

Onderzoeksrapport

Mogelijkheden en beperkingen van WISP-monitoring van waterkwaliteit

Auteurs: Max Lanting en Stefan van der Molen

In opdracht van: BlueLeg Monitor BV

Versie: 25 augustus 2013

Status: Definitief



Onderzoeksrapport mogelijkheden en beperkingen van WISP monitoring van waterkwaliteit

In samenwerking met:

BlueLeg Monitor BV
Pieter Zeemanstraat 9
8606 JG Sneek
Tel: 0515429982
Website: Bluelegmonitor.com

Augustus, 2013

Uitgevoerd door:

Max Lanting	Studentnummer: 910218001
Stefan van der Molen	Studentnummer: 880331003

Opleiding:

Milieukunde



Onder begeleiding van:

Erik Leunissen	Docent Van Hall Larenstein
Geert Truijen	Docent Van Hall Larenstein

Opdrachtgever:

Hans Wouters	BlueLegMonitor BV
--------------	-------------------



Voorwoord

Deze afstudeerscriptie is voort gekomen uit de vraag wat de opties zijn van de WISP in het monitoringsbeleid van de waterbeheerders. Het verslag is opgedeeld in 6 deelonderzoeken met een eigen onderwerp dat helpt een duidelijk beeld te scheppen over wat voor rol de WISP in kan nemen in het dagelijks meten van oppervlakte waterkwaliteit. De interesse ligt hierbij vooral bij de voordelen van de WISP en de nadelen van het huidige meetnet voor waterkwaliteit.

Het bedrijf Blueleg Monitor heeft ons geholpen bij het schrijven van het verslag en het faciliteren van allerlei hulpmiddelen om ons doel te kunnen halen. Oprichter Hans Wouters was tijdens onze afstudeerperiode onze begeleider. Hij heeft ons met alle enthousiasme geholpen en begeleid. Het bedrijf WaterInsight en zijn oprichters hebben naast het verschaffen van een WISP ook uitstekend geholpen met leren omgaan met de WISP en interpreteren van de meetresultaten die wij door de WISP hebben gekregen.

Ook bedanken we de waterschappen die een waardevolle bijdrage hebben geleverd aan dit verslag. Wetterskip Fryslân en Waterschap Zuiderzeeland bedanken we voor de meetrondes maar uiteraard ook het delen van hun meetresultaten. Ook vliegervaring en de meetgegevens die we verkregen hebben met de WISP vanuit een klein vliegtuigje zijn te danken aan de inzet van enkele medewerkers van Rijkswaterstaat.

Wij wensen de lezers van deze afstudeerscriptie veel leesplezier.

Leeuwarden, augustus 2013

Stefan van der Molen en Max Lanting

Samenvatting

Huidige omvang van monitoring in Nederland

Om een beeld te schetsen van de omvang van het monitoren van waterkwaliteit, is dit voor Nederland in kaart gebracht. Nederland is verdeeld in beheersgebieden, die door 24 waterbeheerders beheerd worden. Elke waterbeheerder stelt zijn eigen beheerplan op waarin staat beschreven op welke meetlocaties, wat gemeten moet worden. Het is onmogelijk om voor al deze beheergebieden deze monitoring in kaart te brengen en om die reden is er gekozen om dit voor twee gebieden te doen. De huidige manier van oppervlaktewatermonitoring is voor een groot deel gestoeld op de KRW (Kader Richtlijn Water). Die maakt onderscheid in drie type monitoring:

- Toestand en Trendmonitoring
 - o Doel: vaststellen en beoordelen lange termijn trend
- Operationele Monitoring
 - o Toestand monitoren van waterlichamen die de doelstellingen niet lijken te behalen
- Monitoring Nader Onderzoek:
 - o Gericht op een specifieke locatie waar iets aan de hand is, dit vraagt om maatwerk

De KRW schrijft daarnaast ook nog voor welke parameters er gemeten moeten worden en met welke frequentie dat gedaan moet worden. In de praktijk meten waterbeheerders bepaalde parameters met een hogere frequentie dan is voorgeschreven door de KRW. Bijvoorbeeld voor de parameter chlorofyl a dat maandelijks in het zomerhalfjaar bemonsterd moeten worden, kiezen waterbeheerders er veelvuldig voor om in plaats van 6 dit 8 keer per jaar te meten. Voor blauwalgen wordt dit eveneens gedaan op zwemlocaties die een beoordeling hebben van 'goed' of 'uitstekend' is een wettelijke meetfrequentie van om de vier weken terwijl de waterbeheerders toch om de twee weken gaan monitoren. Er is behoefte aan veel meer informatie om daarmee gerichte maatregelen te kunnen nemen ter verbetering van de waterkwaliteit.

Werking van de WISP

De WISP is een optisch meetinstrument die voorzien is van drie spectrometers. Deze spectrometers meten de lichtinval met een golflengte tussen de 400 en 800 nanometer met een bandbreedte van 3 nanometer. De spectrometers in de WISP zijn zo gepositioneerd, dat één spectrometer de lichtinval meet op het water onder een hoek van 42 graden en de tweede spectrometer onder dezelfde hoek de lichtreflectie meet uit het water. Een derde spectrometer is boven op de WISP gepositioneerd en meet de totale lichtinval van dat moment op het water. Op basis van de informatie verkregen uit deze drie metingen kan vervolgens de specifieke kleur van het water bepaald worden. Als deze stappen voltooid zijn kunnen de algoritmen de concentraties berekenen die zich in het water bevinden. De parameters die de WISP meet zijn: Chlorofyl a, Zwevende stof, doorzicht, gekleurde opgeloste organische stof en het blauwalgpigment Fycocyanine.

Kostenberekening

De kosten die zijn verbonden voor het monitoren van de WISP specifieke parameters zijn berekend op basis van een prijslijst die beschikbaar is gesteld door Stichting Waterproef laboratorium. De hoeveelheid meetlocaties inclusief meetfrequentie zijn afkomstig van het Wetterskip Fryslân. De parameter *Chlorofyl a* heeft de hoogste kosten. De totale kosten liggen rond de 30.000 euro per jaar voor het monitoren van Chlorofyl a, Zwevende stof, doorzicht en blauwalgen. Op basis van deze kosten kan gesteld worden dat het investeringsbedrag van de WISP binnen één jaar terugverdiend kan worden.

De WISP in vergelijking met vergelijkbare meetinstrumenten

Kortweg zijn er op dit moment twee soorten meetinstrumenten die in situ de ecologische oppervlaktewaterkwaliteit kunnen bepalen. De meeste meetinstrumenten maken gebruik van kunstmatig licht van een bepaalde golflengte dat in het water geschoten dient te worden en algen vervolgens opnemen wat een fluorescentie oplevert. De WISP, Trios radiometers en ASD Fieldspec radiometers maken juist geen gebruik van kunstmatig licht maar meten met één of meerdere spectrometers de lichtreflectie van het water. De instrumenten die fluorescentie meten, moeten in het water gehouden worden en zijn daarmee gevoelig voor biofouling. Daarnaast moeten ze als ze gebruikt worden in verschillende wateren herhaaldelijk gekalibreerd worden. De gebruiker moet dus voor elke meting het instrument goed schoonmaken en een kalibratie uitvoeren. In vergelijking tot de spectrometers waaronder de WISP, is er geen contact met water en is een jaarlijkse kalibratie van de spectrometer voldoende. Hiermee zijn de spectrometers veel gebruiksvriendelijker.

Van alle spectrometers is de WISP het enige instrument dat met drie spectrometers de irradiantie, neerwaartse radiantie van de lucht en totale radiantie instantaan kan meten. Het instantaan meten van deze gegevens is zeer belangrijk omdat wolken die overdrijven de lichtomstandigheden snel kan doen veranderen. De WISP, Trios, en ASD zijn qua kosten de duurste instrumenten. Dit wordt veroorzaakt doordat een spectrometer op zichzelf al een duur instrument is en in het geval van de WISP er drie zijn ingebouwd.

Monitoren van blauwalgen met de WISP in zwemwater

In samenwerking met het waterschap Zuiderzeeland zijn er 6 zwemlocaties in Flevoland gemonitord op blauwalgen met de WISP. De doelstelling om blauwalgen te meten met de WISP in zwemwater is in eerste instantie niet behaald omdat er simpelweg geen blauwalgen in het zwemwater aanwezig waren. Daarnaast was het water zeer helder waardoor lichtreflectie van bodemdeeltjes de WISP meting negatief beïnvloed heeft. Ook de weersomstandigheden van die dag waren slecht om met de WISP te meten. Het was regenachtig weer met donkere wolken waardoor er zeer weinig licht het water in gestraald werd en er daardoor ook te weinig licht werd gereflecteerd om een duidelijk signaal te kunnen opvangen. De omstandigheden van die dag waren niet geschikt om blauwalgen te meten. Het neemt niet weg dat de WISP flexibiliteit om metingen te kunnen doen en de directe beschikbaarheid van gegevens interessant is voor het monitoren van blauwalgen in (zwem)water. Het sneller afgeven en intrekken van maatregelen kan met de WISP mogelijk worden. In het slot van dit onderzoek zijn er dan ook nog metingen gedaan met de WISP op een zwemstrand dichtbij Balk waar volgens metingen van het Wetterskip Fryslân een blauwalgenbloei plaats vond. Daarnaast zijn er metingen gedaan op meerdere zwemlocatie van de Kleine Wielen bij Leeuwarden. Het meetresultaat van de WISP bevestigde de aanwezigheid van een algenbloei en daarmee ook de inzetbaarheid van de WISP voor het meten van blauwalgen op een zwemlocatie.

Ruimtelijke variatie inzichtelijk maken met de WISP

De huidige manier van het nemen van watermonster en het vervolgens analyseren daarvan in een laboratorium brengt een hoge kostenpost met zich mee, is tijdrovend en arbeidsintensief. Hierdoor kunnen waterbeheerders maar enkele monsterpunten per waterlichaam aanwijzen en vormt de ruimtelijke variatie in dat waterlichaam een blinde vlek. Door wind, verschillende bodemsoorten en aanvoer van nutriëntenrijk water, kan er een sterke ruimtelijk variatie ontstaan binnen een waterlichaam. Inzicht in deze ruimtelijke variatie kan de waterbeheerders helpen bij het nemen van maatregelen te verbetering van de ecologische waterkwaliteit. In samenwerking met het Wetterskip Fryslân zijn in stadswater en in en tussen drie kleine meertjes ten noorden van de Oudegaasterbrekken ruimtelijke variaties met de WISP inzichtelijk gemaakt.

Op basis van de gemeten concentraties door de WISP waren er grote verschillen, hoge concentraties in de aanvoersloten en lagere in de meertjes zelf. Met deze informatie kan met een grote zekerheid de herkomst van het water herleidt worden. Met behulp van een bootje kon met de WISP binnen een periode van één ochtend, ruim 30 metingen gedaan worden verspreid over de drie meertjes waarmee deze ruimtelijke variatie inzichtelijk gemaakt kon worden.

Nauwkeurigheid van de WISP metingen

Het verband tussen de WISP resultaten en huidige analysemethodes is zeer belangrijk voor een nieuwe technologie als de WISP. Het gaat dan om de parameters Chlorofyl a, zwevende stof en doorzicht die de WISP kan meten. De parameters fycocyanine en CDOM zijn niet in deze vergelijking mee genomen door het ontbreken aan vergelijkingsmateriaal. De meetresultaten zijn in samenwerking met het Wetterskip Fryslân verkregen tijdens de monitoring van hun boezemwater. Het boezemwater bestaat voor een groot deel uit de vele Friese meren, waarin verspreidt monsterlocaties zijn aangewezen die voor de KRW gemonitord worden. Tijdens deze monitoring is op de monsterlocaties tegelijkertijd een watermonster genomen en een WISP meting gedaan. Al deze resultaten zijn na afloop met elkaar statistische vergeleken doormiddel van een toets op correlatie. De relatie tussen het gemeten Chlorofyl a van de WISP en de geanalyseerde Chlorofyl a concentratie van het Wetterskip Fryslân was positief en op basis van een correlatiecoëfficiënt 0,94 zeer sterk te noemen.

Voor het zwevende stof is er eveneens een positieve relatie en op basis van een correlatiecoëfficiënt 0,85 ook sterk te noemen. De WISP berekend een K_d waarde, wat een maat is voor de lichtuitdoving in het water. Deze K_d waarde is vergeleken met de secchischijf diepte die gemeten wordt door het Wetterskip Fryslân. Opgemerkt moet worden dat deze twee meettechnieken van elkaar verschillen en daardoor moeilijk met elkaar te vergelijken zijn. Toch zijn voor deze vergelijking de K_d waarden omgerekend met de formule: $K_d = 1,44 * SD^{-1}$ die is gepubliceerd door de onderzoeker Holmes in 1970(literatuurlijst). De uitkomst hiervan laat zien dat er een matige positief verband is en op basis van een correlatiecoëfficiënt 0,66 redelijk is.

De opinie van waterbeheerders over de WISP

Via een digitale enquête is geprobeerd om een breder beeld te schetsen over hoe waterbeheerders in Nederland aan kijken tegen het gebruik van spectrometrie voor het monitoren van oppervlaktewaterkwaliteit. Ruim 60 contactpersonen verspreidt over 24 waterschappen, provincies en overige instanties die zich bezig houden met oppervlaktewaterkwaliteit hebben de enquête ontvangen en ruim 30% heeft deze ingevuld. De respondenten geven duidelijk aan dat de WISP gezien word als aanvulling op het bestaande meetprogramma. Bijvoorbeeld bij het controleren van baggerwerkzaamheden of het inzichtelijke maken van ruimtelijke variatie in een waterlichaam. Maar ook voor het snel screenen van blauwalgen wordt de WISP gezien als een waardevolle toepassing. Belangrijk wordt gevonden om te onderzoek hoe de WISP resultaten zich verhouden tegen over de huidige analysemethodes. Hiervoor is in dit onderzoek al een aanzet gedaan maar kan nog verder worden uitgebreid. Bijvoorbeeld door de dataset uit te breiden met meetgegevens afkomstig uit andere watertypes dan het boezemwater.

Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de ervaringen die tijdens dit onderzoek zijn opgedaan met de WISP wordt aanbevolen om de WISP te voorzien van een GPS apparaat. Hierdoor kan een WISP meting gekoppeld worden aan een meetlocatie wat het gebruiksgemak zal vergroten. Ook het scherm waarin de WISP resultaten worden weergegeven, is bij zonnig weer moeilijk afleesbaar. Een duidelijker scherm wordt daarom aanbevolen. De WISP is een apparaat dat na dit onderzoek als aanvulling moeten worden gezien op het meetnet van waterbeheerders. Daarnaast zijn er nog enkele verbeter tips en aanbeveling voor de WISP. De belangrijkste verbeter tip is het verwerken van de resultaten. Met het oog op de aanbevelingen is de certificering van de WISP het belangrijkste aanbeveling van dit onderzoeksrapport.

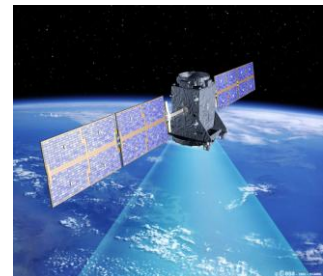
Summary

The global market for (surface) water quality monitoring is growing rapidly, according to market surveys^{1, 2}. Increasing requests for rapid detection of relevant ecological surface water quality parameters have become the accelerator for developing dedicated services by Water Insight and BlueLeg Monitor.

The market for water analytics is driven by tighter regulations, requests for real-time data and transparency. Next generation analytics is characterized by online, automated measurements of multiple parameters, direct measurement of key parameters, and measurements deployable in difficult conditions. Water Insight BV has been launched in 2005 with a clear focus upon water remote sensing. The majority of the work has been put into international research programs, processing satellite images and developing a hand held monitor for in situ water quality analysis. BlueLeg Monitor BV has been formally launched early 2013, primarily to accelerate the commercial activities by developing dedicated services.

Water Insight has developed an ecological water quality monitoring system for both fresh and salt water based upon a sophisticated and reliable analysis of the colour spectrum of a water surface. This is achieved by using both images derived from satellites (useful for large water surfaces) and in situ monitoring with the hand held WISP (Water Insight Spectrometer) sensor.

Both satellite and WISP spectra can be processed respectively instantaneously and “on the spot”, generating critical ecological water quality information: concentrations of chlorophyll-a, phycocyanin (pigments of blue algae), coloured organic matter, suspended solids, transparency and Secchi depth.



Both methods generate identical but complementary information, based upon the same highly sophisticated algorithms. Satellites monitor large surface areas (typically in a range of tens of kilometres) and once a day, while the WISP monitors locally (typically in the range of meters) at any time during the day. Images may be generated and processed everywhere of locations anywhere in the world. WISP data are available in real time.



The WISP monitor is a powerful decision support tool due to its speed, flexibility and instantaneous availability of data. The compatibility of the satellite data and the WISP data facilitates data integration and interpretation through the dedicated web-based portal WISP-web. It creates the possibility to immediately observe and analyze the effects of certain water system management decisions.

The spectrometers which the WISP contain, measures the light with a golf length between 400 and 800 nanometer with a band width of 3 nanometer. These spectrometers in the WISP are positioned in 3 special ways, one spectrometer measures the light on the water under an angle of 42 degrees, the second spectrometer under the same angle measures the light reflection from water. A third spectrometer has been positioned on top of the WISP and measures the total raid of light that occurs at

¹ Lux Research, webinar 2013, PPT presentation.

² Environment Analyst, Environmental laboratory market posts steady increase of 5%, press release April 12th 2013

that moment. On the basis of the information obtained from these three measurements, the WISP can determine the specific color of water which is needed for the next step. If these steps are completed algorithms can calculate the concentrations which are themselves in water at that moment the WISP measured the light raid. .

The research presented in this report is executed in order to establish the status-quo of surface water monitoring by water management entities in the Netherlands and the legislative basis of surface water monitoring. Moreover competing monitoring systems have been researched and a specific comparison between the WISP monitor and other systems have been given to find out the unique selling points. Furthermore field research has been executed to learn about how the monitor works, what may or should be improved and how consistent the results are.

On the basis of the experiences which have been gained during this research with the WISP there were a few improvement points regarding the WISP. First of all the WISP hasn't got a GPS receiver. The advantage of a GPS receiver is that a WISP measurement could be linked to GPS coordinates. Also the screen where the WISP results are displayed, is in sunny weather difficult to read. A clearer screen is recommended.

Conclusions and recommendations

The following conclusions and recommendations are reported:

- Surface water quality monitoring in the Netherlands is governed by EU legislation. Annually a fixed amount of specific surface water quality parameters are to be measured by waterboards and RWS.
- The WISP monitor showed good to excellent correlations with lab results for chlorophyll-a.
- The WISP monitor showed to be an easy to handle field monitor, even by unskilled labor.
- The monitor has potential as an early warning system, and may reduce the number of lab measurements and hence save costs.
- NEN/ISO certificate are missing, and must be apply for this year.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	7
1 Inleiding.....	12
1.1 Aanleiding	12
1.2 Probleembeschrijving.....	13
1.3 Doel van het onderzoek	13
1.4 Onderzoeksvragen	14
1.4.1 Deelonderzoek 1: vaststellen van de huidige manier van oppervlaktewater monitoring	15
1.4.2 Deelonderzoek 2: vergelijking van karakteristieken van de WISP met vergelijkbare meetmethodes	16
1.4.3 Deelonderzoek 3: inzetten van de WISP voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater.....	16
1.4.4 Deelonderzoek 4: op een snelle en goedkope manier inzicht krijgen in ruimtelijke variatie van een waterlichaam met behulp van de WISP	17
1.4.5 Deelonderzoek 5: vergelijken van meetresultaten van de WISP met die van gangbare analysemethodes.....	17
1.4.6 Deelonderzoek 6: peilen van de opinie van waterbeheerders met betrekking tot WISP monitoring	18
1.5 Leeswijzer	19
2 Werking van de WISP	20
3 Deelonderzoek 1 vaststellen van de huidige manier van oppervlakte monitoring	23
3.1 Werkwijze	23
3.2 Resultaten	24
3.2.1 Rijkswater.....	25
3.2.2 Niet rijkswater	31
3.2.3 Zwemwatermonitoring	34
3.2.4 Kosten van monitoring	38
3.3 Conclusie: vaststellen van de huidige manier van monitoring	41
4 Deelonderzoek 2 vergelijking van karakteristieken van de WISP met vergelijkbare meetmethodes	43
4.1 Werkwijze	44
Conclusie	52

5	Deelonderzoek 3: inzetten van de WISP voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater	55
5.1	Werkwijze	55
5.2	Resultaten	56
5.3	Conclusie blauwalgen monitoren met de WISP	57
6	Deelonderzoek 4: op een snelle en goedkope manier inzicht krijgen in ruimtelijke variatie van een waterlichaam met behulp van de WISP	58
6.1	Resultaten	59
6.2	Conclusie	61
7	Deelonderzoek 5: vergelijken van meetresultaten van de WISP met die van traditionele analysemethoden.....	62
7.1	Resultaat	64
7.2	Conclusie	68
8	Deelonderzoek 6: peilen van de opinie van waterbeheerders met betrekking tot WISP monitoring	69
8.1	Resultaten	70
8.2	Conclusie	72
9	Overige resultaten.....	74
10	Conclusie	79
11	Discussie.....	81
12	Aanbevelingen.....	82
13	Definitie van begrippen	84
	Afkortingen	86
14	Geciteerde werken.....	87
	Bijlagen overzicht.....	90
1	Bijlage status waterlichamen Rijkswaterstaat	90
2	Bijlage algemene beschrijving van watertypes voor Rijkswaterstaat.....	90
3	Bijlage waterlichamen met bijbehorende watertype Rijkswaterstaat	90
4	Bijlage monitoringslocaties T&T monitoring (chemie)	90
5	Bijlage monitoringslocaties T&T monitoring (biologie).....	90
6	Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied.....	90
7	Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied.....	90

8	Bijlage monitoringslocaties OM voor chemische parameters	90
9	Bijlage monitoringslocaties OM voor biologie, fysisch chemische en hydromorfologie	90
10	Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied	90
11	Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied chemie	90
12	Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie T&T monitoring biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW	90
13	Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie OM voor biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW	90
14	Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie OM voor hydromorfologie	90
15	Bijlage toelichting op de gebruikte afkortingen	90
16	Overzicht meetlocaties ruimtelijke variatie in kaart brengen	90
17	Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in Stadswater	90
18	Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in de drie Friese meren	90
19	Meetresultaten WISP in stadswater Leeuwarden	90
20	Meetresultaten WISP in stadswater Sneek	90
21	Meetresultaten WISP merentocht WSF.....	90
22	Meetresultaten WISP Friese meren: Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer.....	90
23	Meetresultaten ten behoeve van statistische vergelijking WISP en Lab analyses.....	90
24	Antwoorden op de enquête.....	90

1 Inleiding

Dit onderzoeksrapport is het product van twee milieukunde studenten, die dit in het kader van hun afstuderen hebben uitgevoerd. Wat de aanleiding is geweest van dit onderzoeksrapport wordt in dit hoofdstuk beschreven. Na een heldere beschrijving van de aanleiding wordt de probleembeschrijving en het doel van dit onderzoek vastgesteld. Als laatste wordt de hoofdvraag beschreven met bijbehorende afbakening. Om het voor de lezer overzichtelijk te houden, is dit onderzoek opgesplitst in zes deelonderzoeken. De deelvragen worden per deelonderzoek beschreven. Dit hoofdstuk eindigt met een leeswijzer, die de lezer een handvat biedt om dit onderzoeksrapport door te lezen.

1.1 Aanleiding

Dit onderzoek richt zich op een technologie waarbij in situ waterkwaliteit gemeten wordt door middel van remote sensing. Remote sensing is het van een afstand waarnemen van verschillende zaken door middel van camera's aan vliegtuigen of satellieten. Rond de aarde zweven honderden satellieten. Op deze satellieten zijn camera's bevestigd die alles wat er op de aarde gebeurt in de gaten kunnen houden. Deze camera's worden bijvoorbeeld gebruikt voor defensie doeleinden en voor het voorspellen van het weer. Maar ook is het mogelijk om kleurenvariatie veroorzaakt door bijvoorbeeld algen van grote oppervlaktewateren in kaart te brengen. Algoritmes worden vervolgens gebruikt om tot concentraties te komen en daarmee wat te kunnen zeggen over de waterkwaliteit. Op dit moment zijn de camera's op satellieten nog niet zo goed dat ook kleinere oppervlaktewateren door middel van remote sensing beoordeeld kunnen worden op waterkwaliteit. Hiervoor is het rasterbereik van de camera's te groot waardoor veel storende elementen worden mee genomen in de meting. De oprichters van het bedrijf Water Insight Marnix Laanen en Steef Peters hebben onder andere voor het Instituut voor Milieuvraagstukken gewerkt aan spectrale informatie over het wateroppervlak in de vorm van satellietbeelden. Voor de validatie van de satellietgegevens gebruikten zij een onhandige meetmethode en onoverzichtelijke rekenmodellen. Samen vonden zij dat dit makkelijker moest kunnen wat geresulteerd heeft, in de WISP die sinds 2011 op de markt is gebracht. Met de WISP is het mogelijk om ook kleinere oppervlaktewateren met spectrale informatie te beoordelen op waterkwaliteit. De drie spectrometers die in de WISP zijn in gebouwd meten de lichtreflectie uit het oppervlaktewater en doormiddel van algoritmes worden concentraties bepaald. De WISP meet binnen enkele seconden de waterkwaliteitsindicatoren:

- Chlorofyl- a $\mu\text{g/l}$
- Zwevende stof mg/l
- Doorzicht kd waarde $1/\text{m}$
- Phycocyanine $\mu\text{g/l}$ (blauwalgpigment)
- CDOM (coloured dissolved organic matter)

Om de WISP op de markt te zetten hebben Laanen en Peters in samenwerking met Hans Wouters en Marco Pieterse een nieuwe onderneming opgestart, die heet BlueLeg Monitor BV. De naam BlueLeg Monitor is ontstaan uit de Blue Leg Hermit Crab die de eigenschap heeft om algen op te eten zie Figuur 1.



Figuur 1 Blue Leg Hermit Crab, bron:
<http://www.culturedaquaticlife.com> (5-2013)

De WISP is door zijn snelheid, flexibiliteit en instantane beschikbaarheid van data onder ander interessant voor de aquacultuur, baggeraars en waterbeheerders. Voor dit onderzoek wordt er gekeken naar wat de toegevoegde waarde is van de inzet van de WISP voor de monitoring van de ecologische oppervlakte waterkwaliteit in Nederland. De KRW bepaalt op welke punten de waterkwaliteit moet verbeteren of niet achteruit mag gaan en koppelt daar normen/maatlaten aan³. Ook voor zwemwater geldt dat dit moet voldoen aan de kwaliteitsnormen die zijn gesteld in de Europese zwemwaterrichtlijn⁴ (Europese Unie, 2006). Naast monitoring in het kader van Europese wetgeving monitoren waterbeheerders ook in het kader van integrale watersysteemrapportage, waterakkoorden en het nationale mestbeleid⁵ (Bonthuis & Reeze, 2010). Waterbeheerders monitoren daarom periodiek op verschillende locatie een groot aantal stoffen om de waterkwaliteit te kunnen beoordelen. Het analyseren van de watermonsters neemt veel tijd in beslag en het duurt daardoor lang voor dat de gegevens beschikbaar zijn. Vooral voor zwemwatermonitoring is het wenselijk zo snel mogelijk te bepalen of het veilig is om te zwemmen zie Figuur 2.



Figuur 2 Een waarschuwingsbord die bij een strand geplaatst wordt als de concentratie aan blauwalgen de norm overschrijdt. Bron: www.alblasserdamnieuws.nl (5-2013)

De analysekosten zorgen ervoor dat de hoeveelheid monsters die genomen kan worden afhankelijk is van het beschikbare budget. Voor de ecologische waterkwaliteit kan de WISP meer inzicht geven in de actuele ecologische staat van het water. Meer metingen kunnen gedaan worden bijvoorbeeld op een strand zonder dat hiervoor de kosten omhoog gaan. Ook als pre-screening kan de WISP worden ingezet waarmee ter plekke gemeten wordt of het nodig is om een watermonster te nemen. Door frequenter te meten met de WISP en meer data te genereren kan de verspreiding inzichtelijk worden gemaakt en kunnen mogelijk modellen worden gemaakt die de bloei van blauwalgen in de tijd kan voorspellen. Met deze modellen kan sneller worden vastgesteld wanneer maatregelen te beheersing moeten worden genomen.

1.2 Probleembeschrijving

De verwachting is dat de WISP een waardevolle aanvulling kan zijn op de huidige monitoringsprogramma's van de Nederlandse waterbeheerders. Echter voor het bedrijf BlueLeg Monitor BV is het op dit moment nog niet geheel duidelijk wat deze aanvulling precies is en wat de omvang hiervan is.

1.3 Doel van het onderzoek

Vaststellen wat de toegevoegde waarde is van de inzet van de WISP voor de monitoring van de ecologische waterkwaliteit in Nederland.

³ Bron: (Rijkswaterstaat, 2013)

⁴ Bron: De Zwemwaterrichtlijn 2006/7/EG

⁵ Bron: Meetplan voor routinematig meten, D.Bonhous en B. Reeze voor Wetterskip Fryslân februari 2010

1.4 Onderzoeksvragen

Vanuit de doelstelling is de volgende onderzoeksvraag opgesteld.

Hoofdvraag:

Wat voegt de WISP meting toe aan de huidige wijze van monitoring in Nederland?

Voor het beantwoorden van deze onderzoeksvraag zijn zes deelonderzoeken beschreven. Voor deze deelonderzoeken zijn deelvragen opgesteld die uiteindelijk gezamenlijk moeten leiden tot het beantwoorden van de hoofdvraag.

De geografische afbakening waarin dit onderzoek zal worden uitgevoerd is Nederland. De veldwerkzaamheden zullen om praktische redenen vooral uitgevoerd worden in de provincies Flevoland en Friesland. Omdat de WISP alleen ecologische parameters kan meten zal dit onderzoek zich richten op de monitoring van de ecologische parameters chlorofyl a, zwevende stof, doorzicht en het blauwalgpigment fycocyanine. Voor het vaststellen van de huidige manier van monitoring wordt ingezoomd op het stroomgebied Rijn-midden en het beheergebied van het Wetterskip Fryslân. Daarnaast wordt de WISP vergeleken met vergelijkbare meetinstrumenten die gangbaar zijn voor het monitoren van waterkwaliteit. Er wordt alleen gekeken naar meetinstrumenten die in het veld de ecologische parameters: chlorofyl a, zwevende stof, doorzicht en fycocyanine kunnen meten. Om de WISP resultaten te vergelijken met traditionele analysemethodes worden beide meetreeksen statistische getoetst op correlatie.

Uitgangspunt

Waterbeheerders maken gebruik van gecertificeerde meetmethodes. Voorbeelden van zo'n certificering zijn NEN en ISO normen die Nationaal en Europees worden opgesteld. Deze normering is bedoeld om gelijkwaardige gegevens te verkrijgen. In dit Rapport wordt er van uit gegaan dat de WISP in de toekomst gecertificeerd kan worden en daarmee zonder problemen ingezet kan worden door waterbeheerders.

1.4.1 Deelonderzoek 1: vaststellen van de huidige manier van oppervlaktewater monitoring

Voor dit deelonderzoek wordt de huidige manier van oppervlaktewater monitoring vastgesteld. Voor het vaststellen van oppervlaktewater monitoring, staan de WISP specifieke parameters (Chlorofyl a, doorzicht, zwevende stof, blauwalgpigment fycocyanine en opgeloste gekleurde organische stoffen CDOM) centraal. Er wordt gekeken of de WISP specifieke parameters gemeten worden door waterbeheerders in Nederland. Er wordt onderscheid gemaakt tussen monitoring van rijkswater, regionaalwater en zwemwater. Verder wordt er een schatting gemaakt van de kosten die gerelateerd zijn aan de inspanningen die waterbeheerders moeten doen voor het vervullen van hun taak.

1. *Hoe is in Nederland de monitoring van het oppervlaktewater georganiseerd?*
2. *Wat is de wettelijke meetfrequentie van de WISP specifieke parameters?*
3. *Wat is de meetfrequentie die de waterbeheerder in de praktijk aanhoudt?*
4. *Aan welke standaarden moeten waterbeheerders voldoen met betrekking tot de keuze van analyse/meetmethode?*
5. *Wat zijn de kosten voor het meten van de WISP specifieke parameters?*

1.4.2 Deelonderzoek 2: vergelijking van karakteristieken van de WISP met vergelijkbare meetmethodes

Dit deelonderzoek is gericht op het vergelijken van karakteristieken van de WISP met andere meetmethodes. Eerst wordt een overzicht gemaakt van gangbare meetmethodes die WISP specifieke parameters kunnen meten. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen laboratoriumtechnieken en in situ meetinstrumenten. Voor de vergelijking wordt alleen gekeken naar de in situ meetinstrumenten. Als deze meetmethodes bekend zijn, worden ze in een vergelijkingmatrix met elkaar vergeleken op basis van de volgende criteria: wat wordt er gemeten (chlorofyl a, doorzicht, zwevende stof, blauwalgpigment fycocyanine en opgeloste gekleurde organische stoffen CDOM), aanwezigheid GPS, benodigde kalibratie, gebruiksgemak, nauwkeurigheid, kostprijs, operationele kosten, automatische data verwerking, levensduur.

6. *Welke gangbare meetinstrumenten zijn er voorhanden, die de zelfde parameters meten als de WISP?*
7. *Op welke manier verhouden deze meetinstrumenten zich tot de WISP, op grond van de volgende criteria: gebruiksgemak, kostprijs, levensduur, nauwkeurigheid, gebruiksbeperkingen (zonlicht, golven, drijfhoogte), operationele kosten en robuustheid?*

1.4.3 Deelonderzoek 3: inzetten van de WISP voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater

Dit deelonderzoek is gericht op het verzamelen van meetdata met behulp van de WISP. De meetdata worden verzameld in het kader van monitoring van zwemwater. Het waterschap Zuiderzeeland en Fryslân controleren tweewekelijks de waterkwaliteit van de officiële zwemwaterlocaties in hun beheergebied. Samen met het waterschap ZZL en Fryslân wordt er tijdens deze monitoring metingen gedaan met de WISP. Onderzocht wordt of de WISP een geschikt apparaat is voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater. De frequentie waarmee gemeten wordt is afhankelijk van de beschikbaarheid van deze twee waterschappen. De meetresultaten van deze metingen van het waterschap ZZL en Fryslân worden vergeleken met die van de WISP.

8. *Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van zwemwater?*
9. *Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?*
10. *Komen de meetresultaten van de WISP overeen met de meetresultaten van de waterbeheerders?*

1.4.4 Deelonderzoek 4: op een snelle en goedkope manier inzicht krijgen in ruimtelijke variatie van een waterlichaam met behulp van de WISP

Dit deelonderzoek is er op gericht om praktisch te onderzoeken of de WISP ecologische verschillen in een water en tussen verschillende watertypes op een snelle manier in kaart kan brengen. De locaties die hiervoor gemeten worden zijn: stadswater en de Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. Het stadswater waarin gemeten wordt zijn Sneek en Leeuwarden. De WISP wordt ingezet om een snel overzicht te geven van ruimtelijke variatie tussen de watertypes in de stad. De drie Friese meren die worden gemeten zijn bij het Wetterskip Fryslân niet opgenomen in hun monitoringsprogramma. Het Wetterskip heeft daarom geen informatie over de ecologische toestand van deze drie meren. Ondernemers uit de omgeving willen het gebied intensiever gebruiken voor recreatie, alleen is dit niet zomaar mogelijk omdat het gebied is gelegen in een Natura 2000 zone. Het Wetterskip wil weten wat de ecologische toestand is van deze meren en of er verschillen zijn tussen de drie meren.

11. *Welke mogelijkheid biedt de WISP om op een snelle manier spreiding in een waterlichaam in kaart te brengen?*
12. *Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van meren en stadswater?*
13. *Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?*

1.4.5 Deelonderzoek 5: vergelijken van meetresultaten van de WISP met die van gangbare analysemethoden

Dit deelonderzoek is specifiek gericht op het vergelijken van de gemeten parameters met de WISP, met de gangbare analysemethoden die nu gebruikt worden om deze parameters te bepalen. Het Wetterskip Fryslân meet in het kader van KRW een aantal boezemwaterlocaties. Op een meetlocatie voor de KRW meet het Wetterskip Fryslân een grote hoeveelheid aan stoffen waaronder de WISP specifieke parameters chlorofyl a, doorzicht, zwevende stof, blauwalgpigment fycocyanine en opgeloste gekleurde organische stoffen CDOM. Op deze locatie kunnen de metingen van de WISP met de analyse resultaten van het Wetterskip Fryslân vergeleken worden. De vergelijking wordt statistische uitgevoerd door middel van het programma SPSS. De gangbare manier waarmee deze parameters op dit moment worden geanalyseerd wordt toegelicht in deelonderzoek 2.

14. *Komen de meetresultaten van de WISP overeen met de analyse resultaten van de waterbeheerders?*

1.4.6 Deelonderzoek 6: peilen van de opinie van waterbeheerders met betrekking tot WISP monitoring

In dit deelonderzoek wordt een enquête opgesteld waarmee een breder beeld kan worden geschetst over de mogelijkheden van WISP monitoring in Nederland. Met de enquête wordt er gepeild hoe de waterbeheerders in Nederland aan kijken tegen het gebruik van de WISP in hun monitoringsprogramma. Onder waterbeheerders wordt verstaan, waterschappen, gemeenten en provincies. Deze enquête zal bestaan uit een aantal concrete vragen die inzicht geven of en zo ja hoe de WISP een zinvolle bijdrage kan leveren aan het monitoren van de ecologische oppervlaktewaterkwaliteit in Nederland.

15. *Wat zijn de verbeterpunten die voortkomen uit de resultaten van de enquête over de WISP?*
16. *Welke behoefte bestaat er bij de oppervlaktewaterbeheerder om de WISP metingen te gebruiken?*
17. *Welke rol zou de WISP monitoring kunnen vervullen in de huidige monitoringsprogramma's van waterbeheerders: aanvullend, vervangend, voorspellend(early warning system)?*

1.5 Leeswijzer

De opbouw van dit verslag is als volgt. Het verslag is opgedeeld in 6 deelonderzoeken met ieder een korte inleiding over het doel van dat deelonderzoek. Per hoofdstuk wordt de werkwijze, resultaat en de conclusie beschreven. Na dat hoofdstuk volgen de hoofdvraag en de deelvragen per deelonderzoek. Per deelonderzoek zal kort de een afbakening beschreven worden en een uitleg hoe een deelonderzoek uitgevoerd is.

Deelonderzoek 1: *Vaststellen van de huidige manier van oppervlaktewater monitoring.* In dit deelonderzoek wordt onderzocht wat de huidige manier van monitoring is in Nederland. Hierbij staan rijkswateren, zwemwateren en niet- rijkswateren centraal.

Deelonderzoek 2: *Vergelijken van de WISP met alternatieve meetmethodes.* In dit hoofdstuk wordt de WISP vergeleken met 8 andere apparaten die allemaal waterkwaliteit kunnen meten met behulp van licht. Er wordt gekeken naar het gebruiksgemak, maar ook naar de wijze van meten van de waterkwaliteit.

Deelonderzoek 3: *Monitoren van zwemwater met de WISP:* In hoofdstuk 3 staan de zwemwateren centraal. In samenwerking met waterschap Zuiderzeeland is een bezoek gebracht aan een aantal stranden in de provincie Flevoland. Hierbij staat de toepasbaarheid van de WISP op zwemwateren centraal.

Deelonderzoek 4: *Spreiding in kaart brengen met de WISP:* In dit deelonderzoek wordt gekeken of de WISP in het stadwater van Leeuwarden en Sneek, en 3 kleine meertjes nabij de plaats Blauwhuis variatie aan kan tonen. Hierbij zijn verschillende bezoeken gebracht aan deze plekken. Hierbij wordt gekeken of de WISP een spreiding aan kan tonen in deze waterlichamen.

