



Effect van dichtheid op de groei en ontwikkeling van kokkels op een pilotperceel in het Veerse Meer

.....

ONDERZOEKSGROEP AQUACULTUUR IN DELTA GEBIEDEN
MAART 2017



Effect van dichtheid op groei en ontwikkeling van kokkels op een pilot perceel in het Veerse Meer

RAAK-PRO ZILTE PRODUCTIE



Auteurs: Tony van der Hiele, Jorik Creemers, Pauline Kamermans, Jouke Heringa
Onderzoeksgroep Aquacultuur in Delta gebieden

Maart 2017
Vlissingen

VOORWOORD

Het onderzoek in dit rapport beschreven, is uitgevoerd in het kader van het 4 jaar durende RAAK-PRO Zilte Productie project. Voor het veldexperiment in het Veerse Meer met een looptijd van 2 jaar hebben een groot aantal medewerkers zich ingezet, met name vanuit Stichting Zeeschelp, Imares en HZ University of Applied Sciences.

Het groei-experiment met de mandjes bleek behoorlijk intensief: voor het ingraven van de mandjes zijn Jorik Creemers, Marco Dubbeldam en twee duikers vanuit Imares IJmuiden te water gegaan. Ook het terugzoeken van de mandjes bleek ondanks de gezette GPS waypoints nog niet makkelijk, zeker naarmate de mandjes langer in de bodem zaten tegen het eind van het experiment.

De halfjaarlijkse dichtheidsbemonstering was vaak afhankelijk van het weer: sediment hapjes nemen ging het makkelijkst met een rustig wateroppervlak. Met de 60 hapjes per perceelvak waren we toch al gauw twee tot drie dagen bezig met vier mensen op de boot. Maandelijks is de chlorofyl meter opgehaald, uitgelezen en teruggeplaatst. Dank aan Bernd van Broekhoven en Hanno Bolier voor het varen met de boot en het zetten van de honderden waypoints!

Naast een aantal medewerkers van de HZ heeft Emiel Brummelhuis van Imares flink wat sedimenthapjes genomen, dank daarvoor en voor het lenen van de Imares ‘kokkelhapper’ en zeef tijdens de dichtheidsbemonsteringen.

Dank gaat ook uit naar de studenten Kevin Ouwerkerk van de HZ en Sandra Jobert vanuit de Universiteit van Caen (Frankrijk), die zich bezig hebben gehouden met het voorbereidend onderzoek voor dit experiment.

Een aantal foto's van het veldwerk staan in de bijlage van dit rapport.

Namens het veldwerkteam van het Zilte Productie project,

Werkpakket leider veldwerk: Pauline Kamermans
Algemeen projectleider: Jouke Heringa
Tony van der Hiele
Jorik Creemers
Eva Hartog
Jacob Capelle

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD

INHOUDSOPGAVE 3

HOOFDSTUK 1 4

Introductie 4

Achtergrond 4

Doelstelling 4

HOOFDSTUK 2 5

Methode 5

Dichtheidsbemonstering 5

Groei kokkels 6

Omgevingsvariabelen 6

Data analyse 6

HOOFDSTUK 3 8

Resultaten & Discussie 8

Chlorofyl a 8

Stroming 10

Dichtheidsbemonstering 13

Ontwikkeling kokkels 17

Effect van dichtheid op groei 20

HOOFDSTUK 4 23

Conclusie 25

Overige bevindingen: 25

REFERENTIES 26

Bijlage 1 Foto's experiment 27

HOOFDSTUK 1

INTRODUCTIE

Het vierjarige RAAK-PRO 'Zilte Productie' project is gericht op het effect van stuurvariabelen in de buitendijkse kweek van schelpdieren in relatie tot omgevingsfactoren. In dit kader is in 2014, in samenwerking met Stichting Zeeschelp, een experiment gestart naar het effect van zaaidichtheid op groei en kwaliteit van kokkels op een bodemperceel in het Veerse Meer.

ACHTERGROND

In 2011 is Stichting Zeeschelp met een pilot gestart om kokkels te kweken in het noordwestelijk deel van het Veerse Meer. Een- en tweejarige kokkels, een restproduct van de handkokkelvisserij (tarra), worden gebruikt als uitgangsmateriaal. Het pilot kweekperceel in het Veerse Meer is 1 ha groot (200m x 50m), zie figuur 1. Het perceel is in 2011 ingezaaid met ongeveer 1 kg aan kokkels per vierkante meter. De oogst van kokkels heeft plaatsgevonden rond de herfst van 2013 en de resultaten daarvan lieten zien dat op deze manier succesvol kokkels gekweekt kunnen worden.

DOELSTELLING

Om de kweek van kokkels verder te optimaliseren is het van belang om meer inzicht te hebben in effecten van zaaidichtheden. In natuurlijke omstandigheden, voornamelijk in intergetijdengebieden, komen kokkels voor tot een dichtheid van soms 2000 ind/m². Hoge dichtheden verspreid over grote oppervlakten kunnen voor voedseldepletie zorgen (Jensen, 1992). Dit effect kan mogelijk ook optreden op de kokkelpercelen in het Veerse Meer. Het onderzoek beschreven in deze rapportage is gericht op het effect van zaaidichtheid op groei, overleving en kwaliteit van de kokkels.

Het Veerse Meer, een systeem met een relatief lage verversingsgraad, is een nieuw kweekgebied voor schelpdieren.

Dit document is de eindrapportage van het onderzoek dat heeft plaatsgevonden van april 2014 tot juli 2016. Op een proefvak van 1 hectare binnen het perceel zijn de dichtheden van kokkels en tapijtschelpen over halfjaarlijkse perioden in kaart gebracht. Groeiproeven met kokkels in mandjes zijn ingezet om eventueel de dichtheid van het perceel in de omgeving van de mandjes te kunnen relateren aan de ontwikkeling van de kokkels in de mandjes. Om meer inzicht te krijgen in de omgevingsvariabelen is er op de kweeklocatie zelf onder meer gekeken naar chlorofyl a (een maat voor het voedselaanbod voor schelpdieren), watertemperatuur en stroming.

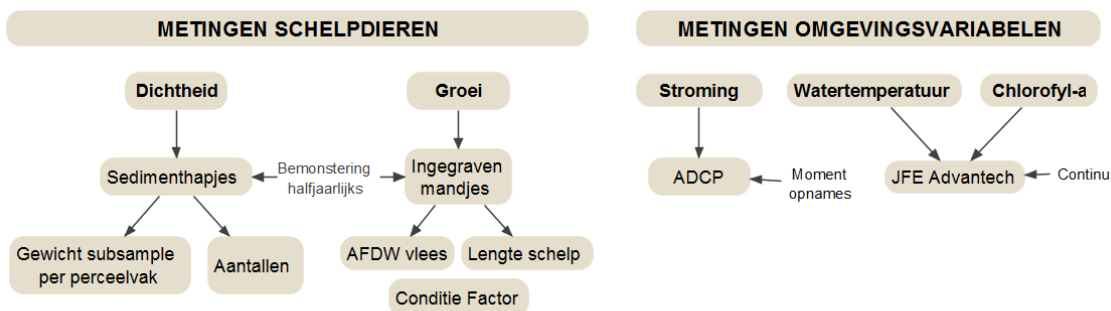


Figure 1 Kweekperceel Veerse Meer, nabij de Veersedam. De boeitjes geven de perceelvakgrenzen aan.

HOOFDSTUK 2

METHODE

Binnen het pilotperceel van Stichting Zeeschelp is een proefvak uitgezet van 200 bij 50 meter, onderverdeeld in 9 vakken. Het idee was om deze vakken random in te zaaien met verschillende dichtheden kokkels: 0.5, 1.5 en 2.5 kg/m². De dichtheid in de vakken is halfjaarlijks bemonsterd. Daarnaast is een bekende hoeveelheid geselecteerde, uniforme groep kokkels in mandjes ingegraven op drie plekken per perceelvak om het effect van de gezaaide dichtheid op groei en kwaliteit van de geselecteerde groep te kunnen bepalen. Figuur 2 geeft een overzicht van de metingen:

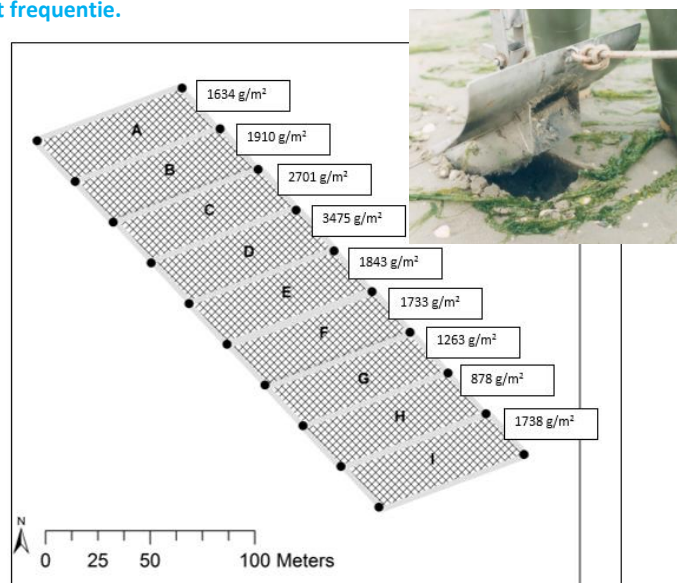


Figuur 2. Schematisch overzicht van de aanpak. Op de eerste twee regels staan de gemeten variabelen, daaronder de methode met de gemeten indicatoren en de meet frequentie.

DICHTHEIDSBEMONSTERING

Om de inzaaidichtheid per perceelvak te achterhalen, is in maart 2014 een T0 dichtheid van kokkels en tapijtschelpen op de vakken bepaald. Tapijtschelpen bleken in dusdanige aantallen aanwezig te zijn, dat ze mede een effect kunnen hebben op dichtheid en daarom is besloten om ze mee te nemen in de dichtheidsbemonstering. Middels een sedimenthapper met een bekend oppervlak, zijn per perceelvak 60 hapjes genomen. Daarbij zijn de aantallen (onderverdeeld in broed, 1 jarig en meerjarig) genoteerd. Tijdens iedere sedimenthap is een gps waypoint gezet. Van de aantallen verzameld per perceelvak is een subset van minimaal 50 individuen genomen om het gemiddelde vers gewicht te bepalen. De verzamelde aantallen per perceelvak zijn samen met het gemiddelde vers gewicht geëxtrapoleerd naar totale dichtheid.

Om het verloop in dichtheid op de perceelvakken te monitoren is vervolgens halfjaarlijks een dichtheidsbemonstering uitgevoerd: T1 (24 nov 14), T2 (25 mrt 15), T3 (5 okt 15) en T4 (14 apr 16). Een laatste biomassa bepaling is gedaan in de periode juli/augustus 2016 tijdens het oogsten door Stichting Zeeschelp.



Figuur 3 Gemiddelde dichtheid per perceelvak na inzaaien. Inzet: sedimenthapper/ kokkelschelpje (bron: Kamermans et.al. 2003)



Figuur 4 Kokkels uitgezet in mandjes in een dichtheid van 1,5 kg/m² op het moment direct na inzaaien, de kokkels graven zich zelf in.

