

Methodiek voor de evaluatie en
optimalisatie van routine waterkwaliteits-
meetnetten

Deel I: hoofdrapport



98

15



Landbouwniversiteit **Wageningen**

stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

**Methodiek voor de evaluatie en
optimalisatie van routine waterkwaliteits-
meetnetten**

Deel I: hoofdrapport



ICWS

Redactie

Ir. M.W. Blind

Drs. P.J. van der Wiele

Arthur van Schendelstraat 816

Postbus 8090, 3503 RB Utrecht

Telefoon 030 232 11 99

Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:

Hageman Verpakkers BV

Postbus 281

2700 AC Zoetermeer

o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

ISBN 90.5773.027.8

98 15

INHOUDSOPGAVE

TEN GELEIDE

1 INLEIDING	1
1.1 ONDERZOEKSKADER	1
1.2 PROJECTDOELSTELLINGEN	2
1.3 OPBOUW TOTALE RAPPORTAGE	3
1.4 LEESWIJZER DEEL 1	4
2 METHODEN EN TECHNIEKEN VOOR DATA-ANALYSE.....	5
2.1 NORMTOETSING EN ALGEMENE WATERKWALITEITSBEOORDELING	5
2.2 MONOTONE TRENDS	6
2.3 STAPTRENDS	8
2.4 VRACHTBEPALING	8
2.4.1 BEREKENINGSMETHODEN	10
2.4.2 KEUZE BEREKENINGSMETHODE	11
2.5 AANDACHTSPUNTEN EN VALKUILEN BIJ DATA-ANALYSE	12
3 MEETNETOPTIMALISATIE.....	17
3.1 INLEIDING	17
3.2 DE MONITORINGCYCLUS.....	17
3.3 INLEIDING ALGEMEEN STAPPENPLAN VOOR MEETNETOPTIMALISATIE	19
3.4 TOELICHTING OP HET ALGEMENE STAPPENPLAN.....	21
3.4.1 DEFINITIE INFORMATIEBEHOEFTE (STAP I)	21
3.4.2 VERZAMELEN INFORMATIE (STAP II).....	27
3.4.3 ANALYSE HISTORISCHE DATA - BEREKENING NOODZAKELIJKE KENGETALLEN (STAP III).....	28
3.4.4 KWANTIFICEREN MEETDOELSTELLING (STAP IV)	28
3.4.5 HAALBAARHEIDSONDERZOEK INFORMATIEBEHOEFTE (STAP V).....	30
3.4.6 BIJSTELLEN MEETDOELSTELLING (STAP VI).....	31
3.4.7 BESTEDINGSSHEMA (STAP VII).....	32
3.4.8 OPTIMALISATIE (STAP VIII).....	33
3.4.9 AFSTEMMING MET ANDERE MEETDOELSTELLINGEN EN/OF RESULTATEN MEETNETDICHTHEIDSANALYSE (STAP IX)	34
3.4.10 OPSTELLEN MEETPLAN (STAP X)	34
3.5 AFSTEMMING MET OVERIGE MEETNETTEN	35
3.5.1 ALGEMEEN	35
3.5.2 OPPERVLAKTEWATERKWANTITEITSMEEETNETTEN	35
3.5.3 AQUATISCH ECOLOGISCHE MEETNETTEN	36
3.5.4 GRONDWATERKWALITEITSMEEETNETTEN	37
3.5.5 GRONDWATERKWANTITEITSMEEETNETTEN	37
3.5.6 WATERBODEMKWALITEITSONDERZOEKEN	37
3.6 ANALYSE EN HERINRICHTING RUIMTELIJKE MEETNETDICHTHEID	38

4 EVALUATIE VAN BESCHIKBARE, RELEVANTE SOFTWARE PER MEETDOELSTELLING	45
4.1 INLEIDING	45
4.2 RESULTATEN	45
5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	47
5.1 DATA-ANALYSE.....	47
5.2 MEETNETONTWERP.....	48
5.3 MEETNETOPTIMALISATIE	50
5.4 SOFTWARE	50
5.5 SUGGESTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK	51

LITERATUUR

BIJLAGEN

1. Statistiek in de praktijk
2. Normstelling gezien vanuit statistisch oogpunt
3. Kanttekeningen bij het berekenen en gebruiken van vrachten
4. Evaluatie relevante software

TEN GELEIDE

De regionale waterbeheerders onderhouden allemaal een routinemeetnet, waarbij op een groot aantal meetpunten, meestal maandelijks de waterkwaliteit wordt bepaald. Met het onderhouden van een dergelijk meetnet zijn aanzienlijke kosten gemoeid. Voor al deze meetinspanningen worden diverse doelstellingen gehanteerd, zoals het bepalen van de actuele waterkwaliteit, het toetsen aan normen, de detectie van trends en het opstellen van massabalansen.

Al deze doelstellingen vragen de toepassing van verschillende statistische technieken en daaraan gerelateerd verschillende meetstrategieën. In het algemeen wordt hier bij het inrichten van meetnetten weinig aandacht aan geschonken, met als gevolg dat de informatie die resulteert vaak niet voldoende is om specifieke onderzoeksvragen te beantwoorden. In dit verband spreekt men wel van het '*Data Rich, Information Poor*' syndroom, waaraan veel meetnetten leiden.

Om die reden heeft de STOWA het International Centre of Water Studies (ICWS) en de LU Wageningen, vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Ecologie in 1996 opdracht gegeven een studie uit te voeren met als doel het ontwikkelen van een methodiek voor de evaluatie en optimalisatie van routine waterkwaliteitsmeetnetten, waarmee tegen zo gering mogelijke kosten zo veel mogelijk informatie kan worden verkregen.

De studie is uitgevoerd door het International Centre of Water Studies (ICWS) te Amersfoort en de LU Wageningen, leerstoelgroep Aquatische Ecologie en Waterkwaliteitsbeheer. Projectteam: drs. P.J. van der Wiele en ing. L.G. de Vree (ICWS), ir. M.W. Blind en ir. R.H. Aalderink (LU Wageningen). Het onderzoek is begeleid door een door de STOWA ingestelde begeleidingscommissie, bestaande uit mw. ir. A.E. Dommering en ir. H. de Ruiter (Hoogheemraadschap van Schieland), drs. R.H.C. van den Heuvel (Zuiveringschap Limburg), mw. ir. H.H. Kielich (Waterschap Regge en Dinkel), dr. S.P. Klapwijk (STOWA), ir. R. Maasdam (Waterschap Friesland), ing. J. Stroom (Hoogheemraadschap van Rijnland) en ing. T-W. van Urk (RIZA).

Namens de STOWA, de begeleidingscommissie en de uitvoerders spreek ik de hoop uit dat dit rapport zal leiden tot optimalisaties van meetnetten bij waterbeheerders en tot het bestrijden van het '*Data Rich, Information Poor*' syndroom.

Utrecht, februari 1998

De directeur van de STOWA,

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

1 INLEIDING

1.1 ONDERZOEKSKADER

Sinds de invoering van de WVO in 1970 - en in sommige delen van Nederland ook al geruime tijd daarvoor - wordt de kwaliteit van de oppervlaktewateren in Nederland structureel onderzocht. Dit onderzoek dat door RIZA (alleen rijkswateren) en de regionale waterkwaliteitsbeheerders wordt uitgevoerd, is gebaseerd op een min of meer vast meetprogramma. Na enige vorm van gegevensbewerking (veelal toetsing aan normen) vindt een deel van de verzamelde meetgegevens zijn weg naar jaarverslagen, notities en onderzoeksrapporten. Deze informatie vormt een basis voor de ontwikkeling van nieuw of voor aanpassingen van bestaand beleid.

Waren in het begin het vaststellen van de actuele waterkwaliteit en normtoetsing de belangrijkste meetnetdoelstellingen, in de loop der tijd is de informatiebehoefte van de beheerders en beleidsmakers toegenomen (Kader 1-1; Whitfield, 1988; Semmekrot en Knoben, in voorber.).

Kader 1-1

Een routinematig meetnet dient uiteenlopende doelen. De meest voorkomende zijn:

- norm- en functietoetsing;
- beschrijving algemene (actuele) waterkwaliteit;
- detecteren van langjarige (monotone) trends (trenddetectie);
- berekening van vrachten en opstellen van balansen;
- evaluatie van effecten van uitgevoerde beleidsmaatregelen (staptrend of trendbreuk).

In de praktijk blijkt dat de routinematig verkregen data onvoldoende mogelijkheden bieden om de voor de beheerder noodzakelijke informatie te verkrijgen. Dit heeft onder meer te maken met de verschuiving in de wijze van interpretatie van data: in plaats van visuele analyse en berekening van kengetallen voor normtoetsing bestaat allengs meer behoefte aan statistische dataverwerking. Het is bijvoorbeeld inmiddels gebruikelijk om niet alleen aan te geven dat er iets is veranderd, maar ook aan te geven of deze verandering significant is, zeggen of deze verandering niet een natuurlijke oorsprong heeft. Het is ook steeds vaker gewenst om aan te geven hoe groot de kans is dat een toetsingsuitkomst fout is.

De verschuiving naar statistische verwerkingsmethoden leidt onherroepelijk tot de conclusie dat het huidige meetsysteem een onevenwichtige informatie-opbrengst veroorzaakt. Door de verschillen in datastructuur (variabiliteit in de data respectievelijk in het systeem) is de hoeveelheid informatie van de in een meetnet opgenomen meetpunten en variabelen in beginsel verschillend. De gevraagde informatie laat zich derhalve soms gemakkelijk, soms moeilijk en soms niet uit de routinematig verzamelde data extraheren. Een en ander kan ertoe leiden dat knelpunten niet (tijdig) onderkend worden of dat deze niet adequaat kunnen worden geprioriteerd.

Om bovengenoemde redenen is de doelmatigheid van beleid niet altijd optimaal. Bijgevolg wordt de laatste jaren steeds vaker de vraag gesteld of routinematig verzamelde gegevens voldoende basis bieden voor een gefundeerde beantwoording van de vanuit het beleid gestelde vragen, en of de verzamelde informatie nog wel voldoende actualiteitswaarde heeft (toetsing aan informatiebehoefte; o.a. Breukel en Schäfer, 1991; Klavers, 1992 en Adriaanse, 1993).

De laatste jaren hebben de waterbeheerders te maken gehad met grootschalige veranderingen in structuur en werkwijze. Een proces dat nog steeds voortduurt. Aanpassingen in de begrenzing van het beheersgebied - bewerkstelligt door reorganisaties om daarmee aan te sluiten bij de inmiddels algemeen geaccepteerde stroomgebiedsbenadering, en de groeiende vraag naar informatie over (het functioneren en de kwaliteit van) watersystemen en daarmee de stijgende kosten van het meetnet, leiden steeds vaker tot een kritische beschouwing van operationele meetnetten.

Veel van de hiervoor geschetste problemen kunnen worden opgelost door het bestaande meetnet te optimaliseren. Optimalisatie van de meetfrequentie kan bijvoorbeeld leiden tot een evenwichtiger informatie-opbrengst, maar ook tot een beter gebieddekkend beeld van de waterkwaliteit.

Om meetnetten echter zodanig te kunnen herinrichten, dat beschikbare budgetten zo efficiënt mogelijk worden ingezet, en alleen die informatie wordt gegenereerd die relevant is voor het beleid, zijn goed gefundeerde stappenplannen en dito technieken een vereiste. Op dit moment bestaat er in Nederland echter geen leidraad of protocol voor de evaluatie en optimalisatie van routinematige kwaliteitsmeetnetten. De (her)inrichting of optimalisatie van menig regionaal en nationaal meetnet heeft hierdoor tot op heden veelal plaatsgevonden vanuit een pragmatische invalshoek en op basis van *expert judgement* in plaats van op gestructureerde, mede op de statistiek gebaseerde methoden. Gezien het complexe karakter van een meetnetoptimalisatie - waarbij met een scala aan randvoorwaarden rekening dient te worden gehouden - en het huidige kennisniveau van statistische verwerkingsmethoden bij de gemiddelde waterbeheerder, is dit niet zo verwonderlijk, maar is er desalniettemin sprake van een ongewenste situatie.

Het ontbreken van een adequaat instrumentarium en de dringende behoefte hieraan - mogelijk mede versterkt door de huidige trend van steeds verdergaande standaardisering van methoden en technieken in het kwaliteitsbeheer - vormden voor STOWA de aanleiding om het onderzoek "*Evaluatie en optimalisatie van meetnetten*" te starten. Gezien de inhoud van het project en de verschillende in de projectperiode in uitvoering zijnde parallelprojecten¹ is deze oorspronkelijke hoofdtitel uiteindelijk uitgebreid tot *Analyse en optimalisatie van oppervlaktewatermeetnetten*.

1.2 PROJECTDOELSTELLINGEN

De belangrijkste doelen van het project zijn:

1. Identificatie en beschrijving van bruikbare statistische verwerkingstechnieken bij de interpretatie van routinematig verzamelde waterkwaliteitsgegevens in relatie tot de belangrijkste meetnetdoelstellingen, en daaraan gekoppeld meetnetoptimalisatie.
2. Illustratie van deze technieken aan de hand van praktijkonderzoek (*case-studies*).
3. Ontwikkeling van richtlijnen (beslisschema's en stappenplannen) bij de keuze en voor een juist gebruik van de beschreven (statistische) technieken.
4. Inventarisatie van bestaande statistische programmatuur die bruikbaar is voor de statistische analyse van waterkwaliteitsgegevens en voor meetnetanalyse (beide met het oog op meetnetoptimalisatie).
5. Het leveren van een theoretisch kader, alsmede een instrumentarium (*tools*) waarmee de waterbeheerder op adequate wijze de analyse en optimalisatie van zijn reguliere meetnet ter hand kan nemen (betreft resp. stappenplannen die ingaan op te maken keuzen en toe te passen technieken en toetsen, formules en het computerprogramma WatQual voor het uitvoeren van analyses en berekenen van kengetallen noodzakelijk voor de optimalisatie).
6. Beperkte evaluatie van de toepassingsmogelijkheden van (geïntegreerde) data-analyse- en meetnetoptimalisatiesoftware.

¹ Optimalisatie grondwatermeetnetten (Jousma et al., 1998) en PIM (Semmekrot en Knoben, in voorber.).

1.3 OPBOUW TOTALE RAPPORTAGE

De eindrapportage bestaat uit 3 delen. De rol en globale inhoud van ieder van deze delen wordt hierna in het kort aangegeven.

Deel 1 (het onderhavige rapport) vormt het hoofdrapport, is probleemgeöriënteerd en geeft in vogelvlucht de belangrijkste aspecten van data-analyse en meetnetoptimalisatie weer. In dit deel worden beslisschema's en stappenplannen met betrekking tot data-analyse en meetnetoptimalisatie op hoofdlijnen beschreven. Het deel is gericht op de manager, die een beknopt overzicht van problemen en oplossingen wil verkrijgen.

Voor een uitgebreide leeswijzer van deel 1 wordt verwezen naar § 1.4.

De delen 2 en 3 zijn beide oplossingsgericht.

Deel 2 bevat een actueel overzicht van de technieken en methoden die beschikbaar zijn voor de statistische analyse van langjarige meetreeksen met het oog op meetnetevaluatie en -optimalisatie en is geschreven voor de data-analist. Tevens wordt enige aandacht geschonken aan enkele statistische basisbegrippen, daarbij inspeland op de door de begeleidingscommissie aangegeven informatiebehoefte.

Voor wat betreft de vorm is hier gekozen voor een naslagwerk, waarin de technieken naar meetdoelstelling (§ 1.1) zijn geclusterd. Opgenomen beslisschema's vergemakkelijken de keuze van de juiste toets(en). Naast de meest toegepaste (robuuste) methoden worden tevens alternatieve methoden behandeld. Toepassingsgebied, werking en randvoorwaarden voor gebruik worden gegeven. Middels gedetailleerde stappenplannen wordt het gebruik van de beschreven methoden nader toegelicht. *Cases* die ontleend zijn aan door regionale waterkwaliteitsbeheerders verzamelde meetgegevens en deels ook door hen zelf zijn uitgewerkt², complementeren het geheel en slaan een brug tussen de theorie en het praktisch nut.

Deel 3 is geschreven voor zowel de meetnetbeheerder als de eerder in relatie tot deel 2 genoemde data-analist en is te beschouwen als een werkdocument.

In dit deel staat de optimalisatie van het meetnet centraal. In het licht van het behandelde algemeen theoretisch kader wordt een algemeen stappenplan voor meetnetoptimalisatie gepresenteerd. In afzonderlijke hoofdstukken wordt dit algemene stappenplan per meetnetdoelstelling in detail uitgewerkt. Een soortgelijk schema is ook ontwikkeld voor de analyse van de meetnetdichtheid.

Eerdere versies van beide schema's zijn in het verleden bij enkele waterbeheerders toegepast, en hebben destijds hun praktisch nut reeds bewezen (o.a. Blind en Aalderink, 1995a en b).

1.4 LEESWIJZER DEEL 1

Het voorliggende rapport (deel 1) dient te worden beschouwd als een algemene samenvatting van alle tijdens het project uitgevoerde werkzaamheden, en is daarmee vooral bedoeld voor de manager die over het onderwerp - en tot op zekere hoogte ook inhoudelijk - geïnformeerd wil zijn.

In de eerste plaats beschrijft dit deel de algemene rapportonderdelen, zoals de aanleiding en scope van het project, de projectdoelstellingen en de conclusies en aanbevelingen.

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de beschikbare methoden en technieken die relevant zijn voor de data-analysefase. Uitgaande van een algemeen beslisschema per meetnetdoelstelling, op

² Bijdragen zijn geleverd door Hoogheemraadschap van Rijnland, Hoogheemraadschap van Schieland, Waterschap Friesland, Waterschap Regge en Dinkel en Zuiveringschap Limburg.

grond waarvan - afhankelijk van de datastructuur - tot een verantwoorde keuze van de te gebruiken methode(n) kan worden gekomen, wordt aandacht geschonken aan de meest geschikte technieken en voorts aan algemene vuistregels en aandachtspunten. Daarnaast worden aandachtspunten en mogelijke valkuilen in relatie tot de analyse van de beschikbare historische meetgegevens besproken. Beperkte gebruiksmogelijkheden van de meetgegevens, alsmede de randvoorwaarden die vanuit de gebruikte statistische methoden worden opgelegd, maken dat de evaluatie van het meetnet met zorg - lees: in ieder geval in de wetenschap van deze beperkingen - dient te worden uitgevoerd³. In hoofdstuk 3 wordt allereerst een algemeen (beleids)kader voor monitoring geschetst aan de hand van de door de UN/ECE (1994) ontworpen *monitoringcyclus*. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk in het bijzonder ingegaan op de meest belangrijke aspecten van meetnetoptimalisatie. Uitgangspunt voor deze beschrijving is het ontwikkelde zogenoemde 'algemene stappenplan voor meetnetoptimalisatie'. Onderdelen waarbij het management direct betrokken is, krijgen daarbij de meeste aandacht. Voorbeelden van concrete invullingen voor specifieke meetnetdoelstellingen geven dit onderdeel de noodzakelijke praktische waarde. Als onderdeel van het optimalisatieproces wordt in dit onderdeel tevens uitvoerig aandacht besteed aan de optimalisatie van de meetnetdichtheid en aan de afstemming met andere (routinematige) meetnetten.

Een beoordeling/evaluatie van de gebruiksmogelijkheden van bestaande programmatuur die in beginsel bruikbaar is voor evaluatie- en optimalisatiedoelinden, vormt tot slot het centrale onderwerp van hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen.

Het rapport sluit af met een overzicht van de geraadpleegde literatuur en de bijlagen.

³ Voor een algemene discussie over de praktische consequenties van statistische randvoorwaarden wordt verwezen naar bijlage I.

2 **METHODEN EN TECHNIEKEN VOOR DATA-ANALYSE**

In dit hoofdstuk wordt, vooruitlopend op de verwerkingsmethoden die in het kader van het algemene stappenplan meetnetoptimalisatie in hoofdstuk 3 worden beschreven, ingegaan op de methoden die in het kader van de analyse van historische meetreeksen kunnen worden toegepast. In dit deel beperkt de opsomming zich tot de meest robuuste en gangbare methoden. Voor meer gedetailleerde informatie wordt, zoals op de belangrijkste plaatsen in de tekst expliciet is aangegeven, verwezen naar deel 2 van de rapportage. Voorts wordt in dit hoofdstuk aandacht geschonken aan de belangrijkste problemen waarmee men in de analysefase kan worden geconfronteerd.

2.1 **NORMTOETSING EN ALGEMENE WATERKWALITEITSBEOORDELING**

Met betrekking tot normtoetsing is er, vanuit de huidige meetrichtlijnen bezien, sprake van een meetplicht. Dit biedt de facto weinig ruimte voor een optimalisatie van de meetinspanning. Vanuit statistisch oogpunt lijkt een discussie over de huidige richtlijnen zinvol. Een aanzet hiertoe is gegeven in bijlage 2.

Indien deze meetplicht niet zou bestaan, is optimalisatie mogelijk. De meetinspanning dient er dan op gericht te zijn betrouwbaar aan te tonen dat al dan niet aan de normen wordt voldaan.

Indien de normen geformuleerd zijn als (half)jaargemiddelden, moet de meetinspanning gericht zijn op het zodanig betrouwbaar meten van het gemiddelde dat zeker is dat de normen al dan niet overschreden worden.

Indien de normen geformuleerd zijn als absolute grenswaarden (zuurstof, pH), moet de meetinspanning erop gericht zijn aan te tonen dat de overschrijdingskans van deze normen hoger, dan wel lager ligt dan de normstelling (in het algemeen het 90-percentiel).

Een algemene waterkwaliteitsbeschrijving is veelal gebaseerd op het gemiddelde van een variabele. Mogelijk zijn in dit kader ook de spreiding en eventuele piekconcentraties van belang.

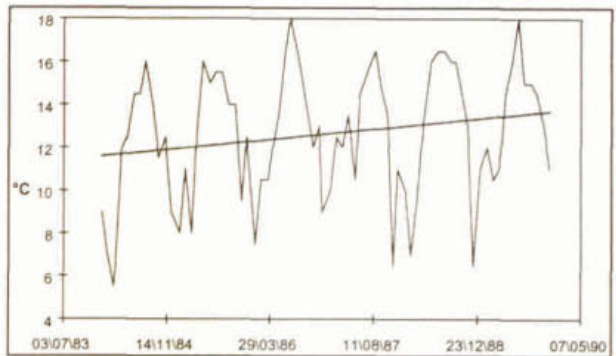
2.2 MONOTONE TRENDS

Onderzoek naar monotone of lineaire trends geeft inzicht in de langetermijntwikkeling van de waterkwaliteit: het is geschikt om beleid te evalueren dat langzamerhand een effect op de waterkwaliteit zal sorteren.

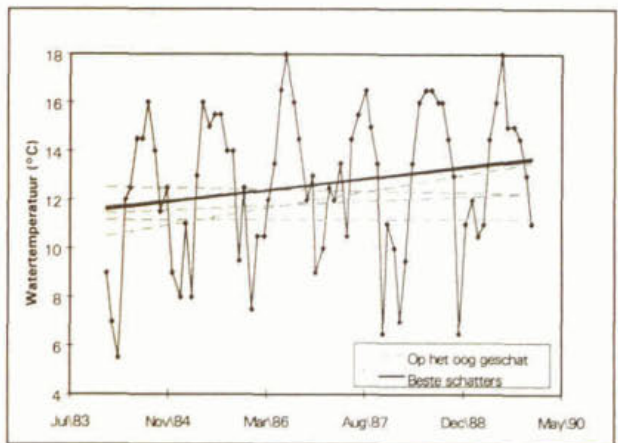
Er is sprake van een monotone lineaire trend in een tijdreeks, indien de waarnemingen in de reeks continu en met een constante 'snelheid' in de tijd veranderen, zoals geïllustreerd is in Figuur 2-1. In het kader van een historische analyse evalueert men in het algemeen de trend in een langjarige meetreeks (5-10 jaar).

Kwantificering van een trend via visuele interpretatie van kwaliteitsgrafieken leidt in de praktijk tot sterk uiteenlopende resultaten (Figuur 2-2). Dit pleit voor meer geavanceerde technieken. De keuze van de meest geschikte techniek is afhankelijk van de karakteristieken van de meetgegevens. De 'Seasonal Kendall Slope Estimator' dient daarbij als de meest robuuste methode te worden beschouwd.

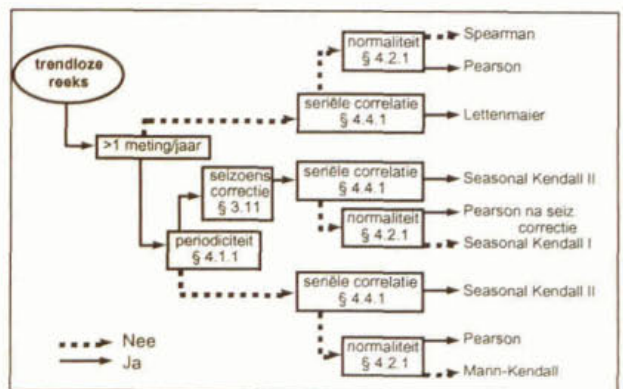
Nadat de grootte van een (monotone) trend is berekend, kan de significantie ervan via verschillende methoden worden bepaald. In Figuur 2-3 is schematisch weergegeven onder welke condities de diverse toetsen mogen worden toegepast. Dit beslisschema dient te worden doorlopen met als uitgangspunt een trendvrije meetreeks (zie onder "Bekende bronnen van variantie" in § 2.5 hoe deze reeks kan worden verkregen). De uiteindelijk geselecteerde toets dient te worden toegepast op de oorspronkelijke meetreeks. De in het schema opgenomen toets op seriële correlatie betreft de autocorrelatie die resteert na verwijdering van trend en seizoenseffecten (deel 2).



Figuur 2-1: Voorbeeld van een monotone trend



Figuur 2-2: Trend: op het oog versus een robuuste, statistische methode



Figuur 2-3: Beslisschema toets op monotone trend (Baggelaar en Baggelaar, 1995)⁴

⁴ Paragraafverwijzingen in Figuur 2-3 hebben betrekking op deel 2.

Invloed hydrologie

Variaties in de hydrologische omstandigheden kunnen, indien daar geen rekening mee wordt gehouden, de langjarige trenddetectie verstoren. Een trend in de concentratie in een stromend systeem wordt veelal automatisch geassocieerd met een trend in de vrucht. Dit geldt echter alleen als er geen relatie bestaat tussen de concentratie en het debiet en bovendien rekening gehouden wordt met de mogelijk verschillende seizoensinvloed op concentratie en debiet. Aangezien aan deze randvoorwaarden in stromende systemen in het algemeen niet voldaan zal worden, dient voor de invloed van de hydrologie gecorrigeerd te worden. Hoe deze correctie plaatsvindt is afhankelijk van de situatie ter plaatse. Het meest voor de hand ligt een transformatie naar momentane vruchten (debiet maal concentratie). Dit houdt automatisch in dat debietmetingen beschikbaar moeten zijn. Bij steekbemonstering zal daarom ook een meting of schatting van het debiet gemaakt dienen te worden. Ook voor (semi-)stagnante systemen, die sterk beïnvloed worden door regenval, moet rekening gehouden worden met de hydrologie. Hierbij gaat het met name om verdunning of afspoeling. Voor de data-analyse op de lange termijn is het zinvol een notitie met betrekking tot de situatie ten tijde van de monsternamen beschikbaar te hebben.

Alternatieve benaderingen

De in dit rapport genoemde methoden voor trenddetectie hebben stevast betrekking op univariate meetreeksen, dat wil zeggen: reeksen die steeds betrekking hebben op één variabele. De interpretatie van de resultaten kan indien het aantal geanalyseerde variabelen groot is, een lastige klus zijn. Om een duidelijker beeld te krijgen van de oorzaken van eventuele trends kan desgewenst gebruik gemaakt worden van berekende variabelen (indices), bijvoorbeeld:

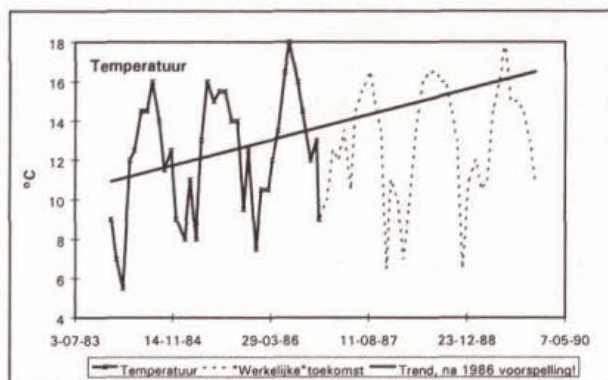
- factor-scores van factoranalyses;
- chloride-sulfaat ratio;
- fosfaat-stikstof ratio.

Trends in dergelijke variabelen geven mogelijk een beter inzicht in de (oorzaken van) veranderingen.

