

WATERKWALITEIT IN GRONDWATERSTROMINGSTELSELS
Verslag van de Workshop gehouden op 1 en 2 april 1980

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO
Rapporten en Nota's no. 5

WATERKWALITEIT IN GRONDWATERSTROMINGSSTELSELS
Verslag van de Workshop gehouden op 1 en 2 april 1980

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO
Rapporten en Nota's no. 5

Samengesteld door ing. J.C. Hooghart

Den Haag, augustus 1980

COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK



WORKSHOP

WATERKWALITEIT IN GRONDWATERSTROMINGSSTELSELS

1 en 2 april 1980, iac te wageningen

Contactadres:

CHO-TNO, Postbus 6067, 2600 JA DELFT

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. <u>STELLINGEN</u>	2
2.1. <u>STELLINGEN GERICHT OP HET REGIONAAL ONDERZOEK</u>	2
2.1.1. Regenwater	2
2.1.2. Vuilstorten	4
2.1.3. Meststoffen	6
2.1.4. Bestrijdingsmiddelen	8
2.1.5. Regionale waterhuishouding	10
2.1.6. Matrices	12
2.2. <u>ALGEMENE STELLINGEN</u>	14
2.2.1. Procesgericht onderzoek	14
2.2.2. Bemonstering en analyse	16
2.2.3. Kolomonderzoek	18
2.2.4. Modellen	19
2.2.5. Regionaal onderzoek	21
2.2.6. Waarnemingsnet grondwater	23
3. <u>BIJLAGEN</u>	24
3.1. <u>SCHRIFTELIJKE BIJDRAGEN VOOR DE WORKSHOP</u>	25
3.1.1. Algemeen	26
3.1.2. Inleiding	27
Drs. E. Romijn	
3.1.3. Hydrologische indeling van Nederland	29
Prof. dr. G.B. Engelen	
3.1.4. Kwaliteit van het regenwater boven Nederland	37
Drs. H.F.R. Reijnders en hr. T.B. Ridder	
3.1.5. Vuilstorten	45
Ir. L.E. van Engers	
3.1.6. Detectie van verontreinigd grondwater bij lokale verontreinigingsbronnen	48
Ir. W. van Duyvenbooden	
3.1.7. Accumulatie en transport van fosfaat in de bodem	57
Prof. dr. ir. F.A.M. de Haan	
3.1.8. Fosfor in sedimenten	66
Ir. J.H.A.M. Steenvoorden	
3.1.9. Stikstofbalans en landbouwecosystemen	72
Ir. J.H.A.M. Steenvoorden	
3.1.10. Bestrijdingsmiddelen in grondwaterstromingsstelsels	83
Dr. ir. H. de Heer en ir. M. Leistra	
3.1.11. Oppervlakte afvoer	87
Ir. J.H.A.M. Steenvoorden en ir. J. Buitendijk	
3.1.12. Isotopenhydrologisch onderzoek Gelderse Achterhoek	93
Drs. G.J.W. Krajenbrink	
3.1.13. Winplaats en onderzoek Achterhoek	100
Ir. W. van Duyvenbooden	
3.1.14. Infiltratie Veluwe	107
Dr. F.J.J. Brinkmann en ir. J. Hrubec	

3.1.15. Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming	blz. 118
Drs. G. van Wirdum	
3.1.16. Aktiviteiten op beleidsmatig gebied	144
Dr. mr. D.A. Zeilmaker	
3.2. <u>INVENTARISATIE VAN HET 'KWALITATIEVE' ONDERZOEK OP HET GEBIED VAN HET GRONDWATER</u>	159
3.2.1. Algemeen	160
3.2.2. Diensten en instellingen gereageerd op verzoek tot invullen matrices	161
3.2.3. Totaal matrix "type processen"	162
3.2.4. Totaal matrix "bronnen"	163
3.2.5. Totaal matrix "stoffen/temperatuur"	164
3.2.6. Totaal matrix "instituten"	165
3.3. <u>DEELNEMERSLIJST VAN DE STUDIEBIJEENKOMST</u>	166
3.4. <u>PROGRAMMA VAN DE STUDIEBIJEENKOMST</u>	168
3.5. <u>SAMENSTELLING VOORBEREIDINGSGROEP</u>	169

1. INLEIDING

Op 1 en 2 april 1980 is in het Internationaal Agrarisch Centrum te Wageningen een studiebijeenkomst gehouden, met als thema: 'Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels'. (Programma studiebijeenkomst, zie blz. 168)

Aanleiding tot deze studiebijeenkomst was o.a. dat bij het opstellen van een nieuwe wet op de bodembescherming, inclusief de bescherming van de waterwingebieden de 'natuurlijke' waterkwaliteit een belangrijke rol speelt en ook de samenhang tussen waterkwaliteit en -kwantiteit in het geding is.

Het doel van de Workshop is geweest de waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels systeemanalytisch te benaderen. Zowel kwaliteitsdeskundigen als kwantiteitsdeskundigen (zie deelnemerslijst, blz. 166) namen deel en getracht is te analyseren welke lacunes in de kennis aanwezig zijn en welke prioriteiten er gesteld dienen te worden, om zo tot een eventuele onderzoeksstrategie te komen.

Over bepaalde onderwerpen is door diverse specialisten een discussiestuk opgesteld, dat tijdens de bijeenkomst ter sprake kwam (zie BIJLAGEN, 3.1.). Tevens is een bijdrage opgenomen van Dr. Mr. D.A. Zeilmaker, getiteld: 'Aktiviteiten op beleidsmatig gebied' (zie blz. 144).

Om inzicht te verkrijgen van het onderzoek in Nederland op dit gebied, is een inventarisatie gemaakt van dit onderzoek.

Deze inventarisatie wordt weergegeven in de vorm van matrices (zie BIJLAGEN, 3.2.)

Tijdens de bijeenkomst is gediscussieerd aan de hand van stellingen. Deze stellingen zijn samengesteld met behulp van de schriftelijke bijdragen door de heren: Prof. dr. G.B. Engelen (VUA), die tevens optrad als dagleider, Ir. W. van Duyvenbooden (RID) en Ir. J.H.A.M. Steenvoorden (ICW).

In dit rapport zijn deze stellingen opgenomen, te zamen met een samenvatting van de gevoerde discussie (zie STELLINGEN, 2.). Discussieleider was Drs. E. Romijn (P.W. Gelderland).

Daar deze bijeenkomst was opgezet met het doel een goede samenspraak te bevorderen, nam een beperkt aantal genodigden deel. De Commissie voor Hydrologisch Onderzoek stelt echter een bredere verspreiding van de resultaten van de studiebijeenkomst, door middel van dit rapport, op prijs.

2. STELLINGEN

2.1. STELLINGEN GERICHT OP REGIONAAL ONDERZOEK

2.1.1. R e g e n w a t e r

- a. *Regenwater draagt voor tal van stoffen in belangrijke mate bij tot depositie in de bodem. Voortzetting van onderzoek naar de chemische samenstelling van de neerslag en de effecten daarvan op de grondwaterkwaliteit is dan ook gewenst.*
- b. *Om de uitwisselbaarheid van gegevens afkomstig van diverse meetnetten te verhogen dient harmonisatie van bemonstering en analyse te worden voortgezet. (zie ook 2.2.2.)*
- c. *Uitbreiding van het analysepakket verdient overweging. Behandeling van extreem hoge concentraties dient nader te worden gezien.*
- d. *Ten behoeve van regionaal onderzoek dient op voldoende meetpunten informatie te worden verzameld over de chemische samenstelling van de neerslag*

Discussie

Een werkgroep van het Nederlands Normalisatie Instituut houdt zich bezig met de uitwisselbaarheid van gegevens en harmonisatie van bemonstering en analyse. Momenteel worden de RID en RIV-KNMI-meetnetten op één lijn gebracht. De dichtheid van de stations en de meetfrequenties hangen samen met de nauwkeurigheid en het doel van de meting en ook met de verschillen per regio. Naarmate de verschillen per regio kleiner zijn, zijn er minder stations nodig.

Het is gewenst dat het onderzoek door RIV-KNMI uitgebreid wordt met de bepaling van de verdeling van zware metalen, organische microverontreinigingen, totaal fosfaat, Kjeldahl stikstof en ook O-18 over Nederland, om zo de geografische verdeling vast te leggen.

In het kader van het OECD-onderzoek blijkt dat in Nederland de droge depositie 60% van de totale depositie kan bedragen, nabij industriële bronnen kan deze droge depositie hoger zijn.

Het probleem tussen droge en natte depositie en (totale) depositie dient nader onderzocht te worden.

Een ander probleem bij regenwaterkwaliteitsmeting is dat van de uitschieters. Men werkt daarom met gemiddelden en mediaanwaarden, eventueel met gewogen mediaanwaarden. Bij uitschieters

dient te worden nagegaan of er sprake is van extremen of van analysefouten (bij het laatste kloppen de verhoudingen tussen de verschillende stoffen niet).

Extreme waarden kunnen van belang zijn voor processen in de bovengrond (i.v.m. ecologie, reacties binnen kleimineralen e.d.).

2.1.2. V u i l s t o r t e n

- a. *Onvoldoende inzicht bestaat tot dusverre in de mate van verontreiniging van grondwater door perkolatiewater afkomstig van vuilstorten en de gevolgen op langere termijn.*
- b. *Nader onderzoek is nodig naar het stromingsgedrag van verontreinigd grondwater. Onbekendheid met het stromingsgedrag belemmert de detectie van de verontreinigde zone in het grondwater.*
- c. *Er is nog weinig bekend omtrent voorkomen en gedrag in het grondwater van vele groepen stoffen. Meer aandacht dient te worden geschonken aan de effecten van zich wijzigende milieucondities, ook na uitspoeling van de verontreinigingen.*
- d. *De vergelijkbaarheid van analyseresultaten is veelal beperkt.*

Discussie

Bekend is dat de organische zuren uit een stort, 90% in de bovenste meters van de bodem efficiënt wordt afgebroken. Door deze zuren zijn de zware metalen behoorlijk mobiel, maar deze mobiliteit neemt in het algemeen snel af door die afbraak. Nader onderzoek is vooral ten aanzien van organische microverontreinigingen nodig, naar o.a. adsorptie en afbraak in de bodem.

Daar er een zeer groot aantal organische verbindingen bij een vuilstort voorkomt, wordt gedacht om gebruik te maken van somparameters.

Wat spoorelementen betreft, zijn er grote problemen ten aanzien van de bemonstering, de verschillende analysetechnieken en resultaten.

Door het ICW wordt onderzoek gedaan naar het effect van het verhinderen dat het water in de bodem wegzakt.

Mogelijkheden om te verhinderen dat het percolatiewater in de bodem wegzakt zijn: de vuilstort afschermen aan de bovenkant of aan de onderkant; verder kan vervuiling voorkomen worden door gasontwikkeling, toevoegen van produkten (b.v. ionenwisselaars) en tevens is de situering van de stort van belang zowel ten opzichte van de grondwaterspiegel als ten opzichte van het regionale systeem.

In de VS, maar ook in Duitsland, is onderzoek gaande naar het

afsluiten van een vuilstort aan de onderzijde of bovenzijde, de vraag is echter of dat in de loop der jaren goed blijft. In Duitsland is een bodemafsluitende laag wettelijk verplicht. Dient men bij de situering van een stortplaats te kiezen tussen verontreinigd oppervlaktewater of verontreinigd grondwater? In Duitsland is er een fundamenteel verschil waargenomen tussen een stortplaats in den natte of in den droge. Bij situering boven de grondwaterspiegel is het eventueel mogelijk gebruik te maken van de aerobe zone (onverzadigde zone), waardoor de afbraak wordt versneld.

2.1.3. M e s t s t o f f e n

- a. *De maximale berging van anorganische fosfaten in grond kan momenteel vrij goed worden berekend en het verloop van de berging in relatie met de P-toevoer kan redelijk worden voorspeld.*
- b. *Bij de voorspelling van het gedrag van P in de bodem is de mobiliteit van organische P-verbindingen de meest onzekere factor.*
- c. *In het verband met het mogelijke risico dat onder bepaalde omstandigheden P-uitspoeling naar het grondwater op kan treden dienen de processen in het grondwatermilieu, waarbij P-verbindingen betrokken zijn, nader te worden bestudeerd.*
- d. *De belangrijkste bedreiging voor het grondwater uit het oogpunt van stikstofverontreiniging wordt gevormd door het nitraat.*
- e. *De invloed van grondwaterstroming en omzettingen van NO_3^- in het grondwatermilieu op het in meerdere of mindere mate voorkomen van NO_3^- in het grondwater is nog onvoldoende onderzocht.*

Discussie

- Fosfaat

De mobiliteit van organische fosfaten is groter dan de anorganische fosfaten. Verder blijkt dat te velde de processen langzamer verlopen dan op grond van laboratoriumuitkomsten wordt aangenomen. Voor N-Brabant geldt dat er een groot overschot is aan drijfmest, dat meestal op bouwland wordt afgezet. Die overschotten kunnen zeer groot zijn en wel tot 560 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha. jaar}$. Eenzelfde situatie treedt ook op in Gelderland. Er zijn spoedig maatregelen nodig om de verontreiniging van grondwater door fosfaat te verminderen.

De waarden, die beschikbaar zijn, zijn gebaseerd op gegevens per gemeente. Daarnaast vindt veldonderzoek plaats op individuele bedrijven. Zowel bron- als procesonderzoek zal nodig zijn, om het beleid te onderbouwen.

- Nitraat

Momenteel is overleg gaande om het gebruik van stikstof-kunstmest op te nemen bij de mei-tellingen (CBS). Aangenomen kan worden, dat bij gebieden met drijfmesttoevoer, de stikstof-toevoer via drijfmest al hoog genoeg is voor een optimale landbouwkundige produktie. Voor grasland wordt wel extra

stikstof toegevoerd en dat kan variëren van 200 tot 500 kg/ha. - -
jaar.

Het gebruik van drijfmest of kunstmest is goed waar te nemen
aan de samenstelling van het grondwater.

Het gebruik van drijfmest leidt tot verhoging van het chloride-
gehalte, sulfaatgehalte, kaliumgehalte en nitraatgehalte.

Afhankelijk van de soort drijfmest en afhankelijk van de soort
kunstmest kan de samenstelling van het grondwater variëren.

De belasting wordt voor het grondwater vaak te hoog. Er dient
via het beleid iets aan gedaan te worden.

- Zuiveringsslib

Vanaf 1 april 1980 wordt de Richtlijn voor de afzet van vloeibaar
zuiveringsslib ten behoeve van gebruik op bouw- en grasland
toegepast. Deze richtlijn van de Unie van Waterschappen heeft
voornamelijk betrekking op zware metalen. Bij accumulatie in
het bodemsysteem wordt alleen rekening gehouden met de zware
metalen in het slib en niet met de andere bronnen van zware
metalen. De accumulatie zal dus groter zijn dan uitgerekend
via het zuiveringsslib en eventueel via de meststoffen, want
ook de neerslag behoort tot de grote bronnen van zware metalen.

2.1.4. B e s t r i j d i n g s m i d d e l e n

- a. *Het onderzoek naar de lotgevallen van bestrijdingsmiddelen in het grondwatersysteem en met name in de onverzadigde zone is onvoldoende ontwikkeld en tot dusverre te algemeen van aard.*
- b. *Modelmatige berekeningen van de uitspoeling van de bestrijdingsmiddelen geven onvoldoende informatie voor het grondwaterkwaliteitsbeheer op lokaal of regionaal niveau.*
- c. *Over het gedrag van bestrijdingsmiddelen in het grondwater en slootmilieu is nog te weinig kennis aanwezig.*

Discussie

Over het gedrag van bestrijdingsmiddelen in grondwater is in Nederland momenteel zeer weinig bekend. De omzetsnelheden nemen voor een aantal modelstoffen af bij toename van de diepte. In anaeroob slootbodemmateriaal vindt een snelle afbraak plaats van een aantal stoffen ten gevolge van een hoge activiteit van de micro-organismen, dit is echter niet representatief voor alle stoffen.

In tegenstelling tot het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, waar de voorkeur uitgaat naar een "nulemissie" van bestrijdingsmiddelen (welke middelen stoffen zijn of stoffen bevatten die op de "zwarte lijst" staan) in het grondwater, bestaat er in de onderzoekwereld behoefte aan - mede op onderzoek - gebaseerde normen voor bestrijdingsmiddelen in grondwater.

In de EG-richtlijn inzake lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen in het grondwater, vallen o.a. pesticiden onder de zwarte lijst stoffen. Hiervoor geldt een absoluut verbod voor directe lozing in het grondwater. Ook voor indirecte lozingen van zwarte lijst stoffen (verwijderings- of storthandelingen) geldt in feite dit absolute verbod. Voor overige indirecte lozingen van zwarte lijst stoffen (andere handelingen dan verwijderingshandelingen d.w.z. het gebruik van deze stoffen op of in de bodem) en voor alle lozingen van grijze lijst stoffen geldt de verplichting, dat alle passende maatregelen genomen moeten worden om verontreiniging van grondwater tegen te gaan.

Nulemissie blijkt in de praktijk onmogelijk, beter is om minimale concentraties te noemen. Het zou beleidsmatig beter zijn stoffen te weigeren, tenzij dat aangetoond is dat deze stoffen, of hun eventuele schadelijke afbraakprodukten, niet in het grondwater kunnen doordringen.

2.1.5. Regionale waterhuishouding

- a. *Bij regionale waterkwaliteitsstudies is meer kennis vereist van de lokaal voorkomende variaties in de geohydrologische gesteldheid dan bij de meer kwantitatief gerichte geohydrologie gebruikelijk is. Regionaal waterkwaliteitsonderzoek vergt meer in detail gaande onderzoekstechnieken.*
- b. *Van de Veluwe en de Gelderse Achterhoek is nog onvoldoende informatie beschikbaar over geologie en hydrologie om als basis te kunnen dienen voor een verantwoord beheer van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater.*
- c. *Via oppervlakte-afvoer kan onder bepaalde omstandigheden een belangrijke hoeveelheid neerslag direct naar het open water worden afgevoerd. Over de kwantitatieve betekenis voor de Veluwe en Achterhoek is nog onvoldoende informatie beschikbaar.*
- d. *Isotopenhydrologisch onderzoek heeft slechts zin binnen een regionaal onderzoekskader waarin gelijktijdig voldoende kwantitatief hydrologisch en klassiek kwalitatief hydrochemisch onderzoek wordt verricht.*

Discussie

In Nederland is nog weinig bekend van de regionale koolstofchemie van het water. In de V.S. is meer bekend en er zijn o.a. modellen om vast te stellen wat er gebeurt met de anorganische koolstof bij stroming van water door een pakket. Ook andere stoffen worden bekeken o.a. calcium en magnesium.

Bepaling van isotopen geeft veel inzicht in geohydrologie, verplaatsing, stroming en ouderdom.

Bij tritiumanalyses is het niet altijd nodig om veel van de chemie te weten. Over tien jaar kan men waarschijnlijk in mindere mate gebruik maken van tritiumonderzoek, daar de tritumpiek van 1963 door radio-actief verval dan minder goed 'zichtbaar' is te maken. Er dient gezocht te worden naar vervangende methoden voor tritium.

RUG en DGV-TNO hebben een archivering opgezet van analyses van het Nederlandse grondwater, wat betreft isotopen.

Er is een klapper waarin opgenomen stafkaarten (1 : 50.000) waarop de putten, waarvoor isotopen analyses beschikbaar zijn, staan aangegeven plus een beschrijving van de putten.

Deze gegevens zijn voor een ieder beschikbaar. Sommige gegevens mogen nog niet worden gepubliceerd, daar het totale onderzoek nog niet is afgerond. Opname in het RID-bestand is zinvol. De gegevens die het RID heeft over grondwaterkwaliteit zijn openbaar.

Het verdient aanbeveling meetresultaten van Ca en Mg afzonderlijk weer te geven. Bij beschouwing van oude waarden wordt met hardheid gewerkt.

In het algemeen dienen meetresultaten te worden uitgedrukt op molaire basis.

Met isotopenonderzoek is het wel mogelijk losse vragen te beantwoorden, maar uit oogpunt van efficiëntie zijn toegespitste probleemstellingen nodig. Resultaten van onderzoek zullen beter zijn, indien men een beter inzicht heeft in het hydrologisch aspect en wanneer onderzoek geschiedt binnen een bepaald kader, waarin het isotopenonderzoek is opgenomen. Toch dient men zich weer niet te beperken tot systemen waar hydrologisch al veel van bekend is, daar dit anders een beperking is van het onderzoek.

2.1.6. Matrices (ZIE 3.2.)

Op grond van de invulling der matrices door de verschillende instituten en instellingen, kunnen voor Veluwe en Achterhoek de volgende globale conclusies worden getrokken:

a. *Instituten/Instellingen*

Vanuit alle genoemde belangengroepen heeft men zich wel op een of andere manier beziggehouden met de waterkwaliteit van Veluwe en Achterhoek. Aan regenwateronderzoek is de minste aandacht besteed. Het aantal belangengroepen dat zich heeft beziggehouden met onderzoek in één van de onderscheiden hydrologische deelsystemen neemt toe volgens: onverzadigde zone, oppervlaktewater, grondwater.

b. *Bronnen*

In de regio's Veluwe en Achterhoek is bij het onderzoek geen of vrijwel geen aandacht besteed aan de volgende bronnen of activiteiten:

- opslag en transport*
- civieltechnische werken*
- bestrijdingsmiddelen*
- luchtverontreiniging*

c. *Stoffen*

Ten aanzien van de geanalyseerde stoffen in oppervlaktewater, onverzadigde zone en grondwater is in de regio's Veluwe en Achterhoek geen onderzoek gedaan naar:

- aardoliederivaten*
- bestrijdingsmiddelen*
- bacteriën en virussen*

d. *Processen*

Processen die bij waterkwaliteitsonderzoek op de Veluwe en in de Achterhoek niet zijn onderzocht zijn:

- isotopenonderzoek voor oppervlaktewater*
- biochemische processen in de onverzadigde zone*

Discussie

Uit de matrices blijkt wat er tot dusver door de verschillende instituten/instellingen is verricht en ook wat nog niet is verricht. Zo is in Gelderland nog weinig onderzoek gedaan naar b.v. opslag/transport en aardolie-derivaten.

Wel wordt er onderzoek gedaan door de volgende instituten op het gebied van olieverontreiniging: IMG-TNO, RID, KIWA en ICW.

Het ICW tracht na te gaan wat er gebeurt met de olie in de grond als het niet meer kan worden afgegraven. In hoeverre er afbraak optreedt en wat er gebeurt met de afbraakprodukten. In de onverzadigde zone en ook in de verzadigde zone wordt de olie maar langzaam afgebroken, mede omdat de zuurstof door de poriën maar langzaam kan worden aangevoerd. Er treedt wel oxydatie op, maar dit leidt slechts tot een partiële afbraak. Olie en benzine kunnen wat dit onderzoek betreft, niet over één kam worden geschoren. Benzine bevat, naast aromaten, ook stabilisatoren, waardoor de afbraak verschilt met die van olie. Ieder jaar worden door de oliemaatschappijen statistieken uitgegeven waarin de verliezen worden weergegeven in procenten van de totale omzet aan olie.

Grootste problemen op het gebied van olieverontreiniging geven echter de kleine lekkages, die in eerste instantie niet worden opgemerkt, maar waar pas wat van wordt gemerkt als het te laat is.

Grondwaterwinbedrijven zijn in de regel eenvoudig van opzet en zodoende niet in staat het water van olieprodukten te zuiveren. Het is natuurlijk geen gezonde zaak dat grondwater eventueel op olie gezuiverd moet worden.

Het COOW (Contactcentrum Olie-industrie Openbare Watervoorziening) heeft een groot olie-onderzoek in Katwijk in lysimeters. Er ligt daar een schat aan gegevens, die door gebrek aan mankracht, nog niet zijn uitgewerkt.

2.2. ALGEMENE STELLINGEN

2.2.1. Procesgericht onderzoek

- a. *Er bestaat thans binnen het onderzoek een onevenredig grote belangstelling voor chemisch betrekkelijk conservatieve processen zoals dispersie en diffusie. Dit is niet noodzakelijk gelet op het door detailonderzoek vastgestelde bestaan van vrij scherpe grenzen tussen grondwater met verschillende kwaliteiten in systemen die niet zijn beïnvloed door sterk wisselende winningen.*
- b. *De omzettingen van stoffen in grondwaterstromingsstelsels verdient meer aandacht dan ze thans krijgen.*

Discussie

Na onderlinge discussie wordt bovenstaande stelling a gewijzigd in:

- a. Er bestaat thans binnen het onderzoek een onevenredige grote belangstelling voor betrekkelijk conservatieve processen, zoals dispersie en diffusie in de verzadigde zone. Dit is in deze mate niet noodzakelijk, gelet op het door detailonderzoek vastgestelde bestaan van vrij scherpe grenzen tussen grondwater met verschillende kwaliteiten in systemen die niet zijn beïnvloed door sterk wisselende winningen.

Zowel de chemische als de biologische processen in de bodem verdienen meer aandacht. Een koppeling tussen de kwantitatieve en kwalitatieve hydrologie dient plaats te vinden. Op het gebied van waterkwaliteit van grondwater bestaat geen coördinerende instelling. De vraag is of de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek zich meer moet gaan bezighouden met de kwalitatieve hydrologie. Dit behoeft dan niet te geschieden in strakke structuren, maar door het in contact brengen van de onderzoekers onderling.

Zowel het RID als het ICW doen vuilstortonderzoek. Onderlinge samenwerking is niet gestructureerd, hoewel er wel sprake is van formele contacten en contacten op werkniveau.

Voor wat betreft het kolomonderzoek van het RID, is een begeleidingscommissie ingesteld, waarin alle instituten op het

gebied van kolomonderzoek zijn vertegenwoordigd: IB, ICW, ITAL, LH en SVA. Wel is er sprake van differentiatie van het vuilstort-onderzoek; het ICW richt zich meer op wat er in de stort gebeurt, terwijl het RID meer de situatie bekijkt in het grondwater.

In het algemeen kan worden gesteld, dat de ontwikkeling in de hydrologie, van enkel kwantitatief naar meer kwalitatief, overeenstemt met de ontwikkeling die heeft plaatsgevonden bij meerdere instellingen en diensten (waaronder de waterleiding-bedrijven).

2.2.2. Bemonstering en analyse

De uitwisselbaarheid van analyseresultaten van chemisch onderzoek van regenwater en grondwater dient te worden verhoogd door de harmonisatie van bemonsteringsmethoden en analysetechnieken.

Discussie

Bij meting van de regenwaterkwaliteit is het de bedoeling de netwerken van de diverse instituten op elkaar te laten aansluiten. Tevens wordt getracht de bemonsterings- en analyse-methode van het RID, RIV en KNMI op één lijn te brengen (zie ook punt 2.1.1.).

De Contactgroep Archivering en Automatische verwerking van hydrologische gegevens (CAA) tracht o.a. een centraal zoekarchief in te stellen; dat houdt in dat op één punt informatie is te verkrijgen over wat er totaal aan gegevens beschikbaar is. Voor nadere informatie wordt dan doorverwezen naar het desbetreffend beherend archief. Gegevens die in het zoekarchief zijn verzameld: Lengte van een reeks. Frekwentie van waarnemen. Het beherend archief. Enz.

Het is wellicht raadzaam als ook de regenwaterkwaliteitsmetingen in dit zoekarchief worden opgenomen.

Momenteel krijgt het CBS van het RID en KNMI(-RIV) gegevens van regenwaterkwaliteit van 20 van de totaal 58 punten verspreid over Nederland.

Deze 20 punten zijn voor milieumetingen geselecteerd voor de Coördinatie Commissie Radioactiviteitsmetingen en Xenobiotisch onderzoek (CCRX). Deze commissie is samengesteld uit leden van de Ministeries van Landbouw en Visserij; Verkeer en Waterstaat; Volksgezondheid en Milieuhygiëne; Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk; RIZA, KNMI. Deze milieugegevens zijn toegankelijk.

De ISO (internationale organisatie voor normalisatie) gaat, naast de Commissie Luchtkwaliteit en de Commissie Waterkwaliteit, een Commissie Grondkwaliteit instellen; ook Nederland gaat hieraan meedoen.

Gebleken is dat op het gebied van grondonderzoek nog weinig nationale normen bestaan. In Duitsland zijn er wel vele normen, gebaseerd op verregaande schematisatie.

Er bestaat echter verschil van mening of tot een dergelijke benadering moet worden overgegaan. (zie ook punt 2.2.3.).

Wel tracht het NNI met de instituten dit onderzoek te structureren en coördineren.

2.2.3. K o l o m o n d e r z o e k

Uit een oogpunt van overdraagbaarheid van onderzoeksresultaten verdient het aanbeveling te komen tot een selectie van standaardgronden die bij voorkeur zou moeten worden gebruikt voor de bestudering van processen via kolomonderzoek.

Discussie

Er zijn legio gronden en er komen grote variaties voor. Onderzoek blijft nodig dat gericht is op een speciale situatie. Toch zal een selectie van standaardgronden de uitwisselbaarheid verhogen en de snelheid, waarmee tot resultaten wordt gekomen, vergroten. Dit b.v. bij onderzoek wat van start gaat over organische stof of pesticiden e.d.

Daar de veldvariabiliteit groot is, zal men een kolom dienen te nemen op een plaats die min of meer een representatief beeld geeft. Met behulp van structuurbeschrijvingen kunnen dan enigszins de variaties binnen dat veld worden aangegeven. Vaak zijn er grote verschillen tussen kolommen in laboratorium en in situ. Onderscheid kan worden gemaakt tussen ongestoorde profielen en geroerde grond. Daar de beweging van water in ongestoorde gronden onderling sterk verschilt, dient ook de kolomgrootte aan iedere grondsoort te worden aangepast.

Veel kolomstudies zijn procesmatig gericht en zijn daardoor qua opzet onvoldoende gekoppeld aan de veldinterpretaties.

Veel onderzoek moet nog geschieden naar dispersie en diffusie in de onverzadigde zone, daar vele gronden zich niet ideaal gedragen.

De Stiboka is gedurende 25 jaar bezig met de inventarisatie van de gronden in Nederland. Het duurt nog 10 jaar, dan zijn de kaarten voor geheel Nederland gereed (schaal 1 : 50.000). Deze bron van een paar honderd profielen, kan dienen voor het uitkiezen van standaardprofielen.

2.2.4. Modellen

- a. *Er dient een groep in het leven te worden geroepen die zich bezig gaat houden met de bouw en toepassing van grondwaterkwaliteitsmodellen.*
- b. *Grondwaterkwaliteitsmodellen dienen rekening te houden met de per regionaal systeem soms sterk wisselende randvoorwaarden.*

Discussie

In 1979 is door de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek de Contactgroep Grondwater Modellen (CGM) ingesteld. Deze contactgroep, bestaande uit bouwers en gebruikers van kwantitatieve modellen, acht het zinvol dat er een groep grondwaterkwaliteitsmodellen wordt ingesteld.

Combinatie van kwalitatieve en kwantitatieve modellen is belangrijk om over en weer parameters voor deze modellen te vinden. De chemie is b.v. te gebruiken als verblijftijdsparemeter voor het grondwater. Er is dus een wisselwerking: er is behoefte aan een kwantiteitsmodel dat verblijftijden berekent, mede op grond waarvan de chemische processen worden gekwantificeerd, waaruit de parameters volgen die weer in kwantiteitsmodellen worden gebruikt.

