



Een bredere aanpak in de evaluatie van oppervlakte-waterkwaliteit: we moeten de ruimte in!

GIUSEPPE FRAPPORTI, IWACO

ROEL KNOBEN, IWACO

LIDWIEN WILLEMSE, WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN

ANNE FORTUIN, WATERSCHAP ZEEUWSE EILANDEN

Dit artikel bevat een pleidooi voor het meer ruimtelijk gespreid inrichten en evalueren van meetnetten voor oppervlaktewaterkwaliteit. De huidige meet- en evaluatiepraktijk is gericht op veel in de tijd meten en doet te weinig recht aan nieuwe vragen in het waterbeheer die vaak een gebiedsgerichte en ruimtelijke component kennen. Wij pleiten voor het ontwikkelen van een denkkader waarbinnen het ruimtelijk evalueren van meetnetinformatie ondersteund wordt met multi-variate statistische methoden die in andere vakgebieden al in gebruik zijn.

Wanneer fysisch-chemische gegevens van oppervlaktewaterkwaliteit worden verwerkt en geïnterpreteerd valt op dat de nadruk ligt op het meetpuntgewijs en parametergewijs evalueren van de meetnetinformatie (o.a. Waterschap Friesland, 1994). De reden hiervan ligt voor een belangrijk deel in de variatie in de tijd, of populairder gezegd de seizoensinvloed, die een grote rol speelt bij de waterkwaliteit.

De huidige wijze van meten en evalueren

Het ligt voor de hand op een meetpunt veel in de tijd te gaan meten om deze seizoensinvloed in de vingers te krijgen. De huidige aanbevelingen voor normtoetsing zijn hier op aangepast en vereisen dan ook veel meetgegevens in de tijd om '90-percentielen', zomer- of jaargemiddelden te kunnen berekenen. De traditie van vaak meten in de tijd is doorgevoerd in routinematige meetnetten, waarbij ook op vaste locaties veel (meestal maandelijks) in de tijd wordt gemeten. Ook in algemene studies spreekt het gevoel dat een hoge meetfrequentie nodig is om tot een genuanceerde (dat wil zeggen nauwkeurige) uitspraak te komen over de waterkwaliteit. Dit geldt zeker bij het vaststellen van langjarige trends

of het monitoren van effecten van beleidsmaatregelen. Immers, de vast te stellen trend moet boven 'de ruis' van de seizoensinvloed snel en betrouwbaar te detecteren zijn. Bij het meetnet van het waterschap Zeeuwse Eilanden (WZE) werden, ondanks hoge meetfrequenties en lange meetreeksen, tegen de verwachting in relatief weinig significante en relevante trends gedetecteerd (IWACO, 1999).

De statistische gereedschapskist, behulpzaam om de meetgegevens reproduceerbaar te evalueren, zit vol met statistische methoden die zich richten op het omgaan met de tijdsvariatie. De recent gepubliceerde aanpak voor meetnetevaluatie presenteert een groot aantal geavanceerde statistische methoden die optimaal kunnen omgaan met de tijdsvariatie (STOWA, 1998). Ze maken het mogelijk trends snel op te pikken of op voorhand al een uitspraak te doen over de minimaal benodigde meetfrequentie om gespecificeerde trends in de toekomst überhaupt te kunnen detecteren. Hoewel er redelijk gebruikersvriendelijke software is om deze testen uit te voeren (bijvoorbeeld WatQual 2.0 en SPSS), is het werk voor specialisten geworden om gezonde conclusies uit de resultaten van de statistische toetsingen te halen. Ook de in de STOWA aanpak

genoemde statistische gereedschappen evalueren de waterkwaliteit per afzonderlijk meetpunt en afzonderlijke parameter.

Nu zijn we weer terug bij het begin van dit betoog. Routinematige meetnetten van regionale waterbeheerders hebben tientallen meetpunten waarvan de waterkwaliteit op een breed parameterpakket relatief hoogfrequent worden onderzocht (nutriënten, veldmetingen, chloride, zware metalen, en in mindere mate macro-ionen, bestrijdingsmiddelen etc.). De gangbare evaluatie resulteert in een 'evaluerend verhaaltje' per meetpunt en per meetpunt voor elke gemeten parameter in een individuele beschrijving, statistische trendanalyse en normtoetsing. Zodoende leidt een (meetnet)evaluatie tot een dik rapport met een groot aantal losstaande 'verhaaltjes', met als gevolg verlies van overzicht; na het lezen van een paar locaties en een paar parameters raakt de lezer vaak het spoor bijster.

