

# Intrekgebieden en de verdeling van voeding en verblijftijden bij grondwaterwinningen

## 1. Inleiding

In 1989 zijn in de meeste provincies in Nederland de grondwaterbeschermingsplannen met daarbij behorende grondwaterbeschermingsverordeningen vastgesteld. Hierin worden bijzondere regels c.q. maatregelen geformuleerd voor de bescherming van het grondwater in grondwaterbeschermingsgebieden [Basset e.a., 1990]. De grondwaterbeschermingsgebieden zijn vastgesteld op basis van het door de Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming uitgebrachte Advies Berekeningsgrondslag

keurige bepaling van het intrekgebied, de verdeling van de voeding binnen het intrekgebied en de verblijftijd/verblijftijdspreiding van het (onttrokken) grondwater.

Gezien de vaak heterogene bodemopbouw in Nederland (zowel lateraal als verticaal) en de wisselende randvoorwaarden kunnen genoemde aspecten meestal niet nauwkeurig genoeg worden bepaald met relatief eenvoudige analytische berekeningen maar zal veelal gebruik moeten worden gemaakt van numerieke rekenmethoden.



J. H. G. VAN OMMEN,  
Iwaco BV



A. J. J. VERGROESEN  
Iwaco BV



P. M. A. VAN BERGEN  
Iwaco BV



P. N. M. DIJCKMEESTER  
Iwaco BV

Waterwingebieden [VTCB, 1985]. Bij de aanwijzing van deze grondwaterbeschermingsgebieden is in de meeste gevallen gekozen voor een zonering gebaseerd op verblijftijdscategorieën van het water in het pompomte watervoerend pakket. Het betreft de gebruikelijke zonering in waterwingebied (60-dagen zone), beschermingsgebied I (10-jaarszone) en beschermingsgebied II (25-jaarszone). In slechts weinig gevallen wordt de 'beschermende werking' van een afdekkend pakket in rekening gebracht. Voor diepe winningen onder afsluitende kleilagen (spanningswater) is de aanwijzing van beschermingsgebieden op basis van de 10- en 25-jaarszones achterwege gelaten.

Op langere termijn wordt door de Commissie Bescherming Waterwingebieden aanbevolen de bescherming van het grondwater te realiseren door middel van een op intrekgebieden gerichte benadering, waarbij wordt uitgegaan van de bescherming van een nader te bepalen gedeelte van het onttrokken grondwater in plaats van bescherming van een bepaalde verblijftijdsklasse [TCB, 1989].

Als de ruimtelijke verdeling van de voeding bekend is kunnen (rekening houdend met ondermeer de belasting en de verblijftijd van dat water) gebieden worden aangewezen waar maatregelen resulteren in de bescherming van een bepaald gedeelte van het onttrokken grondwater.

Belangrijk hierbij is een voldoende nauw-

keurig bepaling van het intrekgebied, de verdeling van de voeding binnen het intrekgebied en de verblijftijd/verblijftijdspreiding van het (onttrokken) grondwater. Gezien de vaak heterogene bodemopbouw in Nederland (zowel lateraal als verticaal) en de wisselende randvoorwaarden kunnen genoemde aspecten meestal niet nauwkeurig genoeg worden bepaald met relatief eenvoudige analytische berekeningen maar zal veelal gebruik moeten worden gemaakt van numerieke rekenmethoden.

## 2. Methodiek

De weg die een waterdeeltje aflegt vanaf het maaiveld naar de winmiddelen kan, afhankelijk van de bodemopbouw en de afstand tot de winmiddelen variëren en resulteren in verschillende verblijftijden. In afb. 1 is een schematisch voorbeeld weergegeven in een verticaal vlak.

Sommige waterdeeltjes zullen de winmiddelen helemaal niet bereiken. In lokale en (sub)regionale grondwaterstromingsstelsels kan het neerslagoverschot (deels) afstromen naar het oppervlaktewaterstelsel. In kwelgebieden wordt het neerslagoverschot geheel afgevoerd via het oppervlaktewater. De variatie in voeding (c.q. dat deel van het neerslagoverschot dat bijdraagt aan de grondwateronttrekking) en verblijftijd resulteert in een ruimtelijke verdeling van de voeding en de verblijftijd.

