

Aan
Veerse Meer

Contactpersoon
Bert Wetsteyn
Datum
10 mei 2004
Nummer
RIKZ/OS/2004.816x
Onderwerp
Fytoplankton Veerse Meer

Doorkiesnummer
0118 - 672302
Bijlage(n)
-
Product
Veerse Meer

FYTOPLANKTON, VAN ALLEEN VOORJAARSBLOEI TOT CONTINUE BLOEI

1. Inleiding.

Het Veerse Meer is ontstaan na de sluiting van het Veerse Gat en de Zandkreek, die voor de afsluiting een zee-arm tussen de Noordzee en de Oosterschelde vormden. In mei 1960 werd de verbinding met de Oosterschelde verbroken door de aanleg van de Zandkreekdam en het Veerse Gat werd in het voorjaar van 1961 gesloten met de Veerse gatdam. Na de afsluiting werd een zomerpeil van NAP gehanteerd en een winterpeil van NAP – 0.70 m. Tabel 1 geeft enkele morfometrische gegevens van het Veerse Meer.

Tabel 1. Morfometrische gegevens van het Veerse Meer (uit Bijlsma & Iedema, 1991).

Wateroppervlakte (NAP)	2050	ha
Wateroppervlakte (NAP – 0.70 m)	1750	ha
Meervolume (NAP)	100 x 10 ⁶	m ³
Meervolume (NAP – 0.70 m)	90 x 10 ⁶	m ³
Gemiddelde diepte	5	m
Maximale diepte	25	m
Lengte	25	km
Breedte	200 – 1600	m

Het Veerse Meer wordt belast met brak en nutriëntenrijk polderwater. Ten gevolge van de verminderde uitwisseling met het kustwater wordt het nutriëntenrijke polderwater minder snel afgevoerd en is de verblijftijd van het water sterk toegenomen. Om na de winter het zomerpeil weer te bereiken wordt eind maart/begin april steeds zout water uit

Vestiging Middelburg
Postbus 8039, 4330 EA Middelburg
Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 0118 672200
Telefax 0118 651046

de Oosterschelde ingelaten. Het resultaat van dit alles is dat er een brakwatermeer is ontstaan met een hoge nutriëntenbelasting, sterk wisselende chloridegehalten en het optreden van stratificatie en zuurstofloosheid. De combinatie van sterke schommelingen in het zoutgehalte en de hoge nutriëntenconcentraties maakt het milieu voor veel mariene en zoete soorten fytoplankton ongeschikt. In vergelijking met bijvoorbeeld de Oosterschelde is het Veerse Meer wat het aantal soorten fytoplankton betreft soortenarmer, maar wel individuenrijk. Ook het ontbreken van turbulentie is een factor die in grote mate de soortensamenstelling bepaalt.

Reeds in 1991 was uit modelstudies bekend geworden dat een verhoogde uitwisseling met water uit de Noordzee of uit de Oosterschelde de hierboven genoemde problemen eutrofiëring, stratificatie en zuurstofloosheid gedeeltelijk zullen verminderen (Van de Kamer & Bollebakker, 1991; De Vries & De Vries, 1991). Uit modelstudies (Nolte et al., 2002) blijkt dat door gebruik te maken van een doorlaatmiddel met een debiet van 40 m³/s de waterkwaliteit aanzienlijk zal verbeteren. Daarbij hoort ook een continu hoog zoutgehalte van het Veerse Meer. De verwachting is dat er, als gevolg van dit veel hogere zoutgehalte, een aanzienlijke verandering in de fytoplanktensamenstelling zal optreden.

Fytoplankton of plantaardig plankton staat aan de basis van het pelagische voedselweb. Door middel van het fotosyntheseproces wordt met behulp van zonne-energie en in water opgeloste koolzuur en nutriënten organische stof gevormd (primaire productie). Het fytoplankton vormt daarmee een belangrijke voedselbron voor hogere trofische niveaus als zoöplankton en filterende bodemdieren als mossels en kokkels.

In dit werkdocument wordt ingegaan op de fytoplanktensamenstelling en ontwikkeling in de periode 1990 t/m 2003. Tevens zal aangegeven worden in welke richting de fytoplanktensamenstelling zal veranderen en hoe de toekomstige monitoring van het fytoplankton er uit zal kunnen zien.

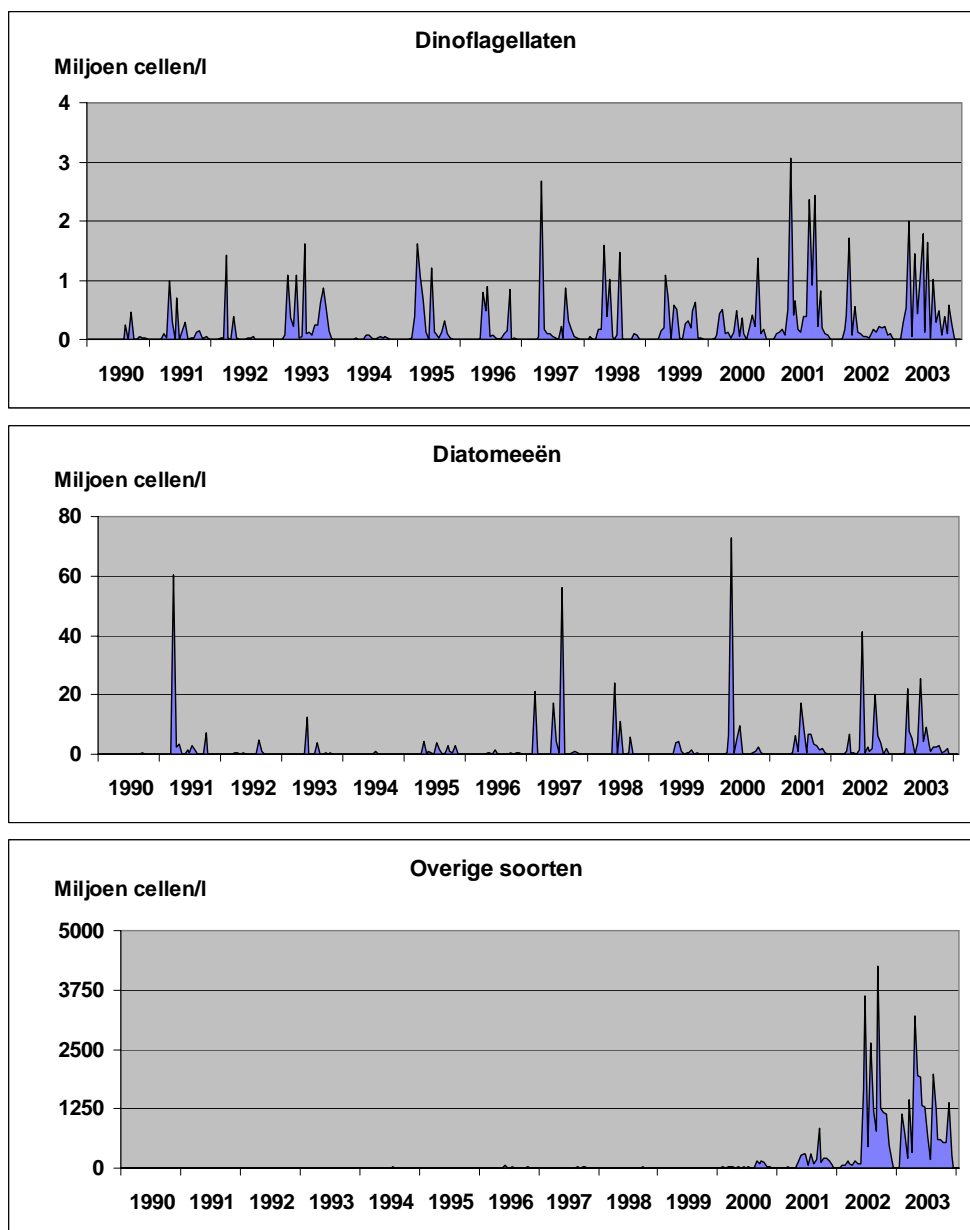
2. Het fytoplankton van na de afsluiting (1990 t/m 2003).

