

Analyse Grondwatermeetnetten

Op 9 november 1995 vond bij Staatsbosbeheer in Driebergen een workshop plaats, die door TNO Grondwater en Geo-Energie was georganiseerd vanwege het afsluiten van het onderzoeksprogramma 'Analyse Grondwatermeetnetten'.

Dit programma is de afgelopen vijf jaar door TNO met doelsubsidiegelden van het ministerie van Verkeer en Waterstaat uitgevoerd. Het thema van dit onderzoek is het verwerven van inzicht in de relatie tussen de verschillende typen meetnetten, om meetstrategieën beter te kunnen afstemmen op enerzijds de te monitoren processen en anderzijds de gewenste informatie ter onderbouwing van het beleid. In het bijzonder is het doel inzicht te verwerven in de mogelijkheid om verschillende typen meetnetten op elkaar af te stemmen. Tijdens de workshop wisselden meer dan dertig deskundigen van gedachten over grondwatermeetnetten.

Aandacht werd besteed aan de bruikbaarheid van de huidige technieken voor de toekomstige vragen van de meetnetbeheerders en aan de verschillende schalen van meetnetten. Dagleider was prof. dr. ir. C. van den Akker (TUD). In het onderstaande wordt verslag gedaan van de lezingen en de discussies.

Inleiding

Prof. dr. ir. C. van den Akker leidde de workshop in. In het onderzoek naar het grondwater is, historisch gezien, een aantal perioden te onderscheiden.

In het eerste stadium was er het onderzoek naar de winbare hoeveelheid grondwater (technisch gezien). De stevige discussie tussen 'deskundigen' over de omvang en herkomst van het grondwater vond een honderd jaar geleden nog volop plaats. Slechts gebaseerd op incidentele waarnemingen en metingen werd getracht het grondwatersysteem te begrijpen. De Wet van Darcy is van 1856 en de Badon Ghyben-Herzberg relatie van ergens rondom 1900. Er is sindsdien stevige voortgang geboekt in zowel begrip van processen (kwantitatief) als in het ontwikkelen van rekenmethodieken. Dit werd uiteraard ondersteund door waarnemen en meten van vooral grondwaterstanden en stijghoogten. Welke hydroloog heeft niet gebruik gemaakt van oude reeksen tijdstijghoogtewaarnemingen van grondwater. Pas in een vrij laat stadium is een gestructureerd verzamelen (in plaats en tijd) van kwantitatieve grondwatergegevens van de grond gekomen (monitoring). In een later stadium werd ook het belang van de waterkwaliteit onderkend. Er is een periode geweest dat het verzame-

len van gegevens via meten en monitoring is miskend. In de tijd dat het modelleren in opkomst was (eind jaren zestig), was een vrij algemene tendens dat waarnemen zou worden verdrongen door het beschikbaar komen van modellen. 'Meten is weten' deed geen opgang meer. Waarnemen werd gezien als een routinematige, niet interessante en dure activiteit.

Gelukkig is in Nederland destijds het initiatief genomen om grondwaterkwantiteitsgegevens systematisch te verzamelen. Het archief van grondwaterstanden bij TNO kwam van de grond en resulteerde na enkele optimalisaties in een adequaat waarnemingsnetwerk. Steeds meer aandacht wordt geschonken aan de onderlinge relaties tussen waarnemingen in zowel tijd als plaats.

Belangrijk is uiteraard ook de ontwikkeling op het gebied van het meten van de grondwaterkwaliteit. Dankzij de ontwikkeling van analysetechnieken en het beschikbaar komen van de informatietechnologie zijn we nu in staat om redelijk optimaal gebruik te maken van gegevens uit meetnetten. Gesteld kan worden dat in de afgelopen tien jaar het belang van het hebben van goede meetnetten weer algemeen wordt erkend. Naast modellen is meten weer een minstens zo belangrijke activiteit in het onderzoek naar grondwater voor zowel het gebruik voor de mens als de rol in het ecologische systeem.