Naar een gebiedsgerichte evaluatie

Toch ontstaat vroeg of laat bij de beheerder de noodzaak en behoefte om de waterkwaliteit in een beheersgebied in één verhaal te beschrijven. Dit vraagt om een gezamenlijke evaluatie van alle meetpunten en resulteert in een algemeen, gemiddeld beeld. Deze samenvoeging of groepering van meetpunten kan regionaal plaatsvinden (afvoergebieden, watersystemen), maar ook thematisch of functiegericht (natuurgebieden versus landbouwgebieden). Dit strookt met recente ontwikkelingen in de informatiebehoefte zoals de Regionale Watersysteemrapportage (IPO, 1998) en de EU-nitraatrichtlijn.

Per definitie leidt het evalueren van meetpunten in groepen tot een zeker verlies van informatie bij het genereren van geschikte informatie op een hoger abstractieniveau (bv. watersysteem of afvoergebied). Interessante locaties worden op deze wijze weggemiddeld met de andere, wellicht minder interessante locaties.

Naast het gecombineerd evalueren van meetlocaties zal het gecombineerd evalueren van parameters tot een verbeterd eindoordeel over de waterkwaliteitssituatie leiden. Een conclusie over de waterkwaliteitssituatie gebaseerd op één bepaalde parameter dient consistent te zijn met de conclusies op basis van andere parameters, indien deze via een waterkwaliteits- of verontreinigingsproces gecorreleerd zijn. Een voorbeeld is dat verontreinigingsbronnen gelijktijdig meerdere stoffen in het systeem brengen, zodat deze stoffen een correlatie vertonen. Een ander voorbeeld uit de praktijk is de bijdrage van zout (grond)water aan de verslechtering van de

waterkwaliteit. Vaak wijst de beheerder de bijdrage van sulfaat en fosfaat direct toe aan dit grondwater, maar een nader onderzoek naar de correlatie met chloride is hier op zijn plaats. Afb. 1 bevat een xy-diagram van chloride tegen sulfaat (uit de evaluatie van het meetnet WZE, IWACO 1999), waarin individuele monsters staan weergegeven gelabeld naar seizoen.

Duidelijk is te zien dat de correlatie tussen chloride en sulfaat hoog is en dat het sulfaat met zout grondwater mee lijkt te komen. Dit verband is beschreven met de zeewater-verdunningslijn: chloride en sulfaat komen in een vaste verhouding voor in zeewater en worden verdund met neerslagwater met een andere verhouding. Echter, in het chloride traject tussen ongeveer 500 en 3000 mg/l is een groep, van grotendeels in de winter genomen monsters te herkennen, die boven deze lijn liggen, dus verrijkt zijn met sulfaat.

Oppervlaktewater met meer dan 500 mg/l heeft in Zeeland een duidelijke zeewaterbron, en de verrijking ten opzichte van deze lijn duidt op een extra sulfaatbron in deze groep van oppervlaktewaterlocaties. Deze bron kan bestaan uit sulfidemineralen in de zeekleibodem. Door peilverlaging in de winter en vervolgens intreden van zuurstof in de bodem kunnen deze sulfiden worden geoxideerd en in de vorm van sulfaat afgevoerd naar het oppervlaktewater. Dit proces kan dus samengaan met het veraarden of inzakken van de bodem als gevolg van peilverlaging, die ook leidt tot mobilisatie van fosfaat en stikstof uit de bodem.

Uit dit voorbeeld blijkt ook dat grote variaties in waterkwaliteit in de ruimte voorkomen binnen een beheersgebied (van zeer zout tot zeer zout en sulfaat verrijkt). Bij het WZE is dit met variantie-analyse ook aangetoond: de variaties van parameters tussen de locaties (in de ruimte) bleken significant groter dan binnen een locatie (in een tijdreeks). Het is echter moeilijk om hier een goed beeld van te krijgen omdat huidige meetnetten relatief weinig 'in de ruimte' monitoren. Bovendien liggen de meetlocaties vaak 'stroomafwaarts' in het watersysteem, bijvoorbeeld bij een gemaal. Deze locaties vormen een soort mengvat van alle waterkwaliteit die stroomopwaarts is ontstaan.

