

# Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving

M. Knotters (red.)

studies



**WOT**  
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



# Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving

M. Knotters (red.)

ISBN 978-90-78207-07-08

ISSN 1871-0298

*De reeks WOt-studies is een uitgave van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR.*

**Wettelijke Onderzoekstaken  
Natuur & Milieu**

Postbus 47

6700 AA Wageningen

t (0317) 48 54 71

f (0317) 41 90 00

info.wnm@wur.nl

www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

**Redactiecommissie**

Bram ten Cate

Joep Dirkx

Paul Hinssen

Harm Houweling

**Eindredactie**

Geert van Duinhoven

**Fotografie**

Lex Broere,

tenzij anders vermeld

**Vormgeving**

Grafisch Atelier Wageningen

**Druk**

Drukkerij Kerckebosch, Zeist

De reeks WOt-studies biedt een actueel overzicht van de kennis in het werkveld van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu (WOT Natuur & Milieu). De studies zijn bedoeld om de in verschillende wetenschappelijke disciplines ontwikkelde kennis te integreren en te plaatsen in het maatschappelijk debat. Door aan de ontwikkelde kennis een handelingsperspectief toe te voegen, bevorderen de WOt-studies het gebruik van de beschikbare kennis bij de uitvoering van de wetten en regels waar de onderzoekstaken aan zijn gerelateerd. De respons die dat mogelijk losmaakt bij de gebruikers van kennis, biedt input voor de programmering van het onderzoek.

De inhoudelijke kwaliteit van deze studie is beoordeeld door prof. dr. Cees M.J. van Woerkum, Communication Strategies Group, Departement Maatschappijwetenschappen, Wageningen Universiteit en prof. dr. Martin J. Wassen, Milieunatuurwetenschappen, Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht.

© 2008

**Alterra, Wageningen UR**

Postbus 47

6700 AA Wageningen

Tel. (0317) 48 54 71

Fax (0317) 41 90 00

info.alterra@wur.nl

**Wageningen UR**

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**

Postbus 47

6700 AA Wageningen

Tel. (0317) 48 54 71

Fax (0317) 41 90 00

info.wnm@wur.nl

www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

## Woord vooraf

Deze WOt-studie gaat in op een onderwerp dat zowel maatschappelijk als wetenschappelijk uitermate relevant is: monitoring van de natuurlijke leefomgeving. Er wordt veel gemeten en waargenomen, en de verwachting is dat dit nog toeneemt. Deze studie toont aan dat er veel kan en moet worden verbeterd aan de bestaande monitoringpraktijk, wil de verkregen informatie worden benut in het beleid. Data worden volgens steekproefopzetten verzameld die verwerking tot de vereiste informatie in de weg staan. Monitoringnetwerken zijn niet flexibel genoeg om informatie te leveren voor nieuwe vragen. Een algemene tekortkoming is dat statistische kennis onvoldoende wordt benut bij het ontwerpen van monitoringplannen.

De studie schetst ontwikkelingen in de informatiebehoefte: een groeiend aantal internationale verplichtingen, hantering van het voorzorgsbeginsel, de afrekenmentaliteit en de behoefte om daar een leermentaliteit tegenover te stellen.

Vijf essays dragen bij aan de meningsvorming over doel en aanpak van monitoring. Negen voorbeelden illustreren diverse doelen en stadia van monitoring van de natuurlijke leefomgeving in Nederland.

Op veel plaatsen zal de tekst prikkelend zijn. Laat u zich vooral aangesproken voelen en doe er uw voordeel mee. Ik hoop dat deze WOt-studie 'Een blik op monitoring' bij u zal bijdragen tot 'een nieuwe blik op monitoring'.

*Drs. Paul Hinssen  
Hoofd unit Wettelijke Onderzoekstaken  
Natuur & Milieu – Wageningen UR*

# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	1
<b>Samenvatting</b>	5
<b>1 Inleiding</b>	13
1.1 Waarom deze WOt-studie?	13
1.2 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie	13
1.3 Opbouw	14
<b>2 Een blik op monitoring</b>	17
2.1 Monitoring van de natuurlijke leefomgeving	17
2.2 Doelen van monitoring	18
2.3 Typen resultaat, verwerkings- en verzamelmethode	19
2.3.1 Typen resultaat	19
2.3.2 Methoden van verwerking	19
2.3.3 Soorten van dataverzameling	20
2.3.4 'Representatieve' steekproeven	21
<b>3 De ontwikkeling van een monitoringplan</b>	23
3.1 Monitoringcyclus en monitoringplan	23
3.2 De ontwikkeling van een monitoringplan: Noordelijke Friese Wouden	25
3.2.1 Zelfsturing en monitoring	25
3.2.2 Een monitoringplan om de waterkwaliteit te toetsen	25
<b>4 Vijf essays over monitoring</b>	31
4.1 Voorzorg: de vinger op zoek naar de pols ( <i>W.F. Passchier</i> )	32
4.2 Landelijke en provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten: vlees noch vis? ( <i>D.J. Brus</i> )	44
4.3 Monitoring met of zonder protocollen: van middel- naar doelvoorschrift ( <i>J.J. de Gruijter</i> )	51
4.4 Natuurmonitoring vergt praktische instelling ( <i>A.J. van Strien, L.L. Soldaat en R. Bink</i> )	56
4.5 Een wereld achter de cijfers: participatieve monitoring van verduurzaming van de landbouw ( <i>J.W.H. van der Kolk en A.M.E. Groot</i> )	62

<b>5 Monitoring in de praktijk</b>	69
5.1 Regionale nitraatmonitoring ( <i>J. Roelsma</i> )	72
5.2 Het nationale weidevogelmeetnet ( <i>L.L. Soldaat, W.A. Teunissen en A.J. van Strien</i> )	76
5.3 Vijftig jaar monitoring van kwelderwerken ( <i>K.S. Dijkema</i> )	80
5.4 Resultaten Bodemmeetnet Noord-Holland 2003-2005: zijn er nog vragen om in de komende 10 jaren opnieuw in het veld te bemonsteren? ( <i>R.P.J.J. Rietra</i> )	84
5.5 Monitoring van de ecologische effecten van gaswinning op Ameland ( <i>H.F. van Dobben en P.A. Slim</i> )	87
5.6 Biotische indicatoren voor monitoring van veranderingen in nutriëntenbelasting in beken en sloten ( <i>G.H.P. Arts</i> )	91
5.7 Monitoren van nutriëntenstromen in stroomgebieden en polders ( <i>T.P. Leenders en D.J.J. Walvoort</i> )	95
5.8 Bruikbaarheid van monitoring voor de evaluatie van natuurdoelen in oppervlaktewater ( <i>H.E. Keizer-Vlek, K. Didderen en P.J. Goedhart</i> )	99
5.9 Een toets voor de oppervlaktewaterkwaliteit bij boerenbedrijven in het veenweidegebied ( <i>M. Knotters en D.J. Brus</i> )	102
<b>6 Synthese en conclusies</b>	105
6.1 Inleiding	105
6.2 Informatiebehoefte	105
6.3 Geïntegreerde planning van monitoring	106
6.4 Benutting van statistische kennis	107
6.5 Conclusies	108
<b>Literatuur</b>	111



Foto: Hans Dijkstra



# Samenvatting

## 1 Inleiding

De informatie die monitoring oplevert sluit vaak niet aan bij de informatiebehoefte. Dat komt omdat de monitoringactiviteiten veelal niet vanaf gegevensverzameling tot en met vereiste informatie geïntegreerd worden gepland. Geïntegreerde planning blijft achterwege omdat er een kennis-kloof is tussen gebruikers van informatie enerzijds en ontwerpers van monitoringplannen anderzijds. Ontwerpers van monitoringplannen hebben niet altijd voldoende oog voor de afstemming tussen gegevensverzameling, gegevensverwerking en vereiste informatie. In het bijzonder wordt statistische kennis niet tijdig benut om monitoringactiviteiten geïntegreerd te plannen. Dit leidt tot anekdotische gegevensverzameling, op 'representatieve' locaties en tijdstippen. Ten slotte blijkt dat monitoringplannen vaak niet zijn opgewassen tegen de steeds wisselende informatiebehoefte van beleidsmakers en politici.

Deze WOt-studie moet een bijdrage leveren aan een betere afstemming van monitoringplannen op de informatiebehoefte. Dit gebeurt op een informerende en op een opiniërende manier. We zetten allereerst de doelen van monitoring op een rij, en zetten uiteen welke typen monitoring er nodig zijn om de verschillende informatie-vragen te beantwoorden. De verschillende typen resultaat, verwerkings- en verzamelmethode worden in hun onderlinge samenhang besproken.

Deze studie beschrijft een systematiek om monitoringplannen te ontwerpen, met als principe: 'begin aan het eind, en redeneer dan terug'.

Dit illustreren we met de ontwikkeling van een

monitoringplan ter ondersteuning van zogeheten zelfsturing in de Noardlike Fryske Wâlden.

Vijf opiniërende essays zijn bedoeld om bij te dragen aan de meningsvorming over de rol van monitoring in onderzoek, beleid en politiek. Negen voorbeelden van monitoringprojecten geven een beeld van monitoring in de praktijk, en illustreren de variëteit aan benaderingen en doelstellingen op het gebied van monitoring.

## 2 Een blik op monitoring

Monitoring van de natuurlijke leefomgeving vindt plaats om uiteenlopende redenen en volgens verschillende methoden, gericht op zeer uiteenlopende natuurlijke of half-natuurlijke systemen. Monitoring kan enkele maanden duren, bijvoorbeeld een groeiseizoen, tot meer dan een eeuw, zoals bij klimaatonderzoek. Waarnemingstechnieken variëren van eenvoudige tellingen in het veld tot remote-sensingtechnieken en geavanceerde laboratoriumanalyses.

Een belangrijke drijfveer om te monitoren is de wens of de verplichting om aan te tonen dat beleid effectief is en dat doelen zijn gehaald. Dat betekent dat er goed moet worden nagedacht over indicatoren voor de toestand van natuur en milieu en over de definitie van doelen.

De statistische verwerking van de verzamelde gegevens kan zijn gebaseerd op de kanssteekproef waarmee de waarnemingen zijn geselecteerd (ontwerpgebaseerde methoden), of op een statistisch model voor de variatie in de ruimte of de tijd (modelgebaseerde methoden). Een ontwerpgebaseerde aanpak verdient vaak de voorkeur als er behoefte is aan globale informatie, een getal

*Een belangrijke drijfveer om te monitoren is de wens of de verplichting om aan te tonen dat beleid effectief is en dat doelen zijn gehaald*

*De ontwikkeling van het monitoringplan begint met een duidelijke omschrijving van het doel: wat is het 'gebied' waarvoor informatie wordt gevraagd, en voor welke periode?*

voor een heel gebied of periode. Ook verdient een ontwerpgebaseerde aanpak de voorkeur als er een objectieve maat voor de onzekerheid nodig is, zoals bij een toets. Een modelgebaseerde aanpak verdient vaak de voorkeur als er behoefte is aan lokale informatie, bijvoorbeeld een kaart met voorspellingen voor punten of kleine deelgebieden. Er moet een model van de ruimtelijke en/of temporele variatie beschikbaar zijn, of uit beschikbare gegevens worden geschat. Bij modelgebaseerde methoden gelden geen voorwaarden voor de selectie van waarnemingen, maar de selectie kan wel worden geoptimaliseerd gegeven een bepaald doel.

### **3 De ontwikkeling van een monitoringplan**

Een doelmatig monitoringplan heeft als uitgangspunt de gewenste informatie: 'Begin aan het eind, en redeneer dan terug'. Dit sluit goed aan bij de zogeheten monitoringcyclus, die aangeeft dat op basis van informatie die monitoring oplevert behoefte kan groeien naar nieuwe of andere informatie. Hierop kan worden geanticipeerd bij de ontwikkeling van een monitoringplan, door bijvoorbeeld een flexibel steekproefontwerp te kiezen, dat geschikt is als basis voor verschillende soorten van informatie.

De systematiek op basis van 'begin aan het eind, en redeneer dan terug' illustreren we aan de hand van monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit in de Noordelijke Friese Wouden (NFW, 60 000 ha). Dit gebied, tussen Drachten en Dokkum, is aangemerkt als Nationaal Landschap vanwege het kleinschalige karakter met houtwallen en elzensingels. Melkveehouderij is er de belangrijkste vorm van grondgebruik.

De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' zet zich in om als gebied aan milieudoelen te voldoen, waarbij het NFW-gebied landbouwkundig als één groot bedrijf wordt beschouwd en ook als zodanig wordt beoordeeld op het behalen van de milieudoelstellingen. Deze zogeheten zelfsturing kan niet zonder monitoring, omdat moet worden vastgesteld of de milieudoelen worden gehaald.

Om te kunnen toetsen of het oppervlaktewater in de NFW van goede kwaliteit is moest er een monitoringplan worden gemaakt, in eerste instantie voor vier proefgebiedjes. De monitoring, die in oktober 2007 startte, blijft nog beperkt tot toetsing van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater, maar zal later mogelijk tot de ecologische kwaliteit worden uitgebreid. Twee *workshops* vonden plaats met vertegenwoordigers van het Wetterskip Fryslân, de vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden', het ministerie van LNV en de Friese Milieufederatie. Deze workshops hadden tot doel beslissingen te nemen over de doelen van monitoring, de kwaliteit van de resultaten, de kosten en de praktische uitvoering van de monitoring.

De ontwikkeling van het monitoringplan begint met een duidelijke omschrijving van het doel: wat is het 'gebied' waarvoor informatie wordt gevraagd, en voor welke periode? Wordt er aparte informatie voor deelgebieden of deelperioden gevraagd?; van welke variabelen en parameters is informatie gewenst?; wat voor soort informatie is gewenst?; zijn er nevendoelelen? Een nevendoelel is dat inzicht wordt verkregen in de variatie in ruimte en tijd van de chemische oppervlaktewaterkwaliteit. Dit kan helpen bij het

vinden van de oorzaken als niet aan de normen wordt voldaan. Daarom moeten de waarnemingen goed worden gespreid in ruimte en tijd.

Op basis van informatie uit monitoring worden bestuurlijke beslissingen genomen, die verstrekende gevolgen kunnen hebben. Er zijn twee soorten fouten: 'vuil' water wordt ten onrechte als 'schoon' beoordeeld, en 'schoon' water wordt ten onrechte als 'vuil' beoordeeld. De kansen op deze fouten zijn de kwaliteitsmaat voor het monitoringplan. De risico's van fouten worden bij de ontwikkeling van het plan gezien in samenhang met de risico's van verkeerde beslissingen.

Bij een toets staat objectiviteit voorop. De uitslag moet niet afhangen van modellen en veronderstellingen. Daarom wordt bij toetsing van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW gekozen voor een ontwerpgebaseerde verwerkingsmethode.

#### 4 Vijf essays over monitoring

*Voorzorg: de vinger op zoek naar de pols (W.F. Passchier)*

Het voorzorgsbeginsel werd wereldwijd vooral van belang door de slotverklaring van de VN-conferentie over milieu en ontwikkeling in 1992 in Rio de Janeiro. Beleid onder het voorzorgsbeginsel beoogt technologische ontwikkelingen zodanig te sturen dat maatschappelijke behoeften worden bevredigd zonder dat er later schadelijke gevolgen optreden. De noodzaak van het treffen van maatregelen onder het voorzorgsbeginsel hangt af van de ernst van de mogelijke schade en plausibiliteit van de schade- of risicoscenario's. Onzekerheid vereist dat maatregelen onder het voorzorgsbeginsel monitoring omvatten: hebben

we de risico's overschat dan kan het maatregelen-geld voor andere zaken worden aangewend, en als het tegendeel het geval is, is verdere bijsturing en mogelijk inperking van de technologische ontwikkeling op zijn plaats. Blijvende aandacht voor de relevantie van de indicatoren voor monitoring is noodzakelijk. Op basis van analyse en onderzoek van onzekerheden kan vaak wel een rangorde in termen van belang worden aangebracht, waarbij soms bestaande professionele systemen van kwaliteitsborging kunnen worden benut.

Een bijzondere vorm van monitoring is periodiek overleg tussen vertegenwoordigers uit de werelden van deskundigen, bestuur, belanghebbenden en burgerorganisaties. Nieuwe kennis over de technologische ontwikkeling en haar maatschappelijke doorwerking wordt hierin beoordeeld en wordt gebruikt om de risicoscenario's en de onder het voorzorgsbeginsel getroffen maatregelen op nieuw onder de loep te nemen.

*Landelijke en provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten: vlees noch vis? (D.J. Brus)*

Bij de conclusie van een recente evaluatie van de landelijke en provinciale bodemkwaliteit- en grondwatermeetnetten, dat het fundament ervan goed is, kunnen vanuit steekproeftechnisch oogpunt vraagtekens worden geplaatst. Kanssteekproeven zijn veel geschikter voor het doen van statistische uitspraken over (veranderingen in) de kwaliteit van de Nederlandse bodem dan de huidige meetnetten. Dit blijkt o.a. uit het milieu-monitoring-programma Environmental Monitoring and Assessment Programme in de VS. EMAP is gebaseerd op een gestapelde monitoringbenadering, die drie verdiepingen van moni-

*Bij een toets staat objectiviteit voorop. De uitslag moet niet afhangen van modellen en veronderstellingen*

toringactiviteiten onderscheidt: 1) remote-sensing-onderzoek, met een zeer hoge ruimtelijke dichtheid van de waarnemingen, 2) nationale en regionale steekproefsgewijze inventarisaties (*surveys*), en 3) gericht geselecteerde indexlocaties waar een zeer groot aantal kenmerken wordt gemeten in vegetatie, bodem, grondwater en lucht, en waarvoor dynamische procesmodellen kunnen worden gekalibreerd. De surveys van de onderliggende laag kunnen een belangrijke rol spelen bij het opschalen van de resultaten van de indexlocaties naar landelijke schaal.

*Een doelvoorschrift specificeert alleen het doel, en laat de manier waarop dit wordt bereikt over aan de uitvoerder*

Hoe passen landelijke en provinciale meetnetten in de bovenstaande aanpak? De bedrijven van het landelijke meetnet (LMB) zijn geselecteerd uit de ca. 1500 bedrijven van het Bedrijven-Informatie-Net (BIN). Hiermee lijkt te worden beoogd om enerzijds inzicht te krijgen in de processen, en anderzijds een ‘representatief’ beeld te krijgen van wat zich in heel Nederland afspeelt. Enerzijds beperkt het vrij grote aantal locaties echter het aantal gemeten kenmerken, en daarmee de mogelijkheden van procesonderzoek. Anderzijds is door aansluiting bij het BIN het LMB minder geschikt voor de bovengenoemde ‘opschalingsfunctie’. Dit geldt ook voor provinciale meetnetten. Voor opschaling verdient een nette kanssteekproef de voorkeur.

Het is nog niet te laat om in Nederland en Europa lessen te trekken uit EMAP. Er dient snel een stevig statistisch fundament te worden gelegd onder de bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnetten, waarbij locaties voortaan worden geselecteerd met behulp van kanssteekproeven.

*Doel- of middelvoorschrift bij monitoring en ruimtelijke inventarisaties: maatwerk of confectie?*

*(J.J. de Gruijter)*

Een ‘steekproefprotocol’ is een beschrijving van een methode voor het uitvoeren van een steekproef, bedoeld om toegepast te worden in een bepaald soort gevallen, in meerdere gebieden. Het volgen van een protocol kan wel of niet verplicht zijn. Een verplicht steekproefprotocol is een middelvoorschrift: het middel is een steekproefmethode, het doel bepaalde informatie over een natuurlijke hulpbron. De organisatie die het protocol voorschrijft is er verantwoordelijk voor dat toepassing ervan leidt tot de gewenste informatie. Degene die het protocol toepast is slechts verantwoordelijk voor correcte uitvoering. Een doelvoorschrift specificeert daarentegen alleen het doel, en laat de manier waarop dit wordt bereikt over aan de uitvoerder. De voorschrijvende instantie is alleen verantwoordelijk voor een goede specificatie van het doel. De uitvoerder kan binnen de grenzen van het doelvoorschrift de meest geëigende aanpak kiezen.

De voor- en nadelen van doel- en middelvoorschriften betreffen ontwerp- en uitvoeringskosten en kwaliteit. Een steekproefprotocol heeft slechts eenmalig de kosten van het ontwerpen van het protocol. Bij een doelvoorschrift daarentegen dient voor elke toepassing apart een steekproefplan te worden ontworpen. De situatie rond de uitvoeringskosten is minder duidelijk. Bij veelvuldige toepassing van hetzelfde protocol kunnen schaalvoordelen met betrekking tot organisatie, logistiek of hulpmiddelen wellicht worden benut. De steekproefomvang is in een protocol echter gebaseerd op een aanname over de natuurlijke

variabiliteit. Is deze in werkelijkheid kleiner, dan had een kleinere steekproef toch voldoende nauwkeurige resultaten opgeleverd. Hoe groter het aantal toepassingen en hoe groter de verschillen in natuurlijke variabiliteit tussen de toepassingen, hoe groter de mogelijke kostenbesparing door maatwerk zoals bij een doelvoorschrift.

Bij gelijke kosten kunnen specifieke steekproefplannen nauwkeuriger resultaten opleveren dan protocollen, mits voorinformatie over de natuurlijke variabiliteit beschikbaar is.

Het is zeer raadzaam om bij het ontwerpen van een protocol eerst een doelvoorschrift te formuleren. Ligt er een doelvoorschrift ten grondslag aan een protocol, dan zouden toepassers de vrijheid moeten krijgen om te kiezen tussen het volgen van het protocol, dan wel zelf een specifiek steekproefplan te ontwerpen op basis van het doelvoorschrift. Het protocol zou daarbij dan als een voorbeeld kunnen dienen.

#### *Natuurmonitoring vergt praktische instelling*

*(A.J van Strien, L.L. Soldaat en R. Bink)*

Het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM) laat zien dat de praktijk van het monitoren vaak weerbarstig is en het toepassen van monitoringresultaten in het beleid niet rechttoe-rechtaan is. Het NEM beoogt afstemming te bereiken tussen de instellingen die zich in Nederland bezighouden met natuurmonitoring, en de meetnetten af te stemmen op de informatiebehoefte. Hierbij kozen de beleidsmakers voor tamelijk overzichtelijke meetdoelen en een relatief eenvoudige meetnetopzet.

De kwaliteit van meetnetten blijkt uit de gevoeligheid om trends te detecteren en het niet-vertekend zijn van trendschattingen. De gevoeligheid

voor trenddetectie is bij het NEM behoorlijk hoog, maar er is wel gevaar van vertekening. Selectie van locaties volgens kanssteekproeven kan vertekening voorkomen. Dit bleek niet haalbaar, omdat vrijwilligers vaak geen gelote locaties willen bezoeken. Beleidsmakers willen graag informatie over zeldzame soorten, maar die kom je op gelote meetlocaties nauwelijks tegen. Om zeldzame soorten te kunnen volgen, moeten de locaties ervan worden opgespoord en ontstaat er een scheve bemonstering voor andere soorten die daar ook worden geteld.

De vraag naar natuurinformatie groeit sterk, door toegenomen internationale en wettelijke verplichtingen en door de toegenomen behoefte om de inzet van financiële middelen te verantwoorden. Naast een vraag naar trends is er ook vraag naar verspreidingsgegevens van soorten, wat aparte meetsystemen vergt. De vele extra wensen die ook nog eens in de tijd kunnen wisselen vergen een multipurpose meetprogramma, dat bruikbaar is voor zoveel mogelijk meetdoelen en toepassingen. De gegevensinwinning wordt dan vooral afgestemd op de meest belangrijke en meest duurzame informatiebehoefte. Om minder belangrijke vragen te beantwoorden worden de toepassingsmogelijkheden van de verzamelde gegevens gemaximaliseerd. Dat gebeurt door robuuste meetnetten te ontwerpen, statistische analyses te ontwikkelen, bestanden te koppelen en te bevorderen dat de precieze coördinaten van locaties van veldgegevens worden bijgehouden. De belangrijkste les van de afgelopen jaren is dat natuurmonitoring voor beleid vooral een praktische instelling vergt van de betrokken uitvoerders. De kunst is om flexibel om te gaan met

*De vraag naar natuurinformatie groeit sterk, door toegenomen internationale en wettelijke verplichtingen en door de toegenomen behoefte om de inzet van financiële middelen te verantwoorden*

veranderende wensen van gebruikers en met ideaalbeelden van onderzoekers. Multipurpose meetprogramma's hebben daarmee de toekomst.

*Een wereld achter de cijfers: participatieve monitoring van verduurzaming van de landbouw (J.W.H. van der Kolk en A.M.E. Groot)*

Beleidsmakers en managers spreken steeds meer over prestaties en resultaten in cijfers, die zijn bepaald met effectmonitoring. Maar achter ieder cijfer zit een verhaal. Cijfers blijken niet altijd zo hard te zijn als ze op het eerste gezicht lijken. De beperkingen van effectmonitoring blijken bij complexe processen, met veel interacterende actoren en factoren, onzekerheid, conflicten en risico's. Effectmonitoring is objectief, en is gericht op verantwoording aan derden. Die bepalen sterk wat wordt gemonitord. Participatieve monitoring is daarentegen kwalitatief, interpretatief en gericht op leren. Het heeft veel minder een afrekenmentaliteit, maar vooral een leermentaliteit. Vooral de directe betrokkenen bepalen de monitoringsagenda. Niet alleen geplande resultaten, maar ook onverwachte ontwikkelingen zijn belangrijk. Indicatoren zijn bij participatieve monitoring minder belangrijk dan bij effectmonitoring.

Een voorbeeld van participatieve monitoring zijn de 'sectordialogen als (aanvullende) methodiek voor het monitoren van de verduurzaming van de Nederlandse landbouw' in 2006. In 2006 constateerde o.a. het ministerie van LNV dat kwantitatieve gegevens onvoldoende de voortgang beschreven. Een aanvullende monitoring startte in de vorm van gestructureerde sectordialogen. Doel ervan is inzicht krijgen in percepties/beelden van de betrokken partijen, in overeenkomsten en ver-

schillen in ambities, en het leren over het verduurzamen van de landbouw door de deelnemers aan de dialogen te stimuleren. De dialogen stimuleerden het inzicht in percepties, waardeoordelen en ambities. De verschillen in beelden tussen de verschillende stakeholders zijn expliciet gemaakt. Dit faciliteert het gericht ontwikkelen van specifieke (beleids)strategieën. De deelnemers werden zich meer bewust van elkaars ambities, doelen en onderliggende motieven. De dialogen ondersteunden bestaande relaties en stimuleerden nieuwe contacten. Kritisch leren bleek moeilijk te realiseren gezien de geringe omvang en frequentie van de dialogen.

De dialogen laten meer verschillende ambities zien dan de kwantitatieve monitoring. Inkomen en bedrijfsopvolging blijken heel belangrijk te zijn. Alle partijen maken zich er zorgen over, terwijl de cijfers juist laten zien dat het in economisch opzicht beter ging in het jaar voorafgaand aan de dialogen. De cijfers geven de betrokkenen nog geen vertrouwen in de financiële toekomst. Kwantitatieve en kwalitatieve monitoring zijn afzonderlijk niet voldoende om een volledig beeld te geven van de eventuele voortgang. In combinatie komen ze in ieder geval een heel eind.

## **5 Monitoring in de praktijk**

Negen projecten geven een beeld van de praktijk van monitoring van de natuurlijke leefomgeving. Het project Regionale Nitraatmonitoring is bedoeld om op regionale schaal vast te stellen wat het nitraatgehalte in het grondwater is, en binnen een regio de deelgebieden te kunnen identificeren met een hoge nitraatuitspoeling. Het Nationale Weidevogelmeetnet is opgericht om de ontwikke-

*Kwantitatieve en kwalitatieve monitoring zijn afzonderlijk niet voldoende om een volledig beeld te geven van de eventuele voortgang*

lingen in de weidevogelstand te volgen, om te kunnen beoordelen of de diverse investeringen in weidevogelbescherming effect hebben.

Kwelderwerken worden al vijftig jaar gemonitord om te beoordelen of de langjarige ontwikkelingen in de kwelders aansluiten bij de doelen die worden nagestreefd. Het bodemmeetnet Noord-Holland 2003-2005 heeft tot doel gebiedsdek-kend vast de bodemkwaliteit vast te stellen, i.c. de gehalten aan genormeerde stoffen in het landelijk gebied. Monitoring van de ecologische effecten van gaswinning op Ameland is bedoeld om alle effecten van de gaswinning te volgen en negatieve effecten vroegtijdig te signaleren, zodat indien nodig tijdig maatregelen genomen kunnen worden. Het project Biotische Indicatoren voor Monitoring van Veranderingen in Nutriëntenbelasting in Beken en Sloten betreft de opzet van een monitoringprogramma om veranderingen in nutriëntenbelasting van beken en sloten, bijvoorbeeld als gevolg van het mestbeleid, te volgen. Onderzocht is welke biotische variabelen geschikt zijn om deze veranderingen te volgen.

Het project Monitoren van Nutriëntenstromen in Stroomgebieden en Polders staat in het teken van trend- en effectmonitoring. Doel is te komen tot efficiënte operationele monitoringsystemen van nutriënten, om op stroomgebiedniveau inzicht te krijgen in de effecten van het mestbeleid. Het project Bruikbaarheid van Monitoring door Waterschappen voor de Evaluatie van Natuurdoelen in Oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden gaat in op de vraag in hoeverre de monitoringgegevens die door waterschappen worden verzameld bruikbaar zijn voor de evaluatie van

natuurdoelen in oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden. Het laatste voorbeeld betreft een toets voor de oppervlaktewaterkwaliteit bij boerenbedrijven in het veenweidegebied.

## 6 Synthese en conclusies

Politici en beleidsmakers moeten voortdurend worden voorzien van informatie over de toestand van natuur en milieu, er moet kunnen worden beoordeeld of beleid effect heeft gehad, en er moet worden getoetst of de milieukwaliteit aan wettelijke normen voldoet. Deze doelen stellen specifieke eisen aan de wijze waarop gegevens worden verzameld en statistisch worden verwerkt. ‘Harde’ cijfers zeggen echter niet alles, ze hebben een maatschappelijke context die evenzeer van belang is. Bij complexe maatschappelijke processen zou er naast kwantitatieve monitoring, gericht op afrekenen, ook een kwalitatieve monitoring moeten plaatsvinden, gericht op leren door de betrokken partijen. De wisselende vragen vanuit beleid en politiek om informatie vragen om robuuste multipurpose meetprogramma’s. Onzekerheid vereist dat monitoring deel uitmaakt van maatregelen die worden genomen onder het voorzorgsbeginsel.

Om monitoring aan te laten sluiten bij de informatiebehoefte moeten alle monitoringactiviteiten geïntegreerd worden gepland volgens het ontwerpprincipe ‘Begin aan het eind, en redeneer dan terug’. Verplichte monitoringprotocollen kunnen zo’n geïntegreerde planning in de weg staan. Als statistische kennis vroegtijdig wordt benut bij het ontwerpen van monitoringplannen kan veel worden verbeterd aan de doorwerking van monitoringgegevens in het beleid.

*‘Harde’ cijfers  
zeggen echter niet  
alles, ze hebben een  
maatschappelijke  
context die evenzeer  
van belang is*



*Foto: Geert van Duinhoven*



# 1 Inleiding

## 1.1 Waarom deze WOt-studie?

Monitoring is ‘hot’, zeker als het om monitoring van de natuurlijke leefomgeving gaat. Een groot aantal onderzoekers houdt zich met het ontwikkelen en uitvoeren van monitoringplannen bezig, veelal aangestuurd dan wel begeleid door een ook al niet onaanzienlijke schare beleidsambtenaren, die op hun beurt weer politici tevreden moeten stellen. Gezien de energie die er in monitoring wordt gestoken, kan een moment van bezinning, beschouwing en verdieping beslist geen kwaad.

Ondanks een toenemende vraag naar monitoring, sluit de informatie die monitoring oplevert vaak niet aan bij de informatiebehoefte. Dat komt omdat het té vaak ontbreekt aan een geïntegreerde planning van alle monitoringactiviteiten, vanaf gegevensverzameling tot en met de vereiste informatie, fraaie monitorings- en beleidscyclussen ten spijt. Geïntegreerde planning blijft achterwege omdat er een kenniskloof is tussen gebruikers van informatie enerzijds en ontwerpers van monitoringplannen anderzijds. Voorts blijkt meer dan eens dat ontwerpers van monitoringplannen onvoldoende oog hebben voor de afstemming tussen gegevensverzameling, gegevensverwerking en vereiste informatie. In het bijzonder wordt statistische kennis niet tijdig benut om monitoringactiviteiten geïntegreerd te plannen: wel statistiek achteraf, maar geen statistiek vooraf. Hierdoor worden gegevens vaak op anekdotische wijze verzameld, op ‘representatieve’ locaties en tijdstippen. Ten slotte blijkt geregeld dat monitoringplannen niet zijn ‘opgewassen’ tegen de waan van de dag: de steeds wisselende informatiebehoefte van beleidsmakers en politici.

Deze WOt-studie heeft tot doel een bijdrage te leveren aan een betere afstemming van monitoringplannen op de informatiebehoefte. Dit gebeurt langs twee wegen: een informerende en een opiniërende. De informerende route gaat vooral in op geïntegreerde planning van monitoringactiviteiten. De opiniërende route gaat vooral in op meningsvorming rond doel, aanpak en belang van monitoring.

## 1.2 Maatschappelijke en wetenschappelijke relevantie

Maatschappelijk is het uitermate relevant om monitoringplannen te ontwikkelen die beleid en politiek van goede informatie over de natuurlijke leefomgeving voorzien. Onjuiste informatie leidt tot foute beslissingen, waarvan de gevolgen vaak moeilijk zijn te herstellen. Monitoringnetwerken zijn kostbare investeringen voor een lange termijn. Het is daarom van groot belang dat goed wordt nagedacht over het monitoringplan: hoe bereiken we dat de investering in monitoring de gewenste informatie oplevert?

Ook wetenschappelijk gezien is een bezinning op de ontwikkeling van monitoringplannen zeer belangrijk. Veel energie gaat in Nederland nog steeds uit naar het vermeerderen van systeemkennis, het vergroten van inzicht in processen. Modellen worden in de opleidingen met de paplepel ingegoten, statistiek ligt op de rand van het bord en steekproeftheorie wordt vaak zelfs niteens opgediend. Het antwoord op elke vraag lijkt met een model te beginnen. Maar is het wel verstandig om zoveel te investeren in modellen? Is het in verschillende situaties niet verstandiger om goed over dataverzameling na te denken, op

*Ook wetenschappelijk gezien is een bezinning op de ontwikkeling van monitoringplannen zeer belangrijk*

basis van waarnemingen onzekerheid over de werkelijkheid zo goed mogelijk te kwantificeren, en bij het nemen van beslissingen rekening te houden met deze onzekerheid?

### 1.3 Opbouw

Hoofdstuk 2 werpt een eerste blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving. Waarom wordt er zo veel, en steeds meer, gemonitord? Vervolgens wordt de kenniskloof tussen ontwerpers van monitoringplannen en benutters van informatie verkleind, door op toegankelijke wijze te beschrijven welke typen monitoring er nodig zijn om de verschillende informatievragen te beantwoorden. Informatiebehoefte en bijbehorende monitoringmethode worden dus bij elkaar gebracht. De diverse doelen van monitoring worden op een rijtje gezet. De verschillende typen resultaat, verwerkings- en verzamelingsmethoden worden in hun onderlinge samenhang besproken. Aandacht wordt besteed aan selectie van ‘representatieve’ locaties en tijdstippen.

Hoofdstuk 3 gaat in op de vraag ‘Hoe kom je tot een goed monitoringplan?’. Het beschrijft hoe monitoringactiviteiten geïntegreerd kunnen worden gepland, aan de hand van de benadering die De Gruijter *et al.* (2006) beschrijven. Een belangrijk ontwerpprincipe komt aan bod: ‘begin aan het eind, en redeneer dan terug’. Deze benadering wordt geïllustreerd met de ontwikkeling van een monitoringplan ter ondersteuning van zogeheten zelfsturing in de Noordlike Fryske Wâlden.

Hoofdstuk 4 bevat vijf essays die helpen een opinie te vormen over verschillende vragen die

rond monitoring leven, en die van belang zijn voor een betere afstemming van monitoringplannen op de informatiebehoefte. Wim Passchier (Universiteit van Maastricht) beschrijft in het essay ‘Voorzorg: de vinger op zoek naar de pols’ de achtergronden en de huidige plaats van het voorzorgsprincipe, de rol van onzekerheid hierbij, en de behoefte om risico’s tijdig te signaleren: de vinger aan de pols. Dick Brus (Alterra) beschrijft in zijn essay de aanpak die het Environmental Protection Agency in Amerika volgt bij milieu-monitoring, en trekt daar lessen uit voor Europa en Nederland. Jaap de Gruijter gaat in op de vraag of bij monitoring en ruimtelijke inventarisaties beter doelvoorschriften of middelvoorschriften (protocollen) kunnen worden gevolgd. Arco van Strien (CBS), Leo Soldaat (CBS) en Ruud Bink (ministerie van LNV) laten zien hoe theorie kan botsen met praktijk bij natuurmonitoring. Zij beschrijven de weerslag van de grilligheden van de politiek op monitoring, en bepleiten robuuste, multi-purpose meetprogramma’s waarmee in de belangrijkste informatie kan worden voorzien.

Jennie van der Kolk (WOT Natuur en Milieu) en Annemarie Groot (Alterra, Centrum Water en Klimaat) gaan in een essay over zogeheten participatieve monitoring in op de situatie waarin de cijfers niet hele verhaal vertellen, maar de maatschappelijke context van de kwantitatieve informatie evenzeer van belang is. Zij beschrijven hoe bij zogeheten participatieve monitoring van de verduurzaming van landbouw partijen zich laten verrassen door en leren van de informatie die uit trend- en effectmonitoring voortkomt, en hoe zij hun handelen hierdoor laten beïnvloeden.

*Waarom wordt er zo veel, en steeds meer, gemonitord?*

Hoofdstuk 5 illustreert aan de hand van een aantal case studies de verschillende typen monitoring die in hoofdstuk 2 worden genoemd: statusmonitoring, trend- en effectmonitoring en compliance-monitoring. De grenzen tussen deze vormen van monitoring zijn niet altijd even scherp; monitoringplannen kunnen meerdere doelen dienen, zoals in het begin van hoofdstuk 5 zal worden geschetst.

Hoofdstuk 6 brengt de diverse onderdelen van deze WOt-studie bijeen rond de kernvraag: hoe kunnen monitoringplannen beter aansluiten bij de informatiebehoefte? Ten slotte volgen hier enkele conclusies over.



*Foto: Geert van Duinhoven*



## 2 Een blik op monitoring

### 2.1 Monitoring van de natuurlijke leefomgeving

Monitoring van de natuurlijke leefomgeving vindt om uiteenlopende redenen plaats en volgens verschillende methoden. Monitoring kan gericht zijn op zeer uiteenlopende natuurlijke of half-natuurlijke systemen, zoals de vegetatie van een natuurreservaat, het water in een slotenstelsel, een grondwaterlichaam in een regio, de bovengrond van een landbouwperceel of de atmosfeer van de wereld. Monitoring kan plaatsvinden gedurende enkele maanden, bijvoorbeeld een groeiseizoen, tot gedurende meer dan een eeuw, zoals bij klimaatonderzoek. Er worden waarnemingstechnieken toegepast die variëren van eenvoudige tellingen in het veld tot remote-sensingtechnieken en geavanceerde laboratoriumanalyses.

Een actueel voorbeeld van monitoring van de bodem is monitoring van veranderingen in de koolstofvoorraad in verband met het Kyoto-protocol<sup>1,2</sup>. Op landelijke en regionale schaal vindt monitoring plaats van gehalten van zware metalen in de bovengrond<sup>3,4</sup>. Op de schaal van landbouwpercelen wordt het bemestingsniveau gemonitord, terwijl recent ook monitoringschema's zijn ontworpen om binnen percelen de variatie in de bemestingstoestand te monitoren, ter ondersteuning van precisielandbouw. In de hydrologie worden zowel de kwaliteit als de kwantiteit van oppervlakte- en grondwater gemonitord. Monitoring van de kwantiteit richt zich vooral op waterniveaus, zoals grondwaterstanden en stijghoogten. Neerslag- en verdampingsparameters worden in landelijke netwerken gemonitord, meestal op dagbasis.

Ecologische monitoring omvat een nog veel breder terrein dan bodemkundige en hydrologische monitoring. Een belangrijk doel bij ecologische monitoring is om het effect te bepalen van veranderingen in het milieu op het voorkomen van planten- en diersoorten en vegetatietypen. Veel aandacht gaat uit naar de keuze van graadmeters, maatlatten of indicatoren voor de toestand van de natuur. Illustraties hiervan zijn de discussie die de afgelopen jaren in het tijdschrift *Landschap* plaatsvond<sup>5,6,7,8,9</sup>, en de vaststelling van maatlatten voor de Kaderrichtlijn Water<sup>10,11</sup>.

Een belangrijke drijfveer om te monitoren is de wens of de verplichting om aan te tonen dat beleid effectief is en dat doelen zijn gehaald. Dat betekent dat er goed moet worden nagedacht over indicatoren voor de toestand van natuur en milieu en over de definitie van doelen.

Paragraaf 2.2 geeft een overzicht van de verschillende vormen van monitoring op basis van het doel van monitoring. Vervolgens gaat paragraaf 2.3 in op de verschillende typen resultaat, en de verschillende methoden van dataverzameling en -verwerking. Daarbij houden wij bewust de volgorde 'resultaat, verwerking, verzameling' aan, overeenkomstig het ontwerpprincipie 'Begin aan het eind, en redeneer dan terug'<sup>12</sup>, dat in hoofdstuk 3 verder zal worden uitgewerkt.

*Een belangrijke drijfveer om te monitoren is de wens of de verplichting om aan te tonen dat beleid effectief is en dat doelen zijn gehaald*

Categorie	Doel
Statusmonitoring	Beschrijven van de toestand, volgen van veranderingen in de tijd
Trend- en effectmonitoring	Kwantificeren van effecten van gebeurtenissen en ingrepen
Compliance monitoring	Beoordelen of de toestand aan een (wettelijke) norm voldoet

Categorieën van monitoring

## 2.2 Doelen van monitoring

Er zijn drie categorieën van monitoring, met elk een eigen doel:

- Statusmonitoring voor een kwantitatieve beschrijving toestand van een object, en het volgen van de veranderingen in deze toestand in de tijd.
- Trend- en effectmonitoring, gericht op het kwantificeren van mogelijke effecten van een natuurlijke gebeurtenis of een menselijke activiteit op een object.
- Compliance monitoring, om te beoordelen of de toestand van een object voldoet aan een bepaalde norm.

Voorbeelden van statusmonitoring vinden we in de Milieubalans en de Natuurbalans die jaarlijks worden uitgebracht door het Planbureau voor de Leefomgeving<sup>13,14</sup>. Ook de rapportage van koolstofvoorraden in de bodem, ten behoeve van het Kyoto-protocol, is een vorm van statusmonitoring<sup>1,2</sup>. De monitoringprogramma's voor de chemische en ecologische toestand van oppervlakte- en grondwater die de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) voorschrijft zijn ook vormen van statusmonitoring (surveillance monitoring<sup>15</sup>).

Trend- of effectmonitoring vindt bijvoorbeeld plaats om te bepalen of een maatregel effect heeft

gehad. Te denken valt daarbij aan monitoring van de effecten van maatregelen ter bestrijding van verzuring, vermessing en verdroging van natuurgebieden<sup>16</sup>, of aan monitoring van de effecten van gaswinning op de bodemdaling op Ameland-Oost<sup>17</sup> (zie paragraaf 5.5).

Compliance monitoring vindt bijvoorbeeld plaats bij de toetsing van de chemische en ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater aan normen, of bij de toetsing van de kwaliteit van drinkwater. Als uit statusmonitoring (surveillance monitoring) volgens de KRW blijkt dat een waterlichaam 'at risk' is, dan wordt er vervolgens compliance monitoring gestart om de toestand met de norm te vergelijken, en trend- of effectmonitoring, om te beoordelen of maatregelen effect hebben. Tezamen wordt dit operational monitoring genoemd<sup>15</sup>.

Een categorie die hier mogelijk nog aan kan worden toegevoegd, is monitoring ten behoeve van hypothesevorming. Deze exploratieve, verkennende monitoring gaat vooraf aan de drie genoemde categorieën. Een dergelijke verkenning kan bijvoorbeeld nodig zijn om te bepalen wat goede indicatoren zijn voor de toestand van de natuur.

## 2.3 Typen resultaat, verwerkings- en verzamelingsmethoden

### 2.3.1 Typen resultaat

De uitkomsten van monitoring kunnen kwalitatief of kwantitatief zijn. Een kwalitatief resultaat is bijvoorbeeld de uitslag van een toets: de waterkwaliteit voldoet aan de norm of niet.

