



Een logger

AUTEURS



Gea H. van der Lee en Ralf C. M. Verdonchot
(Wageningen University and Research)



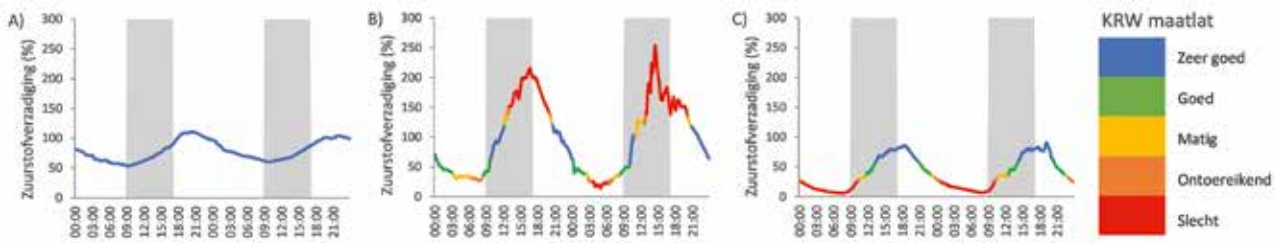
Piet F. M. Verdonchot
(Wageningen University and Research)

HOE KAN CONTINUE MONITORING ECOLOGISCHE DOELLEN DICHTERBIJ BRENGEN?

In veel waterlichamen is de ecologische waterkwaliteit ontoereikend en is het doelbereik voor de Kaderrichtlijn Water nog ver weg. Naast de biologie worden ook abiotische milieuparameters gemeten, maar op basis van deze huidige meetgegevens is de precieze oorzaak van de lage waterkwaliteit vaak niet te achterhalen. Dit artikel laat zien dat het diagnostisch inzicht achter de ontoereikende ecologische waterkwaliteit sterk toeneemt als waterlichamen bij monitoring meer als een dynamisch systeem worden gezien.

In het huidige KRW-monitoringsprogramma wordt het oordeel over de ecologische waterkwaliteit vastgesteld op basis van gestandaardiseerde inventarisaties van gemeenschappen van vissen, macrofauna, planten en algen. Daarnaast wordt het abiotische milieu gekarakteriseerd door op bepaalde momenten in de tijd fysische-chemische en hydromorfologische parameters te meten. Uit tussentijdse rapportages blijkt dat de biologische waterkwaliteit in de meeste waterlichamen matig tot slecht scoort.

Om in 2027 aan de doelen van de Kaderrichtlijn water te voldoen is voor deze waterlichamen herstel noodzakelijk. Maar om de juiste maatregelen te nemen moet per waterlichaam een diagnose worden gesteld van de oorzaak achter de ontoereikende biologische toestand. Op basis van de abiotische milieuparameters, zoals die nu worden gemeten, is vaak niet te achterhalen waardoor dit komt. Dit onderzoek gaat in op de vraag waarom de huidige abiotische metingen weinig diagnostisch inzicht geven in de oorzaak achter de ontoereikende ecologische waterkwaliteit. We besluiten met aanbevelingen over hoe we de abiotische milieuparameters in de toekomst beter kunnen monitoren.



Figuur 1: Zuurstofhuishouding in drie laagveensloten langs een eutrofiëringsgradiënt: A) mesotroof, B) eutroof en C) hypertroof. De zuurstofverzadiging is gekleurd op basis van de kwaliteitsbeoordeling van de KRW-maatlat. Het tijdsblok waarin veldmedewerkers standaard een zuurstofmeting doen is aangegeven met grijze balken. De metingen zijn 10 cm diepte in de zomer genomen (02/09/2016 - 03/09/2016)

Onderzoek naar abiotische milieuparameters

Ons onderzoek richtte zich op een fysisch-chemisch en een hydromorfologisch voorbeeld met betrekking tot de zuurstofhuishouding en de afvoerdynamiek.

