

# Optimalisatie van fysisch chemische meetnetten voor specifieke meetdoelstellingen

M.W. BLIND, LANDBOUWUNIVERSITEIT WAGENINGEN  
 P.J. VAN DER WIELE, INTERNATIONAL CENTRE OF WATER STUDIES BV  
 R.H. AALDERINK, LANDBOUWUNIVERSITEIT WAGENINGEN

Om optimaal beleidsrelevante informatie te verzamelen in een fysisch-chemisch waterkwaliteitsmeetnet kan een meetnetoptimalisatie voor concrete informatiedoelen, bijvoorbeeld trenddetectie, worden uitgevoerd. In dit artikel wordt een stappenplan gepresenteerd waarmee het mogelijk is voor specifieke informatiedoelen geoptimaliseerde (sub-)meetnetten in te richten. Het stappenplan is opgesteld op basis van ervaring die in verschillende projecten is opgedaan. In het stappenplan is met name onderscheid gemaakt in overlegstappen, waarop hier de nadruk ligt, en uitvoeringstappen.

Dit artikel is de tweede van een serie van drie artikelen waarin de presentaties van de workshop 'Informatie op maat' kort worden besproken. In de voorgaande uitgave van H<sub>2</sub>O zijn informatiestrategieën behandeld. In deze uitgave wordt een stappenplan voor meetnetoptimalisatie gepubliceerd.

Om adequaat beleid te formuleren heeft een beleidsmaker relevante informatie nodig. Deze vraag naar informatie wordt de informatiebehoefte genoemd. Welke informatie beschikbaar moet zijn, ligt meestal vast door de doelstellingen en acties van het beleid.

Onder andere in het waterbeheer worden, om de beleidsrelevante informatie over nor-

men, (stap) trends en vrachten te verkrijgen, data verzameld in routinematige monitoringprogramma's. Deze programma's zijn vaak niet toegesneden op een gekwantificeerde informatiebehoefte. Verschillen in statistische kenmerken tussen variabelen en meetpunten leiden tot verschillen in de informatieopbrengst. Om een doelgerichte, evenwichtige informatieopbrengst te verkrijgen moet de meetinspanning per meetpunt en variabele op de behoefte worden afgestemd. Onder meetnetoptimalisatie wordt het afstemmen van de meetinspanning onder praktische, wettelijke en financiële randvoorwaarden verstaan. Een optimaal ingericht meetnet levert binnen genoemde randvoorwaarden een maximale hoeveelheid relevante informatie.

Hieronder wordt een stappenplan beschreven waarmee op een gestructureerde wijze voor een concrete meetdoelstelling, bijvoorbeeld normtoetsing, (stap-) trenddetectie of vrachtbepaling, een meetnet kan worden geoptimaliseerd. Omdat elke meetdoelstelling eigen statistische eisen stelt, en niet elk meetpunt en elke variabele voor iedere doelstelling relevant is, is optimalisatie per meetdoelstelling, gevolgd door onderlinge afstemming van de verschillende meetpunten een overzichtelijke werkwijze. Het uiteindelijke meetnet zal

bestaan uit verschillende submeetnetten, ieder ingericht voor onderscheiden doelstellingen.

Bij de optimalisatie kunnen de resultaten van een meetnetdichtheidsanalyse een toegevoegde waarde hebben (Blind, et al. 1998).

## Algemeen stappenplan

Het hier beschreven stappenplan voor meetnetoptimalisatie (afbeelding 1) van vooral bestaande meetnetten is het resultaat van enkele optimaliseringsprojecten (Blind 1993, Blind & Aalderink 1995a/b) en is zowel theoretisch als per specifieke doelstelling uitgewerkt in (Blind e.a., 1998). De volgorde in het stappenplan is praktijkgericht en de stappen dienen chronologisch te worden doorlopen. De plaats van het stappenplan binnen de monitoring cycle (o.a. Timmerman & Hendriksma 1997, Timmerman e.a. 1998) is weergegeven in afbeelding 2. Het stappenplan moet alleen doorlopen worden indien de informatiebehoefte, de financiële, praktische, of juridische kaders zijn veranderd of ingrijpende veranderingen in het systeem zijn opgetreden. Anders volstaat een evaluatie, waarin onderzocht wordt of de schattingen van verschillende statistische grootheden overeenkomen met de (inmiddels gemeten) werkelijkheid.

Voor sommige stappen (I, IV, VI en VII) is overleg en consensus noodzakelijk. Andere stappen betreffen de uitvoering van werkzaamheden, die door verschillende actoren uitgevoerd worden. Sommige stappen zijn optioneel.

