

Optische metingen ter ondersteuning van het blauwalgenprotocol

Steeff Peters, Marnix Laanen (Water Insight), Marco Vaartjes, Johan Oosterbaan (Hoogheemraadschap van Rijnland), Jerry van Druten (provincie Overijssel)

In de Bosplas (Haarlemmermeer) zijn in 2020 metingen aan blauwalgen verricht met een nieuw optisch instrument (WISPstation), naast metingen van chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen. Er is een relatie gelegd tussen de optische metingen en het biovolume van blauwalgen, die is getest in de Agnietenplas (Zwolle). Het voordeel van optisch meten is de semi-continue registratie zonder monsternamen. De techniek kan worden ingezet bij het monitoren van zwemlocaties en om het aantal te nemen watermonsters te optimaliseren terwijl de informatiedichtheid sterk toeneemt. Perioden waarin zwemmen ontraden wordt kunnen korter zijn en er kunnen meer tussentijdse signalen worden opgepikt van normoverschrijdingen.

Blauwalgen vormen een probleem in oppervlaktewater. Ze kunnen bij blootstelling leiden tot gezondheidsklachten, zoals huidirritatie, maag- en darmklachten. Dit kan zeer ernstige gevolgen hebben voor mens en dier. Blauwalgen behoren tot de oudste levensvormen ter wereld. De blauwalgen zorgden er zo'n 2,2 miljard jaar geleden voor dat de atmosfeer veranderde van vrijwel zuurstofloos in zuurstofrijk. Ze komen bij voorkeur voor in eutroof water en voelen zich goed bij hogere watertemperaturen. Hoewel ze een bekend probleem zijn in de zomer en nazomer, kunnen ze in principe het hele jaar voorkomen. Het bloeien van blauwalgen in zwemwater kan leiden tot waarschuwingen en negatieve zwemadviezen. De provincie is verantwoordelijk voor de berichtgeving (www.zwemwater.nl) en maatregelen (waarschuwing, negatief zwemadvies, zwemverbod). Waterbeheerders zijn verantwoordelijk voor de monitoring en advisering.

Het blauwalgenprotocol

Voor het beoordelen van de zwemwaterkwaliteit ten aanzien van blauwalgen is voor Nederland een blauwalgenprotocol opgesteld. Dit protocol gaat ook gedetailleerd in op de aanbevolen methoden voor monitoring. Het RIVM heeft in 2020 een nieuwe editie van dit protocol opgesteld [1] waarin onder andere aanbevolen monitoringsmethoden aangescherpt zijn en nieuwe grenswaarden voor waarschuwing zijn opgenomen. Dit protocol schrijft diverse metingen voor die inzicht geven in verschillende stadia van blauwalgengroei. Met dit protocol voldoet Nederland aan de eisen van de Europese zwemwaterrichtlijn [2]. Een belangrijke afwijking ten opzichte van eerdere protocollen is dat alle blauwalgen nu als mogelijk toxisch worden beschouwd.

Volgens het protocol is de eerste stap een visuele inspectie van zwemlocaties op de aanwezigheid van (drijfvlagen van) blauwalgen. Indien er een drijfslag aanwezig is wordt deze visueel in drie categorieën ingedeeld. De samenstelling van de drijfslag kan eventueel microscopisch worden vastgesteld. Daarnaast wordt er standaard een fluorescentiemeting gedaan op een watermonster in het lab, eventueel gecombineerd met microscopisch onderzoek. De fluorescentiebepaling levert de 'concentratie chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen'. Dit is een specifieke bepaling gebaseerd op fluorescentiemetingen van chlorofyl-a en andere pigmenten, waaronder het blauwalgenpigment

fycocyanine. De concentratie 'chlorofyl-a geassocieerd met blauwalgen' is dus niet hetzelfde als een 'chlorofyl-A-concentratie' op basis van een spectrofotometrische bepaling (NEN 6520) [3].

