

**Quick scan waterkwaliteit en
ecologie Volkerak-Zoommeer**





Quick scan waterkwaliteit en ecologie Volkerak-Zoommeer

Ies de Vries
Renske Postma

1207783-000

Titel

Quick scan waterkwaliteit en ecologie Volkerak-Zoommeer

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Waterdienst

Project

1207783-000

Kenmerk

1207783-000-VEB-0005

Pagina's

33

Trefwoorden

Volkerak-Zoommeer, waterkwaliteit en ecologie, recente ontwikkelingen

Samenvatting

De waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer verbetert sinds 2005: er zijn minder algen, de helderheid van het water neemt toe en blauwwieroverlast komt minder vaak voor. Recente monitoring gegevens (2011-2012) bevestigen de trend naar minder algen en toegenomen helderheid van het water. Begrazing van algen door de quaggamossel is waarschijnlijk de belangrijkste oorzaak van de toegenomen helderheid. De quaggamossel is recent (2012) weer toegenomen. De bedekking met waterplanten neemt ook toe en dit zorgt lokaal voor overlast. Brasem is sterk in aantal afgenomen en is niet meer de dominante vissoort. Baars is nu de meest voorkomende vis.

Deskundigen van Deltares, Wageningen universiteit, KNAW-NIOO en het Planbureau voor de Leefomgeving onderschrijven unaniem de conclusie dat de verbetering van de waterkwaliteit in de afgelopen jaren het gevolg is van de explosieve toename van de quaggamossel.

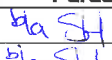
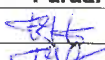
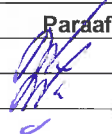
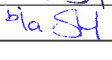

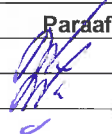
De deskundigen vinden de toekomst van een zoet Volkerak-Zoommeer onzeker:

- de toestand kan stabiel blijven, als de quaggamosselen zich handhaven;
- de toestand kan (sterk) verslechteren, als de quaggamosselen plotseling verdwijnen;
- de toestand kan verbeteren, als er meer waterplanten komen die het effect van de quaggamosselen versterken.

De deskundigen zien weinig mogelijkheden om de waterkwaliteit van een zoet Volkerak-Zoommeer te beïnvloeden met beheermaatregelen: doorspoelen, bevissen en waterplanten maaien zijn ofwel niet effectief ofwel niet gewenst voor de ecologie.

Referenties

-

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	mrt. 2013	Ies de Vries		Hans Los		Rinus Vis	
	Mei 2013	Ies de Vries		Hans Los		Rinus Vis	

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Gegevens verantwoording	3
3 Algen en doorzicht	5
3.1 Beschrijving algen en doorzicht	6
4 Chloride	7
4.1 Beschrijving chloride	8
5 Totaalfosfaat en orthofosfaat	9
5.1 Beschrijving totaalfosfaat en orthofosfaat	10
6 Totaalstikstof en anorganisch opgelost stikstof (DIN)	11
6.1 Beschrijving totaalstikstof en DIN	12
7 Silicaat	13
7.1 Beschrijving silicaat	14
8 Organisch materiaal (TOC en POC)	15
8.1 Beschrijving organisch materiaal (TOC en POC)	16
9 Fosfor en waterbodem	17
10 Driehoeksmosselen en algengraas	19
11 Waterplanten	21
12 Visstand Volkerak	23
13 Expert discussie en conclusies	25
13.1 Aanleiding voor de expertsessie	25
13.2 Opzet van de expertsessie	25
13.3 Quick scan en reacties experts	25
13.4 Discussie over de huidige en toekomstige toestand	29
13.5 Discussie over de mogelijkheden van het beheer	31
13.6 Conclusies over een zoet Volkerak-Zoommeer	32
14 Referenties	33

1 Inleiding

Dit rapport is een vervolg op 'Waterkwaliteit en water- en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009' (de Vries et al, 2011). Dit balansrapport eindigde met de volgende conclusie en aanbeveling:

De waterkwaliteit van het Volkerak-Zoommeer verbetert sinds 2005: er zijn minder algen, de helderheid van het water neemt toe en blauwwieroverlast komt minder vaak voor. Waarschijnlijk is deze verbetering in gang gezet door de afgenomen fosfaatvrachten vanuit Brabant.

De lagere externe fosfaatbelasting kan de verbetering slechts ten dele verklaren. De lage algengehaltes, en daardoor de toenemende helderheid worden waarschijnlijk vooral veroorzaakt door 'graascontrole' door driehoeksmosselen (de gewone driehoeksmossel en/of de quagga mossel). En deze gunstige toestand wordt in stand gehouden en versterkt door een systeemrespons van vastlegging van fosfaat in de bodem, waardoor de interne fosfaatbelasting en daarmee het fosfaatgehalte verder afneemt. Overigens is met de recente kwaliteitsverbetering het risico van blauwalg(overlast) niet (direct) verdwenen. In 2010 zijn weer drijfslagen van blauwalgen opgetreden en was er vanaf half augustus een innamestop als gevolg van blauwalgen. In 2011 was er in juli een kortdurende innamestop.



Figuur 1.1. Drijfslagen van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer in 2010. Links: 20 augustus, rechts 4 september. Bron: provincie Zeeland

De twee aannames waar deze conclusie op is gebaseerd, namelijk (progressieve) vastlegging van fosfaat in de bodem en graascontrole door driehoeksmosselen, kunnen niet aan veldwaarnemingen worden getoetst; de daarvoor noodzakelijke gegevens ontbreken. Vooralsnog blijft er dus sprake van een hypothese.

Nader onderzoek en systeemmonitoring naar (1) fosfaatspeciëatie en seizoensgedrag in de waterbodem en (2) de aanwezigheid van driehoeksmosselen zijn nodig om de hypothese te toetsen en om vervolgens een toekomstverwachting te kunnen formuleren.

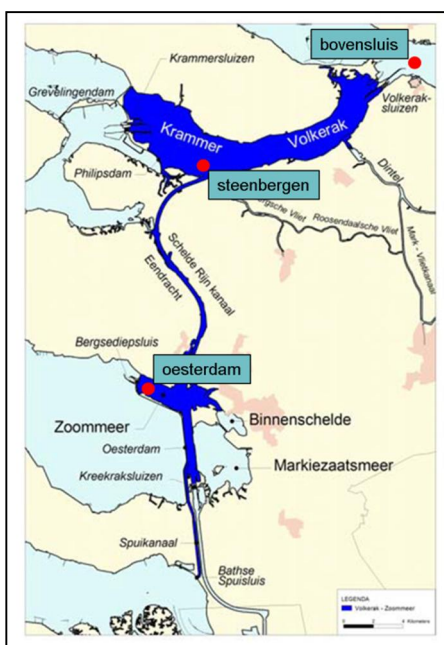
Het onderhavige rapport presenteert en analyseert de resultaten van onderzoek en monitoring die sindsdien zijn uitgevoerd. De nadruk ligt op de waterkwaliteitsgegevens tot en met 2012. Gegevens worden gepresenteerd voor de periode 2000-2012. Voor de voorafgaande jaren wordt verwezen naar Tosserams et al (2000) en de Vries et al (2011).

Er zijn geen nieuwe balansen opgesteld. En dit rapport betreft alleen meetgegevens, geen modelanalyse.

2 Gegevens verantwoording

De dataset met waterkwaliteitsgegevens is niet ontleend aan live.waterbase.nl, maar rechtstreeks aangeleverd door RWS-DZD vanuit DONAR (dd. 28-02-2013). Het betreft drie MWTL meetpunten (Figuur 2.1):

- Steenberg, in dit rapport aangeduid als 'Volkerak'
- Oesterdam, in dit rapport aangeduid als 'Zoommeer'
- Bovensluis, in dit rapport aangeduid als 'Hollandsch Diep'.



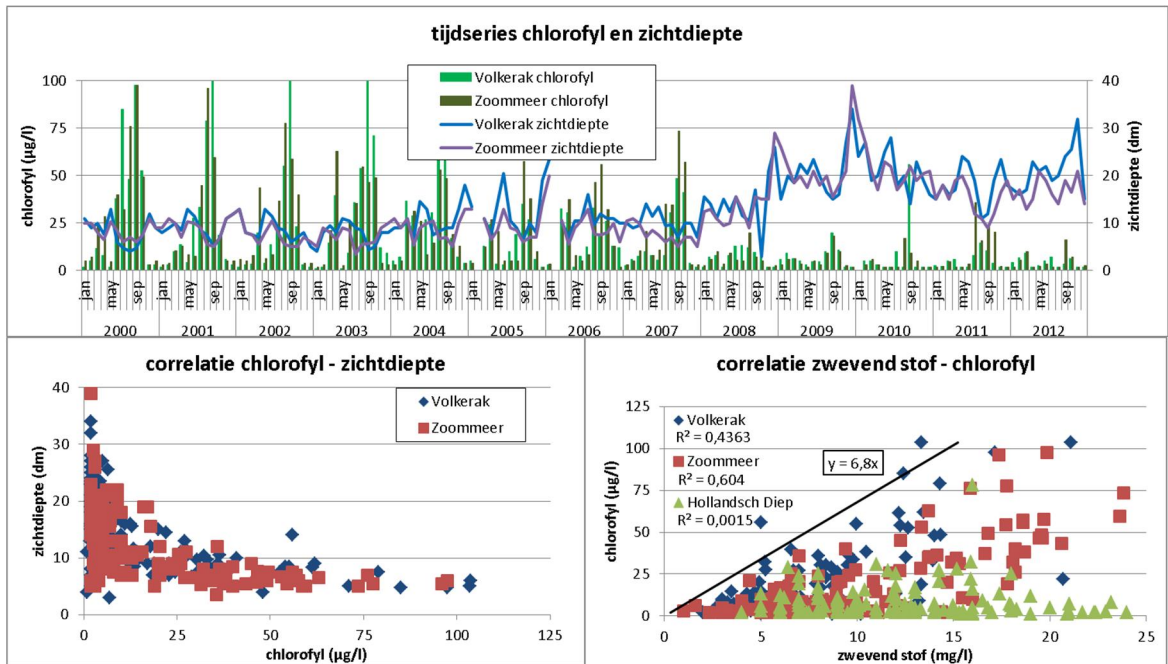
Figuur 2.1 Het Volkerak-Zoommeer met de twee MWTL meetpunten 'Steenbergen' en 'Oesterdam', en het meetpunt 'Bovensluis' in het Hollandsch Diep

Van de beschikbare data¹ zijn per waterkwaliteitsvariabele de volgende figuren gemaakt:

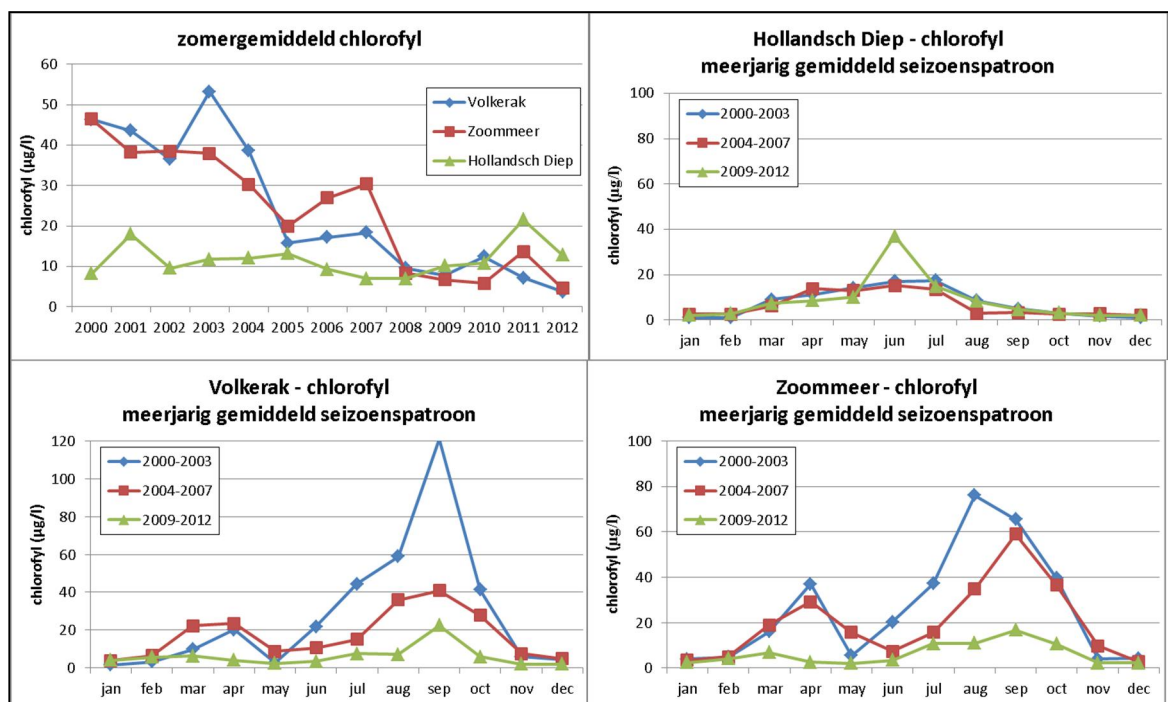
- De tijdserie van maandgemiddelde waarden voor de periode 2000-2012. Omdat er 1-2 gegevens per maand in de dataset zitten, worden met maandgemiddelde waarden nagenoeg de oorspronkelijke gegevens gepresenteerd (voor bijvoorbeeld chlorofyl in Volkerak en Zoommeer zijn er 245 data per meetpunt, deze zijn 'gemiddeld' tot 156 maandgemiddelden).
- Jaargemiddelde en/of zomergemiddelde waarden (zomer = april-september).
- Meerjarig gemiddeld seizoenspatroon voor drie periodes van 4 jaren:
 - 2000-2003, veel algen, lichtlimitatie,
 - 2004-2007, minder algen, nutriëntenlimitatie,
 - 2009-2012, weinig algen, groei-limitatie.
 (het overgangsjaar 2008 van vestiging/uitbreiding van de quaggamossel wordt overgeslagen).
- Diverse correlatiegrafieken waarin variabelen onderling worden vergeleken.

