

Mosselen in de Wilhelminapolder



Voortgangsverslag mosselpilot juni 2009- mei 2011

Logo WP-NJ



Mosselen in de Wilhelminapolder

Voortgangsverslag mosselpilot juni 2009-mei 2011

Uitvoering: Schelpdierkweekbedrijf Wilhelminapolder-Neeltje Jans VOF

In samenwerking met:

Marco Dubbeldam & Bernd van Broekhoven, stichting Zeeschelp

Aad Smaal, IMARES

Jouke Heringa en Tony van der Hiele, Hogeschool Zeeland

Auteurs: M.C. Dubbeldam, A.C. Smaal en T.H v.d. Hiele

Conceptrapport, oktober 2011



Marien Onderzoek en Aquacultuur

Jacobahaven 1
4493 ML Kamperland

Tel: 0113-376296
Fax: 0113-376297
info@zeeschelp.nl
www.zeeschelp.nl

Inhoud

Samenvatting.....	3
Inleiding	5
Methode	7
Kweekstelsel	7
Monitoring	7
Resultaten.....	9
Waterbalans.....	9
Monitoring waterkwaliteit	11
Nutriënten	14
Monitoring mosselen	16
Voedselaanbod.....	19
Bemestingsproef en algenentel	23
Monitoring fyto- en zooplankton.....	25
Clusteranalyse fyto- en zooplankton.....	30
Relatie tussen algensamenstelling en groei van de mosselen	35
Kwaliteit van mosselen uit de vijver.....	36
Potentiële opbrengst van mosselen uit de vijver, integratie van gegevens	37
Bijgroei in de algenvijver.....	45
Aanbevelingen	47
Referenties	49
Bijlage.....	51

Samenvatting

Inleiding

In 2008 is begonnen met de voorbereidingen voor de mosselpilot waarbij in het najaar van 2008 het vijversysteem is aangelegd. Vanaf winter 2009 draait het systeem vrijwel continu.

Het doel van de mosselpilot in de Wilhelminapolder is onderzoek uitvoeren naar mogelijkheden van het kweken van schelpdieren op het land.

De uitvoering ligt bij schelpdierkweekbedrijf Wilhelminapolder-Neeltje Jans VOF, waarbij een samenwerking is aangegaan met stichting Zeeschelp voor de monitoring van mosselen en voedselaanbod, IMARES voor inhoudelijke begeleiding, Hogeschool Zeeland voor het meten van de grondwaterhuishouding, nutriënten en chlorofyl en Grontmij, team Ecologie voor analyses aan algen en zooplankton.

Door praktijkervaring op te doen, deze te koppelen met andere studies en literatuur kunnen de aannames en vragen uit het businessplan door het schelpdierkweekbedrijf Wilhelminapolder-Neeltje Jans VOF geëvalueerd en onderbouwd worden en een opzet gegeven worden van opschaling en rendement.

Dit voortgangsrapport beschrijft de inzichten en metingen vanaf voorjaar 2009 tot en met voorjaar 2011. Na een korte methodebeschrijving wordt ingegaan op meetresultaten waarbij stapsgewijs verder op de materie wordt ingegaan.

De resultaten beginnen met een beschrijving van de waterkwaliteit, gevolgd door een beschrijving van het verloop van de nutriënten en algen in de algenvijver. Vervolgens wordt het voedselaanbod voor de mosselen besproken en wat de opname door de mosselen is geweest. De effecten van een bemesting- en algenent proef op het voedselaanbod worden besproken, als ook de ontwikkelingen binnen het plantaardig en dierlijk plankton in de vijver.

Met deze informatie wordt de relatie tussen de algensamenstelling en de groei van de mosselen verder uitgewerkt, waarna er een opzet gemaakt is voor een maximale productie van algen en mosselen met de huidige capaciteit van de algenvijver.

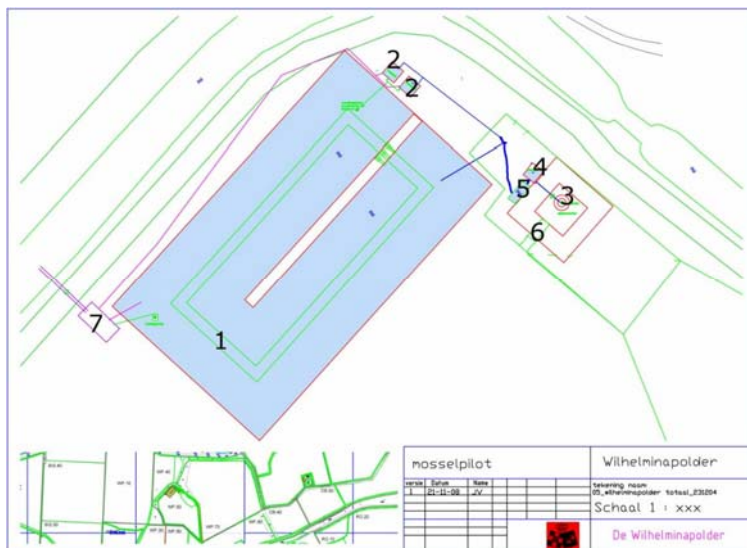
Tot slot worden aanbevelingen gedaan om het systeem van de mosselpilot zo aan te passen dat verder praktijkonderzoek plaats kan vinden naar de maximale productie van mosselkweek op het land.

Methode

Kweekstelsel

De pilot bestaat uit een samenstel van voorzieningen, zie Verschoore 2010 voor gedetailleerde omschrijvingen en Figuur 1:

1. Een gegraven vijver voor algenproductie (wateroppervlak 0,43 hectare)
2. Rvs putten (1,4*1,4*2,4m) voor huisvesting schelpdieren
3. Bron grondwater (filterbuis 12-22 meter diep in grofzandig schelpenpakket, 30 m³/uur)
4. Beluchtingbassin voor grondwaterontijzering
5. Bezinking neerslag uit grondwater
6. Zeecontainer met aggregaat en meetapparatuur
7. Zandlichaam met ringdijkje voor infiltratie looswater richting sloot



Figuur 1. Opbouw systeem mosselpilot.

De mosselpilot ligt in de bedding van een oude kreekgeul. Het dwarsprofiel van de U-vormige vijver was een flauwe V-vorm en door inspoeling van zand uit dit profiel is in de loop van tijd een meer S-vormig profiel ontstaan. De diepte is maximaal 2 meter en gemiddeld circa 1 meter. In de dam midden in de vijver zijn doorlaatbuizen aangebracht zodat het water door de vijver kan circuleren. De rvs mosselputten worden gevoed met zwembadpompen van 14 en 28 m³/uur. De verblijftijd van het water in de mosselput is circa 3 kwartier.

Monitoring

Sinds 2009 wordt de waterkwaliteit fysisch-chemisch en biologisch gemonitord, als ook de voedselopname en groei van de mosselen.

De gehanteerde bemonstering en analyse van water en biota is om de week:

De waterkwaliteit (temperatuur, O₂, pH, saliniteit, doorzicht) wordt ter plekke gemeten bij de inname van de pomp (circa 0,8 meter diepte), aan de oppervlakte van de vijver en in de mosselput.

Bij de instroom van de pomp en de uitstroom van de mosselput wordt 5 liter water bemonsterd voor analyse aan fyto- en zooplankton, partikels, zwevend stof, particular organisch material, nutriënten en chlorofyll-a. Van de mosselen wordt een monster genomen voor lengte-gewicht bepaling, volume en asvrijdrooggewicht.

Fytoplankton monsters worden geconserveerd met acetaat gebufferde lugol, voor zooplanktonmonsters wordt 5 liter water over 30 µm gefiltreerd en geconserveerd met formiline tot circa 4%. Partikeltellingen worden uitgevoerd met een CoulterCounter, die per micrometer de deeltjesgrootte kan bepalen.

Zwevend stof, POM, nutriënten en chlorophyll wordt bepaald door filtratie over GF/C filters. Voor zwevend stof-POM analyse worden de filters nagespoeld met ammoniumformiaat om zoutresten te verwijderen. De filters worden gedurende 24 uur gedroogd bij 60°C en vervolgens verast gedurende 4 uur bij 520°C. Het filter voor chlorophyll wordt na filtratie ingevroren.

Na filtratie wordt het filtraat aangezuurd met zwavelzuur tot pH 2 en ingevroren tot moment van analyse. De nutriënten SiO₂, NH₄-N, NO₂⁻-N en ortho-PO₄³⁻ worden geanalyseerd met de HACH kit DR2400 volgens voorschrift. NO₃⁻ is gemeten met behulp van spectrofotometer in het UV spectrum, waarbij m.b.v. een calibratie reeks de factor bepaald is aan de hand van de absorptie op 220nm en 275nm. $Factor = abs(220nm) - 2 * abs(275nm)$.

De factor uit de absorptie van de monsters is m.b.v. de lineaire functie van de ijklijn teruggerekend naar de bijbehorende NO₃⁻ concentraties.

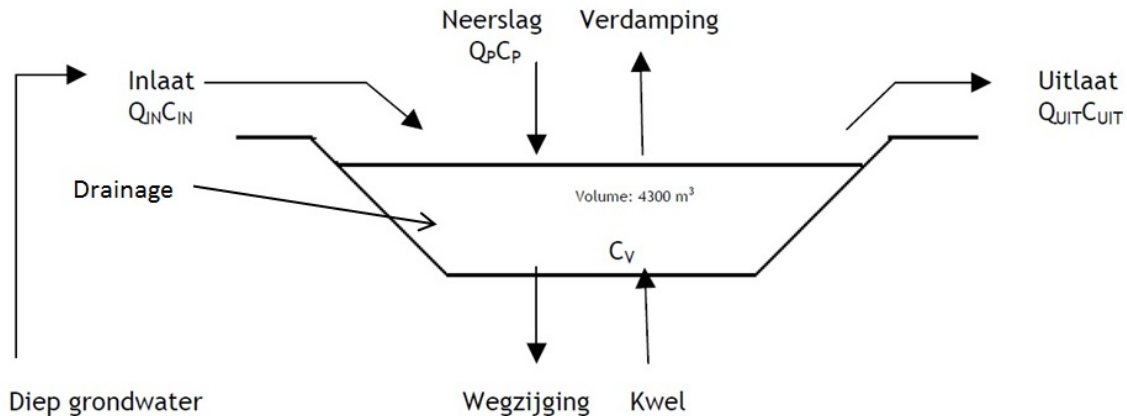
Van de gefiltreerde monsters is het chlorofyl-a van de filters verwijderd d.m.v. ethanol en het gehalte is middels een formule bepaald aan de hand van de gemeten absorptie.

Per ... is een continu on-line meetsysteem operationeel dat de waterkwaliteit (O₂, pH, geleidbaarheid en temperatuur) en het waterpeil registreert. Het waterpeil wordt automatisch op peil gehouden en als de waterkwaliteit afwijkt, krijgt de beheerder een sms.

Resultaten

Waterbalans

In november 2009 zijn metingen gedaan aan de vijver voor het opstellen van een waterbalans, om meer inzicht te krijgen in het functioneren van het vijversysteem met de omliggende omgeving. Over een periode van 12 dagen (6-11 tot 18-11) is het debiet bepaald van alle genoemde posten in figuur 2. De verblijftijd van het water in de vijver is bepaald door het volume van 4300 m³ te delen door de inlaat van 135 m³ per dag, en komt overeen met circa 32 dagen.



Figuur 2. Schematisch overzicht van de waterbalansposten in de algenvijver KMWP.

Onderstaand zijn de parameters gedefinieerd:

Neerslag: d.m.v. aflezen regenmeter en controle gegevens via dagwaarden KNMI station Wilhelminadorp, de mm's omgerekend naar m³ m.b.v. de vijveroppervlakte

Inlaat: aflezen van de inlaatpomp over een bepaalde tijdsperiode

Kwel/Wegzijging: d.m.v. waterstands metingen in de vijver tijdens een periode dat de pompen uit hebben gestaan: stijgende waterstand duidt op kwel, dalende waterstand duidt op wegzijging.

Drainage (afstroom/intrekgebied van neerslag rondom de vijver, wat in de vijver terecht komt): indirect berekend via chlorideconcentraties in het water

Uitlaat: aflezen van debiet uitlaatpomp, continu gemiddeld 3 m³/h. Dit betekent 864 m³ over genoemde periode van 12 dagen.

Verdamping: afgeleid van de Makkink referentie-gewasverdamping via dagwaarden KNMI station Wilhelminadorp, vermenigvuldigd met omrekenfactor 0,9 (CTV tabel 2.5 blz 157) om te komen tot open water verdamping.

ΔS : Berging of meetfout

De instroming en uitstroming van de vijver is als volgt vastgesteld:

IN = inlaat (grondwater) + neerslag (directe) + drainage + kwel

UIT = uitlaat + verdamping + wegzijging + ΔS

Tabel 1. Debieten gemeten over 12 dagen in november 2009

	IN (mm)	IN (m³)
Inlaat		1620
Neerslag	16,3	70,1
Drainage		35,1
TOTAAL IN		1725,2
	UIT (mm)	UIT (m³)
Uitlaat		864
Wegzijing		774
Verdamping	180	24,9
TOTAAL UIT	5,8	1662,9
Δ S		62,3

Inlaat + neerslag + drainage + kwel = uitlaat + verdamping + wegzijing + ΔS (in m³/12 dagen)

$$1620 + 70,1 + 35,1 + 0 = 864 + 24,9 + 774 + 62,3$$

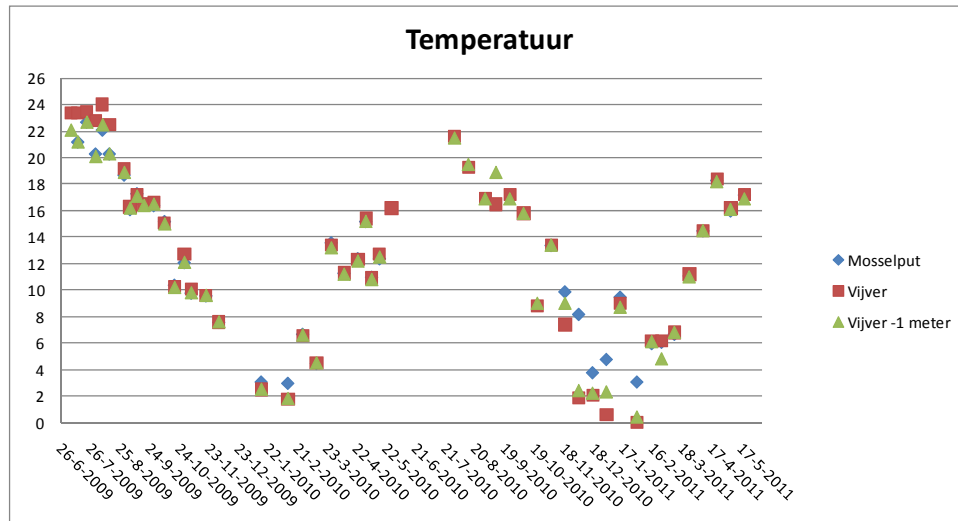
De metingen naar de waterbalans hebben de volgende inzichten opgeleverd:

- Het intrekgebied van de neerslag is 1,5 x zo groot als het nat oppervlakte van de vijver zelf. Van 2150 m² rond om de vijver vind afstroming plaats. Door de afstroming van het gebied rondom de vijver ontstaat er een na-ijl effect van zoet water op de concentraties in het vijverwater. Bij een bui van 10 mm/dag zakt de saliniteit van 30,2 naar 29,7 g/l.
- Er sprake is van een flinke wegzijing uit de vijver, gemiddeld verdwijnt er dagelijks 65 m³ naar het grondwater (de helft van het water wat er via inlaat de vijver binnenkomt), er is geen sprake van enige kwel. De verdamping is maar een fractie van de wegzijing (3%).
- De verblijftijd van het water in de vijver wordt gemiddeld gesteld op 30 dagen. Deze verblijftijd varieert in beperkte mate omdat ze grotendeels afhankelijk is van inlaat en wegzijing en in veel mindere mate van neerslag (direct of indirect) en verdamping.

Ervaringen en aanpassingen technische installatie: Jeroen.

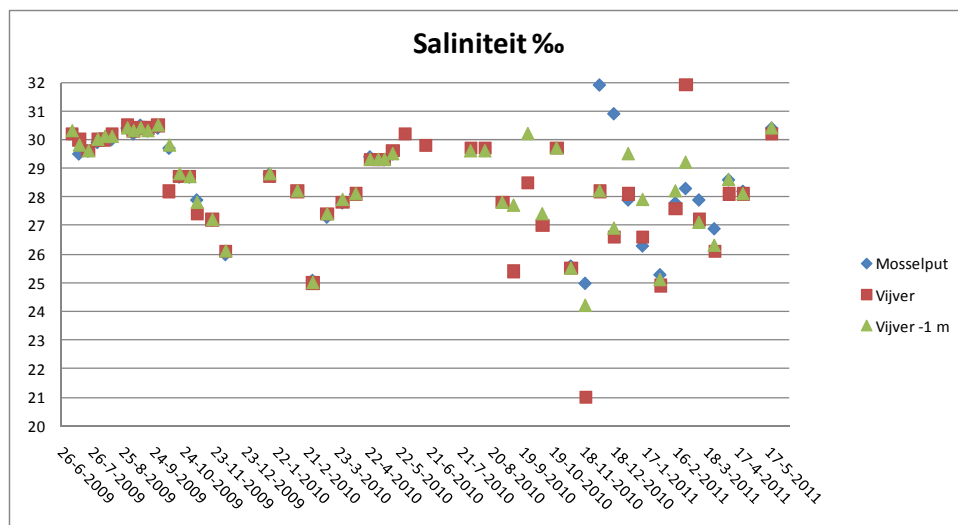
Monitoring waterkwaliteit

Vanaf juni 2009 is een monitoring opgestart van de fysisch-chemische (O₂, pH, saliniteit, temperatuur, zwevend stof, chlorofyl, nutriënten) en biologische waterkwaliteit (fyto- en zooplankton). Gemiddeld is één keer in de 2 weken een monstername gedaan. De geanalyseerde parameters worden kort besproken.



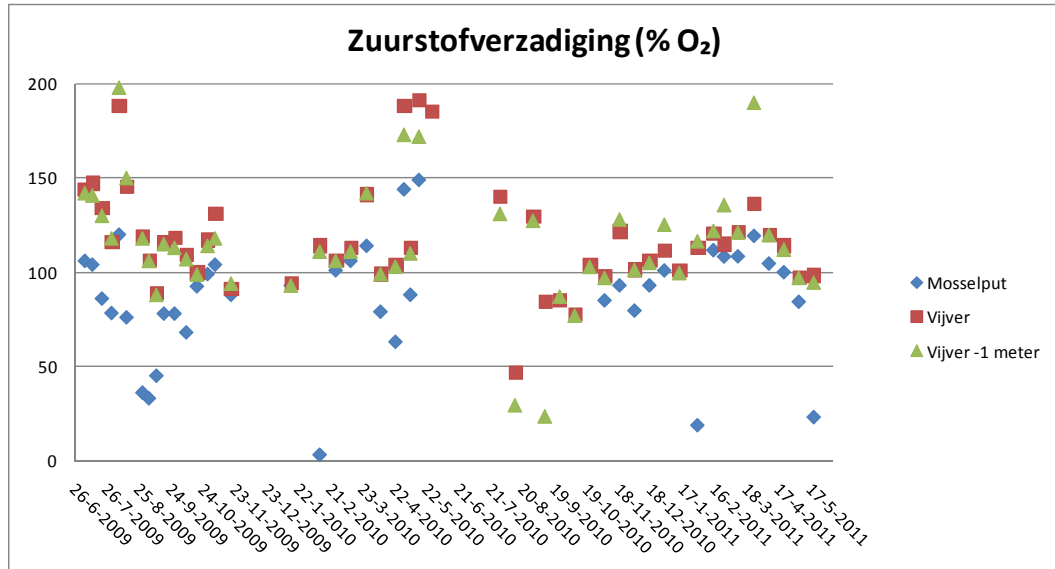
Figuur 3. De watertemperatuur aan de oppervlakte en boven de bodem van de vijver bij het innamepunt, en in de mosselput.