GROEI KOKKELS

Binnen alle kweekvakken zijn oestermanen met op lengte en versgewicht geselecteerde kokkels geplaatst. In elke mand is een gemiddelde dichtheid aan kokkels aangehouden van 1,5 kg/m², equivalent aan 38 kokkels per mand. De manden zijn door duikers in triplo ingegraven in de bodem op de perceelvakken. De bovenkant van de manden lag op gelijke hoogte met de bodem (figuur 3). De manden zijn met halfjaarlijks interval opgehaald. Van de kokkels zijn groei in vlees (AFDW), lengte (mm) en conditie index (gemiddeld AFDW per kokkel/L³) bepaald.

OMGEVINGSVARIABLEN

Gedurende het experiment zijn de chlorofyl concentratie, watertemperatuur en turbiditeit op het kokkelperceel gemonitord met behulp van

veldapparatuur. Deze meetcampagne was geen direct onderdeel van het dichtheidsexperiment, maar de data is gebruikt om de resultaten van het experiment te verklaren. Daarnaast is de meetreeks hier verzameld onderdeel van de opzet van een farm-scale productiemodel.

Op basis van een korte meetcampagne waarbij 5 fluorescentiemeters en een stroomsnelheidsmeter op het kweekperceel zijn geplaatst, is vastgesteld dat een meting aan de noord zijde en een meting aan de zuid zijde van het perceel een goed beeld geven van de chlorofyl concentratie op het kweekperceel. Aan de noord- en zuid zijde van het kweekperceel zijn fluorescentiemeters (JFE Advantech ACLW USB) geplaatst op ca. 10 cm boven de bodem, later zijn deze vanwege afwijkende metingen 30 cm boven de bodem geplaatst. Het chlorofyl gehalte en de watertemperatuur zijn met een interval van 10 minuten gemeten gedurende de gehele kweekperiode. Daarnaast zijn maandelijks watermonsters doorgemeten op chlorofyl a concentratie volgens het HZ protocol ..



Figuur 5 ADCP stromingsmeter

Stromingsrichting en stroomsnelheid zijn gemeten met een ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) stromingsmeter, op 15 en 16 mei 2014 tijdens windkracht 3 vanuit noordelijke richting en op 19, 20 en 21 februari 2016, tijdens windkracht 7 vanuit zuidwestelijke richting. Snelheid en richting zijn gemeten op verschillende punten in de waterkolom. Voor de kweek van kokkels zal voornamelijk de stroming nabij de bodem van invloed zijn.

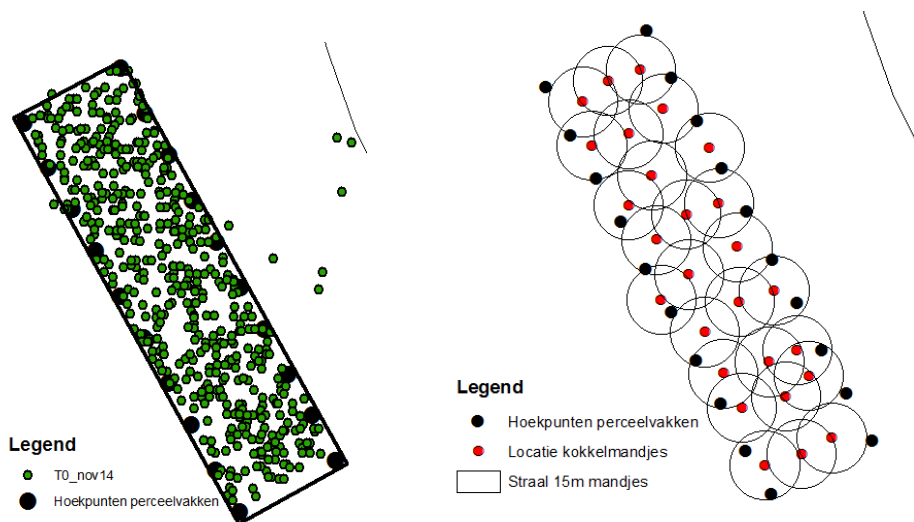
Theoretische berekeningen zijn uitgevoerd om het effect van voedseldepletie in kaart te brengen bij verschillende dichtheden aan kokkels en tapijtschelpen.

DATA ANALYSE

Relatie dichtheid en ontwikkeling kokkels

De GPS punten van alle sedimenthappen, samen met de gevonden aantallen aan kokkels en tapijtschelpen per hap, zijn in ArcGIS ingevoerd. Via de IDW kriging interpolatie methode werd een beeld verkregen van de dichtheid over de perceelvakken op de verschillende meetmomenten. Er was grote variatie tussen de dichtheden op de perceelvakken en binnen individuele perceelvakken. Daarom zijn de resultaten van de kokkels in de mandjes (lengte toename, conditie index en AFDW toename) gerelateerd aan de gemiddelde dichtheid in een straal van 15 meter rondom de mandjes (zie fig. 7). Hierbij is niet uitgegaan van de zaaidichtheid, maar van de gemiddelde dichtheid over een halfjaarlijkse meetperiode. Met deze informatie kon bekeken worden of er een verband is tussen ontwikkeling in de mandjes en de omliggende biomassa. Daarbij zijn alleen de mandjes in het midden van het perceelvak meegenomen, omdat de locatie van de mandjes in sommige gevallen aan de rand van de perceelvakken

lagen. Voor de mandjes aan de rand zijn er geen monsternames random verspreid binnen een straal van 15 meter gedaan. Het verband tussen dichtheid en ontwikkeling in de mandjes is getest middels lineaire regressie met behulp van het programma R.



Figuur 3 Random sedimenthapjes t.b.v. dichtheidsbemonstering en rechts straal 15m t.b.v. analyse

Chlorofyl en temperatuur

De ruwe gemeten waarden van chlorofyl a zijn ingelezen in het programma R, en daar geanalyseerd op afwijkende waarden: een range waar binnen chl-a waarden historisch vallen zijn bepaald uit RWS gegevens van chlorofylmetingen in het Veerse Meer (<http://live.waterbase.nl/>, meetpunt Soelekerke). Hogere en lagere waarden uit de chlorofylmetingen zijn verwijderd uit de verzamelde ruwe dataset. Vandaaruit is een daggemiddelde van chlorofyl en watertemperatuur bepaald. Meter 0165 was gesitueerd aan de noordzijde van het perceel, en meter 0164 was gesitueerd aan de zuidzijde. Temperatuurgegevens van het KNMI zijn opgevraagd voor dezelfde periode (meetstation Vlissingen) om een beeld te krijgen van de relatie tussen de watertemperatuur en de omgevingstemperatuur.

Stroming

De ADCP meet de stroming in drie verschillende richtingen: horizontaal, verticaal en lateraal. De data output van deze richtingen zijn ingelezen in het software programma R, en geagregeerd naar de stroomsnelheid en stroomrichting op verschillende hoogten in de waterkolom. Voor de meting in februari 2016 is de stroomsnelheid vergeleken met de windsnelheid op dezelfde tijd in Vrouwenpolder (Archief Windguru).

HOOFDSTUK 3

RESULTATEN & DISCUSSIE

De resultaten van de verschillende veldmetingen en analyses worden in dit hoofdstuk besproken. Vanwege het feit dat er een aantal dingen anders gelopen zijn dan in eerste instantie verwacht, zijn de discussiepunten in dit hoofdstuk direct meegenomen.

OMGEVINGSVARIABLEN

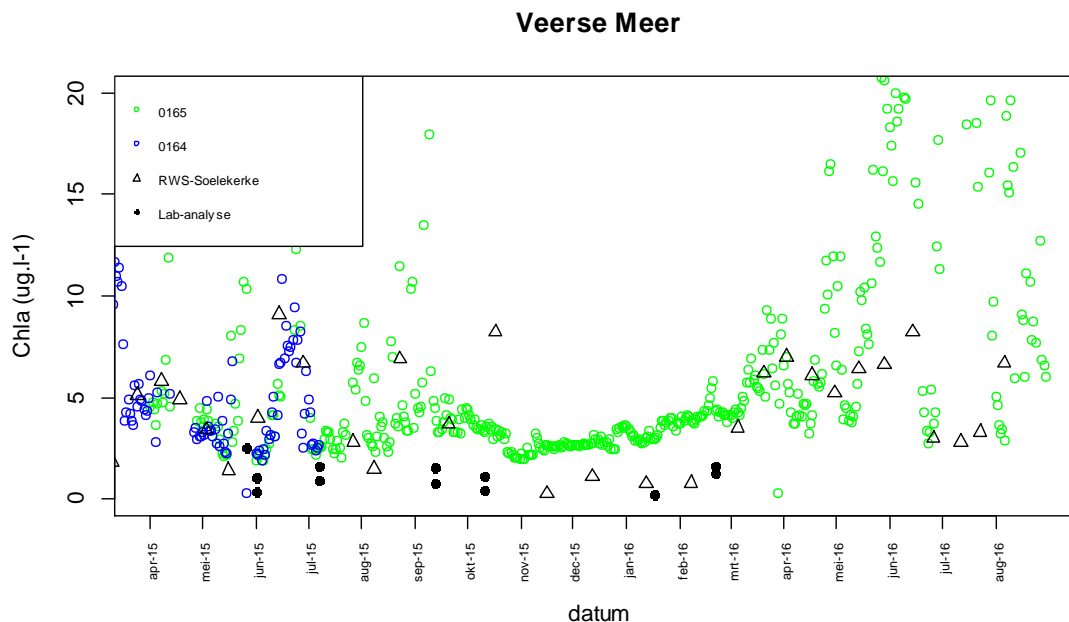
CHLOROFYL A

De continue metingen van chlorofyl-a zijn in figuur 9 weergegeven. Te zien is dat de eerste metingen van beide meters (0165 en 0164), tot april 2015, hoge waarden aangeven voor een winterperiode. Na lab experimenten met de meters bleek dat ze te dicht bij de bodem stonden, waardoor geen correcte fluorescentie meting mogelijk was. De meters zijn in april 2015 hoger gehangen en nadien lijken beide meters het chlorofyl in een zelfde range te meten. In de zomer van 2015 is meter 0164 verdwenen.

De chlorofyl metingen zijn vergeleken met chlorofyl-a metingen van Rijkswaterstaat op de meetlocatie Soelekerke in het Veerse Meer, en met lab analyses van monsters genomen op het kweekperceel.