Voor de berekeningen van intrekgebieden en de ruimtelijke verdeling van de voeding en de verblijftijden is gebruik gemaakt van het programmapakket TRIWACO/TRACE waarbij TRIWACO

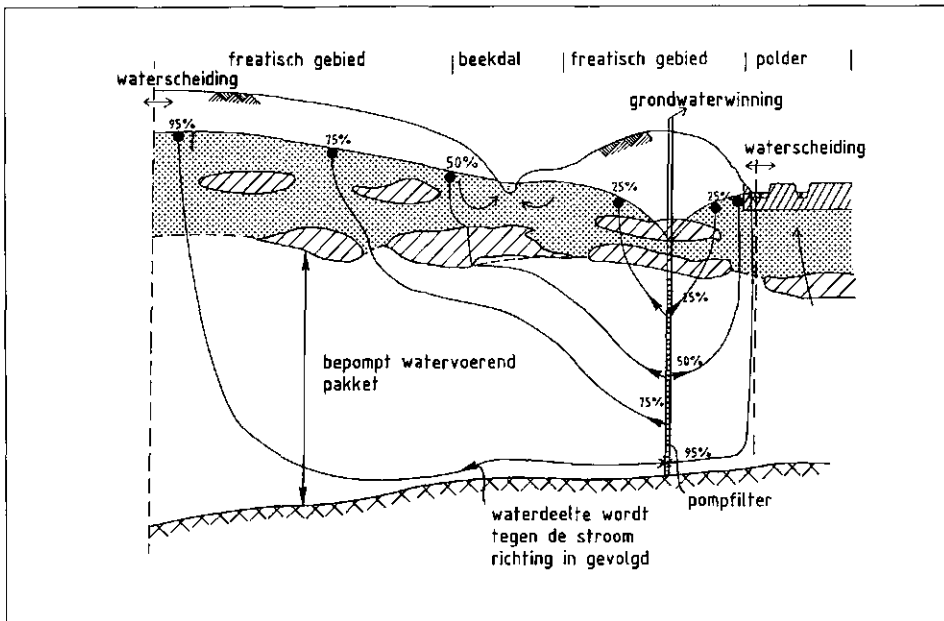
## Samenvatting

Momenteel is de (bijzondere) bescherming van het grondwater (ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening) gerelateerd aan een zonering gebaseerd op verblijftijdscategorieën van het water in het water in het pompomte pakket rond de winmiddelen (de zogenaamde 10- en 25-jaarszones). Op termijn wordt aanbevolen de bescherming te realiseren door middel van een op intrekgebieden gerichte benadering waarbij wordt uitgegaan van een nader te bepalen gedeelte van het onttrokken grondwater. Gezien de vaak heterogene bodemopbouw in Nederland en de wisselende randvoorwaarden is de bescherming van grondwater maatwerk, toegesneden op de specifieke situatie per winplaats. IWACO heeft een methode ontwikkeld en (numerieke) programmatuur ontworpen voor de berekening van intrekgebieden en de ruimtelijke verdeling van de voeding (grondwateraanvulling) en de verblijftijden. De resultaten vormen een goede basis voor grondwaterbescherming op basis van volumestromen. De methodiek geeft een goed inzicht in het hydrologisch systeem waarmee een doelmatig monitoringssysteem (secundair meetnet) kan worden ingericht.