De temperatuur laat een duidelijk jaarlijks verloop zien. Er is meestal een klein verschil in temperatuur aan de oppervlakte en net boven de bodem op circa 0,8 meter diepte. Op deze diepte wordt het water voor de mosselputten ingenomen. De extremen liggen 's zomers bij 22-24° en 's winters bij 0-2°. Voor mosselen zijn dit nog acceptabele waarden. De waterhuishouding van de vijver is dus geschikt gebleken voor een acceptabele temperatuurrange.



Figuur 4. Het zoutgehalte aan de oppervlakte en boven de bodem van de vijver bij het innamepunt, en in de mosselput.

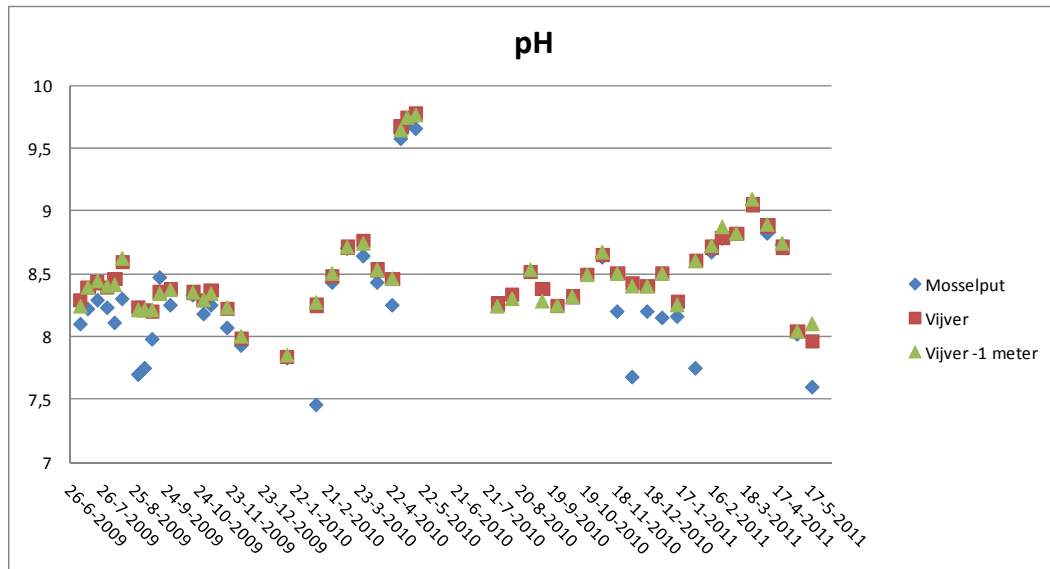
Het zoutgehalte vertoont hogere waarden in de zomer en lagere waarden in de winter, deze fluctuaties worden grotendeels door de hoeveelheid neerslag bepaald. De verschillen tussen het oppervlak en de bodem van de vijver kunnen komen door b.v. een regenbui. Berekeningen van de Hogeschool Zeeland wijzen uit dat het intrekgebied van de neerslag 1,5 x zo groot is als het nat oppervlakte van de vijver zelf. Van 2150 m² rond om de vijver vind afstroming van regenwater plaats. De vijver wordt gevoed met grondwater van circa 30%, gemiddeld wordt per dag m³ grondwater in de vijver gelaten. Deze hoeveelheid is dus voldoende om het zoutgehalte boven 25‰ te houden. Voor mosselkweek is deze ondergrens prima te hanteren.



Figuur 5. Het zuurstofgehalte aan de oppervlakte en boven de bodem van de vijver bij het innamepunt, en in de mosselput.

Het zuurstofgehalte ligt overdag vaak boven 100% verzadiging, als gevolg van de fotosynthese van de algen. Indien vroeg in de morgen (tussen 7 en 9 uur) wordt gemeten is het zuurstofgehalte vaak lager dan 100%.

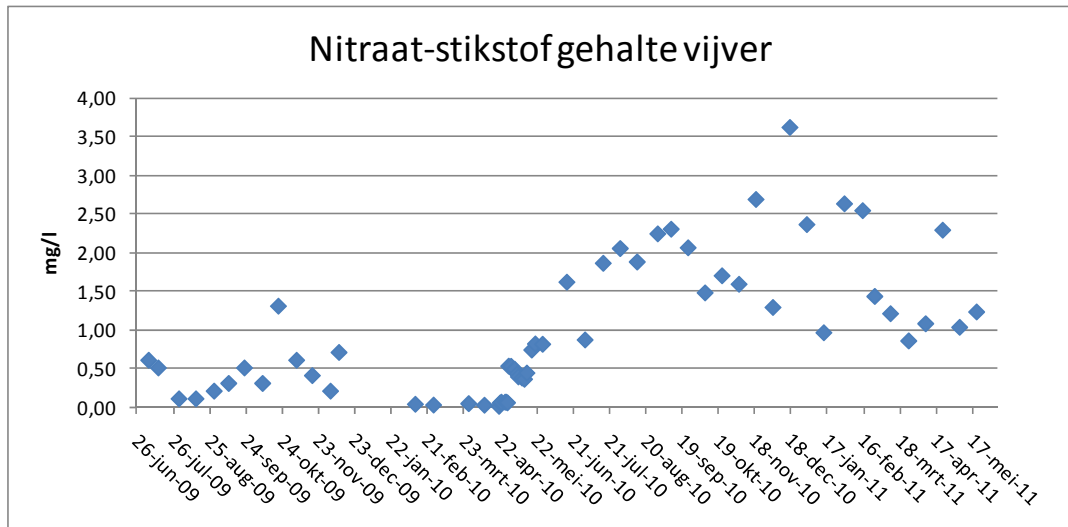
's Nachts kan het zuurstofgehalte dan ook wel eens lager komen dan 50%. In de mosselput worden veelal behoorlijk lagere zuurstofgehalten gemeten, als gevolg van de ademhaling van de mosselen. Een goede doorstroming van de mosselputten is dan ook continu nodig, of er zou gewerkt moeten worden met beluchting.



Figuur 6. De pH aan de oppervlakte en boven de bodem van de vijver bij het innamepunt, en in de mosselpunt.

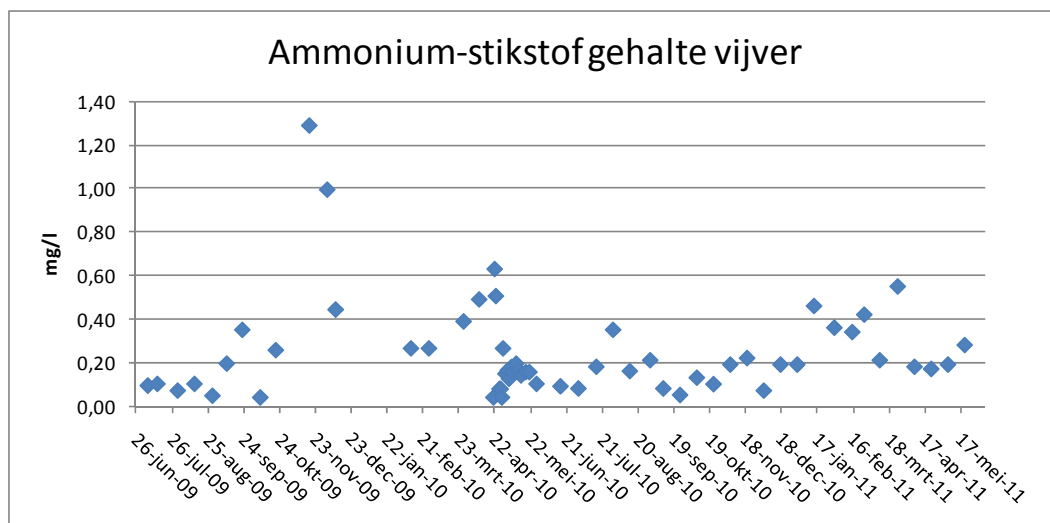
De pH is een andere belangrijke parameter, omdat deze o.a. de mogelijkheden van de algenbloei beïnvloedt en tevens de chemische huishouding van het systeem stuurt. De pH ligt vrijwel altijd tussen 8 en 8,5, bij hoge algendichtheden ligt deze wel eens tussen 8,5 en 9. Het zoute grondwater heeft een geschikt carbonaatgehalte voor een goede bufferende werking, waardoor de pH vrij stabiel is over langere tijd. Dit zijn gunstige omstandigheden voor mosselkweek. De extreme waarden tussen 9,5 en 10 in het voorjaar van 2010 was gedurende een bemesting- en algenproef in de vijver. In deze periode trad een intense algenbloei op die veel CO₂ aan het vijverwater onttrok, waardoor de pH behoorlijk hoog werd. De mosselen in de mosselpunt geven CO₂ af, waardoor de pH is verlaagd.

Nutriënten



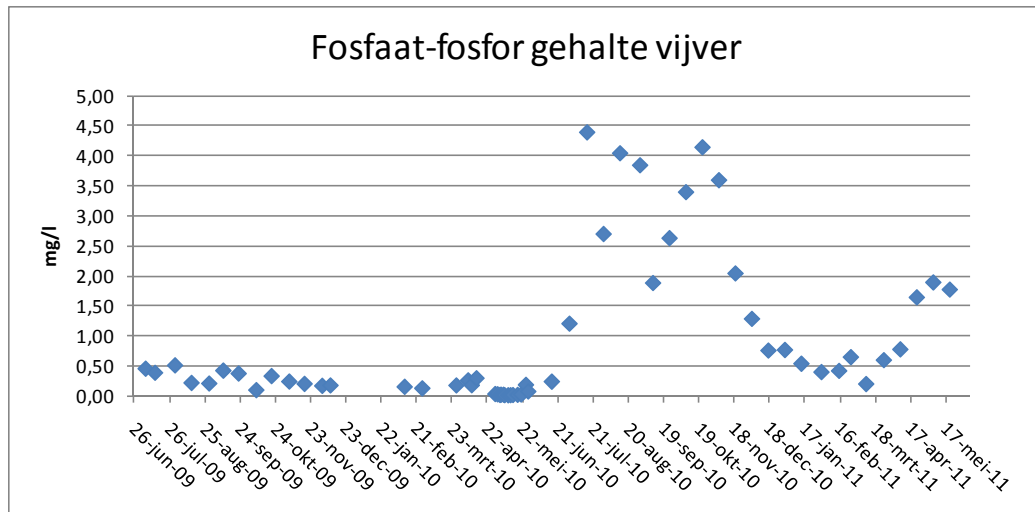
Figuur 7. Het nitraatgehalte (als $\text{NO}_3\text{-N}$) in de algenvijver. De waarden in 2009 zijn indicatief.

Het nitraatgehalte lag in de eerste periode 2009-2010 gemiddeld onder 1 mg/l. Hoewel de waarden van 2009 als indicatief gelden (bij deze analyses is nog een mogelijk effect van zoutgehalte aanwezig) laten zij wel zien dat deze niet afwijken van de van winter-voorjaar 2010. Het nitraatgehalte in het binnenkomende grondwater bedraagt 1 mg/l. Het fytoplankton neemt nitraat op en in het eerste jaar is de mineralisatie van organisch materiaal kennelijk nog zodanig dat deze meststof vrij snel wordt opgenomen of gebonden. Van eind april tot en met half juni 2010 is een bemestingsproef gestart met ammoniumnitraat, waarbij het binnenkomende grondwater is verrijkt tot 10 mg/l N. Dit heeft duidelijke gevolgen gehad voor de opgeloste concentratie. Ook na de bemestingsproef bleef het nitraatgehalte verhoogd t.o.v. het vorige jaar. Kennelijk vindt er nalevering en/of mineralisatie plaats.



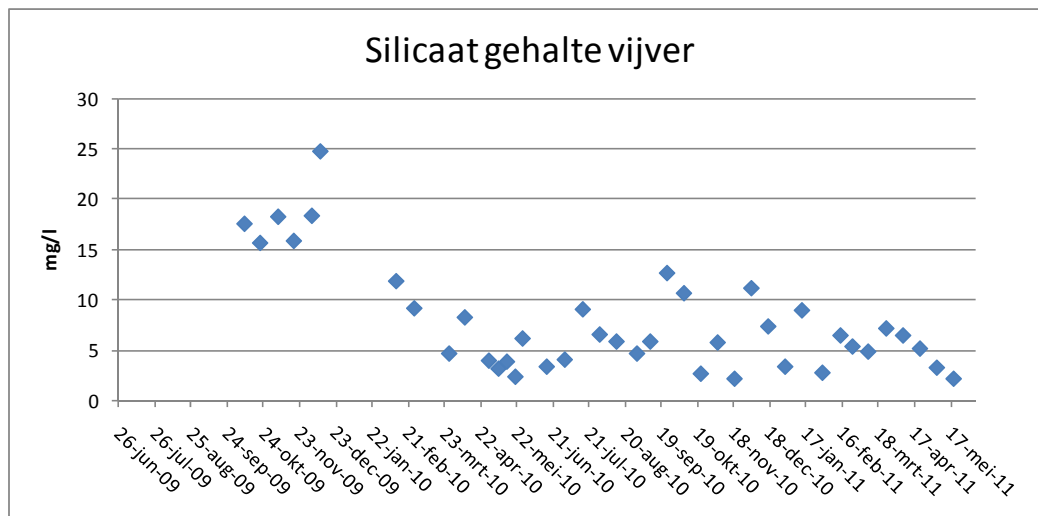
Figuur 8. Het ammoniumgehalte (als $\text{NH}_4\text{-N}$) in mg/l in de algenvijver.

Het ammoniumgehalte ligt vrijwel altijd onder 0,5 mg/l. Deze stof wordt in de regel sneller door het fytoplankton opgenomen dan nitraat. Tevens is de verschijningsvorm van ammonium afhankelijk van pH, bij een pH hoger dan 8,0 gaat een toenemend deel van ammonium (NH_4^+) over in ammoniak (NH_3), wat vluchtig is. Tevens is het mogelijk dat ammonium bacterieel wordt omgezet naar nitraat. Door deze mogelijke oorzaken blijft het ammoniumgehalte waarschijnlijk constant vrij laag. In de winterperioden 2009-2010 en 2010-2011 lijken de ammoniumgehalten hoger dan in de zomer, waarschijnlijk als gevolg van een lagere microbiële omzetting en groeisnelheid van de algen in de winter.



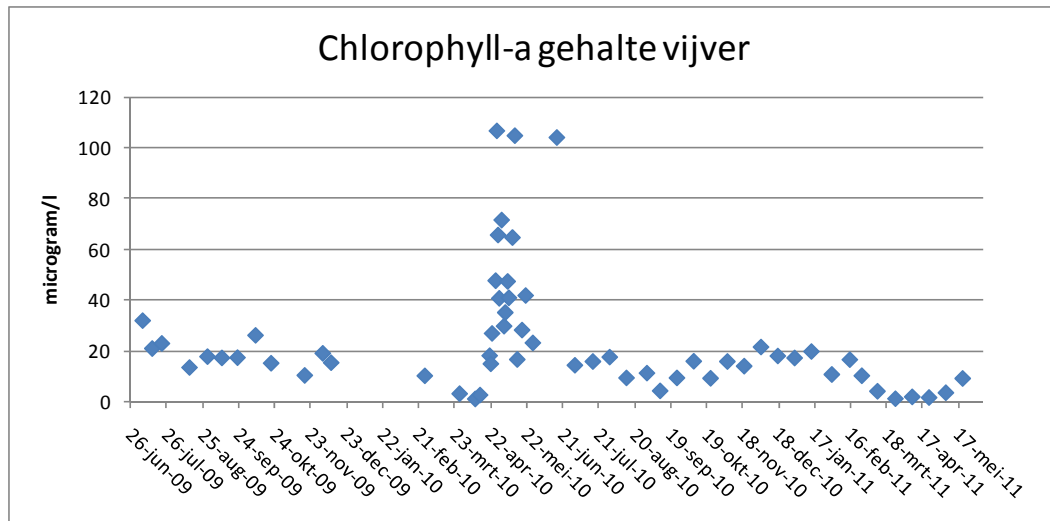
Figuur 9. Het fosfaatgehalte (als $\text{PO}_4\text{-P}$) in mg/l in de algenvijver

Het fosfaatgehalte bleef aanvankelijk laag ($<0,5$ mg/l), tijdens de bemestingsproef daalde het gehalte nog verder, maar liep na afloop van de bemestingsproef op. Er is geen fosfaatbemesting toegepast, dus de toename is vrij opmerkelijk. Ook de pH is in 2010 gemiddeld wat hoger geweest dan in 2009, waardoor er door biogene ontkalking eerder een verlaging dan verhoging werd verwacht. De N-P ratio ligt in 2011 in ieder geval meer in de richting van voor algenkweek gewenste Redfield ratio van 16.



Figuur 10. Het silicaat gehalte in mg/l in de algenvijver.

Het silicaatgehalte varieert in de range van 2-12 mg/l. Deze waarden zijn voldoende voor de groei van diatomeeën, die in de regel een uitstekend voedsel zijn voor mosselen.

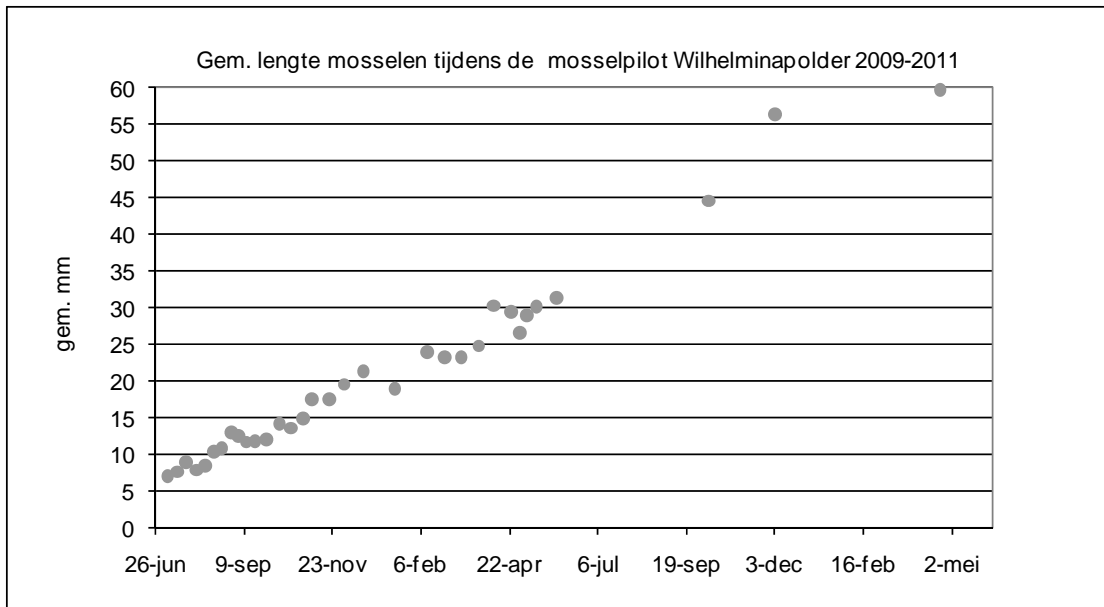


Figuur 11. Het chlorofyl- a gehalte in µg/l in de algenvijver

Het chlorofyl gehalte ligt gemiddeld in de range van 2-20 microgram/l. Tijdens de bemestingsproef trad een uitbundige bloei op van de geënte diatomee *Skeletonema*, die grotendeels de piek in chlorofyl verklaart. In de zomer van 2010 trad na deze bloei een bloei op van een groenalg, die later weer verdween. In het najaar kwam een groei op van een bodembedekkend groenwier, waarbij de algendichtheid in de waterkolom verminderde. In de wintermaanden zakte het gehalte chlorofyl onder de gebruikelijke waarden. In het voorjaar van 2011 lijkt het gehalte chlorofyl weer toe te nemen.

