

Benthische diatomeeën als indicatoren voor de waterkwaliteit in Rijkswateren

Eerste resultaten van een pilotstudie



RIZA werkdokument 2003.045X

Februari 2003

K. Wolfstein

Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
1.1. Aanleiding	4
1.2. Vraag	5
1.3. Doelen	5
2. Onderzoeksplan en – methode	6
2.1. Bemonstering van stenen (kunstmatig substraat)	7
2.2. Bemonstering van stenen (natuurlijk substraat)	7
2.3. Bemonstering van rietstengels (natuurlijk substraat)	8
2.4. Preparatie en determinatie	8
3. Resultaten	10
3.1. Taxonomische samenstelling benthische diatomeeën in de Rijkswateren	10
3.2. Ecologische typering	10
3.3. Tijdelijke en ruimtelijke verschillen	14
3.4. Relatie met omgevingsparameters	15
3.4.1. Licht	15
3.4.2. Vergelijking van indicatiewaarden bepaald door benthische diatomeeën en gemeten waarden (MWTL)	16
3.5. Beoordeling relevantie indicatorwaarden	19
4. Conclusies en aanbevelingen	20
4.1. Bemonstering	20
4.2. Toepassing van de taxonomische samenstelling van benthische diatomeeën als indicator voor de waterkwaliteit en selectie van voor Nederland meest geschikt beoordelingssysteem	22
4.3. Open vragen en vervolg	22
5. Literatuur	23
6. Bijlagen	25

1. Inleiding

1.1. Aanleiding

In het huidige monitoringprogramma van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling zijn benthische diatomeeën niet als parameter opgenomen. In de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) echter moet de ecologische toestand van oppervlaktewateren beschreven worden aan de hand van verschillende biologische kwaliteitselementen. Naast de in Nederland voor monitoring algemeen gebruikte elementen: fytoplankton, macrofyten, vis en macro-invertebraten, verlangt de KRW tevens de monitoring van de abundantie en taxonomische samenstelling van het fytobenthos (Bijlage V, 1.2.1 en 1.2.2). De benthische flora (ondermeer draadvormige cyanobacteriën, diatomeeën, groenwieren, en roodwieren) bestaat uit zowel macroscopische als microscopische (microfyto-benthos) vormen. De algen worden epifytisch (op planten), epilithisch (op stenen) of epipelisch (op de bodem) genoemd naar de aard van het substraat waarop zij zitten.

In de meeste Europese landen worden benthische diatomeeën al standaard gebruikt voor de beoordeling van de waterkwaliteit (Prygiel *et al.* 1999) of wordt hun geschiktheid en indicatorwaarde voor de waterkwaliteit van meren en rivieren getoetst (Duitsland) (Schmedtje *et al.* 2001). In Nederland zijn er in beperktere mate studies over meren (van Dam 1974), vennen (verzuring, van Dam *et al.* 1981) en sloten (Smit 1990) uitgevoerd. Weinig is echter bekend over rivieren, kanalen en meren. Daarom werd een literatuurstudie (Daphne Willems, RIZA) en deze pilotstudie uitgevoerd naar de toepassing van benthische diatomeeën voor de beoordeling van de waterkwaliteit van zoete en brakke rijkswateren.

Waarom benthische diatomeeën?

1. Diatomeeën vormen het grootste deel van het microfyto-benthos en kunnen als representatief voor dit kwaliteitselement beschouwd worden.
2. Van de in Nederland voorkomende diatomeeën is van 95% de indicatorwaarde bekend (van Dam *et al.* 1994).
3. Zij staan bekend als excellente indicatoren voor de waterkwaliteit (eutrofiering, verzuring, klimaatveranderingen), omdat zij overal voorkomen en gevoelig zijn voor vele milieuparameters zoals

stroomsnelheid, licht, zoutgehalte, zuurgraad, pH en anorganische nutriënten (Smit 1990, ten Cate *et al.* 1993, van Dam 1994).

4. In het bijzonder in dynamische systemen zoals rivieren blijken benthische algen en met name diatomeeën door hun sessiele levenswijze een beter geschikte parameter te zijn dan het fytoplankton.
5. De verschillende soorten zijn goed herkenbaar aan hun celwand. De preparaten die van de celwanden gemaakt moeten worden zijn permanent en kunnen daardoor als blijvende referenties voor milieuveranderingen dienen.
6. De bemonstering en determinatie zijn in vergelijking met bijvoorbeeld macro-invertebraten relatief goedkoop.

1.2. Vraag

Om ervaring op te doen met de monitoring van benthische (epifytische en epilytische) diatomeeën en de interpretatie van de gewonnen resultaten werd in 2002 een pilotstudie doorgevoerd, die antwoord geven zal op volgende vragen:

1. Zijn benthische diatomeeën in Nederland op brede schaal geschikt als indicatororganismen voor de waterkwaliteit (met name in verband met de KRW)? Zijn er karakteristieke soorten of zijn eerder indifferente soorten dominant?
2. Wat is de beste manier van bemonstering? Er is nog discussie over de beste manier van bemonstering, om met name de representativiteit en vergelijkbaarheid met andere plaatsen en andere landen te waarborgen, want de indicatorwaarde is afhankelijk van verschillende factoren zoals substraattype (stenen, macrofyten, kunstmatig), tijdstip en manier van bemonstering (Kelly *et al.* 1998).

1.3. Doelen

Deze pilotstudie zou de volgende resultaten opleveren:

- Taxonomische samenstelling benthische diatomeeën in de Rijkswateren.

-
- Kennis over benthische diatomeeën bij RIZA.
 - Handleiding bemonstering en analyse (incl. kwaliteitsborging mede ten behoeve van latere verantwoorde uitbesteding van analyses) van benthische diatomeeën in Rijkswateren.
 - Aanbeveling over de verdere toepassing van de taxonomische samenstelling van benthische diatomeeën als indicator voor de waterkwaliteit in het kader van de KRW.
 - Selectie van het voor Nederland meest geschikt beoordelingssysteem.

Het werk werd gezamenlijk uitgevoerd door het RIZA (afdeling WSE en IMLB), AquaSense en Koeman & Bijkerk. In deze rapportage worden de eerste resultaten van de studie gepresenteerd.