Voorspellingen op basis van trends

Monotone trends geven de ontwikkeling in het verleden weer. Vaak is er ook behoefte aan een voorspelling, met andere woorden: zet een trend van het verleden door? Feitelijk heeft de bepaling van de historische trend niets te maken met de processen die zich in werkelijkheid in het water afspelen. Het is daarom in beginsel niet mogelijk om deze trend naar de toekomst te extrapoleren. Indien echter de oorzaak van een historische trend bekend is, kan eventueel wel een kwalitatieve voorspelling worden gedaan. Echter op het moment dat waterkwaliteitsveranderingen als gevolg van aanvullende of andersoortige maatregelen te verwachten zijn, verliest iedere voorspelling op grond van de historische ontwikkeling zijn waarde.

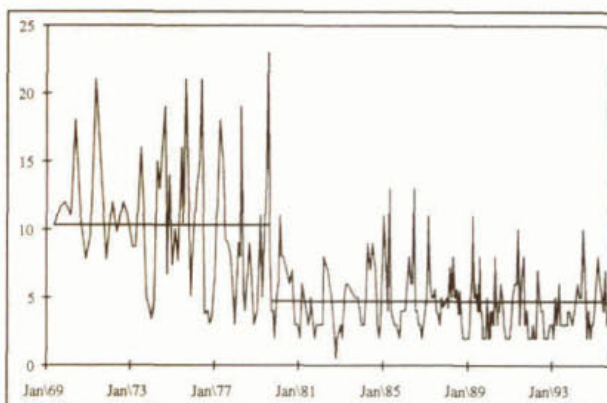
Ter illustratie is in Figuur 2-4 het verschil tussen prognose en werkelijkheid weergegeven voor de watertemperatuur. Het zal duidelijk zijn dat een langetermijnprognose voor deze variabele op deze wijze onzinnig is.



Figuur 2-4: Voorspellen toekomstige waterkwaliteit middels trends

2.3 STAPTRENDS

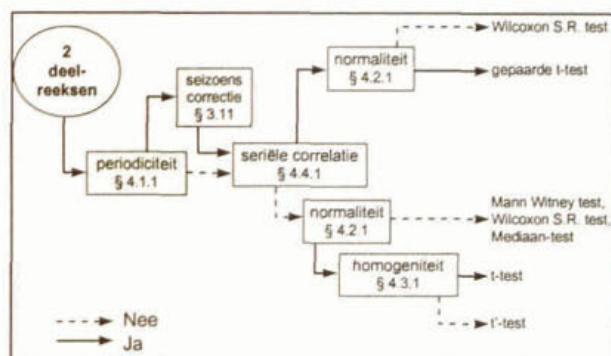
Een staptrend kan worden omschreven als een permanente, (min of meer) abrupte verandering in het kwaliteitsniveau, meestal ten gevolge van het uitvoering geven aan lokaal beleid (veelal middels beheerstechnische ingrepen of maatregelen). Ter beoordeling van de effecten van beleidsmaatregelen wordt doorgaans het (gemiddelde) niveau van een waterkwaliteitsvariabele van vóór de ingreep vergeleken met het niveau erna. Ter illustratie toont Figuur 2-5 een staptrend, waarbij de daling omstreeks 1980 is opgetreden.



Figuur 2-5: Voorbeeld van een staptrend

Voor het aantonen van een staptrend is het noodzakelijk om de dataset op voorhand te splitsen in twee deelreeksen: één van vóór en één van na het veronderstelde moment van verandering. Voor de keuze van de juiste toetsmethode wordt verwezen naar het in Figuur 2-6 gepresenteerde beslisschema. Analoog aan de toetsing van monotone trends gelden ook hier specifieke randvoorwaarden voor het mogen toepassen van de diverse methoden (deel 2 voor meer informatie).

Het schema dient twee maal, dat wil zeggen: voor beide deelreeksen afzonderlijk, te worden doorlopen. De geselecteerde toets zelf dient vanzelfsprekend slechts eenmaal (met beide deelreeksen als invoer) te worden toegepast.



Figuur 2-6: Beslisschema toets op staptrend (Blind, 1996)⁵

2.4 VRACHTBEPALING

Kennis over de stofstromen in en uit een systeem is belangrijk voor beleidsevaluatie en beleidsvorming. In de laatste jaren neemt de aandacht voor vrachtbepaling toe, doordat op internationaal niveau verdragen zijn gesloten, bijvoorbeeld met betrekking tot de belasting van de Noordzee.

Over vrachtberekeningen is inmiddels veel gepubliceerd. Voor het natuurlijk milieu is de literatuur echter sterk beperkt tot vrachtbepaling in grotere rivieren (o.a. Klavers en de Vries, 1993). Daarnaast bestaat kennis over vrachten uit puntbronnen. Binnen de geraadpleegde bibliotheken zijn geen relevante wetenschappelijke publicatie gevonden met betrekking tot vrachtbepalingen in kleinere systemen (bijv. beekjes en sloten) en gebieden waar water via sluizen en gemalen wordt in- en/of uitgelaten. In Nederland zijn juist deze situaties voor de regionale beheerder van belang.

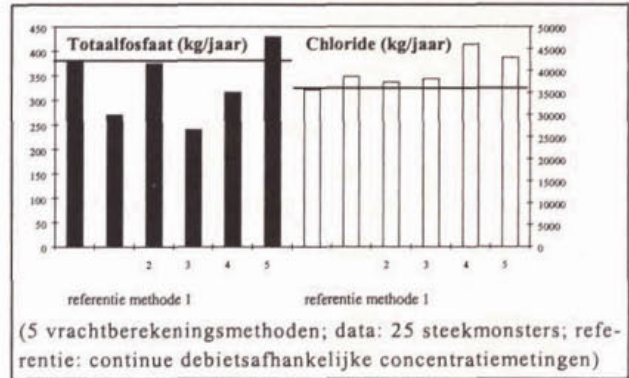
⁵ Paragraafverwijzingen in Figuur 2-6 hebben betrekking op deel 2.

Vrachten kunnen op veel verschillende manieren berekend worden. Met name Littlewood (1992) en Klavers en de Vries (1993) hebben verschillende methoden naast elkaar gezet in uitgebreide rapporten. De keuze van de berekeningsmethode heeft grote invloed op de uiteindelijke vracht. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 2-7.

Waardoor ontstaan de grote verschillen in uitkomsten? Aan de verschillende berekeningsmethoden liggen verschillende aannamen ten grondslag. Een van de belangrijkste aannamen heeft betrekking op de afhankelijkheid tussen debiet en concentratie.

Bij een puntlozing van een vast volume zal, wanneer het debiet van het ontvangende water stijgt, enerzijds verdunning optreden. Anderzijds kan bij verhoogde afvoer resuspensie optreden, waardoor de concentraties mogelijk stijgen. In dit laatste geval wordt een vracht makkelijk onderschat indien de vaak korte perioden van hoge afvoer niet adequaat worden bemonsterd. Nadrukkelijk dient sprake te zijn van een afhankelijkheid tussen debiet en concentratie, en niet tussen debiet en vracht. Het laatstgenoemde verband geeft een vertekend beeld, zoals blijkt uit Kader 2-1.

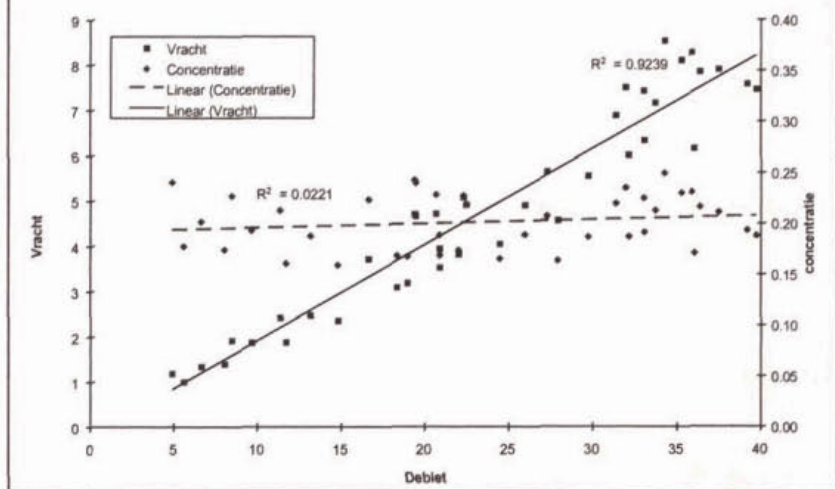
Terwijl het op basis van systeemkennis vaak voor de hand ligt dat er sprake is van een verband tussen debiet en concentratie, kan dit vaak op basis van steekmonsters bij verschillende afvoeren niet worden aangetoond. En als het verband al aangetoond kan worden, is het vaak onbetrouwbaar. De concentratie laat zich niet op basis van het debiet voorspellen. Hieraan kunnen de volgende drie oorzaken ten grondslag liggen:



Figuur 2-7: Illustratie effect keuze vrachtberekeningsmethode ten opzichte van de referentie (case Mosbeek)

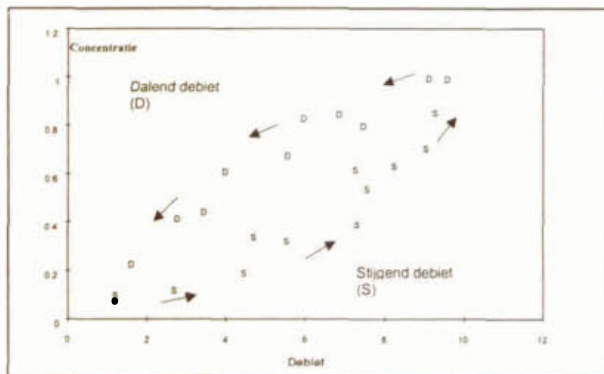
Kader 2-1

In de praktijk blijkt er een verschil te bestaan tussen de relatie van debiet en concentratie enerzijds, en die van debiet en vracht anderzijds (zie afbeelding). De figuur laat duidelijk zien, dat er - ondanks het ontbreken van het eerstgenoemde verband ($R^2=0.0221$) - sprake is van een sterke correlatie tussen debiet en vracht ($R^2=0.9239$). Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door verschillen in (orde van grootte van) spreiding. Beide verbanden zijn zichtbaar, juist doordat de spreiding in de concentratie relatief gering is, terwijl de spreiding in de vracht vooral wordt bepaald door de (hoge) spreiding van het debiet.



1. Het hysteresis-effect

Binnen een afvoergolf kan het precieze moment van bemonstering van grote invloed zijn op het meetresultaat. In de eerste plaats omdat de concentratie varieert met de afvoer. In de tweede plaats omdat - in eenzelfde afvoergolf - het concentratieverloop tijdens toe- en afnemend debiet kan verschillen. Dit laatste nu, wordt het hysteresis-effect genoemd (Figuur 2-8).



Figuur 2-8: Het hysteresis-effect (binnen een afvoergolf)

2. History-effect

Behalve het debietmomentum (toe- of afname) binnen eenzelfde afvoergolf is ook de periode die aan een afvoergolf vooraf gaat, van belang voor het meetresultaat. Afhankelijk van de bron van de beschouwde stof kan uitputting optreden, bijvoorbeeld doordat de fijne sedimentfractie waaraan de stof voornamelijk is gebonden, met één of meerdere voorafgaande afvoergolven reeds is afgevoerd (uitputting kan zelfs binnen één afvoergolf optreden). Dit effect wordt hier aangeduid met het history-effect.

3. Periodiciteit

Een ander aspect dat van belang is, heeft betrekking op de seizoensinvloed. De afvoer zal in veel gevallen seizoensgebonden zijn. De seizoensinvloed op de concentratie kan hiermee echter uit de pas lopen. Het eenvoudigweg vermenigvuldigen van een jaardebiet met een jaargemiddelde concentratie op basis van steekmonsters is dan uit den boze.

Het is helaas niet mogelijk om voor afzonderlijke variabelen aan te geven of er sprake is van een relatie tussen debiet en concentratie, laat staan dat deze relatie kan worden beschreven of gekwantificeerd.

2.4.1 BEREKENINGSMETHODEN

De berekening van vrachten is op papier een eenvoudige zaak: de momentane vracht is het product van het momentane debiet en de concentratie. Over een bepaald tijdsbestek ($t_1 - t_2$) wordt de vracht vervolgens bepaald door:

$$Vracht = K \sum_{i=1}^n \Delta t_i c_i Q_i$$

In deze formule is c de concentratie, Q het debiet, Δt de breedte van het tijdsinterval rond $c_i Q_i$ en K een omrekeningsconstante voor eenheden.

In de praktijk zal de meetfrequentie in het algemeen ontoereikend zijn om bovenstaande formule te mogen en kunnen toepassen. Gegeven de beschreven randvoorwaarden wordt geadviseerd om in plaats daarvan een van de onderstaande berekeningsmethoden te gebruiken:

1. 'Recht-toe-recht-aan'-methode

Bij de 'recht-toe-recht-aan' methode wordt aangenomen dat concentratie en debiet onafhankelijk van elkaar zijn.

2. 'Directe' methode

In tegenstelling tot de 'recht-toe-recht-aan' methode zijn bij de directe methode debiet en concentratie wel aan elkaar gekoppeld.

3. 'Gemiddelde afvoer per interval' methode

Deze methode is vergelijkbaar met de 'directe' methode. Er wordt echter uitgegaan van continue debietmetingen.

4. 'Gemiddelde concentratie' methode

Deze methode is zeer vergelijkbaar met de 'gemiddelde afvoer per interval' methode. Bij de berekening van de vracht wordt in plaats van gemiddelde periodedebieten uitgegaan van de totale afvoer in de beschouwde periode.

5. 'Gewogen concentratie' methode

Bij de gewogen concentratie methode wordt de debietgewogen concentratie vermenigvuldigd met het gemiddelde debiet.

Een uitgebreide beschrijving van deze methoden wordt gegeven in deel 2. Om uiteenlopende redenen kunnen concentraties en debieten, benodigd voor de berekening van (deel)vrachten ontbreken. Toepassing van vrachtberekeningsmethoden zal in voorkomende gevallen resulteren in vrachten die in beginsel minder nauwkeurig zijn. Door ontbrekende gegevens te schatten op basis van de wel beschikbare gegevens, kan aan dit probleem in belangrijke mate tegemoet worden gekomen. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar, waarvan de meeste uitgaan van een verband tussen debiet en concentratie. Echter, omdat dit verband in de praktijk vaak niet opgaat, zullen voornoemde methoden niet altijd toepasbaar zijn.

2.4.2 KEUZE BEREKENINGSMETHODE

Meetinspanningen behoren te zijn afgestemd op de informatiebehoefte van het beleid. Indien de informatiebehoefte gekwantificeerd is, ligt daarmee in het algemeen ook de berekeningswijze vast. In veel gevallen zullen echter gegevens beschikbaar zijn, die niet afgestemd zijn op specifieke informatiedoelen of berekeningswijzen. In voorkomende gevallen dient zich vervolgens de vraag aan, welke berekeningswijze het meest geschikt is om te worden toegepast. In de eerste plaats hangt de keuze van de methode af van de beschikbare data (Tabel 2-1).

Tabel 2-1: Globale richtlijnen voor toe te passen vrachtberekeningsmethoden

Concentratie	debiet	vrachtberekeningsmethode
laagfrequent	idem	1 ⁶ , 2
laagfrequent	laagfrequent maar regelmatig dan de concentratie	1 ⁶ , 2
laagfrequent	(vrijwel) continu	3, 4, 5 ⁷
matig tot hoogfrequent	regelmatiger dan de concentratie	1 ⁷
matig tot hoogfrequent	(vrijwel) continu	3, 4, 5

⁶ Concentratie- en debietmetingen behoeven niet perse gelijktijdig te hebben plaatsgevonden.

⁷ Voor het kunnen afleiden van concentraties op basis van een relatie tussen concentratie en debiet, dient op voorhand al een relatief groot aantal concentraties beschikbaar te zijn, teneinde van een betrouwbare relatie te kunnen uitgaan.

Een tweede belangrijke factor bij de keuze van de methode is het verband tussen concentratie en vracht. Via *curve fitting* kunnen de benodigde parameters voor een verband tussen concentratie en debiet geschat worden (lineaire regressie indien het verband lineair is; zie figuur in Kader 2-1). Indien er geen relatie tussen de concentratie en het debiet bestaat, kunnen de zogenoemde niet-debietsgewogen methoden toegepast worden. Dit zijn de methoden 1 t/m 4.

Geen voorkeursmethode

In de literatuur is geen eenduidig antwoord te vinden over de geschiktheid van verschillende vracht-berekeningsmethoden. In deel 2 wordt hier dieper op ingegaan. Om deze reden is het niet mogelijk om voor de meetdoelstelling vrachten een beslisschema op te stellen.

Tot slot worden met betrekking tot het berekenen en gebruiken van vrachten enkele kanttekeningen gegeven in bijlage 3.

2.5 AANDACHTSPUNTEN EN VALKUILEN BIJ DATA-ANALYSE

In het evaluatie- en optimalisatieproces neemt de analyse van tijd- of meetreeksen een prominente plaats in. In de praktijk blijkt echter dat beschikbare data vaak niet zonder meer geanalyseerd kunnen worden. In deze paragraaf worden de meest voorkomende 'valkuilen' genoemd en wordt in het kort - veelal aan de hand van praktijkvoorbeelden - ingegaan op noodzakelijke aanpassingen van de data voor analyse en de problemen en keuzes die zich daarbij kunnen aandienen. Tevens kan in de voorbereidende fase reeds worden geanticipeerd op de verdeling van de te analyseren meetreeks (geldt voor laatste aandachtspunt). Er wordt in het bijzonder aandacht besteed aan:

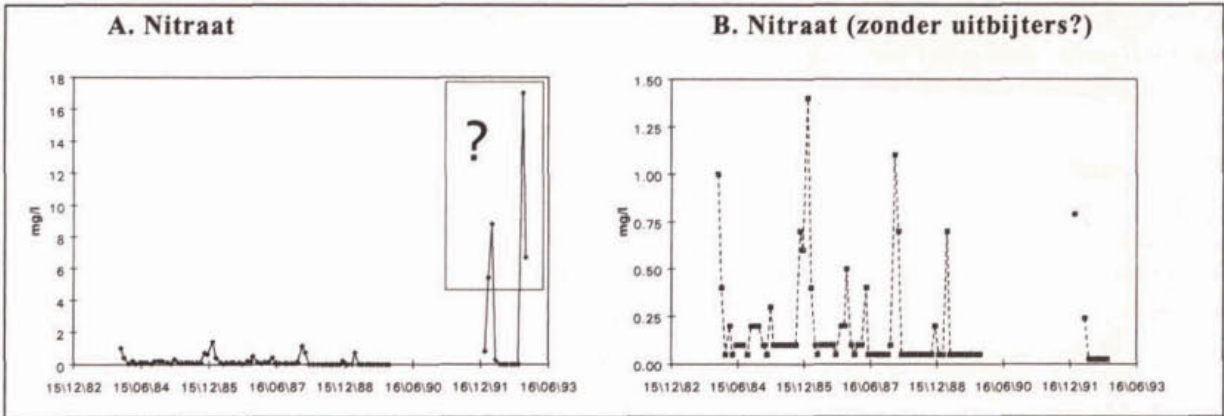
- uitbijters (extreme meetwaarden);
- ontbrekende gegevens en equidistante tijdreeksen;
- detectiegrenzen;
- bekende bronnen van spreiding;
- datatransformatie.

In deel 2 is voor iedere statistische methode/toets aangegeven aan welke voorwaarden de data dienen te voldoen. Voor meer informatie over de vanuit de statistiek opgelegde randvoorwaarden wordt derhalve naar dit deel verwezen. Overigens kan een toets natuurlijk altijd uitgevoerd worden, ook al is dit op grond van de karakteristieken van data niet toegestaan. Bij de interpretatie dient hiermee dan wel rekening te worden gehouden (bijlage 1).

Uitbijters

Uitbijters zijn meetwaarden die niet in het 'patroon' van de overige meetwaarden passen. Het zijn meestal uitzonderlijk hoge of lage waarden (Figuur 2-9). Uitbijters kunnen ontstaan door praktische fouten of door niet-representatief meten. Uitbijters in de dataset leiden ertoe dat de spreiding in de dataset groter is dan kan worden verwacht. Hierdoor neemt de informatie-inhoud van een meetreeks af (het wordt bijv. moeilijker om een bepaalde trend te kunnen detecteren).

Met behulp van Box-en-Whiskerplots kan de aanwezigheid van uitbijters worden gevisualiseerd. Afhankelijk van de lengte van de meetreeks kan de aanwezigheid van uitbijters worden aangetoond met behulp van de Rosner's toets (deel 2).



Figuur 2-9: Illustratie uitbijters

Indien uitbijters in de dataset worden aangetroffen en de correcte meetwaarde niet kan worden achterhaald, dient besloten te worden wat er mee te doen.

- Uitbijters uit de dataset te verwijderen (dit leidt echter tot een ontbrekende waarde; zie volgend onderdeel);
- Een meer robuuste toets te gebruiken, die minder gevoelig is voor de aanwezigheid van uitbijters;
- Uitbijters niet verwijderen en dus als zodanig handhaven.

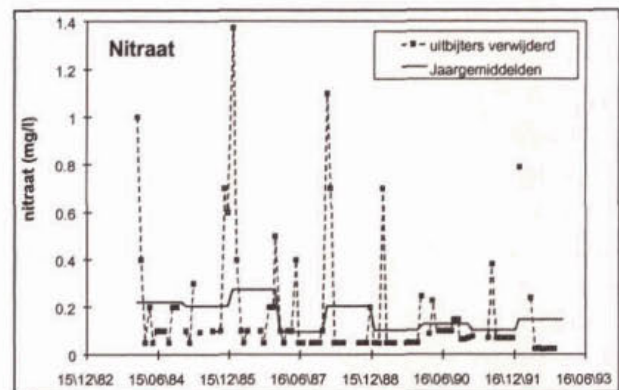
Welke van de hierboven genoemde methoden het beste op een bepaalde dataset kan worden toegepast, blijft een kwestie van *expert opinion*.

Ontbrekende gegevens en equidistante tijdreeksen

In de praktijk worden meetreeksen veelal gekenmerkt door ontbrekende waarden - bijvoorbeeld als gevolg van ijsvorming waardoor bemonstering niet mogelijk is - en perioden tussen metingen van uiteenlopende lengte. Ontbrekende waarden kunnen voor bepaalde data-analysesoftware echter problemen opleveren. Wisselende perioden tussen individuele metingen vormen vooral een probleem vanuit statistisch oogpunt (deel 2).

Een mogelijke oplossing voor bovenstaande knelpunten is data-aggregatie, in de praktijk meestal tot maand-, kwartaal- of jaargemiddelde data (Figuur 2-10). Beter is het echter om in plaats van het gemiddelde van de mediaan uit te gaan. Bij data-aggregatie dient een aantal kanttekeningen te worden geplaatst. Zo moet men zich bedenken dat:

- de statistische structuur van de data verandert;
- het gemiddelde representatief is voor de gehele gekozen periode;
- ingeval van één meting, deze meting representatief is voor die periode;
- alsnog ontbrekende waarden betrekking hebben op die periode;
- de spreiding afneemt⁸.



Figuur 2-10: Data-aggregatie (op basis van jaargemiddelden) als mogelijk antwoord op ontbrekende waarden en niet-equidistante meetwaarden

⁸ Dit betekent echter ook dat in de toekomst hetzelfde aantal meetgegevens moet worden geaggregeerd, en dat de berekende optimale meetfrequentie betrekking heeft op het aantal geaggregeerde metingen.

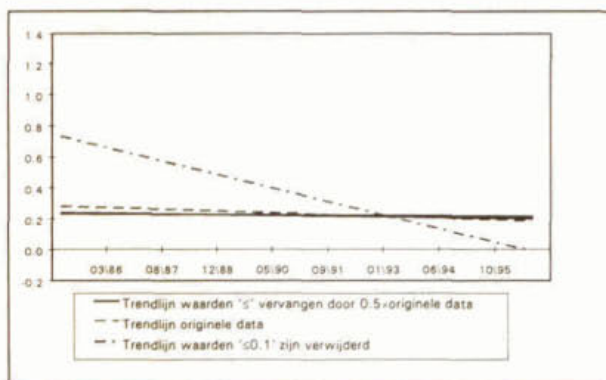
Alternatieve methoden die vooral bruikbaar zijn wanneer het om incidenteel ontbrekende waarden gaat, zijn bijvoorbeeld het gebruiken van het gemiddelde van vorige en volgende meetwaarde of het langjarig periodegemiddelde in geval van periodiciteit.

Detectiegrenzen

Een volgend aandachtspunt bij data-analyse is het optreden van meetwaarden kleiner dan of gelijk aan de detectielimiet⁹. In voorkomende gevallen worden deze waarden, vóór de statistische analyse, in het algemeen vervangen door 0.5 maal de detectielimiet.

In veel datasets zijn echter tevens in de tijd veranderende detectielimieten aanwezig. Met name met betrekking tot microverontreinigingen zijn de analytische mogelijkheden in de loop der jaren sterk verbeterd met lagere detectielimieten als gevolg. Per meetreeks moet beoordeeld worden wat de beste oplossing is. In het algemeen geldt dat alle gerapporteerde waarden die kleiner zijn dan de hoogste detectielimiet, moeten worden gewijzigd in de hoogste detectielimiet. In sommige gevallen verdient het echter de voorkeur om de waarnemingen die officieel op de hoogste detectielimiet liggen, te verwijderen.

Het zal duidelijk zijn dat de wijze waarop met deze waarden wordt omgegaan, van grote invloed kan zijn op de berekende historische trend (Figuur 2-11). In dit voorbeeld wordt als gevolg van de ongelijke verdeling van deze waarden in de tijd een trend 'geïntroduceerd' op het moment dat de waarden ≤ 0.1 worden verwijderd. Met andere woorden: deze trend wordt niet gevonden, indien in de berekening de originele waarden worden gebruikt, of alle waarden kleiner dan of gelijk aan de detectielimiet op de halve detectielimiet worden gesteld.



Figuur 2-11: Aanpak detectielimieten en gevolgen voor de historische trend

Een gegeven is, dat zowel het aanpassen als het verwijderen van meetwaarden leidt tot informatieverlies. Als slechts incidenteel op de detectielimiet wordt gemeten, is de fout die geïntroduceerd wordt door geen rekening te houden met verschillende detectielimieten, verwaarloosbaar. Als zeer veelvuldig metingen op de detectielimiet liggen en er sprake is van verschillende (steeds lager wordende) detectielimieten, is het verstandig om niet de gehele tijdreeks te analyseren. In dit geval levert het analyseren van de laatste periode met de laagste detectielimiet meer informatie op. Bovendien moet men zich afvragen of de moeite voor het monitoren van stoffen waarvan de concentratie vaak onder de detectielimiet ligt, in verhouding staat tot de informatie die gewonnen wordt. Bij een geringe opbrengst kan men overwegen om de meetinspanning te beëindigen, of - indien mogelijk - over te stappen op meer verfijnde (lees: meer nauwkeurige) chemische analysemethoden.

Bij veelvuldig voorkomen van waarden kleiner dan of gelijk aan de detectielimiet moet bij toetsing als regel voor een verdelingsvrije methode worden gekozen.

⁹ In het geval van matrix-effecten wordt ook wel gesproken van aantoonbaarheids grens in plaats van detectielimiet.

Bekende bronnen van variantie

Vanuit statistisch oogpunt is een grote spreiding van meetwaarden ongunstig. Zo bemoeilijken bijvoorbeeld seizoensinvloeden de detectie van trends (§ 2.2 en § 2.3). Door bekende bronnen van spreiding te verwijderen (Figuur 2-12), worden de mogelijkheden om hypothesen statistisch te kunnen toetsen groter. Door de toegenomen informatie-inhoud kan gemakkelijker beleidsrelevante informatie worden verkregen.

De bekendste bronnen van spreiding zijn trend en periodiciteit. Voor waterkwaliteitsgegevens is seizoensinvloed de belangrijkste vorm van periodiciteit. Seizoensinvloeden kunnen zowel van natuurlijke (temperatuur, neerslagverdeling) als van menselijke oorsprong zijn (mestbeleid, peilbeheer). Trend is een (semi-)permanente verandering van het gemiddelde van de meetwaarden van een waterkwaliteitsvariabele over een periode van tenminste enkele jaren. Daartoe worden dus niet de veranderingen gerekend, die samenhangen met jaarlijkse seizoenseffecten of abrupte en kortdurende veranderingen, die het gevolg zijn van calamiteiten.

De aanwezigheid van seizoensinvloeden kan het beste worden vastgesteld met behulp van de Kruskal-Wallis toets. De Seasonal Kendall toets wordt aanbevolen als meest robuuste methode om een historische trend aan te tonen.