De grondwatermeetnetten moeten ook worden gezien op hun waarde in de gehele keten die het water doorloopt. De samen-

hang in zowel kwantiteit als kwaliteit met bijvoorbeeld neerslagwaarnemingen, luchtkwaliteit (met het oog op droge en natte depositie), oppervlaktewatermeetnetten, emissiewaarnemingen uit industrie, is van groot belang.

In dit verband is afstemming in frequentie (bijvoorbeeld: bodems, eenmaal in de vijf jaar; waterkwaliteit één à twee maal per jaar; waterstand één keer per 14 dagen) en dichtheid van waarnemingen een groot probleem. Alhoewel dit laatste wellicht wat minder aandacht zal krijgen, is het vanuit de doelstelling van milieumeetnetten, waarvan het grondwatermeetnet er één is, van groot belang.

((Grond)water)meetnetten bij het terreinbeheer

Ir. W. P. C. Zeeman van Staatsbosbeheer ging in op wat heden ten dage het terreinbeheer in Nederland omvat en welke belangrijke positie Staatsbosbeheer daarin bekleedt. Daarna zette hij de meetnetten bij Staatsbosbeheer in historisch perspectief. Sinds de jaren vijftig worden bij deze dienst (grond)watergegevens verzameld. Aanvankelijk ging dat ad hoc, weinig systematisch en voor relatief korte meetperiodes, gericht op het verkrijgen van inzicht in externe bedreigingen van de terreinen. Later, toen ook de automatisering zijn intrede deed, werden de gegevens meer systematisch verzameld en groeide de omvang van het meetnet fors. De meetdoelen waren kwalitatieve effectvoorspelling van externe ingrepen. In die tijd was men nog niet zo gericht op de goed gedefinieerde terreindoelen.

Discussie tijdens workshop.



Sinds enkele jaren wordt bij Staatsbosbeheer, mede met het oog op de naderende verzelfstandiging, meer en meer bedrijfsmatig gewerkt.

Werd in den beginne op enkele honderden meetpunten gemeten, nu wordt er op circa 4000 plaatsen waargenomen. Dit betreffen 2750 grondwatermeetpunten (vooral freatisch, ook enkele diepere meetpunten) en 1250 oppervlaktewatermeetpunten, die allen één keer per veertien dagen worden gemeten. Op sommige locaties komen meer meetpunten bij elkaar voor. Incidenteel wordt de waterkwaliteit gemeten. Verwacht wordt dat in de toekomst op 6000 plaatsen wordt gemeten. Er zijn ongeveer 200 waarnemers. De kosten bedragen nu ongeveer f 2 miljoen per jaar, all-in (d.w.z. inclusief ontwerp, gegevensbeheer e.d.), dat komt dus neer op f 500,- per meetpunt per jaar.

Momenteel treedt er een verschuiving op van de doelstellingen van de meetnetten, waardoor de nieuwe inrichting weleens anders zou moeten zijn dan het oorspronkelijke ontwerp.

Een systematiek van bedrijfssturing is ontworpen en wordt geleidelijk geïmplementeerd onder het moderne motto 'outputsturing en maximale decentralisatie van bevoegdheden'. Het wordt gekenmerkt door een samenhangend geheel van plannen, verslagleggen en evalueren op verschillende managementniveaus. Daarbij kunnen bovendien op elk niveau middelen aan doelen worden gekoppeld. Het is daarbij van belang dat de doelen meetbaar zijn. Daartoe is een detaillering van landelijk beleidsniveau naar uitvoeringsniveau en evaluatieniveau mogelijk via de lijn: doeltypen → subdoeltypen → doelcomponenten → terreincondities. Om de terreincondities te kennen zijn meetnetten noodzakelijk. Binnen dat geheel worden nu de (grond)watermeetnetten aangepast, ingericht en bemeten. Een optimalisatieslag is nu gaande. De gegevensstroom wordt gerelateerd aan de meetbare terreindoelen en kan ook worden gekoppeld aan andere typen gegevens, zodat managementinformatie op verschillende niveaus kan worden gecreëerd. De data zijn onder gebracht bij TNO Grondwater en Geo-Energie in OLGA, samen met die van Natuurmonumenten en de Provinciale Landschappen. Met die instanties wordt sindsdien intensief samengewerkt. Naar andere strategische partners wordt toegewerkt, zowel op landelijk als op regionaal niveau, zoals provincies, waterschappen, waterleidingbedrijven en gemeenten.

