld in 4 compartimenten. Op deze foto is te zien dat er grote sterfte was onder de mosselen (openstaande schelpen) in de mand op de bodem van locatie GR 2 in het Grevelingenmeer. Slechts enkele mosselen waren in augustus nog levend op deze locatie.*

Bij de start van het experiment is uitgegaan van halfwas mosselen met een schelpenlengte van ongeveer 3,5 cm, die in de week voorafgaand aan het experiment door de bemanning van de MS Regulus zijn opgevisst van een kweekperceel in de Oosterschelde (OSWD 120). Het voordeel van het gebruik van halfwas mosselen is dat deze nog veel groeipotentie hebben. 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 ruim 5000

mosselen uitgezocht van ongeveer 3,5 cm. Uit deze groep mosselen zijn random 8 monsters van 25 mosselen genomen. Van deze 200 mosselen is de individuele schelplengte gemeten. Per monster (25 mosselen) is het gewicht bepaald (versgewicht, vleesgewicht en asvrij drooggewicht). De rest van de mosselen is in de mandjes geplaatst en uitgezet op de onderzoekslocaties.

De manden met mosselen uitgezet op 9 juni 2016 (Tabel 2). Ze zijn er weer uitgehaald op 8 november 2016. Iedere maand is er een bemonstering uitgevoerd. Per locatie zijn er telkens 2 torens bemonsterd, één van de bodem en één hangend in de waterkolom. Per toren zijn alle 4 compartimenten uit één ring bemonsterd. Deze vier monsters zijn als pseudoreplica's behandeld. Op 8 november 2016 zijn alle resterende compartimenten verzameld. Per compartiment zijn de mosselen in een gelabelde zak gedaan en geanalyseerd.

Tijdens de bemonstering op locatie OS 2 op 8 november 2016 is de toren in de waterkolom (OS 2 top) verloren waardoor er geen bemonstering meer mogelijk was voor deze locatie.

**Tabel 2.** *Overzicht van het aantal bemonsterde compartimenten per locatie en datum van de bemonstering.*

Datum	GR 1 Bodem	GR 1 Top	GR 2 Bodem	GR 2 Top	OS 1 Bodem	OS 1 Top	OS 2 Bodem	OS 2 Top
12 juli 2016	4	4	4	4	4	4	4	4
8 aug 2016	4	4	4	4	4	4	4	4
6 sept 2016	4	4	4	4	4	4	4	4
6 okt 2016	4	4	4	4	4	4	4	4
8 nov 2016	8	8	8	8	8	8	8	0 <sup>#</sup>

<sup>#</sup> Toren verloren tijdens de bemonstering

Het aantal mosselen per compartiment is geteld en de schelplengte is gemeten met een elektronische schuifmaat. Per compartiment zijn de mosselen na "drinken" (enige tijd in zout water) 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 verwijderd uit de schelp en gewogen (vleesgewicht). Het vleespercentage (%) is berekend door het vleesgewicht te delen door het versgewicht en te vermenigvuldigen met 100. Het drooggewicht (70 °C) en het Asvrij Drooggewicht (540 °C) van het vlees is bepaald met behulp van respectievelijk een droogoven en een verassingsoven. Wegens een storing in de verassingsoven zijn de metingen van het drooggewicht en het asvrij drooggewicht van 6 september voor de locaties GR 2 top, GR 1 top en OS 1 top verloren gegaan.



**Figuur 4.** Mosselzaad dat massaal is gevallen op een toren op de locatie OS 1 top (augustus 2016).

Doordat de torens een goed substraat zijn voor organismen zoals zakpijpen, zeepokken, oesters en mosselen zijn de torens uit voorzorg regelmatig (maandelijks, tijdens de bemonstering) schoongemaakt zodat het water met voedsel de mosselen in de mandjes kon bereiken. Dit is gedaan door de mosselen over te plaatsen naar nieuwe, schone mandjes. Vooral de torens in de waterkolom waren regelmatig begroeid met organismen. De torens op de bodem hadden hier minder last van. Het mosselzaad dat in de mandjes terecht was gekomen (Figuur 4) is iedere keer verwijderd.

Per maand zijn er op iedere locatie 4 (in november 8) compartimenten verzameld voor de lengtemetingen. Dit komt neer op maximaal  $4 \times 25 = 100$  (en in november 200) mosselen per toren. Door sterfte zaten er zijn er minder dan de 100 (of 200) mosselen die er bij de start zijn in gedaan doorgemeten (Tabel 3). De overleving is berekend door het aantal levende mosselen te delen door het aantal mosselen dat er aan de start van het experiment in is gedaan.

**Tabel 3.** Overzicht van het aantal mosselen waarvan de lengte is gemeten per locatie en datum van de bemonstering.

Datum	GR 1 Bodem	GR 1 Top	GR 2 Bodem	GR 2 Top	OS 1 Bodem	OS 1 Top	OS 2 Bodem	OS 2 Top
12 juli 2016	82 <sup>B</sup>	92	0 <sup>A</sup>	79	83 <sup>A</sup>	78	81 <sup>A</sup>	80
8 aug 2016	80 <sup>A</sup>	70	26 <sup>B</sup>	69	62 <sup>A</sup>	78	67 <sup>A</sup>	74
6 sept 2016	68 <sup>B</sup>	71	14 <sup>B</sup>	70	69 <sup>B</sup>	72	62 <sup>B</sup>	67
6 okt 2016	10 <sup>B</sup>	67	0 <sup>B</sup>	58	60 <sup>A</sup>	55	52 <sup>A</sup>	64
8 nov 2016	94 <sup>A</sup>	112	0 <sup>A</sup>	124	102 <sup>B</sup>	98	96 <sup>B</sup>	0 <sup>#</sup>

<sup>#</sup> Toren verloren tijdens de bemonstering

<sup>A</sup> Toren A bemonsterd

<sup>B</sup> Toren B bemonsterd

---

## 2.3 Metingen zuurstof en temperatuur

Op iedere locatie is de temperatuur gemeten met een Hobo data logger. Ieder half uur is de temperatuur gemeten. Tijdens iedere bemonstering zijn de dataloggers uitgelezen. Op de locatie GR 1 top is de temperatuur pas vanaf 12 juli gemeten. Op de locatie OS 1 top is de temperatuurlogger er tussen 6 september en 6 oktober 2016 uit geweest. Doordat de toren van de locatie OS 2 top tijdens de bemonstering van 8 november is verloren zijn er voor deze locatie geen temperatuurmetingen na 6 oktober beschikbaar (tijdstip van een-na laatste meting).

Op de locaties GR 1 bodem en GR 2 bodem zijn de zuurstofconcentraties van het water geregistreerd vanaf 8 augustus 2016 met behulp van een Hobo zuurstof logger. Een optische sensor meet de zuurstof concentratie in  $\text{mg l}^{-1}$ . De zuurstofconcentratie is ieder kwartier gemeten.

Van zowel de temperatuurmetingen als de zuurstofmetingen is het lopend gemiddelde berekend. Voor de temperatuurmetingen is het lopend gemiddelde met een interval van een dag gebruikt en voor de zuurstofmetingen is een interval van een halve dag gebruikt.

## 2.4 Data analyse

De resultaten zijn uitgezet in tijdreeksen vanaf de start van de meting (9 juni) tot 8 november wanneer de meting is afgebroken. Per bemonsteringsdatum zijn de 25- en 75-percentielen voor alle metingen berekend om de bandbreedte van de observaties weer te geven. Vervolgens zijn de gemiddelde waarden van de metingen per locatie daar overheen geplot.

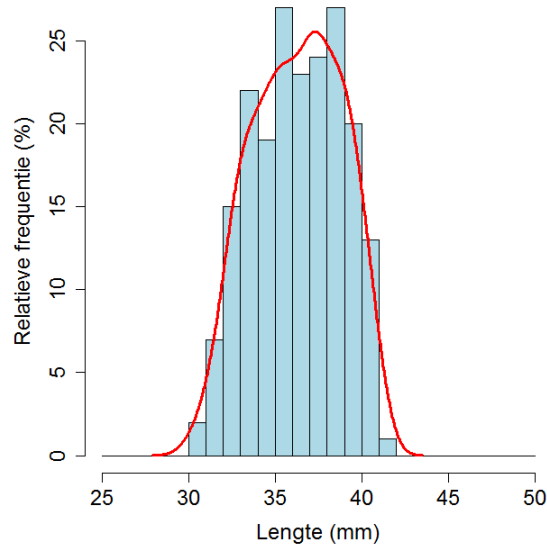
Voor de laatste meting (8 november) zijn boxplots gemaakt en zijn de verschillen tussen de locaties getest door middel van een ANOVA gevolgd door een Tukey HSD pairwise *post-hoc* comparison ( $\alpha=0,05$ ). Voor de vleespercentages zijn de resultaten daarbij eerst getransformeerd door middel van een 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 (Generalized Additive Model) analyse uitgevoerd. De verschillen tussen de 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). De modellen zijn hierdoor gewogen voor het aantal observaties.

## 3 Resultaten

### 3.1 Initiële lengteverdelingen

Bij de aanvang van het experiment zijn er 200 mosselen op lengte gemeten. De gemiddelde lengte van de mosselen bij de start van het experiment was 36,3 mm (st. dev 2,55 mm) (Figuur 5).