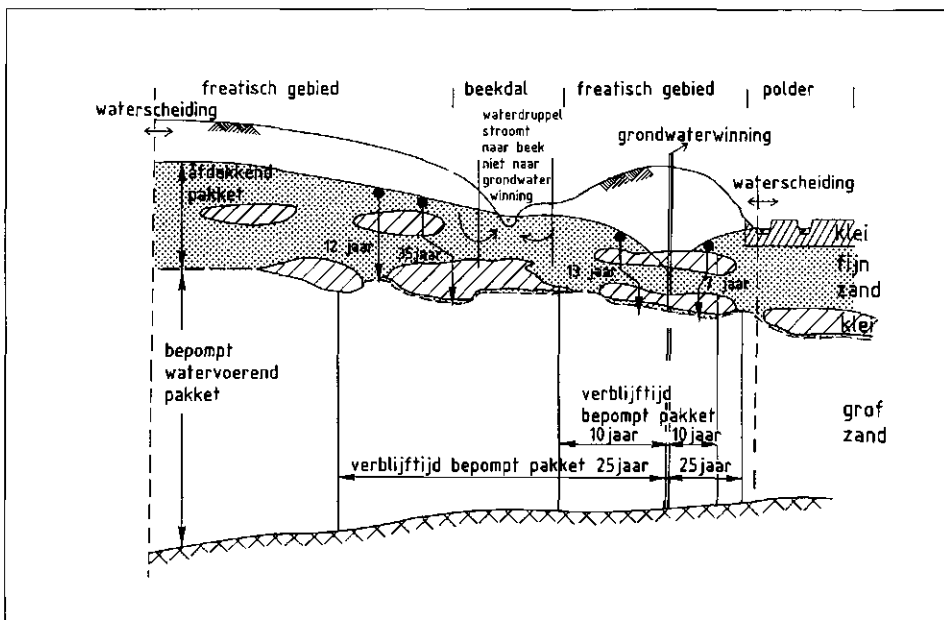
een numeriek grondwaterstromingsprogramma is (gebaseerd op de eindige elementen methode) en TRACE een hieraan gekoppelde module waarmee stroombanen en verblijftijden kunnen worden berekend [IWACO, 1988].

Met het programma TRIWACO kan de grondwaterstroming quasi drie-dimensionaal worden berekend waarbij wordt uitgegaan van een stationaire situatie. De ondergrond c.q. het hydrologisch pakket wordt onderverdeeld in watervoerende pakketten (zand) en slecht-doorlatende lagen (klei, veen). De doorlatendheid en de dikte van de verschillende lagen en pakketten kunnen worden gevarieerd. Aan de bovenzijde van het model wordt een zogeheten 'topstelsel' aangebracht. In dit topstelsel liggen de interacties tussen het neerslagoverschot, het drainagesysteem en/of poldersysteem en het grondwater verankerd.

Grote rivieren, hoofdwatgangen, beken en kanalen worden expliciet in het model ingebracht. Aangezien intrekgebieden



Afb. 1 - Verbliftijden in verticaal vlak (schematisch).



Afb. 2 - Principe bepaling intrekgebied.

vaak grote oppervlakten beslaan met wisselend bodemgebruik dient bij de modellering rekening te worden gehouden met (regionale) verschillen in het neerslagoverschot. Het neerslagoverschot kan grote invloed hebben op de verblijftijd in het afdekkend pakket en de grootte van de intrekgebieden [IWACO, 1990].

Het intrekgebied van een winning wordt gedefinieerd als het aanéngesloten gebied waarbinnen het onttrokken grondwater in de bodem infiltreert. Intrekgebieden worden met een geïkt en geverifieerd grondwaterstromingsmodel berekend door waterdeeltjes vanaf de onttrekingsput, tegen de waterstroming

in, te volgen naar de plaats waar de waterdeeltjes het maaiveld bereiken. Afbeelding 2 geeft dit principe schematisch weer.

Een 10%- of 50%-intrekgebied is het aanéngesloten gebied waarbinnen 10% respectievelijk 50% van het onttrokken grondwater infiltreert. Het totale (100%) intrekgebied wordt berekend door waterdeeltjes te volgen die onderin het gepompte pakket het pompfilter bereiken. De 10%- 50%-intrekgebieden worden berekend door waterdeeltjes terug te volgen die op een hoogte van 90% respectievelijk 50% van de dikte van het gepompte pakket het pompfilter bereiken. Dit geldt voor een constante doorlatend-

heid over de dikte van het geëxploiteerde watervoerende pakket en een (volkomen) pompfilter dat over de gehele lengte hetzelfde funktioneert.

Het berekenen van de x%-intrekgebieden geeft een kwantitatief inzicht uit welke gebieden het onttrokken grondwater afkomstig is. Het berekende intrekgebied geeft echter géén inzicht in de verdeling van de voeding (herkomst onttrokken grondwater) binnen het intrekgebied en de verblijftijden van het onttrokken grondwater.

Met het oog op een adequate grondwaterbescherming dienen herkomst en verblijftijd van het onttrokken water bekend te zijn.