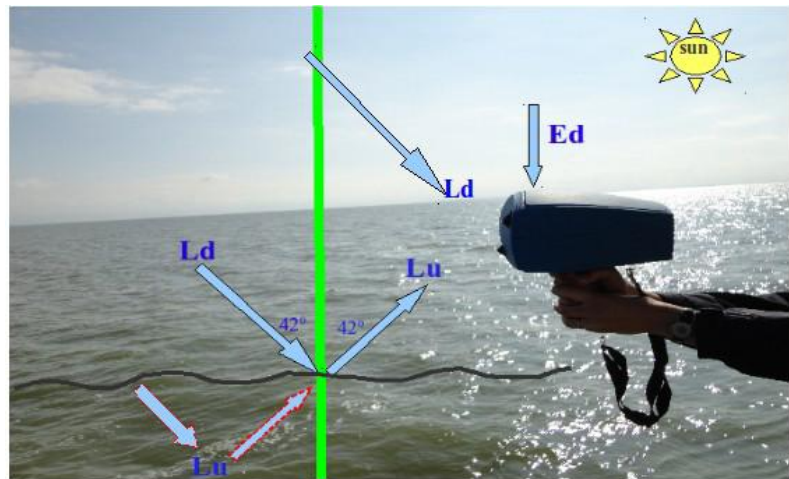
Deelonderzoek 5: *Vergelijken van traditionele analysemethodes met de WISP resultaten:* In dit deelonderzoek wordt er een vergelijking gemaakt tussen de gemeten WISP resultaten en de laboratorium resultaten. Hierbij gaat het om een vergelijking van de volgende parameters: Chlorofyl-a, Zwevende stof(TSM) en de Kd waarde(secchi waarde).

Deelonderzoek 6: *Peilen van publieke opinie met betrekking tot WISP monitoring:* Dit hoofdstuk gaat over de resultaten die verkregen zijn uit een enquête die afgenomen is bij verschillende organisaties. De enquête is zowel mondeling afgenomen als via een online vragenlijst.

Tot slot wordt aan het eind van het verslag verteld wat de conclusie van het onderzoek is gevold door enkele discussie punten. Ten slotte is er een verbetervoorstel voor de WISP opgesteld. Dit voorstel bestaat uit verbeterpunten die uit ervaring komen met de WISP, maar ook uit de apparaten die uit deelonderzoek 2 komen. Daarnaast zijn er aantal resultaten gerapporteerd die niet in één van de deelonderzoeken zijn gevat.

2 Werking van de WISP

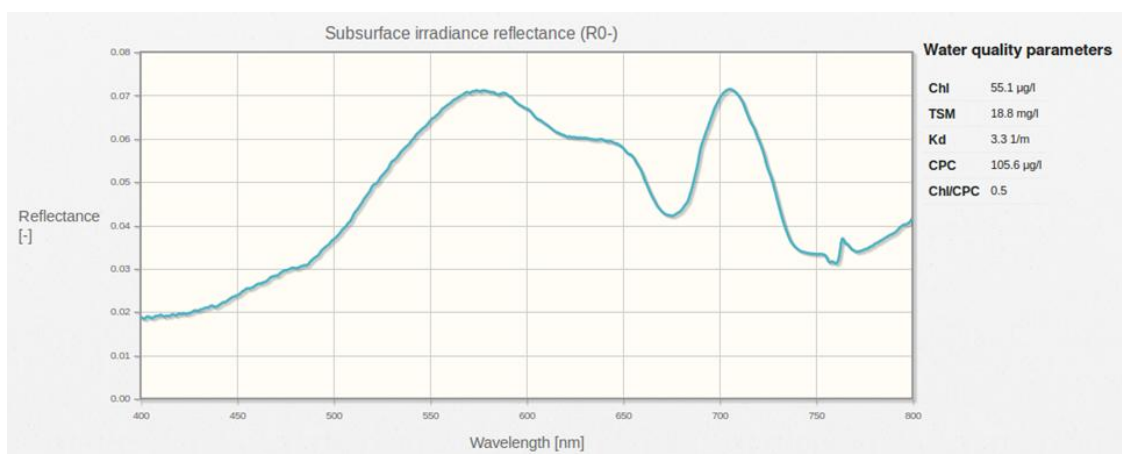
In de inleiding van dit onderzoeksrapport werd al beschreven dat met de WISP de ecologische waterkwaliteit gemeten kan worden. Hoe de WISP dit nu precies doet wordt in dit hoofdstuk “werking van de WISP” uitgebreid toegelicht. Opvallend is, dat de WISP een meetinstrument is dat niet fysiek contact heeft met het water. De WISP is namelijk een optisch meetinstrument. De optische meting van de WISP wordt uitgevoerd door 3 spectrometers die tegelijkertijd vanuit drie verschillende hoeken de



Figuur 3 Een schematisch overzicht van de drie spectrometers die tegelijkertijd vanuit drie verschillende hoeken de lichtintensiteit meten. Bron: WISP manual, 17-6-2013

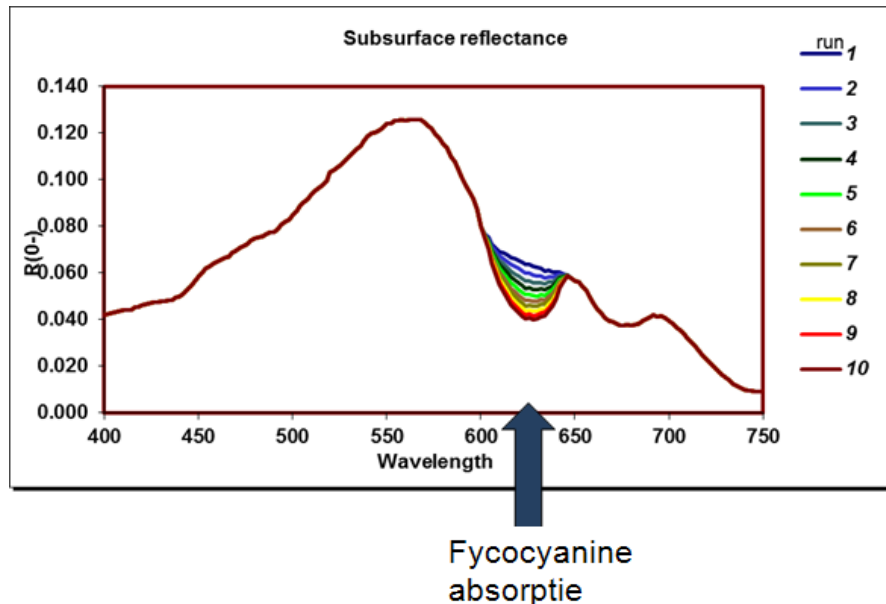
lichtintensiteit meten. In Figuur 3 wordt dit met een foto van de WISP weergegeven. De spectrometers meten de lichtinval met een golflengte tussen de 400 en 800 nanometer met een bandbreedte van 3 nanometer. De spectrometers in de WISP zijn zo gepositioneerd, dat één spectrometer de lichtinval meet op het water onder een hoek van 42 graden en de tweede spectrometer onder dezelfde hoek de lichtreflectie meet uit het water. Een derde spectrometer is boven op de WISP gepositioneerd en meet de totale lichtinval van dat moment op het water. Op basis van de informatie verkregen uit deze drie metingen kan vervolgens de specifieke kleur van het water bepaald worden. Om er voor te zorgen dat de WISP onder de juiste hoek de lichtinval meet, zit op de WISP een waterpas die de gebruiker in staat stelt om de WISP recht te houden.

Met deze drie lichtmetingen wordt een reflectiespectrum gemaakt, wat de basis is voor het verkrijgen van de parameters die de WISP weergeeft. Het is belangrijk om te begrijpen dat de WISP geen stoffen meet maar alleen een spectrum genereert. Dit reflectiespectrum is de basis van de WISP meting. Een dergelijk reflectiespectrum dat de WISP produceert wordt weergegeven in Figuur 4.



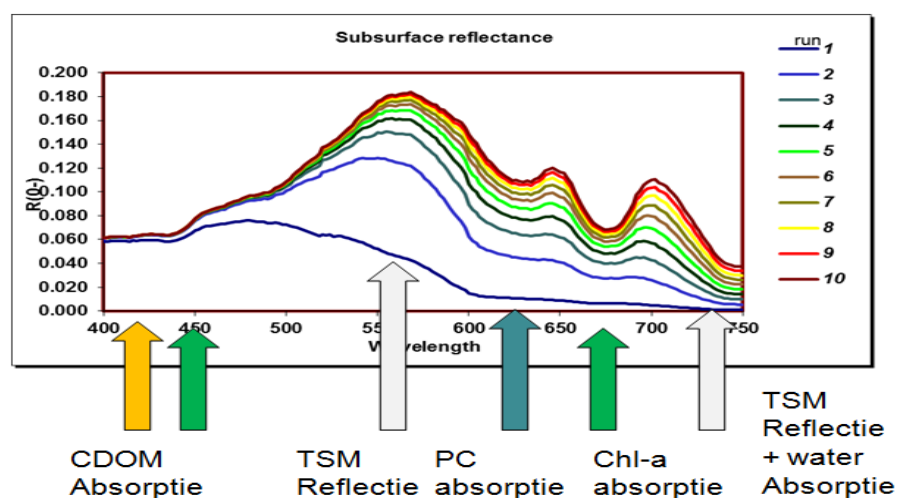
Figuur 4 in deze grafiek is de reflectie te zien van het licht en naast de grafiek worden de concentraties weergegeven. (bron: voorlichting PowerPoint van het bedrijf Blue Leg Monitor)

De informatie die uit het reflectiespectrum verkregen kan worden zijn de parameters: chlorofyl a, doorzicht, zwevende stof, blauwalgpigment fycocyanine en opgeloste gekleurde organische stoffen CDOM. In dit onderzoeksrapport worden deze parameters de WISP specifieke parameters genoemd. De informatie van deze parameters ligt opgeslagen in het reflectiespectrum op een specifieke locatie. Om goed te kunnen begrijpen waar deze informatie nu precies opgeslagen ligt in het reflectiespectrum, wordt dit aan de hand van een voorbeeld reflectiespectrum toegelicht.



Grafiek 1 reflectiespectrum met daarin weergegeven het absorptie dal dat veroorzaakt wordt door het absorberen van licht van die specifieke golflengte door het blauwalgpigment fycocyanine Tussen de 600 en 650 nm, Bron: voorlichting PowerPoint door Blue Leg Monitor

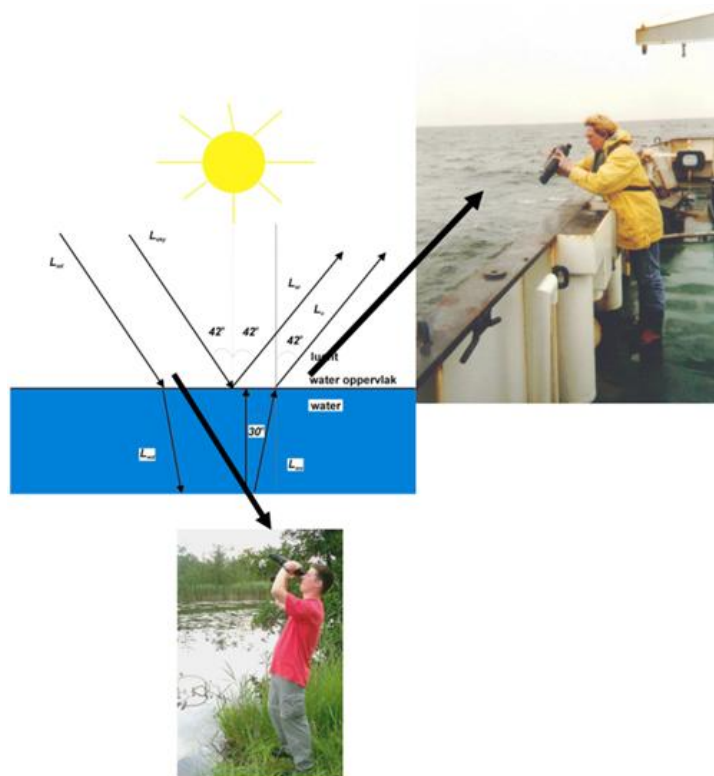
In Grafiek 1 is aan het reflectiespectrum te zien dat, wanneer in zuiver water de concentratie fycocyanine in stappen wordt verhoogd dat dit zichtbaar is in het spectrum. Fycocyanine absorbeert namelijk licht met een golflengte tussen de 620 en de 650 nanometer. Het zelfde geldt voor de overige parameters, die licht absorberen met een andere specifieke golflengte. Grafiek 2 geeft een weergave van een reflectiespectrum waarin alle concentratie in stappen zijn verhoogd. De hoogte van de adsorptielijn geeft aan hoeveel sediment er zich bevindt in het water, de steilheid van de adsorptielijn is een indicatie voor de hoeveel organische stoffen in het water en het pigment chlorofyl a absorbeert bij een golflengte van rond de 450 en tussen 650 en 700 nanometer.



Grafiek 2: Weergave van een reflectiespectrum waarin in zuiverwater alle concentraties in stappen zijn verhoogd. CDOM staat voor opgeloste gekleurde organische stoffen. TSM staat voor zwevende stof, PC voor blauwalgen pigment, CHL-A staat voor chlorofyl a. Bron: voorlichting PowerPoint door Blue Leg Monitor

Het is echter niet eenvoudig om deze spectrale informatie om te rekenen naar concentraties. Voor het omrekenen van deze spectrale informatie worden algoritmes gebruikt. Onderzoeker H.J. Gons heeft veel onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van algoritmes waarmee spectrale informatie omgezet kan worden in een concentratie (Ebert, et al., 1997).

Het optisch meten van waterkwaliteit is niet nieuw. Rijkswaterstaat gebruikte voor het optisch meten een spectrometer die één lichtmeting tegelijkertijd kon doen. Een weergave van een lichtmeting zoals die door Rijkswaterstaat werd gedaan, is te zien in Figuur 5. Echter is het noodzakelijk om vanuit drie invalshoeken het licht te meten om zo door middel van een fysisch model tot concentratie te kunnen komen. Met dit meetinstrument moest daarvoor drie keer achter elkaar gemeten worden. Doordat lichtintensiteit door snelle veranderende weeromstandigheden kan verschillen, was deze meting een stuk minder betrouwbaarder dan de WISP.



Figuur 5: weergave van een spectrale meting zoals dit door Rijkswaterstaat werd uitgevoerd (2013). Bron: powerpoint blauwalgendag door Steef Peters



Foto 1: weergave van een WISP meting vanaf een brug in stadswater van Sneek (20-5-13). Bron: Stefan van der Molen



Foto 2: weergave van een WISP meting vanaf een boot tijdens een meettocht van het Wetterskip Fryslân (8-5-13). Bron: Stefan van der Molen

3 Deelonderzoek 1 vaststellen van de huidige manier van oppervlakte monitoring

Voor dit deelonderzoek is de huidige manier van oppervlaktewatermonitoring in Nederland vastgelegd. Voor het vaststellen van oppervlaktewater monitoring, staan de WISP specifieke parameters (Chlorofyl a, fycocyanine, zwevende stof TSM, opgeloste gekleurde organische stoffen CDOM en doorzicht Kd) centraal. In dit deelonderzoek is er gekeken naar de monitoring van zoete oppervlaktewateren, de zoute wateren zijn buiten beschouwing gelaten. Hieronder wordt eerst een werkwijze beschreven die gehanteerd is voor dit deelonderzoek. Daaropvolgend worden de behaalde resultaten beschreven.

3.1 Werkwijze

De onderzoeksvragen die voor dit deelonderzoek zijn opgesteld waren:

1. Hoe is in Nederland de monitoring van het oppervlaktewater georganiseerd?
2. Wat is de wettelijke meetfrequentie van de WISP specifieke parameters?
3. Wat is de meetfrequentie die de waterbeheerder in de praktijk aanhoudt?
4. Aan welke standaarden moeten waterbeheerders voldoen met betrekking tot de keuze van analyse/meetmethode?
5. Wat zijn de kosten voor het meten van de WISP specifieke parameters?

Vraag één tot en met drie zijn beantwoord op basis van de gegevens uit de beheerplannen van Rijkswaterstaat Rijn-midden en van het Wetterskip Fryslân. Met betrekking tot zwemwatermonitoring is nationale regelgeving bestudeerd.

Beheerplan Rijkswaterstaat: de monitoring van Rijkswateren staat beschreven in het “Beheer- en Ontwikkelplan voor Rijkswateren” De KRW verdeelt de Nederlandse monitoring voor Rijkswateren in deelgebieden (Rijkswaterstaat, 2012). Voor deelgebied Rijn-midden is onderzocht welke locaties gemeten worden, hoe vaak en op welke parameters.

Beheerplan Wetterskip Fryslân: de monitoring van regionaal oppervlaktewater wordt door de waterschappen beschreven in een jaarlijks opgesteld meetplan (Bonthuis & Reeze, 2010). Per beheergebied stelt een waterbeheerder een beheerplan vast en voor dit deelonderzoek is er gekozen om in te zoomen op het beheerplan van het Wetterskip Fryslân. Voor het beheergebied Friesland is net als voor de Rijkswateren onderzocht welke locaties gemeten worden, hoe vaak en op welke parameters.

Zwemwater beheer: aan de monitoring van zwemwateren ligt een nationaal zwemwaterprotocol te grondslag. Het blauwalgenprotocol is hiervan een product en beschrijft de manier van monitoring en normering voor blauwalgen op een zwemwaterlocatie. Er wordt voor het beheergebied Friesland een overzicht gemaakt van zwemwaterlocaties die volgens het zwemwaterprofiel gevoelig zijn voor een blauwalgenbloei (Rijkswaterstaat, 2008). Voor deze locaties is de monitoringsfrequentie beschreven en de parameters die gemeten worden.

Voor vraag 4 is Europese en nationale regelgeving bestudeerd omdat daar standaarden en richtlijnen in staan beschreven voor het monitoren van oppervlaktewater. De uitvoerende taken worden door de meeste waterbeheerders uitbesteed aan externe organisaties. Vraag 5 heeft betrekking op de kosten raming en is daarom beantwoord op grond van prijslijsten die beschikbaar zijn gesteld door ‘stichting waterproef’. Stichting waterproef is het bedrijf dat de uitvoerende taken met betrekking tot monitoring en analyse van waterkwaliteit op zicht neemt voor waterbeheerders in Noord en Midden Nederland (Zonjee, 2012).

3.2 Resultaten

Waterbeheerders zijn voor het opstellen van hun monitoringsprogramma gebonden aan voorschriften en richtlijnen die nationaal en Europees zijn vastgesteld.

Kaderrichtlijnwater

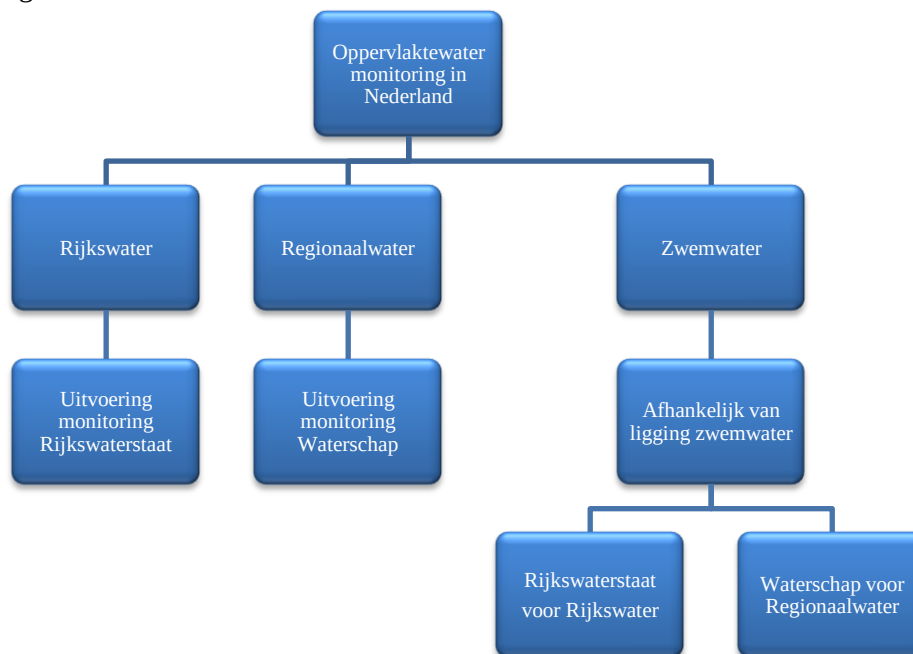
Het monitoren van oppervlaktewater is gestoeld op Europese regelgeving. Water trekt zich weinig aan van landsgrenzen en daarom zijn er internationale afspraken nodig. Sinds eind 2000 is daarom de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht geworden. Deze richtlijn moet ervoor zorgen dat de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in Europa in 2015 op orde is (EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD, 2000). De KRW stelt dat per stroomgebied een beheerprogramma wordt vastgesteld (Ministerie van infrastructuur en Milieu, 2012). Een monitoringsprogramma is hiervan een onderdeel. Nederland heeft vier stroomgebieden die weer verdeelt zijn in deelstroomgebieden. Deze deelstroomgebieden zijn weer verdeeld in waterlichamen die door waterschappen gemonitord worden. Rijkswaterstaat is het orgaan dat doelen vaststelt en monitoring uitvoert voor rijkswater en de waterschappen doen dit voor regionaal water. Onder rijkswater valt al het oppervlaktewater dat zich buiten provinciale grenzen bevindt. De meetgegevens voortkomende uit de monitoring worden gebruikt voor de KRW rapportage naar de Europese Unie.

Nationale afspraken

Waterbeheerders rapporteren ook in het kader van nationale afspraken. Voorbeelden hiervan zijn de ‘Integrale watersysteemrapportage’, ‘Waterakkoorden’, ‘Landelijke evaluatie van het mestbeleid’ en voor het opstellen van massabalansen ten behoeve van bijdrage/afwenteling van nutriënten uit landbouw gebieden aan het boezemwater (Bonthuis & Reeze, 2010). De KRW systematiek omvat namelijk niet 100% alle wateren en dat betekent in de praktijk dat er meer meetpunten per waterlichaam nodig zijn dan voor de KRW rapportage naar Brussel noodzakelijk is. Daarnaast wordt voor het beschermen van de volksgezondheid ook zwemwater gemonitord. Voor deze monitoring wordt naar specifieke stoffen en algen gekeken, die schadelijk zijn voor de volksgezondheid.

Rijkswater, regionaalwater en zwemwater

Dit deelonderzoek is daarom opgedeeld in de onderdelen rijkswater, regionaalwater en zwemwater. In het deel dat zal gaan over de monitoring van regionaalwater wordt ook een korte beschrijving gegeven van het monitoren van overige wateren. In **Error! Reference source not found.** wordt doormiddel van een stroomschema aan gegeven welke organisatie verantwoordelijk is voor de monitoring van rijkswater, regionaal water en zwemwater.



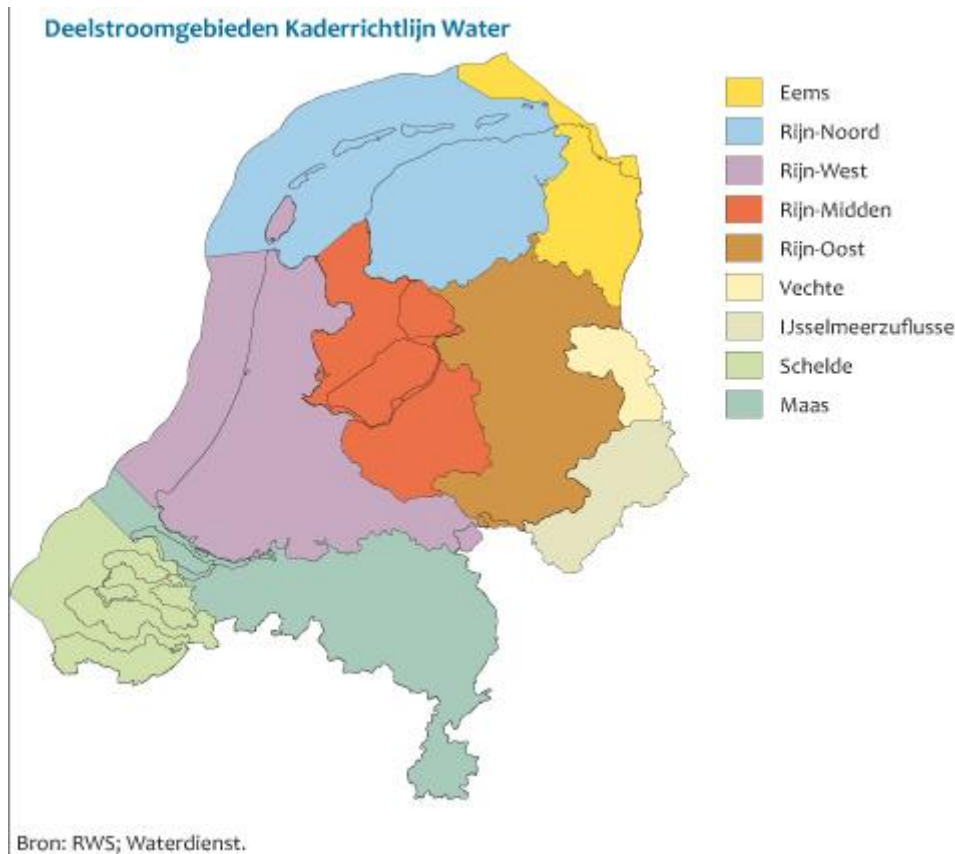
Organogram 1 Overzicht oppervlaktewater monitoring in Nederland, Bron: in Word opgesteld en bewerkt door auteurs (2013)

3.2.1 Rijkswater

De informatie behoefte die voort komt uit het beleid anno 2013 heeft in de afgelopen jaren een verandering ondergaan. De doelen en inzichten van de waterbeheerders zijn veranderd in de afgelopen 35 jaar. Eerst was inzicht in grote lozingen als speerpunt voor de monitoring belangrijk, met de komst van de KRW zijn er weer andere doelen bijgekomen. In de tussentijd hebben de begrippen watersysteem en integraal waterbeheer hun intrede gedaan. Elke waterbeheerder moet voor zijn beheergebied een passend monitoring/beheerprogramma opstellen. In dit hoofdstuk wordt het beheerprogramma voor rijkswater nader belicht.

Organisatie

Het Beheer- en Ontwikkelplan voor Rijkswateren (BPRW) beschrijft het beheer van de Rijkswateren voor de periode 2010-2015. Het BPRW is opgesteld binnen de kaders van Europese richtlijnen, nationale wetgeving en nationaal beleid. Voor een correcte implementatie van de Kaderrichtlijn Water is het nodig dat er een samenhangend totaalbeeld wordt gegeven van de watertoestand. Hiertoe wordt per stroomgebied een monitoringsprogramma opgesteld. In Figuur 6 zijn de verschillende stroomgebieden weergegeven. Binnen elk stroomgebied werken provincies, gemeenten, waterschappen en Rijkswaterstaat samen aan het doel van de KRW.



Figuur 6 Deelstroomgebieden Kaderrichtlijn Water (bron: RWS: Waterdienst)

Status van een waterlichaam en type waterlichaam

De deelstroomgebieden zijn verdeelt in waterlichamen. Essentieel voor de bepaling van de ecologische doelstellingen voor oppervlaktewaterlichamen is de statustoekenning. Binnen de KRW worden drie soorten status onderscheiden; vrijwel ongewijzigde wateren, sterk veranderde wateren en kunstmatige wateren. Zie Tekstblok 1 voor een beschrijving van de Status KRW lichaam.

In bijlage 1 is een kaart toegevoegd die een overzicht geeft van de status oppervlaktewaterlichamen in Rijkswateren. Voor de kunstmatige en sterk veranderde waterlichamen zijn de ecologische KRW-doelen afgeleid van referentiewatertypen. Voor een algemene beschrijving van deze watertypes voor Rijkswater wordt verwezen naar bijlage 2. In de bijlage 3 is een kaart toegevoegd die de waterlichamen met het bijbehorende watertype van de Rijkswateren weergeeft.

Een waterlichaam wordt getypeerd als **vrijwel ongewijzigd** wanneer een waterlichaam al van nature aanwezig was en waarvan eventuele Hydromorfologische ingrepen in 2015 (of uiterlijk 2027) zonder significantie maatschappelijke schade tegen 'evenredige kosten' kunnen worden opgeheven.

Een waterlichaam wordt getypeerd als **sterk veranderd** wanneer het wezenlijk van aard is veranderd door hydromorfologische ingrepen (KRW, artikel 2, onder 9) en wanneer het ongedaan maken van deze ingrepen, om de ecologische referentiesituatie te herstellen, schade toebrengt aan sociaal-maatschappelijk belangrijke functies, zoals scheepvaart, waterhuishouding en recreatie (KRW, artikel 4.3a). Tevens moet vaststaan dat de functies van de hydromorfologische ingrepen (bijvoorbeeld de bescherming van achterland door bedijking), niet ook op een andere, wezenlijk milieuvriendelijker, wijze kunnen worden bereikt; omdat dit technisch onhaalbaar of onevenredig kostbaar is (KRW, artikel 4.3b).

Een waterlichaam wordt getypeerd als **kunstmatig aangelegd** wanneer het water door menselijke activiteiten is ontstaan (KRW, artikel 2.8). Een kunstmatig aangelegd waterlichaam is door de mens gemaakt op een plaats waar voorheen geen (significant) oppervlaktewater was. Het is niet gecreëerd door een directe fysieke wijziging of het verplaatsten of rechtekken van een bestaand waterlichaam.

Tekstblok 1 Status KRW lichaam (bron: Beheer en ontwikkelplan Rijkswateren 2010-2015)

De waterlichamen moeten volgens de KWR gemonitord worden. De Waterdienst is bij RWS verantwoordelijk voor de uitvoering van de monitoring. Onder rijkswateren vallen de grote rivieren en andere belangrijke rivieren zoals een deel van de Eems, de Waddenzee, IJsselmeer en grote kanalen. (Rijkswaterstaat, 2013)

Parameters die gemeten worden

Voor de monitoring wordt onderscheid gemaakt in toestand en trend monitoring (T&T), operationele monitoring (OM) en monitoring voor nader onderzoek (MNO). Hieronder worden de doelstellingen per type monitoring beschreven.

Toestand en trend monitoring

De T&T monitoring heeft tot doel het vaststellen en beoordelen van lange termijn trends voor zowel de effecten van menselijke activiteiten als veranderingen in natuurlijke omstandigheden. De metingen betreffen prioritaire stoffen, de algemene fysisch-chemische kwaliteit, ecologie (fytoplankton, fytofauna, macrofyten, macrofauna en vissen) en hydromorfologie.

Operationele monitoring

De OM heeft twee doelstellingen. Eerste doelstelling is de toestand vast te stellen van de waterlichamen waarvan gebleken is dat ze gevaar lopen de milieudoelstellingen niet te bereiken. De tweede doelstelling is het beoordelen van uit de maatregelenprogramma's resulterende wijzigingen in de toestand van een waterlichaam. Voor de OM hoeven niet alle parameters gemeten te worden. De Europese unie heeft vastgelegd dat het waterkwaliteit niet achteruit mag gaan, hiervoor is de waterkwaliteit uit het jaar 2000 vastgelegd als beginkwaliteit.

Monitoring Nader Onderzoek

MNO is zeer sterk toegesneden op lokale en specifieke omstandigheden en vraagt om maatwerk. De KRW stelt MNO verplicht in specifieke gevallen:

- Wanneer de reden voor een overschrijding niet bekend is.
- Om de omvang en het effect van een incidentele verontreiniging (calamiteit) vast te stellen, om met specifieke maatregelen ongewenste effecten op de toestand van het waterlichaam te voorkomen of te beperken.

Na het uitvoeren MNO dient de waterbeheerder een rapportage te maken van dit onderzoek. Een samenvatting van deze onderzoeken per stroomgebied is onderdeel van de rapportage aan de Europese Commissie.

Om een beeld te geven welke parameters er precies gemeten worden voor de verschillende type monitoring wordt er verder in gezoomd op het deelstroomgebied Rijn- Midden.

Deelstroomgebied Rijn- Midden

Voor dit deelstroomgebied geldt dat er monitoring op toestand en trend plaats vindt maar ook een operationele monitoring. Voor deze monitoring worden de volgende parameters gemonitord; biologie, fysische chemie, hydromorfologie, prioritaire stoffen en relevante stoffen ecologie. Hieronder wordt een indicatie gegeven welke parameters worden bepaald:

Biologische kwaliteitsgegevens: fytoplankton (Chlorofyl a), macrofauna, abundantie groeivormen macrofyten, soortensamenstelling macrofyten, overige waterflora en vissen.

Fysische chemische parameters: chloride, stikstof, ammonium, zuurstof, fosfaat, orthofosfaat, zuurgraad, saliniteit doorzicht, en zwevende stof.

Hydromorfologische parameters: % onnatuurlijke oeeververdediging, morfologie en aanvoer hemelwater.

Prioritaire stoffen: dit zijn ongeveer 30-50 stoffen, zie bijlage 7 en 11.

Relevante stoffen: dit zijn ongeveer 30-50 stoffen, zie bijlage 7 en 11.

Per locatie kunnen de metingen verschillend zijn. In bijlage 4 en 5 wordt door middel van een kaart de meetlocatie aangegeven met betrekking tot T&T monitoring. In bijlage 6 en 7 wordt door middel van een tabel per meetlocatie aangegeven welke metingen daar gedaan worden met betrekking tot T&T monitoring. In bijlage 8 en 9 worden door middel van een kaart de meetlocaties aangegeven met betrekking tot OM monitoring. In bijlage 10 en 11 wordt door middel van een tabel per meetlocatie aangegeven welke metingen daar gedaan worden met betrekking tot OM monitoring.

Meetfrequentie

Toestand- en trend monitoring

Volgens de KRW moet voor de trend en toestand monitoring (T&T) gedurende één jaar in de door het stroomgebiedbeheersplan bestreken periode voor elke monitoringslocatie alle kwaliteitselementen worden gemeten. Voor de T&T monitoring is de cyclus 6 jaar. In bijlage 13 is een tabel toegevoegd waar in de KRW voorgeschreven cyclus en minimum frequentie is weergegeven. Voor elk gebied dat aangemerkt is als rijkswater geldt dat er minimaal 6 a 7 maal per jaar bemonsterd wordt. In de meeste gevallen is dit 1 keer per maand.

Voor de T&T monitoring wordt in veel Europese landen gekozen om deze roulerend uit te voeren. Dit betekent dat ieder jaar in een deel selectie van de T&T waterlichamen de metingen worden verricht. Het voordeel is dat de bemonstering een routine blijft en de kosten gelijk over de jaren verdeeld worden. Het nadeel hiervan is dat de gegevens tussen de waterlichamen lastig te vergelijken zijn. Voor het monitoren van biologische, algemeen fysisch chemische parameters en hydromorfologische kwaliteitselementen geldt dat deze per meetlocatie in het zelfde jaar gemeten worden. In de Nederlandse praktijk meten waterbeheerders bepaalde parameters met een hogere frequentie dan het minimum genoemd in de KRW.

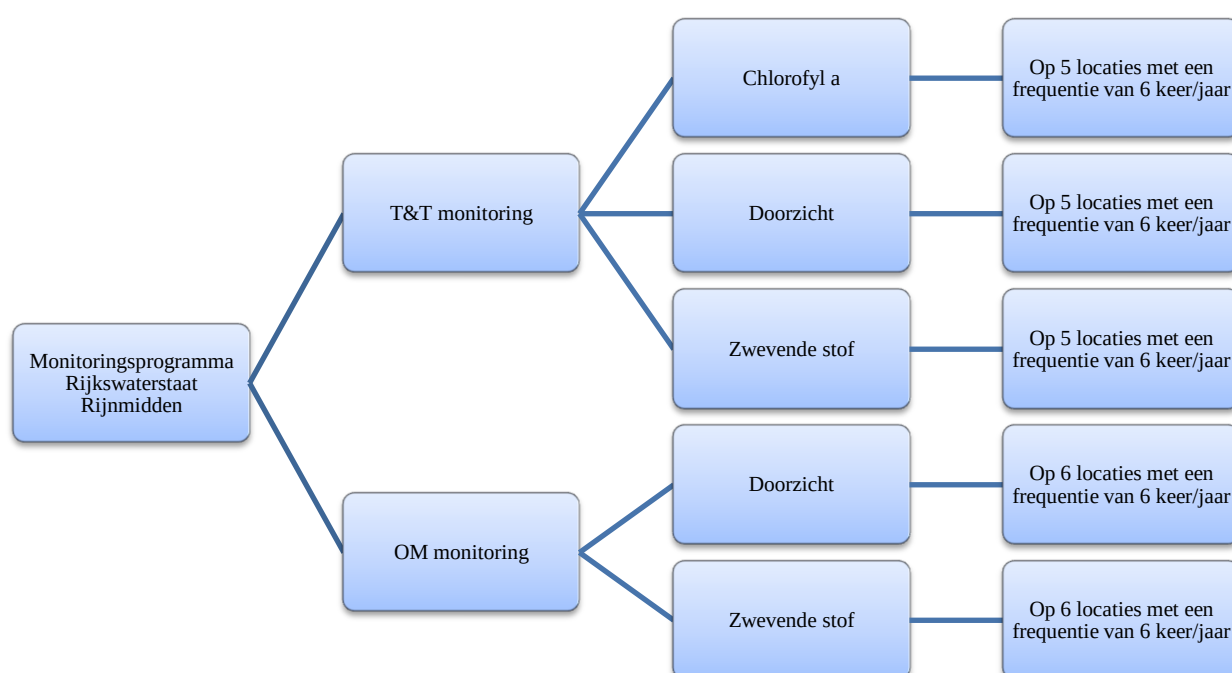
Operationele monitoring

Voor parameters die de doelstellingen die zijn opgesteld voor dat waterlichaam niet halen, schrijft de KRW voor dat deze vaker gemonitord moeten worden. Voor prioritare stoffen en specifieke verontreinigde stoffen wordt een meetfrequentie aan gehouden van 1 keer per jaar. Voor de biologische kwaliteitselementen en fysische chemische parameters schrijft de KRW een richtwaarde voor van 1 keer in de 3 jaar. Echter geldt voor de parameter fytoplankton waar het chlorofyl a een onderdeel van uit maakt, een hogere meetfrequentie van 1 keer per jaar. In bijlage 14 is een tabel weergegeven met daarin de richtwaarde voor de cyclus OM monitoring.

Voor de hydromorfologie is een andere cyclus en bijbehorende meetfrequentie vastgesteld. Deze wordt weergegeven in bijlage 14.

Samenvatting WISP specifieke parameters en frequentie

Wat vooral van belang is om te weten of de WISP specifieke parameters gemonitord worden. Hieronder wordt een stroomdiagram weergegeven waarin de WISP specifieke parameters weergegeven worden inclusief meetfrequentie. De gegevens die hiervoor gebruikt zijn komen uit het Beheerprogramma Rijkswateren. Er is gekeken naar de monitoring in het deelstroomgebied Rijn-Midden. De biologische kwaliteitsgegevens, waaronder het Chlorofyl a gehalte worden gemeten in het zomerhalfjaar met een frequentie van 6 keer. De minimale meetfrequentie voor fysisch-chemische parameters waaronder doorzicht en zwevende stof conform de KRW, is 4 keer per jaar. Deze frequentie is door rijkswaterstaat omhoog gesteld naar 6 metingen, dus maandelijks in het zomerhalfjaar. De gekleurde organische stoffen CDOM worden niet gemeten. De locaties waar deze metingen worden gedaan zijn: IJsselmeer, Ketelmeer en Vossenmeer, markermeer, randmeren oost, randmeren zuid en het zwarte meer. Zie voor de locaties ook bijlage 10.



Organogram 2 Overzicht van de parameters met de daarbij horende locaties, bron: in Word opgesteld en bewerkt door auteurs (2013)

3.2.2 Niet rijkswater

Voor niet rijkswater zijn in Nederland de waterschappen operationeel verantwoordelijk voor de oppervlakte waterkwaliteit. In Nederland zijn er op dit moment 24 waterschappen die ieder verantwoordelijk is voor zijn beheergebied. Ieder waterschap heeft de taak een monitoringsplan/meetplan op te stellen binnen de kaders van Europese regelgeving en nationaal beleid. In dit onderzoek is het meetplan dat is opgesteld door het Wetterskip Fryslân bestudeerd en hier toegelicht.

Organisatie

Het beheergebied van het Wetterskip Fryslân is gelegen in het stroomgebied Rijn Noord. Op Figuur 6 worden de deelstroomgebieden weergegeven. Net als voor rijkswater wordt ook niet rijkswater verdeeld in waterlichamen. Deze waterlichamen zijn in vergelijking met rijkswater veel complexer. Ook voor deze waterlichamen is de status toekenning van belang. Daarnaast is er in Friesland ook veel water die buiten de KRW waterlichamen liggen. Dit zijn bijvoorbeeld zandputten, sloten, vennen en dobben, duinplassen eilanden en stadwater. Deze wateren worden als aanvulling naast de KRW gemonitord. In Fryslân heeft al het water de status sterk veranderd of kunstmatig. Aan de hand van deze status toekenning worden doelstellingen geformuleerd per waterlichaam. De monitoring is een belangrijk middel om kwaliteit van een waterlichaam te kunnen toetsen. Naast monitoring voor de toetsing KRW moeten er ook gegevens worden verzameld ter verantwoording van nationaal beleid. Alle waterschappen hebben de taak om gegevens aan te leveren ten behoeve van de evaluatie van het mestbeleid. Daarnaast zijn er waterakkoorden afgesloten met omliggende waterbeheerders waarvoor ook gemonitord wordt. Om een nog beter beeld te krijgen van het watersysteem voert het waterschap ook nog monitoring uit voor integraal watersysteem rapportage en voor het opmaken van stoffen balansen om inzicht te krijgen in de mate van nutriënten bijdrage uit landbouwgebieden. Deze monitoringsverplichtingen hebben als gevolg dat er in Friesland tientallen meetlocaties zijn aangewezen waar periodiek diverse parameters gemeten worden.