In dit werkdocument zullen gegevens gebruikt worden van drie locaties in het Veerse Meer (Figuur 1: Vrouwenpolder, Soelekerkepolder en Wolphaartsdijk).



Figuur 1. Veerse Meer met daarin aangegeven de drie locaties Vrouwenpolder, Soelekerkepolder en Wolphaartsdijk, alsmede de locatie van het doorlaatmiddel.

Vanaf 1990 worden er in het biomonitoring programma op 1 locatie (Soelekerkepolder) in het Veerse Meer fytoplanktonmonsters genomen. In de periode april t/m september wordt tweewekelijks gemonsterd en gedurende de rest van het jaar maandelijks. De monsters worden altijd iets onder de oppervlakte genomen; bij stratificatie ook in de spronglaag en een paar meter boven de bodem. De analyseresultaten geven een beeld van de ontwikkeling en samenstelling van het fytoplankton.



Figuur 2. Aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten (van boven naar beneden, oppervlakte-monsters, in miljoen cellen/l) op de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003. NB: verschillende schalen voor de drie genoemde groepen.

Binnen het fytoplankton wordt onderscheid gemaakt in drie belangrijke groepen: diatomeeën of kiezelwieren, dinoflagellaten of pantserwieren en een restgroep, in dit hoofdstuk overige soorten genoemd. De groep overige soorten bevat vooral kleine soorten, die zich met behulp van flagellen kunnen voortbewegen en allerlei niet te determineren soorten.

Figuur 2 geeft een beeld van het verloop van de aantallen dinoflagellaten, diatomeeën en overige soorten in oppervlakte-monsters, genomen in de jaren 1990 t/m 2003 op de locatie Soelekerkepolder.

Het verloop van de aantallen dinoflagellaten laat geen speciale trend zien. Pieken met meer dan 2 miljoen cellen/l komen voor in de jaren 1997, 2001 en 2003. De pieken worden gevormd door kleine soorten dinoflagellaten: in 1997 door *Heterocapsa rotundata* en in 2001 en 2003 door *Heterocapsa minima* (zie Figuur 3) en kleine (<10 µm en 10-30 µm) *Gymnodiniaceae*.



Figuur 3. *Heterocapsa minima*, een belangrijke dinoflagellaat uit het Veerse Meer (Vrouwenpolder, 14 april 2003, oppervlakte-monster). Totale maatstrep = 2 µm. Foto: R. Koeman, Koeman & Bijkerk.

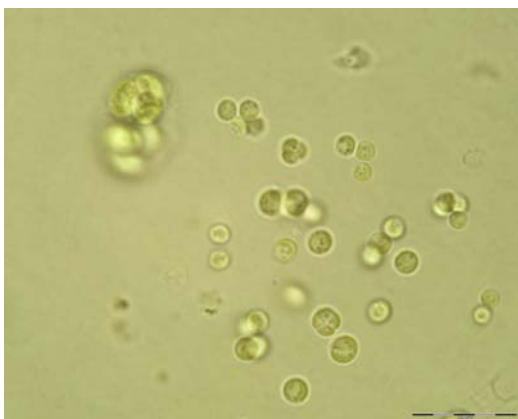
Ook het verloop van de aantallen diatomeeën laat geen speciale trend zien. Wel zijn er weer een aantal flinke pieken te onderscheiden. Pieken met meer dan 20 miljoen cellen/l komen voor in 1991 en vooral in de periode 1997 t/m 2003. Deze pieken worden gevormd door kleine diatomeeën: in 1991 en 1997 door de ketenvormende *Detonula confervacea* en in de jaren 1997 t/m 2003 door de ketenvormende *Skeletonema costatum* (zie Figuur 4) en losse Centrale diatomeeën <10 µm.

Het verloop van het aantal cellen/l van de categorie overige soorten laat een geheel ander verloop in de tijd zien. Tot augustus 2000 zijn de aantallen overige soorten lager dan 100 miljoen cellen/l. Vanaf augustus 2000 t/m december 2001 worden echter nog hogere concentraties gemeten, tot 800 miljoen cellen/l. Vanaf mei 2002 zijn de aantallen regelmatig hoger dan 1000 miljoen cellen/l, met uitschieters tot meer dan 3000 miljoen cellen/l. De spectaculair hoge aantallen van meer dan 1000 miljoen cellen/l worden in 2002 veroorzaakt door zeer hoge concentraties *Chlorophyceae* (groenwieren) en Ondetermineerbare algen <3 µm. In 2003 door zeer hoge concentraties *Chlorophyceae* en Ondetermineerbare algen <3 µm, waar in de maand augustus ook nog eens hoge concentraties *Chroococcales* (coccoïde blauwwieren en meestal niet groter dan 2 µm) bijkomen. Tot de waargenomen groenwieren behoren meestal uit het zoete water afkomstige taxa als *Monoraphidium* en *Koliella*, die in brak water ook goed groeien. Een in het voorjaar van 2003 zeer algemeen voorkomende



Figuur 4. *Skeletonema costatum*, een belangrijke ketenvormende diatomee uit het Veerse Meer (Vrouwenpolder, 14 april 2003, oppervlakte-monster). Totale maatstreep = 10 μm . Foto: R. Koeman, Koeman & Bijkerk.

soort was het groenwier *Dactylosphaerium jurisii* (zie Figuur 5); deze soort vormt bolvormige kolonies, maar komt ook veelal als losse cellen voor. Groenwieren behoren niet echt tot het zoutwaterfytoplankton. De grote hoeveelheden groenwieren hebben zich kunnen ontwikkelen als gevolg van de lagere saliniteiten in het oppervlaktewater in vooral de jaren 2002 en 2003 en ook al in de negentiger jaren in vergelijking met eerdere jaren.



Figuur 5. *Dactylosphaerium jurisii*, een belangrijk groenwier uit het Veerse Meer (Vrouwenpolder, 14 april 2003, oppervlakte-monster). Totale maatstreep = 10 μm . Foto: R. Koeman, Koeman & Bijkerk.