Monitoring mosselen

Begin juni 2009 is mosselbroed uit het broedhuis in de mosselputten gehangen. In het broedhuis zijn mossellarven gekweekt tot een grootte van circa 0,3 mm. Op dit moment zijn de mossellarven in bassins met touw gebracht, waarna ze zich aan het touwwerk hebben gehecht. Circa 6 weken na de voortplanting waren ze ongeveer 1 mm groot en zijn ze met het touw ‘droog’ naar de mosselpilot gebracht. Hier zijn de touwen in het water gehangen, waarna de mosselen het water zijn gaan filteren en zijn gaan groeien.



Figuur 12. De groei in lengte van de mosselen uit een broedhuis in de mosselpilot in de Wilhelminapolder.

Over langere perioden is de groei van de mosselen vrij constant. In 2 jaar tijd is een gemiddelde lengte van 6 cm bereikt, wat een voorspoedige groei tot wasdom is te noemen.

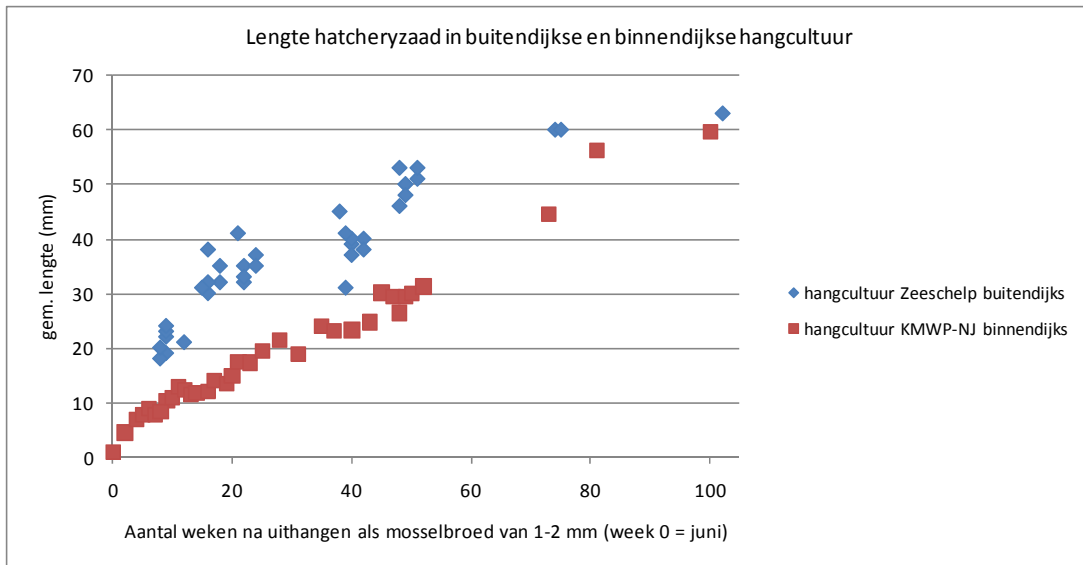
Over kortere perioden is de groei in lengte regelmatig wisselend, perioden met een gunstige groei worden afgewisseld met perioden van minder snelle groei. Dit komt zeer waarschijnlijk door een wisselende samenstelling in de algensoorten in de vijver.

In mei 2010 werd de dichtheid aan mosselzaad in de put dermate hoog, dat besloten is tot uitdunnen. In totaal is er 340 kg mosselzaad geoogst en hiervan is 200 kg weer in de mosselputten gehangen en 140 kg naar Neeltje Jans in hangcultuur gebracht wegens plaatsgebrek in de mosselpilot.

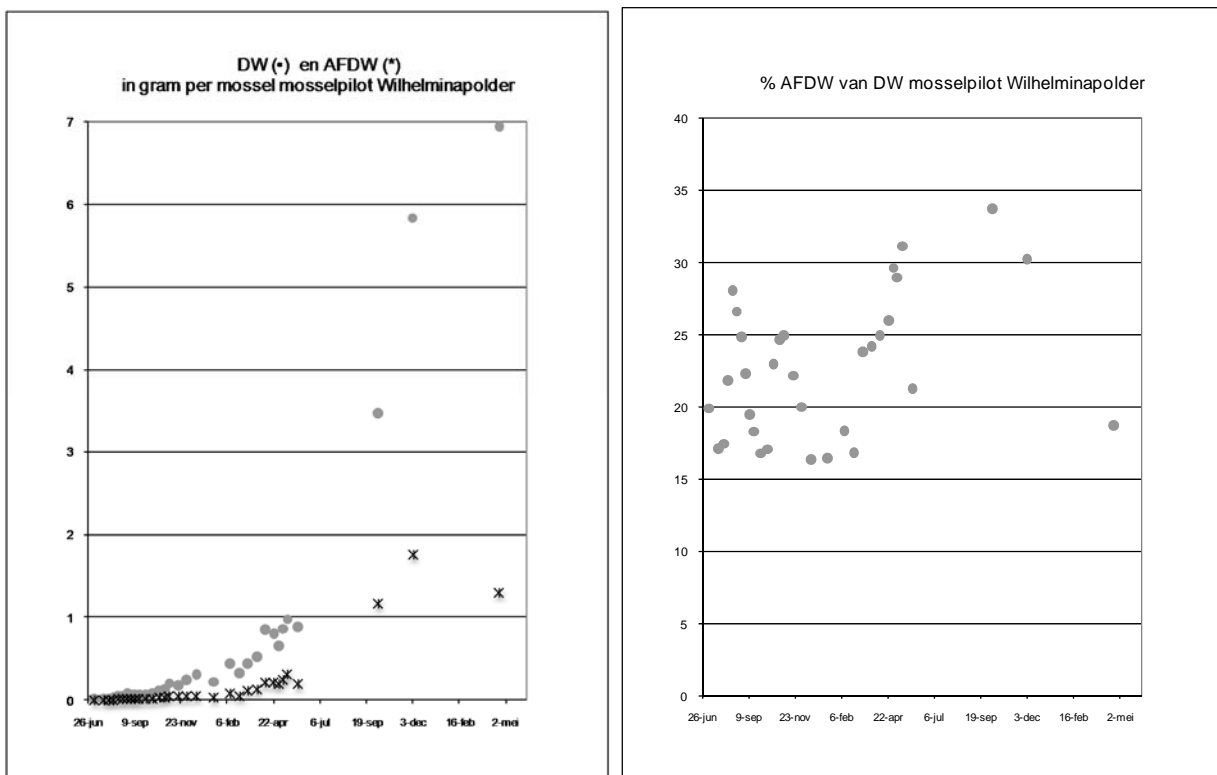
In de zomer van 2010 is diverse keren door technische oorzaken uitval opgetreden van de mosselen in de putten. Hierdoor zijn in deze periode geen of weinig monsters genomen voor de bepaling van de groei.

Na uitval is een deel van het mosselzaad op Neeltje Jans weer naar de mosselpilot gebracht en in kweek genomen. Hierdoor kon de groeilijn van de ingebrachte mosselen vanuit het broedhuis in de mosselpilot alsnog verder bepaald worden.

Als de groeilijn van mosselen uit de Wilhelminapolder vergeleken wordt met de groei van mosselen uit het broedhuis in buitenwater hangcultuur, dan valt op dat de groei in buitenwater in de eerste helft van de groeiperiode een steiler verloop heeft en in de tweede periode een vlakker verloop. De groeisnelheid van de mosselen in de Wilhelminapolder is gelijkmatiger. Uiteindelijk is de gemiddelde lengte na circa 100 weken vrijwel gelijk.



Figuur 13. De groei van mosselen uit het broedhuis in binnendijkse en buitendijkse kweek.

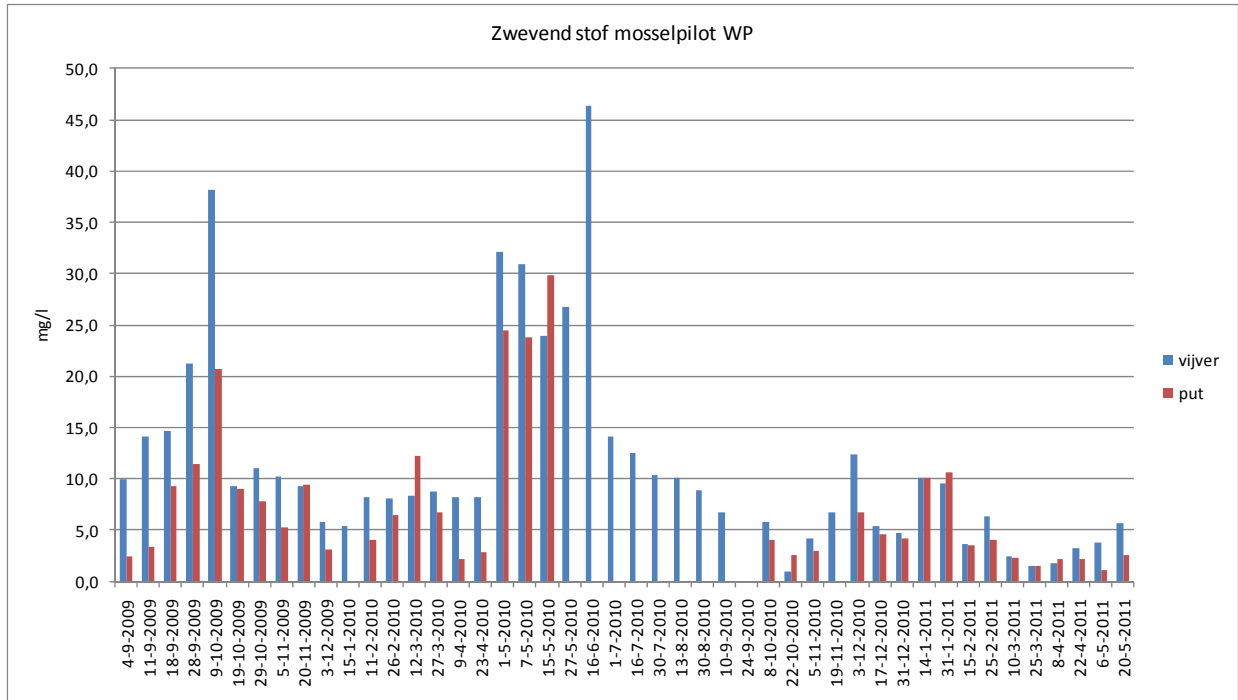


Figuur 14 en 15. Drooggewicht en asvrijdrooggewicht van de mosselen in de mosselpilot.

Het drooggewicht en asvrijdrooggewicht (organisch gewicht) van de mosselen vertoont een exponentiële toename, vooral in het tweede jaar. Het % AFDW varieert tussen 15 en 30%.

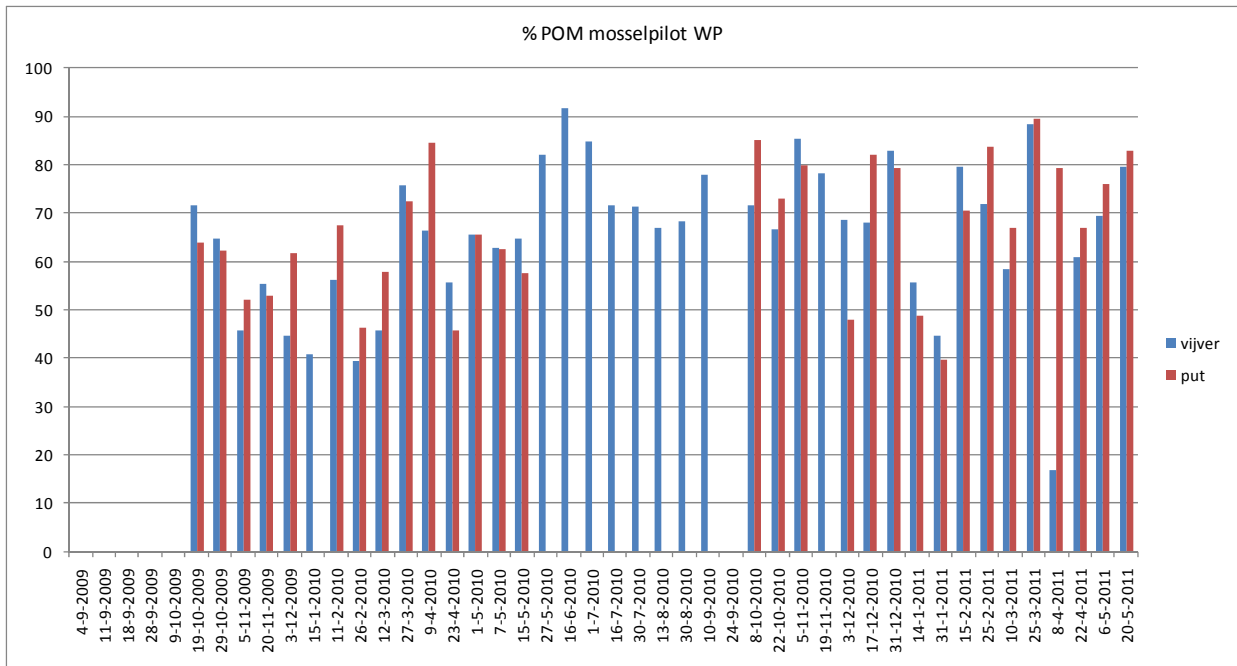
Voedselaanbod

Het voedselaanbod van mosselen bestaat uit gefilterde deeltjes dat als zwevend stof in het water aanwezig is. Mosselen kunnen selectief materiaal opnemen (zoals algen) en materiaal afscheiden voordat het wordt ingeslikt (zoals slib of anorganische componenten). Het zwevend stofgehalte en percentage particulier organisch materiaal (% POM) geven inzicht in het voedselaanbod. Deze parameters zijn gemeten in de in- en uitstroom van de mosselput. Het verschil tussen deze is (grotendeels) opgenomen door de mosselen, en geeft een beeld van de voedselopname uit het doorstromende water.



Figuur 16. Zwevend stof in het vijver water en na passage van de mosselput.

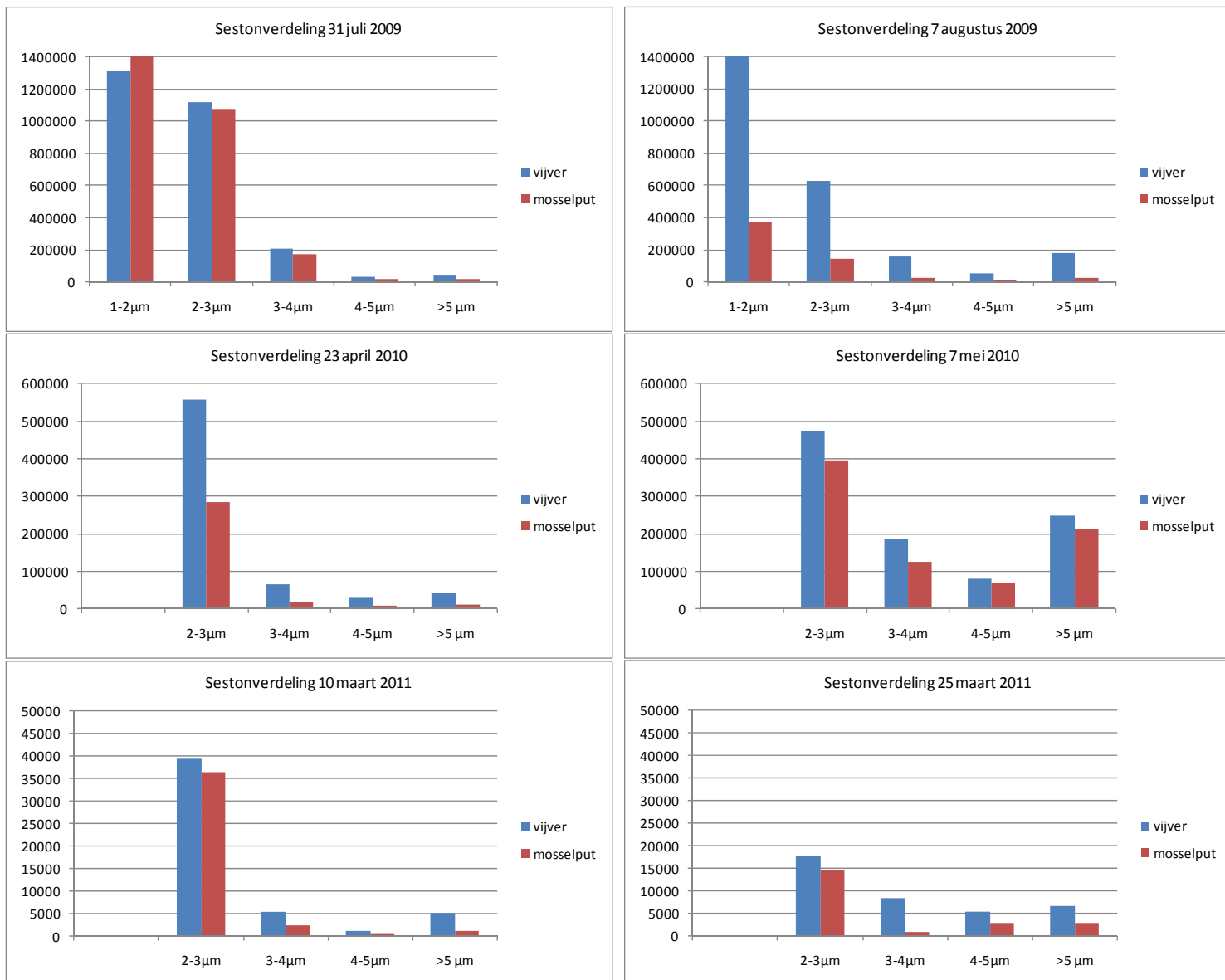
Het zwevend stof in de vijver (blauwe balken) vertoont een vrij geleidelijk patroon in de tijd. In het najaar van 2009 was er een piek, als ook in het voorjaar van 2010, tijdens een bemestingsproef. De hoge dichtheid aan algen die hieraan het gevolg was is duidelijk terug te zien. Na passage van het water langs de mosselen is er vrijwel altijd een afname te zien, wat wil zeggen dat er opname is door de mosselen. Soms is het zwevend stofgehalte hoger in de uitstroom, wat veroorzaakt kan worden door meegekomen faeces of opwerveling van slib in het uitstromende water. Het debiet in de putten is zo hoog dat faeces door de waterbeweging worden meegenomen. Tijdens bemonsteringen en verwerking wordt hier rekening mee gehouden, maar kennelijk lukt dit niet altijd. Gemiddeld over deze periode bedraagt het zwevend stofgehalte 11 mg/l (stdev 10) in de vijver en 7 mg/l (stdev 7) in de uitstroom van de mosselput. Dit komt overeen met een afname van 37%.



Figuur 17. Het percentage Particulair Organisch Materiaal (POM) in de vijver en mosselput.

Het % POM van het zwevend stof in de vijver en de mosselput is bijna altijd van gelijke ordegrrootte; gemiddeld resp. 65 en 67% (met stdev 16 en 14). Er wordt dus zwevend stof opgenomen, maar er vindt kennelijk weinig of geen selectie van voedsel plaats. Dit kan komen doordat het zwevend stof grotendeels uit algen bestaat en weinig slib bevat, gezien het hoge percentage POM.