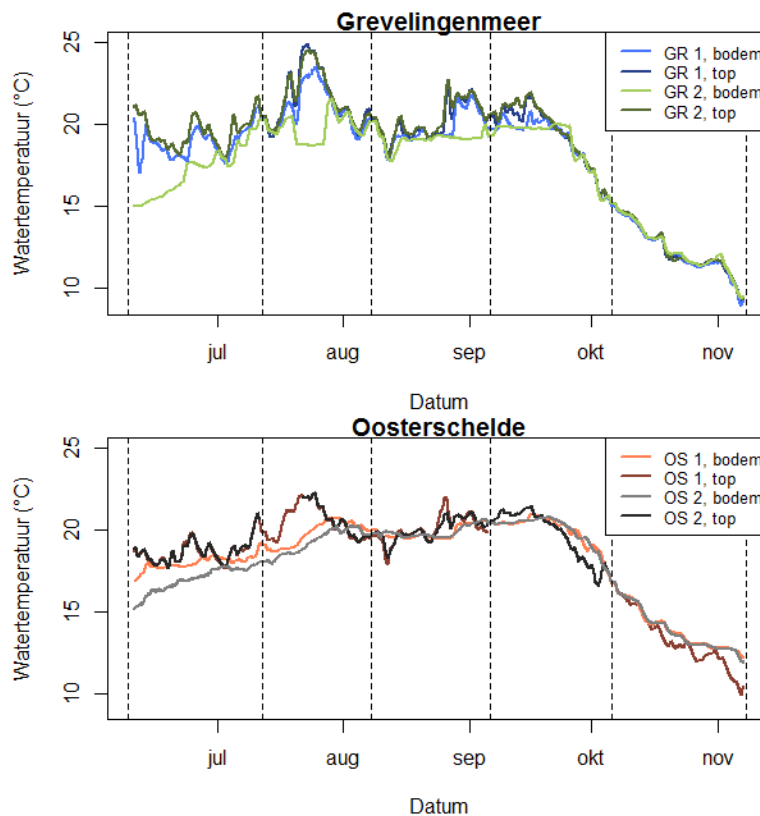


**Figuur 5.** *Lengte frequentieverdeling van de mosselen bij de aanvang van het experiment (9 juni 2016). De getrokken lijn geeft de gefitte dichtheidsfunctie weer.*

### 3.2 Temperatuur en zuurstofverloop

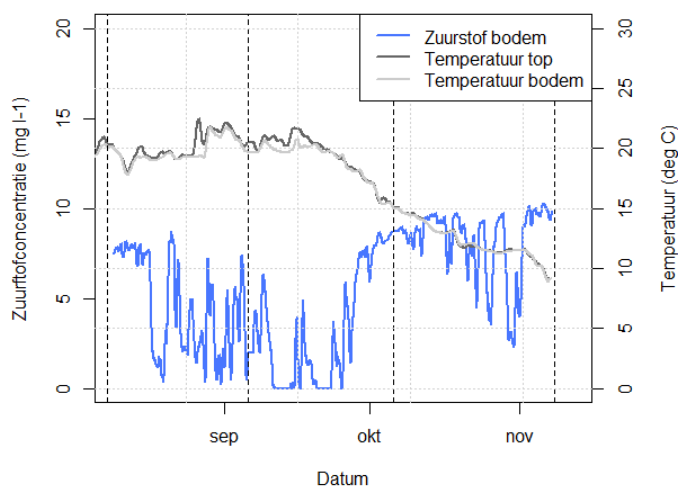
In Figuur 6 is het temperatuurverloop te zien over de verschillende locaties. Bij de aanvang van het experiment in juni was het water al relatief warm. In het stagnante Grevelingenmeer is de temperatuurrange het grootst. In het getijdenwater van de Oosterschelde wordt de temperatuur variatie meer gedempt. De hoogste temperaturen zijn waargenomen in het oppervlakte water in het Grevelingenmeer in juli. Half september begint het water af te koelen en tijdens de laatste bemonstering in november is het water in Het Grevelingenmeer 10 graden. In de Oosterschelde is het water dan nog iets warmer. De metingen aan het water oppervlakte in het Grevelingenmeer (GR 1 top en GR 2 top) en de Oosterschelde (OS 1 top en OS 2 top) liggen vrijwel op elkaar. In juni en juli is het water van de Oosterschelde bij de bodem kouder (vooral op de diepere locatie OS 2) dan aan het oppervlakte terwijl in het najaar het water bij de bodem juist iets warmer is.

In het Grevelingenmeer zijn er duidelijk perioden van temperatuurstratificaties te zien op de diepe locatie (GR 2). In de periode dat het water in de bovenste laag snel opwarmt (rond 20 juli, 15 augustus en 8 september) is te zien dat de temperatuur bij de bodem constant blijft en niet mengt met het warmere water in de toplaag. Op de ondiepere locatie GR 1 is dit minder uitgesproken en lijkt het dat er betere menging mogelijk is tussen de waterlagen.



**Figuur 6.** *Temperatuurverloop (lopend gemiddelde) op de locaties in het Grevelingenmeer (boven) en de Oosterschelde (onder). De verticale stippellijnen geven de bemonsteringsmomenten weer.*

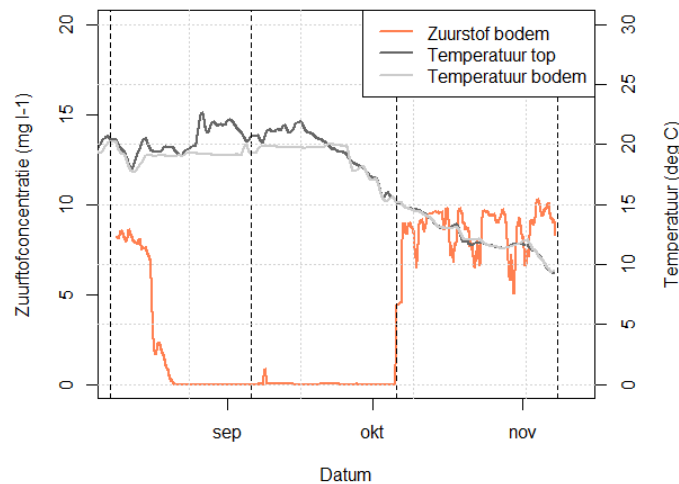
De zuurstof concentratie op de locatie GR 1 fluctueert in deze periode sterk tussen 0 en 9 mg l<sup>-1</sup> (Figuur 7). In de perioden 11 tot en met 16 september en 20 tot en met 23 september is het water bij de bodem gedurende meerdere dagen zuurstofloos. Na 27 september neemt de gemiddelde zuurstofconcentratie van het water duidelijk toe, hoewel er toch nog perioden zijn met lage zuurstofconcentraties.



**Figuur 7.** *Lopend gemiddelde zuurstofconcentratie (blauw) van het bodemwater op de locatie GR 1. De grijze lijnen geven de gemeten watertemperatuur bij de bodem (lichtgrijs) en aan het wateroppervlakte (donkergrijs).*

Op de locatie GR 2 lijkt het water bij de bodem gedurende langere periode zuurstofloos te zijn. De zuurstofconcentratie neemt af vanaf 8 augustus van ca 8 mg l<sup>-1</sup> naar 0 mg l<sup>-1</sup>. In deze periode is er ook een duidelijke temperatuurstratificatie te zien. Tijdens de bemonstering van 6 oktober bleek dat de probe in de modder terecht was gekomen waardoor de metingen niet helemaal betrouwbaar zijn.

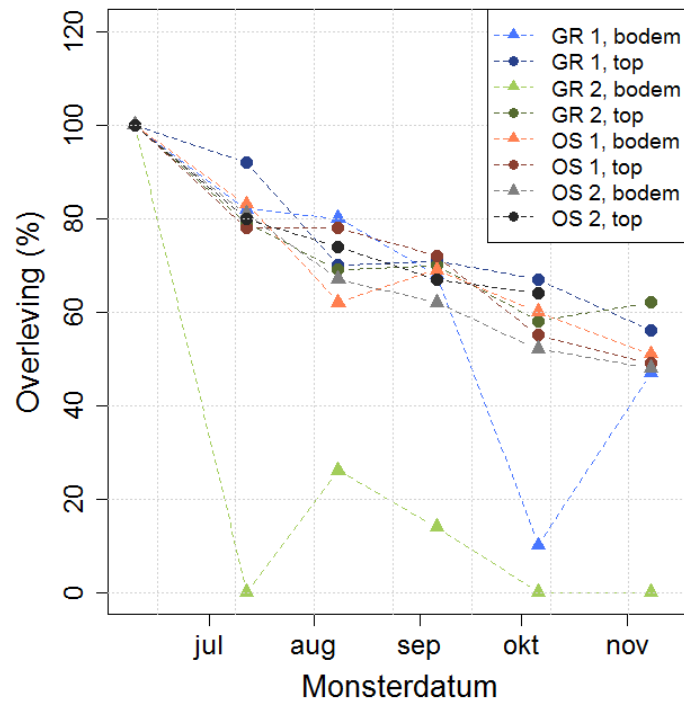
Uit de temperatuurverschillen tussen het water aan de oppervlakte en bij de bodem lijkt het dat de stratificatie op 26 september is opgeheven. Na 6 oktober is de probe zodanig aan de kooien bevestigd dat deze niet in de modder terecht kon komen.