3. Diversiteit van het fytoplankton.

Het totaal aantal geanalyseerde fytoplanktonmonsters (oppervlakte) in de periode 1990 t/m 2003 van de vier Oosterschelde locaties bedraagt 254. Bij de analyses van de fytoplankton monsters was analyse tot op de soort binnen elke onderscheiden

taxonomische groep niet altijd mogelijk. Veel van deze soorten konden echter wel tot op genusniveau gedetermineerd worden. Was zelfs dit niet mogelijk, dan werd ingedeeld in de categorie groep. Er werd dus onderscheid gemaakt in drie verschillende niveaus van determinatie: soort (bijvoorbeeld *Skeletonema costatum*), genus (bijvoorbeeld *Gyrosigma* sp) en groep (bijvoorbeeld Cryptophyceae < 10 µm).

Op de locatie Soelekerkepolder werden in de monitoring periode 1990 t/m 2003 in totaal 145 soorten tot op de soort gedetermineerd (Tabel 2), waaronder 93 soorten diatomeeën en 45 soorten dinoflagellaten. Soorten, waarbij niet tot op de soort gedetermineerd kon worden, behoorden tot 73 genera en 71 groepen. In Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de waargenomen fytoplankton groepen en aantal soorten, genera en groepen daarbinnen in de monitoring monsters uit de perioden 1990 t/m 2000 (nodig voor een vergelijking met Oosterschelde gegevens) en 1990 t/m 2003.

Tabel 2. Overzicht van de waargenomen fytoplankton groepen en aantal soorten, genera en groepen daarbinnen in monitoring monsters van de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003.

Fytoplankton groep	Soort	Genus	Groep
Blauwwieren	1	4	5
Chrysomonadales	0	0	5
Chrysophyceae	1	3	0
Ciliaten	1	0	0
Craspedomonadaceae	0	0	1
Cryptophyceae	1	1	5
Diatomeeën	93	25	18
Dinoflagellaten	45	21	20
Euglenophyceae	0	3	1
Groenwieren	0	8	2
Ondetermineerbare alg	0	0	8
Prasinophyceae	0	6	1
Protomonadales	0	0	4
Prymnesiophyceae	3	1	1
Raphidophyceae	0	1	0
Totaal	145	73	71

Tabel 3. Overzicht van de waargenomen fytoplankton groepen en aantal soorten, genera en groepen daarbinnen in monitoring monsters van de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003. De getallen tussen haakjes zijn de gevonden waarden voor de periode 1990 t/m 2000.

Fytoplankton groep	Soort	Genus	Groep
Diatomeeën	93 (84)	25 (22)	18 (17)
Dinoflagellaten	45 (42)	21 (17)	20 (16)
Overige groepen	7 (6)	27 (18)	33 (28)
Totaal	145 (132)	73 (57)	71 (61)

Ter vergelijking wordt in Tabel 4 op dezelfde manier de soortenrijkdom van het fytoplankton uit de Oosterschelde voor de periode 1990 t/m 2000 aangegeven.

Tabel 4. Overzicht van de waargenomen fytoplankton groepen en aantal soorten, genera en groepen daarbinnen in monitoring monsters van vier Oosterschelde locaties in de periode 1990 t/m 2000 (uit Wetsteyn et al., 2003).

Fytoplankton groep	Soort	Genus	Groep
Diatomeeën	143	32	20
Dinoflagellaten	84	21	23
Overige groepen	15	27	36
Totaal	242	80	79

In vergelijking met bijvoorbeeld de Oosterschelde is het Veerse Meer dus aanzienlijk soortenarmer (Tabel 3 en 4).

4. De belangrijkste soorten/groepen fytoplankton.

De top tien van de soorten/groepen fytoplankton voor wat betreft het percentage van het totaal aantal monsters (254), waarin de soort/groep is waargenomen, wordt gegeven in Tabel 5.

Tabel 5. De tien belangrijkste soorten/groepen fytoplankton voor wat betreft het percentage van het totaal aantal monsters (254), waarin de soort/groep is waargenomen op de locatie Soelekerkepolder in de periode 1990 t/m 2003.

Nr	Soort/groep	Klasse	In aantal monsters	%
1	<i>Myrionecta rubra</i>	Ciliaten	175	69.2
2	Cryptophyceae	Cryptophyceeeën	168	66.4
3	<i>Heterocapsa rotundata</i>	Dinoflagellaten	126	49.8
4	Centrales < 10 µm	Diatomeeën	120	47.4
5	<i>Skeletonema costatum</i>	Diatomeeën	120	47.4
6	Gymnodiniaceae 10-30 µm	Dinoflagellaten	101	39.9
7	Pennales > 50 µm	Diatomeeën	100	39.5
8	<i>Cylindrotheca closterium</i>	Diatomeeën	92	36.4
9	Prasinophyceae	Prasinophyceeeën	86	34.0
10	Pennales < 50 µm	Diatomeeën	85	33.6

Het blijkt dat *Myrionecta rubra*, eigenlijk een ciliaat behorend tot het microzoöplankton die in symbiose leeft met Cryptophyceae (Bakker, 1966), in bijna 70% van de monsters wordt aangetroffen. In het verleden werd *Myrionecta rubra* soms in grote hoeveelheden aangetroffen waarbij het water roodbruin kleurde (Bakker, 1967).

Wellicht veelzeggender is een top tien van de soorten/groepen fytoplankton voor wat betreft het percentage van het totaal aantal cellen waarmee de soort/groep is waargenomen. Zie Tabel 6.

Tabel 6. De tien belangrijkste soorten/groepen fytoplankton voor wat betreft het percentage van het totaal aantal monsters (254), waarin de soort/groep is waargenomen op de locatie Soelekerkepolder in de periode 1990 t/m 2003.

Nr	Soort/groep	Klasse	Totaal aantal x miljoen	%
1	Chlorophyceae	Groenwieren	22528	48.6
2	Ondetermineerbare alg < 3 µm	Ondetermineerbaar	17538	37.9
3	Chroococcales	Blauwwieren	2426	5.2
4	Monoraphidium	Groenwieren	921	2.0
5	Ondetermineerbare alg < 10 µm	Ondetermineerbaar	502	1.1
6	Cryptophyceae	Cryptophyceen	351	0.8
7	Skeletonema costatum	Diatomeeën	288	0.6
8	Cryptomonadales < 10 µm	Cryptophyceen	209	0.5
9	Chryomonadales < 10 µm	Cryptophyceen	207	0.4
10	Centrales < 10 µm	Diatomeeën	178	0.4

Als belangrijkste groepen komen dan heel duidelijk de *Chlorophyceae* en Ondetermineerbare alg < 3 µm naar voren met bijna 50%, respectievelijk bijna 40% van de totaal in de geanalyseerde monsters aanwezige fytoplanktoncellen. Dit is vooral een gevolg van de uitbundige fytoplanktonbloeien in 2002 en 2003.

5. Plaagalgen.

De waargenomen soorten/groepen/klassen en aantallen (potentieel) toxische algen en plaagalgen op de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003 worden gegeven in Bijlage 1.