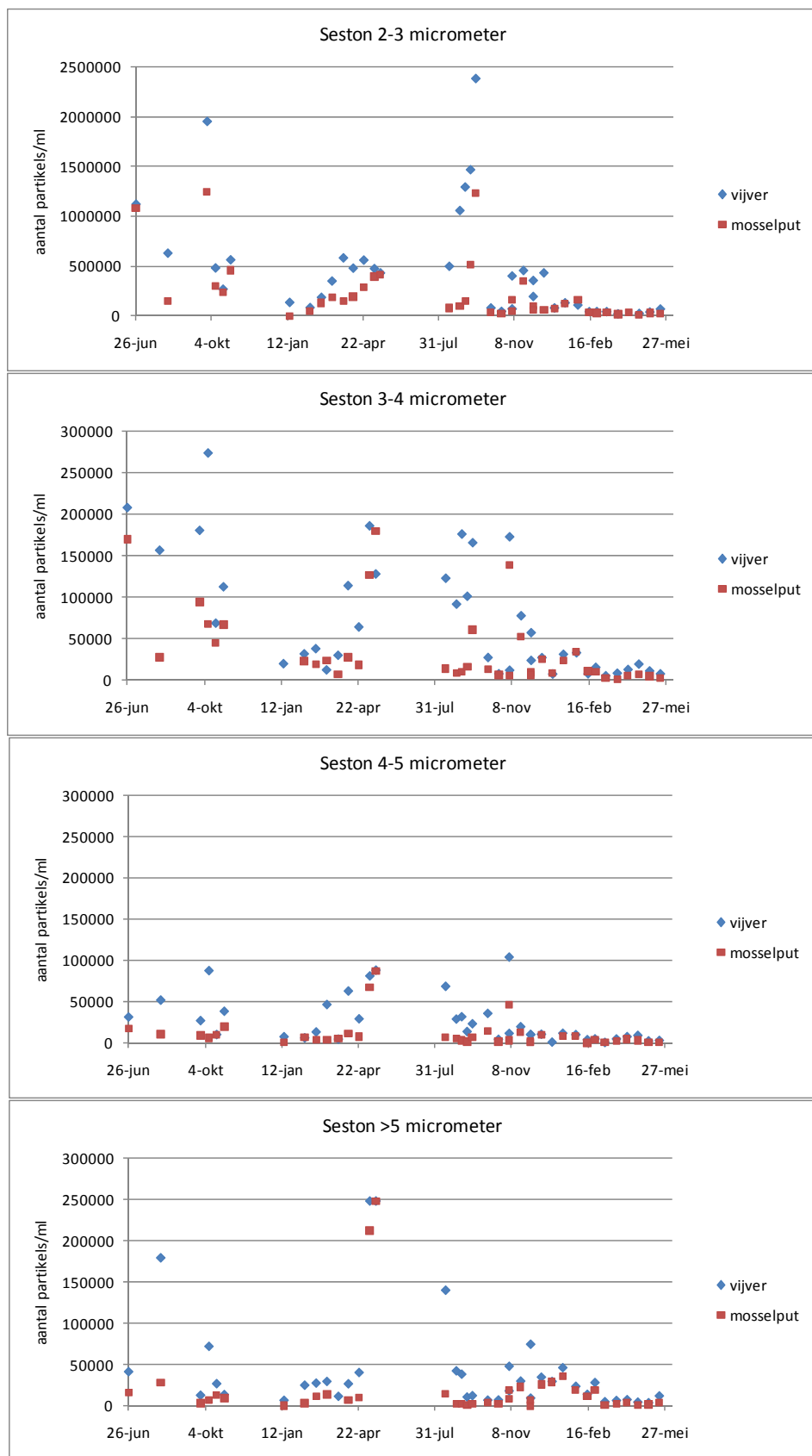
Het zwevend stof is opgebouwd uit deeltjes van verschillende grootte, welke met een deeltjesteller zijn geanalyseerd. De aantallen per ml en de verhouding in grootte is wisselend, wat in onderstaande figuren wordt geïllustreerd (let op de schaal in aantallen).



Figuren 18, 19, 20, 21, 22, 23. Partikel tellingen in vijverwater en in water na passage van de mosselput.

De partikel tellingen geven aan dat er op de ene dag veel wordt opgenomen, de andere dag weinig. Tevens is er door het jaar heen een veranderende samenstelling in deeltjesgrootte te zien. In de regel zijn deeltjes vanaf 2 micron grootte opneembaar door de mosselen. Het overgrote deel van de partikels is 1-2 en 2-3 micron groot, dit is de grootte van kleiplaatjes (slib) of het kleinste fytoplankton, dat picoplankton wordt genoemd: kleine eencellige algen. In het geval van de mosselpilot bestaan deeltjes van deze grootte voornamelijk uit algencellen. Uit deze data komt ook naar voren dat de mosselen niet selectief het voedsel uit het water opnemen.

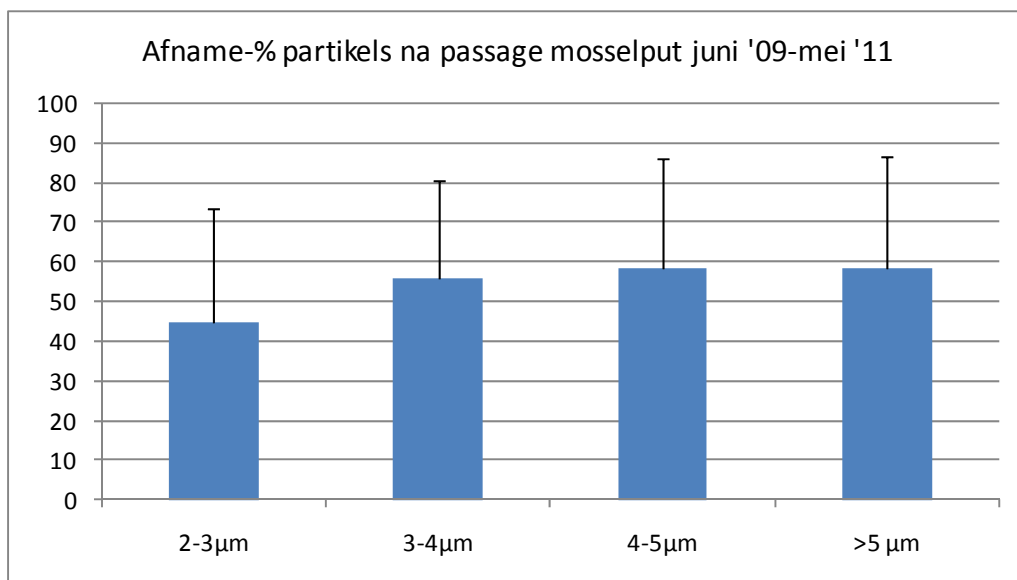
Als de partikels in grootteklassen tegen de tijd worden uitgezet ontstaat het volgende beeld:



Figuren 24, 25, 26 en 27. Sestonsamenstelling in grooteklassen van de algenvijver in 2009-2011.

Het voedselaanbod bestaat grotendeels uit partikels van 2-3 μm (76,5%), gevolgd door partikels van 3-4 μm (12,1%). Het aandeel deeltjes van 4-5 μm en >5 μm is gering: resp. 4,4 en 7,1%. Op het eerste gezicht lijkt er sprake van een niet selectieve voedselopname, d.w.z. dat alle partikels >2 μm gelijkmatig lijken te worden opgenomen. In onderstaande figuur is de gemiddelde afname van de grootteklassen weergegeven. Hieruit valt af te leiden dat vanaf 3 μm er geen verschil lijkt te zijn in filtratie. In de grootteklasse 2-3 μm lijkt gemiddeld iets minder opgenomen te worden, maar deze klasse is wel dominant in de waterkolom aanwezig waardoor de mossel ook hiervan een aanzienlijk deel opneemt, ook al is het voedselvolumen van de kleine algencellen gering t.o.v. de grotere klassen.

Tijdens de mosselpilot is bij vrijwel elke monsternamenname gekeken naar het filtratiegedrag van de mosselen. Geen enkele keer is een pseudofaecesproductie waargenomen, er was bij alle waarnemingen alleen sprake van faecesproductie. Dit geeft aan dat de mosselen al het gefiltreerde materiaal opnemen en inslikken.



Figuur 28. Vermindering percentage partikels na passage door de mosselput.

Bemestingsproef en algenenten

Om te ondervinden of algenenten en bemesten enig effect resulteert in de algenvijver van circa 4300 m^3 is een proef uitgevoerd in het voorjaar van 2010.

Om de algenproductie te sturen is in de tweede helft van maart 2750 liter *Phaeodactylum* ($5,07 \cdot 10^6$ cellen/ml) en 2150 liter *Skeletonema* ($3,46 \cdot 10^6$ cellen/ml) aan de vijver toegevoegd.

Op 21 april 2010 is gestart met het toedienen van ammoniumnitraat 18%N aan het inkomende grondwater. Het ammonium en nitraat gehalte van het grondwater is met bijmesten aangevuld tot 10 mg N/l.

Van april tot en met mei 2010 is een monitoring naar de resultaten van deze proef uitgevoerd. In de week na 21 april nam het ammoniumgehalte toe tot enkele mg/l, waarna het weer naar de achtergrondwaarde van 0,1 mg/l zakte. Kennelijk wordt ammonium snel opgenomen (of omgezet). Na verloop van tijd namen de gehalten aan nitraat en ook fosfaat toe (zie figuren 7 en 9)



Foto 1 en 2. De algenen werden per m³ naar de vijver gereden en overgeheveld.

Tijdens het overhevelen in de vijver was te zien dat de alg door het langskomende water in een band langs de waterkant werd verspreid. In een kwartier was er over tientallen meters langs de waterkant een duidelijke kleuring te zien in een meter brede band. De alg is (door de windwerking) goed over de vijver verdeeld.

Op 27 en 31 maart is een watermonster bij het innamepunt genomen en op de algensoorten geanalyseerd. Beide algensoorten waren op 27 maart nog niet in de waterkolom aanwezig. Op 31 maart is in 10 ml monster een enkele cel *Phaeodactylum* gezien, geen *Skeletonema*.

Op 23 april waren er cellen *Skeletonema* in het water aanwezig, de geschatte dichtheid was circa $0,1 \cdot 10^6$ /ml. Er was geen *Phaeodactylum* aanwezig.

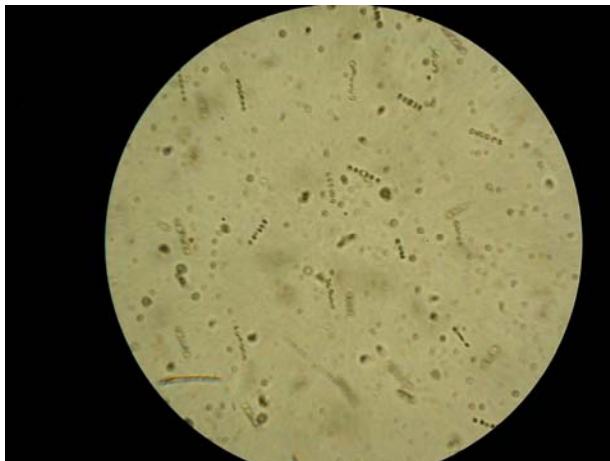
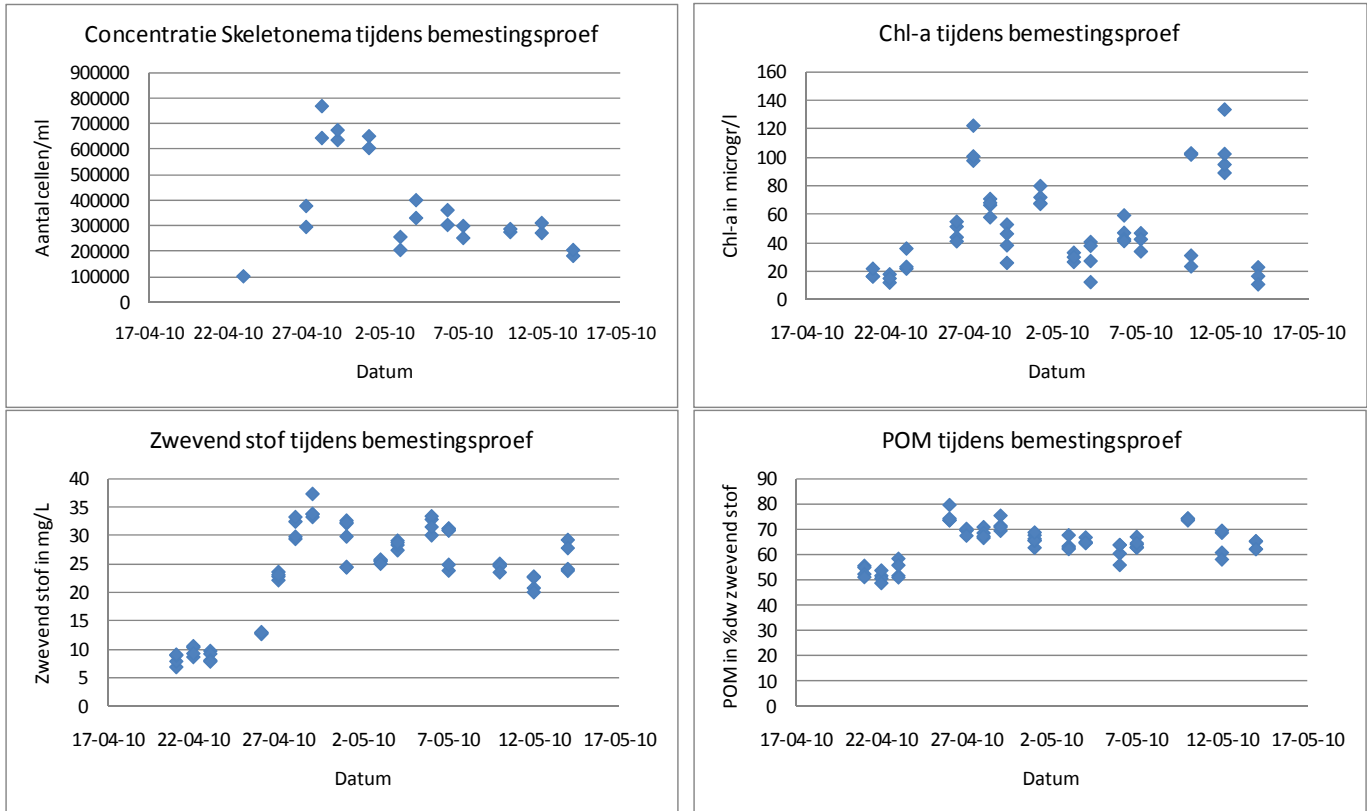


Foto 3. De diatomee *Skeletonema* kenmerkt zich door ketenvorming, de kolonies zijn te zien als langwerpige ketens, preparaat 27 april 2010.

Onderstaande figuren geven de ontwikkelingen in de vijver weer voor de periode eind april tot en met eind mei. Duidelijk is een opkomende en neergaande bloei van *Skeletonema* te zien, dat zich doorvertaalt in chlorofyl, zwevend stof en POM.



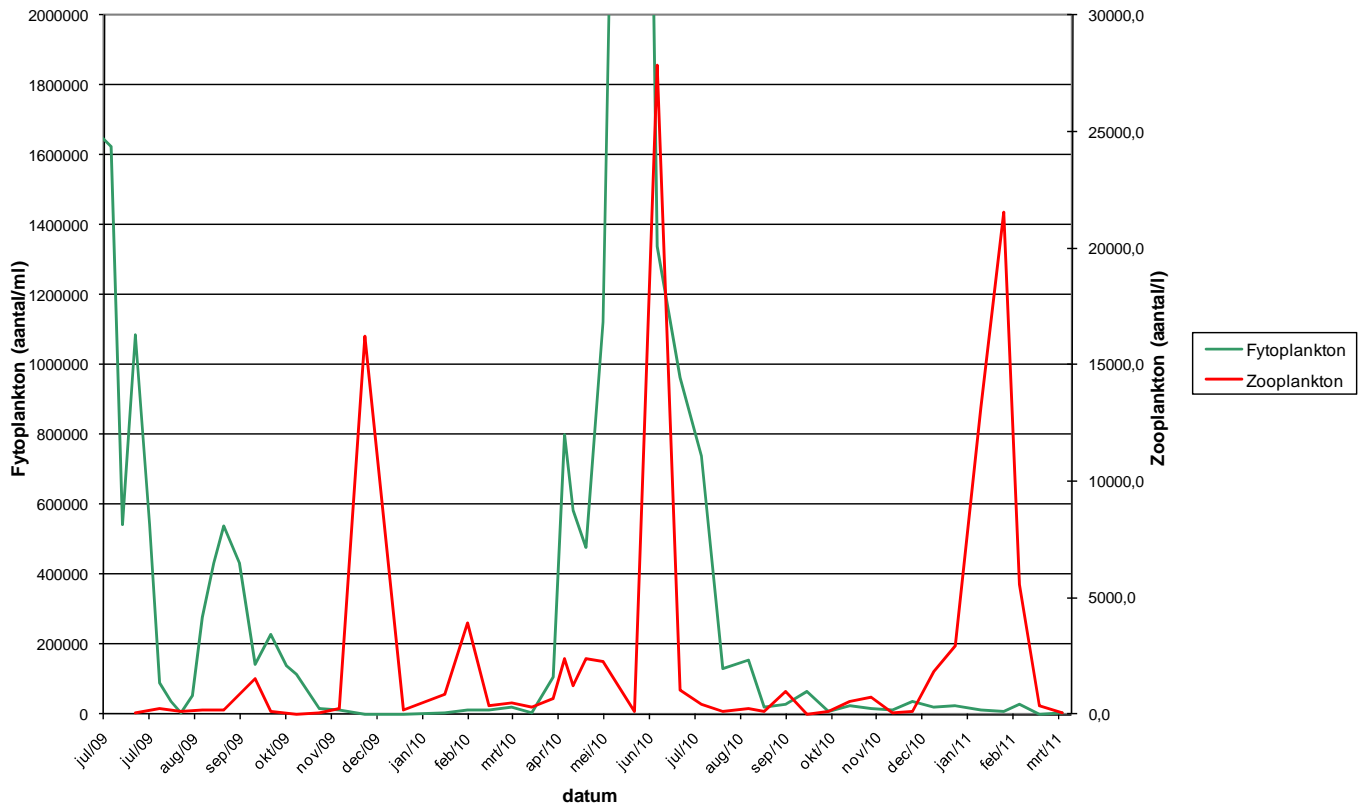
Figuur 28, 29, 30 en 31. Kenmerken van het voedselaanbod in de algenvijver tijdens de bemestingsproef met algenenten.

In een tijd van enkele dagen groeide *Skeletonema* uit tot een dichtheid van 0,7 miljoen cellen per ml. Na een week begon de dichtheid af te nemen en de bloei van deze diatomee was over op 25 mei. Uit de figuren komt naar voren dat chlorofyl, zwevend stof en POM verhoogd bleven. Dit komt doordat er in de loop van mei tevens een groenwier tot ontwikkeling kwam en gedurende enige tijd vrij stabiel bleef.

Monitoring fyto- en zooplankton.

Het fytoplankton (plantaardig plankton) en zooplankton (dierlijk plankton) is met 'quick-scans' gescreend op algemeen voorkomende soorten. Juist de algemeen voorkomende soorten algen bepalen het voedselaanbod van de mosselen en de algemeen voorkomende rotiferen, copepoden e.d. bepalen in grote lijnen de graasdruk van de algen uit de waterkolom. Daarnaast vindt aanvullend graasdruk plaats vanuit organismen die op of in de bodem leven, zoals wormen en kokkels die spontaan in de vijver opkomen.