**Figuur 8.** Lopend gemiddelde zuurstofconcentratie (oranje) van het bodemwater op de locatie GR 2. De grijze lijnen geven de gemeten watertemperatuur bij de bodem (lichtgrijs) en aan het wateroppervlakte (donkergrijs).

### 3.3 Overleving

In Figuur 9 is de overleving van de mosselen in de mandjes uitgezet tegen de tijd. Voor de meeste locaties vertoont de overlevingscurve eenzelfde patroon en lijkt er weinig verschil tussen locaties. Aan het eind van de periode is de gemiddelde overleving 52 % (locatie GR 2 bodem is daarbij niet meegenomen). Op locatie GR 2 bodem was er grote sterfte onder de mosselen. Alleen tijdens de bemonsteringen van 8 augustus en 6 september zijn er enkele levende mosselen aangetroffen tussen de schelpresten, maar het overgrote deel was dood. Het is waarschijnlijk dat de grote sterfte op deze locatie is veroorzaakt door de lage zuurstofconcentraties. Opvallend is dat er op deze locatie wel mosselen waren die het hebben weten vol te houden tot in ieder geval 6 september. Het is bekend dat mosselen goed in staat zijn om relatief lange perioden van zuurstofloosheid te overleven (deZwaan en Eertman, 1996). Echter na de meting van 6 september waren alle mosselen op deze locatie dood. Een andere opvallende observatie is dat er op 6 oktober ook veel sterfte was aangetroffen op de locatie GR 1 bodem. Er is gecontroleerd of er geen verwisseling was plaatsgevonden met de locatie GR 2 bodem, maar dat was niet het geval. De volgende meting op deze locatie (8 november) liet weer een overleving van 47 % zien. Wel is er toen een andere toren bemonsterd (toren A, terwijl in september en oktober toren B is bemonsterd). Wellicht heeft toren B in de periode tussen 6 september en 6 oktober op een slechtere (iets diepere) plaats gestaan dan toren A, waardoor er veel sterfte is opgetreden.

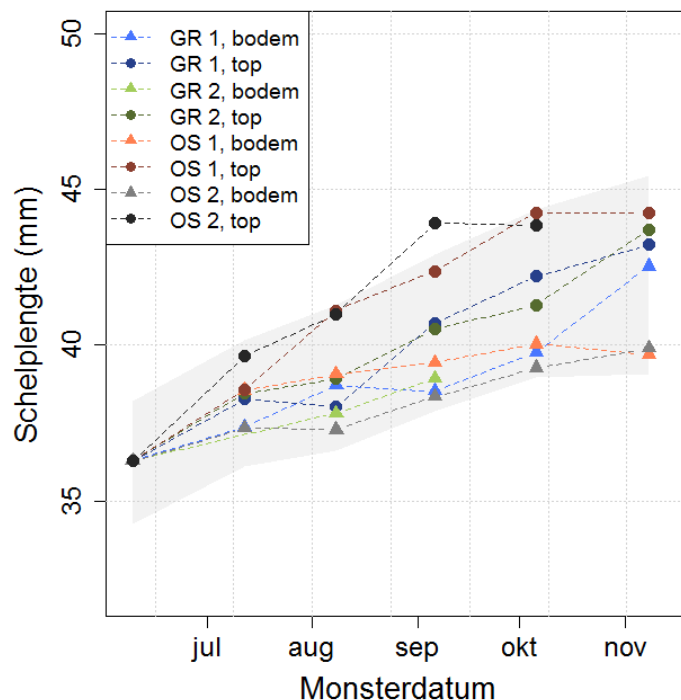


**Figuur 9.** Overleving (%) van de mosselen in de mandjes voor de verschillende locaties.

### 3.4 Schelplengte

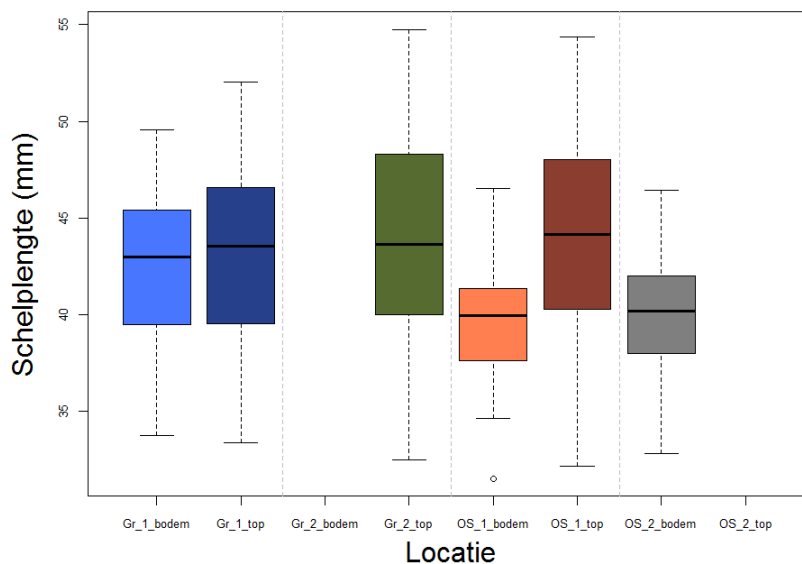
De mosselen in de mandjes vlak onder het wateroppervlak in de Oosterschelde (OS 1 top en OS 2 top) zijn het best gegroeid. In het Grevelingenmeer was de groei aan de oppervlakte iets minder dan in de Oosterschelde maar door een relatief goede groei in oktober was er geen significant verschil in gemiddelde schelplengte tussen de mosselen aan de oppervlakte van de Oosterschelde (OS 1 top en OS 2 top) en het Grevelingenmeer (GR 1 top en GR 2 top) in november. De groei aan de bodem in de Oosterschelde is duidelijk minder dan aan het oppervlakte. Ook in het Grevelingenmeer was de groei bij de bodem beperkt. Op locatie GR 1 bodem is de gemiddelde schelplengte op 8 november weer groter waardoor er geen significant verschil is met de gemiddelde schelplengte aan de oppervlakte.





**Figuur 10.** *Ontwikkeling van de schelpengte (mm) per locatie. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van alle metingen in betreffende periode.*

Zoals is te zien in Figuur 11 is er op 8 november een grote variatie opgetreden in schelpengtes. Vooral de locaties aan het wateroppervlak laten een grote spreiding zien met grote mosselen (> 50mm) maar ook kleine mosselen (< 35 mm). De mosselen op de locaties OS 1 bodem en OS 2 bodem zijn significant kleiner dan de rest (ANOVA  $p < 0.05$ )

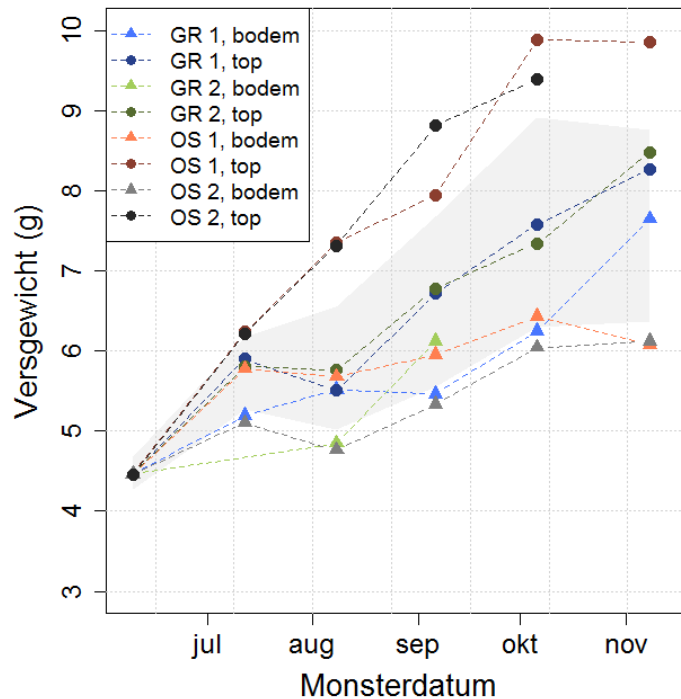


**Figuur 11.** *Boxplots schelpengte voor de verschillende locaties bij de laatste meting (8 november 2016). De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars de 5-95 percentiel interval.*

Hoewel de mosselen duidelijk zijn gegroeid is de groei aanzienlijk minder dan in eerdere studies in de Oosterschelde (Wijsman en Brummelhuis, 2013; 2015) waar in de mosselen in eenzelfde periode bijna 2 cm waren gegroeid. Het is bekend dat de groei van mosselen in de Noordelijke tak lager is dan in het westelijk deel van de Oosterschelde (Schellekens en Smaal, 2012).