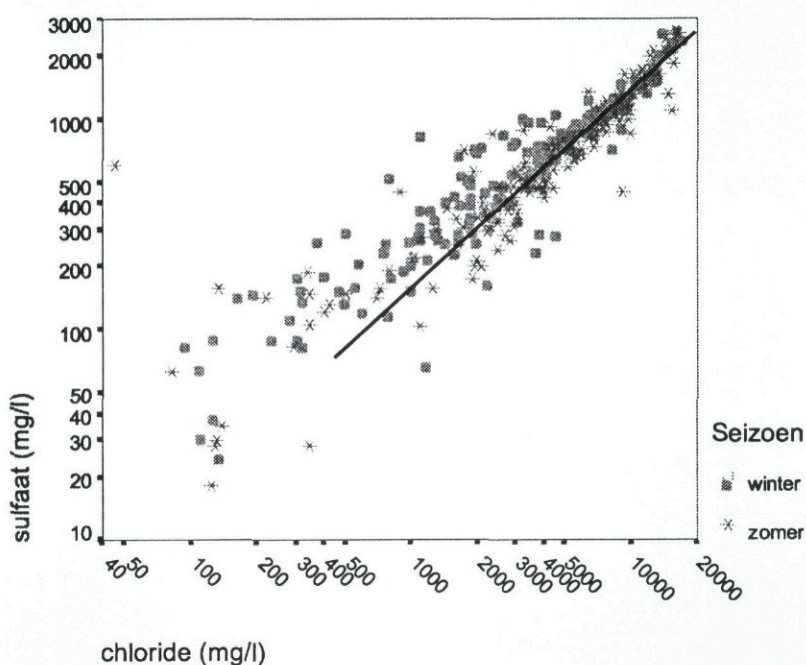
De behoefte aan een ruimtelijke benadering

De behoefte bestaat om meer van de waterkwaliteit in het achterliggende gebied te weten te komen. Integraal waterbeheer, watersysteemanalyses en -verkenningen vereisen meer gebiedsinzicht of gebiedsdekkend beeld en hieraan gekoppeld inzicht in de processen

die de waterkwaliteit vormen. De toenemende aandacht voor diffuse bronnen (landbouw, kwelwater, depositie en diffuse emissies) maakt het nodig in te kunnen schatten welke investeringen tot een efficiënte waterkwaliteitsverbetering leiden. De bijdrage van de afzonderlijke bronnen aan de waterkwaliteit is ons inziens het beste te bepalen door in het beheersgebied of watersysteem deelgebieden te ontdekken waar deze invloed duidelijk aanwezig is, in plaats van bij een gemaal of hoofdwatertgang een gemiddelde (meng)oppervlaktewaterkwaliteit proberen te ontrafelen in een grondwater-, afvalwater-, neerslagwater- en agrarische uitspoelingscomponent. Ook de

ding in de ruimte dat de meetfrequentie op de locaties omlaag zal moeten. Op zich is dit niet bezwaarlijk, want het is geen doel van een meetlocatie om deze seizoens- of tijdsvariaties keer op keer vast te stellen. Het is veeleer zaak om verstandig met de seizoensinvloed om te gaan, zodat een betrouwbaar en vergelijkbaar (met andere locaties en andere meetjaren) beeld van de waterkwaliteit gewaarborgd blijft.

De in dit artikel voorgestelde aanpak is om voorzichtig te beginnen met meten van de waterkwaliteit in de ruimte. Een deel van de vaste, hoogfrequente meetlocaties blijft



Afb. 1 Chloride vs sulfaat-seizoensgemiddelde concentratie in monsters in het beheersgebied van Waterschap Zeeuwse Eilanden (89 meetpunten, meetfrequentie: 12 keer per jaar; (zomer = april t/m september; winter = oktober t/m maart).

ecologische waterkwaliteit kan beter niet vastgesteld worden in het mengvat nabij gemalen of grote watergangen, maar ook juist in de kleine wateren in natuur-, stedelijke en landbouwgebieden. Hier zijn meer structurelementen aanwezig. Al met al reden genoeg om op meer meetpunten in het gebied zelf te gaan meten.