Het ruimtelijk beeld van de verblijftijden wordt met het geïkte en geverifieerde grondwaterstromingsmodel berekend door aan maaiveld waterdeeltjes te definiëren en met behulp van de module TRACE de tijd te berekenen die nodig is alvorens deze waterdeeltjes de putten bereiken. Dit ruimtelijk beeld wordt daarna omgezet in een verdeling van verblijftijdsklassen. Uit het grondwaterstromingsmodel volgt voor deze gebieden of delen hiervan de bijdrage aan de voeding van de winning. Het resultaat is een beeld van de ruimtelijke verdeling van de voeding en de verblijftijd aan maaiveld. Afb. 3 geeft hiervan een voorbeeld.

Een tweede resultaat dat uit de ruimtelijke verdeling van voeding en verblijftijden kan worden afgeleid is de cumulatieve frekwentieverdeling van verblijftijden voor grondwaterwinningen c.q. de hydrologische responskarakteristiek. Deze geeft informatie over de ouderdom van het opgepompte grondwater. Afb. 4 geeft hiervan een voorbeeld voor een aantal karakteristieke grondwaterwinningen.

### 3. Resultaten

De hiervoor geschetste methodiek is de laatste jaren met succes toegepast bij een aantal grondwaterwinningen in Nederland [Boukes, 1989; IWACO, 1989, 1990, 1990a, 1991]. Ter illustratie worden hier enkele resultaten gepresenteerd voor drie karakteristieke winningssituaties in Nederland namelijk een winning uit een freatisch watervoerend pakket, een winning uit een pakket met semi-spanningswater en een diepe winning uit een pakket met (bijna) volkomen spanningswater.

De beschouwde freatische winning (PS Reuver) ligt in de provincie Limburg. De grondwateronttrekking bedraagt op

TABEL I - Kengetallen.

type winning*		freatisch	semi-spanningswater	spanningswater
debiet	[m <sup>3</sup> /jaar]	0,9.10 <sup>6</sup>	13.10 <sup>6</sup>	1,2.10 <sup>6</sup>
oppervlakte intrekgebied	[km <sup>2</sup> ]	4,2	53,5	104,5
gemiddelde grondwateraanvulling	[mm/dag]	0,59	0,67	0,03
volumestroom vanuit huidig beschermingsgebied II	[%]	65	36	3
50% verblijftijd	[jaren]	15	110	2000

\* zie ook tekst.

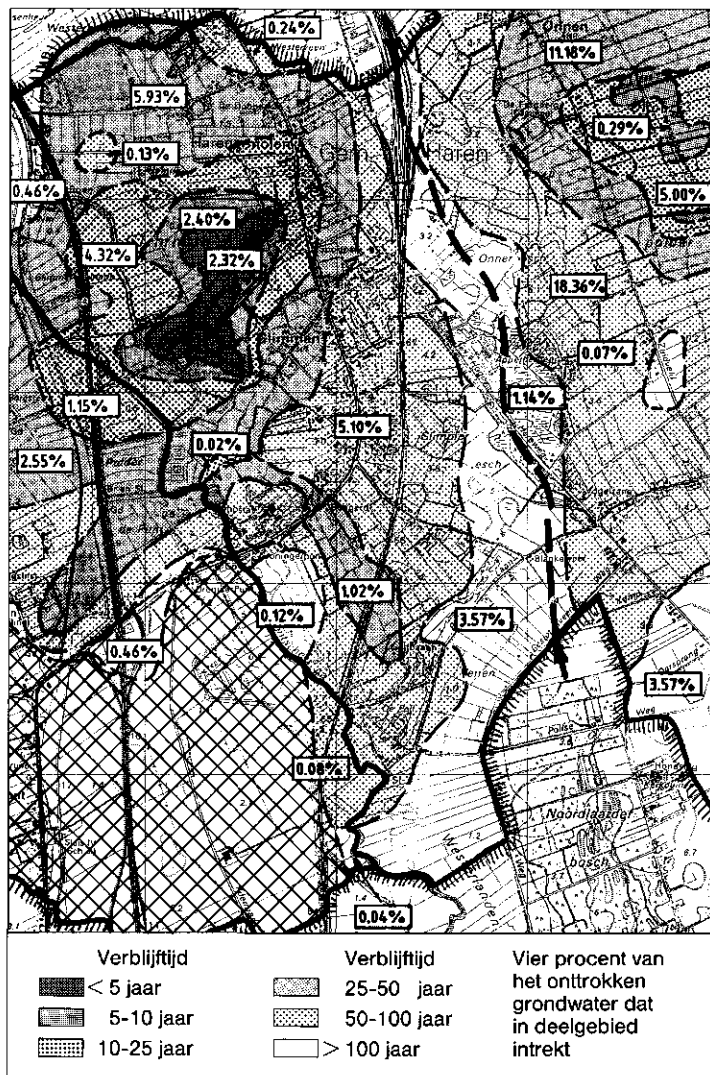
jaarbasis 0,9 miljoen m<sup>3</sup>. Een aanzienlijk gedeelte van het intrekgebied ligt onder naaldbos waardoor het neerslagoverschot relatief gering is. Aan deze freatische winning kunnen een aantal karakteristieke kengetallen worden toegekend. De kengetallen zijn opgenomen in tabel I.