Ook een classificatie in termen van goed, matig en slecht is kwalitatieve informatie. Een kwantitatief resultaat is een aantal, een getal, of een interval. Bijvoorbeeld het aantal soorten dat is waargenomen, de gemiddelde temperatuur in een bepaalde periode, een 95%-voorspellingsinterval voor de grondwaterstand op een bepaalde locatie en een bepaald tijdstip.

Bij het ontwerpen van een monitoringplan is het belangrijk om te weten of er lokale of globale informatie is gewenst. Lokale informatie is informatie voor een specifieke locatie of een bepaald tijdstip, bijvoorbeeld de concentratie lood in de bovengrond op een bepaald punt. Al deze punten bij elkaar vormen een kaart van concentraties lood. Globale informatie is informatie voor een bepaald gebied of een bepaalde periode. Een voorbeeld van globale informatie de gemiddelde concentratie nitraat in het bovenste grondwater in een bepaalde regio, in een bepaald jaar, of de hoeveelheid koolstof in de bodem in een land, in een bepaald jaar. Bij lokale informatie is de vraag: waar? Bij globale informatie gaat het om de vraag: hoeveel?

### 2.3.2 Methoden van verwerking

De statistische verwerking van de verzamelde gegevens kan zijn gebaseerd op de kanssteekproef waarmee de waarnemingen zijn geselecteerd

(ontwerpgebaseerde methoden) of op een statistisch model voor de variatie in de ruimte en/of de tijd (modelgebaseerde methoden). Bij modelgebaseerde methoden gelden geen voorwaarden voor de selectie van de waarnemingen, maar deze kan wel worden geoptimaliseerd voor een bepaald doel.

Een ontwerpgebaseerde aanpak verdient vaak de voorkeur als er behoefte is aan globale informatie, zoals een gemiddelde, een totaal, of een oppervlaktefractie, dus een antwoord op de hoeveelvraag. Verder moet een kanssteekproef praktisch uitvoerbaar zijn. In bijvoorbeeld moeilijk begaanbaar terrein kan een kanssteekproef een probleem zijn. Ook als er een objectieve maat voor de onzekerheid nodig is, is een ontwerpgebaseerde aanpak het meest geschikt. Dit is vooral van belang als moet worden getoetst of aan een wettelijke norm wordt voldaan. Een modelgebaseerde aanpak verdient juist vaak de voorkeur als er behoefte is aan lokale informatie, bijvoorbeeld een kaart, dus een antwoord op de waar-vraag. Er moet een model van de variatie in ruimte of tijd beschikbaar zijn, en anders moeten er voldoende gegevens voorhanden zijn om zo'n model te schatten.

Met 'model' wordt in het bovenstaande een statistisch model bedoeld dat de samenhang tussen waarnemingen in de ruimte, de tijd of beide beschrijft. Het model beschrijft dat naarmate waarnemingen verder van elkaar verwijderd liggen ze minder op elkaar lijken. Naast deze statistische modellen zijn er allerlei modellen die processen beschrijven, zoals grondwaterstroming, gewasgroei en dergelijke. Deze modellen zijn erg populair, omdat je er scenario's mee kan

*Bij het ontwerpen van een monitoringplan is het belangrijk om te weten of er lokale of globale informatie is gewenst*

doorrekenen, je kunt aan de knoppen draaien. Als gegevens moeten worden verzameld voor het kalibreren van dergelijke modellen verdient een gerichte steekproef de voorkeur, zie paragraaf 2.3.3. Wil je echter zo'n model valideren, dan is het beter om onafhankelijke gegevens te verzamelen volgens een kanssteekproef. Onafhankelijk wil zeggen dat de gegevens niet zijn gebruikt bij de bouw en kalibratie van het model. Door een kanssteekproef uit te voeren kan de kwaliteit van het model objectief worden geschat, en kan de nauwkeurigheid van de geschatte kwaliteit worden gekwantificeerd. Je kunt de kwaliteit immers niet foutloos bepalen, omdat je dan uitputtend zou moeten meten.

*Toch is het bij toetsing aan normen zeer aan te bevelen om geen model te gebruiken, vanwege de objectiviteit*

De ontwerpgebaseerde aanpak is niet gebaseerd op een model, maar op de steekproefopzet. Een model is wel als hulpinformatie te gebruiken, maar het is niet de basis van de aanpak. Dat je een vraag kunt beantwoorden zonder dat er een model aan te pas komt, blijkt een gedachte te zijn waaraan menigeen die zich in Nederland met de natuurlijke leefomgeving bezighoudt moet wennen. In bijvoorbeeld de hydrologie en de ecohydrologie lijkt een model het 'beginsel der wijsheid' te zijn: een model schenkt antwoord op al uw vragen. Toch is het bij toetsing aan normen zeer aan te bevelen om geen model te gebruiken, vanwege de objectiviteit. Discussies kunnen dan worden voorkomen: 'volgens het model van instituut A is het water schoon, volgens het model van instituut B is het water vuil'. Verder blijkt voor het verkrijgen van globale informatie (gebiedsgemiddelden, totalen en dergelijke) een ontwerpgebaseerde aanpak vaak efficiënter te zijn dan een modelgebaseerde aanpak.

### 2.3.3 Soorten van dataverzameling

De locaties en tijdstippen waarop wordt waargenomen zijn op drie verschillende manieren te selecteren:

- Gemakshalve (convenience sampling). Het woord zegt het al, er wordt alleen op locaties waargenomen die gemakkelijk bereikbaar zijn, of op tijdstippen die goed in de planning passen. Deze dataverzameling is relatief goedkoop en kost weinig tijd. Het nadeel is echter dat statistische verwerking van de verzamelde gegevens vaak niet mogelijk is zonder sterke veronderstellingen over de variatie in ruimte en tijd. Zo'n veronderstelling zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat de grondwaterstand langs wegen niet systematisch afwijkt van die in de omliggende terreinen, of dat de kwaliteit van zwemwater op maandag en vrijdag niet systematisch van elkaar verschillen.
- Gericht (purposive sampling). Bij gerichte steekproeven worden de locaties en tijdstippen zodanig gekozen dat een bepaald doel het beste is gediend. Als het doel bijvoorbeeld is om een kaart te maken, dan moeten de waarnemingen zo goed mogelijk gespreid zijn over het gebied. Als het doel is om een proces te beschrijven met een bepaald type tijdreeksmodel, dan kunnen de gegevens wellicht met gelijkmatige tijdintervallen verzameld worden. Gerichte steekproeven worden vaak toegepast wanneer de gegevens worden verwerkt met modelgebaseerde methoden (zie paragraaf 2.3.2), zoals geostatistische interpolatie en tijdreeksmodellering.
- Aselect (random of probability sampling). Bij aselechte steekproeven (kanssteekproeven) worden locaties en tijdstippen volgens een



kans- of random mechanisme geselecteerd. De kansen waarmee locaties of tijdstippen zijn geselecteerd vormen de basis voor de statistische verwerking. Kanssteekproeven vormen de basis voor ontwerpgebaseerde methoden (paragraaf 2.3.2). Deze methoden worden vaak toegepast wanneer er waarde wordt gehecht aan objectiviteit, zoals bij toetsen.

#### 2.3.4 'Representatieve' steekproeven

In literatuur over monitoring van de natuurlijke leefomgeving lees je herhaaldelijk dat gegevens zijn verzameld op representatieve locaties en representatieve tijdstippen. Voorzichtigheid is op zijn plaats als wordt gezegd dat de steekproef 'representatief' is. De term 'representatieve steekproef' blijkt namelijk verschillende, soms tegenstrijdige betekenissen te hebben, zoals William Kruskal en Frederick Mosteller al in 1979 vaststelden<sup>18,19,20</sup>. Zij vonden acht verschillende betekenissen, waaronder 'een algemene, ongegronde aanprijzing van de gegevens, een poging om de wetenschappelijke status van de gegevens te verhogen, die echter meestal niet is onderbouwd met een uitleg van de steekproefopzet'. De vermelding dat de representatieve locaties zijn geselecteerd op basis van deskundigenoordeel doet hier nog een schepje bovenop. Stel je voor dat niet-deskundigen om een oordeel werd gevraagd! 'Representatief' kan zowel naar een kanssteekproef als naar een gerichte steekproef verwijzen, en zowel naar een steekproef die alle eigenaardigheden van een populatie bevat als naar een steekproef die alleen het typische, ideale geval bevat. Kruskal en Mosteller adviseren om met 'representatief' uitsluitend naar kanssteekproeven te refereren, en altijd de steekproefopzet te be-

schrijven. Er is veel voor te zeggen om de term 'representatief' helemaal niet te gebruiken, en altijd doel en opzet te beschrijven of ten minste naar een beschrijving ervan te verwijzen.

*Er is veel voor te  
zeggen om de term  
'representatief'  
helemaal niet te  
gebruiken, en altijd  
doel en opzet te  
beschrijven of ten  
minste naar een  
beschrijving ervan  
te verwijzen*



## 3 De ontwikkeling van een monitoringplan

### 3.1 Monitoringcyclus en monitoringplan

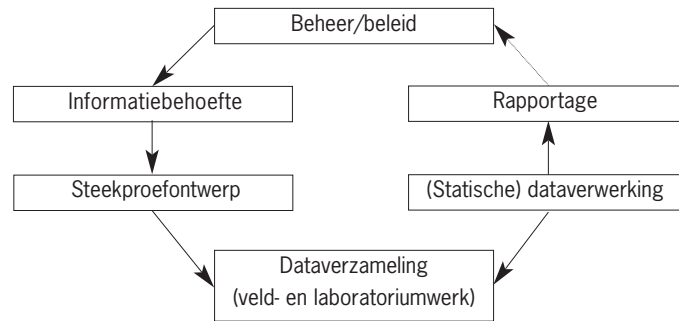
Een efficiënt monitoringplan heeft de informatiebehoefte als uitgangspunt: 'Begin aan het eind, en redeneer dan terug'<sup>1</sup>. Steekproefontwerp, dataverzameling en dataverwerking zijn in een dergelijk plan zorgvuldig op elkaar afgestemd. Dit sluit goed aan bij de zogeheten monitoringcyclus (figuur 1). In een monitoringplan wordt het gehele traject van de cyclus in een keer gepland.

De cyclische vorm geeft aan dat op basis van de informatie die monitoring oplevert een behoefte kan groeien naar nieuwe of andere informatie. Hierop kan worden geanticipeerd bij de ontwikkeling van een monitoringplan, door bijvoorbeeld een steekproefontwerp te kiezen dat flexibel is, dat wil zeggen dat geschikt is als basis voor verschillende soorten van informatie.

De systematiek die De Gruijter *et al.*<sup>1</sup> geven kan zowel voor de ontwikkeling van nieuwe monitoringplannen worden gebruikt als voor de aanpassing van bestaande plannen aan nieuwe vragen naar informatie. Deze systematiek zal in de volgende paragraaf worden geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld op het gebied van monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit in de Noordelijke Friese Wouden. Deze systematiek bestaat uit de volgende onderdelen:

1. *Maak een gedetailleerde analyse en specificatie van het doel. Deze bestaat uit:*

- Een precieze definitie van het oppervlakte (gebied), volume en/of periode, met grenzen in ruimte en/of tijd. Zo mogelijk worden uitsluitingen gespecificeerd, bijvoorbeeld verharde oppervlakten (doeluniversum).



- Een specificatie van het deel waarvoor aparte resultaten vereist zijn (interessedomein).
- Een precieze definitie van de variabelen die moeten worden waargenomen op elk van de steekprofeenheden (doelvariabelen).
- De bepaling van het type statistiek waarvoor een resultaat wordt gevraagd, bijvoorbeeld een totaal, gemiddelde, fractie, mediaan, standaardafwijking of trendparameter (doelparameter).
- De combinatie van een domein, doelvariabele en doelparameter. Bijvoorbeeld de gemiddelde (parameter) fosfaatconcentratie in de bovengrond (variabele) van landbouwgronden in Nederland (domein).
- De bepaling of het resultaat kwantitatief of kwalitatief van aard moet zijn. Bij een kwantitatief resultaat is de verwerkingsmethode schatten of voorspellen. Bij een kwalitatief resultaat is de verwerkingsmethode toetsen, classificeren of detecteren.

2. *Formuleer een kwaliteitsmaat:* de grootte die getalsmatig de statistische kwaliteit van het resultaat van monitoring uitdrukt. Bijvoorbeeld de breedte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval

*Figuur 1 De monitoringcyclus (vrij naar de Task force Monitoring and Assessment van de UN – Economic Commission for Europe)*

bij een schatting, de variantie van de voorspelfout bij een voorspelling, en het onderscheidingsvermogen bij het toetsen van hypothesen.

3. *Bepaal de randvoorwaarden* met betrekking tot van budget, de minimaal vereiste kwaliteit, eventueel veldwerk, transport en laboratoriumcapaciteit.

4. *Inventariseer de voorinformatie:*

- De lijst, het bestand of de kaart die de steekprofeenheden weergeeft waaruit een steekproef wordt geselecteerd.
- Diverse informatie zoals algemene kennis, ervaring en informatie uit vergelijkbare projecten, bestaande steekproefgegevens, kaarten of GIS-bestanden.
- Model van de variatie van de doelvariabele binnen het universum.

5. *Bepaal de dimensies van de steekprofelementen.* Dat is het volume van de afzonderlijke monsters.

6. *Kies geschikte bepalingmethoden* voor veld- en laboratoriumwerk. Eventueel ook de procedure waarmee de doelvariabele wordt berekend uit de gemeten variabelen.

7. *Onderzoek of samengestelde bemonstering mogelijk is.* Het kan interessant zijn om monsters te mengen, bijvoorbeeld om laboratoriumkosten te besparen.

8. *Keuze tussen een ontwerpgebaseerde of een modelgebaseerde verwerking van steekproefgegevens:* zie paragraaf 2.3.2.

9. *Bij een ontwerpgebaseerde benadering:* kies het type kanssteekproef. Er is keuze uit een groot aantal verschillende steekproefopzetten. De Gruijter *et al.*<sup>1</sup> geven een overzicht, en beslissingsbomen die helpen bij het maken van een keuze.

10. *Bij een modelgebaseerde benadering:* kies het type steekproefpatroon, optimalisatiealgoritme en randvoorwaarden.

11. *Identificeer de geselecteerde steekproef* door een lijst met labels aan te leggen van de steekprofeenheden, een kaart met locaties, een tabel met tijdstippen van bemonstering of coördinaten van bemonsteringsmomenten in ruimte-tijd.

12. *Maak een protocol voor het veldwerk en het vastleggen van gegevens.*

13. *Beschrijf de methode voor de statistische verwerking.*

14. *Maak een voorspelling van de operationele kosten en de kwaliteit van de resultaten (ex-ante evaluatie).*

## 3.2 De ontwikkeling van een monitoringplan: Noordelijke Friese Wouden

### 3.2.1 Zelfsturing en monitoring

De Noordelijke Friese Wouden vormen een gebied van 60.000 hectare tussen Drachten en Dokkum. De Noordelijke Friese Wouden zijn aangemerkt als Nationaal Landschap vanwege het kleinschalige karakter met houtwallen en elzensingels. De belangrijkste vorm van grondgebruik is grondgebonden melkveehouderij. De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden', waarbij zo'n 80% van de landbouwbedrijven in het gebied is aangesloten, zet zich in om als gebied aan milieudoelen te voldoen. Deze zogeheten zelfsturing is een alternatief voor een milieubeleid dat nationaal of internationaal geformuleerde milieudoelstellingen via wetgeving met strikte regels voor de bedrijfsvoering vertaalt naar de afzonderlijke bedrijven. De vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden' wil dat het NFW-gebied landbouwkundig als één groot bedrijf wordt beschouwd en ook als zodanig wordt beoordeeld op het behalen van de milieudoelstellingen. De Noordelijke Friese Wouden zijn een nationaal proefgebied voor zelfsturing in Nederland. Zelfsturing kan niet zonder monitoring, omdat moet worden vastgesteld of de milieudoelen al dan niet worden gehaald. Deze vorm van monitoring, waarbij wordt getoetst of aan normen wordt voldaan, wordt compliance monitoring genoemd (paragraaf 2.2).

### 3.2.2 Een monitoringplan om de waterkwaliteit te toetsen

Om te kunnen toetsen of het oppervlaktewater in de NFW inderdaad van goede kwaliteit is, moest er een monitoringplan worden gemaakt. Knotters

en De Vos<sup>2</sup> gaven hiervoor een aanzet, die de basis is voor de monitoring die in oktober 2007 is gestart in vier proefgebiedjes in de NFW. Later zal de monitoring ook in grotere delen van de NFW worden uitgevoerd. Momenteel blijft de monitoring beperkt tot toetsing van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater, later zal mogelijk ook de ecologische kwaliteit worden gemonitord. Tijdens de ontwikkeling van het monitoringplan zijn er twee workshops geweest met vertegenwoordigers van een aantal partijen die bij de zelfsturing in de NFW betrokken zijn: het Wetterskip Fryslân, de vereniging 'Noardlike Fryske Wâlden', het ministerie van LNV en de Friese Milieufederatie. Deze workshops hadden tot doel om gezamenlijk keuzes te maken over de doelen van de monitoring, de kwaliteit van de resultaten, de kosten en de praktische uitvoering van de monitoring.

Het monitoringplan is ontwikkeld volgens de systematiek van De Gruijter *et al.*<sup>1</sup>. Figuur 2 geeft een overzicht van deze systematiek. De aanpak voor de NFW zal hieronder stapsgewijs worden toegelicht.

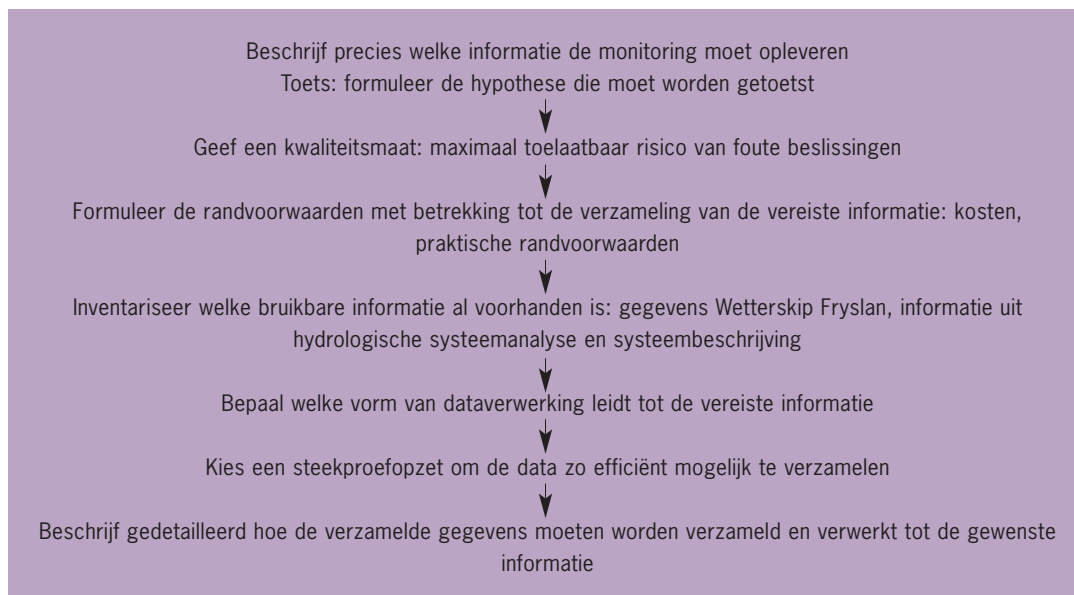
#### Doel van de monitoring

De ontwikkeling van een monitoringplan begint begint met een duidelijke omschrijving van het doel van de monitoring. Een aantal vragen moet hierbij worden beantwoord:

- Wat is het gebied waarvoor informatie wordt gevraagd, en voor welke periode? De toets heeft betrekking op het oppervlaktewater in de NFW, en moet beoordelen of de landbouw de waterkwaliteit niet nadelig beïnvloedt. Een deel van het oppervlaktewater wordt echter niet of nauwelijks door de landbouw beïnvloed,

*De ontwikkeling van een monitoringplan begint begint met een duidelijke omschrijving van het doel van de monitoring*

*Figuur 2 Stappen bij de ontwikkeling van een monitoringplan voor toetsing van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater in de Noordelijke Friese Wouden*



bijvoorbeeld het Prinses Margrietkanaal dat het gebied doorsnijdt. Het gebied waarop de monitoring zich richt is dus het deel van het oppervlaktewater in de NFW dat voornamelijk door de landbouw wordt beïnvloed. Feitelijk is het ‘gebied’ in dit geval dus een watervolume. De grenzen hiervan worden in overleg met deskundigen van de regionale waterhuishouding vastgesteld. Als de waarden voor het maximaal toelaatbare risico<sup>3</sup> (MTR) voor concentraties totaal-stikstof en totaal-fosfor worden gehanteerd als norm voor de waterkwaliteit, dan blijft de monitoring beperkt tot het zomerhalfjaar (1 april-30 september). Voor de ecologische kwaliteit is echter ook het winterhalfjaar relevant. Daarom heeft de monitoringperiode betrekking op hele jaren.

- Wordt er aparte informatie voor deelgebieden of deelperioden gevraagd? Naast sloten, (trek-)vaarten en meertjes komen er in de NFW veel pingoruïnes uit de laatste ijstijd voor. De vraag is of landelijke normen voor de kwaliteit van het oppervlaktewater van toepassing kunnen zijn op deze gebiedsspecifieke wateren. Daarom worden ze als apart deelgebied beschouwd. Afhankelijk van de normen waarmee wordt getoetst moet onderscheid worden gemaakt tussen het zomer- en winterhalfjaar (resp. 1 april – 30 september, 1 oktober – 31 maart).
- Van welke variabelen en parameters is informatie gewenst? Er zijn nog geen gebiedsspecifieke normen voor de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW vastgesteld. Daarom wordt voorlopig uitgegaan van de

landelijke MTR-waarden: er zijn ruimtetijdgemiddelden (=parameter) gewenst van het totaal-stikstof- en totaal-fosforgehalte (=variabele) in het oppervlaktewater, voor zomer- en winterhalfjaar in het oppervlaktewater in de NFW dat onder invloed staat van de landbouw.

- Wat voor soort informatie is gewenst? Het type resultaat is in dit geval kwalitatief (paragraaf 2.3.2) omdat het een antwoord moet geven op de vraag of de ruimtetijdgemiddelden van de concentraties stikstof-totaal en fosfor-totaal zich boven of onder de normen bevinden (toetsing).
- Zijn er nevendoele? Het uitvoeren van een toets is het belangrijkste doel van de monitoring. Een nevendoeel is het inzicht krijgen in de variatie in ruimte en tijd van de chemische oppervlaktewaterkwaliteit. Dit wordt vooral belangrijk wanneer uit de toets blijkt dat niet aan de normen wordt voldaan. Dan is het nodig inzicht te krijgen in de oorzaken. Een beeld van de ruimtelijke en temporele variatie van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater kan daarbij helpen. Daarom moet er een goede ruimtelijke en temporele spreiding zijn van de waarnemingen.

#### **Kwaliteitsmaat voor de informatie**

Nu de gewenste informatie en het doel van de monitoring exact zijn omschreven, moet worden vastgesteld hoe nauwkeurig deze informatie moet zijn. De informatie die monitoring in de NFW oplevert is de basis voor het nemen van bestuurlijke beslissingen, en kan dus verstrekkende gevolgen hebben. Onjuiste informatie die is verkregen

door onnauwkeurige monitoring, kan leiden tot verkeerde beslissingen. Risico's van foute conclusies zijn echter nooit helemaal uit te sluiten, omdat niet uitputtend en foutloos kan worden gemeten. Het gaat erom dat de risico's van onjuiste conclusies worden beheerst, en worden afgewogen tegen de kosten van monitoring.

De toets heeft als nulhypothese dat de concentraties hoger zijn dan de MTR-waarden. Monitoring moet aantonen dat de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet aan de normen. Er kunnen twee soorten fouten worden gemaakt: 'vuil' water wordt ten onrechte als 'schoon' beoordeeld, en 'schoon' water wordt ten onrechte als 'vuil' beoordeeld. Het risico dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat het water schoon is, moet klein zijn, omdat er naar goede milieuomstandigheden wordt gestreefd. Maar het risico dat schoon water ten onrechte voor vuil water wordt aangezien moet natuurlijk ook klein zijn. Deze fout zou immers tot gevolg hebben dat boeren in de NFW ten onrechte de bedrijfsvoering moeten aanpassen, of dat er ten onrechte een streep wordt gehaald door de zelfsturing.

De kansen op deze fouten worden als kwaliteitsmaat voor het monitoringplan gehanteerd en worden bij de ontwikkeling van het plan gezien in samenhang met de risico's van verkeerde beslissingen. Met andere woorden, de kosten van nauwkeurige toetsing moeten worden afgewogen tegen de kosten die ontstaan wanneer er een verkeerde beslissing wordt genomen. De proefmonitoring die in 2007 in de NFW is gestart heeft mede tot doel om meer inzicht te krijgen in de kwaliteitscriteria.

*Monitoring moet aantonen dat de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater voldoet aan de normen*

*Als uit de toets blijkt dat niet aan de normen wordt voldaan, dan is het belangrijk om de oorzaken op te sporen*

### **Randvoorwaarden voor de monitoring**

Om zelfsturing goed te kunnen ondersteunen moet de monitoring nauwkeurige informatie opleveren. Van de andere kant mag zelfsturing ook weer niet ten onder gaan aan hoge kosten van intensieve monitoring. Hoeveel de monitoring maximaal mag kosten, is echter niet eenvoudig vast te stellen. Niet alle risico's die kunnen ontstaan als gevolg van fouten bij monitoring zijn immers eenvoudig in geld uit te drukken, en er zijn meerdere partijen bij monitoring betrokken etc. Kosten zouden kunnen worden beperkt door zoveel mogelijk gebruik te maken van gegevens uit bestaande monitoringnetwerken. Naast kosten stellen ook de bemonsterings- en laboratoriumcapaciteit grenzen aan de monitoring. Ten slotte geldt als randvoorwaarde dat de resultaten van de monitoring regelmatig, in elk geval jaarlijks, worden gerapporteerd. De proefmonitoring die in 2007 startte moet ertoe leiden dat de randvoorwaarden explicieter worden. Ook moet de bruikbaarheid van informatie uit bestaande monitoringnetwerken blijken.

### **Voorinformatie bij de ontwikkeling van het monitoringplan**

Bij de ontwikkeling van een monitoringplan wordt gebruik gemaakt van alle relevante informatie die beschikbaar is. In de NFW is een testfase ingebouwd waarin informatie is verzameld die nodig is om tot een goed ontwerp te komen. De testfase bestaat uit een proefmonitoring in vier gebiedjes.

Veel voorinformatie over de variaties van de chemische waterkwaliteit is afkomstig van de bestaande monitoringnetwerken van het Wetter-skip Fryslân. Deze informatie wordt gebruikt om

een schatting te kunnen maken van de benodigde steekproefomvang. Informatie over het hydrologische systeem, in het bijzonder de verspreiding van gebiedseigen en gebiedsvreemd water, is afkomstig van een hydrologische systeemverkenning en een hydrologische systeemanalyse <sup>4,5</sup>.

### **Keuze voor een verwerkingsmethode**

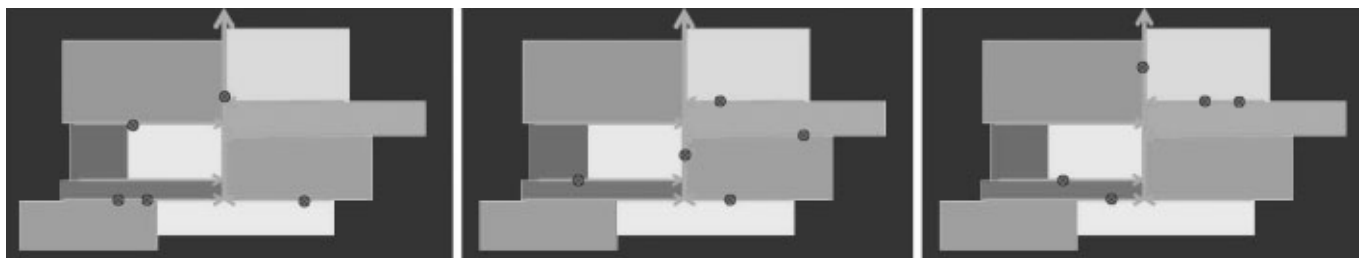
Bij een toets staat objectiviteit voorop. De uitslag moet niet afhangen van modellen en veronderstellingen. Objectiviteit kan worden bereikt door de gegevensverwerking niet te baseren op een model van de variatie in ruimte en tijd, maar op een kanssteekproef: locaties en tijdstippen worden geloot. Er wordt bij toetsing van de chemische kwaliteit van het oppervlaktewater in de NFW dus gekozen voor een ontwerpgebaseerde verwerkingsmethode (paragraaf 2.3.3).

### **Keuze voor een steekproefopzet**

Het steekproefontwerp vormt de basis voor de verwerkingsmethode. Met behulp van beslissingsbomen die De Gruijter *et al.* <sup>1</sup> geven, en op basis van praktijkervaring in een eerdere studie waarbij de kwaliteit van het oppervlaktewater moest worden getoetst <sup>6</sup> is gekozen voor een zogeheten synchroon ontwerp. Dit houdt in dat eerst een aantal tijdstippen zijn geloot en vervolgens voor elk tijdstip een aantal locaties. Er wordt dus nooit op dezelfde locatie teruggekeerd.

Als uit de toets blijkt dat niet aan de normen wordt voldaan, dan is het belangrijk om de oorzaken op te sporen. Inzicht in de ruimtelijke en temporele variatie van de chemische waterkwaliteit helpt hierbij, en daarom moeten de waarnemingen goed in ruimte en tijd zijn verspreid. Ruimtelijke spreiding wordt bereikt





door deelgebiedjes te onderscheiden, in de proefmonitoring zijn dit er vier. Verder draagt onderscheid naar watertype bij tot een goede ruimtelijke spreiding. In elk deelgebied en watertype wordt een aantal locaties geloot, evenredig naar het watervolume. Om een goede spreiding van de gelote tijdstippen over het jaar te bereiken worden er een aantal deelperioden onderscheiden. Voorlopig worden in de proefmonitoring elke twee maanden twee tijdstippen geloot. Figuur 3 illustreert de synchrone steekproefopzet.

#### **Beschrijving van dataverzameling en statistische verwerking**

Er zijn lijsten met tijdstippen en kaarten met locaties samengesteld waarmee de monsters in het veld kunnen worden verzameld. In een veld- en laboratoriumprotocol wordt nauwkeurig beschreven hoe de data worden verzameld. De methode van statistische verwerking van verzamelde gegevens tot een resultaat van een toets wordt gedetailleerd beschreven. Voor de NFW bevat deze een beschrijving van de manier waarop wordt omgegaan met zogeheten gecensoreerde of 'kleiner dan'- waarnemingen. De concentratie is zó laag dat ze onder de grens ligt van concentraties die nog waarneembaar zijn. Er zijn statistische methoden waarmee het mogelijk is

deze informatie zo goed mogelijk te benutten. Daarnaast bevat het een beschrijving van de manier waarop de informatie wordt gebruikt die afkomstig is uit bestaande monitoringnetwerken, die voor een ander doel dan toetsing zijn ingericht.

*Figuur 3 Schematische voorstelling van een synchrone steekproefopzet, voor het eerste, tweede en derde tijdstip van bemonstering. Het aantal locaties dat op elk tijdstip wordt bemonsterd bedraagt vijf. Er worden telkens vier locaties geloot in de sloten die smaller zijn dan 3 meter, en één locatie in de sloot die breder is dan 3 meter.*



*Foto: Geert van Duinhoven*

## 4 Vijf essays over monitoring

Vijf essays geven verschillende opinies over de rol van monitoring in het onderzoek, het beleid, de politiek en de samenleving. Wim Passchier (Universiteit van Maastricht) beschrijft in het essay 'Voorzorg: de vinger op zoek naar de pols' de achtergronden en de huidige plaats van het voorzorgsprincipe, de rol van onzekerheid hierbij, en de behoefte om risico's tijdig te signaleren: de vinger aan de pols. Dick Brus (Alterra) beschrijft de aanpak die het Environmental Protection Agency in Amerika volgt bij milieumonitoring, en trekt daar lessen uit voor Europa en Nederland. Jaap de Gruijter gaat in op de vraag of bij monitoring en inventarisaties middelvoorschriften (protocollen) of doelvoorschriften moeten wor-

den gevolgd. Arco van Strien (CBS), Leo Soldaat (CBS) en Ruud Bink (Gegevensautoriteit Natuur) laten zien hoe theorie kan botsen met praktijk bij natuurmonitoring. Zij beschrijven de weerslag van de grilligheden van de politiek op monitoring, en bepleiten robuuste, multi-purpose meetprogramma's waarmee in de belangrijkste informatie kan worden voorzien. Jennie van der Kolk (WOT Natuur en Milieu) en Annemarie Groot (Alterra, Centrum Water en Klimaat) gaan ten slotte in een essay over zogeheten participatieve monitoring in op de situatie waarin de cijfers niet het hele verhaal vertellen, maar de maatschappelijke context van de kwantitatieve informatie evenzeer van belang is.

## 4.1 Voorzorg: de vinger op zoek naar de pols

Wie niet waagt, wie niet wint'. Om iets te bereiken is het nemen van risico's onvermijdelijk, zo stelt deze volkswijsheid. Maar het wijze volk zegt ook dat wagen niet moet ontaarden in onbezonnenheid, immers: 'voorzichtigheid is de moeder van de porseleinkast' en 'een goede schipper legt zijn schip voor twee ankers'. Het gaat dus om het vinden van de balans tussen de winst van het wagen en het mislopen van de risiconadelen. Het voorzorgsbeginsel speelt inmiddels een prominente rol in internationaal<sup>1,2</sup>, nationaal<sup>3,4</sup> en lokaal beleid<sup>5</sup>. Sommigen is dat een doorn in het oog. Volgens hen is het beginsel niet meer dan een vrijbrief voor het verwerpen van technologische innovatie en ontwikkeling.<sup>6</sup> Anderen daarentegen zoeken de balans tussen het nu niet afzien van maatschappelijke winst en later niet van een koude kermis terugkomen.<sup>7</sup> Daarbij benadrukken zij dat 'voorzorg' veel 'nazorg' bespaart.

Het voorzorgsbeginsel richt zich vooral op nieuwe technologieën en verworvenheden daarvan. De pleitbezorgers van het beginsel willen daarbij lessen trekken uit het verleden. Vaak zijn vroege waarschuwingssignalen genegeerd met desastreuze gevolgen voor mens en milieu, zoals het Europees Milieuagentschap in een studie onder de titel *Late lessons from early warnings* in kaart heeft gebracht.<sup>8</sup> Voorbeelden zijn asbest en massale overbevissing. Het negeren van signalen dat moeder toch niet zorgt voor de nieuwe porseleinkast is mogelijk door de gebrekkige en zeker niet sluitende kennis over het verband tussen de nieuwe technologie en schade aan het porselein.<sup>9</sup> De 'voorzorgers' willen niet leunen op 'komt tijd komt raad', en voeren de *late lessons*<sup>8</sup> aan om

de balans tussen het behalen van voordeel en het vermijden van nazorg meer naar de voorzorgkant te laten doorslaan.

Ter illustratie twee voorbeelden: gekke-koeienziekte en *radium* in wijzerplaten. Ruim honderd jaar geleden deden röntgenbuis en radioactiviteit hun intrede. Met het door de Curies ontdekte radioactieve radium konden instrumenten in het donker zichtbaar blijven zonder dat daarvoor een extra energiebron nodig was.<sup>10,11</sup> Maar de *radium girls* - de vrouwen die met fijne penseeltjes de wijzerplaten met radiumverf beschilderden - kregen bij het met de lippen bijpunten van de penseeltjes het wondere radium binnen. En sommigen overleden vervolgens aan botkanker. Signalen over gezondheidsrisico's van radioactiviteit waren er al bij het openen van de eerste schilderwerkplaatsen. Maar het duurde jaren voor er beschermende maatregelen werden genomen en nog langer tot de relatie tussen werk en ziekte werd erkend. Verscheidene *radium girls* hebben dat niet meer meegemaakt.

De gekke-koeienziekte of BSE (voor *bovine spongiforme encefalopathie*) kwam in de jaren tachtig van de vorige eeuw in Engeland aan het licht.<sup>12</sup> De ziekte leek op het reeds lang bekende scrapie bij schapen, maar dat de ziekte van schaap naar koe zou kunnen overwippen was nieuw en werd betwijfeld. Overigens was dat al wel een eeuw eerder gesuggereerd, zij het later met reden aangevochten.<sup>13</sup> De Britse autoriteiten realiseerden zich wel dat als BSE zijn oorsprong vond in scrapie, het verwerken van overleden zieke schapen in veevoer ervan de oorzaak zou kunnen zijn. Het vermalen van kadavers tot eiwitrijk

veevoer was overigens *good practice* en vond op ruime schaal plaats.<sup>14</sup> Maar waren zieke schapen wel de oorzaak van BSE en, zo ja, welke delen van het beest bevatten dan de ziekteverwekker en wat was die ziekteverwekker eigenlijk? Verder doemde er op de achtergrond nog een vervelend scenario op: wat als mensen vlees van ‘gekke koeien’ verorberen? Zou dat kunnen leiden tot een *spongiforme encefalopathie* bij mensen, zoals de ziekte van Creutzfeld-Jakob (CJD)? Inmiddels zijn de vragen beantwoord. Spongiforme encefalopathieën kunnen van de ene soort naar de andere overwippen, ook naar de mens. De ziekteverwekker is een bijzonder soort eiwit, prion, genaamd. Overigens zaait een recent artikel hierover weer twijfel.<sup>15</sup> Prionen zouden niet de enige infectiebron zijn. En gevallen van een nieuwe variant van CJD (vCJD) zijn vermoedelijk aan het eten van vlees van ‘gekke koeien’ te wijten. Waren ziekte en economische schade te voorkomen geweest als de Britse overheid zich meer door voorzorg had laten leiden? Niet alle schade was dan voorkomen, maar het uit ‘voorzorg’ serieuzer nemen van eerdere signalen in plaats van het benadrukken dat *British beef safe* was had tot minder ‘nazorg’ geleid.

In dit essay ga ik eerst op het voorzorgsbeginsel in. Wat is het beginsel en wanneer wordt het aangeroepen? Monitoring komt om de hoek kijken om de betekenis van de beschouwde risicoscenario's op gezette tijden te beoordelen. Als voorbeeld gebruik ik mobiele telefonie, een nieuwe technologie die in ijtempo de wereld heeft veroverd, maar ook tot allerlei controverses heeft geleid.<sup>16,17</sup>

### Voorzorgsbeginsel

Het voorzorgsbeginsel deed als het *Vorsorgeprinzip* zijn intrede in de jaren zeventig en tachtig van de vorige eeuw.<sup>18</sup> De Duitse Bondsrepubliek formuleerde uitgangspunten om zodanig met de natuurlijke omgeving om te gaan dat latere brokken konden worden vermeden. *Vorsorge* onderscheidde zich van het preventiebeginsel, dat uitgangspunt vormde in het Europa van die tijd om milieuschade te voorkomen door bestrijding bij de bron. Voor preventie was nodig dat de bron bekend was en het ontstaan van schade zeker, zodat effectieve en efficiënte maatregelen konden worden getroffen. Voorzorg beoogde veeleer mogelijke, dus onzekere, gevolgen te voorkomen.

Vervolgens kreeg het beginsel zijn plaats in de verdragen ter bescherming van de Noordzee. In die verdragen werd de noodzaak te handelen onderstreept, ook al was de relatie tussen industriële ontwikkelingen en schade aan het mariene milieu niet volstrekt duidelijk.<sup>19,20</sup> Een wereldwijde rol kreeg het voorzorgsbeginsel vooral door de VN-conferentie over milieu en ontwikkeling in 1992 in Rio de Janeiro. Uitgangspunt 15 van de slotverklaring van die conferentie luidt in Nederlandse vertaling:<sup>1</sup>

*Staten moeten binnen hun mogelijkheden op ruime schaal een voorzorgbenadering toepassen om het milieu te beschermen. In geval van dreigende ernstige of onomkeerbare schade is het ontbreken van volledige wetenschappelijke zekerheid geen reden voor uitstel van kosteneffectieve maatregelen om aftakeling van het milieu te voorkomen.*

Ook andere verdragen, zoals in de conventie over biodiversiteit<sup>21</sup>, verwijzen naar het voorzorgs-

*Staten moeten binnen hun mogelijkheden op ruime schaal een voorzorgbenadering toepassen om het milieu te beschermen*

*In zo'n beleid onder het  
voorzorgsbeginsel gaat  
het om het vinden van  
een balans tussen  
maatschappelijk nut en  
het voorkomen van  
schade ook op termijn*

beginsel. De internationale literatuur spreekt niet alleen over een *precautionary principle*, maar ook over een *precautionary approach*.<sup>22</sup> Niet altijd is het onderscheid tussen beide termen duidelijk. Soms gaat het om het verschil tussen rechtsregel en beleidslijn, maar vaak worden de termen door elkaar gebruikt. Ook de interpretatie van het beginsel (of de benadering) verschilt. Zo ziet de Europese Unie het voorzorgsbeginsel als aanvulling op een wetenschappelijke risicoanalyse<sup>2,23</sup>, terwijl in kringen van de milieubeweging het wordt gezien als een breuk met de (te) beperkte beoordeling van de aanvaardbaarheid van het risico van een bepaalde technologie ten gunste van het met zo min mogelijk risico vervullen van maatschappelijke behoeften<sup>24</sup>.

Een commissie van de UNESCO heeft zich over de ethische grondslag van het voorzorgsbeginsel gebogen. Zij komt tot de volgende werkdefinitie:<sup>25</sup> *Indien menselijk handelen kan leiden tot moreel onaanvaardbare schade die wetenschappelijk plausibel maar onzeker is, dan dienen maatregelen te worden getroffen om de schade te voorkomen of te beperken.*

Volgens de commissie is moreel onaanvaardbare schade aan mensen of het milieu

- levens- of gezondheidsbedreigend, dan wel
- ernstig en feitelijk onomkeerbaar, dan wel
- onrechtvaardig voor de huidige of toekomstige generaties, dan wel
- wordt toegebracht zonder dat adequaat rekening is gehouden met de mensenrechten van de getroffen.

Daarbij tekent de UNESCO-commissie aan dat het oordeel over de plausibiliteit van de schade

moet zijn gebaseerd op een wetenschappelijke analyse. Zo'n analyse dient geen eenmalige zaak te zijn, wat inhoudt dat de maatregelen kunnen worden herzien. De maatregelen beogen de schade te voorkomen of te beperken en moeten in overeenstemming zijn met de ernst van de schade. De commissie waarschuwt dat de maatregelen op zich ook een keerzijde kunnen hebben en dat die bij de afweging moet worden betrokken. In een participatief proces moeten de morele implicaties van het al dan niet ingrijpen worden afgewogen en keuzen voor de maatregelen (of het daarvan afzien) worden gemaakt. Veel uiteenlopende omschrijvingen van en beschouwingen over het voorzorgsbeginsel zouden kunnen worden toegevoegd. Hier kies ik, in aansluiting op de voorstellen van de UNESCO-commissie, voor een interpretatie van het beginsel dat 'voorzorg' ziet als grondslag van beleid gericht op het vervullen van maatschappelijke behoeften en rekening houdend met de vaak slecht of niet bekende risico's voor de gezondheid van mens en milieu van de benodigde technologie. In zo'n beleid onder het voorzorgsbeginsel gaat het om het vinden van een balans tussen maatschappelijk nut en het voorkomen van schade ook op termijn. Bij het beoordelen van de keerzijden van technologische ontwikkelingen past wetenschappelijke bescheidenheid<sup>7</sup>: onzekerheden zijn onvermijdelijk troef.<sup>26</sup> Die erkenning rechtvaardigt ook een aanpak van 'alle hens aan dek': naast wetenschappelijke kennis zal ook ervaringskennis, bij uitstek aanwezig bij betrokkenen (stakeholders), te hulp moeten worden geroepen om een voldoende bodem te leggen onder de uit voorzorg te treffen maatregelen (of het daarvan afzien). In de praktijk is het bijbrengen van kennis afkomstig

van verschillende partijen niet eenvoudig.<sup>27,28</sup> Door participatie van betrokkenen als eis te stellen aan beleid onder het voorzorgsbeginsel sluit dat beleid aan bij moderne opvattingen van overheidsbestuur.<sup>29-31</sup>

Maar wat triggert in deze zienswijze nu het voorzorgsbeginsel? Kenmerkend is dat nieuwe veelbelovende technologie ook keerzijden heeft, maar dat aard en omvang van de risico's niet goed bekend zijn, hoewel de mogelijke schade zeer ernstig kan zijn. Of ze 'ernstig' genoeg is voor handelen uit voorzorg, zal van geval tot geval door betrokkenen moeten worden vastgesteld, maar enkele algemene criteria zijn wel te geven, waaronder potentieel catastrofaal, onomkeerbaar, sluipend, zich uitstreckende over verscheidene generaties of in strijd met de menselijke waardigheid.<sup>25,32</sup> Nu kan ieder altijd wel een horror-scenario bedenken. Maar om er in een redelijk voorzorgsbeleid rekening mee te houden moet zo'n scenario wel plausibel zijn. Ook nu zal weer van geval tot geval moeten worden vastgesteld hoe hoog de plausibiliteitslat wordt gelegd: naarmate deze lat hoger ligt wordt de kans groter dat wij of onze kinderen later van een koude kermis thuiskomen. Onzekerheid over risico's en vragen rond ernst en plausibiliteit van scenario's voor de keerzijden van technologische ontwikkelingen maken een participatief beleidsproces wenselijk zo niet noodzakelijk. In box 1 staat een voorbeeld van het voorzorgsbeginsel in beleid.