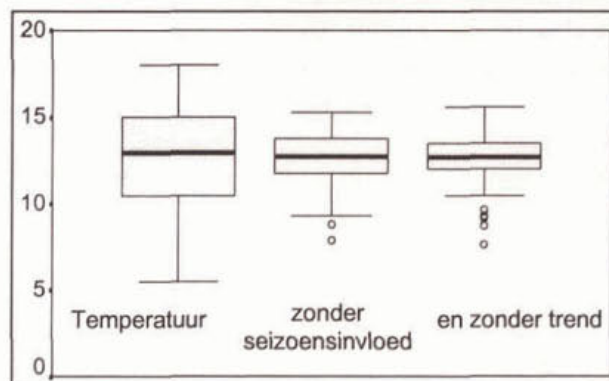
De meest voorkomende methode om waterkwaliteitsgegevens voor seizoensinvloed te corrigeren, is om van iedere waarde uit de meetreeks het betreffende langjarig seizoensgemiddelde af te trekken (van alle januari-metingen het langjarig januari-gemiddelde aftrekken, van alle februari-metingen het langjarig februari-gemiddelde aftrekken, etc.). Omdat deze methode gevoelig is voor uitbijters, wordt - zeker wanneer slechts een gering aantal metingen per seizoen beschikbaar is - aanbevolen om in plaats van het seizoensgemiddelde de seizoensmediaan te gebruiken.

Een trendvrije reeks kan worden verkregen door van iedere meetwaarde de (seizoensspecifieke) trend af te trekken. Deze trend kan het beste worden berekend via de Seasonal Kendall Slope Estimator. Aangezien het aannemelijk is dat in elke meetreeks seizoensinvloeden (en trend) aanwezig zijn, worden voornoemde correcties veelal standaard toegepast, dus ook wanneer de seizoensinvloed (of trend) niet statistisch significant is.

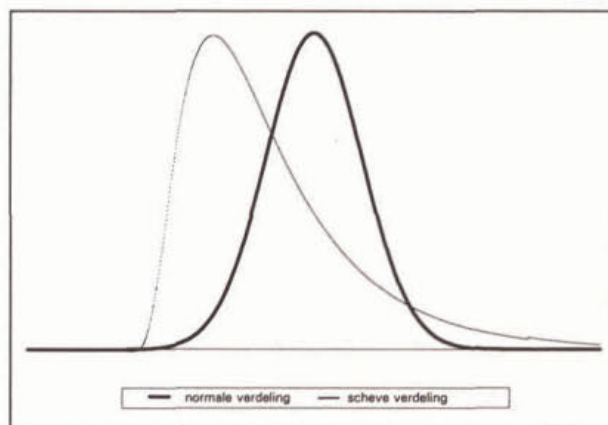
Alternatieve methoden die alleen onder bepaalde voorwaarden mogen worden toegepast, worden uitvoerig behandeld in deel 2 van de rapportage.

Datatransformatie

Soms zijn de data niet-normaal of scheef verdeeld, hetgeen in de praktijk veelal betekent dat er relatief veel hoge of juist lage meetwaarden in een meetreeks aanwezig zijn (Figuur 2-13). Een scheve verdeling wordt bijvoorbeeld regelmatig aangetroffen in reeksen van zware metalen. In voorkomende gevallen kan het zinvol zijn om de data te transformeren. Aanbevolen wordt om daarbij uit te gaan van een transformatie op basis van de natuurlijke logaritme (ln-transformatie; deel 2).



Figuur 2-12: Seizoensinvloeden en trend als bron van spreiding



Figuur 2-13: Normale versus (links) scheve verdeling

Het niet-normaal verdeeld zijn van de meeste waterkwaliteitsgegevens vormt een belangrijk aandachtspunt bij de selectie van adequate statistische methoden. Indien niet aan deze randvoorwaarde wordt voldaan, dient men zijn toevlucht te zoeken tot de in het algemeen minder krachtige, verdelingsvrije methoden, hoewel hiermee ook weer niet te rigide moet worden omgegaan. Voor enige relativerende opmerkingen over de vanuit de statistiek gestelde randvoorwaarden wordt verwezen naar de in bijlage 1 gevoerde discussie.

3 MEETNETOPTIMALISATIE

3.1 INLEIDING

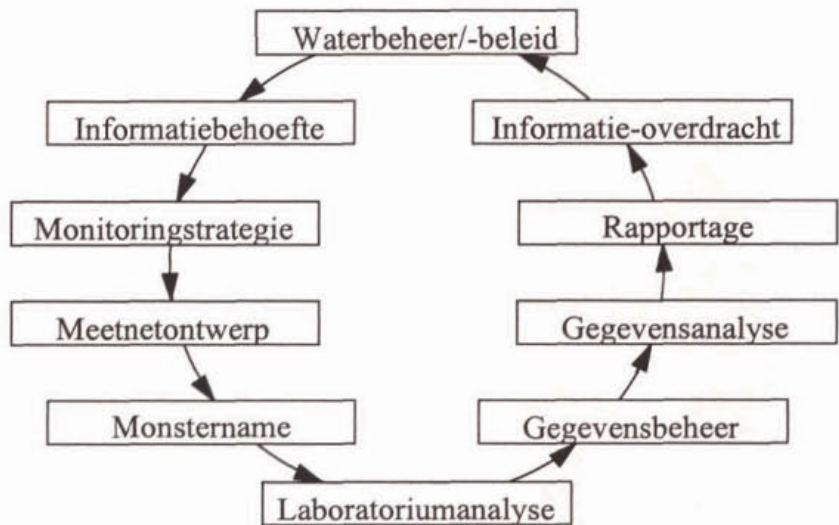
Het afstemmen van de meetinspanning op de informatiebehoefte van de beleidsmakers wordt meetnetoptimalisatie genoemd. De kunst van meetnetoptimalisatie is een praktisch, uitvoerbaar meetplan te ontwikkelen waarmee optimaal (efficiënt) in de informatiebehoefte voorzien wordt. Hierbij spelen praktische (logistieke) en financiële randvoorwaarden nadrukkelijk een rol. Een optimaal ingericht meetnet levert (in theorie) precies voldoende data om, gegeven een gewenste betrouwbaarheid en specifieke informatie-eisen, precies de gewenste informatie te leveren. Door de omvang van de meetnetten en de verschillende, in de tijd variërende informatiebehoefte is het optimaliseren buitengewoon complex.

3.2 DE MONITORINGCYCLUS

De UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment (1994) heeft richtlijnen voor het monitoren en beoordelen van grensoverschrijdende rivieren geformuleerd. Hieruit is een cyclus van stappen ontstaan die continu doorlopen moet worden om kwalitatief hoogwaardig en efficiënt te monitoren. Deze cyclus staat bekend als de monitoringcyclus (Figuur 3-1).

Ondanks dat de activiteiten van voornoemde Task Force in het teken staan van grote (stromende) wateren, zijn de beschreven richtlijnen ook zeer wel toepasbaar voor regionale watersystemen, en wellicht zelfs nog wel breder: voor kwaliteitsonderzoek in het algemeen.

In Kader 3-1 is de inhoud van de afzonderlijke stappen van de monitoringcyclus in het kort beschreven. Voor een meer uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het voornoemde rapport.



(Bron: UN/ECE, 1994)

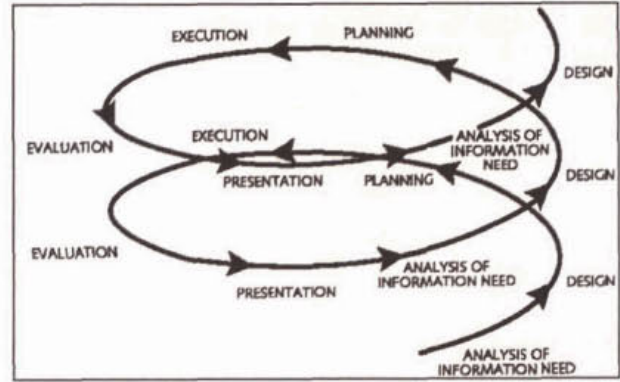
Figuur 3-1: De monitoringcyclus ('The Monitoring Cycle')

<i>Management</i>	De noodzaak voor informatie moet gebaseerd zijn op de kernonderwerpen in het management (beleid). De kernonderwerpen van het management zijn functies en gebruik, problemen en bedreigingen van het watersysteem, en effecten van maatregelen op het watersysteem. Daarnaast moet de noodzaak voor informatie ingegeven zijn door het daadwerkelijk gebruik van de informatie in het beslisproces.
<i>Informatie-behoefte</i>	De definitie van de informatiebehoefte is de belangrijkste stap benodigd voor het kunnen ontwerpen van een meetnet. Informatiebehoefte en meetdoelstellingen moeten dusdanig gedefinieerd en gespecificeerd worden dat hieruit ontwerpcriteria voor de diverse onderdelen van het informatiesysteem (waarvan het meetnet deel uitmaakt) afgeleid kunnen worden. Belangrijke aspecten van deze stap zijn: <ul style="list-style-type: none"> ● definitie informatiebehoefte per kernelement van het beleid; ● opstellen meetdoelstelling met onderbouwing: "Waarom is deze doelstelling noodzakelijk?", "Waartoe en voor welk kernelement van het management dient de informatie?"; ● specificatie informatiebehoefte (welke variabelen, hoe nauwkeurig, enz.).
<i>Monitoring-strategie</i>	Als de informatiebehoefte gespecificeerd is moet een ontwerpstrategie voor de inrichting van een meetnet ontwikkeld worden. In deze stap worden de benadering en de criteria vastgelegd voor een meetnet 'op maat'. In deze stap moet bepaald worden welke informatie reeds beschikbaar is via andere bronnen, hoe eventuele leemtes in kennis, noodzakelijk voor het meetnetontwerp, gevuld kunnen worden, enzovoorts.
<i>Meetnetontwerp, Monstername, Monsteranalyse</i>	Op basis van informatiebehoefte en netwerkcriteriën wordt in deze fase het meetnet ontworpen. Belangrijke algemene aandachtspunten zijn: <ul style="list-style-type: none"> ● te bemonsteren compartiment; ● variabelen- en meetpuntkeuze; ● meetinspanning in ruimte en tijd; ● bemonsteringsmethode, transport en opslag; ● analysemethoden. I.h.a. zal reeds bij de definitie van de informatiebehoefte op de meeste van bovengenoemde punten zijn ingegaan. Deze keuzen zijn in het algemeen impliciet aan de informatiebehoefte gekoppeld.
<i>Dataverwerking</i>	Het belangrijkste aspect van de dataverwerking is de validatie en de adequate (toegankelijke) opslag van de meetwaarden.
<i>Data-analyse</i>	De meetgegevens worden idealiter verwerkt via standaardprotocollen gericht op een hoge betrouwbaarheid van de resultaten ¹⁰ . De protocollen dienen duidelijk aan te geven wat te doen bij missende gegevens, waarden op detectielimieten, niet-normaliteit, seriële correlatie, etcetera.
<i>Rapportage</i>	De resultaten van de data-analyse moeten bij voorkeur via standaardprotocollen gerapporteerd worden. Hiervoor kunnen rapportageprotocollen ontworpen worden waarin is aangegeven hoe en met welke frequentie naar de verschillende betrokkenen gerapporteerd dient te worden.
<i>Informatiegebruik</i>	Dit punt wordt hier niet nader toegelicht maar behelst de link tussen rapportage en toekomstig beleid. Op basis van de rapportage wordt de informatie dusdanig geanalyseerd dat het management de kernpunten (aandachtspunt van het beleid) kan bevestigen of herdefiniëren.

¹⁰ De methode van data-analyse ligt in principe vast door de informatiebehoefte. Bij het inrichten van een meetnet wordt in theorie net als bij ander onderzoek uitgegaan van te toetsen hypothesen. Hieraan zijn in het algemeen een of meerdere analysemethoden gekoppeld.

Voor de goede orde: de gepresenteerde cyclus is een structuur, een raamwerk voor het effectief verzamelen van (beleids)informatie. Het schema is daardoor ook veel minder dwingend dan de opgenomen pijlen wellicht suggereren. Voor de invulling van bepaalde stappen kan het zelfs zinvol zijn om de cyclus in omgekeerde richting te doorlopen.

Door nadat de cirkel volledig is doorlopen na te gaan of de met het meetnet verzamelde informatie voldoet (evaluatie/kwaliteitsborging) en zo nodig de meetstrategie en het meetnet-ontwerp hierop aan te passen, zal de effectiviteit/kwaliteit van het meetnet in de loop der tijd toenemen. Dit proces is gevisualiseerd in Figuur 3-2.



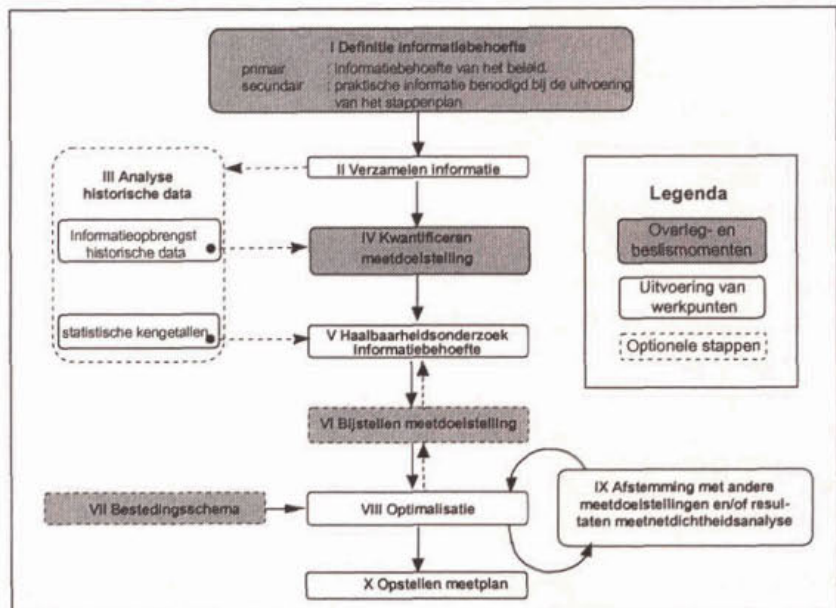
Bron: Cofino (1994)

Figuur 3-2: Een steeds beter meetnet door tussentijdse evaluatie

3.3 INLEIDING ALGEMEEN STAPPENPLAN VOOR MEETNETOPTIMALISATIE

Voor de optimalisatie van de meetinspanning met betrekking tot een of meerdere specifieke doelstellingen in de praktijk is een stappenplan opgesteld. In deze inleidende paragraaf wordt dit zogenoemde algemene stappenplan voor meetnetoptimalisatie in zijn algemeenheid gepresenteerd en toegelicht. Een uitgebreide beschouwing van de onderscheiden stappen en in het bijzonder van die stappen waarbij een actieve rol voor het management is weggelegd, volgt in § 3.4.

Het stappenplan dat is weergegeven in Figuur 3-3, volgt in zekere zin de theoretische benadering dat de informatiebehoefte a priori gedefinieerd moet worden. In de praktijk blijkt het moeilijk te zijn om de informatiebehoefte te kwantificeren. Dit onderdeel van de definitie van de informatiebehoefte is daarom niet in de eerste, maar pas in de vierde stap aan de orde. Bovendien is een bijstelling van de gekwantificeerde informatiebehoefte mogelijk in stap VI.



Figuur 3-3: Algemeen stappenplan voor meetnetoptimalisatie

Voor sommige stappen (I, IV, VI en VII) is overleg en consensus noodzakelijk. De andere stappen houden concrete werkzaamheden in, die door verschillende betrokken personen, maar met name door een data-analist uitgevoerd zullen worden.

Bij het gebruik van het stappenplan is het belangrijk zich te realiseren dat niet alle stappen altijd relevant of mogelijk zijn. Indien een meetnet geheel nieuw opgezet moet worden, is bijvoorbeeld een stap data-analyse (stap III) vaak niet mogelijk.

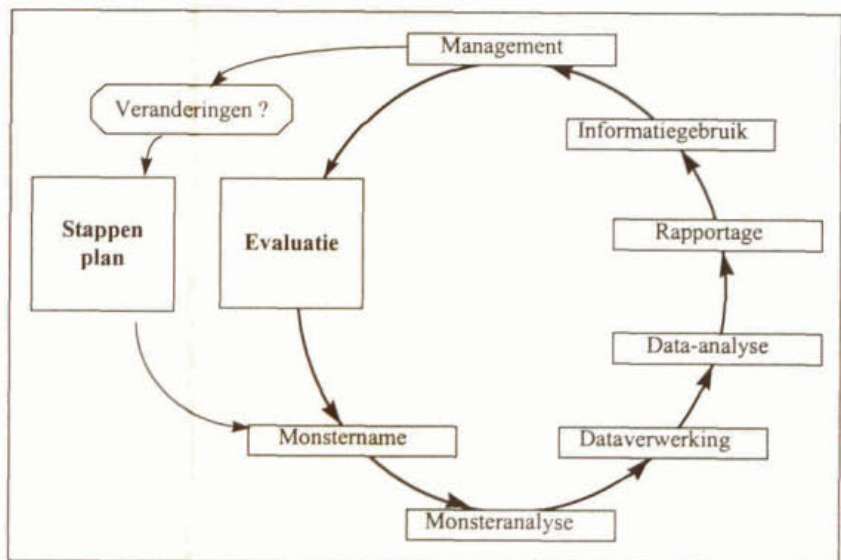
In de praktijk blijkt dat niet alle meetdoelstellingen op elk meetpunt zinvol zijn. Detectie van stap-trends bijvoorbeeld, is niet zinvol op meetpunten waar geen abrupte blijvende kwaliteitsverandering te verwachten is. Detectie van langjarige trends is niet zinvol op meetpunten waar dergelijke veranderingen juist wel verwacht worden. Bij de optimalisatie van een meetnet kan daarom het beste uitgegaan worden van een optimalisatie per meetdoelstelling, met alvast 'in het achterhoofd' de overige meetdoelstellingen waarmee in een later stadium (stap IX) afstemming moet plaatsvinden, met andere woorden: het is niet noodzakelijk de meetnetoptimalisatie van meet af aan integraal over alle meetdoelstellingen te benaderen.

Indien ook de meetnetdichtheid geanalyseerd (en eventueel verlaagd) moet worden, is het van het grootste belang om bij de voorgaande integrale afstemming tevens de resultaten van de dichtheidsanalyse te betrekken.

Het stappenplan is met name gericht op optimalisatie (of herinrichting) van bestaande meetnetten. Het is tevens geschikt om een nieuw meetnet op te zetten, mits informatie omtrent de variabiliteit in het onderzoeksgebied beschikbaar is. Deze informatie kan desgewenst ook verkregen zijn via extrapolatiemethoden of systeemkennis (o.a. ook *expert opinion*).

In Figuur 3-4 is aangegeven hoe het stappenplan in relatie tot de eerder gepresenteerde monitoringcyclus dient te worden beschouwd. Het volledige stappenplan komt grofweg overeen met de stappen Informatiebehoefte - Monitoringstrategie - Meetnetontwerp in de cyclus. Het stappenplan hoeft alleen doorlopen te worden, indien daartoe een reden is, zoals:

- het management moet andere informatie aangeleverd krijgen (een nieuwe of andere informatiebehoefte is relevant);
- de gevraagde kwaliteit verandert, informatie moet sneller of nauwkeuriger geleverd worden;
- financiële, praktische, of juridische kaders zijn veranderd;
- er zijn ingrijpende veranderingen in het systeem opgetreden.



Figuur 3-4: De plaats van het stappenplan in de monitoringcyclus

Indien er geen reden bestaat om het stappenplan volledig te doorlopen, kan volstaan worden met een evaluatie. Nagegaan dient te worden in hoeverre het meetnet nog aan de gestelde eisen voldoet, en of de kengetallen die gebruikt zijn voor de optimalisatie actueel zijn.

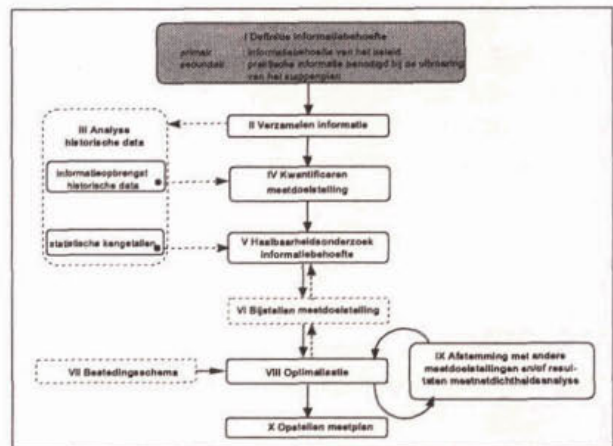
3.4 TOELICHTING OP HET ALGEMENE STAPPENPLAN

In deze paragraaf worden de tien stappen van het algemene stappenplan voor meetnetoptimalisatie toegelicht en op sommige plaatsen geïllustreerd aan de hand van een concrete invulling voor een specifieke meetdoelstelling. Uitvoerig zal worden ingegaan op de stappen waarbij het management in belangrijke mate betrokken is (stappen I, IV, VI en VII). De overige stappen worden slechts op hoofdlijnen behandeld. Voor een uitvoerige beschouwing van alle stappen en een invulling voor ieder van de vier meetdoelstellingen (algemene waterkwaliteit/normtoetsing, monotone trends, stap-trends, vrachten) wordt verwezen naar deel 3 van de rapportage.

3.4.1 DEFINITIE INFORMATIEBEHOEFTE (STAP I)

Bij de definitie van de informatiebehoefte kan onderscheid gemaakt worden tussen twee typen informatie: de zogeheten primaire en secundaire informatiebehoefte.

De primaire informatiebehoefte is de informatiebehoefte van het beleid en heeft betrekking op de informatie die het meetnet uiteindelijk moet opleveren. De secundaire informatiebehoefte heeft betrekking op de praktische informatie die beschikbaar moet zijn om het vervolg van het stappenplan met succes te doorlopen. Om deze informatie op tafel te krijgen zijn veelal aanvullende werkzaamheden noodzakelijk (stap II). De secundaire informatiebehoefte kan dan ook gezien worden als een actiepuntenlijst.



3.4.1.1 PRIMAIRE INFORMATIEBEHOEFTE

Het waterkwaliteitsbeleid is gebaseerd op informatie omtrent de waterkwaliteit. Voor adequaat beleid dient relevante informatie beschikbaar te zijn. Welke informatie beschikbaar moet zijn, ligt in het algemeen vast door de doelstellingen en acties van het beleid.

Informatie kan op verschillende manieren ingewonnen worden. Voor sommige informatie zullen metingen moeten worden uitgevoerd. De informatiedoelstelling die samenhangt met meten, wordt in het algemeen de meetdoelstelling genoemd. De wijze waarop de meetdoelstelling is gedefinieerd, vormt het vertrekpunt voor de meetnetoptimalisatie. In Tabel 3-1 zijn uiteenlopende beleidsuitgangspunten gekoppeld aan de meest gangbare meetdoelstellingen.

De vertaling van de beleidsrelevante informatiebehoefte in een meetdoelstelling en in een meetplan behelst in zijn algemeenheid de beantwoording van de volgende vraag: wat moet waar, hoe vaak, hoe lang gemeten worden om nauwkeurig de gewenste informatie te verkrijgen?

Tabel 3-1: Verband tussen beleid en meetdoelstelling

Beleid	meetdoelstelling
Gericht op algemene surveillance (o.a. wettelijke meetplicht):	<ul style="list-style-type: none"> • normtoetsing; • algemene kwaliteitsbeschrijving.
Gericht op maatregelen met betrekking tot diffuse bronnen (o.a. mestbeleid):	<ul style="list-style-type: none"> • monotone trends; • vrachten en balansen.
Gericht op specifieke lokale maatregelen (o.a. sanering overstorten):	<ul style="list-style-type: none"> • staptrends; • vrachten en balansen.

Gezien de scope van het onderhavige project wordt, voor wat betreft de meetstrategie en de keuze van het milieucompartiment, uitgegaan van standaard fysisch-chemische metingen (het huidige routinematige monitoringprogramma) in het oppervlaktewatercompartiment. Dit wil overigens niet zeggen dat een discussie in deze fase over het te bemeten compartiment niet zinvol zou kunnen zijn. Het is immers denkbaar dat de gewenste informatie ook, en misschien zelfs beter uit bijvoorbeeld waterbodem- en/of biotische gegevens kan worden verkregen. Het strekt echter tot aanbeveling bij concrete maatregelen de mogelijkheden van andere compartimenten te evalueren. Zeker met betrekking tot (organische) microverontreinigingen kan het alleen al uit analytisch oogpunt voordelig zijn een ander meetcompartiment te kiezen.

Ook voor de gekozen strategie (routinematig meten) geldt, dat er mogelijk diverse alternatieven beschikbaar zijn (waaronder projectonderzoek, CBS, emissieregistratie, overheidsarchieven) op basis waarvan gegevensinzameling kan plaatsvinden.

Afhankelijk van de meetdoelstelling kan een indeling worden gemaakt in punten die wel, matig en ongeschikt zijn om in het uiteindelijke meetnet te worden opgenomen (Tabel 3-2). De doelstelling van de a priori selectie van meetpunten is overbodige werkzaamheden te verhinderen en de overzichtelijkheid te vergroten.

Het spreekt voor zich dat genoemde voorbeelden niet algemeen geldend zijn. Duidelijk moet zijn dat de keuze van meetpunten in dit stadium van de meetnetoptimalisatie nog niet definitief is. Het is immers nu nog niet duidelijk voor welke meetpunten de meetdoelstellingen realiseerbaar zijn. Aanbevolen wordt om in dit stadium alleen die meetpunten te laten vallen die zeker niet relevant zijn.

Tabel 3-2: Meetdoelstelling en meetpuntkeuze

Meetdoelstelling	meetpuntkeuze
Normtoetsing, algemene kwaliteitsbeschrijving:	Alleen die meetpunten zijn interessant die representatief zijn voor de omgeving - overeenkomsten met omliggende meetpunten veroorzaken een onevenwichtig totaalbeeld.
Monotone trends (autonome, met het landelijke/mondiale beleid samenhangende ontwikkelingen):	Meetpunten moeten representatief zijn voor een groter gebied en mogen niet sterk beïnvloed worden door lokale omstandigheden, bijv. door lozingen of overstortingen.
Staptrends (effecten van lokaal beleid):	Alleen de meetpunten zijn interessant waarop het lokale beleid direct of indirect effect kan hebben. Het effect van lokaal beleid manifesteert zich op relatief kleine tijdschaal. Het ligt daarom voor de hand projectmatig te meten. De invulling van meetcampagnes voor staptrends moet worden ingevuld, voordat de maatregelen zijn uitgevoerd. Het is zinvol om behalve de relevante meetpunten ook referentiemeetpunten te bemeten.
Vrachten en balansen:	Alleen meetpunten op in- en uitlaatpunten van (deel)gebieden zijn van belang.

In de meeste situaties beperkt het routinematige onderzoek zich nauwelijks tot de variabelen waarop de aandachtsvelden van het beleid betrekking hebben. Dit betekent dat het variabelenpakket op grond van de geformuleerde meetdoelstelling(en) in de regel kan worden afgeslankt. Tabel 3-3 geeft hiervoor algemene richtlijnen.

Tabel 3-3: Meetdoelstelling en variabelenkeuze

Meetdoelstelling	variabelenkeuze
Normtoetsing:	<ul style="list-style-type: none"> alleen die variabelen zijn interessant waarvoor ook duidelijke normen zijn opgesteld.
Algemene kwaliteitsbeschrijving:	<ul style="list-style-type: none"> alleen algemene indicator-variabelen zijn relevant; een kwaliteitsbeschrijving wordt in het algemeen niet bepaald door 'detailvariabelen'.
Monotone trends (autonome, met het landelijke/mondiale beleid samenhangende ontwikkelingen):	<ul style="list-style-type: none"> in principe kunnen alle variabelen van belang zijn; voor toetsing van (inter)nationaal beleid is het aantal variabelen echter beperkt (bijv. mestwetgeving \Rightarrow meten van één of enkele stikstofcomponenten).
Staptrends (effecten van lokaal beleid):	<ul style="list-style-type: none"> alleen die variabelen zijn interessant waarop het lokale beleid direct of indirect effect kan hebben; door het projectmatige karakter van lokaal beleid ligt het voor de hand projectmatig te meten; om te beoordelen of het daadwerkelijk de uitgevoerde maatregel is, die het effect veroorzaakt, kan bij de meetcampagne een variabele betrokken worden die niet door de maatregel beïnvloed wordt; in sommige gevallen zal gecorrigeerd worden voor beïnvloedende factoren (bijv. stroming); ook dit stelt specifieke eisen aan het variabelenpakket.
Vrachten en balansen:	<ul style="list-style-type: none"> alleen die variabelen zijn van belang waarop het emissie-, immissie-, of (inter)nationale beleid zich richt, bijvoorbeeld nutriënten in het kader van het Noordzee-verdrag.

Ook nu geldt dat de genoemde voorbeelden niet algemeen geldend zijn en dat de keuze nog niet definitief is. De selectie is in grote lijnen maatwerk en mede afhankelijk van de lokale omstandigheden (zoals aanwezige watertypen en -functies, kwelsituatie) en mogelijkheden.