In afb. 4 is de cumulatieve frequentieverdeling (= hydrologische responskarakteristiek) van deze freatische winning weergegeven.

De beschouwde winning uit semi-spanningswater (PS De Punt) ligt in Noord-Nederland. Het afdekkend pakket

bestaat uit een complex van al dan niet slecht tot zeer-slecht doorlatende lagen. De laterale verbreiding van de slecht-doorlatende lagen is zeer grillig. Het intrekgebied kenmerkt zich verder door sterk wissellende bovenrandvoorwaarden. De grondwateronttrekking is op jaarbasis 13 miljoen m<sup>3</sup>. Aan deze semi-spanningswaterwinning kunnen eveneens een aantal karakteristieke kengetallen worden toegekend (zie tabel I).

Ter illustratie is in afb. 3 de verdeling van de voeding en verblijftijden gegeven in een gedeelte van het intrekgebied.



Afb. 3 - Verdeling van voeding en verblijftijden semi-spanningswaterwinning (detail).

De hydrologische responskarakteristiek is opgenomen in afb. 4.

De derde winning ligt in Oost-Groningen. Het betreft hier een (geplande) diepe grondwaterwinning (PS Bellingwolde) uit een goed doorlatend, grofzandig watervoerend pakket. Boven dit bempotte pakket ligt een complex van al dan niet slecht-doorlatende lagen.

De totale verticale hydraulische weerstand van dit complex is zo hoog dat van een (bijna) volkomen spanningswaterwinning kan worden gesproken. De (geplande) onttrekkingshoeveelheid bedraagt 1,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De kengetallen van deze winning zijn opgenomen in tabel I. De hydrologische responskarakteristiek is weergegeven in afb. 4.

Uit de afb. 3, 4 en de in tabel I gepresenteerde kengetallen kan het volgende worden afgeleid:

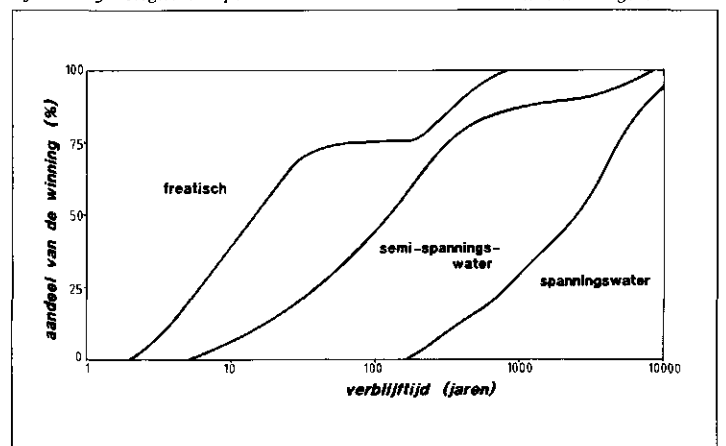
- Met de huidige grondwaterbeschermingsgebieden wordt slechts een gedeelte van het onttrokken water beschermd. Dit gedeelte neemt af van freatische winningen naar spanningswaterwinningen.

- De grootte van het intrekgebied is onder andere afhankelijk van het onttrekkingsdebiet, van de dikte en weerstand van afdekkende pakketten, de dikte van het watervoerend pakket, het neerslagoverschot en het oppervlaktewatersysteem. In grote lijnen kan worden gesteld dat bij gelijke onttrekking de grootte van het intrekgebied toeneemt van freatische winning (via semi-spanningswaterwinning) naar winning uit volkomen spanningswater.