### **Onzekerheid**

Het lastige van discussies over het voorzorgsbeginsel is dus de onzekerheid over aard en ernst van de risico's en daarmee de mate van plausi-

biliteit van risicoscenario's. Onzekerheid door variabiliteit - bijvoorbeeld verschillen in erfelijke eigenschappen tussen mensen - is een bekend fenomeen in de wetenschap. Maar variabiliteit gaat om meer dan biologie: ook gedrag van mensen op individueel en bevolkingsniveau kan een bron van onzekere spreiding zijn.<sup>26</sup> Daarnaast is onzekerheid in kennis een bron van onzekerheid. Dat kan zijn vanwege gebrek aan waarneming of tegenstrijdige gegevens. Maar sommige kennislacunes laten zich niet binnen afzienbare tijd oplossen, mede omdat nieuw onderzoek soms de onzekerheid alleen maar laat toenemen.<sup>26</sup> In box 2 staat een voorbeeld van het in kaart brengen van onzekerheden.

Overigens staan de twee vormen van onzekerheid - door variabiliteit en door gebrek aan kennis - niet los van elkaar.<sup>40</sup> Zo kan variabiliteit bijvoorbeeld inzicht in werkingsmechanismen van omgevingsfactoren verhinderen. Ook kan de complexiteit van een systeem, als onze kennis te kort schiet om de werkingsrelaties in het systeem te beschrijven, zich manifesteren in variabiliteit. Verder leiden beide vormen van onzekerheid tot ambiguïteit: de kennis laat uiteenlopende interpretaties toe, hetgeen leidt tot de in een maatschappelijk debat vaak benadrukte 'ruzie tussen wetenschappers'.

Wetenschappers hebben of in elk geval hadden een neiging om onzekerheden binnenkamers te houden: het rekening houden met en bestuderen van onzekerheid is een zaak voor de wetenschap. Als informatie aan leken en voor ondersteuning van beleid moeten via wetenschappelijke onderzoek verkregen gegevens zekerheid uitstralen.<sup>41</sup> De laatste jaren is daarin een kentering te

*Onzekerheid over risico's en vragen rond ernst en plausibiliteit van scenario's voor de keerzijden van technologische ontwikkelingen maken een participatief beleidsproces wenselijk zo niet noodzakelijk*

### **Box 1 Mobiele telefonie en voorzorgsbeginsel**

In een periode van nauwelijks 20 jaar heeft mobiele telefonie de wereld veroverd. In Europese landen benadert of overtreft het aantal mobieltjes al het inwonertal<sup>33</sup> en in ontwikkelingslanden worden vaste telefoonnetwerken niet meer aangelegd of uitgebreid<sup>34</sup>. Het is in wezen een nieuwe ontwikkeling van de draadlozecomunicatietechnologie die tientallen jaren eerder begon met de introductie van de radio. Aandacht voor mogelijke invloed op de gezondheid van de nieuwe wijze van bellen was er bij de telecombedrijven en de overheden niet. Maar vooral de agressieve uitbreiding van het aantal basisstations – nodig om altijd en overal 'zonder draad' te kunnen communiceren – wakkerde vragen daarnaar aan en legde tevens een link met de al gaande discussie over de risico's van sterke radio- en tv-zenders voor de omwonenden. Wetenschappelijke commissies lieten nationaal<sup>35</sup> en internationaal<sup>36</sup> geruststellende geluiden horen: voor vrees voor schade aan de gezondheid was geen wetenschappelijke grond. De onzekerheden waren echter groter dan de consensus onder de officiële wetenschappelijke adviseurs deden vermoeden. Bovendien accepteerde niet iedereen dat de discussie slechts een wetenschappelijke was.<sup>17,37</sup>

Inmiddels zijn de geldstromen voor onderzoek naar mogelijke invloeden op de gezondheid van mobiel bellen en wonen nabij basisstations voor mobiele telefonie gaan vloeien. Maar het is niet vanzelfsprekend dat nieuw onderzoek ook de gaten in kennis dicht.<sup>26</sup> Meer weten roept vaak meer vragen op. Daarnaast blijft de technologische ontwikkeling op ons inzicht in gezondheidsrisico's voorlopen.<sup>9</sup> Van analoge telefonie naar de digitale GSM, vervolgens naar UMTS-technologie die in de komende tijd gaat concurreren met WIMAX- en WiFi-netwerktechnologie<sup>38</sup>. Op zich is de vraag legitiem of die vernieuwde technologie ook geen nieuwe risico's met zich meebrengt.

Is er reden het voorzorgsbeginsel aan te roepen gegeven de mogelijk beïnvloeding van de gezondheid door het draadloze verspreken? Ik meen van wel.<sup>16</sup> In de eerste plaats: is het plausibel dat de elektromagnetische velden schade aan de gezondheid aanrichten? Het staat wel vast dat ze biologische processen kunnen beïnvloeden, maar of dat tot bijvoorbeeld kanker kan leiden of aantasting van het immuunsysteem of andersoortige effecten is onduidelijk. De wetenschap heeft hier meer vragen dan antwoorden. Afhankelijk van het gezondheidseffect in kwestie zijn de aanwijzingen zwak tot zeer zwak.<sup>39</sup> Maar dat kan ook te maken hebben met de 'jeugd' van de technologie en de mogelijkheid dat sommige gevolgen zich pas op termijn manifesteren. Voor bepaalde vormen van kanker zou dat kunnen gelden. Het tweede punt is de ernst van de mogelijke gezondheidsschade. Hier speelt vooral de kwestie van omvang. Door het wijd verspreide gebruik van de mobiele telefoon kunnen ook bescheiden effecten veel mensen treffen en dus ernstig zijn in volksgezondheidsperspectief.

Als we plausibiliteit en ernst voldoende vinden om het voorzorgsbeginsel aan te roepen, dan rijst te vraag: welke maatregelen zijn dan passend? Hiervoor verwijs ik naar box 5.



bespeuren, vooral gestimuleerd door de resultaten van onderzoek naar de ontwikkeling van wetenschap en technologie.<sup>42</sup> Zo heeft het Planbureau voor de Leefomgeving een methodologie om bij zijn projecten onzekerheden systematische in kaart te brengen en op waarde te schatten.<sup>43-46</sup>

Ik wil benadrukken dat onzekerheden niet alleen het probleem zijn van niet goed bekende getallen en dat onzekerheidsanalyse slechts een zoektocht is naar het interval waarbinnen de waarde van een grootheid zich vermoedelijk beweegt. Het voorbeeld in box 2 illustreert dat als de kennis over een mechanisme ontbreekt enige vorm van kwantificeren van het risico praktisch onmogelijk is. De grote onzekerheid is gelegen in het antwoord op de vraag: zal de schade ooit optreden? Een tweede aspect is de betrouwbaarheid van gegevens. Daartoe is voorgesteld dat gegevens ten behoeve van beleid voorzien zouden moeten zijn van een ‘stamboom’ die de diverse aspecten van de kwaliteit en herkomst in kaart brengt.<sup>47,48</sup>

Reeds eerder is aangegeven dat ‘meer onderzoek’ niet het wondermiddel is dat vroeg of laat voorzorg overbodig maakt. Niet alleen komt dat door de voortschrijdende technologische ontwikkeling, maar evenzeer door het fenomeen dat de resultaten van onderzoek, zeker of misschien wel juist van goed onderzoek, meer vragen oproepen dan antwoorden geven. De wereld is een gecompliceerd samenspel van interacties van fysische en chemische, biologische en sociale aard dat moeilijk te vatten is met het beschikbare wetenschappelijke instrumentarium: we weten veel, maar we weten nog veel meer niet. Dat wil niet zeggen dat

wetenschappelijk onderzoek dan maar ten grave moet worden gedragen. Integendeel: voorzorg zonder wetenschappelijk onderzoek leidt niet tot minder maar tot meer nazorg (zie ook de omschrijving van het voorzorgsbeginsel van de EU<sup>2</sup> en de UNESCO-commissie<sup>25</sup>). Bij het bepalen van de plausibiliteit van risicoscenario’s speelt onderzoek een belangrijke rol (zie voor een voorbeeld box 2) en ook later kan het bijdragen aan verhogen of verlagen van de plausibiliteit van zulke scenario’s. Een voorbeeld van het eerste is de voortdurende inspanning van het *Intergovernmental Panel on Climate Change* en het onderzoek dat door deze commissie wordt geëvalueerd: steeds zekerder is geworden dat er sprake is van een temperatuurstijging door stijging van het gehalte aan koolzuur en andere zogeheten broeikasgassen in de atmosfeer en dat de oorzaak ligt in menselijke activiteiten.<sup>49</sup>

### Signaleren en signalen

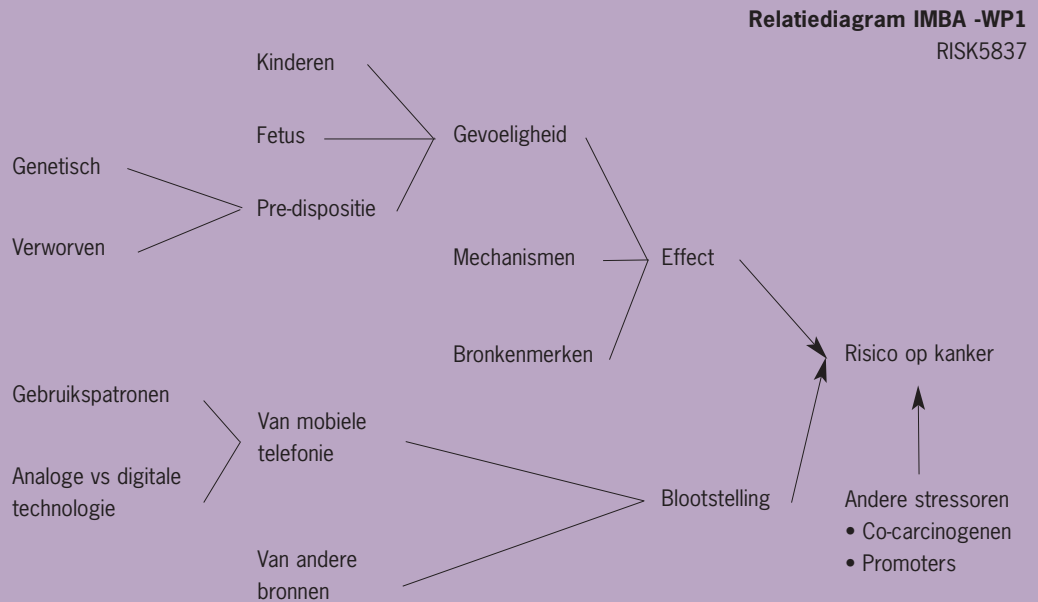
Beleid is een dynamisch proces. Het beleidsvraagstuk kan anders zijn dan oorspronkelijk was gedacht of bij nader inzien een andere aanpak vereisen.<sup>54</sup> Bij een debat rond plaatsing van een basisstation gaat het bijvoorbeeld niet alleen over gezondheidsrisico’s van elektromagnetische velden, maar ook over de manier van omgaan met de mensen die een zendmast op het dak van hun woongebouw krijgen. Dat geeft het vraagstuk een ander karakter en vergt een andere aanpak dan alleen het verstrekken van informatie over bevindingen uit de wetenschap.<sup>55</sup>

Bij beleid onder het voorzorgsbeginsel krijgt die dynamiek bijzondere betekenis. In de loop van de tijd zal informatie beschikbaar komen over

*Meer onderzoek  
is niet het  
wondermiddel  
dat vroeg of laat  
voorzorg overbodig  
maakt*

## Box 2 Onzekerheden bij risico's van mobiele telefonie

Als onderdeel van een project gericht op de *Implications of Biomedicine for the Assessment of Human Health Risks* (<http://www.imba-research.eu/>) hebben onderzoekers van de Universiteit Maastricht zich gebogen over de onzekerheden over de invloed van mobiele telefonie op het optreden van kanker.<sup>40</sup> Zij ontwierpen een relatiediagram en gingen na hoe onzekerheden in blootstelling, gevoeligheid en werkingsmechanisme een rol spelen. Voor elk aspect werden de onzekerheden geclassificeerd als onzekerheden die voortvloeien uit de onderzoeksmethodologie (epidemiologie, laboratoriumonderzoek), onzekerheden door variabiliteit, onzekerheden door gebrek aan kennis en uiteenlopende interpretaties van gegevens (ambigüiteit).



Als belangrijke onzekerheden identificeerden de onderzoekers ontbrekende kennis over een mechanisme en een uitlopende interpretatie van de zeer schaarse gegevens. Dat werkt vooral in de richting van onzekerheid over gevoeligheid tussen mensen (bijvoorbeeld kinderen versus volwassenen), maar beïnvloedt ook onzekerheid over de relevante blootstellingskenmerken.

### Box 3 Interferentie-effecten van mobiele telefonie

Benzine tanken, telefoon uit! Dat adagium stond aangeplakt bij veel benzinestations en wordt nog wel door pompbedienden verkondigd. Het idee is dat bellen met het mobieltje wel eens een vonk zou kunnen genereren die in potentie de benzinedamp die bij het tanken onvermijdelijk vrijkomt, zou kunnen doen ontsteken met alle desastreuze gevolgen van dien. Of dat tot de mogelijkheden behoort laat zich in technisch onderzoek ophelderen. Er is van een dergelijk mechanisme nooit iets gebleken. Toch werd de bel-verbodsregel uit voorzorg aangeprezen.<sup>50,51</sup> De conclusie moet luiden dat we hier met een fantoomrisico van doen hebben.

Een andere vorm van interferentie van mobiel bellen is de verstoring van elektrische en elektronische apparatuur door de mobiele besignalen. In vliegtuigen en in ziekenhuizen is daarom een belverbod ingesteld en pacemakerdragers zouden voor bellen op hun hoede moeten zijn.<sup>35,52,53</sup> Hier heeft onderzoek aan vergroting van de plausibiliteit bijgedragen, waarbij de omstandigheden waaronder van verstoring sprake zou kunnen zijn, in kaart zijn gebracht.

de onzekerheden. Dat kan reden zijn het beleid te herzien. Niet altijd leidt die informatie tot minder onzekerheid. Zo bleek in laboratorium-onderzoek met cellen dat effecten van blootstelling aan radiofrequente straling kunnen optreden in bepaalde frequentie- en tijdsintervallen, iets wat buiten gangbare theorieën viel.<sup>36</sup> Ook de bevinding dat bij kinderen die wonen in de omgeving van hoogspanningslijnen meer leukemie voorkomt dan bij kinderen elders introduceerde een onzekerheid over de gezondheidsgevolgen van de elektriciteitsdistributies die daarvoor niet bestond.<sup>56</sup> Maar uiteraard kan meer kennis ook meer zekerheid verschaffen, in het bijzonder als de technologie intussen niet van karakter verandert. De voorbeelden van de *radium girls* en BSE illustreren dat (zie ook box 3).

Gericht onderzoek kan kennishiaten opvullen. Maar juist onder het verzorgsbeginsel is er reden om de vinger aan de pols van de technologie te houden, of liever aan de wijze waarop zij in de samenleving uitwerkt: monitoring. Een voorbeeld

waarbij dat is geïnstitutionaliseerd (overigens zonder expliciete aanroeping van het verzorgsbeginsel) is de centrale melding van bijwerkingen van geneesmiddelen.<sup>57</sup> Een geneesmiddel dat bepaalde groepen patiënten duidelijk baat, wordt wel op de markt gebracht, maar door de vinger aan de pols te houden - het melden van bijwerkingen - kunnen onverwachte bijwerkingen op het spoor worden gekomen, in het uiterste geval leidend tot uit de markt halen van het middel. Een recent voorbeeld is het in Australië uit de handel nemen van een ontstekingsremmer na meldingen van leverbeschadigingen.<sup>58</sup>

Volgens de Gezondheidsraad is monitoring 'het periodiek meten, analyseren en interpreteren van indicatoren voor gezondheidskundig relevante milieufactoren of voor aan milieufactoren toe te schrijven gezondheidsproblemen.<sup>59</sup> Het advies van de raad handelde over monitoring in samenhang met milieugezondheidskundige problemen, maar de omschrijving laat zich gemakkelijk veralgemeniseren. Hetzelfde gezondheidsraadadvies

ziet indicatoren als variabelen waarmee veranderingen kunnen worden gemeten. Daaraan wil ik toevoegen dat het bij indicatoren gaat om het krijgen van een beeld van veranderingen in kenmerken of toestanden die zich niet direct voor meting lenen.<sup>60</sup> Zo geeft de fractie van de bevolking rond een grote luchthaven die 's nacht aan bepaalde nachtelijke geluidniveaus wordt blootgesteld, een beeld van de belasting en mogelijke slaapverstoring van de mensen.<sup>60</sup> In box 4 staan criteria voor indicatoren.

De genoemde indicator richt zich op een vastgesteld risico rond een luchthaven, in dit geval slaapverstoring en de gevolgen daarvan.<sup>63,64</sup> Bij voorzorgsvraagstukken is er veelal geen of beperkt sprake van in wetenschappelijke zin 'vastgestelde' risico's. Het gaat veelal om risico's verbonden met plausibele scenario's, maar waarbij onzekerheid troef is. Ook dan kunnen indicatoren en monitoring een belangrijke rol spelen. Het vermoeden van een mogelijk verband tussen magneetvelden van de elektriciteitsvoorziening en het voorkomen van leukemie bij kinderen moet leiden tot het monitoren van een blootstellingsniveau aan magneetvelden (een blootstellingsindicator) en de incidentie en prevalentie van kinderleukemie (gezondheidsindicatoren). Probleem is wel dat er een veelheid van blootstellingsindicatoren zijn en dat het niet duidelijk is welke de meest relevante is (zie ook box 2).

Bij nieuwe technologieën, als dus bij uitstek voorzorg aan de orde is, moeten daarnaast niet voorziene mogelijke nadelen (en mogelijk ook voordelen) worden gesignaleerd of gemonitord. Dat is een stuk lastiger, omdat het niet gemakke-

lijk is voor het onbekende een indicator te vinden - waar is de pols waaraan de vinger moet worden gehouden? Met behulp van de scenario's die het voorzorgsbeginsel in werking stelden, zal gezocht moeten worden naar methoden en bijbehorende indicatoren die informatie verschaffen over het kloppen van de goede pols. Een voorbeeld is de reeds genoemde registratie van de bijwerking van geneesmiddelen. Voor vaccins is in Nederland bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een registratie van bijwerkingen opgezet.<sup>65</sup> In beide gevallen wordt gebruik gemaakt van het professionele gezondheidszorgsysteem. Een tweede voorbeeld is het voorstel van de Gezondheidsraad om de ontwikkeling van nanotechnologieën van regelmatig door een brede commissie te laten beoordelen.<sup>66</sup> De invalshoek is dat 'ontwikkelaars' en 'gebruikers' van de technologie het eerst onverwachte zaken op het spoor komen, in het bijzonder als ze elkaar in creatief en constructief overleg bevragen. Hier zou men de periodieke rapportages van zo'n commissie als de indicator kunnen beschouwen. Met enige aanpassing zijn de criteria in box 4 op die rapportage van toepassing te verklaren. Wel zijn de informatiebronnen hier diffuus: waarnemingen van ontwikkelaars en gebruikers, meldingen in de wetenschappelijke literatuur, in de publieksmedia, registraties van consumentenorganisaties e.d. De kunst is hier om niet in ingeslepen patronen te vervallen maar een open oog te houden voor onverwachte ontwikkelingen. Een voorbeeld van maatregelen staat in box 5.

Beleid onder het voorzorgsbeginsel eist dus 'vinger aan de pols'-monitoring en signalering. Het hoeft betekenen geen extra last voor de economie of de

*Probleem is wel dat er een veelheid van blootstellingsindicatoren zijn en dat het niet duidelijk is welke de meest relevante is*

#### Box 4 Criteria voor indicatoren <sup>60</sup>

Indicatoren zijn er in soorten en maten. Ze volgen veelal schema's van de relatie tussen ecologische, economische en sociale factoren en de kwaliteit van het milieu en de volksgezondheid. Een voorbeeld is het DPSIR-schema van het Europees Milieuaentschap.<sup>61</sup> DPSIR staat voor *drivers, pressures, state, impact* en *responses*. De Wereldgezondheidsorganisatie heeft hierop voortgeborduurd en gebruikt thans in analyses van de relatie tussen omgeving en gezondheid het DPSEEA-schema.<sup>62</sup> Het acroniem DPSEEA staat voor: *driving force, pressure, state, exposure, effect* en *action*. Hoewel voor elk van de onderdelen indicatoren kunnen ontwikkeld, gaat het bij milieugezondheidsvraagstukken vaak vooral om indicatoren voor *pressure* (bijvoorbeeld emissies), voor *state* (bijvoorbeeld niveaus van verontreiniging of milieuparameters in het algemeen), voor *exposure* (bijvoorbeeld inname van voedsel) en voor *effect* (bijvoorbeeld incidentie of prevalentie van hart- en vaatziekten). De onderstaande tabel vat voorwaarden samen waaraan indicatoren moeten voldoen.

##### Voorwaarden voor indicatoren

Eis	Criterium
Te interpreteren	Wetenschappelijk geloofwaardig: gebaseerd op bekende of plausibele verbanden tussen de meetgrootheid (de indicator) en de gezochte informatie over een bepaalde toestand (beleidsdoel) Gevoelig: reagerend op veranderingen in het beleidsdoel Consistent: in dezelfde richting wijzend (verschillende indicatoren moeten niet tot tegenstrijdige signalen leiden) Transparant: volgens duidelijke methoden bepaald Te begrijpen: eenvoudig en eenduidig te interpreteren door gebruikers
Te bepalen	Beschikbaar: gebaseerd op gegevens die beschikbaar zijn of met niet onredelijke inspanning binnen niet onredelijke tijd zijn te verkrijgen Tijdig: beschikbaar kort na de gebeurtenis of periode waarop de indicator betrekking heeft Ruimtelijk nauwkeurig: voldoende ruimtelijke resolutie om geografische verandering in het beleidsdoel weer te geven Robuust: niet te zeer afhankelijk van kleine veranderingen in de gegevensbronnen of bepalingsmethoden
Bruikbaar	Relevant en pertinent: gerelateerd aan kwesties die voor gebruikers van belang zijn of dat kunnen worden Exclusief: geen onnodige overlap met andere informatie Inclusief: in verband staan met het gehele gebied, de gehele tijdperiode en het beleidsvraagstuk in kwestie Kosteneffectief: levert informatie die in redelijk verhouding staat tot de kosten van het bepalen van de indicator

samenleving als geheel te betekenen. Monitoring en signalering zijn ook onderdeel van het aandacht schenken aan kwaliteitsborging, zoals die in bedrijfsleven en ook in non-profitorganisaties steeds gangbaarder is.<sup>67</sup> Men zou kunnen stellen dat kwaliteitsborging een vorm van voorzorg is dat naar redelijkheid met alle processen in de samenleving verbonden moet zijn. Wie zo naar het voorzorgsbeginsel kijkt, komt tot de slotsom dat het beginsel maatschappelijke ontwikkelingen stimuleert en de mensheid niet terugvoert naar het stenen tijdperk.

### **Vinger aan de pols**

De kern van beleid onder het voorzorgsbeginsel is niet het verbieden van technologische ontwikkelingen. Voorzorg is het zo sturen van die ontwikkelingen dat maatschappelijke behoeften worden bevredigd zonder dat we later met dure brokken zitten. Zulke voorzorg voorkomt veel nazorg. Voorzorg en het voorzorgsbeginsel op deze manier opgevat sluit naadloos aan bij het kwaliteitsdenken dat steeds meer gemeengoed wordt

in het bedrijfsleven, in de non-profit sector en bij onderzoek en advies.

Indien voor- en nadelen van technologische ontwikkelingen goed bekend zijn, dan is het voorzorgsbeginsel niet nodig en nuttig. Hoewel onverwachte voorvallen niet volstrekt zijn uit te sluiten, zijn in doorsnee de risico's in kaart te brengen en daarmee tot een in verhouding tot de voordelen te aanvaarden niveau in te dammen. Maar bij veel maatschappelijke ontwikkelingen is onzekerheid troef, ook al omdat technologische ontwikkeling zich in eerste instantie vooral op de verwachte voordelen richten, terwijl de keerzijde van de te ontwikkelen medaille buiten beeld blijft. In die situatie is vroegtijdige en blijvende aandacht voor mogelijke nadelige gevolgen en het overwegen van maatregelen om die gevolgen te vermijden of in te beperken op zijn plaats: voorzorg. De noodzaak van het treffen van maatregelen onder het voorzorgsbeginsel hangt af van de ernst van de mogelijke schade en plausibiliteit van de schade- of risicoscenario's. Voorzorg impli-

### **Box 5 Maatregelen uit voorzorg bij de ontwikkeling van mobiele telefonie**

Als we plausibiliteit en ernst voldoende vinden om het voorzorgsbeginsel aan te roepen dan rijst de vraag: welke maatregelen zijn dan passend? Ik denk daarbij aan: onderzoek, monitoring en nieuwe technologische ontwikkelingen te doen vergezellen van een gezondheidsdossier. Bij dat laatste moet duidelijk worden dat de ontwikkeling van technologie naar redelijkheid geen nieuwe risico's lijkt te introduceren. Onderzoek en monitoring zijn een voorbeeld van 'vinger aan de pols'. Hier kunnen vroege signalen over risico's worden ontvangen dan wel kan door het uitblijven van zulke signalen het vertrouwen groeien dat de technologie vooral voordelen heeft. Deze maatregelen lijken op zich geen extra risico's te introduceren. Wel zouden ze moeten worden gecompleteerd door gestructureerd overleg tussen de telecomindustrie, consumentenorganisaties en overheden - ondersteund door technische en gezondheidswetenschappers - om de maatregelen en signalen uit onderzoek en monitoring te bespreken en te beoordelen.

ceert dat de plausibiliteitslat beduidend lager ligt dan op het niveau van (vrijwel) wetenschappelijke zekerheid. Het is immers de onzekerheid die voorzorg noodzakelijk maakt.

Maatregelen onder het voorzorgsbeginsel omvatten als vanzelfsprekend monitoring. De onzekerheid vereist dat we de vinger aan de pols houden: als we de risico's hebben overschat kan het maatregelengeld immers voor andere zaken worden aangewend en als het tegendeel het geval is, is verdere bijsturing en mogelijk inperking van de technologische ontwikkeling op zijn plaats. Probleem is wel dat het niet eenvoudig is de juiste pols te vinden. Anders gezegd: welke indicatoren zich lenen voor monitoring is lastig aan te geven. Blijvende aandacht voor monitoring betekent dus ook blijvende aandacht voor de relevantie van de indicatoren. Toch kan er op basis van analyse en onderzoek van onzekerheden vaak wel een rangordering in termen van belang worden aangebracht. Daarbij kan soms van bestaande professionele systemen van kwaliteitsborging gebruik worden gemaakt.

Een bijzondere vorm van monitoring is periodiek overleg tussen vertegenwoordigers uit de werelden van deskundigen, bestuur, belanghebbenden en burgerorganisaties. Daar kan de nieuwe kennis wetenschappelijke kennis en ervaringskennis over de technologische ontwikkeling en haar maatschappelijke doorwerking worden beoordeeld en worden gebruikt om de risicoscenario's en de onder het voorzorgsbeginsel getroffen maatregelen opnieuw onder de loep te nemen.



Foto: Wim Hofman

## 4.2 Landelijke en provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten: vlees noch vis?

D.J. Brus,  
Alterra, Wageningen UR

In een recente evaluatie van de landelijke en provinciale bodemkwaliteit- en grondwatermeetnetten is geconcludeerd dat het fundament van de landelijke en provinciale bodemkwaliteitsmeetnetten goed is. In deze evaluatie zijn echter de steekproeftechnische aspecten van de meetnetten buiten beschouwing gebleven. Vanuit steekproeftechnisch oogpunt kunnen vraagtekens bij deze conclusie worden geplaatst. De huidige meetnetten zijn niet zo geschikt voor het doen van statistische uitspraken over (veranderingen in) de kwaliteit van de Nederlandse bodem. Kanssteekproeven zijn hiervoor veel geschikter, zoals onder andere blijkt uit het milieumonitoring-programma in de Verenigde Staten van Amerika.

### TCB-advies Monitoren

In 2007 adviseerde de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) de minister van VROM over monitoren<sup>1</sup>. Dit advies, onder andere gebaseerd op het TNO-rapport 'Slim Monitoren'<sup>2</sup>, pleit voor harmonisatie van de bodem- en grondwatermeetnetten. Bodem en grondwater worden niet alleen gemonitord in een landelijk meetnet maar ook in provinciale meetnetten. Bij de inrichting van het meetnet maakten de betreffende overheden hun eigen keuzes, waardoor bodem en grondwater op verschillende manieren worden gemonitord. Zo zijn er verschillen in medium waarin gemeten wordt (bodemvocht of vaste fase van bodem), ontsluitings- en bepalingmethode, bemonsteringsdiepte, vorm en grootte van de monitoringplots, tijdstip van bemonstering etc. Hierdoor zijn de monitoringgegevens niet zonder meer vergelijkbaar, waardoor bijvoorbeeld de gegevens

van de provinciale meetnetten niet zonder meer gebruikt kunnen worden om uitspraken te doen voor heel Nederland.

Zo worden in het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) en in het bodemkwaliteitsmeetnet van de provincie Noord-Brabant hele bedrijven bemonsterd (een plot bestaat dus uit alle percelen van een bedrijf), terwijl in de bodemkwaliteitsmeetnetten van Drenthe en Groningen individuele percelen van ongeveer 1 ha worden bemonsterd. Wanneer we de gegevens van deze meetnetten willen gebruiken om bijvoorbeeld het areaal fosfaatverzadigde landbouwgronden te schatten, dan is het duidelijk dat we deze gegevens niet zonder meer op een hoop kunnen gooien. Het moge ook duidelijk zijn dat deze situatie 'suboptimaal' is, en daarom heeft de TCB de minister geadviseerd om de meetnetten te harmoniseren. Om dit te bereiken stelt de TCB dat er behoefte is aan meer 'centrale regie'. Centrale regisseurs zouden onder andere moeten zorgen voor een betere coördinatie van de monitoringactiviteiten, ze zouden de kwaliteit van de monitoring moeten borgen, en de meetnetten moeten optimaliseren: adviezen die ik van harte ondersteun.

### Hoe goed is het fundament van de meetnetten?

Opvallend is dat in het TNO-rapport 'Slim Monitoren' steekproeftechnische aspecten van de meetnetten buiten beschouwing blijven. Dat is jammer, want de basis van een monitoringmeetnet wordt gevormd door een steekproef in ruimte en tijd. Het had dan ook voor de hand gelegen dat het rapport ruime aandacht zou besteden aan de steekproefopzet, dat wil zeggen de methode volgens welke de meetnetlocaties



- bos/zand
- ▼ akkerbouw/zeeklei
- ◆ gronthe/bloembollen
- ◊ grasland (extensief)/zand
- ◐ grasland/rivierklei
- ◑ grasland/veen
- ◒ grasland/zeeklei
- ◓ grasland (intensief)/zand
- intensieve veehouderij



*Figuur 1 Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (links) is een gerichte steekproef van bedrijven. Dit meetnet is minder geschikt voor het doen van valide uitspraken over de bodemkwaliteit in Nederland. Percentielwaarden, waaronder de mediaan en het 90e percentiel, van contaminanten in de Nederlandse bodem zijn geschat met een kanssteekproef (rechts). De plots zijn geloot volgens een gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproefopzet (Bron: Bronswijk et al.<sup>4</sup>)*

(plots) en de tijdstippen zijn (worden) geselecteerd. Ik ervaar dit als een gemis, omdat hierdoor geen goed beeld is verkregen van de mogelijkheden en onmogelijkheden van de huidige meetnetten. Ik wil nu kort ingaan op de streekproefopzet van de huidige meetnetten bodem- en grondwaterkwaliteit (zie figuur 1).

We hebben inmiddels al vastgesteld dat de meetnetten in een groot aantal aspecten verschillen. In één opzicht zijn ze echter allemaal gelijk: in alle meetnetten zijn de meetnetlocaties (plots) gericht geselecteerd. Bij de selectie van de meetnetlocaties is gebruik gemaakt van kennis van experts op het gebied van bodemgeografie en bodemkundige en hydrologische processen. Zo is het te monitoren

gebied onderverdeeld in zogeheten ‘homogene gebieden’, gebieden met een bepaald bodemtype (grondsoort) en landgebruik. De (ruimtelijke) gemiddeldes van een of meerdere bodem- en grondwaterkenmerken verschillen mogelijk tussen deze deelgebieden. Ook kan de verandering in de tijd (temporele trend) voor een aantal bodem- en grondwaterkenmerken verschillen tussen de deelgebieden. Beide verschillen zijn goede redenen om bij de selectie van de meetnetlocaties rekening te houden met de bodem- en hydrologische gesteldheid. Binnen de ‘homogene deelgebieden’ zijn de locaties gericht geselecteerd, of beter gezegd: niet geselecteerd door middel van loting. Hierna zal blijken dat dit consequenties voor de bruikbaarheid van de monitoringresultaten.

*Ik vermijd liever het begrip aselecte steekproef, waarmee immers in de praktijk vaak, wat de Belgen zo treffend noemen, een lukrake steekproef wordt bedoeld*

Regelmatig kom ik in rapportages tegen dat de steekproef als aselect kan worden beschouwd, of dat de steekproeflocaties 'vrijwel aselect' zijn gekozen<sup>3</sup>. Blijkbaar is er verwarring rond het begrip aselect. Belangrijker dan de vraag of de steekproeflocaties wel of niet of min of meer 'aselect' gekozen zijn, is de vraag of de kansen bekend zijn waarmee de locaties zijn geselecteerd. Dit is voor geen van de bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnetten het geval. Bij selectie van de locaties door middel van loting volgens een goed gedefinieerde steekproefopzet, bijvoorbeeld gestratificeerd, enkelvoudig aselect, inclusief een specificatie van het aantal steekproefpunten per stratum, zijn deze kansen wel bekend. Een steekproef waarbij de selectiekansen bekend zijn, en bovendien alle locaties die tot het te monitoren gebied behoren, een selectiekans groter dan 0 hebben, wordt een kanssteekproef genoemd. Ik vermijd liever het begrip aselecte steekproef, waarmee immers in de praktijk vaak, wat de Belgen zo treffend noemen, een lukrake steekproef wordt bedoeld. De eis dat alle locaties een selectiekans groter dan 0 hebben is nodig om een uitspraak te kunnen doen over het hele onderzoeksgebied. Bij de selectie van bedrijven van het LMB zijn bedrijven < 10 ha buiten beschouwing gelaten. Alleen om deze reden al is het LMB dan ook geen kanssteekproef. Het is dan ook niet mogelijk om met behulp van klassieke steekproeftheorie op basis van de LMB data statistische uitspraken te doen over alle bedrijven in Nederland.

Waarom is zo belangrijk dat we deze 'selectiekansen' kennen? De reden hiervoor is dat we de gegevens graag willen gebruiken om statistische

uitspraken te doen over het hele gebied waaruit de locaties zijn geselecteerd, en niet alleen over de meetnetlocaties in de steekproef. Als bijvoorbeeld uit de eerste meetronde van het LMB blijkt dat in 29% van de bedrijven de streefwaarde van Cd in grondwater wordt overschreden<sup>4</sup>, is dit leuk om te weten, maar hoe zit het nu met dit percentage voor heel Nederland? Met andere woorden, we zijn niet zo zeer geïnteresseerd in het percentage van de bedrijven in de steekproef waarin de streefwaarde wordt overschreden, maar in het percentage over alle bedrijven in Nederland, of misschien nog meer in het oppervlaktepercentage van Nederland waarbinnen de streefwaarde wordt overschreden. We zijn, afgezien van meetfouten, zeker van het percentage bedrijven in de steekproef waarin de streefwaarde wordt overschreden.

Over het percentage bedrijven *in Nederland* waarin de streefwaarde wordt overschreden zijn we echter allerm minst zeker. Als we andere bedrijven geselecteerd zouden hebben, dan hadden we immers een andere schatting van het percentage bedrijven in Nederland verkregen. Door het percentage bedrijven in de steekproef te gebruiken als schatting voor het percentage over alle bedrijven in Nederland, introduceren we een extra fout, de zogeheten steekproeffout. Deze fout kennen we niet, maar we willen wel graag iets kunnen zeggen over de kansverdeling van deze fout. Dat is goed mogelijk als de steekproef een kanssteekproef is. Daarentegen is dit vaak erg problematisch bij niet-kanssteekproeven.

Kwantificering van de nauwkeurigheid van het resultaat is van groot belang bij monitoring. Stel dat uit de volgende meetronde van het LMB

blijkt dat het percentage bedrijven waarbinnen de streefwaarde voor Cd in grondwater wordt overschreden is afgenomen van 29% tot 25%. De vraag zou dan gesteld kunnen worden of deze afname van het percentage bedrijven statistisch gezien significant is. Met andere woorden, als we andere bedrijven hadden geselecteerd, zouden we dan ook een afname hebben gezien, of zou op deze bedrijven het Cd-gehalte veel sterker afgenomen zijn, gelijk gebleven of zelfs toegenomen zijn? Wanneer de nauwkeurigheid van het geschatte verschil in bedrijfspercentages netjes wordt gekwantificeerd, kan statistisch getoetst worden of het verschil significant afwijkt van 0. Als het verschil niet significant blijkt te zijn, dan kunnen ook geen conclusies getrokken worden over bijv. het effect van genomen maatregelen. Ook voor toetsing aan normen (*compliance-monitoring*) is een objectieve kwantificering van de nauwkeurigheid van het resultaat van groot belang, om discussies over de geldigheid van de conclusie (gemiddelde ligt wel/niet boven de norm) te vermijden.

Monitoring op gericht-geselecteerde locaties is geen typisch Nederlandse gewoonte. Uit een analyse van Parr *et al.*<sup>5</sup> blijkt dat vrijwel geen enkel Europese meetnet is gebaseerd op een kanssteekproef: *Instead the ensemble of monitoring sites in Europe seems to form a series of case studies selected by judgment sampling, the only exception being the Level 1 network for forest condition monitoring.* Verderop concluderen ze dan ook dat *When the sample is not probabilistic, statistically-based inference is not possible. Model-based inferences can be investigated, but they need a number of assumptions.* Precies om deze reden heeft indertijd de

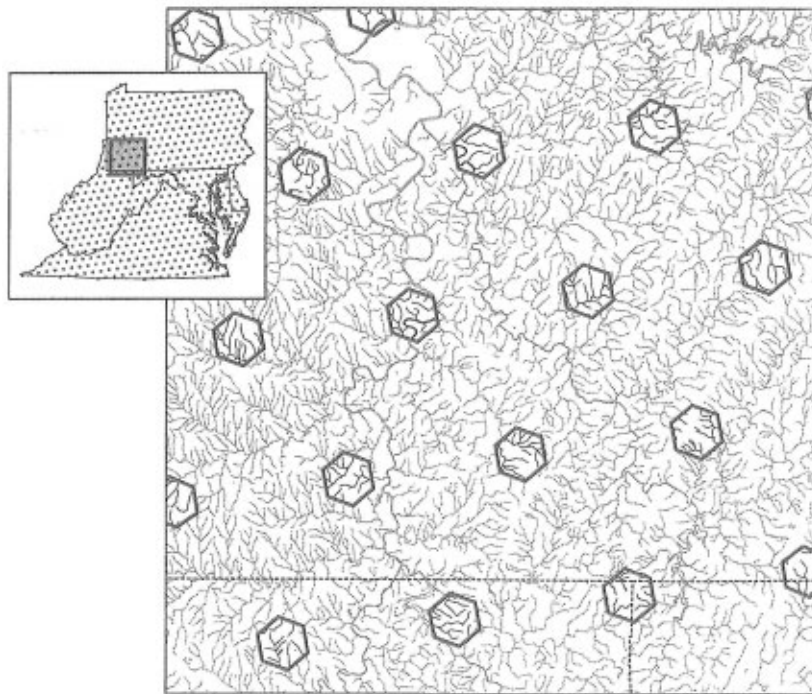
begeleidingscommissie van het project Achtergrondwaarden 2000 (AW2000) besloten om voor het schatten van percentielwaarden van contaminanten in de bodem geen gebruik te maken van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, maar een nieuwe kanssteekproef te ontwerpen<sup>6</sup>. Op basis van het bovenstaande zou ik niet zonder meer de conclusie van de deelnemers van de monitoringsconferentie Kwali-Tijd in november 2006 willen ondersteunen dat het fundament van de meetnetten goed is.

#### **Environmental Monitoring and Assessment Programme (EMAP)**

De TCB heeft de minister van VROM geadviseerd de gewenste harmonisatie te realiseren door de monitoringactiviteiten in Nederland meer centraal te regisseren. Dit advies ondersteun ik van harte, onder meer gezien de zegeningen in de USA van een deskundige centrale regie. In de USA is binnen het Environmental Protection Agency (EPA) de National Health and Environmental Effects Research Laboratory (NHEERL) 'belast' met de nationale monitoring van de natuurlijke hulpbronnen. Het NHEERL heeft voor het monitoren van de aquatische ecosystemen een raamwerk voor monitoring ontworpen, het Environmental Monitoring and Assessment Programme, kortweg EMAP<sup>7,8</sup>. Het doel van EMAP is het beantwoorden van vragen over de status, veranderingen en trends in indicatoren van de ecologische conditie van de nationale natuurlijke hulpbronnen. De aquatische hulpbronnen die gemonitord worden zijn estuariën, rivieren (streams) (met een totale lengte van ongeveer 5.6 miljoen km) en meren (zo'n 44,000).

*Uit een analyse van Parr et al. blijkt dat vrijwel geen enkel Europese meetnet is gebaseerd op een kanssteekproef*

Figuur 2 (Figure 1 uit Herlihy et al. 12) EMAP-kanssteekproef van rivieren en beken in de vijf mid-Atlantische staten van de USA. De figuur toont alleen de in de eerste trap gelote hexagonalen van 40 km<sup>2</sup>. Deze hexagonalen vormen een driehoekig grid dat de hele USA bedekt. In de tweede trap worden locaties geloot in de rivieren en beken die binnen de 40 km<sup>2</sup> vallen.



Op dit moment hebben meer dan dertig staten een meetnet volgens dit raamwerk ingericht. Een belangrijk voordeel van EMAP is dat de gegevens die op staat-niveau worden verzameld in de meetnetten gemakkelijk, en zonder gewaagde aannames, geaggregeerd kunnen worden naar grotere gebieden, zo ook naar het niveau van de hele USA. Lokale aanpassingen van het meetnet om tegemoet te komen aan lokale eisen, bijvoorbeeld een grotere of kleinere dichtheid van steekproeflocaties, zijn door de gekozen steekproefopzet heel goed mogelijk. Uitgangspunt voor EMAP is dat de resultaten een zuiver (*unbiased*) beeld moeten geven van de conditie van de natuurlijke

hulpbronnen, met een bekende betrouwbaarheid (EPA, 2002, blz. II-1). Om deze redenen heeft het EPA gekozen voor een zogeheten ontwerp-gebaseerde (*design-based*) benadering, wat inhoudt dat de locaties worden geselecteerd door middel van een kanssteekproef.

Figuur 2 toont hoe de rivieren in de vijf mid-Atlantische staten zijn geloot. Allereerst zijn hexagonalen van 40 km<sup>2</sup> geselecteerd. Merk op dat de hexagonalen een driehoeksgrid vormen. Dit driehoeksgrid bedekt de hele USA. Hierdoor wordt gezorgd voor een goede ruimtelijke spreiding van de steekproefpunten over het hele gebied. Vervolgens zijn locaties geloot in de rivieren en beken die binnen de hexagonalen van 40 km<sup>2</sup> vallen. Dit is gedaan op een ingenieuze wijze die er voor zorgt dat het aantal locaties goed verdeeld worden over de verschillende netwerken van rivieren en beken en over de Strahler-ordes. Ook de meren worden met dezelfde steekproefopzet gemonitord<sup>9</sup>.