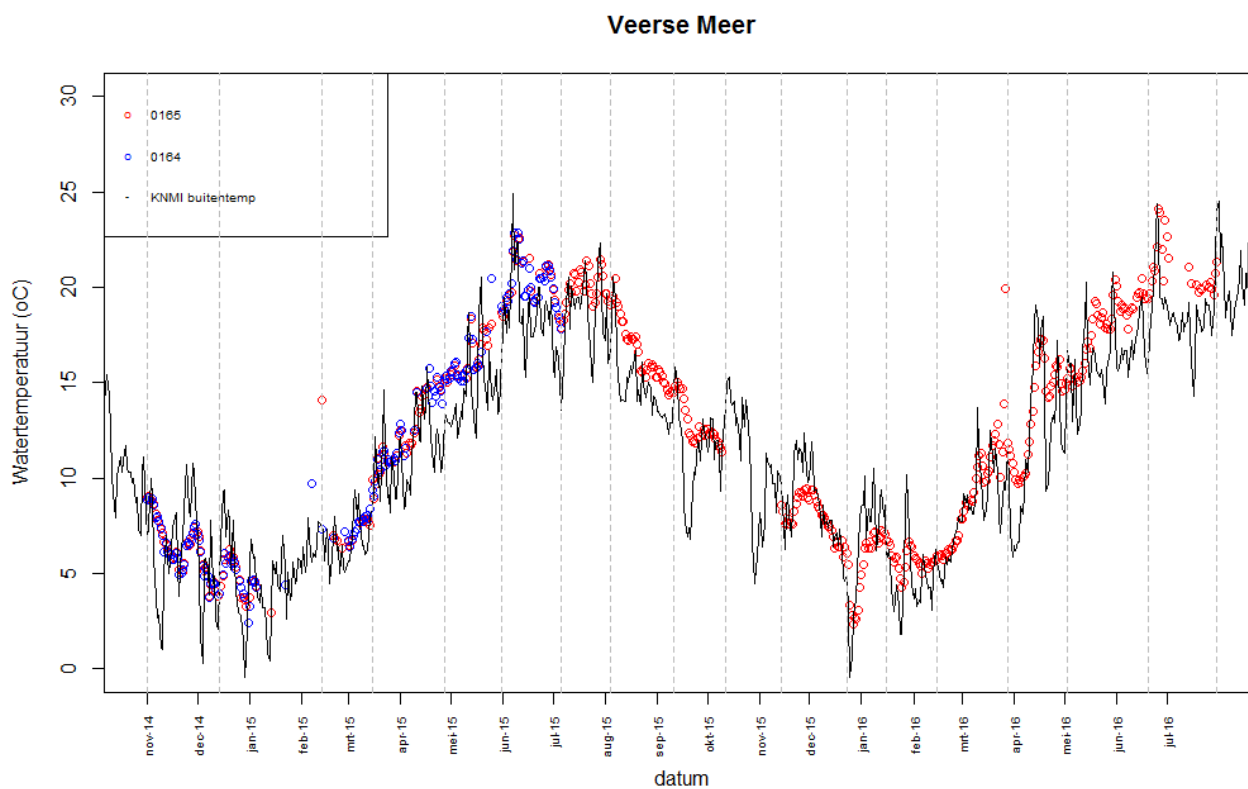
Figuur 8 Wiergroei nabij chlorofylsensor.



Figuur 9 Chlorofyl-a metingen in het Veerse Meer (met de meters 0164 en 0165, labanalyses en RWS data), vanaf het moment van juiste meethoogte boven de bodem.

In de zomerperioden heeft waarschijnlijk een wier in de vorm van *Ulva* (of andere soort) invloed gehad op de chlorofyl-a metingen op het perceel, waardoor de metingen erg dispers zijn (zie figuur 8). Hoewel de RWS metingen in de zomer ook waarden boven de 5 ug/l gemeten heeft, zal een deel van de dagelijkse hoge variatie verklaard kunnen worden door wiergroei nabij de meetingsensor.

WATERTEMPERatuur

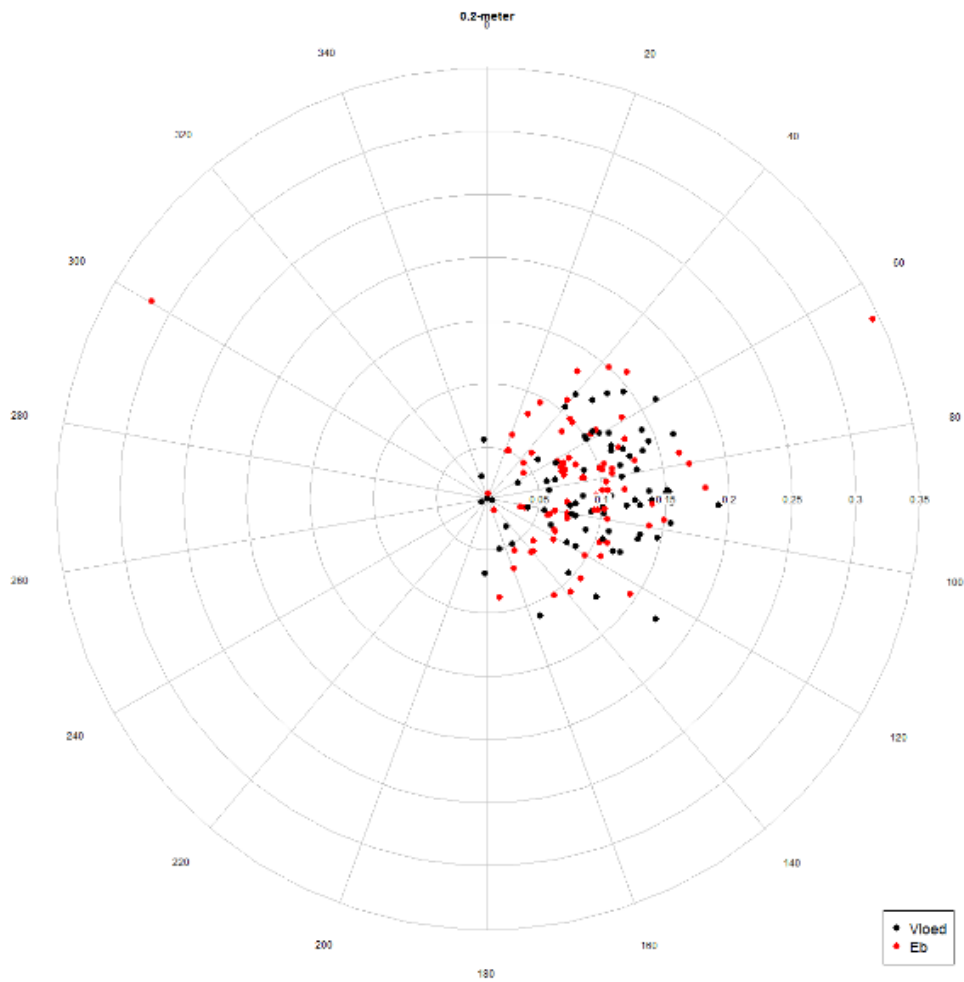


Figuur 10 Watertemperatuur van beide meters (0164 en 0165) en de omgevingstemperatuur (KNMI).

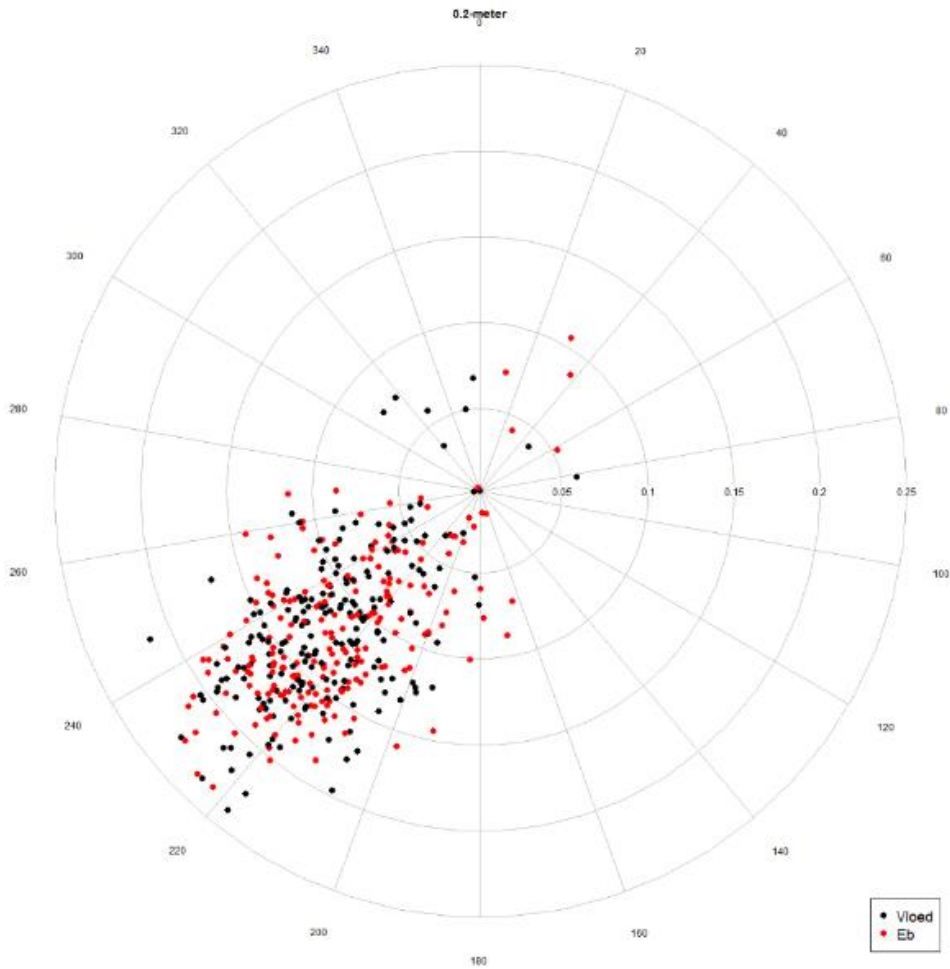
Figuur 10 geeft de watertemperatuur (daggemiddelde) weer van de sensoren van de chlorofylmeters, beide meters geven dezelfde temperaturen weer. De watertemperatuur in het Veerse Meer volgt de buitentemperatuur (bron: KNMI.nl) in gedempte mate. De eerste winter periode lijkt een langere koude periode te hebben dan de tweede winterperiode.

STROMING

Onderstaande plots geven de stroming weer op 20 centimeter boven de bodem op 15 en 16 mei 2014 tijdens windkracht 3 (figuur 11 en 12) en van 19 tot 21 februari 2016 tijdens windkracht 7 (figuur 13).



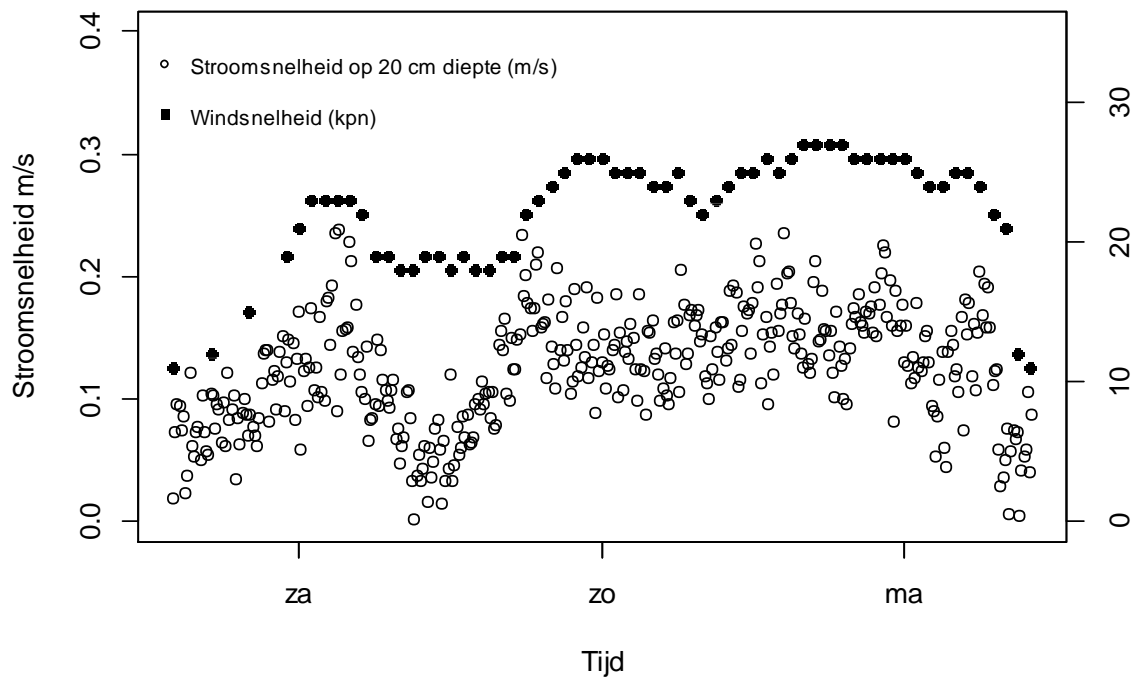
Figuur 11. Stroomsnelheid (x-as) en stroomrichting (radar, met noord op 360° en oost op 90°) op 15 en 16 mei 2014 gemeten tijdens een noordelijke wind (14° - 25°) van 3 bft. De indicatie eb en vloed is gebaseerd op de waterstand boven de stromingsmeter.