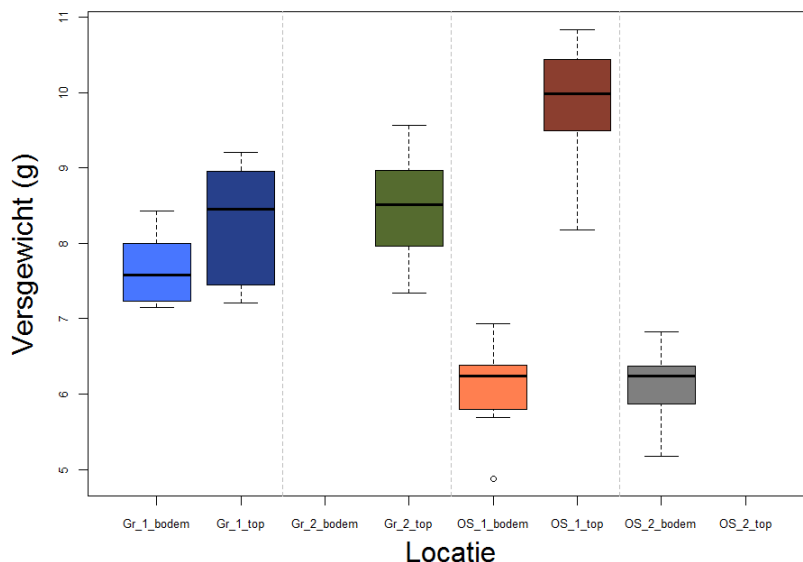
### 3.5 Gewicht

De mosselen in de waterkolom van de Oosterschelde (OS 1 top en OS 2 top) zijn het meest toegenomen in versgewicht (gewicht van de mossel inclusief schelp), Figuur 12. De gemiddelde gewichten zijn in vijf maanden meer dan verdubbeld. Er is geen verschil tussen de groei in de waterkolom op deze twee locaties. Ook in de waterkolom in het Grevelingenmeer zijn de mosselen aanzienlijk toegenomen in versgewicht, zij het dat de groei minder was dan in de Oosterschelde. Alle mosselen die op de bodem hebben gestaan, zowel in de Oosterschelde als in het Grevelingenmeer zijn minder hard gegroeid. Op de locatie GR 1 bodem lijkt er nog wel een groeispurt te zijn opgetreden in de maand november. Vanwege de grote sterfte op de locatie GR 2 bodem zijn de metingen slechts gebaseerd op enkele mosselen waardoor de onbetrouwbaarheid van deze metingen relatief groot is.



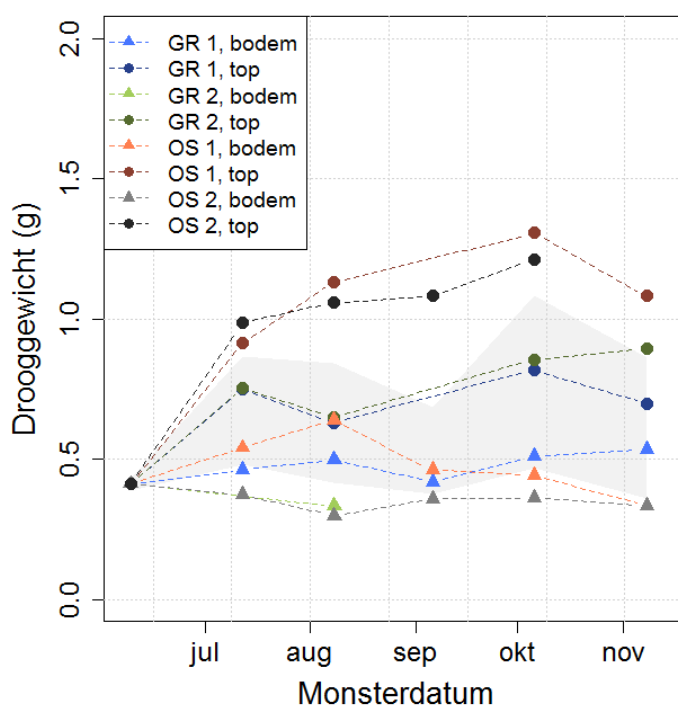
**Figuur 12.** *Ontwikkeling van het versgewicht (g) per locatie. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van alle metingen in betreffende periode.*

Aan het eind van de metingen (8 november) zijn de gemiddelde versgewichten op de locaties OS 1 bodem en OS 2 bodem het laagst (Figuur 13). Er is geen significant verschil ( $p > 0.05$ ) tussen de twee locaties. Op de locatie OS 1 top was het gemiddelde versgewicht significant groter dan op alle andere locaties. Waarschijnlijk waren de mosselen op de locatie OS 2 top even zwaar als op de locatie OS 1 top, maar omdat de toren op deze locatie is kwijtgeraakt tijdens de laatste bemonstering zijn hier geen gegevens van. Er is geen significant verschil in het gemiddeld versgewicht van de mosselen op de locaties GR 1 bodem, GR 1 top en GR 2 top.

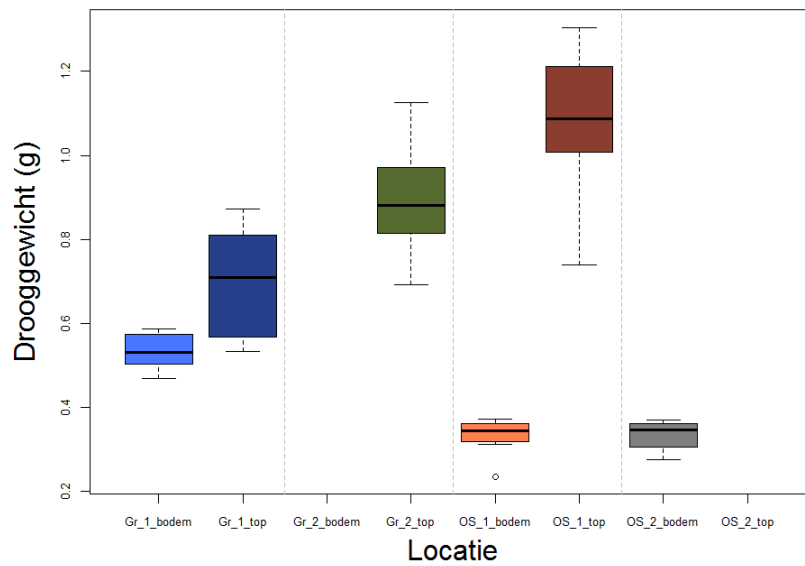


**Figuur 13.** *Boxplots vergewicht voor de verschillende locaties bij de laatste meting (8 november 2016). De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars de 5-95 percentiel interval.*

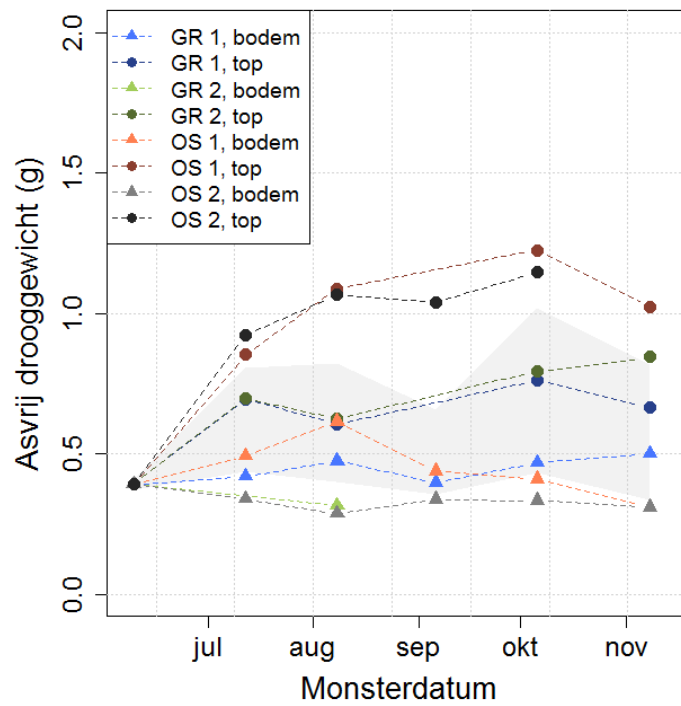
De drooggewichten en de asvrij drooggewichten (Figuur 14 tot en met Figuur 17) laten eenzelfde patroon zien als de vergewichten. Deze parameters zijn echter minder gevoelig voor variatie ten gevolge van de hoeveelheid water in de gesloten schelp en geven een beter beeld van de energie inhoud van de mosselen. De mosselen op de locaties OS 1 bodem en OS 2 bodem hebben de laagste (asvrij) drooggewichten ( $p < 0.05$ ). De hoogste gemiddelde (asvrij) drooggewichten hebben de mosselen op locatie OS 1 top, gevolgd door locatie GR 2 top en de locaties GR 1 top en GR 1 bodem.