Van de genoemde soorten heeft tot nu toe alleen de dinoflagellaat *Dinophysis acuminata* met enige regelmaat problemen veroorzaakt in de Oosterschelde en in de Waddenzee, maar niet in het Veerse Meer. Bij te hoge concentraties toxines, geproduceerd door deze dinoflagellaat, in mossels, werd in het verleden om deze soort de schelpdiervisserij in de Oosterschelde en Waddenzee tijdelijk stilgelegd.

De potentieel toxische dinoflagellaat *Prorocentrum minimum* wordt soms met hoge concentraties aangetroffen.

De kolonievormende plaagalg *Phaeocystis globosa* is slechts sporadisch en met lage concentraties in het Veerse Meer aangetroffen. Vanwege het stagnante milieu, dat sedimentatie van deze soort bevordert, is een flinke ontwikkeling ook niet te verwachten.

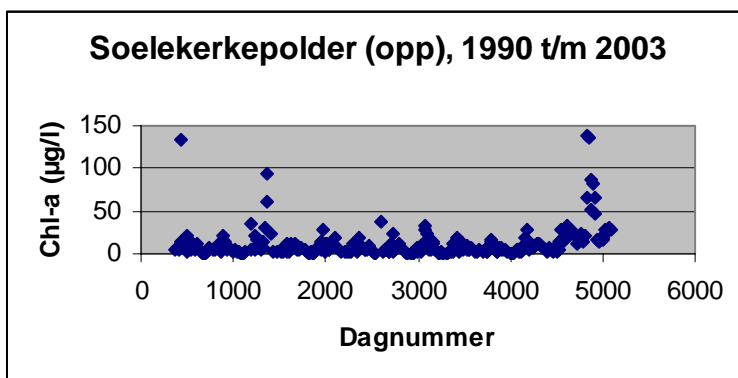
Chrysochromulina-soorten worden regelmatig met hoge concentraties aangetroffen. Een aantal soorten uit dit genus kan onder bepaalde omstandigheden toxisch worden (Moestrup & Larsen, 1992), en van een aantal *Chrysochromulina*-soorten is bekend, dat deze massale sterfte onder vissen en bodemdieren in Zweden en Noorwegen hebben veroorzaakt.

Van de Raphidophyceen is tot nu toe alleen *Chattonella* sp. waargenomen.

Bijna alle genoemde soorten (potentieel) toxische algen en plaagalgen, die in de oppervlaktelaag worden gevonden, worden ook gezien in de spronglaag- en bodemmonsters. In het Veerse Meer hebben de genoemde soorten tot nu toe niet tot problemen geleid.

6. Chlorofyl-a en -b ontwikkeling.

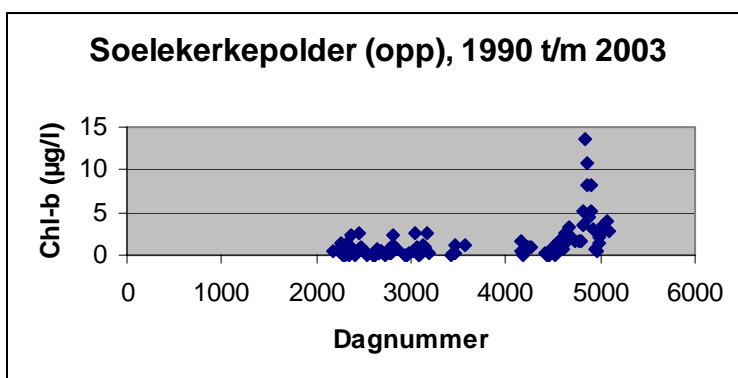
Als maat voor de aanwezige hoeveelheid fytoplanktonbiomassa wordt het chlorofyl-a gehalte gebruikt. In Figuur 6 wordt de chlorofyl-a ontwikkeling op de locatie Soelekerkepolder in de periode 1990 t/m 2003 gegeven. Chlorofyl-a is een pigment dat in elke fytoplanktongroep voorkomt.



Figuur 6. Chlorofyl-a gehalten op de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003.

In het algemeen worden de pieken in de chlorofyl-a gehalten bereikt aan het einde van het voorjaar of bij het begin van de zomer en liggen tussen 15 en 30 µg/l. Een enkele maal worden buiten deze periode bijzonder hoge waarden bereikt: 133 µg/l in februari 1991, 93 µg/l in september 1993 en 60 µg/l in oktober 1993. Tijdens deze bloeien zijn de fytoplanktongroepen Ondetermineerbare alg en Chrysomonadales het meest abundant. In 2003 liggen de chlorofyl-a gehalten in de periode half maart t/m juni op de locatie Soelekerkepolder zelfs tussen 50 en 137 µg/l (zie later).

In Figuur 7 wordt de chlorofyl-b ontwikkeling in de periode 1990 t/m 2003 gegeven (niet voor alle jaren zijn gegevens beschikbaar). Chlorofyl-b is een pigment dat alleen in de fytoplanktongroepen *Euglenophyceae* (oogwieren) en *Chlorophyceae* (groenwieren) voorkomt.



Figuur 7. Chlorofyl-b gehalten op de locatie Soelekerkepolder in het Veerse Meer in de periode 1990 t/m 2003.

In het algemeen liggen de chlorofyl-b gehalten tussen 0.1 en 1.0 µg/l en een enkele keer worden waarden van 2.5 µg/l bereikt. In 2003 bedragen de chlorofyl-b gehalten in de perioden half maart t/m juni en oktober t/m november zelfs meer dan 3 µg/l en van eind maart tot half april worden op de locatie Soelekerkepolder zelfs waarden van 10 tot 14 µg/l gemeten (zie later).

7. Fytoplanktonontwikkeling in 2003.

In deze paragraaf zal alleen de ontwikkeling van het fytoplankton in de oppervlaktelaag beschreven worden, omdat de fytoplanktonontwikkeling zich geheel in deze laag afspeelt.

De voorjaarsbloei van fytoplankton is in 2003 vanuit hoge winter chlorofyl-a gehalten van tussen 10 en 20 µg/l al vroeg begonnen en het chlorofyl-a gehalte bereikt eind maart en in april waarden van 150 µg/l. (zie Figuur 8). Dergelijke hoge waarden zijn nog niet vaak waargenomen in het Veerse Meer: Vrouwenpolder, 18 maart 1985, 168.3 µg/l; Wolphaartsdijk, 4 maart 1991, 153.4 µg/l en 5 oktober 1993, 150.1 µg/l. De voorjaarsbloei op locatie Soelekerkepolder komt twee weken eerder op gang dan op de locaties Vrouwenpolder en Wolphaartsdijk.

In mei en juni zijn de chlorofyl-a gehalten nog bijzonder hoog met waarden tussen 50 en 80 µg/l; ook dergelijke hoge waarden zijn zeer ongebruikelijk voor het Veerse Meer. Ook in de maanden juli t/m december blijven de chlorofyl-a gehalten hoog, tussen 20 en 30 µg/l.