¹ 'data' is volgens van Dale meervoud, dus 'de data zijn' en niet 'de data is'.

3 Algen en doorzicht



Figuur 3.1 Maandgemiddelde gegevens van chlorofyl en doorzicht (boven), en correlatie van chlorofyl met doorzicht (links onder) en zwevend stof (rechts onder). De trendlijn indiceert de maximale hoeveelheid chlorofyl bij de gemeten hoeveelheid zwevend stof (als alle zwevend stof uit levende alg bestaat)



Figuur 3.2 Zomergemiddeld chlorofyl (linksboven) en meerjarig gemiddeld seizoenspatroon van chlorofyl in Hollandsch Diep (rechtsboven), Volkerak (linksonder) en Zoommeer (rechtsonder)

3.1 Beschrijving algen en doorzicht

De eerste figuur (Figuur 3.1) in dit rapport is meteen ook de centrale figuur in de discussie over (blauw)algen, waterkwaliteit en helderheid van het Volkerak-Zoommeer. De figuur illustreert dat de algemene trend naar minder algen en helder water doorzet en stabiliseert in 2011-2012. De correlatie tussen de hoeveelheid algen (de chlorofylconcentratie) en helderheid van het water (zichtdiepte) is eenduidig: met veel algen is het water altijd troebel, en het water is alleen helder als er weinig algen zijn. Zichtdieptes van 2 meter of meer komen alleen voor bij minder dan 20 µg chlorofyl/l. Weinig algen is een voorwaarde, maar geen garantie voor helder water: ook bij weinig algen kan het water troebel zijn. De troebelheid wordt dan veroorzaakt door ander zwevend materiaal.

Dit wordt geïllustreerd door de correlatie tussen chlorofyl en zwevend stof. Er is een zekere, maar niet significante, correlatie tussen deze twee variabelen in het Volkerak ($R^2=0,44$) en in het Zoommeer ($R^2=0,60$), en helemaal niet in het Hollandsch Diep. In Volkerak en Zoommeer bestaat het zwevend materiaal dus voor een aanzienlijk deel uit levende (want chlorofyl bevattende) algen.

De trendlijn (chlorofyl (µg/l) = 6,8 * zwevend materiaal (mg/l)) indiceert de maximaal mogelijke hoeveelheid chlorofyl bij de gemeten hoeveelheid zwevend materiaal. De ratio is gebaseerd op de stoichiometrie van (het P-type van) de dominante blauwalg in het VZM, *Microcystis aeruginosa* volgens Los (2009) (chlorofyl/koolstof = 0,017 mg/mg en drooggewicht/koolstof = 2,5 mg/mg)².

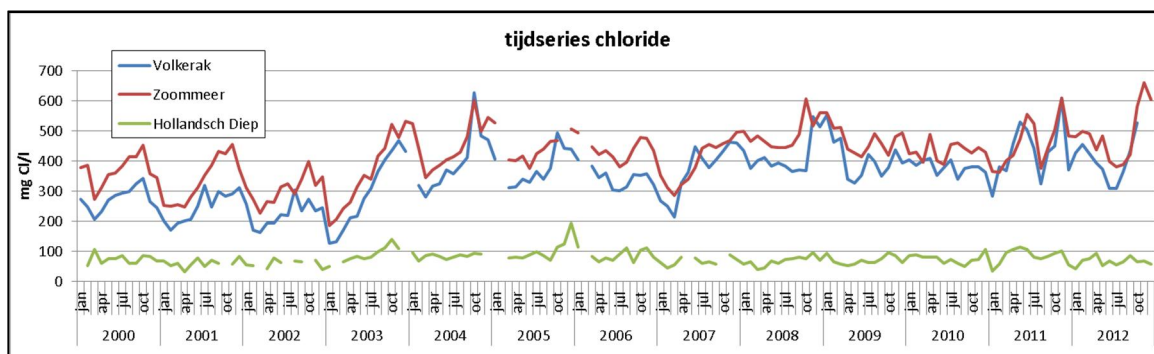
Alle gemeten waardes liggen keurig onder deze maximale trendlijn, enkele er dicht tegen aan, er precies op, of een klein beetje boven. In die gevallen bestaat het zwevend materiaal voor 100% uit levende algen. Eén waarneming (datapaar) ligt ruim boven de trendlijn, en deze afwijkende waarde is ook zichtbaar in de correlatiegrafiek zichtdiepte-chlorofyl. Het betreft de simultane meting in het Volkerak op 09-09-2010 van Chlf=56 µg/l, zichtdiepte=1,4 m en zwevend stof=5 mg/l (zie ook de piek in de tijdserie grafiek). Deze drie waardes kunnen niet tegelijkertijd 'waar' zijn. Er bestaan geen turboalgen met zoveel chlorofyl bij zo weinig massa en zo weinig lichtadsorptie. Deze chlorofyl piek moet daarom een meetfout zijn.

Figuur 3. illustreert de trendmatige afname van de algenconcentratie, van zomergemiddeld 40-50 µg chlorofyl/l in 2000-2003 naar ≤ 10 µg/l sinds 2008. Het maximum van de najaarspiek daalt van 120 (Volkerak) en 80 (Zoommeer) µg/l in 2000-2003 naar ≤ 20 µg/l in 2009-2012. Opmerkelijk is dat niet alleen de najaarsbloei, maar ook de (veel lagere) voorjaarsbloei sterk is gereduceerd in zowel Volkerak als Zoommeer. In voorjaar en vroege zomer zitten er bijna geen algen meer in het VZM. Er zit nu zelfs (iets) minder fytoplankton³ in het VZM dan in het Hollandsch Diep.

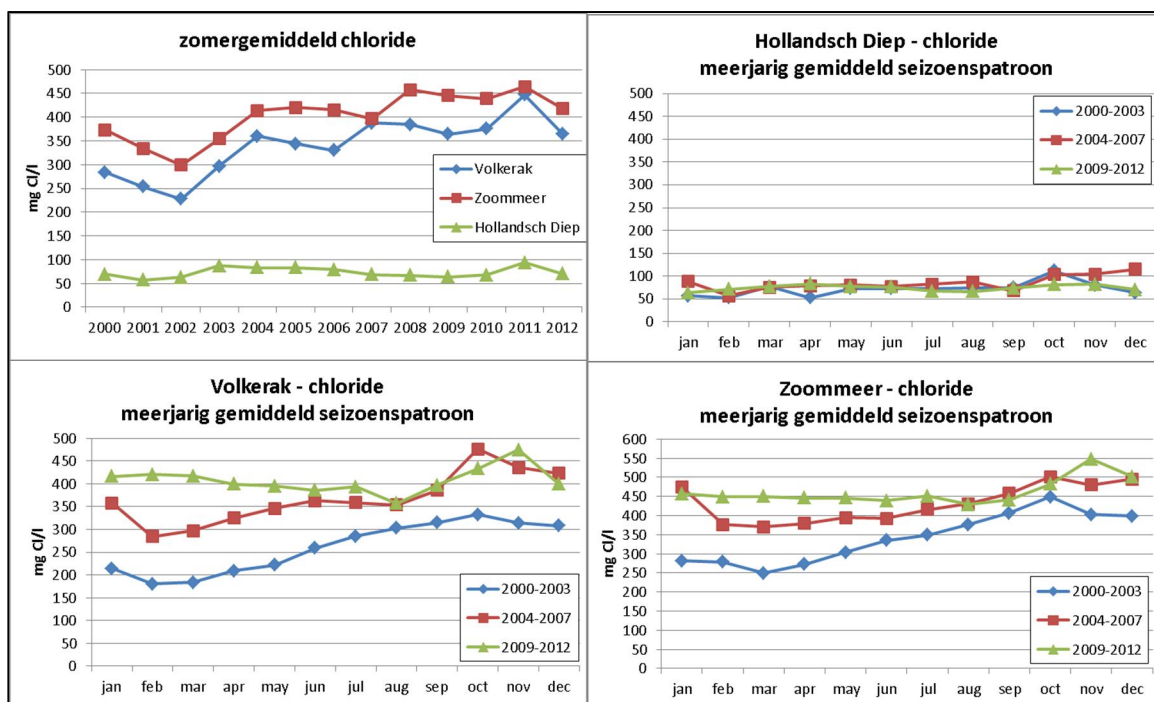
² Alle stoichiometrische ratio's in dit rapport betreffen fosfaat gelimiteerd (het P-type van) *Microcystis aeruginosa* volgens Los (2009). En alle coëfficiënten en stoichiometrische ratio's in dit proefschrift zijn gebaseerd op empirisch onderzoek (incubatoronderzoek) van de UvA in de jaren '80 van de vorige eeuw (context: het WABASIM programma, WAter BASin SIMulation)

³ In dit rapport worden 'algen' en 'fytoplankton' als synoniemen gebruikt. Het betreft meestal eencellige, al of niet kolonievormende plantaardige organismen die zwevend (gesuspendeerd) in het water voorkomen, oftewel een planktonische levenswijze hebben. Niet te verwarren met meercellige, filamenteuze of thalleuze macro-algen of wieren, zoals draadwier, darmwier en zeesla. En de waterplanten ('echte' planten met wortels, stengels en bladeren), zoals fonteinkruid, *Zannichellia* en waterpest, worden samen met de macro-algen ook aangeduid als macrofyten.

4 Chloride



Figuur 4.1 Maandgemiddeld chloride in Volkerak, Zoommeer en Hollandsch Diep



Figuur 4.2 Zomergemiddeld chloride (linksboven) en meerjarig gemiddeld seizoenspatroon in Hollandsch Diep (rechtsboven), Volkerak (linksonder) en Zoommeer (rechtsonder)

4.1 Beschrijving chloride

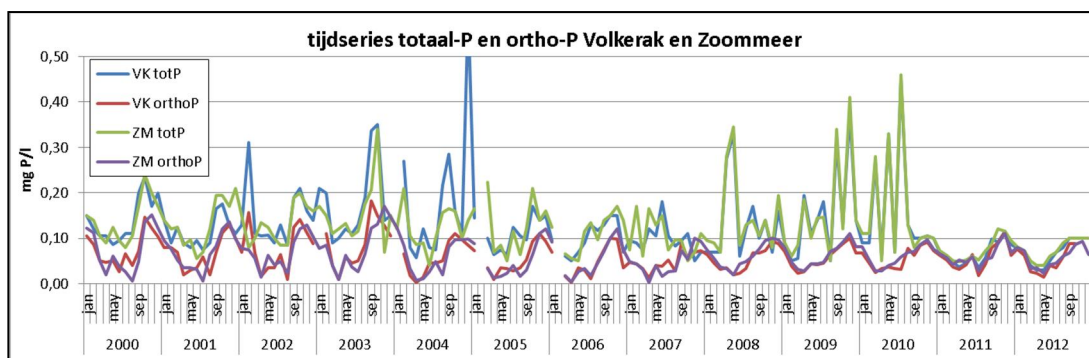
De chlorideconcentratie in het VZM is toegenomen tot 2008 en stabiliseert sindsdien (Figuur 4.1), en is 300-400 mg/l hoger dan in het Hollandsch Diep. De chlorideconcentratie in het Zoommeer is systematisch ongeveer 50 mg/l hoger dan in het Volkerak. Opvallend is dat de voorheen duidelijke seizoensvariatie in de laatste 4 jaren gemiddeld genomen nagenoeg is verdwenen (Figuur 4.2). De grote variaties in de recente jaren zijn blijkbaar willekeurig verdeeld over de seizoenen. In het Zoommeer wordt gemiddeld over de laatste vier zomers exact voldaan aan de kwaliteitsnorm volgens het waterakkoord (< 450 mg/l).