2. Onderzoeksplan en – methode

De monsternamen werden volgens de waterkwaliteit – richtlijn voor de routinematige monsterneming en monstervoorbehandeling van benthische diatomeeën voor de beoordeling van waterkwaliteit (prEN 13946: 2002) uitgevoerd. De bemonstering vond plaats in mei, juli en september op tien verschillende locaties in meren, rivieren en kanalen (Tab. 1).

Tabel 1: Monsterlocaties

Locatie	Coördinaten
Eemmeerdiijk	x= 152.00, y= 478.00 (door middel van kaart bepaald)
Afrikahaven	x= 111.31, y= 492.81 (door middel van GPS bepaald)
Noordzeekanaal Afrikahaven	x= 110.89, y= 493.77 (door middel van GPS bepaald)
Noordzeekanaal IJmuiden	x=103.64, y= 497.51 (door middel van GPS bepaald)
Puttershoek (Oude Maas)	x = 97.69, y= 426.56 (door middel van GPS bepaald)
Keizersveer (Bergsche Maas)	x= 120.90, y= 414.73 (door middel van GPS bepaald)
Randwijk (Nederrijn)	X= 176.0, y= 441.5 (door middel van kaart bepaald)
Brakel (Waal)	X= 134.5, y= 427.0 (door middel van kaart bepaald)
Volkerakmeer	x= 69.96, y= 411.17 (door middel van GPS bepaald)
Belfeld (Maas)	x= 204.79, y= 368.87 (door middel van GPS bepaald)

2.1. Bemonstering van stenen (kunstmatig substraat)

Begin mei en juli werden er netten met stenen ('kunstmatig' hard substraat) op ongeveer 40 cm diepte in het water uitgezet. Op alle monsterlocaties waren stenen aanwezig (natuurlijk of oeverbevestiging). Omdat de oevers van de locaties verschillend waren, kan de afstand van de oever tot het punt waar de netten werden neer gelegd tussen de locaties enigszins verschillen. Het gebruik van hetzelfde harde substraat waarborgt de vergelijkbaarheid van de monsters en sluit aan bij methoden die in het buitenland worden gebruikt (Kelly *et al.* 1998). Het standaard gebruik van kunstmatig hard substraat heeft verder als voordeel dat het de bemonstering vereenvoudigt daar voor bemonstering geschikt hard substraat niet altijd op de monsterlocatie aanwezig kan zijn.

Na acht weken (in juli en september, resp.) incubatie werden de stenen weer verzameld en daarnaast werden verschillende aanwezige natuurlijke habitats van dezelfde monsterplekken bemonstert (o.a. rietstengels, aanwezig hard substraat, bodem), om inzicht te krijgen in de representativiteit van het kunstmatige harde substraat.

2.2. Bemonstering van stenen (natuurlijk substraat)

Vijf ongeveer handgrote stenen werden uit het water verzameld, en losse gedeeltes zoals zand en bladeren voorzichtig afgespoeld. Dit gold niet voor macroalgen, die op de steen groeiden, zij werden meegenomen, omdat op deze algen ook diatomeeën zitten. Daarna werd ieder enkele steen in een bak gelegd, wat water van het habitat toegevoegd, de algen met een tandenborstel afgeborsteld (Fig.1 en 2), en tenslotte werd het water met de algen in monsterpotjes gegoten. De bak werd aansluitend met een kleine hoeveelheid natuurlijk water gespoeld dat aan het monster werd toegevoegd. Tenslotte werd het monster met 1ml Lugol geconserveerd.



Fig. 1: Verzamelen natuurlijk substraat (stenen en riet)



Fig.2: Afborstelen natuurlijk substraat

2.3. Bemonstering van rietstengels (natuurlijk substraat)

Alleen stengels, die permanent onder water staan, kunnen worden gebruikt. Vijf stengels (ca. 5 cm lengte) werden vlak boven de bodem afgeknipt en in een plastic buis gestopt. De monsters werden bij – 80 °C bewaard.

2.4. Preparatie en determinatie

Het monstermateriaal werd voor determinatie naar de bureau's Koeman & Bijkerk en AquaSense opgestuurd. De preparatie werd in detail beschreven in de rapporten van Koeman & Bijkerk (2002) en AquaSense (2002) en kan licht van elkaar verschillen. Daarom wordt in dit rapport kort de algemene procedure beschreven.

De aan de rietstengels gehechte diatomeeën werden door AquaSense mechanisch en door Koeman & Bijkerk chemisch met behulp van 10%

HCl van het substraat losgemaakt. Daarna werden de monsters gewassen met gedestilleerd water en de algenschaaltjes geconcentreerd door centrifugering.

Van het materiaal is een deel geoxydeerd door verhitting bij 80 - 90°C in waterstofperoxyde. Koeman & Bijkerk voegden als eerste stap H₂SO₄ en na het waterstofperoxide nog geconcentreerde KMNO₄ oplossing aan het monster toe.

Hierna werd het materiaal gewassen en opgenomen in water. Daarvan werd een druppel opgebracht op een dekglas en ingebed in Naphrax. De preparaten zijn bekeken onder een microscoop met fase-contrastbelichting. Er zijn 200 schaalhelften in 10 random gekozen beeldvelden geteld.

Voorafgaand aan alle berekeningen werden de gevonden aantallen schaalhelften getransformeerd naar percentages. Bij een telling van 200 schaalhelften werd daartoe gedeeld door 2. Tevens werden soorten die buiten de telling werden genoteerd niet meegenomen in de berekeningen, daar deze niet consequent zijn opgenomen (commentaar Koeman & Bijkerk 2002). Per monster werd het aantal soorten centrale (d.w.z. planktische) en pennate (benthische) diatomeeën berekend. De gewogen gemiddelde indicatiegetallen voor zuurgraad (**pH**), zoutgehalte (**Sal**), stikstofopname (**N**), zuurstofbehoefte (**O**), saprobie (**S**), trofie (**T**) en vocht (**M**) zijn berekend volgens de indeling van Van Dam *et al.* (1994) of aangevuld (aangepast) zoals beschreven in Koeman & Bijkerk (2002).