Figuur 12. Stroomsnelheid op 20 cm boven de bodem (x-as) en stroomrichting (radar) op 20 en 21 februari 2016 gemeten tijdens een zuidwestelijke wind (239° - 240°) van 7 bft. De indicatie eb en vloed is gebaseerd op de waterstand boven de stromingsmeter.

De stroomsnelheid varieert in het algemeen van 0,01 m/s tot rond de 0,2 m/s. Zowel stroomrichting als stroomsnelheid lijken wind gestuurd te worden op deze plek in het Veerse Meer.

In figuur 13 volgt het patroon van de stroomsnelheid de gemeten windsnelheid in Vrouwenpolder (Windguru Archive). Een statistische analyse van deze gegevens geeft een significant lineaire regressie tussen stroomsnelheid en windsnelheid aan ($p < 0.01$, $R^2 = 0.42$).



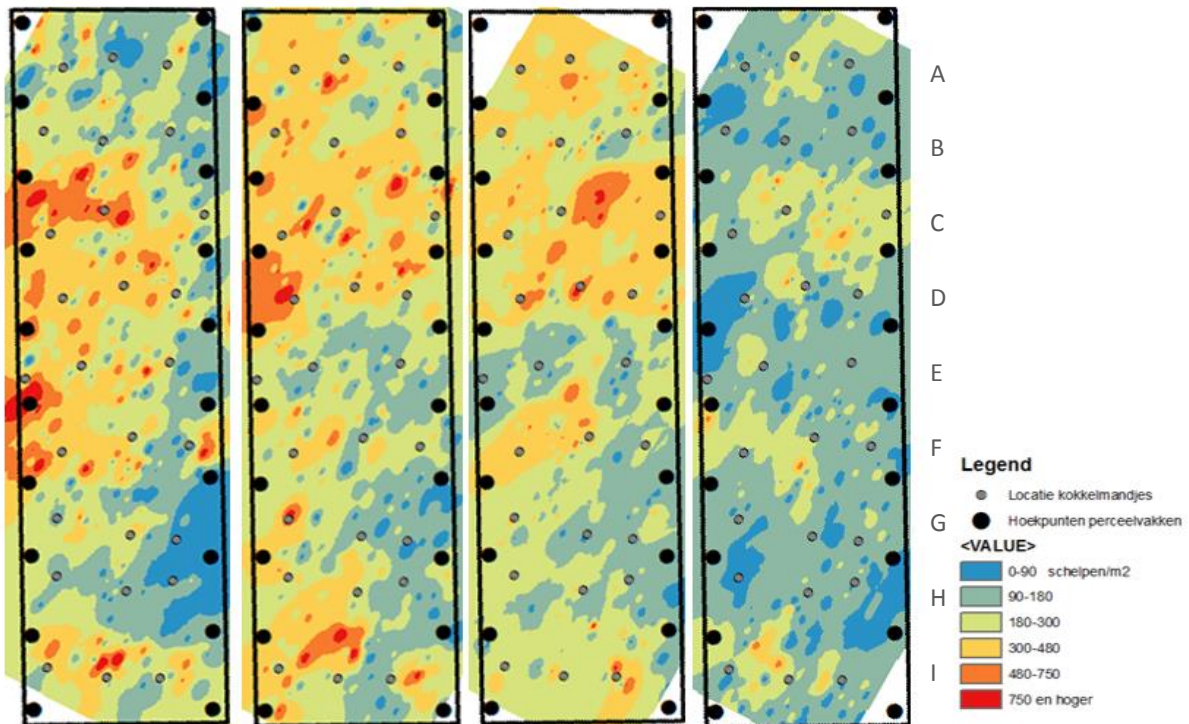
Figuur 13. De stroomsnelheid op 20 cm boven de bodem (linker y-as) en windsnelheid (rechter y-as) van 19 tot 22 februari 2016, tijdens een zuidwestelijke wind van ongeveer 7 bft.

SCHELPIERIEN

DICHTHEIDSBEMONSTERING

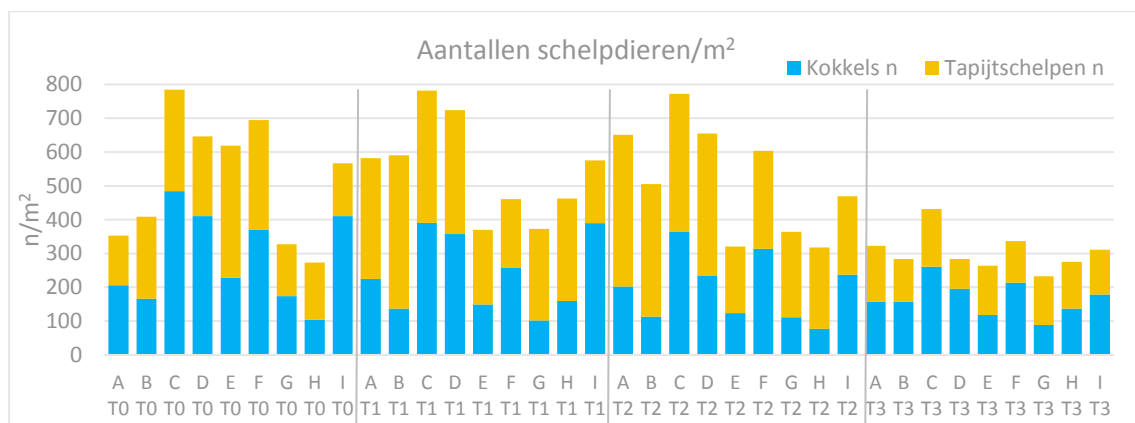
Aantallen en biomassa

Het dichtheidspatroon in totaal aantal kokkels en tapijtschelpen (zowel broed als meerjarig) over de verschillende perioden is veranderd over de tijd.

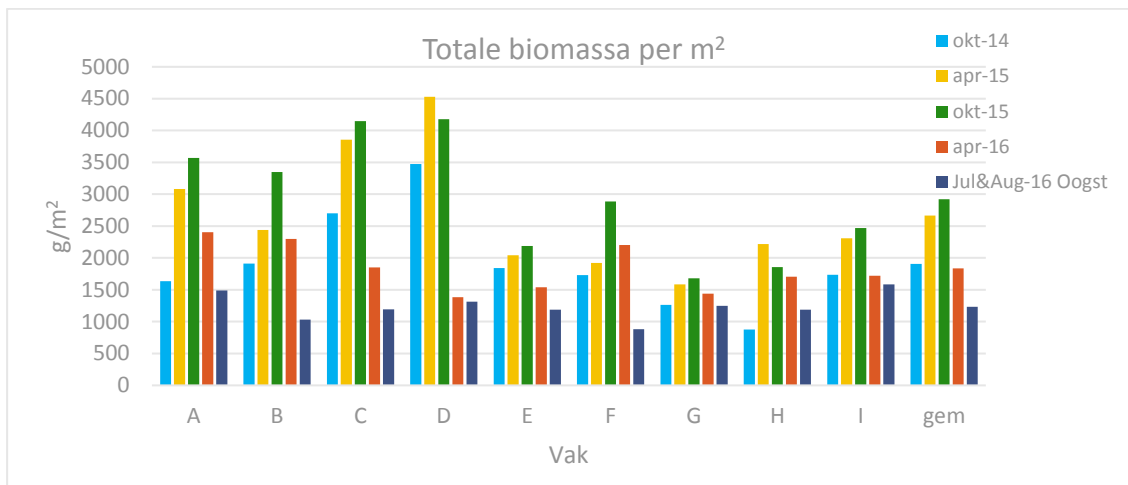


Figuur 14 Dichtheid kokkels en tapijtschelpen in n/m² (totaal aantal levende schelpen), geïnterpoleerd middels IDW kriging in ArcMAP, Van links naar rechts: okt 2014, apr 2015, okt 2015 en apr 2016.

In figuur 14 is te zien dat op enkele plaatsen hoge dichtheden gemeten zijn, vooral tijdens de bemonstering van okt 2014 en apr 2015. De laatste bemonstering rechts laat zien dat de dichtheden in aantallen schelpdieren per vierkante meter achteruit zijn gegaan. In figuur 15 is het onderverdeling tussen kokkels en tapijtschelpen weergegeven. Benthische schelpdieren in sublitorale gebieden kunnen met voldoende verversing van het water makkelijk in dichtheden tot 2000 ind/m² voorkomen (Jensen, 1992).



Figuur 15. Dichtheid van kokkels en tapijtschelpen (van broed tot meerjarig) in gemiddeld aantal/m² in de verschillende vakken over de verschillende bemonsteringen (T0 = okt 2014, T1 = apr 2015, T2 = okt 2015 en T3 = apr 2016).



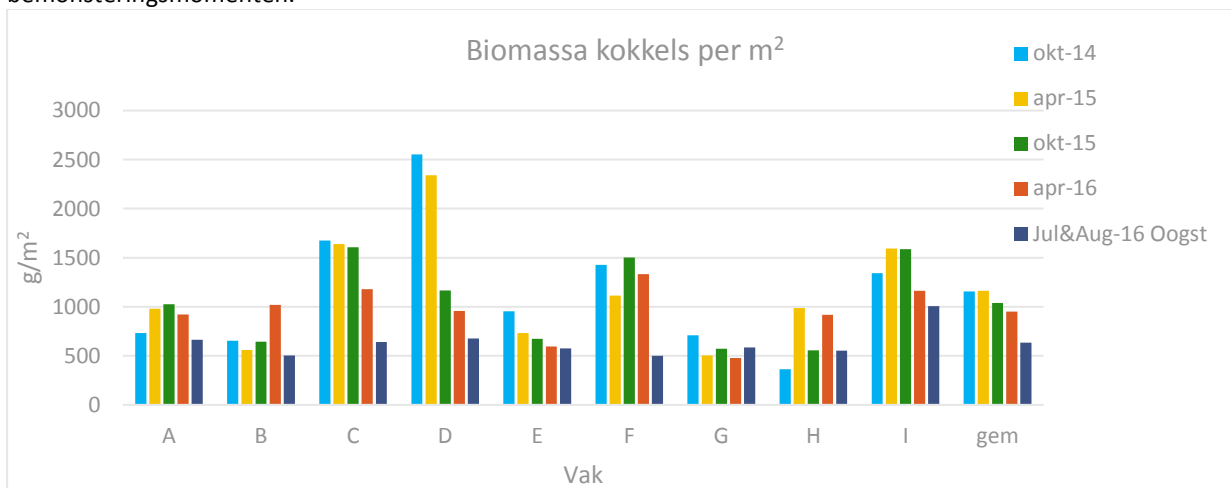
Figuur 16. Gemiddelde biomassa (in g/m²) aan kokkels en tapijtschelpen op de verschillende vakken tijdens de verschillende meetmomenten.