### Hoe nu verder?

EMAP is gebaseerd op een gestapelde monitoringbenadering (figuur 3). In deze benadering worden drie verdiepingen van monitoringactiviteiten onderscheiden. De laagste verdieping wordt gevormd door remote-sensingonderzoek. De ruimtelijke dichtheid van de waarnemingen (aantal metingen per oppervlakte-eenheid) in dit onderzoek is zeer hoog. De ruimtelijke resolutie van het resultaat, de kaarten, is dan ook veelal zeer groot, d.w.z. de kaart bestaat uit kleine pixels met (gemiddelde) waarden van de metingen. De correlatie tussen wat met de remote-sensingtechnieken gemeten wordt en wat we eigenlijk willen

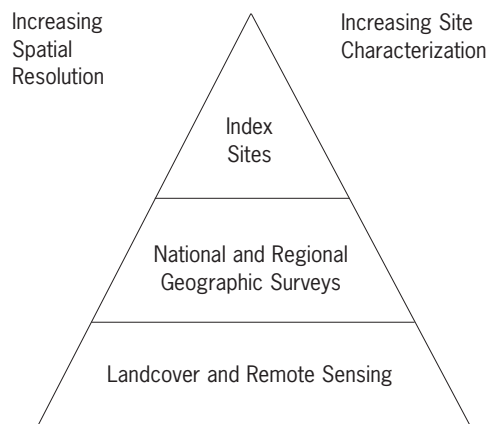
weten laat soms te wensen over, maar de kracht van deze monitoringactiviteiten zit in het aantal, de grote dichtheid.

De middelste verdieping wordt gevormd door nationale en regionale steekproefsgewijze inventarisaties (*surveys*). Op de steekproeflocaties worden metingen verricht die nauw gerelateerd zijn aan het doelkenmerk. Omdat de steekproeflocaties bezocht moeten worden voor het verrichten van de metingen zijn de kosten per meting in vergelijking met remote-sensingmetingen relatief hoog. Hierdoor is de ruimtelijke dichtheid van de metingen noodzakelijkerwijs een stuk kleiner, en levert het minder gedetailleerde kaarten op. De uitdaging is om de remote-sensingmetingen te combineren met de steekproefresultaten (*field-truth*), teneinde betere kaarten te maken dan op basis van de steekproefresultaten alleen, dat wil zeggen kaarten met meer detail of een groter nauwkeurigheid.

De bovenste verdieping wordt gevormd door zogeheten indexlocaties. Dit zijn gericht geselecteerde locaties waar een zeer groot aantal kenmerken wordt gemeten, in meerdere delen van het ecosysteem: vegetatie, bodem, grondwater, lucht. Het rijk geschakeerde palet aan metingen maakt het mogelijk om dynamische procesmodellen te kalibreren. Onderzoek op deze locaties levert hierdoor inzicht in de processen achter de metingen, waarmee vragen kunnen worden beantwoord over het waarom van de veranderingen in het ecosysteem die zijn waargenomen op de steekproeflocaties van de onderliggende verdieping. Door de hoge meekosten is het aantal indexlocaties noodzakelijkerwijs zeer beperkt.

Door het geringe aantal indexlocaties bestaat het risico dat de resultaten, waargenomen op de indexlocaties, geen goed beeld geven van wat er zich in het hele land afspeelt. De vraag is dus hoe de resultaten van de index-locaties 'opgeschaald' kunnen worden naar het hele land. De *surveys* van de onderliggende laag kunnen hierin een belangrijke rol spelen, als er aan een aantal voorwaarden wordt voldaan. In de eerste plaats moet een relatie gelegd kunnen worden tussen de uitkomsten van de procesmodellen en de waarnemingen op de steekproeflocaties. Idealiter moet met de kenmerken, gemeten op de steekproeflocaties, een metamodel (regressiemodel) voor de model-uitvoer gebouwd kunnen worden. In de tweede plaats moeten de steekproeflocaties 'representatief' zijn voor het hele land.

Welke rol kunnen de landelijke en provinciale meetnetten in bovenstaande aanpak nu vervullen? De bedrijven van het LMB zijn geselecteerd uit de ca. 1500 bedrijven die deelnemen aan het



*Figuur 3 Gestapelde monitoring benadering van EMAP (Figure 7 uit EPA <sup>8</sup>)*

*Een nadeel is natuurlijk dat de resultaten van een nieuwe meetronde niet zonder meer te vergelijken zijn met die van al uitgevoerde meetrondes*

Bedrijven-Informatie-Net. Dit is gedaan omdat voor deze bedrijven balansen van mineralen en zware metalen aanwezig zijn, wat balansstudies en het berekenen van fluxen mogelijk maakt. De selectie van de LMB-plots lijkt gestuurd te zijn door twee doelen, nl. het verkrijgen van inzicht in de processen en het verkrijgen van een ‘representatief’ beeld van wat er zich in heel Nederland afspeelt. De vraag die zich opdringt is of door dit tweeledige doel het LMB niet vlees noch vis is. Enerzijds is door het vrij grote aantal locaties het aantal kenmerken dat gemeten wordt beperkt, wat de mogelijkheden van procesonderzoek beperkt. Anderzijds is door aansluiting bij het BIN het LMB minder geschikt voor de bovengenoemde ‘opschalingsfunctie’ dan we wel zouden willen. Ditzelfde geldt voor de provinciale meetnetten. Voor de opschalingsfunctie verdient, zoals hierboven betoogd, een nette kanssteekproef de voorkeur.

Dit alles overwegende komt bij mij de volgende vraag op: wat zijn de voor- en nadelen van het vervangen van (een deel van) het bestaande LMB-meetnet door een nieuw meetnet van ‘slim’ gelote locaties? Een nadeel is natuurlijk dat de resultaten van een nieuwe meetronde niet zonder meer te vergelijken zijn met die van al uitgevoerde meetrondes. Dit nadeel is mijns inziens wel beperkt, aangezien er slechts één meetronde is geweest. Van groot belang is verder de vraag hoe de data verzameld op gerichte steekproeven en andere niet-kanssteekproeven het beste statistisch verwerkt kunnen worden. Wereldwijd zijn zeer veel bestanden aanwezig met data van niet-kanssteekproeven. Deze databestanden bevatten ongetwijfeld veel nuttige informatie. Het simpel-

weg negeren van deze databestanden is kapitaalvernietiging, maar de vraag is wel hoe we de gewenste informatie uit deze databestanden extraheren. In een eerste studie stellen Brus en De Gruijter<sup>10</sup> voor de niet-kanssteekproef aan te vullen met een kanssteekproef, en de twee steekproeven te combineren middels zogeheten regressieschatters. Ook een zogeheten Bayesiaanse aanpak biedt goede mogelijkheden, zoals o.a. blijkt uit de recente studie van Graves *et al.*<sup>11</sup>.

We zullen, misschien wel knarsetandend, moeten toegeven dat we van EMAP veel kunnen leren in Nederland en Europa. Het is naar mijn mening niet te laat om lessen te trekken. Daarom pleit ik ervoor dat er snel een stevig statistisch fundament wordt gelegd onder de bodem- en grondwaterkwaliteitsmeetnetten, waarbij locaties voortaan worden geselecteerd met behulp van kanssteekproeven.

## 4.3 Monitoring met of zonder protocollen: van middel- naar doelvoorschrift

De laatste decennia zijn er door diverse instanties vele protocollen voorgeschreven voor het nemen van steekproeven van natuurlijke hulpbronnen zoals bodem, water en lucht. Hoewel er behalve voordelen ook nadelen aan dit soort protocollen verbonden zijn, is deze ontwikkeling bij mijn weten tot nu toe nauwelijks geëvalueerd. Dit essay heeft niet de pretentie van een systematische evaluatie, het is veeleer een pleidooi daarvoor.

### **Steekproefprotocollen voor monitoring of ruimtelijke inventarisatie van natuurlijke hulpbronnen**

Het begrip ‘steekproefprotocol’ is te omschrijven als een beschrijving van een methode voor het uitvoeren van een steekproef, bedoeld om toegepast te worden in een bepaald soort gevallen. Het gaat hier dus uitdrukkelijk om meerdere toepassingen. Als een beschrijving van een steekproefmethode bedoeld is voor slechts één specifieke toepassing, dan spreken we niet van een protocol maar van een steekproefplan. Dit vraagt om enige uitleg.

Als ten behoeve van monitoring bijvoorbeeld monsters genomen moeten worden op meerdere tijdstippen in hetzelfde gebied, dan wordt dat toch als slechts één toepassing gezien. Het betreffende plan behelst immers één steekproef, namelijk een steekproef in ruimte en tijd. Alleen als een dergelijk plan bedoeld is voor afzonderlijke toepassingen in meerdere gebieden, spreken we van een steekproefprotocol. Opgemerkt zij dat het volgen van een protocol wel of niet verplicht kan zijn, en in beide gevallen kan er wel of geen ruimte zijn gelaten voor aanpassing aan lokale omstandigheden. Juist het verplichte protocol is interessant omdat daaraan, zoals verderop aan-

geduid, behalve de gebruikelijke inhoudelijk-statistische ook specifieke beleidsmatige aspecten te onderkennen zijn.

Dit essay gaat over de keuze ‘doelvoorschrift versus middelvoorschrift’, zowel in geval van monitoring –waarnemingen doen in de loop van de tijd–, als in geval van eenmalige ruimtelijke inventarisaties. In beide situaties spelen namelijk dezelfde kwesties een rol, en kunnen daarom in principe dezelfde overwegingen relevant zijn. Het begrip ‘natuurlijke hulpbronnen’ is uiteraard zeer veelomvattend. Het kan bijvoorbeeld gaan om het aantal wilde zwijnen op de Veluwe, het gemiddelde aantal kokkels per hectare in de bodem van de Waddenzee, de mate van verdroging in natuurgebieden, de hoeveelheid hout in bosopstanden, of de koolstofvoorraad in de bodem van landbouwpercelen.

Een voorbeeld van een steekproefprotocol voor het monitoren van de koolstofvoorraad in de bodem is het ‘Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union’<sup>1</sup>. In dit document wordt aangegeven op hoeveel plaatsen, waar, en hoe de bodem moet worden bemonsterd, welke laboratoriumanalyses moeten worden gedaan, en hoe de gegevens statistisch verwerkt moeten worden. Als doel wordt aangegeven het vaststellen van de verandering in koolstofvoorraad, maar niet met welke nauwkeurigheid dit dient te gebeuren.

Een ander voorbeeld van een steekproefprotocol is ‘Richtlijnen monitoring oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water’<sup>2</sup>. Dit document is een praktische uitwerking van de Europese ‘Guidance on Monitoring for the Water Frame-

*J.J. de Gruijter,  
Alterra, Wageningen UR*

*Belangrijk is dat alleen het middel is voorgeschreven, en dat een eventuele omschrijving van het doel slechts dient als achtergrondinformatie*

work Directive' <sup>3</sup>, bedoeld voor toepassing in Nederland. Het EU-document heeft grotendeels het karakter van een doelvoorschrift (zie hierna); het geeft aan welke statistische criteria dienen te worden gehanteerd voor het kwantificeren van de nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van de eindresultaten van de monitoring, en ook hoe deze criteria kunnen worden berekend uit de steekproefgegevens. Essentieel is hierbij dat aan de selectie van de steekproef een kansmechanisme ten grondslag ligt. De Nederlandse richtlijnen daarentegen schrijven een gerichte selectie voor, waarbij zogenaamde 'representatieve' locaties worden gekozen. Vanwege deze fundamentele discrepantie kan toepassing van de Nederlandse 'Richtlijnen' niet leiden tot correcte implementatie van de Europese Kaderrichtlijn.

Een verplicht steekproefprotocol is op te vatten als een middelvoorschrift. Het schrijft namelijk voor welk middel moet worden toegepast om een doel te bereiken. Het middel is in dit geval een steekproefmethode, en het doel is het verkrijgen van een bepaald soort informatie over een natuurlijke hulpbron. Belangrijk is dat alleen het middel is voorgeschreven, en dat een eventuele omschrijving van het doel slechts dient als achtergrondinformatie. Aangenomen wordt dat toepassing van het voorgeschreven middel – de steekproefmethode – leidt tot het beoogde doel: de gewenste informatie. De verantwoordelijkheid voor de juistheid of onjuistheid van deze aanname ligt uiteraard bij de voorschrijvende instantie. Degene die het protocol toepast is slechts verantwoordelijk voor correcte uitvoering.

### **Een doelvoorschrift in plaats van een protocol**

In tegenstelling tot een middelvoorschrift specificeert een doelvoorschrift alleen het te bereiken doel en laat de manier waarop dit wordt bereikt over aan de uitvoerder. In dit geval berust bij de voorschrijvende instantie alleen de verantwoordelijkheid het doel goed te specificeren. De uitvoerder kan de ruimte binnen de grenzen die het doelvoorschrift impliceert gebruiken om de aanpak te kiezen die hij voor de onderhavige toepassing het meest geëigend acht. Daarbij kunnen behalve financiële overwegingen bijvoorbeeld ook logistieke en organisatorische omstandigheden een rol spelen.

Hoe ziet een doelvoorschrift voor monitoring of inventarisatie eruit? Het schrijft voor welk informatiedoel moet worden bereikt, en legt dus vast:

1. Om welke hulpbron het gaat.
2. Welk soort informatie over deze hulpbron moet worden geleverd.
3. Hoe nauwkeurig of betrouwbaar deze informatie moet zijn, en in verband daarmee:
  - welk statistisch criterium wordt gebruikt om de nauwkeurigheid of betrouwbaarheid van deze informatie getalsmatig uit te drukken
  - welke methode moet worden toegepast om de nauwkeurigheid of betrouwbaarheid volgens dit criterium vast te stellen
  - het vereiste niveau van nauwkeurigheid of betrouwbaarheid.

Een doelvoorschrift voor ruimtelijke inventarisaties van de koolstofvoorraad in de bodem, bijvoorbeeld, zou in grote lijnen als volgt kunnen zijn:



- Hulpbron: de terrestrische bodem tot 2 m diepte, in het door de uitvoerder te bepalen gebied, met uitzondering van bebouwing, erven, wegen en slootkanten.
- Soort informatie: de totale hoeveelheid koolstof in het gebied, uit te drukken in tonnen C.
- Nauwkeurigheidscriterium: de relatieve standaardfout van de schatting, uitgedrukt in procenten.
- Methode voor het vaststellen van de nauwkeurigheid: berekening uit de steekproefgegevens m.b.v. een standaardformule gebaseerd op het door de uitvoerder te kiezen steekproefontwerp.
- Vereist niveau van nauwkeurigheid: met een kans van 95% moet de relatieve standaardfout 2% of minder zijn.

Een doelvoorschrift voor monitoring van fosfaatverontreiniging van oppervlaktewater zou als volgt kunnen luiden:

- Hulpbron: het oppervlaktewater in het door de uitvoerder te bepalen gebied en tijdvak, met uitzondering van periodiek droogstaande sloten en greppels.
- Soort informatie: antwoord op de vraag of de aanname dat het fosfaatgehalte, gemiddelde over gebied en tijdvak, lager is dan 0.15 mg P per liter, juist is.
- Betrouwbaarheidscriterium: het onderscheidend vermogen bij toetsing van de hypothese, dus de kans dat de aanname terecht wordt verworpen, waarbij de kans op ten onrechte verwerpen niet groter is dan 5 %.
- Methode voor het vaststellen van de betrouwbaarheid: berekening uit de steekproefgegevens met een standaardformule die is gebaseerd op

het door de uitvoerder te kiezen steekproefontwerp.

- Vereist niveau van betrouwbaarheid: het onderscheidend vermogen moet minimaal 90% zijn.

Deze voorbeelden illustreren dat doelvoorschriften voor steekproeven, vergeleken met steekproefprotocollen, slechts een klein aantal specificaties hoeven te bevatten. Het spreekt echter vanzelf dat daar wel goed over wordt nagedacht. Zoals eerder genoemd is de 'Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive'<sup>3</sup> grotendeels een doelvoorschrift. Zo staat er in om welke hulpbronnen het gaat, welke soorten informatie daarover moeten worden verzameld, welke statistische criteria voor nauwkeurigheid en betrouwbaarheid gehanteerd moeten worden, en hoe deze te berekenen zijn uit de te verzamelen steekproefgegevens. Er staat niet in hoe nauwkeurig en betrouwbaar de resultaten moeten zijn.

#### **Voor- en nadelen van doel- en middelvoorschriften**

Beschouwen we de voor- en nadelen van doel- en middelvoorschriften, dan gaat het om twee aspecten: de kosten en de kwaliteit. Wat betreft de kosten zijn er twee componenten te onderscheiden: ontwerpkosten en uitvoeringskosten. In geval van een steekproefprotocol (middelvoorschrift) zijn er slechts de eenmalige de kosten van het ontwerpen van het protocol. In geval van een doelvoorschrift daarentegen dient voor elke toepassing apart een steekproefplan te worden ontworpen. Dit impliceert dat, althans wat betreft het ontwerpen, middelvoorschriften in principe een kostenvoordeel hebben, vergeleken met doelvoorschriften. Dit voordeel is uiteraard groter naarmate het

*Deze voorbeelden illustreren dat doelvoorschriften voor steekproeven, vergeleken met steekproefprotocollen, slechts een klein aantal specificaties hoeven te bevatten*

aantal toepassingen groter is, en naarmate het monitoringprobleem complexer is en daardoor het ontwerpen van een steekproefplan meer tijd kost. Het voordeel vervalt gedeeltelijk als het protocol niet compleet is en daarom voor elke toepassing nog moet worden aangevuld met de nodige specificaties.

Aan de kant van de uitvoeringskosten is de situatie minder duidelijk. Enerzijds zou bij veelvuldige toepassing van hetzelfde protocol wellicht gebruik kunnen worden gemaakt van schaalvoordelen met betrekking tot organisatie, logistiek of hulpmiddelen. Anderzijds is de voorgeschreven steekproefomvang bij een protocol impliciet of expliciet gebaseerd op een aanname omtrent de natuurlijke variabiliteit van de natuurlijke hulpbron. Hoe groter deze veronderstelde variabiliteit, hoe groter de steekproef moet zijn om de vereiste nauwkeurigheid of betrouwbaarheid te halen. De werkelijke variabiliteit zal echter verschillen van toepassing tot toepassing, en kan kleiner zijn dan is aangenomen bij het ontwerp van het protocol. In die gevallen zou de steekproef kleiner mogen zijn dan is voorgeschreven, en toch voldoende nauwkeurige resultaten opleveren. In geval van een doelvoorschrift is maatwerk bij het ontwerpen mogelijk, en daarbij kunnen onnodig grote steekproeven worden vermeden als voorinformatie over de natuurlijke variabiliteit beschikbaar is. Hoe groter het aantal toepassingen en hoe groter de verschillen in natuurlijke variabiliteit tussen de toepassingen, hoe groter de mogelijke kostenbesparing door dit soort maatwerk.

Welke kwaliteit van monitoringresultaten is te verwachten van steekproefprotocollen in verge-

lijking met die van aan de lokale situatie aangepaste steekproefplannen? Natuurlijk hangt dat van de situatie af, maar valt er in algemene zin iets over te zeggen? Hiervoor is aangegeven dat, bij gelijk kwaliteitsniveau, specifieke steekproefplannen tot een kostenbesparing kunnen leiden in vergelijking met protocollen, door aanpassing aan de lokale omstandigheden. Om dezelfde reden kunnen, omgekeerd, bij gelijke kosten specifieke steekproefplannen nauwkeuriger of betrouwbaarder resultaten opleveren dan protocollen, mits voorinformatie over de natuurlijke variabiliteit beschikbaar is.

#### **Indirecte effecten op kwaliteit en kosten**

Naast de reeds genoemde directe effecten op kwaliteit en kosten kunnen er ook enkele indirecte effecten een belangrijke rol spelen. Ten eerste, het 'verzilveren' van het potentiële voordeel dat specifieke steekproefplannen kunnen hebben door optimale aanpassing aan de lokale omstandigheden, is alleen mogelijk als er mensen zijn die dergelijke steekproeven kunnen opzetten. Dat is in de praktijk lang niet altijd het geval. Gebrek aan kennis op het gebied van steekproeven is waarschijnlijk een belangrijke oorzaak van inefficiëntie bij monitoringprogramma's voor natuurlijke hulpbronnen. Om daar wat aan te doen is o.a. het handboek 'Sampling for Natural Resource Monitoring' uitgegeven<sup>4</sup>, en worden er op basis daarvan cursussen gegeven voor mensen die met monitoring bezig zijn.

Ten tweede, de kwaliteit van zowel specifieke steekproefplannen als protocollen varieert in de praktijk van slecht tot goed. Het negatieve effect van een slecht steekproefplan is beperkt tot één

*Gebrek aan kennis op het gebied van steekproeven is waarschijnlijk een belangrijke oorzaak van inefficiëntie bij monitoringprogramma's voor natuurlijke hulpbronnen*

toepassing, terwijl dat bij een protocol wordt vermenigvuldigd met het aantal toepassingen. Omgekeerd, als het protocol goed is doordacht en getest, kan dat een sterk kwaliteitsbevorderend effect hebben vergeleken met het alternatief van specifieke plannen, met name als de betrokken toepassers nauwelijks kennis van steekproeven hebben.

Ten derde, van protocollen moet worden gevreesd dat zij een indirect negatief effect hebben op langere termijn, doordat de toepassers niet worden gestimuleerd om te zoeken naar betere methoden en technieken. Met andere woorden, onderzoek en ontwikkeling op het gebied van monitoring wordt door protocollen gedeeltelijk geblokkeerd.

#### **Aanbevelingen**

Om te komen tot een goed steekproefprotocol is het sterk aan te raden om te beginnen met het formuleren van een doelvoorschrift, en pas daarna aan de hand daarvan een protocol te ontwerpen. Het principe dat eerst het doel nauwkeurig moet worden vastgelegd alvorens tot ontwerpen over te gaan, is gedetailleerd uitgewerkt in genoemd handboek.

Als er inderdaad een doelvoorschrift ten grondslag ligt aan een protocol, dan zou moeten worden overwogen om toepassers de vrijheid te geven om te kiezen tussen volgen van het protocol, dan wel zelf een specifiek steekproefplan te ontwerpen op basis van het doelvoorschrift. Het protocol zou daarbij dan als een voorbeeld kunnen dienen.



*Foto: Geert van Duinboven*

## 4.4 Natuurmonitoring vergt praktische instelling

A.J. van Strien, Centraal Bureau voor de Statistiek,  
L.L. Soldaat, Centraal Bureau voor de Statistiek  
R. Bink, Gegevensautoriteit Natuur

Twintig jaar geleden schreef Mary Palmer een kritische beschouwing over de monitoring van zeldzame plantensoorten in de Verenigde Staten<sup>1</sup>. Het kwam er op neer dat daar weinig van deugde: de doelen waren niet duidelijk, de veldmethode leek lukraak gekozen, de studieplots waren vaak niet aselekt geselecteerd enzovoorts. “*Monitoring of rare plants is very much in its infancy*”, was haar conclusie. Ook anderen waaronder Meijers *et al.*<sup>2</sup> waren in die tijd erg kritisch over opzet en doelgerichtheid van natuurmeetnetten in Nederland en daarbuiten.

Sindsdien heeft de monitoring van de natuur een hoge vlucht genomen (zie Gregory *et al.*<sup>3</sup>). Maar de kritiek op de kwaliteit van meetnetten en het nut ervan is niet verstomd<sup>4,5</sup>. En dat terwijl er inmiddels allerlei recepten en handboeken zijn gepubliceerd waarin de ideale aanpak van een natuurmeetnet wordt beschreven<sup>6,7,8</sup>. Het ideaalbeeld van de schrijvers van de handboeken daarbij is dat monitoringresultaten direct kunnen leiden tot bijstellingen van het beleid (figuur 1). Maar blijktbaar is dat toch niet zo eenvoudig. Aan de hand van het Netwerk Ecologische Monitoring

(NEM) laten we zien dat de praktijk van het monitoren vaak weerbarstig is en het toepassen van monitoringresultaten in het beleid niet rechttoe-rechtaan is.

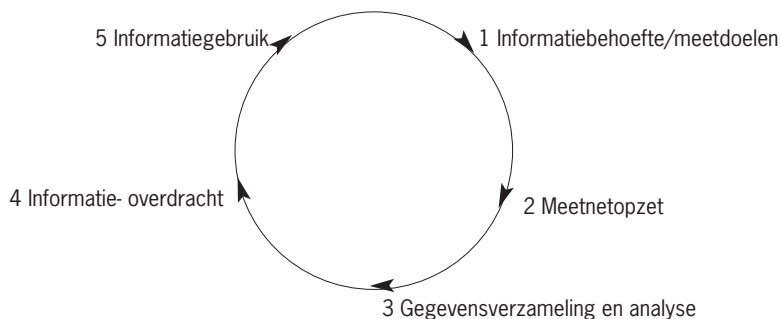
### Netwerk Ecologische Monitoring

Begin jaren negentig hielden allerlei instellingen in Nederland zich bezig met de monitoring van natuur. Er was echter geen onderlinge afstemming en ook geen afstemming tussen informatiebehoefte en meetnetten. Het NEM is opgezet om dat te veranderen<sup>9</sup>. Sinds 1995 werken in het NEM het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Rijkswaterstaat, het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, het Planbureau voor de Leefomgeving, het Centraal Bureau voor de Statistiek en de provincies samen bij de monitoring van de natuur.

In de beginjaren van het NEM hebben beleidsmedewerkers en onderzoekers uitgebreid overlegd om de belangrijkste informatiebehoeften van de overheid te identificeren en in meetdoelen te vertalen. Hoe duidelijker de gebruikers van een meetnet namelijk zijn over hun wensen, des te beter kunnen onderzoekers een meetnet inrichten<sup>6,8</sup>. Bij het NEM kozen de beleidsmakers uiteindelijk voor tamelijk overzichtelijke meetdoelen en een relatief eenvoudige meetnetopzet. De huidige NEM-meetdoelen zijn het volgen van:

- de trends in populatieomvang van soorten van de Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijn,
- de trends in populatieomvang van soorten van soortbeschermingsplannen,
- de trends in populatieomvang van vogels en flora in het agrarische gebied,

Figuur 1 Informatiecyclus Natuurbeleid



- de gevolgen van verzuring, vermessing en verdroging voor verschillende soortgroepen,
- de trends in populatieomvang van indicatieve soorten vogels en hogere planten per watersysteem,
- de trends in populatieomvang van vogels in de Waddenzee in het kader van het Trilateral Monitoring and Assessment Program (TMAP).

Aangezien de meetdoelen zijn gericht op groepen van soorten in plaats van op ecosystemen, is een aantal al bestaande soortgerichte meetnetten onder het NEM gebracht en aangepast en zijn enkele nieuwe meetnetten opgezet. De huidige NEM-meetnetten betreffen die voor reptielen, amfibieën, vleermuizen, hazen en andere dagactieve zoogdieren, broedvogels waaronder weidevogels, broedsucces van vogels, watervogels, dagvlinders, libellen, flora, paddenstoelen en korstmossen<sup>10,11</sup>. Het florameetnet en de helft van het weidevogelmeetnet worden uitgevoerd door professionals bij de provincies. Bij de overige meetnetten worden de meeste metingen uitgevoerd door vrijwilligers die werken onder leiding van de Particuliere Gegevensbeherende Organisaties, zoals SOVON Vogelonderzoek Nederland en de Vlinderstichting. Zonder de grootschalige inzet van vrijwilligers zouden veel meetnetten namelijk onbetaalbaar worden. De tellers zetten de veldinformatie op formulieren die vervolgens worden ingezameld en ingevoerd in de computer of de tellers voeren direct via internet hun veldgegevens in. Daarna vindt er controle plaats op fouten. Het CBS verwerkt de cijfers vervolgens tot jaarlijkse indexcijfers en meerjarige trends per soort en graadmeters per soortgroep.

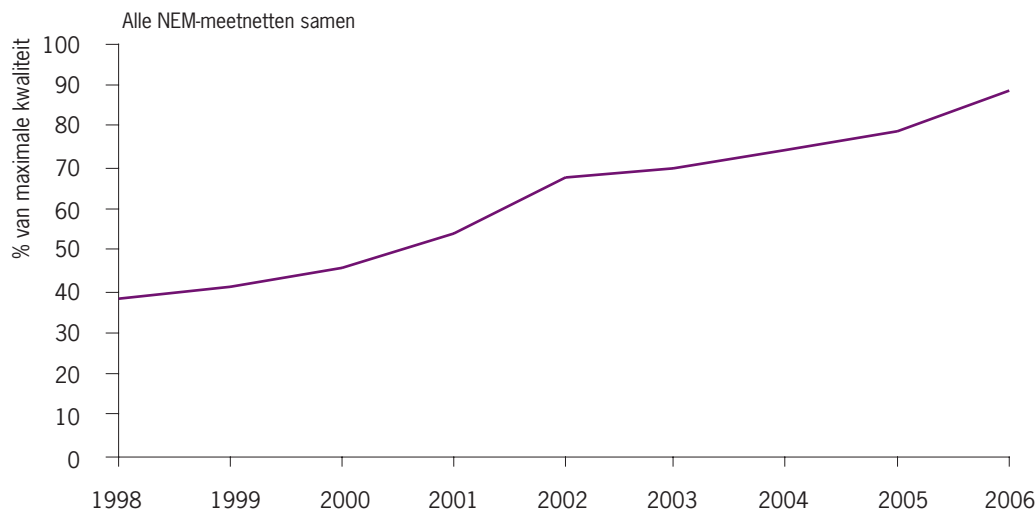
### Kwaliteit van de NEM-meetnetten

De kwaliteit van meetnetten komt tot uiting in de gevoeligheid om trends te kunnen detecteren en in het niet-vertekend zijn van trendschattingen. Dankzij de grootschalige inzet van vrijwilligers worden er in de meeste meetnetten veel meetlocaties geteld waardoor de gevoeligheid voor trenddetectie behoorlijk hoog is. Maar er is wel gevaar van vertekening. Om vertekening van resultaten te voorkomen is het beste om meetlocaties te selecteren door middel van kanssteekproeven, bijvoorbeeld door deze gestratificeerd aselekt te trekken<sup>4</sup>. Bij het NEM bleek dat ideaalbeeld van onderzoekers echter niet haalbaar. Dat komt zowel door de inzet van vrijwilligers als door de wensen van beleidsmakers.

Vrijwilligers zijn doorgaans bereid om de gegevens op een gestandaardiseerde manier te verzamelen. Dat wil zeggen dat ze allerlei voorschriften volgen over de telmethode. Maar de doorsnee vrijwilliger wil niet naar een gelote locatie, maar liever naar een locatie dicht in de buurt van zijn huis, in een mooi terrein, met liefst flink wat exemplaren van de te tellen soorten. Weliswaar zijn er inmiddels successen in het buitenland waarbij vrijwilligers wel op gelote meetlocaties tellen (voor een recent overzicht bij Europese broedvogelmeetnetten zie [www.ebcc.info](http://www.ebcc.info)), maar dan gaat het steeds om algemene soorten. De beleidsmakers bij het NEM bleken echter vooral geïnteresseerd in trends van zeldzame soorten (zie NEM-meetdoelen 1 en 2). Op gelote meetlocaties kom je zeldzame soorten nauwelijks tegen. Om de zeldzame soorten te kunnen volgen, moeten de locaties van die soorten worden opgespoord en ontstaat er een scheve bemonstering voor andere soorten die ook op die locaties worden geteld.

*Maar de doorsnee vrijwilliger wil niet naar een gelote locatie, maar liever naar een locatie dicht in de buurt van zijn huis, in een mooi terrein, met liefst flink wat exemplaren van de te tellen soorten*

Figuur 2 De kwaliteitsontwikkeling van de NEM-meetnetten (voor details zie CBS, 2007).



Een dergelijke gerichte selectie van meetlocaties heeft natuurlijk zijn prijs. Bij kanssteekproeven zijn de metingen direct bruikbaar voor het zuiver bepalen van populatietrends. Maar bij veel NEM-meetnetten kan de bepaling van de populatietrend fout zijn als gevolg van overbemonstering van de mooiere plekken. Alles wat scheef is, moet achteraf worden gerepareerd. Daarom worden alle resultaten van de NEM-meetnetten uitvoerig gescreend op mogelijke foutieve uitkomsten en worden vertekende resultaten statistisch gecorrigeerd (zie voor de aanpak daarvan Soldaat *et al.* in 5.2). Het CBS heeft daartoe de afgelopen jaren de trendberekeningen uitgebreid geautomatiseerd. De resultaten worden onder meer vergeleken met die van voorgaande jaren, met die uit herhaalde complete inventarisaties ('Atlasprojecten') en met de kennis van PGO's over veranderingen bij soorten. Verder worden vertekeningen tegen-

gegaan door voortdurend te streven naar een evenwichtige verdeling van meetlocaties. Dat gebeurt door de PGO's contractueel te vragen om toch zoveel mogelijk tellers te werven in onderbemonsterde regio's en begroeiingstypen.

Het werken met vrijwilligers, de gerichtheid van het beleid op zeldzame soorten en de vele mogelijke foutenbronnen maken natuurmonitoring in de praktijk complex. Desalniettemin durven we te stellen dat de meeste NEM-meetnetten goed op orde zijn. Volgens het jaarlijkse NEM-kwaliteitsrapport<sup>11</sup> is de overall score van de kwaliteit sterk verbeterd en inmiddels 90% (figuur 2). Dat betekent dat bij verreweg de meeste soorten in het NEM de gevoeligheid om trends te kunnen detecteren voldoende hoog is en de vertekening van de trendschattingen binnen de perken blijft.

### Gebruik van de NEM-meetnetten

De meetdoelen kunnen dan wel grotendeels gehaald worden, maar hoe staat het met het gebruik van de meetnetten in het beleid? Enerzijds is het gebruik van NEM-gegevens aanzienlijk. Ze worden bijvoorbeeld gebruikt in de Natuurbalans, in rapportages naar de EU over de Vogel- en Habitatrichtlijn, in evaluatiestudies van het Planbureau voor de Leefomgeving, in Watersysteemrapportages, in provinciale rapportages en in maatschappelijke discussies over weidevogels en Waddenzee. Inmiddels is het NEM daarmee uitgegroeid tot de ruggengraat van de monitoring van de terrestrische natuur in Nederland.

Maar anderzijds is de uiteindelijke doorwerking van NEM-informatie in het beleid beperkt<sup>12</sup>, hoewel er ook duidelijke uitzonderingen zijn (zie Soldaat *et al.*, in deze uitgave). Dat komt doordat beleidsmakers niet alleen letten op informatie uit meetnetten, maar ook op andere zaken. Volgens Keijsers *et al.*<sup>13</sup> worden beleidsmakers zelfs niet primair gedreven door theorie of empirie, maar eerder door politieke, economische en sociale krachten in de maatschappij, waarbij er een grote rol is weggelegd voor aangrijpende verhalen. Daarom is het ideaalbeeld van onderzoekers dat monitoringresultaten direct kunnen leiden tot aanpassingen van beleid een illusie.

Beleidsmakers kijken heel anders tegen meetprogramma's aan dan onderzoekers. Ze zien geen noodzaak om zich uit te spreken over specifieke meetdoelen van specifieke meetprogramma's, laat staan dat ze iets zouden willen of kunnen zeggen over technische details over de gewenste gevoeligheid en betrouwbaarheid van meetprogramma's, zoals de acceptabele grootte van type I en type II

fouten. Terwijl dat nu juist zaken zijn die onderzoekers graag willen horen. In de informatiecyclus ten behoeve van het beleid speelt natuurmonitoring in theorie een belangrijke rol, maar in de praktijk valt dat dus tegen. Dat geldt overigens niet speciaal voor de natuurmonitoring. De doorwerking van beleidsgericht onderzoek en evaluaties in het beleid is doorgaans gering<sup>12</sup>. Het NEM vormt gewoon geen uitzondering op de regel en onderzoekers moeten hiermee leren omgaan.

### Complicaties

Niet alleen is de doorwerking beperkt, maar ook bleek de informatiebehoefte van beleidsmedewerkers weinig constant. Ondanks het intensieve overleg over de meetdoelen tussen beleidsmedewerkers en onderzoekers in het begin van het NEM bleek al na enkele jaren dat beleidsmedewerkers zich weinig meer betrokken voelden bij de gekozen meetdoelen. Paradoxaal genoeg is de vraag naar natuurinformatie sterk groeiende, zoals onder meer naar voren komt uit de recente oprichting van de Gegevensautoriteit Natuur. Dat komt door toegenomen internationale en wettelijke verplichtingen en door de toegenomen behoefte om verantwoording af te leggen over de inzet van financiële middelen. Behalve een toegenomen vraag naar trends in de natuur is er ook grote vraag naar verspreidingsgegevens van veel soorten. Het vergt aparte meetsystemen om de verspreiding van soorten in kaart te brengen. De vraag is nu hoe met deze complicaties om te gaan. Het wordt snel onbetaalbaar om voor alle nieuwe wensen een op maat toegesneden meetstelsel te ontwikkelen en dan na enige jaren te merken dat de behoefte alweer is gewijzigd. Dat leidt tot grote verliezen aan investeringen, zoals

*Paradoxaal genoeg is de vraag naar natuurinformatie sterk groeiende, zoals onder meer naar voren komt uit de recente oprichting van de Gegevensautoriteit Natuur*

*De hoogste prioriteit ligt bij informatiebehoeften die voortvloeien uit internationale verplichtingen. Deze zijn van belang vanwege het juridisch afdwingbare karakter van de gegevensvoorziening*

de ontwikkeling van veldformulieren en internet-applicaties voor de invoer van gegevens, veld-handleidingen, opleiding van vrijwilligers, selectie van meetlocaties, automatisering van dataverwerking, ontwikkelen van procedures voor kwaliteitsbewaking en dergelijke. Voortdurende veranderingen zijn funest voor monitoringprogramma's die het moeten hebben van hun langjarigheid. Maar natuurlijk is het ook niet zinvol om meetnetten in de lucht te houden waar geen behoefte meer aan is.

#### **Van monitoring op maat naar een multipurpose meetprogramma**

De vele extra wensen die ook nog eens in de tijd kunnen wisselen, vergen een andere strategie dan voorheen. In plaats van een meetprogramma dat zo nauw mogelijk aansluit op de wensen van gebruikers (zoals de handboeken aanbevelen) lijkt het beter om het NEM en het verspreidingsonderzoek als multipurpose meetprogramma op te vatten: een meetprogramma dat bruikbaar is voor zoveel mogelijk meetdoelen en toepassingen. Het houdt in dat de gegevensinwinning vooral wordt afgestemd op de meest belangrijk geachte en meest duurzame informatiebehoeften. Minder belangrijke wensen worden minder zwaar meegenomen in het aansturen van het veldwerk, maar er wordt wel geprobeerd om daaraan tegemoet te komen door de toepassingsmogelijkheden van de verzamelde gegevens te maximaliseren. Dat gebeurt door robuuste meetnetten te ontwerpen, statistische analyses te ontwikkelen, bestanden te koppelen en te bevorderen dat de precieze coördinaten van locaties van veldgegevens worden bijgehouden. Als leidraad houden we de volgende prioritering aan, waarvan kan worden afgeweken

als beleidsmedewerkers dat voldoende duidelijk maken.

De hoogste prioriteit ligt bij informatiebehoeften die voortvloeien uit internationale verplichtingen. Deze zijn van belang vanwege het juridisch afdwingbare karakter van de gegevensvoorziening. Daarnaast speelt mogelijk gezichtsverlies een rol bij het niet nakomen van verplichtingen. In deze categorie vallen de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water, het Meetnet Functievulling Bos (voor zover vanuit de EU voorgeschreven) en het Trilateral Monitoring and Assessment Program voor de Waddenzee.

Een tweede categorie bestaat uit informatiebehoefte vanwege nationale wetgeving. Ook hierbij is gegevensinwinning niet vrijblijvend, al is het ook niet vanzelfsprekend dat de overheid dat allemaal regelt. Daarmee hebben deze wetten een lagere prioriteit dan de internationale wet- en regelgeving. In deze categorie vallen de Flora- en faunawet, de Natuurbeschermingswet en de Wet Ruimtelijke Ordening.

De derde categorie is de behoefte die voortkomt uit het nationale natuurbeleid. Er zijn allerlei beleidsplannen waarvoor natuurgegevens nodig zijn, zonder wettelijk verplichtend karakter bij de inwinning. Daarmee hebben deze initiatieven een lagere prioriteit dan initiatieven vanuit de nationale wetgeving. In deze categorie vallen bijvoorbeeld het Leefgebiedenbeleid, de Agenda Vitaal Platteland, de Ecologische hoofdstructuur en de Rode Lijsten. Er is overigens nog aanzienlijke variatie in het belang van de gegevensinwinning binnen deze categorie. Zo is gegevensinwinning



om de kwaliteit van de Ecologische hoofdstructuur vast te stellen van belang omdat dit een speerpunt is in het nationale natuurbeleid. Het belang van gegevensinwinning ten behoeve van de Leefgebiedenbenadering is minder groot.

Ten slotte zijn er nog verplichtingen of wensen waarvoor de gegevensbehoefte niet exact is vastgelegd, zoals bij de Conventie voor Biodiversiteit. Weliswaar is de rapportage daarvan verplicht, maar de omschrijving is zo globaal dat er niet op hoeft te worden gestuurd. Ook activiteiten die incidenteel om gegevens vragen vallen in deze categorie, zoals de evaluatiestudies door het Planbureau voor de Leefomgeving. Een alternatief is om tijdelijk de gegevenswinning voor geplande evaluatiestudies te intensiveren.

### **Conclusie**

De belangrijkste les van de afgelopen jaren is dat natuurmonitoring voor beleid vooral een praktische instelling vergt van de betrokken uitvoerders. De kunst is om flexibel om te gaan met de veranderende wensen van gebruikers en met de ideaalbeelden van onderzoekers. Anders hebben meetnetten geen lang leven. Multipurpose meetprogramma's hebben daarmee de toekomst.

### **Dankwoord**

Dank aan Martin Knotters, Fons Koomen, Dennis de Kool, Joop Smittenberg en Willy van Strien voor het kritisch doorlezen van het concept.



*Foto: bvbeeld*

## 4.5 Een wereld achter de cijfers: participatieve monitoring van verduurzaming van de landbouw

*J.W.H. van der Kolk,  
Wettelijke Onderzoekstaken  
Natuur en Milieu  
A.M.E. Groot,  
Alterra, Wageningen UR*

Een bekend gezegde luidt ‘meten is weten’. In toenemende mate spreken beleidsmakers en managers over prestaties en resultaten in cijfers. Maar klopt het wel dat je alle ontwikkelingen in cijfers vast kunt leggen? En als er dan aan een resultaat een cijfer wordt gegeven, wat zegt dit cijfer dan eigenlijk? Om maar met de deur in huis te vallen: achter ieder cijfer zit een verhaal. Ook de cijfers verkregen via monitoring blijken in werkelijkheid niet altijd zo hard te zijn als ze op het eerste gezicht lijken. Dit essay laat aan de hand van de ‘Monitoring van verduurzaming van de Nederlandse landbouw’ zien, dat er methodieken om de voortgang van zo’n complex maatschappelijke proces in de vorm van verhalen in beeld te brengen.

### **Is meten wel altijd weten?**

‘Meten is weten’ is het gangbare principe achter de traditionele monitoring die wordt gebruikt om inzicht te krijgen in de behaalde resultaten van in gang gezette processen. Vooraf geformuleerde, meetbare doelen, geplande activiteiten en SMART-indicatoren zijn de basisinstrumenten van een dergelijke effectmonitoring. Deze vorm van effectmonitoring wordt sinds jaar en dag tot tevredenheid van velen als management tool gebruikt binnen projecten, organisaties en beleid ter bevordering van de efficiëntie en effectiviteit. Toch zitten er ook haken en ogen aan deze klassieke effectmonitoring die zichtbaar worden bij de zogeheten complexe processen. Dat zijn processen met vele interacterende actoren en factoren, onzekerheid, conflicten en risico’s zoals de grote vraagstukken waar wij vandaag de dag als maatschappij voor staan zoals globalisering, klimaatverandering of duurzame ontwikkeling.

Complexe processen zijn doelzoekend van aard. Het zijn afhankelijkheden en gedeelde toekomstbeelden die richting geven aan deze processen in plaats van voorafgestelde kwantitatieve doelen zoals bij relatief eenvoudige projecten. Vertrouwen, reciprociteit, leren en onderhandelen zijn de nieuwe drijfveren achter complexe processen. Sociaal kapitaal en gezamenlijke actie. Dit alles laat zich niet eenvoudig in cijfers uitdrukken. Dat het dan ook lastig is om met effectmonitoring complexe processen zichtbaar en bespreekbaar te maken mag duidelijk zijn. Maar is er een alternatief...?

Als antwoord op deze vraag gaan we in dit essay in op een zogeheten participatieve monitoringsbenadering die kwalitatief en interpretatief van aard is. Als praktijkvoorbeeld van een participatieve monitoring beschrijven we de ‘sectordialogen als (aanvullende) methodiek voor het monitoren van de verduurzaming van de Nederlandse landbouw’. Hiermee illustreren we een monitoringsmethodiek met potentie voor het in beeld brengen en bijsturen van complexe processen en lichten we in dit essay een tipje van de sluier op van de wereld achter de (landbouw)cijfers.