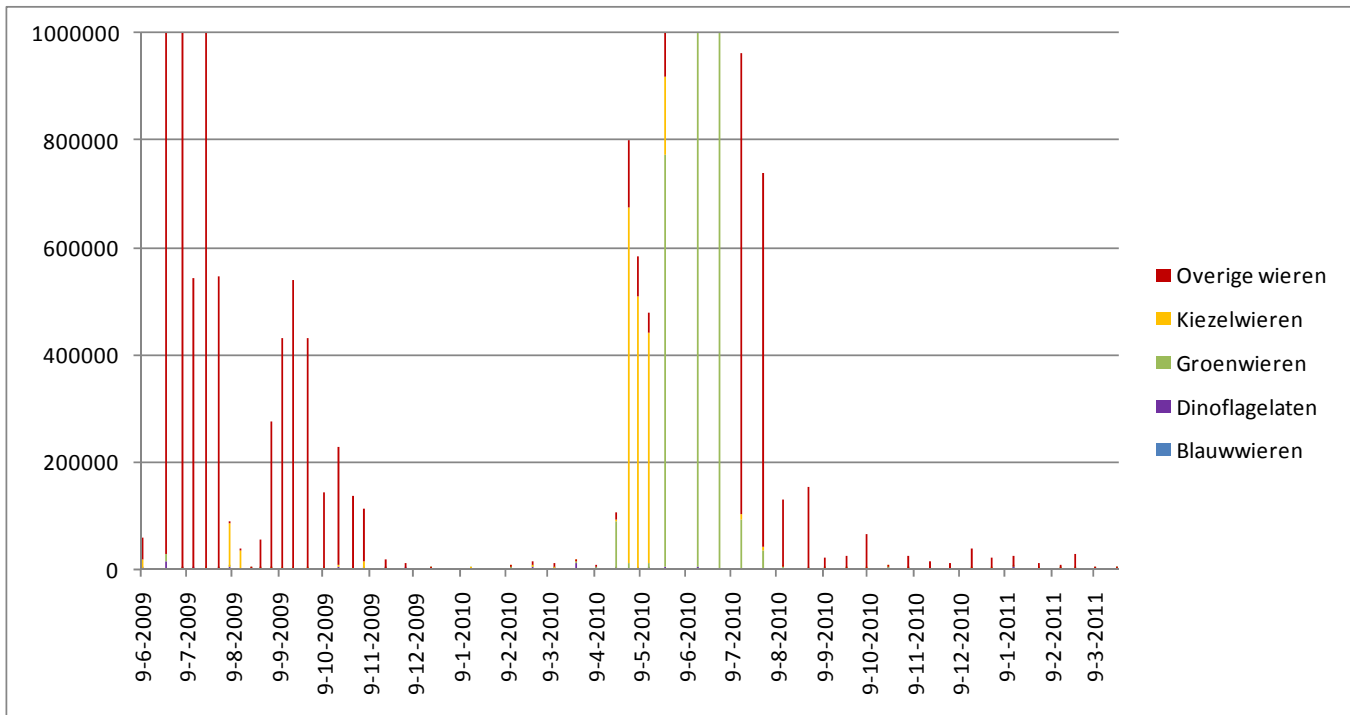
De resultaten uit de quick-scans zijn gebruikt in een clusteranalyse, welke het mogelijk maakt om bepaalde groepen algen die tegelijkertijd voorkomen te relateren aan de groei van de mosselen. Zo kan een uitspraak gedaan worden of het mogelijk is om bepaalde algen(groepen) te benoemen die bijdragen aan de groei van de mosselen en welke niet. Hetzelfde geldt voor het zooplankton dat mogelijk om voedsel kan concurreren met de mosselen.



Figuur 32. Verloop van fytoplankton (aantal cellen/ml) en zooplankton (aantal ind/liter) in de algenvijver.

Uit bovenstaande grafiek komt naar voren dat de pieken in zooplankton in de regel samenvallen met perioden van lage of afnemende dichtheden aan algen. Tijdens pieken van zooplankton lijkt het dat de graas het fytoplankton in lage dichtheden houdt en daarmee een directe invloed heeft op het voedselaanbod voor de mosselen.

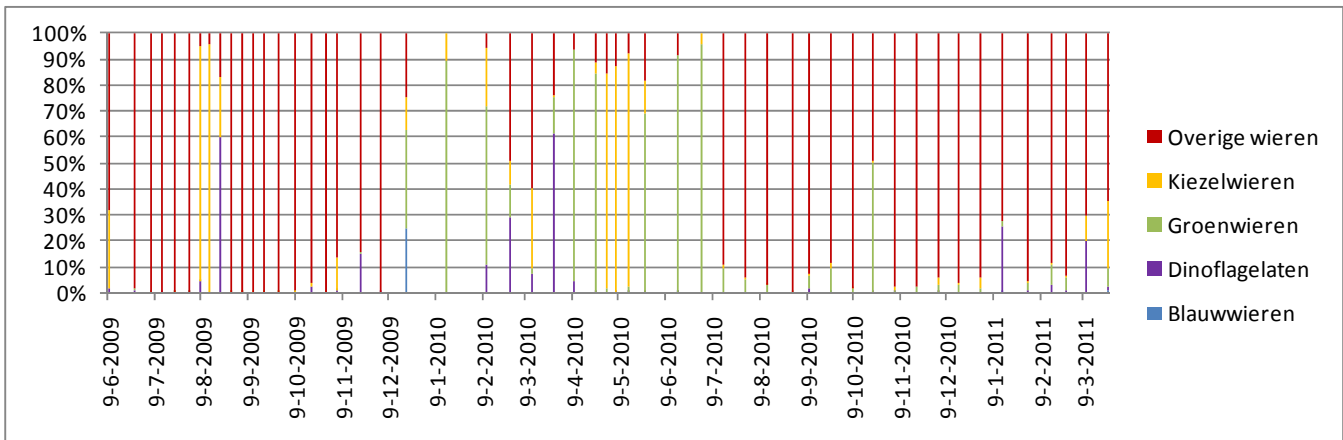
Een verdere uitsplitsing in fytoplankton laat zien dat er sprake is van dominantie van verschillende groepen in de tijd.



Figuur 33. Samenstelling van de algen in groepen.

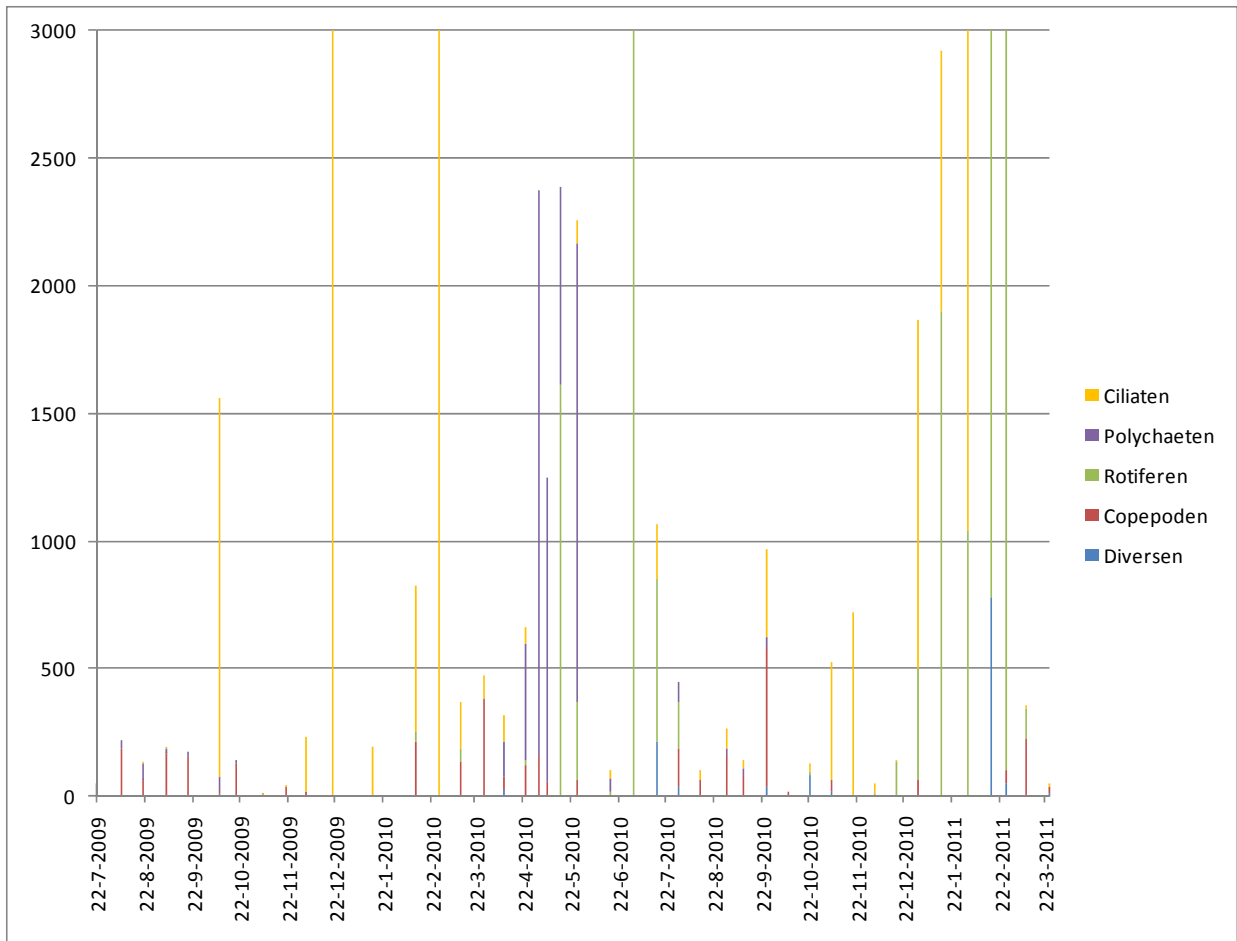
Bovenstaande grafiek laat zien dat in 2009 de algensamenstelling vooral bestond uit ‘overige wieren’. Het overgrote aandeel binnen deze groep wordt vertegenwoordigd door kolonieachtige restanten van algen(oorsprong), die verder niet op naam te brengen zijn. Het kan wellicht het best omschreven worden als detritus: organisch materiaal dat in de waterkolom zweeft. Uit de grafiek blijkt dat een groot deel van 2009 deze vorm van ‘plankton’ aanwezig was, die in de winter verdwijnt. In het voorjaar wordt door de bemestingsproef het water voedselrijker voor algen en ontstaat er eerst een bloei van kiezelwieren (voornamelijk *Skeletonema*), die later wordt opgevolgd door groenwieren (van de groep chlorophyta). In juli komt de groep ‘overige wieren’ weer op, waarna de dichtheid sterk afneemt.

Vanaf september 2010 is de dichtheid aan algen erg laag in de vijver (evenals het chlorofyl). In deze periode kwam op de bodem en langs de randen van de vijver een macro groenwier tot ontwikkeling dat dichte pakketten vormde. Dit was *Chaetomorpha linum*. Van macrowieren is bekend dat zij concurreren om nutriënten en ook dat zij antagonistisch zijn t.o.v. pelagische algen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een chemische communicatie tussen macrowier en alg, die de algenbloei remt. In het voorjaar van 2011 was *Chaetomorpha* nog steeds dominant aanwezig, hoewel er reeds weer een pelagische algenbloei is ontstaan. Het is echter wel nodig om de groei van dit macrowier te beheersen.



Figuur 34. Een uitsplitsing van minder algemene algengroepen in percentage van totaal.

Bovenstaande grafiek is gebaseerd op dezelfde fytoplanktondata, alleen weergegeven als percentage van aantal. Op deze manier worden ook de minder algemene groepen zichtbaar, zoals de dinoflagelaten en blauwwieren, die potentieel toxisch zijn. Voor de dinoflagelaten geldt dat er enkele bloeien van een enkele soort zijn geweest in zomer en najaar 2009 en winter 2010. De bloei was meestal 1-2 maanden aanwezig en verdween weer. Blauwwieren zijn slechts sporadisch aangetroffen. Al met al kan gesteld worden dat het voorkomen van potentieel schadelijke algen erg beperkt is geweest.



Figuur 35. Verschillende groepen zooplankton in de algenvijver.

Het zooplankton laat verschillende pieken zien, die vooral door ciliaten en rotiferen veroorzaakt worden, met duizenden tot enkele tienduizenden per liter. Ook zijn er regelmatig kleinere pieken van copepoden aanwezig, met aantallen van enkele tientallen tot honderdtallen per liter. Deze organismen grazen intensief op fytoplankton. In het voorjaar van 2010 was er ook een piek van wormlarven aanwezig, die na verloop van tijd bentisch worden en uit de waterkolom verdwijnen. De meeste larven van wormen (in dit geval waarschijnlijk een zagersoort) voeden zich niet in de waterfase. In april en oktober 2010 en maart 2011 waren er schelpdierlarven in het water aanwezig, dit waren waarschijnlijk larven van de brakwaterkokkel die zich spontaan in de vijver heeft gevestigd. In maart kunnen er ook mossellarven geweest zijn, omdat dit voorjaar paarijpe mosselen in de mosselpilot aanwezig waren.

De pieken van zoöplanktonbloei vallen vaak in perioden waarin het fytoplankton in lage dichtheid aanwezig is. Rotiferen en ciliaten leven van (afgestorven) algencellen en kunnen de dichtheid verlagen, waardoor er concurrentie om voedsel met de mosselen ontstaat. Dit was zeker het geval in de winter van 2010-2011, tezamen met de groei van het macrowier *Cheatomorpha linum*.

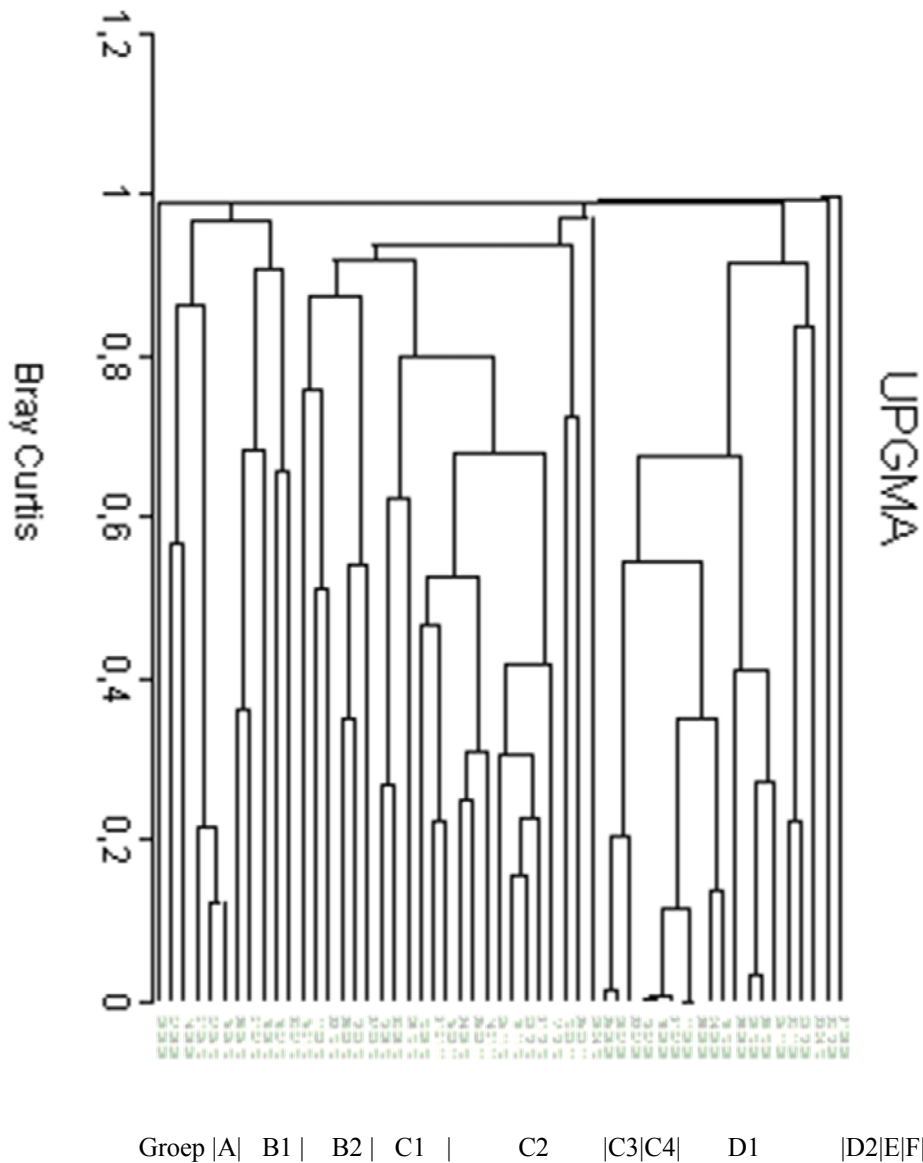
Clusteranalyse fyto- en zooplankton

Om een uitspraak te kunnen doen of er een onderscheid naar verschillende perioden met specifieke algen of zooplankton is te maken, is een clusteranalyse uitgevoerd met niet getransformeerde data uit de periode juli 2009 tot en met maart 2011.

De analyse is uitgevoerd met het programma MVSP (Kovach, 1999) met de ‘Bray-Curtis coëfficiënt’ in combinatie met de ‘average-linkage’ methode.

De ‘Bray-Curtis coëfficiënt’ is geschikt voor kwantitatieve data, en berekent de (dis)-similariteit tussen alle monsters en clustergroepen. In de ‘average-linkage’ clustering wordt de (dis)-similariteit tussen groepen berekend met de gemiddelde (dis)-similariteit tussen alle mogelijke combinaties binnen de groepen. De methode is ook bekend als de UPGMA (‘unweighted-pair groups’) methode. Vervolgens is een inverse analyse uitgevoerd zoals beschreven in Kaandorp (1986). De inverse analyse maakt een onderscheid mogelijk tussen soorten die tot bepaalde clusters behoren, algemeen voorkomende soorten en karakteristieke soorten.

Uit de clusteranalyse blijkt dat de algensamenstelling in te delen is in verschillende groepen, zoals ingedeeld in het dendrogram.



Figuur 36. Dendrogram met de geclusterde groepen A tot en met F van de algensamenstelling in de algenvijver van de mosselpilot.

Het dendrogram is opgebouwd uit clusters van fytoplankton monsters die een gelijkwaardige similariteit hebben. De scheiding wordt weergegeven op basis van de dissimilariteit (ongelijkheid) tussen de groepen. Bij een dissimilariteit van 0 zijn de monsters identiek aan elkaar, bij een dissimilariteit van 1 totaal verschillend.

Monsters uit groep B1 lijken dus onderling op elkaar en zijn verschillend van groep B2. Groep C is weer meer verschillend van groep A en B, etc. Binnen groep C tekenen zich 4 duidelijke subgroepen af, gevolgd door groep E en F die sterk van elkaar verschillen. Het monster uit groep F heeft de meest afwijkende samenstelling

Inzicht in de algensamenstelling kan duidelijkheid geven welke soorten voorkomen bij groei en welke soorten voorkomen in perioden waarin geen groei optreedt.

In bijlage XX staan de resultaten uit de statistische analyse weergegeven als inverse analyse.