Heel opmerkelijk voor het Veerse Meer zijn de hoge chlorofyl-b gehalten (zie Figuur 9), tot zo'n 15 µg/l. Ter vergelijking: in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer worden chlorofyl-b gehalten gemeten van < 0.1 µg/l. Het pigment chlorofyl-b is een pigment dat alleen in de fytoplanktongroepen *Euglenophyceae* (oogwieren) en *Chlorophyceae* (groenwieren) voorkomt. In het Veerse Meer maken groenwieren in 2003 een belangrijk deel uit van het fytoplanktonbestand. In het Veerse Meer komt tijdens de voorjaarsbloei het groenwier *Dactylosphaerium jurisii* massaal voor en veroorzaakt ook de groene kleur van het water.

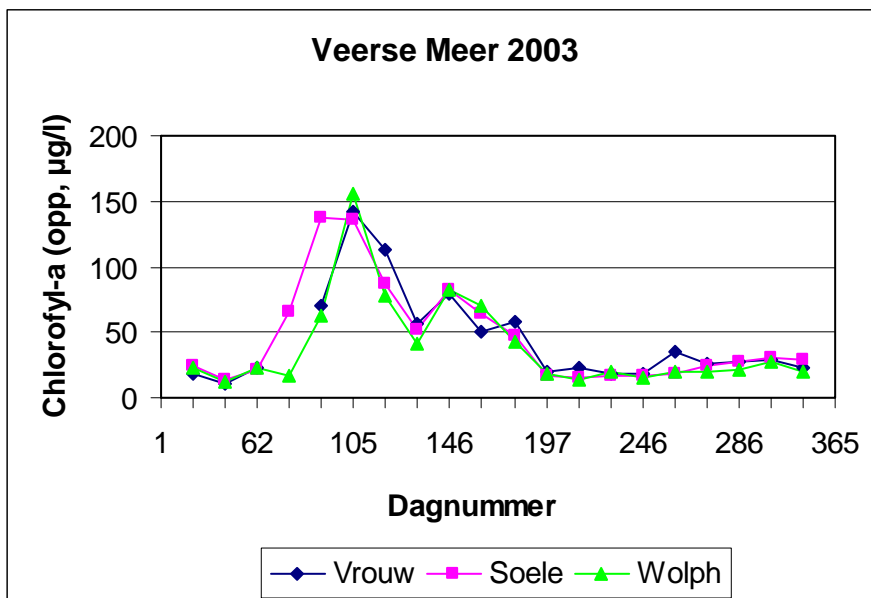
Het verloop van het chlorofyl-b gehalte weerspiegelt het verloop van het chlorofyl-a gehalte. Er is dan ook een sterke samenhang tussen het chlorofyl-b en het chlorofyl-a gehalte ($\text{Chl-b} = 0.0885 \text{ Chl-a} - 0.0993$, $R^2=0.88$; omdat deze samenhang voor elk van de drie locaties dezelfde is, zijn alle gegevens samengenomen). Gemiddeld bedraagt het chlorofyl-b gehalte dus ca. 9% van het chlorofyl-a gehalte.

Andere belangrijke fytoplanktonsoorten tijdens de voorjaarsbloei zijn de diatomee *Skeletonema costatum* en de dinoflagellaat *Heterocapsa triquetra*.

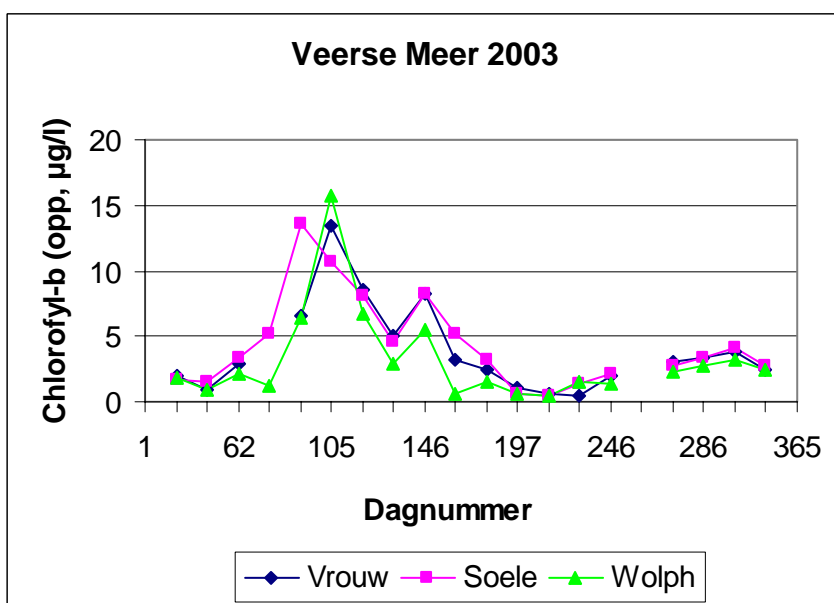
De voorjaarsbloei van fytoplankton heeft in maart vroeg op gang kunnen komen vanwege de hoge instraling in de tweede en derde decade van deze maand (zie Figuur 10). Tot in augustus blijft de instraling hoger dan de norm en met de beschikbaarheid van voldoende nutriënten blijven de chlorofyl-a gehalten, ondanks een aanzienlijke begrazing door zoöplankton, dientengevolge hoog.

Als gevolg van de sterke ontwikkeling van het fytoplankton neemt het doorzicht al vroeg in het voorjaar af van ca. 12 naar 2 tot 3 dm (zie Figuur 11). Dergelijke lage waarden zijn zeer ongebruikelijk voor het Veerse Meer. Gedurende de zomer neemt het doorzicht weer langzaam toe tot ca. 6 dm.

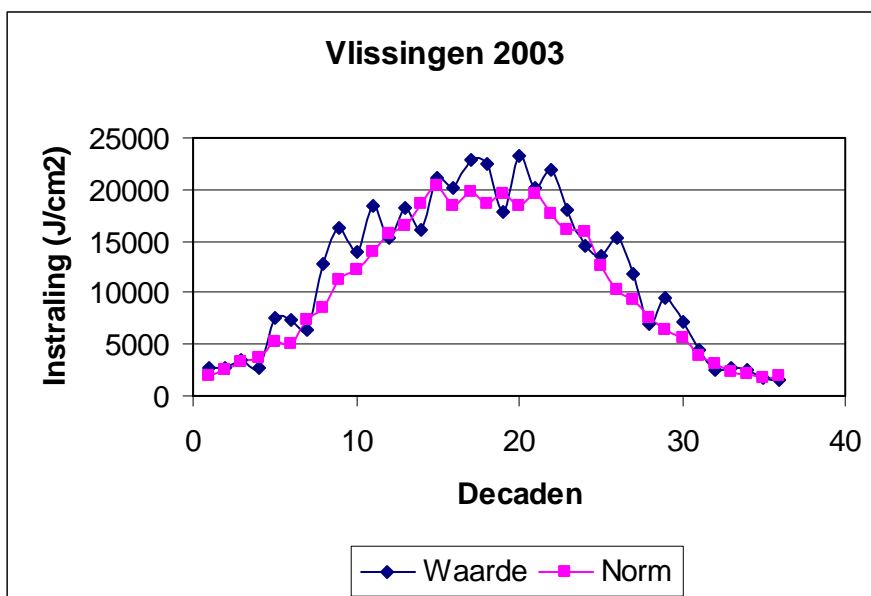
In 2003 is er geen zeesla aangetroffen in het Veerse Meer. De meest voor de hand liggende oorzaak is de grote troebelheid vanwege de fytoplanktonbloei, waardoor het zeesla zich in het voorjaar niet heeft kunnen ontwikkelen.