Veel modellen zijn nog zwak, wat betreft de fysische en chemische randvoorwaarden. Vaak zijn modellen ofwel te geschematiseerd en niet toepasbaar voor een bepaalde streek, ofwel te veel gebaseerd op laboratoriumonderzoek. Anderzijds dreigt het gevaar dat koppeling van de kwalitatieve en kwantitatieve modellen leidt tot te grote en onhandelbare modellen. Deze zijn in het algemeen niet goed bruikbaar voor beheers- en beleidsinstanties. Een mogelijkheid is dan om de algemene kwantitatieve modellen meer te koppelen aan de regio's en dan te kijken welke chemische problemen juist daar een rol spelen.

Dan wordt vanaf het begin gewerkt vanuit de regio, met de daarbij behorende problemen. Dit is waarschijnlijk aantrekkelijker voor de beheers- en beleidsinstanties en leidt sneller tot resultaten.

Wat betreft een aparte groep grondwaterkwaliteitsmodellen, wordt voorgesteld dat er een inventarisatieronde gaat plaatsvinden. Tijdens deze inventarisatie dient te worden nagegaan of de groep zelf modellen gaat ontwikkelen, of dat de groep kijkt wat er beschikbaar is aan modellen en waar behoefte aan is.

2.2.5. Regionaal onderzoek

Voor regionaal grondwaterkwaliteitsonderzoek is een geïntegreerde onderzoeksbenadering waarbij meerdere disciplines samenwerken onontbeerlijk. Laboratoriumstudies dienen hiervan onderdeel uit te maken.

Discussie

Voor beheer en beleid is er nu in Gelderland een aantal modellen beschikbaar. Het zou wenselijk zijn, dat iets dergelijks ook voor andere regio's plaats zou vinden. In deze regio's spelen andere problemen en er is ook een heel verschillend kennisniveau.

Grote sommen gelds zijn voor dit onderzoek niet beschikbaar. Toch is dergelijk onderzoek mogelijk, indien de diverse instellingen zich vrijwillig concentreren op min of meer typische (= representatieve) gebieden. Deze vrijwillige samenwerking biedt ook het voordeel van informatie-uitwisseling. Voor de CHO is hier eventueel een taak om suggesties te doen in welke gebieden in de komende jaren dit 'geconcentreerde' onderzoek dient plaats te vinden. Vervolgens kan dan een 'denk'groep worden ingesteld, die bekijkt wat de problemen in zo'n streek zijn, wat de prioriteiten daar zijn en wat er stap voor stap gedaan dient te worden (flow-chart). Afhankelijk van wat er al is gedaan (zie matrices), kan het aanvullend onderzoek worden gestimuleerd door CHO-TNO.

Gebieden die voor een dergelijk onderzoek in aanmerking komen, dienen aan de volgende selectiecriteria te voldoen:

- onbekendheid van het systeem
- belangentegenstellingen
- aanwezige kennis
- representativiteit.

Zie tevens bijlage blz. 29 "Een hydrologische indeling van Nederland".

De volgende gebieden bezitten specifieke kenmerken:

- Zuid-Limburg

- . geologische opbouw (weinig kennis van het systeem en van verblijftijden)
- . landschapsbouw (beheer) (ontgrondingen, grind- en mergelwinning)
- . uitwerking mijnsluiting op grondwater
- . rol onverzadigde zone in hellende gebieden.

- Oost-Brabant

- . dekzandlandschap
- . belangentegenstelling: natuurbeheer ↔ drinkwatervoorziening
↙ ↘
intensieve landbouw
- . relatief weinig industrie

- Noord-Holland

- . veen-klei-landschap (poldergebied)
- . grote belangen (industriële activiteit, landbouw, bevolkingsdichtheid)
- . zoet ↔ zout problematiek (inclusief dispersie, diffusie)
- . een uitgebreid inventariserend ICW-onderzoek is bijna afgelopen.

In verband met de economische situatie is uitgebreid nieuw onderzoek niet meer mogelijk. In principe zijn wel fondsen beschikbaar in het kader van de voorbereiding van de Wet op de Bodembescherming. Voor het beleid is belangrijk wat er op de bodem gebeurt en hoe diep bepaalde effecten in de bodem doorwerken. Een systeembenadering is daarom belangrijk, om inzicht te krijgen omtrent de effecten op de diverse onderdelen van het systeem.

Binnenkort komt het rapport uit over bescherming waterwin-gebieden. Vanuit die optiek is het ook interessant in Zuid-Limburg onderzoek uit te voeren, daar de stroming van grondwater door carbonaatgesteenten een zeer complex geheel is. Er is nog weinig bekend over kwaliteitsbeïnvloeding in dit gebied.

2.2.6. Waarnemingsnet grondwater

Optimale bemonsteringsprogramma's en waarnemingsnetten voor de grondwaterkwaliteit kunnen slechts op basis van een analyse van regionale grondwaterstromingssystemen worden opgezet. Ze zullen daardoor per regio sterk verschillen afhankelijk van het betreffende systeem en de op te lossen probleemstelling.

Discussie

De gehele vergadering onderschrijft deze stelling.

3. BIJLAGEN

3.1. SCHRIFTELIJKE BIJDRAGEN VOOR DE WORKSHOP

"WATERKWALITEIT IN GRONDWATERSTROMINGSSTELSELS"

3.1.1. Algemeen

Aan een aantal deelnemers van de Workshop is door de voorbereidingsgroep een verzoek gericht om een discussiestuk te leveren van enkele bladzijden over een bepaald onderwerp. Dit verzoek heeft geresulteerd in vijftien bijdragen.

Opgemerkt dient nog te worden, dat deze bijdragen dienen voor de discussie en niet als 'eindresultaat' van bepaald onderzoek.

3.1.2. Samenvatting van de inleiding, te houden op 2 april 1980

Drs. E. Romijn, P.W. Gelderland

1. Het doel van de Workshop is om de waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels systeemanalytisch te benaderen. Een systeemanalytische benadering houdt in dat het probleem in stukjes wordt gehakt, ieder stukje zonodig nader wordt bestudeerd, waarna de relaties tussen de stukjes worden vastgesteld om hiermee tot een synthese te komen.
Afgesproken is om de ervaringen die opgedaan zijn op de Veluwe en in de Achterhoek centraal te stellen.
2. Bij een systeembeschrijving ligt het voor de hand om te beginnen met het meest "starre" deel van het systeem, het deel dat het minst is te beïnvloeden of het minst uit zich zelf verandert. Het betreft hier de geohydrologische opbouw en het regionale grondwaterstromingspatroon. Wij zijn gewend om het laatste als een deel van de hydrologische kringloop te zien.
3. Het kwaliteitsaspect van (grond)water kan zeker ook gezien worden als een deel van "stofkringlopen". Voor ieder kenmerk (element, ion, chemisch complex etc.) zou moeten worden nagegaan hoe het in het grondwaterstromingsstelsel terecht komt, hoe het meegevoerd wordt, verandert en weer uit het stelsel verdwijnt. Hierbij spelen weer andere "kringlopen" een rol: ecologische, economische enz. Het fundamentele probleem is dat deze "kringlopen" meestal niet stationair zijn: er treden stagnaties, accumulaties, versnellingen e.d. op.
4. In een eerste benadering van het probleem zal men trachten de in- en uitvoer van een deelsysteem kwantitatief vast te stellen (opstellen van een "balans"). Hiertoe lenen zich in Gelderland vooral de stroomgebieden van een beek (zie onderzoek Barneveldse Beek). Ook het Veluwe massief is een geschikte eenheid voor onderzoek.
Indien gewild of ongewild bergingsveranderingen optreden (b.v. uitputting van waterhoeveelheden, accumulatie van afvalstoffen) zal men het mechanisme hiervan willen kennen om voorspellingen te kunnen doen, bijvoorbeeld m.b.t. nevenverschijnselen der accumulaties die al dan niet gewenst kunnen zijn.
5. Deze mechanismen zal men of in het veld of in het laboratorium onderzoeken. Te denken valt aan de invloed van bemesting op de grondwaterkwaliteit, de processen in en om een vuilstort, de chemisch-biologische

omzetting van bestrijdingsmiddelen.

Om voorspellingen te doen moet men deze mechanismen (processen) kunnen kwantificeren of met een "mode"woord, in "model" kunnen brengen.

Alhoewel zo'n model in principe meestal wel is op te stellen, zijn de modelparameters blijkbaar nog onvoldoende bekend om er mee te kunnen werken.

3.1.3. HYDROLOGISCHE INDELING VAN NEDERLAND

- Een regionale, systeemanalytische benadering -

Prof. dr. G.B. Engelen

Vakgroep Hydrologie en Geografische Hydrologie

Instituut voor Aardwetenschappen, Vrije Universiteit Amsterdam

Nederland kan op grond van karakteristieke combinaties van hierna te bespreken componenten verdeeld worden door middel van een hydrologische hoofdingeling in vier gordels, waarbinnen vijftien regionale hydrologische systemen c.q. landschappen. Binnen ieder regionaal hydrologisch systeem - dat in uitwisseling met de omgevende systemen staat - is nog een verdere hiërarchische onderverdeling mogelijk in subregionale en lokale systemen. Watervoorziening voor landbouw, industrie en huishoudelijk gebruik en haar relatie met milieuproblemen zijn vaak heel verschillend per regionaal hydrologisch systeem en kunnen via relatieschema's overzichtelijk gemaakt worden.

De zeer complexe hydrologische en waterhuishoudkundige toestand van Nederland kan met behulp van een regionale, systeemanalytische benadering beter inzichtelijk gemaakt worden.

De belangrijkste componenten die een indeling van Nederland in hydrologische zones en regionale systemen/landschappen bepalen zijn:

- 1) de geologische opbouw van de ondergrond en de hoogteligging ten opzichte van Normaal Amsterdams Peil;
- 2) de bemaling van de laag gelegen westelijke gebieden en de vrije afstroming en/of peilbeheersingen in de hogere oostelijke gebieden;
- 3) de doorspoeling van Nederland met water uit het Rijn/Maas-systeem en kleinere grensoverschrijdende rivieren;
- 4) beïnvloeding van oppervlaktewater door zout en brak water via opkwellen uit de ondergrond en binnendringen vanuit zee;
- 5) de onttrekkingen aan en lozingen in de hydrologische systemen.

Nederland kan op grond van karakteristieke combinaties van bovengenoemde componenten in vier hydrologische hoofdzones of -gordels worden verdeeld. Deze vier zones zijn achtereenvolgens van zuidoost naar noordwest (zie kaart, figuur 1):

- A) de hogere, vrij afwaterende gebieden met vaste, zeer oude gesteenten (Tertiair/Mesozoicum) aan of nabij het oppervlak in het zuiden en zuidoosten;
- B) de hogere, voornamelijk vrij afwaterende gebieden met oudere, voornamelijk lemige en zandige afzettingen uit het Pleistoceen aan de oppervlakte;
- C) de lage, bemalen gebieden met jongere, voornamelijk kleiige en venige afzettingen uit het Holocene aan de oppervlakte;
- D) de hogere, vrij afwaterende duingordel met jonge Holocene zandige afzettingen aan de oppervlakte.

De vier hydrologische hoofdzones kunnen voorts worden onderverdeeld in 15 regionale hydrologische systemen c.q. landschappen:

Zone A

- A-1 : Zuidlimburgs löss/Krijtlandschap
- A-2 : Winterswijkse plateaulandschap

Zone B

- B-1 : Westbrabants dekzandlandschap
- B-2 : Oostbrabants dekzandlandschap
- B-3 : Veluws-Achterhoeks-Twents-Oostgronings dekzandlandschap
- B-4 : Drente (keileem-)plateaulandschap
- B-5 : Stuwwallenlandschap (Veluwe, Nijmeegse heuvels, Montferland, Overijsselse stuwwallen)

Overgangszone B/C

- B/C : Grote-rivierenlandschap

Zone C

- C-1 : Zeeuws-Zuidhollands kleilandschap
- C-2 : Centraal Westnederlandse, Friese en Groningse veen-(klei)landschappen
- C-3 : Friese, Groningse en Noordhollandse klei-(veen)landschappen
- C-4 : IJsselmeerpolderlandschap

Zone D

- D-1 : Duinkoppenlandschap van de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden
- D-2 : Noord-Zuidhollands duinlandschap
- D-3 : Waddeneilandenlandschap

Binnen ieder regionaal hydrologisch systeem - dat in uitwisseling met de omgevende systemen staat - worden in een hoofddriedeling vervolgens hydrologische subsystemen onderscheiden (zie algemeen schema, figuur 2): invoersubsystemen, een ondergronds-water-subsysteem en oppervlakte-water-uitvoersubsystemen. Deze kunnen elk op hun beurt hiërarchisch weer onderverdeeld worden en zijn via een uiterst ingewikkeld netwerk van uitwisselingen met elkaar verbonden.

Binnen een bepaald regionaal hydrologisch systeem behoeven niet alle in figuur 2 aangegeven elementen aanwezig te zijn. Ieder regionaal hydrologisch systeem kan op grond van de voor dat systeem unieke combinatie van hydrologische systeemelementen en patroon van onderlinge relaties beschreven, gekwantificeerd en gedocumenteerd, diepergaand bestudeerd en van andere regionale systemen onderscheiden worden.

Watervoorziening van landbouw, industrie en huishoudelijk gebruik en haar relatie met milieuproblemen kunnen via relatieschema's overzichtelijk gemaakt worden. Figuur 3 geeft de relatie tussen de systeemelementen van een regionaal hydrologisch systeem (bijvoorbeeld sloten, kanalen, grondwatervoerende pakketten en dergelijke) en de verschillende soorten watervoorziening weer. De plaats van milieubelastingsbronnen binnen het regionaal hydrologisch systeem en hun onderlinge verbondenheid via het relatienetwerk zijn aangegeven in figuur 4.

In figuur 5 wordt een voorbeeld gegeven van de loopbaan van waterdeeltjes van verschillende herkomst, zoals ze zich door de verschillende hydrologische systemen bewegen tot hun samenkomst aan de uitgang van het systeem. Figuur 5 geeft als voorbeeld van het systeemkader "Drie druppels in een notedop" aan de hand van de chemische lotgevallen en reistijden van drie druppels water uit het Noord-Hollands Kanaal aan hoe dit kan worden beschreven.

De waarde van een regionale, systeemanalytische benadering voor toekomstig onderzoek kan men als volgt samenvatten:

Ondanks de eeuwenlange waterhuishoudkundige traditie van Nederland en het zeer uitgebreide hydrologisch onderzoek is een volledige kwantificering voor de regionale hydrologische systemen door het vaak ontbreken of onvolledig bekend en beschikbaar zijn van kwaliteits- en kwantiteitsgegevens thans nog niet mogelijk. Een regionaal systeemanalytische benadering geeft echter wel de mogelijkheid om efficiënt kennis te inventariseren en prioriteiten te stellen voor noodzakelijke aanvullende onderzoekingen en metingen.

Het streven dient erop gericht te zijn voor ieder systeemelement de veranderingen in de tijd van in- en uitvoerhoeveelheden en de aard en grootte van de kwaliteitsveranderende fysische, chemische en biologische processen zo goed mogelijk te leren kennen en de relaties te kwantificeren. Op grond daarvan kunnen dan voorspellende en beheersmodellen worden opgesteld per hydrologisch subsysteem, per regionaal systeem en tenslotte voor alle regio's tezamen.

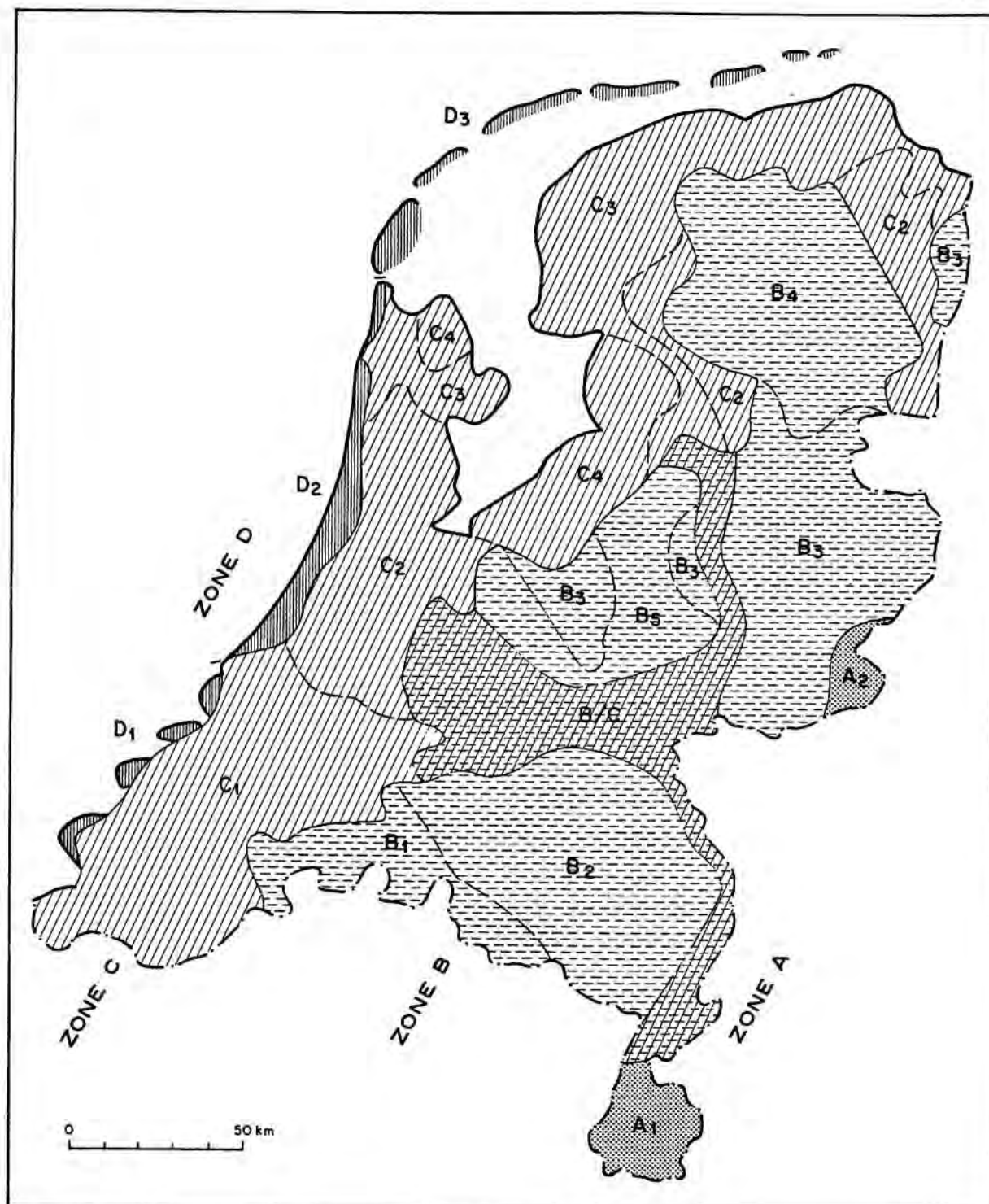
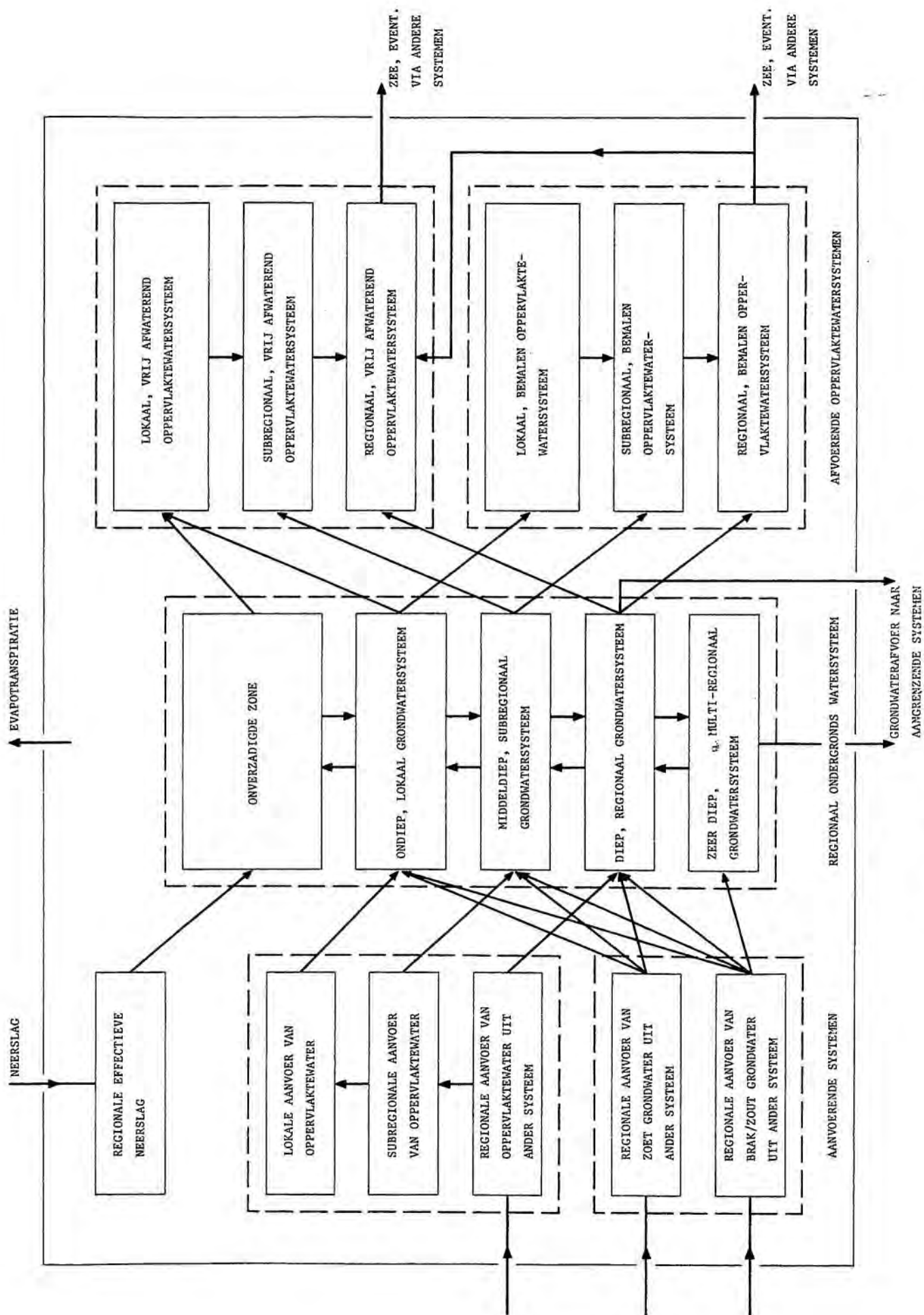
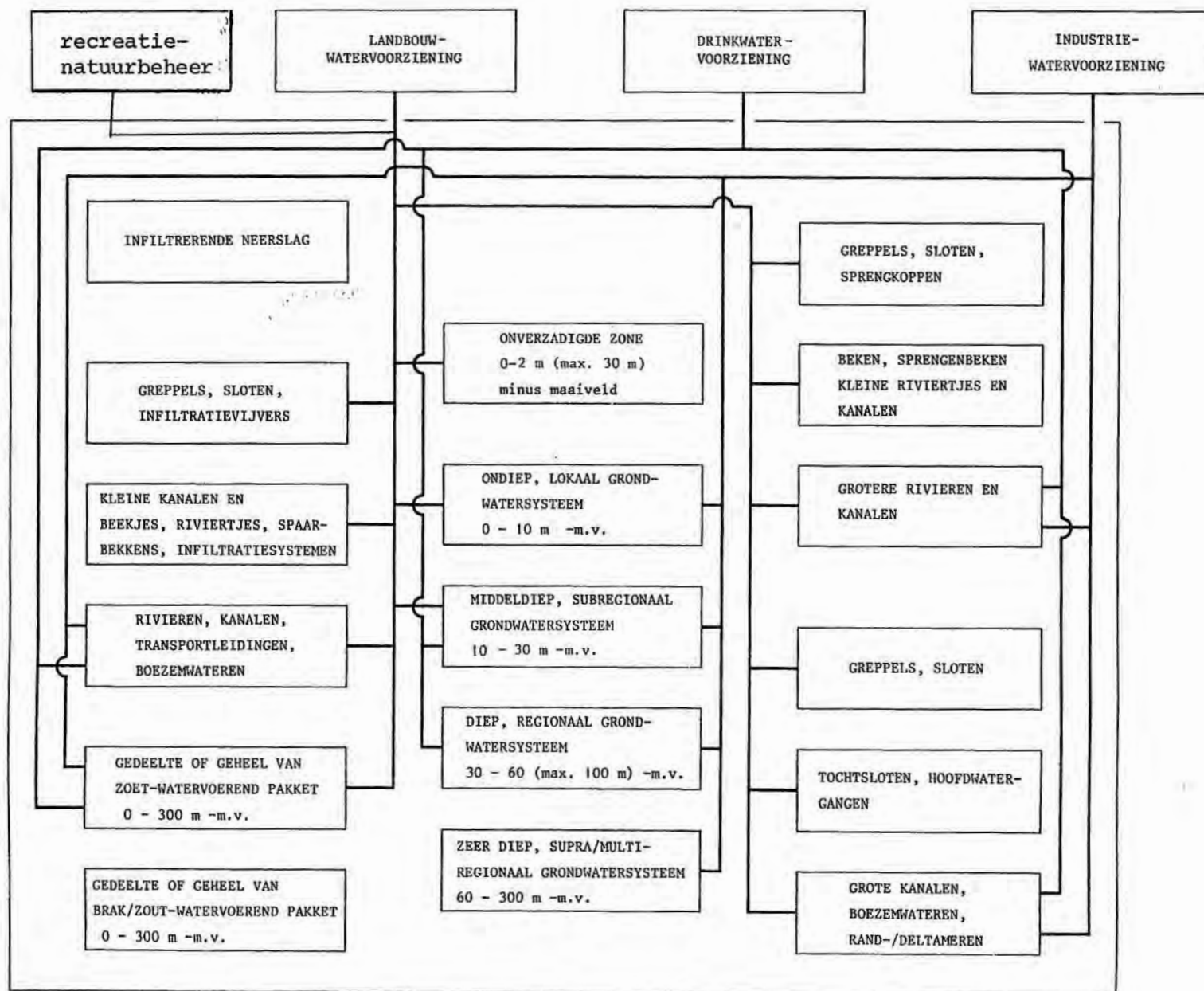


Fig.1 Een hydrologische indeling van Nederland

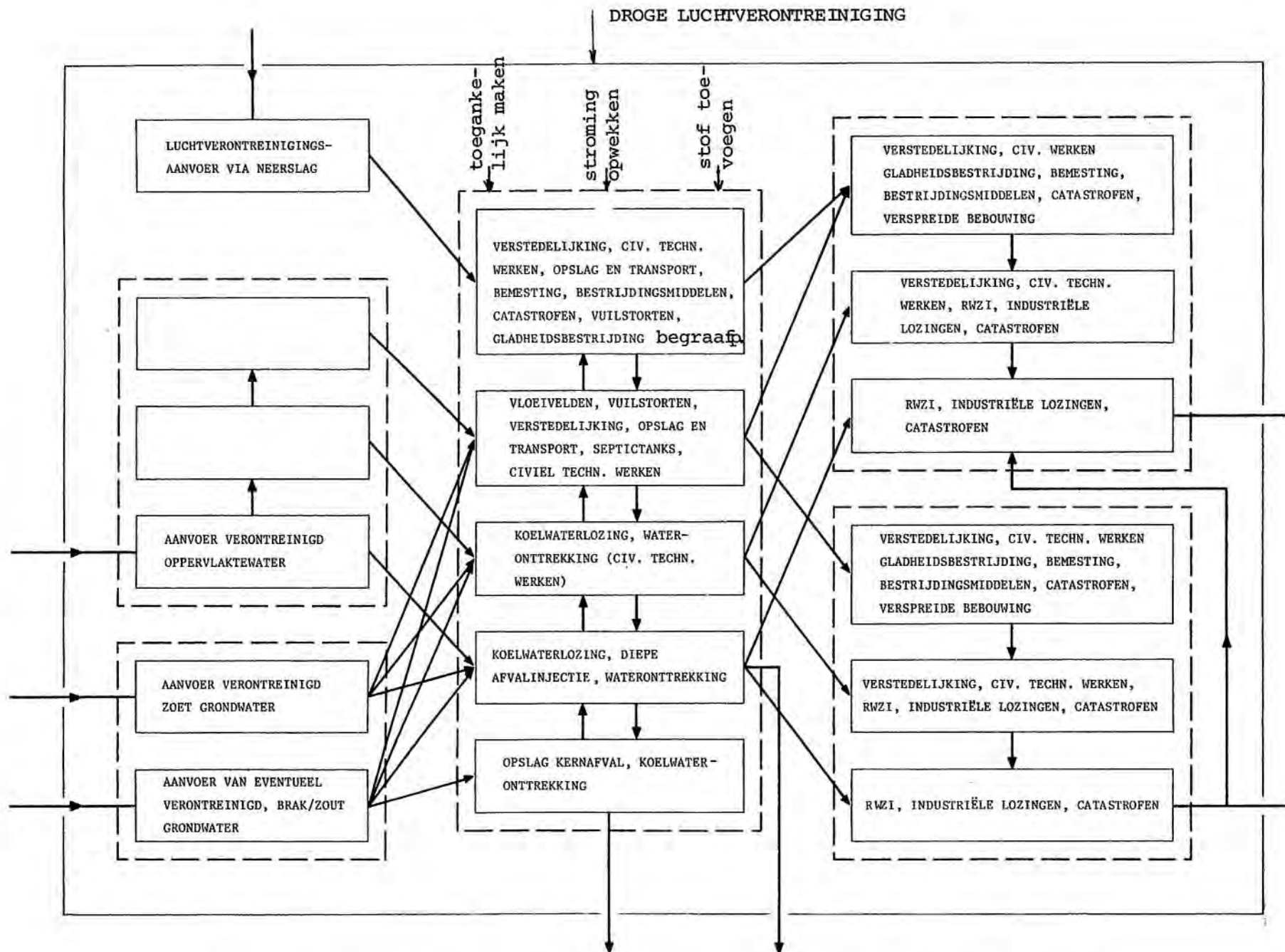


Figuur 2 ALGEMEEN RELATIESCHEMA VAN EEN REGIONAAL HYDROLOGISCH SYSTEEM

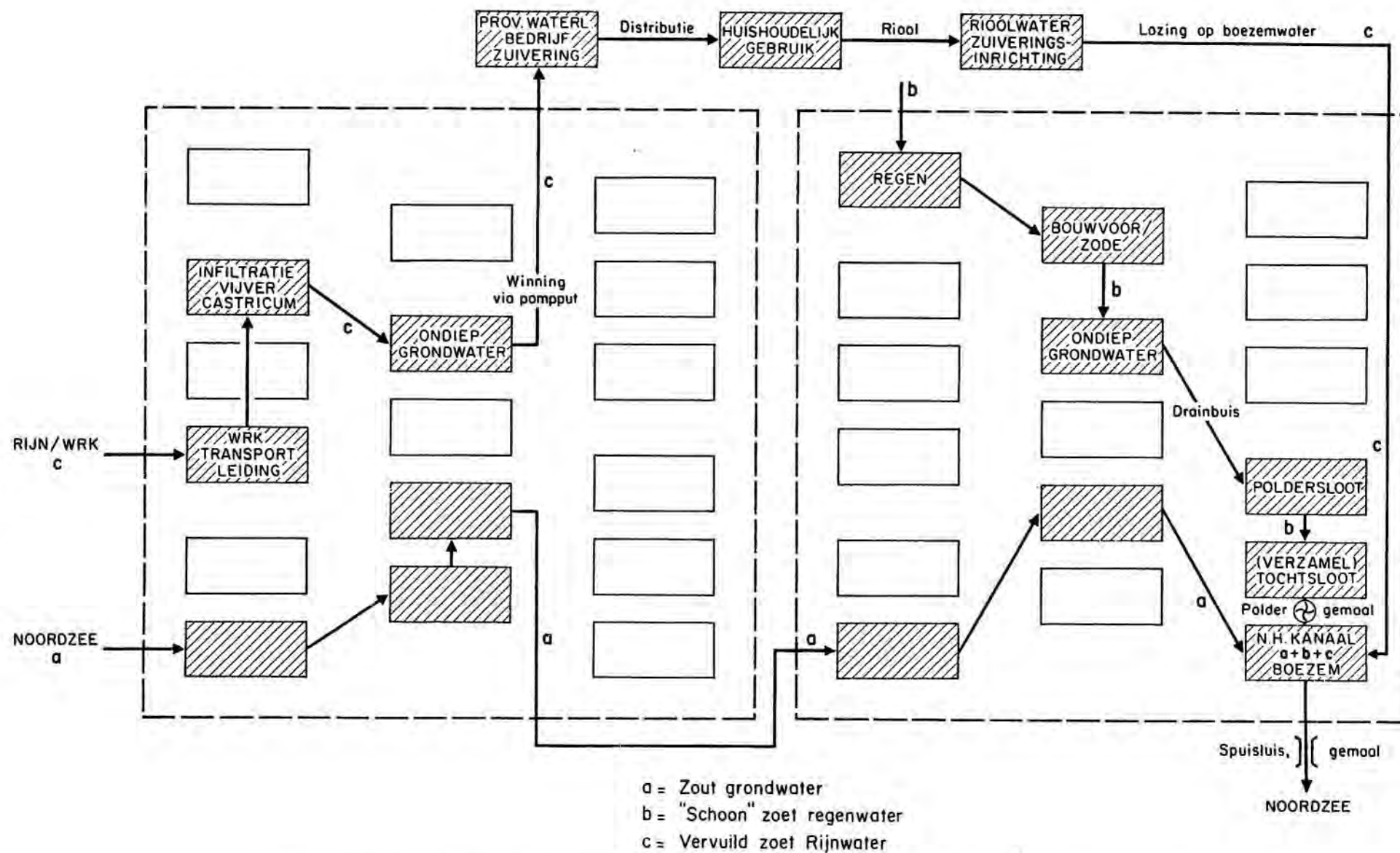


Figuur 3

WATERVOORZIENING IN EEN REGIONAAL HYDROLOGISCH SYSTEEM



Figuur 4 MILIEUBELASTINGSBRONNEN OF -ACTIVITEITEN IN HET RELATIESCHEMA VAN EEN REGIONAAL HYDROLOGISCH SYSTEEM (ZIE OOK FIGUUR 2)



REGIONAAL HYDROLOGISCH SYSTEEM
VAN DE NOORDHOLLANDSE DUINGORDEL

REGIONAAL HYDROLOGISCH SYSTEEM
VAN HET NOORDHOLLANDSE POLDERLAND

Fig. 5 Voorbeeld: "Drie druppels in een notedop"

H.F.R.Reijnders (RIV) en T.B. Ridder (KNMI)

1. Inleiding

Hydrometeoren (regenwater, sneeuw, hagel en ijzel) zijn een belangrijk onderdeel van de hydrologische kringloop. De chemische samenstelling van het regenwater kan hierdoor van invloed zijn op de samenstelling van het grondwater.