Ontwikkelingen provinciaal grondwatermeetnet Gelderland

Ir. B. Overmars, Provincie Gelderland, ging in op het primaire grondwatermeetnet Gelderland.

De doelen van het provinciaal grondwatermeetnet volgen uit het Provinciaal Waterhuishoudingsplan. In 1986 zijn 600 peilbuizen ingericht voor het primaire meetnet. Naast het primaire meetnet wordt ook het secundaire meetnet gebruikt bij analyse/scheiden van effecten van lange meetreeksen. Daarnaast is er een tertiair meetnet (tijdelijke metingen). Er bestaat een goed beeld van de grondwatersituatie in grote lijnen. Een beeld van variaties ten gevolge van natuurlijke oorzaken gaat nog moeizaam. Onttrekkingen zijn bijna niet te onderscheiden van natuurlijke oorzaken. Het meetnet voldoet dus ten dele aan de gestelde doelen.

De exploitatiekosten van het provinciaal grondwaterstandsmeetnet bedragen kf 770 en de kosten voor de gegevensverwerking bedragen kf 90 per jaar, totaal dus kf 860. De kosten per meetlocatie bedragen dan f 1400 per locatie per jaar. Hierbij bevat een meetlocatie gemiddeld twee filters en is gemiddeld 35 meter diep.

De provincie gebruikt niet alleen het provinciale meetnet voor verdrogingsbestrijding. Verder is de grondwaterstand van belang in verband met de functiekaart van het waterhuishoudingsplan. De grondwaterstand wordt gebruikt als prestatie-indicator en als effectindicator. Waterleidingbedrijven doen het operationeel beheer van het primaire meetnet. Maximaal 15 meetpunten per jaar mogen contractueel worden bij geplaatst (weinig flexibel). De wens is aanwezig om bepaalde meetpunten over te dragen aan bijvoorbeeld terreinbeheerders en waterschappen. Verder wenst men Divers in te zetten voor bijvoorbeeld het gebied bij Winterswijk. Hier zou je vaker moeten meten dan éénmaal per 14 dagen, terwijl op de Veluwe éénmaal per 14 dagen ruim voldoende is. Een onderzoek naar de mogelijkheden hiertoe is opgestart.

De behoeften bestaan uit de volgende punten: de provincie wil het beleid gaan evalueren en dus weten of de genomen maatregelen de beoogde effecten opleveren. De grondwaterstand wordt dan vaak als prestatie/effectindicator genoemd. Het primaire meetnet moet deze indicator dus goed in beeld brengen. Het meetnet zou flexibeler moeten zijn waardoor er meer projectgericht en waar nodig frequenter gemeten kan worden.

Dilemma's voor de herinrichting van het meetnet zijn:

de beleidsthema's van de toekomst moeten vandaag bekend zijn. Voor het gebruik van gemeten grondwaterstanden voor projecten moet op de locaties jaren van tevoren worden gemeten om het effecten van de ingreep goed te kunnen volgen. Het updaten van de Gt-kaart is op basis van het meetnet niet mogelijk.

Grondwater Informatiebehoefte bij Rijkswaterstaat

Drs. F. A. M. Claessen, hoofd afdeling Grondwater en Kleine Wateren, RIZA, zette, vanuit de optiek van het rijk en Rijkswaterstaat in het bijzonder uiteen aan welke informatie van de grondwatersystemen in Nederland behoefte is. Onderscheid wordt daarbij gemaakt tussen informatie te verwerven via een project (systeemonderzoek of waterstaatkundige aanleg) dat tijdelijk is, en informatieverwerving via monitoring (langere duur, diverse beheers- of beleidsdoelen, systematischer van opzet). Monitoring is het volgen/bewaken van de toestand vanuit een informatiebehoefte. Het gaat daarbij om doelen met betrekking tot (inter)nationaal beleid en beheer Rijkswateren en niet direct om onderzoeksdoelen.