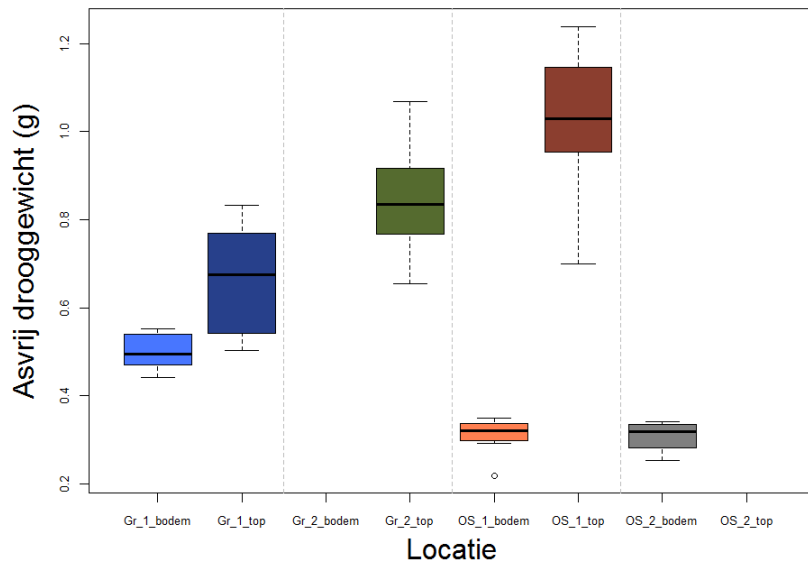
**Figuur 14.** *Ontwikkeling van het droog vleesgewicht (g) per locatie. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van alle metingen in betreffende periode.*



**Figuur 15.** *Boxplots droog vleesgewicht voor de verschillende locaties bij de laatste meting (8 november 2016). De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars de 5-95 percentiel interval.*

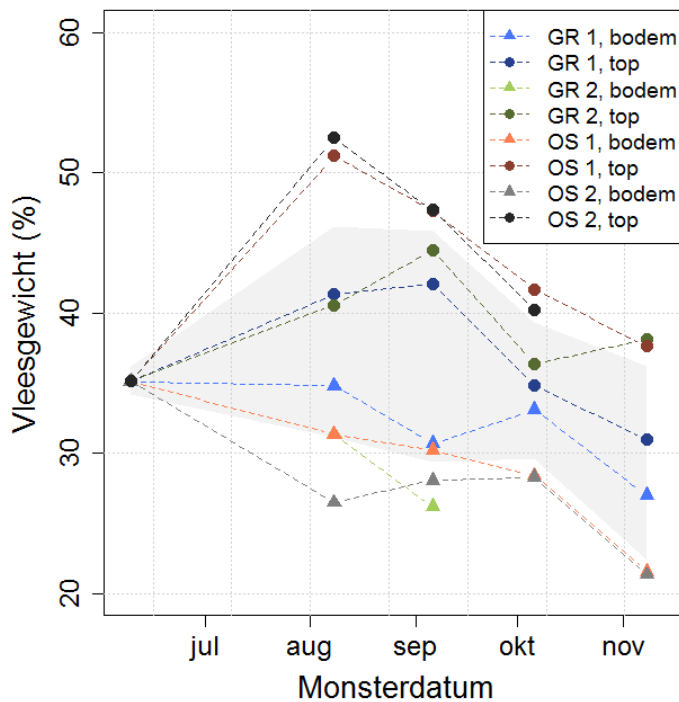


**Figuur 16.** *Ontwikkeling van het asvrij-drooggewicht (g) per locatie. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van alle metingen in betreffende periode.*



**Figuur 17.** Boxplots asvrij-drooggewicht voor de verschillende locaties bij de laatste meting (8 november 2016). De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars de 5-95 percentiel interval.

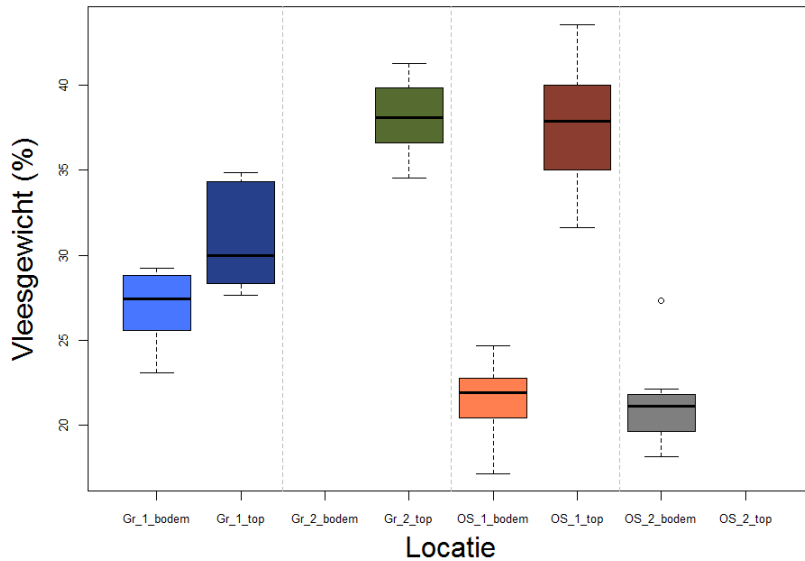
### 3.6 Vleespercentage



**Figuur 18.** Ontwikkeling van het vleesgewicht (%) per locatie. Het grijze gebied geeft het 25% - 75% interval van alle metingen in betreffende periode.

Het vleespercentage is een maat voor de kwaliteit van de mosselen. Het vleespercentage is het gewicht van het gekookt vlees als percentage van het versgewicht van de mossel. In Figuur 18 is te zien dat het vleespercentage gedurende de eerste maanden is toegenomen bij de mosselen in de waterkolom. Vlak onder het wateroppervlakte het Grevelingenmeer neemt het vleesgewicht minder snel toe, maar wel langer. Na augustus voor de Oosterschelde en na september in het

Grevelingenmeer neemt het vleespercentage van de mosselen ook vlak onder het wateroppervlakte af. Dit is waarschijnlijk het gevolg van een afname van het voedsel in het water. De mosselen die in kooien op de bodem zijn geplaatst nemen allemaal continu af vanaf het moment dat ze zijn uitgezet in juni. In het Grevelingenmeer (locatie GR 1) is de kwaliteit van de mosselen op de bodem in november nog het beste, en beter dan in de Oosterschelde.



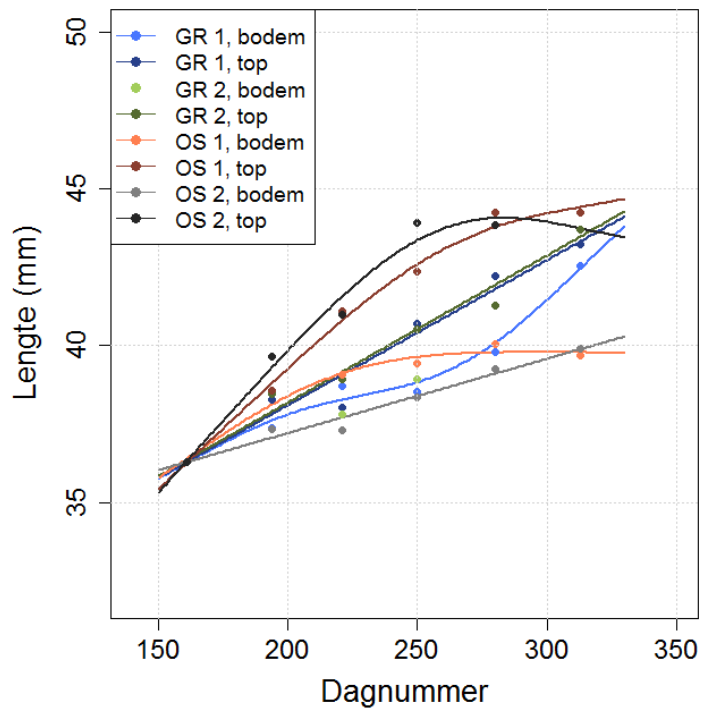
**Figuur 19.** *Boxplots vleesgewicht (%) voor de verschillende locaties bij de laatste meting (8 november 2016). De horizontale lijn geeft de mediaan. De boxen geven de 25-75 percentielen weer en de bars de 5-95 percentiel interval.*

### 3.7 Trends door het seizoen

De trends door het seizoen heen zijn geanalyseerd door middel van GAM modellen. De regressielijnen (Figuur 20 en Bijlage 2) geven de resultaten van de individuele metingen. Voor de modellen zijn de individuele metingen gebruikt. In de figuren is voor de overzichtelijkheid alleen de gemiddelde waarde van de metingen weergegeven.

De GAM analyses laten zien dat de lengtegroei op de locaties GR 1 top, GR 2 top en OS 2 bodem voor de periode dat de data beschikbaar zijn een lineaire trend vertonen, terwijl op de locaties OS 1 top, OS 2 top en OS 1 bodem de groei duidelijk afneemt aan het eind van het seizoen (oktober, november). Dit is geen vreemd patroon omdat de watertemperatuur in deze periode sterk afneemt. Op de locatie GR 1 bodem neemt de groei juist toe aan het eind van het jaar. Het is niet duidelijk waar dit door wordt veroorzaakt. Omdat er voor locatie GR 2 bodem slechts twee metingen beschikbaar zijn, die tevens zijn gebaseerd op een beperkt aantal mosselen vanwege de grote sterfte op deze locatie is deze locatie niet meegenomen in de GAM analyse.

De resultaten van de GAM analyses voor de gewichten (versgewicht, drooggewicht en asvrij drooggewicht) en het vleespercentage zijn weergegeven in Bijlage 2.



**Figuur 20.** GAM regressie modellen voor de lengte ontwikkeling (mm) op de verschillende locaties. Op de x-as staat het dagnummer (1 januari is dag 1 van het jaar). De punten geven de gemiddelde waarden van de metingen. De lijn voor GR 2 bodem is niet getekend omdat er slechts op 2 momenten is gemeten.