Het microscopisch onderzoek wordt gebruikt om te vast te stellen welke soorten aanwezig zijn en het biovolume te bepalen. Op basis van meer dan 3800 metingen door AQUON en STOWA is een relatie vastgesteld tussen chlorofyl-a geassocieerd met blauwalgen en het biovolume van blauwalgen in mm³/L. Deze relatie is:

*'Chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen' [µg/L] = 2,838 * biovolume [mm³/L] met een R² van 0,647 [1]*

Door deze relatie wordt het mogelijk om biovolumebepalingen uit te wisselen met fluorescentiemetingen.

Een optisch alternatief om blauwalgen te meten

Een promotieonderzoek aan de Vrije Universiteit en het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) uit 2006 heeft de mogelijkheden in kaart gebracht om de verspreiding van blauwalgen vast te stellen vanuit de ruimte. De techniek is gebaseerd op het waarnemen van de kleur van de meest voorkomende blauwalgen. Deze kleur wordt veroorzaakt door het voor blauwalgen specifieke pigment fycocyanine. Het onderzoek resulteerde in een algoritme dat de verhouding meet van het blauwe fycocyanine ten opzichte van het groene pigment chlorofyl. Dit algoritme is uitgebreid getest op veldmetingen met een veldspectrometer en metingen van de concentratie van de pigmenten chlorofyl en fycocyanine. De referentiemetingen van de pigmenten werden deels uitgevoerd met 'High- Performance Liquid Chromatography' (HPLC) (met verscheidene opwerkingsmethoden) en deels op basis van fluorescentiemetingen op diverse locaties [4]. Dit algoritme wordt veel gebruikt voor satellietkartering van blauwalgen.

Ten tijde van dit onderzoek was de spectrale veldmeting een enigszins bewerkelijke bepaling, die vooral in het wetenschappelijke domein gebruikt werd. Inmiddels zijn veldinstrumenten voor spectrale metingen ver doorontwikkeld en geschikt voor gebruik door bijvoorbeeld waterschappen. Met deze apparatuur kan ter plekke een snelle optische bepaling van fycocyanine gedaan worden, zonder de noodzaak om een watermonster te nemen. Optische instrumenten zoals het WISPstation (zie verderop) worden al getest en gebruikt door Europese onderzoeksinstituten [5] en [6].

De optische meting is ook bij uitstek geschikt om drijfslagen ('scums') van blauwalgen vast te stellen. Deze zijn immers ook met het blote oog te zien. Aangezien de optische meting een puntmeting is, zijn categorieën van drijfslagdichtheid niet over een groter oppervlak te zien. Wel is zichtbaar hoe vaak (per dag) een drijfslagenindicator een positieve uitslag geeft (zie afbeelding 3).

Demonstraties en validaties in de Bosplas en Agnietenplas

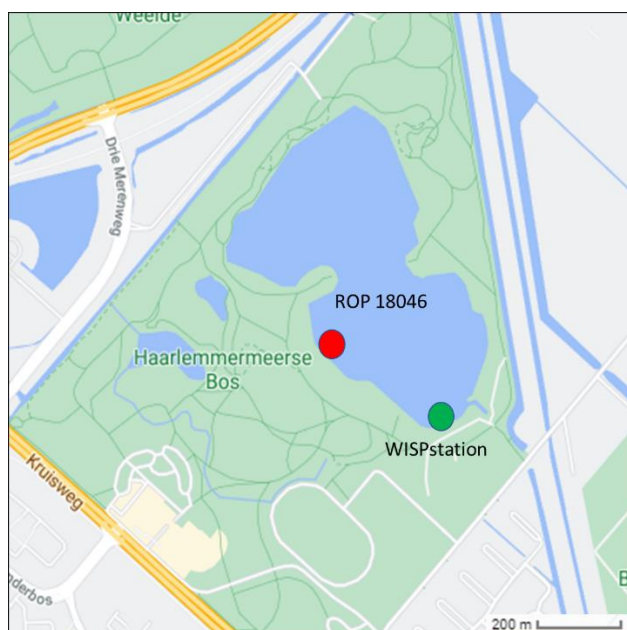
Het programma Startup in Residence (SIR) van de provincie Overijssel en een onderzoeksproject van het hoogheemraadschap van Rijnland boden een uitgelezen kans om de optische alternatieven voor blauwalgmetingen te testen in de Nederlandse praktijk. Water Insight (opgericht in 2005) houdt zich bezig met de ontwikkeling van operationele spectrale meetapparatuur. Het eerste product was een draagbaar instrument (WISP-3). Recentelijk is daar een apparaat bijgekomen dat geïnstalleerd wordt