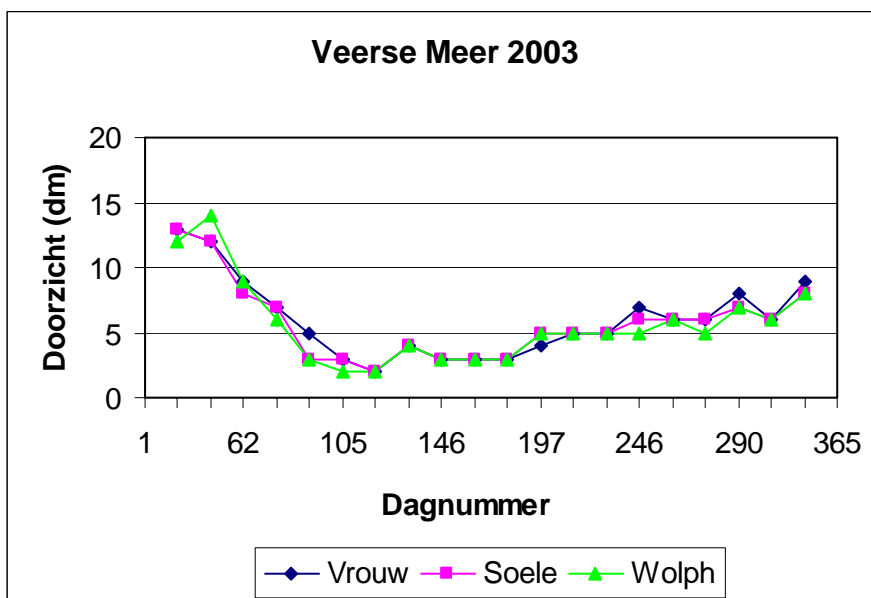
Figuur 8. Chlorofyl-a gehalten (oppervlakte, in µg/l) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder en Wolph = Wolphaartsdijk.



Figuur 9. Chlorofyl-b gehalten (oppervlakte, in µg/l) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder en Wolph = Wolphaartsdijk.



Figuur 10. Gemeten instraling (in J/cm²) op het KNMI-station Vlissingen in 2003. Afgebeeld zijn de cumulatieve waarden per decade. Waarde = gemeten waarde in 2003, Norm = gemiddelde waarde uit metingen in het tijdvak 1971-2000.

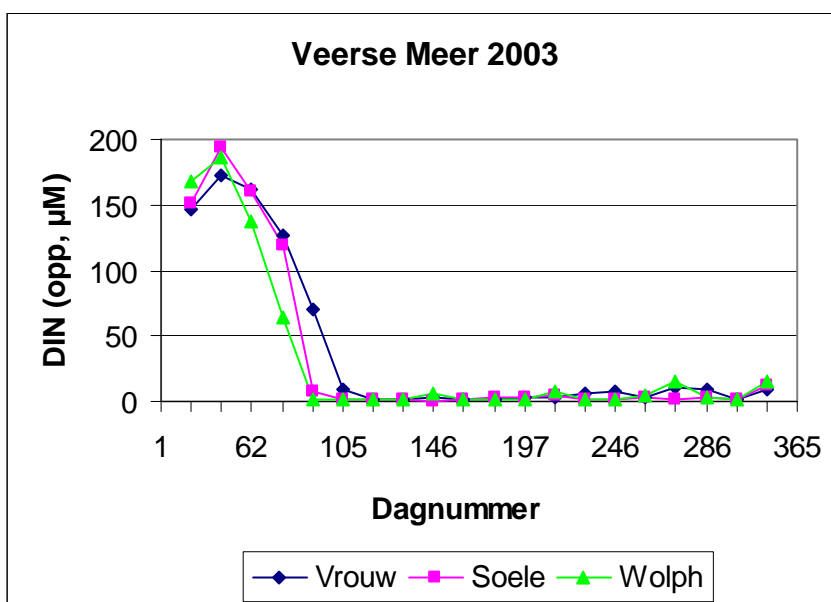


Figuur 11. Doorzicht (in dm) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder, Wolph = Wolphaartsdijk.

8. Nutriëntenconcentraties in 2003.

In deze alinea zal ingegaan worden op het verloop van de voor het fytoplankton belangrijke nutriënten DIN ($\text{NO}_2+\text{NO}_3+\text{NH}_4$), PO_4 en Si. Het nutriënt Si wordt alleen gebruikt door diatomeeën.

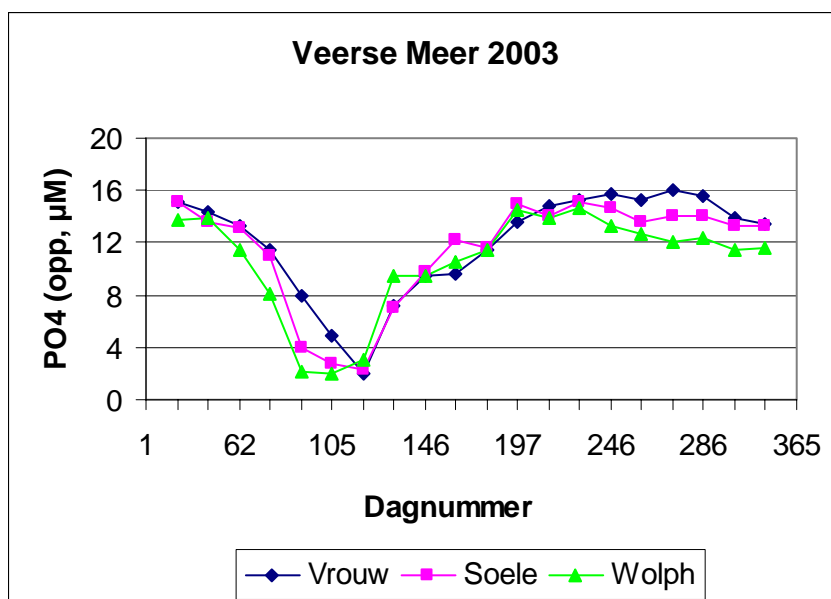
Als gevolg van de vroege en uitbundige voorjaarsbloei in 2003 nemen de DIN concentraties snel af van zo'n 150 tot 200 μM tot waarden $< 10 \mu\text{M}$ (zie Figuur 12). Vanaf half maart tot in september blijven de DIN concentraties tussen 1 en 10 μM , waarbinnen ook perioden met concentraties van ca. 1 μM voorkomen. In deze perioden zou het fytoplankton iets van stikstof beperking, die optreedt bij concentraties van 1 tot 2 μM (Fisher et al., 1988), kunnen ondervinden. Daar staat tegenover dat de concentraties opgelost organisch stikstof 's zomers vrij hoog zijn (Wattel, 1994) en opgelost organisch stikstof is in principe opneembaar door fytoplankton.