Alleen variabelen die zeker niet relevant zijn, dienen in het vervolg buiten beschouwing te worden gelaten. Dit geldt ook voor variabelen waarvoor de analytische mogelijkheden (in termen van nauwkeurigheid) te beperkt zijn bij de optredende concentraties (detectielimieten). Gelijkwaardige variabelen moeten alle bij de vervolganalyse betrokken worden. Dit geldt ook voor gerelateerde variabelen (N- of P-componenten), mits het voor beleid geen verschil maakt welke variabele uiteindelijk als gidsvariabele wordt gekozen. Op basis van bijvoorbeeld het gemak waarmee informatie met behulp van de variabelen verzameld kan worden, kan in een later stadium een verdere beperking plaatsvinden.

Om een meetnet in te richten moet a priori vastgesteld worden met welke nauwkeurigheid of betrouwbaarheid de informatie beschikbaar moet zijn (deel 2). In het waterkwaliteitsbeheer wordt in het algemeen een betrouwbaarheid van 0.9 aangehouden. Voor het onderscheidend vermogen, de kans dat na toetsing een theorie terecht wordt verworpen, wordt in het algemeen een waarde van 0.8 aangehouden.

Een belangrijk punt van de 'definitie van de informatiebehoefte' is het kwantificeren van de informatiebehoefte. Welke informatie is relevant voor het beleid? In de praktijk blijkt het meestal niet mogelijk te zijn deze hoeveelheid a priori te definiëren. Analyse van historische data levert vaak enige houvast bij het definiëren van de informatiebehoefte. Het kwantificeren van de informatiebehoefte komt daarom pas in stap IV aan de orde.

Voor de berekening van de meetfrequentie of het aantal metingen dat noodzakelijk is om bepaalde informatie te vergaren, moet bekend zijn op welke termijn het beleid over de gewenste informatie wil beschikken, vertaald naar het meetnet: over welke periode de metingen moeten worden uitgevoerd. Hiervoor bestaan, afhankelijk van de meetdoelstelling verschillende mogelijkheden (Tabel 3-4).

Tabel 3-4: *Meetdoelstelling en tijdsbestek*

Meetdoelstelling	tijdsbestek
Normtoetsing:	<ul style="list-style-type: none"> • seizoen (zomer); ● jaar.
Algemene kwaliteitsbeschrijving:	<ul style="list-style-type: none"> • seizoen (zomer); ● jaar; • meerdere jaren.
Monotone trends (autonome, met het landelijke/mondiale beleid samenhangende ontwikkelingen):	<ul style="list-style-type: none"> ● meest gangbaar: 10 jaar.
Staptrends (effecten van lokaal beleid):	<ul style="list-style-type: none"> ● afhankelijk van het beleid; in het algemeen enkele jaren voor en na de implementatie van maatregelen.
Vrachten en balansen:	<ul style="list-style-type: none"> • seizoen; ● periode; • jaar.

Aanvullende randvoorwaarden kunnen vanuit de statistiek gelden. Zo is voor een betrouwbare berekening van een langjarige trend een meetreeks van tenminste 5 jaar een vereiste. Om een nauwkeurige schatting van de historische spreiding te kunnen maken, mag er in de periode waarop de meetreeks betrekking heeft, geen trendbreuk in de meetreeks aanwezig zijn.

3.4.1.2 SECUNDAIRE INFORMATIEBEHOEFTE

Om de toekomstige data om te zetten in informatie zullen de gegevens verwerkt moeten worden. In veel gevallen zal dit samengaan met het toetsen van hypothesen. De verwerkingsmethode hangt af van de meetdoelstelling, en ligt dus in grote lijnen al vast (Tabel 3-5).

Meestal is er sprake van verschillende varianten (toetsen) waarop de verwerkingsmethode kan worden ingevuld. Welke variant het meest geschikt is, hangt af van de karakteristieken van de data (hfdst. 2, maar vooral ook deel 2).

Tabel 3-5: Meetdoelstelling en verwerkingsmethode

Meetdoelstelling	verwerkingsmethode
Normtoetsing:	Berekening van de kans dat de data aan de gestelde normen voldoen; (statistisch) toetsen of aan de norm wordt voldaan.
Algemene kwaliteitsbeschrijving:	Het (nauwkeurig) berekenen en/of toetsen van kengetallen.
Monotone trends (autonome, met het landelijke/mondiale beleid samenhangende ontwikkelingen):	Het berekenen en toetsen van monotone trends.
Staptrends (effecten van lokaal beleid):	Het berekenen en toetsen van staptrends (verschillen tussen deelreeksen).
Vrachten en balansen:	Het (nauwkeurig) berekenen en toetsen van vrachten.

Om de geschiktheid van meetpunten en variabelen met betrekking tot meetdoelstellingen te beoordelen, is het noodzakelijk inzicht te hebben in de verschillende beïnvloedende factoren (en het relatieve belang), waaronder:

- lozingen (volume, variantie, kwaliteit);
- overstortingen (volume, variantie, kwaliteit);
- landbouw en overige diffuse bronnen (omvang, type, etc.);
- beleid ten aanzien van de hydrologie (inlaatbeheer: volume, variantie en kwaliteit van in- en uitgeslagen water);
- watertype en -functie;
- kwel (volume, variantie, kwaliteit).

Als volgende aandachtspunt dient te worden geïventariseerd op welke andere meetdoelstellingen het toekomstige meetnet dient te worden afgestemd. Het is daarbij van belang om vooral te letten op eventuele eisen ten aanzien van meetfrequenties en variabelenpakketten. Men kan denken aan oppervlaktewaterkwantiteitsmeetnetten, eco(toxico)logische meetnetten en grondwaterkwantiteits- en kwaliteitsmeetnetten.

In dit verband is ook een mogelijk gelijktijdig uit te voeren herinrichting van de ruimtelijke dichtheid van belang.

Bij de optimalisatie van een meetinspanning zal meestal blijken dat het budget limiterend is. In dat geval moet een bestedingsschema voor de beschikbare middelen opgesteld worden (stap VII). Om te kunnen nagaan wat de (financiële) consequenties van de uitgevoerde bestedingen of allocaties zijn, moet de financiële structuur van het monitoren in kaart worden gebracht¹¹. De belangrijkste kosten die met routinematige monitoring samenhangen zijn monstername- en analysekosten. De kosten voor planning, dataopslag, numerieke data-analyse en rapportage zijn uit oogpunt van meetnetoptimalisatie minder of niet relevant. In het algemeen worden de kosten voor monstername en analyse uitgedrukt in ILOW-punten (ILOW staat voor Integraal Laboratorium Overleg Waterkwaliteitsbeheerders).

¹¹ Aangezien logistieke problemen veelal financiële oplossingen hebben, moeten deze ook in het kader van de financiële structuur beschouwd worden.

Naast monstername- en analysekosten kan er mogelijk nog sprake zijn van de volgende (substantiële) overige kosten:

- kosten voor aanleg nieuw meetpunt, inclusief apparatuur (bijv. voor debietmeting en bemonstering);
- kosten voor eventuele uitbreiding capaciteit monstername;
- kosten voor eventuele uitbreiding laboratoriumcapaciteit.

Tot slot is in dit verband het te besteden budget relevant. In het algemeen zal niet duidelijk zijn hoeveel middelen precies beschikbaar zijn. Aangezien de kosten veelal niet mogen stijgen, kan de huidige bestedingsruimte als leidraad voor de optimalisatie dienen.

Naast het kostenaspect worden er aan het meetnetontwerp tevens randvoorwaarden vanuit de wetgeving en de praktijk opgelegd. Deze beïnvloeding heeft in het bijzonder betrekking op de meetfrequentie. Concreet moet het volgende bekend zijn:

1. Welke minimale meetfrequenties zijn van overheidswege verplicht?

Het moet duidelijk worden op welke meetpunten (voor welke variabelen) speelruimte bestaat tijdens de optimalisatie.

2. Wat is de minimaal aan te houden meetfrequentie?

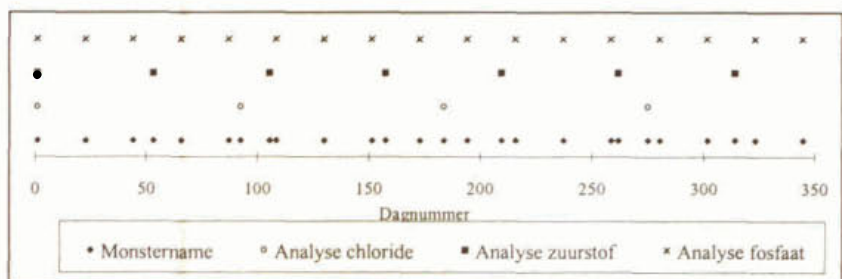
Geadviseerd wordt een minimale meetinspanning van één meting per kwartaal, omdat ten eerste sommige vormen van periodiciteit kwartaalsgebonden lijken te zijn (zoals extra uitspoeling in het najaar), en ten tweede minder data een grote kans op foutieve toetsingsuitkomsten inhouden.

3. Wat is de maximaal haalbare monstername- en meetfrequentie?

Aangezien het niet vanzelfsprekend is dat elke keer dat een monster genomen wordt, alle variabelen ook worden gemeten, dient onderscheid gemaakt te worden tussen monstername- en meetfrequentie. Onbeperkt meten is praktisch onhaalbaar en door afnemende meeropbrengsten inefficiënt. Beide kengetallen spelen een belangrijke rol in het haalbaarheidsonderzoek informatiebehoefte, hetgeen in stap V wordt uitgevoerd.

4. Welke (combinaties van) meetfrequenties zijn praktisch uitvoerbaar?

Als geen restricties aan de mogelijke meetfrequenties opgelegd worden, zal de spreiding in meetfrequentie per variabele en meetpunt in het algemeen groot zijn. Uitgaande van gelijkmatig in de tijd uitgevoerde (equidistante) metingen resulteert dit in een onwerkbare situ-



Figuur 3-5: Monsternameschema indien alle meetfrequenties toelaatbaar zijn en exact op de aangegeven dagen (equidistant) gemeten wordt

atie. Indien op een meetpunt bijvoorbeeld drie variabelen respectievelijk 4, 7 en 17 keer per jaar gemeten moeten worden, moet dit punt 26 keer worden bemonsterd. Een en ander is geïllustreerd in Figuur 3-5.

Bij meerdere meetpunten en variabelen wordt dit vanzelfsprekend complexer - zelfs wanneer de eis van equidistante meetreeksen minder strikt wordt nageleefd -, zodat het theoretisch optimale meetnet feitelijk onwerkbaar wordt (en dus niet optimaal).

De eenvoudigste manier om te voorkomen dat de optimalisatie resulteert in een 'onwerkbaar' meetprogramma, is het toestaan van slechts een beperkt aantal meetfrequenties. Hierbij dient de maximaal haalbare bezoekfrequentie een geheel veelvoud te zijn van alle mogelijke (en toelaatbare) meetfrequenties (Tabel 3-6).

Tabel 3-6: Jaarlijkse, voor de hand liggende en praktisch uitvoerbare meetfrequenties

Maximale bezoekfrequentie	toelaatbare meetfrequenties
8	2, 4, 8
12	2, 3, 4, 6, 12
16	2, 4, 8, 16
24 (26)	2, 3, 4, 6, 8, 12 (13), 24 (26)
48 (52)	2, 3, 4, 6, 8, 12 (13), 16, 24 (26), 48, (52)
()	Kleine afwijkingen van equidistante tijdreeksen worden (om praktische redenen) toelaatbaar geacht.

5. De analyse van sommige variabelen is gekoppeld aan andere variabelen, bijvoorbeeld doordat de analyseapparatuur verschillende variabelen simultaan meet, of doordat de variabele afgeleid (berekend) wordt uit andere variabelen. Bij de optimalisatie moet hiermee rekening gehouden worden, aangezien verschillende meetfrequenties voor gekoppelde variabelen niet zinvol zijn.

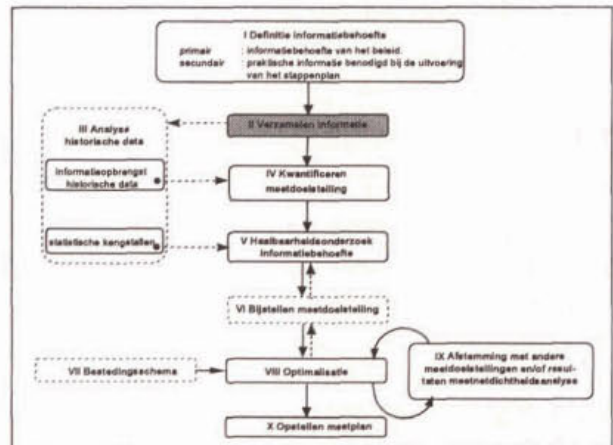
3.4.2 VERZAMELEN INFORMATIE (STAP II)

Na de definitie van de informatiebehoefte in stap I moet de diverse (relevante) informatie verzameld worden. Hierbij gaat het vooral om informatie die onder de secundaire informatiebehoefte is vermeld. Veel praktische informatie zal reeds beschikbaar zijn of zonder veel werkzaamheden verzameld kunnen worden. Met de definitie van de meetdoelstelling (stap I) liggen de verwerkingsmethode van toekomstige data en de methode voor het berekenen van de toekomstige meetfrequentie in het algemeen vast. Om daadwerkelijk meetfrequenties te kunnen berekenen, zal ook informatie verzameld moeten worden over de toekomstige variabiliteit en eventueel de toekomstige onderlinge afhankelijkheid van de data. In het algemeen kan deze informatie worden verkregen door historische meetgegevens te analyseren. Tevens vormen historische data een goede leidraad voor het kwantificeren van de informatiebehoefte in stap IV. Op basis ervan kan een goede indruk worden verkregen van wat er in de praktijk voorkomt, bijvoorbeeld welke trends in de praktijk optreden. Voor optimalisatie van een meetnet is de beschikbaarheid van historische gegevens dus van wezenlijk belang. 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. Hiervoor zijn (combinaties van) verschillende methoden beschikbaar, zoals:

• extrapolatie van vergelijkbare, wel eerder bemeaten meetpunten (variabelen);

• *worst case*-scenario door de meest ongunstige schattingen uit het routinematige meetnet te gebruiken;

• projectstudie.

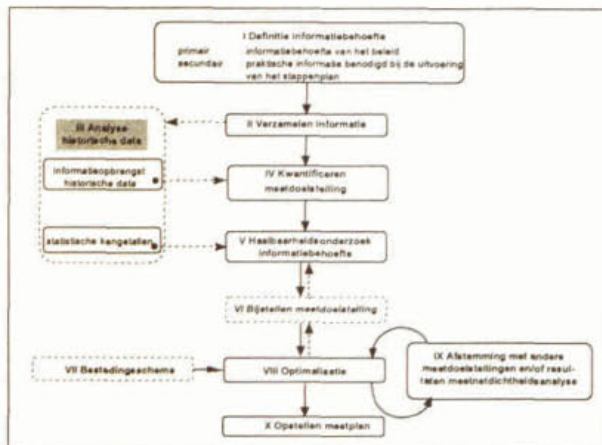


3.4.3 ANALYSE HISTORISCHE DATA - BEREKENING NOODZAKELIJKE KENGETALLEN (STAP III)

De analyse van de historische data heeft een tweeledige functie:

1. Het genereren van bruikbare kengetallen (bijv. een historische trend), kan enigszins verduidelijken in welke orde van grootte gedacht moet worden bij het kwantificeren van de informatiebehoefte (stap IV): "Welke trends treden daadwerkelijk op?". De meetperiode waarover deze data-analyse uitgevoerd moet worden, is gelijk aan de meetperiode waarbinnen de toekomstige informatie verzameld moet worden.

2. Ook voor het berekenen van de toekomstige meetfrequentie moeten statistische kengetallen beschikbaar zijn. In de praktijk is de methode om de meetfrequentie te berekenen sterk afhankelijk van uitbijters, terwijl de methode om na de meetcampagne de data te verwerken juist vrijwel niet afhankelijk is van uitbijters. In de jaren na optimalisatie zal derhalve regelmatig gecontroleerd moeten worden of de schattingen met de werkelijkheid overeenstemmen.

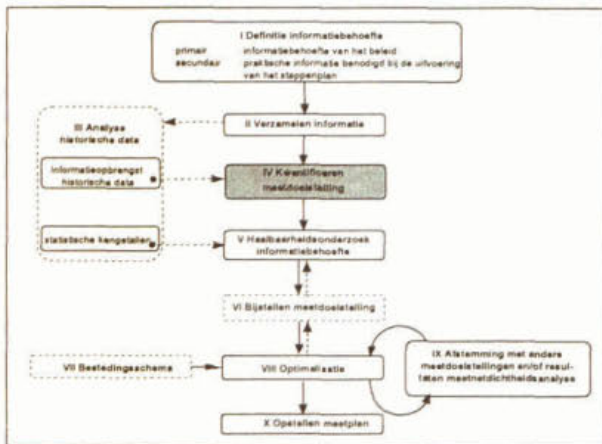


De analyse van historische data is optioneel, omdat deze data mogelijkterwijs niet beschikbaar zijn.

3.4.4 KWANTIFICEREN MEETDOELSTELLING (STAP IV)

Om een meetnet te optimaliseren moet duidelijk zijn welke informatie de beleidsmaker verwacht. De definitie van de informatiebehoefte is uitermate belangrijk: indien de informatie die het meetnet in de toekomst oplevert niet relevant is voor het beleid, is de meetnetoptimalisatie mislukt. Bij de definitie van de informatiebehoefte draait alles om de term *relevant*: een meetstrategie is geslaagd als zij een zekere hoeveelheid beleidsrelevante informatie oplevert.

De informatiebehoefte is in het algemeen niet in één getal uit te drukken. Veeleer is een beleidsmaker pas geïnteresseerd op het moment dat een zekere minimale hoeveelheid informatie (de minimale informatiebehoefte) verzameld wordt, en is hij niet meer geïnteresseerd zodra een maximale hoeveelheid informatie wordt overschreden.



De marge tussen deze grenzen wordt de relevante marge genoemd. De samenhang tussen (relevante) informatie en kosten is geschetst in Figuur 3-6. In de volgende alinea's worden de verschillende termen nader toegelicht.

De informatie-inhoud is de hoeveelheid informatie die een dataset bevat. Wat dit precies is, hangt af van de meetdoelstelling (verwerkingsmethode): voor het bepalen van een gemiddelde kan bijvoorbeeld de informatie-inhoud een functie van de breedte van het 90% betrouwbaarheidsinterval zijn. In het algemeen zijn per meetdoelstelling meerdere uitdrukkingen voor de informatie-inhoud mogelijk, ieder vaak met zijn eigen gebruiksmogelijkheden. De informatie-inhoud die een dataset bevat, is een functie van het aantal data. Niet elke meting bevat even veel informatie. Uit Figuur 3-6 blijkt duidelijk dat naarmate er meer metingen beschikbaar zijn, de toegevoegde waarde van een extra meting afneemt. Aangezien metingen een zekere financiële inspanning vergen, geldt daarom dat naarmate meer geïnvesteerd wordt, de toegevoegde waarde per gulden lager wordt.

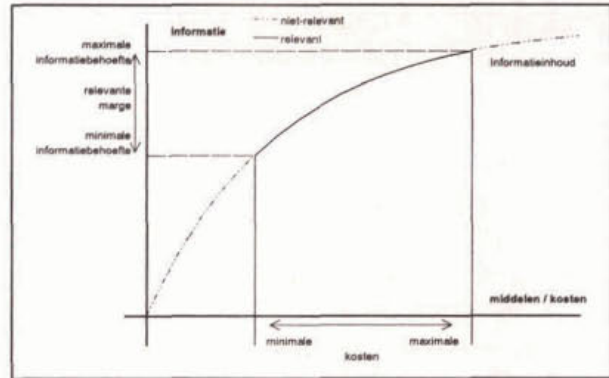
De bovenstaande omschrijving van de informatie-inhoud houdt geen rekening met de informatiebehoefte van het beleid. Het beleid heeft echter een minimale behoefte aan informatie. Deze minimale informatiebehoefte is gedefinieerd als zijnde die hoeveelheid informatie die een meetstrategie moet opleveren, zodat de verkregen informatie relevant is voor beleids- en beheersdoeleinden. Gelijktijdig is er sprake van een zekere maximale informatiebehoefte. Hieronder wordt die hoeveelheid informatie verstaan die een meetstrategie kan opleveren opdat alle verkregen informatie nog relevant is voor het beleid en beheer. De toegevoegde waarde van extra metingen is voor het beleid niet relevant.

Bijvoorbeeld:

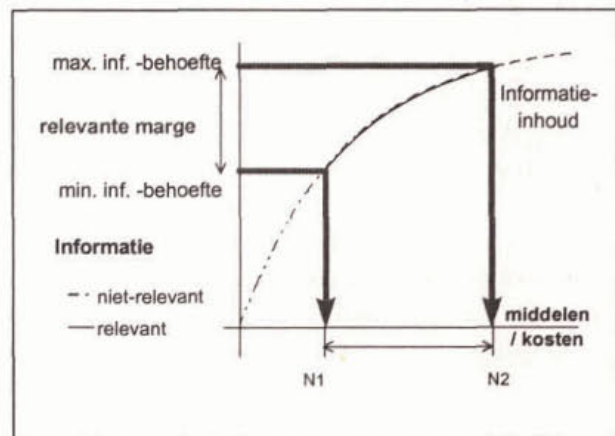
Monotone trends in de zuurstofconcentratie van 5.0 mg/l.j zijn niet relevant aangezien a) het onwaarschijnlijk is dat deze optreden en b) als zij optreden dit a priori bekend zal zijn en de meetinspanning hierop (projectmatig) afgestemd kan worden. Anderzijds zijn trends van 0.01 mg/l.j niet relevant aangezien dergelijke trends geen invloed hebben op beheer en beleid.

Aan de minimale en maximale informatiebehoefte is een meetfrequentie te koppelen waarbij voor het beleid relevante informatie met betrekking tot de meetdoelstelling verzameld wordt, de zogeheten minimale en maximale, nuttige meetfrequentie (Figuur 3-7). Bij lagere/hogere meetfrequentie is de informatie die verzameld wordt, gegeven de meetdoelstelling, niet relevant.

Meetpunten die sterke fluctuaties vertonen (een hoge spreiding), zijn veelal ongeschikt zijn voor een informatiedoelstelling: de benodigde meetfrequenties zijn relatief zeer hoog.



Figuur 3-6: Relevante informatie, relevante marge, informatie-inhoud en kosten



Figuur 3-7: Minimale en maximale informatiebehoefte en corresponderende meetfrequentie

De informatie-opbrengst is de toename in de hoeveelheid informatie bij een verhoging van de meetfrequentie of van de kosten.

De marge tussen de minimale en maximale informatiebehoefte wordt de relevante marge genoemd. In de praktijk wordt de relevante marge geconcretiseerd door de vraag te beantwoorden wat er nu precies op de y-as in Figuur 3-6 is weergegeven, met andere woorden: welke is de te maximaliseren informatie?

Voorts dient te worden aangegeven, welke hoeveelheid informatie relevant is. In het ideale geval weet de beheerder dit precies: zonder meer kan de beleidsmaker aangeven wat de relevante onder- en bovengrenzen zijn. Dit blijkt in het algemeen niet mogelijk. Men is geneigd 'alles' te willen weten: alle trends moeten bijvoorbeeld gedetecteerd kunnen worden.

Door te kijken naar de historische data, zoals historische trends, kunnen realistische (trend)eisen worden geformuleerd.

Bijvoorbeeld:

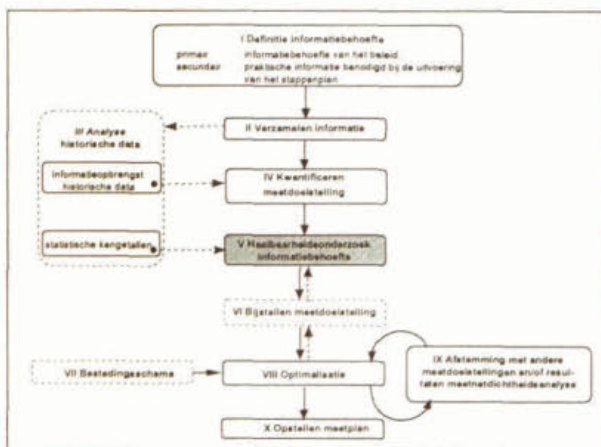
Als relevante marge zou een te detecteren trend van 1-3 mg/l over 10 jaar kunnen gelden.

Op het moment dat de historische informatie als leidraad gebruikt wordt voor het bepalen van de relevante marge, dient men er steeds zorg voor te dragen dat de relevante marge bepaald wordt door de informatiebehoefte, en niet door de haalbaarheid.

3.4.5 HAALBAARHEIDSONDERZOEK INFORMATIEBEHOEFTE (STAP V)

Nadat de informatiebehoefte is gedefinieerd moet gecontroleerd worden of de eisen haalbaar zijn. De haalbaarheid kan aan de hand van de volgende analyses bepaald worden:

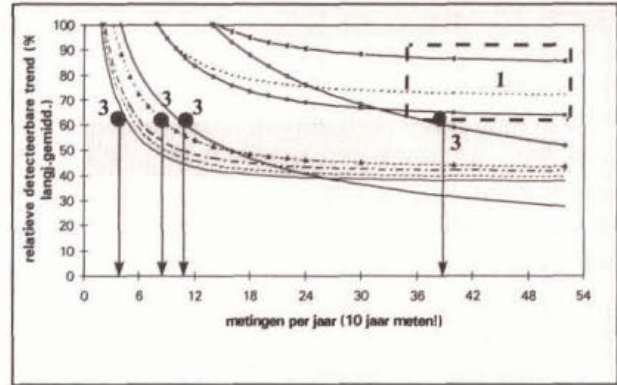
1. Berekening van de te optimaliseren grootheid (bijv. de betrouwbaarheid of trend) bij de maximale meetinspanning. Alle meetpunt/variabele-combinaties die niet aan de minimale informatiebehoefte voldoen zijn in principe ongeschikt voor optimalisatie: zij worden niet bij de optimalisatie betrokken aangezien zij bij geen enkele haalbare meetfrequentie relevante nauwkeurige informatie opleveren (Figuur 3-8, label 1).



2. Berekening van de te optimaliseren grootheid bij de minimale meetinspanning. Voor alle meetpunt/variabele-combinaties waarop de maximale informatiebehoefte al bij minimale meetinspanning bereikt wordt, is optimalisatie middels een bestedingsschema overbodig.

3. Berekening van de minimale meetfrequentie die noodzakelijk is om aan de minimale informatiebehoefte te voldoen (Figuur 3-8, label 3). Dit aantal geeft aan in hoeverre er ruimte is voor optimalisatie.

4. In het verlengde van 3. ligt de berekening van de voor optimalisatie beschikbare (totale) bestedingsruimte. Door de kosten van het meetnet dat juist nog aan de minimale informatiebehoefte voldoet, te vergelijken met het totaal beschikbare budget, kan eenvoudig vastgesteld worden in hoeverre geoptimaliseerd kan worden.



Figuur 3-8: Illustratie haalbaarheidsonderzoek - relevante marge 40-60%

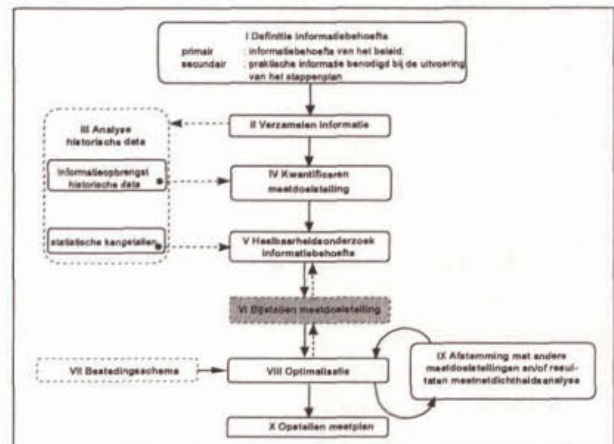
5. Tot slot kan ook nog aandacht worden besteed aan de informatie-inhoud en hoe deze zich verhoudt tot de informatiebehoefte.

3.4.6 BIJSTELLEN MEETDOELSTELLING (STAP VI)

Stap VI is optioneel. Indien de informatiebehoefte overal haalbaar is en de keuze van variabelen en meetpunten in stap I definitief is, kan deze stap worden overgeslagen.