Zuurstofhuishouding

We hebben de zuurstofhuishouding onderzocht in drie laagveensloten langs een eutrofiëringsgradiënt. De zuurstofconcentraties zijn iedere 10 minuten voor vijf dagen in ieder seizoen gemeten (details in Van der Lee et al. 2018¹). In alle sloten werd een dag-nachtritme in de zuurstofverzadiging van het water waargenomen (Figuur 1). Overdag produceren waterplanten en algen zuurstof. In de nacht wordt door alle organismen zuurstof gebruikt. In de geëutrofiëerde sloten kunnen planten en algen echter overmatig groeien door uitspoeling van meststoffen. In deze sloten werd in de nacht meer zuurstof gebruikt, waardoor er in de zomermaanden zuurstofloosheid ontstond.

Nu wordt standaard tijdens 'kantooruren' (tussen 9:00 - 17:00) één zuurstofmeting in een oppervlaktewater genomen. In eutrofe en hypertrofe sloten kan afhankelijk van het tijdstip van de meting iedere score van 'slecht' tot 'zeer goed' worden behaald (Figuur 1B en 1C). Bijna alle organismen hebben echter zuurstof nodig om te overleven. Door overdag één meting te doen, worden niet de mate en duur van de zuurstofdips in de nacht waargenomen, terwijl deze extreme parameterwaarden juist een belangrijk diagnostisch inzicht geven waarom bepaalde zuurstofgevoelige organismen niet voorkomen.

Afvoerdynamiek

In natuurlijke laaglandbeken is de waterafvoer gematigd dynamisch; water wordt lang vastgehouden in de beek en het beekdal, en langzaam naar benedenstrooms afgegeven. Doordat veel beken zijn genormaliseerd, het beekbegeleidende bos langs

de beekoevers is gekapt en de aanliggende percelen zijn gedraineerd, stroomt het water veel sneller af. Hierdoor kunnen bij extreme regenbuien hoge afvoerpieken ontstaan. Gedurende een afvoerpiek neemt de stroomsnelheid in de beek sterk toe.

Om te onderzoeken wat de ecologische effecten van deze afvoerpieken zijn, hebben we twee jaar lang de afvoerdynamiek en de populatieontwikkeling van kokerjuffer-soort *Agapetus fuscipes* gemeten in vier laaglandbeken (details in Van der Lee et al. 2020²). De gegevens lieten zien dat een afvoerpiek tijdens het kwetsbare eerste levensstadia in het voorjaar/vroege zomer fataal kan zijn voor de kokerjufferpopulatie, die indicatief is voor laaglandbeken met een goede milieukwaliteit. Waarschijnlijk worden de jonge larven tijdens een grote afvoerpiek weggespoeld en komen ze op plekken terecht waar ze niet kunnen overleven. Dit onderzoek geeft aan dat vooral de extremen in de afvoer tijdens kwetsbare levensstadia een belangrijke oorzaak kunnen zijn voor het verdwijnen van soorten. Omdat een afvoerpiek meestal binnen een dag komt en gaat, bestaat er een grote kans dat door alleen ver benedenstrooms van de ecologische meetlocatie het waterniveau te loggen of door op de ecologische meetlocatie slechts op het moment van monsternamen de stroomsnelheid te meten, deze incidenten niet of onvoldoende worden waargenomen.

Van statische naar dynamische systemen

In de huidige monitoring wordt ervan uitgegaan dat oppervlaktewater statische systemen zijn, waar met een lage meetintensiteit voldoende beeld van de abiotische milieuomstandigheden wordt verkregen. Onze onderzoeken toonden aan dat zoetwaterecosystemen juist erg dynamisch kunnen zijn. De abiotische milieuparameters variëren per seizoenen, van dag tot dag afhankelijk van bijvoorbeeld de neerslag, en zelfs binnen een dag door dag-nacht cycli van licht en

Waterlichamen
als dynamisch
systeem

40

temperatuur. Waterorganismen zijn aanpast aan deze natuurlijke dynamiek in het milieu.