---

## 4 Conclusies en aanbevelingen

### 4.1 Conclusies

Op de bodem van het Grevelingenmeer in de nabijheid van de Flakkeese spuisluis is de waterkwaliteit op dit moment onvoldoende voor overleving en groei van de mosselen. Op de diepste locatie (GR 2) zijn alle mosselen dood gegaan, waarschijnlijk als gevolg van de zuurstofloosheid van het water. De mosselen in een van de twee torens op deze locatie waren reeds na een maand gestorven. De mosselen in de andere toren die het hadden overleefd groeiden zeer slecht en waren na 4 maanden ook allemaal dood. Ook op de ondiepere locatie (GR 1) is er bij de bodem regelmatig zuurstofloosheid gemeten. Dit was vooral het geval in perioden van rustig weer als er stratificatie optreedt in de waterkolom. Tijdens deze stratificatie is het water aan het oppervlak duidelijk hoger dan bij de bodem. De mosselen op de ondiepere locatie GR 1 hebben de korte perioden van zuurstofloosheid weliswaar weten te overleven, maar de groei en kwaliteit van de mosselen was zeer beperkt.

Ook in de Oosterschelde groeien de mosselen die zijn uitgezet op de bodem zeer slecht. De kwaliteit van de mosselen is zelfs slechter dan de mosselen op de bodem van het Grevelingenmeer (locatie GR 1). Omdat er geen zuurstofmeters zijn uitgezet in de Oosterschelde is het niet duidelijk of er bij de bodem ook zuurstofdepletie heeft plaatsgevonden. De temperatuurmetingen in de Oosterschelde laten wel zien dat in de maanden juni en juli de temperatuur bij de bodem een paar graden kouder is dan aan het oppervlak. Als er zuurstofloosheid is opgetreden zal het niet over een lange periode zijn geweest, want er is geen abnormale sterfte opgetreden vergeleken met de overige locaties.

De mosselen die zijn uitgezet vlak onder het wateroppervlak, zowel in de Oosterschelde als in het Grevelingenmeer groeiden aanzienlijk beter dan op de bodem. In de Oosterschelde was de groei beter dan in het Grevelingenmeer en de vleesgewichten waren aanzienlijk beter. Het verschil tussen bodem en oppervlak suggereert dat er een duidelijk verschil is in waterkwaliteit (voedsel, zuurstof) tussen de bodem en het wateroppervlak. Blijkbaar is er geen homogene menging van het water over de verticaal waardoor de condities verschillen tussen bodem en oppervlak. De condities aan het oppervlak zijn duidelijk beter voor de groei van mosselen. De productie van algen (voedsel voor de mosselen) vindt voornamelijk plaats in de bovenste waterlagen. Op beide onderzoekslocaties (Grevelingenmeer en Oosterschelde) vindt weinig waterbeweging plaats zodat ook het water beperkt wordt gemengd over de verticaal. Aan de Oosterschelde zijde is weliswaar getij, maar omdat deze locatie aan het eind van de Oosterschelde ligt leidt het getij tot beperkte horizontale getijstromingen. Mogelijk heeft ook de sterke organische belasting van de bodem als gevolg van de nabijgelegen hangcultuursystemen een rol gespeeld bij de relatief slechte groei van de mosselen op de bodem in de Oosterschelde. Dit kan zijn versterkt doordat de levering van de hangcultuur in de zomer een lange tijd heeft stilgelegen vanwege de TTX problematiek waardoor er mosselen van de hangcultuur verloren zijn gegaan die naar de zeebodem zijn gezakt. De organische belasting van de bodem kan leiden tot een verhoogde zuurstofconsumptie.

De  $T_0$  metingen laten duidelijke verschillen zien tussen Oosterschelde en Grevelingenmeer enerzijds en bodem en oppervlakte anderzijds. De verwachting is dat de ingebruikname van de Flakkeese spuisluis zal gaan leiden tot betere menging, zowel in de horizontaal als in de verticaal waardoor deze verschillen zullen verminderen. Mogelijk zullen de zuurstofcondities aan de bodem voor de locaties in het Grevelingenmeer verbeteren zodat er minder sterfte zal optreden. Omdat er meer horizontale waterbeweging gaat komen zullen de locaties door een groter gebied worden beïnvloed. Dit zou ook in de toplaag kunnen leiden tot een betere voedselaanvoer en daarmee betere groei.



---

## 4.2 Aanbevelingen

Het is de bedoeling om de metingen te herhalen nadat de Flakkeese spuisluis in werking is getreden. Het is op dit moment nog niet duidelijk of de Flakkeese spuisluis begin 2017 weer zal moeten worden gesloten vanwege de werkzaamheden die nodig zijn voor het Grevelingen Tidal Test Center. Als dat het geval is dan zal een meting in 2017 geen  $T_1$  zijn, maar zou kunnen worden gezien als een tweede  $T_0$  meting. Dit is op zich zinnig omdat het bekend is dat er van jaarlijkse variatie is in groei van mosselen. Door twee keer een  $T_0$  meting uit te voeren (2016 en 2017) kan een deel van deze variatie worden uitgemiddeld. Er moet dan wel een  $T_1$  meting in 2018 worden uitgevoerd. Indien de spuisluis wel gewoon open blijft in 2017 kan er wel een  $T_1$  meting uit worden gevoerd. Vanwege de jaarlijkse variatie, en mogelijk ook de aanpassingen die gaan plaatsvinden na de opening van de spuisluis, is het goed om ook de  $T_1$  te herhalen in 2018 of 2019.

In 2016 zijn er in de Oosterschelde geen zuurstofmetingen uitgevoerd bij de bodem. Omdat de groei van de mosselen indicaties geven dat de waterkwaliteit daar ook beperkt is bevelen we aan om tijdens een volgende meting ook een zuurstofmeter in de Oosterschelde te plaatsen. Met het plaatsen van de zuurstofmeters is het van belang dat deze goed worden bevestigd bovenop de toren zodat deze niet in de slik kunnen komen.

Vanwege de late opdrachtverlening zijn de mandjes in 2016 pas laat (juni) in het groeiseizoen uitgezet. Voor een vervolg monitoring zouden de mandjes bij voorkeur al in april dienen te worden uitgezet. De meting zou dan in oktober kunnen worden afgebroken omdat de groei er dan wel uit is.

De drooggewicht en de asvrij drooggewicht metingen van locaties OS 1 top, GR 1 top en GR 2 top van 6 september 2016 zijn verloren gegaan wegens een storing van de PrepAsh. Data zijn hierdoor niet opgeslagen en konden ook niet worden hersteld. Voor de vervolgmonitoring zouden de drooggewichten en asvrij drooggewichten beter handmatig kunnen worden met een traditionele droogstoof en verassingsoven. Temeer omdat grote hoeveelheden mosselvlies schade kunnen aanbrengen aan de PrepAsh.

Tijdens de laatste bemonstering van de hangende mand op locatie OS 2 is de mand, en daarmee de laatste meting voor die locatie verloren gegaan. Het is van belang dat de boeien goed worden bevestigd aan de mandjes en dat de boeien tijdens de bemonstering ook zo veel als mogelijk vast blijven zitten aan de mandjes. Als een mand dan verloren gaat blijft deze in ieder geval aan de boei zitten.

---

## 5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 187378-2015-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 september 2018. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V.

Het chemisch laboratorium te IJmuiden beschikt 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. Het chemisch laboratorium heeft hierdoor aangetoond in staat te zijn op technisch bekwaame wijze valide resultaten te leveren en te werken volgens de ISO17025 norm. De scope (L097) met de geaccrediteerde analysemethoden is te vinden op de website van de Raad voor Accreditatie ([www.rva.nl](http://www.rva.nl)).

Op grond van deze accreditatie is het kwaliteitskenmerk Q toegekend aan de resultaten van die componenten die op de scope staan vermeld, mits aan alle kwaliteitseisen is voldaan. Het kwaliteitskenmerk Q staat vermeld in de tabellen met de onderzoeksresultaten. Indien het kwaliteitskenmerk Q niet staat vermeld is de reden hiervan vermeld.

De kwaliteit van de analysemethoden wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder die georganiseerd door QUASIMEME. Indien geen ringonderzoek voorhanden is, wordt een tweede lijnscontrole uitgevoerd. Tevens wordt bij iedere meetserie een eerstelijnscontrole uitgevoerd. Naast de lijnscontroles wordende volgende algemene kwaliteitscontroles uitgevoerd:

- Blanco onderzoek.
- Terugvinding (recovery).
- Interne standaard voor borging opwerkmethode.
- Injectie standard.
- Gevoeligheid.

Bovenstaande controles staan beschreven in Wageningen Marine Research werkvoorschrift *ISW 2.10.2.105*.

Indien gewenst kunnen gegevens met betrekking tot de prestatiekenmerken van de analysemethoden bij het chemisch laboratorium worden opgevraagd.

Indien sprake is van onbeheerste kwaliteit worden passende maatregelen genomen.