Koeman & Bijkerk (2002) gebruikten de volgende formule voor de berekeningen van de indicatiegetallen (voorbeeld zuurgraad):

$$\text{pH indicatie} = \frac{1 \times \%_{\text{acidobiont}} + 2 \times \%_{\text{acidofiel}} + 3 \times \%_{\text{neutraal}} + 4 \times \%_{\text{alkalifiel}} + 5 \times \%_{\text{alkalibiont}}}{\%_{\text{acidobiont}} + \%_{\text{acidofiel}} + \%_{\text{neutraal}} + \%_{\text{alkalifiel}} + \%_{\text{alkalibiont}}}$$

Soorten die indifferent zijn, werden niet meegerekend. Voor elk van deze parameters is ook nagegaan welk percentage van de individuen is meegenomen in de berekeningen. Veel van de soorten van brakke locatie zijn niet in de Van Dam Index opgenomen en hebben van Koeman & Bijkerk voor het aspect 'saliniteit' de indicatorwaarde 4 gekregen. De indicatorwaarden voor andere aspecten zoals trofiegraad

konden niet worden ingevuld en zijn daarom open gelaten en werden niet meegenomen bij de berekeningen.

3. Resultaten

3.1. Taxonomische samenstelling benthische diatomeeën in de Rijkswateren

In totaal werden er door Koeman & Bijkerk 213 en door AquaSense 192 taxa gevonden. De meeste taxa (71) werden aangetroffen op de natuursteen van de locatie Keizersveer. Er moet echter worden opgemerkt, dat sommige brakke of mariene soorten met de ter beschikking staande literatuur niet met zekerheid tot op soort gedetermineerd konden worden. Er is momenteel geen goed, allesomvattend determinatiewerk beschikbaar. Een poging daartoe van Witkowski *et al.* (2000) bood hier en daar aanknopingspunten, gaf veel (mogelijk) nieuwe soorten die nog benoemd moeten worden, maar bevatte ook veel onjuist- en onzorgvuldigheden, waardoor dit boek een hoop kritiek heeft gekregen.

Veel voorkomende algemene soorten waren *Diatoma vulgare*, *Navicula tripunctata*, *Nitzschia dissipata* en *Rhoicosphenia abbreviata*. Dit zijn soorten van voedselrijke (eutrofe) wateren met een hoog ionengehalte. Er werden 47 bijzondere (zeldzame) soorten gevonden, ondermeer *Achnanthes kolbei* (in het Volkerak), een schaars verspreide soort van oligosaprobe tot β -mesosaprobe zwak alkalische wateren of *Achnanthes grischuna* (Keizersveer en Volkerak) een weinig bekende soort van vermoedelijk oligosaprobe, matig electrolytrijke wateren.

3.2. Ecologische typering

De classificatie van de ecologische indicatiewaarden van diatomeeën is in tabel 2 weergegeven. Het belangrijkste verschil in ecologische typering is het brakkarakter.

De monsters van de Afrikahaven, de Noordzeekanaal dichtbij de Afrikahaven en IJmuiden bevatten voor het merendeel soorten uit brakke en mariene wateren. Sommige soorten konden met de ter beschikking staande literatuur niet met zekerheid tot op soort gedetermineerd worden (zie boven).

Tab. 2: Classificatie van de ecologische indicatiewaarden van diatomeeën (Van Dam *et al.* 1994)

pH	1	acidobiont	optimaal bij pH < 5,5		
	2	acidofiel	voornamelijk bij pH < 7		
	3	circumneutraal	voornamelijk bij pH ~ 7		
	4	alkalifiel	voornamelijk bij pH > 7		
	5	alkalibiont	uitsluitend bij pH > 7		
	6	indifferent	geen duidelijk pH-optimum		
<hr/>					
Sal =			Cl ⁻ (mg/l)	Saliniteit (‰)	
Zoutgehalte	1	zoet	< 100	< 0,2	
	2	zoet-brak	< 500	<0,9	
	3	brak-zoet	500 – 1000	0,9 - 1,8	
	4	brak	1000 – 5000	1,8 – 9,0	
	5	brak-marien	5000 – 10000	9,0 – 18,0	
	6	marien-brak	10000 – 17000	18,0 – 30,0	
	7	marien	> 17000	> 30,0	
<hr/>					
N -opname	1	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor zeer geringe concentraties organisch gebonden stikstof			
	2	stikstofautotrofe soorten, tolerant voor hogere concentraties org. gebonden N			
	3	facultatief stikstofheterotrofe soorten, hebben periodiek hogere concentraties org. gebonden N nodig			
	4	obligaat stikstofheterotrofe soorten, hebben voortdurend hogere concentraties org. gebonden N nodig			
		stikstofautotrofe soorten, tolerant voor zeer geringe concentraties organisch gebonden stikstof			
<hr/>					
O ₂ - behoefte	1	voortdurend hoog (ca 100% verzadiging)			
	2	vrij hoog (boven 75% verzadiging)			
	3	matig (boven 50% verzadiging)			
	4	laag (boven 30% verzadiging)			
	5	zeer laag (ca 10% verzadiging)			
<hr/>					
S =		kwaliteitsklasse	O ₂ -verzadiging (%)	BOD ₅ ²⁰ (mg/l)	
Saprobie	1	oligosaproob	I, I-II	> 85	< 2
	2	β- mesosaproob	II	70- 85	2 - 4
	3	α- mesosaproob	III	25 - 70	4 -13
	4	α-meso-/ polysaproob	III-IV	10 - 25	13- 22
	5	polysaproob	IV	< 10	> 22

Vervolg van tabel 2

T = Trofie	1	Oligotrafent (Δ oligotroof)
	2	oligo-mesotrafent
	3	mesotrafent
	4	meso-eutrafent
	5	eutrafent
	6	hypereutrafent
	7	indifferent
M = Vocht	1	nooit of slechts zeer zelden buiten het water voorkomend
	2	voornamelijk in het water, maar soms ook op vochtige plaatsen voorkomend
	3	voornamelijk in het water, maar regelmatig ook op natte en vochtige plaatsen voorkomend
	4	voornamelijk op natte en vochtige of tijdelijk droogvallende plaatsen voorkomend
	5	bijna uitsluitend buiten het water voorkomend

Wat betreft de typering van de trofie- en saprobiegraad op basis van de soortensamenstelling was er weinig verschil tussen de locaties (Tab. 3).