Samengevat ziet de samenstelling van de algengemeenschappen per groep er als volgt uit:

Groep A: Vooral overige algen, kiezelwieren en lage aantallen dinoflagelaten (10 duizenden cellen per ml)

Groep B: Vooral groenwieren, kiezelwieren en overige algen (100 duizenden cellen per ml)

Groep C: Vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (enkele 10 duizenden cellen per ml)

Groep D: Vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (enkele 100 duizenden cellen per ml)

Groep E: Groenwieren, blauwwieren, kiezelwieren en overige algen (100 tal cellen per ml)

Groep F: Vooral dinoflagelaten, kiezelwieren en overige algen (enkele duizenden cellen per ml)

In onderstaande figuur staan de algengroepen chronologisch vermeld, als ook de groepen zooplankton (die later worden besproken)

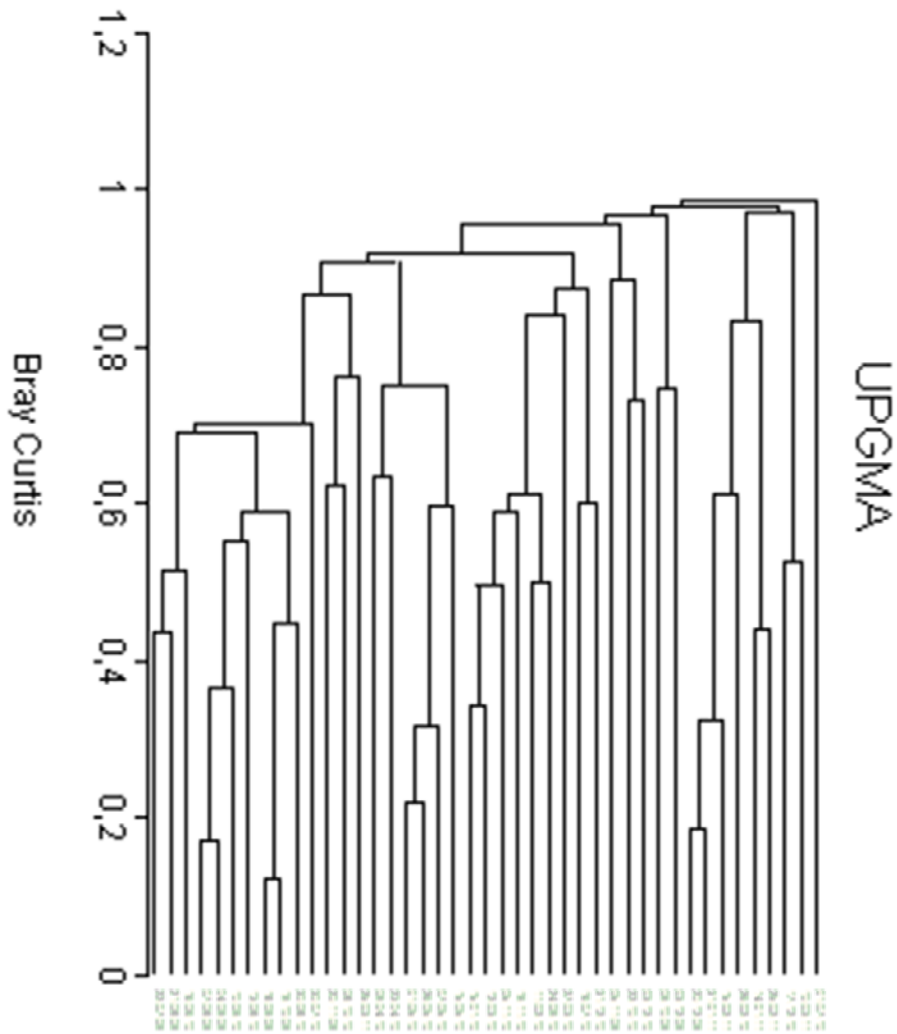
Wat opvalt, is dat er in 2009 vooral een groep algen aanwezig was met een meerderheid van 'Plantae, deze groep is een nieuwe noemer voor algen die niet herkenbaar zijn en meestal erg klein. Het zijn met zekerheid algen, die niet verder op naam zijn te brengen. In augustus 2009 was er een kortstondige bloei van kiezelwieren.

In de eerste 4 maanden van 2010 was er een dominantie van groenwieren, waarna er een periode volgde waarin respectievelijk kiezelwieren, groenwieren en overige wieren het beeld bepalen. In deze periode vond ook de bemestingsproef plaats, waarbij meststoffen aan de vijver zijn toegevoegd als ook algenenten van kiezelwieren. De algenbloei in deze periode lijkt daar een direct gevolg van, als ook de hoge dichtheden die in deze periode zijn gevonden.

Vanaf augustus 2010 tot en met maart 2011 komen vooral overige wieren dominant voor, in lage aantallen. In deze periode nam ook de bedekking van het bodembedekkende macrowier *Chaetomorpha linum* sterk toe, dat waarschijnlijk invloed heeft op de pelagische algengemeenschap.

Tabel 2. Chronologische weergave van fyto- en zoöplanktongroepen in de algenvijver.

Datum	Fytopl	Kenmerken	Dichtheid	Zoopl	Kenmerken
9-6-2009	A	Kiezelwier/ov. Alg	60*10 ³		
25-6-2009	D1a				
6-7-2009	D1a	Vnl Plantae	737*10 ³		
13-7-2009	D1a				
22-7-2009	D1a			A1	
31-7-2009	D1a				
7-8-2009	B1a	Kiezelwieren	60*10 ³	A1	
14-8-2009	B1a				
21-8-2009	F	Dinoflagelaat	2*10 ³	A1	Copepoden en polychaete larven, 150
28-8-2009	D1b				
4-9-2009	D1a			A1	
11-9-2009	D1a				
18-9-2009	D1a			A1	
28-9-2009	D1a				
9-10-2009	D1b	Plantae	112*10 ³	C	Ciliaten, 900
19-10-2009	D1a			A1	Copepoden en polychaete larven, 150
29-10-2009	D1b				
5-11-2009	D1b			B	Divers, 60
20-11-2009	D2a	Plantae	14*10 ³	A1	Copepoden en polychaete larven, 150
3-12-2009	D2a			C	
20-12-2009	E	divers	0,1*10 ³	D	Ciliaten en rotiferen, 10.000
15-1-2010	C1a			A3	
11-2-2010	C1a	groenwieren	5*10 ³	A3	Ciliaten, copepoden, rotiferen 800
26-2-2010	C1b			D	
12-3-2010	C1b	divers	15*10 ³	A3	
27-3-2010	C1b			A3	Ciliaten, copepoden, rotiferen 800
9-4-2010	C4	groenwier	5*10 ³	A2	
23-4-2010	D2b	groenwier, overig	105*10 ³	A2	
1-5-2010	B1b			A2	Polychaete larven copepoden, 1500
7-5-2010	B1b	Kiezelwieren en overig	620*10 ³	A2	
15-5-2010	B1b			A2	
26-5-2010	B2a			A2	
16-6-2010	B2a	Groenwieren kiezelwieren	2765*10 ³	A1	Copepoden en polychaete larven, 150
1-7-2010	B2a			F	rotiferen 28.000
16-7-2010	B2b	Overig en groenwier	850*10 ³	A3	Ciliaten, copepoden, rotiferen 800
30-7-2010	B2b			A1	
13-8-2010	C2a	Overig	116*10 ³	A1	Copepoden en polychaete larven, 150
30-8-2010	C2a			A1	
10-9-2010	C2b	Overig	20*10 ³	A1	
24-9-2010	C2b			A3	
8-10-2010	C2c			A1	
22-10-2010	C1a			B	Divers, 60
5-11-2010	C2c			A3	Ciliaten, copepoden, rotiferen 800
19-11-2010	C2c			A3	
3-12-2010	C2c	Overig	2*10 ³	B	Divers, 60
17-12-2010	C2c			E	rotiferen copepoden 250
31-12-2010	C2c			A3	Ciliaten, copepoden, rotiferen 800
14-1-2011	C2b			D	
31-1-2011	C2b			D	Ciliaten rotiferen 10.500
15-2-2011	C2b	Overig	20*10 ³	D	
25-2-2011	C2b			D	
10-3-2011	C3	divers	2*10 ³	E	rotiferen copepoden 250
25-3-2011	C3			A1	



Groep | A1 | A2 | A3 | B | C | D | E | F

Figuur 37. Dendrogram met de geclusterde groepen A tot en met F van de algensamenstelling in de algenvijver van de mosselpilot.

In bijlage XX staan de resultaten uit de statistische analyse weergegeven als groepen van zoöplanktonsoorten.

Samengevat ziet de samenstelling van de zoöplanktongemeenschappen per groep er als volgt uit:

Groep A: Vooral overige, met rotiferen, copepoden en protisten 100 tallen/liter

Groep B: Vooral protisten zonnediertjes, rotiferen en overig 10 tallen per liter

Groep C: Vooral protisten 100 tallen per liter

Groep D: Vooral protisten en rotiferen, 10 duizendtal per liter

Groep E: Rotiferen en copepoden, 100 tallen per liter
Groep F: Vooral Rotiferen, 10 duizendtallen per liter

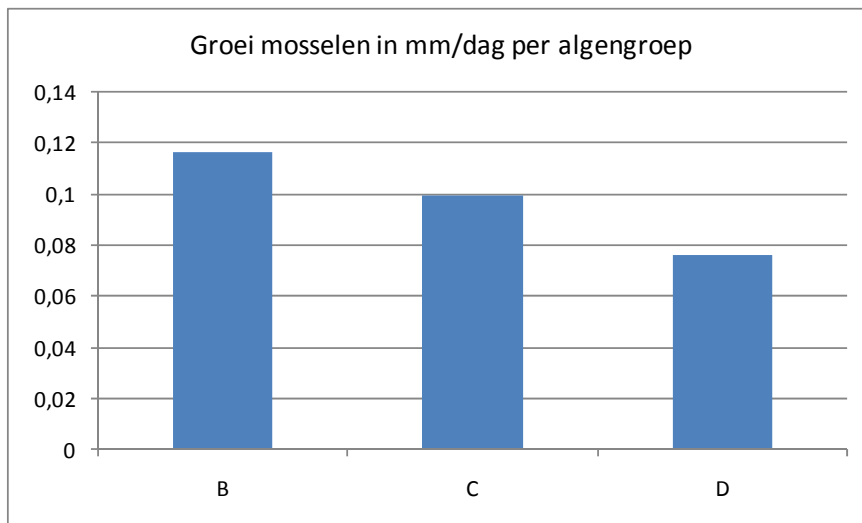
Zoöplanktongroep A komt in de periode van juli 2009 tot en met maart 2011 het meest voor, waarin ciliaten, copepoden en larven van wormen het meest algemeen zijn.
Groep B en C komen sporadisch voor, met lage dichtheden.

Groep D is vooral in de winterperioden aanwezig en heeft hoge dichtheden aan ciliaten en rotiferen.

Relatie tussen algensamenstelling en groei van de mosselen

Met de voorgaande gegevens is het mogelijk een koppeling te maken tussen het voorkomen van bepaalde groepen algen en de groei van de mosselen. Als er sprake is van een meer of mindere voedingswaarde van bepaalde algengemeenschappen zal zich dit doorvertalen in de groeimomenten van de mosselen.

In onderstaande figuur is per fytoplanktongroep de groei per dag berekend, over de periode(n) dat deze fytoplanktongroep in de waterkolom aanwezig was. Aangezien groep A, E en F maar eenmalig zijn voorgekomen kunnen hier geen betrouwbare schattingen voor gegeven worden. Tussen de groepen B, C en D lijken er verschillen te zijn.



Figuur 38. Groeisnelheid van mosselen bij verschillende algengroepen.

Groep B (kiezelwieren en groenwieren) lijkt de meeste voedingswaarde te geven, gevolgd door groep C (groenwieren en overige wieren). Groep D bestaat voornamelijk uit 'Plantae' (uiteengevallen structuren van algen oorsprong) en geeft de minste lengtetoeename te zien. De groepen B, C en D hebben zich over perioden van respectievelijk circa 80, 330 en 180 dagen gemanifesteerd en de groei van de mosselen bepaald.

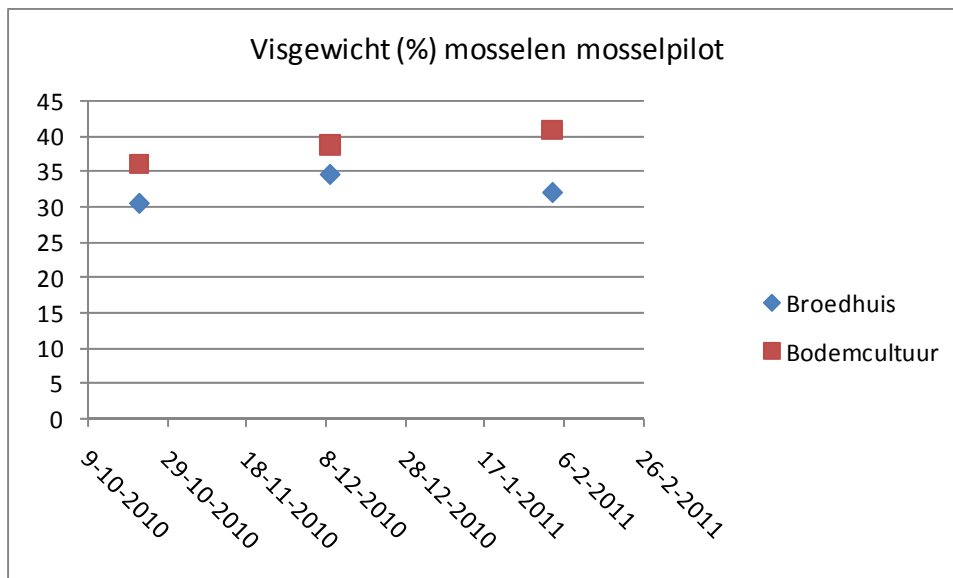
Al met al blijkt de aanwezigheid van kiezelwieren de beste opties te geven. Een verdere uitsplitsing van groep B is helaas niet mogelijk, hoewel er 4 varianten binnen groep B zijn: B1a en B1b, B2a en B2b (zie bijlage). De dominante algen zijn verschillend per variant: in B1a is het kiezelwier *Skeletonema* dominant, in B1b is naast *Skeletonema*, *Hemiselmis* dominant

geworden. In B2a is er geen dominantie van *Skeletonema* meer, een verminderde dominantie van *Hemiselms* en een grote dominantie van een niet nader te benoemen groenalg. In B2b zijn *Hemiselms* en 'biota' dominant. Een groot deel van de algen in groep B zijn dus niet nader te benoemen (Biota wordt o.a. onderverdeeld in Plantae, welke o.a. weer onder te verdelen is in groenalgen). Verdere uitsplitssing naar een specifieke algensoort is nu niet mogelijk, de mosselen vertonen echter een goede groei op deze samenstelling. De groeiperioden van deze varianten zijn vrij kort geweest en vanaf mei 2010 is er wegens ontbrekende lengtemetingen aan mosselen als gevolg van uitval door technische oorzaken geen verder onderscheid naar groeisnelheid per variant mogelijk.

Bij een groei van 0.116 mm per dag (groep B) wordt na een jaar een gemiddelde lengte van circa 45 mm bereikt, rekening houdend met een beginlengte van 1-2 mm vanuit het broedhuis. Een gemiddelde lengte van 60 mm wordt na circa 16 maanden bereikt.

Kwaliteit van mosselen uit de vijver.

De kwaliteit van de mosselen in termen van visgewicht (% gekookt vlees t.o.v. natgewicht van de mossel) is eind 2010 en begin 2011 diverse keren bepaald. In de nazomer zijn naast de mosselen uit het broedhuis tevens mosselen uit bodemcultuur uit de Oosterschelde in de mosselputten gehangen. De uitkomsten van de visgewichten vertonen eenzelfde patroon.



Figuur 39. Visgewichten van mosselen van diverse oorsprong in de mosselpilot najaar/winter 2010-2011.

Gebruikelijke visgewichten uit de bodemcultuur van de Oosterschelde zijn 20-25% en uit hangcultuur liggen deze in de regel hoger met 25-35%. De visgewichten van de mosselen die enkele maanden in de mosselpilot zijn gehangen, zijn dan ook (erg) hoog. Kennelijk is het voedselaanbod (Groep C, vooral overige algen en lage aantallen kiezelwieren, groenwieren en dinoflagelaten (dichtheid van enkele 10 duizenden cellen per ml)) geschikt om tot deze hoge waarden te komen. Er zijn geen simultane visgewichten van dezelfde groep mosselen in de originele cultuur.

Potentiële opbrengst van mosselen uit de vijver, integratie van gegevens.

Uit een eerdere studie in Scherpenisse (Zeeschelp, 2008) blijkt dat het mogelijk is om in een periode van 13 maanden mosselen tot 6 cm op te kweken in een binnendijks water dat gevoed wordt met zout grondwater. Mosselbroed uit het broedhuis groeide van februari tot oktober 2007 uit tot circa 4 cm en bereikte in februari 2008 een gemiddelde lengte van 6 cm. Met een clusteranalyse bleek het mogelijk de groei te relateren aan een specifiek voedselaanbod waarbij het 'natuurlijke' algenspectrum vooral uit diatomeeën (w.o. *Skeletonema* spec) bestaat.

Sinds 2009 is er geëxperimenteerd met mosselkweek in het vijversysteem van de WP. Er zijn gegevens ingewonnen van chlorofyl, POM en zwevend stof concentraties van de vijver en van de uitstroom van de een van de mosselcompartimenten, van de fyto- en zooplankton samenstelling van de vijver en van groei en overleving van de mosselen. Verder is er informatie verzameld over de water- en nutriëntenbalansen. Er zijn metingen uitgevoerd van voedselopname, vertering en scope for growth van individuele mosselen. Deze ervaringen in binnendijkse kweek met mosselen maken het mogelijk om een maximale output te berekenen van de algenvijver, om mosselen te kweken. De opbrengstverwachting is berekend door Aad Smaal.

Methode

De resultaten van de voedsel en de mossel metingen zijn geïntegreerd in een spreadsheet model en op basis daarvan is een reconstructie gemaakt van de opgetreden groei en productie van de mosselen. Verder zijn er enkele scenarios doorgerekend van de potentiële productie van de vijver.

Er is een berekening gemaakt van de individuele groei van de mossel vanaf 1-7-2009 tot 1-5-2011.

De startwaarde was 1 mm lengte, overeenkomend met 50 mg natgewicht en 2.5 mg asvrijdrooggewicht (=1/20 natgewicht), zodat een stock van 50.000 mosselen omgerekend 2.5 kg is.

De voedselconcentratie was 2 mg POM/l. Er is tevens een berekening gemaakt met andere voedselconcentraties.

Voedselopname is afhankelijk van het lichaamsgewicht, namelijk $1.2 \cdot W^{0.5}$ (W in g AFDW). Absorptie efficiëntie is gesteld op 40% en verlies aan droge stof via respiratie is $0.9 \cdot W^{.7}$ mg/uur.

De scope for growth (de potentiële groei) = voedselopname * absorptie efficiëntie – respiratie. De scope for growth over een bepaalde periode wordt opgeteld bij het initiële gewicht om het gewicht van de mossel voor de volgende tijdstap te bepalen. Het aantal mosselen neemt af met een sterftesnelheid van 0.07 % per dag.

Op basis van de individuele voedselopname en het aantal mosselen is de dagelijkse en totale voedselopname berekend. Hieruit is de food conversion ratio (hoeveel droog voer / stock op moment van oogst in totaal versgewicht met schelp) bepaald.

Meetgegevens van groei van de individuele mosselen en van de totale stock zijn gebruikt om de berekening te valideren.

De berekende voedselopname door de mosselen is vergeleken met de gegevens van de in- en uitstroom concentratie van een mosselcompartiment, op basis van de meetgegevens van instroom (=vijver) en uitstroom.

Verder is een aantal scenario's doorgerekend op basis van de gemeten hoeveelheden voedsel met en zonder bemesting. Voor het scenario zonder bemesting is uitgegaan van de gemiddelde voedselconcentratie zoals die is gemeten in de vijver met uitsluiting van de data van de bemestingsperiode 21 april – 16 juni 2010. Voor het scenario met bemesting is uitgegaan van de gemeten waarden voor POM en chlorofyl in de bemestingsperiode. Daarbij is de berekende mosselopbrengst gebaseerd op de FCR ratio uit de eerdere berekeningen.