Bij monitoring is weer onderscheid te maken tussen:

1. operationele monitoring
Voor dagelijks beheer, bediening en signalering. Gegevens zijn momentaan beschikbaar. Voor Rijkswaterstaat niet relevant.
2. controle monitoring
Voor toetsing/evaluatie van het beleid: steekproefsgewijs, representatief. Gegevens behoeven niet momentaan beschikbaar te zijn.
3. trendmonitoring
Hierbij gaat het om lange termijn ontwikkelingen. De reeksen moeten homogeen en statistisch betrouwbaar zijn.

Rijkswaterstaat heeft vooral behoefte aan controle (bewaking voortgang beleid voor verdrogings-, verzurings- en vermistingsbestrijding) en aan trendmonitoring (o.a. waterstaatkundige toestand rijkswateren, vervuiling grondwater, strategische grondwatervoorraden).

Projectmatige monitoring vindt of vond plaats om de (lange termijn) effecten van aanleg van grote waterstaatkundige werken voor diverse belangen te bepalen. Basis voor adequate monitoring is dat de doelstellingen helder geformuleerd zijn, dat de bijbehorende parameters vastgesteld zijn en de relevante marges voor beleid en

beheer (subjectief) gespecificeerd worden. Dat moet per doel gebeuren. Tussen de doelen zal er sprake zijn van overlap van informatie. Op basis van deze informatie-behoefte tezamen kan vervolgens een meetnetstrategie ontwikkeld worden. Het rijk zal haar behoefte aan informatie over de grondwatersystemen vaak niet zelf verzamelen maar in samenwerking met lagere overheden.

Opzet van grondwatermeetnetten voor het waterbeheer

Ing. M. J. van Bracht en dr. ir. F. C. van Geer, TNO Grondwater en Geo-Energie, gingen in op twee onderwerpen namelijk de informatiebehoefte en schaalproblemen.

Van informatiebehoefte naar meetnet

Een meetnet moet zijn afgestemd op de informatiebehoefte van de gebruiker en het te meten proces. Belangrijke randvoorwaarden zijn de kosten en baten van het meetnet en de meettechnische mogelijkheden.

Informatiebehoefte in het waterbeheer

De informatiebehoefte van een waterbeheerder is direct gerelateerd aan de taken welke een waterbeheerder uitvoert. Met behulp van een conceptueel denkmodel integraal waterbeheer kan worden geanalyseerd welke informatie een waterbeheerder nodig heeft. De informatiebehoefte is niet voor elke waterbeheerder gelijk. De ruimtelijke eenheden waarmee een provinciale waterbeheerder werkt zijn bijvoorbeeld aanzienlijk groter (enkele km²) dan de ruimtelijke eenheden waarmee een lokale waterbeheerder werkt (enkele ha).

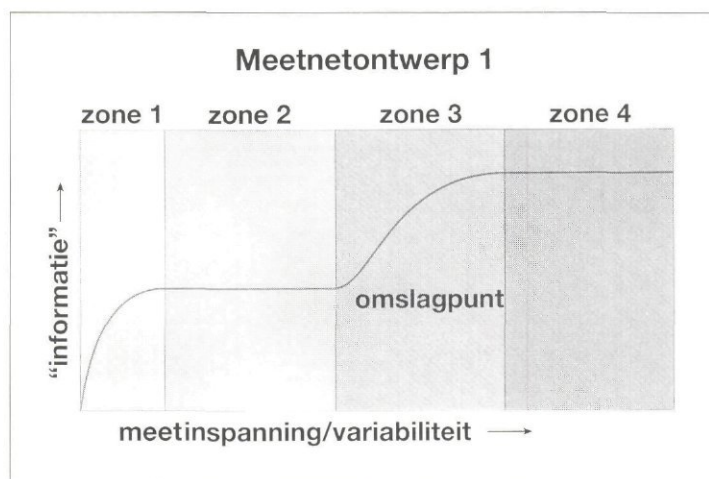
De informatie waaraan een waterbeheerder behoefte heeft, is in feite het 'eindproduct' van een analyseproces waarbij diverse basisgegevens waaronder grondwaterstijghoogtes worden gebruikt. Slechts in een beperkt aantal situaties heeft een waterbeheerder behoefte aan een volledig (continue) temporeel en ruimtelijk beeld van grondwaterstijghoogtes. In een groot aantal situaties kan worden volstaan met 'karakteristieken' van het grondwater. Gedacht kan hierbij worden aan diverse vormen van gemiddelden en extremen. Er is aldus sprake van een zogenoemde 'informatieschaal'.