De kiezelalgen-gemeenschap indiceerde overal eutroof water (range indicatie 4.6-5.1) en β - tot α -mesosaprob water (range indicatie 2.0-3.0). Slechts 76 soorten waren indicatief voor oligosaprobe of β -mesosaprobe wateren en 6 soorten voor oligotrafente (= oligotrofe) of oligo-mesotrafente wateren. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze aspecten voor de monsters van de hierboven genoemde brakke locaties niet representatief getypeerd konden worden, omdat indicatorwaarden voor mariene soorten ontbreken.

Relatief minst eutroof (meso-eutroof) was de typering van het Markermeer met meer dan 20% abundantie van de soorten in klasse 3. Dit gold ook voor de saprobie: van het Markermeer was meer dan 90% abundantie van de soorten β -mesosaprob, gevolgd door de locatie Puttershoek (> 80%) en het Volkerak en de locatie Randwijk met allebei > 70%. Relatief het meest saproob was de typering van de Afrikahaven. Bij de zuurstofverzadiging lag het Markermeer weer op de eerste plaats met meer dan 70% abundantie van de soorten in klasse 1 en 2 (> 75% zuurstofverzadiging).

Tab. 3: Indicaties op basis van Van Dam et al (1994) voor trofie, saprobie, zuurstofhuishouding, stikstofhuishouding, zuurgraad, saliniteit en vocht (rechte getallen door AquaSense, cursieve getallen door Koeman & Bijkerk)

Naam	maand	Ecologische indicatiewaarden gewogen gemiddelden						
		pH	Sal	N	O	S	T	M
<i>Volkerak kunstmatig steen 1</i>	<i>juli</i>	4,0	2,1	1,9	2,0	2,0	4,9	1,7
Volkerak kunstmatig steen 2	juli	3,9	2,4	2,0	2,2	2,2	4,5	2,0
Volkerak kunstmatig steen 3	juli	4,0	2,2	2,0	2,4	2,2	4,8	2,5
<i>Volkerak kunstmatig steen 4</i>	<i>juli</i>	4,0	2,2	2,0	2,0	2,1	4,8	1,8
Volkerak kunstmatig steen 5	juli	4,0	2,2	2,1	2,3	2,2	4,7	2,5
Volkerak natuursteen 3	juli	4,0	2,2	2,8	2,5	2,5	4,8	2,1
Volkerak natuursteen 4	juli	4,1	2,2	2,3	2,2	2,2	4,7	2,3
Volkerak natuursteen 5	juli	4,0	2,2	2,7	2,5	2,5	4,8	2,0
Volkerak riet 1	mei	4,1	2,3	2,2	2,3	2,3	4,5	2,3
Volkerak riet 1	juli	4,0	2,2	2,4	2,0	2,3	4,5	1,6
<i>Volkerak riet 1</i>	<i>sept</i>	4,0	2,4	2,4	2,4	2,2	4,8	2,5
<i>Volkerak riet 2</i>	<i>sept</i>	3,9	2,1	2,2	2,6	2,4	4,9	2,4

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Afrikahaven natuursteen 1	juli	4,3	4,0	2,1	3,0	2,9	4,9	2,3
Afrikahaven natuursteen 2	juli	4,4	4,0	2,2	3,0	2,9	5,0	2,1
Afrikahaven natuursteen 3	juli	4,3	3,9	2,2	2,9	2,9	5,0	2,4
<i>Afrikahaven natuursteen 4</i>	<i>juli</i>	4,2	3,5	2,2	2,8	2,6	5,0	2,6
<i>Afrikahaven natuursteen 5</i>	<i>juli</i>	4,3	3,6	2,1	2,9	2,7	5,0	2,6
<i>Afrikahaven natuursteen 1</i>	<i>sept</i>	4,3	3,9	1,9	3,2	3,0	5,1	2,8
<i>Afrikahaven kunstmatig steen 1</i>	<i>sept</i>	4,6	3,9	1,9	3,0	2,8	5,0	2,8
<i>Afrikahaven kunstmatig steen 2</i>	<i>sept</i>	4,6	3,9	2,0	3,1	2,8	5,0	2,9

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Belfeld riet 1	mei	4,3	2,1	2,1	2,2	2,2	4,3	1,7
Belfeld riet 1	juli	3,9	2,4	1,5	1,7	1,8	4,5	2,5
<i>Belfeld riet1</i>	<i>sept</i>	4,1	2,0	2,2	2,5	2,5	4,7	2,0

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
<i>Markermeer natuursteen 1</i>	<i>sept</i>	4,0	2,1	1,7	1,7	2,0	4,6	1,8
<i>Markermeer natuursteen 2</i>	<i>sept</i>	4,0	2,1	1,7	1,8	2,0	4,7	1,9

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
<i>Brakel natuursteen1</i>	<i>sept</i>	4,0	2,1	2,1	2,4	2,2	4,9	2,4
<i>Brakel natuursteen2</i>	<i>sept</i>	4,0	2,1	2,0	2,3	2,1	4,9	2,3

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Eemdijk natuursteen 1	juli	4,4	2,1	2,1	2,2	2,2	4,3	1,9
Eemdijk natuursteen 2	juli	4,3	2,1	2,7	2,4	2,4	4,6	1,9
Eemdijk natuursteen 3	juli	4,3	2,1	2,0	2,1	2,1	4,6	2,0
Eemdijk riet 1	mei	4,1	2,5	2,2	2,9	2,8	4,9	2,2
Eemdijk riet 1	juli	4,1	2,1	2,0	2,7	2,0	4,9	2,0

Naam	maand	pH	Sal	O	N	S	T	M
Puttershoek riet 1	mei	3,6	2,7	2,1	1,8	2,9	5,0	3,1
Puttershoek riet 1	juli	3,4	3,0	2,0	1,5	2,7	5,0	3,1
Puttershoek natuursteen 2	juli	3,5	2,7	2,1	1,6	2,6	5,1	3,4
Puttershoek natuursteen 3	juli	3,3	2,9	2,1	1,3	2,7	5,0	3,5
Puttershoek natuursteen 4	juli	3,4	2,9	2,1	1,6	2,7	5,0	3,2
<i>Puttershoek natuursteen 4</i>	<i>sept</i>	<i>4,0</i>	<i>2,1</i>	<i>2,0</i>	<i>2,1</i>	<i>2,0</i>	<i>4,9</i>	<i>2,3</i>
<i>Puttershoek natuursteen 5</i>	<i>sept</i>	<i>4,0</i>	<i>2,3</i>	<i>2,0</i>	<i>2,1</i>	<i>2,0</i>	<i>5,0</i>	<i>2,4</i>
<i>Puttershoek kunstmatig steen 1</i>	<i>sept</i>	<i>4,0</i>	<i>2,1</i>	<i>2,0</i>	<i>2,2</i>	<i>2,1</i>	<i>5,0</i>	<i>2,3</i>