### **Participatieve monitoring: interpretatief, kwalitatief en gericht op leren**

Wat maakt een participatieve monitoring nu anders dan een effectmonitoring? De klassieke effectmonitoring veronderstelt objectief te zijn en niets dan de feiten te presenteren. Een participatieve monitoring daarentegen gaat er vanuit dat de uitkomsten van de monitoring de resultante zijn van een zingevingsproces van betrokken partijen, die allen verschillende percepties en waarden vertegenwoordigen.

Een effectmonitoring wordt gedreven door een sterke behoefte of verplichting om verantwoording aan derden af te leggen. Degenen aan wie verantwoording moet worden afgelegd drukken uiteindelijk een grote stempel op het vaststellen van de parameters die worden gemonitord. Een participatieve monitoring heeft veel minder een afrekenmentaliteit, maar vooral een leermentaliteit met als centrale vraag 'wat moet er gebeuren om zaken een bepaalde richting op te doen bewegen?'. Bij een participatieve monitoring zijn het vooral de directe betrokkenen die de monitoringsagenda definiëren. Via een onderhandeling bepalen de betrokkenen wat er op dat moment voor hen van belang is om over te leren ter verbetering van hun handelen in de toekomst<sup>1</sup>. In een participatieve monitoring is dus alle ruimte om onverwachte trends of uitkomsten te bespreken. Het zijn niet alleen de geplande resultaten die centraal staan zoals het geval is bij een effectmonitoring. Een participatieve monitoring vertoont dan ook een co-evolutionair karakter: de monitoringsonderwerpen veranderen mee met de ontwikkelingen in het te bestuderen proces.

Omdat bij een participatieve monitoring de beoogde doelen niet centraal staan, spelen indicatoren een ondergeschikte rol. Bij een effectmonitoring daarentegen vormen indicatoren de belangrijkste instrumenten voor het verzamelen en presenteren van de benodigde data. De praktijk laat echter nogal wat beperkingen zien van het gebruik van indicatoren<sup>2</sup>. Zo geven indicatoren meestal geen inzicht in ambities, (verborgen) agenda's of angsten van betrokkenen. Terwijl het wel belangrijke drijfveren zijn voor het in actie komen. Ook complexe maatschappelijke ontwik-

kelingen zoals het fenomeen 'maatschappelijke acceptatie van een landbouwsector' blijken moeilijk meetbaar of inzichtelijk te maken met (een set van enkele) indicatoren. Maatschappelijke acceptatie is namelijk een resultaat van verschillende in gang gezette processen en vormt daarmee een complex geheel. Indicatoren en de bijbehorende cijfers geven slechts een indicatie over afzonderlijke onderdelen van de in gang gezette ontwikkeling. In een participatieve monitoring wordt soms ook gebruik gemaakt van indicatoren maar wel op een andere manier. Het zijn niet de buitenstaanders maar juist de directe betrokkenen zelf die vooraf bepalen welke indicatoren er gebruikt gaan worden in de monitoring. Het signaleren en het leren over ongeplande maar significante veranderingen blijft echter belangrijk in een participatieve monitoring<sup>3</sup>.

Het meest onderscheidende aan en de kracht van een participatieve monitoring ligt dan ook op het gebied van het gezamenlijk leren. In een participatieve monitoring vindt het leren door het delen van elkaars percepties, interpretaties en waardeoordelen door middel van een dialoog. Cijfermatige uitkomsten worden ingekleurd met verhalen en verschillende waarheden. Het gezamenlijk interpreteren en waarderen van resultaten en veranderingen, inclusief de verrassingen, stimuleert het ontwikkelen van nieuwe inzichten voor de toekomst en helpt ook het ontstaan van betrokkenheid. Het leren kan vrij oppervlakkig zijn, bijvoorbeeld in de vorm van informatie-uitwisseling. Maar het leren kan ook diepgaand zijn als de betrokkenen hun eigen en elkaars doelen en uitgangspunten ter discussie durven te stellen. Juist een discussie over verschillen in

*Het meest onderscheidende aan en de kracht van een participatieve monitoring ligt dan ook op het gebied van het gezamenlijk leren*

inzichten en uitgangspunten stimuleren het bijstellen van denken en handelen. In 2006 zijn er gestructureerde sectordialogen uitgevoerd voor het monitoren van de verduurzaming van de Nederlandse landbouw. De methodiek die hiervoor is gebruikt is een voorbeeld van een participatieve monitoring die kwalitatief van aard is en gericht op leren.

#### **Gestructureerde sectordialogen als participatieve methodiek voor het monitoren van de verduurzaming van de Nederlandse landbouw**

Milieuproblemen, uitbraken van dierziekten, problemen met dierenwelzijn en voedselschandalen hebben de landbouw in de jaren negentig getekend. In 2001 pleitte de Commissie Wijffels voor een 'herontwerp' van de veehouderij en het Nationaal Milieubeleidsplan 4 voor een 'transitie naar een duurzame landbouw'. In antwoord hierop heeft de Minister van LNV eind 2002 het Plan van Aanpak voor de Transitie naar een Duurzame Landbouw aangeboden aan de Tweede Kamer. Bij

het aanbieden van dit plan aan de Tweede Kamer heeft het ministerie toegezegd de voortgang naar een duurzame landbouw te monitoren.

De vraag was echter hoe dit te gaan monitoren. In eerste instantie is gezocht naar kwantitatieve gegevens. Deze zijn bijeengebracht in een update van de kwantitatieve monitoring 'Duurzame Landbouw in Beeld' 4. In 'Duurzame Landbouw in Beeld' zijn cijfers verzameld voor economische, ecologische én sociale indicatoren van de Nederlandse land- en tuinbouwsectoren: een typisch voorbeeld van een effectmonitoring dus. In 2006 constateerde onder andere het ministerie van LNV dat 'Duurzame Landbouw in Beeld' onvoldoende beeld gaf over de voortgang van de ontwikkeling naar een meer duurzame landbouw, omdat de kwantitatieve resultaten van de monitoring niet goed geïnterpreteerd konden worden omdat er door het beleid en verschillende sectoren nog niet voor alle duurzaamheidsthema's concrete ambitieniveaus vastgesteld waren. Bovendien waren niet voor alle duurzaamheidsthema's

#### **Aanpak gestructureerde sectordialogen in vogelvlucht**

In de periode april - juni 2006 zijn voor zes landbouwsectoren (varkenshouderij, melkveehouderij, pluimveehouderij, glastuinbouw, akkerbouw en opengrondstuinbouw) dialogen georganiseerd. Een sector werd breed opgevat en gezien als een bedrijfstype binnen de primaire land- en tuinbouw waarin agrarische ondernemers, toeleveranciers en afzetpartijen centraal staan, maar waar ook overheden, maatschappelijke organisaties en onderwijs- en onderzoeksinstituten bij betrokken zijn 5, 6.

In de dialogen zijn de betrokkenen uit die sectoren met elkaar in gesprek gegaan over de ontwikkeling naar een duurzame landbouw. De methodiek is voor alle zes dialogen gelijk geweest en is zodanig opgezet dat de resultaten van deze dialogen als nulmeting kunnen worden gebruikt. De deelnemers is gevraagd naar:

1. hun ambities voor 2020,
2. welke acties nodig zijn om de ambities te kunnen bereiken,
3. hoe de huidige situatie wordt beoordeeld in het licht van de gestelde ambities.

indicatoren beschikbaar en was het onbekend welke betrokken partijen bepaalde cijfers op welke manier beoordelen aangezien een oordeel over duurzaamheid vooral een waardeoordeel is. Er rezen dan ook vragen als ‘welke gegevens zijn nu echt van belang?’, en ‘hoe moeten de betrokken partijen de voortgang van de ontwikkeling naar een duurzame landbouw interpreteren?’. Om dit te kunnen doen is een aanvullende monitoringsmethodiek ontwikkeld in de vorm van gestructureerde sectordialogen. Deze methodiek heeft een sterk participatief, interpretatief en kwalitatief karakter. In 2006 is een aantal sectordialogen uitgevoerd met de volgende doelen:

1. Inzicht krijgen in de percepties/beelden van de betrokken partijen over de verduurzaming van de landbouw.
2. Inzicht krijgen in de overeenkomsten en verschillen in de ambities van de betrokken partijen met betrekking tot duurzaamheid.
3. Het stimuleren van leren over het verduurzamen van de landbouw door de deelnemers aan de dialogen. Dit laatste voerde het ministerie van LNV als belangrijk punt op.

Vanuit een monitoringsperspectief is het interessant om te kijken wat de sectordialogen als monitoringsaanpak hebben opgeleverd en waar de verschillen en meerwaarde liggen t.o.v. de kwantitatieve monitoring ‘Duurzame Landbouw in Beeld’.

### **Wat hebben de sectordialogen nu opgeleverd?**

#### *Inzicht in de diversiteit aan beelden en ambities*

De aanpak van de sectordialogen is gericht geweest op het verkrijgen van inzicht in de diversiteit aan percepties, waardeoordelen en ambities.

Zowel de uitnodigingstrategie van de deelnemers aan de dialoog als de procesfacilitatie tijdens de dialogen hebben dit inzicht gestimuleerd. De dialogen hebben verschillen in beelden tussen stakeholders uit dezelfde sector, tussen stakeholders van verschillende sectoren, maar ook tussen dezelfde stakeholders van verschillende sectoren expliciet gemaakt. Compromissen en gemiddelden, zoals in Duurzame Landbouw in Beeld, zijn niet gezocht.

Inzicht in verschillen in percepties en ambities tussen stakeholders en tussen sector faciliteert het gericht ontwikkelen van specifieke (beleids-)strategieën.

#### *Subjectieve resultaten*

Tijdens de dialogen werden de deelnemers gestimuleerd een eigen betekenis te geven aan de te bereiken doelen en aan de beoordeling van de huidige situaties. De betrokkenen keken ieder vanuit hun eigen referentiekader aan tegen successen, trends, problemen en uitdagingen binnen de sector. Zo stelde een van de primaire producenten tijdens de ‘melkveehouderij-dialoog’ dat hij vond dat de melkveehouderij niet hoger dan een 4 scoorde in haar weg om de ambities voor 2030 te behalen. Andere stakeholders, in dit geval de niet-agrarische ondernemers, vonden dat er al redelijk veel was gebeurd in het licht van de gestelde ambities. Zij vonden dat de melkveehouder de sector te laag schatte.

Dit voorbeeld laat duidelijk zien dat de resultaten van een participatieve monitoring sterk beïnvloed worden door de deelnemende personen en dus subjectief van aard zijn. De inzichten die verkregen zijn via de dialogen over de verduurzaming van de sectoren zijn gebaseerd op de uitingen van

*Inzicht in verschillen in percepties en ambities tussen stakeholders en tussen sector faciliteert het gericht ontwikkelen van specifieke (beleids-)strategieën.*

de deelnemende personen. Zo kan het privéleven doorwerken in de resultaten van de dialogen. Ook de hype van de dag en de perceptie over wat er op dat moment in de maatschappij leeft hebben de uitkomsten van de dialogen gekleurd.

#### *Leren*

Een van de doelen van de dialogen was het stimuleren van leren over duurzaamheid door de betrokken partijen. De dialogen hebben onder de deelnemers geleid tot een grotere bewustwording over elkaars ambities en doelen en onderliggende motieven. De dialogen hebben bestaande relaties ondersteund en nieuwe contacten en uitwisselingen gestimuleerd. Of dit leren naast nieuwe inzichten ook tot vernieuwend handelen zal leiden, is nog de vraag...

In de praktijk van de sectordialogen bleek het moeilijk om het zogenaamde kritisch leren te realiseren. De omvang en frequentie van de dialogen is te gering geweest om van diepgaand leren te kunnen spreken: een vorm van leren waarin kritisch gereflecteerd wordt op elkaars doelen en vooronderstellingen en op die van jezelf. Kritisch leren is leren met impact op eigen handelen. De ervaring met de sectordialogen laat zien dat een participatieve monitoring het leren over elkaars percepties, beweegredenen en ervaring mogelijk maakt. Het stimuleren van kritisch leren vraagt echter een intensief participatief monitoringsproces<sup>6</sup>.

#### **Kwantitatieve monitoring versus kwalitatieve monitoring**

Met het kwalitatieve beeld van de sectordialogen van 2006 voor ogen en het feit dat het om een nulmeting ging, heeft het ministerie van LNV aan het Planbureau voor de Leefomgeving

gevraagd om de resultaten van de dialogen ‘in perspectief’ te plaatsen<sup>7</sup>. Het MNP heeft de uitkomsten van de dialogen vervolgens vergeleken met ambities en doelen in nota’s en rapporten, en met cijfers uit Duurzame Landbouw in Beeld<sup>4</sup>. Er is gekeken of de ambities in de afgelopen jaren veranderd zijn, maar vooral ook of ambities uit de dialogen terug te vinden zijn in de officiële cijfers.

Vanuit een monitoringsperspectief is het interessant om te kijken of de dialogen nu meer informatie of juist een ander type informatie hebben opgeleverd dan dat we uit de cijfers hebben kunnen afleiden. Het antwoord is ja: het blijkt dat niet alle ambities uit ‘Duurzame Landbouw in Beeld’ te herleiden zijn. De dialogen laten meer verschillende ambities zien dan de kwantitatieve monitoring. Zo bleek voor de meeste sectoren het geringe animo van studenten voor het groene onderwijs als een urgente kwestie gezien te worden waarvoor snel actie opgezet zou moeten worden. In de kwantitatieve monitoring Duurzame Landbouw in Beeld is dit onderwerp niet genoemd. Het ligt daarmee voor de hand om een indicator toe te voegen aan de set in Duurzame Landbouw in Beeld die iets zegt over de kennisontwikkeling.

Verder komt tijdens de dialogen heel duidelijk naar voren welke aspecten nu echt belangrijk zijn voor de betrokkenen en welke niet. Duurzame Landbouw in Beeld laat met cijfers per indicator zien of iets verbeterd is of niet, maar niet welke indicatoren nu belangrijk zijn voor de betrokkenen. Zo wordt duidelijk dat inkomen en bedrijfsopvolging hele belangrijke factoren zijn voor de sectoren. Hier maken alle partijen zich echt

*De dialogen laten meer verschillende ambities zien dan de kwantitatieve monitoring*

zorgen over. Opvallend hierbij is dat de cijfers juist laten zien dat het in economisch opzicht voor de sectoren beter ging het jaar voorafgaand aan de dialogen. Ook bleek dat het aantal bedrijven zonder bedrijfsopvolging niet schrikbarend was toegenomen. Met andere woorden, de cijfers laten zien dat het de sectoren economisch beter gaat, maar dit geeft de betrokkenen nog geen gevoel van vertrouwen. Dit is belangrijke informatie voor het beleid. Zonder vertrouwen in de financiële toekomst zullen ondernemers niet zomaar bereid zijn investeringen te doen in bijvoorbeeld maatregelen die voor het milieu belangrijk zijn. Dit voorbeeld illustreert een verhaal achter de cijfers, dat niet zomaar in een getal is uit te drukken.

#### **Kwalitatief én kwantitatief: een sterke combinatie**

Het mag duidelijk zijn dat niet alle informatie met behulp van dialogen boven tafel komt. Ook dialogen hebben zo hun beperkingen als monitoringsmethode. De dialogen hebben vooral informatie over drijfveren en denkwijzen opgeleverd. Deze aspecten geven een beeld van wat er binnen een groep speelt, maar kennen ook een duidelijke persoonlijke inslag. Of een drijfveer echter nu ook daadwerkelijk leidt of geleid heeft tot een concrete actie, en daarmee verbetering, is niet altijd duidelijk. Daarom blijven kwantitatieve metingen en cijfers belangrijk.

Beleidsmakers willen graag inzicht hebben in de voortgang van het verbeteren van complexe maatschappelijke vraagstukken. Traditioneel wordt hierbij vaak teruggegrepen naar een kwantitatieve monitoring; immers meten is weten. Maar die cijfers geven inzicht in het verloop van de indicatoren afzonderlijk en minder in het proces als geheel en de menselijke drijfveren erachter. Als

aanvulling op de kwantitatieve monitoring is in dit essay de participatieve monitoring in de vorm van sectordialogen naar voren gebracht. Ook een participatieve monitoring kent beperkingen. Percepties, waardeoordelen en ambities worden sterk beïnvloed door de waan van de dag en de druk vanuit een groep. Daarom is het goed om bij monitoring van complexe maatschappelijke problemen terug te grijpen op een combinatie van kwantitatieve en kwalitatieve monitoring. De twee typen monitoring kunnen elkaar complementeren en versterken, zoals het volgende voorbeeld laat zien.

Uit de cijfers blijkt dat tot 2000 er een enorme winst is gehaald op milieugebied in de landbouw omdat de emissies van veel stoffen enorm zijn gedaald. Sinds 2001 zijn de trends nog wel dalend, maar over het algemeen neigen ze steeds meer naar stabiel<sup>4, 6</sup>. Betekent die stagnatie nu dat langetermijndoelen niet gehaald worden, of is hier sprake van een tijdelijke stagnatie? Als we dan kijken naar de uitkomsten van de dialogen en met name naar de ambities, dan blijkt dat de ambitie om milieumaatregelen te treffen de laatste jaren niet is toegenomen. Betrokkenen zijn afwachtend en hebben de indruk dat het wel goed zal komen. De stagnerende trend die uit de cijfers blijkt komt dus overeen met een stagnatie in ambitie. De ambities zoals geformuleerd tijdens de dialogen vertellen dan ook het verhaal achter de cijfers.

Het voorbeeld van de monitoring duurzame landbouw laat zien dat zowel de kwantitatieve als de kwalitatieve monitoring afzonderlijk niet voldoende zijn om een volledig beeld te geven van de eventuele voortgang. In combinatie komen ze in ieder geval een heel eind.

*Maar die cijfers geven inzicht in het verloop van de indicatoren afzonderlijk en minder in het proces als geheel en de menselijke drijfveren erachter*





## 5 Monitoring in de praktijk

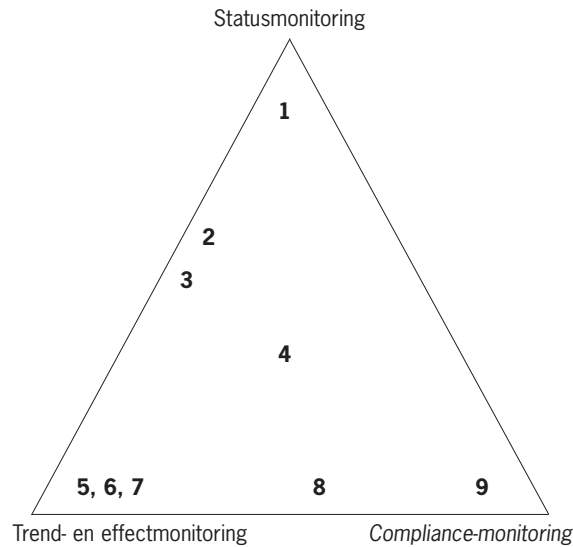
In dit hoofdstuk komt de vraag aan de orde wat de huidige praktijk bij monitoring van de natuurlijke leefomgeving is. Het hoofdstuk geeft geen uitputtend overzicht, maar een bloemlezing van negen uiteenlopende projecten in verschillende stadia. Hoofdstuk 2 van deze WOT-studie beschrijft verschillende doelen van monitoring, typen resultaat en methoden van gegevensverwerking en –verzameling. Hoe passen de negen projecten hierin? In hoofdstuk 2 maakten we onderscheid tussen drie typen monitoring naar doel: statusmonitoring, trend- en effectmonitoring en compliance-monitoring. In dit hoofdstuk zullen we een aantal monitoringprojecten beschrijven die elementen bevatten van een of meerdere van deze typen monitoring. Een harde classificatie blijkt moeilijk, omdat monitoring vaak meerdere doelen dient.

Kort samengevat zijn er drie typen monitoring:

- statusmonitoring: een kwantitatieve beschrijving toestand van een object, en het volgen van de veranderingen in deze toestand in de tijd,
- trend- en effectmonitoring: kwantificeren van mogelijke effecten van een natuurlijke gebeurtenis of een menselijke activiteit op een object,
- compliance monitoring: beoordelen of de toestand van een object voldoet aan een bepaalde norm.

Figuur 1 geeft voor elk project aan bij welk type monitoring deze past.

Hieronder volgt per project een korte toelichting bij het doel van monitoring (zie paragraaf 2.2), het type informatie (zie paragraaf 2.3.1), en de



*Figuur 1 Voor elk project is aangegeven bij welk type monitoring deze past.*

methode van gegevensverwerking en –verzameling (zie paragraaf 2.3.2 en 2.3.3).

**1.** Regionale nitraatmonitoring is een voorbeeld van statusmonitoring. Het doel is om op regionale schaal vast te stellen wat het nitraatgehalte in het grondwater is (globale informatie). Daarnaast worden binnen een regio deelgebieden geïdentificeerd met een hoge nitraatuitspoeling (lokale informatie). Er wordt een kanssteekproef uitgevoerd, en de statistische gegevensverwerking is ontwerpgebaseerd.

**2.** Het nationale weidevogelmeetnet is opgericht om de ontwikkelingen in de weidevogelstand te volgen, om te kunnen beoordelen of de diverse investeringen in weidevogelbescherming effect hebben. Het meetnet is op te vatten als een tussenvorm van statusmonitoring en trend- en

effectmonitoring, dat gericht is op het volgen van ontwikkelingen als gevolg van een complex aan maatregelen. De methode levert naast globale informatie, namelijk landelijke indexcijfers, ook meer lokale informatie: indexen en trends per fysisch-geografische regio, per provincie en per regio. Gegevens worden verzameld middels een gerichte steekproef en verwerkingsmethode is modelgebaseerd.

**3.** Kwelderwerken worden sinds vijftig jaar gemonitord om te beoordelen of de langjarige ontwikkelingen in de kwelders aansluiten bij de doelen. Ook dit monitoringproject is op te vatten als een tussenvorm van statusmonitoring en trend- en effectmonitoring, gericht op het volgen van ontwikkelingen als gevolg van een complex aan maatregelen. De monitoring levert lokale informatie op over vegetatieontwikkeling. Gegevens worden volgens gerichte steekproeven verzameld en deels volgens een modelgebaseerde aanpak verwerkt. De monitoring is voor een deel ook verkennend van karakter, met als doel hypothesevorming. Deze doelstelling van monitoring gaat vooraf aan de doelstellingen die hoofdstuk 2 geeft.

**4.** Het bodemmeetnet Noord-Holland 2003-2005 is bedoeld om gebiedsdekkend de bodemkwaliteit vast te stellen, i.c. de gehalten aan genormeerde stoffen in het landelijk gebied. Met de gegevens kan de provincie de ontwikkeling van de bodemkwaliteit volgen in relatie tot het beleid ten aanzien van verzuring, vermessing en verspreiding (diffuse verontreiniging). Omdat het om genormeerde stoffen gaat, kan ook worden beoordeeld of normen worden overschreden. Daarom is deze casus een tussenvorm van status-

trend- en effect- en compliance-monitoring. De methode levert globale informatie voor de provincie op (overschrijdingen van de streefwaarden). Daarnaast levert de methode lokale informatie op, in de vorm van een kaart met gemiddelde achtergrondwaarden voor deelgebieden. De gegevens zijn verzameld volgens een kanssteekproef en de verwerkingsmethode is ontwerpgebaseerd.

**5.** Monitoring van de ecologische effecten van gaswinning op Ameland is bedoeld om alle effecten van de gaswinning te volgen en negatieve effecten vroeg te signaleren, zodat indien nodig tijdig maatregelen genomen kunnen worden. Daarom is dit project een voorbeeld van trend- en effectmonitoring. Het project levert lokale informatie op, namelijk vegetatiekaarten. De gegevens worden gericht verzameld en de verwerkingsmethode is modelgebaseerd.

**6.** Het project Biotische indicatoren voor monitoring van veranderingen in nutriëntenbelasting in beken en sloten behandelt de opzet van een monitoringsprogramma om veranderingen in nutriëntenbelasting van beken en sloten, bijvoorbeeld als gevolg van het mestbeleid, te volgen. Onderzocht is welke biotische variabelen geschikt zijn om deze veranderingen te volgen. De studie staat in het teken van trend- en effectmonitoring, en richt zich op de exacte definitie het doel van toekomstige monitoring, in het bijzonder op de keuze van interessedomijnen en doelparameters.

**7.** Het project Monitoren van nutriëntenstromen in stroomgebieden en polders staat in het teken van trend- en effectmonitoring. Doel is te komen

tot efficiënte operationele monitoringssystemen van nutriënten, om op stroomgebiedniveau inzicht te krijgen in de effecten van het mestbeleid. Het project levert globale informatie voor stroomgebieden op en lokale informatie voor delen ervan, op verschillende schaalniveaus. De gegevens worden gericht verzameld en de verwerkingsmethoden zijn modelgebaseerd.

**8.** Project 8 gaat in op de vraag in hoeverre de monitoringgegevens die door waterschappen worden verzameld bruikbaar zijn voor de evaluatie van natuurdoelen in oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden. De evaluatie van natuurdoelen is een vorm van compliance-monitoring. Omdat de monitoring daarnaast ook is bedoeld om veranderingen als gevolg van ingrepen in een gebied te kunnen volgen, is de monitoring die in deze casus wordt behandeld een tussenvorm van trend- en effect- en compliance-monitoring. De studie richt zich op de selectie van doelparameters en het analyseren van de benodigde steekproefomvang.

**9.** De monitoring in project 9 is bedoeld om jaarlijks betrouwbaar te kunnen toetsen of de concentraties N-totaal en P-totaal van het oppervlaktewater voldoen aan KRW-normen bij twee melkveebedrijven in het veenweidegebied. Dit is een voorbeeld van compliance-monitoring, waarbij de toestand wordt getoetst aan (wettelijke) normen. De studie levert globale, kwalitatieve informatie op, namelijk de uitslag van een toets. De gegevens worden middels een kanssteekproef in ruimte én tijd verzameld, en de verwerkingsmethode is ontwerpgebaseerd. Relatief veel projecten zijn gericht op het kwantificeren van effecten van maatregelen. Dit weer-

spiegelt de praktijk: resultaten van beleid moeten meetbaar zijn, zie het essay van Van der Kolk en Groot, elders in deze studie. Daarnaast zijn er diverse voorbeelden waarbij monitoring meerdere doelen dient. Ook dit geeft de praktijk weer, zie het essay van Van Strien *et al.*, paragraaf 4.4.

## 5.1 Regionale nitraatmonitoring

J.J. Roelsma,  
Alterra, Wageningen UR

### Achtergrond

In 2000 startten de Wageningen Universiteit en Researchcentrum en CLM het project 'Sturen op Nitraat', waarin gezocht werd naar eenvoudig af te leiden indicatoren voor het monitoren van nitraatgehalten in het grondwater<sup>1</sup>. Reden hiervoor was onder andere de zorg over de haalbaarheid van de milieukwaliteitsdoelstellingen voor oppervlakte- en grondwater die konden worden afgeleid uit de Nitraatrichtlijn. Aangescherpte MINAS-normen en het stelsel van mestafzetovereenkomsten leken met name voor de droge zandgronden niet ver genoeg te gaan. Een regionale aanpak met monitoring zou daarvoor een oplossing moeten bieden. Intussen is het einde van MINAS in zicht. Maar met de komst van een nieuwe mestwetgeving blijkt een regionale aanpak nog net zo actueel.

### Doel

Directe bepaling van het nitraatgehalte in het grondwater is relatief duur, waardoor regionale monitoring van de grondwaterkwaliteit erg kostbaar is. In 'Sturen op Nitraat' is verkend in hoeverre afgeleide indicatoren geschikt zijn om een schatting te krijgen van het nitraatgehalte in het grondwater op regionale schaal. Uit de praktijk bleek dat de indicator stikstof-mineraal (de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem) in het najaar bruikbaar is op regionaal niveau. Als stikstof-mineraal wordt gebruikt om nitraatconcentraties te voorspellen op lokaal niveau, dan zijn de betrouwbaarheidsintervallen te breed. Bij opschaling naar gebiedsniveau wordt de schatting echter veel bruikbaar. De methodiek, waarbij op basis van stikstof-mineraal de nitraatuitspoeling op regionale schaal wordt voorspeld,

wordt het regionaal nitraatmonitoringsconcept (RENIM) genoemd<sup>2</sup>. Het vormt in feite een 'thermometer' die met een bepaalde nauwkeurigheid een schatting voor het gemiddelde nitraatgehalte van het bovenste grondwater in een regio op een moment weergeeft. Doelstelling van het regionaal nitraatmonitoringsconcept is dat op regionale schaal, voor een of meerdere jaren, kan worden aangetoond wat het nitraatgehalte in het grondwater is. Daarnaast kijkt het concept naar deelgebieden binnen een regio, wat de gebruiker in staat stelt om deelgebieden met een hoge nitraatuitspoeling te identificeren.

### Aanpak

De nitraattoestand in een gebied is in het algemeen niet homogeen. Om het regionaal nitraatmonitoringsconcept toe te kunnen passen, dient het gebied daarom te worden verdeeld in zogeheten clusters. Dit zijn unieke combinaties van bodemtype, grondwaterklasse en gewas. Voor de indeling naar bodemtype zijn vier klassen onderscheiden (drie zandklassen en een lössklasse), voor de indeling naar grondwaterklasse zijn drie klassen onderscheiden (nat, medium en droog) en voor de indeling in gewasgroepen zijn vier klassen onderscheiden (gras, maïs en twee groepen van akkerbouwgewassen). Al deze gegevens zijn digitaal landsdekkend beschikbaar: bodemkaart, geactualiseerde Gt-kaart en de digitale perceelsregistratie voor het landgebruik. Voor de toetsing van het regionaal nitraatmonitoringsconcept zijn drie gebieden gekozen. Twee gebieden liggen op zandgrond ('t Klooster in Gelderland en Sint Anthonis in Noord-Brabant) en een gebied op lössgrond (Mergelland in Limburg). Voor deze drie gebieden is een indeling in clusters gemaakt. In ieder cluster

is op de vastgestelde meetpunten in het najaar van 2001 en 2002 op stikstof-mineraal in de bodem en in het daaropvolgend voorjaar op nitraat in het grondwater of bodemvocht bemonsterd.

Op basis van het landgebruik zijn twee groepen van regressiemodellen opgesteld, een voor de akkerbouw en een voor de veeteelt. Deze modellen geven per cluster een schatting van het nitraatgehalte in het bovenste grondwater. Ze zijn gebaseerd op de meetseizoenen 2000-2001 en 2001-2002. De regressiemodellen voor de veeteelt en akkerbouw hebben als verklarende variabelen: de hoeveelheid stikstof-mineraal (gemeten in het najaar, over de diepte 0-90 cm) en het al dan niet aanwezig zijn van een veenlaagje in de bodem. Daarnaast wordt om een constante gevraagd. Deze is afhankelijk van de combinatie bodem- en grondwaterklasse. Het regressiemodel voor de akkerbouw kent een extra verklarende variabele, namelijk de neerslagsom in de periode 1 april - 30 september.

Het RENIM-model is opgesteld aan de hand van meet-data in de bedrijven die meededen aan de studie Sturen op Nitraat<sup>3</sup>. Het RENIM-model is getoetst aan nieuwe meetdata, verkregen in de drie genoemde regio's. Getoetst is of de voorspelde concentraties NO<sub>3</sub> in het bovenste grondwater of bodemvocht in het voorjaar gelijk zijn aan de gemeten concentraties NO<sub>3</sub>.

### Resultaten

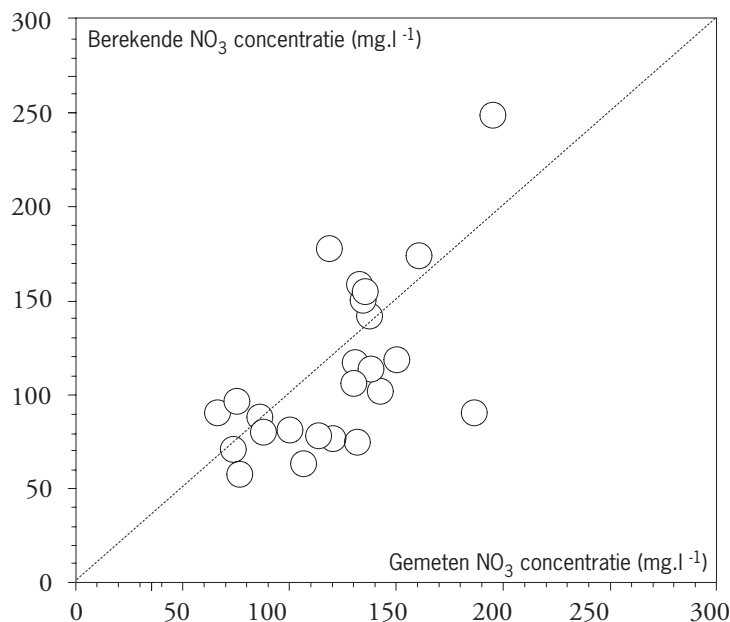
Uit de toetsing bleek dat een acceptabel resultaat wordt bereikt als zeer kleine clusters met slechts een meetwaarde, en uitschieters in de meetwaarden (minder dan vijf of meer dan 95 procent van de frequentieverdeling) buiten beschouwing worden gelaten. Figuur 1 en tabel 1 geven het

eindresultaat weer voor de drie gebieden en twee meetseizoenen. Het regiogemiddelde nitraatgehalte dat door het regionaal nitraatmonitoringsconcept is berekend laat een onderschatting van 16 procent zien ten opzichte van de gemeten waarden. Veertig procent van de variantie in de waarnemingen kon met het model worden verklaard. De hellingshoek en intercept van de regressielijn zijn respectievelijk 0.86 en 9 mg/l. Bij een volledig 'kloppend' model zou dit respectievelijk 1 en 0 mg/l zijn. Uit de onzekerheidsanalyse blijkt dat de afwijking van de regionaal geschatte nitraatconcentratie in het grondwater met name wordt veroorzaakt door de onzekerheid in het stikstof-mineraalgehalte dat per cluster is bepaald. Deze onzekerheid wordt weer bepaald door de steekproefomvang.

### Impact

Potentiële gebruikers van een monitoringssysteem zijn beheerders en gebruikers van grondwater, zoals bijvoorbeeld waterleidingmaatschappijen en provincies. De resultaten van het RENIM geven een goede schatting van het nitraatgehalte op regionale schaal. Blijkt het nitraatgehalte te hoog, dan zijn maatregelen wenselijk om nitraatuitspoeling te beperken. Hiervoor zullen afspraken met grondgebruikers moeten worden gemaakt. Dat kan met behulp van financiële instrumenten (stimuleringspremies en/of resultaatbeloning), sociale instrumenten (voorlichting en begeleiding) of fysieke instrumenten (materiaal beschikbaar). Het meest voor de hand liggend is om ze in te zetten in gebiedscontracten. Dit zijn schriftelijke overeenkomsten tussen een regionale overheid en private gebiedspartijen, waarin partijen zich vastleggen op het leveren van een prestatie.

*Veertig procent van de variantie in de waarnemingen kon met het model worden verklaard*



*Figuur 1 Gemeten en berekende nitraatconcentratie per cluster voor de drie gebieden en twee meetseizoenen gezamenlijk, waarbij vijf procent van de laagste en hoogste meetwaarden en clusters met slechts één meting buiten beschouwing zijn gelaten.*

Uit onderzoek blijkt dat verbeteren van de water- en bodemkwaliteit zich goed leent voor een gebiedscontract<sup>4</sup>. Er zijn drie typen gebiedscontracten denkbaar:

- Gebiedscontract als procesolie: een instrument om partijen in een gebied op een lijn te krijgen.
- Gebiedscontract als aanvulling: een fundament onder de beloning voor extra inspanningen (maatregelen) bovenop vastgesteld beleid of voor inspanningen bij het ontbreken van beleid.
- Gebiedscontract als alternatief voor eenzijdige regelgeving. Daarbij gaat het om het achterwege laten van bestaande bestuursbevoegdheden, in ruil voor bepaalde tegenprestaties.

Met name het tweede alternatief, gebiedscontract als aanvulling, lijkt nuttig om op regionale schaal te streven naar een lager nitraatgehalte in het grondwater. Het nitraatmonitoringsconcept kan dan worden gebruikt om (jaarlijks of minder frequent) de vinger aan de pols te houden: heeft het gebiedscontract ook daadwerkelijk tot effect dat het nitraatgehalte in het grondwater afneemt? Als dit niet het geval is, zal het pakket maatregelen moeten worden aangepast of uitgebreid.

### **Beperkingen**

Het nitraatmonitoringsconcept geeft een goede schatting van het gemiddelde nitraatgehalte in een regio als de clusters met slechts één meetwaarde niet worden meegenomen en ook de vijf procent hoogste en laagste meetwaarde buiten beschouwing worden gelaten. De onderschatting is dan 16 mg/l (-16%). Deze berekende nitraatconcentraties wijken niet significant af van de gemeten nitraatconcentraties. Bij een gegeven steekproefomvang van 100 meetpunten bedragen de jaarlijkse kosten ongeveer € 3000,-. Als een grotere betrouwbaarheid wordt nagestreefd, zullen de kosten relatief sterker toenemen dan de betrouwbaarheid. Deze kosten zijn lager dan de traditionele vorm van grondwaterbemonstering. Mochten in de toekomst directe nitraatveldmonsters worden genomen, dan kan dat voor gebieden met minder diepe grondwaterstanden tot vergelijkbare kosten leiden. De betrouwbaarheid van de schatting van het nitraatgehalte tezamen met de lagere kosten in vergelijking met rechtstreekse nitraatmetingen, maken dat het nitraatmonitoringsconcept een goede basis vormt voor monitoring van het nitraatgehalte in het grondwater in een gebied. In een gebiedscontract

Gebied	Meetseizoenen 2001-2003		Verschil berekening t.o.v. meting
	Meting	RENIM	
't Klooster	95	79	-17%
Sint Anthonis	139	105	-24%
Mergelland	62	55	-11%
Totaal	98	82	-16%

*Tabel 1 Gemeten en berekende 50-percentielswaarde van de nitraatconcentratie in mg/l voor de drie gebieden en twee meetseizoenen gezamenlijk en clusters met slechts één meetwaarde en vijf procent laagste en hoogste meetwaarden buiten beschouwing gelaten.*

kunnen afspraken worden gemaakt over te nemen bovenwettelijke maatregelen om de nitraatuitspoeling te beperken. Het nitraatmonitoringsconcept kan het effect van dit contract monitoren. Zo kan regionale monitoring als aanvulling op het beleid dienen als basis voor goed grondwater.



## 5.2 Het nationale weidevogelmeetnet

L.L. Soldaat, CBS  
W.A. Teunissen, SOVON  
A.J. van Strien, CBS

### Achtergrond

Door de hoge grondwaterstanden en het extensieve gebruik van graslanden dat daaruit voortvloeide, bood Nederland tot ver in de 20<sup>ste</sup> eeuw ideale broedomstandigheden voor veel weidevogels. Maar de intensivering van de landbouw in de tweede helft van de vorige eeuw heeft die situatie grondig veranderd. Door verlaging van de grondwaterstanden en de sterk toegenomen mestgift kon steeds vroeger gemaaid worden en nam de veedichtheid toe. Dat leidde tot een afname van het broedsucces en van de aantallen van veel weidevogelsoorten.

Inmiddels wordt veel energie en geld geïnvesteerd in weidevogelbescherming. Boeren en vrijwilligers beschermen weidevogelnesten, terreinbeherende organisaties en particulieren kopen weidevogelreservaten aan en de overheid sluit beheersovereenkomsten af met boeren, bijvoorbeeld om later te maaien.

### Doel

Het spreekt vanzelf dat alle betrokkenen graag goed geïnformeerd blijven over de resultaten van al deze investeringen. Daarom is enige jaren geleden het nationale weidevogelmeetnet opgericht als onderdeel van het Netwerk ecologische Monitoring (NEM). In het weidevogelmeetnet zijn de weidevogeltellingen die SOVON Vogelonderzoek Nederland en de provincies al jarenlang uitvoerden, samengevoegd<sup>1</sup>. De belangrijkste vraag waarop het meetnet een antwoord wil geven is: hoe ontwikkelt de weidevogelstand zich?

### Aanpak

SOVON voert jaarlijks weidevogeltellingen uit met vrijwilligers in ruim 500 proefvlakken in het kader van het Broedvogel Monitoring Project

(BMP). Deze proefvlakken liggen verspreid over heel Nederland. De locaties van de proefvlakken zijn niet random gekozen. Goede weidevogelgebieden zijn oververtegenwoordigd in het BMP, omdat deze aantrekkelijker zijn om te tellen dan slechte gebieden. Bij meetnetten met vrijwilligers is dit een normaal verschijnsel. De provinciale meetnetten omvatten ruim 600 proefvlakken. Verwacht werd dat deze proefvlakken vaker in de minder goede weidevogelgebieden zouden liggen dan de BMP-proefvlakken, maar ook hier blijken de betere gebieden oververtegenwoordigd te zijn. De proefvlakken zijn gemiddeld ca. 100 ha, maar variëren in grootte van enkele ha's tot meer dan 1000 ha. Jaarlijks worden alle weidevogelsoorten in de proefvlakken geïnventariseerd volgens een goed gestandaardiseerde methode.

De gegevensverwerking bestaat uit twee stappen, die beide ondergebracht zijn in het programma TRIM<sup>2</sup>. De eerste stap is het bijschatten van ontbrekende tellingen. Het komt regelmatig voor dat een proefvlak een of enkele jaren niet geteld wordt. Om toch indexen en trends te kunnen berekenen, moeten deze ontbrekende tellingen bijgeschat worden. Dat gebeurt op basis van tellingen in gebieden waar vergelijkbare ontwikkelingen voor een soort verwacht worden. De proefvlakken zijn daarom ingedeeld naar fysisch-geografische regio (FGR) en daarbinnen per soort naar goede, matige en slechte gebieden voor die soort (stratificatie). Die laatste indeling kon gemaakt worden op basis van de broedvogel-atlas<sup>3</sup>. TRIM schat ontbrekende tellingen bij op basis van zogeheten ploteffecten en jaareffecten binnen de strata.



De tweede stap is de index- en trendberekening. Allereerst worden de getelde en bijgeschatte aantallen vogels per stratum gesommeerd tot een jaartotaal per stratum. Per stratum worden vervolgens indexen berekend door het jaartotaal in een jaar op 100 te stellen en de jaartotalen van de overige jaren uit te drukken als percentage daarvan. Om landelijke indexen te berekenen, kunnen de jaartotalen van de verschillende strata echter niet eenvoudig opgeteld worden. Omdat sommige strata overbemonsterd en andere onderbemonsterd zijn, moet deze optelling statistisch gewogen worden uitgevoerd. De gewichten die daarbij gehanteerd worden zijn gebaseerd op de populatieaandelen in de strata, zoals die afgeleid kunnen worden uit de broedvogelatlas. Door dit populatieaandeel te delen door het populatieaandeel in het stratum zoals dat in het meetnet wordt gevonden, ontstaat een weegfactor per stratum waarmee landelijke indexen berekend kunnen worden. Door deze weging wordt de nauwkeurigheid van de landelijke cijfers weliswaar hoger, maar de weegfactoren verhogen tegelijkertijd ook standaardfouten van indexen en trends. Daarom blijft het streven om over- en onderbemonstering zoveel mogelijk te voorkomen.

De trendberekening die TRIM vervolgens uitvoert, is een loglineaire- of Poissonregressie<sup>2</sup>. Daarmee kunnen statistisch getoetste uitspraken gedaan worden over de aantalsveranderingen van de soort. Deze veranderingen worden geclassificeerd in een van de volgende klassen: sterke afname, matige afname, stabiel, matige toename, sterke toename of onzeker.

