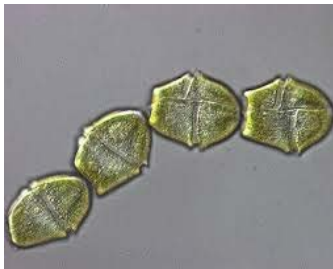


Aanwijzing nieuwe productiegebieden: Onderbouwing monsternamen sanitair programma

M. Dedert, A. Blanco-Garcia, M. Poelman

Rapport C086/15



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

NVWA
Dregweg 4
4401 LD Yerseke

Publicatiedatum:
12 juni 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V14.1

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1. Inleiding	7
2. Kennisvraag	8
3. Karakteristieken schelpdier productiegebieden en huidige sanitaire monitoring in Nederland	9
3.1 Beschrijving productiegebieden	9
3.1.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems)	9
3.1.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Westerschelde.....	11
3.1.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad	12
3.2 Huidige monitoring productiegebieden en milieuomstandigheden	13
3.2.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems)	13
3.2.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer en Veerse Meer	14
Oosterschelde.....	14
Grevelingenmeer.....	16
Veerse Meer	16
3.2.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad	17
3.3 Toxische algenbloeien in Nederlandse kustwateren	18
3.3.1 Dinoflagellaten	18
Alexandrium sp.....	18
Dinophysis sp.	19
Gymnodinium sp.	20
Prorocentrum sp.	20
3.3.2 Diatomee Pseudo-Nitzschia sp.	20
4. Evaluatieprotocol ter beoordeling monitoringsprogramma.....	21
4.1 Bemonsteringsmogelijkheden waterlagen.....	26
4.2 Bemonsteringsstrategieën.....	27
4.3 Aantal monsternamepunten	29
5 Evaluatie monitoringsprogramma Nederlandse productiegebieden	30
5.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems).....	30
5.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Westerschelde ...	34
Oosterschelde	34
Grevelingenmeer	36
Veerse Meer	37
5.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad.....	39
5.4 Verbetering monstername techniek monitoringsprogramma.....	42
6. Conclusie en aanbevelingen	43
6.1 Conclusies	43
6.2 Aanbevelingen	44
Kwaliteitsborging	45

Referenties	46
Verantwoording	48
Bijlage 1 Parameters afweging monstername frequentie	49
Bijlage 2. Protocol monstername fytoplankton (water)	50

Samenvatting

Het sanitair monitoring programma voor schelpdieren monitort aangewezen productiegebieden en onderzoekt: de aanwezigheid van toxine producerende soorten plankton (1), aanwezigheid van biotoxinen in levende tweekleppige weekdieren (2) en de microbiologische kwaliteit van de levende tweekleppige weekdieren (3).

Er is noodzaak (voor het aantoonbaar maken van gemaakte keuzes en aanname) om dit monitoringsprogramma te verbeteren. Daarom wordt door de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA) aanvullende informatie gevraagd over de karakteristieken van de productie gebieden en indicatoren, die van invloed zijn op het adequaat inrichten van en monitoring programma met als doel een protocol te ontwikkelen en toe te passen. Hiertoe zijn de volgende kennisvragen beantwoord:

1. Wat zijn de karakteristieken van de Nederlandse productie wateren en van de huidige sanitaire monitorings-programma's en indicatoren

De karakteristieken van de Nederlandse schelpdierproductie wateren zijn beschreven. De stromingsdynamiek, nutriënt toevoer, verontreinigende bronnen en stratificatie van het systeem zijn de belangrijkste karakteristieken om rekening mee te houden in het opstellen en verifiëren van een monitoring programma.

Voor fytoplankton zijn de stratificatie (aanwezigheid van spronglaag), de bron voor aanvoer van algen, turbulentie en het "vlekkerige" patroon van verspreiding de belangrijkste parameters.

Voor mariene biotoxinen zijn de aanwezigheid van algen, verticale distributie van schelpdieren en algen, het "vlekkerige" patroon van verspreiding en de grote individuele variatie in toxinen gehalten de belangrijkste parameters.

Voor microbiologische verontreinigingen zijn de aanwezigheid en locatie van verontreinigende bronnen, de hydrodynamiek en de ruimtelijke spreiding in productie gebieden de belangrijkste karakteristieken.

2. Opstellen van een protocol voor de evaluatie van de inrichting van sanitaire monitoring in de Nederlandse productie gebieden

Er is een protocol opgesteld, waarbij met name aandacht is voor de belangrijkste parameters voor de Nederlandse wateren. Hierbij is aandacht voor de verschillende keuzes, mogelijkheden en beperkingen die monitoring programma's hebben.

3. Evaluatie monitoringsprogramma in de Nederlandse productiegebieden op basis van het beschikbare protocol

Het ontwikkelde monitoring protocol is toegepast op de Nederlandse productie gebieden. Hierbij zijn met name voor de Oosterschelde enkele verbeterpunten ontstaan.

4. Verbeteringen voor de monsternamen techniek op basis van de karakteristieken van de belangrijkste indicatoren

Er is een protocol beschreven die recht doet aan de dynamiek van algen en de mogelijkheid biedt over de volledige waterkolom te bemonsteren. Hierdoor worden algen uit de gehele waterkolom bemonsterd, waardoor een verbeterd generiek beeld ontstaat. Dit biedt perspectief voor met name gestratificeerde systemen.

Momenteel richt de monitoring zich nadrukkelijk op de productiegebieden. De voor het ontstaan van een algenbloei belangrijke ecologische parameters worden binnen het huidige programma niet gemonitord. Met deze beperkte bemonstering zal in het geval van het ontstaan van een bloei of zodanige vermeerdering van cellen dat deze een bedreiging vormt voor de schelpdiersector en als gevolg hiervan de volksgezondheid, het risico bestaan dat een aanwezigheid niet tijdig wordt gesignaleerd. Het is daarom aan te bevelen het aantal meetpunten in de Noordzee te vermeerderen alsmede ook de monsternamen aan te passen, d.w.z. verschillende dieptes te monstern. Vanwege de turbulentie in het merendeel van de Nederlandse kustwateren valt niet te verwachten dat een bloei zijn oorsprong zal vinden in deze wateren. Echter, er bevinden zich in de Deltawateren locaties waar zich potentieel omstandigheden voor kunnen doen die een toxische bloei kunnen bevorderen, zoals stagnatie in inhammen en lagunes. Op deze locaties zou een (intensivering van de) monitoring bijdragen aan de effectiviteit van het monitoringsprogramma. De monitoring programma's die momenteel lopen houden voor een deel rekening met de hydrografische en ecologische omstandigheden. Echter, om een dekkend programma te krijgen zijn voornamelijk aanpassingen in de monitoring van fytoplankton nodig, aangezien deze nog onvoldoende voorzien in de variabiliteit die een algenbloei kent m.b.t. de tijd, geografisch en de getijde invloeden.

1. Inleiding

In het kader van het sanitair monitoring programma voor schelpdieren worden aangewezen productiegebieden gemonitord op de aanwezigheid van toxine producerende soorten plankton, aanwezigheid van biotoxinen in levende tweekleppige weekdieren en de microbiologische kwaliteit van de levende tweekleppige weekdieren. Vanwege de toenemende noodzaak om de invulling van dit programma beter te kunnen vormgeven, wordt aanvullende informatie gevraagd ter onderbouwing en eventuele aanvulling van de geografische spreiding van de monsterpunten op de huidige uitvoering van het sanitair programma.

De huidige monitoring (frequentie en spreiding van de monsterpunten) is gebaseerd op stromingsprofielen en lozingspunten, hierbij is veelal gebruik gemaakt van expert judgement (sector, overheid en onderzoek) en informatie uit een evaluatie programma. Deze gegevens zijn gebruikt om te komen tot de bestaande sub-indeling van productie- en verwateringsgebieden. Hierbij wordt aangenomen dat het homogene gebieden betreft die in voldoende mate geïsoleerd zijn om van een gelijkmatig besmettingsniveau te kunnen spreken (Tap et al., 2005). De geografische spreiding is gebaseerd op resultaten van jarenlange monitoring. Hierbij wordt aangenomen dat toxische algen vanuit de Noordzee de overige productiegebieden instromen. Deze aanname wordt onderschreven door resultaten uit het verleden (Ridderinkhof, 1990 en data base IMARES). Microbiologische (*E. coli*) monsternamen is gebaseerd op een verhoogd risico als gevolg van lozingen (o.a. van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's)) en overstorten na zware regenval. De focus van fytoplankton monsternamen ligt op de productiegebieden waarbij gewerkt wordt vanuit het principe van Early Warning System, wat inhoudt dat bij een overschrijding van de normen tijdens de herbemonstering de productiegebieden gesloten worden.

In dit rapport wordt een onderbouwing met aanbevelingen gepresenteerd van het sanitair monitoringsprogramma voor schelpdieren. De analyse is opgesplitst in de Waddenzee, (Zuidelijk) Deltagebied (Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Westerschelde) en Noordzee. De dynamiek in de drie gebieden verschilt door hydrografische omstandigheden welke zich vertaalt in een differentiatie in de frequentie en risico op soort van contaminatie. Bij een waarneming van toxische algensoorten boven maximaal toegestane aantal wordt de bemonstering geïntensiveerd, waarbij gefocust wordt op de visgebieden en geulen (zie Tabel 1). De normen en het monitoring programma zijn beschreven in Regeling van de Inspecteur-generaal van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit namens de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 13 februari 2014, NVWA/14/1430/AtC, houdende vaststelling van de beleidsregels bemonsteringsplannen sanitaire monitoring.

Tabel 1: Frequentie en periode van bemonstering voor indicatoren.

Indicator	Periode	Frequentie*
<i>E. coli</i>	Januari – mei/juni Juni/juli- december	Maandelijks 2-Wekelijks tot maandelijks
Fytoplankton / Biotoxinen	Januari – juni Juli – Oktober November, december	Maandelijks (juni deels 2-wekelijks) Wekelijks tot Maandelijks Maandelijks

* bemonsterfrequentie verschilt per gebied

2. Kennisvraag

In het kader van het sanitair monitoring programma voor schelpdieren worden aangewezen productiegebieden gemonitord op de aanwezigheid van toxine producerende soorten plankton, aanwezigheid van biotoxinen in levende tweekleppige weekdieren en de microbiologische kwaliteit van de levende tweekleppige weekdieren. Vanwege de toenemende noodzaak (aantoonbaarheid van keuzes) om de invulling van dit programma beter te kunnen vormgeven, wordt aanvullende informatie gevraagd ter onderbouwing en eventuele aanvulling van de geografische spreiding van de monsterpunten op de huidige uitvoering van het sanitair programma.

Deze opdracht heeft als doel een onderbouwing van de huidige monsternamestrategie te realiseren, waarbij de methodologische aspecten nader worden onderbouwd en indien nodig aangevuld. Het uiteindelijke resultaat zal gebruikt worden voor het onderbouwen en mogelijk aantoonbaar maken dat schelpdierkweek in de Nederlandse wateren voldoet aan de (fyto) sanitaire eisen gesteld door de Verenigde Staten en aan de aanbevelingen van de EU (regelgeving). Hierbij wordt aandacht besteed aan: microbiologische parameters (*E. coli*), fytoplankton en mariene biotoxinen.

Er worden hiertoe vier kennisvragen gesteld:

1. Wat zijn de karakteristieken van de Nederlandse productie wateren en van de huidige sanitaire monitorings-programma's en indicatoren (welke karakteristieken zijn van invloed om vorm te geven aan een monitoring protocol)
2. Opstellen van een protocol voor de evaluatie van de inrichting van sanitaire monitoring in de Nederlandse productie gebieden
3. Evaluatie monitoringsprogramma in de Nederlandse productiegebieden op basis van het beschikbare protocol
4. Verbeteringen voor de monstername techniek op basis van de karakteristieken van de belangrijkste indicatoren

Aanvullend worden aanbevelingen voor mogelijke aanpassingen en verbetering van het huidige monitoringprogramma gegeven.

3. Karakteristieken schelpdier productiegebieden en huidige sanitaire monitoring in Nederland

3.1 Beschrijving productiegebieden

3.1.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems)

De Waddenzee staat in open verbinding met de Noordzee. Aangenomen wordt dat toxische algen vanuit de Noordzee gedurende hoog tij de Waddenzee instromen en zich daar onder geschikte omstandigheden zich zullen vermeerderen. Deze aanname wordt verklaard door resultaten uit het verleden te bestuderen (jaarlijkse rapportage aan ICES, WGHABD). De omstandigheden in de Waddenzee zijn voor veel toxische algen, met name de toxische dinoflagellaten te turbulent om tot exponentiële groei te komen. Aangezien de grootste flux aan toxische algen te verwachten is vanuit het instromen water uit de Noordzee wordt hier op geanticipeerd in de monsternamen. Dit gebeurt in de Westelijke Waddenzee (productiegebieden Zuid, Midden en Noord) door drie locaties te bemonsteren die representatief zijn voor het instromend water en de ligging van de schelpdierpercelen (Figuur 1). In de Waddenzee worden de ingangen van grote geulen gemonitord en in geval van aanwezigheid van hogere (>vastgestelde limiet per algengroep) gehalten, worden ondiepere geulen en gebieden waar schelpdierkweek plaatsvindt aanvullend bemonsterd (Figuur 1).

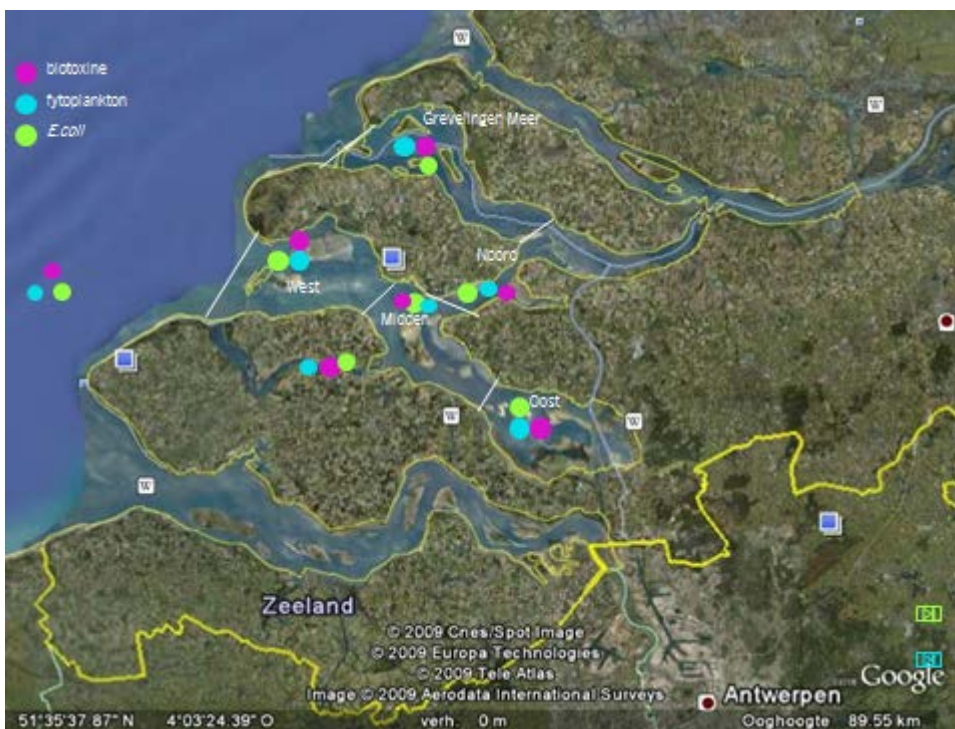
Het Oostelijk Wad (productiegebieden Friese en Groninger Wad (en Eems Dollard)) karakteriseert zich door een grote verscheidenheid in geulen en stroomgebieden (Figuur 1). Hier komt per getijdencyclus het water vanuit de Noordzee binnen. De platen stromen over en sediment wordt gesuspenseerd. Ieder deelgebied kent wantijen waar het water van twee zijden van de plaat elkaar ontmoeten. Het Oostelijke deel van het wad is grotendeels droogvallend bij laagwater en ondiep bij hoog water. Doordat de platen iedere getijdencyclus overstroomd zullen uitwerpselen van vogels (incl. *E. coli*) suspenderen in het water. Daarnaast komen op de getijdeplaten bentische diatomeeën tot ontwikkeling die bij hoogwater deels suspenderen.