Het chloridegehalte is van belang voor de regionale waterinlaat ten behoeve van onder meer beregning van landbouwgewassen. Maar voor de waterkwaliteit speelt het geen rol van betekenis. Chloride in het VZM is vooral afkomstig van de zoutlekkage door de Krammersluizen en kan dus worden uitgedrukt als het percentage Oosterschelde water in het totale watervolume van het VZM. Dit percentage zout (Oosterschelde) water is (toegenomen tot) meerjarig gemiddeld 1,7% in het Volkerak en 2,1% in het Zoommeer (Tabel 4.1). De invloed hiervan op de waterkwaliteit (algen, nutriënten, doorzicht) is verwaarloosbaar.

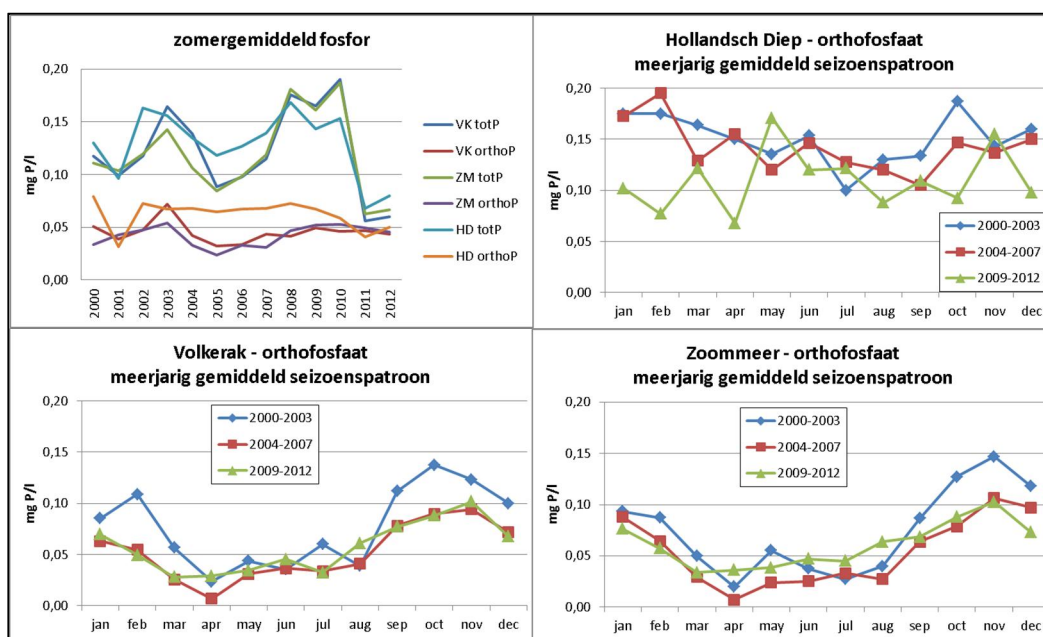
Tabel 4.1 Gemiddelde chloridegehalten (mg Cl/l) en '% zout water' in Volkerak en Zoommeer

	Volkerak	Zoommeer	Hollandsch Diep	% zout, VK	% zout, ZM
2000-2003	260	342	71	1,1	1,5
2004-2012	392	452	78	1,7	2,1

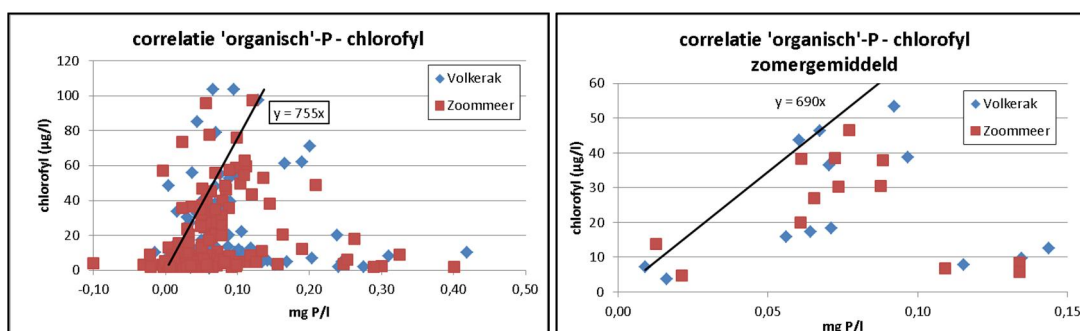
5 Totaalfosfaat en orthofosfaat



Figuur 5.1 Maandgemiddelde gegevens van totaalfosfaat en orthofosfaat



Figuur 5.2 Zomergemiddeld totaalfosfaat en orthofosfaat in Volkerak, Zoommeer en Hollandsch Diep (linksboven) en meerjarig gemiddeld seizoenspatroon van orthofosfaat in Hollandsch Diep (rechtsboven), Volkerak (linksonder) en Zoommeer (rechtsonder).



Figuur 5.3 Correlatie van 'organisch' fosfaat (totaalfosfaat-orthofosfaat) met chlorofyl, maandgemiddelde waarden (links) en zomergemiddelden (rechts). Zie tekst voor uitleg over 'organisch' en over de trendlijnen.

5.1 Beschrijving totaalfosfaat en orthofosfaat

Totaalfosfaat vertoont een bizar en onverklaarbaar gedrag (Figuur 5.1). Dit wordt hieronder verder uitgewerkt aan de hand van de correlatiegrafieken.

Orthofosfaat vertoont in het VZM een duidelijk en constant seizoensgedrag met dalende concentraties in winter en voorjaar (november-april) en stijgende concentraties in zomer en herfst (april-oktober). Volkerak en Zoommeer zijn nagenoeg identiek (Figuur 5.1 en Figuur 5.2). In het Hollandsch Diep is de jaargemiddelde concentratie van orthofosfaat vergelijkbaar met het VZM, maar is het seizoensgedrag afwezig (Figuur 5.2). Orthofosfaat in het VZM, 's zomers lager en in de winter hoger dan in het HD, is dus onafhankelijk van het Hollandsch Diep.

Twee dingen vallen op:

- Het najaarsmaximum daalt abrupt van 0,15 mgP/l in 2000-2003 naar een constant niveau van 0,10 mg/l vanaf 2004. De uitputting in het voorjaar (aprilminimum) is iets sterker in 2004-2007 ten opzichte van de voorgaande periode.
- Bij een gelijkblijvend maximum in het najaar (0,10 mg/l) wordt de concentratie vanaf 2008 niet meer uitgeput. Het aprilminimum stijgt en 'komt los van de x-as'. De zomergemiddelde waarden zijn in 2009-2012 daardoor hoger dan in 2004-2007!

Dan de correlatiegrafieken (Figuur 5.3). In deze grafieken is chlorofyl uitgezet tegen de restfractie totaalfosfaat – orthofosfaat. In de linker grafiek staan de ruim 150 maandgemiddelde waarden van de beide meetpunten, in de rechter grafiek de 13 zomergemiddelde waarden per meetpunt. De restfractie moet naast het anorganisch particulier fosfor (APP – geabsorbeerd aan gesuspendeerd slib) ook het organisch fosfaat in levende algen en detritus bevatten.

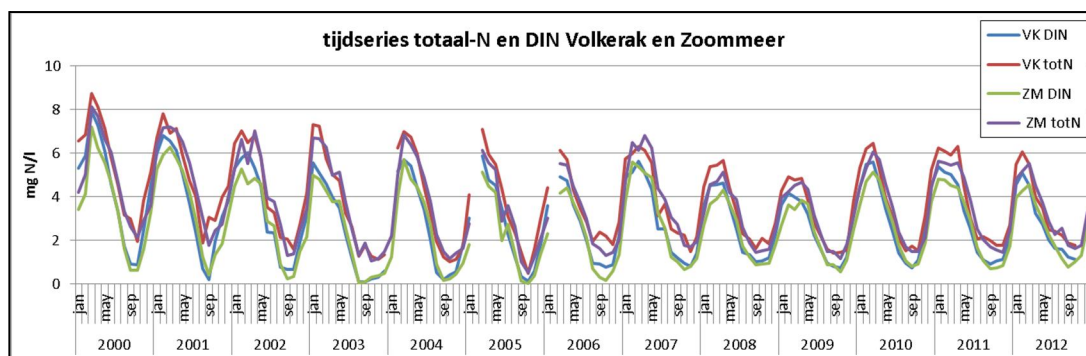
De trendlijn in de linker grafiek ($\text{chlorofyl } (\mu\text{g/l}) = 755 * \text{P } (\text{mg/l})$) indiceert de maximaal mogelijke hoeveelheid chlorofyl wanneer wordt verondersteld dat de restfractie voor 100% bestaat uit fosfor in levende alg (stoichiometrie volgens Los, 2009), dus levend 'organisch' fosfor. De trendlijn in de rechter grafiek ($\text{chlorofyl} = 690 * \text{P}$) is de lijn door de maximaal gemeten waarden en de oorsprong. De hellingshoek van deze 'empirische' trendlijn is bijna gelijk aan het 'theoretisch' maximum van $755 * \text{P}$.

De volgende waarnemingen zijn nu mogelijk:

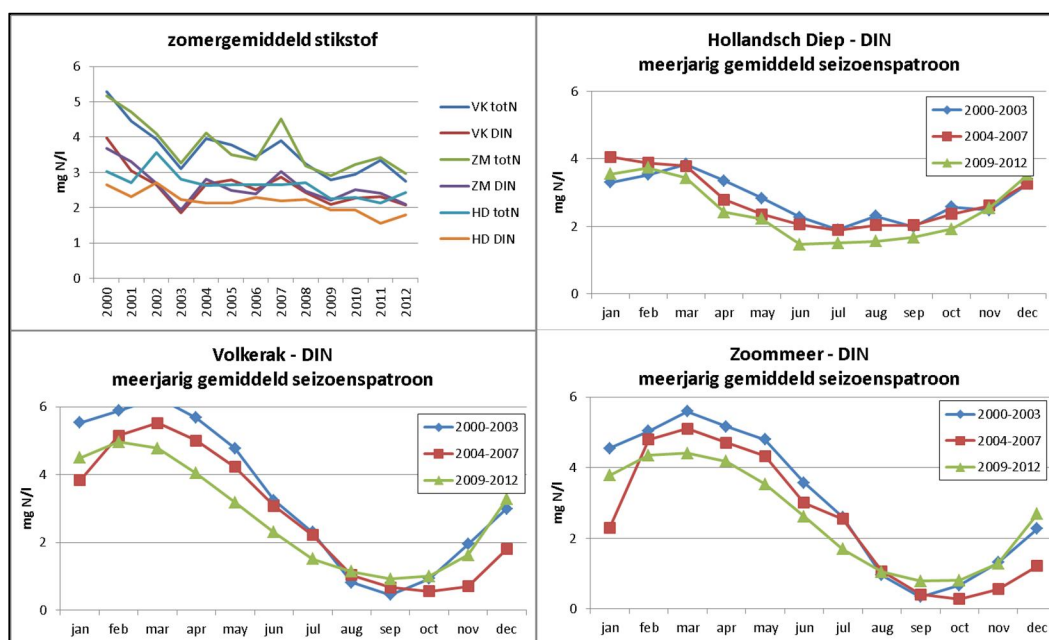
- De restfractie heeft in de jaren 2011 en 2012 regelmatig een negatieve waarde. Deze data (van totaalfosfaat) voor deze jaren zijn dus aantoonbaar onjuist
- In veel gevallen (ongeveer 20% van de dataset, alle punten links van de trendlijn in de linker grafiek) is de restfractie veel te klein voor de simultaan gemeten hoeveelheid chlorofyl. Dit betreft vooral de jaren 2000-2003. Turbo algen met in verhouding zoveel chlorofyl en zo weinig P bestaan niet. Ook de (lage) zomergemiddelde waarden van 2011 liggen links van de trendlijn. En ook dit is 'algenfysiologisch' onmogelijk. Dus ook de data (van totaalfosfaat) voor de jaren 2000-2003 en 2011-2012 kunnen niet 'waar' zijn
- De waarden voor de jaren 2008-2010 (rechtsonder in de grafieken: een grote restfractie, weinig chlorofyl) vallen buiten de puntenwolk. In deze jaren is de restfractie dus veel te groot in vergelijking met de gemeten hoeveelheid chlorofyl.

De conclusie moet zijn dat de dataset van totaalfosfaat voor het VZM voor een deel aantoonbaar onjuist is, in het geheel onbetrouwbaar, en dus niet bruikbaar. In de jaren 2000-2003 en 2011-2012 moet de totaalfosfaatconcentratie hoger zijn geweest dan volgens de dataset, en in de jaren 2008-2010 is de totaalfosfaatconcentratie waarschijnlijk lager geweest dan volgens de dataset.