Om grondwaterstijghoogtegegevens te verkrijgen is een meetinspanning noodzakelijk. De meetinspanning wordt bepaald door het aantal meetlocaties, de te meten variabelen, de meetfrequentie en de meetduur. Om het mogelijk te maken de informatiebehoefte af te stemmen op de meetinspanning dient de 'informatie-inhoud' gekwantificeerd te worden.

Het te meten proces

De onderliggende wetmatigheden van de grondwaterbeweging zijn goed bekend. Met deze wetmatigheden kan de grondwaterbeweging worden beschreven (voorspeld, geïnterpoleerd, etc.). Toch weet elke geohydroloog dat de werkelijkheid altijd anders (en gecompliceerder) in elkaar zit dan de beschrijving doet geloven. De belangrijkste reden hiervoor is de ruimtelijke en temporele variabiliteit, zowel in parameters als in drijvende krachten. Immers, als alle relevante parameters en drijvende krachten homogeen zouden zijn, kan een (model)beschrijving perfect worden geïkt en is uitsluitend nog informatie nodig van de drijvende krachten (bijv. neerslag). Metingen van het grondwater zelf zouden dan overbodig zijn. De werkelijkheid is echter nooit homogeen, en bovendien zijn ook lang niet alle drijvende krachten bekend. Variabiliteit

Relatie tussen informatie en meetinspanning.



(of heterogeniteit) is altijd gerelateerd aan een bepaalde schaal. Zo kan een bodem op schaal van korrels erg variabel zijn, maar op een schaal van hectaren homogeen, terwijl diezelfde bodem op een schaal van kilometers weer ruimtelijk variabel kan zijn. In dit verband is het begrip schaal gebruikt om eigenschappen van het proces aan te geven. Dit type schaal wordt daarom de 'processchaal' genoemd.

Meettechnische mogelijkheden

Het is van belang dat de gewenste informatie meetbaar is. Hierbij speelt de zogenoemde 'meetschaal' een rol. Ook deze schaal heeft twee componenten een ruimtelijke schaal en een temporele schaal.

Kosten en baten

In principe moet een meetnet in evenwicht zijn met de kosten en de baten. De kosten zijn direct gerelateerd aan de meetinspanning en relatief eenvoudig te bepalen. De baten zijn echter aanzienlijk moeilijker

vast te stellen. Baten in het waterbeheer zijn vrijwel nooit in directe economische termen weer te geven doch slechts in vage kwalitatieve termen. Een alternatief voor het bepalen van baten is het berekenen van de 'schade' of het 'risico' van een onjuist besluit.

Dit risico is direct gerelateerd aan de onzekerheid van de informatie die uit het meetnet wordt afgeleid.

Schaalproblemen bij de opzet van grondwatermeetnetten

Bij een goed ontworpen meetnet is de meetschaal zo gekozen dat informatie kan worden verkregen voor de gewenste informatieschaal, waarbij rekening is gehouden met de relevante processchalen. In de praktijk zullen de drie type schalen niet altijd overeenkomen. De belangrijkste problemen in dit verband zijn:

1. Hoe kan de informatie-inhoud gedefi-

neerd en gekwantificeerd worden?

2. Hoe kan de variabiliteit (in tijd en ruimte) worden gekwantificeerd?

Hoe kan de informatie-inhoud worden gedefinieerd en gekwantificeerd?

Het principe van het meetnetontwerp is gebaseerd op het feit dat een verhoogde meetinspanning ook meer informatie geeft.