op een vaste positie: het WISPstation. Het meet op een door de gebruiker te kiezen locatie en stuurt zijn data direct zelf naar een online database (WISPcloud). In het Paterswoldsemeer in Groningen staat al enige jaren een voorloper van de huidige WISPstation onder hoede van waterschap Noorderzijlvest, terwijl op dit moment ook de blauwalgenontwikkeling in het Volkerak-Zoommeer (west-Brabant) gemonitord wordt voor Rijkswaterstaat met behulp van een WISPstation. Dit artikel beschrijft de resultaten van studies in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Rijnland en de provincie Overijssel met het doel om te laten zien hoe optische metingen een kosteneffectieve ondersteuning kunnen bieden aan het monitoren ten behoeve van het blauwalgenprotocol.

Onderzoek en resultaten in de Haarlemmermeerse Bosplas

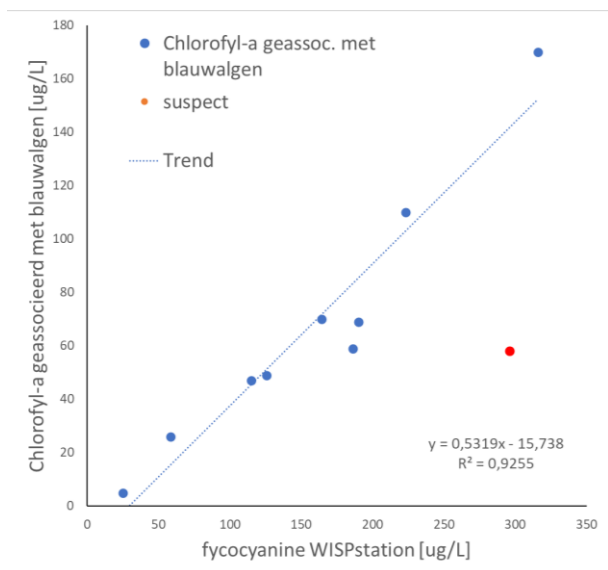
In de zomer van 2020 is een set metingen verzameld in de Bosplas bij Hoofddorp, om optische fycocyaninemetingen te vergelijken met gelijktijdige bepalingen van chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen (in het lab).

Het WISPstation was opgesteld op het meest zuidelijke punt van de Bosplas. Als referentie werd meetpunt ROP18046 gekozen. De punten liggen wat uit elkaar maar hebben een vergelijkbare ligging qua afstand tot de oever en waterdiepte (zie afbeelding 1). Het WISPstation deed elke 15 minuten een meting. Waarnemingen tussen 9:00 en 17:00 werden gemiddeld en vergeleken met de watermonsters van Rijnland.