Het regenwater is voor het ecosysteem van belang in kwantitatief opzicht. De depositie dat wil zeggen de totale hoeveelheid van een stof die via het regenwater per oppervlakte-eenheid op de grond terecht komt, is afhankelijk van zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het regenwater. De kwantiteit wordt bepaald door de hoeveelheid neerslag. De kwaliteit door de concentratie aan opgeloste stoffen.

2. Meetnetten

Omstreeks 1970 verscheen in Zweden een rapport, waarin onder meer werd gewezen op de verzuring van het water in de bergmeertjes. Dit werd geweten aan de stoffen in de neerslag aangevoerd via afstandstransport van stoffen uit Oost- en West-Europa. Mede hierdoor ontstond in veel landen belangstelling voor de chemische samenstelling van de neerslag.

Hoe staat het nu met de Nederlandse situatie? Deze vraag is des te klemmender omdat Nederland een hoog geïndustrialiseerd land is, omringd door landen met hetzelfde of hoger industrieel ontwikkelingsniveau. Sedert 1957 liet het KNMI in het kader van het "European Atmospheric Chemistry Network" op een drietal plaatsen in Nederland de samenstelling van de neerslag bepalen. Daarnaast werden ook metingen gedaan door verschillende andere instanties maar dan op regionale schaal.

Op 1 januari 1978 werden de metingen in het kader van het KNMI/RIV-meetnet aangevangen. Maandmonsters worden op een twaalfstal punten verzameld. Het hoofddoel van dit meetnet is het onderzoek van de trend van verschillende componenten en de onderlinge samenhang tussen deze componenten. Los van deze ontwikkeling is in juli 1978 het VEWIN/RID-meetnet ontstaan. Dit meetnet omvat 26 punten. De bemonsteringsmethode wijkt op een aantal punten af van die welke in het KNMI/RIV-meetnet wordt gebruikt.

Het hoofddoel van dit meetnet is het bepalen van de depositie. Beide meetnetten zijn complementair. Bij goede vergelijkbaarheid van de analyse-resultaten kunnen de gegevens van beide meetnetten uitgewisseld worden

en voor het realiseren van de eigen doelstellingen worden gebruikt. In het kader hiervan worden vergelijkingsmetingen uitgevoerd. Een belangrijk neveneffect van de landelijke meetactiviteit is dat de vergelijkbaarheid van regionale meetnetten wordt verhoogd. Dit effect kan nog versterkt worden door ringonderzoeken. Het onderzoek naar juiste en reproduceerbare metingen is van groot belang. Ook binnen de stichting Energie Centrum Nederland (ECN) wordt hieraan grote aandacht geschonken. Het onderzoek omvat alle fasen tussen regenvangst en uiteindelijk analyseresultaat.

3. Depositie

Voor het onderzoek naar de invloed van de neerslag op het grondwater zal men veelal uitgaan van de depositie. Hierbij ontstaat een probleem. Bij het gebruik van open neerslagvangers wordt naast natte depositie tevens droge (samen totale) depositie opgevangen. In het algemeen wordt verondersteld dat het verloop van de natte depositie van plaats tot plaats geleidelijk verandert. De droge depositie daarentegen is sterk afhankelijk van de ruwheid van de bodem en kan over korte afstand sterk variëren. Als de droge depositie een klein deel uitmaakt van de totale depositie zal het verschil tussen natte en totale depositie gering zijn. Is dit niet het geval dan zal de meting van de totale neerslag vrijwel onuitvoerbaar zijn.

Naar het probleem van de droge depositie wordt op diverse plaatsen in Nederland onderzoek verricht. Uit de resultaten van dit onderzoek wordt de indruk verkregen dat de bijdrage van de droge depositie doorgaans gering is. In echt verontreinigde gebieden zijn, wat dit aangaat, nog geen metingen verricht. Het is reeds bekend dat zich grote stofemissies kunnen voordoen.

4. Verdeling over Nederland van de hoeveelheid neerslag, chloride, sulfaat en nitraat.

Gezien de beschikbare gegevens zijn isolijnenkaartjes gemaakt van:

- zomer 1978 van april tot en met september (blad 1, blz. 42)
- winter 1978/79 van oktober 1978 tot en met maart 1979 (blad 2, blz. 43)
- zomer 1979 van april tot en met september (blad 3, blz. 44)

In deze kaartjes zijn de waarden opgenomen van de twaalf posten van het KNMI/RIV-meetnet. Aan de hand van beschikbare resultaten van de meetnetten van IGM-TNO (Nieuwe Waterweg en Zeeland), Provinciale waterstaat Limburg en Provinciale Waterstaat Noord-Holland is voor zover mogelijk enige nadere detaillering in het isolijnenpatroon aangebracht. Van de RID-gegevens is geen gebruik gemaakt omdat deze nog niet volledig gepubliceerd zijn.

Voor wat de neerslag betreft geven de kaartjes 1, 2 en 3 naast de verdeling over het land, een indruk van de hoeveelheid neerslag per seizoen. Over het algemeen blijkt dat de orde van grootte gelijk is. Desgewenst kan, zoals reeds is aangegeven, de hoeveelheid neerslag gebruikt worden voor de berekening van depositie. Hierbij geldt dat:

$$\text{depositie (mg/m}^2\text{)} = \text{hoev. neersl. (mm)} \times \text{conc. (mg/l)}$$

Daar de concentratie van de meeste componenten in de neerslag van plaats tot plaats meer uiteen loopt, dan de hoeveelheid neerslag, hebben depositiekaartjes over het algemeen ongeveer hetzelfde patroon als de kaartjes van de concentratie.

De isolijnen bij chloride worden duidelijk beïnvloed door de zee. De verhouding van de concentratie langs de kust tot die langs de oostgrens bedraagt ongeveer een factor tien. Met een dicht meetnet is de invloed van de industrie op het chloridegehalte soms duidelijk waarneembaar. De waarden in het oosten van het land liggen in deze winterperiode twee maal zo hoog als in de genoemde zomerperiode zoals blijkt uit tabel 1.

tabel 1: geschatte gemiddelde chlorideconcentratie in mg/l per seizoen

	zomer 1978	winter 1978/1979	zomer 1979
Veluwe	2	3	1,5
Achterhoek	1	2	1

Uit de kaartjes met de gegevens van sulfaat wordt de indruk verkregen dat er sprake is van een drietal brongebieden:

- Oost-België met Limburg en Oost-Brabant
- West-België met Zeeland en Zuid- en Noord-Holland
- de zee

Door verstuiwing van zeewater (seaspray) komt naast chloride ook sulfaat in de neerslag terecht. Hiervoor kan gecorrigeerd worden door aan te nemen, dat al het chloride afkomstig is van zee. Voor industriegebieden is dit

uitgangspunt niet geheel juist. De genoemde correctie is op de gegeven resultaten niet toegepast. Desgewenst kan de correctie wel worden aangebracht door de sulfaatgegevens te verminderen met een bedrag gelijk aan 0,14 maal de chlorideconcentratie (0,14 is het verhoudingsgetal tussen de sulfaat- en de chlorideconcentratie in zeewater). Voor de Veluwe en de Achterhoek is deze correctie echter verwaarloosbaar. In tabel 2 is, om een indruk te geven van de sulfaatconcentratie de gemiddelde waarde per seizoen aangegeven.

Tabel 2: geschatte gemiddelde sulfaatconcentratie in mg/l per seizoen

	zomer 1978	winter 1978/79	zomer 1979
Veluwe	7	8	8
Achterhoek	7	8	8

Het isolijnenpatroon bij nitraat is veel vlakker dan bij de twee componenten. Dit geldt zowel in de zomer- als in de winterperiode. Bovendien valt op dat vooral in het zuiden in de zomer hogere waarden dan in de winter worden gemeten. In tabel 3 is weer de gemiddelde waarde per seizoen aangegeven.

Tabel 3: geschatte gemiddelde nitraatconcentratie in mg/l per seizoen

	zomer 1978	winter 1978/79	zomer 1979
Veluwe	4	3,5	5
Achterhoek	4,5	3,5	5

5. Problemen bij de bemonstering

Monsters kunnen worden verontreinigd door vogeluitwerpselen. Getracht kan worden dit te voorkomen door vogels te weren en de regenvanger te voorzien van een vogelring.

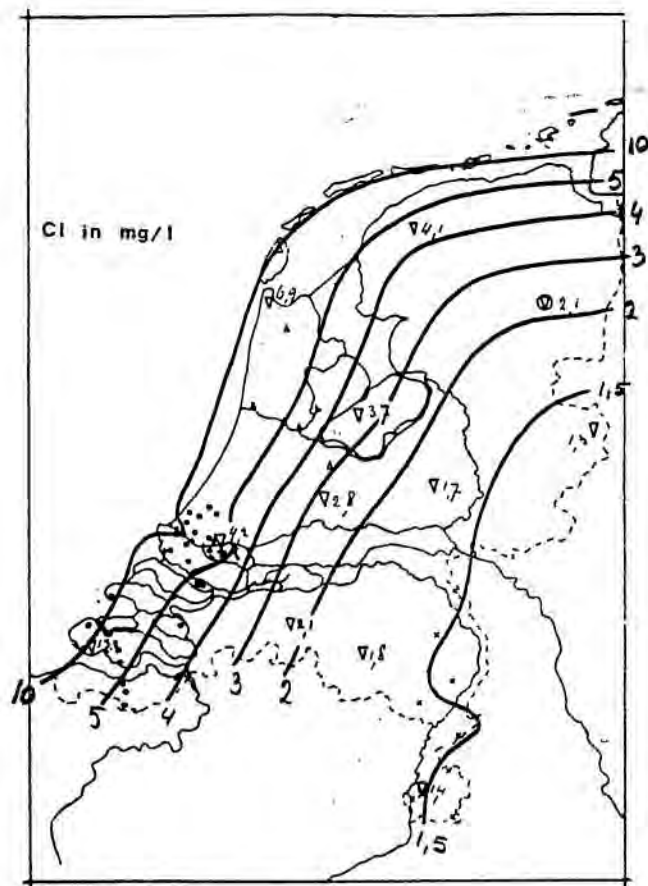
Bij langere bemonsteringsperioden wordt tevens last ondervonden van insecten. Deze zijn te weren door in de steel van de opvangtrechter een inert filter met grote maasbreedte op te nemen. Daarnaast kan ook algen- en bacteriëngroei in het monster optreden. Door het zonlicht te weren is het probleem van algengroei te vermijden. Bacteriëngroei is moeilijker te voorkomen. Bewaren van het monster bij 4 graden Celcius kan hierbij een uitkomst zijn.

Daar de concentraties in regenwater relatief laag zijn, is de kans op contaminatie groot. Een zweetdruppeltje heeft al bijzonder grote invloed op de samenstelling van het monster. Vooral in het veld is de kans op contaminatie zeer voorstelbaar. Maar ook in het laboratorium kan het monster worden gecontamineerd. De laboratoriumatmosfeer is vaak bezoedeld met stoffen die de samenstelling van het monster na interactie doet veranderen. Een sprekend voorbeeld in dit opzicht is ammonium.

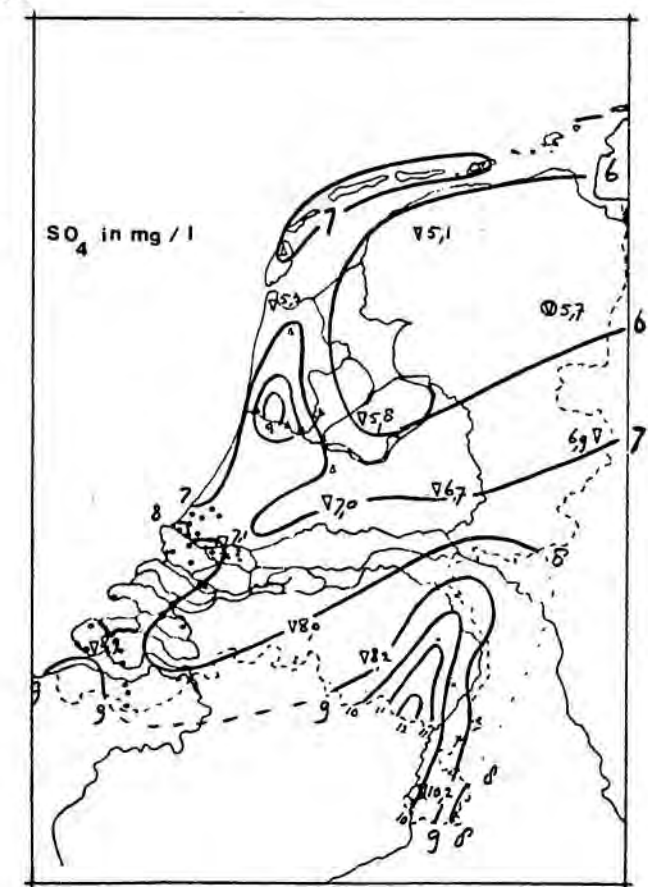
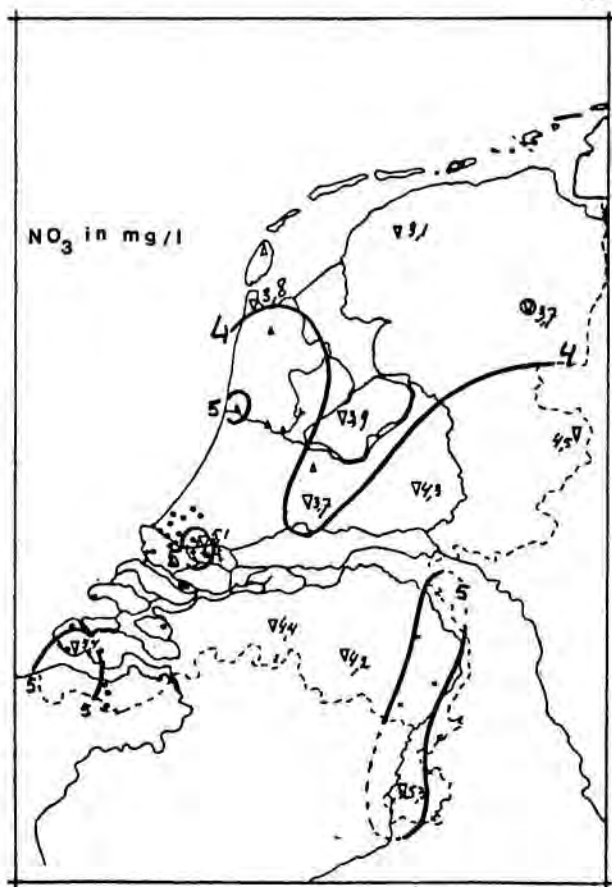
De chemische analyse zelf kan eveneens moeilijkheden veroorzaken. Voornamelijk het gebruik van verschillende methoden in de diverse laboratoria vermindert de vergelijkbaarheid van de resultaten. Bij ringonderzoeken is herhaaldelijk gevonden dat zelfs waar het de zeer belangrijke componenten sulfaat en nitraat betrof, verschillen tot 25 % zich kunnen voordoen. Door het ontwerpen van standaardmethoden in de commissie Regenwater van het NNI wordt getracht een basis te vormen voor grotere vergelijkbaarheid in de toekomst.

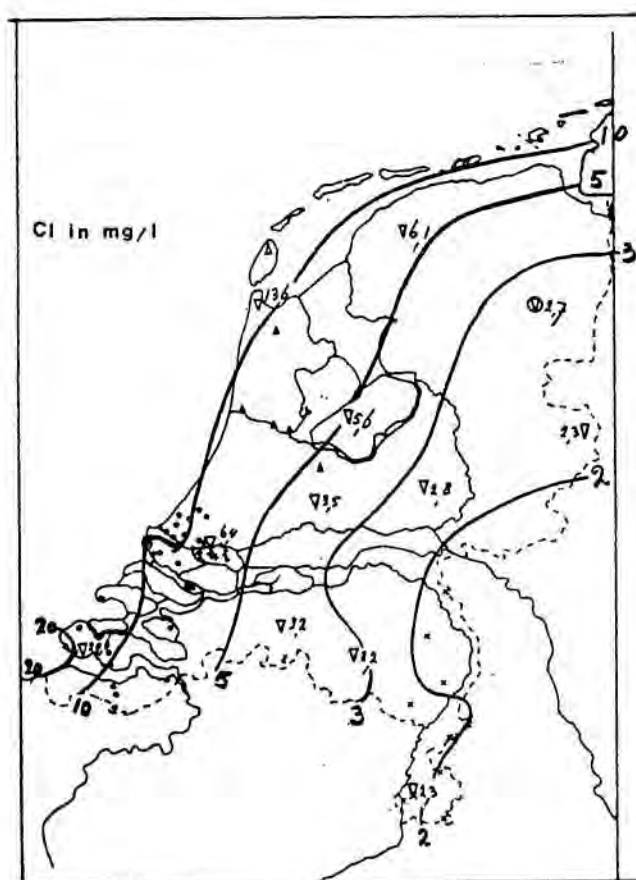
De voorgenoemde moeilijkheden doen zich doorgaans in extenso voor bij het onderzoek naar sporenelementen in regenwater. In het RID-meetnet worden deze elementen reeds op landelijke schaal gemeten. Ook voor het KNMI/RIV-meetnet is de meting van deze elementen op landelijke schaal gepland. Op dit moment bevindt zich echter de bemonstering van regenwater voor dit soort metingen in een onderzoekstadium.

Voor wat de meting van pesticiden in regenwater aangaat is de stand van zaken binnen het KNMI/RIV-meetnet overeenkomstig met die beschreven voor het sporenelementenonderzoek. Uitbreiding naar landelijke schaal kan hierina verwacht worden.



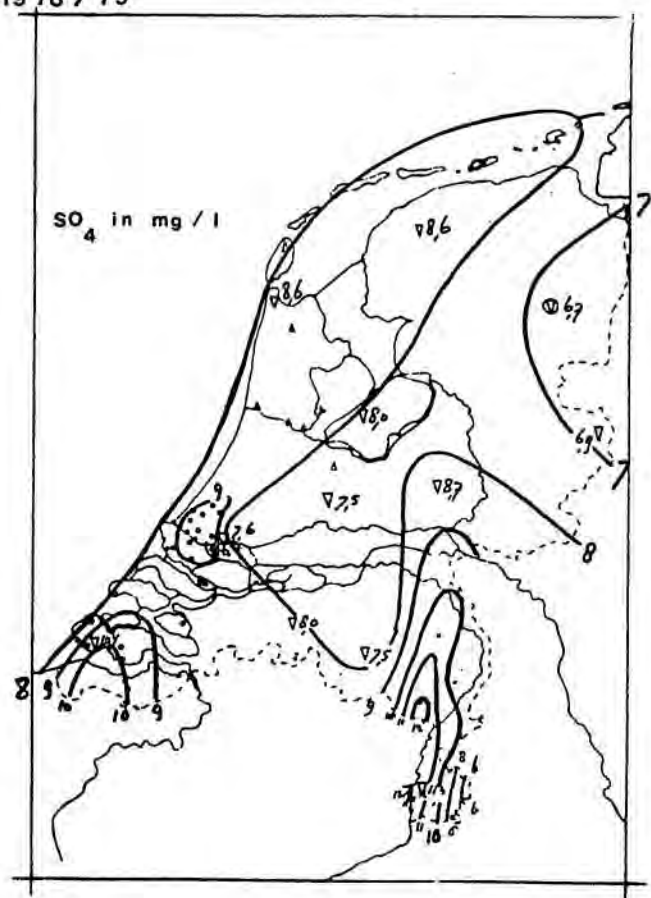
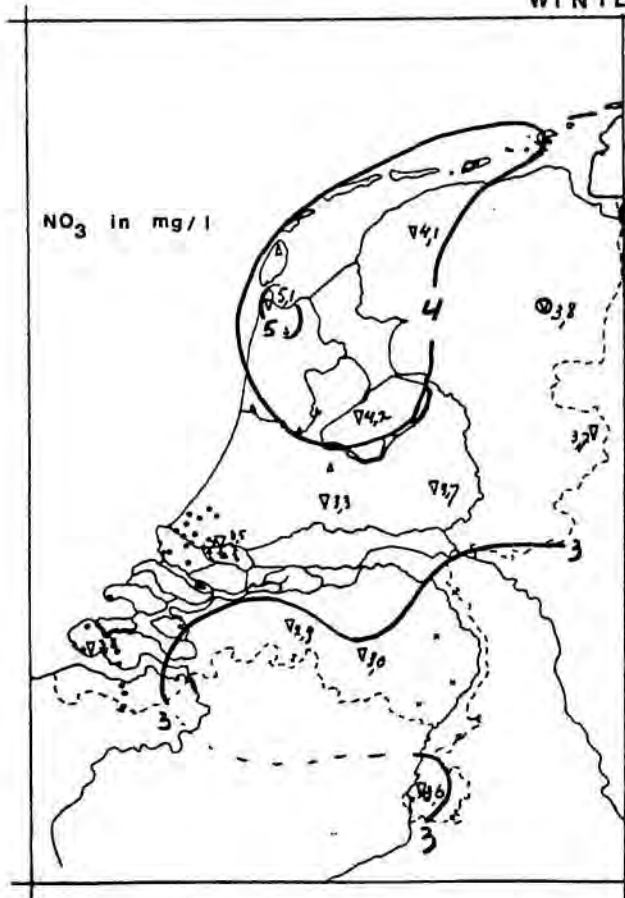
ZOMER 1978

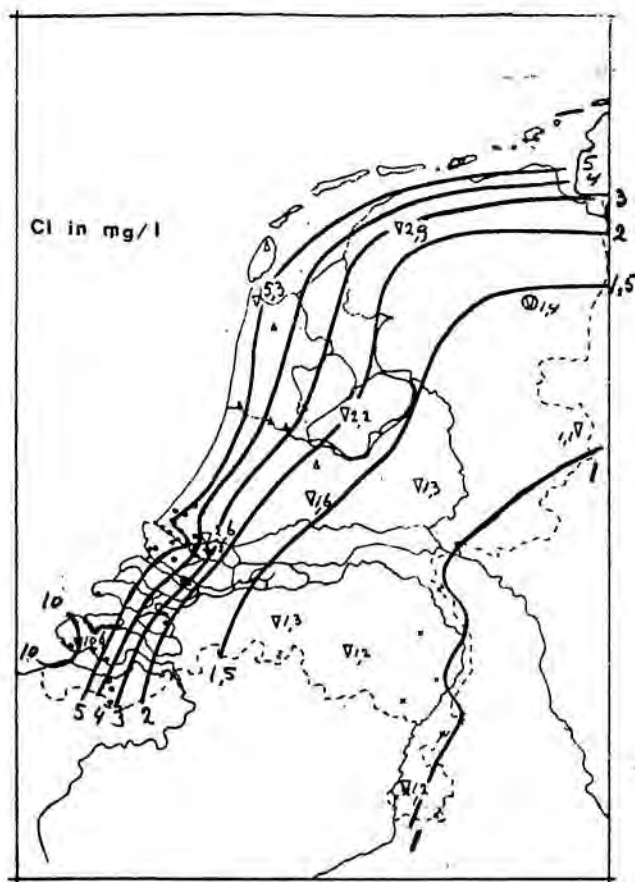
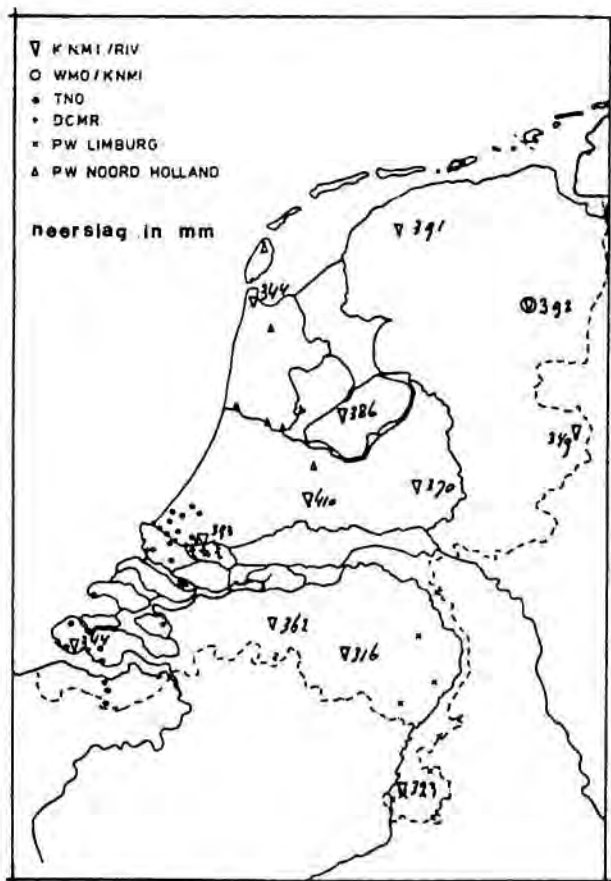




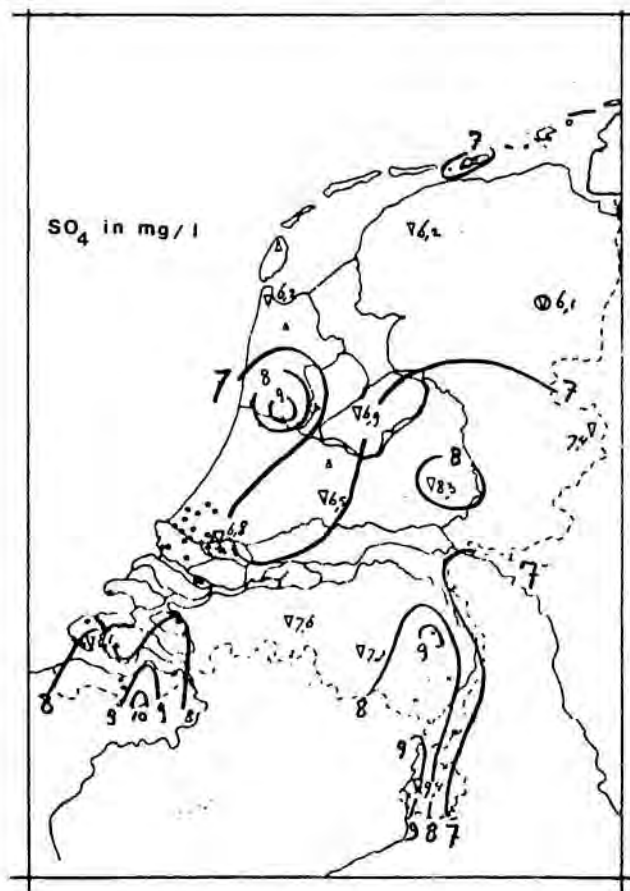
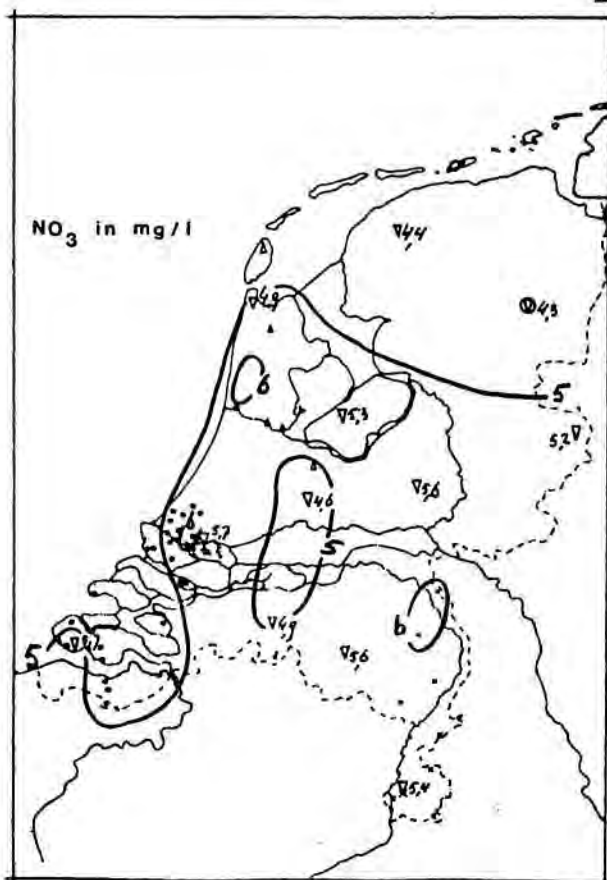
WINTER

1978 / 79





ZOMER 1979



3.1.5. VUILSTORTEN

Ir. L.E. van Engers, SVA

De Stichting Verwijdering Afvalstoffen (SVA) verricht bij een aantal stortplaatsen in Nederland o.a. onderzoek naar de hoeveelheid en kwaliteit van het uittredende percolatiewater en de invloed die dit percolatiewater heeft op de kwaliteit van het grondwater.