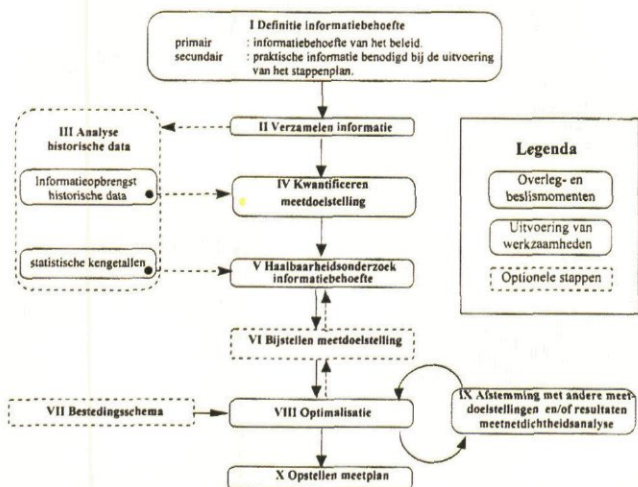
## Invulling

### Stap I: Definitie informatiebehoefte

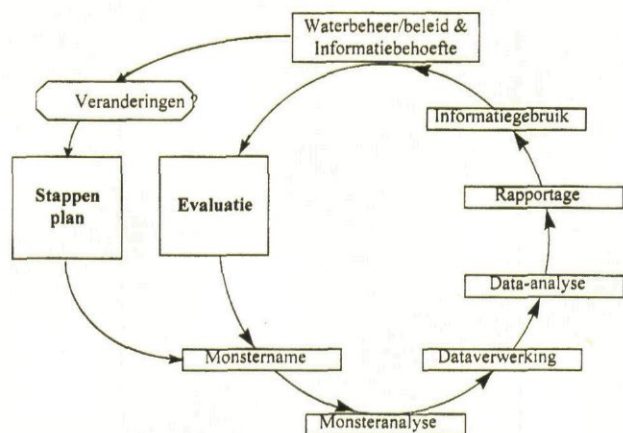
In stap I dient vastgesteld te worden welke informatie nodig is voor de optimalisatie. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen de primaire informatiebehoefte (P1-P6) die betrekking heeft op de informatie die het meetnet uiteindelijk moet opleveren en de



Afb. 1 Algemeen stappenplan doelgerichte meetnetoptimalisatie



Afb. 2 Plaats stappenplan binnen de monitoringcyclus



secundaire informatiebehoefte (S1-S6) die de praktische informatie voor de uitvoering van de optimalisatie betreft. De secundaire informatiebehoefte in stap I is inventariserend van aard: het daadwerkelijk verzamelen van deze informatie volgt in stap II.

- P1. Wat is de meetdoelstelling? Dit is bijvoorbeeld toetsing van normen en trends en dient uit de beleidsdoelstellingen te volgen. In P1 gaat het erom de doelstelling van het submeetnet eenduidig vast te stellen.
- P2. Welk meetcompartiment is relevant? Drainwater, sediment, biota kunnen een betere bron van informatie zijn dan fysisch chemische analyses van oppervlaktewater.
- P3. Op welke meetpunten en welke variabelen moeten gemeten worden? Afhankelijk van de meetdoelstelling kan een indeling worden gemaakt in meetpunten (of variabelen) die wel, matig of ongeschikt zijn voor de doelstelling. Het is bijvoorbeeld niet zinvol op meetpunten waar stapsgewijze veranderingen verwacht worden geleidelijke trends te willen detecteren. Door ongeschikte meetpunten (variabelen) in een vroeg stadium uit te sluiten worden overbodige werkzaamheden voorkomen en de overzichtelijkheid vergroot. De keuze van meetpunten (variabelen) is niet definitief: op grond van de haalbaarheid van doelstellingen (stap V) kan tijdens de optimalisatie een nadere selectie plaatsvinden.
- P4. Hoe betrouwbaar moet de informatie zijn? A priori moet vastgesteld worden met welke nauwkeurigheid of betrouwbaarheid de informatie beschikbaar moet zijn.
- P5. Welke 'hoeveelheid' informatie is relevant? Het is vaak niet mogelijk in deze stap al aan te geven welke trends bijvoorbeeld gedetecteerd moeten worden. Het kwantificeren van de informatiebehoefte komt daarom pas in de vierde stap aan de orde.
- P6. Wanneer moet de informatie beschikbaar zijn? Om meetfrequenties te berekenen moet bekend zijn op welke termijn het beleid over de gewenste informatie wil beschikken.
- S1. Hoe moet de informatie uit de data worden verkregen? Om de toekomstige data om te zetten in betrouwbare informatie zullen de gegevens statistisch verwerkt moeten worden, bijvoorbeeld door trendtoetsing. Voor de meeste doelstellingen bestaan verschillende verwerkingsmethoden (toetsen), waarbij de keuze afhangt van de doelstelling, de data en de randvoorwaarden van de verwerkingsmethoden.
- S2. Hoe moet de toekomstige meetfrequentie worden bepaald? Voor de verschillende meetdoelstellingen zijn schattingsmethoden voor de benodigde meetfrequentie beschikbaar.
- S3. Welke lokale omstandigheden kunnen