Idealiter zouden dus veel meer meetpunten stroomopwaarts in het achterliggende gebied moeten liggen. Omdat daar de variaties naar verwachting in de tijd nog groter zijn moeten deze locaties met een minstens even hoge meetfrequentie worden onderzocht. Hiervoor zullen vaak de logistieke en financiële middelen ontbreken.

Aanpassing van het meetnet

Bij gelijkblijvende of beperkte uitbreiding van meetnetbudgetten betekent een uitbrei-

bestaan om normtoetsingen en vrachtberekeningen te kunnen uitvoeren op een beperkt aantal locaties en langjarige trends zo snel en betrouwbaar mogelijk te kunnen vaststellen. Een deel van de vaste locaties zou kunnen worden omgezet in ruimtelijke locaties. Als bijvoorbeeld 10 vaste locaties met maandelijkse metingen worden 'omgezet' in ruimtelijke locaties, kunnen 120 locaties in de ruimte per jaar bezocht worden. Als we een zomer- en wintermeting wensen, om iets te kunnen zeggen over de zomer en wintervariatie, houden we nog 60 te bezoeken locaties per jaar over. Aanvullend kunnen de 'ruimtelijke' locaties ieder jaar opnieuw aselekt worden gekozen, zodat na een aantal jaren een dicht gebiedsdekkend beeld van de waterkwaliteit ontstaan met inzicht in de ruimtelijke variaties van de waterkwaliteit. Het jaarlijks aselekt selecteren van locaties biedt statistisch gezien

de mogelijkheid om ieder jaar een representatieve schatting van de gebiedsgemiddelde waterkwaliteit uit te rekenen en dit gemiddelde in de tijd op jaarbasis te gaan volgen. Met andere woorden de hoeveelheid monsters die nu vooral in de tijd worden ingezet om op vaste locaties trenduitspraken te doen wordt nu uitgesmeerd over de ruimte om ook gebiedsgemiddelde trends te kunnen detecteren.

Statistische methoden bij ruimtelijk meten

De meer ruimtelijk gerichte aanpassing van het waterkwaliteitsmeetnet zal in de loop

den vinden hun basis in de mijnbouw en erts-exploratie, waar ook het hoofddoel was het opsporen van ruimtelijke patronen en processen die de ligging en vorming van het ertslichaam bepalen (Vriend, 1992). Het gaat vooral om multi-variate methoden zoals factoranalyse en clusteranalyse. Deze multi-variate methoden hebben ook ingang gevonden in de ecologie waar de grote aantallen soorten en de locaties waar ze zijn opgenomen via technieken als CANOCO en FLEXCLUS worden samengevoegd in vegetatie- of macrofaunatypen. Ook in grondwaterkwaliteitsonderzoek zijn technieken als factor analyse en fuzzy c-means clusteranalyse toegepast om de belangrijke waterkwaliteitsprocessen te ontrafelen (Frapporti, 1994).

Het gaat echter te ver om te zeggen dat de technieken, klaar voor gebruik, op de plank liggen voor toepassing in de evaluatie van oppervlaktewaterkwaliteit. De evaluatie van het WZE-meetnet bevat enkele toepassingen van deze multivariate statistische methoden. Met fuzzy c-means clusteranalyse zijn de meetlocaties ingedeeld in waterkwaliteitstypen die verschillende brakheids- en eutrofiegraden representeren. Dit biedt een kader voor de evaluatie van

waterkwaliteitsprocessen en beschrijving van regionale waterkwaliteitsverschillen voor het WZE (IWACO, 1999). Daarbij is maar beperkt rekening gehouden met de grote tijdvariates die kenmerkend zijn voor oppervlaktewaterkwaliteit; deze wordt meegenomen via een een zomer- en wintergemiddelde (zie ook afb. 1). Een goed kader voor de multi-variate interpretatie van oppervlaktewaterkwaliteit in de ruimte is nog niet uitgewerkt.