Als we de meetinspanning ten opzichte van de variabiliteit opvoeren zijn er vier zones te onderscheiden.

zone 1

Als de meetinspanning zeer gering is ten opzichte van variabiliteit neemt de informatie toe naarmate de meetinspanning toeneemt. Dit is de zone waarbij de relevante processchaal kleiner is dan de meetschaal. De toename van de informatie wordt veroorzaakt doordat we beter in staat zijn om de karakteristieken van het proces te schatten. Als we een freatisch

grondwatermeetnet beschouwen is dit de situatie waarbij de freatische grondwaterstand gecorreleerd is over een afstand in de orde van een paar honderd meter, terwijl we meetpuntafstanden hebben van meer dan een kilometer. We kunnen dan met het meetnet alleen een aantal karakteristieken (ruimtelijk gemiddelde, variantie) schatten. Als er meer metingen worden gedaan kunnen we deze karakteristieken beter schatten.

zone 2

Bij een bepaalde hoeveelheid metingen kunnen de karakteristieken bevredigend worden bepaald. In het freatisch grondwatermeetnet zou het ruimtelijke gemiddelde met bijvoorbeeld 50 meetpunten met een nauwkeurigheid van ± 2 cm bepaald kunnen worden. De afstand van de meetpunten is echter nog steeds groter dan de correlatielengte. Extra meetinspanning levert in dit geval vrijwel geen extra informatie op.

zone 3

Het buigpunt tussen zone 2 en 3 is het punt waarop de processchaal en de meet-schaal dezelfde orde van grootte hebben. Vanaf dit punt kunnen behalve de karakteristieken ook zinvolle schattingen gemaakt worden van het continue verloop. Voor het freatische grondwatermeetnet is dit het punt waarop de meetpuntsafstand dezelfde orde van grootte heeft als de ruimtelijk correlatielengte. Vanaf dit punt wordt een ruimtelijke interpolatie zinvol. Naarmate de meetinspanning toeneemt kan het continue verloop (interpolatie) beter geschat worden.

zone 4

Bij het toenemen van de meetinspanning wordt op een gegeven moment de meet-schaal een orde van grootte kleiner dan de processchaal. De metingen onderling zijn dan sterk gecorreleerd. Dit houdt in dat een steeds groter deel van de informatie van een individueel meetpunt ook al in de overige meetpunten aanwezig is. Een extra meetpunt levert derhalve nauwelijks nog extra informatie. Bijvoorbeeld, als de meetpuntsafstand bij het freatische meetnet slechts enkele meters bedraagt zal een extra meetpunt niet resulteren in een betere interpolatie. In een aantal gevallen kan men ook vanuit de informatieschaal onmogelijke wensen hebben. Voorbeelden van problemen die zich kunnen voordoen zijn:

- de informatieschaal en meetschaal zijn veel groter dan de relevante processchaal. Dit verschijnsel doet zich onder meer voor als men met een regionaal of landelijk meetnet van de grondwaterkwaliteit inter-

polatiekaarten wil maken. Op enige afstand van een meetpunt kan men niet beter schatten dan een algemeen gemiddelde en het is niet mogelijk een continue interpolatie te maken die enigszins recht doet aan de realiteit.

- De processchaal is veel groter dan de informatieschaal. Bij het grondwaterstandsverloop op de Veluwe liggen de relevante processchalen in de orde van enkele jaren. De wens vanuit het waterbeheer is om binnen, pakweg, vijf jaar het effect van anti-verdrogingsmaatregelen te kunnen vaststellen. Ongeacht de meetfrequentie is dit niet mogelijk.

Hoe kan de variabiliteit worden gekwantificeerd?