een rol van betekenis spelen? Om de relevantie van meetpunten en variabelen te beoordelen moet kennis over verschillende beïnvloedende factoren, bijvoorbeeld lozingen, overstorten, maar ook over karakteristieken zoals watertypering en functietoekenning beschikbaar zijn.

- S4. Welke andere meetnetten zijn van belang? Welke afstemming is noodzakelijk? In dit kader moet onderzocht worden in hoeverre bij de keuze van meetpunten, variabelen- en meetfrequentie afstemming gezocht kan worden met andere meetdoelstellingen en andere meetnetten, bijvoorbeeld het ecologische of kwantiteitsmeetnet.
- S5. Wat is de financiële structuur van het monitoren? Bij de optimalisatie van een meetinspanning moeten beschikbare middelen zo efficiënt mogelijk worden besteed. Het is noodzakelijk de kosten voor monsternamen- en analyse te kennen, rekening houdend met 'quantumkortingen': De monsternamen worden bijvoorbeeld relatief goedkoper indien in één monster veel variabelen worden geanalyseerd. Kosten voor planning van de monitoring, dataopslag, numerieke data-analyse en rapportage zijn voor de optimalisatie minder belangrijk; deze kosten zullen echter ten opzichte van de monitoring zelf relatief toenemen. Indien binnen het beschikbare budget niet alle gewenste informatie verzameld kan worden moet een bestedingsschema opgesteld worden waarmee de informatieopbrengst van het meetnet binnen het budget gemaximaliseerd kan worden. Het opstellen van een dergelijk schema komt pas in stap VII aan de orde, nadat is vastgesteld of het budget limiterend is.
- S6. Wat zijn de logistieke randvoorwaarden van het monitoren? Vanuit de wetgeving en de praktijk worden aan het meetnetontwerp randvoorwaarden gesteld:
  - minimale meetfrequenties: Behalve de minimale meetfrequenties voor normentoetsing geldt in de praktijk dat kwartaalmetingen noodzakelijk zijn om grip op de seizoensinvloed te krijgen.
  - maximale monsternamen- en meetfrequentie: Aangezien niet elke keer dat een monster genomen wordt, alle variabelen ook worden gemeten, dient onderscheid gemaakt te worden tussen monsternamen- en meetfrequentie: Beide grootheden zijn aan praktische maxima gebonden.
  - praktisch uitvoerbare meetfrequenties: Als geen restricties aan de mogelijke meetfrequenties opgelegd worden, zal de variatie in meetfrequentie groot zijn. Een meetplan wordt daardoor praktisch onuitvoerbaar, aangezien de metingen per variabele

gelijkmatig in de tijd moeten zijn en dienengevolge bij verschillende meetfrequenties zeer vaak gemonsterd moet worden.

- Welke variabelen zijn aan elkaar gekoppeld? De analyse van sommige variabelen is gekoppeld aan andere variabelen, bijvoorbeeld doordat de analyseapparatuur verschillende variabelen simultaan meet, of doordat de variabele afgeleid wordt uit andere variabelen (bijvoorbeeld  $\text{NH}_3$  uit  $\text{NH}_4^+$ , pH en temperatuur).

### Stap II: Verzamelen informatie

In stap II betreft vooral het verzamelen van de ontbrekende informatie die in stap I, met name onder S1 tot S6 is gedefinieerd.

Om optimale meetfrequenties te berekenen zullen kengetallen voor de toekomstige variabiliteit en indien noodzakelijk de onderlinge afhankelijkheid van de data verzameld moeten worden. Het ligt voor de hand deze grootheden te schatten op basis van reeds beschikbare meetgegevens. Indien bij de optimalisatie ook variabelen en meetpunten betrokken worden, waarvoor nog geen metingen beschikbaar zijn, moeten de benodigde kengetallen op andere wijze geschat worden.