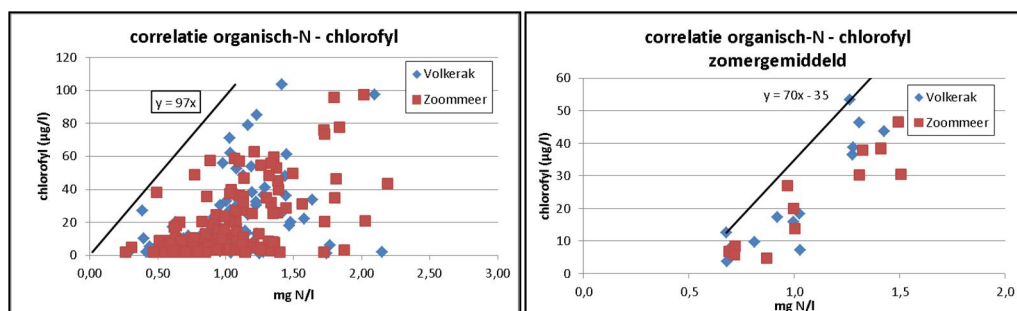
6 Totaalstikstof en anorganisch opgelost stikstof (DIN)



Figuur 6.1 Maandgemiddelde gegevens totaalstikstof en DIN



Figuur 6.2 Zomergemiddeld totaalstikstof en DIN in Volkerak, Zoommeer en Hollandsch Diep (linksboven) en meerjarig gemiddeld seizoenspatroon van DIN in Hollandsch Diep (rechtsboven), Volkerak (linksonder) en Zoommeer (rechtsonder).



Figuur 6.3 Correlatie van organisch stikstof (=Kjeldahl-N - ammonium) met chlorofyl, maandgemiddelde waardes (links) en zomergemiddelden (rechts). Zie tekst voor uitleg over trendlijnen.

6.1 Beschrijving totaalstikstof en DIN

Zowel totaalstikstof als DIN vertonen in het VZM een markant seizoensgedrag, dat precies tegenovergesteld is aan orthofosfaat: dalend in de zomer (april-september) en stijgend in de winter (oktober – maart). De verschillen tussen Volkerak en Zoommeer zijn klein, met in het Volkerak maxima in maart die systematisch ongeveer 0,5 mgN/l hoger zijn dan in het Zoommeer. Er is nauwelijks sprake van een (afnemende) trend (Figuur 6.1). Vergeleken met het Hollandsch Diep zijn vooral de winter- en voorjaarsconcentraties in het VZM significant hoger en is het seizoensgedrag meer geprononceerd (Figuur 6.2). Uit eerdere analyses is gebleken dat stikstof in het VZM vooral wordt verklaard door de aanvoer vanuit Brabant; zowel wat betreft de hoge concentraties (grote absolute en relatieve overmaat ten opzichte van fosfaat) als wat betreft de variatie tussen droge en natte jaren (Dinteldebiet) (de Vries et al, 2011).

Er is naast alle verschillen één opvallende overeenkomst met orthofosfaat: ook de DIN concentratie wordt vanaf 2007 niet meer uitgeput. De najaarsminima van DIN komen evenals de voorjaarsminima van orthofosfaat 'los van de x-as'.

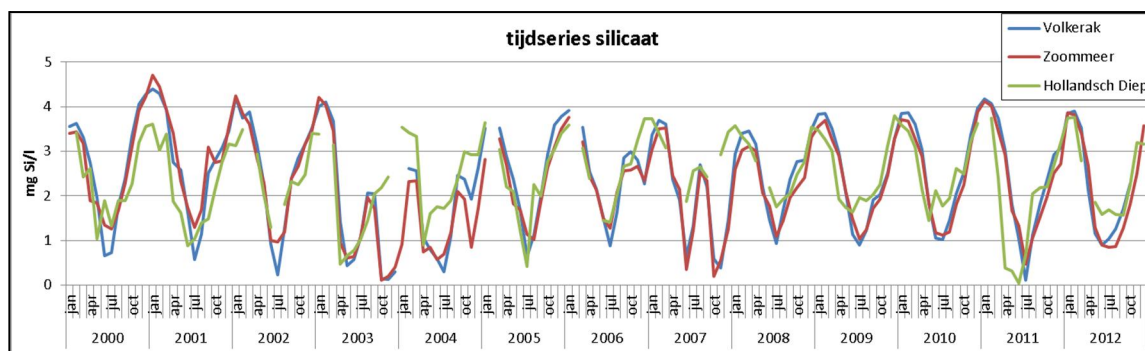
In de correlatiegrafieken is chlorofyl uitgezet tegen de restfractie totaalstikstof – DIN (= Kjeldahl-N – NH₄-N) (Figuur 5.3). In tegenstelling tot fosfor is de restfractie bij stikstof per definitie alleen organisch (opgelost en particulier). De trendlijn in de linker grafiek (chlorofyl = 97 * organisch-N) indiceert de maximale hoeveelheid chlorofyl wanneer wordt verondersteld dat organisch-N voor 100% bestaat uit stikstof in levende alg (stoichiometrie volgens Los, 2009). De trendlijn in de rechter grafiek (chlorofyl = 70*N - 35) is de lijn door de maximale gemeten waardes (namelijk Volkerak, zomer 2003 en zomer 2010).

Alle maandgemiddelde waardes liggen keurig onder de maximale theoretische trendlijn, op een afstand van 0,5 mgN/l of meer (linker grafiek). De twee waardes die het dichtst bij de trendlijn liggen zijn allebei van oktober 2005. Blijkbaar bestaat in die maand bijna de totale hoeveelheid organisch stikstof uit levende alg. De helling van de maximale empirische trendlijn (rechter grafiek, chlorofyl = 70*N) is niet eens veel minder steil dan het theoretisch maximum. De x-as intercept van deze trendlijn is 0,5 mgN/l. Dit is een indicatie van de minimum hoeveelheid organisch stikstof die niet in levende alg zit, maar in detritus of in opgeloste organische stoffen (zie verder hoofdstuk 8).

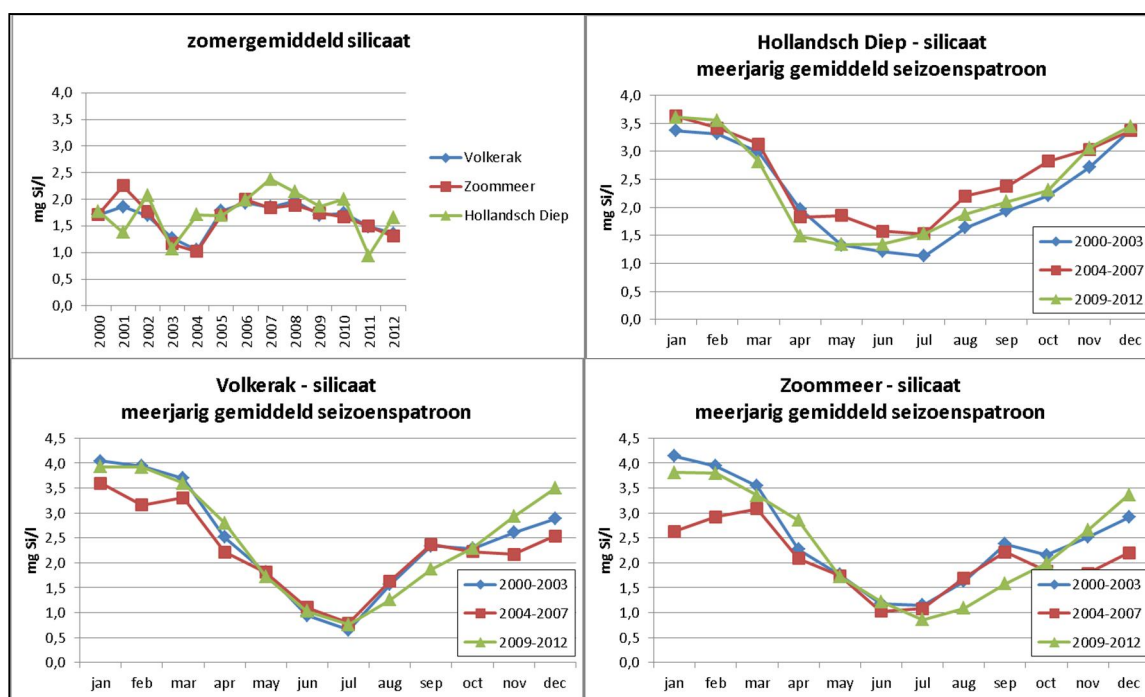
Al met al zijn de algendata (chlorofyl) en stikstofdata (organisch-N) onderling consistent en goed te interpreteren: De hoeveelheid organisch-N in het VZM is in 2009-2012 ongeveer 0,75 mgN/l. Dit is relatief weinig vergeleken met zomergemiddeld totaal-N (3 mgN/l) en DIN (2,25 mgN/l). De zomergemiddelde hoeveelheid algen (< 10 µg Chl/l) bevat 0,1 mgN/l organisch-N. Zelfs de grote hoeveelheid algen in de periode 2000-2003 (> 100 µg/l) bevat niet meer dan 1 mgN/l organisch-N.

Er is met andere woorden een grote overmaat stikstof in het VZM aanwezig, afkomstig uit Brabant.

7 Silicaat



Figuur 7.1 Maandgemiddelde gegevens silicaat

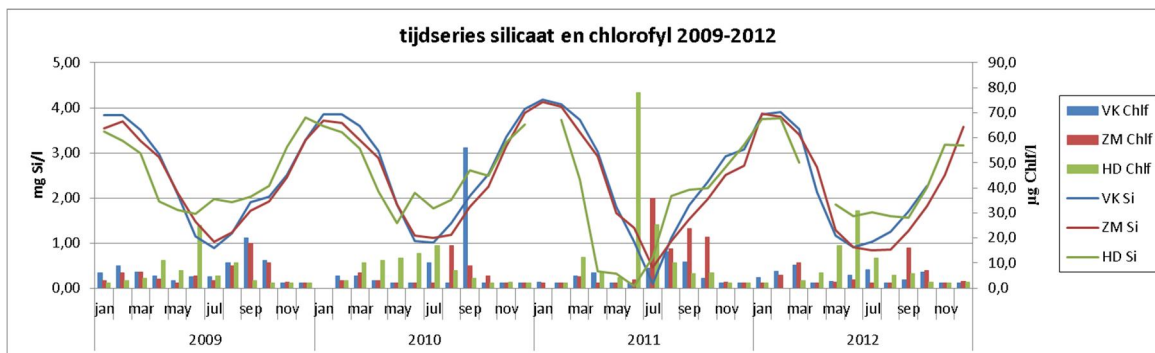


Figuur 7.2 Zomergemiddeld silicaat in Volkerak, Zoommeer en Hollandsch Diep (linksboven) en meerjarig gemiddeld seizoenspatroon van silicaat in Hollandsch Diep (rechtsboven), Volkerak (linksonder) en Zoommeer (rechtsonder).

7.1 Beschrijving silicaat

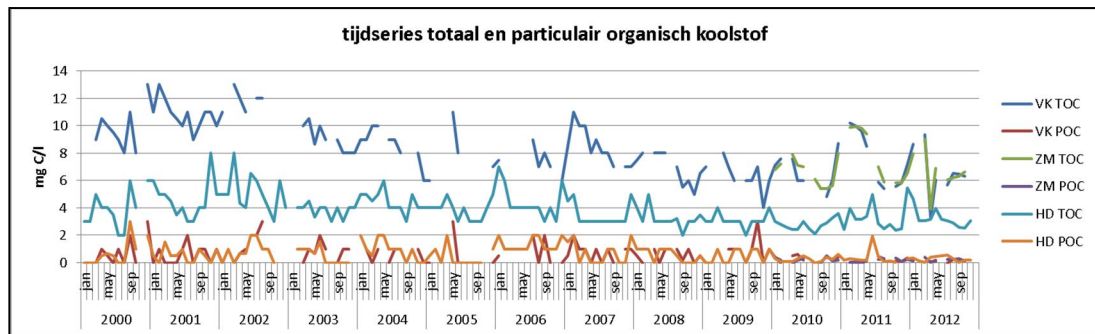
Het seizoenspatroon van silicaat (= anorganisch opgelost silicium, SiO_2), met een midzomer minimum en een midwinter maximum, zit precies tussen orthofosfaat en DIN in. De verschillen tussen de drie meetpunten zijn klein. Silicaat gedraagt zich vergelijkbaar in Hollandsch Diep, Volkerak en Zoommeer, zowel wat betreft de variatie tussen de jaren als wat betreft het seizoenspatroon. Er is geen (afnemende) trend.

In de meeste jaren wordt silicaat niet uitgeput. Opvallend is de sterkere uitputting in de zomer van 2011, op alle drie meetpunten! En deze sterkere silicaatuitputting valt min of meer samen met de grotere hoeveelheid algen in dit jaar, ten opzichte van zowel de voorgaande als volgende jaren (Figuur 7.3). Dit suggereert dat de algenbloei in de zomer van 2011 uit diatomeeën bestaat. Informatie over de soortensamenstelling uit de fytoplanktonmonitoring zal hierover uitsluitsel moeten geven. (NB. De chlorofylpiek in het Volkerak in september 2010 (blauwe balk) is waarschijnlijk een meetfout, zie hoofdstuk 3).