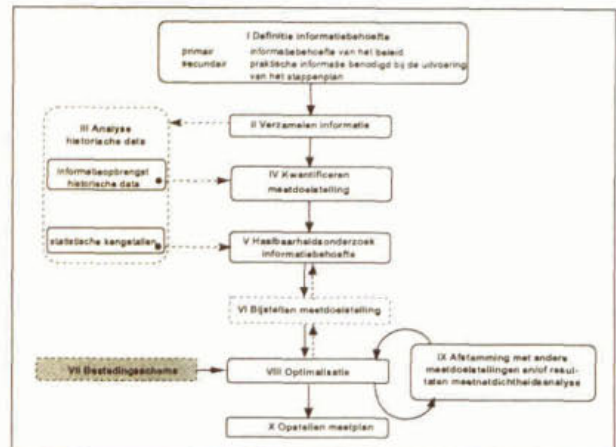
De stap behelst aanpassing van de diverse keuzen die in de stappen I en IV zijn gemaakt. Op grond van de haalbaarheidsstudie kan bijvoorbeeld alsnog besloten worden om:

1. Meetpunten en/of variabelen van de optimalisatie uit te sluiten, omdat de informatie niet of alleen bij hoge meetfrequenties verzameld kan worden.
2. Meetpunten van de optimalisatie uit te sluiten, omdat de informatie op een ander meetpunt gemakkelijker te verkrijgen is.
3. Variabelen van de optimalisatie uit te sluiten, omdat de informatie middels een andere variabele gemakkelijker te verkrijgen is.
4. Individuele meetpunt/variabele-combinaties van optimalisatie uit te sluiten, omdat de informatie niet of alleen bij hoge meetfrequenties verzameld kan worden.
5. De eisen met betrekking tot de betrouwbaarheid aan te passen.
6. De relevante marge aan te passen, eventueel per meetpunt/variabele-combinatie. Hierbij dient er nadrukkelijk op te worden gelet, dat de relevante eisen nog wel afgestemd blijven op de informatiebehoefte van het beleid, en niet uitsluitend bepaald worden door de haalbaarheid van de informatie-eisen.
7. Eventueel: aanpassen van de termijn waarop de informatie beschikbaar moet zijn.



3.4.7 BESTEDINGSSCHEMA (STAP VII)

Uitgaande van het concept van de relevante marge is een meetnet optimaal, als de informatie-opbrengst maximaal is. De informatie-opbrengst van een meetnet is optimaal, indien - gegeven de praktische en financiële randvoorwaarden (stap I) - voor elke individuele meetpunt/variabele-combinatie de informatie-opbrengst maximaal is. Dit betekent weer dat de maximale informatiebehoefte bereikt wordt (Figuur 3-6). In dat geval levert de besteding van extra middelen geen extra relevante informatie meer op.



In theorie is stap VII optioneel. Het ontwikkelen van een bestedingsschemaschema is niet noodzakelijk, indien er geen grenzen zijn aan het budget, of indien binnen het beschikbare budget overal aan de maximale informatiebehoefte wordt voldaan. In de praktijk zal echter aan de eerste, noch aan de tweede eis (kunnen) worden voldaan.

Indien er onvoldoende middelen zijn, zijn er verschillende mogelijkheden om alsnog binnen het vastgestelde budget te blijven:

1. Alsnog schrappen van meetpunten/variabele-combinaties op basis van een kosten-baten analyse (dure variabelen, variabelen met hoge vereiste meetfrequenties).
2. Toepassen van besteding algoritmen, waardoor middelen zodanig over de meetpunt/variabele-combinaties worden verdeeld, dat de maximale informatiebehoefte zo goed en kostenefficiënt mogelijk benaderd wordt.

Om een bestedingsschema op te kunnen stellen moet kennis omtrent de kostenplaatsen, het budget en de (maximaal) mogelijke meetfrequenties beschikbaar zijn (stap I en II). Daarnaast dient een algoritme te worden gedefinieerd, waarmee de (informatie)opbrengst van een besteding, of allocatie, wordt beschreven. Omdat sommige meetpunten (variabelen) belangrijker kunnen zijn dan andere, kan het nuttig zijn daarbij weegfactoren in te voeren. In formule:

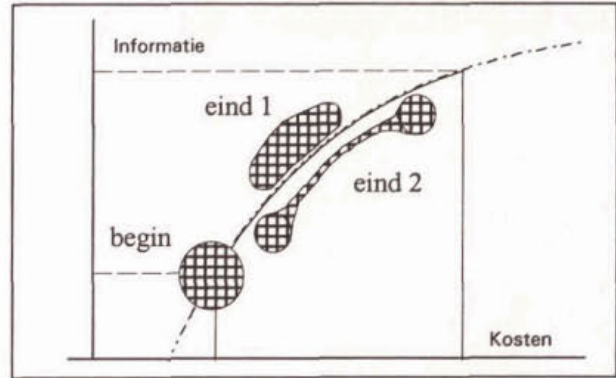
$$\text{Informatie-opbrengst} = \frac{L_i \times V_j \times \left([I_{\max} - I_{\text{voor}}]^y - [I_{\max} - I_{\text{na}}]^y \right)}{\text{kosten}}$$

Hierin staat L_i voor de weegfactor voor meetpunt i ; V_j de weegfactor voor variabele j ; en voor en na voor de informatie-opbrengst vóór respectievelijk na allocatie conform het bestedingsschema.

Welke meetpunt/variabele-combinaties 'voorrang' krijgen in het bestedingproces, is afhankelijk van de hiervoor geformuleerde uitgangspunten. Er zijn uiteenlopende benaderingen denkbaar, waarbij het pad dat tot de maximale informatie-opbrengst leidt, steeds anders is gedefinieerd (deel 3). Ter illustratie is het beoogde effect van twee verschillende methoden weergegeven in Figuur 3-9.

Aangezien de besteding van middelen in de praktijk meestal niet onbeperkt is, dienen tot slot 'stop'-criteria te worden vastgesteld. Ook hier zijn verschillende scenario's mogelijk. In deel 3 wordt uitvoerig ingegaan op de diverse keuzemogelijkheden.

De feitelijke optimalisatie van het meetnet wordt uitgevoerd in stap VIII.



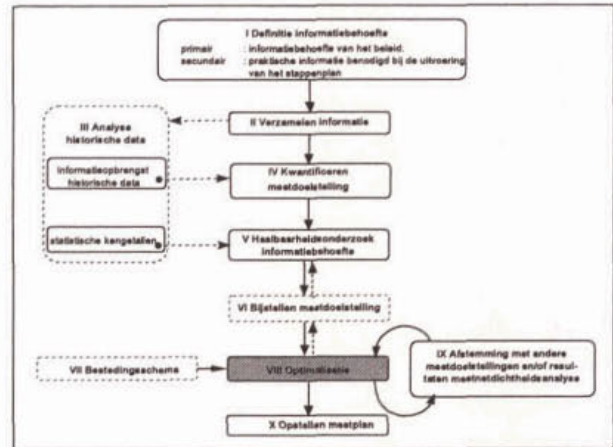
Figuur 3-9: Het resultaat van het herhaald toepassen van 2 verschillende bestedingsalgoritmen

3.4.8 OPTIMALISATIE (STAP VIII)

Deze stap spreekt voor zich. Als het budget voldoende is om aan de maximale informatiebehoefte te voldoen, is de optimalisatie al uitgevoerd in het stappenplan zoals beschreven in stap VII. Indien het budget onvoldoende is, moeten bestedingsalgoritmen toegepast worden om een maximale informatieopbrengst te bewerkstelligen of moeten extra middelen gevonden worden. Indien gebruik gemaakt wordt van bestedingsalgoritmen, moet van het 'optimale' meetnet erop onderzocht worden of het op alle punten aan de gestelde eisen voldoet. In theorie moet het optimale meetnet op dit punt daadwerkelijk optimaal zijn. In de praktijk blijkt echter veelal dat kleine veranderingen (aanpassingen) gewenst zijn.

Het is vaak gewenst variabelen- en meetpuntpakketten aan te passen, eventuele weegfactoren in te voeren of aanvullende (praktische) randvoorwaarden te stellen. Deze laatste randvoorwaarden kunnen bijvoorbeeld ingegeven worden door de afstemming met andere meetdoelstellingen (§ 3.4.9).

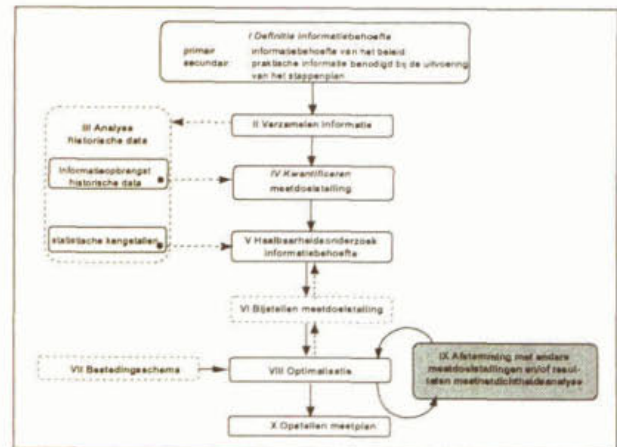
Een eenmaal geoptimaliseerd meetnet moet regelmatig geëvalueerd worden. Hierbij moet in het bijzonder gekeken worden naar de statistische kengetallen waarop de herinrichting in sterke mate berust. Indien deze zijn veranderd, dan is het noodzakelijk het optimalisatieproces opnieuw te doorlopen.



3.4.9 AFSTEMMING MET ANDERE MEETDOELSTELLINGEN EN/OF RESULTATEN MEETNETDICHTHEIDSANALYSE (STAP IX)

Bij de afstemming met andere meetdoelstellingen en/of de resultaten van de meetnetdichtheidsanalyse gaat het erom 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. Voorbeelden hiervan zijn:

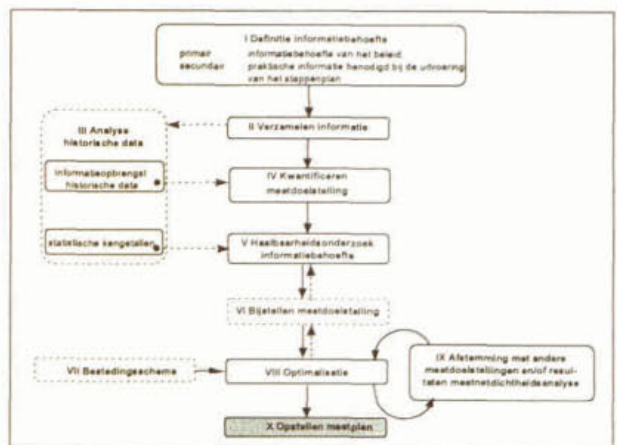
- Het verhogen van de minimale meetfrequentie voor sommige variabelen in het meetnet trenddetectie om eveneens normtoetsing mogelijk te maken;
- Het verhogen van de minimale meetfrequentie voor sommige variabelen in het meetnet trenddetectie en het meten van debieten om eveneens vrachtbepalingen te kunnen uitvoeren;
- Het analyseren van aanvullende variabelen om de fysische gegevens te verkrijgen die ecologische beoordelingen mogelijk maken en/of kunnen aanvullen;
- Eventueel verwijderen van meetpunten die op grond van meetnetdichtheidsanalyse kunnen vervallen, en die eveneens voor geen enkele specifieke meetdoelstellingen geschikt zijn.



In § 3.5 wordt een nadere toelichting gegeven op de meetnetten waarmee een afstemming mogelijk aan de orde kan zijn. Voor de meetnetdichtheidsanalyse is geen standaardmethode beschikbaar. In § 3.6 wordt nader ingegaan op de diverse beschikbare methoden.

3.4.10 OPSTELLEN MEETPLAN (STAP X)

Bij een zorgvuldig uitgevoerde meetnet-optimalisatie zijn de beschikbaar gekomen gegevens in beginsel eenvoudig te vertalen in een praktisch uitvoerbaar meetplan. In deze stap moeten, in overleg met de praktische uitvoerders van monsternamen en monsteranalyse, werkplannen opgesteld worden. Hierbij moet tevens aan de orde komen of capaciteitsuitbreiding, bijvoorbeeld van analyseapparatuur, noodzakelijk is. Het meetplan kan vervolgens worden geïmplementeerd.



3.5 AFSTEMMING MET OVERIGE MEETNETTEN

3.5.1 ALGEMEEN

Naast fysisch-chemische oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnetten bestaan verschillende andere meetnetten. Oppervlaktewaterkwantiteitsmeetnetten, eco(toxico)logische meetnetten en grondwaterkwantiteits- en kwaliteitsmeetnetten zijn de belangrijkste, althans meetnetten waarmee bij de inrichting van routinematige meetnetten rekening gehouden kan worden¹². Onderlinge afstemming van deze meetnetten kan op verschillende vlakken voordelen bieden (STOWA, 1994; Jousma et al., 1998):

1. Technische voordelen: Afstemming van meetnetten kan tot een verhoogde informatie-opbrengst leiden. Informatie van het ene meetnet is ook nuttig voor de interpretatie van gegevens uit andere meetnetten, bijvoorbeeld fysisch-chemische trends ter verklaring van ecologische veranderingen.
2. Logistieke en financiële voordelen: Hieronder wordt onder andere de hogere efficiëntie verstaan die door afstemming van monsternameprogramma's (en eventueel onderhoudswerkzaamheden op meetplaatsen) bewerkstelligd kan worden. Daarnaast kunnen mogelijk metingen achterwege blijven door afstemming van meetfrequenties.

In de volgende paragrafen wordt beknopt ingegaan op enkele aspecten van meetnetafstemming. Hierbij wordt vooral aandacht besteed aan de te behalen technische voordelen. Het is niet mogelijk uitputtend op de mogelijkheden van logistieke en financiële integratie van meetnetten in te gaan. Deze zijn afhankelijk van de huidige inrichting van de diverse meetnetten en de structuur van de organisatie(s) in kwestie (o.a. integratie van de ecologische en fysisch-chemische diensten, kwalificaties van personeel).

3.5.2 OPPERVLAKTEWATERKWANTITEITSMEETNETTEN

Het op elkaar afstemmen van kwaliteits- en kwantiteitsmeetnetten is vooral interessant wanneer er vrachten en balansen opgesteld moeten worden. In veel gevallen is informatie omtrent debieten noodzakelijk bij de interpretatie van waterkwaliteitsgegevens. Debietgegevens zijn noodzakelijk om veranderingen in kwaliteit te corrigeren voor variaties in meteorologische omstandigheden. Concreet betekent dit op meetpunten waar duidelijke schommelingen in kwaliteit als gevolg van schommelingen in kwantiteit te verwachten zijn, kwaliteitsmetingen altijd met kwantiteitsmetingen gecombineerd moeten zijn. Andersom geldt dit niet per se. Men kan zich echter afvragen of een kwantiteitsmeetpunt (stuw, beek, gemaal) ook niet standaard met een kwaliteitsmeetpunt zou moeten worden gecombineerd. Welke variabelen relevant zijn, is vanzelfsprekend afhankelijk van de lokale omstandigheden en de informatiebehoefte.

¹² Informatie omtrent de lokale (kwaliteit van de) neerslag is voor veel doeleinden uiterst relevant. Integratie met meteorologische meetnetten is echter niet aan de orde. Het is dientengevolge nuttig om te inventariseren of de relevante meteorologische informatie op voldoende (ruimtelijk) detailniveau wordt gemeten.

3.5.3 AQUATISCH ECOLOGISCHE MEETNETTEN

Zeer goede mogelijkheden voor een technische integratie met fysisch-chemische waterkwaliteitsmeetnetten bieden de ecologische meetnetten. Fysisch-chemische gegevens zijn zeer waardevol bij de beoordeling van de ecologische waterkwaliteit. Het ligt daarom voor de hand om de meetpunten van het ecologische meetnet te combineren met het routinematige fysisch-chemische meetnet.

Afhankelijk van het systeem, zijn voor de ecologische beoordeling van de waterkwaliteit (via de STOWA systematiek) verschillende fysisch-chemische bepalingen noodzakelijk. De relevante variabelen en hun meetfrequenties zijn weergegeven in Tabel 3-7. Monitoring, met als doelstelling het detecteren van langjarige trends in de fysisch-chemische waterkwaliteit, kan een zeer waardevolle aanvulling op de ecologische beoordeling van de waterkwaliteit zijn.

Tabel 3-7: Variabelenpakket en bijbehorende meetfrequenties noodzakelijk voor het optimaal werken met de STOWA-beoordelingsmethoden

Variabele	watersysteem ¹³			
	kanalen	sloten	zand-, grind-, en kleigaten	meren en plassen ¹⁴
biochemisch zuurstofverbruik	K	K	K	
zuurstofpercentage	K	K	K	
ammoniumstikstof	K	K	K	ZM
Kjeldahl-stikstof	K		K	
nitraat + nitrietstikstof	K		K	
nitraatstikstof		K		
totaalstikstof	K			ZM
orthofosfaat	K	K	K	
totaalfosfaat	K	K	K	ZM
chlorofyl-a	K23		K23	ZM
bicarbonaat	B	B		
sulfaat	B	B		
chloride	B+K	B+M	M	ZM
zuurgraad		M	M	ZM
elektrisch geleidingsvermogen	B	B		ZM
calcium of totale hardheid	B	B		
calcium				ZM
hellingshoek (talud)	B	B	B	
doorzicht			B	ZM
samenstelling waterbodem				SW
visstand				V
aasgarnaal				ZM

Legenda:

B	1x ten tijde van de biologische bemonstering	K	elk kwartaal 1x
K23	1x in het tweede + 1x in het derde kwartaal	M	elke maand 1x
SW	1x per jaar in de periode april september	ZM	elke maand in de periode april-sept.
V	2x per jaar: 1x broed in juli, 1x totale visstand in sept.-okt.		

¹³ Voor de biologische beoordeling van stromende wateren zijn geen fysisch-chemische gegevens noodzakelijk.

¹⁴ Additionele informatie voor beoordeling van meren en plassen: diepte (eenmalig op meerdere meetpunten) en oppervlakte en striklengte (beide eenmalig).

3.5.4 GRONDWATERKWALITEITSMEEETNETTEN

Een integratie van grondwater- en oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnetten is in het licht van de interpretatie van oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens vooral interessant in kwelgebieden. De gegevens kunnen gebruikt worden om de invloed van het grondwater op het oppervlaktewaterstelsel in kaart te brengen. Deze extra kennis leidt tot een breder inzicht in zowel de effecten van antropogene invloeden op de (ontwikkeling van de) waterkwaliteit als de (on)haalbaarheid van algemene waterkwaliteitsnormen.

3.5.5 GRONDWATERKWANTITEITSMEEETNETTEN

Een integratie van het fysisch-chemische (routinematige) waterkwaliteitsmeetnet en het grondwaterkwantiteitsmeetnet is in de praktijk vermoedelijk zelden relevant. Dit wil overigens niet zeggen dat variërende grondwaterstanden niet relevant zouden kunnen zijn voor de kwaliteit van oppervlaktewater. Hierbij valt met name te denken aan veranderende inzijging of kwel als gevolg van gewijzigd peilbeheer en/of grondwateronttrekkingen. Voor de meetnetdoelstelling vrachtbepaling ligt afstemming met het kwantiteitsmeetnet meer voor de hand, indien balansen en vrachten in watersystemen, bijvoorbeeld afwateringsgebieden, bepaald moeten worden.

Een procedure voor de integratie van grond- en oppervlaktewaterkwantiteitsmeetnetten is gegeven in Jousma et al. (1998).

3.5.6 WATERBODEMKWALITEITSONDERZOEKEN

De waterbodemkwaliteit wordt in het algemeen niet routinematig in de tijd gemeten, maar op projectbasis uitgevoerd. Naarmate de lokale waterbodem-water-interactie belangrijker is voor de water(bodem)kwaliteit, is het interessanter om de waterbodemkwaliteit te bepalen op meetpunten waar ook de waterkwaliteit wordt onderzocht.

De kwaliteit van de waterbodem is onder andere afhankelijk van de kwaliteit van het zwevende stof. Informatie omtrent de kwaliteit en karakteristieken van zwevend stof is dientengevolge aanvullend voor waterbodemonderzoek.

Waterbodemonderzoek richt zich veelal op microverontreinigingen. In het kader van de eutrofiëringsproblematiek is informatie omtrent de nutriëntenhuishouding van het sediment aanvullend voor het oppervlaktewaterkwaliteitsonderzoek. Gezien het incidentele karakter van waterbodemonderzoek is een nadere beschouwing van het variabelenpakket noodzakelijk.

3.6 ANALYSE EN HERINRICHTING RUIMTELIJKE MEETNETDICHTHEID

Routinematige meetnetten voor de waterkwaliteit bestaan in het algemeen uit een groot aantal verspreid liggende (vaste) meetpunten. Veel van de huidige meetnetten zijn (schijnbaar) historisch gegroeid: op ad hoc basis zijn meetpunten geïnstalleerd, afhankelijk van de op dat moment spelende belangen en interesses. Het lijkt er vaak op dat eenmaal geïnstalleerde meetpunten voor altijd bestaansrecht hebben verworven. Door de grote omvang van routinematige meetnetten en de daarmee samenhangende kosten is de vraag naar een methode voor evaluatie en optimalisatie van de meetnetdichtheid actueel. Hierbij is niet alleen van belang die meetpunten te identificeren die overbodige informatie opleveren, maar ook duidelijk in kaart te brengen of gebieden over voldoende meetpunten beschikken.

De evaluatie van de meetnetdichtheid van routinematige oppervlaktewaterkwaliteitsmeetnetten is een bewerkelijke activiteit. Bij veel methoden voor dichtheidsanalyse wordt dit met name veroorzaakt door het grote aantal te verwerken meetpunten en variabelen en het gebrek aan ruimtelijke samenhang tussen meetpunten: meetpunten op grote afstand vertonen grote overeenkomsten omdat ze in hetzelfde type water liggen, terwijl meetpunten op geringe afstand juist soms niet op elkaar lijken omdat het verschillende watersystemen betreft.

Er bestaan verschillende methoden om de meetnetdichtheid te analyseren. De keuze van de methode is niet willekeurig: elke methode levert een andere uitkomst op. De uiteindelijke keuze zou vooral moeten worden bepaald door de wijze waarop het begrip 'optimale meetnetdichtheid' is gedefinieerd:

- een meetnet is optimaal indien overal en altijd de toestand van de waterkwaliteit voldoende nauwkeurig bekend is;
- een meetnet is optimaal indien alle gegevens met enige regelmaat naar informatie worden vertaald;
- een meetnet is optimaal indien elk meetpunt representatief is voor de waterkwaliteit in de (wijde) omgeving of voor een bepaald type water;
- een meetnet is optimaal indien een min of meer gebieddekkend beeld van de waterkwaliteit wordt verkregen;
- een meetnet is optimaal indien alle informatie uniek is, dat wil zeggen er is geen overlap in informatie tussen twee meetpunten;
- een meetnet is optimaal indien bovenstaande methoden zinvol worden gecombineerd, en gelijktijdig een afstemming met andere meetnetdoelstellingen plaatsvindt.

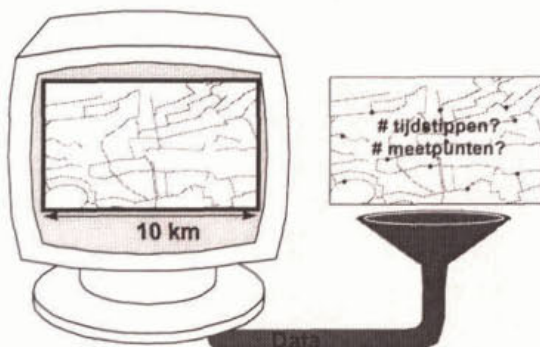
In het resterende deel van dit hoofdstuk worden de analysemethoden voor de verschillende definities van een optimaal meetnet beknopt beschreven. Tevens worden de belangrijkste voor- en nadelen genoemd. In deel 3 wordt uitgebreid op de diverse methoden ingegaan en wordt, waar mogelijk, een stappenplan voor de toepassing van de methode gepresenteerd.

EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN OVERAL EN ALTIJD DE TOESTAND VAN DE WATERKWALITEIT VOLDOENDE NAUWKEURIG BEKEND IS

Idealiter is de waterkwaliteit overal en altijd nauwkeurig bekend. Dit zou kunnen door de kwaliteit te modelleren, bijvoorbeeld met proces-deterministische, stochastische of gemengde modellen, maar ook met geostatistische modellen. Procesmodellering biedt handvatten voor scenariostudies en een directe koppeling met beleid, maar is door de complexiteit van watersystemen en de omvang van beheersgebieden vaak praktisch (financieel) niet toepasbaar. Stochastisch modelleren is mogelijk gemakkelijker toepasbaar, maar de mogelijkheden voor scenariostudies zijn beperkt.

In geostatistiek is de afstand tussen meetpunten belangrijk. Aangezien de overeenkomsten tussen meetpunten in het algemeen afhangt van overeenkomsten in watertype en niet van de geografische afstand is een recht toe recht aan toepassing van geostatistiek vermoedelijk niet mogelijk of zinvol. Nader onderzoek naar de toepasbaarheid moet hier uitsluitel over geven.

Ongeacht het type model zullen meetpunten daar gesitueerd moeten zijn waar de ruimtelijk en temporele variabiliteit het hoogst is. Gebieden met een lage variabiliteit hoeven minder dicht bemonsterd te worden. Waar en hoe vaak gemeten moet worden, wordt uiteindelijk bepaald door de onzekerheden in het model.

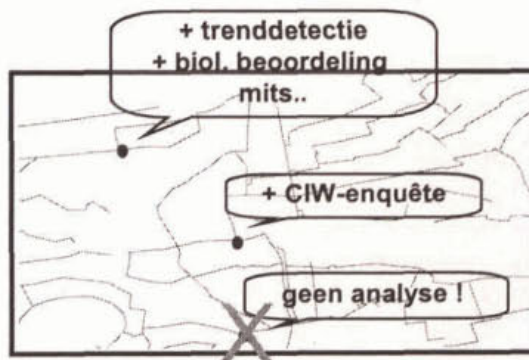


EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN ALLE GEGEVENS MET ENIGE REGELMAAT NAAR INFORMATIE WORDEN VERTAALD

Verzamelde gegevens moeten ergens toe dienen. Aangezien routinematige meetnetten vaak historisch gegroeid en de beleids-, beheers- en veldsituatie aan veranderingen onderhevig zijn, ontbreekt veelal een overzicht van het actuele en historische datagebruik. Het nut van individuele meetpunten kan beoordeeld worden door alle potentiële datagebruikers per meetpunt aan te laten geven of de data voor hen relevant (kunnen) zijn. Bij de beoordeling van het nut van specifieke meetpunten is de mening van iedere medewerker die op de een of andere wijze bij de be- of verwerking van de data is betrokken, van belang.

De doelstelling van deze methode van dichtheidsanalyse is het inzicht verkrijgen in het belang dat aan individuele meetpunten wordt gehecht. Per meetpunt moet in kaart gebracht worden welke meetgegevens (welke variabelen gemeten op welke tijdstippen) door iemand worden geanalyseerd of in de toekomst geanalyseerd gaan worden.

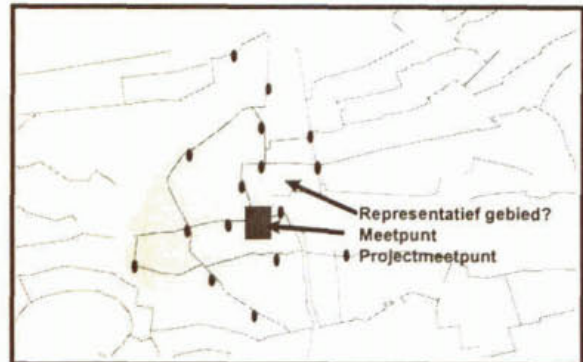
Hierbij moet aangegeven worden of er voor dit meetpunt alternatieven (inclusief verbeteringen, bijv. door inrichting van nieuwe meetpunten) bestaan en welke waarde aan het oorspronkelijke meetpunt gehecht moet worden. Bij de analyse moeten andere meetnetten en wettelijke verplichtingen (bijv. de CIW-enquête) betrokken worden. Duidelijk moet worden of er enige weerstand tegen het verwijderen van een specifiek meetpunt bestaat. De uitkomsten van de



analyse van het datagebruik moeten leiden tot een duidelijk beeld van het belang van de verschillende meetpunten. Om dit te bereiken moeten de uitkomsten in kengetallen samengevat worden. Voor zover bekend is hier nog geen ervaring mee opgedaan. Op basis van de enquête kan besloten worden meetpunten te verwijderen en eventueel toe te voegen of te verplaatsen.