## Resultaten

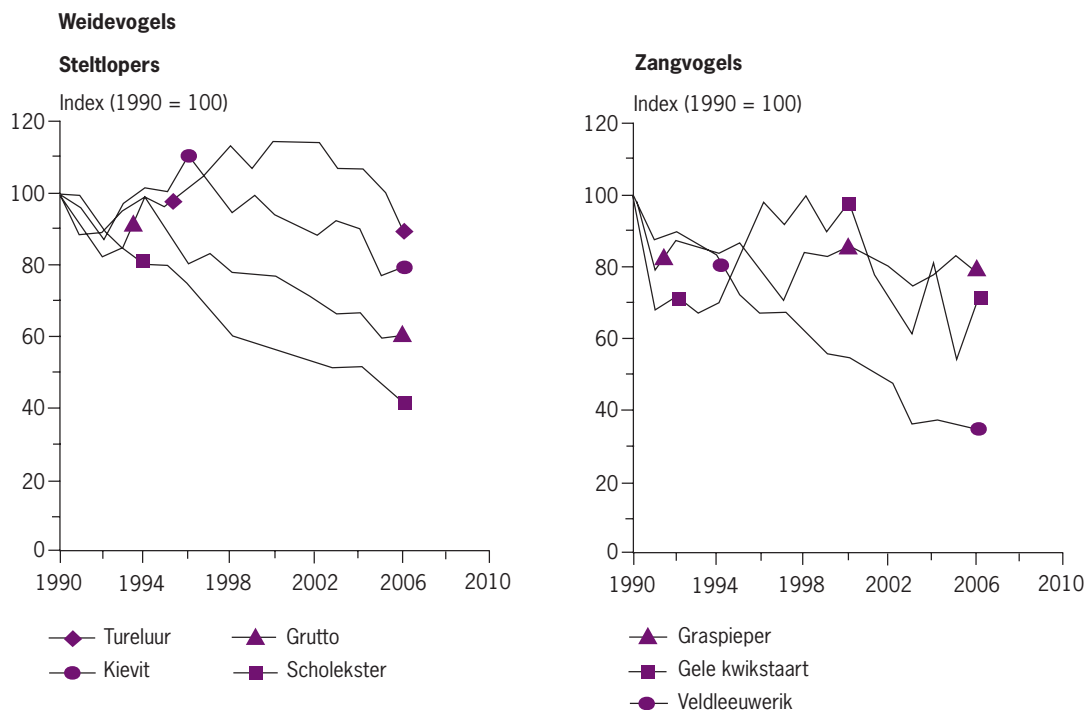
De landelijke indexcijfers en trends die het CBS jaarlijks berekent vormen het belangrijkste resultaat van het weidevogelmeetnet (figuur 1). Deze cijfers laten duidelijk de algehele achteruitgang van de weidevogelstand zien. De resultaten worden ieder jaar gepubliceerd op Statline (www.statline.nl), in het Milieu- en Natuurcompendium (www.milieunatuurcompendium.nl) en regelmatig ook in de Natuurbalans. Behalve landelijke cijfers worden ook indexen en trends berekend per fysische geografische regio, per provincie en per regio. Een recente toepassing is de inzet van de weidevogelproefvlakken bij de evaluatie van subsidieregelingen in het agrarisch natuurbeheer<sup>4</sup>. Daartoe zijn de proefvlakken geselecteerd die grotendeels onder één subsidieregeling vallen, om vervolgens de indexen en trends tussen wel en niet beheerde gebieden te vergelijken. Een nieuw inzicht uit deze analyses is dat niet alleen de aantallen weidevogels in het agrarisch gebied achteruitgaan, maar ook het gemiddeld aantal soorten per gebied (figuur 2).

## Impact

De landelijke trends in de weidevogelstand staan regelmatig in de belangstelling. Landelijke en regionale dagbladen en andere media besteden doorgaans aandacht aan de publicatie van nieuwe cijfers van het meetnet. In publicaties van provincies en van de Kenniskring Weidevogellandschap, in tijdschriftartikelen en in allerlei rapporten over het agrarisch gebied worden de indexen en trends ingezet om een betoog te illustreren met cijfers uit het veld. Daarmee vormt het meetnet mede de publieke opinie. Maar hoe zit het met de impact in het natuurbeleid? Die impact is vooral

*Daarmee vormt het meetnet mede de publieke opinie. Maar hoe zit het met de impact in het natuurbeleid?*

Figuur 1 Aantalsontwikkeling van een aantal weidevogelsoorten. Bron: NEM (SOVON, Provincies, CBS).



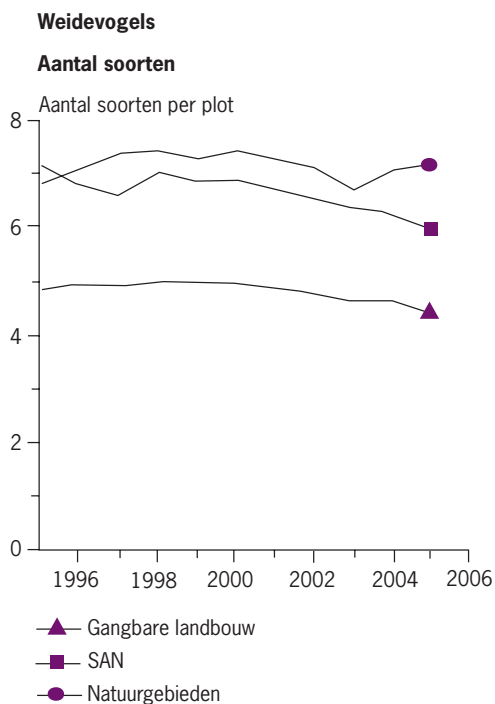
indirect: het onbetwiste karakter van de landelijke cijfers dwingt beleidsmakers actief te blijven in de weidevogelbescherming. Meetnetresultaten als stok achter de deur. Recente voorbeelden hiervan zijn het formuleren van een nationale doelstelling voor weidevogels in een bestuurlijk overleg, het oprichten van een weidevogelverbond en een Kenniskring Weidevogellandschap en aanpassingen in subsidieregelingen<sup>5</sup>. Het is zeer de vraag of deze initiatieven ook genomen waren wanneer het weidevogelmeetnet slechts onnauwkeurige aanwijzingen voor een mogelijke achteruitgang zouden laten zien. Daarmee is het

weidevogelmeetnet een van de invloedrijkste natuurmeetnetten.

### Beperkingen

Het weidevogelmeetnet is in eerste instantie ingericht op het bepalen van landelijke en regionale trends. De geschiktheid van het meetnet voor andere toepassingen is vaak beperkt, zoals voor de recente evaluaties van subsidieregelingen en beheersmaatregelen. De belangrijkste reden hiervoor is de grote oppervlakte van veel proefvlakken. Daardoor omvat een proefvlak vaak meerdere subsidieregelingen en beheersmaatregelen.

De telgegevens zijn alleen te gebruiken voor evaluaties door concessies te doen aan de zuiverheid van de toedeling van proefvlakken aan subsidie-regelingen of beheersmaatregelen, of door een aanzienlijk deel van de proefvlakken buiten de analyses te houden. Een oplossing hiervoor kan gevonden worden door bij de inventarisaties van de proefvlakken niet alleen aantallen broedparen te noteren, maar ook de exacte locaties van de territoria. Dat zou een mooi voorbeeld zijn van een uitbreiding van de toepassingsmogelijkheden van een bestaand meetnet (een multi-purpose meetprogramma zoals voorgesteld in paragraaf 4.4).



*Figuur 2 Ontwikkeling van het aantal weidevogelsoorten per proefvlak in gebieden met verschillend beheer. Weergegeven is het gemiddelde aantal soorten per proefvlak van de negen zogenaamde 'inrichtingssoorten' (gele kwikstaart, graspieper, grutto, Kievit, kuifeend, scholekster, slobbeend, tureluur, veldleeuwerik). Bron: NEM (SOVON, Provincies, CBS).*

## 5.3 Vijftig jaar monitoring van kwelderwerken

*K.S. Dijkema,  
IMARES, Wageningen UR*

### Achtergrond

In de Waddenzee liggen langs de noordkust van het vasteland van Groningen en Friesland 6000 ha voormalige landaanwinningswerken. Door middel van sturing van de natuurlijke processen zijn daarin halfnatuurlijke kwelders gevormd. Deze kwelderwerken zijn door middel van rijshoutdammen en begreppeling gecreëerd, en de kweldervegetatie heeft zich natuurlijk gevestigd. Uit de praktijk van het natuurbeheer is gebleken dat dergelijke halfnatuurlijke landschappen het beste in stand worden gehouden door een beheer dat aansluit bij de traditionele methoden waardoor ze zijn ontstaan<sup>1,2</sup>. Zonder de vroegere 'werken' zouden de vastelandkwelders er nu niet zijn, en zonder 'werken' nu zouden deze kwelders weer verdwijnen.

### Doel

De kweldermonitoring is bedoeld om te beoordelen of de langjarige ontwikkelingen in de kwelders aansluiten bij de doelen die voor de kwelders worden nagestreefd:

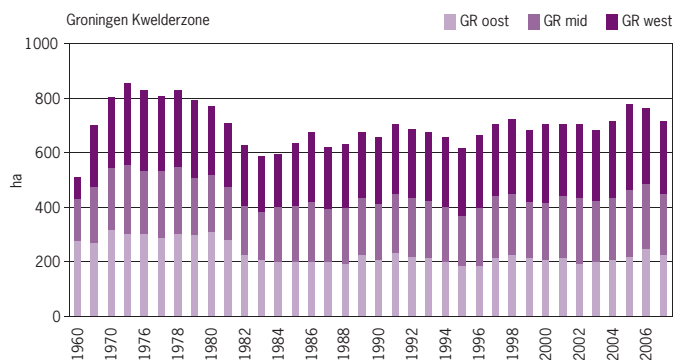
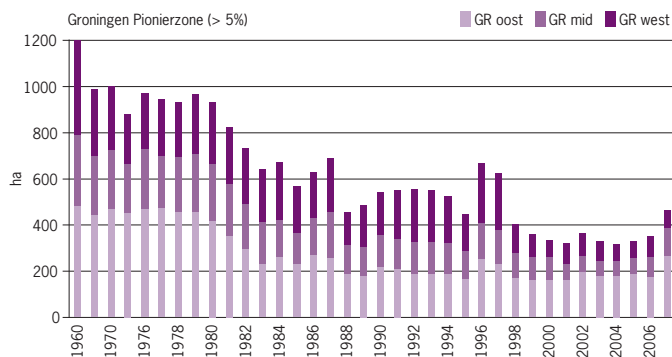
- Handhaving huidig areaal vastelandskwelders als compensatie voor kwelders die door indijkingen in het verleden verloren zijn gegaan.
- Met het oog op een natuurlijke ontwikkeling van de kwelders is het beheer op de langere termijn gericht op het zodanig veranderen van de kwelderwerken dat ze de natuurlijke kwelderstructuur zoveel mogelijk benaderen. Voorwaarden zijn dat de huidige oppervlakte niet verkleint en dat er een zo gering mogelijk ruimtebeslag op het voorliggende wad is.

- Een verbeterde natuurlijke vegetatiestructuur, inclusief de pionierzone. Met andere woorden: het behoud en de ontwikkeling van een volledige successiereeks van pionierzone naar kwelderzones, met bijbehorende natuurlijke dynamiek.

### Aanpak

In de kwelderwerken ligt een uniek monitoring-systeem van 25 meetvakken. Elk meetvak bestaat uit een reeks bezinkvelden van de dijk naar het wad. Een meetvak is ca. 50 ha groot, en is representatief voor een kustgedeelte van ca. twee kilometer. Vanaf ca. 1960 tot heden is door Rijkswaterstaat (RWS) Waterdistrict Waddenzee (opnames en beheer) en IMARES (dataverwerking en jaarrapportages) steeds hetzelfde monitoringssysteem toegepast:

1. Vegetatie: Jaarlijks zijn per meetvak in alle pandjes van 1 ha de bedekkingspercentages van de afzonderlijke zoutplanten opgenomen. Deze methode is vanaf 2005 beperkt tot een simpeler meting van het areaal van de pionierzone en de kwelderzone. De opnamen van de bedekking van de afzonderlijke plantensoorten in de kwelderpandjes (= kwelderkwaliteit) ligt (tijdelijk) stil, IMARES werkt aan een oplossing.
2. Hoogte: Eenmaal per vier jaar worden in de meetvakken vaste meetlijnen evenwijdig aan de kust gewaterpast, vanaf 2004 met behulp van RTK-GPS.
3. Een zesjaarlijkse vegetatiekaart van RWS-AGI dient voor de vlakdekkende controle van de meetvakkenmethode en voor het vaststellen van de kwaliteit van de vegetatie op het detailniveau van vegetatietypen.
4. De verwerking is gericht op analyse van de



ontwikkelingsstadia. Een kwelder begint als pioniervegetatie. Door opslibbing verandert de pionierzone naar lage, midden en hoge zone, waarbij de vegetatie door successie mee verandert. Voor het vaststellen van de vegetatietypen is een computerclassificatie ontwikkeld die alom wordt nagevolgd.

## Resultaten

Het beheer van de kwelderwerken is op basis van de resultaten van de monitoring en van praktijkervaring aangepast aan de natuurdoelstelling<sup>3</sup>: 50 jaar monitoring en 20 jaar beheerexperimenten van het RWS Waterdistrict Waddenzee en IMARES gezamenlijk. Alle stappen zijn afgewogen in een Stuurgroep met de belanghebbenden, waaronder de Vereniging van Oevereigenaren en Gebruikers en enkele natuurorganisaties.

Het veranderingsproces heeft geleid tot een natuurlijker kwelderbeheer. In de periode 1989-1998 is het systeem van rijshoutdammen aangepast en gerenoveerd. Het onderhoud en de kosten konden omlaag door toepassing van duurzaam

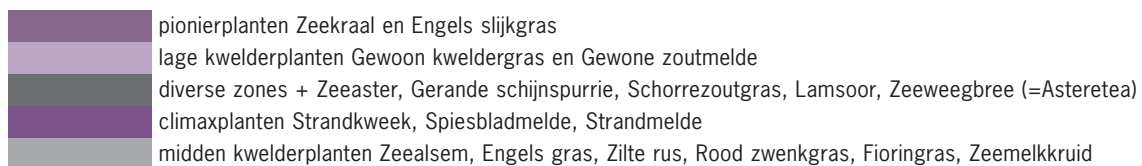
vulhout van fijnspar, douglas- en/of sitkaspar. De lengte van de dammen kon afnemen van de oorspronkelijke 220 km naar 140 km in 2006, dankzij een betere lay-out en aanpassing van de hoogte aan de al opgetreden zeespiegelstijging en bodemdaling. De zeevaartse bezinkvelden zijn afgestoten, waardoor het ruimtebeslag op het wad met ca. 2.000 ha is verminderd. In de pionierzone zijn tussendammen gebouwd, waardoor de strijklengtes tussen de dammen zijn verminderd naar 200 meter. Vanwege afname van de pionierzone in de Groninger kwelderwerken wordt het dammenpatroon nu volledig naar de genoemde 200 meter verdicht.

Het beheer van de kwelderwerken heeft jarenlang in het teken van het kwelderareaal gestaan. De Friese vastelandskwelders groeien en het areaal van de Noord-Groninger kwelderzone is stabiel. De opslibbing op de vastelandskwelders is van nature hoog. De opslibbing in de pionierzone is wisselend en afhankelijk van rijshoutdammen; het areaal Friese pioniervegetatie doet het veel beter dan de Groninger pioniervegetatie. Landelijk gezien is het areaal van de pionierzones in

*Figuur 1 Tijdreeksen 1960-2006 van het areaal pionierzone > 5% bedekking en areaal kwelderzone in de kwelderwerken langs de noordkust van Groningen. Arealen op basis van extrapolatie van de meetvakken. Ligging zones berekend met het programma GRZONE van J.H. Bossinade, Marzan France.*

*Figuur 2 Dominante plantengroepen in de na 1980 beweidbare kwelder. Volgens de kwelderclassificatie SALT97.*

MEETVAK	1960-1970	1970-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005
<b>FRIESLAND</b>							
005-008							
021-024							
041-044							
053-056							
069-072							
085-088							
101-104							
121-124							
145-148							
167-170							
205-208							
<b>GRONINGEN</b>							
260-263							
286-289							
308-311							
324-327							
336-338							
356-359							
372-375							
392-395							
412-415							
428-431							
448-451							
468-471							
488-491							



de kwelderwerken zeer hoog en van zeer groot belang in het netwerk van Natura 2000. De kwaliteit van de vegetatie wint aan belang. Reeds vanaf de lage kwelderzone kan de vegetatie zich ontwikkelen tot een climax. De climax-vegetaties gaan sterk domineren als een kwelder in zijn eindfase komt en leiden tot veroudering met een soortenarme vegetatie. Begreppeling versnelt de veroudering van de kwelderzone. Beweiding stelt de ontwikkeling van een climax-vegetatie uit. Intensieve beweiding kan een kwelder in een jong stadium houden, echter met weinig plantensoorten<sup>4</sup>.

### Impact

De gegevens van de meetvakken zijn ondergebracht in het WOK-databestand. De vegetatiekaarten van RWS-AGI en het WOK-databestand van het RWS Waterdistrict Waddenzee en IMARES worden intensief gebruikt:

- Het rapporteren van de toestand van de kwelderwerken aan de beheerder Rijkswaterstaat en aan de gebruikers in de Stuurgroep Kwelderwerken<sup>5,6,7,8</sup>.
- Rapportages aan de EU over de staat van instandhouding van de Habitattypen in het netwerk van Natura 2000.
- Het verrichten van beheerondersteunend onderzoek voor de uitwerking van de natuurdoelstelling voor de Waddenzee. Trendanalyses over de autonome ontwikkeling en over de effecten van bestaand beheer, van praktijkproeven, van nieuw beheer en over effecten van buitenaf<sup>9,10</sup>.

- Het WOK-databestand en de vegetatiekaarten vormen de basis voor de trilaterale (Deens-Duits-Nederlandse) Waddenzee-monitoring 'Tmap', voor de Wadden Sea Quality Status Reports 1999, 2004, 2009<sup>11</sup> en voor een referentiestudie voor de Kaderrichtlijn Water<sup>5</sup>.
- In 2004 heeft het WOK-databestand een belangrijke rol gespeeld in een studie voor het kabinet naar de effecten van de bodemdaling door gaswinning<sup>12</sup>.
- In 2006 en 2007 speelt het WOK-databestand een belangrijke rol in het formuleren van een Kwelderherstelplan voor het Waddenfonds.

### Beperkingen

Het instandhouden van een langjarige monitoring is geen eenvoudige taak doordat reorganisaties zich snel opvolgen en zich jaarlijks financiële belemmeringen voordoen.

## 5.4 Resultaten Bodemmeetnet Noord-Holland 2003-2005: zijn er nog vragen die om bemonstering vragen?

R.P.J. Rierra,  
Alterra, Wageningen UR

### Achtergrond

De aanleiding van het onderzoek was een gebrek aan systematische verzamelde data van de bodemkwaliteit in de provincie. Het gaat hierbij om gegevens over de bodems en de bijbehorende hoeveelheden nutriënten en contaminanten. Er is op landelijk en regionaal niveau een behoefte aan algemene bodemgegevens (Landsdekkend Beeld, Biells).

### Doel

Het doel was het gebiedsdekkend vaststellen van de bodemkwaliteit: de gehalten aan genormeerde stoffen in het landelijk gebied. De gegevens stellen de provincie in staat om de ontwikkeling van de bodemkwaliteit te volgen in relatie tot het beleid ten aanzien van verzuring, vermesting en verspreiding (diffuse verontreiniging).

### Aanpak

Voor het meetnet zijn zestien combinaties van bodem-landgebruik-hydrologie (de gebieden) geselecteerd. Per combinatie van bodem-landgebruik-hydrologie zijn monsterlocaties geloot volgens een gestratificeerde enkelvoudig aselecte steekproefopzet. Afhankelijk van de beleidsmatige relevantie zijn 10, 25 of 30 locaties per stratum bemonsterd. Bij infiltratiegebieden is de bovengrond, de ondergrond en het bovenste grondwater bemonsterd omdat er een relatie verwacht wordt tussen landgebruik en de kwaliteit van de bodem en het grondwater. In kwelgebieden is alleen de bovengrond bemonsterd. De geplande monsterlocaties zijn in het veld gecontroleerd en na goedkeuring bemonsterd. De grond (Al, Fe, Mn, Mg, Ca, K, Na, S, P, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, en pH-KCl, CEC, organische stof, lutum, kalk, N-min, en oxalaatextraheerbaar Fe, Al, P) en watermonsters

(pH, Al, Cl, DOC, EC, IC, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Fe, Mn, Mg, Ca, K, Na, S, P, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) zijn geanalyseerd. Het onderzoek heeft verspreid over de jaren 2003 tot en met 2005 plaatsgevonden. Op basis van de meetresultaten per locatie zijn de statistische kenmerken per gebied berekend (cumulatieve frequentieverdeling, gemiddelde, standaarddeviatie, en het 50, 80 en 90ste percentiel) met bijbehorende betrouwbaarheids grenzen.

### Resultaten

Uiteindelijk is op 275 locaties is de bovengrond bemonsterd, op 138 locaties is de ondergrond en het bovenste grondwater bemonsterd. Een samenvatting van de beoordeling van het bovenste grondwater en de bovengrond is gegeven in tabel 1. Overschrijdingen van de streefwaarden van het bovenste grondwater komen algemeen voor: vooral bij As, Cr en Zn is het aantal overschrijdingen groot. De overschrijdingen zijn relevant. In geval van arseen wordt hier al door specifiek provinciaal beleid rekening mee gehouden. Ook de mediane gehalten van As, Cr, Zn en V in grondwater zijn hoog. Het is niet waarschijnlijk dat verontreiniging hiervan de oorzaak is. De elementen komen van nature voor in de bodem en kunnen door specifieke omstandigheden verhoogd zijn.

Het aantal overschrijdingen van de streefwaarde van bodem, en de mate van overschrijding, is gering (voornamelijk bij Pb en Hg) en het meest bij de veengronden (natuur en landbouw). Zie figuur 1. Aangezien de gehalten van Cd, Pb, Hg, Cu in de ondergrond veel lager zijn dan in de bovengrond is aannemelijk dat het lichte verontreinigen zijn van de bovengrond. Groot is de



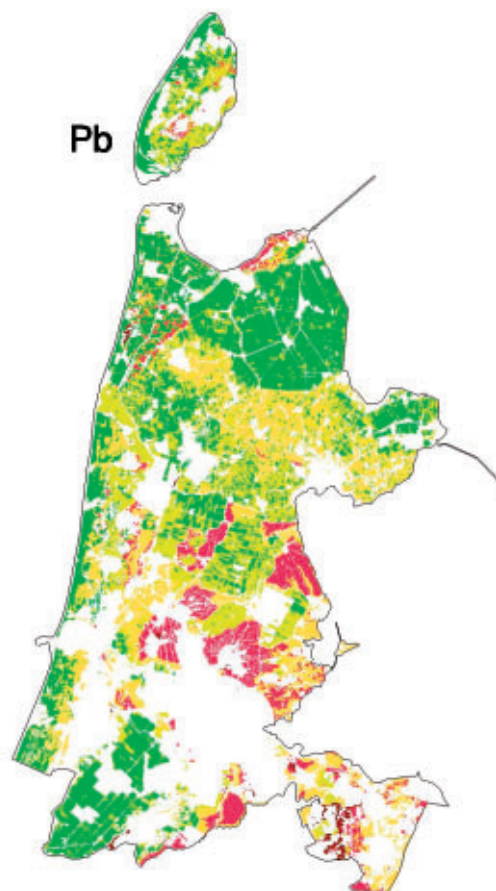
	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cl	N	P	SO <sub>4</sub>	Co	Mo	Hg
Grondwater	46%	8%	86%	5%	11%	0%	72%	41%	9%	12%	30%	0%	18%	
Bovengrond	2%	2%	1%	5%	5%	14%	6%							14%

tegenstelling tussen grondwater en bodem: er zijn bijvoorbeeld 152 overschrijdingen van de streefwaarde van Cr in grondwater, en maar 2 van Cr in bodem. De problematiek voor de nutriënten fosfaat en nitraat wijken in Noord-Holland deels af van Nederland. Een relatief groot deel van de graslanden op veen (mediaan Pw 12 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> l<sup>-1</sup>, mediaan PAL <18 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /kg) is fosfaatarm (fosfaatarm is Pw-getal < 25mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> l<sup>-1</sup>; PAL < 16 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /100 gram). Door de hoge grondwaternivoeaus in Noord-Holland wordt geen nitraat in het bovenste grondwater gevonden maar wel in het bovengrond van de eerste 10 cm –mv. De verschillen tussen bodem-landgebruik-hydrologie zijn soms groot. Zie bijvoorbeeld het kaartje van de loodgehalten in de bodem ten opzichte van de de streefwaarde. Dit geeft aan dat het onderscheiden van verschillende gebieden relevant is.

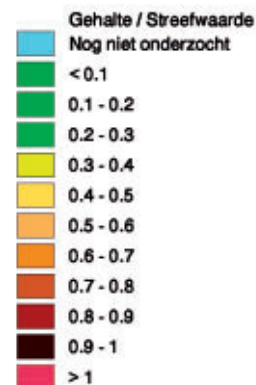
### Impact

De data zijn gebruikt om kaarten te maken van de achtergrondgehalten in de provincie. Vastgesteld is dat de gehalten aan zware metalen in geen van de gebieden hoog zijn. De concentraties in het bovenste grondwater zijn voor een aantal stoffen vaak boven de streefwaarden. Het is daarom belangrijk om in relatie tot de Kaderrichtlijn Water te bedenken hoe kennis van de bodem, bodemvocht en bovenste grondwater gebruikt kan worden omdat dit vaak de route is van stoffen naar grondwater en oppervlaktewater.

Tabel 1 Overzicht van het percentage overschrijdingen van de streefwaarden in grondwater en bovengrond. Het betreft alleen de locaties waar grondwater en bodem zijn bemonsterd.



Figuur 1 Genormaliseerde gehalten (gehalte/streefwaarde) van Pb in de bovengrond van Noord-Holland. Gegeven zijn de gemiddelde gehalten per hoofdstrata



### **Beperkingen**

De data zijn vergaard met medewerking van de grondeigenaren. Ze mogen alleen anoniem worden gebruikt zonder locatieaanduiding en de coördinaten zijn afgrond op hele kilometers. Ze zijn opgenomen in het DINO-bestand van TNO en daarmee voor iedereen elektronisch opvraagbaar. De

huidige data geven snel een statistisch verantwoord beeld van de huidige gehalten van diverse stoffen in de bodem. Het huidige onderzoek heeft dezelfde opzet als het landelijk onderzoek Achtergrondwaarden2000 welke gebruikt is om de landelijke bodemkwaliteit vast te stellen. De opzet is landelijk of provinciaal heel goed bruikbaar.

*Een van de  
bemonsteringlocaties.  
Foto: René Rietra*



## 5.5 Monitoring van de ecologische effecten van gaswinning op Ameland

### Achtergrond

Na een langdurige maatschappelijke en politieke discussie begon de NAM in 1986 met gaswinning op Ameland-Oost. Toen was reeds bekend dat gaswinning tot bodemdaling zou leiden en omdat de gaswinning op Ameland (in tegenstelling tot het Groningse gasveld) plaatsvindt in een onbedijkte kustzone, bestond het risico op aanzienlijke ecologische effecten. Daarom werd in datzelfde jaar in opdracht van de NAM door WL|Delft Hydraulics in samenwerking met Alterra (toen RIN) een voorspelling gemaakt van de mogelijke effecten van de bodemdaling. Ook uit deze verkennende studie kwam naar voren dat er een zeker risico op verstrekkende gevolgen bestond. Daarom werd in 1988 begonnen met een omvangrijk monitoringprogramma dat tot op de dag van vandaag doorloopt. Omdat deze monitoring mede gebruik maakt van de gegevens die voor de voorspellingsstudie waren verzameld, is er voor sommige aspecten sprake van een doorlopende tijdreeks van 1986 tot (op het moment van schrijven) 2008. Het voornemen is de monitoring nog voort te zetten tot 2020, en dat is vijf jaar na de op dit moment beoogde beëindiging van de gaswinning.

### Doel

Het doel van de monitoring is zeer ruim geformuleerd: het volgen van alle effecten van de gaswinning, en het signaleren van negatieve effecten zodat - indien nodig - tijdig maatregelen genomen kunnen worden. Daarom is het monitoringprogramma ook breed opgezet, en omvat de volgende aspecten: de bodemdaling zelf, de vegetatie (van de lage kwelder tot de duintoppen), wadvogels, en geomorfologie (van de oostpunt van Ameland maar ook van de omliggende wadplaten). Daarnaast zijn

abiotische condities gemeten zoals grondwaterstand, zeespiegel, slibafzetting en samenstelling van de bodem. In de loop van de tijd is daar de zeespiegelstijging door klimaatverandering bijgekomen. Hoewel de monitoring aantoonde dat grootschalige effecten van bodemdaling tot nu toe zijn uitgebleven, bestaat er wel een risico op het alsnog optreden van effecten wanneer bodemdaling en zeespiegelstijging elkaar versterken. Daarom is na 2000 het onderzoek in de laagst gelegen valleien geïntensiveerd. Als voorbeeld van de aanpak in dit project zal hieronder worden ingegaan op de monitoring van de vegetatie.

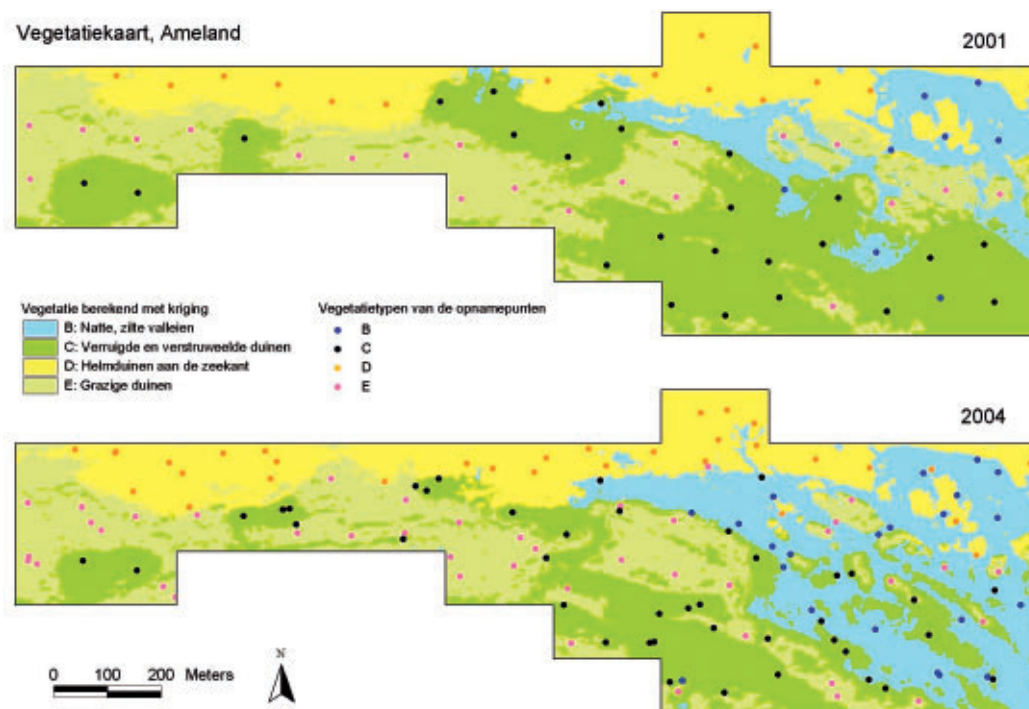
### Aanpak

De langlopende monitoring van de vegetatie bestaat in dit project uit drie onderdelen: de 'duinen', de 'kwelder' en de 'valleien'. De monitoring in de duinen (die niet alleen de droge duinen, maar ook de natte duinvalleien en de hoogste delen van de kwelder omvatten) en de kwelder is gebaseerd op de voorspellingsstudie uit 1986. Er is een selectie gemaakt van de vegetatieopnamen die toen zijn gemaakt, en die in het terrein zijn gemarkeerd als 'permanente kwadranten' (pq's), vlakjes van 2 x 2 meter waarvan de vegetatie nauwkeurig wordt beschreven ('opgenomen'). Er liggen 66 van zulke pq's in de duinen en 39 in de kwelder. Die in de duinen zijn tot 2001 elk drie jaar opgenomen, daarna elke 6 jaar; die in de kwelder tot 2001 elke twee jaar, daarna jaarlijks.

De monitoring in de valleien had een wat andere opzet. Dat project is gestart in 2001, en is specifiek gericht op het mogelijk 'verdrinken' van de laaggelegen valleien als gevolg van de combinatie

*H.F. van Dobben,  
Alterra, Wageningen UR  
P.A. Slim,  
Alterra, Wageningen UR*

*Figuur 1 Vegetatiekaart van de omgeving van de winningsput op drie tijdstippen (2001, 2004)*



van bodemdaling en zeespiegelstijging. Daarom wordt hier een vlakdekkende monitoring uitgevoerd. Ook deze werkt met pq's, alleen zijn die nu volgens een regelmatig patroon neergelegd, en wordt een vegetatiekaart gemaakt door interpolatie van de vegetatie tussen de pq's. Door de vooruitgang van de techniek is het intussen niet meer nodig de pq's met paaltjes in het veld te markeren, dat gebeurt nu met DGPS.

### Resultaten

De verwerking van de enorme hoeveelheid gegevens die het monitoringprogramma heeft opgeleverd bleek een lastige klus. In het algemeen

kan gesteld worden dat het effect van de bodemdaling (maximaal ruim 30 cm in 2005) op de vegetatie meeviel. Deels komt dat doordat er compensatie plaatsvindt: door de bodemdaling staat de kwelder bij vloed langer onder water, zodat er meer tijd is voor de bezinking van slib, en de kwelder daarmee zichzelf ophoogt. Op de lage kwelder is deze compensatie zelfs volledig, de opslibbing is daar minstens even groot als de bodemdaling. Omdat aan de andere kant de duintoppen weinig last hebben van de daling, is het sterkste effect op de ecologie te verwachten op de hoge kwelder en in de lage duinvalleien. Maar ook hier bleken de effecten beperkt te zijn.

Bij de verwerking van de gegevens is gekozen voor een statistische methode (het 'veranderingsmodel') waarbij eerst de vegetatie wordt beschreven in afhankelijkheid van grondwaterstand en overvloedingsfrequentie, die op hun beurt weer afhankelijk zijn van hoogteligging (en dus ook van bodemdaling) en het weer. Wanneer bekend is hoe de vegetatie afhangt van de hoogteligging, kan het effect van bodemdaling voorspeld worden en vergeleken met het daadwerkelijk waargenomen effect (rekening houdend met het – eveneens bekende – weer tijdens de monitoringperiode). Het blijkt dat de veranderingen in de vegetatie – die toch al klein zijn – toegeschreven kunnen worden aan drie, ongeveer even belangrijke oorzaken: de bodemdaling, de wisselende invloeden van het weer (dat wil zeggen: droge en natte jaren, en jaren met veel en weinig stormvloed(en)), en de algemene tendens tot 'verruiging' die overal in de Nederlandse duinen optreedt en die vaak wordt toegeschreven aan luchtverontreiniging.

Het onderzoek in de 'valleien' loopt eigenlijk nog te kort om de balans op te kunnen maken. Uit een vergelijking van de kaarten uit 2001 en 2004 blijkt een tendens tot vernatting, maar het is nu nog niet te zeggen of dit komt door bodemdaling, zeespiegelstijging, of de hoge neerslag in die periode. De methode waarbij uitgegaan wordt van een classificatie van de vegetatie op grond van de gegevens uit alle jaren, en een interpolatie die ondersteund wordt door vlakdekkend bekende abiotische condities (bijvoorbeeld: hoogteligging en de mede daaraan gekoppelde periode dat een plek onder water staat) lijkt in elk geval wel te werken. Een probleem van de traditionele vlakdekkende monitoring is dat de inhoud van de

vegetatietypen in de loop van de tijd verandert, waardoor kaarten die op verschillende tijdstippen gemaakt zijn, feitelijk onvergelijkbaar worden. Met de hier gebruikte, ook weer vrij sterk op statistiek leunende methode, wordt in elk geval dat probleem ondervangen door in elk nieuw jaar de hele classificatie, ook die van voorgaande jaren, opnieuw uit te voeren. Figuur 1 geeft een voorbeeld van met deze methode gemaakte kaarten.

### **Impact**

De resultaten van dit project zijn onder andere gebruikt in de discussie rond de vergunningverlening aan de NAM voor nieuwe winningen onder de Waddenzee (vanaf het Friese vasteland). Het uitblijven van sterke effecten op Ameland heeft er toe bijgedragen dat deze nieuwe vergunningen verleend zijn. Omdat de NAM zelf opdrachtgever van het monitoringproject is, zijn er wel zorgen geweest over de onafhankelijkheid van de onderzoekers, ondanks een onafhankelijke begeleidingscommissie waarin onder andere vertegenwoordigd zijn It Fryske Gea (de beheerder van het terrein), de gemeente Ameland, de provincie Fryslân, het ministerie van LNV en Rijkswaterstaat. Om de zorgen over onafhankelijkheid te ondervangen is tijdens de monitoring in 2000 en in 2005 een beoordeling van het hele project uitgevoerd door een onafhankelijke derde partij, de Rijksuniversiteit Groningen. Beide 'reviews' hebben geleid tot aanpassingen in het project, onder andere het meer betrekken van lokale partijen bij de uitvoering (nu vooral het Natuurcentrum Ameland), het opnieuw starten van vogelwaarnemingen (die in de loop van de jaren negentig gestopt waren), en de hierboven genoemde monitoring van de valleien.

*Een probleem van de traditionele vlakdekkende monitoring is dat de inhoud van de vegetatietypen in de loop van de tijd verandert*

*Laaggelegen duinvallei met op de achtergrond de gaswinning.*  
Foto: Han van Dobben

Als uitvloeisel van de laatste review is een uitgebreide vergelijking gestart van de vegetatieveranderingen op Ameland met die op de andere Waddeneilanden (die dezelfde invloeden van weer en zeespiegel hadden, maar geen bodemdaling). Ook de afspraken over de 'hand aan de kraan' methode die gemaakt zijn voor de nieuwe winningen vanaf het Friese vasteland, zijn een uitvloeisel van de monitoring op Ameland. Deze afspraken houden in dat de bodemdaling en de effecten daarvan gemonitord worden volgens een methode die vergelijkbaar is met het project



op Ameland, en dat, zodra negatieve effecten worden waargenomen, de gaswinning wordt teruggeschoefd.

### **Beperkingen**

Zowel de pq-methode (puntwaarnemingen) als die van sequentiële kartering (vlakdekkende waarnemingen) zijn veel toegepast voor het monitoren van vegetatie. Probleem daarbij is vaak dat de waargenomen veranderingen lastig te duiden blijken. Bij sequentiële kartering komt hier het probleem van per tijdstip verschillende typologieën bij. Die problemen zijn in dit project ondervangen door het op uitgebreide schaal verzamelen van abiotische gegevens, en het baseren van de sequentiële kartering op volgens een vast patroon neergelegde pq's. Maar ook bij de vlakdekkende kartering bleken de abiotische gegevens essentieel. Hierin zit dus een belangrijke beperking van vegetatiemonitoring met pq's of kaartvlakken: de vegetatieveranderingen zijn zonder abiotische gegevens eigenlijk niet te interpreteren. Anderzijds, als er alleen abiotische gegevens verzameld waren was de vraag of bodemdaling tot ecologische effecten zou leiden, niet te beantwoorden geweest. Er moeten daarom zowel biotische als abiotische gegevens verzameld worden. En dat maakt deze methode arbeidsintensief en dus duur.

## 5.6 Biotische indicatoren voor monitoring van veranderingen in nutriëntenbelasting in beken en sloten

### Achtergrond

Beken zijn stromende wateren, waarin stroming een belangrijke, ecologisch bepalende factor is. Sloten zijn polderwateren die in delen van het jaar langzaam stromen, maar waarin stroming geen belangrijke ecologisch bepalende factor is. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat de ecosystemen van beken en sloten, onder meer door het verschil in de factor stroming, zeer verschillend zijn. De hypothese was dat in deze systemen het eutrofiëringsproces zich mogelijk op een andere wijze zou manifesteren. De aard van de biotische interacties tussen algen en nutriënten blijkt in beken echter weinig te verschillen van die in sloten en ondiepe meren. Interacties worden alleen gedempt of veranderd door de afwijkende condities in beken, maar interacties komen wel tot uiting.

### Doel

In deze studie ging het om het opzetten van een monitoringsprogramma om veranderingen in nutriëntenbelasting van beken en sloten, bijvoorbeeld als gevolg van het mestbeleid, te volgen. Hierbij is bepaald welke biotische variabelen geschikt zijn om deze veranderingen te volgen.

### Aanpak

Relaties tussen nutriënten en biotische variabelen worden beschreven in kleine ecosystemen, zoals beken en sloten. Uitgaande van gevonden relaties tussen nutriënten en biotische variabelen is een belangrijke vraag hoe groot de diagnostische waarde kan zijn van biotische variabelen voor veranderingen in de nutriëntenbelasting van beken en sloten. Biotische variabelen die sterk gerelateerd zijn aan veranderingen in de nutriënten-

belasting zijn zeer bruikbaar in een monitoringsprogramma dat deze veranderingen wil volgen.

### Resultaten

Eutrofiëring in beken kan leiden tot een

- hogere biomassa aan algen in de waterlaag en algen op substraten,
- hogere afbraaksnelheden van organisch materiaal,
- een tekort aan zuurstof,
- een verandering in de soortensamenstelling van algen in de waterlaag en op substraten,
- een hogere biomassa aan ongewervelde dieren (indirect effect),
- veranderingen in de soortensamenstelling van ongewervelde dieren (indirect effect).

Het proces van eutrofiëring is in beken afhankelijk van vele factoren, zoals licht, temperatuur, stroomsnelheden, retentietijd en biologische invloeden. Processen in beken zijn duidelijk anders dan in sloten, omdat afvoer een rol speelt. Bekken kenmerken zich door open nutriëntencycli die longitudinaal verlopen, zogenaamde 'spiraal'. Nutriënten verblijven in organismen (voedselweb). Als nutriënten vrijkomen in de waterkolom, worden ze door het water getransporteerd. Verlaging van nutriëntengehalten in beken heeft een optimaal effect als ook andere factoren optimaal zijn, bijvoorbeeld de hydromorfologie. Nutriënten behoeven niet per se de belangrijkste 'pressor' in beken te zijn, zoals bijvoorbeeld in sloten wel het geval is.

G.H.P. Arts,  
Alterra, Wageningen UR

*Een biotische indicator om effecten van een verandering in de nutriëntenbelasting te volgen zou het meest geschikt zijn, als deze reageert op veranderingen in de nutriëntenbelasting en niet op andere veranderingen in het ecosysteem*

Eutrofiëring in sloten kan leiden tot:

- hogere primaire productie, bijv. aan kroos, kroosvaren en draadalg,
- een tekort aan zuurstof,
- een sterk verarmde levensgemeenschap onder zuurstofarme/-loze omstandigheden onder een kroosdek,
- een verandering in de soortensamenstelling van de waterplantengemeenschap
- en uiteindelijk een langdurige omslag naar dominantie door kroos.

Nutriënten werken via regulatiemechanismen die in de levensgemeenschap bottom-up hun invloed doen gelden, dus via de primaire producenten (algen en waterplanten). Zowel fosfor als stikstof kunnen algengroei in beken en kroosgroei in sloten controleren. Opgeloste concentraties aan fosfor en stikstof zijn geen goede maat voor de trofietoestand van een systeem, omdat de beschikbare hoeveelheden aan opgeloste anorganische nutriënten snel worden aangevuld via remineralisatie. Een betere relatie is er aanwezig tussen de trofietoestand van een systeem en de belasting met fosfor en stikstof en de totaalgehalten daarvan.

Verlaging van de nutriëntengehalten in sloten hoeft niet te leiden tot een verbetering van de levensgemeenschap. Uitgaande van een dominantie van kroos, dus een overmatig voedselrijke toestand in sloten, kan de respons van kroos een hysteresis-effect vertonen. Dit betekent dat het systeem niet-lineair reageert via omslagpunten (figuur 1), waarbij het systeem gedurende enige tot lange tijd niet reageert, terwijl de nutriëntenbelasting wél afneemt. In beken spelen ook

hysteresis-effecten een rol, zoals aangetoond is voor de respons van fytoplankton. Omdat bij herstel van ecosystemen in zowel beken als sloten hysteresis een rol speelt en veelal stromende wateren en sloten in Nederland in een overmatig voedselrijke toestand verkeren, waarbij een hoge verzadigingsgraad is ontstaan van fosfor in zowel de bodem als de waterbodem, hoeft een vermindering van de nutriëntenbelasting dus nog geen verbetering van de ecologische toestand te betekenen.

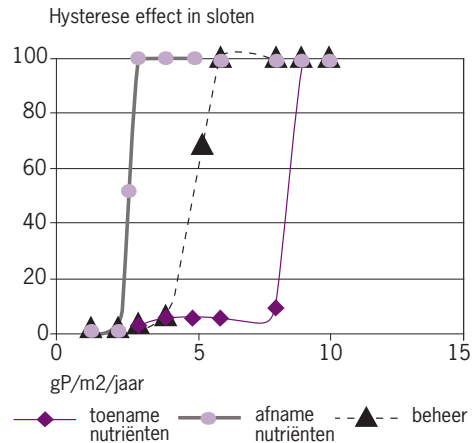
Voor een verandering ten gunste van het ecosysteem (bijvoorbeeld reductie van de algengroei) vanuit een verslechterde toestand is namelijk een veel lagere nutriëntenbelasting vereist, dan voor een verslechtering van het ecosysteem uitgaande van een goede toestand (bijvoorbeeld toename van de algengroei, zie figuur 1). Het voorgaande betekent dat, uitgaande van een verslechterde toestand, pas bij lage nutriëntenbelastingen c.q. nutriëntenconcentraties verbetering optreedt in de ecologische toestand.