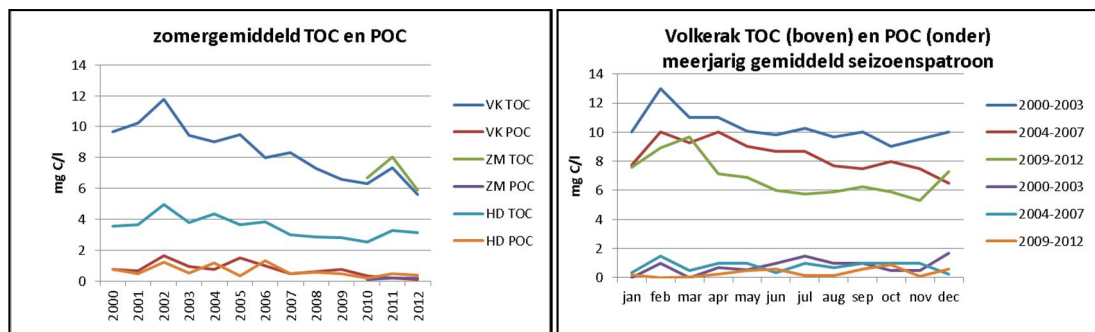


Figuur 7.3 Maandgemiddelde waarden van silicaat (lijnen en linker y-as) en chlorofyl (kolommen en rechter y-as) in Volkerak, Zoommeer en Hollandsch Diep, 2009-2012

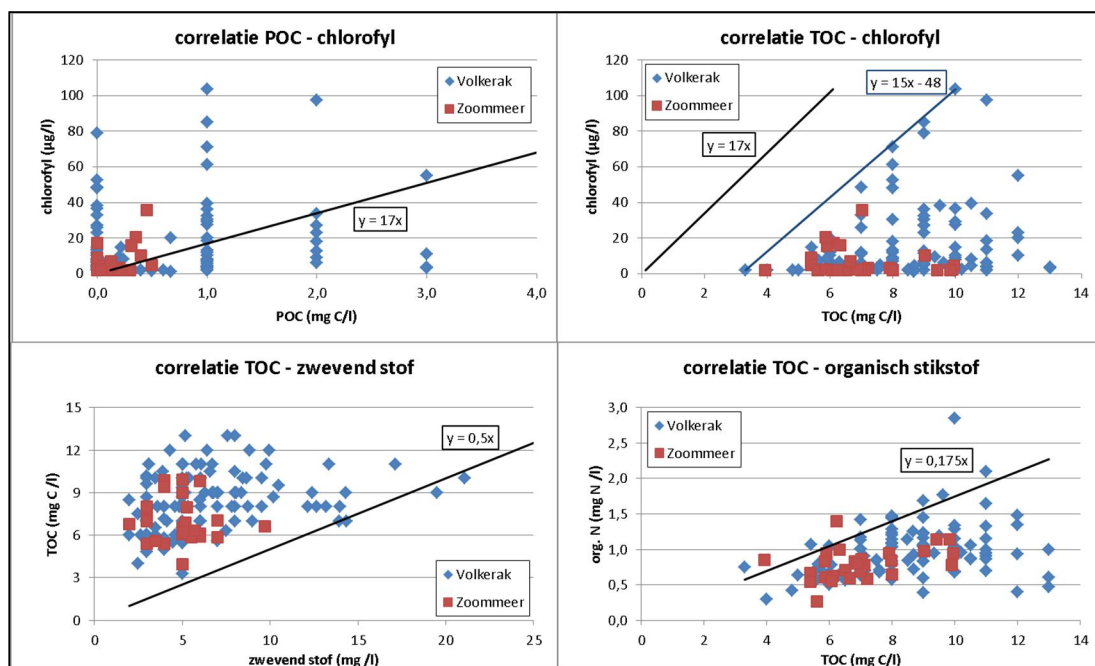
8 Organisch materiaal (TOC en POC)



Figuur 8.1 Maandgemiddelde gegevens totaal en particulier organisch koolstof (TOC en POC)



Figuur 8.2 Zomergemiddeld TOC en POC (links) en meerjarig seizoenspatroon in het Volkerak (rechts)



Figuur 8.3 Correlatie van POC met chlorofyl (linksboven) en van TOC met chlorofyl (rechtsboven), zwevend stof (linksonder) en organisch stikstof (rechtsonder). Zie tekst voor uitleg over trendlijnen

8.1 Beschrijving organisch materiaal (TOC en POC)

Totaal organisch koolstof (TOC) en opgelost organisch koolstof (DOC) worden gemeten; particulier organisch koolstof (POC, levende alg en gesuspenseerd detritus) wordt niet gemeten en moet worden berekend als de verschilfractie TOC-DOC.

In de tijdseriegrafiek (Figuur 8.1) zijn de maandgemiddelde waarden weergegeven van TOC en POC voor de drie meetpunten. Er zitten veel hiaten in de dataset, en voor het Zoommeer zijn alleen voor 2010-2012 data beschikbaar. De berekende hoeveelheid POC is klein, en soms zelfs negatief (de DOC concentratie is dan hoger dan de TOC concentratie, wat natuurlijk niet kan). De negatieve waarden zijn verwijderd uit de dataset.

In het Volkerak zit meer dan twee keer zoveel organisch materiaal dan in het Hollandsch Diep; en er is een duidelijke en doorgaande afnemende trend (40% afname van TOC in het Volkerak). Er is geen markant seizoenspatroon (Figuur 8.2).

Ook hier correlatiegrafieken, om de consistentie van de organische stof metingen met de andere waterkwaliteitsvariabelen te checken (Figuur 8.3).

In de grafiek POC – chlorofyl (linksboven) geeft de theoretische trendlijn (chlorofyl = $17 \cdot \text{POC}$) de maximale hoeveelheid chlorofyl weer bij de gemeten POC concentratie, als alle POC uit levende alg zou bestaan. Er is totaal geen correlatie tussen de variabelen, en meer dan de helft van de waarden ligt boven de trendlijn. Dit is onmogelijk. Er moet veel meer POC aanwezig zijn (oftewel meer TOC dan wel minder DOC) om consistent te zijn met de gemeten hoeveelheid chlorofyl.

In de grafiek TOC – chlorofyl (rechtsboven) is dezelfde theoretische trendlijn weergegeven, en de empirische trendlijn door de maximale waarden (chlorofyl = $15 \cdot \text{TOC} - 48$). Ook de TOC concentraties zijn niet gecorreleerd met chlorofyl, maar er is wel altijd meer dan voldoende TOC aanwezig om consistent te zijn met de hoeveelheid chlorofyl. De empirische maximum ratio ($\text{Chl}/\text{C}=15$) is redelijk vergelijkbaar met de theoretische ratio ($\text{Chl}/\text{C}=17$), dit indiceert de consistentie van de TOC metingen. De x-as intercept van de empirische trendlijn is 3,2 mgC/l, dit is daarmee de minimum hoeveelheid organisch koolstof die niet in levende alg zit, maar als detritus of DOC aanwezig is.

De grafiek TOC – zwevend stof (links onder) met de trendlijn voor de maximale ratio van deze variabelen ($\text{C}/\text{ZS}=0,5$), wanneer TOC geheel uit particulier materiaal zou bestaan. Er is geen correlatie tussen deze variabelen, en (bijna) alle waarden liggen boven de trendlijn. Deze grafiek illustreert daarmee dat TOC grotendeels GEEN particulier materiaal is, maar vooral uit DOC moet bestaan (zoals de metingen ook aangeven).

Tenslotte de grafiek TOC – organisch-N (rechtsonder), met de trendlijn voor de maximale ratio $\text{N}/\text{C}=0,175^4$ volgens Los (2009). Ook hier weinig correlatie; TOC bevat meestal weinig stikstof, en is dus laagwaardig materiaal, vooral bij hoge TOC concentraties. Maar een aantal punten ligt boven de maximum trendlijn, en één punt ligt er zelfs ver boven (namelijk september 2001, met $\text{Chl} = 103,5 \mu\text{g/l}$, dit is ook het hoogste punt in de grafiek rechts boven, zie ook de correlatiegrafieken in de andere figuren). Ook hier is sprake van inconsistentie tussen de twee variabelen: organisch materiaal kan niet méér stikstof bevatten dan volgens de N/C ratio van puur eiwit. Dus òf de TOC concentratie is in deze gevallen hoger dan volgens de dataset, òf de organisch-N concentratie is lager dan volgens de dataset.

Samenvattend: er zijn behoorlijke inconsistenties tussen de data voor organisch koolstof en de rest van de dataset. Er moet veel meer POC in het VZM zitten dan volgens de dataset, hoewel TOC wel grotendeels uit opgelost materiaal (DOC) bestaat; en waarschijnlijk zit er minder organisch-N in het VZM dan de metingen aangeven.

⁴ Dit is niet alleen de N/C ratio van *P-gelimiteerde Microcystis aeruginosa* volgens Los, 2009, maar ook algemeen van hoogwaardig, eiwitrijk organisch materiaal

9 Fosfor en waterbodem

Naar aanleiding van de hypothese over de verbetering van de waterkwaliteit van het VZM in het balansrapport (zie citaat in hoofdstuk 1) zijn in opdracht van RWS-DZD twee onderzoeken uitgevoerd naar de rol die de waterbodem speelt in de fosfaatcyclus in het meer. Deze onderzoeken geven antwoord op de volgende vragen:

- Wat is (door het jaar heen) de actuele P-nalevering van en P-opname door de waterbodem?
- Is er irreversibele opslag in de waterbodem met name door vorming van fosfaatmineralen (Ca/Fe-fosfaten) of evt. andere opslag van deeltjes met hoge P-concentraties?

De eerste vraag is onderzocht door Deltares (Osté, 2012) en de tweede vraag door de Universiteit van Utrecht (Sulu-Gambari en Slomp, 2012).

De resultaten van de twee onderzoeken laten zich als volgt samenvatten:

Op basis van het onderzoek door Deltares is bepaald dat de bodem van het Volkerak-Zoommeer jaarlijks $0,5 \text{ g P/m}^2/\text{jaar}^5$ nalevert, waarvan 80% in het zomerhalfjaar. Dit is een gemiddelde waarde die in tijd en ruimte varieert. Deze interne flux is lager dan de externe belasting van ortho-P die bepaald is op $0,8 \text{ g/m}^2/\text{jaar}$. Hoewel voorzichtigheid geboden is, lijkt een eutrofe bodem, die werkelijk om maatregelen vraagt, doorgaans een veel hogere flux te geven dan de externe belasting. Dat betekent dat de waterbodem in het Volkerak-Zoommeer behoorlijk opgeladen is, maar geen extreem hoge nalevering veroorzaakt. Vooral nog worden de resultaten van De Vries et al (2011) bevestigd, namelijk dat de waterbodem slechts beperkt nalevert.

De analyses door de Universiteit van Utrecht laten zien dat fosfaat vooral in de vorm van ijzer-fosfaat mineralen in het sediment van het Volkerak wordt begraven. Er zijn geen aanwijzingen voor de vorming van calciumfosfaatmineralen. De hoeveelheid ijzerfosfaat in het sediment is voldoende om de eerder in een balansstudie berekende verwijdering van fosfaat uit het meer te verklaren (De Vries et al. 2011). Verzilting van het Volkerak door een verbinding met de Grevelingen of Oosterschelde zou leiden tot een tijdelijk verhoogde mobilisatie van fosfaat in het sediment en een verhoogde sediment-water uitwisseling. Met deze conclusie is de hypothese van (toenemende) irreversibele vastlegging van fosfaat in de waterbodem (de apatiet hypothese) gefalsifieerd.

⁵ Dit is de werkelijke flux van orthofosfaat vanuit de waterbodem naar het bovenstaand water. Dit is de **bruto** nalevering (in 2011). In het balansrapport (de Vries et al, 2011) wordt geconcludeerd dat de **netto** nalevering in de periode 2000-2004 ongeveer $0,5 \text{ g P/m}^2/\text{jaar}$ was, en in de periode 2005-2009 met 75% is afgenomen tot $0,13 \text{ g P/m}^2/\text{jaar}$. Het verschil tussen bruto en netto kan vooral worden verklaard door de simultane opname van orthofosfaat door algen. De twee schattingen stemmen dus goed overeen.

Daarmee is de (reversibele) bodem-water uitwisseling van fosfaat afhankelijk van de dikte van de geoxideerde bodemlaag. Die bepaalt de hoeveelheid ijzeroxide die aanwezig is en daarmee de hoeveelheid adsorptieplaatsen voor P. De oxidatie van organische stof is sterk temperatuur afhankelijk (factor 3 per 10 graden), dus eind juli begin augustus is de geoxideerde bodemlaag het dunst, of afwezig. Naast zuurstof is nitraat belangrijk. Nitraat is per massa-eenheid bijna 3 maal zo efficiënt bij het oxideren van organische stof (de Rooij, 2011). De overmaat nitraat in het VZM kan mede een oorzaak zijn van de geringe nalevering van fosfaat.