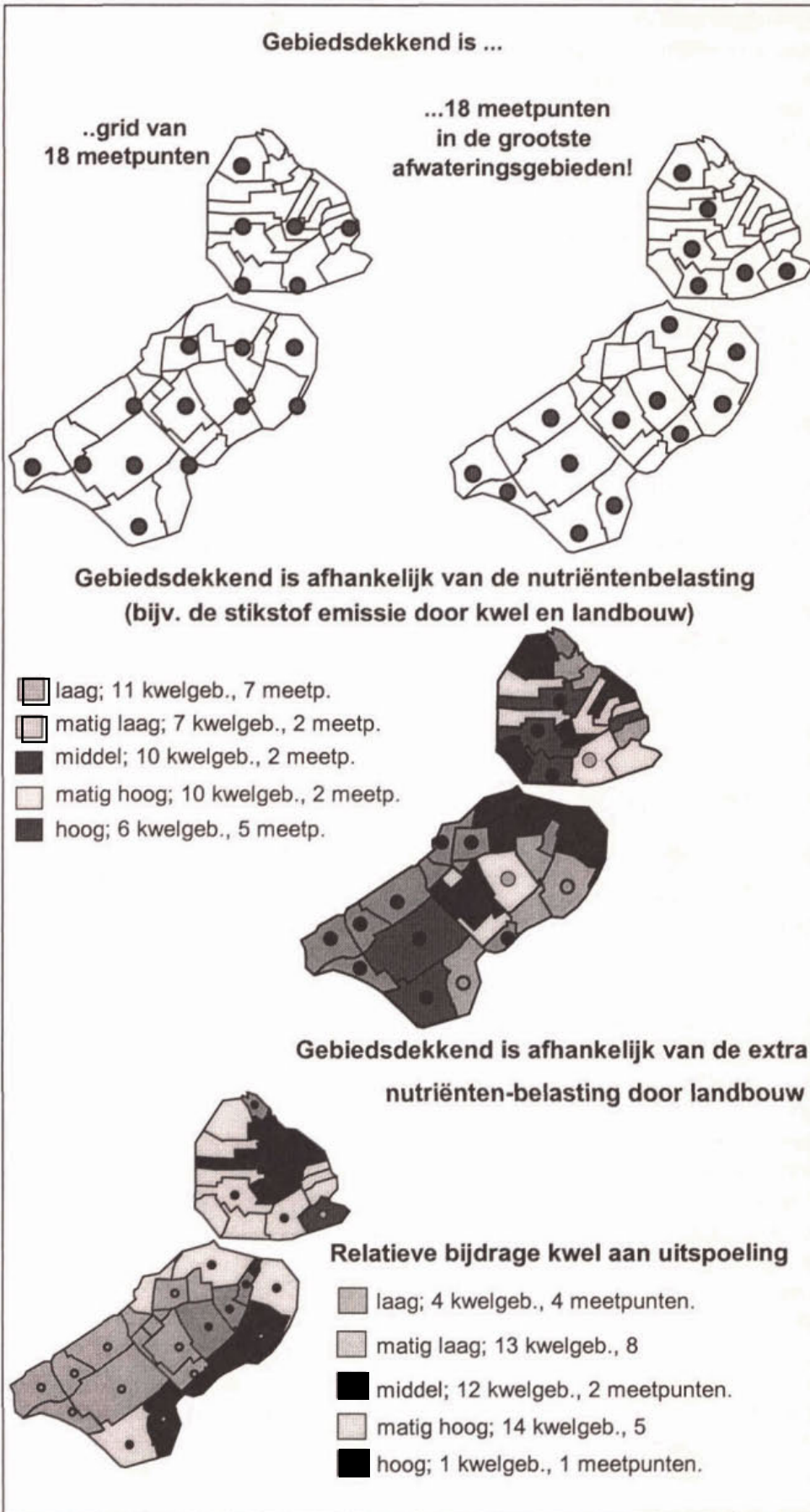
EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN ELK MEETPUNT REPRESENTATIEF IS VOOR DE WATERKWALITEIT IN DE (WIJDE) OMGEVING OF VOOR EEN BEPAALD TYPE WATER

Alle mogelijkheden voor dichtheidsanalyse ten spijt wordt in het algemeen slechts een beperkte hoeveelheid van het oppervlaktewater in een gebied bemonsterd. Dit geldt met name voor de gebieden met een grote hoeveelheid kleine min of meer van elkaar gescheiden watergangen. Kenmerkend voor deze gebieden is dat de beïnvloeding van het oppervlaktewater voor elke watergang weliswaar grote overeenkomsten vertoont, maar dat door de geringe dimensies lokale processen een grote invloed op de waterkwaliteit hebben. Voor de beoordeling van de ruimtelijke dichtheid is de vraag belangrijk welke watergangen bemonsterd moeten worden om een representatief beeld van het gebied te verkrijgen alsmede de vraag hoe groot de overeenkomsten tussen de waterkwaliteit van verschillende watergangen zijn. Om te beoordelen of een meetpunt representatief is voor een bepaald type water of voor een bepaald gebied, zouden enkele projectstudies in de vorm van ruimtelijk zeer intensieve meetcampagnes moeten worden uitgevoerd. De monsternamen moeten binnen een tijdsbestek van enkele dagen en tijdens stabiele hydrologische omstandigheden worden uitgevoerd. Gezien de seizoensinvloed op veel waterkwaliteitsvariabelen moet de meetcampagne in verschillende seizoenen herhaald worden. Op basis van dergelijke studies kan bepaald worden hoeveel meetpunten in een regio noodzakelijk zijn om een gebieddekkend gemiddelde nauwkeurig te bepalen.



EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN EEN MIN OF MEER GEBIEDDEKKEND BEELD VAN DE WATERKWALITEIT WORDT VERKREGEN

Met behulp van geografische informatiesystemen (GIS) kan verschillende geografische informatie gecombineerd worden. Door geografische waterkwaliteits-bepalende factoren in kaart te brengen kunnen deelgebieden geïdentificeerd worden die op basis van de bepalende factoren grote overeenkomsten in waterkwaliteit (zouden kunnen of moeten) vertonen. Bij de evaluatie van een bestaand meetnet kan door een meetnetkaart te koppelen aan de gebiedsindeling geanalyseerd worden of alle gebiedstypen naar rato bemonsterd worden. Aan de hand van de uitkomsten kan bijvoorbeeld beoordeeld worden of sommige gebiedstypen überhaupt bemonsterd worden of dat sommige algemene gebiedstypen (op basis van relevantie of oppervlak, e.d.) overmatig of te weinig bemonsterd worden. Op basis van de gebiedsindeling kan natuurlijk ook een geheel nieuw meetnet ingericht worden.



Figuur 3-10 Verschillende benaderingen van het begrip 'gebieddekkend'

Het gebruik van deze methode van dichtheidsanalyse is erg aansprekend gezien de directe relatie met ruimtelijke factoren. De toepasbaarheid van deze methode staat of valt juist met de invloed van deze factoren. Indien de waterkwaliteit door niet lokale factoren (bijv. bovenstroomse lozingen of aanvoer van gebiedsvreemd water) beïnvloed wordt, moet hiermee op enigerlei wijze rekening gehouden worden.

Bij de toepassing van geografische systemen moet gedefinieerd worden wat gebieddekkend is. Hierover moet consensus bestaan. Enkele mogelijke invullingen zijn (Figuur 3-10):

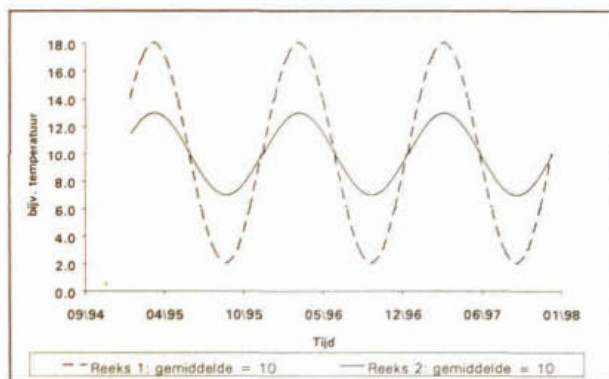
- gebieddekkend kan een grid zijn waarbij alle meetpunten op min of meer dezelfde afstand liggen. (hiervoor is weinig geografische informatie nodig, deze definitie van gebieddekkend is echter niet zinvol);
- gebieddekkend kan gerelateerd worden aan de totale belasting van een systeem;
- gebieddekkend kan gerelateerd worden aan de relatieve belasting van een systeem, bijvoorbeeld de belasting door de landbouw ten opzichte van de natuurlijke achtergrond;
- gebieddekkend houdt in dat alle (potentieel) waardevolle gebieden gemonitord worden.

De toepassing van geografische informatie maakt in principe geen gebruik van de waterkwaliteitsgegevens. Dit betekent dat de daadwerkelijke overeenkomsten tussen meetpunten niet meewegen in de dichtheidsanalyse. Met andere woorden: systemen die op basis van geografische kenmerken op elkaar lijken, hoeven dit in de praktijk niet te doen. Aanvullend onderzoek aan de hand van meetgegevens kan ter bevestiging van de uitkomsten toegepast worden. Indien de waterkwaliteit op de meetpunten duidelijk van elkaar afwijkt, houdt dit in dat de waterkwaliteit niet sterk afhangt van de geografische karakteristieken. Andere factoren die niet bij de geografische analyse betrokken zijn, bepalen de waterkwaliteit.

EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN ALLE INFORMATIE UNIEK IS, DAT WIL ZEGGEN ER IS GEEN OVERLAP IN INFORMATIE TUSSEN TWEE MEETPUNTEN

Als alle meetpunten unieke informatie moeten leveren, moet gedefinieerd worden wanneer er geen sprake is van unieke informatie. Meetpunten leveren geen unieke informatie wanneer:

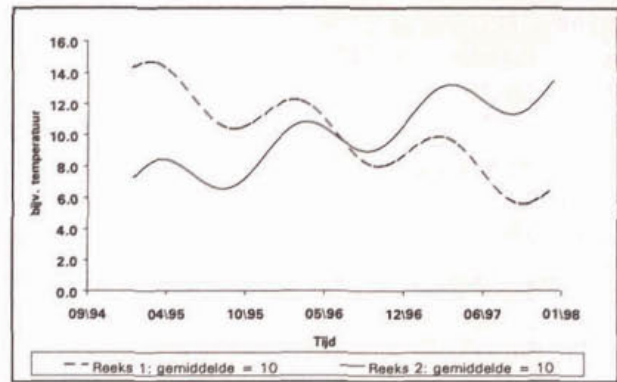
1. Gemiddelden of medianen aan elkaar gelijk zijn. In dit geval kan getoetst worden op afwijkingen tussen medianen of gemiddelden. Op zichzelf is dit een erg eenvoudige methode. De vraag is echter of een niet-afwijkend gemiddelde voldoende zegt over de overeenkomsten tussen twee meetpunten (Figuur 3-11 en Figuur 3-12). Er kan natuurlijk aanvullend getoetst worden op verschillen in seizoensinvloed en trend; hierdoor wordt de methode echter complex.



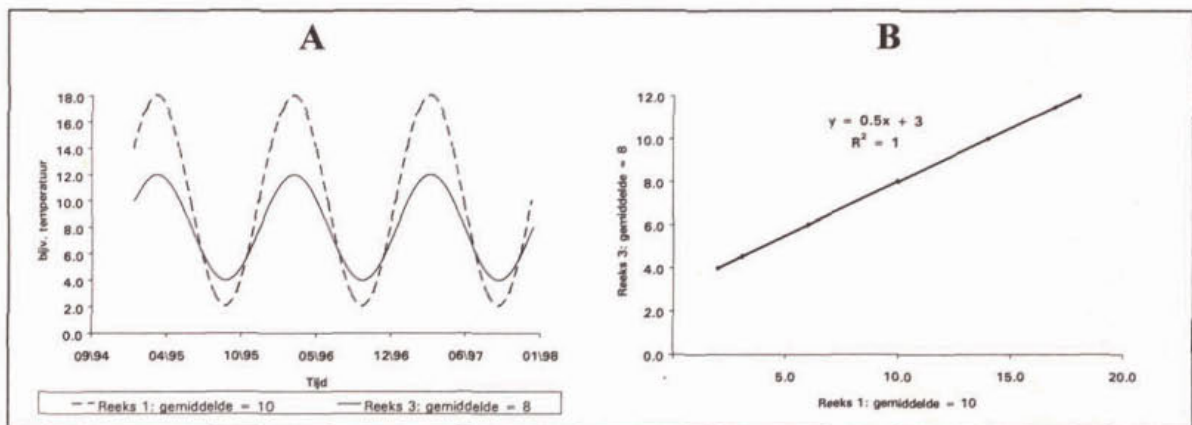
Figuur 3-11: Gelijk gemiddelde en seizoensinvloed

2. Metingen voorspelbaar zijn door één enkel ander meetpunt. In dit geval is lineaire regressie een voor de hand liggende analysetechniek. Bij regressie is het niet noodzakelijk dat meetpunten daadwerkelijk met elkaar in contact staan. Van elkaar gescheiden sloten, eventueel op grote afstand van elkaar, kunnen op grond van processen toch grote overeenkomsten met elkaar vertonen.

Ten opzichte van de eerste methode lost het gebruik van lineaire regressie enkele problemen op. Het is echter alsnog de vraag in hoeverre voorspelbaarheid iets zegt over de overeenkomst tussen twee meetreeksen (meetpunten). Terwijl de gemiddelden en de amplitude van elkaar verschillen (Figuur 3-13, A), is de verklaarde variantie 1.0 (100%) en de relatie significant (Figuur 3-13, B). Bovendien neemt de voorspelbaarheid toe naarmate de invloed van algemene processen, zoals trend en seizoensinvloed, groter wordt.



Figuur 3-12: Gelijk gemiddelde en trends



Figuur 3-13: Illustratie: voorspelbaarheid en overeenkomsten

Men dient zich er nadrukkelijk van bewust te zijn, dat met toenemende seizoensinvloed (en trend) de verklaarde variantie groter wordt. Door de seizoensinvloed lijken bijvoorbeeld 2 meetreeksen watertemperatuur in het algemeen meer op elkaar dan 2 reeksen voor enig andere variabele. Behalve de seizoensinvloed hebben ook andere processen (inlaatbeheer, trends) een dergelijke invloed op de verklaarde variantie.

3. De metingen voorspelbaar zijn door een combinatie van meerdere meetpunten. In dit geval is multiple lineaire regressie een voor de hand liggende analysetechniek.

EEN MEETNET IS OPTIMAAL INDIEN DE EERDER GENOEMDE METHODEN ZINVOL WORDEN GECOMBI-NEERD, EN EEN GELIJKTIJDIGE AFSTEMMING MET ANDERE MEETNETDOELSTELLINGEN PLAATSVINDT

In de praktijk zal het voordelig zijn om verschillende analysetechnieken te combineren. Hieronder is een mogelijke benadering in een viertal stappen samengevat.

- Stap 1: Analyse van meetpunten waarvan twijfel over de representativiteit voor de omgeving bestaat. Eventueel projectmatig onderzoek naar de omvang van het representatieve gebied.
- Stap 2: Inventarisatie van de meetpunten waarvan de data daadwerkelijk worden geanalyseerd. Deze meetpunten moeten hoe dan ook behouden blijven.
- Stap 3: Inventarisatie van gebiedstypen waarin geen meetpunten liggen (GIS), en indien gewenst nieuwe meetpunten installeren.

Stap 4: Inventarisatie van gebiedstypen waarin relatief veel meetpunten liggen (GIS). Toepassing van statistische technieken om te bezien welke meetpunten in deze gebiedstypen op elkaar lijken¹⁵.

Enkele kanttekeningen

Strikt genomen is 'meetnetdichtheid' geen meetdoelstelling. Optimalisatie van de meetnetdichtheid is daardoor veel minder grijpbaar dan bijvoorbeeld trenddetectie en normtoetsing, en blijft in het algemeen beperkt tot een analyse en beoordeling van de toestand, waarna enkele aanpassingen volgen. Na verloop van tijd zullen vooral nieuwe meetpunten op hun toegevoegde waarde moeten worden onderzocht. Door de ongrijpbaarheid van meetnetdichtheidsoptimalisatie is het stappenplan zoals het voor andere informatiedoelstellingen is gepresenteerd, niet van toepassing. De 'optimalisatie' houdt eigenlijk in dat de keuze van meetpunten verantwoord moet zijn, dat wil zeggen dat de verzamelde gegevens informatie moeten opleveren. Daarnaast houdt de optimalisatie in, dat de dichtheid van het meetnet uitgewogen is. Grote overeenkomsten tussen meetpunten zijn net zo ongewenst als grote verschillen tussen meetpunten.

In de voorafgaande tekst zijn 8 verschillende benaderingen voor de analyse van de meetnetdichtheid beschreven. Het is duidelijk dat elke methode zijn voor- en nadelen kent. In deel 3 wordt hier uitgebreid op ingegaan. Geen enkele methode integreert verschillende variabelen. Voor de methode gebaseerd op geografische informatie zou voor elk variabelenpakket een aparte analyse uitgevoerd kunnen worden. De beïnvloedende factoren voor chloride zullen sterk verschillen van de factoren met betrekking tot eutrofiëring. De verschillende resultaten moeten vervolgens weer geïntegreerd worden.

De aggregatie van de resultaten per variabele is bij de statistisch georiënteerde methoden een kunst op zich, en in hoge mate subjectief. Via principale componentenanalyse is het echter mogelijk om het grote aantal meetreeksen te comprimeren tot enkele factor-reeksen¹⁶. Vervolgens kan met deze reeksen verder gerekend worden (Yu en Zou, 1993). Deze extra techniek maakt de methode enerzijds complexer, anderzijds echter overzichtelijker doordat minder rekenwerk uitgevoerd moet worden. Nader onderzoek naar de toepasbaarheid van deze methode is noodzakelijk (hfdst. 5).

¹⁵ Meetnetdichtheidsanalyse wordt vaak gezien als de basis voor herinrichting van een meetnet, met andere woorden: de dichtheidsanalyse gaat vooraf aan de optimalisatie van de meetfrequenties voor specifieke doelstellingen. Dit is niet juist. Aangezien de meetpuntkeuze voor bijvoorbeeld trenddetectie tevens afhangt van de haalbaarheid van de gestelde eisen, dient de optimalisatie van de meetfrequentie de facto parallel aan de dichtheidsanalyse te worden uitgevoerd. Het kan immers niet de bedoeling zijn, dat meetpunten in het kader van trenddetectie worden verwijderd, terwijl andere meetdoelstellingen er juist goed realiseerbaar zijn.

¹⁶ Het is zelfs mogelijk om op dergelijke reeksen bijvoorbeeld een trendanalyse los te laten. Het zal in de praktijk echter niet eenvoudig zijn om voor deze factoren de informatiebehoefte/relevante marge vast te stellen.

4 EVALUATIE VAN BESCHIKBARE, RELEVANTE SOFTWARE PER MEETDOELSTELLING

4.1 INLEIDING

In het kader van het onderhavige project zijn verschillende softwarepakketten onderzocht op de geschiktheid voor de analyse en optimalisatie van waterkwaliteitsmeetnetten. Het betreft de pakketten WatQual, WqStat, SPSS, SAS, Excel, StatGraphics, TrendDif, TrendPak, VrachtDif, Conver en AquaView.

De evaluatie is langs 2 lijnen uitgevoerd: in eerste instantie is ieder pakket afzonderlijk op zijn gebruiksmogelijkheden beoordeeld. Daarnaast zijn alle pakketten integraal beoordeeld met het oog op de toepassing binnen een specifieke meetnetdoelstelling.

Een compleet overzicht van de mogelijkheden van en referenties naar de software is opgenomen in bijlage 4. In het onderhavige hoofdrapport wordt volstaan met een samenvatting van de integrale beoordeling per meetnetdoelstelling.

De beoordeling van voornoemde software heeft plaatsgevonden op grond van de volgende aspecten:

- gebruiksgemak voor wat betreft inlezen van data, datavoorbewerking, omgang met detectielimieten, e.d.¹⁷;
- beschikbaarheid van relevante toetsen;
- geschiktheid voor optimalisatiedoelstellingen;
- mogelijkheid tot batch-verwerking van gegevens;
- werkzaamheid van uitvoer.

4.2 RESULTATEN

Meetdoelstelling algemene kwaliteitsbepaling/normtoetsing: gemiddelden

Het berekenen van het gemiddelde is geen kunst. Ook de berekening van een betrouwbaarheidsinterval of van percentielen is niet problematisch, het is echter niet in alle pakketten rechtstreeks mogelijk. Er is geen pakket dat zonder meer geschikt is voor optimalisatie van de meetfrequentie. Tot op zekere hoogte kan Statgraphics hiervoor gebruikt worden. Vanwege te vele uit te voeren datacorrecties is de toepassing van WatQual aan te bevelen, indien berekeningen moeten worden uitgevoerd aan meetreeksen waarin trend en/of seizoensinvloed aanwezig is. (WatQual voert de nodige correcties automatisch uit.)

¹⁷ Voor diverse pakketten geldt dat deze niet specifiek voor de analyse van waterkwaliteitsgegevens zijn ontwikkeld, waardoor bepaalde verwerkingen niet, of alleen met veel extra inspanning, kunnen worden uitgevoerd.

Meetdoelstelling algemene kwaliteitsbepaling/normtoetsing: overschrijdingskansen

Geen enkel van de genoemde pakketten biedt de expliciete mogelijkheid om (de nauwkeurigheid van) overschrijdingskansen te berekenen en vast te stellen hoe vaak gemeten moet worden om deze kans nauwkeurig te kunnen bepalen.

Meetdoelstelling monotone trends

Veel pakketten kunnen op de een of andere wijze trends in tijdreeksen detecteren. Op basis van gebruiksgemak, interne dataverwerking en mogelijkheden voor optimalisatie van de meetfrequentie ligt het gebruik van het programma WatQual hier het meest voor de hand.

Meetdoelstelling staptrends

Voor de analyse van staptrends zijn verschillende pakketten min of meer geschikt. Voor de optimalisatie van de meetfrequentie kan tot op zekere hoogte Statgraphics gebruikt worden. Toepassing van WatQual is aan te bevelen, indien de spreiding na verwijdering van trend en seizoensinvloed van belang is. Het uitvoeren van deze correcties met sommige andere pakketten (bijv. SPSS) is in het algemeen minder gebruiksvriendelijk.

Meetdoelstelling vrachten

Voor zover bekend bestaan er geen softwarepakketten die met verschillende berekeningsmethoden vrachten kunnen berekenen.

Analyse en optimalisatie meetnetdichtheid

Aangezien er diverse, sterk uiteenlopende methoden voor de analyse van de meetnetdichtheid bestaan, kan niet aangegeven worden welk pakket in algemene zin (het beste) voldoet. Indien de meetnetdichtheid op basis van geografische informatie geanalyseerd wordt, is een GIS-pakket noodzakelijk. Van alle professionele pakketten mag men aannemen, dat deze de mogelijkheid bieden om de noodzakelijke data-aggregatiestappen te kunnen uitvoeren.

Indien meetpunten onderling vergeleken moeten worden, zijn in het bijzonder de grote statistische pakketten geschikt. Deze bieden alle mogelijkheden voor uitvoeren van (multiple) regressie-analyse en t-toetsen.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De in dit hoofdstuk opgenomen conclusies en aanbevelingen volgen niet alle uit het onderhavige (deel)rapport, maar zijn mede gebaseerd op de andere deelrapporten, de delen 2 en 3.

5.1 DATA-ANALYSE

1. Om data in informatie te vertalen, moeten data geanalyseerd worden. Statistische technieken zijn hiervoor uitermate geschikt, aangezien het gebruik ervan impliciet een kwaliteitsoordeel van de gegenereerde informatie inhoudt (bijv. niet alleen de grootte maar ook de significantie van een trend).
2. De statistische analyse van historische data is vaak een moeilijke en bewerkelijke activiteit. Vaak moeten de data voorbereid worden tot een voor statistische toetsen geschikt *format*. Uitbijters moeten verwijderd worden en eventueel is het noodzakelijk (In-)transformaties uit te voeren. Er dient een op-maat-oplossing te worden gezocht voor de mogelijke aanwezigheid van verschillende detectieniveaus binnen eenzelfde meetreeks, opdat de gelijktijdige verwerking van de meetwaarden kleiner dan of gelijk aan de betreffende detectielimieten tot zinvolle resultaten leidt.
3. Bij de analyse van data verdienen verdelingsvrije methoden in het algemeen de voorkeur boven parametrische methoden. Bij het gebruik van de laatstgenoemde methoden treden nogal eens cirkelredeneringen op. Tegenover het gemak van verdelingsvrije methoden staat het nadeel, dat deze toetsen minder gevoelig zijn dan parametrische methoden - een trend wordt bijvoorbeeld minder snel aangetoond.
4. Indien niet aan de gebruiksvoorwaarden van een toets wordt voldaan, kan deze desondanks uitgevoerd worden. Het effect van de afwijking op de uitkomst is echter niet te kwantificeren, zodat een zekere terughoudendheid bij het gebruik van het verkregen resultaat op zijn plaats is.
5. Er zijn veel verschillende methoden voor de berekening van vrachten. Welke methode het meest geschikt is, hangt af van de hoeveelheid beschikbare data en de relatie tussen de afvoer en de stof in kwestie. Niet elke berekeningsmethode is tevens geschikt om op eenvoudige wijze een betrouwbaarheidsinterval rond de berekende vracht te bepalen.
6. Gegeven de meetdoelstelling kan voor iedere situatie de meest geschikte verwerkingsmethode worden aangewezen. Welke methode dit is, hangt primair af van de karakteristieken van de te analyseren (historische) data. Voor het gemak van routinematige analyses is het echter vaak gewenst om per vraagstelling voor alle datasets dezelfde toets uit te voeren. In Tabel 5-1 zijn voor de afzonderlijke meetdoelstellingen de meest geschikte standaardtoetsen opgenomen.

Tabel 5-1: Meest geschikte methoden voor de diverse onderscheiden meetdoelstellingen

Meetdoelstelling	meest robuuste methode
Normtoetsing, algemene kwaliteitsbeschrijving:	<ul style="list-style-type: none"> ● nauwkeurig vaststellen van het betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde; ● nauwkeurig berekenen van de kans p op normoverschrijding.
Monotone trends:	<ul style="list-style-type: none"> ● berekenen en toetsen van de detecteerbare trend (resp. Seasonal Kendall Slope Estimator en Seasonal Kendall toets).
Staptrends:	<ul style="list-style-type: none"> ● toetsen van verschillen in gemiddelden (Wilcoxon Signed Rank toets).
Vrachten en balansen:	<ul style="list-style-type: none"> ● geen beste methode; sterk afhankelijk van de situatie.

5.2 MEETNETONTWERP

1. Het seizoen heeft in het algemeen een groot effect op de waterkwaliteit. Bij het opstellen van een meetplan dient hiermee expliciet rekening te worden gehouden. Indien voor seizoensinvloed gecorrigeerd moet worden of uitspraken op jaarbasis gewenst zijn, moet de seizoensinvloed geschat kunnen worden. Dit houdt in dat in elk seizoen tenminste eenmaal gemeten moet worden. De variabele bepaalt daarbij hoe de seizoenen moeten worden gedefinieerd (chlorofyl bijv., vertoont de hoogste concentraties op een ander tijdstip dan nitraat).
2. Variabelen die een dagcyclus vertonen, moeten hetzij consequent op hetzelfde tijdstip van de dag, hetzij zo aselekt mogelijk over de dag bepaald worden. Conclusies gelden dan voor het betreffende gedeelte van de dag, of voor de gehele werkdag. Aangezien er routinematig zelden buiten werkuren gemeten zal worden, gelden de conclusies nooit voor het volledige etmaal.
3. Analoot aan de dagcyclus dienen variabelen die een weekcyclus vertonen, op dezelfde weekdag of zo aselekt mogelijk over de week te worden bemonsterd. Conclusies gelden dan voor de betreffende dag, of voor de 5 werkdagen.
4. Indien het aannemelijk is dat de concentratie afhankelijk is van de hydrologie, is de waarde van berekeningen die uitsluitend op concentraties zijn gebaseerd, gering. Berekeningen kunnen in voorkomende gevallen beter op momentane vrachten (= debiet maal concentratie) worden uitgevoerd. Hieruit volgt dat bij het nemen van een steekmonster in systemen waar de hydrologie een rol speelt, het debiet eveneens bepaald of geschat zal moeten worden. In systemen die sterk beïnvloed worden door (overmatige) regenval, verdient het aanbeveling om ten tijde van de bemonstering een aantekening van een mogelijk verdunnings- dan wel afspoelingseffect te maken.
5. Indien een meetpunt ingericht is voor detectie van monotone trends, moet er zorg voor gedragen worden dat incidentele extreme situaties worden gemedend.
6. De meetinspanning die nodig is om een staptrend aan te tonen, hangt nauw samen met de oorzaak van de staptrend. Dit betekent onder meer dat het huidige routinematige meten slechts incidenteel voldoende informatie zal leveren voor de detectie van staptrends (zie aandachtspunt 7.). Een logische consequentie hiervan is, dat in dit verband gerichte monitoring-programma's moeten worden opgesteld. Om effecten van uit te voeren maatregelen adequaat te kunnen beoordelen, is het noodzakelijk om met deze programma's reeds een begin te maken op het moment dat de maatregel wordt gepland. Voor een evaluatie dienen immers relevante

meetgegevens van zowel vóór als na de ingreep beschikbaar te zijn. Vanzelfsprekend bestaat de kans dat deze monitoring overbodig is, omdat de maatregel mogelijk niet wordt uitgevoerd. Mocht evenwel tot uitvoering worden besloten, dan is men - dankzij de beschikbaar gekomen gegevens - ook daadwerkelijk in staat om het effect van de maatregel te beoordelen.

Indien een staptrend gedetecteerd moet worden, is het noodzakelijk een referentiepunt (of -variabele) te bemeten dat niet door de maatregel beïnvloed wordt, zodat onomstotelijk vastgesteld kan worden dat de staptrend daadwerkelijk het gevolg is van het uitgevoerde beleid en niet veroorzaakt wordt door een andere externe factor.