Parameters die gemeten worden

Het Wetterskip heeft rond de 70 locaties verspreid over de provincie die dienen als meetlocatie. Hieronder word een overzicht gegeven van de locaties per monitoringsonderwerp.

- T&T en operationele monitoring: 19 locaties
- Integraal watersysteemrapportage: 41 locaties
- Overige watertypes (vallen buiten KRW lichamen): 7 locaties
- Waterakkoord: 5 locaties

Al deze meetlocaties worden het hele jaar door op verschillende parameters gemonitord. De stoffen waarop gemonitord worden zijn per locatie verschillend. De stoffen die gemeten worden kun je onderverdelen in 3 groepen, namelijk: *prioritaire stoffen*, *fysisch chemische stoffen* en *biologisch-ecologische stoffen*. Daarnaast word er gemonitord op *overige relevante stoffen*, dit zijn stoffen die vrij kunnen komen door bepaalde industrieën.

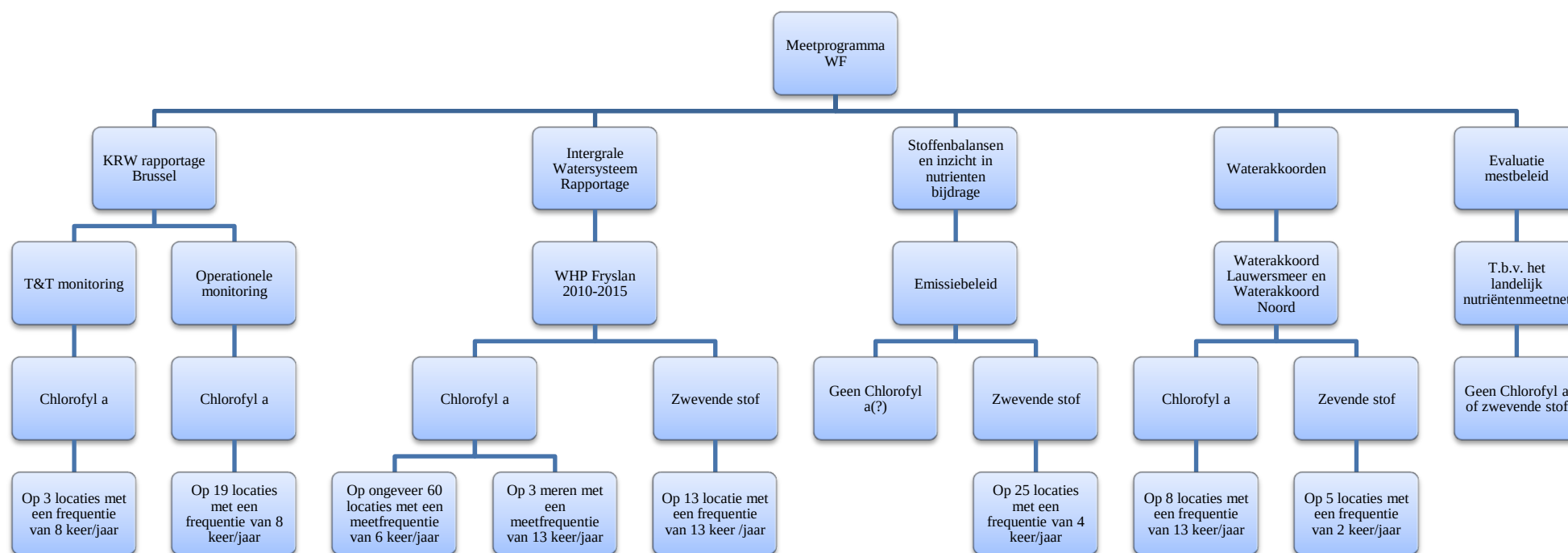
Per meetgroep worden er bepaalde parameters gemeten die belangrijk zijn. Voor de ecologische parameters (Bonthuis & Reeze, 2010) zijn dat: waterplanten, vissen, macrofauna en fytoplankton. Voor chemische parameters zijn dat bijvoorbeeld pH, fosfaat, nitraat en andere stoffen die vast zijn gelegd in de richtlijn prioritaire stoffen. Naast deze stoffen zijn er ook de zogenaamde ondersteunende parameters. Voor de biologische stoffen zijn dit doorzicht, temperatuur, zuurstof, fosfaat, stikstof en chloride. Deze stoffen bepalen twee dingen, het GET en het GCT. GEP staat voor Goede Ecologische Toestand, en GCT staat voor Goede Chemische Toestand. Deze aspecten worden onderverdeeld in 5 categorieën namelijk: zeer goed, goed, matig, ontoereikend en slecht. Aan de hand van de resultaten die verkregen zijn tijdens een jaar lang monitoren krijgt een water een categorie. Eén van de uitgangspunten van de KRW is dat er geen achteruitgang mag zijn van de chemische en ecologische toestand van het water.

Meetfrequentie

Het Wetterskip heeft gekozen om algemeen fysisch chemische parameters 13 maal per jaar te meten op alle meetlocaties. De Macro ionen worden 4 keer per jaar gemeten. Voor fytoplankton staat de frequentie op 8 maal per jaar. In de volgende paragraaf wordt met behulp van een tabel de meetfrequentie voor de WISP specifieke parameters weergegeven.

Samenvatting WISP specifieke parameters en frequentie

Voor het inzetten van de WISP wordt in dit deelonderzoek specifiek gekeken naar de parameters die de WISP ook kan meten. Hieronder wordt in een stroomdiagram weergegeven voor welke programma's de WISP specifieke parameters gemeten worden. Er wordt duidelijk gemaakt welke parameters voor elk apart onderwerp gemeten worden. In de praktijk blijkt dat de meetlocatie in de meeste gevallen onderling met elkaar overeenkomen.



Organogram 3 Overzicht van alle meetprogramma's van het wetterskip en de daarbij horende parameters met de locaties en frequenties van meten. Bron: in Word opgesteld en bewerkt door auteurs (2013)

3.2.3 Zwemwatermonitoring

Organisatie

Er zijn bijna 700 zwemlocaties in Nederland die gecontroleerd worden gedurende het zwemseizoen om de veiligheid voor de zwemmers te kunnen waarborgen. Het controleren van zwemwater gebeurt in het kader van Europese wetgeving. Vanuit Europa is er een Europese zwemwaterrichtlijn (Europese Unie, 2006) opgesteld die door de waterbeheerders geïmplementeerd dient te worden in hun beheerprogramma. De Europese zwemwaterrichtlijn geeft echter onvoldoende handvaten voor het monitoren van blauwalgen op zwemlocaties. Om die reden is er een landelijk Werkgroep Cyanobacteriën in het leven geroepen die een blauwalgenprotocol (Stowa, 2012) heeft opgesteld die de waterbeheerder een handvat biedt voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater. Verschillende organisaties zijn gezamenlijk verantwoordelijk voor de veiligheid van zwemwaterlocaties en hebben hun eigen taken en verantwoordelijkheden; zie voor een overzicht Tabel 1.

Tabel 1 Taakverdeling betrokken organisaties

Organisatie	Taken	Verantwoordelijkheid
Rijkswaterstaat	-aandragen van waterkwaliteitsgegevens -treffen van bronmaatregelen bij onvoldoende waterkwaliteit -bij calamiteiten waterkwaliteit onderzoek doen -opstellen zwemwaterprofiel	-draagt zorg voor zwemwaterkwaliteit -juist adviseren van provincie over de zwemwaterkwaliteit
Provincie	-interpreteren van de door de waterbeheerder aangeleverde waterkwaliteitsgegevens. -geven van zwemadvies op maat -aanwijzen of afstoten van officiële zwemwaterlocaties - plaatsen van waarschuwborden	-de provincie is bestuurlijk verantwoordelijk voor de zwemwaterkwaliteit -voorlichting geven aan het publiek over de zwemwaterkwaliteit -geven van zwemadviezen aan publiek -doen van een veiligheidsonderzoek
Waterschap	-aandragen van waterkwaliteitsgegevens -treffen van bronmaatregelen bij onvoldoende waterkwaliteit -bij calamiteiten waterkwaliteit onderzoek doen -opstellen zwemwaterprofiel	-draagt bij aan maatregelen voor zwemwaterkwaliteit -juist adviseren van provincie over de zwemwaterkwaliteit
Gemeente	Beheer stranden en zorgen voor een hygiënische omgeving	Beheer van de stranden, opruimen zwerfafval en schone omgeving

In het begin van dit deelonderzoek is al beschreven dat de waterschappen verantwoordelijk zijn voor de zwemwaterkwaliteit binnen provinciale grenzen en het rijkswaterstaat die daar buiten. Deze twee organisaties zijn gedurende het zwemseizoen druk bezig met het monitoren van officiële zwemlocaties. In de paragraaf hierop volgend wordt beschreven waar de zwemlocaties op gecontroleerd worden en hoe vaak deze controle plaats vindt (Europese Unie, 2006).

Zwemwaterprofiel

Om de veiligheid van de zwemmers te kunnen waarborgen heeft de overheid bepaald dat hiervoor officiële zwemlocaties aangewezen worden. Deze locaties worden officieel aangewezen door de provincie en die zijn daarmee bestuurlijk verantwoordelijk voor de waterkwaliteit en veiligheid in en op de zwemlocatie. De zwemlocaties die niet officieel zijn aangewezen door de provincie worden niet gecontroleerd op waterkwaliteit en veiligheid.

Naast de verantwoordelijkheid die waterbeheerders hebben voor het monitoren van zwemwaterkwaliteit zijn zij ook verantwoordelijk voor het opstellen van een zwemwaterprofiel. Een zwemwaterprofiel is een rapportage van een officiële zwemlocatie (Lont & Haverkamp, 2006) waarin de volgende punten staan beschreven:

- de huidige toestand van de zwemlocatie
 - o terrein
 - o gebruikers
 - o beheer
 - o bronnen van fecale verontreiniging
 - o risicofactoren van blauwalgen
- voorgekomen verontreinigingen
 - o fecale verontreiniging
 - o blauwalg

Het zwemwaterprofiel wordt regelmatig door waterbeheerders bijgewerkt en bevat daarom ook historisch informatie over mogelijke overstromingen of lozingen die hebben plaats gevonden in het verleden. Op basis van een zwemwaterprofiel bepaalt de provincie of de zwemlocatie een “verdachte locatie” is voor een blauwalgenbloei of voor andere overschrijdingen. Het seizoen van het controleren van zwemwaterkwaliteit loopt van 1 mei tot 30 september (Rijksoverheid, 2013).

Parameters die gemeten worden

In deze paragraaf wordt beschreven op welke stoffen een zwemlocatie gemonitord wordt. Met behulp van een foto wordt op een overzichtelijke wijze weergegeven op welke factoren een strand gecontroleerd wordt.



Figuur 7 overzicht van wat er op een zwemlocatie gemonitord wordt, bron: Stefan van der Molen

in Figuur 7 is het strand t`Bovenwater afgebeeld dat door de provincie Flevoland is aangewezen als officiële zwemlocatie. Op de foto hierboven zijn vier afbeeldingen geplakt. Elke plaatje heeft een nummer en staat voor een controleonderdeel van een officiële zwemlocatie. Hieronder worden deze controle punten toegelicht.

Plaatje 1:	Als eerste wordt het strand visueel gecontroleerd op aanwezigheid van fecale verontreinigingen, teerachtige stoffen in het water, glas, plastic, rubber of andere gevaarlijke objecten op of in de zwemzone.
Plaatje 2	Als tweede wordt de chemisch fysische toestand van het zwemwater vastgesteld zoals temperatuur, geleidbaarheid, pH, fosfaat en nitraat.
Plaatje 3	Als derde wordt doorzicht en de kleur van het water bepaald door middel van een secchischijf.
Plaatje 4	Als vierde worden er watermonsters genomen om de bacteriologische toestand en de aanwezigheid van blauwalgen te controleren.

Blauwalgen

Voor het monitoren van blauwalgen is er een blauwalgenprotocol (Stowa, 2012) opgesteld. Uit het zwemwaterprotocol blijkt of dit risico relevant is voor een bepaalde locatie. Indien het zwemwaterprotocol aangeeft dat er een reële kans op een bloei van blauwalgen bestaat, moet een passende controle uitgevoerd worden. Een zwemlocatie is een risicolocatie voor blauwalgen als er in de afgelopen vijf jaar overschrijdingen van een blauwalgen norm zijn waargenomen. Als uit de controle blijkt dat de norm voor blauwalgen overschreden wordt, moeten passende maatregelen genomen worden. Het blauwalgenprotocol geeft een handvat hoe om te gaan met blauwalgen op een zwemlocatie.

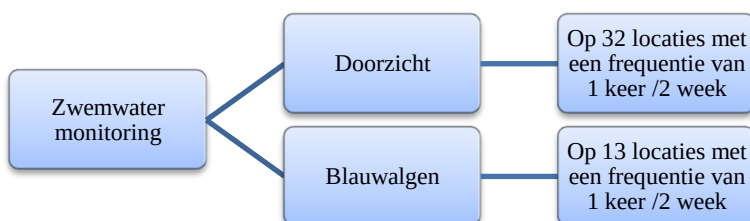
Blauwalgen staan er om bekend dat wanneer ze afsterven drijfslagen gaan vormen. Deze drijfslagen kunnen er groen tot blauw uitzien en kunnen toxische stoffen bevatten. De meest voorkomende toxische blauwalgen in Nederland zijn: *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Planktothrix* en *Wormicinia*. Om deze reden wordt er op een zwemlocatie eerst gekeken of er drijfslagen aanwezig zijn. Als een blauwalgen drijfslag wordt waargenomen is het niet meer noodzakelijk om verdere analyse of metingen uit te voeren. Wanneer er geen drijfslagen aanwezig zijn kan de aanwezigheid van blauwalgen op twee verschillende manieren worden gecontroleerd. Door het biovolume te bepalen in het laboratorium of door het cyanochlorofyl te meten met de fluoroprobe. De voorkeur gaat uit naar het bepalen van het cyanochlorofyl door middel van de fluoroprobe omdat hiermee snel de aanwezigheid van blauwalgen bepaald kan worden.

Meetfrequentie

De frequentie waarmee een zwemlocatie gemonitord wordt is afhankelijk van de Europese status die de zwemlocatie heeft. Een zwemlocatie die de status ‘slecht’ of ‘aanvaardbaar’ draagt dient één keer in de twee weken gemonitord te worden. Een zwemlocatie die de status heeft ‘goed’ of ‘uitstekend’ draagt dient één keer in de vier weken gemonitord te worden. Een zwemlocatie die aangemerkt staat als ‘blauwalggevoelig’ dient één keer in de twee weken gemonitord te worden. De waterbeheerder geeft in het zwemwaterprofiel aan of het risico op bloei van blauwalgen laag, groot of zeer groot is.

Samenvatting WISP specifieke parameters en frequentie

Voor het inzetten van de WISP wordt in dit deelonderzoek specifiek gekeken naar de parameters die de WISP ook kan meten. Op zwemlocaties worden doorzicht en blauwalgen gecontroleerd die ook gemeten kunnen worden met de WISP. Het doorzicht wordt bepaald met de secchischijf en de aanwezigheid van blauwalgen met de fluoroprobe. Het Wetterskip Fryslân (Bonthuis & Reeze, 2010) kiest er voor om een meetfrequentie van één keer in de twee weken aan te houden omdat ze dan beter zicht hebben op algenbloei en bacteriologische uitbraken.



Organogram 4 Overzicht van de meetfrequentie van zwemlocaties. Bron: opgesteld in Word en aangepast door auteurs 2013

3.2.4 Kosten van monitoring

De kosten van het monitoren van oppervlaktewater is in twee delen te splitsen. Het eerste kostendeel heeft betrekking op het nemen van watermonsters van oppervlaktewater. Veel kwaliteitsparameters moeten in een laboratorium geanalyseerd worden. Het nemen van watermonsters gebeurt door veldwerkers die dagelijks met een auto of boot op pad gaan om watermonsters te nemen. In onderzoeksdeel drie en vijf worden hiervan voorbeelden gegeven van het verzamelen van watermonsters verspreid over de Friese meren. Het tweede kosten deel beslaat het analyseren van de watermonsters in een laboratorium. Hiervoor zijn kundige laboranten nodig om de verschillende analyses volgens voorgeschreven protocollen te analyseren. Zowel de personeelskosten tellen hiermee als ook de kosten voor het analyseren van de waterkwaliteitsparameters. In deze paragraaf worden de kosten die verbonden zijn aan het analysedeel beschreven. Per laboratorium kunnen de kosten van een analyse verschillen en daarom is in dit rapport gebruik gemaakt van de “producten en diensten catalogus 2012” die is opgesteld door “Stichting Waterproef”. Stichting Waterproef verricht veel waterkwaliteitsanalyses voor waterbeheerders in zowel west, midden en in het noorden van Nederland.

Invul format kostenberekening

Om op een snelle manier de kosten die een waterbeheerder heeft aan waterkwaliteitsanalyses te berekenen is voor dit onderzoek een invul format gemaakt in excel. In dit programma zijn twee variabelen namelijk de meetfrequentie en de hoeveelheid locatie waar de parameter gemonitord wordt. In Tabel 2 wordt dit programma weergegeven. De blauwe hokjes zijn invulbaar en wanneer het aantal meetlocaties wordt ingevuld met de bijbehorende meetfrequentie wordt in het blauwe vakje rechtsonder het totale bedrag (Zonjee, 2012) berekend.

Tabel 2 Invul format wat gebruikt wordt voor het op een snelle manier in kaart brengen van de totale kosten van analyse van waterkwaliteitsmonsters, bron: Max Lanting

Parameters	Kosten	Meetlocaties	Meetfrequentie	
<i>Chlorofyl</i>	€ 25,50			€ -
<i>Doorzicht</i>	€ 3,05			€ -
<i>Zwevende stof</i>	€ 31,50			€ -
<i>Quickscan blauwalg</i>	€ 125,00			
<i>Fluoroprobe</i>	€ 50,00			
				€ -

Voorbeeld kostenanalyse Wetterskip Fryslân

Voor het Wetterskip Fryslân is eerder in dit deelonderzoek uitgezocht hoeveel meetlocaties er zijn, welke parameters gemeten worden en met welke frequentie dit gebeurt. Met deze gegevens wordt nu een kostenoverzicht gegeven van het analyseren van al deze parameters op jaar basis. Het gaat hier om de WISP specifieke parameters: *Chlorofyl a*, *doorzicht*, *zwevende stof*, *CDOM* en *blauwalgen*.

Bepaling chlorofyl a

De kosten voor het bepalen van het chlorofyl a zijn 25,50 euro per analyse. Zoals eerder in dit hoofdstuk staat beschreven monitoren het Wetterskip Fryslân meetlocaties voor verschillende informatie vragen. De meetlocatie hebben daardoor onderling verschillende meetfrequenties als het gaat om het meten van chlorofyl a.

Tabel 3 kosten van Chlorofyl a analyses voor het totale meetprogramma. Bron: opgesteld in excel en bewerkt door auteurs 2013.

Chlorofyl a kosten	Kosten/ analyse	Meetlocaties	Meetrondes	Kosten
Voor TT en OM	€ 25,50	19	8	€ 3.876,00
Intergraal meetsysteem	€ 25,50	41	6	€ 6.273,00
Overige watertypen	€ 25,50	7	6	€ 1.071,00
Waterakkoord noord	€ 25,50	5	6	€ 765,00
Totaal:				€ 11.985,00

Bepaling doorzicht

Het doorzicht wordt gemeten doormiddel van een secchischijf.

Tabel 4 kosten van de bepaling van doorzicht voor het totale meetprogramma. Bron: opgesteld in excel en bewerkt door auteurs 2013.

Doorzicht kosten	Kosten/ analyse	Meetlocaties	Meetrondes	Kosten
Zwemlocatie	3,05	32	11	€ 1.073,60
Overige locaties	3,05	72	13	€ 2.854,80
Totaal:				€ 3.928,40

Bepaling zwevende stof

De bepaling van het gehalte aan zwevende stof wordt gedaan doormiddel van filtratie over glasvezelfilters. Het bepalen van het zwevende stof ook wel onopgeloste bestanddelen genoemd gebeurt aan de hand van de NEN 872. De kosten van één analyse op zwevende stof is volgens stichting waterproef 31,50 euro.

Tabel 5 kosten van zwevende stof analyses voor het totale meetprogramma. Bron: opgesteld in excel en bewerkt door auteurs 2013

Zwevende stof	Kosten/ analyse	Meetlocaties	Meetrondes	Kosten
Nutriënten belasting	€ 31,50	21	4	€ 2.646,00
Monitoring zware metalen	€ 31,50	13	13	€ 5.323,50
Totaal:				€ 7.969,50

Bepaling blauwalgen

Het bepalen van blauwalgen gebeurt alleen op locaties die gelabeld zijn met het kenmerk “blauwalggevoelig”. Hoeveel locaties blauwalg gevoelig zijn, is per waterbeheerder verschillend. Voor het Wetterskip Fryslân zijn er 13 locaties (Bonthuis & Reeze, 2010) die twee wekelijks gemonitord worden op blauwalgen gedurende het zwemseizoen. Het begint in week 18 en eindigt in week 39 dit betekend dat er 11 meetrondes zijn. De aanwezigheid van blauwalgen kan op twee manieren worden aangetoond. Door het bepalen van het biovolume onder een microscoop. Volgens stichting waterproef kost deze methode 125,00 euro per analyse. De methode die het Wetterskip Fryslân gebruikt is het meten van het cyanochlorofyl doormiddel van een fluoroprobe. Voor beide meetmethodes zal hieronder een kostenoverzicht worden gegeven.

Tabel 6 kosten van monitoren van blauwalgen voor het totale meetprogramma. Bron: opgesteld in excel en bewerkt door auteurs 2013

Cyanochlorofyl	Kosten/ analyse	Meetlocaties	Meetrondes	Kosten
Fluoroprobe	€ 50,00	13	11	€ 7.150,00
Biovolume	€ 125,00	13	11	€ 17.875,00

Totale kosten WISP specifieke parameters

Totale kosten voor het bepalen van de WISP specifieke parameters staan aangegeven in tabel 7. Deze kosten zijn gebaseerd op prijslijst van stichting waterproef. Het Wetterskip Fryslân is één van de weinige waterschappen die zelf een laboratorium heeft en daarom de analyses niet uitbesteed aan een extern bedrijf. Wat de exacte kosten zijn van het Wetterskip Fryslân voor het bepalen van de WISP specifieke parameters is daardoor moeilijk te bepalen. Het totale bedrag wat hier is berekend is een goeie indicatie.

Tabel 7 totale kosten van het meten van de WISP specifieke parameters met de huidige meetmethodes. Bron: opgesteld in excel en bewerkt door auteurs 2013.

Totaal WISP parameters	kosten
Chlorofyl a	€ 11.985,00
Doorzicht	€ 3.928,40
Zwevende stof	€ 7.969,50
Fluoroprobe	€ 7.150,00
Totale kosten	€ 31.032,90

Besparingsmogelijkheden

De huidige totale kosten die het Wetterskip Fryslân heeft voor het bepalen van de WISP specifieke parameters is ongeveer 31.000 euro. Als de WISP het monitoren van deze parameters zou overnemen voor 80 % van de metingen dan is een behoorlijke kostenbesparing mogelijk. Er wordt aangenomen dat de WISP ingezet kan worden door een waterbeheerder voor het monitoren van de WISP specifieke parameters. Echter zal de WISP dit niet direct voor 100% over kunnen nemen. Wanneer een waterbeheerder er voor kiest om 20% van alle metingen de huidige analyse methode te behouden als een vorm van controle meting, dan komt dit neer op een besparingsmogelijkheid van 80% op de huidige analyse kosten. Wanneer een waterbeheerder meer metingen wil controleren, bijvoorbeeld 30% dan zal de kosten besparing minder worden. Er vanuit gaande dat de WISP het meten van de parameters doorzicht en blauwalg aanwezigheid voor 100% kan overnemen en de bepaling van chlorofyl a en zwevende stof voor 80% levert dit een besparing op van 27.042,90 euro per jaar. Op basis van dit bedrag is het investeringsbedrag van de WISP binnen een jaar terug verdiend.

Tabel 8 Besparingsmogelijkheden op basis van 80% reductie van de huidige analysekosten. Bron: opgesteld in excel en aangepast door auteurs 2013.

Besparingsmogelijkheden	kosten	-80%
Chlorofyl a	€ 11.985,00	€ 2.397,00
Doorzicht	€ 3.928,40	€ -
Zwevende stof	€ 7.969,50	€ 1.593,90
Fluoroprobe	€ 7.150,00	€ -
Totale kosten	€ 31.032,90	€ 3.990
Totale besparing		€ 27.042,80

3.3 Conclusie: vaststellen van de huidige manier van monitoring

Organisatie van monitoring in Nederland

De huidige manier van oppervlaktewatermonitoring is voor een groot deel gestoeld op de KRW. Die onderscheidt maakt in drie type monitoring:

- Toestand en Trendmonitoring: vaststellen en beoordelen lange termijn trend
- Operationele Monitoring: toestand monitoren van waterlichamen die de doelstellingen niet lijken behalen
- Monitoring Nader Onderzoek: gericht op een specifieke locatie, vraagt om maatwerk

De KRW schrijft onder ander voor, welke parameters er gemeten moeten worden en met welke frequentie dat moet gebeuren. Toch blijkt dat de informatie die dit oplevert lang niet genoeg is om de ecologische waterkwaliteit te kunnen beoordelen. Waterbeheerders willen meer informatie zodat gerichte maatregelen genomen kunnen worden ter verbetering van de waterkwaliteit. Ook nationale regelgeving en afspraken tussen waterbeheerders worden geïmplementeerd in een jaarlijks meetplan die waterschappen opstellen. De Europese zwemwaterrichtlijn schrijft op Europees niveau voor dat officiële zwemlocaties gemonitord moeten worden op bijvoorbeeld gevaarlijke blauwalgen.

Wettelijke meetfrequentie van de WISP specifieke parameters

Voor fysische chemische en biologische parameters waaronder chlorofyl a, zwevende stof en doorzicht moeten volgende de KRW maandelijks gemonitord worden in het zomerhalfjaar van april tot september. Voor zwemwater geldt dat zwemlocaties die in de 4-jarige Europese beoordeling ‘slecht’ of ‘aanvaardbaar’ hebben gescoord om de 2 weken op bacteriologische parameters bemonsterd worden en zwemlocatie met een beoordeling ‘goed’ en ‘uitstekend’ om de vier weken. Zwemlocaties die blauwalggevoelig zijn worden om de twee weken gemonitord.

Meetfrequentie die in de praktijk wordt aangehouden

In de praktijk worden de parameters chlorofyl a, zwevende stof en doorzicht twee keer vaker gemeten in de maand voor en na het zomerhalfjaar. Maar in projectmatige monitoring kan deze meetfrequentie oplopen tot welk 13 keer per jaar. Op zwemlocaties wordt alleen doorzicht en blauwalgen gemeten en dat gebeurt in de meeste gevallen om de twee weken. Het is dit jaar 2013 voor het eerst dat Rijkswaterstaat gebruik maakt van de mogelijkheid om op zwemlocatie die als beoordeling goed en uitstekend hebben om de vier weken te monitoren. De meeste waterbeheerders willen dit niet omdat in één maand tijd zeer veel kan veranderen. (Groen, 2013)

Standaarden met betrekking tot keuze van analyse/meetmethode

De waterbeheerders moeten zich houden aan NEN (NEN, 2013) voorschriften voor het analyseren van waterkwaliteitsparameters. De normen die betrekking hebben tot het nemen van waterkwaliteitmonsters en het analyseren van de WISP specifieke parameters worden hier gegeven.

- NEN 6600-2:2009 nl; voor het nemen van een watermonster in oppervlaktewater
- SIKB-protocol 3001; conserveringsmethoden en conserveringstermijnen voor milieumonsters.
- N109 2007/04/28; richtlijn voor de kwantitatieve en kwalitatieve bemonstering van fytoplankton uit oppervlaktewater.
- STOWA Handboek hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren. Hoofdstuk 7, fytoplankton.
- NEN 6520, 2011. Spectrofotometrische bepaling van het gehalte aan chlorofyl a.
- NEN 6484, 2007 nl. Bepaling van het gehalte aan onopgeloste stoffen en de gloeirest ervan. Methode met behulp van membraanfiltratie.
- Blauwalgenprotocol 2013. Beschreven meetmethoden voor blauwalgen

Kosten voor het meten van de WISP specifieke parameters

Wat de kosten zijn van het meten van de WISP specifieke parameters is berekend op basis van een prijslijst beschikbaar gesteld door ‘Stichting Waterproef laboratorium’ en de hoeveelheid meetlocaties inclusief meetfrequentie van het Wetterskip Fryslân. Deze berekening geeft een goede inschatting van de kosten die een waterbeheer heeft voor het laten analyseren van de WISP specifieke parameters. De totale kosten komen uit op €31.032,90. Doordat aan het meten met de WISP geen analyse kosten zijn verbonden is er berekend wat de kostenbesparing zou kunnen zijn als de WISP 80% van de analyses zou overnemen. Daarnaast wordt in deze besparingsberekening er vanuit gegaan dat de monitoring van blauwalgen volledig overgenomen kan worden met de WISP. Totaal levert dit een besparing op van €27.042,80 op jaar basis waarmee de terugverdientijd van de WISP minder dan één jaar bedraagt.

4 Deelonderzoek 2 vergelijking van karakteristieken van de WISP met vergelijkbare meetmethodes

In dit deelonderzoek is de WISP op basis van vooraf opgestelde criteria vergeleken met geïnventariseerde vergelijkbare meetinstrumenten. Er zijn verschillende in situ meetinstrumenten op de markt. Dit hoofdstuk begint met een korte beschrijving van de geïnventariseerde meetinstrumenten. Er is gekeken naar in situ meetinstrumenten die ecologische waterkwaliteit kunnen bepalen met behulp van spectrometrie dan wel met fluorescentie. In beide gevallen worden algoritmes toegepast om tot concentratie te kunnen komen. Om inzicht te hebben van de manier waarop de WISP specifieke parameters op dit moment gemeten worden, wordt hiervan eerst een korte beschrijving gegeven.

Huidige wijze van meten WISP specifieke parameters

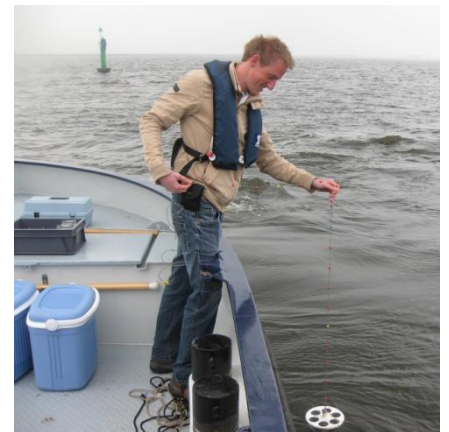
In deze paragraaf wordt een korte beschrijving gegeven van de meetmethode die nu gebruikt wordt voor het bepalen van de WISP specifieke parameters.

Chlorofyl a: Het gehalte aan algen in het water wordt meestal bepaald door het meten van het gehalte aan chlorofyl a (Van den Berg, 2004). Voor het bepalen van het gehalte aan chlorofyl a wordt een groene literfles gevuld met oppervlaktewater. Omdat algen kunnen migreren in de waterkolom wordt met een steekbuis een watermonster genomen verticaal uit de waterkolom zie Figuur 8. Het gehalte aan chlorofyl a wordt door middel van een spectrofotometrische bepaling gemeten in een laboratorium. Het bepalen van de concentratie Chlorofyl a in een watermonster wordt gedaan volgens de NEN 6520.



Figuur 8 een watermonster dat wordt genomen met een steekbuis, bron: Eigen collectie

Doorzicht: De parameter doorzicht valt onder de fysisch-chemische parameters. Het doorzicht wordt bepaald doormiddel van een secchischijf die in het water wordt gehangen zie Figuur 9. Aan de lijn zitten balletjes die tien centimeter uit elkaar staan. Als de secchischijf niet meer zichtbaar is kan aan de hand van het aantal bolletjes dat in het water zit het doorzicht worden bepaald. Het nadeel van de secchischijf is dat de zichtdiepte erg afhankelijk is van het menselijke oog en de persoon die gebruik maakt van de schijf.



Figuur 9 een doorzicht bepaling in het Tjeukermeer doormiddel van een secchischijf, bron: eigen collectie

Zwevende stof: Het zwevende stof of ook wel onopgeloste stoffen genoemd wordt gemeten aan de hand van het NEN 6484 of 872. In de NEN 872 worden de onopgeloste stoffen bepaald door filtratie over glasvezelfilters en in de NEN 6484 wordt dit gedaan door membraanfiltratie. Het zwevende stof wordt in het kader van de stoffenbalans en het onderzoek naar het aantal nutriënten in het water vooral gemeten bij stuwen, inlaten en sluizen. Net als voor het bepalen van het gehalte aan chlorofyl wordt hier een watermonster genomen.

Blauwalgen (biovolume) en cyanochlorofyl: De aanwezigheid van blauwalgen in een zwemzone kan worden aangetoond door het verrichten van microscopisch onderzoek zie Figuur 10. Hiervoor wordt het aantal blauwalg cellen geteld en het volume berekend door de gemiddelde omvang te vermenigvuldigen met het aantal cellen (Stowa, 2012). Daarnaast heeft een waterbeheer de keuze om het cyanochlorofyl te bepalen met de fluoroprobe. De methode van de fluoroprobe geeft in een snelle meting aan of er cyanochlorofyl in het zwemwater aanwezig is.



Figuur 10 traditionele methode van het tellen van blauwalg cellen onder een microscoop, bron: Stefan van der Molen

4.1 Werkwijze

6. Welke gangbare meetinstrumenten zijn er voorhanden, die de zelfde parameters meten als de WISP?
7. Op welke manier verhouden deze meetinstrumenten zich tot de WISP, op grond van de volgende criteria: gebruiksgemak, kostprijs, levensduur, nauwkeurigheid, gebruiksbeperkingen (zonlicht, golven, drijfslag), operationele kosten en robuustheid?

Voor het beantwoorden van vraag 6 is er een inventarisatie gedaan op het Internet en in literatuur naar gangbare meetinstrumenten die in situ waterkwaliteit kunnen meten. Daarnaast is er gebruik gemaakt van de informatie van geïnventariseerde meetinstrumenten door de opdrachtgever. Elk meetinstrument is bestudeerd en beschreven op basis van informatie op websites, in brochures en van recensies van gebruikers. Voor vraag 7 zijn de criteria waarmee de meetinstrumenten met elkaar vergeleken worden toegelicht. In de vorm van een vergelijkingsmatrix zijn de resultaten weergegeven.

Gangbare meetinstrumenten en technieken

In totaal zijn er 8 vergelijkbare instrumenten geïnventariseerd die in situ de ecologische waterkwaliteit kunnen bepalen. De meeste instrumenten maken gebruik van LED verlichting om een fluorescentie te kunnen meten. Hierbij wordt dus geen gebruik gemaakt van zonlicht maar van kunstmatig licht. Deze instrumenten zijn net als de WISP op de markt beschikbaar. De Fluoroprobe en de Algaetorch worden in Nederland ingezet voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater. De Trios radiometers en ASD FieldSpec radiometers zijn onderdeel geweest van een vergelijkingsstudie met de WISP. In deze vergelijkingsstudie zijn deze instrumenten beschreven en hun prestatie getest onder verschillende weersomstandigheden door vanuit een kleine boot op de Waddenzee instantaan metingen te doen met alle drie instrumenten. Hieronder worden de geïnventariseerde meetinstrumenten kort beschreven waarna deze in de volgende paragraaf met elkaar vergeleken gaan worden.

The Algaetorch.

De Algaetorch is een apparaat in de vorm van een staaf. Doormiddel van LED's wordt er licht in het water geschoten waardoor algen fluoresceren en licht van een andere golflengte terug stralen. Dit terug gestraalde licht wordt door de Algaetorch (BBE Moldeanke GmbH, 2013) door middel van algoritmes direct omgerekend naar concentraties. De concentratie die met de Algaetorch verkregen kunnen worden zijn die van chlorofyl a en fycocyanine. De meting duurt slechts 20 seconden en na afloop verschijnen de gemeten concentraties op het scherm (BBE Moldeanke GmbH, 2013).



Figuur11 the AlgaeTorch in actie, ref Error! Bookmark not defined..



Figuur 12 de Fluoroprobe in actie vanuit een boot, ref Error! Bookmark not defined..

Fluoroprobe BBE

De fluoroprobe werkt ook met LED verlichting. De metingen is vergelijkbaar met die van de Algaetorch. Een specifiek deel van het lichtspectrum wordt in het water geschoten waardoor net als bij de Algaetorch algen een fluorescentie uitstralen. De parameters die de Fluoroprobe (BBE Moldeanke GmbH, 2013) berekent zijn chlorofyl a en cyanochlorofyl. Voordat de fluoroprobe in gebruik genomen kan worden moet het systeem eerst gekalibreerd worden. Het apparaat zelf heeft geen display waar direct de concentraties op komen te staan. Tijdens de metingen is er een computer gekoppeld aan de fluoroprobe. Hierop worden de gemeten concentraties direct weergegeven (BBE Moldeanke GmbH, 2013).

Trios radiometers

De Trios radiometers is een reeks van spectrometers die voor verschillende doeleinden te gebruiken zijn. De spectrometers kunnen zowel boven als onder het wateroppervlak toegepast worden. In Figuur 13 is de

spectrometer Ramses afgebeeld die gebruikt is in een vergelijkingsstudie van de WISP met andere spectrometers (TriOS GmbH, 2013) . Het spectrum dat wordt verkregen met een meting wordt gebruikt voor het berekenen van concentraties chlorofyl a, fycocyanine en CDOM. De spectrometer Ramses heeft een meet bereik van 320nm tot 950 nm.



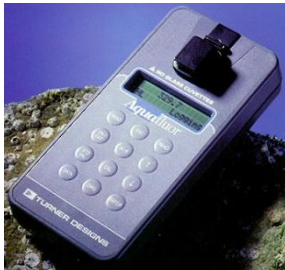
Figuur 13 Trios Ramses, ref Error! Bookmark not defined..



Figuur 14 ASD Handheld Fieldspec,
ref Error! Bookmark not defined..

ASD Handheld Fieldspec.

De ASD handheld Fieldspec heeft ook onderdeel uitgemaakt van de vergelijkingsstudie van de WISP. De ASD heeft zowel sensors die in het water als boven het water gebruikt kunnen worden. De spectrometer die op de ASD zit kan versteld worden onder verschillende hoeken. Hierdoor kan zowel de radiantie als de irradiantie gemeten worden. Dit gebeurt echter niet simultaan zoals dat wel gebeurt met de WISP. Wanneer er veranderende omstandigheden zijn zoals een overdrijven de wolk, kunnen de drie metingen minder goed gebruikt worden om de lichtreflectie uit het water te kunnen berekenen. Het product is ontworpen om planten en bodemonderzoek, waterlichamen en verschillende ecologische parameters te kunnen meten. Het apparaat heeft een bereik van 325 nm tot 2500 nm met een nauwkeurigheid van 1 nm. Via een beeldscherm kan het spectrum worden afgelezen maar niet de concentraties van stoffen of andere parameters. De concentraties kunnen pas afgelezen worden als het apparaat gekoppeld is aan een computer (ASD inc., 2013).



Figuur 15 De Aquafluor,
ref Error! Bookmark not defined..

Aquafluor

De Aquafluor werkt ook met LED's. Hierbij wordt water binnen het apparaat gebracht door middel van een cuvette. Als de cuvette een maal in het aquafluor zit wordt er licht door heen geschoten en kan het apparaat de concentraties berekenen. Voor dit instrument is het noodzakelijk om een representatief watermonster te nemen. De parameters die de Aquafluor kan meten zijn: chlorofyl-A, fycocyanine, CDOM, Rode algen soorten en ammonium. De Aquafluor heeft een bereik van 300nm to 1000nm. Deze concentraties zijn direct van het scherm af te lezen. Voor elke meting moet er eerst worden gemeten met een blanco. Als deze stap is gedaan kan er gemeten worden met de Aquafluor (Tuner designs , 2013).