Het betreft hier een drietal gecontroleerde stortterreinen voor stedelijke afvalstoffen, te weten Ambt-Delden, Tilburg en Oss.

Hiernaast wordt door de SVA ook laboratoriumonderzoek gedaan, meestal in samenwerking met andere instellingen zoals Ital, ICW, TNO, Stiboka en RID.

Op SVA-verzoek is bovendien door het ICW onderzoek verricht naar verontreiniging van het grondwater bij een drietal vuilstortplaatsen (Ede, Kampen en Beverwijk).

Door TNO wordt onderzoek gedaan naar de processen die zich op het grensvlak vuil-bodem afspelen.

Ook door andere instanties is al of niet in overleg met de SVA onderzoek gedaan naar grondwaterverontreiniging t.g.v. afvalstortterreinen (o.a. bij de vuilstortplaatsen te Exloo (Dr.), te Wijster (VAM), puinstort Ockenburg, vuilstort Noordwijk, idem te Deurne en VAM-stort te Mierlo.

De SVA-onderzoekingen leiden tot de volgende (soms voorlopige) konklusies:

Het eerste percolatiewater komt vrij ongeveer 3 à 5 maanden na het aanbrengen van een afvallaag. Dit is afhankelijk van de klimatologische omstandigheden.

De mate waarin het afval verdicht is heeft weinig invloed op het tijdstip waarop het eerste percolatiewater vrijkomt.

Jaarlijks komt 5 - 15% van de neerslag als percolatiewater vrij, afhankelijk van verdichtheidsgraad van het afval en vormgeving van het stort.

De kwaliteit van het percolatiewater is tijdsafhankelijk. De COD stijgt in aanvang zeer sterk. Binnen ongeveer twee jaar na het vrijkomen van het eerste percolatiewater wordt de maximale waarde bereikt (tot ongeveer 80.000 mg/l). Hierna treedt een geleidelijke daling in.

Na ongeveer vijf tot zeven jaar blijkt een zeer sterke daling op te treden, tot de COD een waarde van ± 5.000 mg/1 bereikt.

De N-Kjeldahl vertoont eveneens een sterke stijging in het begin, waarna deze gedurende ± 4 jaar constant blijft (± 3.000 mg/1) en vervolgens weer afneemt.

Het sulfaatgehalte bereikt ongeveer een jaar na het verschijnen van het eerste percolatiewater zijn hoogste waarde (± 1.500 mg/1).

Hierna blijft het gedurende genoemde 5 à 7 jaar vrijwel constant om dan terug te vallen tot ± 200 mg/1.

Ijzer komt in percolatiewater voor in een concentratie tot meer dan 3.000 mg/1 (afname tot ± 50 mg/1 zes jaar na vrijkomen eerste percolatiewater). Zink kan een concentratie van ongeveer 50 mg/1 bereiken. Andere (zware) metalen komen in percolatiewater op ppb niveau voor.

In het grensvlak vuil-bodem wordt door microbiologische processen een laagje polysacchariden (bacterie slijmen) gevormd, tengevolge waarvan de doorlatendheid van de bovenste millimeters grond sterk terugloopt. Een opbouw van onder af van een waterlaag in de stort wordt soms gevonden.

De dikte van deze waterlaag kan aanzienlijk zijn (enkele meters).

De waterhuishouding in een stortterrein is momenteel nog volop onderwerp van onderzoek.

Gedurende ongeveer 10 jaar na het begin van de stortactiviteiten dringt sterk verontreinigd percolatiewater in de bodem onder het stortterrein en is daar in de onverzadigde zone onderhevig aan een aantal zuiveringsprocessen nl.:

1. microbiologische processen
2. adsorptie
3. precipitatie
4. filtratie

Tevens neemt de concentratie in het grondwater af door verdunning, diffusie en dispersie.

De microbiologische processen geven aanleiding tot de vorming van carbonaten en sulfiden. Voor de anorganische componenten zijn vooral adsorptie en precipitatie van belang.

Over het algemeen blijkt op dit moment dat de invloed van vuilstortplaatsen (voor stedelijk afval) op de kwaliteit van het ondiepe en diepe grond-

water zeer beperkt is, en dat alleen chloride kan worden aangetoond tot op een afstand van + 500 m. van de stortplaats. Bij hoge grondwaterstroomsnelheden en zeer doorlatende gronden kunnen grotere afstanden worden gevonden, hetgeen overigens nog nooit in Nederland werd geconstateerd.

3.1.6. DETECTIE VAN VERONTREINIGD GRONDWATER BIJ LOKALE VERONTREINIGINGSBRONNEN

ir. W. van Duijvenbooden, RID

Inleiding

In Nederland bevinden zich tal van lokale verontreinigingsbronnen die, hetzij op min of meer permanente basis zoals bij stortplaatsen, hetzij tijdelijk zoals bij lekkende olietanks of bij ongevallen, aanleiding kunnen geven tot een kwalitatieve beïnvloeding van het grondwater.

In toenemende mate vindt, zowel met het oog op drinkwaterbelangen als uit meer algemeen milieuhygiënische overwegingen, onderzoek plaats naar de effecten van dergelijke bronnen op de kwaliteit van het grondwater. Deze onderzoeken worden sterk bemoeilijkt door de onbekendheid die veelal bestaat ten aanzien van het lokale stromingspatroon van het grondwater, de aard en het gedrag van de stoffen welke in de bodem doordringen en de omzettingsproducten welke gevormd kunnen worden. In het navolgende zal op enkele aspecten worden ingegaan.

Lokale stromingspatronen

Grondwater is het transportmedium van de daarin doorgedrongen verontreinigende stoffen. Kennis van het stromingsbeeld van het verontreinigde grondwater is dan ook essentieel voor zowel het doen van voorspellingen omtrent de mogelijke verbreiding van dit water en de zich daarin bevindende stoffen als voor het plaatsen van waarnemingsputten ten behoeve van onderzoek naar de samenstelling van dit water. Onvoldoende inzicht in het stromingsgedrag van het grondwater heeft in het verleden meerdere malen aanleiding gegeven tot onjuiste, veelal bagatelliserende uitspraken omtrent de effecten van een verontreiniging. Hierbij werd het niet terugvinden van een verontreiniging dan veelal toegeschreven aan terughouding of afbraak in de bodem in plaats van aan niet juist gekozen lokaties van de geplaatste waarnemingspunten.

Bij de beschouwing van een lokaal geval van verontreiniging wordt in eerste aanleg gebruik gemaakt van de beschikbare lokale en regionale informatie. In het algemeen is deze informatie evenwel onvoldoende om een juist inzicht te verkrijgen in de lokale situatie. De lokale geologische gesteldheid, plaatselijke terreinkenmerken alsmede de verontreinigingsbron zelf veroorzaken vaak een ander stromingspatroon dan uit het regionale beeld valt af te leiden. Zo

kan bij een stortplaats ook bovenstrooms verontreiniging van het grondwater optreden als gevolg van een, ten gevolge van een potentiaalopbouw in de stort, optredende alzijdige uitstroming van verontreinigd water.

De scherpe begrenzing en beperkte omvang van een stroombaan verontreinigd grondwater, in het horizontale vlak overeenkomend met de breedte van de verontreinigingsbron, bemoeilijkt de detectie van deze stroombaan. Nader inzicht in het lokale stromingsbeeld en de verbreiding van de verontreiniging kan worden verkregen door plaatsing van extra peilfilters of door middel van geoelectrisch of electromagnetisch veldonderzoek.

Ook in verticale zin blijkt de verontreinigde stroombaan duidelijk begrensd. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 1. In deze figuur is tevens de verticale verplaatsing in de loop van de tijd van de verontreiniging weergegeven. In het verticale vlak kan het opsporen van een stroombaan verontreinigd grondwater geschieden door bemonstering en analyse van het grondwater op verschillende niveaus. Ten einde een dergelijke bemonstering mogelijk te maken worden in toenemende mate minifilters toegepast. Afhankelijk van de aard van de verontreiniging kunnen ook meetkabels met electrodes (zoutwachters) en andere geofysische meettechnieken worden toegepast.

Diverse omstandigheden kunnen aanleiding geven tot een meer gecompliceerd lokaal stromingsbeeld. Zo kan een complexe geologische situatie met veel onregelmatigheden soms een vrij grillig stromingsbeeld veroorzaken. Van belang is tevens de vaak duidelijke gelaagde opbouw van de ondergrond met wisselende doorlatendheden. In de goed doorlatende lagen zal een hogere stroomsnelheid van het grondwater kunnen optreden dan in de meer fijnzandig ontwikkelde delen van een watervoerend pakket. Alhoewel bij dunnere laagjes vaak al snel een afvlakking zal optreden dient bij grotere laagdikten wel degelijk rekening te worden gehouden met een vervingerd verontreinigingsfront. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in figuur 2.

Een ander verschijnsel dat, afhankelijk van de aard van de verontreiniging, kan optreden is dichtheidstroming. Zo duiden waarnemingen gedaan onder en nabij een vuilstort te Noordwijk op het voorkomen van dit verschijnsel ter plaatse. Reeds onder de stortplaats bleek het grondwater verontreinigd tot op het 40 m-mv gelegen zoet-zout grensvlak (zie figuur 3).

Opmerkelijk is dat tot circa 27 m-mv onder de stortplaats grondwater wordt aangetroffen overeenkomend met het percolatiewater in de stortplaats zelf,

hetgeen duidt op geen of vrijwel geen menging met het omringende niet verontreinigde grondwater. Hieronder bevindt zich een minder verontreinigde zone grondwater en vervolgens weer een zone sterk verontreinigd grondwater net boven de zoet-zout grens. Mogelijk is sprake van een instabiel front op 27 m-mv, van waaruit bellen verontreinigd grondwater door de minder verontreinigde zone wegzakken tot op het zoet-zout grensvlak. Tritiummetingen duiden op recent grondwater zowel in de zone tot 27 m-mv als net boven het zoet-zout grensvlak. Hiertussen bevindt zich een zone grondwater van groter ouderdom en kennelijk andere herkomst.

Samenvattend kan worden gesteld dat benedenstrooms van een lokale verontreinigingsbron veelal sprake is van een zowel horizontaal als vertikaal nauw begrensde stroombaan van verontreinigd grondwater, aan alle zijden omringd door niet door deze bron beïnvloed grondwater. Onbekendheid met het lokale stromingsbeeld, hetwelk vaak duidelijk afwijkt van het regionale beeld, bemoeilijkt de detectie van het verontreinigde grondwater. Verdere complicaties ten aanzien van de detectie kunnen optreden als gevolg van processen als macrodispersie en dichtheidsstroming. Gezien de tot op relatief grote diepte te constateren scherpe begrenzing van een verontreiniging binnen een stroombaan verontreinigd grondwater lijkt microdispersie in dit kader vrijwel van geen belang.

Detectie van stoffen in het verontreinigde water

De verbreiding van het door een lokale verontreinigingsbron beïnvloede grondwater geeft in het algemeen de maximale begrenzing aan van de verspreiding van de uit de verontreinigingsbron afkomstige stoffen. De feitelijke verspreiding van deze stoffen en hun eventuele afbraakproducten is echter afhankelijk van het bodemmilieu en van de eigenschappen van deze stoffen.

Detectie van een verontreiniging kan worden bemoeilijkt door ontwijking of omzetting van een verontreinigende stof tijdens en na de bemonstering. In verband hiermee zijn vaak speciale bemonsteringstechnieken en methoden van monsterbehandeling noodzakelijk.

Bij een onderzoek naar de verspreiding van een verontreiniging dient behalve met processen als adsorptie en precipitatie tevens rekening te worden gehouden met de vorming van afbraakproducten. Bekend is de vorming van omzettingsproducten bij diverse biociden en de omzetting van stikstofverbindingen in nitraat.

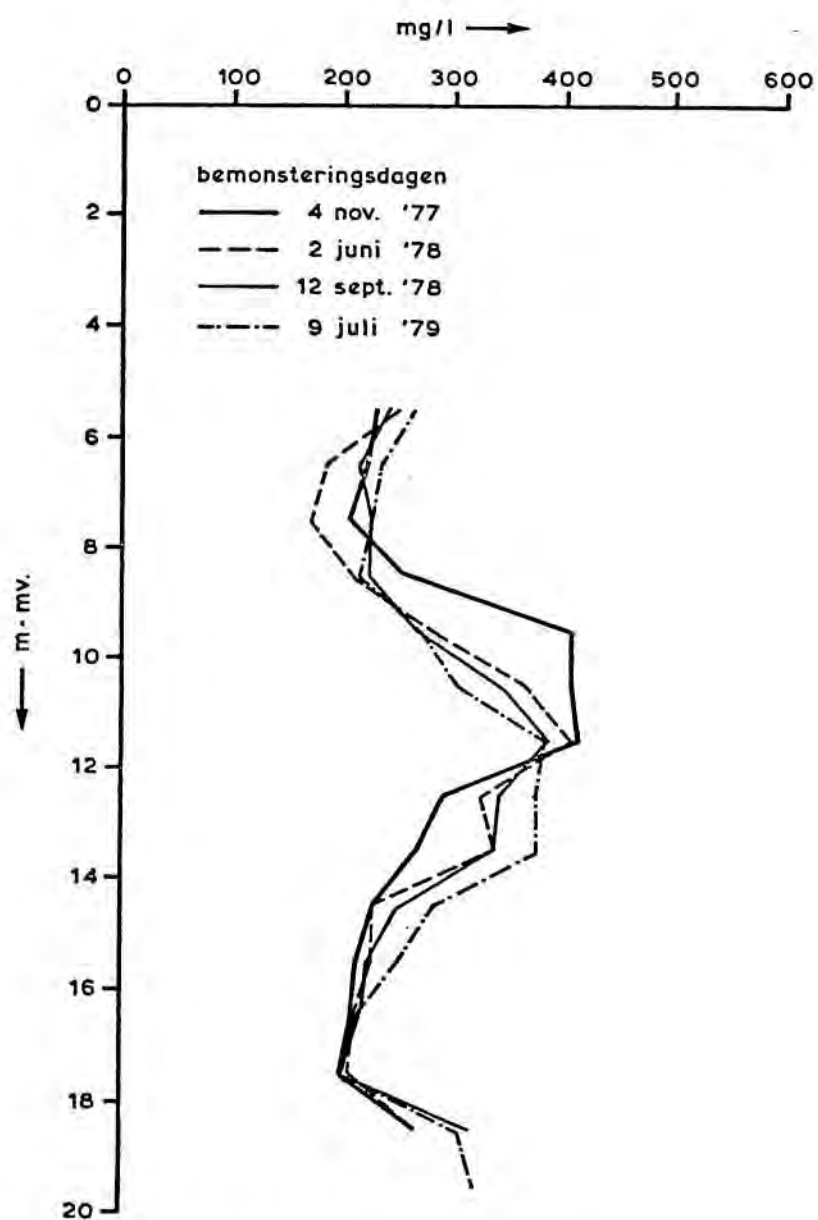
Bij cyanidezouten werd als omzettingsproduct rhodanide aangetoond in aanmerkelijke hogere concentraties dan de oorspronkelijke aanwezige verbindingen. Bij organische cyaniden werd een omzetting tot complex gebonden cyaniden geconstateerd. In een geval van benzinelekkage bleek tot op grote afstand sprake van een ernstige aantasting van de grondwaterkwaliteit met reuk- en smaakstoffen. Zeker indien niet bekend is welke omzettingsproducten kunnen worden gevormd is dan ook grote voorzichtigheid bij de interpretatie van de beschikbare analysegegevens geboden. Bij de interpretatie dient tevens rekening te worden gehouden met de mogelijkheid dat bij veranderende milieuomstandigheden, bijvoorbeeld na uitloging van een verontreinigingsbron, in de bodem teruggehouden stoffen opnieuw in oplossing kunnen gaan en vervolgens weer meegevoerd kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is bij toevoeging van zuurstof de omzetting van sulfiden in sulfaat. Ook diverse aan bodemdeeltjes gebonden spoorelementen kunnen bij verhoging van de redoxpotentiaal of de zuurgraad weer in oplossing gaan.

Bijzonder problematisch is de detectie van verontreinigingen indien sprake is van een verontreinigingsbron welke talrijke, niet nader gedefiniëerde verontreinigende stoffen bevat.

Veelal dient bij het onderzoek naar de samenstelling van het verontreinigde grondwater uit praktische overwegingen met een beperkte analyse te worden volstaan. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat aanwezige gevaarlijke stoffen niet, of slechts bij toeval worden gedetecteerd. Zo werden bij diverse studies onder andere tal van organische microverontreinigingen en spoorelementen zoals Mo, Se, Ba en Li in duidelijke verhoogde concentraties op ruime afstand van de verontreinigingsbron aangetoond. Een indicatie voor de aanwezigheid van bepaalde groepen stoffen kan soms worden verkregen door bepaling van diverse somparameters. Vooral ten aanzien van het voorkomen en gedrag van organische verontreinigingen is tot dusver weinig bekend. Nieuwe analyse technieken openen echter dienaangaande steeds meer mogelijkheden.

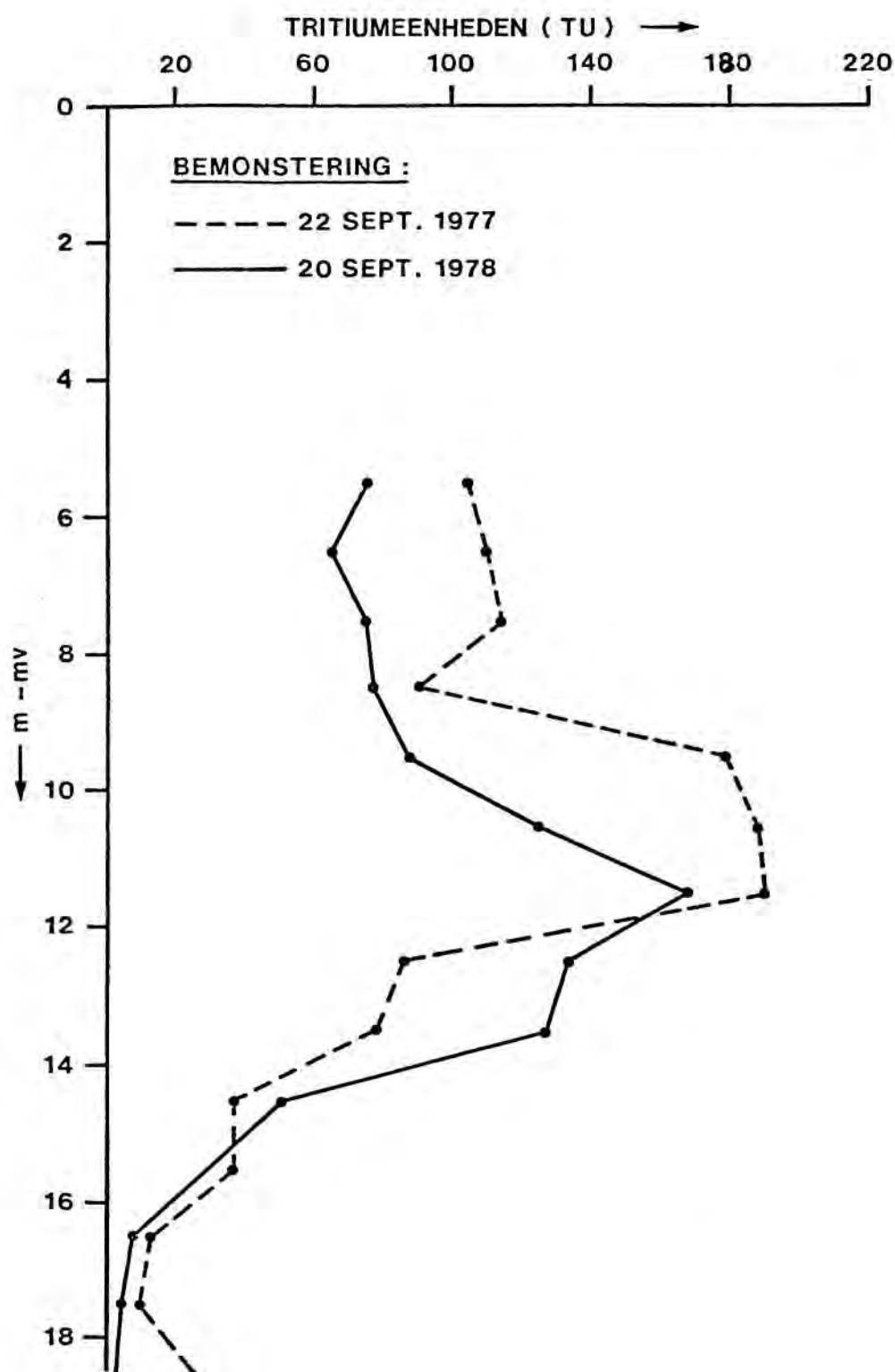
Samenvattend kan worden vastgesteld dat bij de interpretatie van de beschikbare kwaliteitsgegevens grote voorzichtigheid geboden is. Rekening dient te worden gehouden met een eventueel ontwijken of omzetten van verontreinigende stoffen tijdens en na de bemonstering, de vorming van niet gedetecteerde mogelijke schadelijke afbraakproducten in de ondergrond, de aanwezigheid van onbekende uit de verontreinigingsbron afkomstige schadelijke stoffen en het bij veranderende milieucondities weer in oplossing gaan van teruggehouden verbindingen.

FIGUUR 1^a

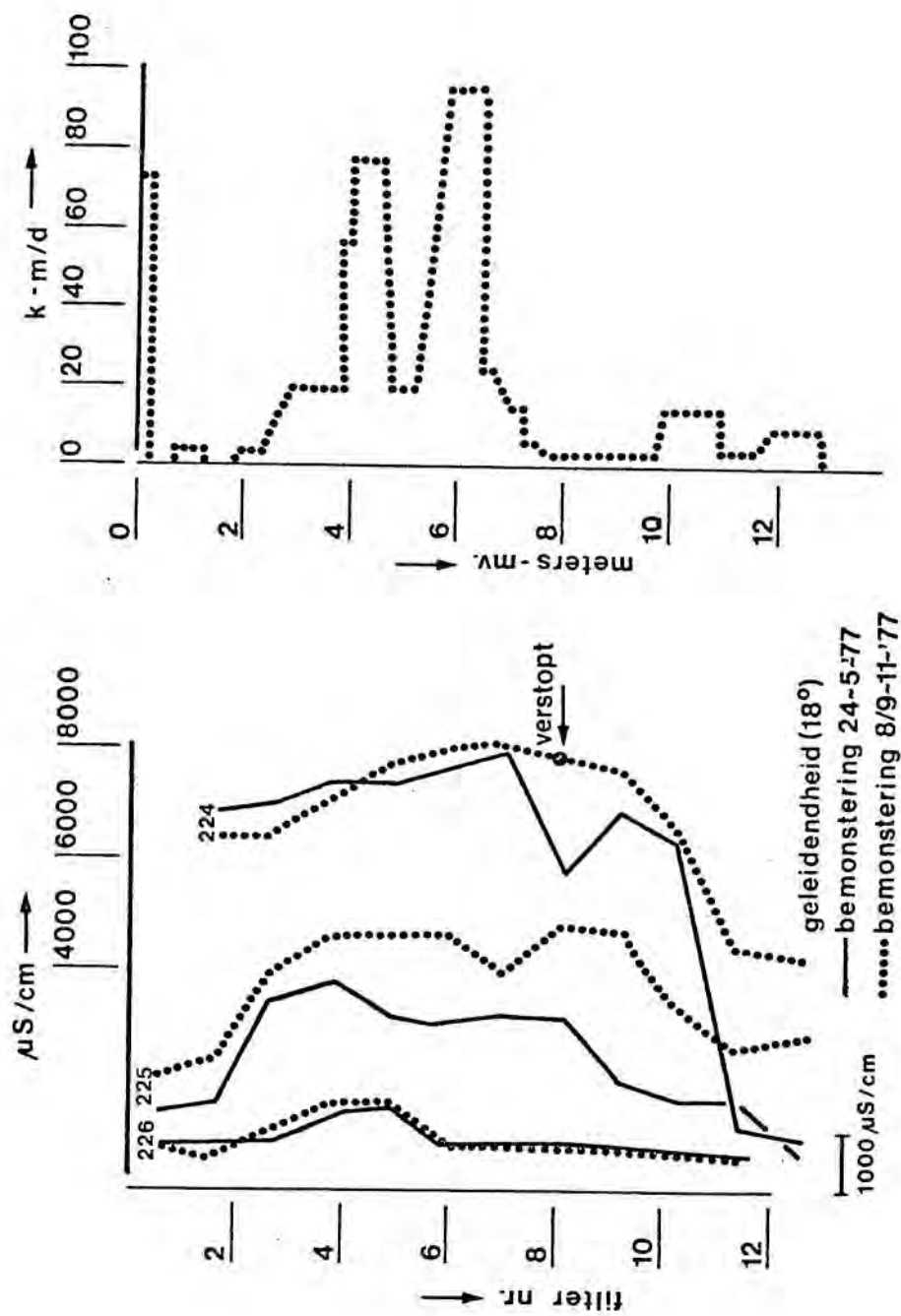


VERLOOP VAN HET HCO_3^- -GEHALTE
 NAAR DIEPTE EN TIJD IN HET GROND-
 WATER IN DE DUINEN (BORING 30D152)

FIGUUR 1^b

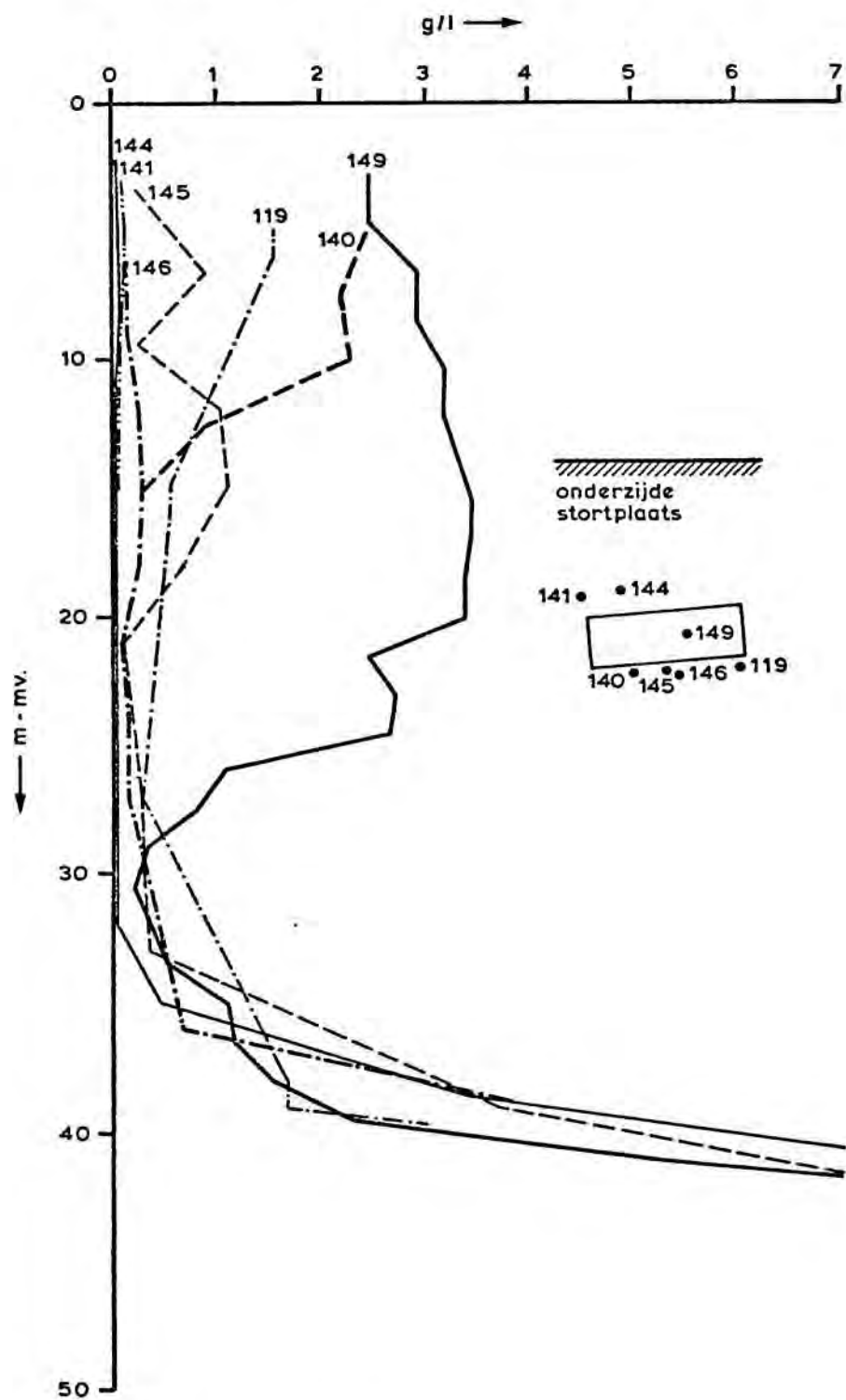


VERLOOP VAN HET TRITIUMGEHALTE IN HET GROND-
WATER IN DE DUINEN (BORING 30D - 152)



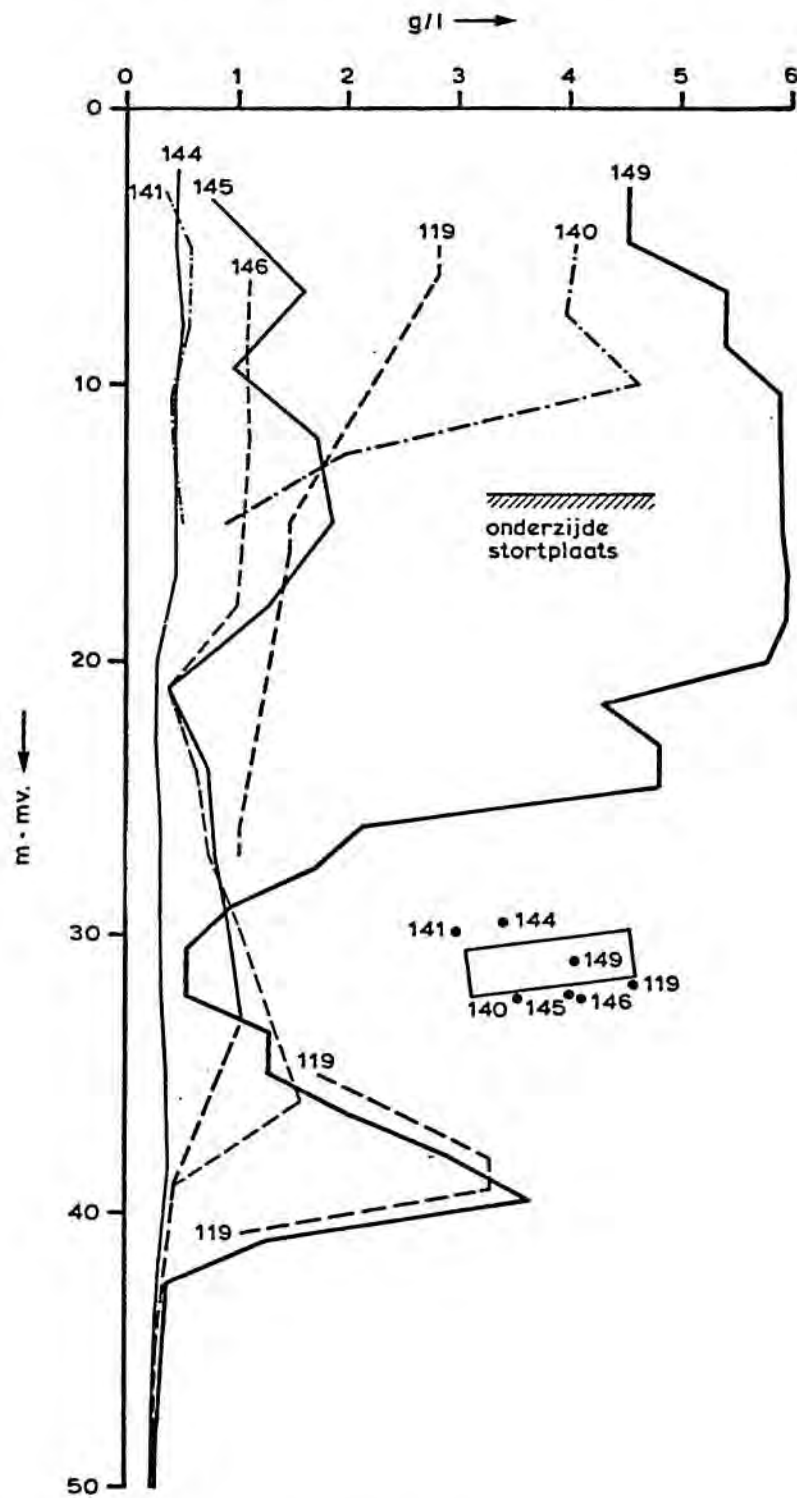
FIGUUR 2 Kwaliteitsverloop grondwater bij vuilstort Delden

FIGUUR 3^a



VUILSTORT NOORDWIJK
VERLOOP CHLORIDE-GEHALTE
bemonstering 18-7-'79

FIGUUR 3^b



VUILSTORT NOORDWIJK
 „HCO₃⁻” - GEHALTE VAN HET GROND-
 WATER
 bemonstering 18-7-'79

Prof.Dr.Ir. F.A.M. de Haan, Landbouwhogeschool, Wageningen.