7. Om lokaal beleid te evalueren zal projectmatig onderzoek vaak geschikter zijn dan routinematig onderzoek.
8. Indien een meetinspanning er op is gericht om veranderingen aan te tonen, bijvoorbeeld een trend of vrachtreductie, kan in plaats van het centraal stellen van de variabele in kwestie ook een veranderende verhouding tussen een conservatieve stof (bijv. saliniteit) en die variabele worden gebruikt. De methode lijkt in ieder geval voor kustwateren goed bruikbaar (Laane et al., 1990). In hoeverre dit ook voor kleine, regionale oppervlaktewateren geldt, zou nader moeten worden onderzocht.
9. Bij de bepaling van vrachten moet rekening gehouden worden met een mogelijke relatie tussen de betreffende variabele en zwevend stof. In de regel is van een dergelijke relatie sprake, indien de variabele hoofdzakelijk aan zwevende stof is gebonden en het systeem gekenmerkt wordt door sterk wisselende debieten.
10. In sommige gevallen (bijv. bij polderwateren waar een bepaald volume water wordt uitgemalen) is het denkbaar, dat een meetinspanning gericht op trends zinvoller is dan een meetinspanning gericht op vrachten. Dit geldt met name als niet de waarde van de vracht, maar juist de verandering in de vracht van belang is. Een (seizoensgecorrigeerde) concentratiereductie van X% zal zich in het algemeen ook laten vertalen in een vrachtreductie. Een concentratiereductie binnen een polder zal echter veelal gemakkelijker aantoonbaar zijn dan een vrachtreductie, die namelijk zowel afhankelijk is van nauwkeurige vrachtbepalingen als van trenddetectie in vrachten.
11. Meetpunten die in de toekomst met elkaar vergeleken moeten worden, dienen zoveel mogelijk op dezelfde dagen bemonsterd te worden. De route van de monsternemer dient dus niet in logistiek opzicht optimaal te zijn, maar moet afgestemd worden op een maximale vergelijkbaarheid van meetpunten. Variabelen die een dagcyclus vertonen, zijn ten gevolge van het voorgaande niet geschikt voor een analyse van de ruimtelijke dichtheid, aangezien deze per definitie niet op hetzelfde tijdstip bemonsterd zullen worden (ervan uitgaande dat niet naar elk meetpunt een monsternemer zal vertrekken).
12. Roulerende meetnetten maken geen deel uit van dit onderzoek. Aangezien roulerende meetnetten meestal voor een algemene kwaliteitsbeschrijving dienen, kan de meetfrequentie afgestemd worden op deze meetdoelstelling. Meetpunten die in de toekomst onderling met elkaar vergeleken moeten worden, moeten zoveel mogelijk op dezelfde dag en in hetzelfde jaar worden bemonsterd.

5.3 MEETNETOPTIMALISATIE

1. Ten behoeve van de optimalisatie van routinematige meetnetten wordt in deze rapportage een algemeen toepasbaar stappenplan gepresenteerd, dat voor de belangrijkste, in Nederland geldende meetdoelstellingen nader is uitgewerkt. Deze stappenplannen bieden echter geen pasklaar antwoord voor iedere denkbeeldige situatie. Meetnetoptimalisatie is en blijft maatwerk. De plannen dienen meer als structuur te worden beschouwd, op grond waarvan een meetnetbeheerder zijn meetnet kan evalueren en optimaliseren. In dat opzicht biedt het wel een compleet overzicht van aandachtspunten, tijdens het proces te maken keuzes en oplossingsrichtingen.
2. De optimalisatie van de meetinspanning is een complexe activiteit. Naast het definiëren van de meetdoelstelling, dienen tijdens het optimalisatieproces veel keuzes te worden gemaakt. De in de praktijk lastigste stap van het stappenplan is het kwantificeren van de meetdoelstelling, anders gezegd: het definiëren van de relevante marge. Het is nog niet mogelijk om hiervoor op grond van praktijkervaring algemene richtlijnen te geven.
3. Meetnetdichtheidsanalyse wordt vaak gezien als de basis voor herinrichting van het meetnet. Met andere woorden: de dichtheidsanalyse gaat vooraf aan de feitelijke optimalisatie naar meetnetdoelstelling (waarin de meetfrequentie centraal staat). Aangezien de definitieve meetpuntkeuze echter afhangt van de mate waaraan aan alle gestelde informatie-eisen (inclusief een afstemming met andere meetnetten) wordt voldaan, dient de optimalisatie van de meetfrequentie parallel aan de dichtheidsanalyse te worden uitgevoerd.

5.4 SOFTWARE

1. Diverse beschikbare software kan met uiteenlopend gebruiksgemak voor de analyse van historische gegevens worden gebruikt. Dit levert in beginsel tevens kengetallen op die bruikbaar zijn voor de optimalisatie van het meetnet. Indien trends moeten worden berekend op basis van meetreeksen waarin een seizoenseffect aanwezig is, dan wordt hiervoor in het bijzonder het programma WatQual aanbevolen. Dit pakket levert tevens informatie op grond waarvan in het kader van trenddetectie de meetfrequentie kan worden geoptimaliseerd. Voor zover bekend bestaat er geen software waarmee, volgens de in de rapportage beschreven methoden, vrachten kunnen worden berekend.
2. Binnen RIZA wordt ten behoeve van geïntegreerde toetsingsprogrammatuur gewerkt aan een nieuwe versie van het programma BEVER. Er wordt aan gedacht om onder deze 'schil' ook software voor bijvoorbeeld tijdreeksanalyse en trenddetectie op te nemen. Aanbevolen wordt om daarbij in de eerste plaats te denken aan (een gemodificeerde versie van) het programma WatQual, mede gezien de goede praktijkervaringen die inmiddels (ook door waterbeheerders) met dit pakket zijn opgedaan.

5.5 SUGGESTIES VOOR VERVOLGONDERZOEK

1. Het onderhavige rapport geeft stappenplannen voor data-analyse en meetnetoptimalisatie. Op sommige plaatsen moeten keuzen gemaakt worden door de data-analist of door de beheerder. Tot op zekere hoogte zijn (nationale) richtlijnen gewenst voor:
 - te gebruiken toetsen en software voor de data-analyse;
 - procedure voor vrachtberekeningen;
 - de relevante marge (orde van grootte);
 - definitie van de optimale meetnetdichtheid;
 - keuze van de berekeningswijze voor de meetfrequentie;
 - systeem- en variabele-afhankelijke richtlijnen voor de meetfrequentie per meetdoelstelling, zodat zonder data-analyse een meetfrequentie geschat kan worden. Dit is vooral van belang voor nieuw in te richten meetpunten (en meetnetten).Deze richtlijnen kunnen mogelijk nader uitgewerkt worden in het *Handboek Monitoring* (RIZA/CIW-VII project, in voorber.).
2. De in de rapportage beschreven statistische methoden richten zich met name op de analyse van univariate (fysisch-chemische) tijdreeksen. Het detailniveau waarvoor (in deel 2) bij de methodebeschrijvingen is gekozen maken dit deel in combinatie met de opgenomen illustraties geschikt voor toepassing door personen uit de praktijk. Het lijkt zinvol om dit deel verder uit te breiden met beschrijvingen van bijvoorbeeld visuele en multivariate technieken, onder meer ook gericht op biologische data, waardoor een compleet overzicht van analysemethoden voor waterkwaliteitsbeheerders ontstaat. Dit deel zou bij voorkeur een zelfstandige status moeten krijgen.
3. Nader onderzoek naar multivariate technieken als mogelijke methode(n) voor meetnetdichtheidsanalyse.
4. De uitkomst van een meetnetdichtheidsanalyse (en daarmee ook het aantal meetpunten en de uiteindelijke kosten) is sterk afhankelijk van de gekozen invalshoek. Omdat een beheerder in beginsel vrij is in deze keuze, kan dit leiden tot in de toekomst slecht vergelijkbare en uitwisselbare gegevens. Aandacht voor een meer uniforme benaderingswijze is hier op zijn plaats.
5. Het softwarepakket WatQual is geschikt voor batchgewijze trendanalyse en optimalisatie van meetfrequenties. Aangezien in het pakket diverse specifiek waterkwaliteitsgerichte voorbewerkingen van meetgegevens zijn geïmplementeerd, kan het pakket als platform dienen voor aanvullende toetsen en berekeningen van meetfrequenties. Het pakket kan - in nauw overleg met de auteur - vrij eenvoudig uitgebreid worden, zodat het ook geschikt is voor de meetnetdoelstellingen normtoetsing, bepaling van gemiddelden, bepaling van overschrijdingskansen en bepaling van staptrends, alles inclusief de berekening van meetfrequenties.
6. Koppeling van WatQual aan bestaande IT-structuren (en Windows) zou het pakket breder toepasbaar en gebruiksvriendelijker maken.
7. Er bestaat een grote behoefte aan software die vrachten, al naar gelang de specifieke situatie, op de meest geschikte wijze kan berekenen. Alle procedures die in het onderdeel vrachtbepaling zijn opgenomen (§ 2.3 en eventueel ook hfdst. 8 van deel 2), zouden hiertoe in de software geïmplementeerd moeten worden. Bovendien zou het pakket de mogelijkheid moeten bieden om bestaande meetreeksen uit te dunnen, dit om het effect van een mogelijk voorgenomen verlaging van de

meetfrequentie te kunnen schatten. Bovendien ontstaat ook de mogelijkheid om op basis van de data een betrouwbaarheidsinterval te berekenen.

LITERATUUR

- Baggelaar, P.K. en D.H. Baggelaar, 1995, Trends in de Oppervlaktewaterkwaliteit in Rijn en Maas, RIWA, 124 p.
- Baggelaar, P.K. en C.G.E.M. van Beek, 1995, Suggesties voor optimalisatie van grootschalige meetnetten grondwaterkwaliteit, Kiwa, Nieuwegein, nr. KOA 95.17, 24 p.
- Bayley, G.V. en J.M. Hammersley, 1946, The 'Effective' Number of Independent Observations in an Auto-correlated Time Series, Journal of the Royal Statistician Society, vol. 8, no. 1B, pp. 184-197.
- Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995, Watqual: A Program for Water Quality Time Series Analysis with Respect to Optimization Of Trend Monitoring Frequency, Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer/Landbouwuniversiteit Wageningen, rapport M266, Vakgroep Waterkwaliteitsbeheer en Aquatische Oecologie, LU Wageningen, 27 p.
- Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995a, Zuiveringsschap Rivierenland: Analyse en Optimalisatie van het Routinematig Meetnet - Ontwikkelingen Waterkwaliteit 1985 t/m 1994, Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer/Landbouwuniversiteit Wageningen, 108 p. en bijlagen.
- Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995b, Analyse en Optimalisatie van het Routinematig Meetnet van Waterschap Friesland, Stichting Onderzoek Waterkwaliteitsbeheer/Landbouwuniversiteit Wageningen.
- Chatfield, C., The Analysis of Time Series - An Introduction, fourth edition, Chapman and Hall, New York, 1989, 241 p.
- Cochran, W.G., 1953, Sampling Techniques, John Wiley & Sons, New York, 330 p.
- Cofino, W.P., 1994, Quality Management of Monitoring Programmes, Proceedings Monitoring Tailor-Made, 20-23 Sept 1993. Adriaanse et al. ed., pp. 178-187.
- Gilbert, R.O. 1987, Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987, 320 p.
- Hellmann, H., 1986, Zum Problem der Frachtberechnung in FließGewässern, Zeitschrift für Wasser- und Abwasser-Forschung, 19, pp. 133-139.
- Helsel, D.R. en R.M. Hirsch, 1992, Statistical Methods in Water Resources, Studies in Environmental Science 49, Elsevier, Amsterdam - London - New York -, Tokyo 1992.
- Hetling, L.J. et al., Estimation of the Optimal Sampling Interval in Assessing Water Quality of Streams, Environmental Modeling and Simulation, EPA 600/9-76-016, Environmental Protection Agency, Washington D.C.
- Hirsch, R.M. en J.R. Slack, 1984, A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence, Water Resources Research, vol. 20, no. 6, pp. 727-732.
- Hollander, M. en D.A. Wolfe, 1973, Nonparametric Statistical Methods, Wiley, New York.
- Johnson, A.H., 1979, Estimating Solute Transport in Streams from Grab Samples, Resour. Res.15, pp. 1224-1228.

- Jousma, G., J.P.C. Gehrels, M.P. Laeven en J.G.F. van Dael, 1998, Evaluatie van Provinciale Grondwatermeetnetten - Methodiek en Voorbeelden, NITG-TNO, KIWA NV in opdracht van STOWA, rapportnr. 97-256B, 129 p. en bijlagen.
- Kaarsemaker, L. en A. van Wijngaarden, 1953, Tables for Use in Rank Correlation, Statistica Neerlandica 7, pp. 41-54.
- Klavers, H. en A. de Vries 1993, Vrachtberekeningsmethoden - Een Casestudy voor Maas en Rijn, DGW/Riza Werkdocument nr. GWWS-93.111X/RIZA-93.021X.
- Laane, R.W.P.M. et al., 1990, Monitoring the Progress of Attempts to Reduce Nutrient Load and Inputs of Certain Compounds in the North Sea by 50%, Environmental Management, 14(2), pp. 221-227.
- LaValle, I.H., An Introduction to Probability Decision and Inference, International Series in Decision Processes, Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1970, 767 p.
- Lettenmaier, D.P., 1976, Detection of Trends in Water Quality Data from Records with Dependent Observations, Water Resources Research, vol. 12 no. 5., pp. 1037-1046.
- Littlewood, I.G., 1992, Estimating Contaminant Loads in Rivers: A Review, Institute of hydrology, Oxfordshire, report no.117.
- Marsh, T.J., Towards a Nitrate Balance for England and Wales, Water Services, 84, No. 1016, pp. 601-606.
- Montgomery, D.C. en E.A. Peck, 1982, Introduction to Linear Regression Analysis, John Wiley & Sons, 504 p.
- Muskens, P.J.W.M. en W.G.J. Hensgens, 1977, Time Series Analysis on Ammonia Concentration and Load Values of the River Rhine, Water Research, Vol. 11, pp. 509-515.
- OSPARCOM (Oslo and Paris Commission), 1992, Principles of the Comprehensive Study of Riverine Inputs, Oslo and Paris Commissions, New Court, 48 Carey Street, London WC2A 2JQ.
- Phillips, R.D., 1988, WQStat II, User's Manual (Rough Draft), Colorado State University.
- Reinelt, L.E. en A. Grimvall, 1992, Estimation of Nonpoint Source Loadings with Data Obtained from Limited Sampling Programs, Environmental-Monitoring-and-Assessment, 21: 3, pp. 173-192.
- Richards, R.P., 1989, Evaluation of some Approaches to Estimating Non-Point Pollutant Loads for Unmonitored Areas, Water Resources Bulletin, vol. 25, no. 4, pp. 891-904.
- Rosner, B., 1983, Percentage Points for a Generalized ESD Many-outlier Procedure, Technometrics 25: pp. 165-172.
- Semmekrot, S. en R.A.E. Knoben, in voorber., Project Inventarisatie Meetstrategieën en -inrichting, RIZA-rapport.
- Shapiro, S.S. en M.B. Wilk, 1965, An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples), Biometrika 52: pp. 591-611.
- Snedecor, G.W. en W.G. Cochran, 1967, Statistical Methods, Sixth Edition, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A., 593 p.
- Sokolov, S. en K.P. Black, 1996, Modelling the Time Evolution of Water Quality Parameters in a River: Yarra River, Australia, Journal of Hydrology, 178, pp. 311-335.

- Sollie, P., 1996, Meten en Balansen - Een Onderzoek naar Nauwkeurigheid van Bemonsteringen, Neerslagkwaliteit in Friesland en Balansen in Meetgebied Vierhuis, Rijkshogeschool IJsselland in samenwerking met Waterschap Friesland, 60 p. + bijlagen.
- STOWA, 1994, Handboek debietmeten in open waterlopen, rapportnr. 94-13, 157 p.
- Treunert, E. et al., 1974, Effect of Sampling Frequency on Determination of the Annual Phosphorus Load of Average Streams, Hydrochemical Hydraulic Geological Mitteilungen, vol. 1, pp. 175-198.
- UN/ECE Task Force on Monitoring & Assessment, 1994, Guidelines on Water-Quality Monitoring and Assessment of Transboundary Rivers, Working programme 1994/1995, RIZA-report nr 96.034, 1996, 50 p.
- Ward, R.C., J.C. Loftis en G.B. McBride, 1990, Design of Water Quality Monitoring Systems, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Walling, D.E. en B.W. Webb, 1981, The Reliability of Suspended Load Data. In: Erosion and Sediment Measurement, IAHS publ. no. 133, pp. 177-194.
- Webb, B.W., J.M. Phillips, D.E. Walling, I.G. Littlewood, C.D. Watts en G.J.L.L. Leeks, 1997, Load Estimation Methodologies for British Rivers and their Relevance to the LOIS RACS(R) Programme. The Science of the Total Environment, 194/195, pp. 379-389.
- Whitfield, P.H., 1982, Selecting a Method for Estimating Substance Loadings. Water Resources Bulletin, vol.18, pp. 203-210.
- Whitfield, P.H., 1988, Goals and Data Collection Designs for Water Quality Monitoring. Water Resources Bulletin, vol. 24, no. 4, pp. 775-780.
- Yaksich, S.M. en F.H. Verhoff, 1983, Sampling Strategy for River Pollutant Transport, J. Environm. Eng. 109 (1), pp. 219-231.
- Yu, Y.S. en S.M. Zou, 1993, Relating Trends of Principal Components to Trends of Water Quality Constituents, Water Resources Bulletin, vol. 29, no. 5, pp. 797-806.

BIJLAGE 1: STATISTIEK IN DE PRAKTIJK

In deze bijlage wordt ingegaan op de toepassing van de statistiek in de praktijk. De data uit de praktijk wijken nogal eens af van de eisen die de statistische theorie stelt. Er bestaat vaak het idee dat op basis van de statistische theorie in de praktijk bijna niets kan of mag. Met deze bijlage wordt beoogd dit idee te relativieren.

Statistische technieken zijn in het algemeen ontwikkeld en getest op basis van kunstmatige, nauwkeurig omschreven datasets. Hierdoor zijn specifieke statistische technieken gebonden aan datasets met specifieke kenmerken: er gelden zogenaamde randvoorwaarden voor het juiste gebruik van de techniek. In de praktijk zijn de datasets vaak niet eenduidig gedefinieerd, dat wil zeggen de kenmerken van de datasets zijn onbekend. Om een specifieke toets uit te voeren moet onderzocht worden of de gegevens aan de toetsspecifieke randvoorwaarden voldoen. Het onderzoek naar de aannemelijkheid van deze randvoorwaarden bestaat ook uit statistische toetsen, met weer eigen randvoorwaarden. Of aan de randvoorwaarden wordt voldaan is afhankelijk van de gekozen betrouwbaarheidsdrempel (α) en daardoor in zekere mate subjectief. De toetsen op de randvoorwaarden kunnen dus tot onterechte conclusies leiden, waardoor andere toetsen juist ten onrechte niet of wel worden uitgevoerd.

Wat betekent dit voor het toepassen van statistiek in de praktijk? Het belangrijkste is dat men zich van de betrekkelijkheid van de randvoorwaarden bewust is. Dit moet echter geen vrijbrief zijn om niet meer naar randvoorwaarden te kijken: men moet zich terdege van de beperkingen van de data en de toetsen bewust zijn. Mogelijk kan door eenvoudige databewerkingen (bijv. transformaties, maar ook verwijdering van trend- en seizoensinvloeden) aan deze randvoorwaarden worden voldaan. Voor de praktijk van het routinematige meten en de routinematige dataverwerking is het echter vooralsnog ondoenlijk en veelal ongewenst om elke dataset in detail uit te pluizen. De verwerkingsmethoden dienen uit praktisch oogpunt voor alle datasets gelijk te zijn, waarbij eventueel wel per variabele specifieke bewerkingen mogelijk zijn. Bij bulkverwerking van grote datasets kunnen toetsingsuitkomsten die van het algemene beeld afwijken, waardevolle aanvullende informatie vormen voor de data-analist.

Het belang van de randvoorwaarden is van toets tot toets verschillend. Een robuuste toets is een toets die weinig randvoorwaarden kent of die weinig last heeft van afwijkingen van de randvoorwaarden. Met andere woorden: indien niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan, neemt de kwaliteit, dat wil zeggen het aantal foutieve beslissingen, niet noemenswaardig af. Toetsen die niet op de originele data, maar op de rangnummers van de data zijn gebaseerd, zijn per definitie robuust, aangezien er geen eisen aan de verdeling van de data worden gesteld. Deze toetsen worden verdelingsvrije toetsen genoemd. Voor een bulkgewijze verwerking van data zijn deze toetsen zeer geschikt, aangezien men zich minder zorgen hoeft te maken over de randvoorwaarden. Daar staat tegenover dat de toetsen minder goed presteren dan de toetsen op de originele data, indien aan de randvoorwaarden voor dergelijke toetsen wordt voldaan. Zodra niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan en de toets feitelijk niet toegepast kan worden, zijn de uitkomsten van de verdelingsvrije toets betrouwbaarder.

Robuuste methoden lijken derhalve vooralsnog het meest geschikt voor de analyse van grote databestanden van routinematige waterkwaliteitsgegevens. De uitkomsten zijn dan redelijk betrouwbaar. Toetsen naar randvoorwaarden dienen wel uitgevoerd te worden.

Indien structureel niet aan de randvoorwaarden wordt voldaan, moet gezocht worden naar alternatieve methoden of moeten voorbereidingsstappen worden uitgevoerd. In de toekomst kunnen mogelijk via geautomatiseerde expertsystemen voor elke dataset toegesneden toetsen worden gebruikt (o.a. Baggelaar en Baggelaar, 1995).

Als incidenteel niet aan randvoorwaarden wordt voldaan, zijn de conclusies niet per definitie fout, ze zijn hooguit onzekerder. Het is maar de vraag hoe vaak bijvoorbeeld een toets op langjarige trend een foutieve uitkomst oplevert, als er een duidelijke trend in de data aanwezig is. Slechts in het geval van 'statistische randgevallen' bestaat de kans dat een andere (foutieve) conclusie wordt getrokken, omdat niet aan randvoorwaarden wordt voldaan. Men moet zich echter afvragen of dergelijke fouten niet in het niet vallen bij alle overige fouten die in het traject tussen monsternamen en data-analyse gemaakt (kunnen) worden.

Resultaten van statistisch onderzoek worden in het algemeen als harde resultaten gerapporteerd. Veelal staat uitsluitend in het hoofdstuk 'methoden' aangegeven bij welke betrouwbaarheid toetsen zijn uitgevoerd. Vervolgens wordt echter niet bij de conclusies, laat staan in de beleidssamenvatting, op de keuze van de betrouwbaarheid teruggekomen. De conclusies lijken hierdoor ineens hard, dat wil zeggen: niet statistisch, te zijn. Bij de interpretatie van de resultaten wordt volledig voorbijgegaan aan het gegeven dat - inherent aan de statistiek - foute conclusies (kunnen) worden getrokken. De toepasbaarheid van de statistische techniek wordt in het algemeen klakkeloos aanvaard, en komt veelal niet terug in het hoofdstuk discussie. Dit is begrijpelijk, aangezien het rapporteren van uitkomsten van toetsen die op formele statistische gronden onterecht zijn uitgevoerd (er wordt niet aan de randvoorwaarden voldaan), problematisch is. Dit heeft onder meer te maken met de ongrijpbaarheid van het effect: het is niet mogelijk om in te schatten wat het effect van afwijkingen van de randvoorwaarden op de toetsingsuitkomst is: nog kwalitatief, nog kwantitatief.

BIJLAGE 2: NORMSTELLING BEZIEN VANUIT STATISTISCH OOGPUNT

1 INLEIDING

Optimalisatie van de meetfrequentie met betrekking tot de normtoetsing is vanuit de richtlijnen voor monitoring niet goed mogelijk: metingen dienen maandelijks of frequenter te geschieden - lagere meetfrequenties zijn in principe alleen mogelijk indien de waterkwaliteit meerdere jaren achtereen aan de norm heeft voldaan. Aangezien de meetinspanning (volgens de richtlijnen) niet expliciet erop is gericht normoverschrijding aan te tonen¹⁸, biedt zij geen handvatten voor een kwantificering van de informatiebehoefte.

Nederland kent twee typen fysisch-chemische waterkwaliteitsnormen. In de volgende paragrafen volgt zeer beknopt een beschrijving van deze normstellingen, waarbij ingegaan wordt op de (on)mogelijkheden voor meetnetoptimalisatie. Afgesloten wordt met enkele kanttekeningen bij methoden voor normtoetsing.

2 TOETSINGSWAARDE IS ABSOLUUT: INCIDENTELE OVERSCHRIJDING VAN NORMEN

De eerste normstelling, geldend voor bijvoorbeeld zuurgraad en zuurstof, heeft betrekking op incidentele overschrijding van grenswaarden: Afhankelijk van het aantal metingen zijn een x-tal overschrijdingen per jaar toegestaan. Gegeven de geadviseerde monitoringstrategie en de normstelling wordt er feitelijk vanuit gegaan dat elke meting dezelfde kans (p) heeft om de norm te overschrijden. Gegeven de dagelijkse en jaarlijkse cycli in genoemde variabelen is de kans (p) echter afhankelijk van zowel het tijdstip van de dag als het seizoen. Indien gebruik gemaakt zou worden van (oppervlaktewater)proceskennis is het vermoedelijk veelal mogelijk om met één meting te volstaan om aan te tonen dat niet aan normen wordt voldaan. Andersom is het in theorie mogelijk door handig gebruik te maken van deze kennis de meetstrategie zo in te richten dat normoverschrijding zelden wordt aangetoond. Vanuit een meetnetoptimalisatie bezien is de eerste mogelijkheid aantrekkelijk: het levert aanzienlijke kostenbesparingen en een eenduidig resultaat (er wordt niet aan de normen voldaan).

De kans (p) op grensoverschrijdingen van twee datasets met hetzelfde gemiddelde is hoger op het meetpunt met de hogere spreiding. Omdat er in de huidige praktijk geen rekening gehouden wordt met dergelijke verschillen kan de volgende situatie zich voordoen:

¹⁸ Indien dit het geval zou zijn, is 'slim' meten voldoende om hieraan tegemoet te komen, bijv. het meten van zuurstofbindende stoffen direct na een overstort of van zuurstof in een eutroof systeem, vroeg in de ochtend.

een meetpunt met een hoge spreiding maar zonder overschrijding van een grenswaarde wordt als 'goed' betiteld. Op basis van de spreiding zou men echter n_1 overschrijdingen verwachten. Een meetpunt met een lage spreiding - maar met een enkele uitbijter - wordt slecht beoordeeld, terwijl op basis van de spreiding n_2 ($<n_1$) overschrijdingen worden verwacht. Indien de overschrijding niet afhangt van de spreiding, maar afhankelijk is van incidentele, uitzonderlijke omstandigheden geldt het bovenstaande niet. De huidige meetstrategie is dan echter ook niet geschikt, aangezien deze zich niet specifiek op deze uitzonderlijke situaties richt.

3 TOETSINGSWAARDE IS (ZOMERHALF)- JAARGEMIDDELDE

De tweede normstelling, geldend voor bijvoorbeeld stikstof en fosfaat, houdt in dat de zomer- of jaargemiddelde concentratie niet boven bepaalde grenswaarden mag uitkomen. Bij de berekening van een gemiddelde wordt in het algemeen verondersteld dat de individuele metingen onafhankelijk van elkaar zijn. Gegeven de vaak nadrukkelijk aanwezige seizoensinvloed is dit echter niet het geval. Voor stikstof geldt dat metingen in het voorjaar een verhogende werking hebben op de zomergemiddelde concentratie, en metingen in de nazomer een verlagende invloed op het koersgemiddelde hebben. Daarnaast missen metingen na incidentele overstortingen hun effect op de gemiddelde concentratie niet.

Gegeven een dataset van onafhankelijke metingen kan de kans berekend worden, dat het gemiddelde de norm daadwerkelijk overschrijdt. Deze kans wordt met name bepaald door de variabiliteit in en het gemiddelde van de data. De kans op normoverschrijding van twee datasets met hetzelfde gemiddelde is hoger op het meetpunt met de hogere spreiding (mits de gemiddelden wel onder de norm liggen, anders is het juist andersom). Omdat er in de huidige praktijk geen rekening gehouden wordt met dergelijke verschillen, kan de situatie zich voordoen dat een meetpunt met een gemiddelde net onder de norm wordt als 'goed' betiteld, terwijl de kans dat het werkelijke gemiddelde hoger ligt dan de norm heel hoog is. Andersom wordt een meetpunt als 'slecht' betiteld, terwijl de kans dat het werkelijke gemiddelde lager ligt dan de norm heel hoog is.