Microflu-BLUE

De microflu-Blue werkt evenals vele andere instrumenten met LED's. In het instrument zitten 3 kleuren LED's, namelijk wit, blauw en rood. Dit is nodig om chlorofyl-a, fycocyanine en CDOM te kunnen meten. Het instrument dient in het water gehouden te worden tijdens de meting. Net als bij de Trios Ramses moet het instrument gekoppeld zijn aan een computer om de gemeten concentraties te kunnen aflezen. De Microflu-blue heeft een bereik van 370nm tot 620nm. Tijdens het proces van meten kalibreert het apparaat zich zelf waardoor er altijd direct gemeten kan worden. (TriOS GmbH, 2012)



Figuur 16 De Microflu-Blue,
ref Error! Bookmark not defined..



Figuur 17 De Uvilux fluorometer, ref Error!
Bookmark not defined..

Uvilux fluorometer

Dit instrument is gemaakt voor waterzuiveringen om allerlei zwevende en opgeloste stoffen en 3 types van chlorofyl en fycocyanine te kunnen meten. Het instrument kan alleen op vaste punten in de golflengte meten zoals op 365nm en 450nm. Onder het Uvilux merk zitten verschillende instrumenten die ieder zijn specifieke parameters kan meten. De basis parameters die deze instrumenten kunnen meten zijn de zelfde als die van de WISP.

Dit instrument moet in het water gehouden om metingen te kunnen verrichten (Chelsea Technologies Group ltd, 2012).

AlgaeGuard

De algaeguard is ontworpen om verschillende algensoorten snel te herkennen door middel van een fluorometer. Dit apparaat kan op een vast punt worden neergezet bij allerlei plaatsen zoals een RWZI of oppervlakte wateren. Het apparaat zelf weegt 16 kilogram en behoort hierdoor tot de zwaarste fluorometers die hier worden vergeleken met de WISP. De algaeguard werkt met monsters die het apparaat analyseert op de algensoorten. De algaeguard is speciaal ontworpen om algen te detecteren, en kan daarom geen doorzicht en zwevende stof meten (BBE Moldeanke GmbH, 2012).



Figuur 18 De Algaeguard, ref Error!
Bookmark not defined.

Toelichting karakteristieken

Gebruiksgemak: Het gebruiksgemak van een apparaat is erg belangrijk voor een gebruiker van een apparaat. In deze vergelijking worden onder het thema gebruiksgemak 5 onderwerpen genoemd. Deze 5 delen zijn: *snelheid van de metingen, eenvoud van de metingen, scherm op het apparaat, GPS, noodzaak kalibratie*. Deze 5 onderwerpen geven antwoord hoe een apparaat qua gebruiksgemak is. Voor een spectrometer en fluorometer zijn deze onderwerpen belangrijk:

- Snelheid van meten: Is de tijd die een apparaat nodig heeft om een meting uit te voeren.
- Eenvoud van een meting: Hoeveel stappen er nodig zijn om een succesvolle metingen uit te kunnen voeren.
- Scherm op het apparaat: Een scherm op het apparaat is handig als de gebruiker direct wil weten wat de waardes zijn die een spectrometer of fluorometer meet op dat moment.
- GPS: Voor het meten op verschillende locaties is GPS erg handig. Hierbij kan het apparaat de meetgegevens koppelen aan een GPS locatie, voor het gebruiksgemak is de GPS erg belangrijk. Heeft een apparaat geen GPS ontvanger ingebouwd, dan moet de gebruiker bij elke meting handmatig de locatie opzoeken. Hierbij kunnen fouten ontstaan.
- Noodzaak kalibratie: Bij dit onderwerp is het belangrijk wat de frequentie van de kalibratie is. Dit kan verschillen van 1 keer per jaar of voor elke metingen.
- Gewicht: Gewicht is ook bepalend voor het gebruiksgemak, als een apparaat te zwaar is kan de gebruiker het niet makkelijk in het veld gebruiken.

Nauwkeurigheid van de resultaten: Voor gebruikers is de nauwkeurigheid erg belangrijk voor een apparaat. Hierbij staat het bereik en het aantal parameters centraal. Het aantal parameters kan verschillen per apparaat.

- Nauwkeurigheid: Hierbij staat het bereik en de nauwkeurigheid centraal van de verschillende apparaten. Het bereik is in nm, nauwkeurigheid is tot welke waarde een apparaat kan meten en met wat voor precisie.
- Parameters: Het aantal parameters dat een optisch meetapparaat kan meten.

Kosten: Kosten is voor een gebruiker erg belangrijk. Hiervoor wordt gekeken naar de kostprijs en eventuele gebruikskosten die bekend zijn om een apparaat te kunnen laten meten.

Type apparaat: in de wereld van spectrische meetapparaten bestaan 2 typen apparaten. Deze twee typen namelijk de spectrometer en de fluorometer werken op twee duidelijk verschillende manieren.

- Spectrometer: Spectrometer werkt net als een fluorometer met licht. Een spectrometer meet wel met natuurlijk licht en meet vooral de eigenschappen van het licht in een specifiek gebied van een licht spectrum. Deze gegevens worden gebruikt om een spectrum te maken met adsorptie kenmerken van verschillende parameters
- Fluorometer: De fluorometer is een apparaat dat de intensiteit en de golflengte meet van stoffen die licht absorberen en teruggeven aan de omgeving. Het licht wordt geproduceerd door kunstmatige bronnen die het spectrum van natuurlijk zonlicht kunnen nabootsen

Compatibiliteit met satellietgegevens: Instrumenten die gebruik maken van spectrometers kunnen dienen als validatie van satellietmetingen.

Meetbeperkingen: Een belangrijk criteria waarmee de apparaten vergeleken gaan worden zijn de meetbeperkingen. Beperkingen kunnen zijn: gevoeligheid voor weersomstandigheden, eisen voor meetpunt, accuduur, type van kalibratie en andere versturende elementen

Stootvastheid: Bij dit onderwerp worden de apparaten vergelijken op het gebied van robuustheid. Hierbij wordt er gekeken naar de behuizing maar ook gevoeligheid voor stoten, vallen, invloed van regen, spatwater en eventuele drijvende eigenschappen.

Vergelijkingsmatrix

Op de volgende bladzijde wordt een vergelijkingsmatrix weergegeven. De wijze waarop de vergelijkingsmatrix wordt ingevuld is aan de hand van verschillende criteria.

Apparaat	WISP	Algeatorch	Algeaguard	Aquafluor	Fluoroprobe	Microfluor
algina 50						
Gebruiksgemak						
Snelheid van meten	Enkele seconden	Enkele seconden	onbekend	Onbekend	Enkele seconden	Onbekend
Aantal stappen tot uitvoering meting	3	onbekend	2 a 3	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Schermb						
GPS						
calibratie	Een keer per jaar	Voor elke meting	Om de 14 dagen	Elke meting	Elke meetronde	Automatisch
Gewicht	2,2 kg	1,3 kg	16 kg	0,4	4,5 kg	0,7 kg
Nauwkeurigheid van de resultaten						
Nauwkeurigheid	350 tot 750 nm	100 tot 610 nm	Gedeeltes tussen 350-700NM (0-200 ug/l)	Gedeeltes tussen 350-700NM	Tot 610 nm	370, 470 en 620nm (0-200ug/l)
Parameters	chlorofyl a (µg/l), doorzicht Kd (1/m), zwevende stof (mg/l), fycocyanine (µg/l), CDOM	Blue-green algae (µg/l), totaal chlorofyl (µg/l)	totaal chlorofyl (µg/l), groen algen (µg/l), blauwalgen (µg/l), diatomeeën (µg/l), cryptomonads (µg/l)	chlorofyll a, Phycocyanin (freshwater), Phycocyanin (marine), ammonium, CDOM	totaal chlorofyl a (µg/l)	CDOM, chlorofyl of cyanobacteriën
Kostprijs	€20,000	onbekend	onbekend	€1500	€5000 tot €10,000	Onbekend
Type apparaat						
Spectrometer						
Fluorometer						
Satelliet gegevens						
Meetbeperkingen						
Hoeveel eisen voor meetpunt	4	onbekend	onbekend	Geen	1	Onbekend
Gevoelig voor weersomstandigheden	Ja	nee	nee	nee	nee	Nee
accuduur	8 uur	8 uur	onbekend	8 uur	onbekend	Onbekend
Stootvastheid						
behuizing	plastic	plastic	Plastic	plastic	RVS en carbon	RVS

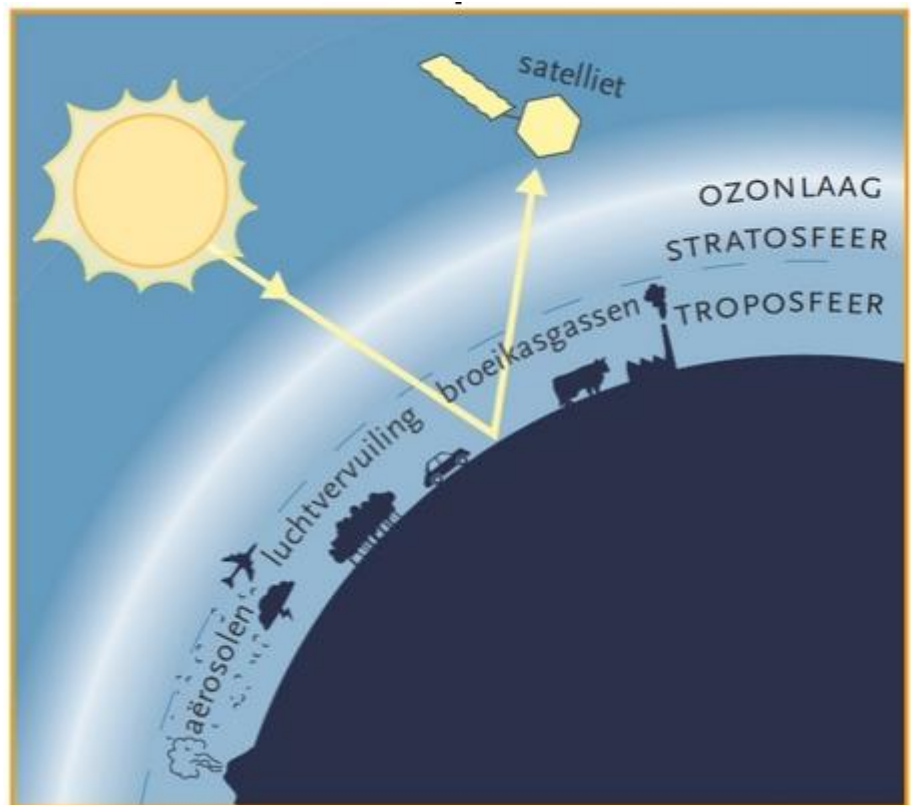
Apparaat	Uvilux fluorometer	ASD Handheld Fieldspec	Trios Ramses
Gebruiksgemak			
Snelheid van meten	Onbekend	1 minuut	Onbekend
Aantal stappen tot uitvoering meting	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Scherf			
GPS			
calibratie	Voor elke meting	Eenmaal per jaar	Automatisch
Gewicht	0,8 kg	1,2 kg	0,9 kg
Nauwkeurigheid van de resultaten			
Nauwkeurigheid	Gedeeltes tussen 255-700NM (0.05-500 ug/l)	325-2500nm	325-2500nm
Parameters	CDOM	Geen	Geen
Kostprijs	Onbekend	€8000	
Type apparaat			
Spectrometer			
Fluorometer			
Satelliet gegevens			
Meetbeperkingen			
Hoeveel eisen voor meetpunt	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Gevoelig voor weersomstandigheden	Nee	ja	nee
accuduur	Onbekend	8 uur	8 uur
Stootvastheid			
behuizing	Plastic	plastic	Titanium

Conclusie

De informatie die gebruikt is voor deze vergelijking is afkomstig van websites en brochures die door de fabrikanten zelf zijn ontwikkeld. Er moet daarom een kanttekening geplaatst worden voor de betrouwbaarheid van deze informatie. Negatieve ervaringen of verbeterpunten van het betreffende instrument zullen niet vermeld worden op de website of brochure. Om die reden is deze vergelijking niet 100% waterdicht maar het geeft wel een goede eerste indruk.

- **Licht:** op basis van een eerste indruk maken alle instrumenten gebruik van een lichtmeting. Toch zit er wel degelijk verschil in welk licht er gemeten wordt. De fluorescenties meten licht dat wordt gefluoresceerd door het pigment van algen. Er wordt dus licht met een bepaalde golflengte het water in geschoten dat algen gebruiken als energiebron voor de fotosynthese. De lichtenergie wordt overgedragen aan het pigment wat als reactie daarop gaat fluoresceren. Met fluoresceren wordt bedoeld dat er licht met een andere golflengte wordt terug gestraald. De spectrometers die in de WISP zijn ingebouwd meet licht dat door de zon het water wordt ingestraald, de totale hoeveelheid licht dat er op dat moment aanwezig is en het licht dat door het water wordt gereflecteerd. Deze drie metingen gebeuren door de WISP tegelijkertijd. Met deze drie gegevens kan de WISP berekenen hoeveel licht er geabsorbeerd is, in het water. Absorptie betekent dus: “de lichtintensiteit die door de mobiele fase wordt gestuurd minus de lichtintensiteit die er vervolgens weer uit komt (Chaplin, 2013)”. Fluorescentie betekent dus: “dat fluorescente stoffen de capaciteit hebben om een deel van het licht dat wordt uitgezonden door de lichtbron, te absorberen en gedeeltelijk terug te zenden met een andere golflengte (Fluorescent.nl, 2012)”. De WISP meet het volledige spectrum en uit deze spectrale informatie kunnen veel meer gegevens verkregen worden dan de beperkte fluorescentie die verkregen wordt met een Fluoroprobe.
- **Spectro of fluometer:** de instrumenten die in het water gehouden worden, moeten goed schoon gehouden worden. Voor deze instrumenten is het goed schoon houden van de elektrode en de noodzakelijke kalibratie een gebruiksnadeel in vergelijking met spectrametrische instrumenten als de WISP, ASD en Trios. Vooral wanneer de metingen worden verricht in verschillende watertypes is deze kalibratie noodzakelijk.
- **Kalibratie:** de meeste instrumenten die gebruik maken van fluorescentie en moeten in het water worden gehouden om een meting te kunnen uitvoeren. Bij metingen in verschillende watertypes is het noodzakelijk hiervoor een kalibratie uit te voeren. Waterproef die gebruik maakt van de fluoroprobe heeft om deze reden gekozen om niet meer in het veld metingen te doen maar watermonsters te nemen die vervolgens worden gemeten in het laboratorium met behulp van een fluoroprobe (Valster & Ee, 2013). In het laboratorium is deze kalibratie makkelijker uit te voeren. Voor de instrumenten die gebruik maken van spectrometrie en contact met water niet noodzakelijk is, kan met een jaarlijkse kalibratie van de spectrometers worden volstaan. Deze kalibratie gebeurt met een speciale lamp of een vloeistof.

- **Bereik:** Onder het bereik valt de grootte van de golflengte die de apparaten gebruiken om licht invallen te meten. Sommige apparaten hebben vaste punten in de golflengtes waaruit ze hun informatie halen. Het beperkte meetbereik of het gebruik van fluorescentie zorgt ervoor dat er minder parameters kunnen verkregen worden met het instrument. De WISP die het zichtbare licht meet met een golflengte van 400 tot 700 nanometers, kan daardoor meer parameters verkrijgen dan een fluoroprobe die alleen fluorescentie uitvoert.
- **Compatibiliteit met satellietgegevens:** De compatibiliteit van de WISP metingen met satellietgegevens is een belangrijk aspect waarmee de WISP zich onderscheidt van andere meetinstrumenten. Er zijn verschillende satellieten die in een baan om de aarde continue de aarde observeren. Een voorbeeld van een satelliet die gebruikt wordt voor atmosfeeronderzoek vanuit de ruimte is de “Ozon Monitoring Instrument OMI”⁶ (Bram Sanders, KNMI, 2011). Het OMI is een satellietinstrument dat sinds 2004 in een baan om de aarde draait en metingen doet aan de samenstelling van de aardatmosfeer. Verschillende technieken worden gebruikt om de aarde te observeren. Een van deze technieken is het meten van het zonlicht dat weerkaats wordt door de aarde, in Figuur 19 wordt deze reflectiemeting weergegeven. Het licht dat de zon uitzendt, bestaat uit verschillende golflengtes. De OMI bevat een instrument waarmee deze golflengte die door de aarde worden weerkaatst gemeten worden. Dit betekent dat voor elke golflengte de intensiteit van het licht wordt bepaald. Het spectrum wat hiermee verkregen wordt, bevat informatie over de lucht samenstelling van de atmosfeer, maar ook over de ‘kleur’ van de aarde. Het probleem is dat deze informatie op een zeer ingewikkelde manier zit versleuteld in het spectrum. De WISP is een instrument die op de zelfde manier een meting doet als het instrument dat zit bevestigd aan een satelliet. De metingen van de WISP kunnen daarom gebruikt worden voor het valideren van satellietgegevens. De WISP meting heeft geen last van atmosferische bestanddelen die het spectrum kunnen beïnvloeden. Ook andere spectrametrische instrumenten kunnen gebruikt worden voor deze validatie, alleen is er op dit moment niet één die instantaan de drie metingen verricht die nodig zijn voor deze validatie en ook nog handzaam is in gebruik.



Figuur 19 weergave van hoe een reflectiemeting gedaan wordt met een satelliet. De WISP meet op de zelfde wijze als een satelliet. Bron: www.knmi.nl, 2011

⁶ Bron: http://www.knmi.nl/cms/content/94894/#toc_948942, 2011

- **Gebruiksgemak:** Onder gebruiksgemak vallen onder andere de snelheid van de metingen en hoe je deze moet aflezen. De WISP, Algaetorch en de Algaefluor hebben allemaal een scherm waarop direct af kan worden gelezen wat de concentraties zijn. De andere apparaten kunnen pas hun resultaten laten zien als ze worden gekoppeld aan een computer. De WISP is vergeleken met de andere spectrometers het enige instrument dat handzaam is en met drie spectrometers de irradiantie, neerwaartse radiantie van de lucht en totale radiantie instantaan kan meten. Daarnaast zijn de spectrometer van de WISP zo ingebouwd dat ze altijd onder de juiste meethoek staan wat betekent dat iedereen die de WISP recht kan houden een bruikbare meting kan doen (Mobley, 1999). Het niet te hoeven nemen van een watermonster is ook een groot voordeel in vergelijking met fluorometers waarvoor dit in veel gevallen nog wel noodzakelijk is (Valster & Ee, 2013).
- **Robuustheid:** de wijze waarop de verschillende instrumenten zijn vormgegeven verschilt enorm. De WISP en de ASD Handheld lijken qua vormgeving het meest op elkaar. De andere instrumenten hebben meestal de vorm van een staaf waar alle apparatuur zit in gebouwd. Deze instrumenten zijn water dicht. Voor de WISP geldt dat deze zo is ontworpen dat wanneer hij in het water valt blijft drijven. Het meest voorkomende type behuizing is plastic. De instrumenten die in het water gehouden moeten worden zijn meestal gemaakt van RVS.
- **Kosten:** de prijs van dergelijke instrumenten zijn niet te vinden op website of brochures. Een spectrometer is de grootste kostenpost van deze technologie en de prijs van één spectrometer ligt rond de 3000 euro. De aanschaf van dergelijke instrumenten ligt tussen de 5000 en de 15.000 euro. De WISP is qua aanschafprijs wel één van de duurste instrumenten uit deze vergelijking. Dit heeft te maken met de drie spectrometers die in de WISP zijn ingebouwd. Echter vaak is het niet noodzakelijk om een instrument aan te schaffen maar juist in de vorm van een huurcontract in gebruik te nemen. Daarnaast hoeft de WISP niet telkens opnieuw gekalibreerd te worden, waarmee kosten bespaard worden op kalibratie.
- **Gebruiksbeperkingen:** uit nadere analyse van fluoroprobe gegevens door Waternet en het laboratorium Waterproef blijkt dat het cyano-chlorofyl concentratie wordt verstoord als het oppervlaktewater een humuszuurwaarde heeft $> 30\mu\text{g/l}$ (Stowa, 2012). Ook is voor het gebruik van de fluoroprobe de noodzakelijke kalibratie een negatieve gebruiksbeperking. Voor spectrametrische metingen zijn de veranderende weersomstandigheden een gebruiksbeperking. Als de ene sensor gericht is op een blauwe lucht en de andere sensor een wolk in het water, dan levert dit een onbetrouwbare meting op.

5 Deelonderzoek 3: inzetten van de WISP voor het monitoren van blauwalgen in zwemwater

In hoofdstuk 3.2.3 wordt de wijze waarop zwemwater in Nederland gemonitord wordt uitgebreid beschreven. Een onderdeel van het monitoren van zwemwater is het controleren van de aanwezigheid van blauwalgen. In dit onderzoeksdeel is onderzocht of de WISP een geschikt instrument is om in te zetten voor de monitoring van blauwalgen in zwemwater. In dit hoofdstuk wordt eerst een werkwijze beschreven over de manier waarop dit deelonderzoek is uitgevoerd. Vervolgens worden de resultaten van het monitoren van blauwalgen in zwemwater met de WISP beschreven.

5.1 Werkwijze

De uitvoering van dit deelonderzoek is gebeurd in samenwerking met het waterschap Zuiderzeeland. Dit hield in dat eenmalig op 6 zwemlocaties in Flevoland, zie Figuur 21 en Figuur 20, gemeten is met de WISP en tegelijkertijd het waterschap het zwemwater bemonsterd heeft. Daarnaast zijn er stranden in Friesland gemonitord, respectievelijk het zwem en surfstrand Balk en meerdere stranden in het recreatiegebied de Kleine Wielen te Leeuwarden. Op de zwemlocaties is met behulp van lieslaarzen enkele meters het water ingelopen waar vervolgens meerdere metingen zijn gedaan met de WISP. Op iedere zwemlocatie zijn meerdere metingen gedaan om een representatief beeld te kunnen schetsen. De metingen zijn vervolgens door middel van het programma WISPweb geanalyseerd. De onderzoeksvragen die voor dit deelonderzoek zijn opgesteld worden hieronder weergegeven.

8. *Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van zwemwater?*
9. *Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?*
10. *Komen de meetresultaten van de WISP overeen met de meetresultaten van de waterbeheerders?*



Figuur 21 Overzichtskartaal zwemlocaties 1 t/m 5 in de omgeving van Almere, Bron: google.maps, aangepast door auteurs (2013)



Figuur 20 Overzichtskartaal zwemlocatie 6 in de omgeving van Lelystad. Bron: google.maps, aangepast door auteurs (2013)

5.2 Resultaten

De doelstelling was om blauwalgen te meten met de WISP in zwemwater. Helaas is dit niet gelukt omdat er simpelweg geen blauwalgen in het zwemwater aanwezig waren. Daarnaast zijn de meetresultaten van de WISP deels negatief beïnvloed door bodemzicht en bewolkte weersomstandigheden. Een toelichting over deze negatieve beïnvloeding wordt hieronder geven. Toch zijn er begin augustus nog extra metingen gedaan met de WISP op een zwemstrand bij Balk. Begin augustus is daarom nogmaals geprobeerd om met de WISP op het zwemstrand in de buurt van Balk de hoeveelheid blauwalg te meten. Op het moment van de meting werd het strand geteisterd door bloei van blauwalgen wat voor de provincie Friesland aanleiding was voor het geven van een officiële waarschuwing.

Invloed bodemzicht

Een zwemlocatie is zo aangelegd dat het aan de oever niet te diep is. Om een meting te kunnen doen met de WISP is het belangrijk om geen bodemzicht te hebben. Bodemmateriaal reflecteert namelijk licht en daarmee wordt de lichtmeting negatief beïnvloed. Het reflectiespectrum wordt beïnvloed door bodemdeeltjes waardoor er geen representatieve waarde kan berekend worden voor de waterkolom. Bodemdeeltjes moeten daarom niet zichtbaar zijn. Om voldoende diepte te hebben moet met de WISP enkele meters het water ingelopen worden zodat het effect van bodemzicht zoveel mogelijk beperkt wordt. Een zwemlocatie wordt voorzien van een boeienlijn die de zwemzone moet markeren, zie **Error! Reference source not found..**



Foto 3 bodemzicht op zwemlocaties, Lumierestrand (13-5-13)

Tot deze boeienlijn loopt de diepte terug van 0 tot gemiddeld 130 centimeter. Met de WISP is een meting gedaan op de rand van deze boeienlijn, zie Foto . Een secchi meting die tegelijkertijd werd gedaan door de medewerker van het waterschap Zuiderzeeland gaf in 5 van de 6 gevallen aan dat de zichtdiepte tot aan de bodem was. Bodemzicht heeft de betrouwbaarheid van deze metingen beïnvloed en zijn om die reden niet representatief.

Invloed weersomstandigheden

Naast de negatieve beïnvloeding van het bodemzicht, zijn de metingen uitgevoerd onder zeer bewolkte en donkere

en donkere weersomstandigheden zie



Foto 6. Onder deze omstandigheden wordt er te weinig licht gereflecteerd uit het water. Alleen op de zwemlocatie 'het Bovenwater' was geen sprake van bodemzicht en waren de weersomstandigheden sterk verbeterd. De concentratie chlorofyl a die de WISP hier aangaf was zeer laag namelijk 16 ug/l en de concentratie fycocyanine was eveneens zeer laag namelijk 19,6 ug/l. Deze lage concentratie algen zijn waarschijnlijk het gevolg van een gemiddeld koud voorjaar met weinig zon (Oldenborgh, 2013). Aannemelijk is dat de lage concentraties algen de oorzaak zijn van de grootte zichtdieptes die op de zwemlocaties gemeten zijn (bijkerk, 2013).

5.3 Conclusie blauwalgen monitoren met de WISP

De onderzoeksvragen die voor dit deelonderzoek waren opgesteld zijn:

8Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van zwemwater?

9Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?

10Komen de meetresultaten van de WISP overeen met de meetresultaten van de waterbeheerders?

Toegevoegde waarde WISP op zwemwatermonitoring

Om vraag 8 te beantwoorden kan geen gebruik gemaakt van praktische meetresultaten. Toch kan geconcludeerd worden, dat bij een betrouwbare meting van de WISP het instrument zeker een toevoeging is op het monitoren van blauwalgen in zwemwater (Ponsteen, 2013).

- De eerste reden hiervoor is de directe beschikbaarheid van de gegevens
- De tweede is de flexibiliteit om meerdere metingen te doen op één zwemlocatie
- De derde is de mogelijke tijdswinst die de WISP oplevert zodat meerdere zwemlocaties op één dag kunnen worden gemonitord
- Sneller afgeven en intrekken van een maatregel

Deze redenen worden ondersteund door het resultaat van een extra meting die begin augustus heeft plaats gevonden op een zwemstrand in de buurt van Balk. Dit zwemstrand werd in die periode geteisterd door de bloei van blauwalgen en dat was voor de provincie Friesland aanleiding tot het afgeven van een officiële waarschuwing. De WISP metingen bevestigde de aanwezigheid van blauwalgen. Het bodemzicht dat tijdens de metingen op de Flevolandse stranden voor ruis in het reflectiespectrum zorgde was op dit zwemstrand niet aanwezig. Dit werd mede veroorzaakt door aanwezige algenbloei. Op heldere zwemlocaties is de aanwezigheid van bodemzicht een nadeel voor het doen van een WISP meting. Bodemdeeltjes beïnvloeden het reflectiespectrum. Op deze zwemlocaties is het dan ook niet mogelijk om een representatieve waarde te kunnen berekenen voor alleen de waterkolom.

Verbeterpunten

Het probleem van bodemzicht op zwemwaterlocaties zal naarmate de temperatuur hoger wordt en de algen toenemen kleiner worden. Toch zou het een verbeterpunt zijn als de WISP dit bodemzicht kan compenseren. Bodemzicht is te herkennen in het reflectiespectrum en theoretisch is het mogelijk om dit gedeelte er uit te destilleren.



Foto 5 WISP meting in het zwemwater van het Fantasiestrand gelegen in Flevoland, bron: Stefan van der Molen (13-5-13)



Foto 4 Bewolkte weersomstandigheden tijdens de metingen van de WISP op zwemwaterlocaties, bron: Stefan van der molen (13-5-13)

6 Deelonderzoek 4: op een snelle en goedkope manier inzicht krijgen in ruimtelijke variatie van een waterlichaam met behulp van de WISP

Waterbeheerders hebben op dit moment weinig tot geen inzicht in ruimtelijke variatie van een waterlichaam. Bodemdieptes, windinvloeden en afvoerkanalen kunnen een grote invloed hebben op de ecologische kwaliteit van een waterlichaam. Een vaart die uitstroomt in een meer kan door de aanvoer van nutriënten, een hogere algenconcentratie veroorzaken. Door inzicht in ruimtelijke variatie kan de waarschijnlijke herkomst van nutriëntenrijk water achterhaald worden. Dit kan een belangrijk hulpmiddel zijn om gericht maatregelen te nemen ter verbetering van de ecologische waterkwaliteit. Voor waterbeheerders die inzicht willen in ruimtelijke variatie, is het noodzakelijk om veel watermonster te nemen op meerdere locaties in een waterlichaam. Dit brengt met zich mee dat er veel monsterflessen nodig zijn en de analyse kosten hiervoor zeer hoog worden. De WISP kan door zijn snelle beschikbaarheid van gegevens en geen verdere analyse kosten, snel en goedkoop veel metingen doen. In dit deelonderzoek is daarom onderzocht of de WISP op een snelle en eenvoudige manier ruimtelijke variatie in een waterlichaam in kaart kan brengen. De werkwijze die hiervoor is toegepast wordt hieronder beschreven.

Werkwijze

Onderzoeksvragen

11. Welke mogelijkheid biedt de WISP om op een snelle manier ruimtelijke variatie in een waterlichaam in kaart te brengen?
12. Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van meren en stadswater?
13. Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?

In de praktijk zijn er met de WISP metingen gedaan in het stadswater van Leeuwarden en Sneek. Ook zijn er metingen gedaan in drie Friese meren; Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. Waar mogelijk kwamen de meetlocaties overeen met locaties die door het Wetterskip Fryslân worden gemonitord. Echter was dit niet een vereiste in dit deelonderzoek. Een overzicht van de meetlocaties is te vinden in bijlage 16. De stadswateren zijn gemeten met de WISP vanuit een bootje of met de fiets. De drie Friese meren zijn eveneens vanuit een bootje gemeten met de WISP. De parameters die zijn onderzocht op spreiding zijn de WISP specifieke parameters chlorofyl a, zwevende stof, doorzicht en fycocyanine. Daarnaast zijn tijdsduur en eenvoud van de metingen belangrijke aspecten die bijgehouden zijn tijdens veldwerkzaamheden.

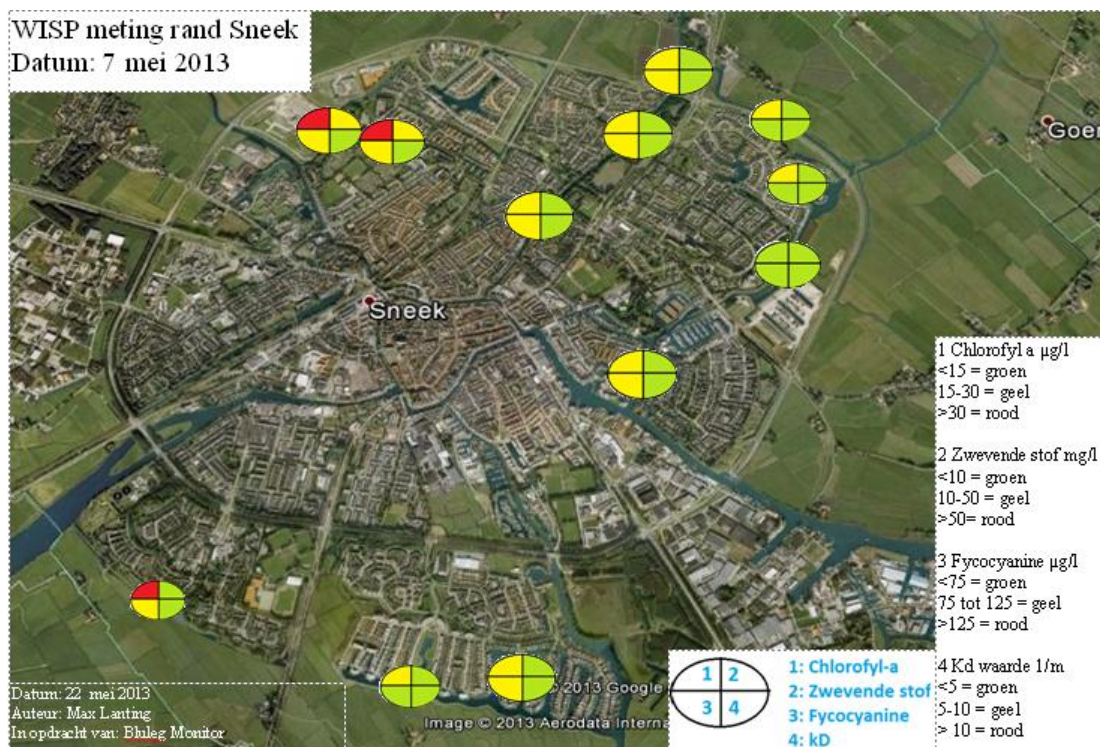
Toelichting Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer

Vanuit meerdere ondernemers uit de omgeving is er de wens geuit om deze drie meren intensiever te gebruiken voor recreatie. Dit is op dit moment niet mogelijk omdat het gebied is gelegen in een Natura 2000 gebied. Het voorstel van de ondernemers is om het Sipkemeer en Rietmeer in te richten voor intensiever recreatiegebruik en het Vlietmeer moet dan gaan dienen ter compensatie. Het Wetterskip Fryslân heeft geen informatie over de ecologische toestand van deze meren en de resultaten zijn dan ook gepresenteerd aan het Wetterskip Fryslân.

6.1 Resultaten

Het algemene resultaat van dit uitgebreide praktische onderzoek is dat de WISP eenvoudig te bedienen is. Zowel vanuit een bootje als vanaf de kant heeft de WISP prima metingen kunnen doen. Bij helder weer met veel zonlicht duurt een meting van de WISP slechts enkele seconden, bij bewolking enkele minuten. Nadelig is de zichtbaarheid van het meetresultaat op het energiezuinige schermje van de WISP. Deze gegevens zijn juist moeilijker af te lezen bij helder weer met veel zonlicht.

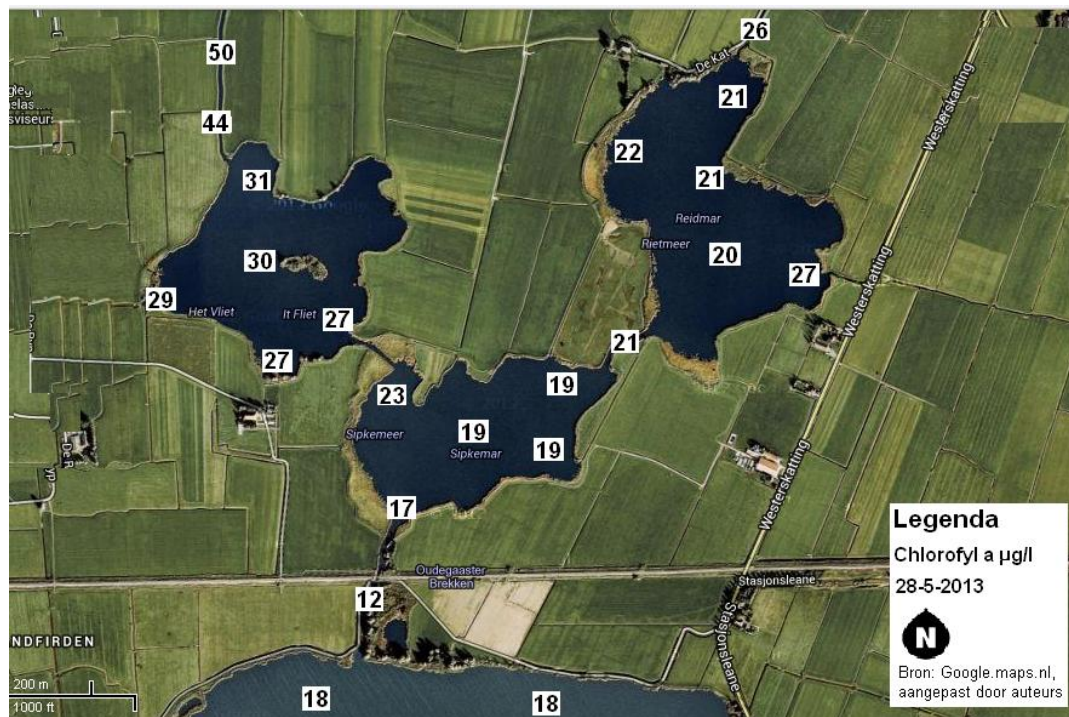
Om al het meetresultaat op een overzichtelijke manier weer te geven, zijn kaarten gemaakt waarin de gemeten concentratie staan weergegeven. Deze kaart zijn zowel voor het stadswater in Sneek als Leeuwarden gemaakt en voor een volledig overzicht wordt verwezen naar bijlage . In de kaarten van het stadswater worden de gemeten concentraties door middel van een kleuren schaal in een cirkel weergegeven. Er is gekozen om voor elke parameter 3 klassen te maken in de kleuren groen, geel en rood. De schaal die hiervoor is gebruikt, is geen officiële kwaliteitsaanduiding. Het is een schaal die gebaseerd is op de hoogte van de gemeten concentraties omdat de concentratie zeer laag waren is er voor een kleinere schaal gekozen.



Figuur 22 Kaart met daar in de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Sneek op 7 mei 2013. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

Geconcludeerd kan worden dat de concentraties die de WISP heeft gemeten in zowel het stadswater in Sneek als in Leeuwarden erg laag zijn. Er is dan ook geen grote ruimtelijk variatie waargenomen. Echter zijn er wel uitschieters gemeten, vooral in kleinere stadsvijvers. De WISP heeft dus geen spreiding gemeten maar wel op een snelle en eenvoudige manier de uitschieters in kaart gebracht. Het is dus aannemelijk dat wanneer de concentraties algen hoger zijn, de WISP deze spreiding in kaart kan brengen. Tijdens de WISP metingen in de drie Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer zijn hogere concentratie aan algen gemeten en dit heeft geresulteerd in een grotere ruimtelijke variatie. Deze resultaten worden hieronder weergegeven.

Zoals hiervoor werd aangegeven zijn in de drie Friese meren hogere algen concentratie gemeten. Dit heeft geresulteerd in drie kaarten met daarin de gemeten concentraties aan chlorofyl a, zwevende stof en het blauwalgen pigment fycocyanine. De kaart met daarin de gemeten concentraties chlorofyl a wordt hieronder weergegeven, voor de overige kaarten wordt verwezen naar bijlage 18. Er is gekozen voor deze parameters omdat het bekende waardes zijn en een goede indruk geven van de ecologische waterkwaliteit. De Kd waarde is wel gemeten met de WISP alleen zegt niet direct iets over de aanwezigheid van algen. Opgemerkt moet worden dat de concentratie fycocyanine veel hoger is dan de concentratie chlorofyl a. Dit verschil in concentratie wordt veroorzaakt doordat het pigment fycocyanine minder efficiënt is en naar ratio zwaarder is dan het pigment chlorofyl a⁷. Alle informatie die verkregen is met de WISP om ruimtelijke variatie inzichtelijk te maken is zeer snel verkregen. In één ochtend zijn doormiddel van een bootje de drie meren bevaren en metingen gedaan met de WISP. Omdat verdere labanalyses niet nodig zijn bij een WISP meting, konden de gegeven direct geüpload worden in WISPweb en door de auteurs van dit onderzoek geanalyseerd en verwerkt als kaartmateriaal.



Figuur 23 Kaart waarin de spreiding wordt weergegeven in en tussen de Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. In deze kaart worden de gemeten concentraties chlorofyl a weergegeven.
Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

Voor alle drie de meertjes wordt een duidelijke ruimtelijke variatie in de concentratie chlorofyl a weergegeven. Opvallend zijn de hogere concentraties die gemeten zijn in de aan of afvoer sloten op het Vlietmeer en Rietmeer. Op basis van deze gegevens is het aannemelijk dat deze sloten afvoersloten zijn van omliggende landbouwgronden. Het plan om het Vlietmeer te gebruiken als ecologische compensatie van het Sipkemeer en het Rietmeer lijkt op basis van deze meetresultaten een onlogische keuze.

⁷ Bron: Dhr. Marnix Laanen, WaterInsight, juni 2013.