Als deze natuurlijke dynamiek echter wordt verstoord door menselijke activiteiten, kan dit leiden tot stress bij waterorganismen. Het voorbeeld over de afvoerdynamiek liet zien dat het effect van deze stress op de levensgemeenschap wordt bepaald door de 'blootstelling' aan de stressoren (ongunstige waarden van milieuparameters) maal de 'gevoeligheid' van de organismen. Door milieuparameters enkel op bepaalde momenten in de tijd te meten, wordt een onvolledig beeld verkregen van de dynamiek van het watermilieu. Hierdoor worden de uitersten in de abiotische milieuparameters, de knelpunten voor organismen, over het hoofd gezien.

Opties voor hoogfrequente metingen

Om een geïntegreerd beeld van de abiotische milieuparameters te verkrijgen, moeten voor organismen belangrijke parameters continu worden gemeten. Door recente technologische ontwikkeling van dataloggers en sensoren is het mogelijk om hoogfrequente metingen automatisch te nemen en op te slaan. Voor de meeste fysisch-chemische parameters die zijn voorgeschreven in het huidige KRW-monitoringsprogramma, zijn relatief goedkope (veelal < 1000 euro per stuk) en gemakkelijk te gebruiken dataloggers met geïntegreerde sensoren beschikbaar. Het is hierdoor mogelijk om onder andere de watertemperatuur, lichtintensiteit, zuurstofgehalte, pH, zoutgehalte (geleidbaarheid) en troebelheid (turbiditeit) hoogfrequent te meten.

De ontwikkeling om hoogfrequent nutriënten in het water te meten, is ingewikkelder. Voor nitraat en ammonium zijn dataloggers met geïntegreerde ion-selectieve elektroden beschikbaar (< 1000 euro), maar deze zijn minder betrouwbaar en nauwkeurig dan de duurdere optische (> 10.000 euro; alleen nitraat) of nat-chemische sensors (> 10.000 euro; nitraat, ammonium en fosfaat)³.

Voor de hydrologie kan met behulp van waterniveauloggers en een bekend dwarsprofiel een kosteneffectief en voor de ecologie voldoende nauwkeurig beeld worden verkregen van de lokale afvoerdynamiek. Ook kunnen morfologische processen, zoals sediment-

transport en substraatbewegingen, hoogfrequent worden gemonitord met bijvoorbeeld geautomatiseerde digitale camera's of sensoren.

Het gebruik van sensoren en dataloggers in de praktijk

Tijdens ons onderzoek zijn enkele zaken naar voren gekomen waar rekening mee moet worden gehouden bij het gebruik van sensoren en dataloggers in de praktijk. Daarnaast kwamen we tijdens de communicatie over de resultaten ook andere monitoringsonderwerpen tegen die van belang zijn om te benadrukken.

1. Wat is het doel van de monitoring en wat moet je daarvoor meten?

Allereerst moet het doel van de monitoring worden bepaald, m.a.w. waarom ga je monitoren? Het doel kan bijvoorbeeld zijn om op basis van abiotische processen te diagnosticeren waarom een bepaald waterlichaam een slechte ecologische waterkwaliteit heeft. Het is echter onmogelijk alle milieuparameters te monitoren, al was het maar om financiële redenen. Er moet dus vooraf worden bepaald welke parameters op de betreffende locatie een rol kunnen spelen in de verstoring, m.a.w. wat ga je meten?

Een indicatie van de mogelijke verstoringen kan worden gebaseerd op basis van de milieu- en habitatpreferenties van de soorten die in het waterlichaam zijn aangetroffen. Soorten hebben namelijk verschillende aanpassingen die bepalen onder welke abiotische omstandigheden ze kunnen overleven of juist niet m.a.w. kunnen de aard van de stress indiceren. Omgekeerd kan ook een stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse (SESA) worden uitgevoerd waarmee de potentiële stressoren kunnen worden opgespoord die vervolgens ter verificatie kunnen worden gemonitord.

2. Wanneer, hoe vaak in de tijd en waar is de meting het meest effectief?

Op basis van het doel moet vervolgens een monitoringsprotocol worden opgesteld om de betreffende parameters het meest effectief te meten. Belangrijk hierbij is inzicht te hebben in de tijdsspanne waar-

binnen de relevante processen wanneer in het jaar verlopen.