De gemiddelde biomassa op het hele perceel:

Tabel 1. Totale gemiddelde biomassa aan schelpdieren op het perceel omgerekend naar kg/m².

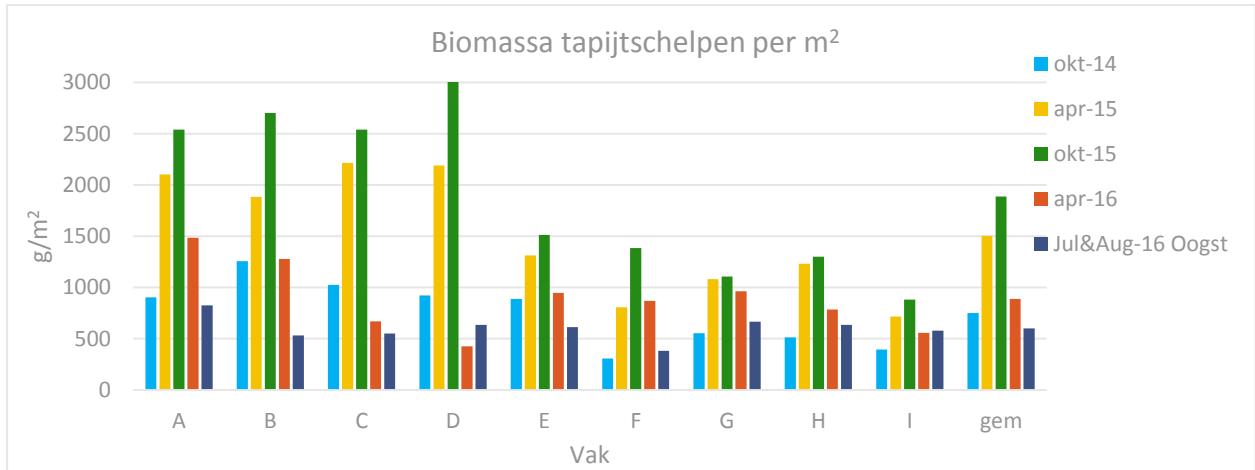
Periode	Biomassa kokkels en tapijtschelpen kg/m ²
Oktober 2014	1.9
April 2015	2.6
Oktober 2015	2.9
April 2016	1.8
Juli/augustus 2016	1.2

De volgende dichtheden in gram natgewicht per m² aan schelpdieren (opgesplitst in kokkels en tapijtschelpen) zijn gevonden op de verschillende perceelvakken, op de verschillende bemonsteringsmomenten.



Figuur 17. Biomassa kokkels per perceelvak vanaf oktober 2014 tot juli/augustus 2016.

In figuur 17 is te zien dat de totale biomassa aan kokkels op ieder perceelvak varieert. Met name op vak D is een grote afname te zien sinds de meting in april 2015. Aangezien het individuele gewicht van de meerjarige kokkels niet of weinig is afgenomen (zie fig. 19), lijkt dit een gevolg te zijn van mortaliteit.



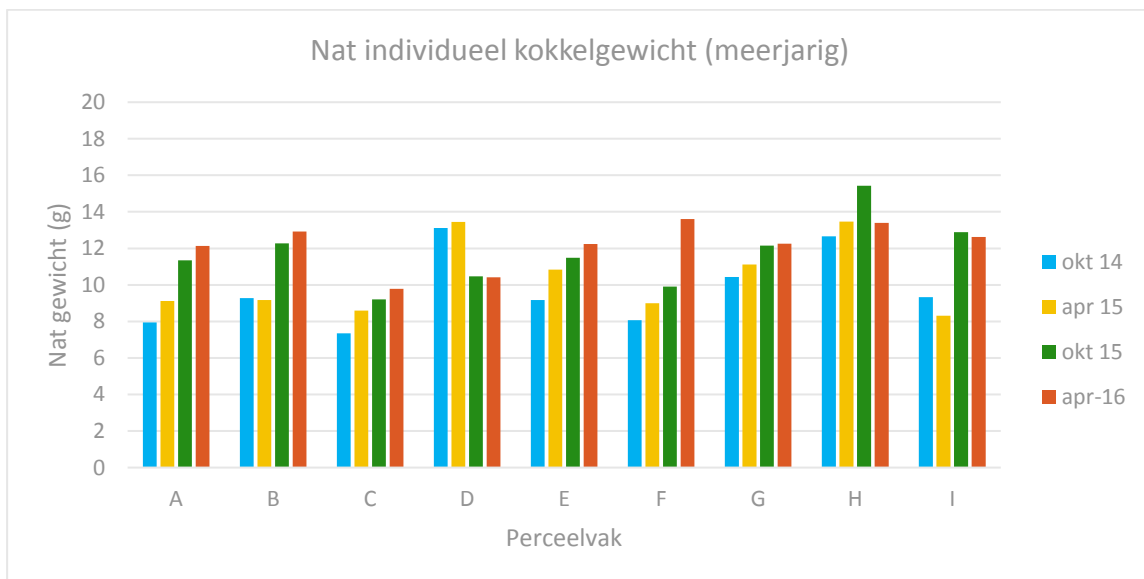
Figuur 18. Dichtheidsbemonstering vertaalt naar totale biomassa tapijtschelpen per perceelvak (A tm I), en het gemiddelde van alle vakken, vanaf november 2014 tot april 2016.

De grote toename in biomassa tapijtschelpen is zelfs in de winterperiode goed te zien. De grote daling gemeten in april 2016 is waarschijnlijk een gevolg van mortaliteit. De uitval is waarschijnlijk veroorzaakt door een daling in zoutgehalte sinds eind januari, waaruit blijkt dat de tapijtschelpen minder robuust zijn dan kokkels. In de monsters van april 2016 zijn veel lege tapijtschelpen aangetroffen. Overigens is het gemiddelde schelpgewicht van de levende gevonden tapijtschelpen weinig tot niet gedaald t.o.v. de voorgaande metingen (figuur 20).

De biomassa tijdens het oogsten in de periode van juli en augustus is nog lager dan wat er tijdens de dichtheidsbemonstering van april 2016 gevonden is. Dit was een andere methode (volledige oogst i.p.v. sedimenthapjes), maar het kan ook zo zijn dat de mortaliteit nog verder doorgezet is. Er is een korte periode van wiergroei geweest wat mogelijk tot verstikking van de schelpen geleid kan hebben.

Individueel gewicht

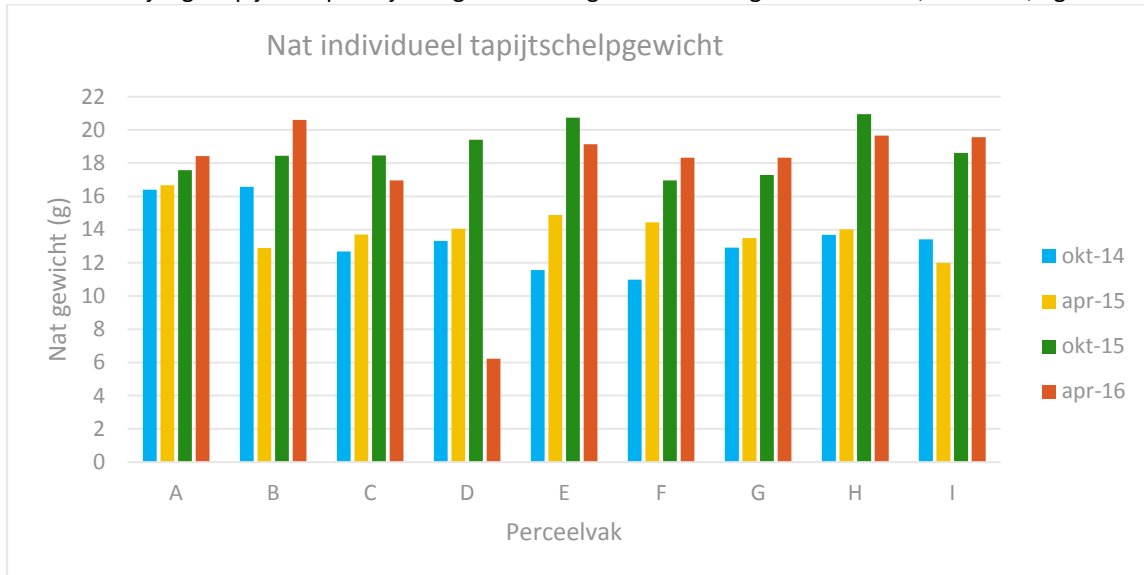
De data van het individueel nat gewicht van de schelpen in de figuren 19 en 20 zijn gebaseerd op een sub sample van 40 tot 50 meerjarige individuen die op dat perceel in de hapjes gevonden zijn. De grootste toename heeft plaatsgevonden in het groeiseizoen van april 2015 tot oktober 2015.



Figuur 19. Het gemiddelde individuele nat gewicht kokkels uit de dichtheidsbemonstering, onderverdeeld per perceelvak, vanaf oktober 2014 tot april 2016.

Het gewicht van de individuele meerjarige kokkels neemt op de meeste perceelvakken toe zoals te zien in figuur 19. Gemiddeld genomen over alle perceelvakken is het gewicht van de meerjarige kokkels gedurende anderhalf jaar van 9,3 gram gestegen naar 12,1 gram nat gewicht. Omgerekend naar AFDW met omrekenfactor 18 gram versgewicht = 1 gram AFDW vlees 18 (afgeleid uit 0-meting), betekent dat een toename van 156 mg AFDW vlees.

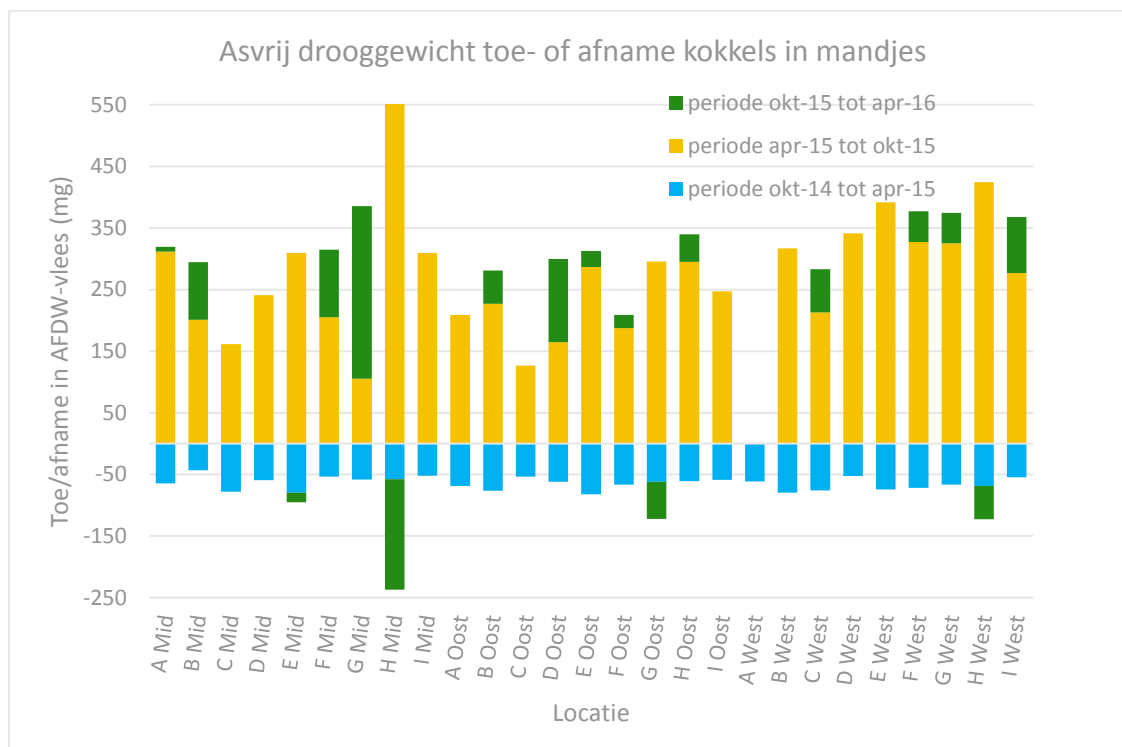
Ook de meerjarige tapijtschelpen zijn toegenomen in gemiddeld nat gewicht: van 13,4 naar 19,6 gram.