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Ijmuiden (NZ-kanaal) riet 1	mei	4,3	3,3	2,0	2,2	2,2	5,0	2,1
Ijmuiden riet 1	juli	4,6	4,3	2,1	2,7	2,8	5,0	2,4
Ijmuiden natuursteen 1	juli	4,5	4,0	2,2	3,1	2,9	5,0	2,7
Ijmuiden natuursteen 2	juli	4,6	4,2	2,2	3,2	3,1	4,9	2,5
Ijmuiden natuursteen 3	juli	4,6	4,2	2,2	3,2	2,9	4,9	2,8
<i>Ijmuiden natuursteen 4</i>	<i>juli</i>	<i>4,5</i>	<i>3,7</i>	<i>2,1</i>	<i>2,7</i>	<i>2,5</i>	<i>5,0</i>	<i>2,6</i>
<i>Ijmuiden natuursteen 5</i>	<i>juli</i>	<i>4,3</i>	<i>3,8</i>	<i>2,1</i>	<i>2,8</i>	<i>2,7</i>	<i>5,0</i>	<i>2,6</i>
<i>Ijmuiden kunstmatig steen 1</i>	<i>sept</i>	<i>4,6</i>	<i>3,8</i>	<i>2,0</i>	<i>2,8</i>	<i>2,6</i>	<i>5,0</i>	<i>2,7</i>
<i>Ijmuiden kunstmatig steen 1</i>	<i>sept</i>	<i>4,4</i>	<i>3,8</i>	<i>2,0</i>	<i>2,9</i>	<i>2,7</i>	<i>5,0</i>	<i>2,9</i>

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Keizersveer natuursteen 2	juli	3,8	2,3	2,5	2,7	2,7	4,6	2,4
Keizersveer natuursteen 3	juli	3,7	2,6	2,2	2,0	2,4	5,0	2,4
Keizersveer natuursteen 4	juli	3,7	2,5	2,4	2,2	2,6	4,6	2,1
<i>Keizersveer natuursteen 1</i>	<i>sept</i>	<i>4,0</i>	<i>2,2</i>	<i>2,3</i>	<i>2,5</i>	<i>2,4</i>	<i>4,9</i>	<i>2,3</i>
<i>Keizersveer natuursteen 2</i>	<i>sept</i>	<i>3,9</i>	<i>2,1</i>	<i>2,3</i>	<i>2,5</i>	<i>2,5</i>	<i>4,8</i>	<i>2,3</i>
Keizersveer riet 1	juli	3,6	2,0	2,4	2,8	2,4	5,0	2,2
<i>Keizersveer riet 1</i>	<i>sept</i>	<i>3,8</i>	<i>2,1</i>	<i>2,2</i>	<i>2,4</i>	<i>2,3</i>	<i>4,9</i>	<i>2,3</i>
<i>Keizersveer riet 2</i>	<i>sept</i>	<i>4,0</i>	<i>2,2</i>	<i>2,3</i>	<i>2,4</i>	<i>2,4</i>	<i>4,9</i>	<i>2,2</i>

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
NZ-kanaal Afrikahaven natuursteen 1	sept	4,6	3,8	2,1	2,9	2,7	5,0	2,8
NZ-kanaal Afrikahaven natuursteen 2	sept	4,4	3,8	2	2,9	2,9	5,0	2,9

Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Randwijk natuursteen 1	sept	4,0	2,2	2,1	2,2	2,2	4,8	2,5
Randwijk natuursteen 2	sept	4,0	2,2	2,0	2,2	2,1	4,9	2,3

3.3.Tijdelijke en ruimtelijke verschillen

De verschillen tussen de locaties waren groter dan de verschillen tussen de substraten en bemonsteringstijdstippen binnen de locaties. Meestal waren

er slechts kleine verschillen tussen de 'replica's' van kunstmatige of natuurlijke stenen (b.v. Markermeer, Brakel, Noordzeekanaal Afrikahaven, Randwijk of Puttershoek). Uitzonderingen waren sommige parameters (S, T, O, pH) van de locaties Eemdijk (riet), Belfeld (riet), Volkerak (riet) en Keizersveer (natuursteen). De oorzaak voor de verschillen tussen de rietstengels kan het mogelijk verschil in de leeftijd van de stengels of variaties in lichtomstandigheden zijn.

Een andere uitzondering vertoonden enkele monsters van de locatie Afrikahaven uit de maand juli voor wat betreft het aspect saliniteit; naast mariene soorten waren er ook relatief veel individuen aanwezig uit zoetere milieus.

Op de locaties Keizersveer en Volkerak was de soortenrijkdom van de rietstengels duidelijk lager dan die van het aangroei op de stenige substraten, vermoedelijk omdat in deze laatste monsters ook veel dode cellen met het slib zijn ingevangen.

3.4. Relatie met omgevingsparameters

3.4.1. Licht

Het lichtregime kan zowel de structuur van de diatomeeënpopulatie beïnvloeden als ook fysiologische processen, welke dan weer invloed kunnen hebben op de relatie met verontreinigingen (Kelly *et al.* 1998). In tabel 4 worden waarden getoond van het fotosynthetisch actief licht (PAR, golvenlengte van 400-700 nm) gemeten in juli op sommige monsterlocaties. Metingen werden gedaan aan de wateroppervlakte en op 20 cm waterdiepte, en de lichtuitdoving van de waterkolom werd eruit berekend.

De PAR waarden aan de wateroppervlakte – en ook in het diepere water – zijn afhankelijk van het weer en de tijd waarop de metingen werden uitgevoerd. Het verschil tussen de waarden kan daardoor ook worden verklaard: de waarden van het Eemmeer in het Volkerak werden of 's avonds (lagere stand van de zon) of op een andere dag (meer bewolking) gemeten.

De uitdoving van het licht in de bovenste 20 cm van de waterkolom is echter wel van belang. Deze waarde is in het Eemmeer aanzienlijk hoger dan andere monsterlocaties en door een hoger gehalte aan fytoplankton veroorzaakt (groene soep) en heeft zeker een effect op de diatomeeën,

doordat de soorten, die minder licht nodig hebben, beter tot groei kunnen komen dan de soorten, die meer licht nodig hebben.