1. INLEIDING

In gebieden waar de intensieve veehouderij een belangrijk onderdeel vormt van het geheel van landbouwkundige activiteiten, kan gemakkelijk een verstoring optreden in de mineralenbalans. Deze verstoring wordt in feite veroorzaakt doordat met het veevoer, i.h.b. het krachtvoer, mineralen van buiten het gebied worden ingevoerd. Hierdoor ontstaat een aanbod aan mineralen via de mest van deze veehouderijbedrijven, dat de mineraal-behoefte voor landbouwgewassen in het betreffende gebied vaak verre overtreft. Alhoewel het aanwezig zijn van mestoverschotten niet per sé tot overbemesting hoeft te leiden blijkt in de praktijk deze koppeling toch wel vaak te bestaan. Een toediening van elementen aan de bodem welke de onttrekking door gewassen overtreft, leidt noodzakelijkerwijze tot een aanrijking in de grond en/of een uitspoeling van de betreffende elementen naar grondwater en oppervlaktewater. In deze bijdrage blijft de aandacht verder geheel beperkt tot fosfaat.

Voor een kwantificering van te verwachten concentraties van fosfaat in grondwater en oppervlaktewater dient te worden beschikt over de volgende informatie:

1. inzicht in het toedienings- en onttrekkingsregime;
in geval van mestoverschotten zal de mestgift vaak niet zijn afgestemd op een optimale fosfaatvoorziening van het gewas; balansstudies over toediening en onttrekking geven kwantitatief inzicht in eventuele overdoseringen; aan de hand van bedrijfsinventarisaties kan inzicht worden verkregen in de fosfaatoverschotten voor aaneengesloten gebieden;
2. inzicht in de fosfaatinteracties in de bodem;
fosfaatoverdoseringen hoeven niet direct te leiden tot uitspoeling van fosfaat; in welke mate dit gebeurt hangt af van o.a. de weersomstandigheden, de aard van de fosfaatverbindingen en het vermogen van de bodem om fosfaat vast te leggen;
3. voorspellingen voor langere termijn;
bij de beoordeling van de fosfaatuitspoeling is niet alleen de op dit moment voorkomende situatie van belang; veelal wil men ook geïnformeerd zijn over de toekomstige ontwikkelingen in deze;
daardoor kan dan het tijdstip van doorslag van het bodemfilter voor fosfaat worden voorspeld; dergelijke beschouwingen kunnen van nut

zijn bij het treffen van regelingen ten aanzien van het fosfaat-toedieningsregiem; voorspellingen van lange-termijn-effecten worden vaak uitgevoerd met behulp van rekenmodellen.

In het navolgende worden aspecten van bovengenoemde drie informatie-categorieën aangestipt.

2. KWANTIFICERING VAN FOSFAAT-OVERDOSERINGEN EN -OVERSCHOTTEN

Elke hoeveelheid fosfaat die aan de bodem wordt toegediend en niet vervolgens wordt onttrokken door het gewas en afgevoerd met het geoogste product leidt hetzij tot aanrijking in de grond, hetzij tot uitspoeling. Op basis van gegevens omtrent gewasopbrengsten en P-gehalte in gewassen, kan zeer gedetailleerd worden vastgesteld met welke fosfaatonttrekking bij een gegeven bouwplan gerekend moet worden. Voor ons doel is het echter voldoende om over globale onttrekkingscijfers te beschikken. Hiervoor kan een waarde worden aangehouden in orde van grootte van 20-30 kg P/ha/jaar. Het fosfaatbestedingsadvies is gebaseerd op de P-beschikbaarheid. Bij bemestingen overeenkomstig het bemestingsadvies is de P-uitspoeling zeer gering en bedraagt voor klei- en zandgronden niet meer dan ongeveer 0,2 kg P per hectare per jaar. Deze uitspoelingsverliezen zijn geringer dan de aanvoer van P met het regenwater.

Voor granslandbedrijven geldt bij de thans bestaande bedrijfsstructuren dat de fosfaatbalans positief is. Door de aankoop van krachtvoer wordt zoveel fosfaat op het bedrijf ingevoerd, dat geen extra fosfaatbemesting hoeft te worden gegeven mits de rundermest in zijn geheel op het eigen bedrijf wordt aangewend. Dit betekent dat alleen bouwland (totaal oppervlakte 698.000 ha) ter beschikking staat om het fosfaat van dierlijke mest uit de bio-industriebedrijven te verwerken. De toediening zou daarbij veelal kunnen worden afgestemd op de onttrekking, zonder een ernstige achteruitgang in de fosfaattoestand van de grond te krijgen. Met deze uitgangspunten en de gegevens omtrent de productie van dierlijke mest uit de intensieve veehouderij kan dan worden berekend hoe groot de fosfaatoverschotten voor bepaalde gebieden, of eventueel voor geheel Nederland zijn. Henkens (1979) heeft bij de vergelijking van de mestbehoefte met de beschikbare hoeveelheid mest niet fosfaat als uitgangspunt genomen maar de organische stof. Daarbij wordt gesteld dat door een jaarlijkse gift van 1800 kg droge organische stof per hectare in de vorm van dierlijke mest het humusgehalte van de grond in 10 jaar zal stijgen met ongeveer 0,2%.

Dan komt men tot het overzicht van tabel 1 ten aanzien van de oppervlaktes die met de mestproductie van 1978 bestreken kunnen worden. In deze tabel is tevens de dan geldende dosering aan fosfaat vermeld.

Tabel 1. Areaal bouwland dat kan worden voorzien met 1800 kg droge organische stof per jaar met behulp van de mestproductie van 1978, en de hiermee gegeven fosfaatosering (Henkens, 1979).

soort mest	ton/ha	aantal ha	kg P/ha
mestkalvermest	120	10.236	68
varkensdrijfmest	28	476.446	58
vaste kippemest	8	144.544	65
vaste kuikenmest	4	64.519	37

Dus ruim 695.000 ha bouwland zouden met de mestproductie van 1978 in organische stof kunnen worden voorzien. Hierbij wordt dan echter wel een fosfaatosering toegepast die reeds een aantal malen groter is dan de onttrekking. Bovendien is aangenomen dat inderdaad alle mest uit de concentratiegebieden van de bio-industrie naar het bouwland zou worden getransporteerd. Zelfs dan is er dus, over geheel Nederland gerekend, een fosfaatoverschot dat tot P-accumulatie in de bodem zal leiden. Uitgaande van een gemiddelde onttrekking van 30 kg P/ha volgt uit tabel 1 dat via deze organische mestsoorten ongeveer 19,2 miljoen kg P meer wordt toegediend dan wordt verwijderd met het gewas. Dit zou verder betekenen dat alle P toegediend in de vorm van kunstmest (48 mln. kg P) het overschot nog doet toenemen. De toestand wordt natuurlijk nog veel ongunstiger wanneer men de bio-industriegebieden zelf bekijkt. Henselmans en Algra (1976) hebben voor een aantal van deze gebieden een berekening uitgevoerd omtrent het overschot aan fosfaat; hierbij werd uitgegaan van de hoeveelheden geproduceerde mest, een toediening in de vorm van kunstmest van gemiddeld 8,5 kg P/ha en een onttrekking van 26 kg P/ha. Dan komt men tot overschotten zoals vermeld in tabel 2 (overgenomen van Beek en van Riemsdijk, 1978).

Tabel 2. Fosfaatoverschot voor enkele gebieden in Nederland met intensieve veehouderij. Overschot is berekend op basis van de productie van dierlijke mest, een kunstmestgift van 8,5 kg P/ha en een gewasonttrekking van 26 kg P/ha (naar Henselmans en Algra, 1976).

	oppervlakte cultuurgrond (ha)	overschot per ha in kg P	overschot uitgedrukt als gewichtsprocenten P voor de laag ¹⁾ van 0 - 20 cm
Westelijk N-Limburg	40168	79.4	0.0032 %
Noordelijk Peelgebied	33509	70.6	0.0028
Zuidelijk Peelgebied	18818	87.5	0.0035
Westelijk Veluwe	32026	87.1	0.0035
Utrecht-zandgebied	12279	49.9	0.0020

1) gewicht = 2.5×10^6 kg.

Opgemerkt zij dat de berekende stijging van gewichtspercentages zoals weergegeven in de laatste kolom moeten worden gespiegeld aan een P-gehalte van 0,05%, de waarde zoals deze vaak in de praktijk in vele gronden wordt gevonden. Dat betekent dus een verdubbeling van het P-gehalte in ongeveer vijftien jaar, uiteraard onder aanname dat de fosfaatoverschotten op de aangegeven oppervlakte cultuurgrond zouden worden verwerkt.

Aan de hand van informatie zoals deze beschikbaar is uit de mei-tellingen kunnen per gemeente overzichten worden gemaakt van P-overschotten. Resultaten van dergelijke inventarisaties kunnen tijdens de discussie worden getoond. Dergelijke gedetailleerde informatie is zeer nuttig bij de beoordeling van te verwachten effecten van hoge fosfaats doseringen omdat hierdoor een goed inzicht wordt verkegen op welke gebieden potentieel de zwaarste milieuhygiënische druk wordt uitgeoefend. Daarnaast is echter informatie over de bodemgesteldheid vereist en met name ook over de processen die de fosfaatvastlegging in de bodem reguleren.

3. INTERACTIES VAN FOSFAAT MET BODEMBESTANDDELEN

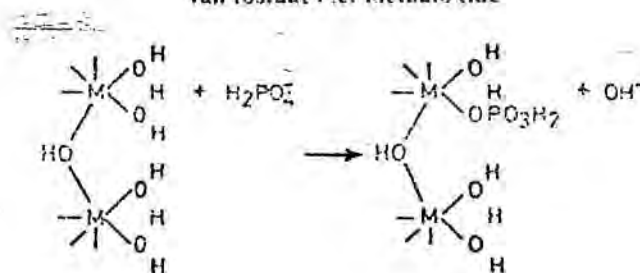
In het navolgende wordt de aandacht geheel beperkt tot anorganisch fosfaat en wordt het gedrag van organische fosfaatverbindingen buiten beschouwing gelaten. Deze organische fosfaten kunnen een substantieel gedeelte van de totale hoeveelheid fosfaat in verschillende soorten organische mest vormen b.v. ongeveer 30% in varkensmest, 60% in kipmest, en 45-65% in rundermest. Het is bekend dat de mobiliteit van deze organische fosfaten in de bodem (en dan voornamelijk van de fractie die in opgeloste vorm aanwezig is) aanzienlijk groter is dan van de anorganische P-verbindingen, zoals o.a. door Vetter en Klasink (1972) werd aangetoond uit een vergelijking van P-inspoeling uit kunstmest en uit organische mest. Dit verschijnsel werd door onderzoek van Gerritse (1977) bevestigd. Na mineralisatie van deze organische P-verbindingen zullen zij zich verder als anorganische fosfaten gedragen. Dit betekent dus dat deze mineralisatiesnelheid een sleutelpositie inneemt voor de afschatting in hoeverre de organische P-verbindingen ten aanzien van hun gedrag in de bodem met de anorganische fosfaten kunnen worden meegenomen. Deze mineralisatie, en ook het omgekeerde proces: de omzetting van anorganische fosfaten in organische b.v. o.i.v. microbiële activiteit, wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. Wel is het duidelijk dat

door de microbiële activiteit altijd een bepaald gedeelte van de totale hoeveelheid P in de grond in organische vorm aanwezig zal zijn. Het relatieve aandeel hiervan kan echter sterk variëren.

De twee belangrijkste groepen van processen, die de immobilisatie van fosfaat in de bodem regelen, zijn adsorptie-processen en precipitatie-reacties. Deze kunnen in principe afzonderlijk optreden, afhankelijk van de aard van de vaste fasen en de samenstelling van de bodemoplossing. Belangrijke componenten voor de adsorptieve fosfaatvastlegging zijn b.v. kleimineralen, bepaalde metaaloxiden (in het bijzonder van aluminium en ijzer), en calciumcarbonaat.

De voornaamste fosfaatprecipitaten die gevormd kunnen worden zijn aluminium-, ijzer-, en calciumfosfaten. Neerslagen van aluminium- en ijzerfosfaten ontstaan in het bijzonder bij lage pH, die van calciumfosfaten bij hoge pH.

Schematische voorstelling oppervlaktereactie van fosfaat met metaaloxide



Figuur 1, overgenomen van Beek en Van Riemsdijk (1978), geeft een voorstelling van adsorptieve fosfaatvastlegging aan een metaaloxide. Zoals aangegeven kan deze adsorptie gepaard gaan met een productie van OH^- , waardoor een meting omtrent het pH-verloop in principe een mogelijkheid geeft voor het volgen van de fosfaatadsorptie. Indien voldoende informatie beschikbaar is over de oppervlaktestructuur van het metaaloxide, met name over het aantal adsorptieplaatsen per oppervlakte-eenheid (en via het soortelijk oppervlak van de reactieve zijde(n) per gewichtseenheid) kan de theoretische waarde van de adsorptiecapaciteit van het betreffende oxide worden berekend (Van Riemsdijk en Lyklema, 1979).

Uit metingen omtrent fosfaatvastlegging, zowel aan systemen die alleen maar dergelijke zuivere adsorbentia bevatten als aan bodemsystemen waarin reactieve fasen voor fosfaatbinding voorkomen, is gebleken dat meestal rekening moet worden gehouden met het (gelijktijdig) optreden van beide groepen van processen, zowel adsorptie als precipitatie. De interpretatie van meetdata wordt dan ook vaak gegeven in de vorm van een zgn. "snelle vastlegging" (adsorptie), met daarnaast een langzaam

voortschrijdende verwijdering van fosfaat uit de oplossing (precipitatie).

Zonder hierop in detail in te gaan kan worden gezegd dat bepaalde meettechnieken kunnen worden toegepast om voor bestaande veldomstandigheden een redelijke schatting te maken van de totale fosfaatvastleggingscapaciteit van de grond en van de wijze en tijd waarop deze in afhankelijkheid van een aantal beïnvloedende factoren wordt bereikt. In feite betekent dit dat men een voorspelling tracht te maken van het te verwachten fosfaataccumulatieprofiel in de bodem, en daaruit afgeleid van het tijdstip van doorbraak van het bodemfilter. Dergelijke voorspellende berekeningen kunnen het beste worden uitgevoerd aan de hand van zgn. rekenmodellen. Deze modellen beschrijven het transport van fosfaat in de bodem middels berekeningen over het transport van de "dragerstof" van de fosfaationen, de vloeibare fase. Daarnaast worden in het model de processen van de fosfaatvastlegging aan de vaste fase ingebouwd.

Het is natuurlijk van erg veel belang bij de ontwikkeling van dergelijke rekenmodellen dat de mogelijkheid bestaat om het "voorspelde" resultaat te verifiëren. Gelukkigigerwijze kon hiertoe worden beschikt over een bestaande situatie, nl. de vloeivelden bij Tilburg waar reeds gedurende 45 jaar hoge fosfaatdoseringen in de vorm van huishoudelijk afvalwater hebben plaatsgevonden. Het lag dus voor de hand om aan de hand van deze praktijksituatie de resultaten verkregen uit extrapolatie omtrent de kinetiek van relatief kortlopend laboratoriumonderzoek te vergelijken met de toestand in het veld.

4. LANGE-TERMIJNVOORSPELLING VAN P-VERLOOP IN DE BODEM

De uitvoering van voorspellende berekeningen als bovenbedoeld staat thans nog in de beginfase van de ontwikkeling. Met name is hierbij tot nog toe nauwelijks aandacht gegeven aan specifieke situaties rond bodemgesteldheid en fosfaattoedieningen in de Nederlandse bio-industriegebieden. Dit betekent echter geenszins dat het niet mogelijk zou zijn om de informatie en kennis omtrent fosfaatgedrag in de bodem, zoals deze voor andere omstandigheden werd verkregen, geleidelijk toe te passen op deze specifieke problematiek. Tot op heden werd de verifiëring van de resultaten van modelbeschouwingen beperkt tot genoemde vloeivelden. Voor uitgebreide informatie hierover wordt verwezen naar Beek (1979). In het navolgende worden daar slechts enkele punten uitgelicht, die van belang zijn in

verband met het maken van voorspellende berekeningen omtrent het gedrag van fosfaat in Al-houdende grond.

Aan grondmonsters afkomstig van de vloeivelden werd in schudproeven de kinetiek van de fosfaatvastlegging bestudeerd. Daarbij bleek dat de bijdrage van de snelle en langzame reactie (adsorptie en precipitatie resp.) aan de totale fosfaatverwijdering uit de oplossing konden worden onderscheiden (ontward). Bij de opzet van een rekenmodel ter beschrijving van de fosfaatbinding werden verschillende "pools" geïntroduceerd, nl. een voor het geadsorbeerde P en een voor het geprecipiteerde P. De afname van de fosfaatconcentratie in oplossing werd beschreven met verschillende snelheidsvergelijkingen; voor de adsorptie pool zijn dit eerste-orde-reactievergelijkingen, voor de precipitatiepool een tweede-orde-reactievergelijking.

Vervolgens werd een rekenmodel ontwikkeld ter beschrijving van het transport van P in de bodem. De aldus uitgevoerde berekeningen werden getest aan de hand van kleine grondkolommen, waarbij een goede overeenstemming tussen berekeningen en metingen bleek.

Tenslotte werden de fosfaats doseringen, zoals deze in de afgelopen 45 jaar in Tilburg zijn toegepast via het rekenmodel gesimuleerd, hetgeen leidde tot een aan het einde van de periode te verwachten fosfaatprofiel. Vergelijking van dit berekende met het gemeten fosfaatprofiel geeft een goede overeenstemming te zien. De afwijkingen moeten waarschijnlijk worden toegeschreven aan grotere dispersie bij de veldstroming dan in het rekenmodel was ingebouwd.

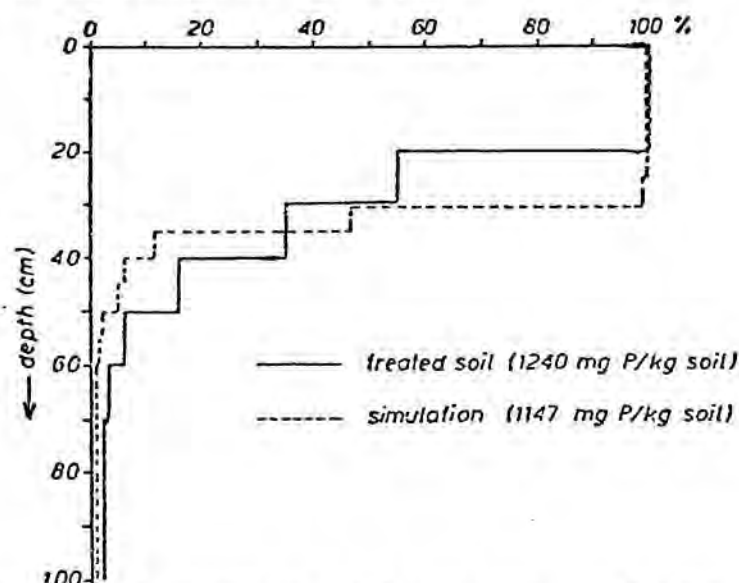


Fig. 2. Gemeten en met simulatiemodel berekende verdeling van fosfaat in de bodem, na 45 jaar bevloeiing met huishoudelijk afvalwater (Beek, 1979).

Een essentieel onderdeel van het simulatie-model voor de P-vastlegging zoals hier ontwikkeld is het schijnbaar vrijkomen van nieuwe adsorptieplaatsen tussen twee opeenvolgende P-toedieningen. Voor de efficiëntie van de P-vastlegging middels snelle adsorptie is dit van groot belang. De praktische consequentie hiervan is dat ter voorkoming van uitspoeling van P naar ongewenste bodemdiepte, de hoeveelheid die per dosering wordt gegeven niet mag uitgaan boven de "snelle adsorptiecapaciteit". Logischerwijze heeft dit tevens als praktische consequentie dat een dosering van b.v. 5 X kg P in een éénmalige gift een geheel ander gevolg voor de P-uitspoeling kan hebben dan 5, met enige tussenpozen toegediende giften van X kg P.

Ter beschrijving van de tot nu toe bestudeerde situaties voldoet het model goed. De toepasbaarheid voor andere situaties, waarbij zich b.v. belangrijke wijzigingen t.a.v. de waterverplaatsing of t.a.v. de fosfaatconcentratie voordoen moet nog nader worden bestudeerd. Indien ook daarvoor het thans beschikbare rekenmodel hetzij zonder meer toepasbaar is, hetzij na enige aanpassing toepasbaar gemaakt kan worden, lijkt het mogelijk om naast de inventarisatie-overzichten van de mestoverschotten in de toekomst te komen tot overzichten waarop de fosfaattoestand wordt aangegeven welke verwacht moet worden in afhankelijkheid van te kiezen doseringsregimes. Deze informatie kan een belangrijk hulpmiddel vormen bij de ontwikkeling van beleidsmaatregelen.

5. LITERATUUR

- Beek, J., F.A.M. de Haan and W.H. van Riemsdijk, 1977. Phosphates in soils treated with sewage water; II Fractionation of accumulated phosphates. J. Environ. Qual. 6.1. p 7-12.
- Beek, J., en J. Wolf, 1977. Interacties van anorganisch fosfaat met grond; Modelbeschouwingen. Megista Contactdagen 1977, p 275-280.
- Beek, J., en W.H. van Riemsdijk, 1978. Fosfaten. Hoofdstuk 4.4.4 in Handboek voor Milieubeheer, deel Bodem, Vermande Zonen, IJmuiden.
- Beek, J., 1979. Phosphate retention by soil in relation to waste disposal. Proefschrift Landbouwhogeschool.
- Gerritse, R., 1977. Phosphorus compounds in pig slurry and their retention in the soil. Utilization of manure by land spreading. CEC, Eur 5672e, p 257-267.
- Henkens, Ch.H., 1979. Kunstmeststoffen en organische mest. Hoofdstuk 7.2.1 in Handboek voor Milieubeheer, deel Bodem, Vermande Zonen,

IJmuiden.

- Henselmans, J.V. en S. Algra, 1976. Fosfaatproductie en fosfaatgebruik in gebieden met bio-industrie. Natuur en landschap 30.
- Van Riemsdijk, W.H. and J. Lyklema, 1978. The reaction of phosphate with $\text{Al}(\text{OH})_3(\text{s})$, in Cepas 78 (ed. Nielsen, A.E.), p 110-113, (Medicinsk-Kenisk Institute Univ. of Copenhagen).
- Van Riemsdijk, W.H. and J. Lyklema. Phosphate sorption on oxides. J. Coll. Int. Sci. (in press).
- Vetter, H., und A. Klasin, 1972. Untersuchungen zu den Grenzen der Anwendung von Schweine- und Hühnergülle. Z. Landwirt. Forschung 27.

3.1.8. FOSFOR IN SEDIMENTEN

J.H.A.M. Steenvoorden, ICW, Wageningen

1. INLEIDING

Het bestuderen van de processen waarbij fosfor is betrokken vindt plaats vanwege de sleutelrol die fosfor speelt in het eutrofiëringsproces van oppervlaktewater. Een terugdringing van de P-belasting van het oppervlaktewater wordt in Nederland noodzakelijk geacht om een waterkwaliteit te verkrijgen die voor alle watergebruiksdoeleinden acceptabel is. In een aantal gebieden in Nederland vormt de toenemende P-produktie in dierlijke meststoffen een potentiële bedreiging voor de grondwaterkwaliteit en daardoor ook voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. Voor de huidige situatie kan worden gesteld dat van verontreiniging van het grondwater met fosfor door uitspoeling van meststoffen nog geen sprake is. Op grond van beschikbare gegevens zal het voorkomen van fosfor in de bodem en het grondwater worden geschetst. De bodem van een beek vormt een belangrijke zone omdat anaeroob grondwater daar overgaat in aeroob oppervlaktewater, hetgeen ook voor het opgeloste fosfor gevolgen kan hebben. Dit zal bij twee beken worden nagegaan. Voor een belangrijk deel zal de informatie worden geput uit onderzoek in het gebied van de Barneveldse Beek, dat is uitgevoerd in het kader van de werkzaamheden voor de Commissie Onderzoek Waterhuishouding Gelderland.

2. FOSFOR IN BODEM EN GRONDWATER

Fosfor komt in de bodem overwegend voor in de vorm van ortho-fosfaat. Bij natuurlijke gronden is het fosforgehalte doorgaans niet hoger dan 0,1 gewichts % P. Meestal is de bovengrond rijker aan P dan de ondergrond doordat de aanwezige vegetatie eenopwaarts gericht transport van P bewerkstelligt. In enkele Gelderse natuurgebieden varieerde het totaal-P gehalte in de bovenste 5 cm van de bodem van 0,01 % P voor veldpodzolen tot 0,03 à 0,04 % P voor beekkeergronden (BOTH, 1979). In het gebied van de Barneveldse Beek worden voor de

diepere zandondergrond waarden gevonden van 0,01 tot 0,03 % P. Op 8 à 10 meter diepte komt een lemige en humushoudende laag voor waarvan het gehalte ca. 0,08 % P bedraagt (VASAK, 1979). De P-gehalten in de toplaag van landbouwgronden worden geheel bepaald door het verschil tussen toevoer via meststoffen en ont-trekking door gewassen. Als gevolg hiervan ligt het totaal P-gehalte in de bo-
 vengrond meestal hoger dan 0,1 %. Meer informatie hierover vindt U in de bij-
 drage van De Haan.

Fosfor in grondwater komt voor in de vorm van het anorganische ortho-
 fosfaat, als polyfosfaat en organische fosforverbindingen. Het gehalte aan
 het anorganische ortho-fosfaat hangt van meerdere factoren af, zoals: zuur-
 graad, redoxpotentiaal (zuurstofhuishouding) en ionenconcentraties. Als ge-
 volg hiervan kunnen de fosfaatgehalten in het grondwater van Nederland sterk
 uiteenlopen. De laagste ortho-fosfaatgehalten worden gemeten in fluviatiele
 en glaciële sedimenten en bedragen $< 0,01 \text{ g.m}^{-3}\text{P}$ tot ca. $1,0 \text{ g.m}^{-3}\text{P}$. Bij ma-
 riene sedimenten kunnen de gehalten oplopen tot $5 \text{ g.m}^{-3}\text{P}$ (STEENVOORDEN en
 OOSTEROM, 1979). Voor het grondwater in het gebied van de Barneveldse Beek
 varieerden de gehalten van 0,00 tot $0,3 \text{ g.m}^{-3}\text{P}$. De zuurgraad van het water
 lijkt hierbij een belangrijke rol te spelen, zoals uit een grondwateronder-
 zoek van de WMG in de buurt van De Glindhorst blijkt (tabel 1).

Tabel 1. Ortho-P en totaal-P gehalte van het grondwater van 8 filters tot
 een diepte van 15 m beneden maaiveld, in afhankelijkheid van pH-
 traject

	pH = 5-6	pH = 6-8
Aantal filters	4	4
Ortho-P ($\text{g.m}^{-3}\text{P}$)	0,01	0,14
Totaal-P ($\text{g.m}^{-3}\text{P}$)	0,02	0,24

Bij sommige onderzoeken wordt bij een toenemende diepte in het grondwa-
 ter een stijging van het ortho-fosfaat gehalte geconstateerd. Dit geldt bij-
 voorbeeld voor de boring in het natuurterrein bij de Harskamp (VASAK, 1979).
 Ook hier gaat de verandering van het ortho-fosfaat gehalte in eerste instan-
 tie samen met wijziging van de zuurgraad (tabel 2). Beneden een diepte van
 11 meter is dit effect echter niet aanwezig.

Tabel 2. Gemiddelde ortho-P gehalten en zuurgraad voor het grondwater nabij de Harskamp op verschillende diepten beneden maaiveld. (Bemonsterd: 27/4/77, 1/9/77 en 12/4/78)

Diepte (m)	Zuurgraad (pH)	Ortho-P (g.m ⁻³ P)
3	5,7	0,02
4	5,6	0,02
6	7,5	0,04
7	7,8	0,04
11	7,9	0,05
14	6,7	0,16
17	7,8	0,15

Het gemiddelde ortho-fosfaat gehalte van het grondwater tot 10 meter diepte bedraagt ca. 0,10 à 0,15 g.m⁻³P. Het totaal-fosforgehalte kan nog beduidend hoger liggen zoals blijkt uit de gegevens van tabel 1.