Dit Oostelijk Waddengebied is uitzonderlijk divers en het gedrag van algen en vogels is afhankelijk van de weer en getijde omstandigheden. Hierdoor is het zeer moeilijk te voorspellen hoe de dynamiek van toxische algen, en daarmee gebonden toxine productie, maar zeker ook het voorkomen van *E.coli* zich ontwikkeld. Dit heeft directe implicaties voor een monitoring programma op deze parameters, aangezien pragmatisch met de kennis van de diversiteit en onvoorspelbaarheid omgegaan moet worden.

Dit wordt versterkt door de werkwijze van de visserij (met name kokkels op platen), welke periodiek in verschillende visserijgebieden opereren.



Figuur 1. De verschillende productiegebieden in de Waddenzee en de monsternamelocaties (bron: Google Earth, aangepast).



Figuur 2. De Deltawateren ingedeeld in productiegebieden en monstername locaties. *E. coli* wordt door middel van 4 individuele punten bemonsterd.

3.1.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Westerschelde

Het Deltagebied beslaat een viertal verschillende watermassa's waar productie van schelpdieren plaatsvindt. De Oosterschelde heeft een belangrijke rol in de schelpdierkweek. In het oostelijk deel liggen veel verwaterpercelen die gebruikt worden voor het "verwateren" en opslaan van consumptiemosselen. Daarnaast vindt hier de oesterkweek plaats. Zeewater stroomt via de Oosterscheldekering de Oosterschelde binnen. Sinds de aanleg van de Oosterscheldekering zijn de hydrologische condities in de Oosterschelde veranderd. Met name in de noordelijke tak van de Oosterschelde heeft een afname van de stroomsnelheid met 70% plaatsgevonden (Anonymus, 1991). De reductie in voedselaanbod en de hoge graasdruk in de Oosterschelde zorgen voor een beperking in de draagkracht voor algen productie. Schelpdieren grazen de algen waardoor een exponentiële toename vaak wordt onderdrukt door de begrazing.

Er is een hoge mate van turbulentie aan het oppervlakte van de Oosterschelde. In dit gebied is op diepte van 5-10 meter vaak een sprong laag te vinden. Hier groeien toxische algen vaak goed (Hallegraeff 2003) (zie beschrijving toxische algen).

De Noordelijke tak van de Oosterschelde is grotendeels gestratificeerd door de beperkte stroomsnelheid. Hierdoor vormt dit gebied een groter risico op aanwezigheid van potentieel toxische algen dan de andere gebieden in de Oosterschelde.

Het Grevelingenmeer is volledig afgesloten van andere oppervlaktewateren op een inlaat in de Brouwersdam (de Brouwerssluis) na, welke gebruikt wordt om zoutgehalte op peil te houden. Daarnaast is er een zekere stroming gewenst om zuurstofloosheid te beperken. Vanwege deze condities treedt in het Grevelingenmeer een sterke gelaagdheid op in de waterkolom; de pycnocline. Deze laag wordt gekenmerkt door een scherpe overgang in dichtheid en temperatuur en wordt vaak gekarakteriseerd door een ophoping van algendetritus (dood organisch materiaal). In het Grevelingenmeer bevindt deze laag zich op 5 tot 10m diepte.

In de Grevelingen worden met name platte en Japanse oesters gekweekt op de hiertoe aangewezen percelen.

Het Veerse Meer is een zoutwatermeer dat aan de oostkant via een doorlaat in de Zandkreekdam in verbinding staat met de Oosterschelde (Figuur 2). Er is een beperkte getijde beweging in het Veerse Meer, wat leidt tot verversing van het water. Hierdoor worden de nutriënten van de poldergemalen snel afgevoerd. De stroming van Oost naar Westkant wordt echter steeds beperkter. Het Veerse meer kent een spronglaag, waarbij het warmere oppervlakte water een laag vormt boven het koudere diepere water. De omstandigheden voor de groei van algen is van Oost naar West is daarmee verschillend.

Schelpdierkweek bevindt zich nog in de ontwikkelingsfase en op kleinere schaal. Hier worden met name oesters en mosselen gekweekt in bodem en hangcultures.

3.1.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad

De Noordzee is onderverdeeld in een drietal productiegebieden, deze liggen allen binnen de 12-mijlszone. De productiegebieden zijn onderverdeeld in de te verwachten invloeden en de wijze waarop de gebieden verschillend zijn. In alle gebieden vindt *Ensis* visserij (mesheften) op wilde bestanden plaats. In de Voordelta vindt in voorkomende gevallen mosselvisserij plaats, dat tot op heden voornamelijk beperkt is tot mosselzaad.

De hoofdstroom in de Noordzee domineert in Noordelijke richting. Met name de oppervlakte stroming wordt in gevallen (sterk) door de wind beïnvloed. De voornaamste input stromingen komen in het Zuiden vanuit de Westerschelde, Nieuwe Waterweg en Haringvliet en in het Noorden uit de uitwisseling met de Waddenzee (en deels Eems-Dollard).

De uitwisseling maken het kustgebied voldoende verschillend om over te gaan tot indeling in drie deelgebieden (de productiegebieden). Deze productiegebieden staan beschreven in de Regeling (NVWA/14/1430/AtC), houdende vaststelling van de beleidsregels bemonsteringsplannen sanitaire monitoring.

Er is niet gekozen deze gebieden verder op te delen, om te grote versnippering te voorkomen. Er zijn slecht een handvol vissers actief in de betreffende gebieden, waardoor versnippering leidt tot toenemende kosten en moeizamere controle op monsternamen.

3.2 Huidige monitoring productiegebieden en milieuomstandigheden

Het huidige monitoringsprogramma richt zich op de tijdige signalering van toxische algen, toxinen en microbiologische verontreinigingen. Hiervoor worden naast bemonstering van de schelpdieren in de productiegebieden binnen de Waddenzee, Deltawateren en de Noordzee oppervlaktewatermonster genomen (Figuren 1 & 2).

In de Nederlandse kustwateren zijn turbulentie, stratificatie, nutriëntenconcentraties (bv. lozingen incl. organisch materiaal) en watertemperatuur de belangrijkste factoren voor het voorkomen van toxine producerende algen of microbiologische verontreinigingen. Voor toxinen geldt dat de aanwezigheid van toxische algen en geschikte fysiologische conditie van schelpdieren een rol kan spelen. Op locaties waar een afname in turbulentie leidt tot stagnatie van water kan de watertemperatuur toenemen, waarmee aan een potentiële voorwaarde voor een toxische bloei of microbiologische verontreinigingen wordt voldaan (resp. rustig water en hoge retentietijd van organismen). Zeker wanneer deze locaties verder samengaan met een stratificatie van de waterkolom. Daarnaast zijn lozingspunten een belangrijke bron van nutriënten en organisch materiaal. In combinatie met stratificatie kan dit een oorzaak zijn van een bloei van toxische algen, micro-organismen maar ook organismen zoals cyanobacteriën die een bron van voedsel kunnen zijn voor de meestal mixotrofe toxische dinoflagellaten (Burkholder et al., 2009).

De verwachte toename in zware neerslag in de zomermaanden die gepaard gaan met grote overstorten in oppervlaktewateren kunnen leiden tot een lokale input van nutriënten, maar ook van in krekken aanwezige toxische algen als *Alexandrium*.

3.2.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems)

De Waddenzee is onderverdeeld in zes productiegebieden, drie in het westelijke deel van de Waddenzee (Zuid, Midden en Noord) en drie in het oostelijke deel van de Waddenzee (Friese Wad, Groninger Wad en Eems/Dollard). In het productiegebied Oostelijke Waddenzee Eems/Dollard vindt geen schelpdiervisserij en ook geen bemonstering plaats. Onderverdeling van deze gebieden is gebaseerd op de individuele stroomgebieden die de Waddenzee rijk is.

De Waddenzee wordt voor microbiologie gemonitord op vier verschillende locaties per productiegebied. Deze zijn ingericht op basis van de uitgevoerde evaluatie in 2006. Hierbij wordt op vier monsternamenpunten op perceelblokken bemonsterd. Hiermee wordt vormgegeven aan een vast monitoring programma. De locaties zijn verdeeld, waardoor verontreinigingen zo breed mogelijk aangetoond kunnen worden.

Op de meest kritieke locaties in de westelijke Waddenzee zijn monsternamenpunten voor toxische algen ingericht. Deze liggen in de hoofd geulen en zijn bedoeld om de grootste waterstromen van en naar de Waddenzee te monitoren. Hierdoor wordt de aan- en afvoer van toxische algen inzichtelijk, waar de monitoring punten voornamelijk functioneren voor de aanvoerstroam vanuit de Noordzee. Dit zijn vanuit de theoretische basis gezien de meest kritieke punten.

Voor microbiologie wordt aandacht geschonken aan het zoete water dat geloosd wordt vanuit het IJsselmeer. Dit gebeurt door een van de monsternamen locaties in de nabijheid van de zoetwaterinflux te plaatsen.

Voor mariene toxinen zijn in de Westelijke Waddenzee in ieder stroomgebied twee tot drie monsternamenpunten ingericht, welke ruimtelijk verspreid zijn over de perceelblokken. Deze zijn

geïmplementeerd om zoveel mogelijk de ruimtelijke spreiding van het voorkomen van toxische algen en hun toxinen in kaart te brengen.

Het Oostelijk Wad kent een heel pragmatische en praktische aanpak. Hier wordt gemonitord op de locaties waar schelpdiervisserij plaatsvindt. Dit betekent dat de monsternamen per monsterroutine gewijzigd kunnen worden. Hiermee is vormgegeven aan een visserij gebaseerde risico basis. Dit geldt voor zowel microbiologische parameters, toxische algen als mariene toxinen.

Milieuomstandigheden

De Rijn vormt een belangrijke bron van nutriënten voor de Waddenzee gebied. Er wordt onder andere IJsselmeer water in de Westelijke Waddenzee geleid (van Raaphorst en de Jonge, 2004).

Daarnaast is de influx van Noordzee water sterk voor wat betreft toxische algen. In het westelijke deel van de Waddenzee wordt de hoeveelheid algen beperkt door een verlaging van de hoeveelheid anorganisch fosfaat in het zeewater (Ly et al 2014).

3.2.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer en Veerse Meer

Oosterschelde

De Oosterschelde is opgedeeld in een viertal productiegebieden (zie figuur 1), waarbij op grond van de waterloopkundige en morfologische eigenschappen, o.a. stroming en menging van de watermassa's bepalend zijn geweest (Anonymus, 1991). Naast een Westelijk productiegebied waar gecontroleerd wordt op de instroming van toxische algen en microbiologische verontreinigingen vanuit de Noordzee, bestaat er een Midden, Noord en Oostelijk productiegebied. In Oosterschelde Midden betreft het een menging van de watermassa's uit de drie andere productiegebieden, met een lichte afname in turbulentie en menging met nutriëntrijker water uit Oosterschelde Noord. Oosterschelde Oost wordt gekenmerkt door een verdere afname in stroomsnelheid. Oosterschelde Noord wordt gekenmerkt door een aantal lozingspunten vanuit krekens en een RWZI met hoge nutriëntenconcentraties.

De Oosterschelde wordt gemonitord door per productiegebied een viertal microbiologische monsters te nemen. Deze worden random genomen op de vastgestelde perceelblokken (per monsterpunt zijn perceelblokken beschikbaar voor monsternamen). Dit betekent dat er een lichte ruimtelijke variatie is, waardoor de variatie in voorkomen van microbiologische parameters ondervangen wordt.

Voor wat betreft mariene toxinen worden monsternamen verricht op percelen nabij de ingang van de Oosterschelde (Oosterschelde West). Dit vindt plaats om de influx van toxische algen en de risico's op toxinen te monitoren, deze locaties worden gezien als de meest risicovolle locaties voor het Westelijke gedeelte van de Waddenzee, aangezien aangenomen wordt dat toxische algen uit de Noordzee naar de Oosterschelde getransporteerd worden. Daarnaast wordt in de andere drie productiegebieden gemonitord op representatieve locaties, die random gekozen zijn. Dit is om de zekerheden in te bouwen die nodig zijn. In het Oostelijk deel is het monsternamenpunt vooral gericht op ter bescherming van de verwatergebieden, hoewel deze officieel niet tot het productiegebied Oosterschelde Oost gerekend worden. Dit omdat hier mosselen liggen die (relatief) snel de handel in gaan.

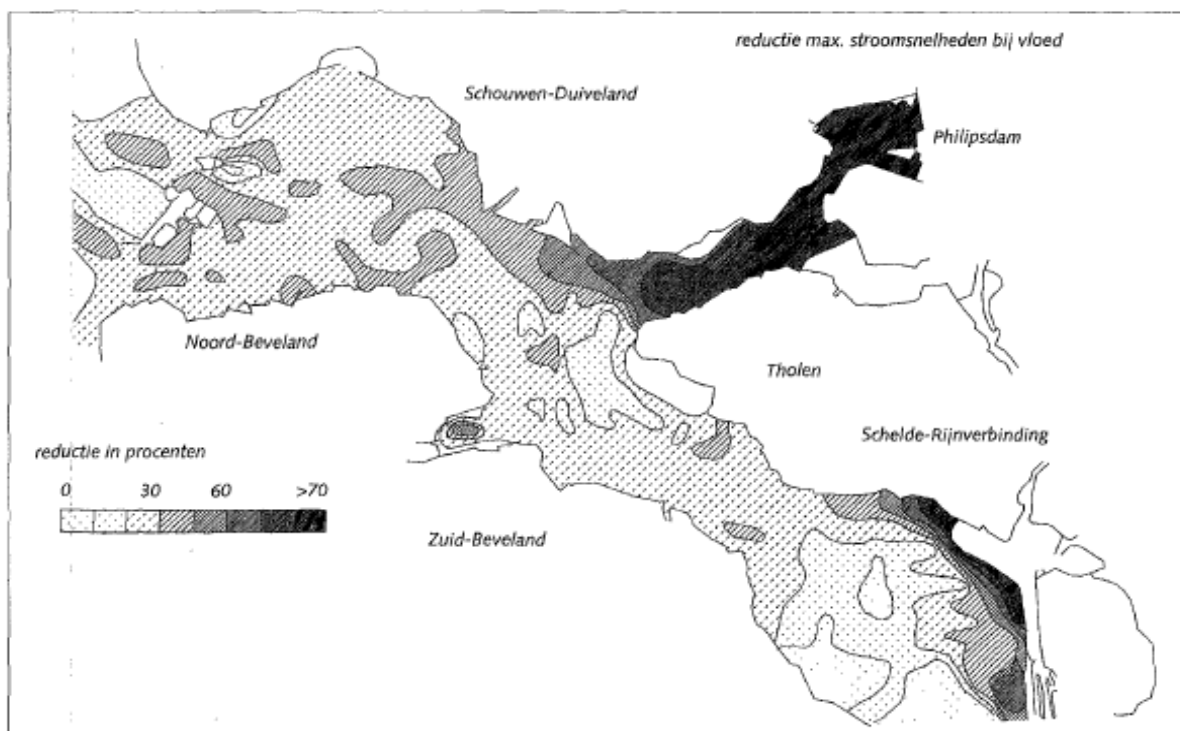
De toxische algenmonsters worden op dezelfde wijze als mariene toxinen genomen. Hierbij geldt dat de monsternamen oppervlakte monsters betreffen.