Figuur 20. Het gemiddelde individuele nat gewicht tapijtschelpen uit de dichtheidsbemonstering, onderverdeeld per perceelvak, vanaf oktober 2014 tot april 2016.

ONTWIKKELING KOKKELS IN DE MANDJES

In figuur 21 is de toe- en afname van vleesgewicht en in figuur 22 de schelpenlengte toename van de kokkels in de mandjes te zien over de verschillende perioden. De periode van april 15 tot okt 15, een zomerperiode, geeft zowel in lengte als vlees de meeste toename.



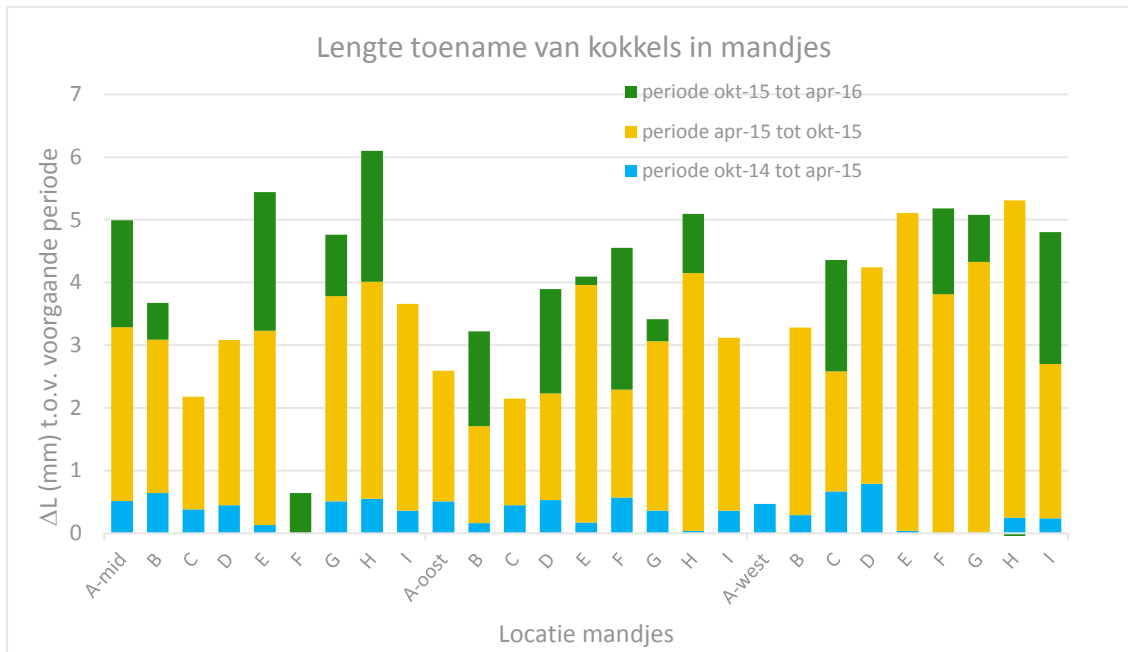
Figuur 21. Ontwikkeling van het gemeten asvrijdrooggewicht van het kokkelvlees in mg op de verschillende meetmomenten in de mandjes t.o.v. de voorgaande meting.

In figuur 21 is in de eerste periode een afname van ongeveer 50 mg AFDW te zien t.o.v. de nulmeting. De volgende meetperiode, een groeiseizoen, geeft een flinke toename.

Kamermans (1992) heeft in 7 weekse sublitorale experimenten met kokkels op een dichtheid van 1000 ind/m² een gemiddelde toename van 80mg AFDW gevonden. Als dit geëxtrapoleerd wordt naar de meetperiode april tot oktober 2015 die ongeveer 4 keer langer duurde dan de periode in de genoemde bron, is de toename in dit seizoen vergelijkbaar en in een aantal gevallen zelfs hoger. De kokkels in dit experiment waren groter, wat meer volume en dus meer mogelijkheid voor vleestoename betekend heeft, en de verschillen kan verklaren.

Aan de andere kant valt de totale gemiddelde AFDW toename over de hele periode (toename van 46,9 mg) lager uit dan met de omgerekende toename van de verzamelde kokkels uit de dichtheidsbemonsteringen van 156 mg (blz 16). Dit kan mogelijk een gevolg zijn van de grote variatie in meerjarige kokkelgrootte bij de gevonden kokkels in de sedimenthapjes.

Uit bovenstaande is duidelijk geworden dat het AFDW voor kokkels erg afhankelijk is van het seizoen.



Figuur 22. Lengte toename van de kokkelschelp in mm op de verschillende meetmomenten in de mandjes t.o.v. de voorgaande meting. Sommige mandjes zijn niet meer teruggevonden, waardoor gegevens missen.

De lengtetoe name van de kokkels in de controle mandjes is tussen de beide winterperiodes is verschillend, met een grotere lengte toename in de periode van okt 15 tot april 16. Ook in het vleesgewicht (figuur 21) zit er verschil tussen beide winterperiodes, waarbij de eerste winter voor alle locaties een afname te zien is en in de tweede winter een voor het merendeel toename.

In de analyse van vlees toe/afname en ook lengte toename is iedere meting onafhankelijk van de vorige, omdat steeds nieuwe kokkelmandjes bemonsterd zijn. In de grafiek is dit gegroepeerd per locatie, en dat kan mogelijk onderlinge verschillen verklaren.

Een mogelijke verklaring voor de kleine toename in lengte en de afname in AFDW voor de eerste winter kan het effect van verzaaien zijn geweest: van intergetijden naar sublitorale omstandigheden, de aanpassing in zoutgehalte en voedselomstandigheden. Maar ook het verschil in watertemperatuur tussen beide winters kan invloed gehad hebben: in de eerste winter was er een langere koude periode < 5°C, dan in de tweede winter (zie figuur 10).

Kamermans (1992) heeft in 7 weekse sublitorale experimenten met kokkels op een dichtheid van 1000 ind/m² een gemiddelde toename van 2 mm gevonden. Als dit geëxtrapoleerd wordt naar de periode van de meetperiode met de grootste toename (apr tot okt 2015) die ongeveer 4 keer langer duurde dan in de genoemde bron, is de toename hier (2.9 mm) aan de lage kant.

Dit kan verklaard worden door de kleinere maat van de kokkels (23.6 mm) gebruikt in genoemd experiment ten opzichte van 28 mm in het huidige experiment. Van kleine kokkels is bekend dat ze relatief harder groeien dan de grotere.

Door het asvrijdrooggewicht van het vlees aan het begin van het groeiseizoen in 2015 om te rekenen naar vers gewicht, middels de ratio vers:AFDW vlees uit de 0-meting van de controlemandjes, kan de seizoensgroei van meerjarige kokkels vergeleken worden met de Waddenzee, volgens de volgende formule uit Kamermans (2003):

$$y = Ax^B$$

x: versgewicht op 1 mei

A: 2.72 (constante voor meerjarige kokkels)

B: 0.66 (idem)

Y: versgewicht op 1 september

In april 2015 was het gemiddelde AFDW_{vlees} 0.204 g *18 (ratio vers:AFDW_{vlees}, afgeleid uit 0-meting)=3.67g vers. Volgens formule komt dat op 6.41g vers/kokkel na het groeiseizoen. In het Veerse Meer is gemiddeld 0.476 AFDW_{vlees} *18 =8.57g vers gevonden, dat is meer dan in de Waddenzee, maar de tijdspanne is hier een tot anderhalve maand langer. Daarnaast blijkt uit de grafieken in figuur 19 dat er veel variatie zit in het AFDW_{vlees}. Toch geven bovenstaande resultaten aan dat de kokkels in het Veerse Meer een vergelijkbare groei vertonen met die uit de Waddenzee.

Met het individual growth model van Von Bertalanffy model kan de individuele groei in lengte van kokkels worden beschreven op een tijdstip t:

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

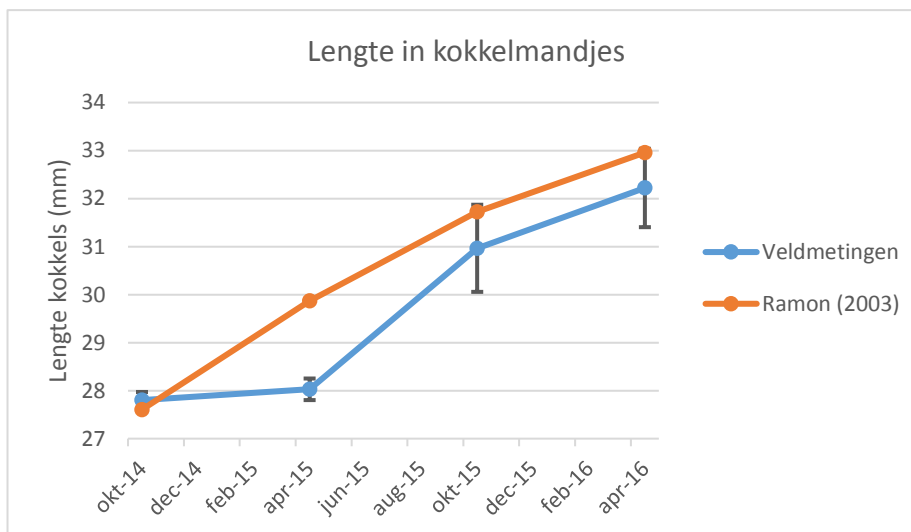
L_{∞} : asymptoot van groeicurve oftewel maximale lengte (40 mm, uit: Ramon, 2003)

k : initiële groei coëfficiënt (0.404, uit: Ramon, 2003)

t_0 : theoretische geboorte (in dit geval 0)

Wanneer dit model gebruikt wordt zou het startmateriaal voor het groei experiment in de mandjes van 28mm een leeftijd hebben gehad van ongeveer 2.9 jaar, ongeveer overeenkomend met de groeiingen aanwezig op de kokkels.