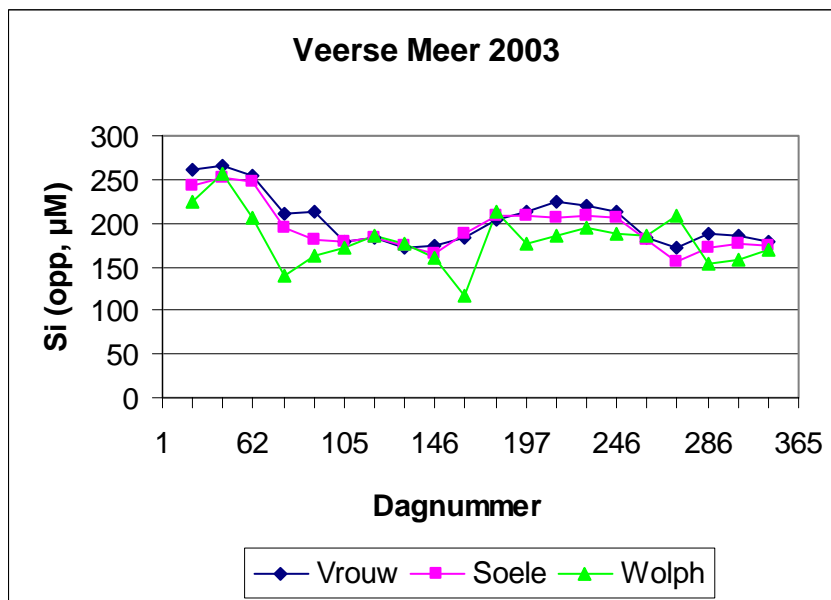
Figuur 12. DIN ($\text{NO}_2+\text{NO}_3+\text{NH}_4$) concentraties (in μM) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder, Wolph = Wolphaartsdijk.

Door de zeer vroege en uitbundige voorjaarsbloei in 2003 nemen de PO_4 concentraties snel af van 16 tot 2 μM (zie Figuur 13). Door nalevering van PO_4 uit de bodem nemen de PO_4 concentraties vervolgens weer geleidelijk toe tot waarden van 16 μM . De PO_4 concentraties zijn het gehele jaar dermate hoog dat geen PO_4 beperking optreedt

De Si concentraties nemen tijdens de voorjaarsbloei af van 250 μM tot zo'n 200 μM en blijven gedurende de rest van het jaar tussen 150 en meer dan 200 μM (zie Figuur 14). Dergelijke zeer hoge Si concentraties zijn absoluut niet beperkend voor de groei van het fytoplankton (diatomeeën).



Figuur 13. PO₄ concentraties (in µM) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder, Wolph = Wolphaartsdijk.



Figuur 14. Si concentraties (in µM) op drie locaties in het Veerse Meer in 2003. Vrouw = Vrouwenpolder, Soele = Soelekerkepolder, Wolph = Wolphaartsdijk.

9. Primaire productie.

De primaire productie van het fytoplankton in het Veerse Meer werd voor het eerst gemeten in de periode 1969 t/m 1971; de jaarproductie bedroeg 250-360 g C m⁻² en het grootste deel van de jaarproductie vond plaats tijdens het vroege voorjaar (Bakker & Vegter, 1978). In 1980, 1982 en 1983 (januari t/m juli) werd de primaire productie op een drietal locaties gemeten; de jaarproductie in de jaren 1980 en 1982 varieerde tussen 229 en 377 g C m⁻² en 65 a 80 % van de jaarproductie werd gerealiseerd in de periode maart t/m juli (Stronkhorst et al., 1985). De hoogste jaarproductie werd gemeten in het oostelijke deel; in het midden en westelijke deel lag de primaire productie op een duidelijk lager niveau.

Na 1983 werd geen primaire productie meer gemeten in het Veerse Meer. Omdat het beheer in al die jaren steeds hetzelfde is gebleven is het redelijk te veronderstellen dat de jaarproductie zich steeds op een ongeveer vergelijkbaar niveau heeft bevonden. In de jaren 2002 en 2003, met grote algenbloeien, zal de primaire productie zeker hoger geweest zijn. Indirect is dit ook te zien is aan de langere zuurstofloosheid over grotere oppervlakten dan voorheen, als gevolg van de zuurstofvragende afbraakprocessen van gesedimenteed fytoplankton.

10. Te verwachten ontwikkeling van het fytoplankton.

De groenwieren, die de laatste paar jaren de grote bloeien veroorzaakten, en die ook meer in het zoete en brakke water thuishoren, hebben zich de laatste jaren tot zeer hoge concentraties kunnen ontwikkelen als gevolg van de zoeter wordende oppervlaktelaag. Na in gebruikname van het doorlaatmiddel zal het Veerse Meer water aanzienlijk zouter worden. De grote bloeien van groenwieren zullen daarom verdwijnen. Het aantal brakwatersoorten zal minder worden en het aantal echte zoutwatersoorten zal toenemen. Overigens is het voor veel soorten heel moeilijk om ze als een typische brakwater- of zoutwatersoort te beschouwen, omdat ze voor kunnen komen bij een grote range van zoutgehalten.

Omdat in de nieuwe situatie bij de hogere zoutgehalten en lagere nutriëntengehalten veel uit de Oosterschelde afkomstige zoutwatersoorten zich goed kunnen handhaven, zullen het aantal soorten en de diversiteit van het fytoplankton zeker gaan toenemen. De verwachting is dat vooral het aantal soorten diatomeeën en dinoflagellaten toe zal nemen. Omdat het stagnante karakter van het Veerse Meer toch grotendeels bewaard blijft, zullen nieuw optredende soorten ook soorten zijn die zich gemakkelijk in de waterkolom kunnen handhaven. Wellicht zal het toekomstige Veerse Meer fytoplankton ook meer gelijkenis gaan vertonen met het huidige Grevelingen fytoplankton. Hoe het ook zij, de te verwachten veranderingen binnen het fytoplankton zullen snel plaatsvinden en zullen zich na twee jaar grotendeels al voltrokken kunnen hebben.

De nu waargenomen soorten (potentieel) toxische algen en plaagalgen zullen ook in de nieuwe situatie aangetroffen worden, mogelijk zelfs met iets hogere concentraties omdat steeds verse aanvoer van uit de Oosterschelde optreedt. Van de Raphidophyceëen is tot nu toe alleen *Chattonella* sp. waargeniomen. Bij de toekomstige hogere zoutgehalten zouden zich meer soorten Raphidophyceëen, na binnenkomst via de Oosterschelde, kunnen handhaven. Na in gebruikname van het doorlaatmiddel zal het Veerse Meer een stagnant karakter behouden. Dat betekent dat van uit de Oosterschelde binnenkomende *Phaeocystis*-bloeien zullen sedimenteren en in het voorjaar in het oostelijke deel zullen sedimenteren. De voor de afbraak van het

gesedimenteerde materiaal benodigde zuurstof zal onttrokken worden aan de diepere waterlagen.