10 Driehoeksmosselen en algengraas

Sinds de laatste gebiedsdekkende Dreissenakartering in 1998 zijn in zowel 2011 als in 2012 opnieuw karteringen uitgevoerd (Bij de Vaate et al, 2011 en 2012).

Hieronder de samenvattingen van de twee rapporten:

Bij de Vaate et al, 2011:

In dit rapport zijn de resultaten vastgelegd van een onderzoek naar de dichtheid van driehoeks- en quaggamosselen in het Volkerak, verricht in november 2011. Doel van het onderzoek was de huidige dichtheid te schatten van de Dreissenagemeenschap. Deze gemeenschap bestaat thans uit twee soorten: de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de quaggamossel (*Dreissena rostriformis bugensis*). Laatstgenoemde soort moet omstreeks 2006 het Volkerak hebben gekoloniseerd.

Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat de Dreissenagemeenschap wordt gedomineerd door de quaggamossel. Driehoeksmosselen spelen nog nauwelijks een rol; slechts 1% van de aangetroffen Dreissena's bestond uit deze soort.

Ten opzichte van de laatste gebiedsdekkende Dreissenakartering in 1998 lag in 2011 het biovolume een factor 2,2 hoger. Op een diepte tussen 2 en 6 m worden naar verhouding meer locaties met Dreissena's aangetroffen dan in 1998. Dit zal niet alleen een positieve uitwerking hebben op het voorkomen van benthosetende duikeenden, maar zal ook leiden tot een dichtere verspreiding binnen het Volkerak.

Eind oktober 2011 vond in het Markermeer een gebiedsdekkende Dreissenakartering plaats. Worden de resultaten van het onderzoek daarmee vergeleken dan komt in het Volkerak op een diepte tussen 2 en 6 m ongeveer een factor 5 meer biomassa Dreissena's voor.

Bij de Vaate et al, 2012

In oktober 2012 vond een herbemonstering plaats van locaties die in november 2011 zijn bemonsterd in het kader van een onderzoek naar de dichtheid van driehoeks- en quaggamosselen in het Volkerak. Uit het onderzoek in 2011 is een toename van de Dreissenadichtheid gebleken ten opzichte van de laatste gebiedsdekkende Dreissenakartering in 1998. Doel van de herbemonstering was na te gaan of de geconstateerde toename evident is, aangezien het voorkomen van Dreissena's belangrijk geacht wordt voor de ecologische ontwikkeling van het Volkerak.

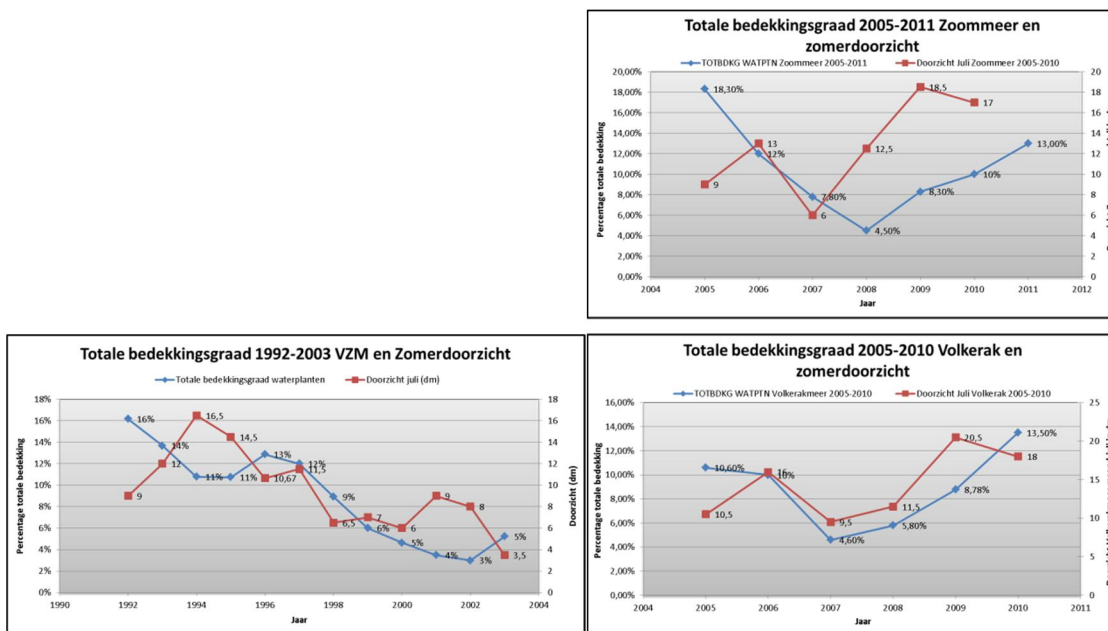
Uit de resultaten van het onderzoek blijkt dat de Dreissenadichtheid op de bemonsterde locaties in 2012 een factor 2 (afgerond) hoger was dan in 2011. Ten opzichte van 1998 was de Dreissenadichtheid in 2011 ook al met een factor 2 (afgerond) toegenomen. De rol van driehoeksmosselen in de door quaggamosselen gedomineerde Dreissenagemeenschap is verwaarloosbaar.

Het belang van de quaggamossel voor een toename van de Dreissenadichtheid is ook in andere wateren aangetoond. Zo bleek in het IJsselmeer in 2012 de Dreissenadichtheid met een factor 11 te zijn toegenomen ten opzichte van 2007, terwijl in het Markermeer in 2011 de toename een factor 5 was ten opzichte van 2006. In beide meren kwam de toename eveneens volledig voor rekening van de quaggamossel.

Van de drie onderzochte ondiepe deelgebieden (diepte <2 m) bleek alleen in het gebied ten oosten van de vaargeul naar Oude Tonge een substantiële hoeveelheid Dreissena's aanwezig te zijn.

De Dreissena's in het VZM zijn ook bij hoge dichtheden in goede conditie (een goed vleesgewicht, geen voedseltekort) en er is een volledige populatieopbouw.

11 Waterplanten



Figuur 11.1 Bedekkingsgraad macrofyten (%) en doorzicht in juli (dm), VZM 1992-2003 (links), Zoommeer 2005-2011 (rechtsboven) en Volkerak 2005-2010 (rechtsonder) (bron:bestand waterplanten.xls, RWS-DZD).

Van de ontwikkeling van waterplanten zijn geen recente rapportages beschikbaar. De grafieken in Figuur 11.1 zijn overgenomen uit het bestand 'waterplanten.xls' van RWS-DZD. De ontwikkeling van waterplanten, zowel de afname tot 2003 als de recente toename, is qua timing tegengesteld aan de ontwikkeling van fytoplankton/blauwalgen. Waterplanten zijn daarbij waarschijnlijk volgend en niet sturend, gezien de grotere affiniteit van fytoplankton voor zowel nutriënten als licht en de veel hogere groeisnelheid (dus kortere reactietijd op gewijzigde omstandigheden). De recente toename van waterplanten kan dus, ondanks de overlast (Figuur 11.2), worden gezien als een teken van herstel van de waterkwaliteit.



Figuur 11.2 Overlast door smalle waterpest (*Elodea nuttallii*) bij de Speelmansplaten, zomer 2012 (bron: RWS-DZD).

12 Visstand Volkerak

Tabel 12.1 Overzicht van de vissoorten op basis van gevangen aantallen en rangnummer in het Volkerak tijdens de Actieve Vismonitoring gedurende de winterhalfjaren 2010-2011 en 2007-2008. Absolute aantallen gevangen exemplaren waarin soorten zijn aangetroffen staan vermeld.

soortnaam	2010-2011		2007-2008	
	rangnr.	aantal	rangnr.	aantal
baars	1	4037	7	25
paling	2	495	5	67
snoekbaars	3	346	3	113
zwartbekgrondel	4	175	16	1
blankvoorn	5	140	4	101
pos	6	103	2	222
brasem	7	76	1	311
winde	8	39	10	7
bot	9	36	8	23
spiering	10	10	9	7
karper	11	9		
rietvoorn	12	9		
driedoornige stekelbaars	13	5	11	6
rivierdonderpad	14	4	13	4
giebel	15	3	14	1
kleine modderkruiper	16	3		
marmergroundel	17	2		
roofblei	18	2		
kolblei			6	66
harder ongespecificeerd			12	4
snoek			15	1
totaal aantal		5494		958

Kerngebied Volkerak is voor de tweede keer bemonsterd binnen de monitoring. De vorige bemonstering is uitgevoerd in maart 2008. Er is dit winterhalfjaar aanzienlijk meer vis gevangen dan gedurende het winterhalfjaar 2007-2008 (Tabel 12.1). In de tabel is te zien dat dit voornamelijk wordt veroorzaakt door de grote aantallen baars die zijn aangetroffen. De soort is op meerdere trajecten in grote aantallen aangetroffen. De visstand in het Volkerak wordt gedomineerd door eurytope soorten (baars, paling, snoekbaars, blankvoorn en pos) (van Kessel et al, 2011).

Brasem was in 2007-2008 de dominante vissoort, maar is in 2010-2011 sterk achteruitgegaan in aantallen gevangen exemplaren, en is gedaald naar rangnummer 7. Baars is nu de meest dominante vissoort, gestegen van 7 naar 1.

13 Expert discussie en conclusies

13.1 Aanleiding voor de expertsessie

Jarenlang is het Volkerak-Zoommeer geplaagd door blauwalgen. De giftige drijflagen van deze algen geven overlast voor omwonenden, recreanten en agrariërs. De problemen verdwijnen pas als het Volkerak-Zoommeer weer zout wordt, zo luidde de conclusie van de Planstudie Waterkwaliteit in 2007. Sinds een jaar of vijf is de waterkwaliteit van het meer echter aan het veranderen. Er zijn nog steeds blauwalgen, maar duidelijk minder dan voorheen. Begrazing van algen door een nieuwe mosselsoort lijkt de oorzaak van de afgenomen blauwalgenbloei.

Is de blauwalgenoverlast hiermee opgelost en is nu ook in een zoet Volkerak-Zoommeer een goede waterkwaliteit te bereiken? Over deze vragen is een bijeenkomst met externe deskundigen georganiseerd. De antwoorden zijn van groot belang voor de waterbeheerder en voor de Structuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer, waar het besluit over een zoet of zout Volkerak-Zoommeer in komt te staan. Het weer zout maken van het meer heeft forse consequenties; het niet bereiken van een goede waterkwaliteit eveneens.

13.2 Opzet van de expertsessie

Deltares heeft begin 2013 de trends in de waterkwaliteit beschreven.⁶ Het rapport is voor de bijeenkomst toegestuurd aan vijf experts met kennis over ecosystemen van zoete wateren:

- Hans Los: Deltares
- Ruurd Noordhuis: Deltares
- Miquel Lüring (Wageningen Universiteit)
- Lisette de Senerpont Domis (NIOO)
- Jan Janse (Planbureau voor de Leefomgeving)

Ies de Vries van Deltares, projectleider van het onderzoek, heeft de hoofdlijnen van het rapport tijdens de bijeenkomst toegelicht. De experts hebben het rapport bestudeerd en tijdens de bijeenkomst een reactie gegeven. Vervolgens heeft een discussie plaatsgevonden met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat Zee en Delta, Rijkswaterstaat West Nederland Zuid, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving en DG Water en Ruimte. Jos Kuipers heeft de bijeenkomst voorgezeten.

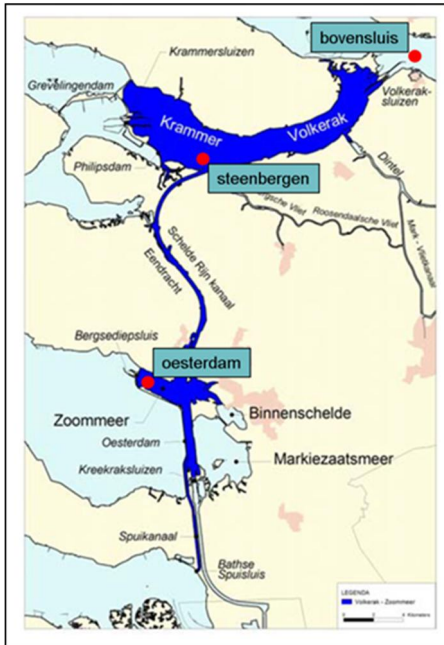
13.3 Quick scan en reacties experts

Quick scan op hoofdlijnen

De Vries licht de resultaten van de quick scan toe. Hij heeft meetgegevens van twee locaties in het Volkerak-Zoommeer geanalyseerd: "Steenbergen" in het Krammer-Volkerak en "Oesterdam" in het Zoommeer. Aanname is dat deze locaties representatief zijn voor het Volkerak-Zoommeer.