Milieuomstandigheden

In Oosterschelde Noord, waar een grotere kans op stratificatie bestaat vanwege de (vaak nutriëntrijke) lozingen vanuit krekken, bestaat een groter risico op het ontstaan van een schadelijke algenbloei. Hier zorgen reducties van het getijverschil van bijna 20% en een afname van de stroomsnelheid met meer dan 70 % (Figuur 3; Anonymus, 1991) na de aanleg van de stromvloedkering voor een mogelijke overbegrazing door een langere verblijftijd van het water. Dit leidt tot een beter doorzicht, echter de instroom van nutriëntrijk water uit krekken kan resulteren in een stratificatielaag van zoet, nutriëntrijk water waar zich een risico vormt op microbiologische verontreinigingen en vorming van toxische algenbloeien.

In Oosterschelde Oost lijkt de kans op een algenbloei het grootst gezien met name de afname in stroming. Echter, gedurende het monitoringsprogramma is gebleken dat in dit deel van de Oosterschelde een zeer lage concentratie (toxische) algen wordt waargenomen in vergelijking met de andere productiegebieden van de Oosterschelde. De hoogste algenconcentraties worden in Oosterschelde West waargenomen, waar met het binnen stromen van het Noordzeewater de algen in het Oosterscheldesysteem worden geïmporteerd. In dit productiegebied wordt de primaire productie eerder gelimiteerd door nutriëntenbeschikbaarheid of concentraties zwevend stof (Malkin e.a. 2010).

De sterke afname in aantallen fytoplankton (tellingen IMARES) in Oosterschelde Oost t.o.v. Oosterschelde West wijst op een beperkte draagkracht van de Oosterschelde. Als gevolg van een tekort aan nutriënten kan de primaire productie de schelpdieren niet van voldoende voedsel voorzien (Smaal et al., 2013). Deze hoge graasdruk is wellicht mede oorzaak van het feit dat toxische algen in de gehele Oosterschelde niet de hoge aantallen voor bloei bereiken. Daarnaast is de turbulentie in dit sub gebied (Oosterschelde West) nog zodanig hoog dat de milieucondities niet bevorderlijk lijken te zijn voor een toxische algenbloei of een microbiologische verontreiniging.



Figuur 3. Stroomsnelheden reductie (%) in de Oosterschelde (Anonymus, Veilig Getij, 1991)

Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer wordt beschouwd als een stabiel waterlichaam, gezien het feit dat het meer is afgesloten van andere wateren met uitzondering van een paar (kleine) sluisen, zoals de Brouwerssluis. Dit resulteert in een relatief stagnante watermassa, waarin gedurende de zomermaanden zich een spronglaag ontwikkeld. De menging in dit gebied gebeurt met name door windstuwing. Monsternamen in het Grevelingenmeer vindt plaats op verschillende locaties, waarbij één locatie per keer gemonsterd wordt. Hierbij wordt op twee verschillende dieptes watermonsters worden genomen, een oppervlaktewatermonster en een dieptemonsters variërend van ~2,5 m tot ~4,5 m diep. De exacte locatie van de monsternamen verschilt per monsternamen via een roulerend systeem, waarbij bemonstering afwisselend in het noordelijk, zuidelijk, oostelijk of westelijk deel van het meer plaatsvindt.

In het Grevelingenmeer wordt de monitoring op microbiologische, toxische algen en mariene toxinen random vormgegeven. De reden hiervoor is voornamelijk praktisch van aard. De vaartijden om een gebied dekkend programma op te zetten zijn lang.

Milieuomstandigheden

In het Grevelingenmeer is in tegenstelling tot de Oosterschelde van voldoende turbulentie voor volledige en continue menging van de waterkolom geen sprake. De stratificatie die in deze watermassa leidt tot de vorming van een pycnocline, deze vormt potentieel een waterlaag waar toxische algen zich concentreren. In combinatie met overstort na een zware regenbui vanuit krekken of gemalen kan dit resulteren in een schadelijke concentratie van toxische algen alsook op een meer lokaal niveau een microbiologische verontreiniging in het Grevelingenmeer. Recente analyses laten zien dat in veel krekken rondom het Grevelingenmeer de alg *Alexandrium sp.* aanwezig is (van de Waal, 2014). Deze alg kan lokaal tot bloei komen. Ook leidt dit tot een verhoogd risico op microbiologische verontreinigingen. Dit wordt veroorzaakt door de mogelijke microbiologische verontreinigingen die afkomstig zijn van afvoer van landbouw water. Echter, ondanks het optreden van milieucondities die bevorderlijk zijn voor de groei van toxische algen wordt over het algemeen weinig toxinen aangetroffen.

Veerse Meer

Sinds 2010 wordt naar aanleiding van het opstarten van een proefboerderij ook in het Veerse Meer gemonitord. Bemonstering wordt uitgevoerd door de eigenaar van de proefboerderij en monsterlocatie is afhankelijk van plaats van bevissing.

Milieuomstandigheden

Aan de hand van diepteprofielen is het Veerse Meer in drie delen op te splitsen; een westelijk deel, een middendeel en een oostelijk deel. Het westelijk deel is afgesloten van de Noordzee middels de Veerse Gatdam. Het oostelijk deel is afgesloten van de Oosterschelde met de Zandkreekdam, waar sinds 2004 via een doorlaatkoker zout water uit de Oosterschelde wordt via de "Katse Heule" ingelaten. Naargelang de weersomstandigheden (windrichting en kracht) kan stuwing plaatsvinden en veranderingen in stroming optreden. Het middendeel onderscheidt zich door een ander diepteprofiel.

3.2.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad

De Noordzee (Nederlands continentaal plat) is onderhevig aan de dynamiek van de natuur. Stroming wordt mede bepaald door input van rivieren en oceanen, getijde en windkracht en richting. Bij de kust is het water over het algemeen brakker door de instroom van rivieren (soms vormt zich een zoetwaterbel). De Noordzee is relatief ondiep en de stroming aan de bodem en het oppervlakte varieert vaak sterk. Over de tijd laat de waterdynamiek en de ecologie variaties zien over meerdere jaren. Daar komt bij dat de Noordzee als gevolg van oceaanstromen, temperatuurregimes etc. periodiek in een ander regiem komt, waardoor de ecologische waarden (en hiermee ook fytoplankton voorkomen) sterk beïnvloed worden.

In het voorjaar treedt de diatomeeën bloei in de Noordzee op. Hierbij onttrekken ze nutriënten (N, P, Si) uit het systeem. De nutriënten zijn afkomstig van verschillende bronnen: de oceanen, rivieren en de lucht (N). De rivieren zorgen voor aanvoer van nutriënten afkomstig van menselijke activiteiten. In Nederland leidt dit in voorkomende gevallen tot bloeien van *Phaeocystis* (schuimalg), welke door overmaat van nutriënten (in de juiste verhoudingen) tot bloei komt.

De Noordzee is daarnaast gestratificeerd, waarbij er sprake is van temperatuur stratificatie en door de uitstroom van de rivieren een zoet-zout stratificatie. De diepte van de stratificatie laag wordt vooral bepaald door de meteorologische omstandigheden, zoals windkracht en -richting, regenval, etc.

De Noordzee heeft wateruitwisseling met estuaria en zoute baaien als de Wester- en Oosterschelde, het Haringvliet, Nieuwe Waterweg, de Waddenzee en de Eems-Dollard. Daarnaast zijn er enkele afwaterpunten (Egmond aan Zee, Wijk aan Zee, IJmuiden, Katwijk, Scheveningen, RWZI Houtrust (Den Haag), Hoek van Holland en Stellendam).

3.3 Toxische algenbloeien in Nederlandse kustwateren

Het voorkomen van hoge concentraties toxische algen en het overschrijden van toxineconcentraties in de Nederlandse kustwateren komt in vergelijking met andere Europese landen niet veel voor (ICES, annual reports WGHABD en Fels, 2011). Ook hoeft het voorkomen van een toxische alg niet direct te resulteren in het produceren van toxinen. Dit maakt dat de monitoring van toxische algen in de Nederlandse kustwateren met een relatieve lage resolutie in ruimte en tijd plaatsvindt.

De algensoorten waarop wordt gemonitord in de Nederlandse kustwateren zijn soorten die onder de huidige ecologische omstandigheden in staat zijn tot het vormen van een bloei. Deze soorten betreft voornamelijk, maar zeker niet uitsluitend *Alexandrium* sp., *Dinophysis*, *Prorocentrum*, *Pseudo-Nitzschia* en *Gymnodinium* (Figuur 4). De exacte omstandigheden waaronder deze algen toxinen gaan produceren is nog niet geheel duidelijk. Resultaten van studies wijzen vooral op veranderingen in de relatieve beschikbaarheid van de nutriënten stikstof (N) en fosfaat (P) (Dedmer et al., 2014), waarbij een afname in beschikbare nutriënten bij het einde van de bloei leidt tot de productie van toxinen.

3.3.1 Dinoflagellaten

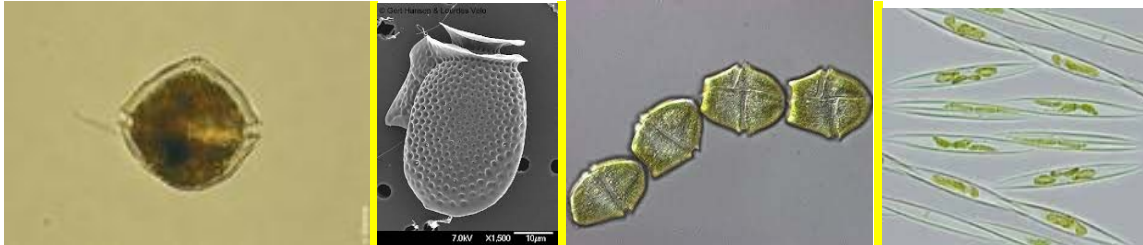
Dinoflagellaten (*Alexandrium* sp., *Dinophysis* sp., *Prorocentrum* sp., *Gymnodinium* sp.) floreren meestal onder stabielere watercondities, waarbij zich een stratificatielaag vormt. Vanwege de mogelijkheid tot het verticaal migreren in de waterkolom kunnen dinoflagellaten, beter dan andere algensoorten, zich bewegen richting meer voedselrijke diepere waterlagen. Bloeien van toxische dinoflagellaten beginnen doorgaans op open zee in de Noordzee en stromen via zeegaten de Waddenzee en de Deltawateren in (Tap et al., 2005). De cysten van dinoflagellaten kunnen in het sediment nestelen en onder de juiste omstandigheden leiden tot een uitbraak van algen. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat saliniteit, temperatuur en stroming voldoen aan ecologische voorwaarden (Peperzak et al., 1998). Echter, turbulentie in de Nederlandse kustwateren is zodanig dat aan de laatstgenoemde voorwaarde zelden wordt voldaan.

Alexandrium sp.

De omstandigheden waaronder *Alexandrium* sp. een bloei kan vormen bestaan uit nutriëntrijk water, met name een overmaat aan organisch gebonden stikstof, het optreden van stratificatie en een hoge watertemperatuur. Daarnaast speelt een laag zoutgehalte een rol bij de vorming van een bloei (Kamermans et al., 2013). In de Oosterschelde zijn de heersende zoutgehaltes en watertemperatuur gedurende de zomermaanden geschikt voor een bloei van *A. tamarense*, op voorwaarde dat de stroomsnelheden c.q. turbulentie laag genoeg is (Peperzak et al., 1998).

Een recente bloei in 2012 in de Ouwkerkse kreek met lozingen op Oosterschelde heeft niet geleid tot een bloei in de Oosterschelde. De reden hiervoor is vermoedelijk tweeledig, enerzijds is lozing vanuit de Kreek op het gebied tijdelijk gestaakt, waardoor er geen inoculant (ent hoeveelheid) de Oosterschelde op kwam. Daarnaast is er een aangepast spuiregime in het leven geroepen ter voorkoming van grote hoeveelheden inoculant in de Oosterschelde. Ook zijn de omstandigheden in de Oosterschelde slechts beperkt gunstig geweest voor *Alexandrium* sp. of was de overgang naar andere omstandigheden waarin deze alg niet kan groeien/overleven te groot. Recentelijk is aangetoond dat *Alexandrium* sp. in verschillende kreek in Zeeland aanwezig is die lozen op onder andere het Grevelingenmeer en Oosterschelde (de Senerpont Domis, 2014). Dit heeft echter tot op

heden nog niet geleid tot een schadelijke bloei van deze algensoort in een van de ontvangst wateren.



Figuur 4) Dinoflagellaten: a) *Alexandrium* sp, b) *Dinophysis*, c) *Gymnodinium*, Diatomee: d) *Pseudo-Nitzschia*

Dinophysis sp.

Een bloei van *Dinophysis* (Figuur 4) wordt in het algemeen toegeschreven aan stratificatie. Met name in de Noordzee is stratificatie een goede indicator van een *Dinophysis* bloei (Peperzak et al., 1996). In de gestratificeerde waterkolom is deze algensoort in grote aantallen te vinden rondom de pycnocline (Lindahl et al., 2007), waar begrazing van organisch materiaal door deze mixotrofe algensoort (d.w.z. kan zowel energie uit anorganische (autotroof) als organische (heterotroof) stoffen halen) mogelijk is. De afwezigheid van een bloei in de Nederlandse kustwateren tijdens perioden van stratificatie kan wellicht te wijten zijn aan het feit dat de alg de wintercondities niet overleeft en er een inoculum vanuit de Noordzee nodig is voordat zich een bloei kan vormen (HABES final report 2004). Lindahl et al. (2007) hebben een negatieve correlatie gevonden tussen celaantallen en toxiciteit. De langzaam groeiende autotrofe toxische algen bevinden zich in lage celconcentraties in de bovenste nutriëntarme waterlaag, terwijl in de nutriëntrijke pycnocline de mixotrofe, snelgroeiende algen geen toxinen produceren. Wellicht dat de toxiciteit wordt bepaald door N-concentraties of lagere N/P verhouding in het oppervlaktewater.

In Nederland worden sinds 1961 DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) veroorzakende toxinen waargenomen (Gerssens, 2010). In de meer turbulente wateren van de Waddenzee vertoont de toxiciteit een sterke correlatie met de watertemperatuur; een afname in celconcentraties leidde niet tot een afname in toxiciteit. In tegendeel, de toxiciteit lijkt een sterke correlatie te hebben met de watertemperatuur. Zo is het mogelijk dat de toxiciteit gemeten in schelpdieren bij zeer lage celaantallen gelijk als bij hoge celdichtheden (Peperzak et al., 2002).

In het Grevelingenmeer bestaat het risico op een bloei van *Dinophysis* sp., in de Waddenzee komt deze regelmatig voor. Deze dinoflagellaat wordt iedere zomer aangetroffen, zij het vooral in lage celconcentraties. Toxinen worden met name aangetroffen bij afname van de celaantallen, na het bereiken van de hoogst gemeten aantallen.

Gymnodinium sp.

Een groot deel van bloeien van *Gymnodinium* vindt plaats bij een toename van nutriënten concentraties, vooral N gedurende afbraak van algenbloeien of destabilisatie van de waterkolom, en een afname van de watertemperatuur. Bloeien van *G. catenatum* vinden vaak gelijktijdig plaats met andere bloeivormende algensoorten. Aan de Portugese kust vormt zich een bloei van *G. catenatum* samen met *Alexandrium affine* onder meer stabiele condities in een opwelling gebied plaatsgevond (Moita et al., 2003). Het gezamenlijk voorkomen suggereert overeenkomsten in de affiniteit van de twee soorten met een voorkeur van *G. catenatum* voor hogere temperaturen. Een voorwaarde voor een bloei van *Gymnodinium* in bijvoorbeeld de Oosterschelde, is echter wel dat de stromingsnelheden, cq. turbulentie, laag is (Peperzak et al., 1998).