Welke parameters correleren? Hoe ontrafel ik de waterkwaliteit in afzonderlijke bijdragen van grondwater-, mestuitspoelings-, atmosferische depositie en verontreinigingbron? Welke processen domineren de waterkwaliteit in mijn gebied? Vragen die beter beantwoord kunnen worden door meer in de ruimte te gaan meten en waterkwaliteitsparameters met

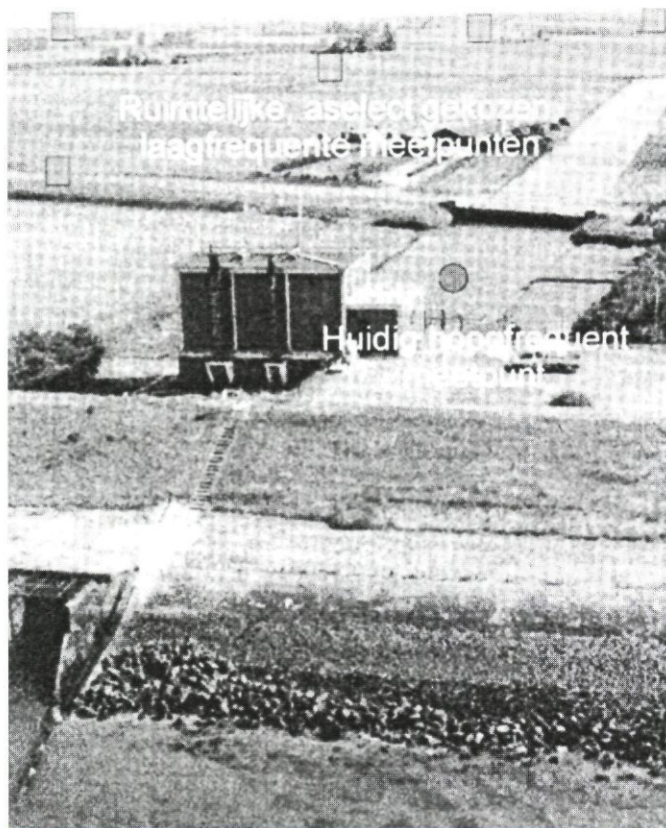
multi-variate statistische methoden te gaan onderzoeken. Natuurlijk blijven de tijdreeksanalyses en locatiespecifieke studies evenzeer belangrijk bij het beantwoorden van genoemde vragen.

De praktijk

In de evaluatie van het meetnet van WZE is al gebruikt gemaakt van multi-variate statistische methoden. Hieruit is ook naar voren gekomen dat een ruimtelijke benadering beter aansluit bij de informatiebehoeften van het waterschap. WZE zal in de komende jaren een deel van het meetprogramma zodanig aanpassen, dat ervaring met de hier voorgestelde werkwijze wordt opgedaan. Naast een grondiger evaluatie van het meetnet met deze technieken zal dan ook gekeken worden naar de logistieke gevolgen van het invoeren van deze werkwijze.

LITERATUUR

- Frapporti G. (1994). *Geochemical and statistical interpretation of the Dutch ground water quality monitoring network*. Geol. Ultraiectina 115.
- IPO (1998) *Handleiding Regionale Watersysteemrapportage*.
- IWACO (1999) *Evaluatie en optimalisatie van het waterkwaliteitsmeetnet Waterschap Zeeuwse Eilanden*.
- STOWA (1998) *Methodiek voor de evaluatie en optimalisatie van routine waterkwaliteitsmeetnetten, deel 1 hoofdrapport, deel 2 overzicht van technieken en methoden, en deel 3 stappenplan voor meetnetoptimalisatie*. STOWA rapport 98-15/98-16/98/17.
- Vriend S., (1991). *Application of multi variate statistics in exploration geochemistry*, Geol. Ultraiectina.
- Waterschap Friesland (1994). *Analyse en optimalisatie van het routinematig meetnet van Waterschap Friesland*.



van de jaren tot een verbeterd inzicht van de waterkwaliteitsprocessen en -veranderingen moeten leiden. We kunnen deze stelling op dit moment niet onderbouwen met meetinformatie of een case-study. Deze informatie is op dit moment niet of nauwelijks beschikbaar, simpelweg omdat zelden op deze wijze monsters zijn verzameld. Het hier gepresenteerde sulfaat-chloride voorbeeld is een eenvoudige illustratie van wat mogelijk is. Statistische ruimtelijke evaluatiemethoden, gericht op het vinden van processen die deze ruimtelijke variatie verklaren, zijn nog niet volledig aangepast voor gebruik in de wereld van het oppervlaktewaterkwaliteitsbeheer.

Voor andere milieucompartmenten, zoals grondwater en bodem, zijn de statistische methoden wel ontwikkeld. Dergelijke metho-