Uit ons onderzoek bleek bijvoorbeeld dat de zuurstofgehaltes een dag-nacht ritme volgen en afhankelijk zijn van het seizoen. Voor de zuurstofhuishouding verdient het bijvoorbeeld aanbeveling om hoogfrequente metingen gedurende een aantal warme zomerdagen te nemen, omdat dan zuurstofdips kunnen optreden. Ook de keuze voor de meest geschikte opstelling in het waterlichaam is essentieel. De meest effectieve plaats van het meten hangt af van de ruimtelijke variatie van de relevante processen en het voorkomen van de beoogde indicatorsoorten.

3. Hoe kan een meetnetwerk duurzaam en kosten-effectief worden gerealiseerd?

Uit ons onderzoek bleek dat de inzet een mobiele constructie met sensoren en dataloggers kosten-effectief was. Een PVC buis of stalen kooi kan worden gebruikt om de apparatuur te beschermen tegen vandalisme. Ook verdient het aanbeveling de opstelling buiten het zicht van drukbezochte gebieden te plaatsen. Belangrijk bleek dat de meetopstelling periodiek onderhouden wordt, zeker omdat aangroei de nauwkeurigheid van de sensoren kan beperken.

4. Hoe moet de data worden verwerkt en geïnterpreteerd?

Als laatste moet worden bepaald hoe de data geanalyseerd gaat worden om bruikbare informatie op te leveren. Sensoren en dataloggers kunnen grote hoeveelheden data genereren. Voor de analyse zijn aspecten als de intensiteit, frequentie, voorspelbaarheid en duur van de verstoring relevant en steeds gekoppeld aan de vraag die beantwoord moet worden. Hier ligt echter ook een kennishiaat; hoe de analyse en interpretatie van hoogfrequente abiotische gegevens toegankelijker gemaakt kunnen worden voor de waterbeheerder behoeft aanvullend onderzoek.

Conclusies

Met hoogfrequente metingen van abiotische milieuparameters kan een integraal beeld van de dynamiek in het oppervlaktewater over de tijd worden verkregen; het ecosysteem functioneren. Hierdoor

kunnen verstoringen in het waterlichaam worden waargenomen, die alleen op bepaalde momenten in de tijd optreden en veelal zouden worden gemist bij momentopnames. In combinatie met andere analyses kunnen deze inzichten een waardevolle bijdrage leveren aan een betere diagnose van de ontoereikende ecologische waterkwaliteit.

Financiering

Dit artikel is mede tot stand gekomen door de financiering van de Kennisimpuls Waterkwaliteit en het onderzoeksprogramma Smart Monitoring (UvA).

Gea H. van der Lee, Ralf C. M. Verdonschot,
Piet F. M. Verdonschot (*Wageningen University and Research*)

Bronnen

1. Van der Lee, G. H. et al. [2018]. Dissolved oxygen dynamics in drainage ditches along a eutrophication gradient. *Limnologica*, 72, 28-31.
2. Van der Lee, G. H. et al. [2020]. Persist or perish: critical life stages determine the sensitivity of invertebrates to disturbances. *Aquatic Sciences*, 82, 1-11.
3. Pellerin, B. A. et al. [2016]. Emerging tools for continuous nutrient monitoring networks: Sensors advancing science and water resources protection. *JAWRA*, 52(4), 993-1008.

SAMENVATTING

De huidige monitoringsprogramma's geven veelal weinig diagnostisch inzicht in de oorzaak achter een ontoereikende waterkwaliteitscore, doordat oppervlaktewateren worden bemeaten als statische systemen. In dit artikel laten we zien dat door dataloggers met geïntegreerde sensoren gericht in te zetten, een integraal beeld van de dynamiek in het abiotische milieu over tijd kan worden verkregen. Hierdoor kunnen verstoringen in het waterlichaam, die alleen op bepaalde momenten in de tijd optreden en veelal zouden worden gemist bij momentopnames, worden waargenomen.

Waterlichamen
als dynamisch
systeem