Prorocentrum sp.

De alg *Prorocentrum* komt voor in gebieden met een nutriëntenbelasting van antropogene origine (Glibert et al. 2008), met een sterke groei onder N-rijke omstandigheden als gevolg van bemesting en onder P-rijke omstandigheden als gevolg van antropogene lozingen. De watertemperatuur kent een optimum voor *Prorocentrum*; relatief warm water (26°C) met weinig turbulentie en een hoge instraling lijkt een bloei van *Prorocentrum* te bevorderen. *Prorocentrum sp.* heeft een temperatuur range van 2 – 26 °C. Een langdurige temperatuur van boven de 30°C lijkt echter een bloei van *P. minimum* af te remmen (Heil et al., 2005). Een saliniteit tussen 31 – 37 valt binnen de optimale range, hierdoor voldoet het milieu in de Oosterschelde en Waddenzee niet aan de ideale leefomstandigheden van *Prorocentrum sp.*, aangezien hier lagere saliniteitswaarden worden waargenomen. Echter dit is geen limiterende voorwaarde om wel in beperkte aantallen voor te komen.

3.3.2 Diatomee *Pseudo-Nitzschia sp.*

Onderzoek naar de groei van de diatomee *Pseudo-Nitzschia* heeft uitgewezen dat een verandering in de nutriëntenconcentraties en ratio's van macronutriënten van invloed is op de verspreiding en groei van de alg, met name de beschikbaarheid van stikstof. Ook zijn veranderingen in windsnelheid (menging waterkolom) en richting (transport landinwaarts), instraling, temperatuur en riviertoevoer een oorzaak van de seizoenale trends in het voorkomen van *Pseudo-Nitzschia*. Naast een hogere turbulentie (Smayda, 1997), laat onderzoek zien dat *Pseudo Nitzschia* met andere algensoorten kan concurreren onder lage lichtintensiteiten. Deze soort vormt dan ook vaak een bloei gedurende het voor- en najaar, wanneer de instraling laag is. De productie van toxinen door *Pseudo-Nitzschia* lijkt met name gestimuleerd te worden door een lagere groei als gevolg van limitatie van macronutriënten (Trainer et al., 2012).

4. Evaluatieprotocol ter beoordeling monitoringsprogramma

Het voorkomen van algenbloei is zeer onvoorspelbaar. Daar komt bij dat de detectie van een algenbloei moeilijk is gezien het onregelmatige/vlekken ("patchy") patroon waarin de bloeien voorkomen. Idealiter zou een monitoringsprogramma met een hoge frequentie qua monsternames met een hoge resolutie gerealiseerd moeten worden. Echter, binnen het huidige bemonsteringsprogramma is dit niet te realiseren en wellicht vanwege de lage kans van het voorkomen van een schadelijke bloei ook niet noodzakelijk. Daarom is in dit rapport ter verbetering van het monitoringsprogramma gewerkt vanuit het uitgangspunt dat de monsternames plaatsvinden daar waar een hoog risico aanwezig is.

Het voorkomen van microbiologische verontreinigingen is meer lokaal en gerelateerd aan de lozing van verontreinigd water. Ter verbetering van de monitoring speelt hierin mee een grondige analyse van lozingspunten, frequenties van lozingen en eventuele veranderingen hierin, alsmede een inschatting van de periode waarin monitoringsprogramma herzien moet worden.

Binnen het huidige monitoringsprogramma zoals in figuur 1 en 2) weergegeven zouden een aantal wijzigingen van monsternames en toegepaste technieken en een significante bijdrage kunnen leveren aan het tijdig signaleren van condities die een bloei of microbiologische verontreiniging mogelijk maken.

Daarnaast vragen de voortdurende veranderende omstandigheden waarin schelpdieren worden geproduceerd, zij het klimatologische, antropogene (lozingen), wetmatige, of veranderingen gerelateerd aan de productiegebieden, tijdige herziening van het monitoringsprogramma.

Randvoorwaarden voor een juiste analyse zijn een recent overzicht van significante lozingspunten, milieuomstandigheden, veranderingen in indeling van productiegebieden en gerelateerde wetgeving. Deze gegevens dienen regelmatig te worden herzien. In tabel 1 wordt hiervoor een voorstel gepresenteerd (resultaat evaluatie). Belangrijke veranderingen dienen te worden verwerkt in het monitoringsprogramma. De frequentie van de revisie is afhankelijk van de te verwachten verandering. Echter, hierbij dient in ogenschouw gehouden te worden dat er praktische zaken als financiën, data oplevering, snelheid van data beschikbaarheid, programmering onderzoek fondsen etc. georganiseerd dienen te worden om de wijzigingen door te voeren. Geadviseerd wordt om iedere de 3-5 jaar een herziening van het monitoringsprogramma uit te voeren.

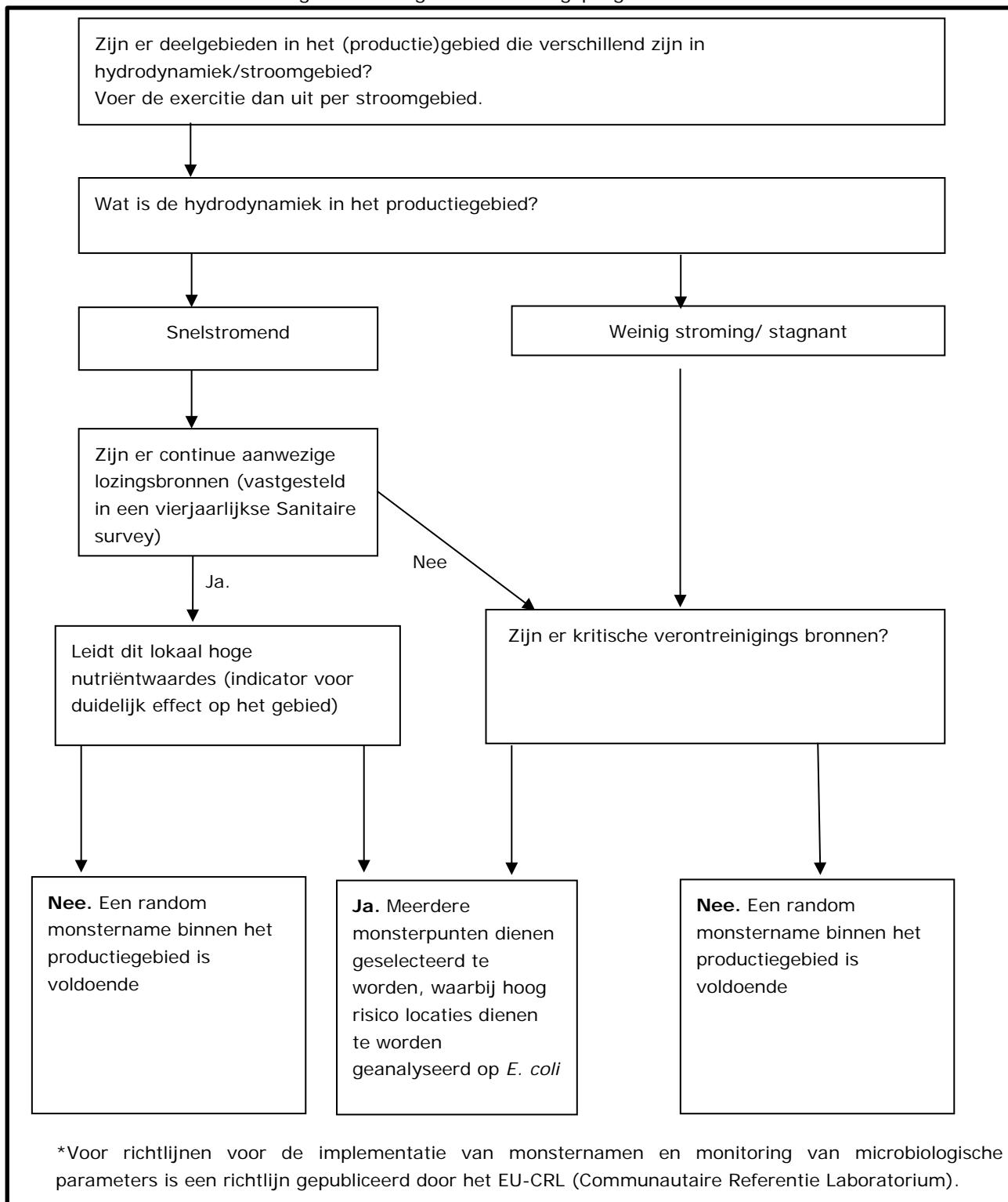
Tabel 1 Frequentie van herziening monitoringsprogramma

Herziening van monitoringsprogramma factoren	Argumentatie	
Aanpassing/herziening productiegebieden	1x per 2 jaar	Alleen significante wijzigingen meenemen.
Aanpassing/herziening in lozingspunten	1 x per 2 jaar (over de laatste 4 jaar)	Jaarlijkse analyses geven beperkt inzicht in trendmatige wijzigingen.
Verandering in samenstelling lozingswater	2 jaarlijks	
Wetgeving (normen, regelgeving etc)	Continu	Bij wijziging van de wetgeving.
Milieufactoren: bv stroming, temperatuur	5 jaar	Alleen bij wijziging infrastructurele of waterbouwkundige werken.
Data Algen Rijkswaterstaat (laatste tien jaar)	3 jaar	3 jaarlijkse revisie, zodat in het vierde jaar aansluiting bij relevante grotere onderzoek/financiering programma's gevonden kan worden
Data algen SSO programma (laatste 10 jaar)	3 jaar	3 jaarlijkse revisie, zodat in het vierde jaar aansluiting bij relevante grotere onderzoek/financiering programma's gevonden kan worden
Monstername protocol		
Fytoplankton	3 jaarlijks Of bij wijziging monsternam e wijze	Revisie van het protocol op basis van monsternameprogramma, codering, en praktische wijzigingen.
Schelpdiermonsternamen	< 2 jaarlijks	Revisie van het protocol op basis van monsternameprogramma, codering, en praktische wijzigingen.
Microbiologische verontreinigingen	2 jaarlijks	Bij wijzigingen in verandering in lozingspunten en lozingslast.
Monstername programma	Jaarlijks	Op basis van jaarlijkse programmering, afstemming monsternemers.

In de volgende paragrafen zijn flowschema's (I en II) en een protocol opgesteld waarin aan de hand van een aantal vragen de benodigde monitoringsstrategie per productiegebied bepaald kan worden. Een lijst met parameters ter afweging van de monsternamen frequentie staat in bijlage 1. In bijlage 2 staan de voor- en nadelen van verschillende monsternameresoluties/ intensiteit. Zoals in paragraaf 3 per productiegebied is aangegeven is een eerste onderscheid te maken in de turbulentie van de te analyseren watermassa. In geval van een redelijk stagnant water, zoals zich voordoet in het Grevelingenmeer, zal een ander monsterprotocol uitgevoerd dienen te worden dan in een turbulenter watermassa. Stratificatie kan leiden tot het voorkomen van verticale verschillen in de concentraties algen. Om deze verschillen te kunnen waarnemen is het noodzakelijk in geval van het optreden van stratificatie om watermonsters te nemen op verschillende waterdiepten.

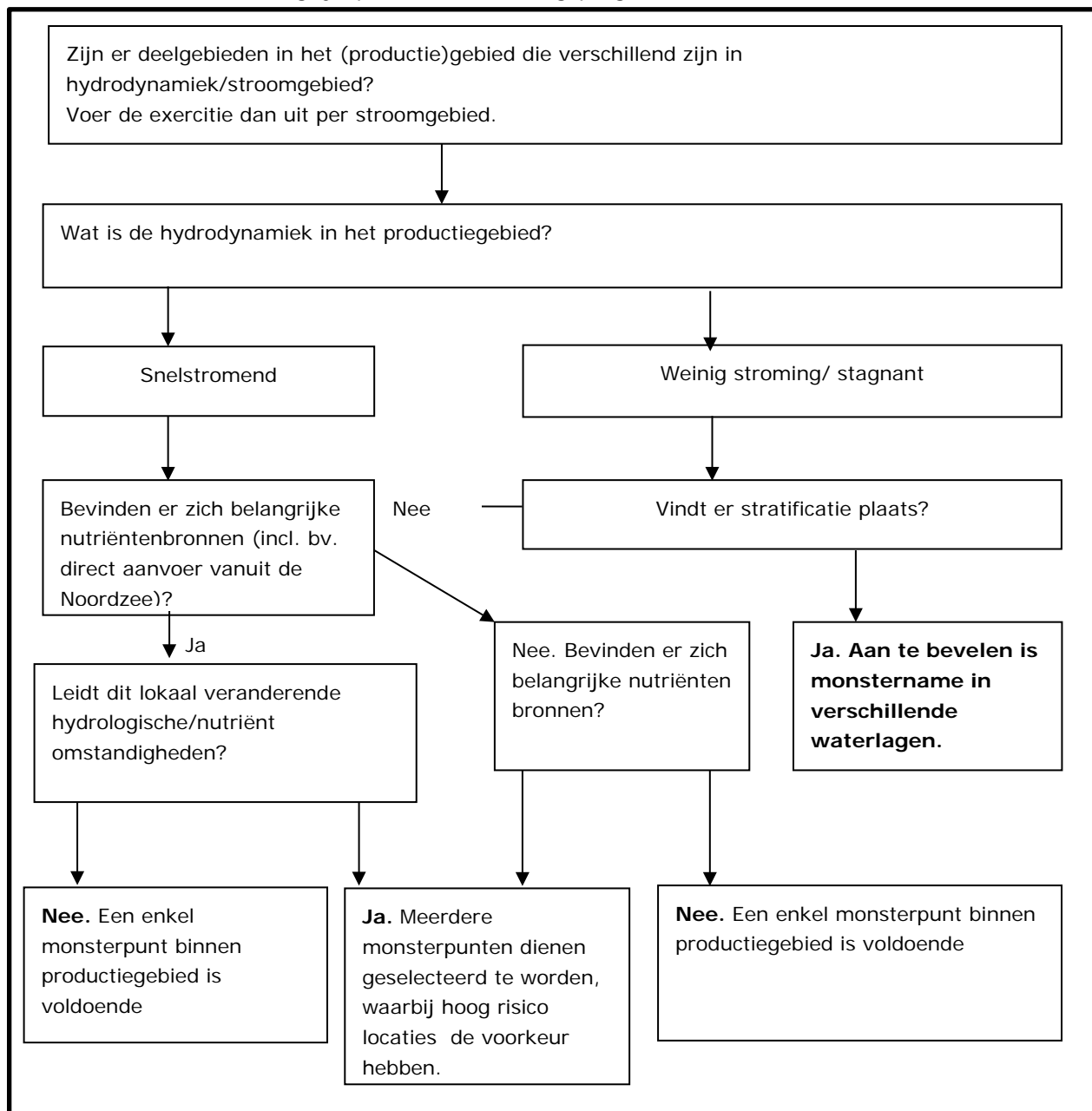
Voor toxine monsternamen is het relevant om uit te gaan van de resultaten van de evaluatie sanitaire monitoring 2006. Hierbij is met name van belang dat de monsternamen op de meest kritische punten (hoogste risico op hoge fytoplankton gehalten) en aanvullende punten uitgevoerd worden. Daarnaast is het relevant om gebied dekkend aanvullende monsternamenpunten te hebben. Dit om het onregelmatige patroon van toxine voorkomen te ondervangen.

Flowschema I. Beoordeling microbiologisch monitoringsprogramma



*Voor richtlijnen voor de implementatie van monsternamen en monitoring van microbiologische parameters is een richtlijn gepubliceerd door het EU-CRL (Communautaire Referentie Laboratorium).