### Stap III: Analyse historische data

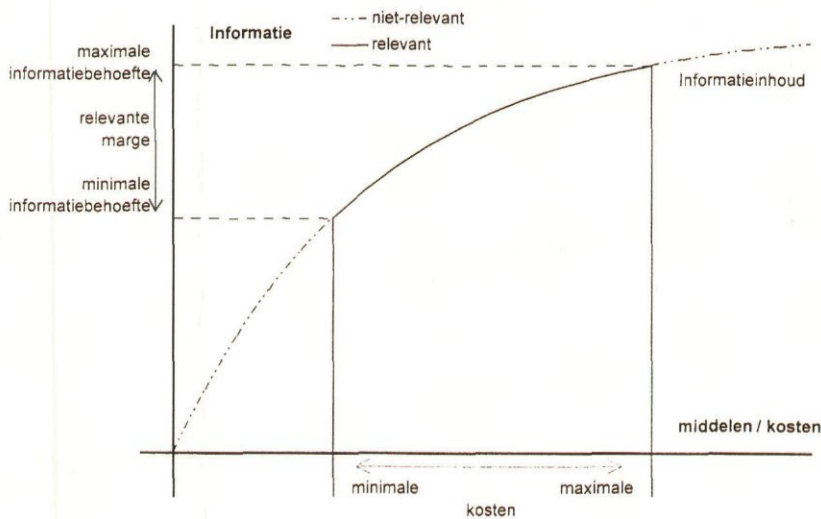
De analyse van historische data heeft een tweeledige functie. Ten eerste kan de informatie in bestaande gegevens (bijvoorbeeld opgetreden historische trends) als basisinformatie dienen bij het kwantificeren van de informatiebehoefte in stap IV. Ten tweede moeten voor het berekenen van de toekomstige meetfrequentie statistische kengetallen beschikbaar zijn.

Deze stap is optioneel, afhankelijk van de beschikbaarheid van data.

### Stap IV: Kwantificeren meetdoelstelling

De beleidsmaker moet de informatiebehoefte kwantificeren, dat wil zeggen aangeven welke hoeveelheid informatie voor hem relevant is. De informatiebehoefte is naar boven en beneden gelimiteerd: in het algemeen niet in één getal uit te drukken: een zekere minimale hoeveelheid informatie is nodig voor beleidsrelevante conclusies maar de meerwaarde van extra gegevens daalt boven een bepaalde bovengrens. Bijvoorbeeld zal het beheer geïnteresseerd zijn in trends die met minimaal 90 procent betrouwbaarheid worden vastgesteld maar niet verlangen dat de betrouwbaarheid hoger is dan 99 procent. De marge tussen deze grenzen wordt de relevante marge genoemd. In afbeelding 3 zijn verschillende aspecten van de relevante marge gevisualiseerd.

De informatie-inhoud is de hoeveelheid informatie die een dataset bevat. Wat precies op de verticale as staat hangt af van de meetdoel-



Afb. 3 De relevante marge

stelling. Voor het bepalen van een trend kan dit bijvoorbeeld de betrouwbaarheid van detectie zijn. Afbeelding 3 laat zien dat de marginale waarde van extra bestedingen afneemt.

In de praktijk is gebleken dat het moeilijk is de relevante marge te definiëren zonder enige kennis over de informatie die verwacht kan worden. Door te kijken naar de historische data, zoals bijvoorbeeld grootte van de historische trends, kunnen realistische (trend)eisen worden geformuleerd. Niet de historische informatie maar de relevantie voor het beleid moet bepalend zijn voor de eisen!

**Stap V: Haalbaarheidsonderzoek informatiebehoefte.**

In deze stap moet gecontroleerd worden of de eisen haalbaar zijn, door bijvoorbeeld te onderzoeken of bij de maximale meetfrequentie relevante informatie wordt verkregen. Dit vraagt om schattingen van de statistische kengetallen (stap III).

**Stap VI: Bijstellen meetdoelstelling**

Stap VI is optioneel en behelst de aanpassing van de diverse keuzen die in de stappen I en IV zijn gemaakt. Op grond van de haalbaarheidsstudie kan bijvoorbeeld alsnog besloten worden om:

- meetpunten en/of variabelen van de optimalisatie uit te sluiten, omdat ze te weinig relevante informatie leveren of omdat met andere meetpunten/variabelen kan worden volstaan;
- de relevante marge aan te passen, eventueel per meetpunt/variabelen-combinatie;
- eventueel en indien methodisch van toepassing: aanpassen van de meetperiode of de betrouwbaarheid.