6.2 Conclusie

In deze slotparagraaf wordt er antwoord gegeven op de deelonderzoeksvragen:

11 Welke mogelijkheid biedt de WISP om op een snelle manier spreiding in een waterlichaam in kaart te brengen?

12 Op welke manier voegt de WISP iets toe aan de kwaliteitsbeoordeling van meren en stadswater?

13 Wat zijn de verbeterpunten van de WISP, op basis van de gebruikservaringen die zijn opgedaan tijdens de uitvoering van dit deelonderzoek?

Mogelijkheden van het meten van spreiding met de WISP

De WISP heeft voor de drie Friese meren op een snelle en eenvoudige manier spreiding in en tussen deze meren in kaart gebracht. De concentraties aan algen in het stadswater van Sneek en Leeuwarden waren te laag om ruimtelijke variatie te kunnen weergeven. Toch zijn de uitschieters in bijvoorbeeld stadsvijver op een eenvoudige manier in kaart gebracht. Zeker voor waterbeheerders is deze informatie zeer waardevol. De WISP is dus in staat om snel ruimtelijke variatie te meten, waarmee de mogelijkheid wordt gecreëerd om ook de herkomst van water te bepalen.

Kwaliteitsbeoordeling van stadswater en meren

De kwaliteitsbeoordeling van stadswater gebeurt nu per waterschap op verschillende manieren. Voor stadswater wordt er door de KRW namelijk geen normen voorgeschreven omdat het meeste stadswater de minimale omvang van 5 hectare niet heeft. STOWA heeft om die reden het “handboek ecologische beoordeling systemen” uitgebracht die de waterbeheerder een handvat biedt voor het beoordelen van stadswater (Franken, et al., 2006). In de beoordelingssystematiek van stadswater volgens de EBEO wordt niet gevraagd naar concentraties die de WISP kan meten. Dit betekent echter niet dat de WISP geen waardevolle bijdrage kan leveren aan het beoordelen van de ecologische waterkwaliteit van stadswater. Blauwalgen worden nu alleen nog gemonitord op zwemlocaties. Stadsvijvers zijn vaak gelegen in de nabijheid van bebouwing (Royal Haskoning, 2010). Vooral kinderen kunnen door allerlei activiteit in contact komen met dit water. In het kader van de volksgezondheid zouden met de WISP ook stadsvijvers gemonitord kunnen worden met de WISP. In de bredere zin van het beoordelen van waterkwaliteit voegt de WISP iets toe op het gebied van het in kaart brengen van ruimtelijke variatie in een waterlichaam. Deze informatie kan gebruikt worden om gericht maatregelen te nemen ter verbetering van de waterkwaliteit.

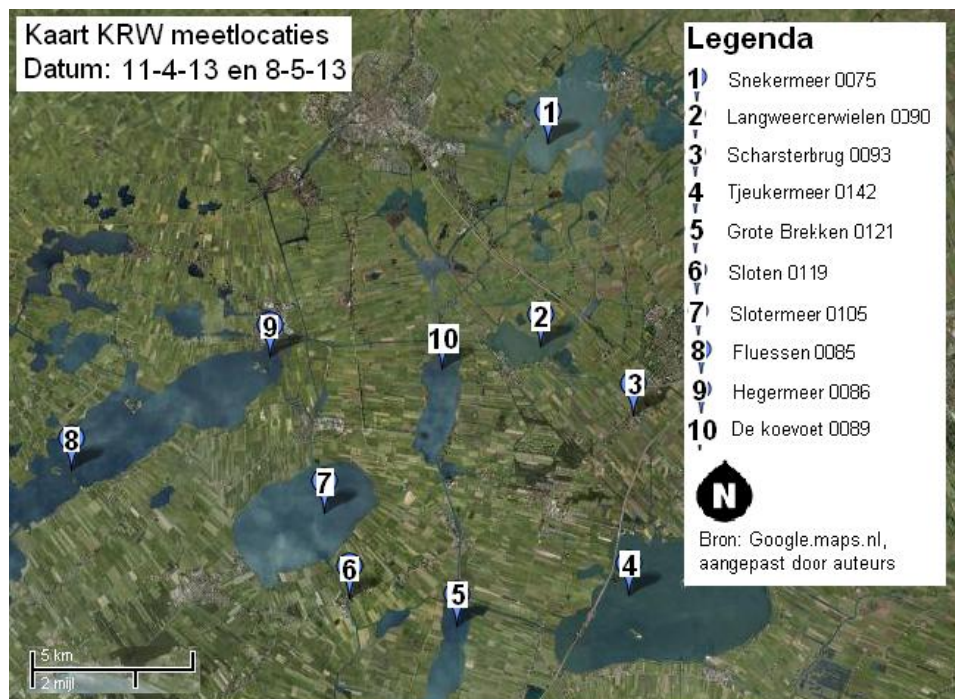
Verbeterpunten van de WISP

Een gebruikservaring die tijdens het meten van de drie Friese meren is opgedaan heeft te maken met het koppelen van een meting aan een specifieke locatie. De WISP is zo ingericht dat voor elke meting een code of locatienummer ingevoerd kan worden. In stedelijke gebieden zijn er vaak voldoende herkenningspunten waardoor achterhaald kan worden op welke locatie die WISP metingen is uitgevoerd. Dit geldt echter niet voor open water door het ontbreken van herkenningspunten. Een verbeterpunt is dan ook het installeren van een GPS in de WISP. Hiermee kan eenvoudig een meting met de WISP gekoppeld worden aan een meetlocatie.

7 Deelonderzoek 5: vergelijken van meetresultaten van de WISP met die van traditionele analysemethodes

Werkwijze

Voor dit deelonderzoek zijn net zoals in deel drie en vier metingen gedaan met de WISP. Anders dan voor deelonderzoek drie en vier zijn de metingen nu gedaan op locatie die gemonitord worden voor de KRW toestand en trendmonitoring en voor de integrale watersysteemrapportage van het Wetterskip Fryslân. Het beheersgebied van het Wetterskip Fryslân bestaat voor een groot deel uit meren en plassen die samen behoren tot de Friese boezemwateren. De meetlocaties in de Friese boezem worden maandelijks gemonitord. Het monitoren van deze meetlocaties gebeurt per schip dat een vooraf bepaalde route aflegt waarin 10 meetlocaties bemonsterd worden. Voor dit deelonderzoek zijn twee meetrondes meegevoerd. Tijdens deze twee meetrondes zijn er op locaties waar het Wetterskip Fryslân een watermonster heeft genomen, ook metingen gedaan met de WISP. De route die tijdens deze meetronde is afgelegd wordt in Figuur 24 weergegeven.



Figuur 24 Kaart meetlocaties ten behoeve van KRW monitoring. Deze meetlocatie zijn twee keer gemeten met de WISP op 11-4-13 en 8-5-13. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

De meetresultaten die door het Wetterskip Fryslân beschikbaar zijn gesteld, worden in dit deelonderzoek statistisch vergeleken met die van de WISP. De zes watermonsters die in het kader van deelonderzoek 4 zijn genomen door het Wetterskip Fryslân worden eveneens meegenomen in deze statistische vergelijking. De statistische vergelijking wordt uitgevoerd door middel van een toets op correlatie. Een toets op correlatie geeft aan of er een verband is tussen twee meetreeksen en of dit verband positief is of negatief (de Vocht, 2009). Daarnaast wordt een correlatiecoëfficiënt berekend die de sterkte van deze relatie aangeeft.

De parameters die met elkaar worden vergeleken zijn:

Parameter WISP	Parameter Wetterskip Fryslân WF	Hoeveelheid metingen
Chlorofyl a µg/l WISP	Chlorofyl a NEN analyse 6520	24
Zwevende stof mg/l WISP	Onopgeloste stoffen na membraanfiltratie (gelijkwaardig aan NEN 6484) in mg/l	13
Kd waarde 1/m	Zichtdiepte in cm verkregen met de SecchiDisk omgerekend naar Kd waarde op basis van de formule $Kd = 1,44 * SD^{-1}$ De formule is afkomstig van (Holmes 1970)	25

Voor de parameter fycocyanine die de WISP eveneens meet zijn geen vergelijkbare meetgegevens beschikbaar. Deze parameter wordt om die reden dan ook niet mee genomen in deze statistische vergelijking.

7.1 Resultaat

In deze paragraaf worden de resultaten beschreven van de vergelijking die is gemaakt tussen de meetresultaten verkregen uit traditionele analysemethoden met de meetresultaten van de WISP. Opgemerkt moet worden dat de meetresultaten nooit één op één met elkaar vergeleken kunnen worden. De redenen hiervoor worden hieronder beschreven.

Groter meetbereik van de WISP

Een meting met de WISP is een optische meting hetgeen betekent dat de WISP een lichtreflectie meet en op basis van het verkregen reflectiespectrum de concentratie berekent. Het oppervlak waarover de WISP een lichtreflectie maakt is afhankelijk van de hoogte van de WISP ten opzichte van het wateroppervlak. Als de WISP op een hoogte wordt gehouden van 1,5 meter boven het wateroppervlak dan is het meetoppervlak ongeveer een 2 euro munt. Afhankelijk van de zichtdiepte, kan de WISP een signaal opvangen tot wel één meter diep. Een watermonster dat aan het wateroppervlakte wordt genomen, wijkt om die reden altijd af van de waarde die een WISP weergeeft.

Geen homogene verdeling in de waterkolom

Daarnaast zijn algen nooit homogeen verdeelt over de waterkolom.

Niet precies op dezelfde locatie kunnen meten

Het is praktisch bijna niet mogelijk om met de WISP op dezelfde locatie te meten als waar het watermonster is genomen.

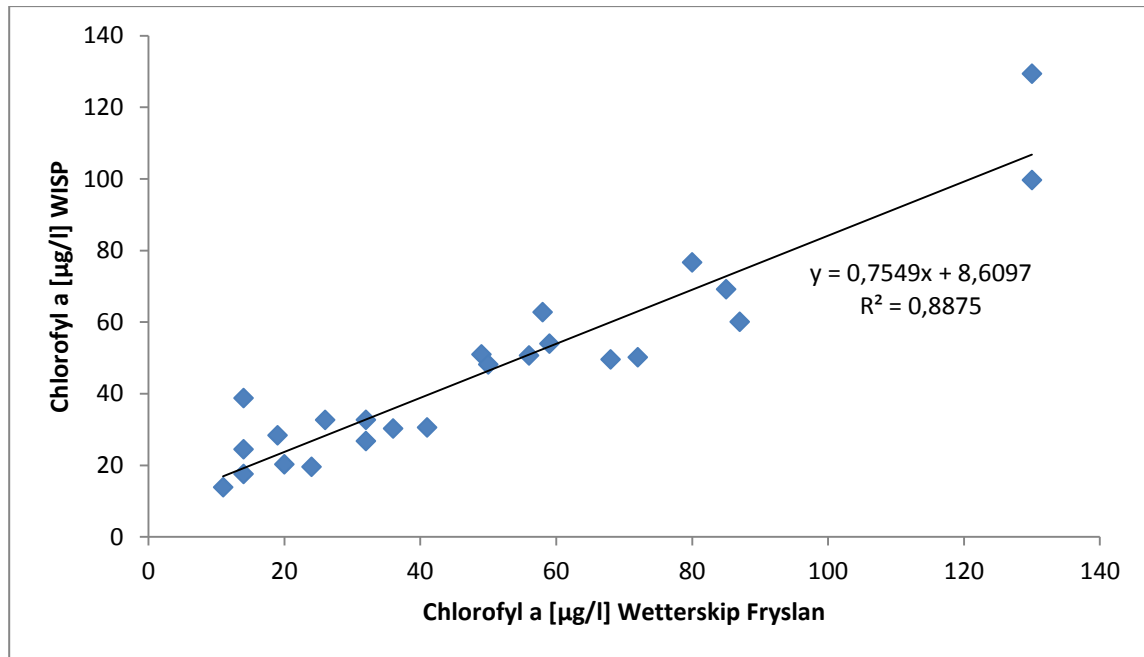
Standaardafwijking voor labanalyse

Hoewel de medewerkers die de watermonsters nemen en de laboranten die water vervolgens analyseren er alles aan doen om zo precies mogelijk te werken, is er altijd een standaardafwijking.

Echter kunnen de meetresultaten wel degelijk met elkaar vergeleken worden door te toetsen op correlatie. Hiermee word getoetst of er een relatie is tussen twee meetreeksen en wordt bepaald hoe sterk deze relatie is. De correlatiecoëfficiënt geeft aan hoe sterk deze relatie is. De waarde daarvan kan variëren tussen -1 en +1. Daarbij betekent 0: geen lineaire samenhang, +1: een perfecte positieve lineaire samenhang en -1: een perfecte negatieve lineaire samenhang. Hoe verder de correlatiecoëfficiënt verwijderd is van 0, hoe sterker de correlatie, en hoe nauwkeuriger de waarde van de ene variabele voorspeld kan worden op grond van de waarde van de andere variabele (de Vocht, 2009).

Relatie tussen chlorofyl a meetreeksen van het Lab WF en de WISP

In deze paragraaf wordt beschreven of er een relatie bestaat tussen de meetresultaten van de WISP en die van de analyse methode NEN6520. In totaal zijn voor deze statistische vergelijking 24 metingen gebruikt.



Grafiek 3. De relatie tussen chlorofyl a dat geanalyseerd is door het Wetterskip Fryslân en chlorofyl a dat gemeten is door de WISP (14-6-13). Bron: Exel bewerkt door Max Lanting.

Correlatie coëfficiënt is: 0,94

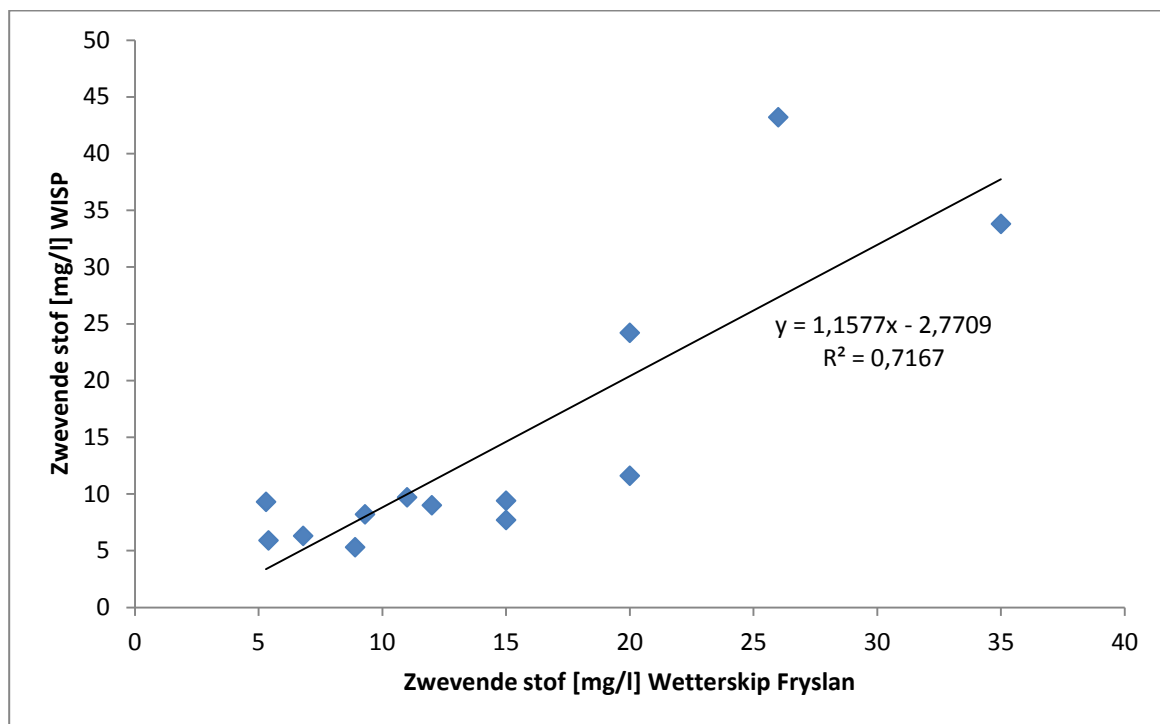
R^2 (Determinatiecoëfficiënt) is: 0,8875

Formule van de trendlijn: $y=0.7549x+8.6097$

In Grafiek 3 is te zien dat er een positieve relatie is tussen de meetreeks van het WF en die van de WISP. Dit betekent dat het chlorofyl a gehalte die door het WF bepaald wordt, een positief verband heeft met het chlorofyl a gehalte dat door de WISP wordt gemeten in het veld. De sterkte van deze relatie wordt aangetoond door een correlatiecoëfficiënt. De waarde van de correlatiecoëfficiënt is 0,94. Dit geeft aan dat de relatie tussen het chlorofyl a gehalte van het WF en de WISP zeer sterk is. Ook de r^2 kwadraat geeft aan dat het verband zeer sterk is (Leiden universiteit, 2012).

Relatie tussen zwevende stof meetreeks van het Lab WF en de WISP

In deze paragraaf wordt beschreven of er een relatie bestaat tussen de meetresultaten van de WISP en die van de analyse methode Onopgeloste stoffen na membraanfiltratie (gelijkwaardig aan NEN 6484) in mg/l door het laboratorium van het Wetterskip Fryslân. In totaal zijn er voor deze statistische vergelijking 13 metingen gebruikt. Helaas wordt deze zwevende stof analyse niet vaak uitgevoerd door het Wetterskip Fryslân en zijn er om die reden maar 13 metingen. Daarnaast zijn de concentraties die gemeten zijn zeer laag. Dit houdt in dat voor het bepalen van de concentratie zwevende stof een detectiegrens bestaat, die door de meeste laboratoria op circa 5 mg/l ligt. Aangezien de bulk van de metingen in het lage bereik ligt is het vastleggen van de statistische relevantie van het verband veel lastiger.



Grafiek 4 De relatie tussen zwevende stof dat geanalyseerd is door het Wetterskip Fryslân en het zwevende stof dat gemeten is door de WISP (14-6-13). Bron: Exel bewerkt door Stefan van der Molen.

Correlatie coëfficiënt is: 0,85

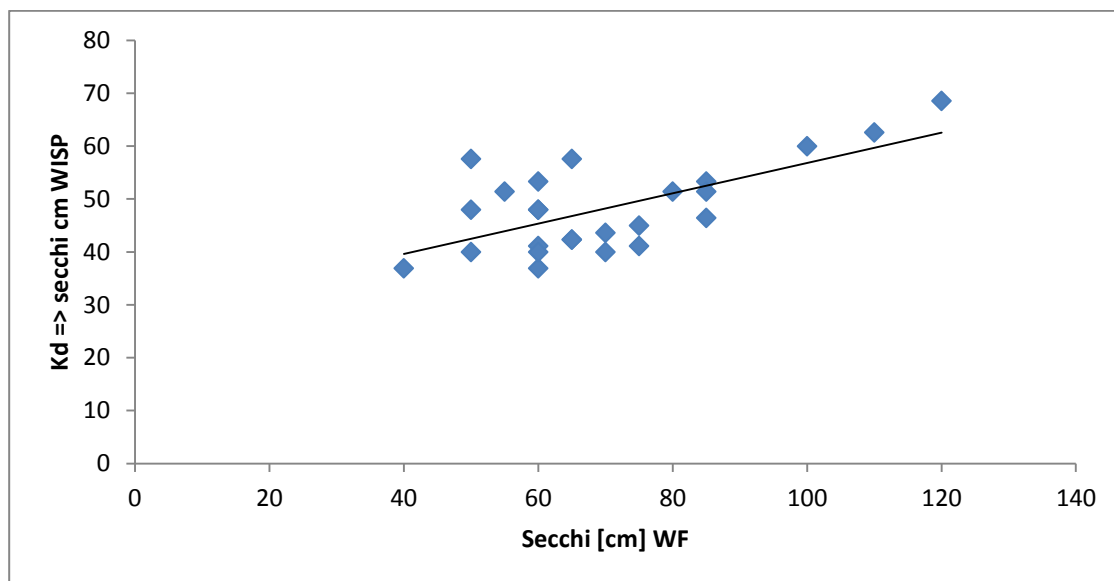
R²(Determinatiecoëfficiënt) is: 0,7167

Formule van de trendlijn: $y = 1,1577x - 2,7709$

In Grafiek 4 is te zien dat net als voor chlorofyl a er een positieve relatie is tussen de meetreeks van het WF en die van de WISP. Dit betekent dat het gehalte zwevende stof dat door het WF wordt bepaald, een positief verband heeft met het gehalte aan zwevende stof dat de WISP gemeten heeft in het veld. Op basis van een correlatiecoëfficiënt van 0,85 kan gesteld worden dat deze relatie sterk is.

Relatie tussen Kd waarde van de WISP en doorzicht meting met de secchischijf

In deze paragraaf wordt getoetst of er een relatie bestaat tussen de Kd waarde gemeten met de WISP en de secchischijf diepte gemeten door het Wetterskip Fryslân. In totaal zijn voor deze statistische vergelijking 25 meetresultaten gebruikt. De Kd waarde die de WISP uitrekent is een maat voor de uitdoving van het licht. De secchischijf wordt nog veel gebruikt voor het bepalen van doorzicht, maar op een ander principe gebaseerd: de visuele beoordeling van de diepte waarop de schijf niet meer zichtbaar is. Het is echter een meetmethode die subjectief is en sterk afhankelijk is van de prestaties van het menselijke oog. Het is duidelijk dat deze metingen niet eenvoudig met elkaar te vergelijken zijn. De gemeten Kd waardes door de WISP zijn vergeleken met de meetresultaten van de secchischijf. Dit is gedaan op basis van de formule: $Kd = 1,44 \cdot SD^{-1}$ die is gepubliceerd is door de onderzoeker Holmes in 1970. Nadat deze berekening is uitgevoerd, is de volgende grafiek opgesteld.



Grafiek 5 De relatie tussen de berekende secchischijf diepte uit de Kd waarde van de WISP en de secchischijf diepte gemeten door het Wetterskip Fryslân.. (17-6-2013) Bron: Exel bewerkt door auteurs.

Correlatie coëfficiënt is: 0,66

Op basis van de bovenstaande trendlijn kan gesteld worden dat er een positieve relatie is tussen de twee parameters. Nogmaals moet duidelijk vermeld worden dat deze parameters zich niet eenvoudig met elkaar laten vergelijken. Het zijn twee verschillende meetprincipes. Afgezien van de spreiding is er een redelijke relatie tussen de Kd van de WISP en de berekende Kd van de secchischijf. De correlatiecoëfficiënt van 0,66 geeft aan dat het gaat om een matige relatie.

7.2 Conclusie

De deelvraag die voor dit deelonderzoek was opgesteld luidt:

14 Komen de meetresultaten van de WISP overeen met de analyse resultaten van de waterbeheerders?

Opgemerkt moet worden dat de twee meetresultaten nooit één op één met elkaar vergeleken kunnen worden. Dit komt doordat de WISP een groter wateroppervlakte meet, algen nooit homogeen in het water verdeeld zijn, met de WISP nooit precies op dezelfde meetlocatie gemeten kan worden en er altijd een standaardafwijking bestaat voor labanalyses. Het aantonen van een relatie kan daarom het beste door middel van een toets op correlatie. Geconcludeerd kan worden dat er voor chlorofyl a een zeer sterke relatie is tussen de analysemethode NEN 6520 en de meting van de WISP. Ook de parameter onopgeloste stoffen (gelijkwaardig aan NEN 6484) heeft een sterke relatie met het zwevende stof dat wordt gemeten met de WISP. Het is ingewikkelder om de Kd waarde van de WISP te vergelijken met de secchi schijf diepte. Een omrekeningsformule is nodig om de secchi schijf diepte om te rekenen naar Kd waarde en of andersom. De relatie tussen de Kd en de secchi schijf is matig te noemen.

8 Deelonderzoek 6: peilen van de opinie van waterbeheerders met betrekking tot WISP monitoring

Werkwijze

Voor dit deelonderzoek is een enquête opgesteld. De enquête die is opgesteld heeft als doel een breder beeld te schetsen over hoe waterbeheerders in Nederland aan kijken tegen het gebruik van remote sensing technologie voor het monitoren van oppervlaktewaterkwaliteit. Deze enquête is verzonden naar ruim 60 contactpersonen verspreidt over 24 waterschappen, provincies en overige instanties die zich bezig houden met oppervlaktewaterkwaliteit in Nederland. De waterschappen zijn dagelijks bezig met het verkrijgen en beoordelen van waterkwaliteitsgegevens. Om die reden hebben zij het beste zicht op de kansen of juist bedreigingen van het inzetten van spectrometrie voor het beoordelen van de ecologische waterkwaliteit. De enquête is ingevuld door verschillende werkniveaus binnen de waterkwaliteitssector. De vragen die gesteld zijn in de enquête zijn:

1. *Met de WISP kan op ieder willekeurige locatie gemeten worden in ruimte en tijd. Vindt u dat belangrijk en zo ja wilt u uitleggen waarom?*
2. *De WISP is in staat om chlorofyl en fycocyanine instantaan te meten. Hiermee wordt de mogelijkheid gecreëerd om de ontwikkeling van algenbloei te volgen, zodat sneller maatregelen genomen kunnen worden. Zou deze mogelijkheid voor uw beheersgebied een voordeel opleveren? Kunt u uitleggen welke voordelen u ziet?*
3. *Waaraan moet de WISP voldoen om een waardevol als waardevol instrument in te zetten in uw meetprogramma? Welke criteria zijn voor u belangrijk?*
4. *Op welke wijze en met welke frequentie meet u nu de aanwezigheid van algen in uw oppervlaktewater?*
5. *Als u een fluoroprobe gebruikt: kalibreert u uw instrument regelmatig voor veranderende omstandigheden in het oppervlaktewater, zoals voor kleur of troebelheid?*
6. *Wat zijn de belangrijkste gebreken/beperkingen van de huidige meetmethode?*
7. *Ziet u op dit moment mogelijkheden voor de inzet van de WISP in uw meetprogramma?*
8. *Wat voor knelpunten ziet u om de WISP te gebruiken?*

De enquête is in digitale vorm gemaakt met het programma ThesisTools. Via een mail zijn de contactpersonen gevraagd om deze enquête in te vullen zodat ze daarmee een belangrijke bijdrage leveren aan de inhoud van dit onderzoek. De mail die verzonden is bestaat uit een korte toelichting over dit onderzoek, een informatiefolder over de WISP en een link naar de enquête.

8.1 Resultaten

De enquête is via mail verzonden naar ruim 60 geënquêteerden. Hiervan hebben 19 respondenten de enquête ingevuld. Daarnaast zijn de enquête vragen nog eens voorgelegd in een interview aan twee medewerkers van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en aan twee medewerkers van het waterschap Zuiderzeeland. De totale response komt daarmee op 33% uit.

Korte samenvatting antwoorden op enquête

In deze paragraaf wordt bij elke vraag een kort samengevat antwoord gegeven die gebaseerd is op de antwoorden van alle respondenten.

1. Met de WISP kan op iedere willekeurige locatie gemeten worden in tijd en ruimte. Vindt u dat belangrijk en zo ja wilt uitleggen waarom?

Iedereen die deze vraag heeft beantwoord vindt dit belangrijk. De Redenen die hiervoor zijn:

- Een snelle screeningsmethode in het bijzonder voor gevaarlijke blauwalgen
- Direct beschikbaarheid van gegevens, ook bijvoorbeeld in het weekend.
- Om bij calamiteiten snel metingen te doen en daardoor een snel overzicht te hebben van de situatie.
- In ad hoc situatie waarin snel uitspraak gedaan moet worden over de waterkwaliteit
- Voor het meten van de ruimtelijke variatie in een meer.
- Voor het meten van gradiënten bijvoorbeeld vanaf een lozingspunt
- Voor het controleren van vergunningvoorschriften tijdens baggerwerkzaamheden

2. De WISP is in staat om chlorofyl en fycocyanine instantaan te meten. Hiermee wordt de mogelijkheid gecreëerd om ontwikkeling van algenbloei te volgen, zodat sneller maatregelen genomen kunnen worden. Zou deze mogelijkheid voor uw beheersgebied een voordeel opleveren? Kunt u uitleggen welke voordelen u ziet?

Iedereen ziet dit zeker als een voordeel om hiermee snel het gezondheidsrisico op officiële zwemlocaties in kaart te brengen. Echter hebben niet in alle beheersgebieden problemen met Cyanobacteriën. Om die reden is dit niet voor iedere waterbeheerder van toepassing. Chlorofyl wordt gemeten voor trendmonitoring en hieraan zijn geen directe maatregelen verbonden. Snellere beschikbaarheid van gegevens is hiervoor dus niet noodzakelijk. Voor Fycocyanine geldt dit wel. Dit is een belangrijke parameter, zeker in zwemwateren maar ook in stadswater. De fluoroprobe wordt veel gebruikt om cyanochlorofyl te meten maar omdat de WISP tegelijkertijd troebelheid, zwevende stof en extinctie CDOM meet, is het zeker een aanvulling. Nog een aantal voordelen:

- Het snel instellen of intrekken van een waarschuwing of negatief zwemadvies
- Een vaste opstelling op probleemlocaties
- Het gedrag van algen in combinatie met weersomstandigheden en waterhuishouden beter te leren begrijpen.

3. Waaraan moet de WISP voldoen om een waardevol instrument in te zetten in uw meetprogramma? Welke criteria zijn voor u belangrijk?

- Vergelijkbare betrouwbaarheid met de uitkomsten van labmetingen
- Reproduceerbaar
- Nauwkeurig bij lage chlorofyl concentraties
- Permanente opstelling
- Gebruiksvriendelijk
- Mogelijkheid om de resultaten te importeren in eigen database
- Robuustheid
- Betaalbaar

4. Op welke wijze en met welke frequentie meet u nu de aanwezigheid van algen in uw oppervlaktewater?

Dit is afhankelijk van het type water en de soort monitoring.

- Officiële zwemlocaties worden 1 keer per 14 dagen gemonitord. Dit monitoren gebeurt door middel van lab analyses of met de fluoroprobe.
- In waterlichamen word volgens de KRW maandelijks in de zomermaanden chlorofyl a bepaald door middel van labanalyse NEN 6520
- Bij klachten of calamiteiten
- Project matige monitoring zoals voor het toetsen van de effectiviteit van genomen maatregelen. Een voorbeeld van projectmatige monitoring is het bepalen van het effect van voorbehandeling van relatief voedselrijkwater uit de Oostvaardersplassen, dat geloosd wordt op de Lagevaart.

5. Wat zijn de belangrijkste gebreken/beperkingen van de huidige meetmethode?

- Metingen zijn tijdrovend
- Analyses zijn duur
- De metingen geven geen inzicht in toxines terwijl juist die belangrijk zijn voor de inschatting van de risico voor de volksgezondheid
- Het duurt lang voordat de gegevens beschikbaar zijn
- Bemonstering moet door een gecertificeerde monsternemer worden uitgevoerd
- De beperking van de fluoroprobe is dat de meting verstoord kan worden door: andere algen, humuszuren en eigen kleur van het water. Daarnaast zorgt de noodzakelijke kalibratie voor het verminderen van het gebruiksgemak

6. Ziet u op dit moment mogelijkheden voor de inzet van de WISP in uw meetprogramma?

De meningen zijn hier verdeeld. De respondenten die antwoorden met een ja, geven aan dat het vooral voor zwemwater monitoring interessant zou zijn. De betrouwbaarheid van de WISP is een belangrijk aspect dat meerdere keren aangegeven wordt. Daarnaast wil men een praktijk voorbeeld waarin de werking van de WISP wordt aangetoond.

De respondenten die antwoorden met een nee, gaven aan dat ze ook al met de fluoroprobe of een AlgaeTorch meten en dat het op dit moment voldoende is. Daarnaast werd opgemerkt dat de WISP niet is opgenomen in het zwemwaterprotocol en dat dit voor deze toepassing wel een harde voorwaarde is.

7. Wat voor knelpunten ziet u om de WISP te gebruiken?

- Nog geen bewezen methode
- Niet gestandaardiseerd in Nederland (niet in blauwalgenprotocol)
- Kinderziektes
- Trendbreuken in meetdata
- Kosten (waarvan niet bekend is hoe hoog die zijn)

8. Welke informatie mist u?

- Gevoeligheid van de WISP voor wisselende weersomstandigheden (mist, regen, wind, veranderende temperaturen)
- Wat de betrouwbaarheid is van de WISP en hoe de resultaten zich verhouden tegenover labmetingen
- Een verwijzing naar een praktische toepassing van de WISP
- Ervaringen van onafhankelijke gebruikers

8.2 Conclusie

De deelvragen die voor dit deelonderzoek waren opgesteld zijn:

15 Wat zijn de verbeterpunten die voortkomen uit de resultaten van de enquête over de WISP?

16 Welke behoefte bestaat er bij de oppervlaktewaterbeheerder om de WISP metingen te gebruiken?

17 Welke rol zou de WISP monitoring kunnen vervullen in de huidige monitoringsprogramma's van waterbeheerders: aanvullend, vervangend, voorspellend (early warning system)?

Verbeterpunten van de WISP op basis van de enquête

De meeste respondenten geven aan dat ze geïnteresseerd zijn naar de betrouwbaarheid van de WISP. Vooral naar hoe de resultaten zich verhouden tegenover de traditionele labmetingen. Het toetsen van de betrouwbaarheid in relatie met traditionele labmetingen is dus een verbeterpunt. Een aanzet voor deze toetsing is al gedaan in deelonderzoek 5 maar kan nog verder uitgebouwd worden door de dataset te vergroten. Daarnaast is er geen vergelijking beschikbaar tussen meetresultaten van de WISP en de door veel waterbeheerders gebruikte fluoroprobe. Met betrekking tot de informatiefolder die mee verzonden is aan de geënquêteerden geven de respondenten aan dat daarin praktische voorbeelden van de WISP ontbreken. Daarnaast ontbreekt informatie met betrekking tot de gevoeligheid van de WISP voor wisselende weersomstandigheden en ervaringen van onafhankelijke gebruikers.

Behoeftte van oppervlaktewaterbeheerder om de WISP te gebruiken

Wat veel terug komt uit de antwoorden op de enquête vragen is de toepassingsmogelijkheid van de WISP voor het snel screenen van gevaarlijke blauwalgen in zwemwater. De reden hiervoor is de snelle beschikbaarheid van de gegevens en de mogelijkheid om meerdere metingen te doen, ook bijvoorbeeld in het weekend. De meeste waterbeheerders besteden het veld en laboratoriumwerk uit aan externe bedrijven en worden daardoor beperkt in hun flexibiliteit. Dit is vooral nadelig tijdens calamiteiten zoals klachten over stankoverlast of vissterfte. De WISP kan ingezet worden om snel en op meerdere locaties te monitoren wat de ecologische waterkwaliteit op dat moment is. Daarnaast is er vanuit waterbeheerders meer behoefte om informatie te hebben met betrekken tot spreiding in een waterlichaam. Een voorbeeld hiervan is de ontwikkeling van een fytoplanktongemeenschap en zwevende stof in een groot meer zoals de Wieden en de Weerribben die met één meetlocatie niet in beeld gebracht kan worden. De respondenten geven ook aan dat met de WISP de effectiviteit gemonitord kan worden van maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren. Een voorbeeld van zo'n maatregelen is het inrichten van een helofytenfilter waarmee het nutriënten rijke water afkomstig uit de Oostvaardersplassen extra gezuiverd wordt voordat het overstroomt in de Lage vaart. In dit soort herstelprojecten kan met de WISP frequenter en op meerdere locaties gemeten worden. Het controleren van vergunningsvoorschriften voor baggerwerkzaamheden wordt ook gezien als een belangrijke toepassingsmogelijkheid van de WISP. Aannemers zijn namelijk gebonden aan een maximale zwevende stof concentratie gedurende de werkzaamheden. Het bevoegd gezag dat verantwoordelijk is voor het controleren van deze voorschriften geeft aan dat er behoefte is flexibiliteit rondom het controleren van baggerwerkzaamheden.

De rol die de WISP kan vervullen: aanvullend, vervangend of voorspellend

De respondenten geven duidelijk aan dat de WISP gezien wordt als aanvulling op het bestaande meetprogramma. De meeste respondenten zien de WISP nog niet als vervanging omdat de WISP nog niet gestandaardiseerd is en men bang is voor een trendbreuk. Het voorspellen van waterkwaliteit is volgens de respondenten alleen relevant op zwemwaterlocaties. Vooral het monitoren van de ontwikkeling van een algenbloei wordt gezien als een interessante aanvulling. Het gebruik van de WISP in de vorm van een vaste opstelling in een blauwalg gevoelig zwemwater wordt gezien als een mogelijkheid. Of dit haalbaar is hangt van de kosten die hiermee van doen zijn.

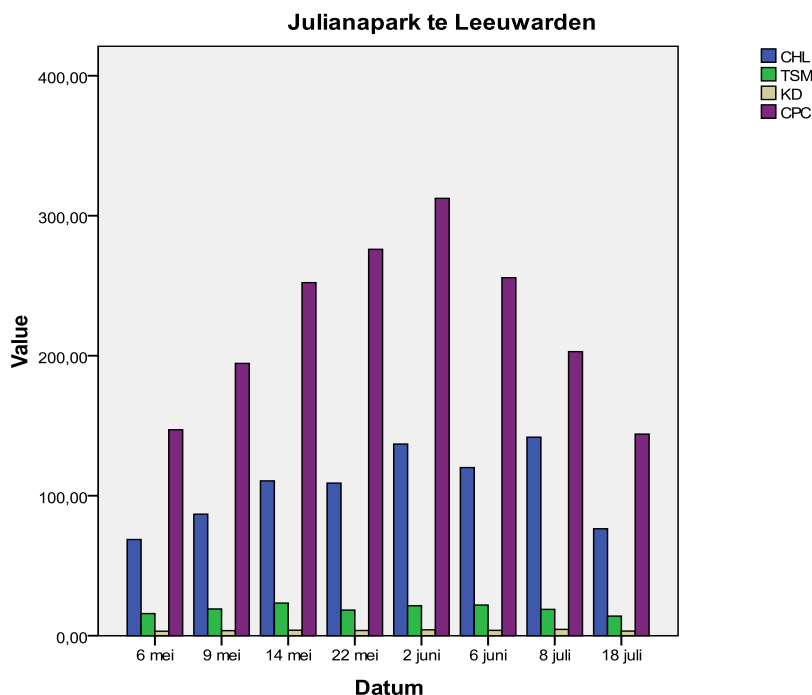
9 Overige resultaten

Gedurende dit onderzoek zijn er nog meer werkzaamheden verricht die niet stonden beschreven in het onderzoeksplan maar die zeker wel de moeite waard zijn om te vermelden in dit rapport. Tijdens de eerste meetronde die gedaan is in het stadswater van Leeuwarden werd duidelijk dat de vijver in het Julianapark hogere concentratie aan algen bevatte in vergelijking met andere wateren. Omdat de kans groot was dat in deze vijver een algenbloei waargenomen kon worden is om die reden deze vijver vaker gemeten met de WISP. Het resultaat dat deze extra metingen heeft opgeleverd wordt in dit hoofdstuk kort beschreven. Daarnaast kon niet worden overzien dat het ook mogelijk was om de WISP te testen vanuit een vliegtuig. Een medewerker van Rijkswaterstaat die gehoord had van de WISP zag dit onderzoek als een mooie kans om te testen of met de WISP ook gemeten kan worden vanuit een vliegtuig. Rijkswaterstaat voert namelijk maandelijks een monitoringsvlucht uit over het IJsselmeer en het Markermeer om de vogelpopulaties te monitoren. Ook deze resultaten worden beschreven in dit hoofdstuk overige resultaten.

Algenbloei meten met de WISP

Doelstelling: waarnemen van een algenbloei op basis van WISP metingen

De metingen met de WISP zijn wekelijks gedaan in de periode van mei-juni-juli op 6, 9, 14, 22 mei, op 2 en 6 juni en tot slot op 8 en 18 juli. De onderstaande staafdiagram geeft duidelijk weer dat bij elke meting de concentraties aan algen flink was opgelopen. In totaal is de concentratie fycocyanine wat een indicatie is voor blauwalgen in één maand tijd bijna verdubbeld.



Grafiek 6 Een staafdiagram met daarin weergegeven de verschillende concentratie gemeten door de WISP in de vijver van het Julianapark. Bron: SPSS 2012, bewerkt door Max Lanting (juli 2013)

Omdat de WISP een reflectiespectrum meet en daarmee dus zeer specifiek naar de kleur van het water kijkt, zijn er tijdens de WISP metingen ook foto's gemaakt van het wateroppervlak. Het is duidelijk te zien dat de foto links vele male groener is dan de foto die één maand eerder werd gemaakt foto rechts.