Een zekere beïnvloeding van de toetsingsuitkomsten door 'handig' te meten is mogelijk, al is dit niet zo duidelijk als bij het eerste type normstelling.

4 KANTTEKENINGEN BIJ METHODEN VOOR NORMTOETSING

Bij alle methoden voor normtoetsing wordt ervan uitgegaan, dat waterkwaliteitsmetingen onafhankelijk zijn, en nog belangrijker dat elke individuele meting even zwaar mee weegt in de beoordeling. Niets is echter minder waar. Door dagelijkse en seizoensgebonden cycli zijn sommige waarnemingen veel belangrijker voor de normtoetsing dan andere. Het aggregeren van data tot toetsingsresultaten, zonder rekening te houden met de spreiding of tijdstip van monsternamen op meetpuntniveau, is door deze effecten relatief onbetrouwbaar. Meetpunten die

op basis van hun toetsingsresultaat verschillen, zijn mogelijk op basis van een statistische analyse niet van elkaar te onderscheiden. Op meetpunt- of regionaal gebiedsniveau moet daarom niet al te veel waarde aan de uitkomsten van normtoetsing gehecht worden. Dit ligt enigszins anders voor de landelijke rapportage. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat onnauwkeurige toetsingsresultaten tegen elkaar wegvallen (wet van de grote aantallen).

Voor de meetnetinrichting met betrekking tot normtoetsing wil dit zeggen:

- Zonder concrete richtlijnen over bemonsteringstijdstippen (seizoen en indien relevant dagdeel) zijn toetsingsresultaten slecht met elkaar vergelijkbaar.
- Zonder concrete richtlijnen voor de dataverwerkingsmethode in het geval van overstoringen¹⁹ en andere, niet voor het systeem representatief geachte omstandigheden zijn toetsingsresultaten slecht met elkaar vergelijkbaar.
- Moet het meetnet niet zodanig ingericht worden dat normoverschrijdingen zo efficiënt mogelijk worden aangetoond? Op het moment dat dit is gebeurd kunnen verdere metingen achterwege gelaten worden.
- Is het noodzakelijk om normtoetsing uit te voeren als de waterkwaliteit bewezen nog ver van de normstelling verwijderd is (ten goede of ten kwade) en op grond van het gevoerde beleid geen veranderingen te verwachten zijn? Is normtoetsing niet juist alleen dan interessant als men de situatie niet goed kent en als veranderingen te verwachten zijn?

Al met al lijkt een discussie over de zin en onzin van de huidige meetstrategie voor normtoetsing en de normstelling zelf op zijn plaats.

¹⁹ Dit geldt wanneer overstoringen een incidenteel karakter hebben (bijv. 1 x per 5 jaar), waardoor metingen direct na een overstoring slechts sporadisch voorkomen. In voorkomende gevallen beïnvloedt een dergelijke incidentele meting het toetsingsresultaat echter onevenredig zwaar (in 1 van iedere 5 jaar voldoet het meetpunt niet aan de norm).

BIJLAGE 3: KANTTEKENINGEN BIJ HET BEREKENEN EN GEBRUIKEN VAN VRACHTEN

Vrachten zijn een belangrijk aspect van waterkwaliteitsbeheer. Voor de bepaling van vrachten zijn verschillende berekeningswijzen beschikbaar. Welke berekeningswijze toepasbaar is, hangt samen met de lokale situatie. Berekening van een betrouwbaarheidsinterval rond de vracht is bij sommige vrachtberekeningsmethoden mogelijk.

De berekeningsmethoden voor vrachten en betrouwbaarheidsgrenzen gaan in het algemeen uit van een bepaalde verdeling van de gegevens (normaal verdeeld na eventuele datatransformaties), onderlinge onafhankelijkheid en in de tijd constante spreidingen. Indien niet aan deze randvoorwaarden wordt voldaan, neemt de betrouwbaarheid van de methoden af.

Voor de berekening van het betrouwbaarheidsinterval is een schatting van de spreiding in data noodzakelijk. De onnauwkeurigheid in de spreiding is bij kleine datasets groot. Bij de berekening van de betrouwbaarheidsintervallen en de toekomstige meetfrequenties wordt hiermee echter geen rekening gehouden.

De berekeningsmethoden vertonen vrijwel geen relatie met de werkelijk optredende processen. Geen enkele methode houdt expliciet rekening met seizoensinvloed en hysteresis- en *history*-effect. Slechts enkele methoden veronderstellen dat concentratiemetingen over de hele range van optredende debieten beschikbaar zijn. Uit verschillende onderzoeken is echter gebleken dat het juist belangrijk is om over de hele range van afvoer te meten, waarbij tijdens hoge afvoeren een relatief hoge meetfrequentie gehanteerd dient te worden, teneinde betrouwbare vrachten te kunnen berekenen.

Al met al zal aan het berekenen van vrachten veel aandacht gegeven moeten worden. Voordat tot het berekenen van vrachten wordt overgegaan moet enig inzicht in processen beschikbaar zijn.

In veel gevallen zal de totale vracht sterk gerelateerd zijn aan het totale debiet. Aangezien het totale debiet in het algemeen afhangt van de weersomstandigheden, moeten vrachtbepalingen gecorrigeerd worden voor jaar tot jaar verschillen in debieten²⁰.

Gegeven alle onnauwkeurigheid in vrachtbepalingen moet men zich afvragen, of men niet tevreden moet zijn met respectievelijk zich zou moeten beperken tot lange-termijn trendbepaling van de waterkwaliteit.

²⁰ Hellmann (1986) stelt dat wanneer verontreinigingen afkomstig zijn vanuit de landbouw, gesignaleerde fluctuaties van (betrouwbaar vastgestelde) jaarvrachten vooral veroorzaakt worden door verschillen in het (jaar)debiet. Gegeven de grote variaties in deze debieten en de te verwachten onnauwkeurigheid bij de bepaling van jaarvrachten, kan men zich afvragen of vrachten wel geschikt zijn om als basis te dienen voor het bepalen en evalueren van beleid.

BIJLAGE 4: EVALUATIE RELEVANTE SOFTWARE

1 UITWERKING NAAR SOFTWAREPAKKET

1.1 WATQUAL

<i>Naam</i>	Watqual.
<i>Bron</i>	Blind, M.W. en R.H. Aalderink, 1995, <u>Watqual: A Program For Water Quality Time Series Analysis With Respect To Optimization Of Trend Monitoring Frequency</u> , Versie 2, in press, Landbouwniversiteit Wageningen.
<i>Doel</i>	Univariate tijdreeksanalyse van waterkwaliteitgegevens. Optimalisatie van meetfrequenties voor monotone trenddetectie.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• verdelingsvrije toetsen voor aantonen (significantie) van seizoensinvloeden en trend en voor de grootte van de trend;• berekeningen per seizoen;• batchgewijze verwerking;• ASCII-uitvoer van berekende statistische grootheden;• ASCII-uitvoer van geaggregeerde data.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• weinig schermpresentaties;• geen uitvoer van figuren;• geen staprends.

1.2 WQSTAT

<i>Naam</i>	WQStat II.
<i>Bron</i>	Phillips, R.D., 1988, <u>WQStat II, Programming and User's Manual</u> , Colorado State University.
<i>Doel</i>	Univariate tijdreeksanalyse van waterkwaliteitgegevens.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• verdelingsvrije toetsen voor aantonen (significantie) van seizoensinvloeden en trend en voor de grootte van de trend;• berekeningen per seizoen.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen batchgewijze verwerking;• geen ASCII-uitvoer van berekende statistische grootheden;• geen ASCII-uitvoer van geaggregeerde data;• geen uitvoer van figuren;• geen staprends.

1.3 SPSS

<i>Naam</i>	SPSS.
<i>Bron</i>	Anonymus, <u>Handboeken diverse modules</u> , versie 7.5, SPPS Inc.
<i>Doel</i>	Algemene statistiek.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• Windows-applicatie;• invoer data in diverse formaten mogelijk;• uitgebreide dataprocesing;• batchgewijze verwerking;• uitvoer geaggregeerde data;• (beperkte) mogelijkheden om zelf toetsen te 'programmeren'.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen verdelingsvrije methoden voor trenddetectie en berekenen hellingshoek trend;• beperkte mogelijkheden voor ASCII-uitvoer van berekende statistische grootheden;• uitvoer van figuren alleen als (Windows-)object.

1.4 SAS

Het ICWS heeft in 1995 informatie opgevraagd over de aanwezigheid van een groot aantal verdelingsvrije toetsen in het SAS-pakket of de mogelijkheid om deze op eenvoudige wijze te programmeren. Op deze vra(a)g(en) is na maanden wachten geen antwoord gegeven. (Dit was voor het ICWS reden om niet voor SAS te kiezen)

1.5 EXCEL

<i>Naam</i>	Excel.
<i>Bron</i>	Anonymus, 1994, <u>Microsoft Excel User's Guide</u> , Version 5.0, Microsoft Corporation.
<i>Doel</i>	Algemeen rekenblad (speadsheet) met diverse statistische mogelijkheden.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• Windows-applicatie;• invoer data in diverse formaten mogelijk;• uitgebreide dataprocesing;• batchgewijze verwerking;• uitvoer geaggregeerde data;• uitgebreide mogelijkheden om zelf toetsen te 'programmeren'.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen verdelingsvrije toetsen/methoden aanwezig;• uitvoer van figuren alleen als (Windows-)object.

1.6 STATGRAPHICS

<i>Naam</i>	Statgraphics 7.1.
<i>Bron</i>	Rijpkema, J.J.M., 1993, <u>Statistiek met Statgraphics</u> , Cursusboek bij PAON TU Eindhoven (Toegepaste statistiek en data-analyse met de PC), Academic Service, ISDN 90 6233 957 3.
<i>Doel</i>	Algemeen statistisch pakket.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">● berekeningen per seizoen;● sterk grafisch georiënteerd;● optimale meetfrequenties voor betrouwbaarheidsintervallen van gemiddelden.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">● geen batchgewijze verwerking;● geen optimale meetfrequenties.

1.7 TRENDIF

<i>Naam</i>	TrendDif.
<i>Bron</i>	Anonymus, 1995, <u>TrendDif Trendberekeningen op de PC</u> , Versie 1.0, concept gebruikershandleiding, RIZA.
<i>Doel</i>	Analysepakket voor trends.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">● Windows-applicatie;● berekeningen per seizoen;● correcties voor afvoeren;● correctie voor zwevend stof;● raamwerk RIZA.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">● één methode lineaire trend: Seasonal Kendalltoets (significantie trend) en Seasonal Kendall Slope Estimator (grootte trend);● één methode staptrend: Wilcoxon (significantie staptrend) en Lodges-Lehmann (grootte staptrend), beide met seizoenscorrectie;● één methode staptrend;● geen batchgewijze verwerking;● geen optimale meetfrequenties.

TrendDif heeft op dit moment geen officiële status. RIZA is ook niet voornemens in de toekomst een officiële versie van TrendDif uit te brengen. Op dit moment ontwikkelt RIZA het pakket BEVER. Onderdelen van TrendDif zullen in BEVER worden opgenomen. BEVER zal in de loop van volgend jaar worden uitgebracht.

1.8 TRENDPAK

<i>Naam</i>	Trendpak.
<i>Bron</i>	Baggelaar, P.K. en D.H. Baggelaar, 1989, <u>Project Trendbepaling</u> , Rapportage 1 ^e fase, KIWA, Nieuwegein, SWO 89.335.
<i>Doel</i>	Univariate berekening van trends.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• expert system voor trends;• Kruskal-Wallis en Runs toets voor beoordeling meest geschikte toets.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• nog onvoldoende geschikt voor algemeen gebruik;• ontbrekende waarden worden geschat door lineaire interpolatie;• maand-, kwartaal- en jaardata;• geen optimale meetfrequenties.

1.9 CONVER

<i>Naam</i>	Conver.
<i>Bron</i>	Vat, M.P. van der en D.T. van de Molen, 1996, <u>Conver-Balansprogramma voor oppervlaktewatersystemen - Gebruikershandleiding</u> , versie 2.00, WL- RIZA, 17 p.
<i>Doel</i>	Vrachtberekeningen.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen gevoeligheidsanalyse/betrouwbaarheid vrachten;• aansluiting met optimalisatie ontbreekt;• interpolatie voor ontbrekende gegevens;• gaat uit van correlatie tussen debiet en concentratie;• opvallend is dat in dit RIZA-product elke referentie naar Klavers en De Vries (1993), ontbreekt.

1.10 AQUAVIEW

<i>Naam</i>	Aquaview.
<i>Bron</i>	Anonymus, 1995, <u>Aquaview. Een andere kijk op waterkwaliteitsgegevens - Handleiding</u> , Ingenieursbureau Ecoview.
<i>Doel</i>	(Multivariate) analyse van waterkwaliteitsgegevens.
<i>Belangrijkste voordelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• invoer data in diverse ASCII-formaten mogelijk;• uitvoer geaggregeerde data;• standaard dataformat is het RIZA-SGF-format;• pakket berekent ook vrachten, amoebe's, Stiffdiagrammen, Stuyvzand-typeringen en IR/EGV-diagrammen.
<i>Belangrijkste nadelen</i>	<ul style="list-style-type: none">• geen gevoeligheidsanalyse en betrouwbaarheidsintervallen;• geen batchgewijze verwerking;• figuren worden alleen als HP-plotter files uitgevoerd.

2 UITWERKING NAAR MEETNETDOELSTELLING

2.1 ALGEMENE KWALITEITSBESCHRIJVING - MEETDOELSTELLING GEMIDDELDEN

<i>Pakketten</i>	WatQual, WqStat II, SPSS, SAS, Excel, Statgraphics, AquaView.
<i>Beschikbaarheid van relevante toetsen</i>	Met alle pakketten kan het gemiddelde bepaald worden, in sommige kan dit per seizoen en seizoensgewogen. SPSS, SAS, Excel en Statgraphics bieden direct de mogelijkheid een betrouwbaarheidsinterval rond het gemiddelde te bepalen. Percentielen kunnen in de pakketten WqStat, SPSS, SAS, Excel, Statgraphics bepaald worden.
<i>Geschiktheid voor optimalisatie</i>	Voor de berekening van meetfrequenties moet de spreiding berekend worden. Dit kan met vrijwel elk pakket. Indien de spreiding na verwijdering van trend en seizoensinvloed gezocht wordt, en ook rekening gehouden moet worden met onderlinge afhankelijkheid ligt het gebruik van WatQual voor de hand. Statgraphics biedt expliciet de mogelijkheid om het aantal noodzakelijke metingen te berekenen gegeven de spreiding.
<i>Gemak van het inlezen van data, datavoorbewerking, omgang met detectielimieten e.d.</i>	Alle specifieke pakketten lezen ASCII-data in, WqStat biedt ook de mogelijkheid om Lotus (versie 1) files te lezen. De 'grote' pakketten SPSS, SAS, Excel en Statgraphics lezen data in allerlei formaten in. WatQual is het meest gericht op de invoer en bewerking van waterkwaliteitsgegevens (verwijderen seizoensinvloed, trend, omgang met detectielimieten, etc.).
<i>Batch-verwerking van gegevens</i>	WatQual werkt expliciet batchgewijs. Als alle data zijn ingelezen kunnen SPSS, SAS, Excel en Statgraphics alle gemiddelden met een druk op de knop uitrekenen.
<i>Werkzaamheid van uitvoer</i>	WatQual voert bestanden uit die direct ingelezen kunnen worden in spreadsheets of databases. Ook de bewerkte meetreeksen kunnen worden uitgevoerd, zodat extern figuren gemaakt kunnen worden. WqStat heeft alleen een schermuitvoer. SPSS, SAS, Excel, Statgraphics hebben veel mogelijkheden. Uitvoer van statistische pakketten is veelal moeilijk verder te verwerken. Grafisch zijn alle 'grote' pakketten sterk.
<i>Conclusies</i>	Het berekenen van het gemiddelde is geen kunst. Ook de berekening van een betrouwbaarheidsinterval of percentielen is niet problematisch, het is echter niet in alle pakketten rechtstreeks mogelijk. Er is geen pakket zonder meer geschikt voor optimalisatie van de meetfrequentie.

2.2 ALGEMENE KWALITEITSBESCHRIJVING - MEETDOELSTELLING OVERSCHRIJDINGSKANSEN

Geen enkel pakket van de bovengenoemde pakketten biedt de expliciete mogelijkheid om (de nauwkeurigheid van) overschrijdingskansen te berekenen, en aan te geven hoe frequent gemeten moet worden om deze kans nauwkeurig te kunnen bepalen.

2.3 MONOTONE TRENDS

<i>Pakketten</i>	WatQual, WqStat, TrendDif en Trendpak.
<i>Beschikbaarheid van relevante toetsen</i>	De pakketten zijn specifiek gericht op trendanalyse van oppervlakte-waterkwaliteitsgegevens. Trendpak is een expertsysteem, dat op grond van de statistiek steeds de meest geschikte toets op de significantie van de trend toepast (keuze uit 6 toetsen). WatQual past verschillende toetsen toe, waarbij de gebruiker uiteindelijk op basis van de statistiek kan beslissen welke trendtoets relevant is. WqStat toetst op basis van 2 toetsen, terwijl in TrendDif slechts 1 trendtoets is ingebouwd.
<i>Geschiktheid voor optimalisatie</i>	Alleen WatQual berekent voor verschillende toekomstige meetfrequenties de detecteerbare trends.
<i>Gemak van het inlezen van data, datavoorbewerking, omgang met detectielimieten e.d.</i>	Alle pakketten lezen data als ASCII-code in. WqStat biedt de mogelijkheid om (versie 1) Lotusbestanden in te lezen. WatQual kan omgaan met verschillende detectielimieten, van de andere pakketten is niet bekend of de verwerking van detectielimieten buiten het pakket om moet plaatsvinden. Watqual kent de meeste mogelijkheden tot data-aggregatie. Trendpak schat ontbrekende waarden in een meetreeks door middel van lineaire interpolatie.
<i>Batch-verwerking van gegevens</i>	WatQual en Trendpak bieden de mogelijkheid tot batchverwerking.
<i>Werkzaamheid van uitvoer</i>	WatQual voert bestanden uit die direct ingelezen kunnen worden in spreadsheets of databases. Ook de bewerkte meetreeksen kunnen worden uitgevoerd, zodat extern figuren gemaakt kunnen worden. WqStat voert alleen resultaten uit naar het scherm.
<i>Opmerkingen</i>	Trendpak is vooralsnog onvoldoende geschikt voor algemeen gebruik. TrendDif heeft geen officiële status.
<i>Overige pakketten</i>	Op Conver na bieden alle pakketten een mogelijkheid voor trenddetectie (i.h.a. lineaire regressie). Met de pakketten SPSS, SAS en Excel is in principe 'alles' mogelijk. Indien Excel wordt gebruikt, zijn relatief veel voorbereidingswerkzaamheden noodzakelijk.
<i>Conclusies</i>	Voor trendanalyse en optimalisatie van meetfrequenties voor trendanalyse is Watqual het voor de hand liggende pakket.

2.4 STAPTRENDS

<i>Pakketten</i>	TrendDif, WqStat.
<i>Beschikbaarheid van relevante toetsen</i>	TrendDif en WqStat bieden specifieke, verdelingsvrije mogelijkheden om de significantie van staptrends in oppervlaktewater te toetsen. TrendDif heeft slechts een mogelijkheid tot detectie van staptrends, WqStat biedt een scala van mogelijkheden.
<i>Geschiktheid voor optimalisatie</i>	Geen enkel pakket is zonder meer geschikt voor optimalisatie.
<i>Gemak van het inlezen van data, datavoorbewerking, omgang met detectielimieten e.d.</i>	Beide pakketten lezen ASCII-data in, WqStat biedt ook de mogelijkheid om Lotus(versie 1)-files te lezen. TrendDif is een Windows-applicatie en sluit aan op het raamwerk van RIZA.
<i>Batch-verwerking van gegevens</i>	-
<i>Werkzaamheid van uitvoer</i>	WqStat heeft alleen een schermuitvoer.
<i>Opmerkingen</i>	TrendDif heeft geen officiële status.
<i>Overige pakketten</i>	<p>De pakketten SPSS, SAS, Excel en Statgraphics bieden de mogelijkheid t-toetsen uit te voeren. Met de uitvoer van Watqual is het in principe mogelijk deze toets ook uit te voeren. SPSS en Excel bieden de mogelijkheid voor verdelingsvrije toetsen.</p> <p>Voor de berekening van meetfrequenties is kennis omtrent de spreiding (berekening mogelijk met vrijwel alle pakketten) noodzakelijk. Indien de spreiding na verwijdering van trend en seizoensinvloed gezocht wordt, en ook rekening gehouden moet worden met onderlinge afhankelijkheid ligt het gebruik van WatQual voor de hand.</p>
<i>Conclusies</i>	<p>Voor de analyse van staptrends zijn verschillende pakketten min of meer geschikt.</p> <p>Voor de optimalisatie kan tot op zekere hoogte Statgraphics gebruikt worden. Toepassing van WatQual is aan te bevelen indien de spreiding na verwijdering van trend en seizoensinvloed gezocht wordt.</p>

2.5 VRACHTEN

<i>Pakketten</i>	Conver.
<i>Beschikbaarheid van relevante toetsen</i>	Conver is het enige pakket dat specifiek op vrachten is gericht. De gebruikte berekeningsmethode gaat uit van een relatie tussen debiet en concentratie. Er worden geen betrouwbaarheidsintervallen gegeven.
<i>Geschiktheid voor optimalisatie</i>	-
<i>Gemak van het inlezen van data, datavoorbewerking, omgang met detectielimieten e.d.</i>	?
<i>Batch-verwerking van gegevens</i>	-
<i>Werkzaamheid van uitvoer</i>	?
<i>Opmerkingen</i>	Gemaakt voor stromende systemen.
<i>Overige pakketten</i>	Zodra de vrachtberekening gebaseerd wordt op een gemiddeld debiet, een gemiddelde concentratie en/of een gemiddelde momentane vracht, is voor de berekening van de meetfrequentie hetzelfde van toepassing als vermeld onder 'meetdoelstelling: gemiddelden'.
<i>Conclusies</i>	Geschikte software voor toegesneden berekening van vrachten ontbreekt.

2.6 ANALYSE EN OPTIMALISATIE MEETNETDICHTHEID

Aangezien er veel zeer verschillende methoden bestaan voor de analyse van de meetnetdichtheid, kan niet eenduidig worden aangegeven welk pakket (het beste) voldoet.

Indien de meetnetdichtheid op basis van geografische informatie geanalyseerd wordt, is een GIS pakket noodzakelijk. Indien meetpunten onderling vergeleken moeten worden, zijn de grote statistische pakketten geschikt: deze bieden alle mogelijkheden tot (multiple) regressieanalyse en t-toetsen.

3 SAMENVATTEND OVERZICHT

In Tabel 3-1 is beknopt weergegeven welke mogelijkheden verschillende pakketten hebben. Om te beoordelen of specifieke toetsen en bewerkingen uitgevoerd kunnen worden, is gebruik gemaakt van praktijkervaringen, de software zelf en/of van handleidingen. Er is niet geprobeerd alle bewerkingen en toetsen daadwerkelijk uit te voeren. Vermoedelijk is het met de grote commerciële pakketten mogelijk om alle bewerkingen uit te voeren, doordat het binnen deze pakketten vaak mogelijk is om in een eigen taal modules en macro's te schrijven. De tabel heeft dus met name betrekking op toetsen en bewerkingen die ad hoc, zonder veel extra moeite uitgevoerd kunnen worden - met pen en papier en een rekenmachine kan tenslotte ook alles worden uitgevoerd...

Tabel 3-1 Overzicht aanwezige toetsen in enkele statistische software-pakketten

		SOFTWAREPAKKETTEN									
		W	W	S	S	E	S	T	T	C	A
		a	Q	P	A	x	t	r	r	o	q
		t	S	S	S	c	a	e	e	n	u
		q	T	S		e	t	n	n	v	a
		u	A			l	G	d	d	e	v
		a	T				r	i	p	r	i
		l					a	f	a		e
							p		k		w
							h				
Algemene statistische bewerkingen	deel 2										
(Seizoensgewogen) gemiddelde	§ 3.1	•	•	•	•	•	•				•
(Seizoensgewogen) mediaan	§ 3.2	•	•	•	•	•	•				
Variantie	§ 3.3	•	•	•	•	•	•				
Standaarddeviatie	§ 3.4	•	•	•	•	•	•				•
Covariantie	§ 3.5		•	•	•	•	•				
Detectielimieten	§ 3.6	•									
Uitbijters: Rosner's toets	§ 3.7	•		•							
Omvorming tot equidistante tijdreeksen	§ 3.8	•	•								
Signum functie	§ 3.9	•	•	•					•		
Rangordes toekennen ('ranken')	§ 3.10	•	•	•		•			•		
Verwijderen seizoensinvloed	§ 3.11	•	•								•
Verwijderen trend	§ 3.12	•									
Frequenties				•		•					•
Algemene analyses											
Analyses periodiciteit (seizoensinvloed)											
Kruskal-Wallis		•	•	•			•		•		
Eén-factor analyse		•		•		•	•				
Analyses normaliteit											
Kolmogorov-Smirnov				•			•				
Shapiro-Wilk				•					•		
Lilliefors				•							
Skew		•	•	•		•	•				
Kurtosis		•	•	•		•	•				
Analyses homogeniteit van variantie											
F-toets		•		•		•					

	SOFTWAREPAKKETTEN									
	W a t q u a l	W Q S T A T	S P S S	S A S	E x c e l	S t a t i s t i c h	T r e n d	T r e n d	C o n v e r s i e w	A n a l y s e
Analyses afhankelijkheid waarnemingen										
Runs toets	●		●					●		
Autocorr.-coëff.	●	●	●			●				
Aantal effectieve waarnemingen bij AR(1)	●									
r(k) uit r(1) bij AR(1)	●									
Analyse van actuele waterkwaliteit en normtoetsing										
Betrouwbaarheidsinterval gemiddelde	§ 5.1		●	●	●	●				
Aantal benodigde waarnemingen voor een gegeven betrouwbaarheid rondom het gemiddelde	§ 5.2					●				
Betrouwbaarheidsinterval mediaan	§ 5.3									
Betrouwbaarheidsinterval variantie	§ 5.4									
Analyse van autonome monotone ontwikkelingen waterkwaliteit: trend										
Correlatiecoëfficiënt van Pearson	§ 6.1	●		●	●	●			●	●
Rangcorrelatiecoëfficiënt van Spearman	§ 6.2	●		●					●	
Mann-Kendall toets	§ 6.3	●							●	
Seasonal Kendall I Toets	§ 6.4	●	●					●	●	
Seasonal Kendall II toets	§ 6.5	●							●	
Lettenmaier									●	
Lineaire regressie	§ 6.6	●		●	●	●	●			●
Sen's Nonparametric Estimator of Slope	§ 6.7	●	●							
Seasonal Kendall Slope Estimator	§ 6.8	●	●					●	●	
Analyse van de effecten van beleidsmaatregelen: staprends										
T-toets voor gemiddelden	§ 7.1			●	●	●	●			
T-toets voor gepaarde steekproeven	§ 7.2			●	●	●				
Wilcoxon Signed Rank Toets	§ 7.3		●	●		●		●		
Wilcoxon Rank Sum Toets	§ 7.4		●							
Mediaantest			●	●						
Seasonal Hodges-Lehman mediaantest			●							
Analyse van vrachten en balansen										
Analyse Vrachten	§ 8.1								●	●

	SOFTWAREPAKKETTEN									
	W	W	S	S	E	S	T	T	C	A
	a	Q	P	A	x	t	r	r	o	q
	t	S	S	S	c	a	e	e	n	u
	q	T	S		e	t	n	n	v	a
	u	A			l	G	d	d	e	v
	a	T				r	i	p	r	i
	l					a	f	a		e
						p		k		w
						h				
Evaluatie en optimalisatie meetnetdichtheid										
Regressieanalyse + residuenanalyse										
T-toetsen + residuenanalyse										
Detecteerbare trends	•									
Verwijderen lineaire trend	•							•		
Anderszins verwijderen van trend										
Verwijderen seizoensinvloed	•	•						•		•
Omgang met verschillende detectielimieten	•									
Omvorming tot equidistante reeks	•	•	•					•		
Uitvoer van datareeksen na verwijdering van trend, seizoen e.d.	•		•							
Selectie deelset					•			•		
Verwijderen/uitsluiten uitbijters/data	•	•	•		•					
Correlatie tussen variabelen			•	•	•					•
Praktisch										
Batch	•		•		•					
Uitvoer data geschikt voor verdere analyse	•	•			•					
Uitvoer figuren			•		•					
Data invoer ASCII	•	•	•		•			•		•
Data invoer andere formats		•	•		•					
Script/macro-taal			•		•					
Presentatie										
Box-en-Whiskerplots (scherm)	•	•	•			•				•
Cumulatieve verdelingsplot (scherm)	•	•	•			•				•
Tijdreeksen (scherm)	•	•	•		•	•				•
Trendlijn (scherm)	•	•	•		•	•				•
Correlogram (scherm)	•	•	•			•				