- De mediaan van de verblijftijd van het onttrokken grondwater neemt toe van

• *Vervolg op pagina 413*

Afb. 4 - Hydrologische responskarakteristieken van de beschouwde winningen.



Analoog aan het bovenstaande kan worden opgemerkt, dat bij toename van een winning de nitraatconcentratie van het opgepompte water tijdelijk daalt, omdat door een grotere onttrekking de grondwaterstand kunstmatig wordt verlaagd. Bij de afname van een winning gebeurt het omgekeerde.

#### Literatuur

I. Juhász-Holterman M. H. A., Maas, C. and Vogelaar, A. J. (1989). *Onderzoek Nitraatuitspoeling westelijk deel van het Plateau van Margraten*. NV Waterleiding Maatschappij Limburg Maastricht en Kiwa Nieuwegein.



#### Zuurstofverzadigingspercentage

• Slot van pagina 409

De belasting met zuurstofbindende stoffen uit puntbronnen is onder andere door de bouw van een groot aantal zuiveringsinstallaties sterk afgenomen. Dit heeft uiteraard geleid tot een navenante verbetering van de zuurstofhuishouding. Ook uit dit onderzoek blijkt dat het gevoerde beleid vruchten heeft afgevoerd. Zo is het zuurstofgehalte in de grote rivieren de afgelopen 12 jaar toegenomen en wordt ook voor veel andere stromende systemen een positieve trend in het zuurstofgehalte gevonden. Uit het onderzoek blijkt echter ook dat het voor veel stagnante wateren minder goed met de zuurstofhuishouding is gesteld. Voor een verbetering van de zuurstofhuishouding blijft aandacht voor het saneren van diffuse bronnen en het terugdringen van de eutrofiëring van groot belang.

#### Verantwoording

Dit onderzoek werd uitgevoerd in opdracht van de NVVS. Mevr. E. van de Bos en de heer H. Rossum, beiden medewerkers van de NVVS, verleenden hulp bij het bewerken van de gegevens en deden waardevolle suggesties tijdens het onderzoek.

#### Literatuur

Aalderink, R. H. (1991). *Analyse van het zuurstofgehalte in het Nederlandse oppervlaktewater. Een statistische analyse van het databestand van de NVVS*. Nederlandse Vereniging Van Sportwissersfederaties. Amersfoort.  
Conover, R. O. (1980). *Practical Nonparametric Statistics*. 2nd ed. Wiley, New York.  
Gilbert, R. O. (1987). *Statistical Methods For Environmental Pollution Monitoring*. Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York.  
NVVS (1989). *Visstandbeheer in het Nederlandse Binnenwater*. NVVS. Amersfoort.



#### Intrekgebieden

• Slot van pagina 425

freatische winning (circa 15 à 50 jaar), via semi-spanningswater ( $\approx$  200 jaar) naar spanningswaterwinning ( $>$  400 jaar) [TCB, 1989].

– De spreiding in verblijftijd van het onttrokken grondwater neemt toe van freatische winningen (tientallen jaren) naar spanningswaterwinningen (honderden jaren) [TCB, 1989].

#### 4. Conclusies

Tenslotte willen we uit de toepassingen van de geschetste methodiek de volgende conclusies trekken:

- Bescherming van grondwater is maatwerk, toegesneden op de specifieke situatie per winplaats [Hey, 1988].
- TRIWACO/TRACE is een goed bruikbaar programmapakket om intrekgebieden en de verdeling van de grondwateraanvulling en de verblijftijden van het opgepompte water te bepalen.
- De resultaten van TRIWACO/TRACE geven een goede basis voor grondwaterbescherming op basis van volumestromen. Hiermee is het mogelijk een doelmatig beschermingsplan op te stellen dat gedifferentieerd is naar plaats en tijd.
- De geschetste methodiek geeft een goed inzicht in het hydrologisch systeem, hetgeen de basis is voor ondermeer het berekenen van de ontwikkeling van de kwaliteit van het opgepompte water en de inrichting van een doelmatig monitoringsysteem (secundair meetnet).