---

# Literatuur

- deZwaan, A. en R. H. M. Eertman (1996) Anoxic or aerial survival of bivalves and other euryoxic invertebrates as a useful response to environmental stress - A comprehensive review. *Comparative Biochemistry and Physiology C-Pharmacology Toxicology & Endocrinology* 113: 299-312.
- Haas, H. A., P. R. A. Van Der Linden en H. Holzhauser (2006) Flakkeese Spuisluis in ere hersteld. Studie naar de effecten van de ingebruikname van de Flakkeese Spuisluis op het Grevelingenmeer. RIKZ, Rapport nummer: 2006.022, 44 pagina's.
- Schellekens, T. en A. C. Smaal (2012) BO Zuidwestelijke Delta: Nutrientendynamiek en verandering van draagkracht. Wageningen IMARES, Rapport nummer: C070/12.
- Smaal, A. C. en J. W. M. Wijsman (2014) Kansen voor schelpdiercultuur in Grevelingen en Volkerak-Zoommeer bij ander waterbeheer. IMARES, Rapport nummer: C045/14, 32 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. (2002) Stratificatie en zuurstofdeficiëntie in het Grevelingenmeer. RIKZ Middelburg, Rapport nummer: RIKZ/AB/2002.819X, 64 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.
- Wijsman, J. W. M., P. C. Goudswaard, M. J. J. Kotterman en A. C. Smaal (2014) Quick scan: Effecten zout getij Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer op visserij en aquacultuur. IMARES, Rapport nummer: C013/14, 52 pagina's.
- Wijsman, J. W. M. en E. Brummelhuis (2015) Effect van vooroever-suppletie met zeegrind op groei en ontwikkeling van mosselen in Oosterschelde. IMARES, Rapport nummer: C063/15, 32 pagina's.

---

# Verantwoording

Rapport C126/16

Projectnummer: 4318100049

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Prof. Dr A.C. Smaal  
Senior onderzoeker schelpdiercultuur

Handtekening:



Datum: 19-12-2016

Akkoord: Dr. T. Bult  
Algemeen directeur Wageningen Marine Research

Handtekening:



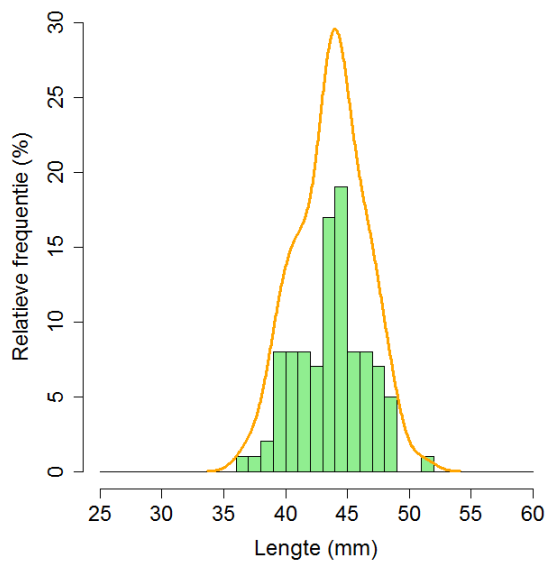
Datum: 19-12-2016

---

# Bijlage 1    Additionele metingen

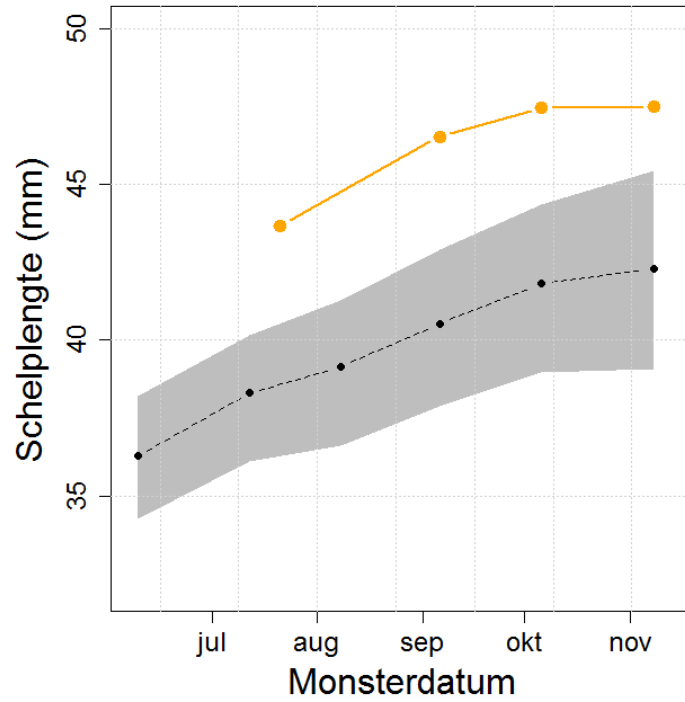
## Hangcultuur

Op verzoek van de vereniging van Hangcultuur vissers zijn er aanvullend aan dit onderzoek ook metingen gedaan met mosselen die verzameld zijn vanuit de hangcultuur van Mosselhangcultuur Landa B.V. Op 21 juli 2016 zijn hiervoor mosselen verzameld en geselecteerd op lengte. De gemiddelde lengte van deze mosselen was iets groter (43.7 mm, stdev 2.80 mm) dan de mosselen die gebruikt zijn voor de reguliere monitoring (Figuur 21). Deze mosselen zijn in mandjes gedaan en bij de hangcultuur (locatie OS 2) geplaatst. Deze mandjes zijn vervolgens bemonsterd op 6 september, 6 oktober en 8 november en geanalyseerd volgens het zelfde protocol dat ook in de reguliere monitoring is gebruikt (Hoofdstuk 2).

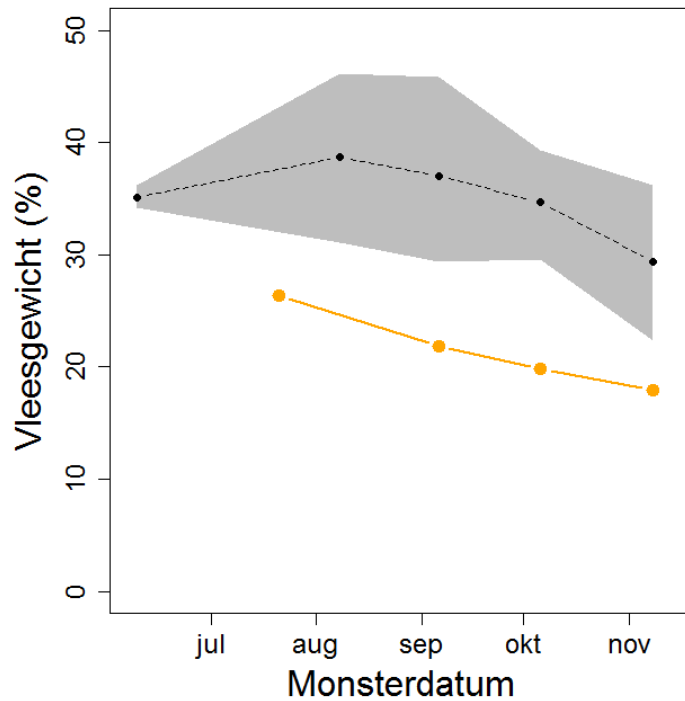


**Figuur 21.**    *Lengte frequentieverdeling van de hangcultuurmosselen bij aanvang (21 juli 2016). De getrokken lijn geeft de gefitte dichtheidsfunctie weer.*

In Figuur 22 is te zien dat de mosselen van de additionele metingen bij de hangcultuur bij aanvang groter waren dan de mosselen in de reguliere metingen. De groei bij de hangcultuur is vergelijkbaar met de reguliere metingen. Na 6 oktober zijn de mosselen van de hangcultuur echter niet meer gegroeid. De visgewichten van de mosselen van de hangcultuur zijn aanzienlijk lager dan de visgewichten die gebruikt zijn bij de reguliere metingen Figuur 23. Deels is dit veroorzaakt door de grotere mosselen die zijn gebruikt vanuit de hangcultuur. Hoe groter de mosselen hoe lager de vleesgewichten.