Voor de verklaring van het gedrag van fosfaat aan het grensvlak grondwater/oppervlaktewater is enige informatie over het ijzergehalte van het grondwater van belang. Het bovenste grondwater tot 10 meter diepte in het gebied van de Barneveldse Beek kan over het algemeen als ijzerrijk worden gekarakteriseerd. De ijzergehalten bedragen meestal meer dan 1 g.m⁻³Fe en kunnen zelfs oplopen tot meer dan 15 g.m⁻³. Van de in totaal 162 uitgevoerde ijzeranalyses in grondwater ligt 24% boven 5 g.m⁻³Fe. Minder dan 1 g.m⁻³Fe is aangetroffen bij 35% van de monsters. Het restant van de monsters, ruim 40%, heeft gehalten tussen 1 en 5 g.m⁻³Fe.

3. FOSFORBERGING IN DE BODEM VAN BEKEN

Ortho-fosfaat kan uit water verdwijnen als gevolg van adsorptie- of precipitatieprocessen. Adsorptie blijkt ook een rol te kunnen spelen voor bepaalde hydrolyseerbare en organische P-verbindingen (BEEK, 1979). In oppervlaktewater kan bovendien bezinking optreden van afgestorven organismen, plantenresten en slib- of bodemdeeltjes. Bij dit laatste speelt de stroomsnelheid van het water en het soortelijk gewicht van de deeltjes een belang-

rijke rol. Om een beeld te krijgen van de fosforberging in de bodem van beken en van de processen die daarbij een rol spelen is in twee beken een nader onderzoek uitgevoerd, namelijk in de Kleine Barneveldse Beek (KBB) en in de Nattegatsloot bij Scherpenzeel. In verschillende trajecten van de beken zijn ongestoorde bodemonsters gestoken, aanvankelijk tot 30 cm diepte. Het totaal-P gehalte is bepaald volgens LYKLEMA en HIELTJES (1979) per schijf van 2-5 cm dikte. Bij de interpretatie van de resultaten moet rekening worden gehouden met uitgevoerde vernieuwingswerkzaamheden aan een deel van de KBB in 1973 en aan de Nattegatsloot in de vijftiger jaren. Bovendien is de belastingssituatie voor de verschillende trajecten geheel verschillend (tabel 3 en 4). In de nieuw gegraven leidinggedeelten van de KBB komen de laagste P-gehalten voor, en neemt het P-gehalte af met de diepte. In de oude leiding KBB-1, bovenstrooms van Barneveld, ligt het P-gehalte in de lagen dieper dan 12 cm op een beduidend hoger niveau dan in de nieuwe leidinggedeelten. Vanwege de hoge P-gehalten in de diepere lagen is een éénamlige bemonstering uitgevoerd tot ca. 1,50 m diepte in de KBB en de Nattegatsloot. De resultaten zijn gegeven in tabel 5. De P-gehalten voor de Nattegatsloot liggen vrijwel geheel in het traject dat geldt voor min of meer natuurlijke gronden. Bij de KBB kan boven een diepte van 60 cm van een duidelijk verhoogd P-gehalte worden gesproken. Een verhoogd P-gehalte gaat in deze beek samen met een verhoogd Fe-gehalte.

Tabel 3. Ligging van de monsterpunten voor onderzoek van beeksedimenten in de Kleine Barneveldse Beek (KBB) en Nattegatsloot (NS) en de aard der P-vervuilingsbronnen

Traject	Plaats	P-bron
KBB-1	stroomopwaarts van Barneveld, in oude leiding	diffuse bronnen
KBB-2	onmiddellijk ten W. van Barneveld, in nieuwe leiding	+ stadsvuil + riooloverstort
KBB-3	1000 m stroomafwaarts RWZI, in nieuwe leiding	+ effluent RWZI
NS-1	landelijk gebied	diffuse bronnen

Tabel 4. Totaal geborgen hoeveelheid fosfor ($\text{g.m}^{-2}\text{P}$) tot ca. 30 cm diepte en gemiddeld gehalte aan totaal-P (% van droge grond) in de verschillende lagen en voor verschillende trajecten in de Kleine Barneveldse Beek en Nattergatsloot (tussen haakjes het aantal bodemonsters)

Laag	KBB-1	KBB-2	KBB-3	NS-1
0 - 2 cm	0,128 (3)	0,042 (2)	0,089 (5)	0,069 (5)
2 - 7 "	0,024 (3)	0,038 (2)	0,039 (5)	0,025 (4)
7 - 12 "	0,008 (3)	0,026 (2)	0,060 (4)	0,026 (4)
12 - 17 "	0,042 (1)	0,003 (2)	0,040 (3)	0,010 (2)
17 - 22 "	0,109 (1)	0,004 (2)	0,022 (1)	-
22 - 27 "	0,239 (1)	-	0,016 (1)	-
Totaal geborgen	221	43	94	61

Tabel 5. Gehalte aan totaal-P (%) en totaal-Fe (%) in de droge grond van de verschillende beekbodemplagen van Kleine Barneveldse Beek en Nattergatsloot

Laag	Kleine Barneveldse Beek				Nattergatsloot	
	KBB-1		KBB-3		P	Fe
	P	Fe	P	Fe		
0 - 20 cm	0,040	0,68	0,036	0,30	0,010	0,28
20 - 40 "	0,109	0,73	0,143	1,20	0,014	0,30
40 - 60 "	0,119	1,25	0,026	0,50	0,005	0,23
60 - 80 "	0,022	0,60	0,033	0,75	0,004	0,18
80 - 100 "	0,013	0,36	0,034	0,60	0,007	0,19
100 - 120 "	0,008	0,31	0,021	0,38	0,006	0,19
120 - 140 "	0,006	0,19	0,014	0,31	0,008	0,21

Een belangrijke vraag die uit dit onderzoek resulteert is die over de herkomst van het fosfaat in de beeksedimenten van met name de KBB. Het zou afkomstig kunnen zijn van het uittredende grondwater dat rijk is aan fosfaat en ijzer, maar ook van geïnfiltriseerd vervuild oppervlaktewater. In een voortgezet onderzoek is gebleken dat de verhoogde P-gehalten in de laag 0-2 cm (tabel 4) zeer waarschijnlijk samenhangen met "bezinking" van fosfaat uit oppervlaktewater in perioden met lage stroomsnelheden. Het detrituslaagje dat dan wordt afgezet op de zandbodem heeft een totaal-P gehalte van ca. 0,4 gew. %. De verklaring van de verhoogde P-gehalten op grotere diepten

moet waarschijnlijk meer worden gezocht bij afzetting van het fosfaat in het uittredende grondwater dan bij infiltratie van afvalwater, omdat infiltratie in dit gebied kwantitatief van weinig betekenis is.

5. SAMENVATTING

Bij het doorslaan van het bodemfilter voor fosfaat worden de processen in het grondwater en in de overgangszone van grondwater naar oppervlaktewater van belang voor de kwaliteit van het oppervlaktewater. In de bodemsedimenten van beken komen plaatselijk aanzienlijke hoeveelheden fosfor voor, die zowel afkomstig kunnen zijn van het uittredende fosfaat- en ijzerrijke grondwater als van P-bronnen die direkt het oppervlaktewater belasten. De hydrologische situatie maakt een belangrijke bijdrage van infiltratie van oppervlaktewater aan de P-berging onwaarschijnlijk.

6. LITERATUUR

- BEEK, J., 1979. Proefschrift LH Wageningen
BOTH, J.C., 1979. Concept rapport RIN
LYKLEMA, L. en HIELTJES, A.H.M., 1979. H_2O :12, 18, 390-397
STEENVOORDEN, J.H.A.M. en OOSTEROM, H.P., 1979. H_2O 12, 2, 33-40
VASAK, L., 1979. Basisrapport ten behoeve van Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland

3.1.9. STIKSTOFBALANS EN LANDBOUWECOSYSTEMEN

J.H.A.M. Steenvoorden, ICW, Wageningen

1. INLEIDING

Landbouw is in Nederland de belangrijkste vorm van bodemgebruik. Van de totale bodemoppervlakte is 68% in gebruik als cultuurgrond. Voor de provincie Gelderland is dit percentage 64%. Mede hierdoor kan het landbouwkundig bodemgebruik een belangrijke invloed hebben op de kwaliteit van bodem en water. Dit effect wordt nog versterkt door de toegenomen intensivering in de landbouw, hetgeen bijvoorbeeld blijkt uit de veranderingen in mestproduktie door mestkalveren en varkens, oppervlakte snijmais en het kunstmest-N gebruik (tabel 1).

Voor de kwaliteit van het grondwater kunnen de gevolgen van de verhoogde dierlijke meststoffenproduktie en kunstmest-N gebruik van groot belang zijn. Nitraat, dat gevormd wordt als laatste verbinding in het mineralisatieproces, is namelijk zeer mobiel in de bodem. Uitspoeling van nitraat naar het grondwater kan gevolgen hebben voor de geschiktheid van het grondwater uit het oogpunt van de drinkwatervoorziening. Bovendien kan een verhoogde uitspoeling leiden tot een verhoogde stikstofbelasting van oppervlaktewateren. In welke mate het verhoogde N-gebruik in de landbouw zal leiden tot een verhoogde emissie naar grond- en oppervlaktewater hangt van vele factoren en processen af, zoals: bodemgebruik, grondsoort, bemestingsniveau, produktieniveau, bedrijfsvoering, ontwateringssituatie en biochemische processen in de ondergrond.

In de volgende hoofdstukken van deze bijdrage zal worden ingegaan op de stikstofbalans van het rundveebedrijf en van bouwland, waarbij in het bijzonder aandacht wordt besteed aan de nitraatgehalten van het grondwater.

2. STIKSTOFBALANS VAN HET RUNDVEEBEDRIJF

De minerale stikstofbalans voor het grasland van een rundveebedrijf omvat de volgende posten van toevoer en onttrekking:

T o e v o e r:

1. dierlijke meststoffen
2. kunstmest
3. neerslag
4. stikstofbinding (symbiontisch)
5. mineralisatie (van wortelmassa, oogstverliezen, humus)

O n t t r e k k i n g:

6. gewasproductie (opname door vee, maaien, oogstverlies)
7. wortelmassa
8. denitrificatie
9. ammoniakvervluchtiging uit dierlijke mest
10. humificatie
11. uitspoeling

Bij het rundveebedrijf is een grote hoeveelheid stikstof in circulatie via eigen ruwvoederwinning en bemesting met organische mest. Daarnaast wordt echter stikstof in het bedrijf geïmporteerd via kunstmest, neerslag, biologische binding van luchtstikstof en via elders aangekochte krachtvoer en ruwvoer. Afvoer van stikstof vindt plaats via opname door het vee, denitrificatie, vervluchtiging en uitspoeling.

Op het Regionaal Onderzoek Centrum Cranendonck te Maarheeze (N.Br.) is in de jaren 1977 tot 1979 een onderzoek uitgevoerd (FONCK, 1979) naar de stikstofhuishouding van een aantal percelen die verschillen in beweiding, bemesting en waterhuishouding zoals grondwaterstanden en beregening. Het bodemprofiel kan worden gekenmerkt als een humusarm, leemarm profiel, dat goed doorlatend is en een gering vochtleverend vermogen heeft. Van 3 percelen wordt in tabel 2 de grootte vermeld van de toevoer- en onttrekkingsposten bij de minerale stikstofbalans voor het groei- en uitspoelingsseizoen maart 1977 - maart 1978. Er treden grote verschillen op in beweidingsintensiteit en daardoor ook in de toevoer van dierlijke meststoffen. Exclusief de bijdrage van het mineralisatieproces komt een hoeveelheid minerale stikstof in omloop die varieert van circa 600 tot 1000 kg N.ha⁻¹. Het grootste aandeel hierin heeft kunstmest met gemiddeld 46%, gevolgd door dierlijke mest met 32%. De resterende 22% van de toevoer wordt geleverd door mineralisatie van gewas- en wortelresten (15%), neerslag (2%) en biologische N-binding (5%). Onttrekking aan de minerale stikstof-pool vindt voor circa 54% plaats ten behoeve van produktie van gewas en wortelmassa, terwijl 18%

denitrificeert en 11% uitspoelt naar het grondwater. Wordt de uitspoeling voor alle 8 onderzochte percelen berekend ten opzichte van de minerale N-toevoer, dan is in '77/'78 circa 9% uitgespoeld en in het iets nattere jaar '78/'79 (250 mm grondwatervoeding) ongeveer 14%.

De gemiddelde nitraat concentraties in het bovenste grondwater van de percelen 5A, 6A en 21 zijn respectievelijk: 39, 32 en 25 g.m⁻³ N. Er is een goede overeenkomst met de gehalten die STEENVOORDEN en OOSTEROM (1979) hebben gemeten voor andere rundveebedrijven op zandgrond bij een vergelijkbaar N-niveau. Uit onderzoek blijkt eveneens dat bij gelijkblijvend bemestingsniveau de nitraatconcentratie van het grondwater daalt naarmate de bovengrond zwaarder en humeuzer wordt. De stikstofbalans voor een intensief rundveebedrijf op kleigrond, zoals vermeld in tabel 3 (HENKENS, 1977), is hiermee in overeenstemming. Bij het extensieve en intensieve bedrijf op kleigrond bedraagt de uitspoeling 5% van de toegevoerde hoeveelheid stikstof.

3. STIKSTOFBALANS VOOR BOUWLAND

De stikstofbalans voor bouwland is iets eenvoudiger van opzet dan die voor grasland doordat de posten biologische stikstofbinding en vervluchtiging van ammoniak buiten beschouwing kunnen blijven. Als voorbeelden van een stikstofbalans worden opgevoerd de verbouw van bieten op kleigrond en die van snijmais op zandgrond (tabel 4). De gegevens over snijmais hebben betrekking op een proefveld op het Regionaal Onderzoek Centrum Cranendonck te Maarheeze (N.Br.) waarbij wordt nagegaan welke de effecten zijn van de drijfmestdosering voor opbrengst en samenstelling van het gewas en verontreiniging van bodem en grondwater. De bemesting van snijmais met 50 ton rundveedrijfmest en 100 kg kunstmest-N per hectare kan landbouwkundig verantwoord worden genoemd (snijmais-1, tabel 4). De gift van 300 ton rundveedrijfmest (snijmais-2) is een voorbeeld van overdosering van stikstof. In geval van toediening van landbouwkundig verantwoorde giften ligt de totale minerale stikstoftoevoer bij bouwland op een beduidend lager niveau dan bij grasland. Bedraagt de hoeveelheid minerale stikstof in omloop,

exclusief de mineralisatie van humus in de bodem, voor intensief benut grasland jaarlijks ongeveer $800 \text{ à } 1000 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ N}$, voor bouwland met een intensief teeltplan is deze niet veel hoger dan $400 \text{ à } 450 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ N}$ (tabel 2, 3 en 4). De absolute verliezen naar de ondergrond op eenzelfde grondsoort zijn voor bouwland desondanks groter dan voor grasland. Op kleigrond leidt de verbouw van bieten tot een uitspoeling van 58 kg N.ha^{-1} , terwijl bij een intensief rundveebedrijf 44 kg N.ha^{-1} verloren gaat naar de ondergrond (tabel 3,4). Op zandgrond spoelt bij de maisteelt (snijmais-1, tabel 4) ongeveer 130 kg N.ha^{-1} uit, terwijl bij de intensief geëxploiteerde graslandpercelen op Cranendonck gemiddeld over de jaren 1977 tot 1979 $90 \text{ à } 100 \text{ kg N.ha}^{-1}$ is afgevoerd naar het grondwater. Een belangrijke oorzaak van het verschil tussen bouwland en grasland is het braakliggen van bouwland gedurende de winterperiode. Wordt de uitspoeling uitgedrukt in procenten van de berekende minerale stikstoftoevoer dan is deze voor bieten op kleigrond 13%, voor snijmais op zand bemest met 50 ton rundveedrijfmest en $100 \text{ kg kunstmest-N}$, 33% en voor snijmais bemest met 100 tot 300 ton drijfmest 25%. De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater onder de snijmaisobjecten op zandgrond varieerden van $40 \text{ g.m}^{-3} \text{ N}$ bij de laagste dosering tot $140 \text{ g.m}^{-3} \text{ N}$ bij de hoogste. Voor kleibouwland heeft HENKENS (1977) in het drainwater gehalten gevonden van gemiddeld circa $20 \text{ g.m}^{-3} \text{ N}$.

4. NITRAAT IN HET DIEPERE GRONDWATER

In de vorige twee hoofdstukken is geconstateerd dat het landbouwkundig gebruik van de bodem een verhoogde belasting van het bovenste grondwater (tot circa 2 meter diepte) met nitraat tot gevolg heeft. De vraag kan worden gesteld welke de gevolgen hiervan zijn voor de chemische samenstelling van het dieper gelegen grondwater. Gedurende het verblijf in het grondwater kan de nitraatconcentratie dalen door verdunning met grondwater dat lagere gehalten heeft of door denitrificatie waarbij nitraat langs biochemische weg wordt omgezet in stikstofgas. De rol van de verdunningseffekten is veelal af te leiden uit de verlaging van het gehalte van een conservatieve verbinding zoals chloride. Over het optreden van denitrificatie in de ondergrond is weinig met zekerheid bekend. Voor het optreden van

denitrificatie moet aan een aantal voorwaarden zijn voldaan, zoals:

- er moet een H-donor aanwezig zijn voor de reductie van nitraat tot stikstofgas
- de zuurgraad dient bij voorkeur in het pH-traject van 6-8 te liggen
- de geschikte bacteriepopulatie moet aanwezig zijn
- de temperatuur moet hoger zijn dan 3 à 5 °C

Ten aanzien van de eerste voorwaarde speelt organische stof veelal de rol van H-donor. De informatie die beschikbaar is over het voorkomen van nitraat van enige betekenis in het diepere grondwater in het gebied van de Barneveldse Beek is weergegeven in tabel 5. Van de 12 boringen tot circa 12 meter diepte die zijn uitgevoerd (VASAK, 1979) wordt bij 4 boringen nitraat aangetroffen tot een diepte die varieert van 2 tot 7 meter. Op grotere diepte wordt bij alle boringen slechts sporen nitraat aangetoond. Het gevaar voor nitraat uitspoeling naar grotere diepten lijkt in dit deel van het gebied niet groot als gevolg van het geschikte milieu voor denitrificatie in de ondergrond en de geohydrologische situatie. De omstandigheden kunnen echter van gebied tot gebied verschillen en daardoor ook de kans op uitspoeling van nitraat naar grotere diepten.

5. SAMENVATTING

De benutting van de toegediende stikstof voor gewasproductie en de verliezen die optreden naar het grondwater zijn sterk afhankelijk van factoren zoals: grondsoort, bodemgebruik, bemestingsniveau, produktieniveau, aard van de meststoffen en geohydrologische situatie. Voor het grasland van een rundveebedrijf en voor bouwland wordt nagegaan hoe de minerale stikstofbalans is samengesteld. Op de verontreiniging met NO_3^- van het ondiepe grondwater wordt voor de verschillende landbouw-ecosystemen ingegaan. Informatie over het voorkomen van NO_3^- in het diepere grondwater van het Barneveldse Beekgebied wordt gegeven.

LITERATUUR

- C.B.S., 1978. Algemene milieustatistiek 1975-1976. Centraal Bureau voor de Statistiek, 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 233 pp.
- FONCK, H., 1979. Een onderzoek naar de grootte van de samenstellende posten van de stikstofbalans op enkele graslandpercelen van de proefboerderij Cranendonck te Maarheeze. Nota 1137, ICW, 82 pp.
- HENKENS, CH.H., 1977. Agro-ecosystems in the Netherlands. In: Agro-ecosystems 4, 1 en 2, 79-97
- ICW, 1979. Archiefgegevens
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. en H.P. OOSTEROM, 1979. Fosfaat- en stikstofbalansen voor oppervlaktewater in polders en beekgebieden. H_2O (12), 2, 33-40
- VASAK, L., 1979. De chemische samenstelling van het grondwater in het Barneveldse Beekgebied. Basisrapport ten behoeve van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland, Arnhem, 33 pp.

Tabel 1. Ontwikkelingen in de provincie Gelderland ten aanzien van de mestproduktie door mestkalveren en varkens en van de oppervlakte snijmais, bovendien voor Nederland de ontwikkeling van het kunstmest-N gebruik per ha cultuurgrond (CBS,1978)

		1965	1970	1973	1974	1975
Mestkalveren (10 ⁶ kg)	Westelijke Veluwe	84,4	278,7	265,6	287,2	310,3
	Oostelijke Veluwe	12,7	49,7	53,3	51,0	57,7
	Noordelijke Achterhoek	25,7	30,6	33,1	32,4	32,5
	Zuidelijke Achterhoek	11,4	13,5	13,6	11,9	11,2
	Gelderland	163	453,2	443,3	459,6	493,4
Varkens (10 ⁶ kg)	Westelijke Veluwe	226,6	467,8	528,7	612,4	688,3
	Oostelijke Veluwe	79,4	109,6	117,6	116,7	127,6
	Noordelijke Achterhoek	383,2	616,4	762,7	812,7	875,6
	Zuidelijke Achterhoek	227,0	370,1	410,7	433,5	466,2
	Gelderland	1424,8	2324,1	2682,3	2892,7	3159,1
Snijmais (ha)	Gelderland	765	1813	11720	16784	16968
Kunstmest (kg N.ha ⁻¹)	Nederland	124	161	150	164	173

Tabel 2. Stikstofbalans van drie percelen op R.O.C. Cranendonck over het jaar maart 1977 - maart 1978 en enkele perceelsgegevens met betrekking tot waterhuishouding en beweiding (FONCK, 1979)

Perceel	5A	6A	21	5A	6A	21
Berekening in zomer	+	+	-			
Gem.winter grondw.st. (cm -mv)	122	85	50			
Grondwatervoeding (mm)	235	210	222			
Beweiding (grootveedgn. ha ⁻¹)	1600	694	499			
<u>Toevoer</u>	kg N.ha ⁻¹	kg N.ha ⁻¹	kg N.ha ⁻¹	%	%	%
1) dierlijke meststoffen ^{a)}	374	218	211	37	26	34
2) kunstmest	446	435	259	43	52	42
3) neerslag	20	20	20	2	2	3
4) stikstofbinding	40	40	40	4	5	6
5) mineralisatie van planten- en wortel- resten	144	126	94	14	15	15
6) mineralisatie humus	?	?	?	?	?	?
Totale toevoer	1024	837	624	100	100	100
<u>Onttrekking</u>						
6 vervluchtiging NH ₃	34	23	19	4	4	5
6 gewasopname	590	349	192	62	55	46
7 wortelmasa	77	75	72	8	12	17
8 denitrificatie	154	120	75	16	19	18
10 humificatie	?	?	?	?	?	?
11 uitspoeling	92	67	56	10	10	14
Totale onttrekking	947	634	414	100	100	100
Toevoer-onttrekking	+ 77	+205	+210			

a)inclusief nawerking van mest in voorgaande jaren toegediend

Tabel 3. Jaarbalans voor de minerale stikstof van een extensief (0,86 koeien.ha⁻¹) en een intensief (4 koeien.ha⁻¹) rundveebedrijf op kleigrond (HENKENS, 1977)

<u>Toevoer</u>	Extensief		Intensief	
	kg N.ha ⁻¹	%	kg N.ha ⁻¹	%
1. dierlijke meststoffen	56	25	325	37
2. kunstmest	0	0	400	46
3. stikstofbinding	120	54	0	0
4. neerslag	14	6	14	2
5. mineralisatie van plantenresten op land	32	15	132	15
Totale toevoer	222	100	871	100
<u>Onttrekking</u>				
6. vervluchtiging NH ₃	7	3	38	5
7. denitrificatie	49	22	192	27
8. gewasopname (netto)	158	70	450	62
9. uitspoeling	11	5	44	6
Totale onttrekking	225	100	724	100
Toevoer-onttrekking	-3		147	

Tabel 4. Jaarbalans voor de minerale stikstof van bouwland met:

a) bietengewas op kleigrond en hoog kunstmestgebruik (HENKENS, 1977)

b) snijmais op zandgrond voor een normale bemesting (1) en een hoge drijfmestgift (2) (STEENVOORDEN en OOSTEROM, 1979)

Toevoer:	Bieten		Snijmais-1	Snijmais-2
	kg N.ha ⁻¹	%	kg N.ha ⁻¹	kg N.ha ⁻¹
1) kunstmest	305	70	100	0
2) dierlijke mest	-	-	240 ^{a)}	1460 ^{b)}
3) stikstofbinding	0	0	0	0
4) neerslag	14	3	20	20
5) mineralisatie: wortel- en bladresten	71	16	31	37
humus	45	11	?	?
Totale toevoer	435	100	391	1517
Onttrekking:				
6) denitrificatie	71	19	?	?
7) vervluchtiging NH ₃	0	0	0	0
8) gewas opname	195	53	175	210
9) wortelmassa	-	-	26	32
10) uitspoeling	58	16	130	345
11) humificatie	45	12	?	?
Totale onttrekking	369	100	331	587
Toevoer-onttrekking	+66		+60	+930

a) 50 ton rundveedrijfmest

b) 300 ton rundveedrijfmest

Tabel 5. Analyseresultaten van het grondwater op verschillende diepten bij boringen in het gebied van de Barneveldse Beek (VASAK, 1979; ICW, 1979)

Boring	Diepte (m -mv.)	NO_3^- (g.m ⁻³)	Cl^- (g.m ⁻³)
8 (natuur)	3	5	12
	4	6	12
	5	4	13
	6	7	15
	7	7	15
	11	0	10
11 (bouwland)	2	134	59
	3	93	33
	4	43	33
	5	35	32
	6	0,2	23
7 (gras)	2	118	38
	3	39	36
	4	0	32
6 (gras)	1	152	79
	2	0,5	35
Achterveld (gras)	1,5	275	42
	2	520	49
	3	490	50
	4	0	46
	5	0	41

3.1.10. BESTRIJDINGSMIDDELEN IN GRONDWATERSTROMINGSSYSTEMEN

H. de Heer en M. Leistra, I.O.B., Wageningen

1. INLEIDING

Een overzicht van ziekten en plagen in de land- en tuinbouw en de daartegen gebruikte bestrijdingsmiddelen wordt gegeven in de „Gids voor ziekten- en onkruidbestrijding in land- en tuinbouw” (Plantenziektenkundige Dienst, 1979).

Het aantal toegelaten bestrijdingsmiddelen (aktieve stoffen) bedraagt ruim 250. Deze middelen worden verhandeld onder vele honderden handelsnamen. Alleen toegelaten middelen mogen worden toegepast, tevens is het doel waarvoor ze gebruikt mogen worden nauwkeurig vastgelegd. De besluitvorming over de toelatingen wordt voorbereid in werkgroepen van de Commissie voor Fytofarmacie. In deze Commissie zijn drie ministeries vertegenwoordigd: Landbouw en Visserij, Volksgezondheid en Milieuhygiëne en Sociale Zaken. Bij de oordeelsvorming in het kader van de toelatingen zijn twee hoofdaspekten te onderscheiden:

- een middel moet deugdelijk zijn voor het gestelde doel,
- er mogen geen onaanvaardbare nevenwerkingen optreden.

In de laatste jaren wordt er meer aandacht besteed aan de nevenwerkingen van het gebruik van bestrijdingsmiddelen (milieuaspekten).

De besluitvorming over de toelating in waterwingebieden wordt behandeld in een werkgroep „Waterwingebieden” van de Commissie voor Fytofarmacie. Deze groep stelt landelijke adviezen op over de toelaatbaarheid van bestrijdingsmiddelen in Beschermingszone II. De Werkgroep concentreert zich op het beoordelen van de kans op uitspoelen van bestrijdingsmiddelen en hun omzettingsprodukten uit de bewortelingszone van bijvoorbeeld 1 m dikte (Leistra, 1978).

2. ROUTE VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN NAAR GRONDWATER

Bestrijdingsmiddelen kunnen enerzijds door uitspoeling uit de bewortelingszone en anderzijds door infiltratie van verontreinigd oppervlaktewater een eventuele grondwaterverontreiniging opleveren.

De kans op uitspoeling van bestrijdingsmiddelen uit de bewortelingszone wordt in hoge mate bepaald door de adsorptiecoëfficiënt, de snelheidscoëfficiënt voor omzetting in de grond, eigenschappen van de grond, klimatologische omstandigheden en door plantengroei. De mate van grondwaterverontreiniging door uitspoeling onder verschillende omstandigheden kan sinds enige tijd worden geschat met rekenmodellen (Leistra &

Dekkers, 1976). In het bijzonder zijn bestrijdingsmiddelen met een lage adsorptiecoëfficiënt, gecombineerd met een lage afbraaksnelheid geneigd om uit te spoelen. Beweging van zulke verbindingen naar de ondergrond wordt aanzienlijk groter als er geen plantengroei is of als ze worden toegepast in de herfst (Leistra, 1975).

Slechts enkele herbiciden (zoals dalapon, paraquat en diquat) mogen in ons land onder speciale condities rechtstreeks in het oppervlaktewater worden toegepast. De meeste bestrijdingsmiddelen echter zullen het oppervlaktewater alleen op indirectie (onbedoelde) wijze kunnen bereiken. Enkele voorbeelden zijn:

- via inlaat van Rijnwater,
- via afvalwaterlozingen van bedrijven,
- via reiniging van spuitapparatuur,
- door overwaaiing van spuitnevels.

Door inzijging (infiltratie) kunnen bestrijdingsmiddelen in anaërobe slootbodems en eventueel in de ondergrond terecht komen (De Heer, 1979).

3. GEDRAG VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN IN GRONDWATER

Beschouwingen over het transport van bestrijdingsmiddelen in de grondwater, voorzover ze daarin terecht komen, lopen grotendeels parallel aan die voor andere verontreinigende stoffen. De waterstroming wordt sterk bepaald door de plaatselijke omstandigheden. De afremming van het transport van verbindingen door adsorptie wordt mede bepaald door de samenstelling van de diepere lagen, die per gebied sterk kan verschillen. Uitgaande van deze samenstelling kan een schatting gemaakt worden van de adsorptiecoëfficiënten. Een belangrijk gegeven per bestrijdingsmiddel of omzettingsprodukt is de omzettingssnelheid in diepere lagen en de daarbij gevormde verbindingen. Onderzoek hierover heeft nog weinig plaats gevonden.

In enkele gevallen is geconstateerd dat de omzettingssnelheid duidelijk afnam met toenemende diepte in het bodemprofiel (Leistra, 1978).

De snelheden van omzetting van twee organische fosfor insecticiden (azinfosmethyl en dimethoat), werden bestudeerd na inkubatie (20°C) in systemen bestaande uit oppervlaktewater en anaëroob slootbodem materiaal en systemen met alleen oppervlaktewater (De Heer, 1979). De omzettingssnelheden van beide insecticiden waren in het oppervlakte-

water en anaërobe slootbodem-systeem ongeveer 10 x zo groot als in het oppervlaktewatersysteem zonder slootbodem materiaal.