Na anderhalf jaar experiment (2.9+1.5=4.4 jaar) zouden de kokkels volgens het Von Bertalanffy groeimodel rond de 33,2 mm moeten zijn. De kokkels uit de mandjes waren op het eind van het experiment gemiddeld 32.2 ± 0.82 mm. Zie figuur 23. Ook hier is de langzame groei in de eerste winter te zien. Daarna is de richtingscoëfficiënt van de relatie vergelijkbaar met het Von Bertalanffy model.

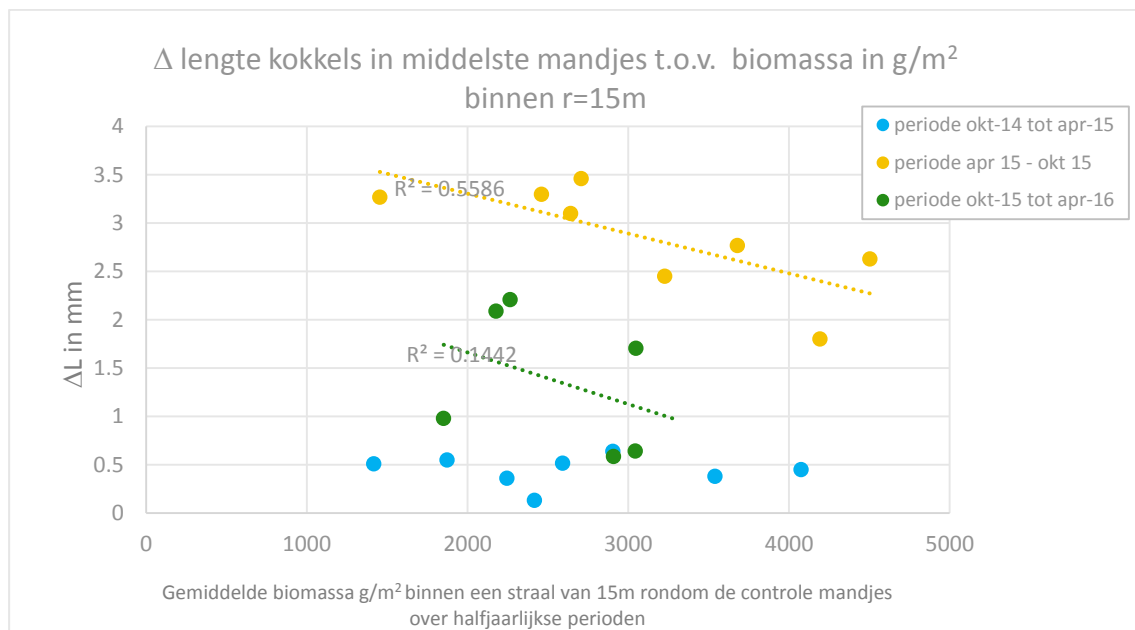


Figuur 23. Verloop van de lengte ontwikkeling van de kokkels op de verschillende meetmomenten. De punten zijn de gemiddelden van de gevonden lengtes in alle mandjes, n=27, standaard deviatie is aangegeven middels error-bars. De oranje lijn is de Von Bertalanffy groeicurve gebaseerd op Ramon, 2003.

EFFECT VAN DICHTHEID OP GROEI

Het experiment was erop gericht om o.a. effecten van zaaidichtheid op groei te onderzoeken. Er is een negatieve correlatie tussen de gemiddelde biomassa gedurende een halfjaarlijkse periode binnen een straal van 15m rondom een mandje (gebaseerd op de random genomen sedimenthappen binnen die straal), en de toename in schelpenlengte van kokkels in het mandje gedurende dezelfde periode (fig. 24). De dichtheid in de controle mandjes was overal gelijk (1.5 kg/m²).

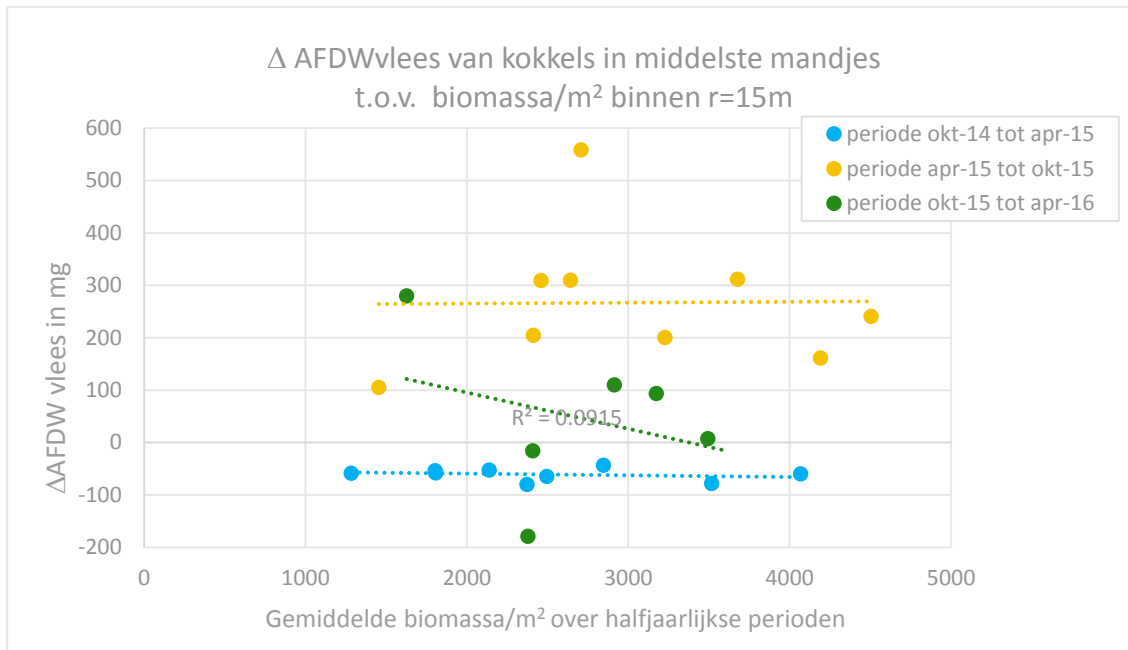
Alleen de periode van april 15 tot okt 15, het groeiseizoen, geeft een statistisch significante regressie ($p=0.033$). De eerste periode zal hoogstwaarschijnlijk voor de kokkels een aanpassingsperiode geweest zijn en voor de laatste periode was de variatie te groot om de regressie statistisch aan te tonen.



Figuur 24. Relatie tussen de gemiddelde biomassa in g/m² binnen een straal van 15m rondom de kokkelmandjes en de toename in schelpenlengte van kokkels in de mandjes voor de verschillende meetperioden. R² is aangegeven bij de regressielijn. R²=0.5586 p=0.033; R²=0.1442 p>0.05).

Er lijkt een kantelpunt te zitten bij ongeveer 3 kg/m²: bij een hogere gemiddelde dichtheid is de lengte toename minder (ongeveer 0.5 tot 1mm minder).

Er zijn geen significante correlaties gevonden tussen dichtheid en vleesgewicht, en daardoor ook niet tussen dichtheid en conditiefactor. Voor de volledigheid is het vleesgewicht in de middelste mandjes in figuur 25 uitgezet tegen de gemiddelde biomassa weergegeven.



Figuur 25. Relatie tussen de gemiddelde biomassa in g/m² binnen een straal van 15m rondom de kokkelmandjes en de toename/afname in vleesgewicht (AFDW in mg) van kokkels in de mandjes voor de verschillende meetperiodes.

De eerste winterperiode (okt-14 tot apr-15) geeft een vrij consistente afname in vleesgewicht ten opzichte van de 0-meting, maar lijkt niet gerelateerd aan dichtheid (horizontale lijn). Een dichtheidseffect is naar verwachting ook nog niet te vinden na een half jaar.

Bij de overige metingen lijkt er een afname in AFDW te zijn, maar is de variatie te groot om iets over een dichtheidseffect op het vleesgewicht van de kokkels in mandjes te kunnen zeggen.

Schelpenlengte is een maat die informatie geeft over groei gedurende een lange periode, terwijl vleesgewicht meer een momentopname is. Daardoor is vleesgewicht (en dus ook conditie) over het algemeen variabelere dan schelpenlengte. Als gevolg hiervan is het aantonen van effecten lastiger voor vleesgewicht (en conditie) dan voor schelpenlengte.

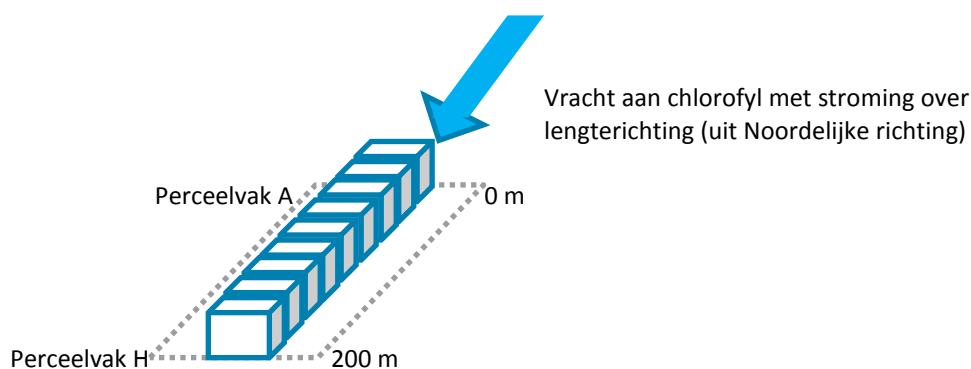
THEORETISCHE BENADERING VOEDSELAFNAME EN GROEILIMITATIE

De afname aan chlorofyl over een perceel is bepaald aan de hand van de gevonden aantallen schelpdieren in een straal van 15 meter rondom de ingegraven mandjes. Hierbij is gebruik gemaakt van formules van filtratiesnelheid en de berekende vracht aan chlorofyl die in de lengterichting over het perceel stroomt (zie figuur 26).

Chlorofylconcentratie (ug/l) = vracht aan chlorofyl(m/s x ug/l) - filtratiedruk (l/m/h)

Filtratiedruk = aantal schelpdieren (gemiddelde in groeiseizoen apr 2015-okt 2015 rondom de mandjes van ieder perceelbak, gebaseerd op subset) x gemiddelde filtratiesnelheid

Vracht aan chlorofyl = debiet in lengte richting over perceel x chlorofyl concentratie (gemiddeld in groeiseizoen apr 2015-okt 2015)



Figuur 26. Schematisatie van model. Ieder boxje bevat de gevonden hoeveelheid schelpdieren binnen een straal van 15 meter rondom de mandjes in het midden van ieder perceelvak. Chlorofyl wordt door de filtratie druk van uit vak A gefilterd en gaat met een afnemende concentratie vak B binnen, waar vervolgens ook gefilterd wordt met een bepaalde filtratiedruk.

Input model:

- Filtratiesnelheid kokkels: $CR = 2.59 W^{0.51}$ (Smaal et.al. 1986). Voor kokkels van gemiddeld 30 mm is dat ongeveer 1.6 l/h. CR is filtratiesnelheid in l/h/ind en W is het drooggewicht in g/ind.
- Filtratiesnelheid tapijtschelpen: CR = 3.58 l/h voor tapijtschelpen van ongeveer 35mm bij een temperatuur van 20°C (Han et.al. 2008)

(Bovenstaande gemiddelde maten kokkels en tapijtschelpen zijn een inschatting op basis van de schelpdieren gevonden bij de dichtheidsbemonstering).