⁶ De concept versie van dit rapport

Tijdens de presentatie wijst een aantal deelnemers erop dat deze aanname mogelijk niet klopt: in sommige perioden zijn weinig algen gemeten, terwijl recreanten wel drijfslagen hebben gesignaleerd.



Figuur 13.1 Het Volkerak-Zoommeer (donkerblauw) met de twee MWTL-meetpunten 'Steenbergen' en 'Oesterdam' en het meetpunt 'Bovensluis' in het Hollandsch Diep

Centraal staan de meetwaarden van de hoeveelheid *chlorofyl* (algen) en de *zichtdiepte*. Sinds 2008 ligt het chlorofylgehalte over het algemeen ruim onder de 20 µg/l; de zichtdiepte is sinds die tijd rond de 2 meter. Deze waarden zijn ronduit goed te noemen. De voorjaarspiek van algen is geheel verdwenen; de nazomerpiek is minder extreem geworden en treedt later in de zomer op.

De gegevens over *totaal fosfaat* vertonen een grillig beeld en onverklaarbare pieken. Uit statistische bewerkingen (stoichiometrie) blijkt dat een aantal waarden onmogelijk tegelijkertijd waar kan zijn. Zo is in een aantal jaren veel minder organisch fosfaat gemeten dan volgens de chlorofylgehalten minimaal aanwezig zou moeten zijn. Ook wijkt de verhouding tussen stikstof en fosfaat sterk af van literatuurgegevens (Redfield-ratio). De Vries is tot de conclusie gekomen dat de DONAR-gegevens voor totaal fosfaat onbetrouwbaar zijn en heeft deze daarom geheel buiten beschouwing gelaten.

De meetreeksen van *opgelost fosfaat* en *stikstof* (orthofosfaat en DIN) lijken wel betrouwbaar. Opmerkelijk is dat beide nutriënten vanaf 2008 niet meer uitgeput worden; de afname van algen in de afgelopen jaren is dus niet toe te schrijven aan gebrek aan nutriënten.

Metingen in 2011 en 2012 laten zien dat de *quaggamosse* zich de afgelopen jaren fors heeft uitgebreid. De mosselen kunnen het hele Volkerak-Zoommeer nu in ongeveer vier dagen tijd filteren. Dat is sneller dan de tijd waarin algen zich in het voorjaar vernieuwen. De conclusie is dat de algen intensief begraasd worden, door de quaggamosse. Andere onderdelen van het ecosysteem hebben gereageerd op de omslag naar helder water. De bedekking met waterplanten is tot 2011 licht toegenomen. Ook de visstand laat een omslag zien: brasem is afgenomen, terwijl baars en snoekbaars juist zijn toegenomen.

De Vries geeft de volgende verklaringen voor de algengroei in drie perioden sinds de afsluiting in 1987:

- 1988-2003: licht is de beperkende factor voor de algenbiomassa ($\geq 100 \mu\text{g/l}$);
- 2004-2007: nutriënten beperken de algenbiomassa (op ongeveer $60 \mu\text{g/l}$);
- 2008-2013: begrazing beperkt de algenbiomassa (tot $\leq 30 \mu\text{g/l}$).

Reactie Hans Los (Deltares)

Los is bij het rapport van De Vries betrokken als reviewer. Hij licht toe dat de statistische verbanden, waar onder meer de onbetrouwbaarheid van de fosfaatgegevens uit blijkt, niet alleen op laboratoriumomstandigheden gebaseerd zijn maar ook op metingen in verschillende meren.

Los kan niet zeggen of de twee meetlocaties voldoende representatief zijn, maar wijst erop dat een bepaalde mate van ruimtelijke heterogeniteit niet ongewoon is. Drijfvlagen zijn bovendien een lokaal fenomeen. Ook als de gemeten chlorofylconcentratie laag is, kan lokaal sprake zijn van overlast. Dit zal ook het geval zijn met de gemiddelde filtratiecapaciteit van de mosselen. In de hoeken van het meer, waar het water minder goed gemengd is, zal daarom wellicht geen graascontrole zijn.

Hoe stabiel de huidige situatie is, laat zich volgens Los moeilijk voorspellen. Invasieve soorten zoals de quaggamossel nemen meestal na enige tijd in aantal af. Soms stabiliseert het aantal op een lager niveau, soms verdwijnen ze weer. Los constateert dat elders in Nederland geen hoogbelast systeem bestaat dat langer dan tien jaar helder is gebleven.

Reactie Ruurd Noordhuis (Deltares)

Noordhuis heeft de trends in het Volkerak-Zoommeer vergeleken met trends in het IJsselmeer en de randmeren. Hij stelt vast dat de fosfaatgehalten hetzelfde patroon vertonen. In de jaren tachtig zijn de concentraties van fosfaat in het Rijnwater snel afgenomen. Sindsdien nemen de concentraties langzamer, maar gestaag verder af. Fluctuaties in de aanvoer van Rijnwater hebben daarom sinds 1990 relatief grote invloed op de externe nutriëntenbelasting van het IJsselmeer. In de jaren 2003-2011 was de aanvoer relatief laag en zijn de fosfaatgehalten in het IJsselmeer afgenomen. Deze afname heeft zich, net als in het Volkerak-Zoommeer, ingezet voordat de quaggamossel is aangetroffen. Noordhuis concludeert dat de trends in het Volkerak-Zoommeer ook oorzaken buiten het meer hebben.

In het IJsselmeergebied is de invloed van de quaggamossel sinds 2009 substantieel. Vanaf 2011 zijn de mosselen echter magerder geworden, vanwege de hoge dichtheden. Noordhuis verwacht dat de dichtheden in de komende jaren zullen afnemen. De relatie met de helderheid is in het IJsselmeer heel duidelijk: in het zuidelijk deel zijn de dichtheden van quaggamosselen hoog en is het water helder, terwijl in het noordelijk deel de dichtheid laag en het water troebel is. Het doorzicht in het IJsselmeergebied is al vanaf 2004 verbeterd, maar sneller toegenomen met de komst van de quaggamossel.

Noordhuis gaat ervanuit dat het uitblijven van de voorjaarspiek van blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer duurzaam is zolang sprake is van graascontrole. Het is volgens hem onzeker of de afname van de nazomerpiek eveneens stabiel is. Noordhuis wijst erop dat de gemeten veranderingen in de visstand ook andere oorzaken kunnen hebben. Zo is de commerciële bevissing van brasem sinds de jaren negentig intensiever geworden. De gunstige ontwikkeling in de visstand is wel te stabiliseren, door inrichting van het meer met waterplanten.

Miquel Lürling (Wageningen Universiteit)

Lürling heeft de chlorofylmetingen op de locaties Steenberg en Oesterdam vergeleken met andere informatie over algen, om te toetsen hoe homogeen het meer is.

Hij heeft gebruik gemaakt van metingen van microcystines (gifstoffen in blauwalgen) bij Oude Tonge en Ooltgensplaat (beide in het Krammer-Volkerak) en nabij het innamepunt van de Binnenschelde (in het Zoommeer). De verschillen tussen de locaties zijn groot. De meetpunten Ooltgensplaat en Oude Tonge laten bovendien niet de duidelijke afname zien die bij Steenberg en Oesterdam is gemeten. Nabij de Binnenschelde zijn in 2012 zeer hoge chlorofylconcentraties gemeten (meer dan 200 µg/l). Ook bij zwemwatermetingen zijn in 2012 hoge gehalten aangetroffen. Lüring vermoedt dat deze metingen precies in een drijfslag hebben plaatsgevonden. Zijn conclusie is dat het Volkerak-Zoommeer behoorlijk heterogeen is.

Lüring heeft zich ook verdiept in de nalevering van fosfaat uit de bodem. Onderzoek van Deltares wijst uit dat de jaarlijkse fosfaatbelasting door nalevering kleiner is dan de externe belasting. Lüring heeft de gegevens over het zomerhalfjaar bestudeerd. Zijn conclusie is dat de interne belasting in deze periode aanzienlijk groter is dan de externe belasting. Vergeleken met andere meren is de nalevering laag, maar in absolute zin wel aanzienlijk.

Lüring onderschrijft de conclusie dat quaggamosselen het meer helder hebben gemaakt. Of ze dat blijven doen, is echter de vraag. In de Verenigde Staten is gebleken dat quaggamosselen snel kunnen opkomen én verdwijnen. Predatoren kunnen daar een rol bij spelen. Daarnaast kunnen de fosfaattalevering en blauwalgenbloei in de toekomst toenemen door klimaatverandering. Lüring vindt het daarom *tricky* om aan te nemen dat het meer helder blijft.

Lisette de Senerpont Domis (NIOO)

De Senerpont Domis geeft aanbevelingen om de data-analyse te verbeteren. Zij raadt aan meer informatie te achterhalen over gebruikte meetinstrumenten, om de betrouwbaarheid van de gegevens te kunnen inschatten. Ook beveelt De Senerpont Domis aan de restfractie fosfaat (totaalfosfaat – orthofosfaat) niet alleen te berekenen, maar ook te meten. Tot slot wijst zij erop dat de gebruikte statistische verbanden (stoichiometrie) flexibeler zijn dan in het rapport is aangenomen. Zo kunnen algen afhankelijk van de temperatuur meer of minder biomassa per milligram fosfaat aanmaken.

De Senerpont Domis concludeert dat de biologie van het systeem in ieder geval heterogeen is. Ook de chemie zou heterogeen kunnen zijn: misschien zegt de ruimtelijke spreiding van quaggamosselen ook iets over de beschikbaarheid van nutriënten. Haar advies is meer grip te krijgen op de ruimtelijke spreiding van biologische processen, bijvoorbeeld met remote sensing.

Ook De Senerpont Domis is er niet zeker van of het systeem duurzaam blauwalgenvrij en helder is. Voor een duurzaam effect is vaak een mechanisme met positieve terugkoppeling nodig (zichzelf versterkend mechanisme). Invasieve soorten zakken vaak na een jaar of twintig in. Dat is bijvoorbeeld gebeurd met de quaggamossel in de Great Lakes. Ook klimaatverandering kan een risico zijn: als meer stratificatie optreedt door hoge temperaturen, zal meer fosfaat uit de bodem vrijkomen.

Jan Janse (PBL)

Janse vindt dat de quick scan een goed beeld van de trends in het meer schetst. Hij constateert dat de quaggamossel nu in staat is het meer helder te krijgen, maar of dat zo blijft is de vraag. Hij wijst erop dat een exoot nu zorgt voor goede waterkwaliteit. De belasting met nutriënten is echter nog steeds groot genoeg om de toestand weer om te laten staan naar een troebel meer met blauwalgen. Omdat het meer ook uit diepere delen bestaat, is de stabiliserende invloed van vegetatie bovendien beperkt. Zowel de interne belasting als de externe belasting zijn bepaald niet laag volgens Janse. Het Volkerak-Zoommeer blijft daarom een kwetsbaar systeem.

Janse verwacht dat de mosselen het in de toekomst slechter gaan doen, bijvoorbeeld door predatie of voedselgebrek, maar wat er precies gaat gebeuren is onzeker. Hij wijst erop dat met name zoete meren gevoelig zijn voor klimaatverandering; dit is een potentieel destabiliserende factor. Hij vraagt zich af of er iets bekend is over de relatie tussen weersomstandigheden en fosfaatgehalten in het Volkerak-Zoommeer.

13.4 Discussie over de huidige en toekomstige toestand

Huidige toestand van blauwalgen

Uit de metingen blijkt dat de hoeveelheid chlorofyl sterk is afgenomen. Verschillende deelnemers hebben de afgelopen jaren echter zelf drijfslagen van blauwalgen waargenomen. Ook bewoners hebben daar melding van gemaakt en luchtfoto's laten eveneens drijfslagen zien. Het verschil tussen de metingen en waarnemingen lijkt goed te verklaren: drijfslagen hopen zich in de ondiepe delen van het meer op, onder invloed van de wind, terwijl de meetpunten in dieper water liggen.

De deelnemers stellen vast dat de trend van de metingen klopt (minder blauwalgen en een piek later in de zomer), maar dat de drijfslagen en de overlast niet weg zijn. Los geeft een verklaring voor de latere piek: pas als de blauwalgen uitbundig tot bloei komen, door een hoge watertemperatuur, houden de quaggamosselen ze niet meer in toom. Dat is laat in de zomer het geval.

De deelnemers vinden het zinvol de ruimtelijke verspreiding van de algen te meten. Rijkswaterstaat Zee en Delta voert een pilot uit om chlorofyl met remote sensing in beeld te brengen. Ook een andere techniek lijkt veelbelovend: de "onderwaterdrone". Dit meetinstrument is in België beschikbaar.