De resultaten van de lichtmetingen tonen aan, dat men bij de monsternamen ook rekening moet houden met verdere milieucondities zoals fysieke (bijvoorbeeld het lichtklimaat) en biologische parameter (de hoeveelheid van fytoplankton biomassa), die in verband staan met het seizoen, en welke de soortensamenstelling van benthische diatomeeën kunnen beïnvloeden en op die manier de uitkomst van de beoordeling.

Tab. 4: Lichtuitdoving in de bovenste waterlaag van enkele locaties

Locatie	"PAR" ($\mu\text{m m}^{-2}\text{s}^{-1}$) aan de oppervlakte (gemiddeld)	"PAR" ($\mu\text{m m}^{-2}\text{s}^{-1}$) op 20 cm waterdiepte (gemiddeld)	Uitdoving (%)
Eemmeerdiijk	607	214	63
Afrikahaven	1463	1176	20
Noordzeekanaal IJmuiden	1284	998	34
Volkerakmeer	487	333	32

3.4.2. Vergelijking van indicatiewaarden bepaald door benthische diatomeeën en gemeten waarden (MWTL)

In tabel 5 zijn de meetwaarden van het MWTL meetnet van de maanden mei, juli en september getoond, die op dezelfde locatie of er dichtbij werden gemeten. Daarbij zijn parameters getoond die betrekking hebben op de indicatiewaarden van de benthische diatomeeën. Er werd gekeken naar de laagste en hoogste meetwaarden tijdens alle drie maanden.

De waarden van fosfaat lagen tussen 0.009 – 0.283 mg/L met de laagste waarden in het Markermeer en de hoogste waarden bij IJmuiden en Belfeld. Totaal fosfaat toonde de hoogste waarden in het Eemmeer en Belfeld (data van het Markermeer en IJmuiden ontbreken). Stikstof (ammonium) lag tussen 0.04 en 0.20 mg/L met de laagste waarden in het Markermeer en de hoogste waarden op de locaties Afrikahaven, Volkerak en IJmuiden.

De waarden voor chloride lagen tussen 36 en 4028 mg/l en ze waren het laagst bij Belfeld en het hoogst bij IJmuiden en in de Afrikahaven.

De percentage zuurstofverzadiging was meestal het hoogst in mei, en de maximawaarden om 100% verzadiging werden in het Markermeer, bij Puttershoek en bij IJmuiden gemeten.

De gemeten pH waarde is als een indicator voor zuur te zien en lag tussen 7.7. en 9.0 met een minimum bij Puttershoek en een maximum in het Eemmeer.

Tab. 5: Meetwaarden van het MWTL meetnet van mei, juli en september bij enkele monsterlocaties van diatomeeën (- : data ontbreken)

Locatie	Maand	PO ₄ (mg/L)	TP (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	Cl (mg/L)	O ₂ (%)	pH
Eemmeerdijk	Mei	0,09	0,35	0,14	47	94	8,1
	Juli	0,128	0,39	0,09	68	95	9,0
	September	0,119	0,20	0,05	83	96	8,5
Markermeer	Mei	0,013	-	0,05	83	110	8,7
	Juli	0,009	-	0,04	105	99	8,5
	September	0,009	-	0,06	106	98	8,6
Afrikahaven	Mei	0,05	0,10	0,20	2800	-	-
	Juli	0,150	0,23	0,10	3100	-	-
	September	-	-	-	-	-	-
IJmuiden	Mei	0,105	-	0,09	2723	102	7,8
	Juli	0,191	-	0,03	4028	107	7,8
	September	0,283	-	0,15	4005	75	7,8
Puttershoek	Mei	0,129	0,14	0,09	60	105	8,1
	Juli	0,097	0,17	0,05	93	-	-
	September	0,102	0,14	0,07	83	79	7,7
Volkerakmeer	Mei	0,05	0,09	0,18	186	-	-
	Juli	0,075	0,16	0,08	202	-	-
	September	0,126	0,22	0,06	242	-	-
Belfeld	Mei	0,081	0,11	0,10	36	98	8,0
	Juli	0,213	0,22	0,10	40	93	7,9
	September	0,183	0,21	0,13	50	-	-

De MWTL meetwaarden werden vergeleken met de indicatiewaarden van de benthische diatomeeën, die de nutriëntenstatus (trofie, saprobie, stikstofhuishouding), saliniteit en zuurstofverzadiging van het water aangeven (tab. 6). Daarbij werd naar het gemiddelde van de indicatiewaarden per locatie (tab. 3) en die erbij passende MWTL waarden uit tabel 5 gekeken.

De indicatiewaarden voor saprobie waren het laagst bij Belfeld en in het Markermeer, en het hoogst bij de Afrikahaven en IJmuiden. Zij toonden een goede overeenstemming met de MWTL waarden behalve voor Belfeld. De waarden van trofie verschilden niet sterk tussen de locaties (4,5 –5,0) en stemden redelijk goed overeen met de MWTL waarden van NH_4 en PO_4 , met uitzondering van Belfeld en in mindere mate met het Eemmeer. De waarden voor stikstofhuishouding waren het laagst bij Belfeld en in het Markermeer en het hoogst in het Volkerak. Beide waarden toonden opnieuw goede overeenstemming met de MWTL waarden van NH_4 in het Markermeer, maar lagen ver uit elkaar bij Belfeld. Er moet echter ermee rekening worden gehouden, dat de waarde van de stikstofhuishouding alle anorganische stikstofbronnen omvat, terwijl de MWTL waarde slechts een gedeelte, namelijk ammonium, uitmaakt.

Zoals verwacht werden aan de locatie Afrikahaven en in de Noordzeekanaal bij de Afrikahaven en bij IJmuiden de meeste mariene algensoorten gevonden, wat in de hoogste indicatiewaarde voor zout neersloeg. De verschillen tussen de gemeten waarden van de andere locaties waren relatief gering in vergelijking met bijvoorbeeld IJmuiden en konden niet in de indicatiewaarden terug worden gevonden, die zich nauwelijks van elkaar onderscheidde.