#### Literatuur

Basset, P., Janssen H. M. A. en Klaver J. C. M. (1990). *Knelpunten in het grondwaterbeschermingsbeleid: een verkenning*. H<sub>2</sub>O (23) 1990, nr. 7.  
Boukes, H. (1989). *Enkele voorbeelden van verblijftijdverdelingen en beschermingsgebieden van winningen van freatisch water*. Bijlage 4, TCB A88/04-R.  
Hey, G. J. (1988). *Onderzoek ten behoeve van bescherming van waterwingebieden; hoever zijn we eigenlijk?* H<sub>2</sub>O (21) 1988, nr. 23.  
IWACO (1988). *TRIWACO/TRACE*.  
IWACO (1989). *Onderzoek waterwingebied PS. Reuver*. Rapportnr. 331.2170.  
IWACO (1990). *Onderzoek intrekgebieden en weerstandsbedende lagen waterwinplaatsen Groningen*. Rapportnr. 220.2160.  
IWACO (1990a). *Bepaling van de intrekgebieden van grondwaterwinningen in Noord-Brabant*. Rapportnr. 331.2690.  
IWACO (1991). *Onderzoek mogelijke beschermingsgebieden voor particuliere grondwaterwinningen Groningen*. rapport 220.4300 (in voorbereiding).  
Technische Commissie Bodembescherming (1989). *Rapport Grondwaterbescherming*. TCB A88/04-R.  
Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming (1985). *Advies berekeningsgrondslag grondwaterbeschermingsgebieden*. VTCB-A85/01.



• End of page 405

groundwater. The method has been applied in several regions in the Netherlands. Measures for groundwater protection can be based on the results of the calculations. The method also gives good understanding of the hydrological system, which is important in forecasting the quality of the pumped water and in designing an effective monitoring network.

H<sub>2</sub>O (24) 1991, nr. 15; 426

H. M. VAN DIGGELEN and H. C. ROSIELLE:

#### A further automated sewage plant

The new automated sewage plant Amstelveen is connected to a computernetwork to supply information.

It is possible to follow the complete process of the plant in Amstelveen on the monitor at the head office in Hilversum and data can be logged as needed for any reporting.

H<sub>2</sub>O (24) 1991, nr. 15; 428

S. P. VRIEND and P. F. M. VAN GAANS:

#### Sampling of waste deposits and other evidently heterogeneous deposits.

##### A representative misconception

An adequate sampling strategy to determine reliably to what degree environmental thresholds are being surpassed in heterogeneous waste deposits, is often impossible. A hypothetical example is presented of a municipal waste deposit, sized 100 m x 100 m x 10 m, and containing 20 barrels of highly toxic waste of 200 l and a surface of 0.5 m<sup>2</sup> each. It is shown that determination of the vertical profile at 100 random point locations in the belt gives a 10% chance of hitting at least one of the barrels. A number of 2302 random vertical profiles is needed to raise the chance of hitting at least one barrel to 90%. To obtain an adequate impression (near 95% confidence) of the number of barrels present, systematic sampling of a grid with a spacing of about 60 cm, which means more than 30.000 vertical profiles, is required.

H<sub>2</sub>O (24) 1991, nr. 15; 435

G. J. VAN NULAND:

#### Guaranteeing the quality of the rivers Rhine and Meuse for the production of drinkingwater

The rivers Rhine and Meuse are by far the most important suppliers of surface water reserved for the production of drinking-water. The obligation to pursue a high guarantee of the quality, among other things for the production of drinkingwater, rests with the Public Works Department 'Rijkswaterstaat', as waterauthority for these rivers.

The diffuse, calamitous and transboundary pollution can only be influenced in a limited manner by 'Rijkswaterstaat'.

What, for instance, do the Rhine Action Plan and North Sea Action Plan actually mean for the quality of the rivers Rhine and Meuse in the years to come?

The result that will be achieved by the intentions mentioned above will still be insufficient, though, to be able to speak of a complete guarantee among of the quality of the Rhine and Meuse. Means will be described in broad outline to come to a further improvement of this guarantee, among other things by referring to aspirations and ultimate goals mentioned in the Third National Policy Document on Watermanagement. For instance, besides starting a Meuse Action Plan, a drastic intensification of prevention will prove to be a necessary limiting condition for an adequate guarantee.