Een biotische indicator om effecten van een verandering in de nutriëntenbelasting te volgen zou het meest geschikt zijn, als deze reageert op veranderingen in de nutriëntenbelasting en niet op andere veranderingen in het ecosysteem. Een dergelijke één-op-één-relatie is echter vrijwel onmogelijk, aangezien organismen vrijwel altijd reageren op meerdere beïnvloedende factoren. Om deze één-op-één-relatie zo dicht mogelijk te benaderen, kunnen biotische indicatoren voor de nutriëntentoestand het beste gezocht worden binnen de primaire producenten (algen en waterplanten), die direct van de nutriëntentoestand afhankelijk zijn.



In sloten zijn macrofyten, die direct van de nutriëntentoestand afhankelijk zijn, geschikte indicatoren om effecten van veranderingen in de nutriëntenbelasting te volgen. Het gaat daarbij om de soortensamenstelling aan drijvende en ondergedoken waterplanten en de abundanties van deze soorten. De totale bedekking aan kroos, draadalgen en de totale bedekking aan ondergedoken waterplanten geven een belangrijke indicatie van de toestand van het systeem. Fytoplankton is in sloten van ondergeschikt belang en daarmee is chlorofyl-a – als maat voor de algengroei – in deze systemen minder relevant.

Relaties in stromende wateren kunnen het beste worden bestudeerd aan algen in het oppervlaktewater en op harde substraten en de bodem. Dat betekent dat monitoring dient te worden gericht op fytoplankton (als Chlorophyl-a) en op fyto-benthos (als Chlorophyl-a en als soortensamenstelling van de diatomeeën). Omdat systemen niet-lineair reageren via omslagpunten, is er alleen een duidelijke relatie tussen de nutriënten en biotische indicatoren in het traject nabij de referentiesituatie. Voor kosteneffectieve monitoring betekent dit extensieve monitoring van deze indicatoren in overmatig voedselrijke systemen en intensievere monitoring in systemen nabij theoretische omslagpunten. Voor toepassing in een monitoringsprogramma wordt echter eigenlijk gevraagd naar een relatie tussen de biotische indicator en de nutriëntenbelasting voor het totale concentratietraject (trendmonitoring). Voor de Nederlandse situatie (overmatige voedselrijkdom) kan hier waarschijnlijk via geen enkele biotische indicator aan worden voldaan.



*Figuur 1 Hysterese-effect in slootecosystemen. De doorgetrokken lijn geeft de effecten van toename van nutriënten weer op de bedekking aan kroos (eutrofiëring)<sup>1</sup>. De dikke grijze lijn geeft de effecten weer van een verminderde nutriëntenbelasting (dé-eutrofiëring)<sup>2</sup>. De streepjeslijn geeft als voorbeeld de effecten weer van effectgerichte maatregelen (kroos verwijderen). Dergelijke effectgerichte maatregelen kunnen leiden tot een sterke verbetering van de levensgemeenschap bij hogere nutriëntenconcentraties.*

Biotische indicatoren zullen in optimale situaties aan een aantal criteria moeten voldoen. Vanwege natuurlijke ontwikkelingen en fluctuaties binnen een seizoen, is het niet reëel om te verwachten dat een biotische indicator een reactietermijn van één seizoen heeft. Om een uitspraak te doen is minimaal een jaar nodig. Voor uitspraken over trendontwikkeling zijn zelfs gegevens over meerdere jaren noodzakelijk. Chlorofyl-a-waarden kunnen sterk wisselen in de tijd, afhankelijk van bijvoorbeeld de stroomsnelheid. De soortensamenstelling verandert in het algemeen over een termijn van enkele jaren en is dus geschikter om op wat langere termijn effecten te monitoren. Geen enkele biotische indicator kan ook aan de eis voldoen om lineair te reageren op veranderingen over de gehele nutriëntenrange van overmatig voedselrijk tot aan de referentie. Op criteria zoals 'gemakkelijk te meten', 'kosteneffectief' en 'beperkte inspanning', scoort de soortensamenstelling en abundantie van het fyto-benthos minder dan de andere indicatoren. Chlorofyl-a-

analyses kosten het minst. Bepalingen van de soortensamenstelling van fyto-benthos en macrofyten zijn duurder analyses dan chlorofyl-analyses. Een indicator die alleen door nutriënten wordt gestuurd, is vrijwel onmogelijk, aangezien organismen en biotische indicatoren vrijwel altijd reageren op meerdere beïnvloedende factoren.

### Conclusies

- De respons van biotische indicatoren op veranderingen in de nutriëntenbelasting kan een hysteresis-effect vertonen.
- Biotische indicatoren zijn meestal niet alleen door nutriënten gestuurd.
- Om een dergelijke één-op-éénrelatie zo dicht mogelijk te benaderen, kunnen biotische indicatoren voor de nutriëntentoestand het beste gezocht worden binnen de primaire producenten (algen en waterplanten), die direct van de nutriëntentoestand afhankelijk zijn.
- Monitoring in overmatig voedselrijke systemen zou extensief van aard kunnen zijn, terwijl monitoring in minder voedselrijke systemen nabij omslagpunten intensief zou moeten plaatsvinden.



Foto: Geert van Duinhoven

## 5.7 Monitoren van nutriëntenstromen in stroomgebieden en polders

### Achtergrond

In Nederland zijn waterbeheer en landbouw onlosmakelijk met elkaar verbonden. De mestwetgeving is er mede op gericht om te komen tot een betere kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater. Om te bepalen hoe effectief de mestwetgeving is, wordt onder andere gekeken naar de effecten ervan op de oppervlaktewaterkwaliteit. Ondanks het feit dat er in Nederland veel in het oppervlaktewater wordt gemeten, blijkt het niet mogelijk om de effecten van het mestbeleid op de kwaliteit van het oppervlaktewater objectief vast te stellen. Er zijn weliswaar veranderingen zichtbaar, maar er is geen goede verklaring voor de trends. Deze conclusies zijn getrokken in Evaluatie Mestwetgeving 2002<sup>1</sup>, 2004<sup>2</sup> en ook weer in Werking van Meststoffenwet 2006<sup>3</sup>. Voor het evalueren van het mestbeleid is geconstateerd dat het noodzakelijk is om op stroomgebiedniveau de effecten van maatregelen te evalueren. Monitoring Stroomgebieden is een meerjarig onderzoeksproject, in opdracht van de ministeries LNV, VROM en V&W, naar het monitoren van de nutriëntenstromen op stroomgebiedniveau.

### Doel

Het doel van het project Monitoring Stroomgebieden is om te komen tot efficiënte, operationele monitoringssystemen van nutriënten. Zo ontstaat op stroomgebiedniveau inzicht in de effecten van het mestbeleid. Daarnaast dient de gehanteerde aanpak als blauwdruk om deze werkwijze ook in andere gebieden te realiseren.

### Aanpak

Bronnen, routes, omzettings- en vastleggingsprocessen in een (deel)stroomgebied bepalen de

oppervlaktewaterkwaliteit. Omdat het niet mogelijk blijkt op basis van alleen metingen in het oppervlaktewater de relatie met veranderingen in een (deel)stroomgebied te leggen, wordt in het project Monitoring Stroomgebieden geprobeerd de nutriëntenstromen in een gebied te monitoren door combineren van meten en modelleren. Om deze methode van monitoren uit te werken wordt het modelsysteem gefaseerd opgezet. Door de resultaten van elke verandering te analyseren wordt inzichtelijk wat de belangrijkste bronnen en transportroutes van verontreiniging van het oppervlaktewater zijn. Ook kan de bijdrage van de landbouw aan de vrachten en concentraties van nutriënten naar en in het oppervlaktewater worden bepaald.

Om tot algemene uitspraken te kunnen komen over de relatie tussen waterkwaliteit en het mestbeleid wordt in een aantal pilotgebieden intensief onderzoek gedaan. Dit betreft zowel aanvullende veldmetingen als de ontwikkeling van modelsystemen. Er zijn vier pilotgebieden gekozen die uiteenlopende Nederlandse landschapstypen vertegenwoordigen.

De pilotgebieden (figuur 1) zijn:

- De Drentse Aa, een zandgebied met lage nutriëntenbelasting.
- De Schuitembeek, een zandgebied met hoge nutriëntenbelasting.
- De Krimpenerwaard, een veenweidegebied.
- Quarles van Ufford, een bemalen rivierkleigebied.

Waterbeheerders meten in deze gebieden routinematig om de waterkwaliteit te bewaken. Deze metingen leveren echter geen sluitende water- en

*T.P. Leenders  
Alterra, Wageningen UR  
D.J.J. Walvoort,  
Alterra, Wageningen UR*

*Figuur 1 Ligging van de pilot-gebieden*

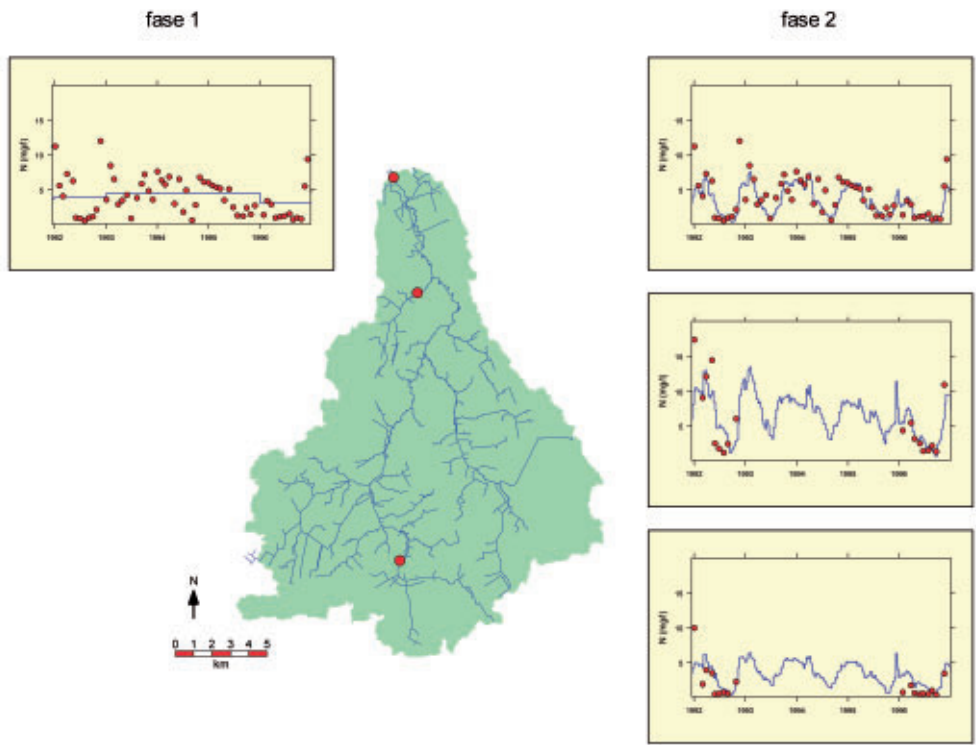


stoffenbalansen op. Daarom wordt in eerste instantie aanvullend op het bestaande meetnet van de waterbeheerder gemeten. Deze metingen worden gebruikt om kennisinhalen binnen de gebieden op te vullen, om de modelsystemen te toetsen, en om een optimale methode van monitoren af te leiden. Op den duur moet duidelijk worden welk modelstelsel gecombineerd met welke metingen voor welk gebied geschikt zijn om de effecten van beleid aan te tonen en om in vervolg daarop de effectiviteit van maatregelen te evalueren. Op die manier komen we uiteindelijk bij het doel van dit project: een optimaal en gebruiksklaar monitoringsysteem in deze gebieden en een blauwdruk van de werkwijze voor andere gebieden.

### Resultaten tot nu toe

Het project is gefaseerd opgezet. Iedere fase is een verfijning van voorgaande fasen. Na afloop van iedere fase worden aan de hand van metingen de modelresultaten getoetst op verschillende ruimten en tijdschalen. Op deze wijze wordt de meerwaarde van elke verfijningstap duidelijk. Het modelinstrumentarium van de eerste fase sluit aan bij de huidige aanpak voor de evaluatie van het mestbeleid. In de volgende fasen van de modellering heeft er telkens een verfijning van het modelstelsel plaatsgevonden.

Figuur 2 geeft voor het stroomgebied van de Drentse Aa, de gemeten en berekende stikstofconcentraties weer in het oppervlaktewater. Links zijn de resultaten voor fase 1 gegeven, te weten, jaargemiddelde stikstofconcentraties op het uitstroompunt. Processen in het oppervlaktewaterstelsel zijn bij fase 1 buiten beschouwing gelaten. Rechts zijn de resultaten voor fase 2 gegeven. Fase 2 is een verfijning van fase 1. Stikstofconcentraties zijn nu niet alleen berekend voor het uitstroompunt, maar ook voor locaties die bovenstrooms liggen. Daarnaast zijn de concentraties berekend met een fijnere temporele resolutie: decadegemiddelden in plaats van jaargemiddelden. Hierdoor wordt de seizoensvariatie in stikstofconcentraties veel beter beschreven. Ook zijn de processen in het oppervlaktewaterstelsel meegenomen in fase 2. De resultaten wijken op een aantal locaties af van de metingen doordat ondermeer specifieke gebiedsinformatie ontbreekt. Daarvan is in fase 3 gebruik gemaakt. Uiteindelijk leidt de gefaseerde modelaanpak tot een specifiek modelinstrumentarium per gebied waardoor maatwerk in qua eigenschappen verschillende gebieden kan worden geleverd.



*Figuur 2 Enkele resultaten van fase 1 (links) en fase 2 (rechts) voor het stroomgebied van de Drentse Aa. Gemeten stikstofconcentraties zijn weergegeven als rode cirkels, berekende concentraties als blauwe lijnen<sup>4,5</sup>*

### Impact

Het project Monitoring Stroomgebieden helpt nationale en regionale overheden om op gebiedsniveau beleid te ontwikkelen en uit te voeren. Het project geeft inzicht in bronnen, transportroutes en effecten, zodat gericht maatregelen kunnen worden getroffen. Tegelijkertijd wordt kennis op gebiedsniveau geïntegreerd en kunnen meetnetten

efficiënter worden gemaakt hetgeen zal leiden tot zowel een betere afstemming van onderzoek als tot een kostenbesparing. Daarnaast geeft het project de meerwaarde van gericht meten weer, en wordt inzichtelijk welke vragen met de voorgestelde monitoringmethode kunnen worden beantwoord. Meer informatie staat op de projectwebsite: [www.monitoringstroomgebieden.nl](http://www.monitoringstroomgebieden.nl)



*Doelsoort Krabbescheer. Foto: Roos Loeb.*

## 5.8 Bruikbaarheid van monitoring voor de evaluatie van natuurdoelen in oppervlaktewater

### Achtergrond

De Europese Vogel- en Habitatrichtlijn verplicht EU-landen te rapporteren over de actuele staat van instandhouding van soorten en habitattypen in speciale beschermingszones, de zogeheten Natura 2000-gebieden. Om de staat van instandhouding te kunnen beoordelen is monitoring vereist. Beheerders van Natura 2000-gebieden hebben voornamelijk ervaring met het monitoren van terrestrische natuur en geen tot weinig ervaring met het monitoren van waternatuur. Waterbeheerders hebben daarentegen wel veel ervaring met het monitoren van waternatuur. Naast de doelen waaraan de waterbeheerders moeten voldoen gelden voor oppervlaktewateren in Natura 2000-gebieden natuurdoelen. Deze doelen sluiten niet één op één op elkaar aan. Biologische monsters, die worden genomen door waterbeheerders, zijn wellicht bruikbaar om uitspraken te doen over de mate waarin natuurdoelen in Natura 2000-gebieden worden gehaald. Om te voorkomen dat dubbel geld wordt uitgegeven aan de monitoring van oppervlaktewateren in deze gebieden is het noodzakelijk om te bepalen of de monitoring door waterbeheerders kan worden gebruikt voor de evaluatie van natuurdoelen.

Een literatuurstudie in 2005 heeft aangetoond aan dat er eventueel mogelijkheden zijn voor natuurbeherende instanties om gebruik te maken van de monitoringsinspanningen van de waterbeheerders<sup>1</sup>. Wel is uit dit onderzoek gebleken dat de monitoring uitgevoerd door waterbeheerders zich vooral richt op levensgemeenschappen, terwijl de monitoring van natuurdoelen zich vooral richt op individuele soorten. Om definitieve uitspraken te kunnen doen over de bruikbaarheid

van monitoringsgegevens verzameld door waterbeheerders is onderzoek verricht naar de ruimtelijke variatie in deze gegevens.

### Doel

De studie is bedoeld om te bepalen of de monitoring uitgevoerd door waterbeheerders voldoende is om de natuurdoelen voor oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden te evalueren.

### Aanpak

Het onderzoek is uitgevoerd in het Natura 2000-gebied 'De Wieden', een laagveengebied met veel sloten. De levensgemeenschap in deze sloten is veelal van goede ecologische kwaliteit. Momenteel bestaat nog veel onduidelijk omtrent de exacte invulling van de instandhoudingsdoelen. Zolang de instandhoudingsdoelen niet duidelijk zijn geformuleerd, kunnen geen uitspraken worden gedaan over de bruikbaarheid van monitoring door waterbeheerders voor de evaluatie van deze doelen. Daarom is het hier beschreven onderzoek gericht op de monitoring van doelsoorten, welke onderdeel zijn van de landelijke natuurdoelen beschreven in het 'Handboek Natuurdoeltypen'<sup>2</sup>. Een bepaald percentage van de doelsoorten moet worden aangetroffen om te voldoen aan de landelijke natuurdoelen. Voor het onderzoek zijn sloten van vergelijkbare goede ecologische kwaliteit geselecteerd. Omdat de levensgemeenschap in de sloten voldoet aan een goede ecologische kwaliteit zou een bepaald percentage van de doelsoorten, die worden beschreven in het 'Handboek Natuurdoeltypen'<sup>2</sup>, in principe ook aanwezig moeten zijn. Verder is er gekozen voor sloten die verschillen in diepte, dwarsprofiel, het omringende landschap, etc.

*H.E. Keizer-Vlek,  
Alterra, Wageningen UR  
K. Didderen,  
Alterra, Wageningen UR  
P.W. Goedhart, Biometris*

om een zo groot mogelijk aantal doelsoorten te vinden en de ruimtelijke variatie zo goed mogelijk te omvatten.

Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke variatie en trefkans van de doelsoorten zijn op 25 slootlocaties in de Wieden in 2006 en 2007 opnames gemaakt van de watervegetatie en monsters genomen van kokerjuffers, libellen, slakken en haften. De bemonsteringen zijn uitgevoerd op een wijze die gangbaar is voor waterbeheerders. Op dezelfde locaties zullen ook in 2008 bemonsteringen worden uitgevoerd.

De monitoringsgegevens vertonen een variatie die wordt veroorzaakt door: (1) ruimtelijke verschillen, (2) temporele verschillen en (3) de wijze van bemonsteren. Deze variatie geeft een beeld van de mogelijkheden die de monitoringsgegevens bieden voor de evaluatie van natuurdoelen voor oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden.

### **Resultaat**

Monsters blijken vaak geen of slechts één enkele doelsoort te bevatten. Dit wordt in de 'De Wieden' veroorzaakt door de lage trefkans van de doelsoorten. Bemonstering op één locatie zal daarom nooit een beeld geven van de in een gebied aanwezige doelsoorten.

Er is ook gekeken naar het totaal aantal doelsoorten in meerdere sloten samen. Hieruit blijkt dat er meer doelsoorten worden gevonden naarmate op meer locaties in een gebied monitoring plaatsvindt. Om te voldoen aan de landelijke natuurdoelen en voldoende doelsoorten in 'De Wieden' te vinden, blijken ongeveer 16 macrofauna monsters en 9 opnames van waterplanten nodig te zijn.

Monitoring vindt niet alleen plaats om doelen in Natura 2000-gebieden te evalueren, maar ook om veranderingen in een gebied te kunnen volgen. Beheerders van een Natura 2000-gebied zouden bijvoorbeeld geïnteresseerd kunnen zijn in de veranderingen als gevolg van een uitgevoerde ingreep. Daarom is in een theoretisch voorbeeld een fictieve ingreep uitgevoerd. Deze ingreep pakt negatief uit voor de doelsoorten, waardoor de trefkans van individuele doelsoorten is gehalveerd. Vervolgens is de kans berekend dat na deze maatregel evenveel of zelfs meer doelsoorten worden aangetroffen. In dit voorbeeld is de berekende kans dat na de ingreep een te positief beeld van de ingreep wordt geschetst (en evenveel of zelfs meer doelsoorten worden aangetroffen) 35% voor de waterplanten en 30% voor de macrofauna. Dit geeft aan dat er een grote kans is dat onjuiste conclusies worden getrokken ten aanzien van de daadwerkelijke effecten van ingrepen op het aantal doelsoorten in een gebied.

Uit de resultaten van dit onderzoek blijkt dat de variatie in monsters van sloten in 'De Wieden' zowel voor waterplanten als macrofauna zodanig groot is, dat veranderingen in het aantal doelsoorten moeilijk zijn vast te stellen. De grote waargenomen variatie in aan- en afwezigheid van doelsoorten kan twee oorzaken hebben: (1) de lage trefkans van de individuele soorten gegeven de toegepaste bemonsteringsmethoden en/of (2) de grote natuurlijke ruimtelijke variatie. Met de gegevens die worden verzameld in 2007 en 2008 zal ook worden gekeken naar variatie in de tijd en de gevolgen daarvan voor het ontdekken van trends in doelsoorten. Hierbij zal ook aandacht worden besteed aan de meetbaarheid

*Bemonstering op één locatie zal daarom nooit een beeld geven van de in een gebied aanwezige doelsoorten*



van individuele soorten ten aanzien van aanwezigheid en populatiegrootte. De resultaten van het onderzoek zullen antwoord geven op de vraag of betrouwbare uitspraken kunnen worden gedaan over (trends in) doelsoorten, gegeven de monitoring en gegevensverzameling door waterbeheerders.

### Impact

Uit het onderzoek blijkt dat monitoring op één locatie nooit een goed beeld geeft van de doelsoorten die daadwerkelijk in een gebied aanwezig zijn. Uit het onderzoek blijkt tevens dat meer doelsoorten worden aangetroffen, naarmate op meer locaties in een gebied monitoring plaatsvindt. Momenteel zijn de doelen in het natuurbeleid niet gekoppeld aan een gestandaardiseerde monitoringsinspanning. Zolang deze koppeling niet plaatsvindt, zijn de resultaten van monitoring slechts een afspiegeling van de monitoringsinspanning en niet van de mate waarin natuurdoelen worden gehaald. Als gevolg hiervan zouden natuurbeheerders, wanneer zij verwachten dat bepaalde doelsoorten mogelijk toch aanwezig zijn, de kosten van intensievere monitoring af kunnen wegen tegen de kosten van het nemen van herstelmaatregelen. Om natuurbeheerders in de toekomst te kunnen afrekenen op het halen van doelen in bijvoorbeeld Natura 2000-gebieden is standaardisatie van de monitoringsinspanning een must.

Na afronding van het onderzoek in 2008 kunnen de resultaten mogelijk leiden tot de conclusie dat de monitoring uitgevoerd door waterbeheerders onvoldoende is om de natuurdoelen voor oppervlaktewater in Natura 2000-gebieden te evalueren. Mocht dit het geval zijn, dan (1) moet de

monitoring van oppervlaktewateren in Natura 2000-gebieden worden aangepast, of (2) moeten de doelen worden bijgesteld.

*Een gebufferde laagveensloot in 'De Wieden'.*

*Foto: Rebi Nijboer*



## 5.9 Een toets voor de oppervlaktewaterkwaliteit bij boerenbedrijven in het veenweidegebied

*M. Knotters,  
Alterra, Wageningen UR  
D.J. Brus,  
Alterra, Wageningen UR*

### Achtergrond

Sinds 22 december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht, die ertoe moet leiden dat in 2015 het oppervlaktewater van goede kwaliteit is. Boeren in het veenweidegebied willen anticiperen op de maatregelen van de KRW, en aantonen dat de waterkwaliteit op hun bedrijven aan de normen voldoet. Maar hoe bepaal je of het of het slootwater 'schoon' is? Wat moet je meten, op hoeveel locaties en hoe vaak? Hoe nauwkeurig moet je toetsen of het water 'vuil' of juist 'schoon' is? Deze studie richt zich op de eutrofiëring, waarbij gemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal worden getoetst tegen zogeheten MTR-waarden (MTR = maximaal toelaatbaar risico<sup>1</sup>). De norm is dat de gemiddelde concentratie N-totaal in het zomerhalfjaar (april-september) niet hoger mag zijn dan 2,2 mg/l, en dat de gemiddelde concentratie P-totaal niet hoger mag zijn dan 0,15 mg/l.

### Doel

Het doel is een strategie te ontwerpen waarmee jaarlijks betrouwbaar kan worden getoetst of de concentraties N-totaal en P-totaal van het oppervlaktewater voldoen aan KRW-normen bij twee melkveebedrijven in het veenweidegebied: het bedrijf van de familie Spruit te Zegveld en het Praktijkcentrum Zegveld (figuur 2). De toets richt zich op de ruimte-tijdgemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal in het oppervlaktewater gedurende het zomerhalfjaar.

### Aanpak

In dit geval moeten boeren aantonen dat het water 'schoon' is. De toets heeft daarom als nulhypothese: de concentraties overschrijden de

normen, en als alternatieve hypothese: de concentraties voldoen aan de normen. De kans moet klein zijn dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de concentraties voldoen aan de normen (fout van de eerste soort). Ook de kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de normen worden overschreden (fout van de tweede soort) moet klein zijn. Deze kans kan worden verkleind door meer waarnemingen te verrichten. In deze studie is ervoor gekozen dat de kans op een fout van de eerste soort niet groter mag zijn dan 0,05. De kans op een fout van de tweede soort mag niet groter zijn dan 0,2, bij een concentratie die zich 15 % onder de MTR-waarde bevindt. Verder mogen de jaarlijkse bemonsteringskosten niet hoger zijn dan € 1.000,-.

Om ruimte-tijdgemiddelde concentraties te schatten moet er een steekproef in ruimte en tijd worden uitgevoerd. Wij kozen voor een zogeheten synchroon steekproefontwerp: er worden eerst tijdstippen geselecteerd, en vervolgens worden er op elk tijdstip op telkens nieuwe locaties monsters genomen. In de tijd zijn drie deelperiodes van elk twee maanden onderscheiden (temporele strata), en de locaties zijn proportioneel verdeeld over de sloten (ruimtelijke strata), zie figuur 1. Zowel de tijdstippen als de locaties selecteerden we volgens een kanssteekproef. Dit heeft onze voorkeur omdat de conclusie zo min mogelijk afhankelijk moet zijn van modelveronderstellingen.

Het minimum aantal monsters dat nodig is om met een bepaalde betrouwbaarheid een conclusie te kunnen trekken schatten we op basis van informatie over de variatie in ruimte en tijd van concentraties N-totaal en P-totaal uit een eerdere studie in het zelfde gebied<sup>2</sup>. Op het bedrijf van

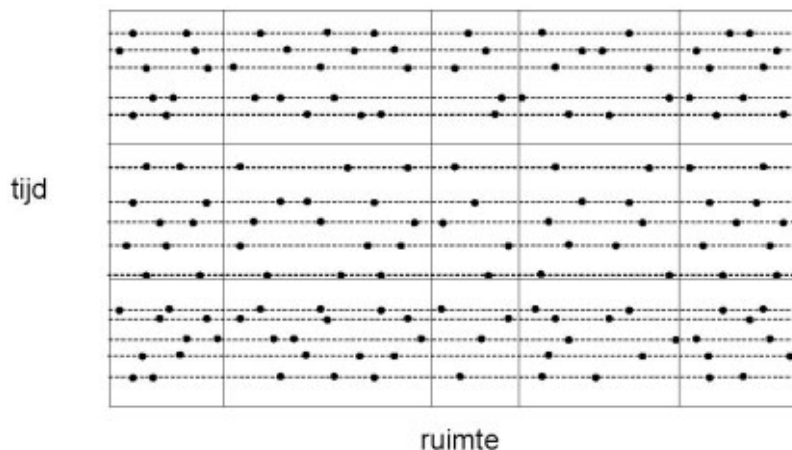
de familie Spruit konden telkens maximaal 50 monsters worden genomen, op het praktijkcentrum Zegveld telkens 75. Dit is wat maximaal mogelijk is op een dag. Tijdens de eerste deelperiode van twee maanden kon er niet worden bemonsterd. In de volgende deelperiode, juni-juli, werd op twee tijdstippen bemonsterd en in de laatste deelperiode, augustus-september, op drie tijdstippen. In het zomerhalfjaar van 2005 werden waterkwaliteitsmonsters genomen. Om laboratoriumkosten te besparen werden per tijdstip mengmonsters samengesteld.

### Resultaten

Voor zowel het bedrijf van de familie Spruit als voor het praktijkcentrum Zegveld overschrijden de geschatte ruimte-tijdgemiddelde concentraties N-totaal en P-totaal in het zomerhalfjaar van 2006 de MTR-waarden (tabel 1). De nulhypothese, dat de norm wordt overschreden, kan niet worden verworpen. Met de nieuwe informatie over de variatie in ruimte en tijd van de concentraties N-totaal en P-totaal berekenden we opnieuw het aantal meetrondes dat minimaal nodig is om aan de nauwkeurigheidseisen te voldoen<sup>3</sup>. Gegeven het aantal locaties per meetronde (50 voor Spruit en 75 voor Zegveld) zijn voor een toets van de concentratie N-totaal respectievelijk 9 en 6 rondes in het zomerhalfjaar nodig. Dit is iets meer dan de eerste schatting voor 2005. Voor P-totaal zijn respectievelijk 75 en 45 rondes nodig, vanwege de grote ruimtelijke en temporele variatie.

### Impact

Kanssteekproeven in ruimte en tijd worden nog nauwelijks toegepast bij het beoordelen van de



kwaliteit van het oppervlaktewater. Uit deze studie blijkt dat kanssteekproeven zeker hun nut hebben bij het toetsen aan normen. Dat de MTR-waarden werden overschreden kan iets zeggen over de kwaliteit van het slootwater, maar ook over de MTR-waarden zelf. Zijn die wel relevant voor slootwater in het veenweidegebied? Om de concentratie P-totaal te toetsen met de hierboven genoemde maximale kansen op foute beslissingen is een onrealistisch grote steekproefomvang nodig, vanwege de grote ruimtelijke en temporele variatie van de concentraties van P-totaal. De vraag is dan ook of P-totaal wel een geschikte parameter is om de kwaliteit van het slootwater te toetsen.

### Beperkingen

Voordeel van een kanssteekproef is de objectiviteit bij de beoordeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater. De resultaten bieden echter weinig inzicht in de oorzaken van overschrijding van normen. Een kaartje met patronen van con-

*Figuur 1 Schematische weergave van het ruimte-tijdgestratificeerde, synchrone, steekproefontwerp. • = bemonsteringspunt*

*Figuur 2 Ligging van het bedrijf van de familie Spruit (groen) en het praktijk-centrum Zegveld (paars)*



centraties zou dit inzicht wel kunnen bieden. Hoewel de steekproef niet voor dit doel is geoptimaliseerd, kunnen met de resultaten voor elke meetronde kaartjes worden gemaakt. Voorwaarde is dan wel dat er geen mengmonsters worden samengesteld, zoals in 2005 is gebeurd, maar elk

monster afzonderlijk in het laboratorium wordt geanalyseerd. Nadeel van mengmonsters is ook dat geen nieuwe informatie over de ruimtelijke variatie van N-totaal en P-totaal wordt verkregen, die kan worden gebruikt om de steekproef verder te optimaliseren.

*Tabel 1 Resultaten van de t-toets aan MTR-normen voor concentraties N-totaal en P-totaal*

	<b>Bedrijf</b>	<b>Gem. concentratie (mg/l)</b>	<b>Standaardfout (mg/l)</b>	<b>p-waarde</b>
N-totaal	Spruit	3.0	0.130	0.989
	Zegveld	3.8	0.083	0.999
P-totaal	Spruit	0.22	0.031	0.940
	Zegveld	0.16	0.013	0.679

## 6 Synthese en conclusies

### 6.1 Inleiding

Aanleiding voor deze WOt-studie was dat de informatie die monitoring oplevert vaak niet aansluit bij de behoefte. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat monitoringactiviteiten, vanaf gegevensverzameling tot en met benutting van informatie, niet geïntegreerd worden gepland. Bovendien wordt statistische kennis niet bijtijds benut, waardoor gegevens op anekdotische wijze worden verzameld op 'representatieve' locaties en tijdstippen. Dit hoofdstuk brengt de diverse onderdelen van deze WOt-studie bijeen rond de kernvraag: hoe kunnen monitoringplannen beter aansluiten bij de informatiebehoefte? Paragraaf 6.2 schetst de ontwikkelingen in de informatiebehoefte, die in deze WOt-studie naar voren zijn gekomen, en die van belang zijn voor het ontwerp van monitoringplannen. Paragraaf 6.3 benadrukt hoe alle monitoringactiviteiten geïntegreerd kunnen worden gepland. Paragraaf 6.4 gaat in op de mogelijkheden voor betere benutting van statistische kennis, in het bijzonder bij de dataverzameling. Ten slotte volgen in paragraaf 6.5 enkele conclusies over de afstemming van monitoringplannen op de informatiebehoefte in Nederland.

### 6.2 Informatiebehoefte

In deze WOt-studie is een aantal ontwikkelingen in de informatiebehoefte naar voren gekomen, die belangrijk zijn voor wijze waarop wordt gemonitord in de natuurlijke leefomgeving. Veel monitoringactiviteiten komen voort uit recente internationale en nationale wettelijke verplichtingen, en uit de toegenomen behoefte om de inzet van financiële middelen te verantwoorden. Politici en beleidsmakers moeten voortdurend worden voorzien van informatie over de toestand

van natuur en milieu, er moet kunnen worden beoordeeld of beleid effect heeft gehad, en er moet worden getoetst of de milieukwaliteit aan wettelijke normen voldoet. Deze doelen stellen specifieke eisen aan de wijze waarop gegevens worden verzameld en statistisch worden verwerkt, zoals in hoofdstuk 2 uiteen is gezet.

Arco van Strien, Leo Soldaat en Ruud Bink beschrijven in hun essay over natuurmonitoring dat de toepassing 'van monitoringresultaten in het beleid niet rechttoe-rechtaan is'. Beleidsmakers kijken volgens hen heel anders tegen meetprogramma's aan dan onderzoekers. Zo zien zij niet de noodzaak om de meetdoelen te preciseren en randvoorwaarden voor de nauwkeurigheid op te stellen. De informatiebehoefte van beleidsmedewerkers blijkt bovendien weinig constant, en de doorwerking van beleidsgericht onderzoek en evaluaties in het beleid is doorgaans gering. Daarom zien de auteurs een toekomst weggelegd voor een multipurpose meetprogramma: een programma dat bruikbaar is voor zoveel mogelijk meetdoelen en toepassingen. Het programma wordt vooral afgestemd op de meest belangrijk geachte en meest duurzame informatiebehoeften. Minder belangrijke wensen wegen minder zwaar bij het aansturen van het veldwerk, maar wel wordt geprobeerd aan deze wensen tegemoet te komen door de toepassingsmogelijkheden van de van de verzamelde gegevens te maximaliseren. Multipurposeprogramma's zijn 'robuust', dat wil zeggen geschikt om verschillende typen informatie te verschaffen.

Het hanteren van het voorzorgsbeginsel impliceert monitoring. Onzekerheid vereist dat

*De informatiebehoefte van beleidsmedewerkers blijkt bovendien weinig constant, en de doorwerking van beleidsgericht onderzoek en evaluaties in het beleid is doorgaans gering*

*Een huis biedt wooncomfort, een monitoringnetwerk informatie. Zowel een monitoringnet-werk als een huis verdienen een zorgvuldig ontwerp*

monitoring deel uitmaakt van maatregelen die worden genomen onder het voorzorgsbeginsel: zijn risico's goed geschat en moet beleid worden bijgesteld? De monitoring van ecologische effecten van gaswinning op Ameland sluit bij het voorzorgsbeginsel aan (paragraaf 5.5). Aandacht is er blijvend nodig voor de relevantie van de indicatoren die worden gemonitord, zie ook de discussie over graadmeters voor de natuur<sup>1,2,3,4,5</sup> en biologische indicatoren voor de Kaderrichtlijn Water<sup>6,7</sup>.

Monitoring kan ook leren als doel hebben. Dit stelt eisen aan het monitoringplan, in het bijzonder aan de betrokkenheid van partijen bij de monitoring en aan de communicatie over monitoringgegevens. Jennie van der Kolk en Annemarie Groot plaatsen in hun essay over participatieve monitoring de afrekenmentaliteit tegenover de leermentaliteit. Bij de afrekenmentaliteit wordt met monitoring beoordeeld of vooraf gestelde doelen zijn gehaald. Voorbeelden hiervan zijn de case van de Noordelijke Friese Wouden die in hoofdstuk 3 wordt besproken, en het voorbeeld van compliance-monitoring dat Martin Knotters en Dick Brus geven in paragraaf 5.9. Statusmonitoring, waarbij op de voet wordt gevolgd wat er in de natuur gebeurt, leent zich meer voor 'lesmateriaal', zeker als alle partijen die de processen kunnen beïnvloeden regelmatig inzicht hebben in de monitoringresultaten. De hoofdstukken '50 jaar monitoring kwelderwerken', van Kees Dijkema, en het nationale weidevogelmeetnet beschreven door Leo Soldaat, Wolf Teunissen en Arco van Strien, zijn hier voorbeelden van. Ook Wim Passchier wijst in zijn essay over monitoring en het voorzorgs-

beginsel impliciet op het belang van het leren uit monitoringresultaten. Dit leren gebeurt als vertegenwoordigers uit de werelden van deskundigen, bestuur, belanghebbenden en burgerorganisaties nieuwe kennis over de technologische ontwikkeling en haar maatschappelijke doorwerking beoordelen en gebruiken om risicoscenario's en maatregelen die onder het voorzorgsbeginsel zijn genomen opnieuw onder de loep te nemen.

### **6.3 Geïntegreerde planning van monitoring**

Om monitoring aan te laten sluiten bij de informatiebehoefte moeten alle monitoringactiviteiten geïntegreerd worden gepland volgens het ontwerpprincipes 'Begin aan het eind, en redeneer dan terug', zie hoofdstuk 3. Vergelijk het monitoringnetwerk maar met een huis. Het zijn beide grote investeringen, vaak voor een lange termijn. Een huis biedt wooncomfort, een monitoringnetwerk informatie. Zowel een monitoringnetwerk als een huis verdienen een zorgvuldig ontwerp. Als je een huis bouwt begin je niet zomaar ergens te metselen of te timmeren. Eerst denk je na over het vereiste wooncomfort. Wordt het een woning voor een groot of een klein gezin, voor senioren, een appartement, een vrijstaand huis? Vervolgens zet je de eisen waar het huis aan moet voldoen op een rijtje. Wat zijn de bouwkundige voorschriften, hoeveel het mag huis gaan kosten en hoe moet het er uit komen te zien? Je laat de constructies beoordelen door een bouwtechnicus, want je wilt later niet tussen de brokstukken zitten. Je houdt, als het even kan, vooraf rekening met verbouwingen die later misschien nodig zijn: menige garage in een Vinexwijk is na enkele jaren al een pedicuresalon. Nadat alle vragen zijn be-

antwoord en alle constructies zijn doorgerekend kun je bouwmaterialen gaan bestellen en met de bouw van het huis beginnen.

Zoals je een huis ontwerpt, zou je ook een monitoringplan moeten ontwerpen. Eerst denk je na over de vereiste informatie. Wordt er een kaart verlangd, moet er een gemiddelde waarde worden getoetst aan een wettelijke norm, moet er een effect van een ingreep worden vastgesteld? Hoe nauwkeurig moet de informatie zijn, wat mag een monitoringnetwerk kosten, wat is de geschikte verwerkingsmethode en steekproefopzet? Je laat de verwerkingsmethode, de steekproefopzet en de benodigde steekproefomvang beoordelen door een statisticus, want je wilt later geen informatie waar je niets mee kunt. Je houdt zoveel mogelijk rekening met wijzigingen in de omstandigheden die zich voor kunnen doen tijdens de monitoring, zoals nieuwe vragen om informatie. Het zou een grote verbetering zijn wanneer monitoringplannen net zo zorgvuldig worden ontworpen als woningen.

Jaap de Gruijter laat in zijn essay zien dat verplichte monitoringprotocollen een geïntegreerde planning in de weg kunnen staan. Hij raadt daarom aan om te beginnen met het formuleren van een doelvoorschrift, en pas daarna aan de hand daarvan een protocol te ontwerpen. Vervolgens zouden toepassers de vrijheid moeten hebben om te kiezen tussen volgen van het protocol, dan wel zelf een specifiek steekproefplan te ontwerpen op basis van het doelvoorschrift, waarbij het protocol als een voorbeeld kan dienen. Als bekend is over welke variabelen informatie moet worden verzameld, wat voor type informatie dit

moet zijn, in welk gebied en over welke periode, dan is een belangrijke stap gezet in de richting van een geïntegreerd monitoringplan. Opmerkelijk is dat op het gebied van biologie relatief veel discussie is over de doelparameters<sup>1,2,3,4,5,6,7</sup>. Wat zijn geschikte graadmeters, maatlatten of indicatoren voor de toestand van de natuur? Ook de bijdragen van Gertie Arts en Hanneke Keizer-Vlek aan deze WOt-studie illustreren dit. Zolang er niet voor graadmeters of indicatoren is gekozen kan er geen monitoringplan worden ontworpen. ‘Alles’ meten is een optie, maar bijvoorbeeld het benodigd aantal waarnemingen zal afhangen van de ruimtelijke en temporele variatie van de doelvariabelen die uiteindelijk worden gekozen.

#### **6.4 Benutting van statistische kennis**

Eerder in deze WOt-studie is al gesteld dat statistische kennis niet tijdig wordt benut om monitoringactiviteiten geïntegreerd te plannen: wel statistiek achteraf, maar geen statistiek vooraf. Gegevens worden hierdoor vaak op anekdotische wijze verzameld, op ‘representatieve’ locaties en tijdstippen. Statistiek achteraf blijkt dan vaak tamelijk vruchteloos te zijn, omdat de verzamelde gegevens zich niet lenen voor verwerking tot de gewenste informatie.

Dick Brus geeft in zijn essay (paragraaf 4.2) een voorbeeld waarin onderbenutting van statistische kennis bij dataverzameling leidt tot monitoring die niet goed aansluit bij de informatiebehoefte. Hij constateert dat in het TNO-rapport ‘Slim Monitoren’<sup>8</sup> steekproeftechnische aspecten van de meetnetten buiten beschouwing blijven, terwijl een steekproef in ruimte en tijd juist de basis vormt van een monitoringmeetnet. Hierdoor is

*Statistiek achteraf blijkt dan vaak tamelijk vruchteloos te zijn, omdat de verzamelde gegevens zich niet lenen voor verwerking tot de gewenste informatie*

*De belangrijkste conclusie is dat monitoringactiviteiten geïntegreerd moeten worden gepland, en dat statistische kennis daarbij beter moet worden benut*

er geen goed beeld van de mogelijkheden en onmogelijkheden van de huidige meetnetten om bepaalde informatie te leveren. Het blijkt dat de huidige meetnetten minder geschikt zijn voor het doen van statistische uitspraken over (veranderingen in) de kwaliteit van de Nederlandse bodem. Kanssteekproeven zijn hiervoor veel geschikter, maar die zijn dus helaas niet uitgevoerd. Veel kan worden geleerd van het milieumonitoringprogramma EMAP in de VS: bij het ‘opschalen’ van informatie die op bedrijven is verzameld naar landelijk niveau kunnen kanssteekproeven goede diensten bewijzen.

Het voorbeeld van monitoring voor zelfsturing in de Noordelijke Friese Wouden (hoofdstuk 3) laat zien hoe statistische kennis vroegtijdig kan worden benut bij het ontwerpen van een monitoringplan voor toetsing van de kwaliteit van het oppervlaktewater aan normen.

Statistische methoden zijn onvermijdelijk bij toetsen, als de nauwkeurigheid van informatie moet worden aangegeven en als risico's moeten worden geschat. Kwantitatieve informatie over onzekerheid wordt echter niet altijd goed ontvangen door beleidsmakers, politici en wetenschappers die vooral met onzekerheidsreductie bezig zijn. Wim Passchier wijst in zijn essay over het verzorgingsbeginsel op het fenomeen “dat de resultaten van onderzoek, zeker of misschien wel juist van goed onderzoek, meer vragen oproepen dan antwoorden geven”. Uit de informatie die voortkomt uit monitoring kan blijken dat de natuur toch ingewikkelder in elkaar zit dan we dachten. Met statistische methoden kunnen we onze onzekerheid over hoe de natuur werkelijk in elkaar steekt kwantificeren. Maar zodra onder-

zoekers deze informatie over onzekerheid rapporteren komen ze vaak minder zeker over, terwijl hun kennis over de natuur gelijk is gebleven of zelfs is toegenomen. Het vertrouwen in de resultaten van wetenschappelijk onderzoek kan hierdoor zelfs afnemen. Goede communicatie over onzekerheid is daarom cruciaal voor een goede benutting van kennis over onzekerheid bij het nemen van beslissingen. En dit betreft alleen nog maar onzekerheid die te kwantificeren is. Bij dat kwantificeren kunnen verschillende methoden worden toegepast, met verschillende uitkomsten, onzekerheid over de onzekerheid dus. En er kunnen ook nog onbekende, niet kwantificeerbare, risico's zijn, zoals onbekende bijwerkingen van medicijnen.