De indicatiewaarden van diatomeeën voor zuurstofverzadiging toonden vaak geen overeenstemming met de MWTL waarden, bijvoorbeeld was de waarde van zuurstofverzadiging bij IJmuiden 2,8, wat een zuurstofverzadiging betekent, die ergens tussen 50 en 75% ligt, maar de MWTL meetwaarde was 95%. Maar men moet ermee rekening houden, dat de indicatiewaarden van de diatomeeën eerder een beeld over een lange termijn schetsen. De gemeten zuurstofverzadiging kan echter op korte termijn veranderen en wordt ondermeer beïnvloed door verschillende biologische factoren (zuurstofproductie door planktische en benthische algen en waterplanten en zuurstofverbruik door dierlijke organismen en bacteriën).

Tab. 6: Vergelijking **MWTL meetwaarde** (gemiddeld uit tab. 5) en indicatiewaarde berekend met benthische diatomeeën (gemiddeld uit tab. 3) van enkele locaties

	Eemmeer	Markermeer	Afrikahaven	IJmuiden	Puttershoek	Volkerak	Belfeld
PO₄ (mg/l)	0,109	0,009	0,150	0,193	0,109	0,101	0,159
NH₄ (mg/l)	0,115	0,06	0,100	0,090	0,070	0,070	0,110
Saprobie (% individ)	2,3	2,2	2,8	2,7	2,5	2,3	2,2
Trofie (% individuen)	4,7	4,5	5,0	5,0	5,0	4,7	4,5
Stikstofhuish. (%)	2,2	2,0	2,1	2,1	2,1	2,3	1,9
Cl (mg/l)	58	106	3100	3585	79	222	42
Saliniteit (%)	2,2	2,1	3,8	3,9	2,6	2,2	2,2
O₂ (%)	95	98	-	95	92	-	96
Zuurstofverzad. (%)	2,5	2,4	3,0	2,8	1,8	2,3	2,1

3.5. Beoordeling relevantie indicatorwaarden

Een probleem voor de berekening van de indicatorwaarden vormden de mariene soorten, die niet konden worden gebruikt voor de analyse. Het systeem is niet ontworpen voor brakke en mariene gebieden. Tabel 7 toont de percentage van algen per monster (voorbeelden, niet alle gegevens) en per parameter, die wel konden worden gebruikt voor de analyse.

Opvallend zijn de lage waarden van de locatie IJmuiden (brak water) voor de parameters stikstofhuishouding, zuurstof en saprobie. Het percentage is zeer laag en maant tot voorzichtigheid, omdat voor slechts een laag percentage van de gevonden exemplaren de ecologie voor de betreffende milieuvariabele bekend is.

Soms komt het in zoete wateren voor dat er maar van 30% van de exemplaren ecologische gegevens bekend zijn, met name als er bijvoorbeeld veel *Achnanthes minutissima* is. Die soort kan zich massaal ontwikkelen en is betrekkelijk indifferent m.b.t. trofie. Voor de trofieberekening wordt deze soort dan ook niet meegenomen (AquaSense). De MWTL meetwaarden en de indicatiewaarden toonden niet altijd goede overeenstemming. Een verklaring van de afwijkingen kan zijn, dat de MWTL waarden een momentopname zijn, terwijl de indicatiewaarden van de diatomeeën werden berekend uit de

soortensamenstelling algen, die zich over een veel langer tijd kon ontwikkelen.

Tab. 7: Percentage individuen gebruikt voor de berekende scores van enkele locaties (extreem lage waarden in geel)

Percent. individ. gebruikt voor berekend scores gewogen gemiddelden								
Naam	maand	pH	Sal	N	O	S	T	M
Puttershoek riet 1	mei	98	100	97	97	98	93	97
Puttershoek riet 1	juli	96	99	87	89	91	95	96
Puttershoek natuursteen 2	juli	89	100	86	89	96	75	90
Puttershoek natuursteen 3	juli	97	100	90	92	92	96	96
Puttershoek natuursteen 4	juli	95	99	88	89	91	94	92
Eemdijk natuursteen 1	juli	100	100	92	92	96	94	95
Eemdijk natuursteen 2	juli	100	100	99	99	99	99	99
Eemdijk natuursteen 3	juli	100	100	90	90	98	92	94
IJmuiden riet 1	mei	84	98	57	56	58	59	82
IJmuiden riet 1	juli	71	97	25	25	31	34	59
IJmuiden natuursteen 1	juli	65	92	28	28	35	43	55
IJmuiden natuursteen 2	juli	63	93	23	20	32	39	60
IJmuiden natuursteen 3	juli	62	90	27	27	29	40	54
Afrikahaven natuursteen 1	juli	67	95	38	37	47	53	64
Afrikahaven natuursteen 2	juli	73	92	39	39	44	64	70
Afrikahaven natuursteen 3	juli	75	98	51	50	56	67	70

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. Bemonstering

1. De bemonstering van stenen zou één of twee keer per jaar moeten plaats vinden, in het voorjaar en/of in de zomer. In vele wateren kan in de late zomer (vanaf begin augustus) op een bloei van cyanobacteriën worden gerekend, die resulteert in lichtuitdoving en reductie van nutriënten. Daarom wordt aanbevolen, de monsters voor begin augustus te nemen. Ook dan kan het al tot lichtbeperking door fytoplanktongroei komen (zie tab. 4).

2. Volgens Kelly *et al.* (1998) moet de monsternamname gebeuren op het moment van de hoogste vervuiling, wat veelal overeen komt met de laagste waterstand – in de zomermaanden. Het voordeel van een bemonstering in het voorjaar is, dat de fauna nog niet ver is ontwikkeld en de invloed van graas op de diatomeeën gering is. In het voorjaar kan het echter tot bloei van enkele snel groeiende opportunistische en weinig specifieke soorten komen, terwijl in de zomer ook langzaam groeiende soorten tot ontwikkeling komen.

3. Voorwaarden voor het uitbrengen van kunstmatig substraat:

- De locaties kunnen beter niet in de schaduw liggen.
- Het substraat zal tijdens de expositie niet droog vallen en moet tenminste vier weken in het water verblijven.
- Het substraat moet zo onzichtbaar mogelijk en op zo ontoegankelijk mogelijke locaties worden uitgezet, om vandalisme te voorkomen. Daarom lijkt ook het uithangen van substraat aan een dobber niet zo geschikt, wat aan de andere kant de controle over de invloed van licht en droogval kan waarborgen.