**Figuur 22.** *Ontwikkeling in schelplengte van de mosselen bij de hangcultuur van Mosselhangcultuur Landa B.V. (oranje lijn). De zwarte stippellijn geeft het gemiddelde van de mosselen van de reguliere metingen. Het grijze vlak geeft het 20-75% betrouwbaarheidsinterval.*

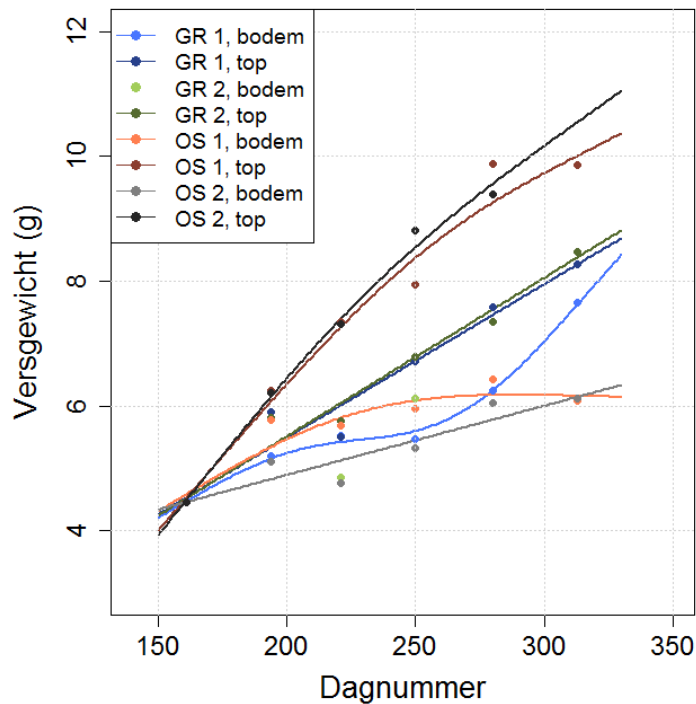


**Figuur 23.** *Ontwikkeling van de vleesgewichten van de mosselen bij de hangcultuur van Mosselhangcultuur Landa B.V. (oranje lijn). De zwarte stippellijn geeft het gemiddelde van de mosselen van de reguliere metingen. Het grijze vlak geeft het 20-75% betrouwbaarheidsinterval.*

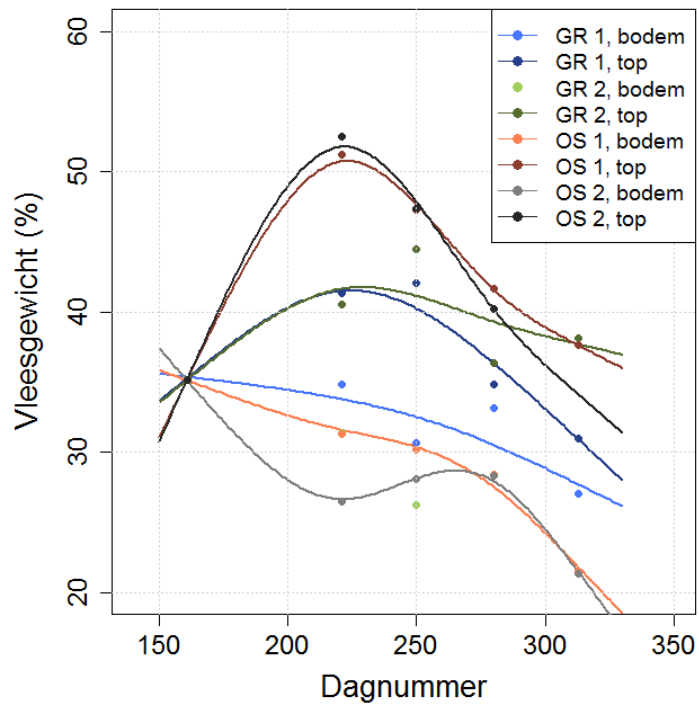
## Bijlage 2 Resultaten GAM analyses

De trends door het seizoen zijn geanalyseerd door middel van GAM (Generalized Additive Models). De regressielijnen geven de resultaten van de individuele fits door de metingen. Voor de modellen zijn de individuele metingen gebruikt. In de figuren is echter voor de overzichtelijkheid alleen de gemiddelde waarde van de metingen weergegeven. Voor alle GAM analyses die zijn uitgevoerd was er een significant effect van locatie ( $p < 0.05$ ).

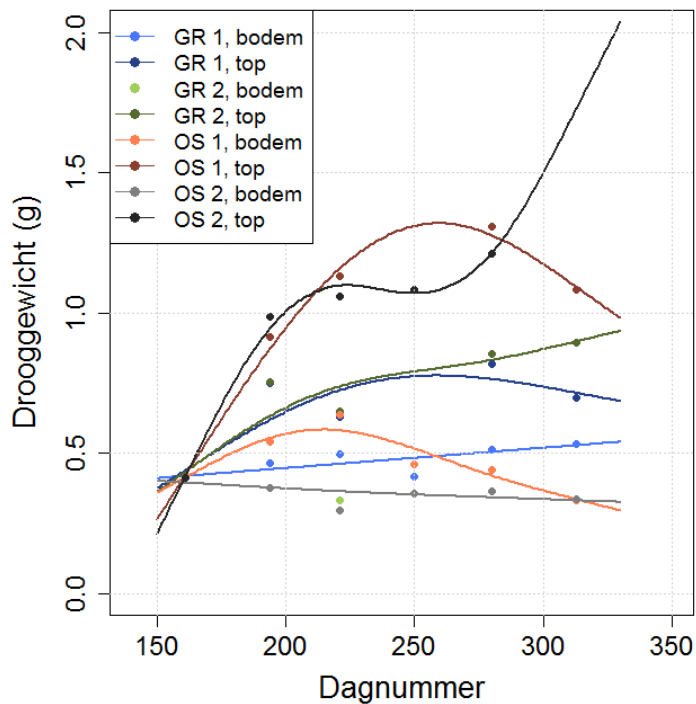
De resultaten van de GAM analyse voor de lengtemetingen zijn besproken in de tekst. In deze bijlage worden de resultaten van de GAM analyses voor de overige parameters weergegeven. Voor de locatie GR 2 bodem moet worden opgemerkt dat de lijn (licht groen) is geïnterpoleerd tot twee maanden na de laatste meting.



**Figuur 24.** GAM regressie modellen voor het versgewicht (g) op de verschillende locaties. Op de x-as staat het dagnummer (1 januari is dag 1 van het jaar). De punten geven de gemiddelde waarden van de metingen. De lijn voor GR 2 bodem is niet getekend omdat er slechts op 2 momenten is gemeten.

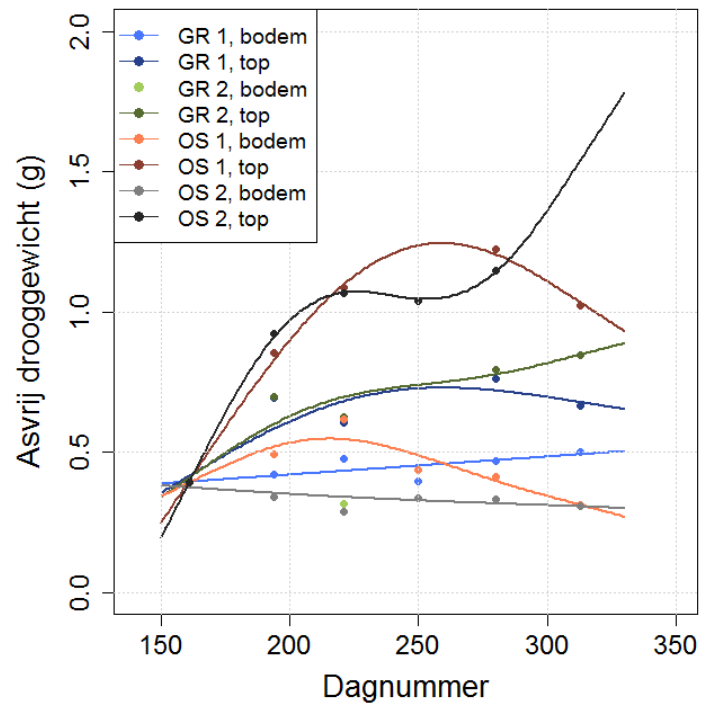


**Figuur 25.** GAM regressie modellen voor het vleesgewicht (%) op de verschillende locaties. Op de x-as staat het dagnummer (1 januari is dag 1 van het jaar). De punten geven de gemiddelde waarden van de metingen. De lijn voor GR 2 bodem is niet getekend omdat er slechts op 2 momenten is gemeten.



**Figuur 26.** GAM regressie modellen voor het droog vleesgewicht (g) op de verschillende locaties. Op de x-as staat het dagnummer (1 januari is dag 1 van het jaar). De punten geven de gemiddelde waarden van de metingen. De lijn voor GR 2 bodem is niet getekend omdat er slechts op 2 momenten is gemeten. De interpolatie op locatie OS 2 top na dagnummer 208 is een artefact van de methode.





**Figuur 27.** *GAM regressie modellen voor het asvrij-drooggewicht (g) op de verschillende locaties. Op de x-as staat het dagnummer (1 januari is dag 1 van het jaar). De punten geven de gemiddelde waarden van de metingen. De lijn voor GR 2 bodem is niet getekend omdat er slechts op 2 momenten is gemeten. De interpolatie op locatie OS 2 top na dagnummer 208 is een artefact van de methode.*

---

Wageningen Marine Research  
T: +31 (0)317 48 09 00  
E: [marine-research@wur.nl](mailto:marine-research@wur.nl)  
[www.wur.nl/marine-research](http://www.wur.nl/marine-research)

Visitors address

- Ankerpark 27, 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 5, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

---

Wageningen Marine Research is the Netherlands research institute established to provide the scientific support that is essential for developing policies and innovation in respect of the marine environment, fishery activities, aquaculture and the maritime sector.

**Wageningen University & Research** is specialised in the domain of healthy food and living environment.

**The Wageningen Marine Research vision:**

‘To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.’

**The Wageningen Marine Research mission**

- To conduct research with the aim of acquiring knowledge and offering advice on the sustainable management and use of marine and coastal areas.
- Wageningen Marine Research is an independent, leading scientific research institute.

Wageningen Marine Research is part of the international knowledge organisation Wageningen UR (University & Research centre). Within Wageningen UR, nine specialised research institutes of Stichting Wageningen Research (a Foundation) have joined forces with Wageningen University to help answer the most important questions in the domain of healthy food and living environment.