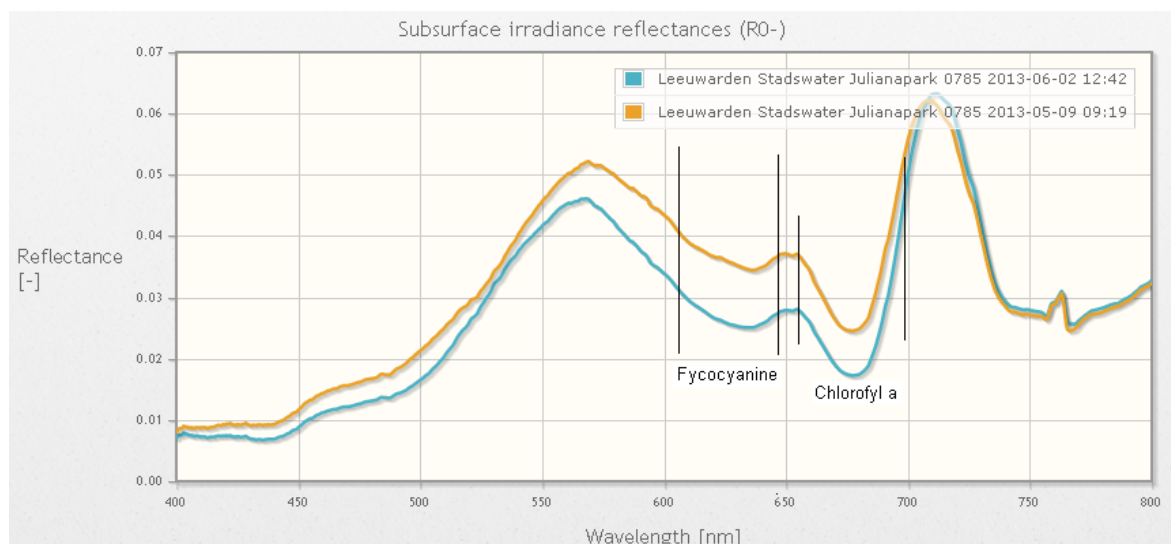


Foto 5 wateroppervlak van de vijver in het Julianapark op 6-5-2013. Bron: Stefan van der Molen



Foto 6 wateroppervlak van de vijver in het Julianapark op 2-6-2013. Duidelijk is te zien dat het water op deze foto vele male groener is dan de foto hiernaast. Bron: Lianne Dijkstra (vriendin van Stefan)

Deze kleur heeft de WISP dus heel specifiek gemeten en daarvan een reflectiespectrum gemaakt waar in de informatie ligt opgeslagen van de reden van deze verandering van kleur. Als deze kleur namelijk veroorzaakt wordt door chlorofyl a of fycocyanine dan dit terug te zien in het reflectiespectrum en daarmee ook in de concentraties die de WISP vervolgens heeft berekend. Hieronder worden twee reflectiespectrums weergegeven die zijn gemeten op 6 mei en 2 juni 2013 in de vijver van het Julianapark.



Grafiek 7 Grafiek met daarin twee reflectiespectrums die zijn gemeten met de WISP op 6-5-13 en 2-6-13 in de vijver van het Julianapark. Het ver schil in het absorptiedal veroorzaakt doorchlorofyl a en fycocyanine tussen deze twee metingen is goed te zien. Bron: WISPweb.nl, bewerkt door auteurs (mei 2013)

Het “kleur verschil” dat met het oog goed zichtbaar is op Foto 7 en Foto 8 heeft de WISP dus ook gemeten in de vorm van een reflectiespectrum. De concentratie die door middel van algoritmes zijn berekend worden in de onderstaande tabel weergegeven. Het “kleur verschil” met behulp van algoritmes omgezet in concentraties!

Station	Datum en tijdstip	CHL [$\mu\text{g/l}$]	TSM [mg/l]	CPC [$\mu\text{g/l}$]	CHL/CPC	Kd [$1/\text{m}$]
Julianapark 0785	09-05-2013 09:19	87,6	19,2	195,7	0,4	3,7
Julianapark 0785	02-06-2013 12:42	136,2	22,1	310,4	0,4	4,2

Tabel 9 Tabel met de concentraties die de WISP heeft gemeten in de vijver van het Julianapark op 9-5-13 en 2-6-13.
Bron: WISPweb.nl (mei 2013)

Duidelijk is dat de WISP een uitstekend instrument is om op een snelle, goedkope en eenvoudige wijze algen en specifiek blauwalgen te monitoren.

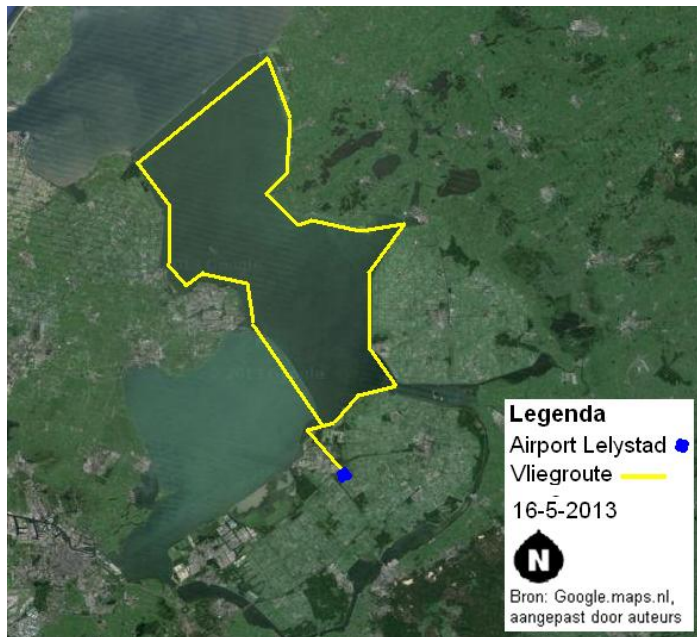
Vanuit een vliegtuig meten met de WISP

Doelstelling: testen of met de WISP ook een goede meting gedaan kan worden vanuit een vliegtuig.

Samen met twee medewerkers van RWS en een piloot is de WISP mee geweest tijdens een monitoringsvlucht. Deze monitoringsvlucht is bedoeld om vogelpopulaties te tellen in het IJsselmeer en Markermeer. Maar daarnaast wordt er ook gekeken naar de hoeveelheid algen in het water. De kleur van het water wordt visueel ingedeeld in één van de vijf categorieën. Deze categorieën zijn subjectief en niet kwantitatief. Vanuit RWS is er de behoefte om algenontwikkeling in het IJsselmeer en Markermeer te monitoren met een meer kwantitatieve meetmethode. Er is daarom getest of de WISP vanuit een vliegtuig een goede meting kan doen en kwantitatieve gegevens kan voortbrengen van de waterkwaliteit.



Foto 7 het vliegtuig waarmee getest is of het mogelijk is om door het raam, dan wel uit het raam een goede meting te kunnen doen met de WISP. Bron: Mennobart van Eerden 16-5-2013



Figuur 26 vliegroute over het IJsselmeer op 16-5-2013. Bron: Google.maps.nl bewerkt door auteurs.

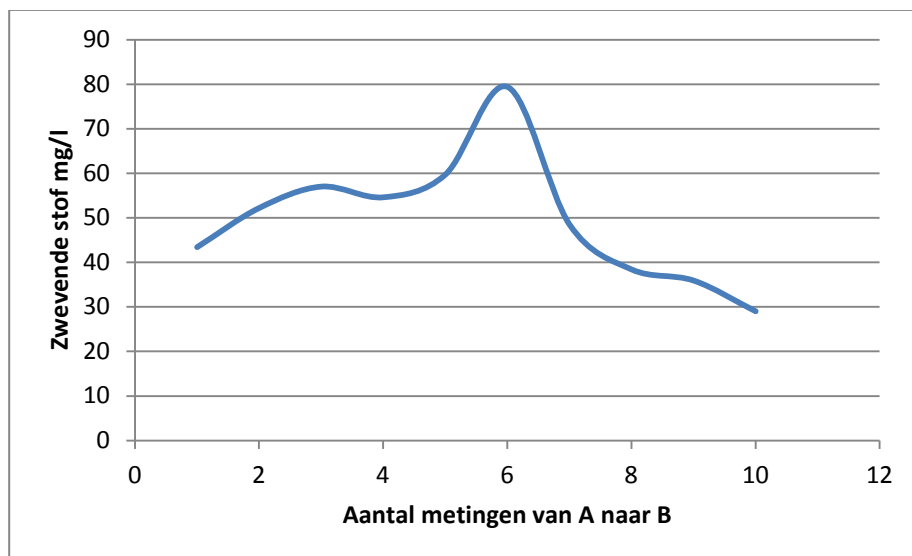


Foto 8 Een WISP meting vanuit het vliegtuig door het voorraam heen 16-5-2013. Bron: Stefan van der Molen

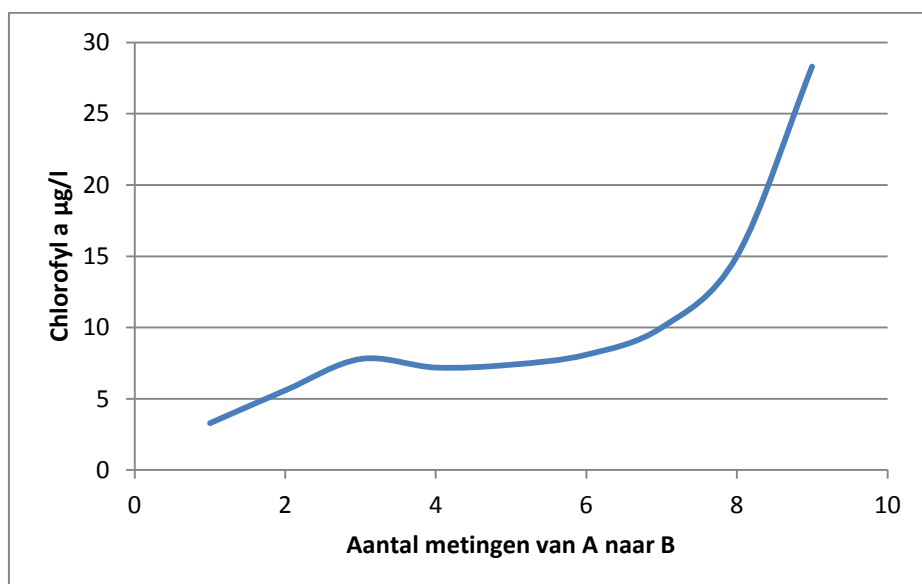
De route die over het IJsselmeer is gevlogen op 16 mei 2013 wordt weergegeven in Figuur 25. Met de WISP is geprobeerd door een openstaand raam te richten op het water. Maar er is ook met de WISP door het voor en achterraam heen gemeten. De reflectiespectrums zijn beoordeeld door technologen van WaterInsight. De technologen vonden de reflectiespectrums erg interessant maar benadrukten dat deze op een nauwkeurige manier moeten worden gemeten. De metingen die door het glas heen zijn gemeten zijn niet goed gelukt vanwege lichtbreking dat veroorzaakt door het glas. De metingen die uit het openstaande raam zijn gedaan leverde mooie resultaten op. Het opwerpende slib veroorzaakt door baggerwerkzaamheden voor de kust van Urk, is duidelijk zichtbaar door de piek in de grafiek. Daarnaast gaf de WISP oplopende concentraties van algen aan voor de kust van Stavoren.



Figuur 25 Meetlocaties die met de WISP vanuit een vliegtuig gemeten zijn. Op locaties 1 waren baggerwerkzaamheden en daar heeft de WISP hogere concentraties zwevende stof gemeten. Op locatie 2 liep de concentratie aan algen op naar mate er dichterbij de kust werd gevlogen. 16-5-2013. Bron: Google.maps.nl bewerkt door auteurs.



Grafiek 8 – verhoogde zwevende stof metingen ter hoogte van baggerwerkzaamheden bij Urk



Grafiek 9 De lijn in de grafiek stijgt naar de meetpunten dichterbij de kust komen. Dit geeft aan de concentraties aan algen toenemen.

10 Conclusie

Doelstelling: Vaststellen van wat de toegevoegde waarde is van de inzet van de WISP voor de monitoring van de ecologische waterkwaliteit in Nederland.

Handzaam en eenvoudig te bedienen

Op basis van de praktische ervaring die met de WISP is opgedaan kan worden geconcludeerd dat de WISP een handig en eenvoudig meetinstrument is. Door één druk op de knop wordt er een meting gedaan die onder zonnige weersomstandigheden binnen een paar seconden klaar is. Het resultaat van de meting wordt direct weergegeven op het scherm van de WISP. Hierdoor kan aan de waterkant al bepaald worden of de gemeten concentraties boven of onder de norm liggen. Ook bij niet al te zonnig weersomstandigheden zijn er ook goeie resultaten te verkrijgen.

Flexibiliteit

De WISP wordt door zijn eenvoud en instantane beschikbaarheid van resultaat door veel waterbeheerders gezien als toegevoegde waarde op hun monitoringsprogramma. Doordat de meeste waterbeheerders de veldwerkzaamheden en laboratoriumwerk uitbesteden zorgt dit voor minder flexibiliteit. In situatie van calamiteit of klachten zijn de waterbeheerders gebonden aan de planning van de externe bedrijven die het praktische werk voor hen uitvoeren. De WISP geeft daarmee een stukje flexibiliteit terug aan de waterbeheerders.

Algenbloei monitoren ‘realtime’

Waterbeheerders en provincies hebben ook behoefte aan snelle beschikbaarheid van gegevens. Dit geldt vooral voor zwembadwater, die gemonitord worden op de aanwezigheid van gevaarlijke blauwalgen. Door directe beschikbaarheid van gegevens kunnen sneller maatregelen getroffen worden ter bescherming van de zwimmers. Daarnaast geeft de WISP de mogelijkheid voor het installeren van een vaste opstelling waarmee realtime gecontroleerd kan worden of de gemeten concentraties de normen overschrijden. De WISP heeft aangetoond dat een blauwalgenbloei heel goed gemonitord kan worden. Een voorbeeld hiervan is de algenbloei die zich heeft ontwikkeld in een vijver in het Julianapark te Leeuwarden. Echter heeft de test meting met de WISP op zes zwembadlocaties in Flevoland laat wel zien dat bij bodemzicht de meting onbetrouwbarder wordt.

Spreiding in kaart brengen

De WISP heeft laten zien dat hij op een snelle en eenvoudige manier spreiding in een waterlichaam in kaart kan brengen. Grote variaties zijn met de WISP gemeten in de drie Friese meren Rietmeer, vlietmeer en het Sipkemeer. Tot nu toe is het voor waterbeheerders uit kosten overwegingen niet haalbaar geweest om spreiding in kaart te brengen. De WISP kan hierdoor worden ingezet om de herkomst van water te bepalen. Vooral als er meerdere keren met de WISP is gemeten kan deze informatie waardevol zijn. Het kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor het nemen van gerichte maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. Wat uiteindelijk kan leiden tot het behalen van de ecologische doelstelling van dat waterlichaam.

Gerichter monitoren van de effectiviteit van maatregelen

Waterbeheerders nemen maatregelen die er uiteindelijk toe moeten leiden dat de kwaliteit verbeterd wordt. Om te beoordelen of maatregel daadwerkelijk effectief is moet er gemonitord worden. Een voorbeeld van zo'n maatregel is het inrichten van een helofytenfilter waarmee het nutriënten rijke water afkomstig uit de Oostvaardersplassen extra gezuiverd wordt voordat het overstroomd in de Lagevaart. In dit soort herstel projecten kan met de WISP frequenter en op meerdere locaties gemeten worden.

Controleren van vergunningsvoorschriften

Het controleren van vergunningsvoorschriften voor baggerwerkzaamheden wordt door waterbeheerders gezien als een belangrijke toepassingsmogelijkheid van de WISP. Aannemers zijn namelijk gebonden aan een maximale zwevende stof concentratie gedurende de werkzaamheden. Het bevoegd gezag dat verantwoordelijk is voor het controleren van deze voorschriften geeft aan dat er behoefte is aan meer flexibiliteit rondom het controleren van baggerwerkzaamheden. Het bevoegd gezag kan door het gebruik van de WISP meerdere metingen doen zonder dan hij is gebonden aan een maximaal aan watermonsters.

Betrouwbaarheid

Op basis van een positieve correlatie en een correlatiecoëfficiënt van 0,95 is er een zeer sterke relatie tussen het chlorofyl a bepaald met de analyse NEN 6520 en het chlorofyl a gehalte gemeten met de WISP. Ook voor de parameter zwevende stof is er een positieve correlatie tussen het zwevende stof gehalte bepaald door het laboratorium en de concentratie gemeten met de WISP. Een correlatiecoëfficiënt van 0,85 geeft aan dat ook deze relatie sterk is. De relatie tussen de door de WISP bepaalde Kd waarde en het doorzicht gemeten met de secchischijf is minder sterk. Dit kan verklaard worden doordat de secchischijf een subjectieve meetmethode is. De zichtdiepte wordt namelijk beïnvloed door verschillende factoren zoals algen concentratie, zwevende stof en de kleur van het water. Om deze reden is het niet eenvoudig om deze twee gegevens met elkaar te vergelijken. Op basis van deze vergelijking kan gesteld worden dat de betrouwbaarheid van de WISP meting vergelijkbaar is met een labanalyse.

Weersomstandigheden

Onder zeer donkere weersomstandigheden is er te weinig licht aanwezig voor de WISP om een duidelijk signaal te kunnen meten gereflecteerd uit het water. Hiermee wordt bedoeld dat er te weinig licht het water in wordt gestraald en er daardoor ook veel minder licht wordt gereflecteerd. Een aantal metingen die zijn gedaan op een paar stranden in Flevoland gaven aan dat met zeer donkere weer te weinig lichtreflectie is. Echter bij normale dicht bewolkte lucht waren de metingen nog prima gelukt. Dit wordt onderbouwd door het feit dat 40% van gegevens die zijn gebruikt in de statistische vergelijking, verkregen zijn onder bewolkte weersomstandigheden.

11 Discussie

Voor het vaststellen van de huidige wijze van monitoring van de parameters chlorofyl a, doorzicht, zwevende stof, fycocyanine en CDOM is gebruik gemaakt van beheerplannen opgesteld door het Wetterskip Fryslan en Rijkswaterstaat deel Rijnmidden. Het is aannemelijk dat de hoeveelheid aan meetpunten uit deze beheergebieden redelijk overeenkomen met beheergebieden elders in Nederland. Het kan voorkomen dat in een beheergebied zoals Drenthe minder meetpunten zijn vastgesteld in vergelijking met het waterrijke Friesland. De kostenberekening die is gebaseerd op deze gegevens kan voor andere beheergebieden hoger of juist lager uitvallen.

Voor deelonderzoek 2 is er gezocht via verschillende media naar vergelijkbare instrumenten waarmee in situ ecologische waterkwaliteit gemeten kan worden. Hoewel hier veel energie ingestoken is, kan het zijn dat er nog instrumenten op de markt beschikbaar zijn die om wat voor reden dan ook niet zijn meegenomen in deze vergelijking.

Voor het vergelijken van de WISP resultaten met die van huidige analysemethodes is gebruik gemaakt van een statistische toets op correlatie. Hiermee wordt getoetst of er een relatie is tussen twee meetreeksen en wordt bepaald hoe sterk deze relatie is. De correlatiecoëfficiënt geeft aan hoe sterk deze relatie is. Een aanzet voor het toetsen van de betrouwbaarheid van de WISP is hiermee gedaan maar kan nog verder worden uitgebreid door het vergroten van de dataset. Meetgegevens van verschillende waterlichamen en types kunnen hierover een representatiever beeld geven.

Tussen de metingen van de WISP en een analyse bestaan er veel verschillen. Wat vooral opvalt zijn de diepte metingen. Er zijn vele manieren waarop zichtdiepte wordt gemeten. De voornaamste manier om het te meten is door middel van een secchi schijf. Deze manier van meten is sterk afhankelijk van de persoon die de schijf gebruikt. Hierdoor kunnen grote verschillen ontstaan tussen metingen die door verschillende personen zijn genomen. Ook de WISP metingen zijn als het gaat om diepte metingen sterk afhankelijk van verschillende factoren zoals zwevende stof en algen concentraties. De formule die gebruikt kan worden om licht diepte om te zetten worden de concentraties zwevende stof en algen niet in mee genomen. Hierdoor kunnen de waardes niet goed een op een worden vergeleken.

Hedendaags is de WISP nog niet NEN gecertificeerd. Waterbeheerders geven aan dat dit noodzakelijk zodat zij zicht kunnen verantwoorden.

Dit is nodig om de meetresultaten te kunnen gebruiken in verslagen en vergelijkingen met andere NEN gecertificeerde meetmethodes te maken. Aangezien het een tijd duurt voordat een nieuwe meettechnologieën een NEN certificaat kan krijgen, kan er in die tussentijd geen officieel gebruik worden gemaakt van de WISP technologie.

12 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen gedaan. Deels zijn die aanbevelingen gericht op het verbeteren van de WISP en deelonderzoek 5 op het doen van meer onderzoek.

Aanbevelingen gericht op het verbeteren van de WISP

Onderwerp: GPS

Op dit moment is de WISP niet voorzien van een GPS. Hierdoor wordt een meting niet automatisch verbonden aan een locatie. Tijdens het praktische meetwerk voor dit onderzoek werd de meetlocatie bijgehouden op een kaart of met een los GPS apparaat. Via de website “gpscoordinaten.nl” kon vervolgens de coördinatie van de meetlocatie opgezocht worden en ingevoerd worden in WISPweb. Deze methode is echter erg omslachtig en fout gevoelig. Aanbevolen wordt om een GPS in te bouwen in de WISP zodat een meting automatisch word verbonden aan een locatie.

Onderwerp: Scherm

De WISP is voorzien van een energiezuinig scherm. De gedachte hierachter is om de batterijduur van de WISP te verlengen. Echter is het scherm erg slecht leesbaar en dit wordt alleen maar slechter bij zonnige weersomstandigheden. Aanbevolen wordt om het scherm te vervangen door een beter afleesbaar scherm.

Onderwerp: WISPweb

WISPweb is een online omgeving waarin de meetdata opgeslagen kan worden. Alle metingen dat gedaan worden met de WISP moeten nu één voor één geüpload worden in WISPweb. Het is niet mogelijk om alle metingen in één keer te uploaden. Het uploaden in WISPweb moet een stuk eenvoudiger worden want op dit moment neemt dit erg veel tijd in beslag.

Onderwerp: indicatie van een goede meting

Onder wisselende weersomstandigheden kan het voorkomen dat een WISP meting niet goed gelukt is. Een geoefend oog kan aan het reflectiespectrum die wordt weergegeven in het scherm van de WISP wel zien of de meting gelukt is. Er word aanbevolen om een waarschuwingssysteem te ontwikkelen die aangeeft wanneer een meting niet gelukt is.

Onderwerp: een laser gebruiken als mikpunt

Eén van de instrumenten waarmee de WISP is vergeleken bevatte een laser die naar het water gericht is. Dit is een handig hulpmiddel om de sensor van de WISP te richten op de juiste plek in het water. Het kan soms voorkomen dat er waterlelies aan het oppervlak drijven en het is dan moeilijk om met de WISP op de goede plek te mikken waar geen waterlelies drijven.

Onderwerp: zorgen voor extra opslagcapaciteit

De gebruiker moet voldoende opslagcapaciteit meenemen wanneer er gemeten gaat worden met de WISP. De WISP maakt gebruik van een SD kaart en het verdient aanbeveling om extra SD kaarten mee te nemen zodat altijd voldoende geheugen beschikbaar is.



Figuur 27 Het scherm van de WISP is erg klein en moeilijk af te lezen. Bron: Eigen collectie

Aanbevelingen gericht op meer onderzoek

Onderwerp: Bodemzicht op zwemlocaties

Uit de praktische ervaringen die zijn opgedaan tijdens het monitoren van zwemlocaties in Flevoland blijkt dat op veel zwemlocaties bodemzicht aanwezig is. Bodemzicht reflecteert het licht en verstoort daardoor de meting van de WISP. Het verdient sterk aanbeveling om te onderzoeken wat precies de invloed is van bodemreflectie op het reflectiespectrum. Als dit bekend is dan kan de reflectie veroorzaakt door bodemdeeltjes afgetrokken worden van het reflectiespectrum.

Onderwerp: relatie onderzoeken tussen de WISP resultaten en de Fluoroprobe

De Fluoroprobe is een meetinstrumenten die door veel waterbeheerders wordt gebruikt voor het detecteren van blauwalgen in zwemwater. Hij is tevens geïmplementeerd in het blauwalgenprotocol. Het verdient aan te bevelen om te onderzoeken wat de relaties zijn tussen de resultaten van de WISP en die van de Fluoroprobe. Als deze relatie sterk is kan dit bijdragen aan het creëren van meer draagvlak voor het gebruik van de WISP voor het detecteren van blauwalgen in zwemwater.

Onderwerp: Certificering WISP metingen.

Als waterschappen of andere officiële instanties moeten zij meetmethodes gebruiken die NEN en of ISO gecertificeerd zijn. Aangezien de WISP nog geen NEN certificering heeft zal de WISP dit traject nog moeten ingaan. Hierbij gaat om bepaalde certificaten die nodig zijn om meetgegevens die verkregen zijn met remote sensing te kunnen valideren. Hiervoor is nog veel onderzoek nodig en tijd om de WISP een NEN certificering te krijgen.

13 Definitie van begrippen

WaterInsight: Het bedrijf dat de WISP heeft ontwikkeld

BlueLegMonitor BV: Het bedrijf dat de WISP op de markt zet

Remote Sensing: is het van een afstand waarnemen van verschillende zaken doormiddel van camera's aan vliegtuigen of satellieten. De WISP is ook een vorm van remote sensing alleen valt hij dan wel onder close range remote sensing.

Chlorofyl-a: Chlorofyl-a staat ook wel bekend als bladgroen. Algen gebruiken chlorofyl-a om uit de fotosynthese hun energie te halen. Kenmerkend voor chlorofyl-a is de adsorptie piek rond de 650 NM licht.

Zwevende stof: Zwevende stof ook wel onopgeloste organische bestanddelen zijn bestanddelen die in het water bevinden. De adsorptiepiek van deze stoffen ligt rond de 550NM.

Fycocyanine: Fycocyanine is pigment die voorkomt bij blauwalgen. Blauwalgen hebben deze kleurstof nodig voor de fotosynthese. De adsorptiepiek van fycocyanine ligt rond de 615NM.

Kd waarde: De Kd waarde is een maat voor de uitdoving van het licht in het water. Deze waarde hangt veel af van andere parameters zoals organische bestanddelen en algensoorten.

Spectrum: Een spectrum is het scala aan licht dat tussen de 380 tot 780 NM ligt. Een spectrum bevat informatie over parameters en de daarbij horende adsorptiepieken.

Fluorometer: De fluorometer is een apparaat die de intensiteit en de golflengte meet van stoffen die licht absorberen en teruggeven aan de omgeving. Het licht wordt geproduceerd door kunstmatige bronnen die het spectrum van natuurlijk zonlicht kunnen nabootsen.

Spectrometer: Spectrometer werkt net als een fluorometer met licht. Een spectrometer meet wel met natuurlijk licht en meet vooral de eigenschappen van het licht in een specifiek gebied van een licht spectrum. Deze gegevens worden gebruikt om een spectrum te maken met adsorptie kenmerken van verschillende parameters.

Algoritme: Een algoritme is een wiskundige rekenreeks waarin verschillende berekeningen zitten. In de WISP zitten voor elke parameter een algoritme die het gemeten licht om kan zetten in een concentratie.

NEN: NEN staat voor Nederlands Normalisatie Instituut. Het NEN stelt normen en protocollen op voor de uitvoering van allerlei processen in Nederland.

Radiantie: Is de stralingsintensiteit dat een bron afgeeft. Hiermee kan worden gekeken hoe fel een bron is.

Irradiantie: ook wel bestralingssterkte genoemd. Dit is de hoeveelheid straling dat invalt op een bron.

Optisch meetinstrument: is een meetinstrument dat de straling kan meten van stoffen die licht adsorberen en daarna weer afgeeft aan de omgeving. Dit meetinstrument werkt met spectrometers en fluorometers.

Reflectiespectrum: is het spectrum nadat verschillende stoffen het licht hebben geabsorbeerd en weer afgeven aan de omgeving.

Adsorptielijn: is een lijn waarin een stof opgestraald licht of andere straling adsorbeert en reflecteert of doorlaat.

Golflengte: is een verschijnsel dat zich herhaalt. De golflengte is de afstand tussen twee pieken die zich herhaalt.

WISP specifieke parameters: Dit zijn de parameters die de WISP kan meten. Dit zijn: Chlorofyl-a, Zwevende stof, Gekleurde onopgeloste organische bestanddelen, fycocyanine en de Kd waarde.

Instantaan: synoniem voor onmiddellijk.

Ecologische waterkwaliteit: is de kwaliteit van het water waarvan er voorwaarden aan vast zitten. De voorwaarden zijn: hoeveelheid giftige stoffen, doorzicht, temperatuur, zuurstofconcentratie, waterdiepte, oever, oeverprofiel, visstand, macrofauna en waterplaten. Deze voorwaarden bepalen de ecologische kwaliteit van het water.

Biovolume: is het volume aan biologisch bestandsdelen in het water.

Fluorescentie: Fluorescentie is de opname van licht in het water door verschillende deeltjes. Een fluorometer werkt met dit principe. De fluorometer meet de opname van het licht dat terug gekaatst door de verschillende stoffen in het water.

Validatie: is het controleren van systemen en processen als ze voldoen aan eisen en of normen. Hierbij staat het op te leveren resultaat centraal. Het proces of apparaat moet met een bepaalde zekerheid resultaten leveren.

Aquacultuur: Zijn kwekerijen die op een kunstmatige manier vissen en andere schaaldieren kweken. Dit gebeurt in bassin die in zee of in andere waterlichamen drijven. De omstandigheden in deze kwekerijen worden gecontroleerd en constant gemonitord.

Kaderrichtlijnwater: is het Europese richtlijnen stelsel die voor elk water vanaf 2015 moet gaan gelden voor heel Europa. Deze richtlijnen gelden voor oppervlakte water en grond water.

Rijkswater: Zijn de kanalen en andere grote waterlichamen die beheerd worden door Rijkswaterstaat. Voor deze waterlichamen worden er beheersplannen geschreven die moeten voldoen aan Europese richtlijnen.

Regionaal water: Zijn waterlichamen die onder het beleid van de provincies staan in plaats van Rijkswaterstaat.

Zwemwater: zijn door de Provincies aangewezen plekken waar men mag zwemmen, en waar de provincies controleren wat de kwaliteit is.

Zwemwaterprofiel: is verplicht om voor elke zwemwater locatie een profiel op te stellen. Dit is in het kader van Europese wetgeving. De Waterschappen en Rijkswaterstaat zijn verantwoordelijk voor het opstellen van een zwemwaterprofiel. In dit profiel staat beschreven wat de historie is van het zwemwaterkwaliteit.

Natura 2000 gebied: Zijn gebieden die deel uit maken van een Europese netwerk van natuurgebieden. Voor elk natura 2000 gebied wordt er een beheerplan geschreven

GPS: Global Positioning System. Wereldwijde netwerk van 24 satellieten die iemands plaats kan bepalen.

Afkortingen

WISP: water insight spectrometer

WF: Wetterskip Fryslân

ZZL: waterschap Zuiderzeeland

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

CDOM: Colored Dissolved Organic Matter

KRW: kaderrichtlijnwater

BLM: BlueLegMonitor BV

WI: WaterInsight

NEN: Nederlandse Normen

STOWA: Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

RWS: Rijkswaterstaat

BPRW: Beheerplan Rijkswateren

T&T: Toestand & Trendmonitoring

OM: Operationele Monitoring

MNO: Monitoring Nader Onderzoek

NM: Nanometer

14 Geciteerde werken

Anon., 2012. *Fluorocentie mineralen*. [Online]

Available at: <http://www.fluorescent.nl>

[Geopend 25 juni 2013].

ASD inc., 2013. *ASD Handheld Fieldspec*, sl: ASD inc..

BBE Moldeanke GmbH, 2012. *Aquaguard folder*, sl: BBE Moldeanke GmbH.

BBE Moldeanke GMBH, 2013. *Algeatorch*. [Online]

Available at: www.bbe-moldaenke.de/chlorophyll/algaetorch/

[Geopend 24 april 2013].

BBE Moldeanke GMBH, 2013. *Fluoroprobe*. [Online]

Available at: <http://www.bbe-moldaenke.de/chlorophyll/fluoroprobe>

[Geopend 24 april 2013].

BBE Moldeanke GMBH, 2013. *Fluoroprobe*, sl: BBE Moldeanke GMBH.

BBE Moldeanke GMBH, 2013. *The Algeatorch Folder*, Schwentinental: BBE Moldeanke GMBH.

bijkerk, w., 2013. *Ecologisch onderzoek: notitie chlorofyl en doorzicht*, Veenwouden: sn

Bonthuis, D. & Reeze, B., 2010. *Meetplan voor routinematig meten*, Leeuwarden: Wetterskip Fryslan.

Bram Sanders, KNMI, 2011. *Ozone Monitoring Instrument*. [Online]

Available at: http://www.knmi.nl/cms/content/94894/#toc_948942

[Geopend 23 juni 2013].

Chaplin, M., 2013. *water adsorption spectrum*. [Online]

Available at: <http://www.lsbu.ac.uk/water/vibrat.html>

[Geopend 25 juni 2013].

Chelsea Technologies Group Ltd, 2012. *Uvilex Fluorometer*, London: Chelsea Technologies Group Ltd.

de Vocht, A., 2009. *Basishandboek SPSS*. 17 red. Utrecht(Utrecht): bijleveld press.

Ebert, J., Kromkamp, J. & Gons, H., 1997. *Optical teledetection of the vertical attenuation coefficient for downward quantum irradiance of photosynthetically available radiation in turbid inland waters.*, Nieuwersluis: Kluwer academic Publishers.

EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD, 2000. RICHTLIJN 2000/60/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD. In: Brussel: Europees Parlement, pp. 2-3.

Europese Unie, 2006. *De Zwemwaterrichtlijn 2006/7/EG*, Brussel: Europese Unie.

Franken, R., Gardeniers, J. & Peeters, E., 2006. *Handboek ecologisch beoordelingssystemen*, Amersfoort: Stowa.

Groen, H., 2013. *Omgevingsdienst Flevoland* [Interview] (15 mei 2013).

Hommerson, A. et al., 2012. : *Intercomparison in the field between the new WISP-3 and other radiometers (TriOS Ramses, ASD FieldSpec, and TACCS)*, sl: Journal of applied remote sensing.

instituut, N., 2013. *NEN-EN-ISO 15839*. [Online]

Available at: <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NENENISO-158392006-en.htm>

[Geopend vrijdag juli 2013].

Leiden universiteit, 2012. *Correlatie en regressie*. [Online]

Available at: <http://www.let.leidenuniv.nl/history/RES/stat/html/les10.html>

[Geopend 21 juli 2013].

Lont, C. & Haverkamp, S., 2006. *Zwemwaterprofiel Suderoogh*, Groningen: Tauw.

Ministerie van infrastructuur en Milieu, 2012. Werkprogramma stroomgebied beheerplannen. In: Den Haag: Ministerie van infrastructuur en Milieu, p. 8.

Mobley, C., 1999. *Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements*, "Appl. Opt", sl: Optical Society of America.

NEN, 2013. *NEN Voorpagina*. [Online]

Available at: www.nen.nl

[Geopend 15 juli 2013].

NEN, I., 2013. *Waterkwaliteit*. [Online]

Available at: <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Vakgebieden/Milieu/Waterkwaliteit.htm>

[Geopend vrijdag juli 2013].

Oldenborgh, G. J. V., 2013. *Koud voorjaar 2013*. [Online]

Available at: http://www.knmi.nl/cms/content/113264/koud_voorjaar_2013

[Geopend 5 mei 2013].

Ponsteen, P., 2013. *Interview toepassings mogelijkheden voor de WISP* [Interview] (24 mei 2013).

Rijksoverheid, 2013. *Waterkwaliteit van zwemwater*. [Online]

Available at: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/kwaliteit-zwemwater>

[Geopend 26 juni 2013].

Rijkswaterstaat, 2008. *Handreiking blauwalgen in zwemwaterprofiel*, Den Haag: Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, 2012. *Beheer- en Ontwikkelplan voor Rijkswateren 2010-2015*, Den Haag: Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, 2013. *Helpdeskwater*. [Online]

Available at: <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/>

[Geopend 25 juni 2013].

Rijkswaterstaat, 2013. *Plannen en projecten*. [Online]

Available at: http://www.rijkswaterstaat.nl/water/plannen_en_projecten/bprw/

[Geopend 20 Maart 2013].

Royal Haskoning, 2010. *Blauwalgen in stadswateren*, Breda: sn

Stowa, 2012. *Blauwalgenprotocol*, Amersfoort: Stowa.

TriOS GmbH, 2012. *MicroFLU* , sl: TriOS GmbH.

TriOS GmbH, 2013. *TriOS Ramses*, sl: TriOS Ramses.

Tuner designs , 2013. *Auguafluor*, Sunnyvale: Tuner Designs.

Valster, N. & Ee, G. v., 2013. *Interview naar toepassingsmogelijkheden WISP* [Interview] (23 mei 2013).

Van den Berg, M., 2004. *Achtergrondrapportage referenties en maatlatten fytoplankton*, Amersfoort: stowa.

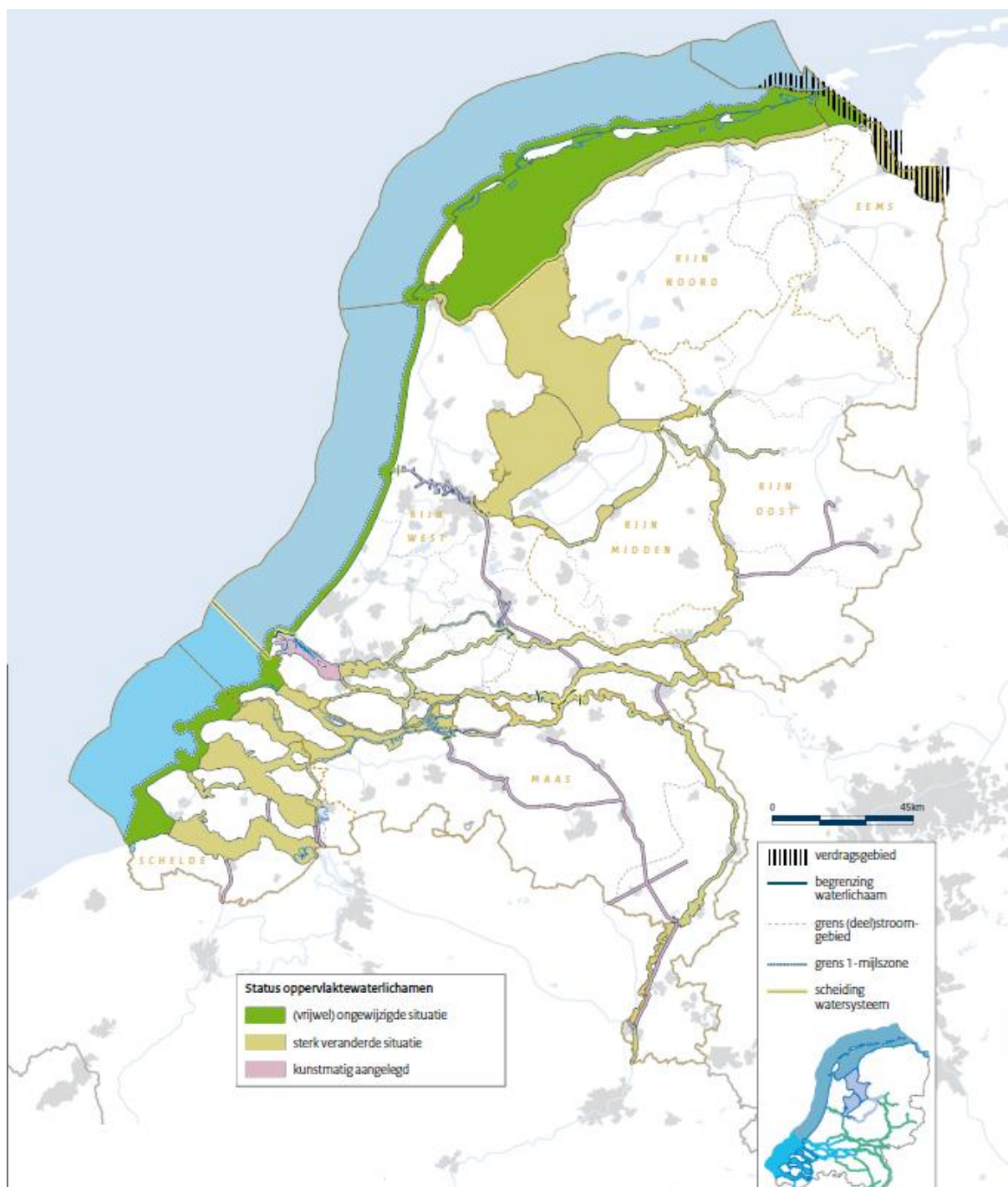
Zonjee, A., 2012. *Voorlichtingsfolder producten diensten* , Edam: stichting waterproef.