Voorspellingen over de aard van de omzettingsprodukten en de snelheden van de omzettingen onder anaërobe omstandigheden zijn voor de meeste verbindingen moeilijk te doen. Voor de verbindingen die in het grondwater terecht kunnen komen zijn speciale incubatie-experimenten nodig, waarbij getracht moet worden om de veldsituatie waarvoor de vraagstelling geldt zo goed mogelijk na te bootsen.

4. NORMEN VOOR BESTRIJDINGSMIDDELEN IN GRONDWATER EN DRINKWATER

De Raad van de Europese Gemeenschappen gaf in 1975 normen voor bestrijdingsmiddelen en verwante verbindingen in drinkwater. De maximaal toelaatbare concentratie van het totaal aan deze verbindingen werd gesteld op 0.5 mg m^{-3} . De maximaal toelaatbare concentratie per afzonderlijke stof werd in de richtlijn gesteld op 0.1 mg m^{-3} .

Het vaststellen en hanteren van mede op onderzoek gefundeerde normen voor bestrijdingsmiddelen in grondwater zou een verantwoorde besluitvorming zeer ten goede komen.

Met het oog op de enorme verschillen de in toxiciteit tussen de verschillende verbindingen is het zeer wenselijk rekening te houden met de toxische eigenschappen van de verschillende stoffen.

5. CONCLUSIES

- Rekenmodellen kunnen thans redelijk goede schattingen opleveren over de eventuele emissie van bestrijdingsmiddelen en omzettingsprodukten naar grondwater.
- Voorspellingen over de aard van de omzettingsprodukten en de snelheden van de omzettingen onder (anaërobe) grondwater omstandigheden zijn voor de meeste verbindingen moeilijk te doen. Een beoordeling per verbinding is dan ook op zijn plaats. Voorzover nodig dienen geschikte incubatieproeven te worden opgezet om informatie te verschaffen over de omzettingssnelheden van verbindingen in het grondwater.
- Er is behoefte aan mede op onderzoek gebaseerde normen voor bestrijdingsmiddelen in grondwater.

6. LITERATUUR

- De Heer, H., 1979. Measurements and computations on the behaviour of the insecticides azinphos-methyl and dimethoate in ditches. Agric. Res. Rep. (Versl. Landbouwk. Onderz.) 884 Pudoc Wageningen, ISBN 90 220 0695 6. (XIV) + 176 p., 55 figs, 55 tables, 142 refs, Eng. and Dutch summaries.
- Leistra, M., 1975. Computed leaching of pesticides from soil as influenced by high rainfall plant growth and time of application. Agric. Environm. 2: 137-146.
- Leistra, M. & W.A. Dekker, 1976. Computed leaching of pesticides from soil under field conditions. Water, Air, Soil Pollut. 5: 491-500.
- Leistra, M., 1978. Toepassing van bestrijdingsmiddelen en grondwaterkwaliteit. Cursus Grondwaterkwaliteit 1977-1978. Delft. Stichting Postakademiale Vorming Gezondheidstechniek.
- Plantenziektenkundige Dienst, 1979. Gids voor ziekten- en onkruidbestrijding in land- en tuinbouw, Wageningen.

3.1.11. OPPERVLAKE AFVOER

J.H.A.M. Steenvoorden en J. Buitendijk, ICW, Wageningen

1. INLEIDING

Onder oppervlakte-afvoer wordt in deze bijdrage verstaan de afvoer van neerslag over het bodemoppervlak naar open water. Transport van neerslag naar open water kan de volgende oorzaken hebben:

- a) sneeuwtransport door wind, waarbij veelal ophoping optreedt in sloten;
- b) de neerslagintensiteit overtreft de infiltratiesnelheid van de bovengrond.
Oppervlakte-afvoer treedt op, terwijl het profiel nog niet verzadigd is;
- c) de bodem is geheel verzadigd en de bergingscapaciteit op het maaiveld is benut. De neerslagintensiteit overtreft de drainafvoerintensiteit.

Voor de Nederlandse situatie zullen voornamelijk de oorzaken b) en c) ten grondslag liggen aan het optreden van oppervlakte-afvoer. De waterbalans voor deze situaties luidt:

$$R = P - E - I - S$$

waarbij: R = oppervlakte-afvoer

P = neerslag

E = evapotranspiratie

I = infiltratie

S = berging

Uit deze waterbalans kan worden opgemaakt dat bij vergelijking van meerder gebieden met dezelfde weersomstandigheden (P en E hebben dezelfde waarden) de

grootste hoeveelheid oppervlakte-afvoer zal voorkomen op gronden met de laagste infiltratiesnelheid en de geringste bergingsmogelijkheden in het profiel en op het maaiveld. In het gebied van de Barneveldse Beek vallen de slechter ontwaterde lemige zandgronden zeker in de categorie gronden waar het verschijnsel oppervlakte-afvoer zich regelmatig kan voordoen. Deze gronden zijn veelal in gebruik als grasland.

Over neerslag en verdamping is reeds veel informatie beschikbaar. De kwantitatieve kennis over oppervlakte-afvoer in Nederland is zeer gering. Meer inzicht in dit proces is niet alleen van belang voor het kwaliteitsbeheer van het oppervlaktewater, maar ook voor het kwantitatieve beheer van de beperkte grondwatervoorraden.

2. KWANTITATIEVE BETEKENIS VAN OPPERVLAKTE-AFVOER

Met behulp van het elektronisch analogon van WIND (1979), genaamd ELAN, is voor een reeks van jaren de grootte van de oppervlakte-afvoer berekend voor een lemige zandgrond. Het is een analoog model voor de simulatie van niet-stationaire onverzadigde verticale stroming van vocht in gronden. Het is met name goed toepasbaar in situaties waarbij de grond niet te droog is. De probleemstelling is dan ook beperkt tot de berekening van de oppervlakte-afvoer in de periode 1 september tot 1 juni. Oppervlakte-afvoer in Nederland zal zich ook hoofdzakelijk in deze periode voordoen in verband met de grotere bergingsmogelijkheid in het profiel gedurende de zomer. Bij gebruik van het model zijn de volgende gegevens ingesteld:

- a) de $k(\psi)$ -relatie van de grond, ofwel de relatie tussen de vochtdoorlatendheid in onverzadigde toestand (k) en de vochtspanning (ψ);
- b) de ontwateringsdiepte ten opzichte van maaiveld;
- c) het ontwateringscriterium, ofwel de relatie tussen de drainafvoer en de opbolling van het grondwater midden tussen twee drains of sloten;
- d) de bergingscapaciteit op het maaiveld;
- e) de bergingscapaciteit in het profiel bij het begin van de berekening;
- f) neerslag en verdampingsgegevens.

ad a) De berekeningen zijn uitgevoerd met een lemige zandgrond, waarvan de vochtdoorlatendheid bij een vochtspanning van 0 (k_0) gelijk is aan 3 cm.dag^{-1} . De waarde van α , uit $k = k_0 e^{\alpha\psi}$ van RIJTEMA (1965), is $0,025 \text{ cm}^{-1}$. Ter vergelijking met andere gronden vermeldt WIND (1979) de volgende waarden:

	k_0	α
matig fijn zand	110	0,082
veen	5,3	0,104
keileem	0,98	0,025
humeus lemig zand	1,0	0,027

- ad b) De hier gepresenteerde resultaten hebben alle betrekking op een ontwateringsdiepte van 70 cm -mv.
- ad c) Het ontwateringscriterium is zodanig gesteld dat bij genoemde ontwateringsdiepte en een opbolling van 50 cm midden tussen drains of sloten drainafvoerintensiteiten optreden van respectievelijk 3, 5 en 8 mm.dag⁻¹.
- ad d) Bergingscapaciteiten op het maaiveld zijn aangenomen van respectievelijk 1, 3, 5, 7 en 9 mm.
- ad e) De bergingscapaciteit in het profiel bij het begin van de berekening is gebaseerd op de maandelijkse gegevens van neerslag en evapotranspiratie voor grasland. De evapotranspiratie is gelijk gesteld aan 0,8 maal de open water verdamping volgens Penman. Het maximale vochttekort is gesteld op 150 mm.
- ad f) De daggegevens over neerslag en open water verdamping (E_0) zijn gebruikt van het station De Bilt. De dagwaarden voor E_0 zijn afgeleid uit de decadecijfers met behulp van de stralingsgegevens.

Uit de resultaten voor de verschillende jaren (Tabel 1) blijkt dat er zeer grote variaties kunnen optreden in de grootte van de oppervlakte-afvoer. De jaren 1961/1962 en 1965/1966 zijn topjaren met afvoeren van respectievelijk 69 en 93 mm. Geen oppervlakte-afvoer is berekend voor de jaren 1971/1972, 1973/1974 en 1975/1976. Gemiddeld voor de 18 jaren die zijn doorgerekend bedraagt de oppervlakte-afvoer 22,4 mm.jaar⁻¹. Bij de resultaten moet men bedenken dat ze betrekking hebben op een slechte ontwateringssituatie en een profiel met een slechte vochtdoorlatendheid. De gesimuleerde situatie komt globaal overeen met die van het ICW-proefbedrijf voor oppervlakte-afvoer in Achterveld nabij de Barneveldse Beek. De ontwatering van de 80 m brede percelen vindt plaats door circa 70 cm diepe greppels (OOSTEROM, 1979). De verhouding (A) drainafvoer (cm.dag⁻¹)/opbolling (cm) voor de gegevens in Tabel 1 bedraagt 0,010. Veel drainagesystemen in Nederland zijn ontworpen met $A = 0,014$. Dit komt bijna overeen met de situatie van 8 mm drainafvoer

per dag bij 50 cm opbolling (Tabel 2). De hoeveelheid oppervlakte-afvoer in 1961/1962 zou bij deze ontwateringssituatie meer dan gehalveerd zijn. Een slechtere ontwateringssituatie met $A = 0,006$ (Tabel 2) leidt tot een oppervlakte-afvoer van 118 mm in 1961/1962.

Uit maaiveldshoogtemetingen en berekeningsexperimenten is gebleken dat een berging op het maaiveld van 5 mm reëel is voor het proefbedrijf in Achterveld. De invloed van de maaiveldsberging op de hoeveelheid oppervlakte-afvoer is aangegeven in Fig. 1. Voor 1961/1962 betekent een verandering van de berging met 1 mm gemiddeld een wijziging in de oppervlakte-afvoer met circa 6 mm.jaar^{-1} . De mate waarin de oppervlakte-afvoer wijzigt bij verandering van de ontwateringssituatie of de maaiveldsberging wordt uiteraard in belangrijke mate bepaald door de neerslagverdeling en -intensiteit.

3. SAMENVATTING

Voor het kwantitatief grondwaterbeheer is informatie over de grootte van oppervlakte-afvoer gewenst. Met behulp van het elektronisch analogon ELAN van WIND (1979) is voor een lemige zandgrond nagegaan welke oppervlakte-afvoer optreedt bij verschillende ontwateringssituaties en waarden voor de maaiveldsberging. Een gemiddelde van $20 \text{ à } 30 \text{ mm.jaar}^{-1}$ lijkt reëel voor de afgelopen 20 jaar bij een slechte ontwateringssituatie.

4. LITERATUUR

- OOSTEROM, H.P. 1979. Opzet en uitvoering van een onderzoek naar oppervlakte-afvoer op lage zandgrond. Nota ICW 1149, Wageningen.
- RIJTEMA, P.E. 1965. An analysis of actual evapotranspiration. Agric. Res. Rep. 659. Pudoc, Wageningen. 107 pp.
- WIND, G. 1979. Analog modelling of transient moisture flow in unsaturated soil. Agric. Res. Rep. 894. Pudoc, Wageningen. 123 pp.

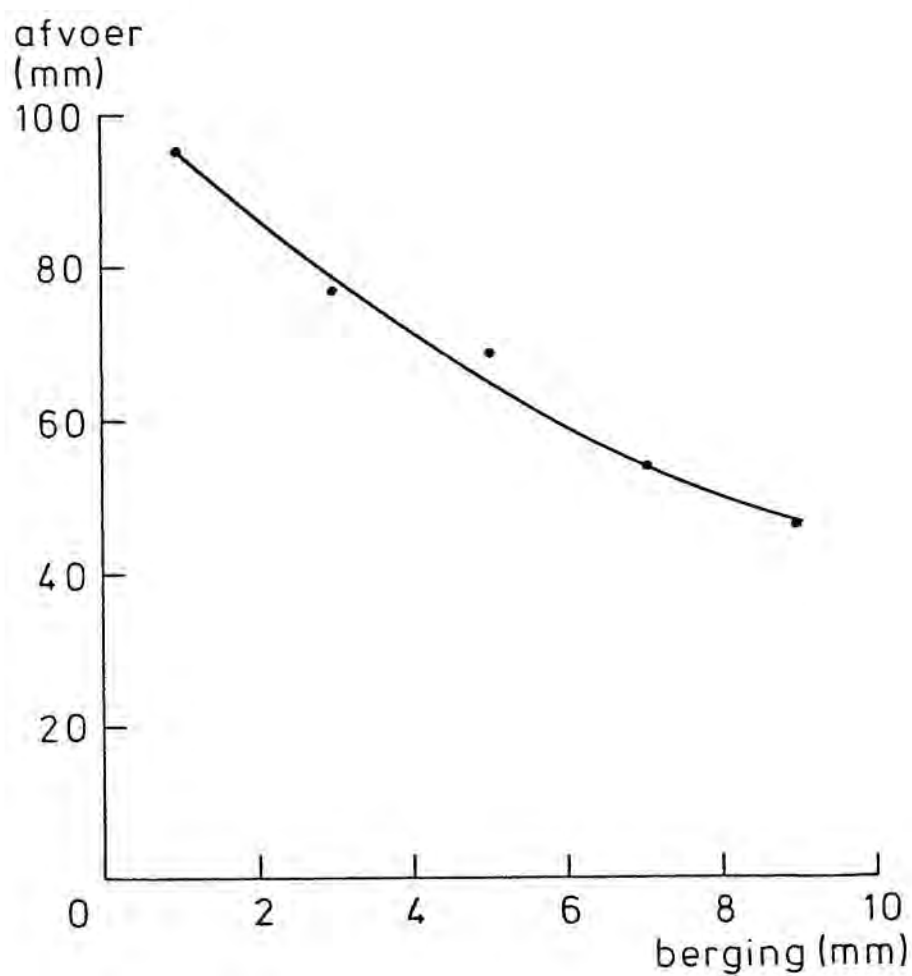
Tabel 1. De hoeveelheid oppervlakte-afvoer (mm) in de periode 1 september - 1 juni voor de jaren 1961/1962 tot 1978/1979. Grond: lemig zand; ontwateringsdiepte 70 cm -mv; drainafvoer 5 mm.dag⁻¹ bij een opbolling van 50 cm; berging op maaiveld 5 mm

Jaar	Oppervlakte-afvoer mm	Jaar	Oppervlakte-afvoer mm
1961/1962	69	1970/1971	6
1962/1963	4	1971/1972	0
1963/1964	6	1972/1973	7
1964/1965	35	1973/1974	0
1965/1966	93	1974/1975	28
1966/1967	44	1975/1976	0
1967/1968	43	1976/1977	4
1968/1969	20	1977/1978	20
1969/1970	10	1978/1979	15
Totaal gemiddeld voor de periode 1961/1962 - 1978/1979: 22,4 mm.jaar ⁻¹			

Tabel 2. De hoeveelheid oppervlakte-afvoer (mm) in de periode 1 september 1961 - 1 juni 1962 voor drainafvoeren van 3,5 en 8 mm.dag⁻¹ en een opbolling van 50 cm; berging op maaiveld 5 mm; draindiepte 70 cm -mv

	Ontwateringscriterium		
	3	5	8
Oppervlakte-afvoer	118	69	30

Fig. 1. Invloed van de maaiveldsberging (mm) op de hoeveelheid oppervlakte-afvoer (mm) in de periode 1 september 1961 - 1 juni 1962 voor een maatgevende drainafvoer van 5 mm.dag^{-1} bij een opbolling van 50 cm -mv; draindiepte 70 cm -mv.



G.J.W. Krajenbrink, vakgroep Hydrogeologie en Geografische Hydrologie
van het Instituut voor Aardwetenschappen Vrije Universiteit

1. Inleiding

Met behulp van de natuurlijke radioactieve isotopen tritium en koolstof-14 is een onderzoek verricht naar de leeftijden en het stromingspatroon van het grondwater in de Gelderse Achterhoek ten westen van de lijn Aalten-Lichtenvoorde-Groenlo : het Pleistocene bekken.

Dit gebied is uitgekozen vanwege zijn relatief eenvoudige opbouw en omdat er reeds betrekkelijk veel onderzoek is verricht. Het is tevens de bedoeling om enige veronderstellingen die mede gebaseerd zijn op vroeger onderzoek te toetsen.

Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met het Laboratorium voor Isotopenfysica van de Rijksuniversiteit te Groningen.

2. Het gebruik van natuurlijke isotopen

In het algemeen worden natuurlijke isotopen bij grondwateronderzoek gebruikt voor de indirecte bepaling van de herkomst (zuurstof-18) en het bewegingspatroon en de verblijftijd (tritium, koolstof-14) van het grondwater.

Onder natuurlijke omstandigheden schommelt de tritium ($^3\text{H.T}$)-concentratie in de neerslag rond de 5TU (1 Tritium Unit is een concentratie van $^3\text{H}/\text{H} = 10^{-18}$).

Ten gevolge van de kernwapenexplosies ('52-'63) is de T-concentratie in de neerslag sterk gestegen : tijdelijk tot het 1000-voudige van de natuurlijke concentratie. Op dit moment is de concentratie teruggelopen tot het 10-voudige van de natuurlijke concentratie.

Het tritium uit de neerslag kan als een radioactieve merkstof gevolgd worden in het grondwater. In de oorspronkelijke, natuurlijke situatie was er een relatie tussen de leeftijd van het grondwater en de T-concentratie omdat T vervalt met een snelheid die bepaald wordt door de halveringstijd. Sinds de kernexplosies varieert de T-concentratie sterk zodat eenvoudige leeftijdsbepalingen niet meer mogelijk zijn. Door menging met 1 % recent water (na 1950 is de gemiddelde T-concentratie ± 140 TU) wordt de natuurlijke concentratie al geheel verstoord. Tritium kan echter nog wel gebruikt worden voor het stellen van grenzen aan een ouderdom of het bepalen van minimumleeftijden. Dit is mogelijk omdat het verloop van de T-concentratie in de neerslag van de laatste 30 jaar dus vanaf het begin van de kernproeven betrekkelijk goed bekend is.

De koolstof-14-concentraties in de atmosfeer, de oceaan en het levend materiaal zijn onder natuurlijke omstandigheden bij benadering constant.

Door de kernproeven is ook het ^{14}C -gehalte van de atmosfeer sterk gestegen, tijdelijk tot een factor 2 boven normaal.

Het CO_2 dat ontstaat door ontleding van plantenresten in de bodem is betrekkelijk jong en heeft dus een vrijwel natuurlijke ^{14}C -concentratie. Dit CO_2 wordt meegenomen door het infiltrerende water. Onderweg verlopen tal van processen die samen de uiteindelijke concentratie van de anorganische koolstof in het water (CO_2 , HCO_3 , CO_3) bepalen. Deze processen bepalen ook de concentratie van de anorganische koolstof-14 in het jonge grondwater.

Als de oorspronkelijke ^{14}C -activiteit (a_o^{14}) van materiaal dat koolstof bevat - zoals grondwater - bekend is en verder de vervalsnelheid van ^{14}C , kan uit de huidige activiteit (a_m^{14}) de ouderdom berekend worden.

Het probleem bij ^{14}C -dateringen van grondwater is steeds hoe groot het uitgangs ^{14}C -gehalte van het geïnfiltreerde (recente) grondwater is geweest.

Bij dit onderzoek is voor de berekening (reconstructie) van a_0^{14} gebruik gemaakt van het berekeningsmodel van W.G. Mook uit Groningen. In dit model wordt ervan uitgegaan dat de ^{14}C concentratie in het grondwater hoofdzakelijk bepaald wordt door de oplossing van kalk door CO_2 en verder door de uitwisseling tussen bicarbonaat en CO_2 .

Is a_0^{14} berekend dan levert de gemeten ^{14}C -activiteit - a_m^{14} - de ouderdom van het water

$$T = -8270 \ln \frac{a_m}{a_0}.$$

3. Hydrogeologie van de Achterhoek

De grove afzettingen van de formatie van Urk, de fluvioglaciale afzettingen van de formatie van Drente en de formatie van Kreftenheye vormen samen het voornaamste watervoerende pakket in de Achterhoek. De ondergrens van dit pakket wordt gevormd door slecht doorlatende afzettingen uit het Tertiair. De minder goed doorlatende dekzanden van de formatie van Twente worden soms als de bovengrens van de aquifer beschouwd (figuur 1).

In het pleistocene bekken varieert de dikte van het watervoerend pakket van 10 m in het oosten tot 40 m in het westen. Plaatselijk - bijvoorbeeld in de begraven riviergeul van Winterswijk naar Dinxperlo - kan het pakket dikker zijn.

Meer in detail bezien bestaat het watervoerende pakket uit lagen van sterk wisselende doorlatendheid. De doorlaatfactor (k) kan variëren van 10 tot meer dan 1000 m/dag.

Uit isohypsenpatronen is af te leiden dat het grondwater in de Achterhoek regionaal gezien in de richting van de IJssel, de Oude IJssel en de Berkel stroomt. De isohypsenpatronen van het diepe grondwater (filters meer dan 5 m -m.v.) en het ondiepe grondwater (filters minder dan 5 m -m.v.) verschillen niet zoveel.

De stijghoogteverschillen tussen het diepe en het ondiepe grondwater zijn over het algemeen niet groot.

De afstand tussen de primaire ontwaterende leidingen (beken) kan in de Achterhoek nogal sterk variëren. In het centrum liggen de beken op ± 12 km van elkaar, terwijl dat in het overige deel van de Achterhoek ongeveer 3 à 4 km is.

Doordat tussen de primaire leidingen kleine beken en sloten voorkomen, die alleen in de winter water afvoeren, varieert het grondwaterstromingspatroon met de seizoenen.

Aansluitend bij de terminologie van grondwaterstromingsmodellen kunnen we in de Achterhoek globaal drie soorten stroomsystemen onderscheiden.

- een regionaal stroomstelsel met stroming van het diepe grondwater naar de IJssel, de Oude IJssel en de Berkel; hierbij fungeert het hele bekken als infiltratiegebied;
- een intermediair stelsel : het neerslagoverschot gaat voornamelijk via dit stelsel naar sloten en beken;
- een lokaal stelsel : de stroming begint in relatief hoog gelegen gebieden (stuwheuvelds, dekzandruggen), lokale infiltratie.

4. Opzet en uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek werd toegespitst op enkele karakteristieke gebieden die hydrologisch gezien verschillen vertonen. Het betreft de volgende gebieden (figuur 2) :

- het westelijk gedeelte van de Achterhoek : ongeveer ten westen van de lijn Hengelo-Doetinchem; regionaal gezien is dit een kwelgebied;
- het centrum van de Achterhoek : het gebied rond Zelhem en Halle; een infiltratiegebied;
- 'het Goor' : een kwelgebied aan de voet van het Tertiaire Oost-Nederlands plateau, ten westen van de lijn Aalten-Lichtenvoorde;
- een begraven glaciële riviergeul in het zuiden van de Achterhoek, die van Winterswijk via Aalten naar Dinxperlo loopt.

De verwachting is dat de leeftijd van het diepe grondwater in het eerste gebied relatief hoog zal zijn omdat het water van het regionale systeem daar een lange gemiddelde looptijd zal hebben.

In het centrum van de Achterhoek verwachten we dat de sterke voeding van het regionale systeem tot op grote diepte merkbaar zal zijn in de vorm van relatief lage leeftijden. In het Goor, een kwelgebied met min of meer stagnerend grondwater en een afvoer van het neerslagoverschot door een dicht slotennet, verwachten we relatief hoge leeftijden. Wat we in de begraven riviergeul met zijn grote doorlatendheid en wellicht drainerende werking kunnen verwachten met betrekking tot grondwaterleeftijden is moeilijk te zeggen.

Voor het onderzoek zijn monsters genomen uit 26 waarnemingsputten met 37 filters op verschillende dieptes, variërend van ongeveer 2 m tot 48 m -m.v. (figuur 3). Het merendeel der filters bevindt zich op dieptes van meer dan 20 m -m.v.

De koolstof-14 en tritium-analyses zijn verricht door het Laboratorium voor Isotopenfysica te Groningen.

5. Resultaten

De gereconstrueerde oorspronkelijke ^{14}C -concentraties variëren nogal. Om de leeftijden van het water van de diverse monster met elkaar te kunnen vergelijken is gerekend met eenzelfde gemiddelde a_0 voor alle monsters : 62,4 pmc (percent of modern carbon). Hiervan uitgaande vinden we in het Pleistocene bekken van de Achterhoek op dieptes van meer dan 20 m -m.v. (soms al vanaf 10 m -m.v.) leeftijden in de orde van 2000 - 5500 jaar. Hoewel de ^{14}C -leeftijden hoog zijn komen er soms in de diepe filters nog relatief hoge T-concentraties voor : in de orde van 5-30 TU.

In de ondiepe filters komen nog hogere T-concentraties voor, rond de 100 TU, hetgeen daar wijst op een belangrijke component recent water.

Slechts in het centrale deel van de Achterhoek is er in het diepere grondwater een aanduiding voor een leeftijdspatroon in horizontale zin. De leeftijd is er gemiddeld wat lager dan in de omringende gebieden.

De leeftijden in de zeer goed doorlatende begraven riviergeul in het zuiden zijn over het algemeen vrij hoog in de orde van 2500-4000 jaar. Wel is er in enkele diepe filters in de geul veel tritium gevonden. In een filter op 45 m -m.v. bijvoorbeeld bijna 30 TU.

Opvallend is dat er in het onderzoeksgebied, soms ook over korte afstand, grote sprongen in de leeftijd voorkomen.

Plaatselijk worden over een afstand van 1 km leeftijdsverschillen in de orde van 1000-3000 jaar gevonden.

6. Hydrologische interpretatie

De gemeten concentraties en de berekende leeftijden maken het volgende hydrologische beeld waarschijnlijk.

In het algemeen is er in het onderzochte gebied op grotere diepten, in ieder geval dieper dan 20 m -m.v., sprake van een grondwaterreservoir dat slechts een betrekkelijk geringe verjongende invloed ondergaat van het infiltrerende neerslagoverschot. Met andere woorden de gemiddelde verblijftijd van het water in dit reservoir is groot.

Een zeer groot deel van het neerslagoverschot stroomt op betrekkelijk geringe dieptes af naar de ontwaterende leidingen, ook in het infiltratiegebied waar de beken op relatief grote afstand van elkaar liggen.

Anders gezegd, het stromingsbeeld is zodanig dat bijna alle stroomlijnen zich in het bovenste deel van het watervoerende pakket bevinden. Dit zou kunnen betekenen dat de afstroming vooral plaatsvindt bij hoge grondwaterstanden met veel drainerende leidingen.

Omdat er zo weinig filters in de verticaal voor bemonstering beschikbaar waren, kan dit beeld nog niet verder uitgewerkt worden.

Dat het diepere grondwaterreservoir wel gevoed wordt (met recent water) mogen we wellicht afleiden uit het plaatselijk aanwezig zijn van relatief veel tritium tot op grotere dieptes.

Grondwateronttrekkingen kunnen hierbij ook een rol spelen. Het nogal discontinue leeftijds patroon kan de volgende oorzaken hebben :

1. Een grote heterogeniteit van de ondergrond en lokale reliëfverschillen. Dit resulteert dan in een snelle afwisseling van stagnerend en meer of minder snel stromend grondwater.
2. Een kunstmatige oorzaak zoals lokale grondwaterwinningen door industrieën, waterleidingbedrijven en particulieren.

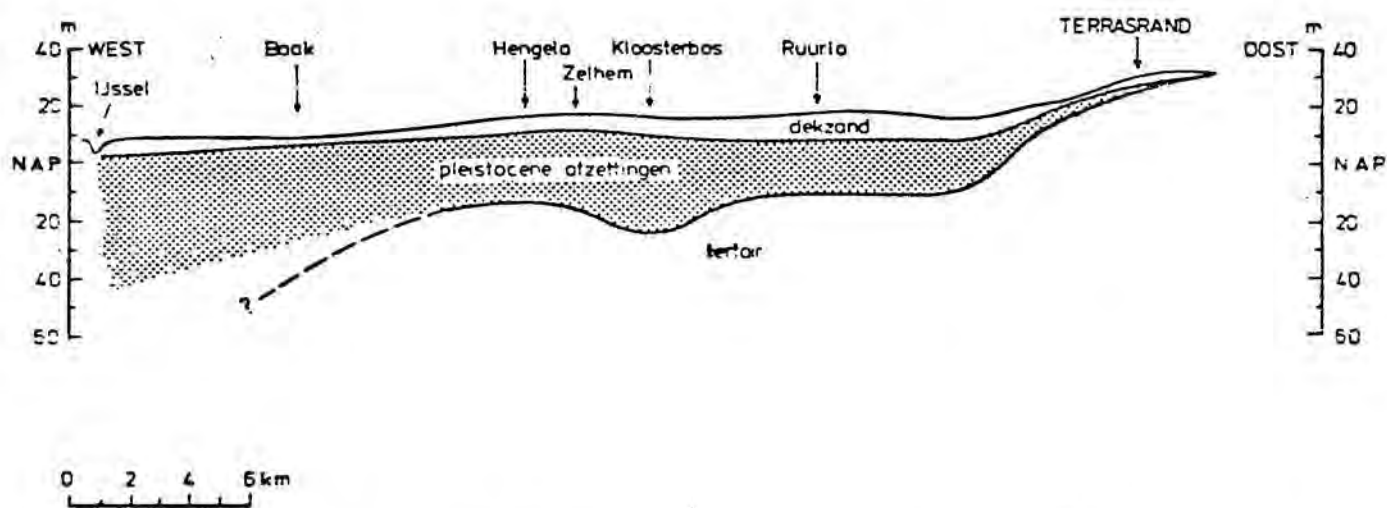


Fig 1 Vereenvoudigd geologisch profiel van oostelijk Gelderland.
(uit: grondwaterkaart van Nederland, TNO, 1972)

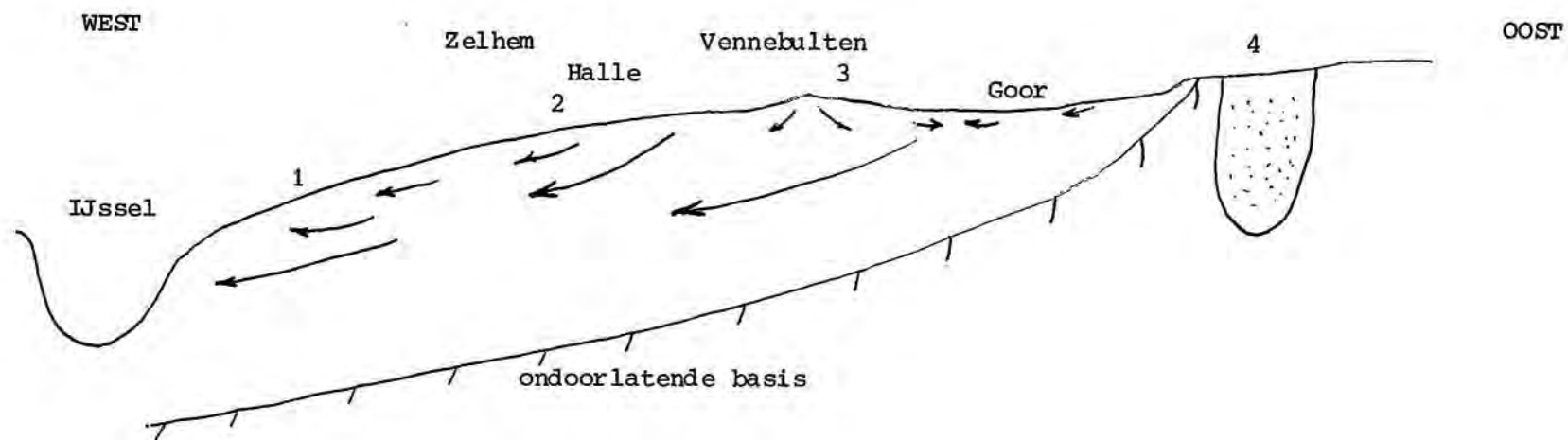


Fig. 2 Topografisch hydrologisch profiel
met sterk geschematiseerd stromingspatroon.