## **6.5 Conclusies**

De belangrijkste conclusie van deze WOt-studie is dat monitoringactiviteiten geïntegreerd moeten worden gepland, en dat statistische kennis daarbij beter moet worden benut. Er blijft nu teveel informatie ongebruikt liggen, omdat het geen antwoord biedt op de vragen van beleidsmakers. En de informatie die nodig is wordt niet, of niet op een efficiënte manier, verzameld. Veel monitoring is gericht op reductie van onzekerheid: meer inzicht in processen en patronen. Maar voor de beantwoording van verschillende typen vragen kan veel efficiënter worden gemonitord, en is het kwantificeren van onzekerheid minstens zo belangrijk als het reduceren van onzekerheid. Dit is bijvoorbeeld het geval als er moet worden getoetst aan (wettelijke) normen.

Er wordt wel veel vergaderd over monitoring, maar een eenmaal bereikte consensus, beklonken



in een protocol, hoeft nog niet te betekenen dat monitoring voortaan is gebaseerd op common sense. En juist door common sense te gebruiken bij het ontwerpen van monitoringplannen kan veel worden verbeterd aan de doorwerking van monitoringgegevens in het beleid. De systematiek die De Gruijter *et al.*<sup>8</sup> voorstellen biedt hiervoor een goede basis. Voor een betere benutting van monitoringgegevens is het belangrijk dat beleidsmakers en onderzoekers dezelfde taal spreken over

monitoring. Een studie als deze kan daaraan bijdragen. Het is evenzeer belangrijk dat enerzijds onderzoekers zich bewust zijn van de politieke en maatschappelijke context waarin 'hun' informatie een rol speelt, en anderzijds beleidsmakers en politici de mogelijkheden kennen om informatie die uit monitoring voortkomt optimaal te benutten bij het nemen van beslissingen. Dit zal leiden tot monitoringplannen die alle partijen 'goed' vinden.

*Foto: Geert van Duinboven.*





# Literatuur

## Literatuur bij hoofdstuk 2

- 1 IPCC (2003), Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. Kanagawa, Japan.
- 2 Stolbovoy, V., L. Montanarella, N. Filippi, S. Selvaradjou, P. Panagos, J. Gallego (2005), Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soils of the European Union. Luxemburg, Office for Official Publications of the European Communities, EUR 21576 EN.
- 3 Lamé, F.P.J., D.J. Brus, R.H. Nieuwenhuis (2004), Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport AW2000 fase 1. Utrecht, TNO-rapport NITG 04-242-A.
- 4 Rietra R.P.J.J., D.J. Brus, F. de Vries (2006), Bodemmeetnet Noord-Holland, Meetontwerp en 1e meetronde. Wageningen, Alterra-rapport 941, 100 pp.
- 5 Brink, B. ter, A. van Strien, R. Reijnen (2001), De natuur de maat genomen in vier graadmeters. Landschap 18(1): 5-20.
- 6 Wamelink, W. (2002), Wordt de natuur wel de goede maat genomen? (met nawoord van B. ter Brink, A. van Strien, R. Reijnen) Landschap 19(2): 113-118.
- 7 Musters, K., J. Dekker, W. ter Keurs (2002), Graadmeters de maat genomen. Landschap 19(3): 135-151.
- 8 Vermaat, J., H. Goosen, A. Gilbert (2003), Behoeft versus verplichting. Graadmeters voor de toestand van de natuur in Nederland. Landschap 20(1): 39-41.
- 9 Brink, B. ter, A. van Strien, R. Reijnen (2003), Graadmeters voor de natuur (nawoord). Landschap 20(3): 173-174.
- 10 Pot, R., T.A.H.M. Pelsma (2006), Toetsen en beoordelen. Achtergronddocument met toelichting en voorbeelden voor de toepassing van de KRW-maatlatten biologie in Nederland. Werkgroep MIR.
- 11 Torenbeek, R., T.A.H.M. Pelsma (2008), Protocol toetsen en beoordelen voor de operationele monitoring en toestand- en trend-monitoring, toetsjaar 2007. Werkgroep MIR.
- 12 Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, M. Knotters (2006), Sampling for Natural Resource Monitoring. Berlijn, Springer.
- 13 Koelemeijer, R., S. Kruitwagen (red) (2007), Milieubalans 2007. Bilthoven, MNP-rapportnr. 500081004.
- 14 Van Egmond, P., M. Vonk (red) (2007), Natuurbalans 2007. Bilthoven, MNP-rapportnr. 500402005.
- 15 Common Implementation Strategy Working Group 2.7 Monitoring. (2003), Water Framework Directive. Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive. Final version.

- 16 Delft, S.P.J. van, P.C. Jansen, R.H. Kemmers (2003), Effecten van hydrologische maatregelen tegen verzuring en vermessing op water, bodem en vegetatie in Groot Zandbrink; Evaluatie na twaalf jaar. Wageningen, Alterra-rapport 706.
- 17 Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland (2005), Monitoringeffecten van bodemdaling op Ameland-Oost: evaluatie na 18 jaar gaswinning. Assen, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.
- 18 Kruskal, W., F. Mosteller (1979a), Representative sampling, I: Non-scientific literature. *International Statistical Review* 47(1): 13-24.
- 19 Kruskal, W., F. Mosteller (1979b), Representative sampling, II: Scientific literature, excluding statistics. *International Statistical Review* 47(2): 111-127.
- 20 Kruskal, W., F. Mosteller (1979c), Representative sampling, III: The current statistical literature. *International Statistical Review* 47(3): 245-265.
- 3 Commissie Integraal Waterbeheer (2000), Normen voor het waterbeheer. CIW, Achtergronddocument NW4.
- 4 Roelsma, J. (2007), Systeemanalyse Noordelijke Friese Wouden. Wageningen, Alterra-rapport 1465.
- 5 Roelsma, J., R.A.L. Kselik (2007), Systeemverkenning Noordelijke Friese Wouden. Wageningen, Alterra-rapport 1464.
- 6 Knotters, M., B. de Vos, I. Hoving, D. Brus (2006), Monitoringstrategie voor de oppervlaktewaterkwaliteit van melkveebedrijven in het veenweidegebied. *H2O* 13: 40-43.

#### Literatuur bij paragraaf 4.1

#### Literatuur bij hoofdstuk 3

- 1 Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, M. Knotters (2006), *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Berlijn, Springer.
- 2 Knotters, M., J.A. de Vos (2007), *Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van de Noordelijke Friese Wouden*. Wageningen, Alterra-rapport 1456.
- 1 Rio Declaration on Environment and Development of United Nations Conference on Environment and Development (1992), United Nations Environment Programme 6-1992. Internet: <http://www.unep.org/Documents/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163> geraadpleegd 5-11-2007.
- 2 Commissie van de Europese Gemeenschappen (2000), Mededeling van de Commissie over het voorzorgsbeginsel. Brussel: Commissie van de Europese Gemeenschappen; 2-2-2000: Document COM(2000) 1. Internet: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/nl/com/2000/com2000\\_0001nl01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/nl/com/2000/com2000_0001nl01.pdf) geraadpleegd 28-7-2006.

- 3 Minister van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Minister van Economische Zaken, Minister van Volksgezondheid Welzijn en Sport, Minister van Landbouw Natuurbeheer en Visserij, Minister van Onderwijs Cultuur en Wetenschappen (2000), Beleidsnota Biotechnologie. Den Haag: Sdu Uitgevers.
- 4 Minister van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (2001), Strategienota omgaan met stoffen. Nationaal en Internationaal stoffenbeleid. Den Haag: SDU-Uitgevers.
- 5 San Francisco Adopts the Precautionary Principle. Rachel's Environment and Health News 2003; 765.
- 6 Pieterman R. (2001), Weg met het voorzorgsbeginsel? Een rechtssociologische cultuurkritiek. Nederlands Juristenblad; 76(22): 1023-1029.
- 7 Stirling A. (1999), On science and precaution in the management of technological risk. Volume I. A synthesis report of case studies. Brussel: European Commission, Joint Research Centre; 5-1999: Report EUR No: EUR 19056/EN.
- 8 Harremoës P, Gee D, MacGarvin M, Stirling A, Keys J, Wynne B et al (2001), Late Lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Copenhagen: European Environment Agency. Environmental Issue report 22. Internet: [http://reports.eea.eu.int/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/en/Issue\\_Report\\_No\\_22.pdf](http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2001_22/en/Issue_Report_No_22.pdf) geraadpleegd 7-4-2002.
- 9 Von Gleich A. Vorsorgeprinzip (1999), In: Bröchler S, Simonis G, Sundermann K, editors. Handbuch Technikfolgenabschätzung. Berlin: Editions Sigma. p.287-293. Internet: [http://www.ta-net-nrw.de/fileadmin/ta\\_net/pdf\\_dateien/von\\_Glei\\_grafik.pdf](http://www.ta-net-nrw.de/fileadmin/ta_net/pdf_dateien/von_Glei_grafik.pdf), geraadpleegd 19-2-2004.
- 10 Grady D. A Glow in the Dark, and a Lesson in Scientific Peril. New York Times 6-10-1999. Internet: <http://query.nytimes.com/gst/fullpage.html?res=990DE1D61E38F935A35753C1A96E958260>.
- 11 Kovarik W. (1996), The radium girls. In: Neuzel M, Kovarik W, editors. Mass Media and Environmental Conflict: America's Green Crusades. Chapter 2. Sage Publications; ISBN 0-7619-0333-X. Internet: <http://www.runet.edu/~wkovarik/envhist/radium.html>, geraadpleegd 19-10-2007.

- 12 Van Zwanenberg P, Millstone E (2001), 'Mad cow disease' 1980s-2000: how reassurances undermined precaution. In: Harremoës P, Gee D, MacGarvin M, Stirling A, Keys J, Wynne B *et al.*, editors. Late Lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000. Environmental Issue report 22. Chapter 15. Copenhagen: European Environment Agency. p.157-67. Internet: [http://reports.eea.eu.int/environmental\\_issue\\_report\\_2001\\_22/en/Issue\\_Report\\_No\\_22.pdf](http://reports.eea.eu.int/environmental_issue_report_2001_22/en/Issue_Report_No_22.pdf), geraadpleegd 7-4-2002.
- 13 Sarraet M. (1883), Un cas de tremblante sur un boeuf. Rev méd vét; 7: 310-312.
- 14 Cooke BC. (1998), A brief history on the use of meat products, especially meat and bone meal in the feeds for ruminant animals. London, UK: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food; 27-4-1998: The BSE inquiry Statement no 27. Internet: <http://www.bseinquiry.gov.uk/files/ws/s027.pdf> geraadpleegd 22-1-2007.
- 15 Barron RM, Campbell SL, King D, Bellon A, Chapman KE, Williamson RA *et al.* (2007), High titres of TSE infectivity associated with extremely low levels of PrPSc in vivo. J Biol Chem 2007; paper in press.
- 16 Passchier WF. (1999), Verspraak onder hoogspanning (Wireless tensions). Maasland: WF Passchier; 12-11-1999: Tekst van een oratie bij de aanvaarding van het ambt van bijzonder hoogleraar risicoanalyse aan de Universiteit Maastricht. Internet: [http://home.planet.nl/~wfpas/pdf\\_bestanden/WFP0082%20verspraak\\_hoogspanning\\_WFP\\_1999.pdf](http://home.planet.nl/~wfpas/pdf_bestanden/WFP0082%20verspraak_hoogspanning_WFP_1999.pdf) geraadpleegd 19-10-2007.
- 17 Burgess A. (2004), Cellular phones, public fears, and a culture of precaution (2004), Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN 0 521 52082 7.
- 18 Von Moltke K. (1988), The Vorsorgeprinzip in West German Environmental Policy. In: Lewis J, editor. Royal Commission on Environmental Pollution. 12th Report : Best Practicable Environmental Option. Appendix 3. London: Her Majesty's Stationary Office. p.55-70.
- 19 Declaration of the International Conference on the Protection of the North Sea (1984). Bremen, Internet: <http://www.dep.no/md/html/conf/declaration/bremen.html> geraadpleegd 29-8-2004.
- 20 Final Declaration of the Third International Conference on Protection of the North Sea. Yb Int Environ Law 1990; 1(658): 662-673.

- 21 Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity: text and annexes (2000), Montreal. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Internet: <http://www.biodiv.org/biosafety/protocol.asp?lg=0> geraadpleegd 8-8-2001.
- 22 Faure MG, Vos E, editors. (2003), Juridische afbakening van het voorzorgsbeginsel: mogelijkheden en grenzen. Den Haag, Gezondheidsraad, Publicatie nr A03/03.
- 23 Europese Raad. (2000), Resolutie over het voorzorgsbeginsel In: Conclusies van het Voorzitterschap. Europese Raad van Nice, 7, 8 en 9 december 2000. Document SN 400/00. Bijlage III. Brussel: Europese Commissie; 2000. Internet: [http://europa.eu.int/council/off/conclu/dec2000/dec2000\\_nl.pdf](http://europa.eu.int/council/off/conclu/dec2000/dec2000_nl.pdf), geraadpleegd 16-1-2001.
- 24 Wingspread Statement on the Precautionary Principle. Rachel's Environment and Health Weekly 1998;(586).
- 25 World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (2005), The Precautionary Principle. Paris: UNESCO. Internet: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf> geraadpleegd 5-11-2007.
- 26 Van Asselt MBA (2000), Perspectives on Uncertainty and Risk. The PRIMA Approach to Decision Support (thesis Universiteit Maastricht). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- 27 Collins HM, Evans R. (2002), The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Soc Stud Sci* 32(2): 235-296.
- 28 Wynne B. (1992), Uncertainty and environmental learning: Reconceiving science and policy in the preventive paradigm. *Global Environ Change*; 2(2): 111-127.
- 29 What is good governance? (2003), Bangkok, Thailand: United Nations Economic Commission for Asia and the Pacific. Internet: <http://www.unescap.org/pdd/prs/ProjectActivities/Ongoing/gg/governance.asp> geraadpleegd 27-11-2007.
- 30 Crabbé A, Gysen J, Leroy P. (2006), Vademecum milieubeleidsvaluatie. Brugge, Vanden Broele.
- 31 Commission of the European Communities (2001), European Governance. A White Paper. Brussels, Commission of the European Communities. Document COM(2001) 428.
- 32 Page T. (1978), A Generic View of Toxic Chemicals and Similar Risks. *Ecological Law Quarterly*; 7(2): 207-244.
- 33 Talk, talk. *Economist.com* 24-7-2007. Internet: [http://www.economist.com/research/articlesBySubject/displaystory.cfm?subjectid=894408&story\\_id=9537136](http://www.economist.com/research/articlesBySubject/displaystory.cfm?subjectid=894408&story_id=9537136) geraadpleegd: 19-10-2007.

- 34 Telecommunications and service growth (2007). Nairobi, Communications Commission of Kenya. Internet: <http://www.cck.go.ke/UserFiles/File/telecom.pdf> geraadpleegd 13-7-2007.
- 35 Gezondheidsraad (2002), Mobiele telefoons. Een gezondheidskundige analyse. Den Haag, Gezondheidsraad. Publicatie nr. 2002/01. Internet: <http://www.gr.nl/nederlands/welkom/frameset.htm> geraadpleegd 7-4-2002.
- 36 International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (1998), Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys*; 74(4): 494-522.
- 37 Grassberger T, Kotteder F. Mobilfunk (2003), Ein Freilandversuch am Menschen. München, Verlag Antje Kunstmann.
- 38 Meyer D (2007), Energy inefficiency could kill pure cellular. ZD Net.co.uk. Internet: <http://www.zdnet.co.uk/misc/print/0,1000000169,39285448-39001101c,00.htm> geraadpleegd: 19-10-2007.
- 39 Rösli M, Rapp R. (2003), Hochfrequente Strahlung und Gesundheit, Bewertung von wissenschaftlichen Studien an Menschen im Niedrigdosisbereich. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Umweltmaterialien nr. 162 Nichtionisierende Strahlung. Internet: <http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/luft/nis/gesundheit/UM-162-D.pdf> geraadpleegd 26-7-2006.
- 40 Van Asselt M, Passchier W, Krayer von Krauss M (2007), Uncertainty assessment. An analysis of regulatory science on wireless communication technology, RF EMF and cancer risks. Maastricht, Universiteit Maastricht. Report for the IMBA project, Work Package 1. Epidemiological research & Animal studies.
- 41 Frewer LJ, Hunt S, Brennan M, Kuznesof S, Ness M, Riston C. (2003), The views of scientific experts on how the public conceptualize uncertainty. *J Risk Research*; 6(1): 75-85.
- 42 Walker WE, Harremoës P, Rotmans J, van der Sluijs JP, van Asselt MBA, Janssen P et al (2003), Defining Uncertainty. A Conceptual Basis for Uncertainty Management in Model-Based Decision Support. *Integrated Assessment 2003*, 4(1): 5-17.
- 43 Janssen PHM, Petersen AC, van der Sluijs J, Risbey JS, Ravetz JR. (2003), RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication. Quickscan Hints & Actions List. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Milieu en Natuurplanbureau, RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series, Volume 2. Internet: [http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/Guidance\\_QS-HA.pdf](http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/Guidance_QS-HA.pdf) geraadpleegd 26-5-2006.



- 44 Petersen AC, Janssen PHM, van der Sluijs JP, Risbey JS, Ravetz JR (2003), RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication. Mini-Checklist & Quick-scan Questionnaire. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Milieu en Natuurplanbureau. RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series, Volume 1. Internet: [http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/Guidance\\_MC\\_QS-Q.pdf](http://www.rivm.nl/bibliotheek/digitaaldepot/Guidance_MC_QS-Q.pdf) geraadpleegd 26-5-2006.
- 45 Van der Sluijs JP, Risbey JS, Kloprogge P, Ravetz JR, Funtowicz SO, Quintana SC *et al.* (2003), RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication. Detailed Guidance. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Milieu en Natuurplanbureau. RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series, Volume 3. Internet: <http://www.nusap.net/downloads/detailedguidance.pdf> geraadpleegd 9-10-2007.
- 46 Van der Sluijs JP, Janssen PHM, Petersen AC, Kloprogge P, Risbey JS, Tuinstra W *et al.* (2004), RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication. Tool Catalogue for Uncertainty Assessment. Utrecht/Bilthoven, Copernicus Institute/Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Milieu en Natuurplanbureau. RIVM/MNP Guidance for Uncertainty Assessment and Communication Series, Volume 4. Internet: <http://www.nusap.net/downloads/toolcatalogue.pdf> geraadpleegd 26-5-2006.
- 47 Van der Sluijs J, Craye M, Funtowicz S, Kloprogge P, Ravetz J, Risbey J. Experiences with the NUSAP system for multidimensional uncertainty assessment. *Water Sci Technol* 2005; 52(6): 133-144.
- 48 Ravetz JR, Funtowicz SO (2002), NUSAP - The Management of Uncertainty and Quality in Quantitative Information. Internet: <http://www.nusap.net/sections.php?op=viewarticle&artid=14> geraadpleegd 5-2-2005.
- 49 Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.* Geneva, Switzerland, IPCC secretariat, c/o World Meteorological Organization. Internet: <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf> geraadpleegd 28-2-2007.
- 50 Burgess A. (2007), Real and phantom risks at the petrol station: The curious case of mobile phones, fires and body static. *Health Risk Soc*; 9(1): 53-66.
- 51 Burgess A. (2007), Mobile Phones and Service Stations: Rumour, Risk and Precaution. *Diogenes*; 54(1): 125-139.
- 52 Evaluation of interference between hand-held wireless phones and implanted cardiac pacemakers: final recommendations for corrective intervention (1996). Washington DC, Wireless Technology Research LLC. Final Report.

- 53 Gezondheidsraad: Commissie Radiofrequente straling (1997), Radiofrequente electro-magnetische velden (300 Hz-300 GHz)/ Radiofrequency electromagnetic fields (300 Hz-300 GHz). Den Haag, Gezondheidsraad, publicatienr. 1997/01.
- 54 Hoogerwerf A, Herweijer M, eds. (1998), Overheidsbeleid. Een inleiding in de beleidswetenschap. Zesde druk. Alphen aan den Rijn, Samsom.
- 55 Dürrenberger G, Kastenholz H (2006), EMF Risk Communication: Facts and Emotions. In: Andersson K, editor. Proceedings of Valdor 2006. Stockholm, Congrex Sweden AB/Informationsbolaget Nyberg & Co. Internet: <http://www.karita.se/conferences.php>, geraadpleegd 17-11-2006.
- 56 Non-Ionizing Radiation (2002), Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields Lyon. World Health Organization, International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Volume 80.
- 57 Besluit van 8 september 1977, houdende regelen met betrekking tot de registratie van farmaceutische specialités en farmaceutische preparaten (Besluit registratie geneesmiddelen). Stblid 1977; 537.
- 58 Terugtrekking handelsvergunning Prexige (lumiracoxib) in Australië ivm ernstige leverbijwerkingen. 14-8-2007. Internet: <http://www.cbg-meb.nl/nl/nieuws/act07/act0814a.htm> geraadpleegd 23-10-2007.
- 59 Gezondheidsraad (2003), Gezondheid en milieu: mogelijkheden van monitoring. Den Haag, Gezondheidsraad. Publicatie nr 2003/13.
- 60 Passchier WF, Albering HJ, Amelung B, Anderson HR, Briggs DJ, Caratti P et al (2002), Healthy Airports. A proposal for a comprehensive set of Airport environmental health indicators. Maastricht, Universiteit Maastricht, Department of Health Risk Analysis and Toxicology. Internet: <http://www.personeel.unimaas.nl/wf.passchier/products.htm> geraadpleegd 29-11-2007.
- 61 EEA - How we reason (2007), Copenhagen, Denmark European Environment Agency. Internet: [http://www.eea.europa.eu/documents/brochure/brochure\\_reason.html](http://www.eea.europa.eu/documents/brochure/brochure_reason.html) geraadpleegd 23-10-2007.
- 62 Briggs DJ (1999), Environmental Health Indicators: Framework and Methodology. Geneva, World Health Organization, Sustainable Development and Healthy Environments. Report nr. WHO/SDE/OEH/99.10. Internet: <http://www.who.int/docstore/peh/archives/EHIndicators.pdf> geraadpleegd 29-11-2007.

- 63 Gezondheidsraad (2004), Over de invloed van geluid op de slaap en de gezondheid (The Influence of Night-time Noise on Sleep and Health). Den Haag, Gezondheidsraad. Publicatie nr 2000/14.
- 64 Passchier-Vermeer W, Miedema HME, Vos H, Steenbekkers JHM, Houthuijs DJM, Reijneveld SA. (2002), Slaapverstoring en vliegtuiggeluid (Aircraft noise and sleep disturbance). Delft/Bilthoven, TNO Inro/ National Institute for Public Health and the Environment. TNO Inro report nr 2002.028, RIVM report nr 441520019. Internet: <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/441520019.html> geraadpleegd 13-9-2007.
- 65 Rijksvaccinatieprogramma - registratie, onderzoek (2007). Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Internet: [http://www.rivm.nl/rvp/bijwerkingen/registratie\\_onderzoek/](http://www.rivm.nl/rvp/bijwerkingen/registratie_onderzoek/) geraadpleegd 23-10-2007.
- 66 Gezondheidsraad (2006), Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid. Den Haag, Gezondheidsraad. Publicatie nr 2006/06. Internet: <http://www.gezondheidsraad.nl/pdf.php?ID=1340&p=1> geraadpleegd 27-4-2006.
- 67 Kwaliteit als strategische keuze (2000). Delft, Nederlands Normalisatie Instituut. Internet: <http://www2.nen.nl/getfile?docName=241723> geraadpleegd 17-10-2007.

## Literatuur bij paragraaf 4.2

- 1 Technische Commissie Bodembescherming (2007), Advies Monitoren.
- 2 Westerhof, R., H. Passier, R. Busink, W. Tamis (2007), Slim monitoren van bodemkwaliteit. TNO Bouw en Ondergrond, 2007-U-R0051/A
- 3 Provincie Drenthe (1996), De resultaten van de eerste meetronde van het bodemkwaliteitsmeetnet stroomgebieden Drentse Aa en de Elperstroom.
- 4 Bronswijk, J.B.B., M.S.M. Groot, P.M.J. Fest, T.C. van Leeuwen (2003), Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Resultaten eerste meetronde, 1993-1997. RIVM rapport 714801031/2003.
- 5 Parr, T.W., M. Ferretti, I.C. Simpson, M. Forsius, E. Kovács-Láng (2002), Towards a long-term integrated monitoring programme in Europe: network design in theory and practice. Environmental Monitoring and Assessment 78: 253-290.
- 6 Lamé, F.P.J., D.J. Brus (2007), Vaststellen van de achtergrondgehalten in Nederland. Bodem 17: 18-21.
- 7 Stevens, D.L. Jr. (1994), Implementation of a National Monitoring Program. Journal of Environmental Management 42: 1-29.

- 8 Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Health and Environmental Effects Research Laboratory (2002), Research Strategy Environmental Monitoring and Assessment Program.
- 9 Larsen, D.P., K.W. Thornton, N.S. Urquhart, S.G. Paulsen (1994), The role of sample surveys for monitoring the condition of the nation's lakes. *Environmental Monitoring and Assessment* 32: 101-134.
- 10 Brus, D.J., J.J. de Gruijter (2003), A method to combine non-probability sample data with probability sample data in estimating spatial means of environmental variables. *Environmental Monitoring and Assessment* 83: 303-317.
- 11 Graves, T., M. Hamada, J. Booker, M. Decroix, K. Chilcoat, C. Bowyer (2007), Estimating a proportion using stratified data from both convenience and random samples. *Technometrics*, 49: 164-171
- 12 Herlihy, A.T., D.P. Larsen, S.G. Paulsen, N.S. Urquhart, B.J. Rosenbaum (2000), Designing a spatially balanced, randomized selection process for regional stream surveys: the EMAP Mid-Atlantic pilot study. *Environmental Monitoring and Assessment* 63: 95-113.

#### **Literatuur bij paragraaf 4.3**

- 1 Stolbovoy, V., Montanarella, L., Filippi, N., Jones, A., Gallego, J., Grassi, G. (2007), Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union. Version 2. European Commission, Joint Research Centre, EUR 21576 EN/2.
- 2 Splunder van I., T.A.H.M. Pelsma, A. Bak (red.) (2006), Richtlijnen monitoring oppervlaktewater Europese Kaderrichtlijn Water. Versie 1.3, augustus 2006. ISBN 9036957168.
- 3 EU Working Group 2.7 (2003), Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive.
- 4 Gruijter, J.J., D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, M. Knotters (2006), Sampling for natural resource monitoring. Berlijn, Springer.

#### **Literatuur bij paragraaf 4.4**

- 1 Palmer, M.E. (1987), A critical look at rare plant monitoring in the United States. *Biological Conservation* 39: 113-127.
- 2 Meijers, E., W.J. ter Keurs, E. Meelis (1982), Biologische meetnetten voor het beleid. *WLO-meded.* 9: 51-58.
- 3 Gregory, R.D. A.J. van Strien, P. Vorisek, A.W. Gmelig Meyling, D.G. Noble, R.P.B. Foppen, D.W. Gibbons (2005), Developing indicators for European birds. *Phil. Trans. R. Soc. B* 360: 269-288.

- 4 Yoccoz, N.G., J.D. Nichols, T. Boulinier (2001), Monitoring of biodiversity in space and time. *Trends in Ecology and Evolution* 16(8): 446-453.
- 5 Nichols, J.D. en B.K. Williams (2006), Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21(12): 668-672.
- 6 Vos, P., E. Meelis, W.J. ter Keurs (2000), A framework for the design of ecological monitoring programs as a tool for environmental and nature management. *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 317-344.
- 7 Elzinga, C.J., D.W. Salzer, J.W. Willoughby, J.P. Gibbs (2001), *Monitoring plan and animal populations*. USA, Blackwell Science.
- 8 Sutherland, W.J. (red.) (2006), *Ecological Census Techniques. A Handbook*. Second edition. Cambridge University Press.
- 9 Bisseling, C., A. van Strien, M. de Heer (1999), *Weten wat er leeft. Ecologische monitoring voor het rijksbeleid*. Wageningen, IKC-Natuurbeheer, Eindrapport Netwerk Ecologische Monitoring.
- 10 Strien, A.J., I. van Geloof, R. Bink (2006), *NEM-produktencatalogus*. Utrecht, Uitgave Gegevensautoriteit Natuur. Beschikbaar op [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)
- 11 CBS (2007), *Landelijke natuurmeetnetten van het NEM in 2006*. Voorburg/Heerlen, CBS. Beschikbaar op [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl).
- 12 Kool, D. de, (2007), *Monitoring in beeld: een studie naar de doorwerking van monitors in interbestuurlijke relaties*. Rotterdam, Proefschrift Erasmus Universiteit.
- 13 Keijsers, J., T. Paulussen, L. Peters, M. Fleuren, F. Lammers (2005), *Kennis beter benutten: informatiegedrag van nationale beleidsmakers*. Woerden/Leiden, NIGZ & TNO Preventie en Gezondheid.

#### Literatuur bij paragraaf 4.5

- 1 Arkesteijn, M. , B. van Mierlo, J. Potters (2007), *Methoden voor Monitoring en Evaluatie van Innovatieprojecten*. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving BV, Cabri BV, Lelystad.
- 2 Guijt, I. (2008), *Seeking surprise: rethinking monitoring for collective learning in rural resource management*. Published PhD. Thesis. Wageningen UR.
- 3 Davies, R., J. Dart (2005), *The 'Most Significant Change' (MSC) Technique. A Guide to Its Use*.
- 4 Boone, K., C. de Bont, K.J. van Calker, A. van der Knijff, H. Leneman (2007), *Duurzame landbouw in beeld; Resultaten van de Nederlandse land- en tuinbouw op het gebied van people, planet en profit*. LEI Wageningen UR.

- 5 Borgstein, M., H. Leneman, L. Bos, E. Brasser, A. Groot, M. van de Kerkhof (2007), Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Ambities en aanbevelingen vanuit de sector. WOT-rapport 44, WOT Natuur & Milieu.
- 6 Groot, A.M.E, M.H. Borgstein, H. Leneman, M.F. van de Kerkhof, L. Bos-Gorter & E.A Brasser (2007), Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw; gestructureerde sectorialogen als onderdeel van een monitoringsmethodiek. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-rapport 45.
- 7 Zeijts, H. van, M. van Eerd, J.W.H. van der Kolk (2007), Duurzame ontwikkeling van de landbouw in cijfers en ambities. Veranderingen tussen 2001 en 2006. Bilthoven, Planbureau voor de Leefomgeving, MNP-rapport nr. 500139011.
- 3 Burgers, S.L.G.E., H.F.M. ten Berge, J.J. de Gruijter, M.J.D. Hack-ten Broeke, I.E. Hoving, S. Radersma, A. Smit, G.L. Velthof (2004), Ontwikkeling van een indicator om te Sturen Op Nitraat; gegevens en regressie-analyse op basis van twee meetseizoenen (2000-2001 en 2001-2002). Wageningen, Alterra-rapport 866. Reeks 'Sturen op Nitraat' 9.
- 4 Hees E., R. De Bruin, D. Bruil en J. Bleumink (2002), Tussen recht en ruil. Gebiedscontracten in Brabant. Culemborg, Rapport CLM 522.

### Literatuur bij paragraaf 5.2

### Literatuur bij paragraaf 5.1

- 1 Noij, I.G.A.M., E. Hees, P. Dekker, R. Schils, H.F.M. ten Berge (2001), Sturen op Nitraat. Onderzoeksvorstel. Wageningen, Alterra, Reeks Sturen op Nitraat 1.
- 2 Roelsma J., C. Rougoor, P. Dik (2003), Regionaal nitraatmonitoringsconcept RENIM. Ontwikkeling en toetsing van een eenvoudige methodiek voor het monitoren van de uitspoeling van nitraat naar het grondwater in zand- en lössgebieden. Wageningen, Alterra-rapport 911. Reeks 'Sturen op Nitraat' 7.
- 1 Teunissen, W.A., A.J. van Strien (2000), Meetplan Weidevogelmeetnet. Beek-Ubbergen, SOVON-onderzoeksrapport 2000/10.
- 2 Pannekoek, J., A. van Strien (2001), TRIM 3 Manual (TRENDS & INDICES FOR MONITORING DATA). Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek, Research paper no. 0102.
- 3 SOVON Vogelonderzoek Nederland (2002), Atlas van de Nederlandse Broedvogels 1998-2000; verspreiding, aantallen, verandering. Nederlandse Fauna 5. Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland.
- 4 Planbureau voor de Leefomgeving (2007), Ecologische evaluatie regelingen voor natuurbeheer; Programma Beheer en Staatsbosbeheer. Bilthoven, MNP-publicatienummer 500410002.

- 5 Brederode, L., G. Laporte (2006), Weidevogelverbond werkt aan actieplan. De Levende Natuur 107 (3): 146-147.
- 6 Van Strien, A., L. Soldaat, R. Bink, 2008. Natuurmonitoring vraagt een praktische instelling. Deze WOt-studie.
- 5 Dijkema, K.S., De Jong, D.J., Vreeken-Buijs, M.J., Van Duin, W.E. (2005), Kwelders en schorren in de Kaderrichtlijn Water. Ontwikkeling van Potentiële Referenties en van een Potentieel Goede Ecologische Toestand. Texel, Wageningen UR, Middelburg, Rijksinstituut voor Kust en Zee, Delft, Adviesdienst Geoinformatie en ITC. RIKZ/2005.020.

### Literatuur bij paragraaf 5.3

- 1 Westhoff, V. (1949), Schaakspel met de natuur. *Natuur en Landschap* 3: 54-62.
- 2 Westhoff, V. (1971), 26, The dynamic structure of plant communities in relation to the objectives of conservation. In: E. Duffey & A. S. Watt (eds.), *Scientific Management of Plant and Animal Communities for Conservation*, pp. 3-14. Blackwell, Oxford.
- 3 Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. de Vlas, C.J. Smit, H. Jongerius, H. Nauta (2001), Van landaanwinning naar kwelderwerken. Leeuwarden, Rijkswaterstaat dir Noord-Nederland en Texel, Alterra.
- 4 Westhoff, V., J.H.J. Schaminee, K.S. Dijkema (1998), *Asteretea tripolii*. In: J.H.J. Schaminee, E.J. Weeda & V. Westhoff (eds.). *De vegetatie van Nederland. Deel 4. Plantengemeenschappen van de kust en binnenlandse pioniermilieus*. Opulus Press, Upsala: 89-130.
- 6 Dijkema, K.S., A. Nicolai, J. Frankes. H. Jongerius, J. Swierstra (2007), *Monitoring en beheer van de kwelderwerken in Friesland en Groningen 1960-2006*. Werkgroep Onderzoek Kwelderwerken (WOK), Jaarverslag voor de Stuurgroep Kwelderwerken augustus 2006-juli 2007. Wageningen IMARES, Rijkswaterstaat.
- 7 Duin, W.E. van, K.S. Dijkema & D. Bos 2007a. *Cyclisch beheer kwelderwerken Friesland*. Wageningen, IMARES intern rapport, Altenburg & Wymenga A&W rapport 887.
- 8 Duin, W.E. van, Esselink, P., Bos, D., Klaver, R., Verweij, G. & van Leeuwen, P.-W. 2007b. *Proefverkweldering Noard-Fryslân Bûtendyks. Evaluatie kwelderherstel 2000-2005*. Wageningen IMARES rapport C020/07, Texel, Koeman en Bijkerk rapport 2006-045, Haren, Altenburg & Wymenga rapport 840.
- 9 Dijkema, K.S., Van Duin, W.E., Meesters, H.W.G., Zuur, A.F., Ieno. E.N, Smith, G.M. (2007), 35 Sea level change and salt marshes in the Wadden Sea: A time series analysis. In: *Analysing Ecological Data*. Springer Science + Business Media. 601-614.

- 10 Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, P.W. van Leeuwen (2007), Monitoring van kwelders in de Waddenzee. Rapport in het kader van het WOT-programma Informatievoorziening Natuur i.o. Alterra-rapport 1574, IMARES-rapport C104/07. WOT IN serie nr. 5.
- 11 Bakker, J.P., J. Bunje, K.S. Dijkema, J. Frikke, N. Hecker, B. Kers, P. Körber, J. Kohlus en M. Stock (2005), 7. Salt Marshes. In: K. Essink, C. Dettmann, H. Farke, K. Laursen, G. Lüerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds.). Wadden Sea Quality Status Report 2004. Wadden Sea Ecosystem No. 19. Trilateral Monitoring and Assessment Group, Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelms-haven. 163-179.
- 12 Hoeksema, H.J., H.P.J. Mulder, M.C. Rommel, J.G. de Ronde, J. de Vlas (2004), Bodemdalingstudie Waddenzee 2004, Vragen en onzekerheden opnieuw beschouwd. Rapport RIKZ 2004-025.

#### **Literatuur bij paragraaf 5.4**

Rietra, R.P.J.J., D.J. Brus, F. de Vries (2006), Bodemmeetnet provincie Noord-Holland; 3e meetjaar. Alterra-rapport 1362, Wageningen.

#### **Literatuur bij paragraaf 5.5**

Slim, P.A., G.B.M. Heuvelink, H. Kuipers, G.M. Dirkse, H.F. Van Dobben (2005), Vegetatiemonitoring en geostatistische vegetatiekartering duinvalleien Ameland-Oost. 1-74. In: Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost; evaluatie na 18 jaar gaswinning. Assen, Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland.

#### **Literatuur bij paragraaf 5.6**

- 1 Arts, G.H.P., Tj.H. van de Hoek, J.A. Schot, J.A. Sinkeldam, P.F.M. Verdonschot (2001), Biotic responses to eutrophication and recovery in outdoor experimental ditches. *Verh. Int. Ver. Limnol.* 27: 1-5.
- 2 Arts, G.H.P., J. van der Kolk, J. Janse, L.L. van Liere (2002), Sloten. In: E. van Liere en D.A. Jonkers (red.). Watertypegerichte normstelling voor nutriënten in oppervlaktewater. p. 49-58.
- 3 Arts, G.H.P., T.P. Leenders (2006), Biotische indicatoren voor veranderingen in nutriëntenbelasting in sloten en beken; Een literatuurstudie. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1324. Reeks Monitoring Stroomgebieden 6.

#### **Literatuur bij paragraaf 5.7**

- 1 RIVM (2002), Minas en Mineralen. Balans en Verkenning, Bilthoven, RIVM-rapport 718201005.



- 2 Planbureau voor de Leefomgeving RIVM (MNP) (2004), Evaluatie van de werking van de Meststoffenwet 1998-2003. Bilthoven, RIVM-rapport 500031001.
- 3 Bakker, D.W., A.C.C. Plette (2007), Mest en oppervlaktewater. Een terugblik 1985 tot 2006. Deelrapportage ten behoeve van de Evaluatie Meststoffenwet 2007. Lelystad, RIZA-rapport RWS-WS 2007.002.
- 4 Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud (2006a), Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa Fase 1. Reeks Monitoring Stroomgebieden 5-I. Wageningen, Alterra-rapport 1271.
- 5 Roelsma, J., F.J.E. van der Bolt, T.P. Leenders, L.V. Renaud, I. de Vries, K. van der Molen (2006b), Systeemanalyse voor het stroomgebied van de Drentse Aa. Reeks Monitoring Stroomgebieden 8-I Wageningen, Alterra-rapport 1386.

#### Literatuur bij paragraaf 5.8

- 1 Vlek, H.E., K. Didderen, P.F.M. Verdonchot (2006) Monitoring van aquatische natuur; KRW monitoring voor VHR doeleinden? Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1328.
- 2 Bal, D., H.M. Beije, M. Fellingier, R. Haverman, A.J.F.M. van Opstal, F.J. Zadelhof (2001), Handboek Natuurdoeltypen, Tweede geheel herziene editie. Expertisecentrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Wageningen.

#### Literatuur bij paragraaf 5.9

- 1 Commissie Integraal Waterbeheer (2001), Leidraad monitoring eutrofiëring. Definitief rapport.
- 2 Vos, J. de, J. van Kleef, R. Nijboer, R. Wiggers, M. Knotters, T. van Steenbergen (2005), Waterkwaliteit. In: M. Sonneveld en J. Bouma (red.), Nutriëntenmanagement op het melkveebedrijf van de familie Spruit. Studie naar de bedrijfsvoering en de milieukwaliteit. Bodemkunde en Geologie Wageningen Universiteit, rapport 2005-049, blz. 31-42.
- 3 Brus, D.J. en M. Knotters (2008), Sampling design for compliance monitoring of surface water quality: a case study in a polder area. Water Resources Research, 44, W11410.

#### Literatuur bij hoofdstuk 6

- 1 Brink, B. ter, A. van Strien, R. Reijnen (2001), De natuur de maat genomen in vier graadmeters. Landschap 18(1): 5-20.
- 2 Wamelink, W. (2002), Wordt de natuur wel de goede maat genomen? (met nawoord van B. ter Brink, A. van Strien & R. Reijnen) Landschap 19(2): 113-118.
- 3 Musters, K., J. Dekker, W. ter Keurs (2002), Graadmeters de maat genomen. Landschap 19(3): 135-151.

- 4 Vermaat, J., H. Goosen, A. Gilbert (2003), Behoeftte versus verplichting. Graadmeters voor de toestand van de natuur in Nederland. *Landschap* 20(1): 39-41.
- 5 Brink, B. ter, A. van Strien, R. Reijnen (2003), Graadmeters voor de natuur (nawoord). *Landschap* 20(3): 173-174.
- 6 Pot, R. en T.A.H.M. Pelsma (2006), Toetsen en beoordelen. Achtergronddocument met toelichting en voorbeelden voor de toepassing van de KRW-maatlatten biologie in Nederland. Werkgroep MIR.
- 7 Torenbeek, R., T.A.H.M. Pelsma (2008), Protocol toetsen en beoordelen voor de operationele monitoring en toestand- en trendmonitoring, toetsjaar 2007. Werkgroep MIR.
- 8 Westerhof, R., H. Passier, R. Busink, W. Tamis (2007), Slim monitoren van bodemkwaliteit. TNO Bouw en Ondergrond, 2007-U-R0051/A.
- 9 Gruijter, J.J. de, D.J. Brus, M.F.P. Bierkens, M. Knotters (2006), *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Berlijn, Springer.

## Verschenen WOt-studies

Nr. 1 Bosch, F. van den, 2005, *Natuur in beleidsprocessen*.

Nr. 2 Oenema, O., J.W.H. van der Kolk & A.M.E. Groot, 2006, *Landbouw en milieu in transitie*.

Nr. 3 Heide, M. van der, E. Bos & J. Vreke, 2006, *Analyseren en evalueren van beleidsmaatregelen met een effect op natuur en milieu*.

Nr. 4 Boer, S. de, M. van der Zouwen, P. Roza & J. van den Berg, 2007, *Bestuurlijke variëteit in natuur- en landschaps beleid; Vergelijkende analyse van regionale beleidsarrangementen rond de Wijde Biesbosch, het Drents-Friese Wold en het Grootte Veld*.

Nr. 5 Buijs, A.E., M.H.G. Custers & F. Langers, 2007, *Natuur door andere ogen bekeken; De natuurbeleving van allochtonen en jongeren*.

Nr. 6 Knotters, M. (red.), 2008, *Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving*.

Nr. 7 Vullings, L.A.E., 2008, *Even afrekenen alstublieft. Een studie naar het opzetten van afrekenbaar beleid met Agenda Vitaal Platteland als voorbeeld*.

Nr.8 Brouwer, F.M. & G.H.P. Dirkx (red.), 2008, *Natuur en landschap in het landelijk gebied: kennis voor beleid*.









Er wordt veel gemeten en waargenomen in de natuurlijke leefomgeving. Deze studie toont aan dat er veel kan worden verbeterd aan de bestaande monitoringpraktijk, wil de verkregen informatie worden benut in het beleid. Data worden nu namelijk volgens steekproefopzetten verzameld die verwerking tot de vereiste informatie in de weg staan. Monitoringnetwerken zijn niet flexibel genoeg om informatie te leveren voor nieuwe vragen uit de beleidspraktijk. Een algemene tekortkoming is dat statistische kennis onvoldoende wordt benut bij het ontwerpen van monitoringplannen. Deze studie is een pleidooi voor een geïntegreerde opzet van monitoringplannen met als principe: 'begin aan het eind, en redeneer dan terug'.