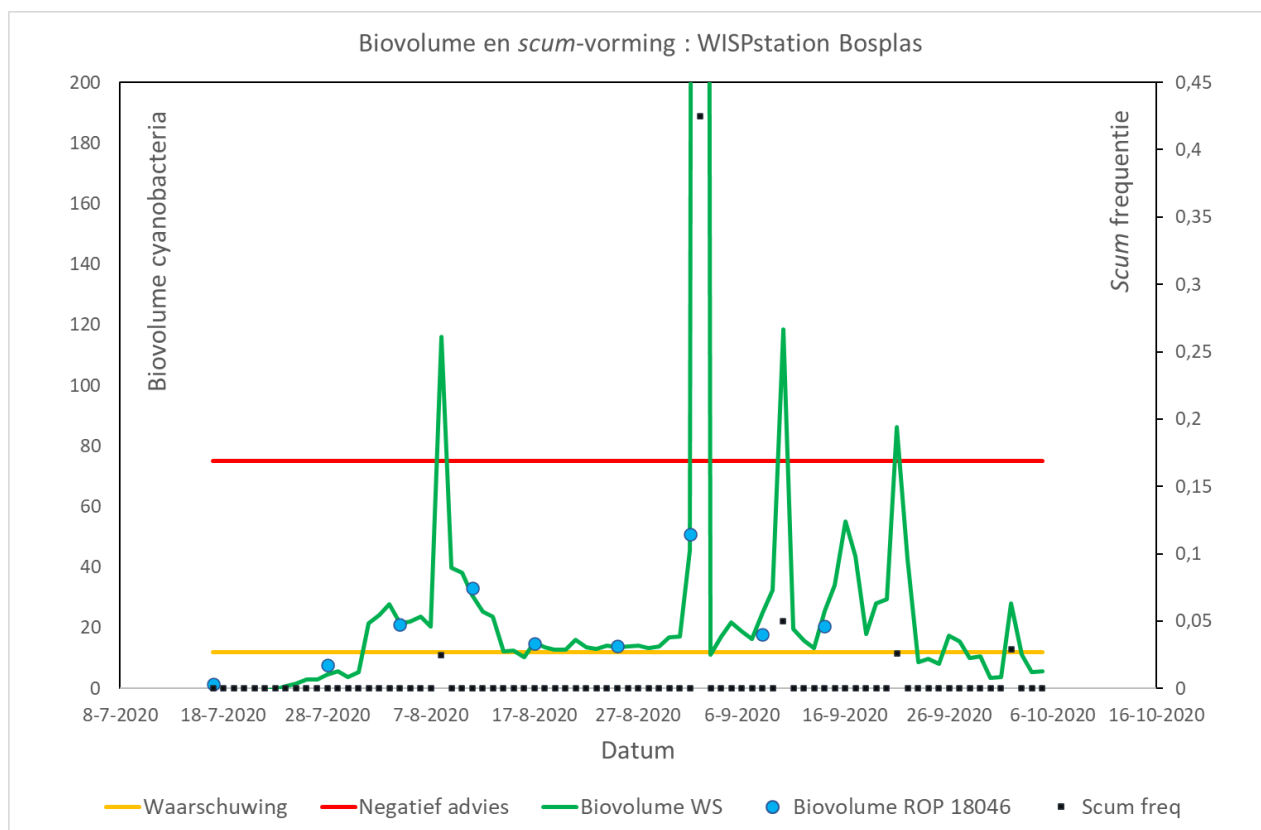
Afbeelding 1. Ligging van het WISPstation-meetpunt ten opzichte van het referentiemeetpunt ROP18046

Op tien dagen tussen 17 Juli en 22 September 2020 werd een watermonster genomen op het referentiemeetpunt. Deze werden vergeleken met metingen van het WISPstation. Van deze set waarnemingen liggen de meeste waarden goed op een lijn. Het afwijkende punt op 22 september heeft een zeer hoge variabiliteit binnen de dag, waardoor het daggemiddelde niet representatief is voor het watermonster (afbeelding 2). Op deze dag veranderde het weerbeeld van zomers naar herfstachtig.



Afbeelding 2. Correlatie tussen dagelijks gemiddelde WISPstation-fycocyaninemetingen en lab-chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen

Uit afbeelding 2 blijkt dat de fluorescentiemeting en de optische pigmentmetingen sterk aan elkaar gerelateerd zijn. Deze relatie tussen de optische fycocyaninemetingen en de chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen is vervolgens vertaald naar biovolume blauwalgen met behulp van de AQUON/STOWA-relatie. Hiermee ontstaat een optische meting van het biovolume blauwalgen die het blauwalgenprotocol kan invullen en aanvullen.



Afbeelding 3. Biovolume blauwalgen berekend uit het WISPstation (in groen). De zwarte blokjes geven het aantal meetmomenten aan waarop drijfslagen (scums) voorkwamen, zoals waargenomen met het WISPstation per dag in de Bosplas. De gele en rode horizontale lijn geven de grenzen voor ‘waarschuwing’ en ‘negatief zwemadvies’ uit het blauwalgenprotocol aan. De blauwe cirkels zijn de meetwaarden van Biovolume op ROP18046, gebruikt voor de kalibratie