Flowschema II. Beoordeling fytoplankton monitoringsprogramma



4.1 Bemonsteringsmogelijkheden waterlagen

Verskil in dynamiek van het water vraagt om verschillende bemonsterings strategieën. Met name in gestratificeerde gebieden is het van belang dat rekening wordt gehouden met het feit dat dinoflagellaten het meest voorkomen in de spronglaag (pycnoline). Voor niet gestratificeerde gebieden is het van belang dat een representatief monster van de waterkolom genomen wordt. Bij voorkeur daar waar de meeste risico's voor toxine accumulatie in schelpdieren voorkomen. In turbulente gebieden is dit in principe aan het oppervlakte, waar de primaire productie van algen het hoogst is en in de waterkolom, waar de potentie tot opname door schelpdieren (ook bodem gebonden) het hoogst is. De verschillende mogelijkheden voor bemonstering, inclusief voor- en nadelen zijn in tabel 2 opgenomen. Uitgaande van de informatie uit tabel 2 is het voor praktische doeleinden het meest voor de hand liggend om voor het sanitair monitoring programma te kiezen voor:

- Gestratificeerd: Bemonstering gehele waterkolom (aangepaste methode)
- Niet-gestratificeerd: Bemonstering gehele waterkolom of Bemonstering aan oppervlakte

Tabel 2. Overzicht mogelijkheden bemonstering fytoplankton

Bemonsteringsstrategie	Voordeel	Nadeel:
Bemonstering in spronglaag,	Hoge trefkans grote populatie Identificatie hoog risico populatie	Technisch geavanceerd t.o.v. huidige praktijk Grotere kans op niet toxine producerende algen (vals positief risico) Mogelijk ook inzichtelijk maken van cel aantallen die de schelpdieren niet bereiken.
Bemonstering aan oppervlakte	Geen technische maatregelen nodig	Niet geschikt voor gestratificeerd systeem Mogelijkheid tot verkeerde beoordeling tijdelijk gestratificeerde systemen
Bemonstering aan bodem	Bodem geassocieerde soorten (zoals <i>Coolia</i> sp.) worden ook beoordeeld.	Technische maatregelen voor diepere delen (Noordzee) Veel sediment, waardoor huidige analysetechniek niet passend is. Geen inzicht in de overige waterkolom
Bemonstering bodem en spronglaag (gemengd monster)	Representatief voor hoogste risico's voor schelpdieren	Uitmiddeling risico door selectie diepten. Technisch geavanceerd t.o.v. huidige praktijk
Bemonstering gehele waterkolom	Goed beeld totale waterkolom	Technisch lastiger t.o.v. huidige praktijk. Mogelijk uitmiddeling risico's'

4.2 Bemonsteringsstrategieën

Naast de eerder genoemde bemonsteringsmethode is het relevant om een keuze te maken in de bemonstering strategie qua locatie bemonstering en het tijdstip van monsternamen. De huidige praktijk in het bemonsteringsprogramma is dat de meeste gebieden willekeurig in de tijd bemonsterd worden indien de diepte van het gebied dit toelaat (of gedeeltelijk getijde-afhankelijk indien een bemonsteringslocatie enkel bereikt kan worden vanaf of met bepaald getij). In de praktijk is er veelal sprake van een "vaste" vaarroute, waardoor redelijk op vaste momenten op de dag wordt bemonsterd. Dit betekent wel dat voor de meeste productiegebieden een bemonstering plaatsvindt die op verschillende momenten in de getijdecyclus plaatsvindt. Dit heeft consequenties voor de representativiteit en vergelijkbaarheid van de resultaten, aangezien nieuwe aanvoer van algen uit de Noordzee met opkomend tij mogelijk resulteert in verhoogde cel aantallen, dan bij afgaand tij. Ook is de dag/nacht cyclus relevant voor de verticale distributie van algen. Hierdoor is de beoordeling van risico's minder risico gebaseerd bij een willekeurig (random) bemonstering, dan bij een getijde afgestemde bemonstering. De praktische uitvoerbaarheid is gezien de getijde werking in de meeste gebieden, en de inzet van een beperkt aantal bemonsteringsvaartuigen beperkt. In tabel 3 is een samenvatting van de voor- en nadelen van verschillende bemonsteringstrategieën weergegeven.

Aangezien de bemonstering vanuit praktisch oogpunt in de meeste gebieden (Waddenzee) in beperkte mate variabel is (gezien de vaartijden) lijkt een random bemonstering de meest praktisch haalbare voor niet gestratificeerde systemen (hoge stroming), waar een geplande bemonstering op hetzelfde tijdstip midden op de dag (gezien de verticale migratie van sommige algensoorten) de meest geschikte is voor minder stromende gebieden (Grevelingenmeer en Veerse Meer). Hierdoor wordt het monitoring programma voor sanitair schelpdieronderzoek voor fytoplankton primair bepaald door de keuze of er praktische haalbaarheid is en in mindere mate de meetbaarheid en representativiteit van de monsternamen.

Tabel 3. Mogelijke bemonstering strategieën in tijd op basis van algenmonitoring

		Voordelen		nadelen
Geen Stratificatie	Random	vaste locatie, wisselend tijdstip	Gemiddeld beeld Praktisch haalbaar Weersomstandigheden niet van belang	Geen detectie hoogste risico.
Geen Stratificatie	Random	Wisselende locatie, vast tijdstip	Gemiddeld beeld Praktisch moeilijk haalbaar Weersomstandigheden niet van belang	Geen detectie hoogste risico.
Geen Stratificatie	Getijde gebaseerd	vaste locatie(s), Zelfde periode in de getijdecyclus	Hoge trefkans hoogste risico	Praktisch lastig haalbaar Geen rekening houden met weerinvloed
Geen stratificatie	Zelfde tijd	vaste locatie(s), vast moment op de dag	Hoge trefkans hoogste risico	Praktisch lastig haalbaar (minder flexibel)
Stratificatie	Random	wisselende locatie, wisselend tijdstip	Gemiddeld beeld Weersomstandigheden niet van belang	Gemiddelde trefkans

4.3 Aantal monsternamepunten

Het gedrag van algen is vaak onvoorspelbaar. Factoren als wind, golfslag, etc. zorgen voor een patchy (verspreid/vlekkering) voorkomenspatroon. Dit is bij zowel stromingsgevoelige als niet stromingsgevoelige locaties aan de orde. Een bekend voorbeeld zijn de raakvlakken bij een wantij en stroomnaden. Daarnaast zijn er op ruimtelijke schaal niet alleen horizontaal, maar ook verticaal mogelijkheden tot patch vorming. Dit heeft consequenties voor de keuze van het aantal monsternamepunten. Eén monsternamelocatie kan dan ook bemonsterd worden op verschillende manieren. Er kunnen een aantal monsters genomen worden, welke separaat geanalyseerd worden, er kan een pool van verschillende monsters genomen worden (minimaal 3) of er kan één monsternamepunt zijn.

De voor en nadelen van de keuzes staan vermeld in tabel 4. Het is duidelijk dat één monsternamepunt de grootste onzekerheid geeft. Het is echter van belang om de afwegingen goed te maken over nut en noodzaak. De praktische haalbaarheid zal hier veelal doorslaggevend zijn.

Tabel 4. Monstername strategieën (monsterpunten)

Monsterstrategie	Representativiteit	Rationeel	Nadeel
Eén monsternamepunt	Beperkt	Snelle monitoring van locaties Random monstername die deels past bij aanvullende toxinemetingen.	De omstandigheden die op dat moment in het veld bestaan domineren. Kans op vals positieven tov veldomstandigheden Kans op vals negatieven tov veldomstandigheden
Meerdere monstername punten poolen	Gemiddeld	Er is uitmidding van de cel aantallen, zeker indien gecombineerd met een waterkolom bemonstering.	Hoge kosten monsternamen
Meerdere monsternamepunten	Hoog	Meeste trefkans en beste beeld algehele situatie	Hoge kosten analyses Hoge kosten monsternamen

5 Evaluatie monitoringsprogramma Nederlandse productiegebieden

In eerste instantie zal bij de evaluatie van het monsternameprotocol een onderscheid gemaakt moeten worden tussen de monsternamen voor *E. Coli* enerzijds, en toxische algen en toxinen anderzijds. Het voorkomen van een microbiologische verontreiniging is gecorreleerd aan lozingen van RWZI's en agrarische gronden en dus meer lokaal gebonden. Het voorkomen en de risico's op toxische algen (en hiermee hun toxinen) is meer afhankelijk van de mate van turbulentie en de aanwezigheid van nutriënten. In minder turbulente wateren waar eventueel stratificatie optreedt van de waterkolom zal meer lokaal op potentieel toxische algen geanalyseerd moeten worden.

In alle aannames is het van belang te realiseren dat de uitgevoerde monsternamen altijd een representatief beeld en praktisch haalbare situatie moet opleveren. Er zullen altijd keuzes gemaakt moeten worden tussen de kosten en de baten. Voor zowel mariene toxinen als toxische algen zijn in Europees verband momenteel werkgroepen in oprichting om de meest geschikte bemonsteringsmethode, monstervolumes en variaties in kaart te brengen. Door de grote ruimtelijke en individuele (toxine in schelpdier) variatie is het zeer moeilijk om in een natuurlijk systeem een waterdicht monsternameprogramma te bedenken dat betaalbaar en praktisch haalbaar is. Er wordt daarom uitgegaan van het nemen van individuele monsters, waar er geen keuze gemaakt wordt in de mogelijkheden om altijd uitvoerige monsternamen (meerdere monsters per monsterpunt) uit te voeren.

De toetsing van de gebieden aan het voorgestelde protocol is in tabel 6 en 7 opgenomen.

5.1 Waddengebied: Westelijke- en Oostelijke Waddenzee (en Eems)

Het diverse karakter van de Waddenzee maakt dit gebied alleen beheersbaar wanneer het in kaart wordt gebracht op basis van de karakteristieken van het stroomgebied. Dit resulteert in de vijf (zes indien Eems/Dollard wordt meegeteld) stroomgebieden en hiermee de gedefinieerde productiegebieden.

Voor deze gebieden geldt dat er een grote mate van turbulentie, turbiditeit en wateruitwisseling is. Dit maakt het gebied bijzonder dynamisch. Dit heeft direct effect op de dynamiek die een monitoring programma kan hebben. Hier kan op verschillende wijzen mee omgegaan worden, namelijk een dekkend programma dat rekening houdt met alle onzekerheden in het systeem of een programma dat pragmatisch van aard is. Hiermee wordt rekening gehouden met de onzekerheden en dynamiek.

Voor toxische algen en toxinen monitoring betekent dit dat er op de meest risicovolle locaties meetstations worden ingericht voor fytoplankton en toxinen. Daarnaast wordt rekening gehouden met de ruimtelijke variatie. Dit is voornamelijk relevant voor toxine monsters. Een ruimtelijk dekkend programma geeft hierbij voldoende zekerheden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de onzekerheden die er blijven als gevolg van een bemonsteringsmethoden en lokale variatie.

Voor microbiologische parameters is het relevant om voor de gebieden rekening te houden met de nutriëntbelasting op het gebied, hetgeen gepaard gaat met de mogelijke fecale verontreinigingen. In tabel 7 zijn de gevolgen hiervan weergegeven.

Aanbevelingen

In de Westelijke Waddenzee hoeft geen rekening gehouden worden met het migratiegedrag van algen, aangezien de turbiditeit hiervoor erg hoog is. Echter in de gebieden waar een zoetwaterinvloed is, zoals in Westelijke Waddenzee Midden en Westelijke Waddenzee Zuid, is het raadzaam om de monsternamen in te richten op een verticale (gehele) bemonstering van de waterkolom.

In een deel van de westelijke Waddenzee lijkt het zeer relevant om de effecten van de getijdencyclus mee te nemen in het monitoringprogramma door een getijde afhankelijke monsternamen uit te voeren bij opkomend tij.

Monitoring van toxische algen in Westelijke Waddenzee Zuid en Westelijke Waddenzee Midden kan onvoldoende zijn i.v.m. de zoetwaterinvloeden door lozing uit het IJsselmeer. Bij monsternamen tijdens opkomend tij zijn deze effecten veel beperkter dan bij afgaand tij.

De microbiologische monitoring voor de gebieden Westelijke Waddenzee Midden en Westelijke Waddenzee Zuid dient gericht te zijn op o.a. de mogelijke verontreinigingen afkomstig uit het IJsselmeer. Aanbevolen wordt om hiervoor specifiek een monsternamen locatie in bv de Doove Balg, ZuidOost Rak, Scheeurak-Omdraai (alleen het meest dichtbij gelegen bij de afsluitdijk) in te richten.

Voor het Oostelijk wad geldt dat de dynamiek van het gebied bijzonder divers is. De migrerende vogels en dynamiek van het getijde zorgen voor grote variatie in voorkomen van algen. In dit gebied is het voorkomen van bentische algen groter dan in de overige gebieden. De stroming en wantijen vergroten deze dynamiek. Het vergt een zeer uitgebreid programma om dit te ondervangen. Hierom verdient het aanbeveling om pragmatisch met de monitoring om te gaan. Hierbij kan de monitoring eenvoudig ingericht worden door de monitoring in te richten, gericht op de visserij activiteiten (dit gebeurt reeds). Er kan hierbij nog beter gestuurd worden op monsternamen bij hoog en laag water.

Tabel 5a. Toetsing aan de hand van protocol fytoplankton

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntenbron	Gestratificeerd	Voorkeur Monstername
Waddenzee	Westelijke Waddenzee Zuid	Stroom geul Noordzee	IJsselmeer / NZ	Nee	Bij ingang NZ
	Westelijke Waddenzee Midden	Stroom geul Noordzee en gebied Zuid	IJsselmeer / NZ Terschelling	Nee	Bij ingang stroomgeul en Inschot Zuid Bij ingang stroomgeul
	Westelijke Waddenzee Noord	Stroom geul Noordzee	Stroom geul Noordzee en intern Wad	Nee	Meerdere monsterlocaties
	Oostelijke Waddenzee Friese Wad	Stroom geul Noordzee en wantijen (divers)	Lauwersmeer Stroomgeul Noordzee en intern Wad	Nee	Meerdere monsterlocaties
	Oostelijke Waddenzee Groninger Wad	Stroom geul Noordzee en gebied en wantijen (divers)			

Tabel 5b. Toetsing aan de hand van protocol microbiologie

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntbron	Verandering mogelijke verontreiniging door nutriënt bron	Voorkeur Monstername
Waddenzee	Westelijke Waddenzee Zuid	Stroom geul Noordzee	IJsselmeer / NZ	Nee	Random monstername met punt nabij Afsluitdijk
	Westelijke Waddenzee Midden	Stroom geul Noordzee en gebied Zuid	IJsselmeer / NZ	Ja	Random monstername met punt nabij Afsluitdijk
	Westelijke Waddenzee Noord	Stroom geul Noordzee	Terschelling	Ja	Random monstername met punt nabij Terschelling (Oosterom)
	Oostelijke Waddenzee Friese Wad	Stroom geul Noordzee en wantijen (divers)	Stroom geul Noordzee en intern Wad	Ja	Meerdere monsterlocaties
	Oostelijke Waddenzee Groninger Wad	Stroom geul Noordzee en gebied en wantijen (divers)	Lauwersmeer Stroomgeul Noordzee en intern Wad	Ja	Meerder monsterlocaties

5.2 Deltagebied: Oosterschelde, Grevelingenmeer, Veerse Meer en Westerschelde

Oosterschelde

De turbulentie in de Oosterschelde zorgt voor voldoende homogeniteit in Oosterschelde West en Oosterschelde Midden. In Oosterschelde Noord en Oosterschelde Oost is dit minder het geval. De Oostelijke tak is nutriëntarm, waardoor het niet verwacht wordt dat daar een algenbloei tot stand komt. Echter, hier is het relevant om de verwaterpercelen voldoende te controleren, omdat in de periode dat er algenbloei verwacht wordt veel activiteiten hier plaats vinden. Bovendien gaat dit product (snel) de handelskanalen. De Noordelijke tak is gestratificeerd en er is sprake van nutriënt instroom vanuit de sluizen. Hierom is het relevant dat er een monitoring locatie aanwezig is. Daarnaast is er een monitoringprogramma van de NVWA dat zich richt op eindproduct monitoring bij de verwerkingsbedrijven.