De benodigde productie van de vijver is berekend op basis van de aanname dat de voedselconcentratie ten minste 3 * de dagelijkse productie moet bedragen, dus een maximale turnover van de algen van 1/3 per dag. Verder is uitgegaan van een koolstof-chlorofyl ratio = 50 en een droge stof – koolstof ratio = 2.

Tevens is berekend welke voedselproductie nodig is om een bepaalde mosselopbrengst te behalen, waarbij is uitgegaan van de opkweek van 2 cohorten, zodat het geproduceerde voedsel maximaal wordt benut. Immers bij de groei van slechts 1 cohort per periode wordt er een groot deel van de groeiperiode veel meer voedsel geproduceerd dan op dat moment nodig is. Bij de berekening is uitgegaan van een maximale voedselconcentratie bij de mosselen van 4.5 mg/l teneinde pseudofaeces vorming te voorkomen. Verder is de verterings efficiëntie gesteld op 25 % teneinde de groei niet te hoog te laten uitkomen.

Resultaten

Groei en stock

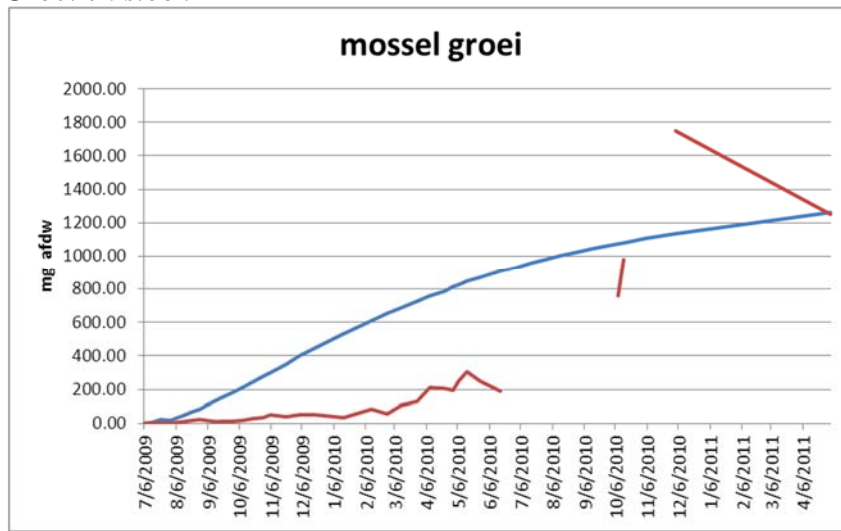


Fig 40. Gemeten groei (rood) en berekende groei (blauw) op basis van een voedselconcentratie van 2 mg/l

In figuur 40 is de berekende groei van de mossel weergegeven op basis van een voedselconcentratie van 2 mg/l, en vergeleken met de gemeten waarden. De tijdreeks van de gemeten waarden is niet compleet ten gevolge van uitval van de mosselen. Uit de figuur blijkt

dat de berekende groei in 2009 duidelijk hoger uitkomt dan de gemeten waarden en dat in 2010 de data wel overeenkomen, voor zover er meet data beschikbaar zijn.

Op basis van de groei en de aanname over sterfte is de ontwikkeling van de mosselvoorraad berekend en vergeleken met schattingen over de daadwerkelijk aanwezig stock, zie fig 41.

Tevens is berekend wat de filtratie is van deze stock in m3 per dag (fig 42).

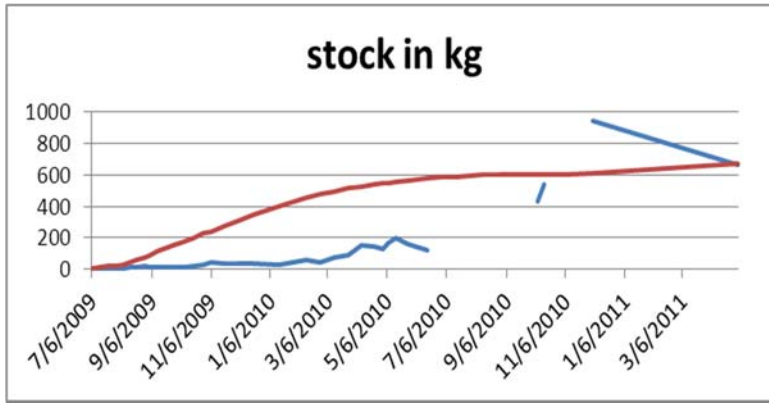


Fig 41. Mosselstock berekend (rood) en gemeten (blauw)

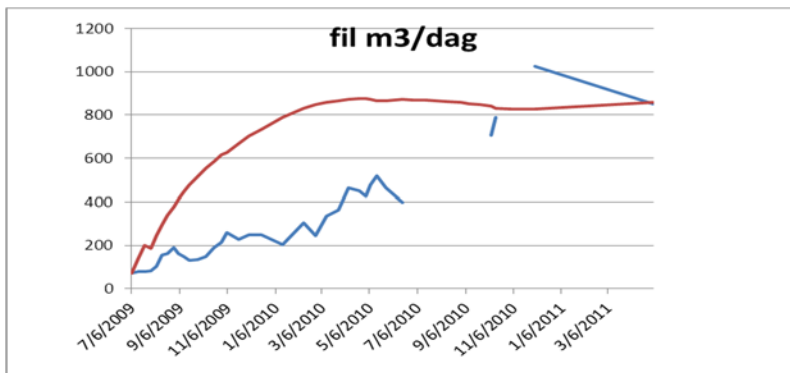


Fig 42. Filtratie capaciteit op basis van berekende (rood) en gemeten (blauw) stock

Uit fig 42 blijkt dat in 2009 de filtratiecapaciteit van de modelstock veel hoger was dan op basis van de gemeten stock; dit komt overeen met de hogere groeisnelheid en de grotere berekende stock. Groei en stockontwikkeling was in 2009 niet optimaal. In 2010 was de grootte van de mosselen meer in overeenstemming met de berekende groei. Daarbij moet worden opgemerkt dat de mosselvoorraad tussentijds is vernieuwd ter compensatie van sterfte door technische oorzaak. De stock is vervangen door mosselen van dezelfde batch die eerder uit de putten is geoogst en een periode in hangcultuur op Neeltje Jans zijn opgegroeid. De hoeveelheid is dan ook veranderd, cq. verminderd waardoor de simulatie en de waarnemingen niet direct meer aansluiten.

Voedselopname

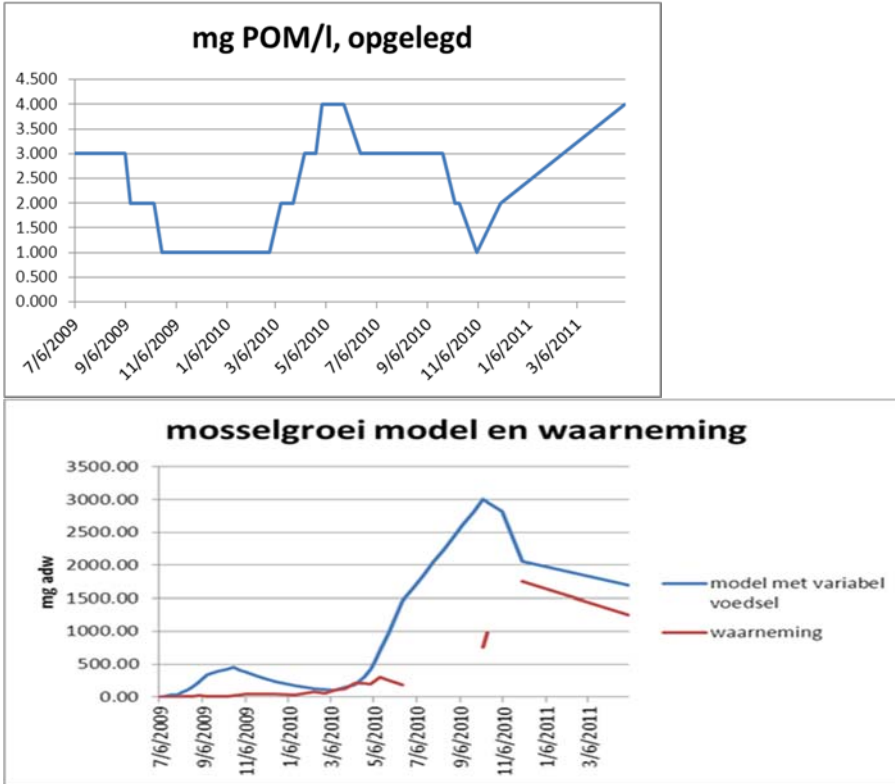


Fig 43 en 44. Modelberekening en waarnemingen mosselgroei (fig boven) op basis van seizoen variatie in voedselaanbod (mg POM/l : fig onder).

In fig 43 en 44 is een simulatie weergegeven van mosselgroei op basis van variabel voedselaanbod variërend tussen de 1 en 4 mg/l (fig boven). Deze groeisimulatie komt goed overeen met de waarnemingen, hoewel de gemeten waarden meestal lager zijn dan de simulatie (fig onder). De gemeten waarden voor voedselaanbod in de vijver zijn meestal hoger dan die van fig 43 zoals blijkt uit fig 44 en 45.

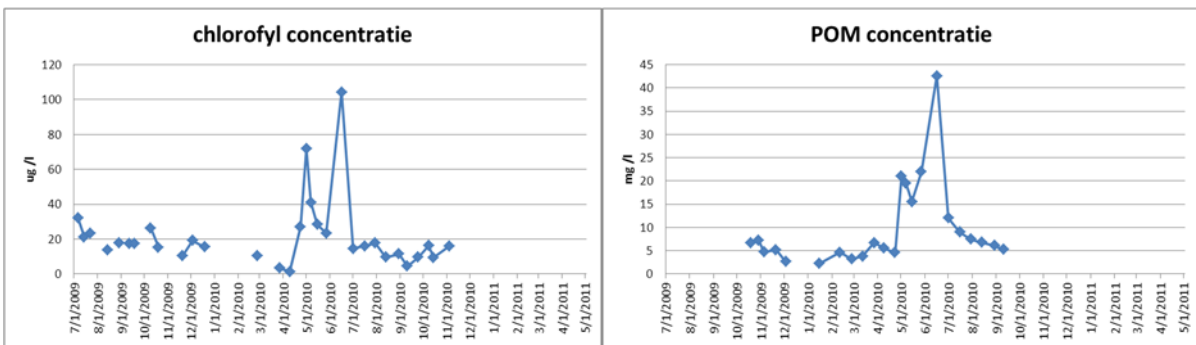


Fig 44 en 45: Voedselconcentratie gemeten in de vijver: a chl in ug/l en b: POM in mg/l (data nog niet compleet). Hoge waarden mei/juni 2010 tgv bemestingsexperiment

Bij een concentratie hoger dan ca 5 mg/l zullen de mosselen niet alles opnemen maar overtollig materiaal via pseudofaeces uit de schelp verwijderen. Een simulatie met een voedselconcentratie van 1 – 4 mg/l lijkt daarom wel realistisch.

Uit de metingen aan in- en uitstroom van het mosselcompartiment is de filtratie activiteit berekend en vergeleken met een modelberekening (fig 46). Daaruit kan worden afgeleid dat de filtratiecapaciteit hoger was dan de filtratie op basis van de hoeveelheid afgefilterd materiaal. Dit wil zeggen dat er minder voedsel uit het water is opgenomen dan er beschikbaar was, mogelijk door lokale voedselcompetitie en refiltratie van water door de mosselen. Dit kan verklaren dat de groei minder was dan op grond van het voedselaanbod mogelijk zou zijn.

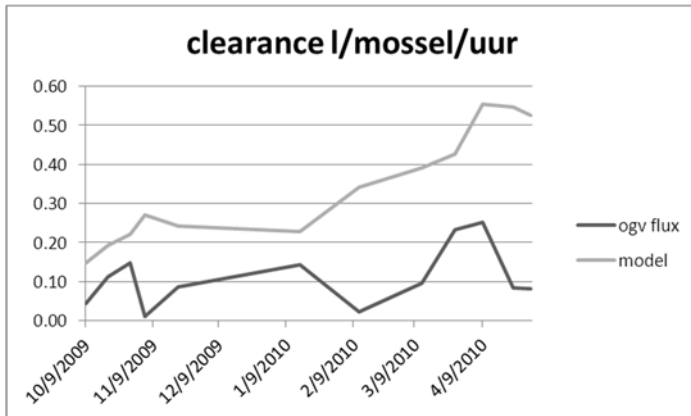


Fig 46. Berekende filtratie capaciteit volgens model ($CR = 1.2 * W^{.5}$) en op basis van de gemeten POM flux.

Food Conversion Ratio

Op basis van de individuele filtratie met seizoen variatie in de POM concentratie is de totale voedselopname berekend voor de gehele stock. Deze bedraagt voor een periode van 480 dagen 950 kg. De omvang van de gekweekte stock bedroeg na 480 dagen volgens de metingen en aannames 980 kg mosselen met 35 g ind natgewicht. Op basis van 950 kg voedselopname bedraagt de FCR = 1.01.

Op basis van de modelberekening is de stock op dag 480 ca 1600 kg met een natgewicht van 60 gram/mossel, dit correspondeert met een model FCR = 0.62.

Tabel 3. Berekening opbrengst bij variabele FCR

	fcr	mossel	algen	algen prod per mossel per dag	alg prod vijver voor totale stock	alg stock bij 3 dagen pp tijd	algen stock/L	benodigde alg conc/L in vijver	verduunnings factor grondwater
		natgew g	droge stof g	g DS	kg/d	prod*3 kg/vijver	DS mg per L	mug/l	tot 5 mg DS/l
10 ton prod/jr	1	25	25	0.07	27.8	83.3	18.5	185.2	3.7
(=400000stuks)	0.5	25	12.5	0.03	13.9	41.7	9.3	92.6	1.9
5 ton prod	1	25	25	0.07	13.9	41.7	9.3	92.6	1.9
(=200000 stuks)	0.5	25	12.5	0.03	6.9	20.8	4.6	46.3	0.9
1 ton prod	1	25	25	0.07	2.8	8.3	1.9	18.5	0.4
(=40000 stuks)	0.5	25	12.5	0.03	1.4	4.2	0.9	9.3	0.2

In tabel 3 is een berekening gemaakt van de benodigde algenproductie om tot een oogst van 1, 5 en 10 ton mosselen te komen in 360 dagen bij een FCR van 1 en 0.5. Daaruit blijkt dat bij een algenconcentratie van 100 ug/l, d.w.z. onder omstandigheden van bemesting, een oogst van 10000 kg bij een FCR van 0.5, en 5000 kg bij een FCR = 1 haalbaar zou kunnen zijn. Een oogst

van 1000 kg in 1 jaar is realiseerbaar bij een algenconcentratie van 10 a 20 ug/l; dit zijn de omstandigheden die zich in 2009 hebben voorgedaan.

Productie scenario's

Er is een berekening gemaakt op basis van aannames over realistische lengte en gewichtstoename, de kweek van 2 cohorten en oogst vanaf een lengte van 45 mm en een stukstal van 25 mosselen/kg. De gesimuleerde groei is in fig 47 weergegeven. Dit levert na 1 jaar mosselen op van 8 cm en 65 gram per stuk.

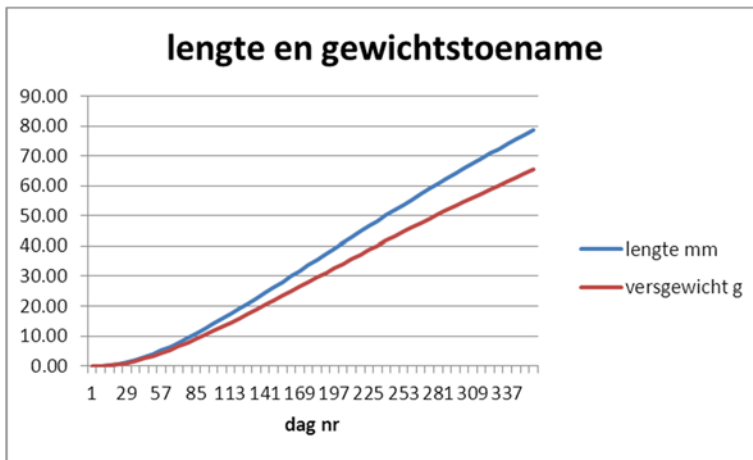


Fig 47. Lengte en gewichtstoename van groeiszenario op basis van 4.5 mg POM/l en absorptie efficiëntie 25 %.

De benutting van het geproduceerde voedsel kan worden vergroot wanneer er meerdere cohorten worden gekweekt. Een eerste benadering is weergegeven in fig 48 en 49, waarbij cohort 1 stapsgewijs wordt geoogst vanaf dag 200 en cohort 2 start op dag 200. Dit scenario kan nog worden verfijnd; uit fig 49 blijkt dat de voedselopname gelijkmatiger is dan in fig 3 op basis van 1 cohort.

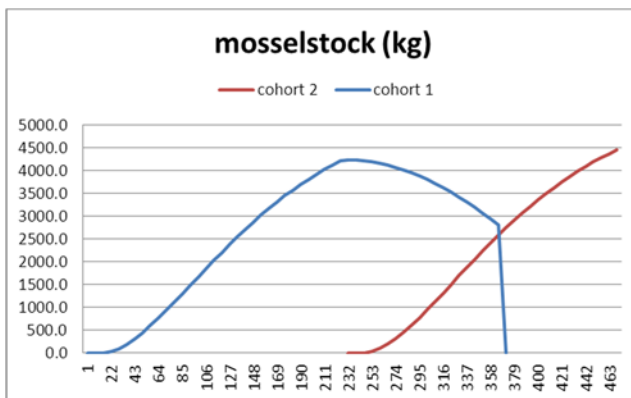


Fig 48. Mosselvoorraad in groeiszenario met 2 cohorten en oogst vanaf lengte 45 mm (dag 200) en oogst restant cohort 1 op dag 365.

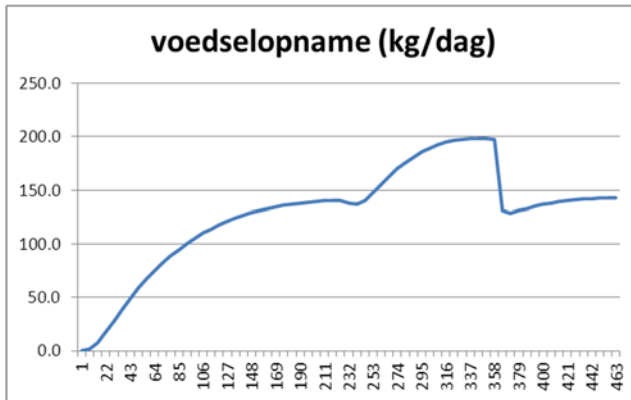


Fig 49. Voedselopname bij kweek van 2 cohorten

Uit tabel 4 blijkt dat de opbrengst op dag 365 uitkomt op 7500 kg met een fcr van 0.87. Dit kan worden gerealiseerd indien de voedselproductie 725 gC/m²/jaar bedraagt c.q. 4 g droge stof per m² per dag. Deze waarden zijn vrij laag voor kweeksystemen (vgl Oosterschelde 200 gC/m²/jaar; **algenkweekvijvers xx g DS/m²/dag**) en zouden dus haalbaar moeten worden geacht voor een ondiepe vijver zoals bij KMWP.