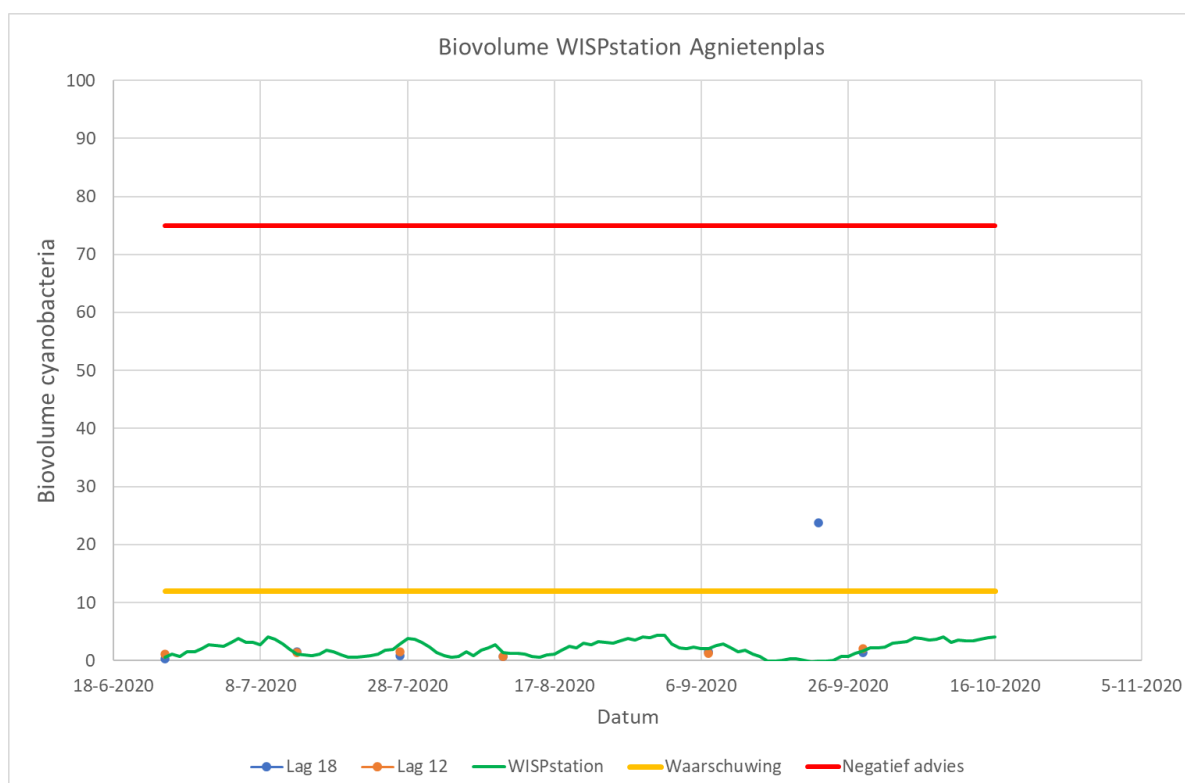
In afbeelding 3 zijn de resultaten te zien van de biovolumeberekening uit de WISPstation-metingen. Het biovolume op basis van optische metingen geeft een duidelijke indicatie of de locatie geheel veilig is, onder waarschuwing is of zelfs onder negatief zwemadvies. Op de dagen dat er een negatief zwemadvies op basis van de optische metingen zou worden ingesteld werden in bijna alle gevallen ook drijfslagen vastgesteld met de optische meting. In één geval is er wel een drijfslag vastgesteld, maar een laag biovolume. Wat opvalt is dat de perioden van negatief zwemadvies zeer kort zijn (1 a 2 dagen) terwijl er relatief veel dagen zijn waar de biovolumemetingen slechts licht boven de waarschuwingdrempel liggen. De kansen op ‘vals positieve’ of ‘vals negatieve’ meldingen bij beide grenswaarden lijken klein op basis van deze set waarnemingen. Er is een aantal momenten met piekwaarden die niet werden vastgesteld met de reguliere monitoring.

Onderzoek en resultaten in de Agnietenplas

In de Agnietenplas bij Zwolle werd het WISPstation opgesteld dicht bij bemonsteringspunt Lag 12 (afbeelding 4). Volgens het zwemwaterprofiel kan in deze plas blauwalgenbloei voorkomen.