Naast de turbulente wateren worden vanwege de lage ecologische draagkracht de celdichtheden zodanig laag gehouden dat het optreden van een bloei een beperkt risico vormt, waarbij toxine vorming ook beperkt plaatsvindt. Er zijn voor Nederland echter weinig in situ gegevens van toxinen in algen (er wordt voornamelijk in schelpdieren gemeten). De combinatie van lage draagkracht met turbulente wateren zorgen er naar alle waarschijnlijkheid voor dat de aanwezigheid van algen niet leidt tot de vorming van toxinen. Ook de lozing van *Alexandrium ostenfeldii* vanuit de Ouwkerkse kreek in 2012 heeft in de Oosterschelde zelf niet geleid tot een toxische bloei. De overgang van het stabiele water naar het turbulente Oosterscheldewater met andere karakteristieken zal in dit geval een remmende werking kunnen hebben gehad op de groei van *Alexandrium*. Daarnaast is het lozingsregime een belangrijk deel van de tijd gewijzigd, zodat de besmettingsgraad in de Oosterschelde beperkt was.

Van belang is een goede analyse te maken van mogelijke ontwikkelingen die kunnen leiden tot meer geïsoleerde watermassa's waar stagnatie gedurende de zomer in combinatie met de lozing van nutriëntrijk water kan optreden. Hier kunnen omstandigheden ontstaan die een bloei van toxische algen kunnen bevorderen. Ook indirect kunnen bloeien van andere organismen zoals cyanobacteriën, leiden tot een toename van toxische algensoorten gezien het mixotrofische karakter van met name dinoflagellaten (Burkholder et al., 2009).

Het huidige monitoringprogramma naar de aanwezigheid van toxische algen en toxinen gebaseerd op ecologische randvoorwaarden voldoet voor Oosterschelde Oost, Oosterschelde Midden en Oosterschelde West. Oosterschelde Noord kent stratificatie, waardoor de toegepaste monsternamen methode niet toereikend is. Om de situatie beter in kaart te brengen zal een bemonstering op verschillende diepten (of over de gehele kolom) uitgevoerd moeten worden.

Voor microbiologische verontreinigingen kan (via Mastgat RWZI) in Oosterschelde Noord nabij lozingspunten een risico optreden, vooral in de zomermaanden. Te adviseren is rekening te houden met het instellen van een extra monitoring nabij grote lozingspunten als de RWZI in het Noordelijk productiegebied gedurende weersomstandigheden van hoge temperaturen en meer stagnatie.

Voor Oosterschelde Oost geldt dat de verwaterpercelen in dit gebied ook gebruikt worden voor de opslag van vanuit andere Europese landen geïmporteerde schelpdieren, waarmee het risico bestaat dat toxische algen in het gebied worden geïmporteerd, maakt monitoring nabij deze locaties zeker wenselijk. De voorzorgsmaatregelen (voorheen beleidslijn verplaatsing schelpdieren) die getroffen zijn zouden dit overigens voldoende moeten voorkomen.

Binnen het huidige monitoringsprogramma bestaat de kans dat mogelijke risicovolle condities in het noordelijk deel van de Oosterschelde, waar lozing vanuit kreken kan leiden tot stratificatie en instroom van toxische algen. Onder de juiste condities kan een besmetting van microbiologische verontreinigingen optreden.

Aanbevelingen

In Oosterschelde Noord zouden de meetpunten in het meetprogramma gericht moeten zijn op de mogelijke aanwezigheid van microbiologische verontreinigingen nabij de hangcultures en de RWZI. Hiermee wordt ruimtelijke spreiding en de potentiële vervuiliingsbron voldoende gemonitord.

In Oosterschelde Noord en Oost dienen de monsternamen op biotoxinen en fytoplankton beter ingericht te worden om de invloeden van stratificatie te beheersen. Hiertoe dienen de watermonsternamen dusdanig ingericht te worden dat hele waterkolom bemonsterd wordt. Voor toxine monsternamen dienen (met name in Oosterschelde Noord, maar ook in West) de monsternamen voor hangcultures op verschillende diepten te worden genomen.

Grevelingenmeer

De condities in het Grevelingenmeer zijn niet volledig uniform en kunnen verschillen door o.a. weersomstandigheden nabij de inlaat van zeewater via de Brouwerssluis en overstorten na zware regenval. Daarom valt het aan te bevelen om monsterpunten te verleggen naar andere locaties. Hierbij zal in ieder geval een locatie nabij een belangrijke overstort moeten liggen om de potentiële instroom van microbiologische verontreinigingen te monitoren.

In het Grevelingenmeer wordt gedurende de zomermaanden zowel *Pseudo-Nitzschia* als *Dinophysis* aangetroffen. Vanwege de stratificatie en relatief stabiele waterlagen in dit meer, speelt naast het verschijnsel van een accumulatie van *Dinophysis* rondom de spronglaag ook de mogelijke vorming van dunne lagen met hoge concentraties aan *Pseudo-Nitzschia* een rol (Rines et al., 2002). De condities waaronder *Pseudo-Nitzschia* groeit kan de vorming van toxinen bevorderen. Tijdens verstoring van de waterkolom kan *Pseudo-Nitzschia* zich in waterlagen mengen waarin de schelpdieren zich bevinden.

Bij de huidige monsternames wordt vanwege het homogene karakter van het meer momenteel op 1 locatie een watermonster genomen, vanwege de stratificatie worden er wel 2 monsters genomen op verschillende diepten, maar wordt niet in de gehele waterkolom bemonsterd, waar wellicht de *Dinophysis* cellen naar migreren (gezien het verticale migratiepatroon). Omstandigheden waarbij de pycnocline wordt verstoord (e.g. zware storm of overmatige lozing regenwater bij een stortbui) kan *Dinophysis* sp. aan de oppervlakte brengen en onder de juiste omstandigheden leiden tot een toxische bloei.

De nieuwe inzichten in het voorkomen van *Alexandrium ostenfeldii* in verschillende kreekssystemen langst de Grevelingen laten zien dat er nog onvoldoende beheerste risico's vast zitten aan die input stromen. Het is aangetoond dat *A. ostenfeldii* (ICES WGABD, 2015) niet eerder aangetoonde (voor die soort) toxinen produceert. Hierom zijn deze risico's realistisch. Om het risico op lozing, inoculatie en groei te beheersen is nog onvoldoende kennis aanwezig.

Er zijn in de Grevelingen geen monsternamen locaties voor *E. coli* die specifiek richten op de microbiologische input van de kreekssystemen. De monitoring programma's zouden hier meer rekening mee kunnen houden, aangezien dit de grootste besmettingsrisico's voor *E. coli* met zich meebrengt.

Aanbevelingen

Om de risico's op microbiologische besmetting nabij lozingspunten van krekken beter in kaart te brengen is het aan te bevelen *E.coli* monsternamen in te richten nabij lozingspunten en gemalen. Anderzijds kan de periodieke microbiologische belasting worden ingeschat door gegeven van het Waterschap Zeeuwse Stromen te benutten en op basis hiervan een risico inschatting te doen.

Om de nog onbekende risico's op lozing, groei en inoculatie van *Alexandrium ostenfeldii* in het systeem te begrijpen is intensivering van monitoring op toxinen en toxische algen nabij kreekssystemen wenselijk.

In Grevelingen dienen de monsternamen op fytoplankton beter ingericht te worden om de invloeden van stratificatie te beheersen. Hiertoe dienen de watermonsternamen dusdanig ingericht te worden dat hele waterkolom bemonsterd wordt. Voor toxine monsternamen dienen (met name in het Grevelingenmeer, de monsternamen voor hangcultures op verschillende diepten te worden genomen.

Veerse Meer

Er zijn in het Veerse Meer een aantal krekens met lozingspunten naar het Veerse Meer, dit brengt nutriënten in het systeem. Er is hierbij een risico dat toxische algen vanuit de aangrenzende wateren het Veerse Meer instromen. Aangezien het Veerse Meer voornamelijk gevoed wordt door het water uit de Oosterschelde is dit risico echter zeer beperkt. Er wordt door Rijkswaterstaat gestreefd naar een optimale waterkwaliteit, waarbij plaagalgen en wieren voorkomen worden. De omstandigheden voor algenbloeien zijn (met uitzondering van voldoende vrije nutriënten) zeer goed.

Met name de stratificatie en de verschillen in hydrodynamiek leiden tot duidelijke verschillen in de verschillende delen van het productiegebied. Met name in de zomer kan een thermocline ontstaan, waardoor zeer onregelmatige algenbloeien plaats kunnen vinden. Dit kan alleen ondervangen worden als de monitoring hier rekening mee houdt. Dit betekent dat een gebied dekkende monitoring nodig is. Er is over het gedrag en voorkomen van toxische algen in het Veerse Meer nog weinig bekend.

Aanbevelingen

In geval van voortzetting en uitbreiding van de schelpdierteelt in het Veerse Meer zal de monsternamen geïntensiveerd kunnen worden. Het kan overwogen worden het meer in de drie eerder beschreven productiegebieden op te delen (zie 3.2). Daarnaast is het van belang om in geval van locaties waar na hevige regenval een overstort kan plaatsvinden te analyseren op microbiologische verontreinigingen. Of in ieder geval een monsterpunt voor *E.coli* hier zo dicht mogelijk in de buurt te leggen.

In het Veerse Meer zal de monsternamen strategie aangepast kunnen worden van watermonsters aan het oppervlak naar een monsternamen over de waterkolom. Tevens kunnen schelpdiemonsters van verschillende diepten worden genomen als er hangcultures worden bemonsterd.

Tabel 6a. Toetsing aan de hand van protocol fytoplankton

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntenbron	Gestratificeerd	Voorkeur Monsternamen
Oosterschelde	West Noord Oost Midden	Instromend water Stagnant water Stagnant water Overgangszone	Noordzee Sluis en gemaal Sluis / beperkt Veerse Meer (VM)	Nee Ja Voorkomend Nee	Een bij ingang Een Random Een random Een in geul voor uitlaat VM
Grevelingenmeer	Geheel	Stagnant	Gemalen en Sluizen	Ja	Een nabij ingang en random in gebied
Veerse Meer	Oostelijk deel Midden deel Westelijke deel	Instromend water/ stagnant Overgangszone Stagnant water	Oosterschelde/VM Gemaal / VM Kanaal / VM	Ja Ja Ja	Nabij doorlaat Overgangszone West kant

Tabel 6b Toetsing aan de hand van protocol microbiologie (*E.coli*)

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntbron	Verandering mogelijke verontreiniging door nutriënt bron	Voorkeur Monstername
Oosterschelde	Westelijk deel	Instromend water	Noordzee, RWZI Westerschouwen, RWZI Verseput (via gemaal Prommelsluis)	Beperkt	Eén bij ingang
	Noordelijke tak	Stagnant water	RWZI Mastgat, Sluis en gemaal	Beperkt	Een Random
	Oostelijk deel	Stagnant water	Sluis en gemaal en RWZI Sint Maartensdijk (Via gemaal De Noord)	Nee	Een random
	Midden deel	Overgangszone	beperkt Veerse Meer (VM)	Nee	Een in geul voor uitlaat VM
Grevelingenmeer	Geheel gebied	Stagnant	Gemalen en Sluizen	Ja	Eén nabij ingang en random in gebied
Veerse Meer	Oostelijk deel	Instromend water/	Oosterschelde/VM	Ja	Random
	Midden deel	stagnant	Gemaal / VM	Ja	Random
	Westelijke deel	Overgangszone Stagnant water	Kanaal / VM	Ja	Random

Tabel 6c Toetsing aan de hand van (protocol) toxine

Gebied	Productiegebieden	Type cultures	Gestratificeerd	Voorkeur Monstername
Oosterschelde	West	Hang en bodem	Nee	Gebiedsdekkend en diepteprofiel Gebiedsdekkend Gebiedsdekkend
	Noord	Hang en bodem	Ja	
	Oost	Bodem	Voorkomend	
	Midden	Bodem	Nee	
Grevelingenmeer	Geheel	Bodem	Ja	Gebiedsdekkend
Veerse Meer	Oostelijk deel	Hang en bodem	Ja	Gebiedsdekkend en diepteprofiel
	Midden deel		Ja	
	Westelijke deel		Ja	

5.3 Kustgebied: Voordelta, Hollandse Noordzeekust en Boven het Wad

Voordelta

Voor de kust in de Voordelta wordt op een enkele locatie water bemonsterd voor de analyse van toxische algen en schelpdieren (*Ensis*) voor toxinen en *E.coli*. Aangenomen kan worden dat vanwege stromingssnelheid en turbulentie de menging van het water zodanig is dat dit enkele monsternamepunt een voldoende representativiteit heeft voor het voorkomen van toxische algen en toxinen verontreinigingen in het gebied.

Aanbevelingen

Binnen deze enkele monstername kunnen een aantal verbeteringen worden doorgevoerd die zullen bijdragen aan de representativiteit. In eerste instantie wordt de monstername niet consequent uitgevoerd qua tijdstip van de dag alsook het getij. Dit leidt tot een discrepantie tussen de verschillende monsternames. Zo kan een monstername plaatsvinden bij opkomend of afnemend tij, waarbij er sprake is van bemonstering van watermassa's die een verschillende samenstelling kunnen hebben naar gelang de oorsprong, d.w.z. open zee versus estuaria. Binnen het huidige kader strekt het aan te bevelen de monstername voor toxische algen binnen 1 uur van opkomend of afgaand tij te nemen. Voor microbiologische parameters en toxinen is deze tijdspanne minder relevant, aangezien beiden accumuleren in het product, waardoor getijde afhankelijkheid niet bepalend is. Hier is de periode van het moment van verontreiniging tot monsternamen meer bepalend.