De variabiliteit in ruimte en tijd moet worden beschouwd in relatie tot de verschillende schalen. Uitgaande van een bepaalde informatieschaal kunnen we onderscheid maken tussen variabiliteit op een kleinere schaal en variabiliteit op een grotere schaal. De kleinschaliger variabiliteit zijn in het algemeen storende, niet relevante effecten. Als we bijvoorbeeld het effect van anti-verdrogingsmaatregelen willen meten, is de relevante informatieschaal in de orde van enkele jaren. Voor dit doel zijn variaties in een freatische meetreeks als gevolg van individuele buien een storende ruis. Omgekeerd, als we de relatie tussen neerslag en grondwaterstand bestuderen, openbaren groot-schalige variaties (bijvoorbeeld door een onttrekking) zich als een trend. De relevante processchalen kunnen worden gekwantificeerd met behulp van de correlatie/variantiestructuur in de ruimte en de tijd. Deze zal bepaald moeten worden uit waarnemingen. Het probleem hierbij is dat uit de beschikbare data lang niet altijd eenduidig de correlatie/variantiestructuur kan worden afgeleid. Dit heeft als belangrijkste oorzaken:

- er zijn veelal te weinig gegevens beschikbaar om een exacte schatting te kunnen maken;

- de correlatie/variantiestructuur kan van tijdstip tot tijdstip verschillen.

Als we bovenstaande beschouwing over schalen en representativiteit projecteren op grondwatermeetnetten, zal het duidelijk zijn dat het van het grootste belang is om de verschillende dominante processchalen uit elkaar te rafelen. Immers als we hierin inzicht hebben, is het mogelijk om aan te geven wat er met een meetnet wel en wat niet kan. In de praktijk komen er altijd meerdere dominante processchalen voor in het grondwater. In de modelinge presentatie werden voorbeelden gegeven hoe tijdreeksen van de stijghoogte uit elkaar gerafeld kunnen worden, waarbij

het relatieve gewicht van de verschillende ruimte en tijdschalen wordt geanalyseerd. Ook werden hiervan de consequenties voor het meetnet toegelicht. Voor een bepaalde doelvariabele bestaat er een omslagpunt in de meetschaal ten aanzien van informatie-opbrengst. Dit is het punt waar de meet-schaal overeenkomt met de relevante processchaal. Dit houdt in dat voor hetzelfde gegevensmateriaal voor de grotere processchalen wel zinvol een continu beeld kan worden geconstrueerd en voor de kleinere processchalen niet. Dit omslagpunt ligt op de grens van de bovengenoemde zones 2 en 3.

Discussie/conclusie

De workshop werd afgesloten met een discussie aan de hand van stellingen die door de deelnemers waren ingediend. De gedachtenuitwisseling over grondwatermeetnetten is heel zinvol geweest. De deelnemers gingen naar huis met een beter beeld over het doel van en de samenhang tussen meetnetten.

Publicaties

Enige relevante rapporten in het kader van de workshop 'Analyse Grondwatermeetnetten':

- Van Geer, F. C. en Defize, P. R. (1990). Simultane tijdreeksmodellering van twee stijghoogtereeksen. OS 90-72-A.
 - Van Geer, F. C. (1991). Gebruik van een onverzadigde zone model voor de 'weers-correctie' van stijghoogte reeksen met tijdreeksanalyse. OS 91-36-B.
 - Van Geer, F. C. (1992). Samenhang in stijghoogtereeksen van filters in de verticaal. OS 92-86-A.
 - Van Geer, F. C. (1992). Ruimtelijke variabiliteit in de grondwaterstand in gebieden met een beheerst peil. OS 92-111-A.
 - Kremers, A. H. M. (1994). Ruimtelijke variabiliteit in de grondwaterstand in gebieden met een beheerst peil - een nader onderzoek m.b.v. streefpeilen. OS 94-05A.
 - Zuur, A. F. en Van Geer, F. C. (1993). Variantie-analyse van freatische grondwaterstandsreeksen. OS 93-92-A.
 - Van Geer, F. C. (in voorbereiding). Ruimtelijke interpolatie van transfer/ruis modellen.
 - Van Bracht, M. J. en Kremers, A. H. M. (in voorbereiding). Frequentie-analyse van grondwaterstandsreeksen.
- Bovenstaande rapporten zijn te bestellen bij de bibliotheek van TNO Grondwater en Geo-Energie (tel. 015-2697206, mw. M. E. van Hoeken).

Hans Hooghart en Ko van Kuijk
TNO Grondwater en Geo-Energie