11. Toekomstige monitoring van het fytoplankton.

Met de huidige fytoplankton monitoring locatie Soelekerkepolder kan ook in de toekomst volstaan worden. Het is trouwens ook de enige locatie waarvan monitoring gegevens van een wat langere periode bekend zijn.

12. Referenties.

BAKKER, C., 1966. Een protozo in symbiose met algen in het Veerse Meer. De Levende Natuur 69: 180-187.

BAKKER, C., 1967. Massale ontwikkeling van ciliaten met symbiontische algen in het Veerse Meer. De Levende Natuur 70: 166-173.

BAKKER, C. & F. VEGTER, 1978. General tendencies of phyto- and zooplankton development in two closed estuaries (Lake Veere and Lake Grevelingen) in relation to an open estuary (Eastern Scheldt), S.W. Netherlands. Hydrobiol. Bull. 12: 226-245.

BIJLSMA, L. & C.W. IEDEMA, 1991. Het Veerse Meer uit de wachtkamer. De Levende Natuur 92: 38-40.

DE VRIES, M.B. & I. DE VRIES, 1991. De eutrofiëring van het Veerse Meer opgelost? De Levende Natuur 92: 47-51.

FISHER, T.R., L.W. HARDING, D.W. STANLEY & L.G. WARD, 1988. Phytoplankton, nutrients and turbidity in the Chesapeake, Delaware, and Hudson estuaries. Estuar. coast. Shelf Sci. 27: 61-93.

MOESTRUP, Ø. & J. LARSEN, 1992. Potentially toxic phytoplankton 1. Haptophyceae (Prymnesiophyceae). ICES Identification Leaflets for Plankton, Leaflet No. 179.

NOLTE, A., G. BOOT, H. KERNKAMP & J. WIJSMAN, 2002. Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer. Studie naar het effect van het doorlaatmiddel en aanvullende maatregelen. Deel 3: Toekomstige ontwikkeling en mogelijkheden. Rapport WL/Delft Hydraulics.

STRONKHORST, J., R.N.M. DUIN & H. HAAS, 1985. Primaire produktie onderzoek in het Veerse Meer (1982-1983). Nota DDMI 85.10.

VAN DE KAMER, J.P.G. & G.P. BOLLEBAKKER, 1991. Een zouter meer bij nieuw beheer? De Levende Natuur 92: 41-46.

WATTEL, G., 1994. Veerse Meer. Evaluatie systeemontwikkeling. Periode 1988 – 1993. Rapport RIKZ-94.046: 1-45.

WETSTEYN, L.P.M.J., R.N.M. DUIN, J.C. KROMKAMP, M.J. LATUHIHIN, J. PEENE, A. POUWER & T.C. PRINS, 2003. Verkenning draagkracht Oosterschelde. Onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990 t/m 2000. Rapport RIKZ/2003.049: 1-105.

Bijlage 1. Waargenomen soorten/groepen/klassen (potentieel) toxische algen en plaagalgen op de locatie Soelekerkepolder, maanden en jaren van waarneming en het minimum en maximum aantal cellen/l. Opper = oppervlakte, Sprong = spronglaag en Bodem = bodem.

Diepte	Soort/groep	Klasse	Maand	Jaar	Min aantal/l	Max Aantal/l
Opper	Anabaena	Blauwwieren	8-9	01-02	1148	46130
Opper	Aphanizomenon	Blauwwieren	10-12	00,02	4188	30000
Opper	Chattonella	Raphidophyceën	6-7	93,97	125	8441
Opper	Chrysochromulina	Prymnesiophyceën	1-12	95,97-03	1004	30303030
Opper	Dinophysis	Dinoflagellaten	12	03	833	
Opper	Dinophysis acuminata	Dinoflagellaten	6,8-12	90-93,98	10	1004
Opper	Noctiluca scintillans	Dinoflagellaten	5-9	94-95,00	23	500
Opper	Oscillatoria agardhii	Blauwwieren	2, 9-12	99-03	159	180000
Opper	Phaeocystis globosa	Prymnesiophyceën	3-4,6-8	90,93-94,99-01	536	203481
Opper	Prorocentrum lima	Dinoflagellaten	7,9	90,96	47	198
Opper	Prorocentrum minimum	Dinoflagellaten	1, 4-12	92-94, 97, 01-03	15	1625000
Opper	Prymnesiaceae	Prymnesiophyceën	8	01	101351	304054
Opper	Pseudo-nitzschia	Diatomeeën	4-9	91, 96-99	224	16187
Opper	Pseudo-nitzschia delicatissima	Diatomeeën	4,8	98	1004	50870
Opper	Pseudo-nitzschia pungens cf	Diatomeeën	6,8,12	00,03	103	833
Opper	Pseudo-nitzschia seriata	Diatomeeën	3, 5, 7-11	90-93	71	337383
Sprong	Chattonella	Raphidophyceae	7	97	547	2613
Sprong	Chrysochromulina	Prymnesiophyceën	4-8	98-03	3438	25252525
Sprong	Dinophysis acuminata	Dinoflagellaten	6,9	90-91, 93	58	309
Sprong	Noctiluca scintillans	Dinoflagellaten	8	94	24	
Sprong	Oscillatoria agardhii	Blauwwieren	8	99	327	
Sprong	Phaeocystis globosa	Prymnesiophyceën	4, 7-8	91, 93, 00-01	16892	232784
Sprong	Prorocentrum lima	Dinoflagellaten	9	94	120	
Sprong	Prorocentrum minimum	Dinoflagellaten	4, 6-9	92-93, 97, 03	84	5574324
Sprong	Prymnesiaceae	Prymnesiophyceën	7	02	50505	
Sprong	Pseudo-nitzschia	Diatomeeën	5-9	91, 95-96, 98	61	5320
Sprong	Pseudo-nitzschia delicatissima	Diatomeeën	4, 6	91	62	7033
Sprong	Pseudo-nitzschia pungens cf	Diatomeeën	7-8	00-01	104	372
Sprong	Pseudo-nitzschia seriata	Diatomeeën	4, 7-9	91-93	556	473469
Bodem	Chrysochromulina	Prymnesiophyceën	4-5, 7-8	99, 01-03	16892	6521739
Bodem	Dinophysis acuminata	Dinoflagellaten	7	90	47	
Bodem	Dinophysis punctata	Dinoflagellaten	7	90	187	
Bodem	Noctiluca scintillans	Dinoflagellaten	4	00	226	
Bodem	Phaeocystis globosa	Prymnesiophyceën	3	93	536	7244
Bodem	Prorocentrum minimum	Dinoflagellaten	5-7	92, 03	37	1667
Bodem	Prymnesiaceae	Prymnesiophyceën	4	03	1818182	
Bodem	Pseudo-nitzschia	Diatomeeën	5-6, 8	91, 96-99	149	14702
Bodem	Pseudo-nitzschia pungens cf	Diatomeeën	5	96, 03	140	2589
Bodem	Pseudo-nitzschia seriata	Diatomeeën	3, 7-9	90-93	97	337383