4. Tijdens deze bemonstering werden natuurlijk riet en stenen (natuurlijk op locatie voorkomend of kunstmatig geplaatst) getoetst, kunstmatig riet nog niet meegenomen. Dit zal in 2003 gebeuren. Pas dan kan een uiteindelijke aanbeveling over welk substraat – riet of stenen – het best geschikt is, worden gegeven.

Het voordeel van stenen als substraat is dat men niet op de groeiperiode (b.v. van riet) is aangewezen. Ze waren meestal aanwezig op alle locaties en lagen altijd voldoende onder water of konden er geplaatst worden. Als nadeel werd echter de verslibbing van de stenen ervaren. Ook kan het door het schoonmaken tot breuk van de kiezelschaaltjes komen.

Bij de bemonstering van riet werd als voordeel aangezien, dat de algen door middel van zuur van het riet werden verwijderd wat tot minder breuk leidde. Het nadeel van natuurlijk riet als substraat is echter, dat de bemonstering in de zomer zal worden uitgevoerd om te waarborgen dat de diatomeeën voldoende tijd tot groei hebben (oude stengels verzamelen), en dat de bloei van cyanobacteriën en fytoplankton de resultaten kan beïnvloeden.

4.2. Toepassing van de taxonomische samenstelling van benthische diatomeeën als indicator voor de waterkwaliteit en selectie van voor Nederland meest geschikt beoordelingssysteem

Aan de meeste locaties komen slechts weinig indifferente soorten voor. Daarom kon een goed beeld worden geschetst van de waterkwaliteit (trofie, saprobie, zuurstofverzadiging). Een uitzondering vormden echter de locaties met een brak karakter. Voor deze blijken de diatomeeën niet zo geschikt te zijn voor de beoordeling van de kwaliteit, wat echter aan de mankeerende determinatieliteratuur ligt.

Er zijn verschillende studies over het gebruik van systemen (indices) voor beoordeling gedaan (Prygiel & Coste 1993). Het gebruik van verschillende indices resulteerde in min of meer verschillende relaties tot andere waterparameters (Prygiel & Coste 1993). In deze studie werd de Van Dam Index (1994) gebruikt. In de toekomst zal moeten worden getoetst, of de toepassing van een buitenlandse index niet beter geschikt zou zijn.

Van Dam (2002) presenteert een voorlopige indeling van nutriënten en sulfaat volgens de KRW, maar de interpretatie van de gewonnen data en de toepassing voor de KRW vraagt nog verdere uitwerking.

4.3. Open vragen en vervolg

In 2003 moeten de gewonnen resultaten verder worden uitgewerkt. In het bijzonder moet(en):

1. Kunstmatig riet als substraat worden getoetst.
2. De resultaten verkregen door middel van de van Dam Index (1994) worden vergeleken met andere indices en hun geschiktheid worden beoordeeld.
3. De data op de KRW worden toegepast (beoordeling van de kwaliteit in vijf klassen).

5. Literatuur

- AquaSense (2002): Diatomeeënonderzoek in de Rijkswateren.- AquaSense rapportage 1967.
- KRW (Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad).
- Kelly, M.G. , Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., Guasch, H., Hürliman, J., Jarlman, A., Kawecka, B., Kwadrans, J., Laugaste, R., Lindstrøm, E.A., Leitano, M., Marvan, P., Padisak, J., Pipp, E., Prygiel, J., Rott, E., Sabaer, S., van Dam, H. & Vizinet, J. (1998) Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *J. Appl. Phycol.* 10: 215-224.
- Koeman, R. & Bijkerk, R. (2002): Soortensamenstelling van benthische kiezelalgen in enkele rijkswateren met een ecologische typering van de waterkwaliteit, meetjaar 2002.- Koeman & Bijkerk rapportage 2002-33.
- PrEN 13946 (2002): European standard of water quality guidance.
- Prygiel, J. & Coste, M. (1993): The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices.- *Hydrobiol.* 269/270: 343- 349.
- Prygiel, J., Coste, M. & Bukowska, J. (1999): Review of the major diatom-based techniques for the quality assesment of rivers- State of the art in Europe. In: *Use of algae for monitoring rivers III.*(eds. Prygiel, J., Whitton, B.A. and Bukowska, J.)
- Schmedtje, U. et al. (2001): Leitbildbezogenes Bewertungsverfahren mit Makrophyten und Phytobenthos. ATV-DVWK Arbeitsbericht, ISBN 3-935669-20-8.
- Smit, H. (1990): Hydrobiologisch onderzoek in kleine wateren in Zuid-Holand. Dienst Water en Milieu, Provincie Zuid-Holland. s'Gravenhage. 251 pp.
- Ten Cate, M.J.H., Maasdam, R. & Roijackers, R.M.M. (1993): Perspectives for the use of diatom assemblages in the water management policy of Overijssel (The Netherlands). *Hydrobiol.* 269/270.
- Van Dam, H. (1974): The suitability of diatoms for biological water assessment. *Hydrobiol. Bull.* 8: 274-284.
- Van Dam, H. (2002): Van data naar graadmeters voor de KRW: een voorbeeld.

-
- Van Dam, H., Suurmond, G. & ter Braak, C.J.F. (1981): Impact of acidification on diatoms and chemistry of Dutch moorland pools. *Hydrobiol.* 83: 425-459.
- Van Dam, H., Mertens, A. & Sinkeldam, A. (1994): A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *J. Aquat. Ecol.* 28: 117-133.
- Van Dam, H. (2002): Van data naar graadmeters voor de EKW: een voorbeeld. In: Abstractboek Monitoring Tailor-Made Nederland "Uitdagingen voor de toekomst van monitoring en informatievoorziening", juni '02, Dalfsen. RIZA, Lelystad. p. 100-103.
- Witkowski, A., H. Lange-Bertalot & D. Metzeltin (2000): Diatom Flora of Marine Coasts 1. *Iconographia Diatomologica* 7, 925 pp.

6. Bijlagen

Foto's van enkele monsterlocaties



RWS Steiger bij Belfeld



Locatie Afrikahaven



Locatie Markermeer



Locatie Randwijk



Locatie Noordseekanaal IJmuiden



Locatie Brakel



Locatie Eemmeer



Locatie Puttershoek