Tabel 7a. Toetsing aan de hand van protocol fytoplankton

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntenbron	Gestratificeerd	Voorkeur Monstername
Voordelta	Visserijzone Zuid-binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd Instroom gebieden dynamisch	Westerschelde Zuidelijke Noordzee Nieuwe waterweg Haringvliet Oosterschelde	Ja Kans op vlekken patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters Bemonstering gehele waterkolom
Hollandse Noordzeekust	Visserijzone Midden-binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd	Zuidelijke estuaria Haringvliet Nieuwe waterweg	Ja Kans op vlekken patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters Bemonstering gehele waterkolom
Boven het Wad	Visserijzone Noordbinnen de 12-mijlszone	Dominerend Oostwaarts	Waddenzee Eems	Ja Kans op vlekken patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters Bemonstering gehele waterkolom

Tabel 7.b Toetsing aan de hand van protocol microbiologie (*E.coli*)

Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntbron	Verandering mogelijke verontreiniging door nutriënt bron	Voorkeur Monstername
Voordelta	Visserijzone Zuid-binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd Instroom gebieden dynamisch	Westerschelde Zuidelijke Noordzee Nieuwe waterweg Haringvliet Oosterschelde Vogels en zeehonden (beperkt)	Beperkt Mogelijk op ondiepe delen nabij de kust	
Hollandse Noordzeekust	Visserijzone Midden - binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd	Zuidelijke estuaria Haringvliet Nieuwe waterweg	Beperkt	
Boven het Wad	Visserijzone Noordbinnen de 12-mijlszone	Dominerend Oostwaarts	Waddenzee Eems Vogels en zeehonden (beperkt)	Beperkt Mogelijk op ondiepe delen nabij de kust	

Tabel 7.c Toetsing aan de hand van (protocol) toxine

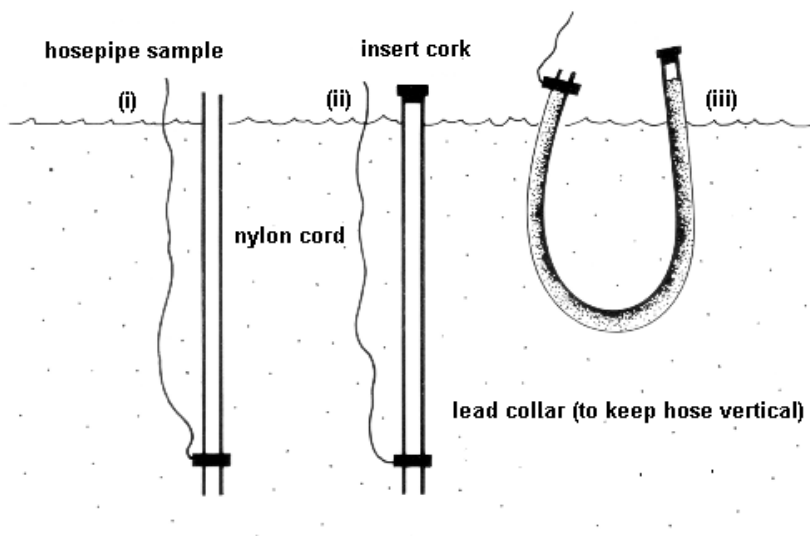
Gebied	Productiegebieden	Karakter stroming	Nutriëntbron	Verandering mogelijke verontreiniging door nutriënt bron	Voorkeur Monstername
Voordelta	Visserijzone Zuid-binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd Instroom gebieden dynamisch	Westerschelde Zuidelijke Noordzee Nieuwe waterweg Haringvliet Oosterschelde	Ja Kans op vlekken patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters
Hollandse Noordzeekust	Visserijzone Midden-binnen de 12-mijlszone	Dominerend Noordwaarts Oppervlakte wind gedomineerd	Zuidelijke estuaria Haringvliet Nieuwe waterweg	Ja Kans op vlekken patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters
Boven het Wad	Visserijzone Noordbinnen de 12-mijlszone	Dominerend Oostwaarts	Waddenzee Eems	Ja Kans op vlek patronen.	Random Meerdere geografisch verspreide monsters.

5.4 Verbetering monstername techniek monitoringsprogramma

De monstername van de schelpdieren (*E.coli* en biotoxinen) vindt plaats met zoveel mogelijk dezelfde technieken als bij de betreffende visserij. Verbeteringen hier omtrent worden buiten beschouwing gelaten.

De huidige monstername voor watermonsters (fytoplankton) vindt plaats met een emmer (uitgezonderd in het Grevelingenmeer). Deze techniek kan voldoende zijn bij waterdiepten van minder dan 2 meter en een goed gemengde waterkolom. Voor dieper water en minder goed gemengde waterkolommen is het verstandig een andere techniek toe te passen. Om de monstername in de waterkolom te verbeteren is een nieuw protocol opgesteld voor een alternatieve monsternametechniek: de 'sampling hose' (bijlage 2 en figuur 4). Het betreft de toepassing van een simpele techniek die de monstername en zodoende de representativiteit van de monstername, ook in vergelijking met gebruikte technieken in het buitenland, danig zal verbeteren.

In bijlage 2 is het protocol bijgevoegd met daarin een uitgebreide beschrijving van techniek en toepassing.



Figuur 4. Een afbeelding van een 'sampling hose' toepassing (www.lagrande.k12.or.us/peers/steawatch/smw13.html).

6. Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusies

Momenteel richt de monitoring zich nadrukkelijk op de productiegebieden. De voor het ontstaan van een algenbloei belangrijke ecologische parameters worden binnen het huidige programma niet gemonitord. Met deze beperkte bemonstering zal in het geval van het ontstaan van een bloei of zodanige vermeerdering van cellen dat deze een bedreiging vormt voor de schelpdiersector en als gevolg hiervan de volksgezondheid, het risico bestaan dat een aanwezigheid niet tijdig wordt gesignaleerd. Het is daarom aan te bevelen het aantal meetpunten in de Noordzee te vermeerderen alsmede ook de monsternamen aan te passen, d.w.z. verschillende dieptes te monstern. Vanwege de turbulentie in het merendeel van de Nederlandse kustwateren valt niet te verwachten dat een bloei zijn oorsprong zal vinden in deze wateren. Echter, er bevinden zich in de Deltawateren locaties waar zich potentieel omstandigheden voor kunnen doen die een toxische bloei kunnen bevorderen, zoals stagnatie in inhammen en lagunes. Op deze locaties zou een (intensivering van de) monitoring bijdragen aan de effectiviteit van het monitoringsprogramma. De monitoring programma's die momenteel lopen houden voor een deel rekening met de hydrografische en ecologische omstandigheden. Echter, om een dekkend programma te krijgen zijn voornamelijk aanpassingen in de monitoring van fytoplankton nodig, aangezien deze nog onvoldoende voorzien in de variabiliteit die een algenbloei kent m.b.t. de tijd, geografisch en de getijde invloeden.

1. Wat zijn de karakteristieken van de Nederlandse productie wateren en van de huidige sanitaire monitorings-programma's en indicatoren

De karakteristieken van de Nederlandse productie wateren zijn beschreven. De stromingsdynamiek, nutriënt toevoer, verontreinigende bronnen en stratificatie van het systeem zijn de belangrijkste karakteristieken om rekening mee te houden in het opstellen en verifiëren van een monitoring programma.

Voor fytoplankton zijn de stratificatie (aanwezigheid van spronglaag), de bron voor aanvoer van algen, turbulentie en het "vlekkerige" patroon van verspreiding de belangrijkste parameters.

Voor mariene biotoxinen zijn de aanwezigheid van algen, verticale distributie van schelpdieren en algen, het "vlekkerige" patroon van verspreiding en de grote individuele variatie in toxinen gehalten de belangrijkste parameters.

Voor microbiologische verontreinigingen zijn de aanwezigheid en locatie van verontreinigende bronnen, de hydrodynamiek en de ruimtelijke spreiding in productie gebieden de belangrijkste karakteristieken.

2. Opstellen van een protocol voor de evaluatie van de inrichting van sanitaire monitoring in de Nederlandse productie gebieden

Er is een protocol opgesteld, waarbij met name aandacht is voor de belangrijkste parameters voor de Nederlandse wateren. Hierbij is aandacht voor de verschillende keuzes, mogelijkheden en beperkingen die monitoring programma's hebben.

3. Evaluatie monitoringsprogramma in de Nederlandse productiegebieden op basis van het beschikbare protocol

Het ontwikkelde monitoring protocol is toegepast op de Nederlandse productie gebieden. Hierbij zijn met name voor de Oosterschelde enkele verbeterpunten ontstaan.

4. Verbeteringen voor de monstername techniek op basis van de karakteristieken van de belangrijkste indicatoren
Er is een protocol beschreven die recht doet aan de dynamiek van algen en de mogelijkheid biedt over de volledige waterkolom te bemonsteren. Hierdoor worden algen uit de gehele waterkolom bemonsterd, waardoor een verbeterd generiek beeld ontstaat. Dit biedt perspectief voor met name gestratificeerde systemen.

6.2 Aanbevelingen

Voor een optimalisering van het SSO monsternameprogramma kunnen een aantal analyse- en meettechnieken worden aangepast. Omdat er nog onduidelijkheid bestaat over de omstandigheden waarin toxische algen daadwerkelijk toxinen vormen, zouden deze gegevens kunnen bijdragen aan een betere inschatting van potentiële risico's. Daarnaast kunnen innovatieve technieken een tijds- en kostenbesparing opleveren. Te denken valt aan de toepassing van remote sensing, in situ metingen en modellering, eventueel in samenwerking met Rijkswaterstaat.

Over een aanpak voor bemonsteringsfrequentie, monster volumes, bemonsteringstrategieën, en spatiale variatie voor mariene biotoxine monitoring is discussie binnen het CRL (Communautair Referentie Laboratorium) netwerk. Hierbij is het met name relevant de adviezen uit deze werkgroep op te volgen. Er zijn door de complexiteit in het veld en de toxinevariatie in de schelpdieren nog geen duidelijk richtlijnen die beschrijven welk monsternamen geadviseerd worden.

Binnen het huidige monitoringprogramma, dat bestaat uit het nemen van een watermonster, zou een aanvullende analyse van parameters, bv Chlorophyl *a* met een fluorometer, saliniteit, stroomsnelheid, nutriëntgehalten, zuurstofconcentratie en temperatuur meer inzicht geven in de omstandigheden voor productie van algen en toxinen. Met name in een situatie met toxine vorming is dit type informatie zeer relevant. De meetgegevens van Rijkswaterstaat zijn niet altijd dekkend om optimale analyses te kunnen uitvoeren.

Toepassing van innovatieve en kostenbesparende tools zoals remote sensing, in situ monitoring en modellering aan de hand van bestaande gegevens kunnen, aanvullend op of deels ter vervanging van het monitoringsprogramma, bijdragen aan een verbetering van het monitoringsprogramma. Daarbij kunnen ook mogelijke trends die kunnen leiden tot veranderingen in distributie en frequentie van toxine producerende bloeien en microbiologische verontreinigingen als gevolg van klimaatverandering en de invoer/ migratie van exoten worden meegenomen.

Bentische algen dienen meegenomen te worden in de monitoring programma's met name in productiegebieden met grote intergetijde gebieden, zoals de Waddenzee en de Oosterschelde. Bentische algen komen door werveling in de waterkolom terecht. Ook in perioden met veel wind is de kans op opwerveling van bentische algen in ondiepere gebieden mogelijk.

Goed afgestemde protocollen voor zowel toxinen als algen bemonstering zijn noodzakelijk. Momenteel is er nog geen consensus om kostendekkend een goede bemonstering in te richten dat rekening houdt met de variatie in toxinegehalten. In Europees verband wordt bijvoorbeeld discussie gevoerd over de monsteraantallen, hoeveelheden en variatie van toxinen.

Monitoring van algen dient voornamelijk als "early warning" mechanisme voor de aanwezigheid van toxinen. Voor Nederland geldt dat deze fytoplankton monitoring met name bedoeld is om

vertragende maatregelen voor de schelpdiersector te nemen, op deze wijze wordt voorkomen dat schelpdieren, (mogelijk) met toxine boven de EU-gestelde norm, direct in de handel worden gebracht. Echter, naarmate er meer ervaring opgedaan wordt met toxine metingen in schelpdieren is het wellicht in de toekomst mogelijk om de algenmonitoring te reduceren of anders in te richten waardoor betere voorspellingen gedaan kunnen worden over eventuele toxinevorming.

Een sanitaire survey is nodig om de verontreinigingsbronnen voor *E.coli* te identificeren. De noodzaak tot een dergelijke survey is reeds vastgesteld in de Europese regelgeving. De informatie dient benut te worden om de gebieden conform de puntverontreinigingen in te delen. Daarnaast is het noodzakelijk om de huidige bronnen in kaart te brengen. Een tweejaarlijkse evaluatie op veranderingen in het volume aan verontreiniging en een vierjaarlijkse herijking van de verontreinigingsbronnen wordt hierbij aangeraden.

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Referenties

- Anonymus (1991) Veilig getij. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat (RWS), Directie Zeeland (ZL) en Dienst Getijdewateren (DGW), Projectgroep EOS (Evaluatie Oosterschelde) Middelburg : Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat, Directie Zeeland (RWS, ZL).
- Burkholder, J.M. P. M. Glibert , H.M. Skelton (2008), Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters, *Harmful Algae*, 8, 77–93, doi: [10.1016/j.hal.2008.08.010](https://doi.org/10.1016/j.hal.2008.08.010)
- de Senerpont Domis, L. (2014) "*Dangerous dino's: Is it time for a national risk monitoring protocol?*" by (NIOO-KNAW). VLAG Symposium Phycotoxin research in the Netherlands 23 September 2014
- Hallegraef G.M., Anderson D.M., Cembella A.D. (Eds.) (2003) *Manual on Harmful Marine Algae*. UNESCO Publishing, 794 p.
- Koukaras, K. and G. Nikolaidis (2004), *Dinophysis* blooms in Greek coastal waters (Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea), *Journal of Plankton Research*, Vol. 26 (4), 445-457, doi: [10.1093/plankt/fbh042](https://doi.org/10.1093/plankt/fbh042)
- Kamermans, P., A. Blanco en M. Poelman (2013), Risicobeoordeling opbloei *Alexandrium ostenfeldii* in het kustlaboratorium en mitigerende maatregelen, IMARES Rapport C161/13.
- Lindahl, O., B. Lundve, M. Johansen (2007) Toxicity of *Dinophysis* spp. in relation to population density and environmental conditions on the Swedish west coast, *Harmful Algae*, 6, 218-231
- Lunven, M., J.F. Guillaud, A. Youéno, M. P. Crassous, R. Berric, E. Le Gall, R. Kérouel, C. Labry and A. Aminot (2005), Nutrient and phytoplankton distribution in the Loire River plume (Bay of Biscay, France) resolved by a new Fine Scale Sampler, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65(1-2), 94-108, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2005.06.001>
- Ly, J., Philippart, C.J.M., Kromkamp, J. C. (2014). Phosphorus limitation during a phytoplankton spring bloom in the western Dutch Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 88: 109–120
- Malkin, S.Y., Bocaniov, S.A., Smith, R.E.H., Guildford, S.J., and R.E. Hecky. 2010. In situ measurements confirm the seasonal dominance of benthic algae over phytoplankton in nearshore primary production of a large lake. *Freshwater Biol.* 55(12): 2468-2483.
- Malkin, S.Y., Dove, A., Depew, D., Smith, R.E.H., Guildford, S.J., and R.E. Hecky. 2010. Spatio-temporal patterns of water quality in Lake Ontario and their implications for nuisance growth of *Cladophora*. *J. Great Lakes Res.* 36(3): 477-489.
- Nehring, S. (1993), Mechanisms for recurrent nuisance algal blooms in coastal zones: resting cyst formation as life strategy of dinoflagellates, In: Sterr, H., Hofstade, J. & Plag, H.-P. (Eds.), *Interdisciplinary Discussion of Coastal Research and Coastal Management Issues and Problems*, Lang, Frankfurt/M.: 454-467
- Peperzak, L, R. Verreusel, K.A.F. Zonneveld, W. Zevenboom en R. Dijkema (1996), The distribution of flagellate cysts on the Dutch continental shelf (North Sea) with emphasis on *Alexandrium* Spp. And *Gymnodinium catenatum*, *Harmful and toxic Algal Blooms*, 'aSUmOEO. T., Oshima, Y and Fukuyo, Y, (Eds) *IC/er.'o1crnmeT11ai Occano?raPhzc Corn?nzsslon of UNESCO 1996*
- Ridderinkhof, H., J. F. T. Zimmerman, AND M. E. Philippart. 1990. Tidal exchange between the North Sea and Dutch Wadden Sea and mixing time scales of the tidal basins. *Neth. J. Sea Res.* 25: 331–350.
- Rines, J.E.B., P.L. Donaghay, M.M. Desheneiks, J.M. Sullivan (2002), Thin layers and camouflage: hidden *Pseudo-Nitzschia* spp. (Bacillariophyceae) populations in a fjord in the San Juan Islands, Washington USA, *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 225, 123-137
- Smaal , A.C.,, T. Schellekens, M.R. van Stralen , J.C. Kromkamp (2013), Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing?, *Aquaculture* 404–405, 28–34

Tap S., B. Hartog, T. Greutink, M. Snijdelaar, T. Brandwijk, H. Kakebeeke, 2005. Evaluatie monitoring sanitaire kwaliteit schelpdieren. Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit. Directie Kennis. Rapport DK, nr. 2005/dk009, Rapport TNO Voeding, nr. V6301.