- Stroomsnelheid: 0.1 m/s, afgeleid uit stromingsmetingen onder normale omstandigheden
- Chlorofylconcentratie: 4.3 ug/l, gemiddelde uit het groeiseizoen april – oktober 2015
- Diepte: 1.5 m

De filtratiedruk is bepaald op het gemiddelde gewicht/lengte van een subset van de gevonden kokkels en tapijtschelpen op een bepaald perceelvak. Eventuele andere schelpdieren, zoals strandgapers, slijkgapers en mosselen, die ook voor filtratie kunnen zorgen zijn niet meegenomen in deze berekening.

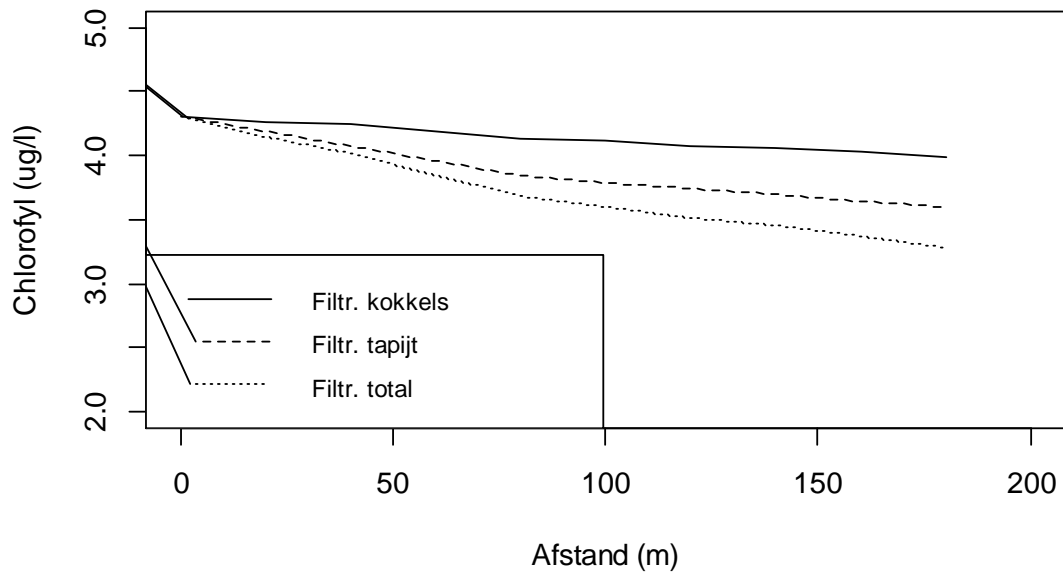
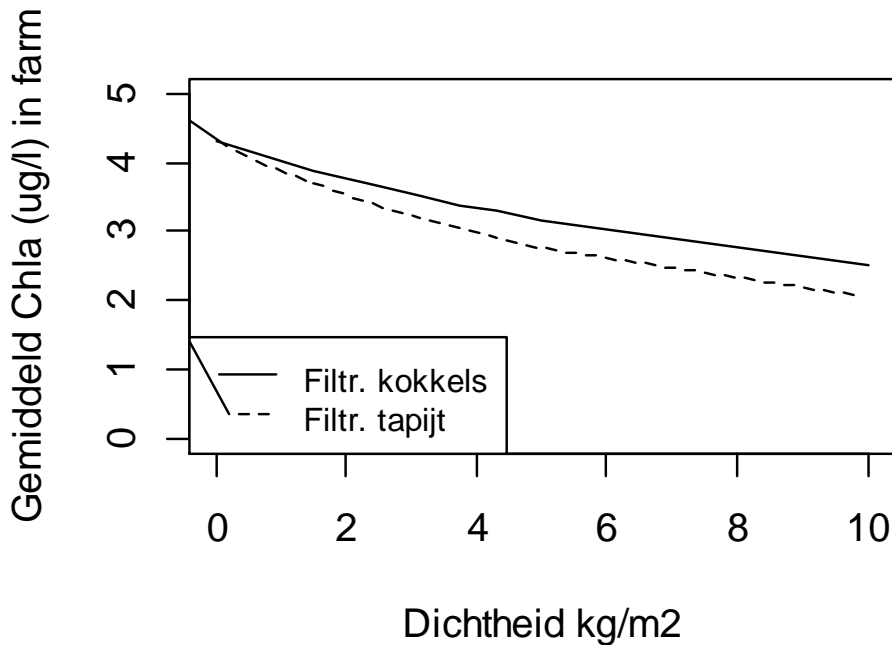


Figure 27 Gemodelleerde chlorofylconcentratie, berekend op gevonden hoeveelheden kokkels en tapijtschelpen.

Zoals te zien in figuur 27, leidt de theoretische benadering van de filtratiedruk op het perceel tot ongeveer 25% reductie in chlorofyl-a en zeer waarschijnlijk niet tot uitputting.

Uitgaande van een monocultuur van ofwel kokkels of tapijtschelpen is met het model een analyse gedaan hoe dichtheid van schelpdieren de hoeveelheid algen (als voedsel) bepaalt.



Figuur 28 Dichtheidsafhankelijke filtratie van chlorofyl, gemodelleerd voor het pilotperceel door kokkels en tapijtschelpen.

Met de gemiddelde versgewichten van de schelpdieren (12 gram/kokkel en 18 gram/tapijtschelp) die gevonden zijn op de perceelvakken, komt een dichtheid van 10 kg/m^2 op 830 kokkels/ m^2 en 550

tapijtschelpen/m². Deze dichtheden zijn lager dan de hoge dichtheden van 2000 ind/m² gevonden in intergetijdengebieden (Jensen, 1992).

Kokkels in een dichtheid van 10 kg/m² filtreren het water voor 42% leeg, en tapijtschelpen -met een hogere filtratiesnelheid- filtreren 54%. Ook hier is een stroomsnelheid van 0.1 m/s gebruikt, de gemiddelde stroomsnelheid bij normale omstandigheden (zie figuur 11 op blz. 10 van dit rapport).

Gebaseerd op deze modelering van voedselafname, zou er op grond van alleen kokkels en tapijtschelpen op het perceel geen depletie plaats moeten vinden. Met het DEB model (Dynamic Energy Budget theorie) voor kokkels (Wijsman & Smaal 2011) is een run gedaan met als input variabele voedsel van zowel 4.3 ug/l chlorofyl: de initiële chlorofyl concentratie voordat het over het perceel stroomt als 3.2 ug/l chlorofyl, de theoretische concentratie nadat het water over het perceel is gestroomd (figuur 27). Het DEB model geeft dan voor het groeiseizoen tussen de twee verschillende voedselconcentraties 1% lengteverschil. Dat is minder dan het gemeten groeiverschil van 2.8%.

Andere bentische soorten kunnen de filtratiedruk negatief beïnvloeden en daarnaast zal groeilimitatie op basis van voedseltekort afhangen van het aandeel eetbaar en niet eetbare chlorofyl van invloed zijn. Het aandeel eetbaar en niet eetbaar chlorofyl is binnen dit project niet onderzocht. Nano en pico plankton bijvoorbeeld kan niet worden gegeten door schelpdieren, maar wordt wel als chlorofyl gemeten.

HOOFDSTUK 4

CONCLUSIE

Het doel van het experiment was om inzicht te krijgen naar het effect van dichtheid op de groei en kwaliteit van kokkels op het bodemperceel in het Veerse Meer.

Gebaseerd op de mandjes die in het midden van de perceelvakken lagen, lijkt er een verband te zijn tussen de dichtheid van schelpdieren binnen een straal van 15m en de lengte ontwikkeling van kokkels: hoe lager de dichtheid, hoe groter de gemiddelde lengteontwikkeling van de kokkels (gemiddeld 3,3 mm lengte toename in het groeiseizoen april 2015-oktober 2015). Daaruit kan de conclusie getrokken worden dat:

- Tot een biomassa van ongeveer 3kg/m^2 geen groeibemmering plaats vindt.

De gemiddelde groei en ontwikkeling van de kokkels in schelpenlengte en (uit AFDW afgeleid) vers gewicht over de hele periode van anderhalf jaar komt overeen met wat normaal gesproken verwacht kan worden in de Waddenzee voor meerjarige kokkels.

OVERIGE BEVINDINGEN:

- De dichtheden op het perceel zijn variabel. Gedurende de gemeten perioden is er een dalende trend aan kokkeldichtheden te zien en een stijgende trend en later een dalende trend van tapijtschelpen.
- Stroomsnelheid en stroomrichting op 20 cm boven de bodem van het perceel is zoals te verwachten was wind gedreven, met een maximale gevonden stroomsnelheid van 0.25 m/s. Er is een significant verband tussen windsnelheid en stroomsnelheid.
- Ook blijkt dat, hoewel de meerjarige kokkels in dit experiment hun verwachte groei waar gemaakt hebben, het uitgangsmateriaal voor kokkelkweek van groot belang is. Voor de kweker is het interessanter om te starten met jongere kokkels (eenjarig) omdat die een grotere productiepotentie hebben.
- Tijdens dichtheidsbemonsteringen zijn ook andere filtrerende tapijtschelpen gevonden, zoals strandgapers, slijkgapers en mosselen. Dit kan de reden zijn dat er via de theoretische benadering minder groeilimitatie plaats zou moeten vinden dan in het veld gevonden is tijdens het groeiseizoen.

REFERENTIES

- Cranford, P. J., Ward, J. E. and Shumway, S. E. (2011) Bivalve Filter Feeding: Variability and Limits of the Aquaculture Biofilter, in Shellfish Aquaculture and the Environment (ed S. E. Shumway), Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Han, Kyung Nam, Soon Woo Lee, Soon Young Wang (2008) The effect of temperature on the energy budget of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*. *Aquacult Int* 16:143–152
- Hancock D.A. & Franklin A., (1972). Seasonal changes in the condition of the edible cockle *Cardium edule* (L.). *Journal of Applied Ecology*. 9, 567-579.
- Jensen (1992). Dynamics and growth of the cockle, *Cerastoderma edule*, on intertidal mud-flat in the Danish Wadden Sea: effects of submersion time and density. *Neth. J. Sea Res.* 28: 335-345.
- Jobert, S. (2014). Saline production cockle project.
- Kamermans, P., H. van der Veer, L. Karczmarski, G. Doeglas (1992). Competition in deposit- and suspension- feeding bivalves: experiments in controlled outdoor environments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 162, 113-135.
- Kamermans, P., Kesteloo, J. J., & Baars, M. D. (2003). Eindrapport EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase) EVA II deelproject H2: Evaluatie van de geschatte omvang en ligging van kokkelbestanden in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. *RIVO Rapport C054/03*.
- Ramon M. (2003). Population dynamics and secondary production of the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in backbarrier tidal flat of the Wadden. *Sea. Sci.Mar.*, 67(4), 429-443.
- Smaal , A.C. , Verhagen , J.H.G. , Coosen , J. , and Haas , H.A. (1986). Interaction between seston quantity and quality and benthic suspension feeders in the Oosterschelde, The Netherlands. *Ophelia* 26 : 385 – 399.
- Wijsman, J.W.M. & A.C. Smaal (2011) Growth of cockles (*Cerastoderma edule*) in the Oosterschelde described by a Dynamic Energy Budget model. *Journal of Sea Research* 66, 372-380.

BIJLAGE 1 FOTO'S EXPERIMENT