Bijlagen overzicht

- 1 Bijlage status waterlichamen Rijkswaterstaat
- 2 Bijlage algemene beschrijving van watertypes voor Rijkswaterstaat
- 3 Bijlage waterlichamen met bijbehorende watertype Rijkswaterstaat
- 4 Bijlage monitoringslocaties T&T monitoring (chemie)
- 5 Bijlage monitoringslocaties T&T monitoring (biologie)
- 6 Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied
- 7 Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied
- 8 Bijlage monitoringslocaties OM voor chemische parameters
- 9 Bijlage monitoringslocaties OM voor biologie, fysisch chemische en hydromorfologie
- 10 Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied
- 11 Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied chemie
- 12 Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie T&T monitoring biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW
- 13 Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie OM voor biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW
- 14 Bijlage cyclus en minimale meetfrequentie OM voor hydromorfologie
- 15 Bijlage toelichting op de gebruikte afkortingen
- 16 Overzicht meetlocaties ruimtelijke variatie in kaart brengen
- 17 Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in Stadswater
- 18 Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in de drie Friese meren
- 19 Meetresultaten WISP in stadswater Leeuwarden
- 20 Meetresultaten WISP in stadswater Sneek
- 21 Meetresultaten WISP merentocht WSF
- 22 Meetresultaten WISP Friese meren: Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer
- 23 Meetresultaten ten behoeve van statistische vergelijking WISP en Lab analyses
- 24 Antwoorden op de enquête

1 Status waterlichaam Rijkswaterstaat

Bron: blz. 196 Beheerprogramma Rijkswateren (geraadpleegd op 18 februari 2013)



2 Bijlage Algemene beschrijving van Watertypes voor Rijkswater

Bron: Afkomstig uit het Beheerprogramma Rijkswateren (geraadpleegd op 18 februari 2013)

Algemene beschrijving watertype O2 (Estuarium met matig tijverschil)

Sleutelproces is de getijdewerking vanuit zee tegenover de aanvoer van zoet water uit de rivier. Slikkige zandgronden en kleirijke schorbodems langs de randen. Soms veenpakketten in ondergrond die lokaal aan oppervlakte treden. Erosie- en sedimentatieprocessen zorgen voor de vorming van stroomgeulen, wadplaten/slikken en schorren/kwelders. Dit watertype komt voor in de Eems-Dollard en de Westerschelde.

Algemene beschrijving watertype K1 (Polyhalien open kustwater)

Ondiepe randzee die zich uitstrekt tussen de duinen en globaal de lijn op 10 meter onder NAP. De open zee bestaat nagenoeg geheel uit permanent open water; daarnaast behoren ook de dagelijks overstroomde zandige kustgebieden en banken tot dit type. Verder als het type K3, maar met een grotere rivierinvloed. Bij zeer grote rivierafvoeren kunnen er zoetwaterbellen ontstaan die langs de kust trekken. Met de stroming wordt veel silt (silt) getransporteerd, waardoor het water troebel is. De bodem bestaat uit fijn en grof zand. Deze zone heeft een kenmerkend reliëf dat met name bestaat uit de onderzeese oever, inclusief ebdelta's (ondieptes met een diepe ebgeul) ter hoogte van de zeegaten van het getijdengebied, zandbanken die al dan niet bij eb droogvallen en zandgolven. Dit watertype komt voor langs de Zeeuwse en Hollandse kust.

Algemene beschrijving watertype K2 (Beschut polyhalien kustwater)

Beperkte rivierinvloed. Sleutelproces is de werking van de getijden met een gemiddeld peilverschil (in Nederland) tussen de 1 en 4 meter. Bodem: slikkige zandgronden in de geulen en op platen/slikken, zavelige en kleiige gronden in de schorren/kwelders. Lokaal soms hard substraat aanwezig in de vorm van veenbanken en steenbestortingen. Ligging van geulen, slikken en platen verandert voortdurend als gevolg van sedimentatie en erosieprocessen. Dit watertype komt voor in de Waddenzee en de Oosterschelde.

Algemene beschrijving watertype K3 (Euhalien kustwater)

Open zee en de dagelijks overstroomde zandige kustgebieden. Het dominante sleutelproces is de stroming van zeewater, de wind en de aanvoer van zoet water uit de estuaria. De aanvoer van water vindt hoofdzakelijk plaats door twee 'getijgolven', vanuit de Engelse kust en vanuit Het Kanaal. Deze golven ontmoeten midden op het NCP (Nederlands Continentaal Plat) het centrale Noordzeewater, dat zelf ten dele afkomstig is van het noordelijke deel van de Atlantische Oceaan. Minder rivierinvloed dan in type K1. De bodem bestaat uit grof en fijn zand. Dit watertype komt vrijwel langs de gehele kust voor.

Algemene beschrijving watertype M14 (ondiepe (matig grote) gebufferde plassen)

Middelgrote gebufferde zoete wateren in laagveen- of zeekleigebied, duinen en afgesloten zeearmen. Voeding door regen, grondwater en/of instromend oppervlaktewater van elders. Fluctuaties in waterstand tot 1 meter. Plassen bijgevolg omgeven met grote vloedvlaktes. Bodem van zand, veen en/of klei. Oevers kaal in de golfslagzone. Voornamelijk in het laagveengebied. Voorbeelden zijn het Tjeukemeer, de Bovenwijde en het Zuidlaardermeer. Maar ook op klei, bijvoorbeeld het Schildmeer.

Algemene beschrijving watertype M20 (matig grote, diepe, gebufferde meren)

Plassen en meren groter dan 0,5 km² en dieper dan 3 m. Diverse verschijningsvormen met bijbehorende hydrologie. Natuurlijke, geïsoleerde plassen (pingoruïnes) vooral gevoed door regen- en grondwater. Soms lokale, regionale of rivierkwel. Minder dynamiek dan bij grote meren. Inundatie door rivier mogelijk. Bodem: overwegend zand, grind of klei, daarnaast op verschillende diepten ook veenlagen mogelijk. In diepe delen sliblagen door ophoping van organisch materiaal. Regio's met laagveen, zeeklei, duinen en afgesloten zeearmen. Veel voorbeelden van kunstmatige varianten of van sterk veranderde afgeleide vormen, zoals dieper uitgegraven veenontginningsplassen, wielen, uitgegraven oude riviermeanders en zand- en kleiwingaten.

Algemene beschrijving watertype M21 (grote diepe gebufferde meren)

Meren, groter dan 100 km² met stilstaand, gebufferd zoet water. Diversiteit in bijdrage van aanvoerbronnen. Belangrijk zijn de aanvoer van grote en kleine rivieren, neerslag en kwel. Daarnaast ook (lokaal en regionaal) van grondwater. Onderwaterbodem bestaat uit zand en klei. Als gevolg van de diepte heeft golfwerking minder invloed. Hoewel niet natuurlijk ontstaan, zijn het Markermeer en het IJsselmeer voorbeelden van deze meren.

Algemene beschrijving watertype M30 (zwak brakke wateren)

Stilstaand water met een redelijk constant tot sterk wisselend zout(chloride)gehalte, dat vooral voorkomt in het zeekleigebied en de duinen, maar lokaal ook in het laagveengebied. Vormen en dimensies zijn zeer verschillend: kreekrestanten, inlagen, poelen en wielen, plassen, sloten, kanalen, jonge duinplassen en incidenteel door getijdenwater overspoelde dobben en plassen op kwelders. Omdat de invloed van het zout andere factoren overheerst, zijn al deze morfologisch verschillende typen tot één natuurlijk KRW-type gerekend. Onder meer Hondsbossche Vaart, Hargervaat, Amstelmeerkanaal (Noord-Holland).

Algemene beschrijving watertype M32 (grote brakke tot zoute wateren)

Afgesloten voormalige zeearmen met brak tot zout water. Via spuisluizen verbonden met omliggende getijdenwateren (type K1 en/of K2). Daarnaast wordt er polderwater op de meren uitgeslagen. Voeding door regen, grondwater, vooral zeewater en oppervlaktewater. Redelijk stabiel peil en zoutgehalte. In de voormalige stroomgeulen treedt regelmatig stratificatie op, als gevolg van een diepe zouttong of temperatuurverschillen. Dit watertype komt voor in Grevelingen- en Veerse Meer.

Algemene beschrijving watertype R7 (langzaamstromende rivier/nevengeul op zand/klei)

Grote rivier met hoofd- en nevengeulen. De vijf belangrijkste habitats die zowel in de Maas als in Rijntakken kunnen voorkomen zijn:

- Vast substraat in langzaamstromend water (stortstenen in oever, aangesneden veenbanken of grindbedden, dood hout uit ooibos).
- Zand in langzaamstromend water (zonder slibafzetting).
- Zand met een laagje slib of detritus in langzaamstromend water (hoe verder stroomafwaarts, hoe lager de stroomsnelheid, dus hoe meer van dit habitat).
- Slib in langzaamstromend tot stilstaand water, zo dik dat onderliggende zandlaag geen macrofauna meer bevat (vooral in benedenstroomse delen van de rivieren).
- Snelstromende delen (buitenbochten van meanders, smallere nevengeulen). Hier kan grind worden afgezet. Vast substraat kan echter ook aan het oppervlak komen als de rivier grind- of veenbanken aansnijdt. Tevens dode boomstammen (van ooibos op de oevers) waarachter ander materiaal zich kan ophopen.

Algemene beschrijving watertype R8 (zoet getijdenwater, uitlopers rivier, op zand/klei)

Rivier, kreek of ander zoetwaterbekken waarin tweemaal daags de stromingsrichting wisselt en het waterpeil sterk schommelt. Door landinwaartse ligging buiten bereik van zout water. Ondiepe delen permanent overstroomd. Zeer hoge stroomsnelheden in de diepe geulen veroorzaken vorming van kreken en oeverwallen. Op plaatsen met lagere stroomsnelheden ontstaan zandplaten, slikken en gorzen. Dit watertype komt voor in de Oude Maas (inclusief het Zuiddiepje) en Biesbosch, maar ook in strangen en nevengeulen van de Lek, ten westen van Hagestein, de Binnen-Lek bij Lopik en een oude nevengeul ten oosten van Schoonhoven. Vroeger ook langs de Waal, maar sinds de afsluiting van het Haringvliet verdwenen

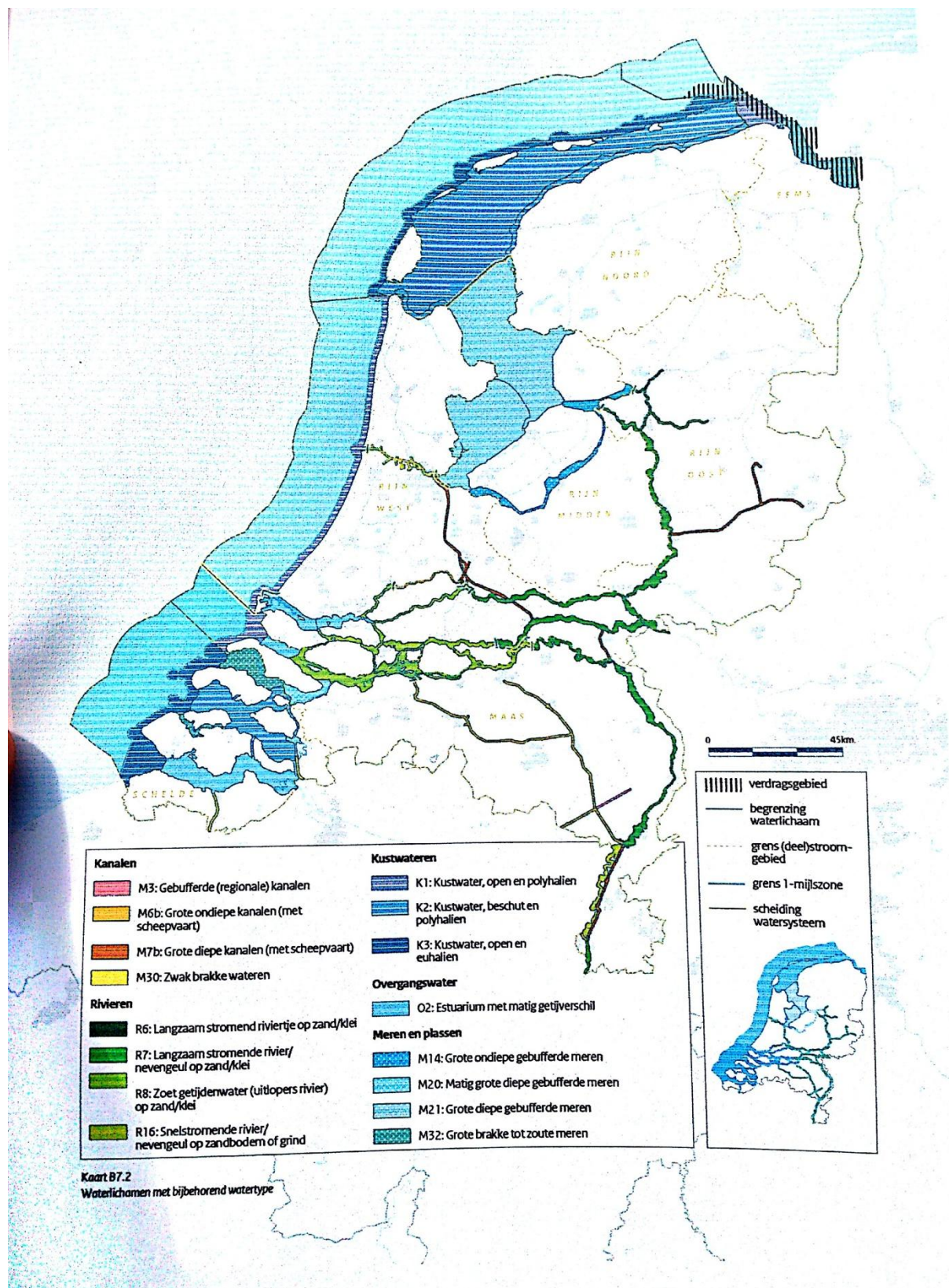
Algemene beschrijving watertype R16 (snelstromende rivier zandbodem of grind)

Grote rivier met hoofd- en nevengeulen en hoge waterafvoer. Belangrijk zijn de volgende vier habitats:

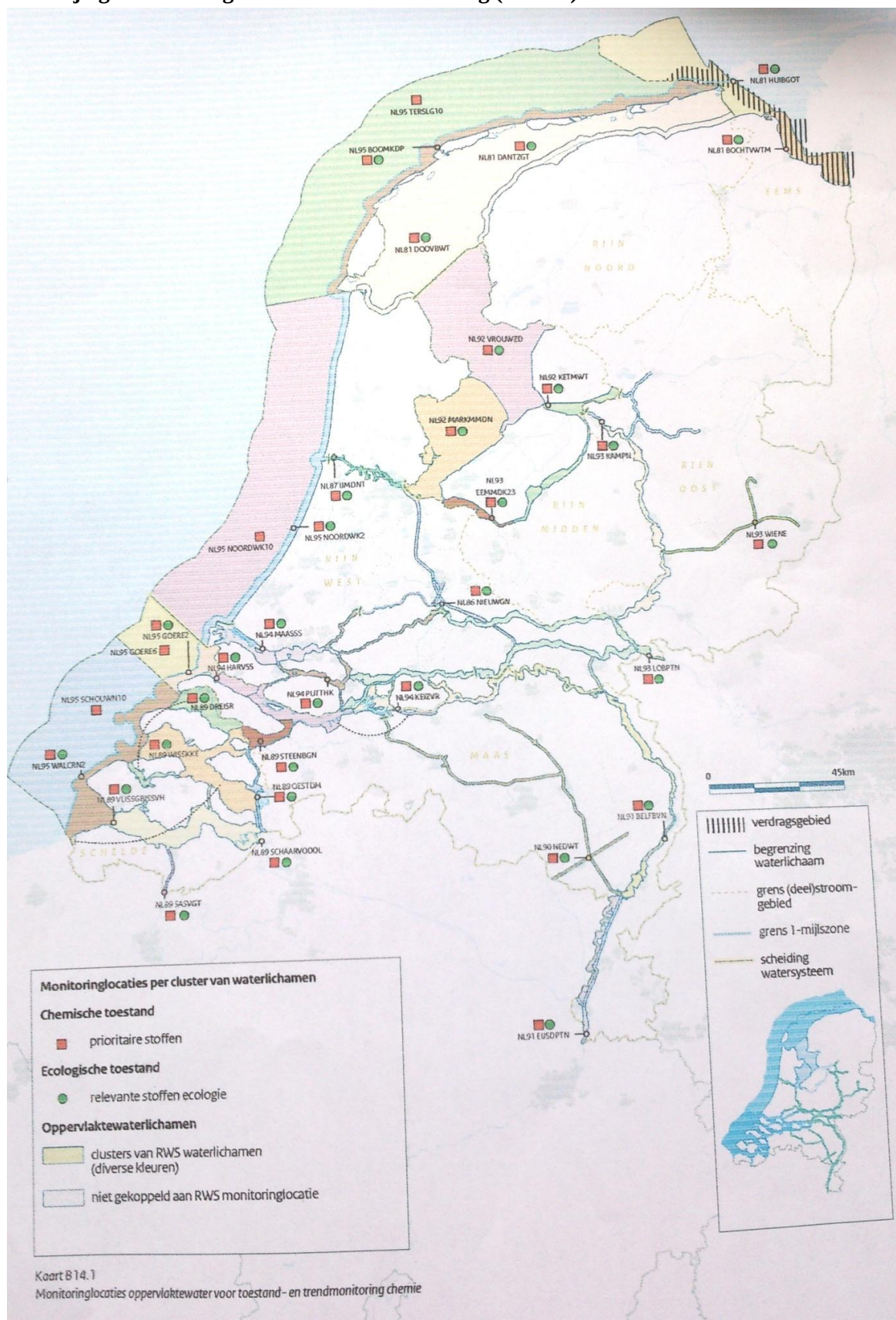
- Hard substraat (stenen, grind, veenbanken, dood hout) in snelstromend water. In natuurlijke rivieren vooral in buitenbochten van meanders en smallere nevengeulen. Aanwezig in Grensmaas (grindbedden). In andere Maastrajecten en in de Rijn alleen daar waar het water sneller stroomt.
- Dode boomstammen (van ooibos op de oevers) vormen dammen waarachter ander materiaal zich kan ophopen.
- Zand in snelstromend water. Alle snelstromende trajecten van Rijn en Maas, minder in Grensmaas.
- Klei- of leemoevers in snelstromend water. Ontstaan in de buitenbochten van meanders waar het water snel stroomt en de oever erodeert. Nederlandse deel van de Roer. Oorspronkelijk ook de Grensmaas.

3 Bijlage Waterlichamen met bijbehorende Watertype Rijkswateren

Bron: pagina 199 Beheerprogramma Rijkswateren (geraadpleegd op 18 februari 2013)



4 Bijlage monitoringslocatie's T&T monitoring (chemie)



5 Bijlage monitoringslocatie's T&T monitoring (Biologie)



6 Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied

Tabel B14.2
Meetnet Toestand- en trend-
monitoring voor het watersysteem
IJsselmeergebied.

Naam Waterlichaam	Meetpunt	Biologische Kwaliteitsgegevens	Algemeen fysisch chemische parameters	Hydromorfologische parameters
IJsselmeer	VROUWZD	FYTOPL; MAFAUNA; MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	Cl; N; NH4; O2; P; pH; T; ZICHT	HMFMOR; HMFREG
Ketelmeer en Vossemeer	EEMMDK23	FYTOPL; MAFAUNA; MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	Cl; N; O2; P; pH; T; ZICHT	HMFMOR; HMFREG
	KETMWT		NH4	
Markermeer	MARKMMDN	FYTOPL; MAFAUNA; MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	Cl; N; NH4; O2; P; pH; T; ZICHT	HMFMOR; HMFREG
	KETMWT		NH4	
Randmeren-Zuid	EEMMDK23	FYTOPL; MAFAUNA; MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	Cl; N; NH4; O2; P; pH; T; ZICHT	HMFMOR; HMFREG
Zwarte Meer	EEMMDK23	FYTOPL; MAFAUNA; MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	Cl; N; O2; P; pH; T; ZICHT	HMFMOR; HMFREG
	KETMWT		NH4	

Deelstroomgebied Rijn-Midden

7 Bijlage meetnet T&T monitoring IJsselmeergebied

Overige relevante stoffen	Prioritaire stoffen
111TDC2a; 1122T4CIC2a; 112TDC2a; 11DCC2a; 11DCC2e; 12DCIBen; 12DCIC3a; 12xylIn; 13DCIBen; 14DCIBen; 245T; 245TCIFol; 246TCIFol; 24D; 24DP; 2CIFol; 2CTol; 3CIC3e; 3CIFol; 3CTol; 4CIA; 4CIFol; Ag; As; B; Ba; BaA; Be; bentzn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; cHpClepO; Chr; ClBen; ClC2e; Clidzn; Cltrn; Co; coumfs; Cr; Cu; cumn; Daznn; DC4ySn; DCVs; Dmtat; F; Fen; FeNO2ton; fenton; heptnfs; HpCl; HxCIC2a; linrn; malton; MCPA; MCPP; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Mlnrn; Mo; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; pirmcb; ptonC1y; Sb; Se; Sn; styrm; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; Te; terC4yazne; TFySn; Ti; Tl; Tol; tolcfsc1y; U; V; Zn	12DCIC2a; 44DDT; 4ttC8yFol; alCl; Ant; atzne; BaP; Ben; Cd; Clfvs; Clprfs; DCC1a; DEHP; Dum; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCltDen; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPlnP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TClBen; TClC1a; TClC2e; Tfrine
111TDC2a; 1122T4CIC2a; 112TDC2a; 11DCC2a; 11DCC2e; 12DCIBen; 12DCIC3a; 12xylIn; 13DCIBen; 14DCIBen; 245T; 245TCIFol; 246TCIFol; 24D; 24DP; 2CIFol; 2CTol; 3CIC3e; 3CIFol; 3CTol; 4CIA; 4CIFol; Ag; As; B; Ba; BaA; Be; bentzn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; cHpClepO; Chr; ClBen; ClC2e; Clidzn; Cltrn; Co; coumfs; Cr; Cu; cumn; Daznn; DC4ySn; DCVs; Dmtat; F; Fen; FeNO2ton; fenton; heptnfs; HpCl; HxCIC2a; linrn; malton; MCPA; MCPP; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Mlnrn; Mo; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; pirmcb; ptonC1y; Sb; Se; Sn; styrm; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; Te; terC4yazne; TFySn; Ti; Tl; Tol; tolcfsc1y; U; V; Zn	12DCIC2a; 44DDT; 4ttC8yFol; alCl; Ant; atzne; BaP; Ben; Cd; Clfvs; Clprfs; DCC1a; DEHP; Dum; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCltDen; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPlnP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TClBen; TClC1a; TClC2e; Tfrine
111TDC2a; 1122T4CIC2a; 112TDC2a; 11DCC2a; 11DCC2e; 12DCIBen; 12DCIC3a; 12xylIn; 13DCIBen; 14DCIBen; 245T; 245TCIFol; 246TCIFol; 24D; 24DP; 2CIFol; 2CTol; 3CIC3e; 3CIFol; 3CTol; 4CIA; 4CIFol; Ag; As; B; Ba; BaA; Be; bentzn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; cHpClepO; Chr; ClBen; ClC2e; Clidzn; Cltrn; Co; coumfs; Cr; Cu; cumn; Daznn; DC4ySn; DCVs; Dmtat; F; Fen; FeNO2ton; fenton; heptnfs; HpCl; HxCIC2a; linrn; malton; MCPA; MCPP; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Mlnrn; Mo; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; pirmcb; ptonC1y; Sb; Se; Sn; styrm; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; Te; terC4yazne; TFySn; Ti; Tl; Tol; tolcfsc1y; U; V; Zn	12DCIC2a; 44DDT; 4ttC8yFol; alCl; Ant; atzne; BaP; Ben; Cd; Clfvs; Clprfs; DCC1a; DEHP; Dum; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCltDen; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPlnP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TClBen; TClC1a; TClC2e; Tfrine
111TDC2a; 1122T4CIC2a; 112TDC2a; 11DCC2a; 11DCC2e; 12DCIBen; 12DCIC3a; 12xylIn; 13DCIBen; 14DCIBen; 245T; 245TCIFol; 246TCIFol; 24D; 24DP; 2CIFol; 2CTol; 3CIC3e; 3CIFol; 3CTol; 4CIA; 4CIFol; Ag; As; B; Ba; BaA; Be; bentzn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; cHpClepO; Chr; ClBen; ClC2e; Clidzn; Cltrn; Co; coumfs; Cr; Cu; cumn; Daznn; DC4ySn; DCVs; Dmtat; F; Fen; FeNO2ton; fenton; heptnfs; HpCl; HxCIC2a; linrn; malton; MCPA; MCPP; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Mlnrn; Mo; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; pirmcb; ptonC1y; Sb; Se; Sn; styrm; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; Te; terC4yazne; TFySn; Ti; Tl; Tol; tolcfsc1y; U; V; Zn	12DCIC2a; 44DDT; 4ttC8yFol; alCl; Ant; atzne; BaP; Ben; Cd; Clfvs; Clprfs; DCC1a; DEHP; Dum; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCltDen; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPlnP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TClBen; TClC1a; TClC2e; Tfrine
111TDC2a; 1122T4CIC2a; 112TDC2a; 11DCC2a; 11DCC2e; 12DCIBen; 12DCIC3a; 12xylIn; 13DCIBen; 14DCIBen; 245T; 245TCIFol; 246TCIFol; 24D; 24DP; 2CIFol; 2CTol; 3CIC3e; 3CIFol; 3CTol; 4CIA; 4CIFol; Ag; As; B; Ba; BaA; Be; bentzn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; cHpClepO; Chr; ClBen; ClC2e; Clidzn; Cltrn; Co; coumfs; Cr; Cu; cumn; Daznn; DC4ySn; DCVs; Dmtat; F; Fen; FeNO2ton; fenton; heptnfs; HpCl; HxCIC2a; linrn; malton; MCPA; MCPP; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Mlnrn; Mo; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; pirmcb; ptonC1y; Sb; Se; Sn; styrm; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; Te; terC4yazne; TFySn; Ti; Tl; Tol; tolcfsc1y; U; V; Zn	12DCIC2a; 44DDT; 4ttC8yFol; alCl; Ant; atzne; BaP; Ben; Cd; Clfvs; Clprfs; DCC1a; DEHP; Dum; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCltDen; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPlnP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TClBen; TClC1a; TClC2e; Tfrine

8 Bijlage monitoringslocaties OM voor chemische parameters



9 Bijlage monitoringslocatie's OM voor biologie, fysische chemisch en hydromorfologie



10 Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied

Naam Waterlichaam	Meetpunt	Biologische Kwaliteitsgegevens	Algemeen fysisch chemische parameters	Hydromorfologische parameters
Eems-Dollard	BOCHTVWTM	FYTOPL	PO4; SALNTT	
	EEMSDLD01	ZGV_AREA; ZGV_DSRT		
	GROOTGND	FYTOPL	PO4; ZICHT	
	OTDM	VIS		
Eems-Dollardkust	HUIBGOT	FYTOPL	PO4; SALNTT; ZICHT	
Hollandse kust (kustwater)	NOORDWK2	FYTOPL	PO4; SALNTT	
Hollandse kust (territoriaal water)	NOORDWK10			
Waddenkust (kustwater)	BOOMKDP	FYTOPL	PO4; SALNTT	
Waddenkust (territoriaal water)	TERSLG10			
Waddenzee	BALGZD	MAFAUNA		
	DANTZGT	FYTOPL	PO4; SALNTT	
	DOOVBT	FYTOPL	PO4; SALNTT	
	PIETSVPT601STN10	MAFAUNA		
	WADDZE	ZGV_AREA; ZGV_DSRT		
Waddenzee- vastelandskust	DANTZGT	FYTOPL	PO4; SALNTT	
	DOOVBT	FYTOPL	PO4; SALNTT	
	WADDZVTLKT	KWD_AREA; KWD_KWAL		
Stroomgebied Eems Deelstroomgebied Rijn-West Deelstroomgebied Rijn-Noord				
Naam Waterlichaam	Meetpunt	Biologische Kwaliteitsgegevens	Algemeen fysisch chemische parameters	Hydromorfologische parameters
IJsselmeer	ANDK		Cl; N; NH4; P; pH; PO4; SALNTT; T	
	VROUWZD	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFREG_AAN
Ketelmeer en Vossemeer	KETMWT	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFMR_OEV; HMFREG_AAN
Markermeer	MARKMDN	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFMR_OEV; HMFREG_AAN
Randmeren-Oost	VELWMMDN	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFMR_OEV; HMFREG_AAN
Randmeren-Zuid	EEMMDK23	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFREG_AAN
Zwarte Meer	GENMDN			
	RAMSDP	MFT_ABGV; MFT_SRTS; OVWFLORA; VIS	N; NH4; NO2; O2; P; pH; SALNTT; T; ZICHT; ZS	HMFREG_AAN
Deelstroomgebied Rijn-Midden				

11 Bijlage meetnet OM IJsselmeergebied chemie

Overige relevante stoffen	Prioritaire stoffen
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; TFySn	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; sBghiPinP; TC4ySn
DIN	
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52; TFySn	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; sBbkF; sBghiPinP; TC4ySn
	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; sBbkF; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; sBbkF; TC4ySn
	Ant; BaP; Cd; Ni; Pb; sBbkF; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Flu; Naf; Ni; Pb; sBbkF; sBghiPinP; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Flu; Naf; Ni; Pb; sBbkF; sBghiPinP; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Flu; Naf; Ni; Pb; sBbkF; sBghiPinP; TC4ySn
DIN; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Ant; BaP; Flu; Naf; Ni; Pb; sBbkF; sBghiPinP; TC4ySn
Overige relevante stoffen	Prioritaire stoffen
11TCIC2a; 1122T4CIC2a; 112TCIC2a; 12DCIC3a; 12xylIn; 2CTol; 4ClAn; C1yazfs; C2yazfs; C2yBen; C2ypton; ClBen; ClIdzn; ClIrn; coumfs; Cu; cumIn; Dazn; DC4ySn; DCIvs; Dmtat; FeNO2ton; fenton; heptnfs; linrn; malton; metbtazrn; metCl; metzCl; mevfs; Minrn; pIrmcb; ptonC1y; T4C4ySn; Tazfs; TC4yPO4; terC4yazne; TFySn; Tol; tolCfC1y; Zn	12DCIC2a; 24DDT; 44DDE; 44DDT; 4ttCsYfol; alCl; Ant; atzne; BaP; bedsf; Ben; bHCH; BkF; Cd; cHCH; Clmfs; Clprfs; DCIC1a; DEHP; dHCH; dielnd; Durn; endn; endsfn; Flu; HCB; Hg; HxCbtDen; idn; InP; iptn; Naf; Ni; Pb; PBDE100; PBDE153; PBDE154; PBDE28; PBDE47; PBDE99; PeClBen; PeClFol; s4C9yFol; sBbkF; sBghiPinP; sC10C13Clakn; sDDT4; sdrin4; sHCH4; simzne; T4CIC1a; T4CIC2e; TC4ySn; TCIC1a; TCIC2e; Tfrine
DCIvs; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Clprfs; DEHP; endsfn; HCB; sBbkF; sBghiPinP; sdrin4; TC4ySn
DCIvs; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Clprfs; DEHP; endsfn; HCB; sBbkF; sdrin4; TC4ySn
DCIvs; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Clprfs; DEHP; endsfn; HCB; sBbkF; sBghiPinP; sdrin4; TC4ySn
Cu; DCIvs; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Clprfs; DEHP; endsfn; HCB; sBbkF; sdrin4; TC4ySn
DCIvs; PCB101; PCB118; PCB138; PCB153; PCB180; PCB28; PCB52	Clprfs; DEHP; endsfn; HCB; sBbkF; sdrin4; TC4ySn

12 Bijlage Cyclus en minimale meetfrequentie T&T monitoring biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW

Kwaliteitselement	Minimale frequentie per meetjaar	T&T cyclus (om de hoeveel jaar meten)
Meren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	2x (electrolytarme wateren) of 4x (electrolytrijke wateren)	6
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	6x	6
Fytobenthos ⁴⁾	1 x	6
Macrofyten	1 x	6
Macrofauna ¹⁾	1 x	6
Vissen ²⁾	1 x	6
Rivieren		
Fytobenthos ⁴⁾	1 x	6
Macrofyten	1 x	6
Macrofauna ¹⁾	1 x	6
Vissen ²⁾	1 x	6
Overgangswateren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	4x	6
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	7x	6
Macrofauna ¹⁾	1 x	6
Angiospermen	1 x	6
Macroalgen	1 x	6
Vissen ²⁾	2 x	6
Kustwateren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	4x	6
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	7x	6
Macrofauna ¹⁾	1 x	6
Angiospermen	1 x	6
Macroalgen	1 x	6
Chemie		
Prioritaire stoffen	12 (1x per maand)	6
Specifieke verontreinigende stoffen	4 (1 x per kwartaal)	6
Fysisch- chemische parameters	6 (1 x per maand in het zomer-halfjaar) ⁵⁾	6

¹ Macrofauna dient in rivieren, meren bij voorkeur in het voorjaar te worden bemonsterd; uitwijken naar najaar is mogelijk. In Kust- en Overgangswateren dient macrofauna bij voorkeur in najaar bemonsterd te worden.

² Vanuit de maatlaten voor vis in de overgangswateren is bemonstering in voor- en najaar vereist.

³ Fytoplankton wordt bemonsterd in het zomerhalfjaar.

⁴ Fytobenthos wordt vooralsnog wel gemonitord, maar loopt nog niet mee in de beoordeling.

⁵ De minimale meetfrequentie voor fysisch-chemische parameters conform de KRW is 4x per jaar; aangezien de beoordeling plaatsvindt op basis van het gemiddelde van het zomer-halfjaar (april – september) is de minimale frequentie in deze instructie gezet op 6 metingen, dus maandelijks in het zomer-halfjaar. Voor de monitoring van nutriënten in zoute wateren via de parameter DIN geldt een minimale frequentie van maandelijks in het winter-halfjaar (dec-feb) dus 3 metingen.

13 Bijlage Cyclus en minimale meetfrequentie OM voor biologische en chemische kwaliteitselementen voorgeschreven door KRW

Kwaliteitselement	Minimale frequentie per meetjaar	OM Cyclus (om de hoeveel jaar meten)
Meren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	2x (electrolytarme wateren) of 4x (electrolytrijke wateren)	1 (jaarlijks)
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	6x	1 (jaarlijks)
Fytobenthos ⁴⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macrofyten	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macrofauna ¹⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Vissen ²⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Rivieren		
Fytobenthos ⁴⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macrofyten	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macrofauna ¹⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Vissen ²⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Overgangswateren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	4x	1 (jaarlijks)
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	7x	1 (jaarlijks)
Macrofauna ¹⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Angiospermen	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macroalgen	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Vissen ²⁾	2 x	3 (1 x per 3 jaar)
Kustwateren		
Fytoplankton bloeien ³⁾	4x	1 (jaarlijks)
Fytoplankton chl-f-a ³⁾	7x	1 (jaarlijks)
Macrofauna ¹⁾	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Angiospermen	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Macroalgen	1 x	3 (1 x per 3 jaar)
Chemie		
Prioritaire stoffen	12 (1x per maand)	1 (jaarlijks)
Specifieke verontreinigende stoffen	4 (1 x per kwartaal)	1 (jaarlijks)
Fysisch- chemische parameters ⁵⁾	4 (1 x per kwartaal) is omgezet naar 6 (1 x per maand in het zomer-halfjaar)	1 (jaarlijks)

¹ Macrofauna dient bij rivieren en meren bij voorkeur in het voorjaar te worden bemonsterd; uitwijken naar najaar is mogelijk. In kust- en overgangswateren heeft bemonstering in het najaar de voorkeur.

² Vanuit de maatlaten voor vis in de overgangswateren is bemonstering in voor- en najaar vereist.

³ Fytoplankton wordt bemonsterd in het zomerhalfjaar.

⁴ Fytobenthos wordt voorts nog wel gemonitord, maar loopt nog niet mee in de beoordeling.

⁵ De minimale meetfrequentie voor fysisch-chemische parameters conform de KRW is 4x per jaar; aangezien de beoordeling plaatsvindt op basis van het gemiddelde van het zomer-halfjaar (april – september) is de minimale frequentie in deze instructie gezet op 6 metingen, dus maandelijks in het zomer-halfjaar. Voor de monitoring van nutriënten in zoute wateren via de parameter DIN geldt een minimale frequentie van maandelijks in het winter-halfjaar (dec-feb) dus 3 metingen.