Tabel 4. Productie scenarios bij kweek van meerdere cohorten en stapsgewijs oogsten

		cohort1	cohort 1+2
mosselproductie			
oogst 1	kg	2098	
oogst 2	kg	2817	
totaal dag 365	kg	4915	7504
voedselproductie vijver			
voedselopname	kg	5228	6528
prim prod	gC/m2/yr	581	725
prim prod	kg/d	14	18
prim prod	g DS/m2/d	3	4
chl prod	mg CHL/m2/d	32	40
voedselconcentratie vijver			
POM conc	mg/L	10	12
CHL conc	ug /l	95	119
verduunning		2*	3*
FCR	ratio	1.06	0.87

Conclusies voor potentiële opbrengst van mosselen uit de pilot

1 – De beschikbaarheid van meetgegevens is (nog) beperkt en daarom zijn er velerlei aannames gedaan om berekeningen te kunnen uitvoeren. Dit betreft de biomassa en overleving van de mosselen, de individuele groei (en de spreiding daarin), en de hoeveelheid, samenstelling en omrekeningsfactoren van het voedsel. Verder zijn er aannames gedaan over de fysiologie van de mosselen die zijn onderbouwd met een tweetal veldexperimenten en literatuur gegevens. Er is geen rekening gehouden met feedback van de mosselen op het vijversysteem, die via nutriënten teruglevering een positief effect kan hebben op de algengroei, tenzij de graasdruk te hoog is en er overbegrazing optreedt. Dit laatste is in de praktijk tot nu toe nog niet opgetreden. Verder is er geen informatie over mogelijke andere filter feeders, zoals kokkels, in de beschouwing betrokken. Het is van belang dat het monitoringprogramma wordt aangevuld met bovengenoemde parameters

2 – Uit een vergelijking van de instroom en de uitstroom van de mosselcompartimenten en de potentiële filtratie kan worden afgeleid dat de voedselopname niet optimaal is. Betere menging in de compartimenten en/of lagere stocking op de touwen zou dit kunnen verbeteren

3 – De gemeten groei is door “kinderziektes” in 2009 achtergebleven bij wat volgens de berekeningen mogelijk was geweest. In 2010 heeft de bemestingsproef tot hogere voedselconcentratie geleid. Dit is door een samenloop van omstandigheden niet vertaald in hogere mosselproductie, o.a. ten gevolge van sterfte door technische oorzaak. Op basis van een reconstructie van de groei en stock ontwikkeling, en een geschatte voedselopname, is een FCR berekend van ca 1 en een corresponderende productie van 2370 kg zonder bemesting en 9954 kg met bemesting.

4– De groeiscenarios laten zien dat opbrengsten afhankelijk zijn van groei en overleving, voedselaanbod en gebruik, en stock management. Voor de groei van 1 cohort is na een jaar ca 5000 kg opbrengst mogelijk op basis van een POM concentratie van 10 mg/l en 2 * verdunnen met grondwater. De corresponderende chlorofyl concentratie van 95 ug/l is wellicht te hoog ingeschat. De opbrengst neemt toe indien er een tweede cohort wordt gekweekt en stapsgewijze wordt geoogst, ipv een oogst van het gehele cohort in 1 keer. Dit vereist iets hogere voedselconcentraties en dus bemesting maar dat kan verder worden geoptimaliseerd, leidend tot een lagere FCR.

5- Dit betekent dat in de huidige WP opzet met enige bemesting en gefaseerde oogst een opbrengst mogelijk is van 5000 a 10000 kg mosselen per jaar zonder dat er extreme voedselproductie is vereist. Er zitten uiteraard onzekerheden in deze schatting die samenhangen de vraag of de voedselproductie gedurende de gehele kweekperiode op een hoog nivo mogelijk is, en met optimalisatie van de voedseltoevoer naar de mosselen en corresponderende groei en overleving.

6-Aanbevolen wordt het monitoringprogramma van cruciale variabelen te intensiveren, en een modulaire opzet na te streven waarbij compartimenten met een optimale mosseldichtheid kunnen worden aan of afgeschakeld, op basis van online data.

Bijgroei in de algenvijver

Nadat de algenvijver in 2009 in gebruik is genomen werden al vrij snel nieuwe organismen in de vijver gezien, die spontaan in de vijver zijn gekomen. Allereerst werd een bijgroei van hydroidpoliepen en kokerbouwende wormen op de mosseltouwen gezien. Na enkele maanden bleken ook driedoornige stekelbaarzen aanwezig en vanaf 2010 werden ook wadpieren en brakwaterkokkels in de vijver waargenomen. Tijdens de inventarisatie zijn ook wadslakjes en enkele grondels gezien. De foto's geven een beeld. Naast brakwaterkokkels in de bodem komen ze ook voor in het groenwier, dat de bodem bedekt. Deze kokkels zijn in de inventarisatie niet meegenomen, maar compenseren wellicht voor de bedekte zandbodem waar geen kokkels in voorkomen als gevolg van zuurstoftekorten (visuele waarneming). In de oeverzone zwemmen vele scholen driedoornige stekelbaarzen en in de diepere delen (waar geen groenwier voorkomt) is de bedekking aan brakwaterkokkels plaatselijk hoog.



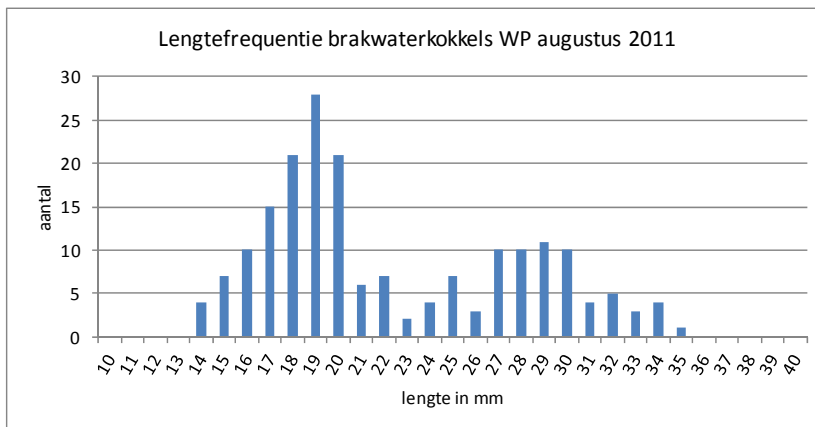
Foto's 4, 5, 6 en 7. Met de klok mee: Het macrogroenwier *Chaetomorpha linum* met brakwaterkokkels en wadpierhoopjes in de oeverzone, brakwaterkokkels in het groenwier, driedoornige stekelbaarzen en brakwaterkokkels in diepere delen van de vijver.

In augustus is een inventarisatie uitgevoerd naar de brakwaterkokkel in de vijver, door met steekbuizen de bodem te bemonsteren. Op 4 plaatsen is met een zestal steekbuizen tot circa 15 cm diep in de bodem gestoken, zodat $4 \times 0.02 \text{ m}^2$ werd bemonsterd.

In onderstaande tabel en figuur staan de resultaten van de inventarisatie.

Tabel 5. Resultaten steekbuis inventarisatie brakwaterkokkel algen vijver KMWP, augustus 2011

Aantal/m ²	225
Gemiddelde lengte in mm	18,7
Natgewicht in gram per kokkel	1,9263
Drooggewicht in gram per kokkel	1,2659
Asvrijdrooggewicht in gram per kokkel	0,6235
Natgewicht in gram/m ²	433
Drooggewicht in gram/m ²	285
Asvrijdrooggewicht in gram/m ²	140



Figuur 50. Lengtefrequentie van een apart monster brakwaterkokkels, waarbij ook kokkels uit het groenwier zijn verzameld.

Uit deze gegevens blijkt dat de biomassa aan brakwaterkokkels in de vijver zeker een rol speelt bij de begrazing aan algen, en doorwerkt in voedselconcurrentie met de mossel. Uit de lengtefrequentie blijkt duidelijk dat er reeds twee jaarklassen aanwezig zijn, dus voorplanting in de vijver. Een natgewicht van 433 gram/m² aan brakwaterkokkels geeft, rekening houdend met weinig kokkels in de oeverzone (hier vooral wadpieren), omgerekend voor 3000 m² 1300 kilo brakwaterkokkels in de vijver. In de potentiële opbrengstberekening van de algenvijver is deze biomassa niet meegenomen, en zal een deel van de niet gerealiseerde groei van de mosselen kunnen verklaren.

Aanbevelingen

Om de algenproductie van de vijver te maximaliseren en stabiliseren is een verdere uitwerking van bemesten en enten nodig. De analyse van periodiek voorkomende algengemeenschappen en gemeten groei geven aan dat de beste groei is bereikt bij een voedselaanbod waarbij kiezelwieren dominant zijn. De bemesting en enting van de vijver zal op deze groep wieren gericht moeten zijn. Uitgaande van de gestelde aannames is het in principe mogelijk om 5 tot 10 ton mosselen per jaar te kweken. Om deze hoeveelheid mosselen te huisvesten is een volume van minimaal 250 m³ wenselijk (maximaal 40 kilo mosselen per m³). Dit volume kan verdeeld worden over 2 vijvers van 12,5*4*2,5 meter (l*b*h), waarbij het inkomende algenrijke vijverwater gelijkmatig over de mosselvijvers verdeeld moet worden voor een uniform voedselaanbod. Design van deze vijvers moet verder worden uitgewerkt. Andere zaken die een rol spelen zijn de zuurstofhuishouding (er zal een vorm van beluchting moeten worden toegepast) en de mogelijke ophoping van slib als gevolg van de filtratie van de mosselen. Dit zijn belangrijke aspecten bij het ontwerp van de mosselvijvers.

Om het aanslaan van algenenten in de algenvijver te bevorderen is een tussenstap tussen gecontroleerde binnenkweek (als bron) en de vijver (productiekweek in open 'natuurlijk' systeem) wenselijk. Ervaringen bij o.a. de Mosselakker van Wim van Nieuwenhuijzen in Sint Philipsland laten heel redelijke resultaten zien van een voorcultuur van 8 m³ als ent voor de lagenvijver van 100-400 m³. Deze voorcultuur kan tot 8 weken worden aangehouden en na bijvullen wekelijks gebruikt worden als inoculum.

Voor de mosselpilot zijn entvijvers/bassins van circa 15 m³ te overwegen. De situatie bij de algenvijver en de grondwatervoorziening is geschikt voor het aanleggen van zowel mosselvijvers als entbassins. De entbassins kunnen geplaatst worden naast de grondwatervoorziening zodat de aanvoer van grondwater gemakkelijk is. Door de bassins boven het vijverpeil te plaatsen en te voorzien van een uitloop op het laagste punt is het gemakkelijk om de algenent de vijver in te laten en eventueel schoon te maken.

In de tweede helft van 2011 kwam het bodembedekkende macrowier *Chaetomorpha linum* op. Het bedekt momenteel het overgrote deel van de waterbodem. Dit macrowier belemmert de groei van de pelagische algen en ontrekt ook nutriënten uit de waterfase. Het is een sterke aanbeveling dit macrowier zo veel mogelijk uit de algenvijver te houden. Regelmatig schonen zal nodig zijn. Hetzelfde geldt voor brakwaterkokers, die inmiddels algemeen in de vijverbodem voorkomen en met hun filtratiecapaciteit concurreren op algen.

Naast deze aanpassingen is een intensivering van het monitoringprogramma nodig om een goed onderbouwde opbrengstschatting te kunnen geven. De huidige opbrengstverwachting is nog te veel gestoeld op aannames die niet altijd op de praktijk aansluiten. Dit geldt vooral voor de per tijdseenheid aanwezige biomassa van de mosselen in relatie tot de filtratie en groei.

Referenties

Verschoore, J. 2010. Verslag jaar 1 Mosselpilot KMWP.

Dijk, F. van, T. v.d. Hiele en J. Heringa (2010). Monitoring algenvijver Koninklijke Maatschap Wilhelminapolder. Resultaten februari to juni 2010. Rapport HZ.

?, 2009. Voorlopige resultaten Monitoring algenvijver Koninklijke Maatschap Wilhelminapolder. Periode juni tot december 2009. Rapport HZ.

Zeeschelp (2008). Experimentele kweek van mosselen in de inlagen van de Scherpenissepolder, Tholen. Resultaten 2008. Rapport stichting Zeeschelp, 24 pagina's.

Bijlage

De volgende tabellen zijn het resultaat van de inverse analyse en geeft de structuur van de fyto- en zoöplanktongemeenschappen weer. De omkaderde groepen van soorten geven aan of ze over alle gemeenschappen voorkomen en op de meeste bemonsteringmomenten aanwezig zijn. Of dat ze beperkt zijn tot een selecte groep van monsters.

De structuur van de gemeenschappen is in het kort als volgt opgesteld: Onderstreepte getallen maken voor 90% deel uit van de cumulatieve aantallen. Hierop is de indeling van de tabel gebaseerd. Bijvoorbeeld 'Plantae' (overige algen): de cumulatieve aantallen komen op 860803. 90% van 860803 is 774723. Vervolgens worden de aantallen van groot naar klein bij elkaar opgeteld totdat de opgetelde aantallen 774723 of meer bedragen. Dit is het geval bij $729960+103622=833582$. 'Plantae' komt op levensgemeenschapniveau nu uitsluitend voor in groep D1, en niet in A, B, C, D2, E en F.

Achter de wetenschappelijke naam staan de afkortingen vermeld van de dier- of plantgroep.

Geordende tabel van de clustergroepen fytoplankton Mosselpilot Wilhelminapolder 2009-2011. Onderstreepte getallen maken voor 90% deel uit van de gevonden aantallen per algensoort. Vetgedrukte getallen geven algensoorten weer die algemeen binnen de groep voorkomen (in minimaal 2/3 van het aantal monsters). Algensoorten die uitsluitend onder 1 groep vallen zijn onder die groep omkaderd weergegeven en zijn karakteristiek te noemen.

		A	B1a	B1b	B2a	B2b	C1a	C1b	C2a	C2b	C2c	C3	C4	D1a	D1b	D2a	D2b	E	F
<i>Chrysomonadales</i>	Overige algen													32					243
<i>Heterocapsa minima</i>	Dinoflagellaten	1																	1537
<i>Oscillatoriales</i>	Blauwwieren									35									36
<i>Pseudopedinella</i>	Overige algen						12	6310		42	335	127		108	4	13	1973		
<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinoflagellaten		1171	1002			196	5368		993	21		240	377	308	0	622		
<i>Gymnodiniaceae</i>	Dinoflagellaten									79	13	62					36		
<i>Euglenophyceae</i>	Overige algen											60					36		
<i>Gymnodiniales</i>	Dinoflagellaten	1161	1996											2098	0	0	1297		
<i>Proocentrum minimum</i>	Dinoflagellaten		4											6	3	13			0
<i>Cryptophyceae</i>	Overige algen			1171	3485		47	36		22		9		1854	2417	27		36	
<i>Peridinales</i>	Dinoflagellaten		1					107		48		29		52	32	2			
<i>Leucocryptos</i>	Overige algen		998											489					
<i>Cochlodinium</i>	Dinoflagellaten															0			
<i>Plantae</i>	Overige algen		2157				71		1042	1322	25	441		729960	103622	12564	9599		
<i>Pennales</i>	Kiezelwieren	111												19	3407				54
<i>Corymbellus</i>	Overige algen														6				
<i>Prasinophyceae</i>	Groenwieren		27											1378	31	13			
<i>Craspedomonadaceae</i>	Overige algen													38					
<i>Pyramimonas</i>	Groenwieren		4777			21204	2684	1084	1654	825	511	120							480
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	Overige algen				1481	7068	995	0	45501	14178	6492	329							53
<i>Biota</i>	Overige algen					458038			59874										
<i>Chaetoceros</i>	Kiezelwieren										240	116							
<i>Bacillariophyceae</i>	Kiezelwieren						41	107		32		120							18
<i>Leptolyngbya</i>	Blauwwieren											20							
<i>Phacus pusillus</i>	Overige algen											20							
<i>Cryptomonadales</i>	Overige algen					533	196		3221	220	14649								
<i>Ceratoneis closterium</i>	Kiezelwieren									40	43								
<i>Heterocapsa</i>	Dinoflagellaten									60									
<i>Tetraselmis</i>	Groenwieren									44									
<i>Stephanodiscus binderanus</i>	Kiezelwieren							107											
<i>Amphora</i>	Kiezelwieren							18											
<i>Cymbella [1]</i>	Kiezelwieren						6												
<i>Fragilariaceae</i>	Kiezelwieren						6												
<i>Navicula gregaria</i>	Kiezelwieren						6												
<i>Skeletonema</i>	Kiezelwieren	17687		28047															
<i>Hemiselmis</i>	Overige algen		76497	221802	311701		130		4308	1176	107	325	361						533
<i>Khakista</i>	Kiezelwieren			13356	8676			53	160	20	48								373
<i>Elakatothrix genevensis</i>	Groenwieren				533														
<i>Chlorophyta</i>	Groenwieren		2312	2460697	42070														
<i>Thalassiosirales</i>	Kiezelwieren		2003	35226			30	427	100	60	21		4928						87456
<i>Nitzschia</i>	Kiezelwieren			17028				36											36
<i>Cryptomonas</i>	Overige algen		771	7752			12				25								
<i>Oscillatoria</i>	Blauwwieren			741															
<i>Woloszynskia</i>	Dinoflagellaten			1241															
<i>Chlamydomonadaceae</i>	Groenwieren			2003						160									
<i>Skeletonema costatum [1]</i>	Kiezelwieren		45295	502718			344	1493							114		4071		
<i>Centrales</i>	Kiezelwieren		12834											386	419				539
<i>Chysochromulina</i>	Overige algen	28188								199	41			669	1800				189
<i>Paulinella</i>	Overige algen	11883												272	54				
Aantal/ml		59030	63311	619467	2765814	849824	4782	15145	115860	19557	22571	2000	5529	737738	112357	13931	105267	142	2562
Index		1,62	1,12	0,88	0,74	1,04	1,42	1,67	1,03	1,07	1,25	2,64	0,60	0,12	0,42	0,35	0,99	2,25	1,63
Evenness		0,63	0,56	0,35	0,26	0,39	0,49	0,57	0,41	0,39	0,49	0,82	0,38	0,04	0,13	0,11	0,28	0,97	0,63
n soorten		6	6	6,0	6,7	6,5	7,3	8,0	5,7	6,7	6,2	9,5	3,0	6,2	9,0	6,0	12,0	5,0	6,0
n stat		1	2	3	3	2	3	3	3	6	5	2	1	10	4	2	1	1	1

Geordende inverse analyse tabel zooplankton Mosselpilot Wilhelminapolder 2009-2011.
 Voor omschrijving, zie tabel fytoplankton.

		A1	A2	A3	B	C	D	E	F
Polychaeta	GEEN	26	1093	4	0	27			249
Ciliophora	CILIO	9	9	85	21		9		249
Tintinnida	CILIO	1	8	77	4		114	4	249
Rotifera	ROTIF	12	27	16	1				16681
Asplanchna	ROTIF	3	293	113	4				10208
Synchaeta	ROTIF		4				2824	124	249
Calanoida-tot	COPEP	5	8					106	
Bivalvia	GEEN	1	4					4	
Spionida	GEEN			2	8			3	
Heliozoa	HELIO	0		24	20		138		
Tintinnopsis beroidea	CILIO	4	8	233			7458	4	
Copepoda-tot	COPEP	57	24	74	0	14	9		
Gastropoda	GEEN	0		4		5			
Tintinnopsis	CILIO	0			0	850			
Brachionus	ROTIF				4				
Diaptomidae-tot	COPEP	25	4	4					
Eurytemora-tot	COPEP		34	36				2	
Lohmanniella	CILIO		19	8				3	
Cyclopoida-tot	COPEP	1	4	6					
Oligotrichia	CILIO			38					
Peritrichia	CILIO			22					
Crustacea	COPEP	0		34					
Harpacticoida	COPEP	0							
Acarina	GEEN	3							
Nematoda	GEEN	0							
Aantal per liter		148	1541	779	62	896	10551	249	27885
Index		1,475	1,180	1,512	1,723	0,353	0,600	0,941	1,217
Evenness		0,777	0,536	0,711	0,884	0,270	0,357	0,424	0,471
Aantal soorten		4,1	4,7	4,2	4,0	3,0	2,7	4,5	6
aantal stations		14	6	9	3	2	6	2	1