**Stap VII: Bestedingsschema**

Uitgaande van het concept van de relevan-

te marge is een meetnet optimaal, als de informatie-opbrengst voor iedere meetpunt/variabelen-combinatie, gegeven de randvoorwaarden, maximaal is. Indien dit bereikt is, levert de besteding van extra middelen geen extra relevante informatie meer op en kan deze stap worden overgeslagen. Meestal zullen onvoldoende middelen beschikbaar zijn en moeten of meetpunten en variabele geschrapt worden of moet de maximale informatiebehoefte zo goed mogelijk via een bestedingsschema benaderd worden. Een bestedings- of allocatieschema bestaat met name uit een algoritme waarmee de informatieopbrengst per gulden wordt berekend. Hiervoor zijn verschillende alternatieven beschikbaar. Op basis van de informatieopbrengst per gulden wordt de totale informatieopbrengst van een meetnet, gegeven het budget, gemaximaliseerd.

**Stap VIII: Optimalisatie**

In deze stap wordt het optimale meetnet ontworpen op basis van alle voorgaande stappen. Op grond van de evaluatie van de resultaten van de afstemming met andere meetdoelstellingen moet deze stap eventueel herhaald worden.

**Stap IX: Afstemming met andere meetdoelstellingen en/of resultaten meetnetdichtheidsanalyse**

Bij deze stap gaat het erom om de eisen die eerder aan variabelen en meetpunten zijn gesteld, (mede) af te stemmen op de eisen die vanuit andere meetdoelstellingen aan diezelfde variabelen en meetpunten worden opgelegd. Bijvoorbeeld: verhoging van de meetfrequentie voor sommige variabelen in het meetnet voor trenddetectie om normtoetsing mogelijk te maken.

**Stap X: Opstellen meetplan**

Bij een zorgvuldig uitgevoerde meetnetop-

timalisatie zijn de berekende meetfrequenties eenvoudig te vertalen in een praktisch uitvoerbaar meetplan. In deze stap moeten in overleg met de praktische uitvoerders van monsternamen en analyse werkplannen worden opgesteld, en moet eventueel noodzakelijke capaciteitsuitbreiding aan de orde komen.

**Tot slot**

Het optimaliseren van een meetnet is maatwerk. Vooral een eerste optimalisatie is tijdrovend, waarbij veel aandacht besteed moet worden aan het overzichtelijk uitvoeren van de verschillende stappen. Het gepresenteerde stappenplan is praktijkgericht; verschillende projecten voor meetnetoptimalisatie hebben tot het definiëren van de verschillende stappen geleid.

Een geslaagde optimalisatie valt of staat met een zinvolle definitie van de informatiebehoefte door de beheerder, maar ook met de praktische inbreng van personeel dat bij de uitvoering van een meetplan betrokken is.

Een eenmaal geoptimaliseerd meetnet moet regelmatig geëvalueerd worden. Hierbij moet in het bijzonder gekeken worden naar veranderingen in de statistische kengetallen. Veranderende kengetallen betekenen veranderende meetfrequenties! Indien grote wijzigingen, bijvoorbeeld in het watersysteem of in de doelstellingen, hebben plaatsgevonden kan dit aanleiding voor een gehele nieuwe optimalisatie zijn.

Blind, M.W., 1993. Analyse en Optimalisatie van het routinematige meetnet van het Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden, Zuiveringschap Hollandse Eilanden en Waarden, Dordrecht/ Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer.

Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995a. Analyse en optimalisatie van het routinematig meetnet van Waterschap Friesland, Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer / Landbouwuniversiteit Wageningen.

Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995b. Zuiveringschap Rivierenland: Analyse en optimalisatie van het routinematig meetnet - ontwikkelingen waterkwaliteit 1985 T/M 1994, Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer / Landbouwuniversiteit Wageningen.

Blind, M.W. en P.J. van der Wiele, 1998. Optimale Meetnetdichtheid Van Routinematige Fysisch-Chemische Waterkwaliteitsmeetnetten, H<sub>2</sub>O, (in het volgende nummer).

Blind, M.W., P.J. van der Wiele, & R.H. Aalderink, 1998. Analyse en optimalisatie van oppervlaktewatermeetnetten. Methodiek voor de evaluatie en optimalisatie van routine waterkwaliteitsnetten, deel 3. Stappenplan voor meetnetoptimalisatie, Stowarapport 98-17.

Timmerman, J.G., M. Adriaanse, R.M.A. Breukel, M.C.M. Oirschot, & J.J. Ottens, 1997. Guidelines for water quality monitoring and assessment of transboundary rivers, European water pollution control, 7(5), 21- 30.

Timmerman, J.G. & J. Hendriksma, 1997. Informatie op maat: een raamwerk voor waterbeheer. H<sub>2</sub>O 30 (17), 528- 530.