14 Bijlage Cyclus en minimale meetfrequentie OM voor hydromorfologie

Parameter	Minimale frequentie binnen het meetjaar	OM Cyclus Om de hoeveel jaar meten
Rivieren		
Aantal, ligging en passerbaarheid barrières	1	6
Bereikbaarheid	1	6
Afvoer en stroomsnelheid	Continu	6
Rivierloop	1	6
Dwarsprofiel en mate van natuurlijkheid	1	6
Aanwezigheid kunstmatige bedding	1	6
Mate van natuurlijkheid substraatsamenstelling bedding	1	6
Aanwezigheid oeververdediging	1	6
Landgebruik oevers	1	6
Landgebruik uiterwaard/beekdal	1	6
Meren		
Oppervlakte variatie	1	6
Waterdiepte	1	6
Waterdiepte variatie	1	6
Volume	1	6
Volume variatie	1	6
Verblijftijd	1	1
Kwel	24	6
Bodem oppervlak	1	6
Helling oeverprofiel	1	6
Kust- en Overgangswateren		
Gemiddeld getijverschil	1	1
Debiet zoet water	Continu	1
Stroomrichting	1	1
Golfhoogte	1	1
Overheersende stroomrichting en stroomsnelheid	1	1
Waterdiepte	1	6
Samenstelling substraat	1	6
Natuurlijke oever	1	6

15 Bijlage toelichting voor afkortingen

Biologische Kwaliteitsgegevens

Code	Omschrijving	Code	Omschrijving
FYTOBEN	Fytobenthos	MFT_SRTS	Soortensamenstelling macrofyten
FYTOPL	Fytoplankton	OVWFLOA	Overige waterflora
KWD_AREA	Areaal kwelders	VIS	Vis
KWD_KWAL	Kwaliteit kwelders	ZGV_AREA	Areaal zeegrasvelden
MAFAUNA	Macrofauna	ZGV_DSRT	Dichtheid soorten zeegras
MFT_ABGV	Abundantie groeivormen macrofyten		

Algemeen fysisch chemische parameters

Code	Omschrijving	Code	Omschrijving
BZV5	Biochemisch zuurstofverbruik	NO2	Nitriet
BZV5a	Biochemisch zuurstofverbruik (zonder nitrificatie)	NO3	Nitraat
Cl	Chloride	O2	Zuurstof
Cl	Chloride (extra spatie)	P	Totaal fosfaat
GELDHD	Geleidbaarheid (egv)	pH	Zuurgraad
KLEURITSTT	Kleurintensiteit	PO4	Orthofosfaat
N	Stikstof	SALNTT	Saliniteit
NH3	Ammoniak	T	Temperatuur
NH4	Ammonium	ZICHT	Doorzicht
NKj	Kjeldahl-stikstof	ZS	Zwevende stof

Hydromorfologische parameters

Code	Omschrijving	Code	Omschrijving
HMFCON	HMF Continuïteit	HMFMOR_MNI	Mate van natuurlijke inundatie
HMFCON_ALP	Passeerbaarheid barrières voor sediment en vissen	HMFMOR_OEV	Oeververdediging (% Onnatuurlijk)
HMFCON_BER	Bereikbaarheid voor vissen	HMFMOR_RIL	Rivierloop
HMFGET	HMFGetij	HMFMOR_SIG	Getijdezone: soort intergetijdengebied (slikken, platen, kwelders)
HMFGET_DZW	Debiet zoet water	HMFMOR_SOE	Soort oever
HMFGET_GTS	Getijslag	HMFMOR_REG	HMF Regen
HMFMOR	HMF Morfologie	HMFMOR_AAN	Aanvoer
HMFMOR_AOV	Aanwezigheid oeververdediging	HMFMOR_AFM	Afvoer (meren)
HMFMOR_DMN	Dwarsprofiel en mate van natuurlijkheid	HMFMOR_AFS	Waterstroming
HMFMOR_GTZ	Code staat niet op IDSW-site	HMFMOR_AFV	Afvoer
HMFMOR_HCD	Hypsometrische curve of diepteverdeling	HMFMOR_MVA	Mate van vrije afstroming
HMFMOR_HOE	Helling oever (% streefbeeld)	HMFMOR_WAR	Waterstanden (rivieren)
HMFMOR_LUB	Landgebruik in uiterwaard/beekdal	HMFMOR_WAT	Waterstanden

Hydromorfologische parameters

Code	Omschrijving	Code	Omschrijving
111TCIC2a	1,1,1-Trichloorethaan	Fe	IJzer
1122T4CIC2a	1,1,2,2-Tetrachloorethaan	Fen	Fenanthreen
112TCIC2a	1,1,2-Trichloorethaan	feNO2ton	Fenitrothion
11DCIC2a	1,1-Dichloorethaan	fenton	Fenthion
11DCIC2e	1,1-Dichlooretheen	GEUR	Geur
12DCIBen	1,2-Dichloorbenzeen	GEURVDNFTR	Geurverduunningsfactor
12DCIC3a	1,2-Dichloorpropaan	heptnfs	Heptenofos
12xylIn	1,2-Xyleen	HpCl	Heptachloor
13DCIBen	1,3-Dichloorbenzeen	HxCIC2a	Hexachloorethaan
14DCIBen	1,4-Dichloorbenzeen	linrn	Linuron
245T	2,4,5-Trichloorfenoxiazijnzuur	malton	Malathion
245TCIFol	2,4,5-Trichloorfenol	MCPA	2-Methyl-4-chloorfenoxiazijnzuur
246TCIFol	2,4,6 Trichloorfenol	MCPP	2-Methyl-4-chloorfenoxypionzuur (mecoprop)
24D	2,4-Dichloorfenoxiazijnzuur	metbtazm	Methabenzthiazuron
24DP	2,4-Dichloorfenoxypionzuur	metlCl	Metolachloor
2CIFol	2-Chloorfenol	metzCl	Metazachloor
2CITol	2-Chloortolueen	mevfs	Mevinfos
3CIC3e	3-Chloorpropeen	Minrn	Monolinuron
3CIFol	3-Chloorfenol	Mn	Mangaan
3CITol	3-Chloortolueen	Mo	Molybdeen
4CIAn	4-Chlooraniline	ole	Minerale olie
4CIFol	4-Chloorfenol	PCB101	2,2',4,5,5'-Pentachloorbifenyl
Ag	Zilver	PCB118	2,3',4,4',5'-Pentachloorbifenyl
As	Arseen	PCB138	2,2',3,4,4',5'-Hexachloorbifenyl
B	Boor	PCB153	2,2',4,4',5,5'-Hexachloorbifenyl
Ba	Barium	PCB180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachloorbifenyl
BaA	Benzo(a)antraceen	PCB28	2,4,4'-Trichloorbifenyl
Be	Beryllium	PCB52	2,2',5,5'-Tetrachloorbifenyl
bentzn	Bentazon	pirmcb	Pirimicarb
biFy	Bifenyl	propxr	Propoxur
C1yazfs	Methylazinfos	ptonC1y	Parathion-methyl
C2yazfs	Ethylazinfos	Sb	Antimoon
C2yBen	Ethylbenzeen	sChER	Som choline-esterase remmers
C2ypton	Ethylparathion	Se	Selenium
chpClePO	Cis-heptachloorepoxide	sFolwv	Som fenolen waterdampvluchtig
Chr	Chryseen	Sn	Tin
ClBen	Chloorbenzeen	SO4	Sulfaat
ClC2e	Chlooretheen (vinylchloride)	stym	Styreen
Clidzn	Chloridazon	sxylIn	Som xylenen
Clpfm	Chloorprofam	T4C4ySn	Tetrabutyltin
Cltrn	Chloortoluron	Tazfs	Triazofos
CN	Cyanide	TC4yPO4	Tributylfosfaat
Co	Kobalt	Te	Telluur
coumfs	Coumafos	terC4yazne	Terbutylazine

Bijlage Programma Rijkswateren 2010-2019 133

16 Overzicht meetlocaties ruimtelijke variatie in kaart brengen

Spreiding in Stadswater van Leeuwarden

Grofweg is het stadswater in Leeuwarden in te delen in drie delen namelijk de stadskern, de singels en de boezem. De singels zijn de wateren die om de stadskern heen liggen en de boezem is het van Harinxmakanaal. Voor dit deelonderzoek zijn in overleg met het Wetterskip Fryslân 20 meetlocaties aangewezen die hieronder worden weergegeven. Op 6 en 14 mei zijn de meetlocaties gemeten met de WISP.



- 1: Brug Noorderstadsgracht(0694)
- 2: Stadskern 0703
- 3: Willemskade(0698)
- 4: Stadskern 0575
- 5: Blokhuisbrug(0697)
- 6: Stadskern 0702
- 7: Stadskern 0701
- 8: Stadskern 0700
- 9: Brug nabij Noordvliet(0696)
- 10: Stadskern 0699
- 11: Hoekstergracht(0695)
- 12: Dokkumer Ee(028)

Figuur 28 Kaart meetlocaties centrum Leeuwarden. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



- 13: Harlingervaart extra
- 14: Julianapark
- 15: Van Harnixmakanaal
- 16: Potmarge officieel
- 17: Potmarge extra locatie
- 18: Brug Bij Friesland-Campina
- 19: Canadezenlaan
- 20: Vijver nabij het Fritemastate

Figuur 29 Kaart meetlocaties rand van Leeuwarden. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

Spreiding in Stadswater van Sneek

Het stadswater van Sneek is éénmalig gemonitord met de WISP. Het monitoren van het stadswater is gedaan doormiddel van een bootje waardoor in korte tijd veel water gemonitord kon worden. De meetlocaties die gemeten zijn worden op Figuur 3 weergegeven. De blauwe ballonnetjes in Figuur 3 geven een locatie weer die het Wetterskip Fryslân officieel heeft aangewezen als meetlocatie en de gele ballonnetjes geven een extra meetlocatie aan die in het kader van dit deelonderzoek is gemeten met de WISP.



Figuur 30 Kaart meetlocaties stadswater in Sneek, Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

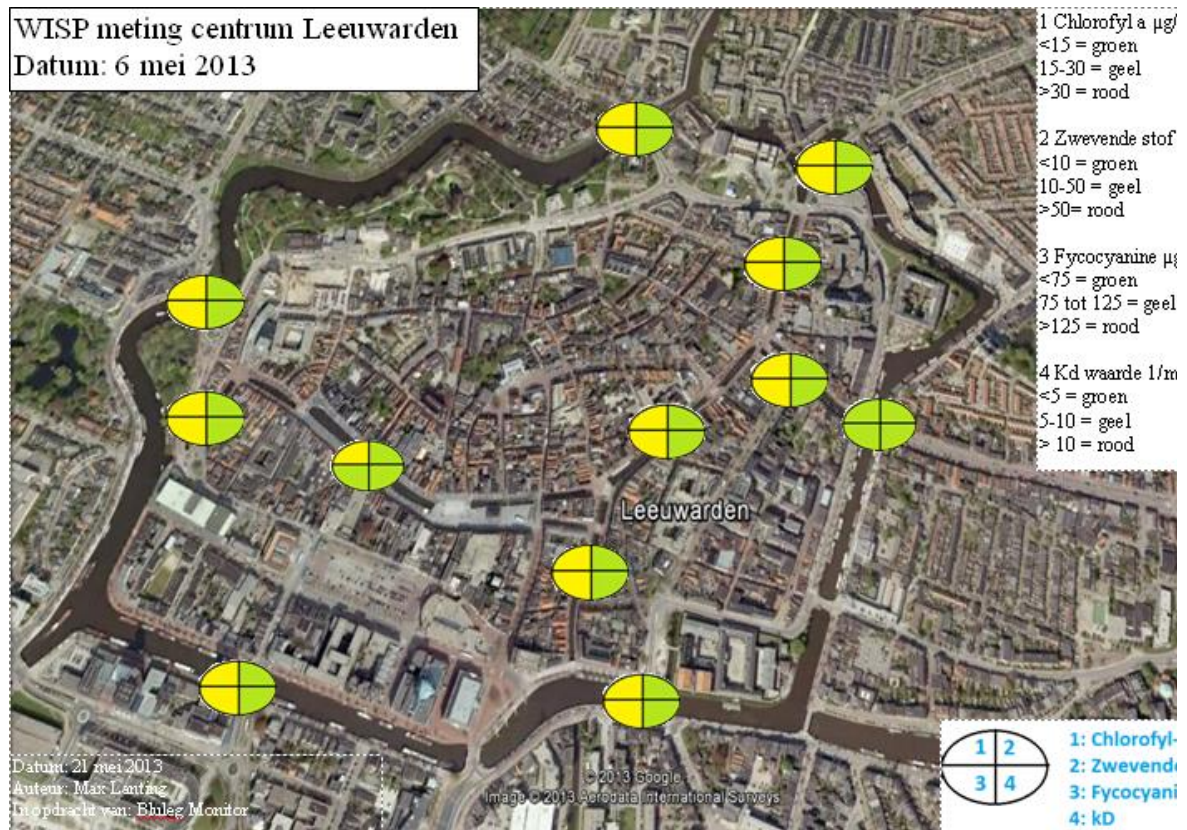
Spreiding in en tussen drie Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer

Op 28 mei zijn de drie meren samen met een medewerker van het Wetterskip Fryslân gemonitord met de WISP. Daarnaast zijn er door de medewerker van het Wetterskip Fryslân 6 watermonsters genomen die in het laboratorium zijn geanalyseerd op chlorofyl a en zwevende stof. Op de locaties waar een watermonster is genomen, is er ook een meting gedaan met de WISP en deze gegevens zijn gebruikt in deelonderzoek 5. De meetlocaties zijn zo uitgekozen zodat ze een eventuele ruimtelijke variatie in de meren en tussen de meren in kaart kunnen brengen. Locaties 8,9 en 20 zijn gemeten met de WISP in de “aanvoer of afvoer” vaartjes van deze meren.

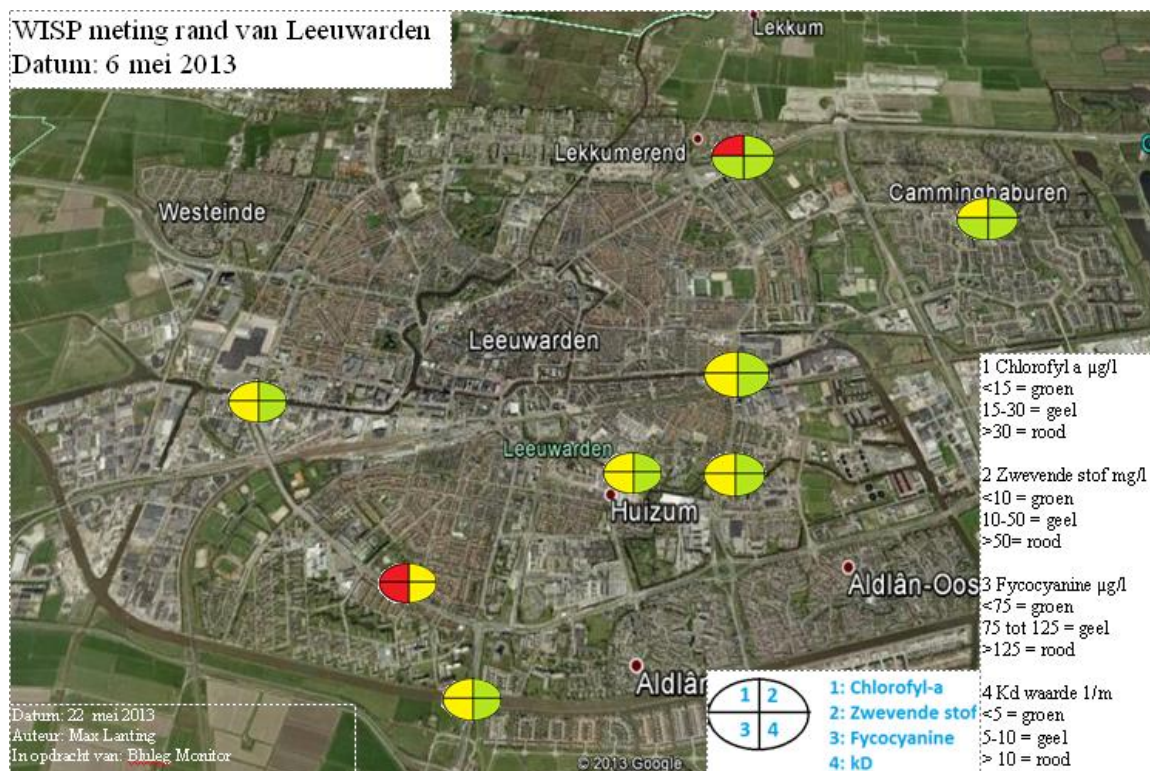


Figuur 31 Kaart meetlocaties Friese meren; Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

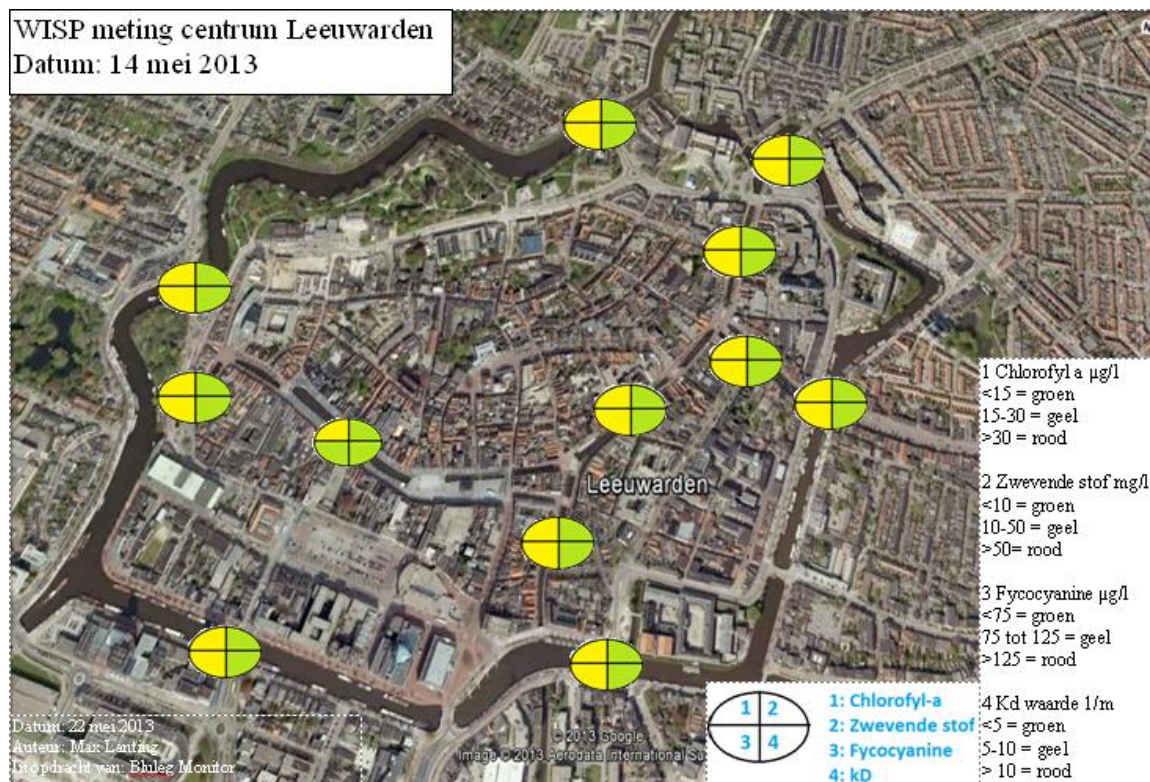
17 Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in Stadswater



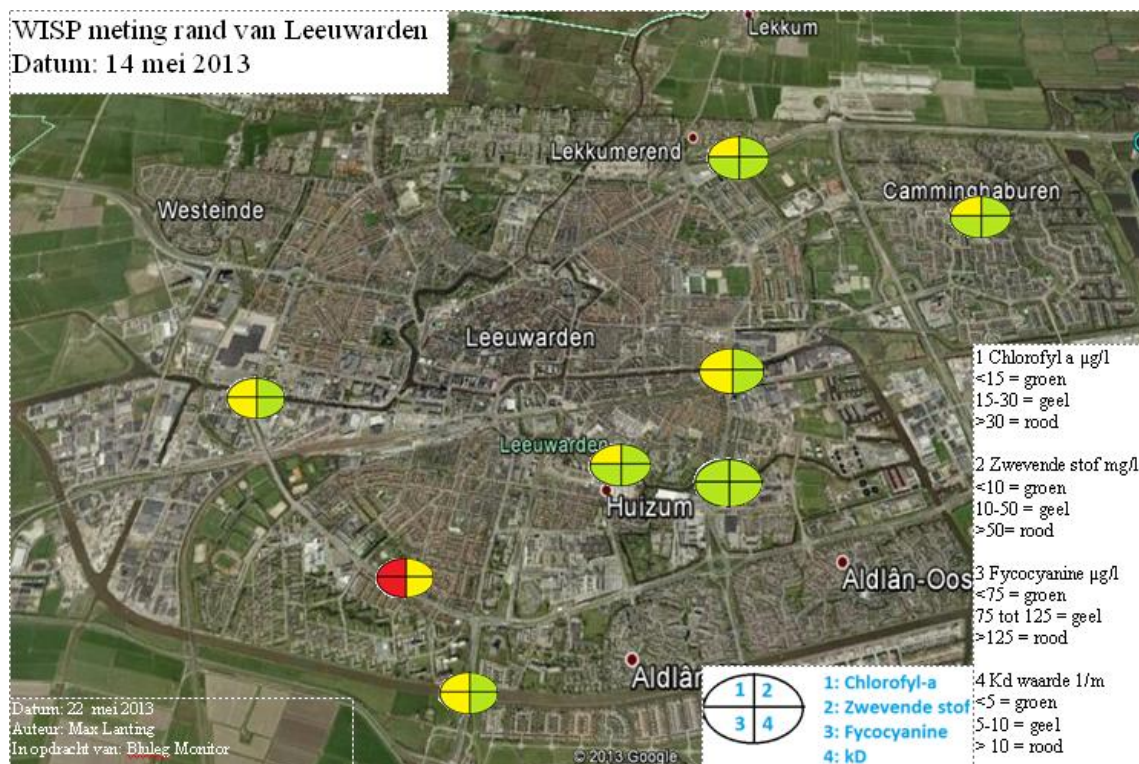
Figuur 32 Kaart met daar in de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Leeuwarden op 6 mei 2013.
Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



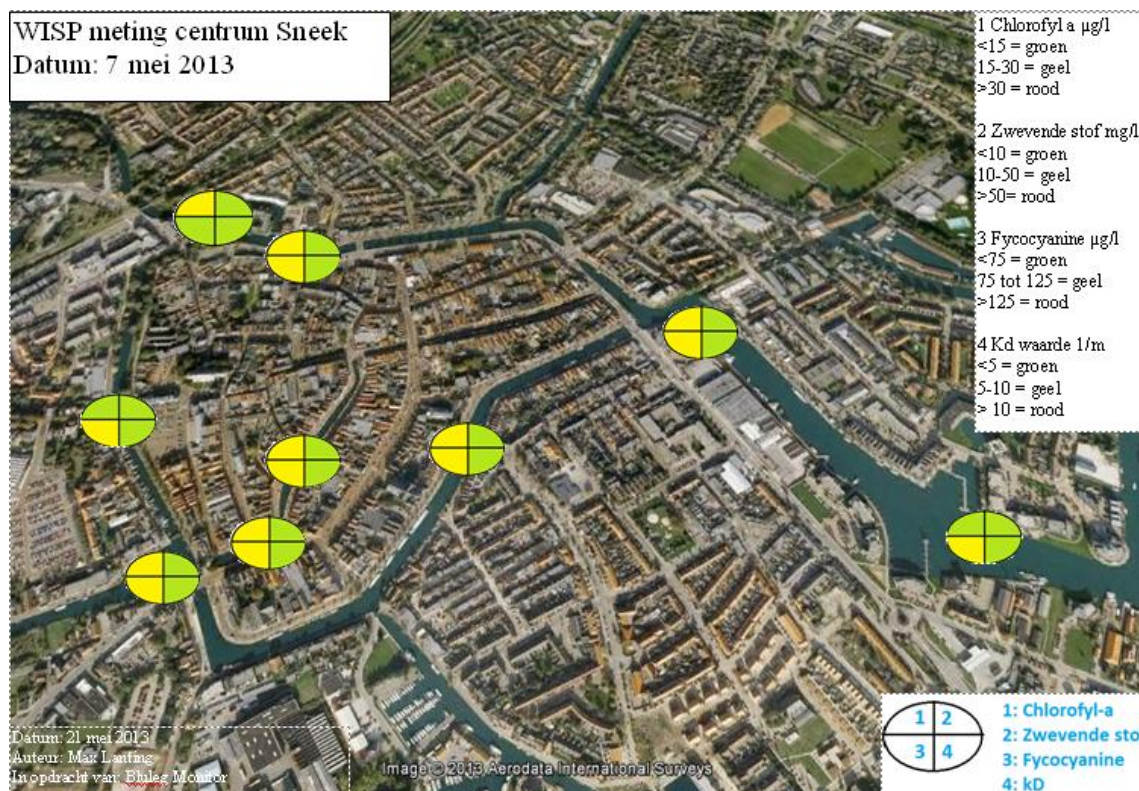
Figuur 33 Kaart met daarin de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Leeuwarden op 6 mei 2013.
Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 34 Kaart met daarin de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Leeuwarden op 14 mei 2013. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 35 Kaart met daar in de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Leeuwarden op 14 mei 2013. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 36 Kaart met daar in de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Sneek op 7 mei 2013. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 37 Kaart met daar in de resultaten van een WISP meting in het stadswater van Sneek op 7 mei 2013. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

18 Resultaat ruimtelijke variatie in kaart brengen in de drie Friese meren



Figuur 38 Kaart waarin de spreiding wordt weergegeven in en tussen de Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. In deze kaart worden de gemeten concentraties chlorofyl a weergegeven.
Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 39 Kaart waarin de spreiding wordt weergegeven in en tussen de Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. In deze kaart worden de gemeten concentraties zwevende stof weergegeven.
Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013



Figuur 40 Kaart waarin de spreiding wordt weergegeven in en tussen de Friese meren Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer. In deze kaart worden de gemeten concentraties fycocyanine weergegeven. Bron: Google.maps.nl aangepast door auteurs, 2013

19 Meetresultaten WISP in stadswater Leeuwarden

Meetlocaties Wetterskip Fryslan	Datum	CHL [µg/l]	TSM [mg/l]	CPC [µg/l]	CHL/CPC	Kd [1/m]
Blokhuisbrug 697	6-5-2013	17,6	5,7	82,8	0,2	4,2
Blokhuisbrug 697	14-5-2013	17,3	5,5	83	0,2	3,7
Willemskade 698	6-5-2013	19,4	9,4	88,7	0,2	4,5
Willemskade 698	14-5-2013	21,8	10,4	88,5	0,2	4,1
Brug Noordvliet 696	6-5-2013	14,7	5,4	73,9	0,2	3,8
Brug Noordvliet 696	14-5-2013	18,6	8	85,7	0,2	4,2
Brug fricodomo 0287	6-5-2013	25	10,9	104,2	0,2	5
Brug fricodomo 0287	14-5-2013	18,6	7,6	83,4	0,2	4,1
Canadezenlaan 1090	6-5-2013	32,7	9,6	73,6	0,4	3,2
Canadezenlaan 1090	14-5-2013	22,9	9,4	62,9	0,4	3
Dokkumer Ee 028	6-5-2013	20,1	9,4	87,6	0,2	4,4
Dokkumer Ee 028	14-5-2013	15,9	26,5	79,2	0,2	4,7
Hoekstergracht 695	6-5-2013	16,2	6,2	81	0,2	4,2
Hoekstergracht 695	14-5-2013	17,8	7,7	82	0,2	4,1
Potmarge 0691	6-5-2013	23,1	6,3	96,9	0,2	4,9
Potmarge 0691	14-5-2013	15,8	6	73,4	0,2	3,8
Rixtwei 0775	6-5-2013	17,4	4,3	47,9	0,4	1,9
Rixtwei 0775	14-5-2013	18,7	4,7	54,7	0,3	1,6
Julianapark 0785	6-5-2013	68,7	15,8	147,1	0,5	3,2
Julianapark 0785	9-05-13	86,8	19,1	194,5	0,4	3,6
Julianapark 0785	14-05-13	110,6	23,3	252,2	0,4	3,9
Julianapark 0785	22-05-13	118,9	18,7	299,2	0,4	3,7
Julianapark 0785	2-06-13	148,3	22,9	323,2	0,5	4,2
Julianapark 0785	6-06-13	120,1	21,9	255,7	0,5	3,8
Van Harinxmakanaal 029	6-05-13	21,6	9,4	101,9	0,2	5,2
Van Harinxmakanaal 029	9-05-13	19,3	8,4	89,7	0,2	4,6
Van Harinxmakanaal 029	14-5-2013	17,4	7,1	86,6	0,2	4,7
Stadskern 575	6-5-2013	15,2	5,9	72,3	0,2	3,8
Stadskern 575	9-5-2013	16	6	73,7	0,2	3,7
Stadskern 575	14-5-2013	17	6,7	76,8	0,2	3,9
Stadskern 699	6-5-2013	21,4	7,5	91,6	0,2	4,6
Stadskern 699	14-5-2013	19,6	7,6	86,3	0,2	4,2
Stadskern 700	6-5-2013	16,9	5,8	83,2	0,2	4,3
Stadskern 700	14-5-2013	17,8	7,6	85	0,2	4,2
Stadskern 701	6-5-2013	18,9	6,9	89,5	0,2	4,5
Stadskern 701	14-5-2013	18,4	6,7	87,1	0,2	4,2

Stadskern 702	6-5-2013	15,4	5,3	78	0,2	3,9
Stadskern 702	14-5-2013	18,3	35	124,8	0,1	6,3
Stadskern 703	6-5-2013	19,4	8,3	85	0,2	4,2
Stadskern 703	14-5-2013	16,1	6,1	80,1	0,2	3,6
Vijver Frittemastate 0534	6-5-2013	26,5	6,3	57,6	0,5	2
Vijver Frittemastate 0534	14-5-2013	30,8	6,5	63,9	0,5	2,3
brug Noorderstadgracht 694	6-5-2013	20,4	9,4	86,7	0,2	4,3
brug Noorderstadgracht 694	14-5-2013	16,9	6,9	87,4	0,2	4,5
Extra meetlocaties						
Harlingervaart extra	6-5-2013	19,8	9	86,5	0,2	4,4
Harlingervaart extra	14-5-2013	17,1	7,7	83,2	0,2	4,2
Potmarge Drachtersterweg extra	6-5-2013	18,9	6	88,4	0,2	4,5
Potmarge Drachtersterweg extra	14-5-2013	14,7	5,2	71,6	0,2	3,6
Brug richting Lekkum	6-5-2013	47,2	14,9	101,2	0,5	4,3
Hoge brug Groningerstraatweg	6-5-2013	48,6	10,4	125,9	0,4	4,8

20 Meetresultaten WISP in stadswater Sneek

Station	Datum	CHL [µg/l]	TSM [mg/l]	CPC [µg/l]	Kd [1/m]
SN1 code:0833	7-05-13	15,5	6	63,5	3,2
SN2	7-05-13	19,6	5,5	77,4	3,7
SN3 code:0834 achter brug	7-05-13	33,7	7,8	90,1	3,5
SN4 Code:0166	7-05-13	15,7	5,7	69,9	3,9
SN5 De Kolk	7-05-13	19,7	7,7	80	4,1
SN6 De waterpoort	7-05-13	17,6	6,9	75,1	3,9
SN7 koopmansgracht	7-05-13	16,6	5,9	75,6	3,9
SN8 houkesloot	7-05-13	22,6	8,6	91,4	4,6
SN9 houkesloot	7-05-13	20	6,8	82	4,2
SN10 jachthaenkanaal	7-05-13	23	8,2	90,3	4,5
SN11 oudvaart	7-05-13	14,9	5,1	67,3	3,5
SN12 pasfeer oudvaart 0832	7-05-13	16,3	5,7	70,6	3,7
SN13 langs rondeweg	7-05-13	19,6	8,8	81,5	4,2
SN14 de Swette(1)	7-05-13	20,6	7,3	81	4,2
SN15 de Swette(2)	7-05-13	19,3	6,9	80,2	4,2
SN16 de Swette(3)	7-05-13	17,8	6,4	76,9	4
SN17 prinshendrikkade	7-05-13	17,4	7,2	75,8	4
SN18 oude dijk	7-05-13	17	7,1	74,2	3,9
SN19	7-05-13	31,3	11,5	93,8	4,6
SN20 0778	7-05-13	30,4	10,5	83,8	4,1
SN21 groot sand 0576	7-05-13	17,6	6,5	78,5	4,1

21 Meetresultaten WISP merentocht WSF

Meetlocatie	Datum	CHL [µg/l]	TSM [mg/l]	CPC [µg/l]	CHL/CPC	Kd [1/m]
De koevoet 0089	11-04-13	47,8	29	174,8	0,3	7,6
De koevoet 0089	11-04-13	48,2	29,9	178,8	0,3	7,6
De koevoet 0089	8-05-13	30,3	9,2	85,1	0,4	3,5
De koevoet 0089	8-05-13	30,3	9,5	85,7	0,4	3,6
De koevoet 0089	8-05-13	29,7	9	84,6	0,4	3,6
Fluessen 0085	11-04-13	98,9	33,7	258,7	0,4	9,1
Fluessen 0085	11-04-13	99,7	33,8	259,6	0,4	9,5
Fluessen 0085	8-05-13	33,3	8	112,3	0,3	4,9
Fluessen 0085	8-05-13	32,2	7,7	107,5	0,3	4,6
Fluessen 0085	8-05-13	30,5	7,4	102,4	0,3	4,6
Goingarijp	11-04-13	0	16,3	127,6	0	7,9
Goingarijp	11-04-13	0	16,3	127,6	0	7,9
Grote Brekken 0121	11-04-13	29,5	25,1	114,1	0,3	5,8
Grote Brekken 0121	11-04-13	28,4	23,4	109,3	0,3	5,7
Grote Brekken 0121	8-05-13	18,8	6,3	54,8	0,3	2,3
Grote Brekken 0121	8-05-13	14,3	4,1	32,3	0,4	0,7
Grote Brekken 0121	8-05-13	17,6	5,6	51,1	0,3	2
Hegermeer 0086	11-04-13	68,7	32	211,6	0,3	8,2
Hegermeer 0086	11-04-13	69,2	33,5	215,7	0,3	8
Hegermeer 0086	8-05-13	33	7,7	107,1	0,3	4,5
Hegermeer 0086	8-05-13	34,5	6,9	111,8	0,3	4,9
Hegermeer 0086	8-05-13	32,7	7,8	110	0,3	4,8
Hegermeer 0086	8-05-13	29,7	7	99,8	0,3	4,3
Langweerder wielen 0090	11-04-13	51	28,1	196,5	0,3	9
Langweerder wielen 0090	11-04-13	52,1	27,5	193,1	0,3	8,3
Langweerder wielen 0090	11-04-13	44,2	24,4	163,3	0,3	8
Langweerder wielen 0090	8-05-13	92,5	11,7	196,8	0,5	7,4
Langweerder wielen 0090	8-05-13	54	9,4	142,1	0,4	5,4
Langweerder wielen 0090	8-05-13	54	9,4	142,1	0,4	5,4
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	31	9,1	90,6	0,3	3,8
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	30,7	8,9	91,1	0,3	3,8
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	30	9	90,5	0,3	3,8
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	33,3	9,3	101,2	0,3	4,2
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	34,9	9,5	104,7	0,3	4,3
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	34,2	9,4	102,6	0,3	4,1
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	30,5	9,8	92	0,3	4
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	29,3	9,6	88,6	0,3	3,8
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	30,4	9,5	93,7	0,3	4
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	28,4	8,8	86	0,3	3,6
Prinses Margrietkanaal	8-05-13	31,4	10,4	98,1	0,3	4,3
Scharsterbrug 0093	11-04-13	62,8	33,5	249,7	0,3	10,2
Scharsterbrug 0093	8-05-13	60,1	10,7	173	0,3	6,9
Scharsterbrug 0093	8-05-13	72,9	11	199,6	0,4	8,4
Sloten 0119	11-04-13	52,3	32,7	190,1	0,3	7,6
Sloten 0119	8-05-13	33,5	8,4	105,8	0,3	4,5
Sloten 0119	8-05-13	33,9	8,2	107,6	0,3	4,5
Sloten 0119	8-05-13	0	104,9	97,2	0	0
Slotermeer 0105	11-04-13	76,7	32,4	228,2	0,3	8,8
Slotermeer 0105	11-04-13	89,7	37,7	288,2	0,3	9,1

Slotermeer 0105	11-04-13	76,6	34,4	232,8	0,3	8,3
Slotermeer 0105	11-04-13	76,6	34,4	232,8	0,3	8,3
Slotermeer 0105	8-05-13	33,3	8	112,3	0,3	4,9
Slotermeer 0105	8-05-13	32,2	7,7	107,5	0,3	4,6
Slotermeer 0105	8-05-13	30,5	7,4	102,4	0,3	4,6
Snekermeer 0075	11-04-13	38,8	24,2	183,5	0,2	8,9
Snekermeer 0075	8-05-13	24,5	5,3	88,5	0,3	4,2
Snekermeer 0075	8-05-13	25,7	5,9	93,3	0,3	4,4
Tjeukermeer 0142	11-04-13	129,4	47	396,7	0,3	10,6
Tjeukermeer 0142	11-04-13	115,1	43,2	346,2	0,3	10,2
Tjeukermeer 0142	8-05-13	59,8	11,1	163	0,4	6,4
Tjeukermeer 0142	8-05-13	45,2	13,6	131,4	0,3	5,7
Tjeukermeer 0142	8-05-13	50,2	11,6	141,7	0,4	5,8
Vlabbij Scharsterbrug	11-04-13	52,9	25,5	202	0,3	10,1
Vlabbij Scharsterbrug	11-04-13	54,8	28,3	198,8	0,3	8,4

22 Meetresultaten WISP Friese meren: Rietmeer, Vlietmeer en het Sipkemeer

Meetlocatie	Datum	CHL [µg/l]	TSM [mg/l]	CPC [µg/l]	CHL/CPC	Kd [1/m]
Locatie 1	28-05-13	17,6	8	59,7	0,3	3
Locatie 1	28-05-13	17,5	8,1	59,2	0,3	2,9
Locatie 1	28-05-13	17,7	8,1	59,7	0,3	3
Locatie 10	28-05-13	0	7,8	75,7	0	2,7
Locatie 10	28-05-13	0	7,9	76,4	0	2,5
Locatie 10	28-05-13	31	10	79,4	0,4	3,6
Locatie 11	28-05-13	30,6	9,7	79,5	0,4	3,6
Locatie 11	28-05-13	30,2	9,8	79,5	0,4	3,6
Locatie 12	28-05-13	23,8	7,6	68	0,3	3,1
Locatie 12	28-05-13	22,8	7,1	66,1	0,3	3
Locatie 13	28-05-13	19	5,9	54,6	0,3	2,3
Locatie 13	28-05-13	19,6	6,3	56,5	0,3	2,5
Locatie 14	28-05-13	18,7	7,2	55,5	0,3	2,8
Locatie 14	28-05-13	18,8	6,9	56,2	0,3	2,7
Locatie 15	28-05-13	21,4	7,6	61	0,4	2,9
Locatie 15	28-05-13	21	7,2	60,1	0,4	2,8
Locatie 16	28-05-13	20,5	7,9	65,3	0,3	3,2
Locatie 16	28-05-13	20,5	8,2	64,7	0,3	3,1
Locatie 17	28-05-13	27,2	8,2	76,7	0,4	3,5
Locatie 17	28-05-13	31,2	8,3	83,1	0,4	3,6
Locatie 18	28-05-13	20,3	7,6	66	0,3	3,2
Locatie 18	28-05-13	20,9	8	66,4	0,3	3,2
Locatie 19	28-05-13	21,6	8,5	67,9	0,3	3,3
Locatie 19	28-05-13	21,6	8,2	69,5	0,3	3,3
Locatie 2	28-05-13	18,8	8	62,4	0,3	3
Locatie 2	28-05-13	18,8	8,1	62,5	0,3	3,1
Locatie 20	28-05-13	25,4	8,7	77,8	0,3	3,5
Locatie 20	28-05-13	25,5	8,9	77,8	0,3	3,6
Locatie 20	28-05-13	26,8	9	82	0,3	3,7
Locatie 20	28-05-13	26,2	8,9	80,6	0,3	3,6
Locatie 21	28-05-13	22,2	8,9	68,9	0,3	3,3
Locatie 21	28-05-13	22,7	8,7	70	0,3	3,4
Locatie 22	28-05-13	19,3	6,9	56,5	0,3	2,8
Locatie 22	28-05-13	19,4	6,8	57	0,3	2,8
Locatie 23	28-05-13	14,5	6,3	48,8	0,3	2,5
Locatie 23	28-05-13	14,2	6,1	48,2	0,3	2,5
Locatie 23	28-05-13	14,2	5,9	48,6	0,3	2,4
Locatie 24	28-05-13	17,2	7,2	56,5	0,3	2,9
Locatie 24	28-05-13	16,8	7,1	56,5	0,3	2,8
Locatie 25	28-05-13	13,9	5,9	48,5	0,3	2,4
Locatie 25	28-05-13	13,9	5,9	48,5	0,3	2,4
Locatie 3	28-05-13	12,6	5,4	43,6	0,3	2,2
Locatie 3	28-05-13	12,7	5,3	43,9	0,3	2,1
Locatie 3	28-05-13	12,7	5,3	43,9	0,3	2,1
Locatie 4	28-05-13	17	6,3	53,8	0,3	2,7
Locatie 4	28-05-13	19,5	5,6	56,6	0,3	2,3
Locatie 5	28-05-13	21	6,6	62,9	0,3	2,8
Locatie 5	28-05-13	24,5	8,2	70,2	0,3	3,3
Locatie 5	28-05-13	26,8	8,9	74,1	0,4	3,5

Locatie 5	28-05-13	26,8	8,9	74,1	0,4	3,5
Locatie 6	28-05-13	27,1	8,8	73,3	0,4	3,4
Locatie 7	28-05-13	28,7	9,3	76,9	0,4	3,6
Locatie 7	28-05-13	28,5	9,2	75,5	0,4	3,5
Locatie 8	28-05-13	44,5	9,3	96,3	0,5	3,8
Locatie 8	28-05-13	40,4	9,8	96,4	0,4	3,9
Locatie 9	28-05-13	77,4	12,9	140	0,6	4,9
Locatie 9	28-05-13	47,8	9,8	97,7	0,5	3,8
Locatie 9	28-05-13	41,6	9,3	91,6	0,5	3,6
Locatie 9	28-05-13	50,7	10,2	100,9	0,5	3,9

23 Meetresultaten ten behoeve van statistische vergelijking WISP en Lab analyses

Chlorofyl a [$\mu\text{g/l}$] WF	Chlorofyl a [$\mu\text{g/l}$] WISP
14	38,8
49	51
58	62,8
130	129,4
19	28,4
80	76,7
130	99,7
85	69,2
50	48,2
14	24,50
59	54,00
87	60,10
72	50,20
14	17,60
26	32,70
36	30,30
68	49,60
32	32,72
11	13,9
56	50,7
41	30,6
24	19,6
20	20,3
32	26,8

Zwevende stof [mg/l] WF	Zwevende stof [mg/l] WISP
20	24,2
8,9	5,3
15	9,4
26	43,2
20	11,6
35	33,8
15	7,7
6,8	6,3
5,3	9,3
11	9,7
5,4	5,9
9,3	8,2
12	9

Secchi [cm] WF	Kd [1/m] WISP	Kd_calc WF [1/m]
60	3	2,40
60	3	2,40
120	2,1	1,20
110	2,3	1,31
60	3,5	2,40
65	3,4	2,22
50	3,6	2,88
40	3,9	3,60
60	3,9	2,40
60	2,7	2,40
60	3,6	2,40
50	3	2,88
50	2,5	2,88
85	2,7	1,69
80	2,8	1,80
85	3,1	1,69
75	3,5	1,92
75	3,2	1,92
70	3,3	2,06
70	3,6	2,06
65	3,4	2,22
55	2,8	2,62
65	2,5	2,22
85	2,8	1,69
100	2,4	1,44