Huidige toestand van de nutriëntenhuishouding

De grafieken laten zien dat het gehalte orthofosfaat sinds 2004 op een lager niveau zit: de najaarspiek daalt in dat jaar van 0,15 naar 0,10 mg/liter. Een van de deelnemers vraagt of dit een tijdelijke fluctuatie kan zijn. Los is van mening dat een afname gedurende 4-5 jaar wel degelijk op een verandering duidt. Het is echter moeilijk te zeggen of sprake is van een constante situatie, ook omdat het Volkerak-Zoommeer nog maar 25 jaar bestaat en zich nog steeds aan het vormen is naar de nieuwe omstandigheden.

De Vries ziet in de reacties van de deskundigen aanleiding om opnieuw aandacht te geven aan de fosfaathuishouding: zowel de externe belasting als de nalevering zijn nog steeds hoog. Het meer is nu weliswaar helder vanwege intensieve begrazing, maar nog steeds is sprake van een geëutrofeerd systeem. Met name de nalevering is van belang voor blauwalgenbloei, omdat deze fosfaatbron in het groeiseizoen blijkt te overheersen. De Senerpont Domis wijst erop dat de oplading van de bodem ook nog steeds doorgaat.

De afgelopen jaren is uit onderzoek gebleken dat fosfaat in de bodem met name vastligt in ijzerverbindingen. Daar kan het gemakkelijk uit vrijkomen door veranderingen in de redox-toestand of de temperatuur. Lüring spreekt in dit verband van "een bommetje". Nalevering in diepe delen kan volgens hem nog groter zijn, door aanslibbing en zuurstofloze omstandigheden. De Vries neemt aan dat dit effect beperkt is, omdat de diepe delen maar een klein oppervlak beslaan.

Toekomstige waterkwaliteit

Alle deelnemers zijn het erover eens dat de verbetering van de waterkwaliteit in de afgelopen jaren het gevolg is van de explosieve toename van de quaggamossel. De afgenomen hoeveelheid blauwalgen is geheel of grotendeels toe te schrijven aan de komst van deze exoot. De mossel heeft waarschijnlijk zijn maximale dichtheid bereikt; daarvan uitgaande zal de begrazing niet verder toenemen. De voorzitter vraagt hoe stabiel het effect van deze mossel is.

Van predatie op de quaggamossel lijkt geen sprake te zijn. Noordhuis vermoedt dat duikeenden minder goed bij quaggamosselen dan bij driehoeksmosselen kunnen komen, omdat quaggamosselen gemiddeld dieper zitten. Ook kunnen eenden de quaggamosselen minder goed eten. Quaggamosselen groeien sneller, terwijl eenden over het algemeen een voorkeur voor kleine mosselen hebben. Zoals veel exoten kunnen quaggamosselen na verloop van tijd weer afnemen, bijvoorbeeld doordat enige tijd na kolonisatie ook parasieten of predatoren het meer bereiken. Ook een hittegolf kan tot massale sterfte van quaggamosselen leiden, omdat mosselen bij hoge temperaturen minder snel voedingsstoffen opnemen. De sterke afname van de driehoeksmossel in het IJsselmeergebied in 2007 is waarschijnlijk het gevolg van een hittegolf in 2006. De Vries vermoedt dat ook met de helft van de mosseldichtheid nog sprake van graascontrole zal zijn, maar dit is lastig te onderzoeken. In natuurlijke zoete wateren is volgens hem nooit een voldoende grote populatie schelpdieren in het ecosysteem aanwezig om tot graascontrole te komen. Dat kan alleen met een invasie van exoten als de driehoeksmossel en de quaggamossel. Van nature vindt begrazing in zoet water door zoöplankton plaats en in ondiepe zoute wateren door schelpdieren.

Als de quaggamossel om wat voor reden dan ook verdwijnt of sterk in aantal afneemt, kan de fosfaathuishouding de hoeveelheid algen weer gaan bepalen. Volgens Los kan dan de troebele situatie van 2004-2007 terugkeren, omdat de fosfaatbelasting nog steeds groot is. Noordhuis verwacht wel dat de externe belasting van nutriënten verder kan afnemen. De Senerpont Domis wijst erop dat de interne belasting (nalevering) door klimaatverandering juist kan toenemen, omdat dan ook in ondiep water stratificatie kan optreden. De Vries voegt daaraan toe dat het vrijkomen van fosfaat op dit moment mogelijk beperkt wordt door hoge nitraatgehalten. Zodra de stikstofbelasting afneemt, kan ook daardoor meer fosfaat vrijkomen. Het is dan ook niet te verwachten dat beperkte beschikbaarheid van nutriënten de algenbloei in toom zal houden.

Al met al durft geen van de aanwezigen te stellen dat de blauwalgenproblematiek duurzaam is opgelost. De Vries wijst erop dat geen enkele ecosysteemontwikkeling vooraf voorspeld is en dat bescheidenheid daarom past.

Kwaliteit van de metingen

De deelnemers zijn het erover eens dat de betrouwbaarheid van de dataset van DONAR aandacht vraagt. Het is wenselijk dat de beheerder van DONAR de meetgegevens controleert en zo nodig corrigeert. Het fosfaatonderzoek in het Volkerak-Zoommeer blijkt jarenlang gebaseerd te zijn op een onbetrouwbare dataset.

Lüring vraagt zich af of de veranderingen in het chlorofylgehalte het gevolg kunnen zijn van veranderingen in meettechnieken. Dat is volgens Noordhuis niet het geval: de metingen vinden sinds 1987 op dezelfde manier plaats. De analyses zijn wel door verschillende laboratoria uitgevoerd, maar de verschillen daartussen worden gecorrigeerd met zogenoemde "ringonderzoeken".

Verschillende deelnemers stellen dat de "uitbijters" in het chlorofylgehalte niet per se onbetrouwbaar hoeven te zijn: mogelijk is toevallig in een drijfslag gemeten. Deze pieken - en ook de dalen - hoeven echter niet illustratief voor het hele meer te zijn.

13.5 Discussie over de mogelijkheden van het beheer

De waterbeheerder van het Volkerak-Zoommeer heeft verschillende verantwoordelijkheden: afspraken uit peilbesluiten en waterakkoorden nakomen en voldoen aan de normen van de Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. De beheerder kan de waterkwaliteit op drie manieren beïnvloeden: doorspoelen, bevissen en waterplanten maaien of planten. De vraag is of de beheerder hiermee voldoende instrumenten in handen heeft als het Volkerak-Zoommeer zoet blijft.

Situatie met quaggamosselen

Op dit moment voldoet het Volkerak-Zoommeer deels aan de doelen van de Kaderrichtlijn Water en met de huidige trends kan de toestand nog verder verbeteren. De voorzitter vraagt welke verbeteringen nog te verwachten zijn. De Vries geeft aan dat nitraat en totaalfosfaat (veel) hoger zijn dan de norm, met als kanttekening dat de fosfaatgegevens onbetrouwbaar zijn. De enige oplossing hiervoor is vermindering van de belasting via de Dintel, maar dit ligt buiten het bereik van de beheerder. Waterplanten maaien en afvoeren heeft pas effect op de fosfaathuishouding als de ondiepe delen grotendeels begroeid zijn en ten minste twee derde daarvan wordt gemaaid en afgevoerd. Dat is echter voor het ecosysteem onwenselijk. Noordhuis benadrukt dat waterplanten effectief zijn voor de visstand: de gunstige ontwikkeling in de visstand, van brasem naar baars, is hiermee minder kwetsbaar te maken. De KRW-norm voor waterplanten zelf is waarschijnlijk haalbaar.

De beheerder ziet ook nadelen in de komst van waterplanten: waterpest is de afgelopen jaren zo massaal opgekomen dat recreanten klagen. Rijkswaterstaat heeft verschillende partijen toestemming gegeven lokaal waterplanten te maaien en een handreiking uitgedeeld om ervoor te zorgen dat dit verantwoord gebeurt. Verschillende deelnemers raden aan de naleving van deze handreiking goed te controleren en het maaien zo veel mogelijk te beperken voor een goede ecosysteemontwikkeling.

Een van de deelnemers benadrukt dat er een verschil is tussen waterkwaliteit en overlast. Het Veerse Meer heeft bijvoorbeeld mooi helder water, maar recreanten ondervinden wel overlast van de Japanse oester met zijn scherpe randen.

Situatie zonder quaggamosselen

De voorzitter vraagt welke middelen de beheerder nog heeft om het systeem op orde te brengen als de quaggamosselpopulatie instort. De Vries verwacht dat het nitraatgehalte met doorspoelen misschien een beetje te verdunnen is, maar het fosfaatgehalte niet. Een proef met algenbestrijding door ultrasoon geluid is mislukt. Het is niet zeker of de waterplanten blijven in een situatie zonder quaggamosselen. Los verwacht dat het meer snel te troebel wordt voor waterplanten. Noordhuis ziet dat minder somber in: in de zuidelijke randmeren, die een vergelijkbare diepte en fosfaatbelasting hebben, vindt nu een explosie van waterplanten plaats terwijl er geen quaggamosselen zijn. Ook grote hoeveelheden waterplanten ervaren recreanten overigens als overlast.

13.6 Conclusies over een zoet Volkerak-Zoommeer

De bijeenkomst met de deskundigen heeft de volgende conclusies opgeleverd:

- 1 De positieve ontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer - minder algen, meer doorzicht - is het gevolg van een exoot: quaggamosselen.
- 2 Ondanks deze ontwikkeling is lokaal sprake van overlast door blauwalgen, maar deze treedt later in de zomer op.
- 3 De populatie van de quaggamosselen lijkt zijn top te hebben bereikt. Het is onzeker of de overlast nog verder kan verminderen.
- 4 Het Volkerak-Zoommeer is nog steeds een eutroof systeem.
- 5 Als de quaggamosselen in aantal afnemen, wat in de lijn der verwachtingen ligt, kan de overlast van blauwalgen terugkeren naar de situatie 2004-2007. Het is niet duidelijk hoe groot de populatie minimaal moet zijn om het meer helder te houden.
- 6 De algen zijn niet homogeen over het meer verspreid. Dat levert soms grote verschillen op tussen de metingen (in diep water) en de ervaren overlast (in ondiep water).
- 7 Het lijkt verstandig dat de Waterdienst meer aandacht schenkt aan de betrouwbaarheid van gegevens in DONAR.

Er bestaat consensus over de conclusie dat de toekomst van een zoet Volkerak-Zoommeer onzeker is:

- de toestand kan stabiel blijven, als de quaggamosselen zich handhaven;
- de toestand kan (sterk) verslechteren, als de quaggamosselen plotseling verdwijnen;
- de toestand kan verbeteren, als waterplanten zich uitbreiden en het effect van de quaggamosselen versterken.

Het inzicht is te vergroten met onderzoek naar:

- de ruimtelijke verspreiding van algen, mosselen en fosfaat in het Volkerak-Zoommeer (met remote sensing of een "onderwaterdrone");
- de ontwikkeling van quaggamosselen en waterplanten.

De voorzitter wijst erop dat een biologisch systeem complex is. Veranderingen zijn achteraf soms verklaarbaar, maar voorspellen is een buitengewoon hachelijke onderneming. Ook over het effect van maatregelen is vooraf vaak weinig of niks te zeggen.

14 Referenties

Bij de Vaate, A., E.A. Jansen & S.J. bij de Vaate, 2011. Verkenning van de Dreissenadichtheid in het Volkerak. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2011/04.

Bij de Vaate, A., E.A. Jansen & S.J. bij de Vaate, 2012. De Dreissenadichtheid in het Volkerak: resultaten van onderzoek uitgevoerd in 2012. Waterfauna Hydrobiologisch Adviesbureau, Lelystad, rapportnummer 2012/04.

Los, Hans, 2009. Eco-hydrodynamic modelling of primary production in coastal waters and lakes using BLOOM, PhD Thesis Wageningen University, ISBN 978-90-8585-329-9.

Osté, L, 2012. De bijdrage van de waterbodem aan de eutrofiëring in het Volkerak Zoommeer. Deltares rapport 1204555-000.

Rooij, N. de, 2011. Diagenese waterbodem en P adsorptie. Memo

Sulu-Gambari, F en C. Slomp, 2012. De begraving van fosfaat in sedimenten van het Volkerak. Rapport Universiteit Utrecht, januari 2012.

Tosserams, M., E.H.R.R. Lammens & M. Platteeuw, 2000. Het Volkerak-Zoommeer. De ecologische ontwikkeling van een afgesloten zeearm. RIZA rapport 2000.024.

Van Kessel, N., F. Spikmans, G. Hoogerwerf & J. Kranenbarg, 2011. Jaarrapportage Actieve Vismonitoring Zoete Rijkswateren. Samenstelling van de visstand in de grote rivieren gedurende het winterhalfjaar 2010-2011. Natuurbalans - Limes Divergens BV & Stichting RAVON, Nijmegen.

Vries, I. de, J. Smits, A. Nolte en C. Sprengers, 2011. Waterkwaliteit en water- en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009. Deltares rapport 1203266-000.