Trainer, V.L., S.S. Bates, N. Lundholm, A. E. Thessen, W. P. Cochlan and N.G. Adams (200x), *Pseudo-nitzschia* physiological ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health, *Harmful algae*, doi:[10.1016/j.hal.2011.10.025](https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.10.025)

Van de Waal,, D.B., V. H. Smith, S. A. J.Declerck, E. C. M. Stam and J. J. Elser (2014), Stoichiometric regulation of phytoplankton toxins, *Ecology Letters*, 17, 736–742

van Raaphorst W, de Jonge VN. 2004. Reconstruction of the total N and P inputs from the IJsselmeer into the western Wadden Sea between 1935–1998. *Journal of Sea Research* 51:109–31.

Verantwoording

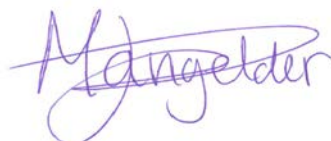
Rapport C086.15

Projectnummer: 4304102704

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Ir. M. Tangelder

Handtekening:



Datum: Juni 2015

Akkoord: Dr. R. Trouwborst
Afdelingshoofd Aquacultuur en Delta

Handtekening:



Datum: Juni 2015

Bijlage 1 Parameters afweging monsternamen frequentie

Parameter	Factoren	Opmerking	Rationaal
Hoofdgebied	Naam	..	-
Deelgebied	Naam		-
Deelgebied verschillend qua hydrodynamiek	Ja/Nee	Gevolg bemonsteringsplan per deelgebied	Besluiten of indeling voldoende hoog qua resolutie is
Stratificatie	Ja/Nee	Afhankelijk van jaargetij	Van invloed op bemonsteringsstrategie en trefkans
Bron dinoflagellaten	Noordzee (aanpalend)	Literatuur	Inschatting risico
Invloed vanuit andere watersystemen	Kreken/Sluizen/Rivieren	Beschrijving	Invloeden van zoet water nutriënten en organismen
Gewenst risico niveau	Op basis van praktische uitvoerbaarheid Op basis van hoogste risico	Onderhevig aan evaluatie risicoanalyse (jaarlijks tot vijfjarige herziening)	Gevolg van mogelijkheden programma (bv Veerse Meer)
Getijde invloed	Groot/Klein/Beperkt	In kustwateren aangrenzend aan mondingen van grote invloed	Rekening houden met getij bij monsternamen
Afstand tot bronwatersysteem	Afhankelijk van stroomsnelheid/turbulentie		Zijn er geschiktere monsternamenpunten dichterbij
Te verwachten effect afstand bronwatersysteem	Afhankelijk van stroming/turbulentie		Modellen
Data beschikbaarheid	Rijkswaterstaat NIOZ IMARES		Historische kennis

Bijlage 2. Protocol monstername fytoplankton (water)

Achtergrond

De twee meest toegepaste methoden voor fytoplankton monstername bestaat uit:

- 1) Monstername met een fles op specifieke dieptes in de waterkolom (Nansen, Nisken, Van Dorn)
- 2) Een geïntegreerde water kolom monstername (Coliwasa, tubes with plug, pump and tube).

Beide technieken hebben voor- en nadelen afhankelijk van factoren als stratificatie van de waterkolom, fytoplankton concentraties, en nauwkeurigheid (watervolume en soortendiversificatie).

Onderzoek is uitgevoerd door Majaneva et al. (2009) in de Baltische Zee, waarbij vijf verschillende soorten monsternametechnieken (slang, rosette, kleine en grote monsterflessen en monstername vanaf het schip met behulp van een pomp werden uitgevoerd (Figuur 1) zijn vergeleken. Tijdens het onderzoek werden Chlorofyl a en een aantal geselecteerde soorten gemeten gedurende een periode van stratificatie. Het onderzoek wees uit dat ondanks aanwezige verschillen en een indicatie dat monstername met de grote flessen leiden tot een beter resultaat, laat de studie zien dat de uitkomsten nagenoeg hetzelfde zijn voor de verschillende monsternametechnieken. Gezien de eisen gesteld in het SSO monitoringsprogramma en de uitvoering binnen dit programma is de hose sampler de beste keuze (voor verschillende voorbeelden, zie bijlage 2A).

Het onderstaande protocol is in aangepaste versie overgenomen uit de Guidelines on Collection of Water Samples for Phytoplankton Analysis van het SAMS.

Het watermonster moet zo dicht mogelijk bij het schelpdierbed genomen worden en bij de locatie waar de monstername van schelpdieren voor toxinebepalingen genomen worden. De monstername methode wordt toegepast afhankelijk van de lokale waterdiepte. Watermonsters dienen bij voorkeur genomen worden tijdens hoog tij (+/- 1 uur), vooral bij locaties landinwaarts. Monstername tijdens laag tij dienen vermeden te worden. Bemonstering van oppervlaktewater kan resulteren in het bemonsteren van voornamelijk zoet oppervlaktewater (bv. regenwater). Variaties in diepte van monsternames betekent dat verschillende methoden toegepast kunnen worden om de monstername uit te voeren:

<u>Water Diepte</u>	<u>Methode</u>
< 2m	Emmer
> 2m	Tube sampler (figuur 2)

Reagentia en hulstoffen

4 % gebufferde formol

Apparatuur en hulpmiddelen

- Slang (Cristallo transparante slang 20x25mm) (Figuur 2) of (40x50mm)
- RVS Gewicht met doorlating (Figuur 2)
- Kogelkraan (FIP® pvc 2-weg kogelafsluiter)
- Touw
- 10 L Emmer
- 1 L Plastic monster flessen
- Labels
- Schrijfmateriaal (pen)
- Rubber elastiekjes

Werkwijze

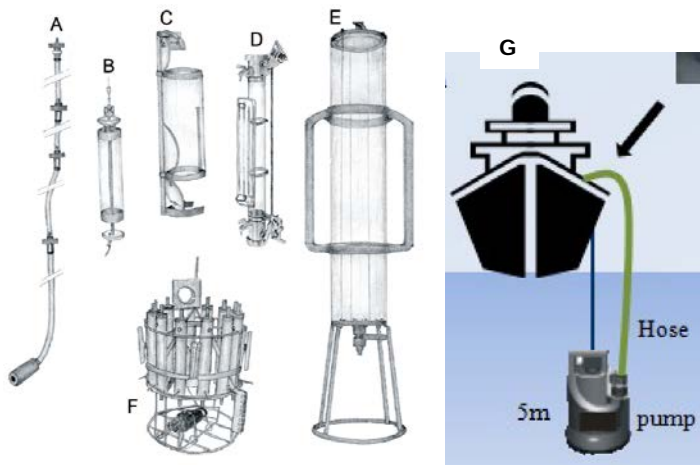
Dit protocol is gebaseerd op het werkprotocol van SAMS, UK (Guidelines on Collection of Water Samples for Phytoplankton Analysis)

4.1. Water Diepte < 2m

- 4.1.1 Op locaties waar de waterdiepte minder is dan en de waterkolom goed gemengd is, kan een emmer gebruikt worden voor de monstername.
- 4.1.2 Neem een bijna-oppervlaktewatermonster met een emmer zo ver mogelijk van de oever/ kust vandaan, maar bij dezelfde locatie als waar het schelpdiermonster genomen wordt, of in de nabijheid van de schelpdiergronden. Voorkom dat sediment op wervelt voor de monstername.
- 4.1.3 Meng de inhoud van de emmer en vul onmiddellijk een 1 L fles tot aan de rand door de fles onder te dompelen in de emmer. Voorkom dat er neerslag van zwevend materiaal plaatsvindt voordat de fles gevuld wordt.
- 4.1.4 Wanneer de tijd tussen monstername en analyse meer dan 48u bedraagt, dient het watermonster gefixeerd te worden met 10 ml 4%gebufferd formol. Sluit de fles vervolgens goed en draai de fles driemaal om voor een goede menging van het water en de formol.
- 4.1.5 Label de fles met de volgende gegevens:
 - Locatie
 - Naam van schip verantwoordelijk voor monstername
 - Datum mostername
 - Tijdstip monstername
 - Water temperatuur
 - Diepte monstername (in meters)
 - Gebruikte methode (emmer of sampling tube)
 - Getij (idealiter tussen +/- 1h van hoog tij)
 - Windkracht
- 4.1.6 Bewaar het monster aan boord bij 4°C voor transport

4.2. Water Diepte >2m

- 4.2.1 Op locaties met een waterdiepte groter dan 2 m moet een tube sampler gebruikt worden voor monstername.
- 4.2.2 De tube sampler neemt een geïntegreerd monster van het oppervlaktewater tot de diepte zoals bepaald door de diepte van de waterkolom op de locatie. De tube sampler moet iedere meter gemarkeerd worden met waterproof tape, zodat de diepte waarover het monster is genomen geschat kan worden. Een gewicht wordt aan een van de uiteindes van de tube geplaatst en een sluitingsklep aan de andere uiteinde.
- 4.2.3 Plaats een lijn/ touw aan de onderkant van de tube sampler zodat het vanaf de onderkant omhoog getild kan worden.
- 4.2.4 Open de kraansluiting aan de bovenkant van de slang.
- 4.2.5 Laat geleidelijk het uiteinde met het gewicht in het water totdat het overgrote deel onder water is of totdat het gewicht ongeveer 1 m van de zeebodem is. De tube sampler moet strak en verticaal blijven zodat een goed verdeeld monster van de gehele waterkolom genomen kan worden. As het gewicht de bodem raakt, neem dan een monster waar het verstoorte sediment de kwaliteit van het monstermonster niet beïnvloedt.
- 4.2.6 Let op de diepte gebruikmakend van de 1m intervallen op de slang.
- 4.2.7 Sluit de kraansluiting en haal de onderkant van de tube sampler voorzichtig naar boven met behulp van de lijn/ touw.
- 4.2.8 Leeg de gehele inhoud van de tube sampler in een emmer via de klep op de bovenkant van de slang. Open, indien nodig, handmatig de klep zodat het water in de emmer kan lopen.
- 4.2.9 Meng de inhoud van de emmer en vul gelijk hierna een 1L monsterfles tot aan de rand door de fles onder te dompelen in de emmer. Voorkom dat er neerslag van zwevend materiaal plaatsvindt voordat de fles gevuld wordt.
- 4.2.10 Wanneer de tijd tussen monstername en analyse meer dan 48uur bedraagt, dient het watermonster gefixeerd te worden met 10 ml 4%gebufferd formol. Sluit de fles vervolgens goed en draai de fles driemaal om voor een goede menging van het water en de formol.
- 4.2.11 Label de fles zoals beschreven in 4.1.5
- 4.2.13 Bewaar het monster aan boord bij 4°C voor transport
- 4.2.14 Na monstername moet de slang goed schoongespoeld worden met zoet water en aan beide uiteinden afgesloten worden om verontreiniging van de slang te voorkomen.



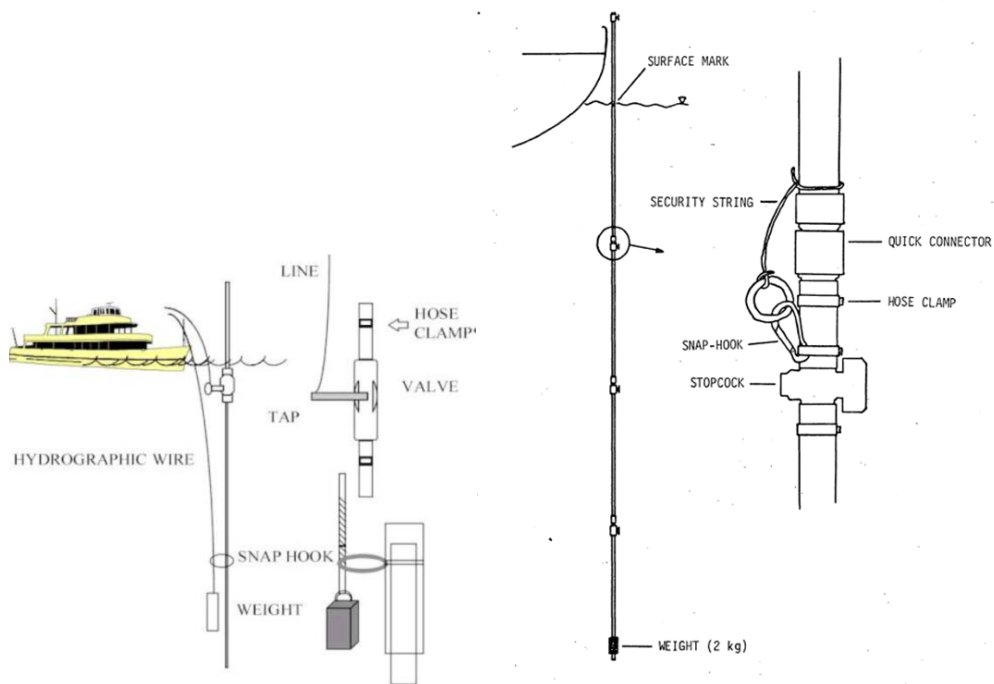
Figuur 1. (A) hose sampler; (B) (D) small bottle sampler; (C) (E) large bottle sampler; (F) rosette; (G) Ship-of-opportunity-like pump sampler (from Pizarro et al., 2013).



Figuur 2. SAMS tube sampler

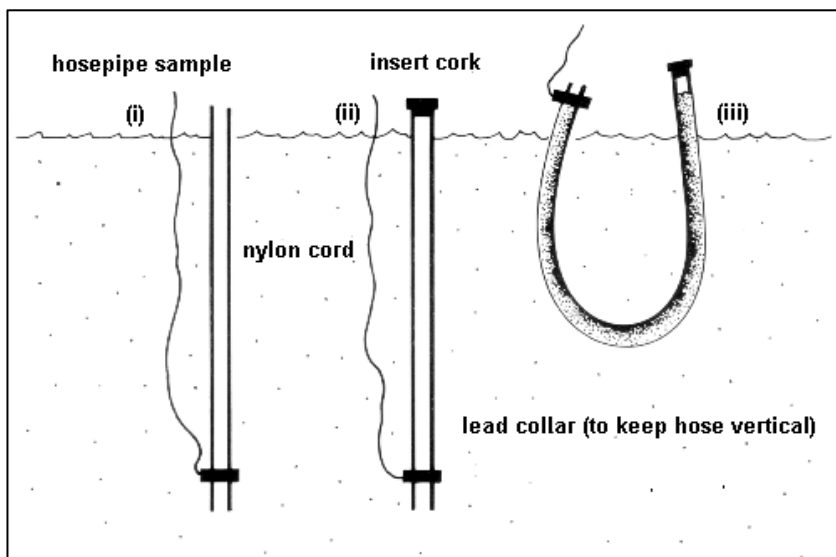
Voorbeelden Hose Samplers

Er bestaan verschillende technieken binnen de toepassing van de hose sampler. De hose sampler ontwikkelt door Lindahl (1986) wordt vaak gebruikt voor fytoplankton bemonstering. Dit systeem bestaat uit een PVC buis geplaatst op het einde van de slang vastgezet met een klem.



Figuur 3. Een hose sampler volgens Lindahl (1996)

Een rubberen hose sampler (Figuur 4) is een voorbeeld van een aangepaste hose sampler. Het bestaat uit een buis met een verzwaarde slang. Ze zijn over het algemeen 20mm in diameter en 4 tot 5 meter lang, maar kunnen variëren in lengte afhankelijk van de volume van de watermassa die bemonsterd moet worden.



Figuur 4. Een rubberen hose sampler