Afbeelding 4. Locatie bemonsteringspunten in de Agnietenplas



Afbeelding 5. Validatie van WISPstation-biovoolumetingen in de Agnietenplas. De data zijn berekend met de ijklijn vastgesteld in de Bosplas

De validatie van de biovolumemetingen in de Agnietenplas laat zien dat ook hier de berekende optische biovolumes goed in overeenstemming zijn met de gemeten biovolumes in de watermonsters. De daggemiddelde biovolumemetingen met het WISPstation (groene lijn in afbeelding 5) laten zien dat er ook tussen de watermonsters geen waarschuwing hoefde te worden uitgegeven op basis van het nieuwste blauwalgenprotocol. Er is een enkele uitzondering op 22 September 2020, toen op Lag 18 een biovolume van 23,8 mm³/L en op Lag 12 een biovolume van 513,4 mm³/L werd gemeten. Het WISPstation laat dergelijke waarden op geen enkel moment van die dag zien. Ook zijn er over de gehele meetperiode op de locatie geen drijfslagen vastgesteld. Dit zou dus een mogelijke vals negatieve melding kunnen zijn.

Conclusies

Optische metingen van het blauwalgenpigment fycocyanine zijn reeds enige tijd bekend en gevalideerd. Dit onderzoek legt een eerste relatie tussen deze metingen, metingen van chlorofyl-A geassocieerd met blauwalgen (met fluorescentie) en biovolume blauwalgen (microscopische tellingen). De resultaten lijken goed bruikbaar om continu vast te stellen of er een waarschuwing of negatief zwemadvies moet worden afgegeven. Daarnaast kan direct worden vastgesteld of de waarschuwing nog steeds geldt, waardoor wateren niet voor langere tijd hoeven te worden gesloten. De meting geeft geen inzicht of de aanwezige blauwalgen toxisch zijn of niet. De optische meting kan naar de mening van de auteurs worden gebruikt om het aantal te nemen watermonsters en bemonsteringstijdstippen te optimaliseren.

In het Blauwalgenprotocol 2020 wordt aanbevolen dat in het blauwalgenseizoen dagelijkse visuele inspectie plaatsvindt, mogelijk uitgevoerd met een webcam, digitale foto's of remote sensing. Metingen met het WISPstation sluiten hier goed bij aan en leveren daarnaast ook kwantitatieve informatie over het biovolume van blauwalgen. Om die reden zou het aan te bevelen zijn om verder onderzoek te doen naar acceptatie en toepassing van de optische meting binnen het blauwalgenprotocol. Dit wordt ook geadviseerd in de STOWA-publicatie *Beslisschema voor het inlaten van water met blauwalgen* [6].

Referenties

1. Schets, F.M. et al. (2020). *Blauwalgenprotocol 2020*. RIVM-briefrapport 2020-0107, Bilthoven, RIVM.
2. Europese Economische Gemeenschap (1976). *Council Directive of 8 December 1975 concerning the Quality of Bathing Water (76/160/EEC)*:
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31976L0160:EN:HTML>
3. NEN 6520:2006/C1:2011 nl. *Water – Spectrofotometrische bepaling van het gehalte aan chlorofyl-A*.
4. Simis, S.G.H., Peters, S.W.M., Gons, H.J. (2007). 'Remote sensing of the cyanobacterial pigment phycocyanin in turbid inland water'. *Limnology and Oceanography* 50 (1), 237-245
5. Riddick, C. et al.. (2019). *D5.3: Final Validation Report, EOMORES Project Deliverable*, DOI: 10.5281/zenodo.4057057
6. Bresciani, M. et al.. (2020): 'The Use of Multisource Optical Sensors to Study Phytoplankton Spatio-Temporal Variation in a Shallow Turbid Lake'. *Water*, 12, 284. <https://doi.org/10.3390/w12010284>

7. Kardinaal, E. en Jagt, H. van der (2020). *Beslisschema voor het inlaten van water met blauwalgen*. Stowa rapport 2020-35, ISBN 978.90.5773.909.5, Stowa, Amersfoort.