3.1.13. WINPLAATS EN ONDERZOEK ACHTERHOEK

ir. W. van Duijvenbooden, RID

In het kader van de activiteiten van de Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland werd een onderzoek ingesteld naar de kwaliteitsverandering van het grondwater dat gewonnen wordt op een aantal pompstations in de Achterhoek. Hierbij werd tevens aandacht geschonken aan de kwaliteit van het grondwater in dit gebied, waarbij in het bijzonder werd gelet op de invloed van het menselijk handelen daarop. Voor het pompstation "De Pol" bij Doetinchem werd de plaatselijke situatie meer in detail geanalyseerd.

Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van analysegegevens aanwezig in het Geohydrologisch Archief van het RID. Deze gegevens werden statistisch bewerkt. Parameters waaraan aandacht werd geschonken zijn Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , N, de hardheid en de geleidendheid. Voor het onderzoek werden voorts talrijke gegevens verstrekt door de Waterleidingmij Oostelijk Gelderland (WOG). Aanvullend veldonderzoek werd door het RID uitgevoerd in samenwerking met de WOG en de Provinciale Waterstaat Gelderland.

Uit het onderzoek bleek ondermeer dat alhoewel de kwaliteit van het grondwater in eerste instantie wordt bepaald door de samenstelling van het neerslagoverschot, door menselijke activiteiten zodanig veel stoffen aan de bodem kunnen worden toegevoegd dat uitspoeling daarvan naar het grondwater overheersend wordt voor de kwaliteit van het grondwater. Dit is veelal het geval in agrarische gebieden en in gebieden met woonbebouwing. Het voorkomen van enkele parameters wordt echter vooral bepaald door de bodemgesteldheid en de geohydrologie. In dit verband kunnen HCO_3^- en in mindere mate de hardheid genoemd worden. De minerale belasting van het grondwater blijkt in natuurgebieden kleiner en in gebieden met woonbebouwing groter dan in streken met een agrarisch gebruik van de bodem (zie tabel 1).

In natuurgebieden en in gebieden met een agrarisch karakter blijken zowel in het bovenste als in het diepere gedeelte van het watervoerend pakket de gemid-

delden van de waargenomen concentraties na 1950 hoger te zijn dan voor 1950. In woongebieden is het tegendeel het geval (zie tabel 2).

In woongebieden is verder sprake van een met de diepte afnemende minerale belasting van het grondwater. In de overige gebieden is slechts een afname van het sulfaatgehalte met de diepte duidelijk aantoonbaar, maar er zijn aanwijzingen dat dit ook voor diverse andere parameters het geval is.

Kwaliteitsveranderingen van het grondwater in natuurgebieden zullen in principe slechts kunnen worden veroorzaakt door wijzigingen in de samenstelling van het neerslagoverschot. Ten aanzien van het regenwater zijn echter niet genoeg gegevens beschikbaar om voldoende inzicht te verkrijgen in het verloop van de kwaliteit met de tijd. Uitzonderingen hierop vormen het voorkomen van sulfaat en stikstof met daaraan gekoppeld de zuurgraad. In de overige gebieden kunnen met name veranderingen van de sulfaatconcentraties in het grondwater mogelijk mede verklaard worden uit de kwaliteit van de neerslag. De juiste invloed van kwaliteitsveranderingen van de neerslag op de kwaliteit van het grondwater in agrarische- en woongebieden is voor de overige beschouwde parameters wegens het ontbreken van voldoende gegevens moeilijk na te gaan.

Waarschijnlijk is dit effect in vergelijking met andere beïnvloedingen beperkt.

Voor vrijwel alle pompstations in de Achterhoek is sprake van een geleidelijke achteruitgang van de kwaliteit van het gewonnen grondwater. Deze kwaliteitsverandering mag echter niet uitsluitend worden toegeschreven aan optredende veranderingen in de kwaliteit van het grondwater. Ten gevolge van de winning van grondwater en uitbreiding daarvan is sprake van een verbreding en vergroting van het intrekgebied. Hierdoor zal vaak grondwater van een andere samenstelling naar het pompstation kunnen stromen en de kwaliteit van het gewonnen grondwater beïnvloeden. Veelal is hierbij sprake van een percentagegewijs afnemende aantrekking van grondwater uit natuurgronden bij een toenemende ont-trekking vanuit agrarische gronden en woongebieden (zie tabel 3).

Het geschetste verschijnsel bleek aantoonbaar door bemonstering en analyse van grondwater uit de diverse pompputten. Hierbij is inzicht vereist in de kwaliteit van het grondwater in de diverse deelgebieden. Bij toenemende winning bestaat eveneens de mogelijkheid van het in versterkte mate aantrekken van grondwater afkomstig uit watervoerende pakketten gelegen boven of onder het pakket van waaruit wordt gewonnen. Bij aantrekken van dieper grondwater is veelal slechts sprake van een toenemende hardheid. Aantrekken van ondiep grondwater heeft veelal als gevolg dat het chloride-gehalte van het ruwwater toeneemt.

Tabel 1.

Invloed van de landbouw en geconcentreerde bebouwing op de grondwaterkwaliteit in Salland.

		NATUUR	LANDBOUW	WOONKERN
SALLAND (15-40 m -m.v.)				
Cl ⁻	mg/l	12	30	42
SO ₄ ²⁻	mg/l	10	26	60
NH ₄ ⁺	mg/l	1,8	5,4	2,9
Na ⁺	mg/l	10	20	30

Tabel 2

Gemiddelden van een aantal parameters, gerelateerd aan het bodemgebruik.

	m -m.v.	periode	steden	landbouw	natuur
Cl ⁻ mg/l	10 -22,5	1900-1975	51,9	34,2	24,4
Cl ⁻ mg/l	22,5-40	1900-1975	43,4	33,0	21,7
Cl ⁻ mg/l	10 -40	voor 1950	56,9	23,7	19,1
Cl ⁻ mg/l	10 -40	na 1950	37,2	35,3	25,0
SO ₄ ⁻ mg/l	10 -22,5	1900-1975	56,5	44,5	22,9
SO ₄ ⁻ mg/l	22,5-40	1900-1975	44,3	30,9	17,7
SO ₄ ⁻ mg/l	10 -40	voor 1950	64,3	30,9	15,3
SO ₄ ⁻ mg/l	10 -40	na 1950	43,0	38,4	22,0
tot. hardh.meq/l	10 -22,5	1900-1975	4,68	3,86	3,04
tot. hardh.meq/l	22,5-40	1900-1975	4,61	4,18	2,79
tot. hardh.meq/l	10 -40	voor 1950	5,25	2,96	2,11
tot. hardh.meq/l	10 -40	na 1950	4,82	4,86	3,54
NH ₄ ⁺ mg/l	10 -22,5	1900-1975	1,36	0,55	0,23
NH ₄ ⁺ mg/l	22,5-40	1900-1975	0,61	0,64	0,28
NH ₄ ⁺ mg/l	10 -40	voor 1950	1,5	0,38	0,15
NH ₄ ⁺ mg/l	10 -40	na 1950	0,88	0,7	0,34
CO ₂ mg/l	10 -22,5	1900-1975	22	18,9	11,8
CO ₂ mg/l	22,5-40	1900-1975	31,8	19,1	12,9
CO ₂ mg/l	10 -40	voor 1950	23,8	13,7	15,7
CO ₂ mg/l	10 -40	na 1950	23,3	20,3	11,4

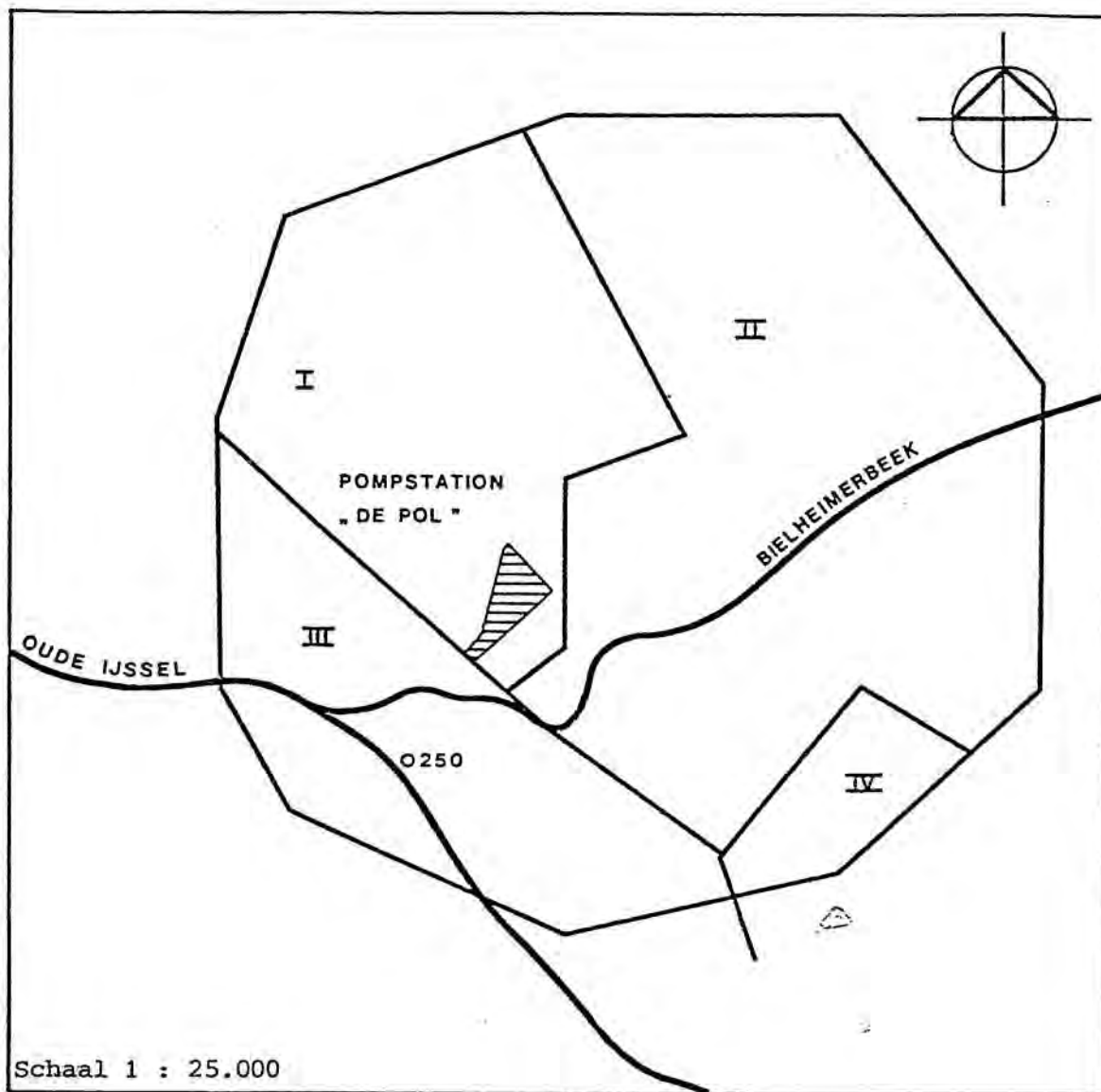
Tabel 3

Gemiddelde ruwwaterkwaliteit van een tiental pompstations van de N.V. Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland.

Pompstation	geleidingsvermogen (mS/m)	KNO ₃ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	CO ₂ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Tot. Hardh. (°D)	Hoofdtype bodemgebruik ^{x)}
1. Hengelo 't Klooster	347	10	25	0,5	10	0,29	11,9	24,3	186	11	landbouw 18% bos, 82% lb
2. Ruurlo	513	8	46	16,3	12,5	0,07	20,5	55,3	206,8	14,1	landbouw 15% bos, 60% lb, 25% stad
3. Barfsen	440	13,1	33,4	2,6	11	0,31	15,6	41,6	211	12,7	landbouw 9% bos, 85% lb, 6% stad
4. Hengelo I	348	14,2	23,3	0,76	14,5	0,34	9,5	13,8	199,2	10,5	landbouw
5. Vorden	356	11,4	23,6	0,8	15,7	0,36	11	28	187,4	10,5	natuur 48% bos, 51% lb, 1% stad
6. Borculo	522	24,3	31	0,36	53,7	1,62	16,4	28,8	308,8	15,7	stedelijk
7. Lochem	275	1,9	25,2	18,1	6,4	0,01	12,5	34,8	94,5	7	natuur 22% bos, 52% lb, 26% stad
8. Zutphen	650	14	76,5	1,9	25,2	0,86	57,6	39,2	290	14,9	stedelijk
9. Olden Eib.	416	14,5	38,4	0,5	18	0,47	15,1	47	181,7	12,3	landbouw 7% bos, 93% lb
a. vóór 1950	290	20,1	24,1	0,5	22,6	0,38	-	18,3	161	9,1	
b. na 1950	422	14,4	38,8	0,5	17,8	0,47	-	48,7	183	12,4	
10. De Pol	442	11,5	31,3	0,5	23,9	0,36	17,9	36,2	235	13,1	landbouw
a. vóór 1950	389	12,9	21,2	0	33,5	0,34	18,6	14,4	248	12,3	13,5% bos, 74,5% lb, 12% st.
b. na 1950	464	10,9	36,6	0,5	19,8	0,37	17,6	45,4	230	13,6	

x) percentages overgenomen
van ICH-nota 797

Bij beschouwing van de situatie rondom pompstation "De Pol" blijkt dat het intrekgebied qua bodemgebruik en bodemsamenstelling in een aantal deelgebieden kan worden verdeeld waarin de kwaliteit van het grondwater verschilt (zie figuur 1 en 2). In de loop van de tijd blijkt voor diverse deelgebieden sprake te zijn van een toenemende minerale belasting van het grondwater. Ook over de hoogte zijn duidelijke kwaliteitsverschillen aantoonbaar (zie figuur 3). Gedurende de eerste 20 jaren van de winning werd in de loop der jaren naar verhouding steeds minder water aangetrokken vanuit de natuurgebieden. Na deze periode werd min of meer een evenwichtsituatie bereikt. De kwaliteit en kwaliteitsverandering van het op het pompstation gewonnen grondwater blijkt volledig verklaard te kunnen worden uit de verandering van het



VERKLARING: I NATUURGEBIED
 II LANDBOUWGROND (DEKZAND LANDSCHAP)
 III LANDBOUWGROND (DAL OUDE IJSSEL)
 IV WOONBEBOUWING

Figuur 1

Locatie waarnemingsputten en deelgebieden.

intrekgebied en de kwaliteitsverandering per deelgebied (figuur 4).

De stromingsbeelden tonen aan dat bovenstrooms van de stuwen in de Oude IJssel en Bielheimerbeek sprake kan zijn van infiltratie van oppervlaktewater naar het grondwater. Dit stromingspatroon wordt echter niet bevestigd door de resultaten van het kwaliteitsonderzoek.

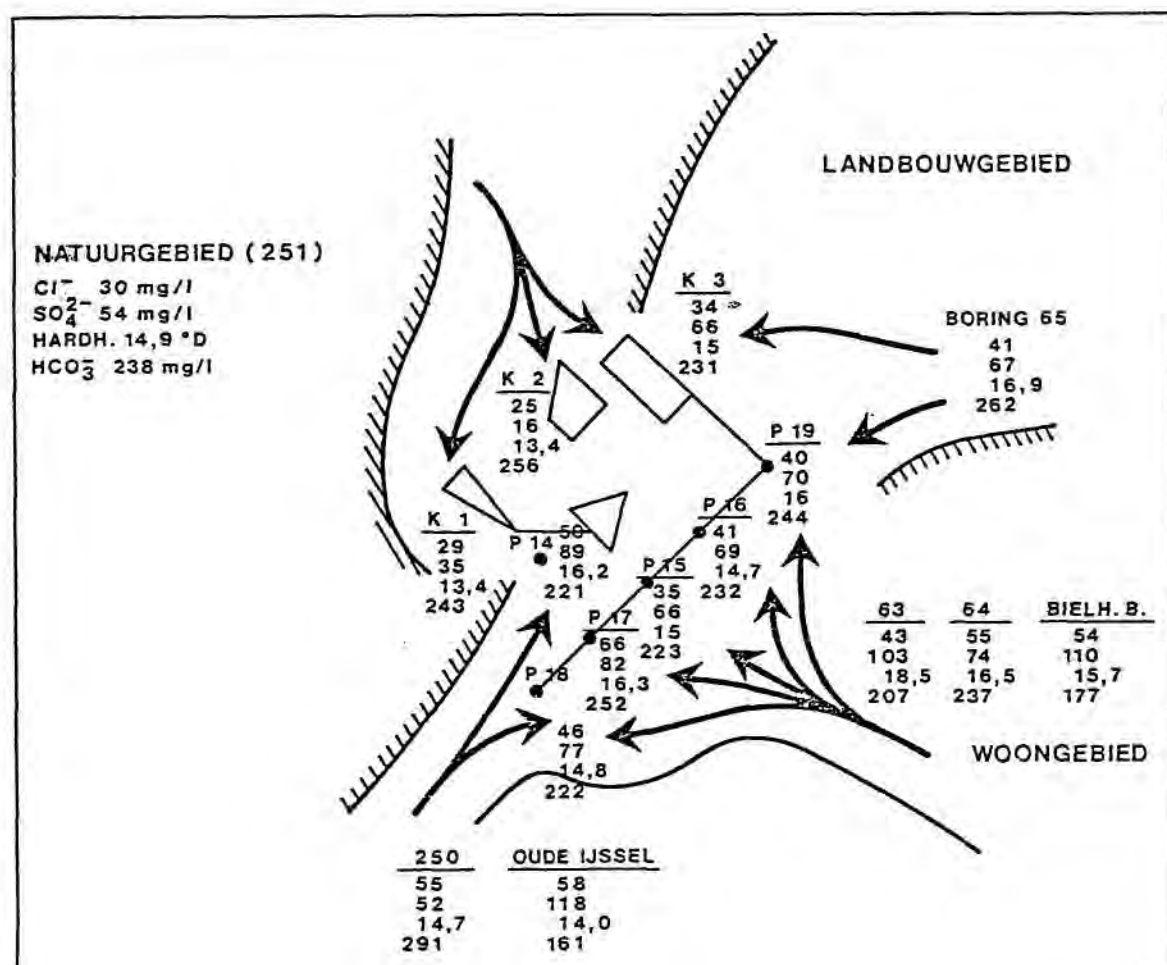
Een relatie is aantoonbaar tussen de kwaliteit van het per pompput gewonnen grondwater en de herkomst van dit grondwater.

Voorspellingen omtrent de toekomstige kwaliteit van het gewonnen grondwater kunnen worden gedaan door een regelmatige monitoring van het grondwater in de diverse deelgebieden en een verdere ontwikkeling en toepassing van de bij deze studie gebruikte of andere grondwatermodellen. Hierbij dient ook aandacht te worden geschonken aan mogelijke effecten ten gevolge van de gelaagdheid van de ondergrond en eventueel optredende bodemprocessen. Een meer fundamentele benadering waarbij uitgegaan wordt van de in de loop der tijd aan de bodem toegevoegde en nog toe te voegen stoffen lijkt vooralsnog, gezien de hiervoor in onvoldoende mate ter beschikking staande gegevens, niet goed mogelijk.

lit: Duijvenbooden W. van

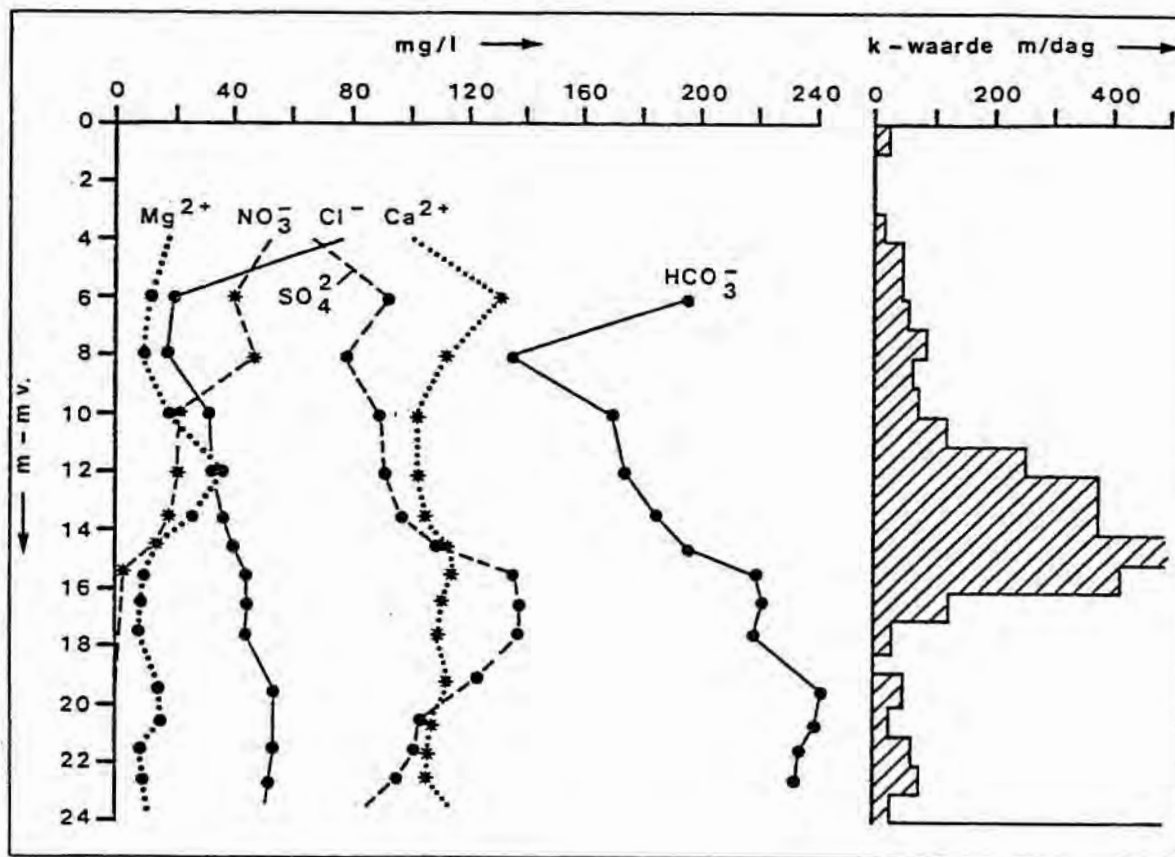
De samenstelling van het in de Achterhoek gewonnen grondwater.

Basisrapport t.b.v. de Cie Bestudering Waterhuishouding Gelderland
Arnhem 1980.



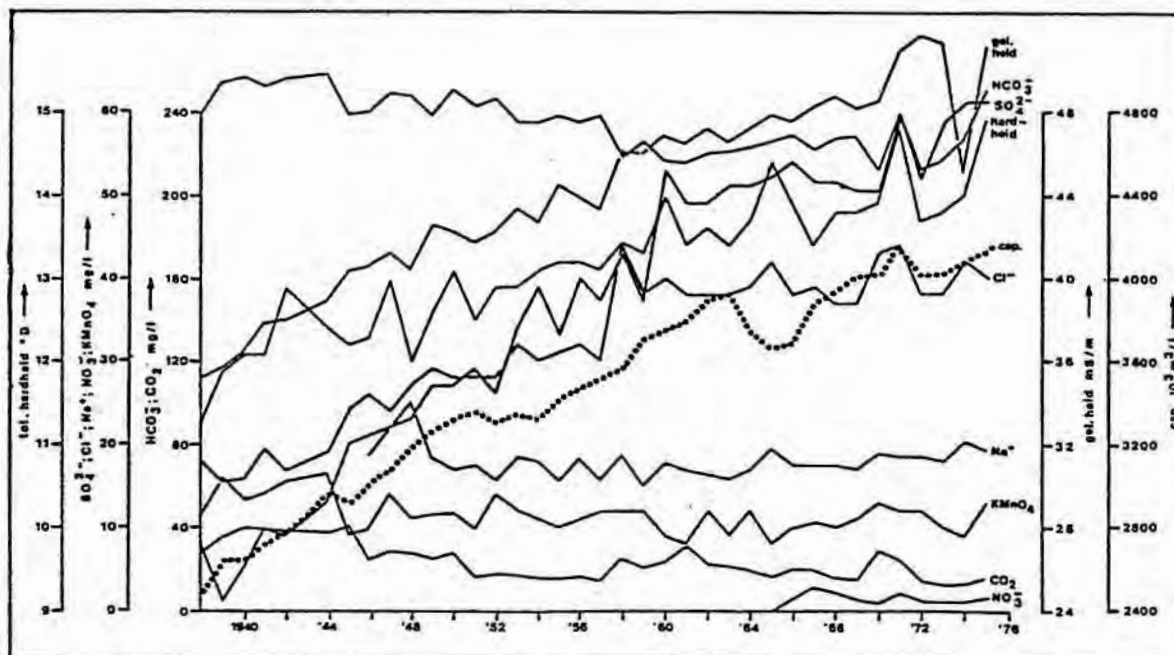
Figuur 2

Relatie tussen de kwaliteit van het grondwater in de deelgebieden en de waterkwaliteit van de pomputten.



Figuur 3

Kwaliteitsvariaties over de diepte (boring 41A - 63)



Figuur 4

Kwaliteitsverloop van het grondwater gewonnen op P.S. "De Pol".

Dr. F.J.J. Brinkmann, Jr. J. Hrubec (RID)

1. INLEIDING

Na 1976 is het stil geworden rond de Veluwe infiltratie. De oorzaak hiervan valt ondermeer te zoeken in de omstandigheid dat het onderzoek naar het alternatief, het spaarbekken IJsselmeer, nog niet afgesloten was, maar vooral in het achterblijven van het waterverbruik bij de prognoses van het begin van de jaren zeventig.

Gezien het feit dat de studies rond een Veluwe infiltratie veel wetenswaardige resultaten opgeleverd hebben, is het een goed initiatief dat in de studiebijeenkomst "Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels" ruimte ingeruimd is voor een discussiestuk over de Infiltratie Veluwe.

In het Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening 1972 werd een aanzienlijke toename van de behoefte aan water voor de openbare watervoorziening verwacht, oplopend tot $4000 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar in het jaar 2000. Evenals thans het geval is, zou ook dan die hoeveelheid gedeeltelijk uit grondwater en gedeeltelijk uit oppervlaktewater afkomstig moeten zijn. Bij een maximaal winbare hoeveelheid aan grondwater van $1900 \times 10^6 \text{ m}^3$ zou het oppervlaktewater voor $2100 \times 10^6 \text{ m}^3$ garant moeten staan. De kwaliteit van het oppervlaktewater in met name de grote rivieren, die overigens de totale Nederlandse oppervlaktewaterhuishouding in belangrijke mate bepalen, is gedurende de laatste decennia sterk verslechterd. Daar tevens het voorkomen van calamiteiten niet uitgesloten is waardoor de waterkwaliteit plaatselijk zeer nadelig en tot een voor de gebruiker gevaarlijk niveau zou kunnen worden beïnvloed, werd de conclusie getrokken dat gebruik van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening in Nederland gepaard zou moeten gaan met de inschakeling van voorraadvoorziening. Een van de belangrijkste in het Structuurschema voorgestelde projecten was een infiltratie in het Veluwemassief met een capaciteit van $500 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar, in fasen te bereiken.

De voorbereidende activiteiten hiertoe hadden reeds eerder een aanvang genomen. Een eerste meer uitgebreide beschrijving van een Veluwe infiltratie is te vinden in het rapport van de Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening (1965). Vervolgens bracht (1971) de Werkgroep Infiltratie Veluwe, die in 1966 opgericht werd, rapport uit. Een belangrijke aanzet tot onderzoek

werd gegeven door een speurwerkovereenkomst (1971) tussen het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID) en het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen (KIWA), waarbij besloten werd een proefinstallatie te Leiduin op te richten om de relatie tussen voorzuivering van het te infiltreren water en de mogelijke infiltratiesnelheden alsmede de waterkwaliteitsverandering gedurende infiltratie te bestuderen. Een samenvatting van de resultaten van de proeven met de infiltratie van voorgezuiverd Rijnwater in Veluwezand is in 1978 als RID-mededeling 78-1 gepubliceerd.

In een samenwerking tussen RID en de Vereniging van Waterleidingexploitanten in Nederland (VEWIN) werd de Technische Werkgroep Infiltratie opgericht. Deze Technische Werkgroep kende een viertal subgroepen, waarvan een tweetal, de ad-hoc Werkgroep Zuivering en de ad-hoc Werkgroep Geochemie, zich met de kwaliteitsaspecten bezig hielden. Beide werkgroepen hebben in 1975 hun rapporten uitgebracht, respectievelijk getiteld: "Zuivering van Rijnwater bij infiltratie in de Veluwe", en "Geochemisch gedrag van gezuiverd Rijnwater bij infiltratie in de Veluwe".

Het merendeel van de technische en wetenschappelijke informatie over de Veluwe infiltratie is afkomstig van laatstgenoemde werkgroep en haar ad-hoc werkgroepen en van de proefinstallatie te Leiduin.

In 1972 heeft de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne een breed samengestelde commissie, de Commissie Infiltratie Veluwe, ingesteld, welke in 1975 in beginsel een uitspraak diende te doen over het al dan niet toelaatbaar zijn van de kunstmatige infiltratie. Deze commissie heeft gebruik gemaakt van de resultaten van de Technische Werkgroep.

2. RESULTATEN

Proefinstallatie Infiltratie Veluwe

De voornaamste conclusie van het onderzoek in de proefinstallatie was dat het te infiltreren water verregaand diende te worden voorgezuiverd, teneinde de volgende doelstellingen te bereiken:

- a) Een minimale ingreep in het natuurlijk milieu van de Veluwe:
- minimale omvang van de infiltratiewerken bij een gegeven produktiecapaciteit;
 - zo gering mogelijk onderhoud zoals het schoonmaken van het infiltratie-oppervlak na verstopping;
 - het vermijden van accumulatie van schadelijke stoffen in het infiltratiepakket.
- b) Het handhaven van aerobie in de bodem waardoor de nazuivering van het teruggewonnen water beperkt kan blijven en een zo goed mogelijke kwaliteit van het teruggewonnen water verkregen kan worden.

Het was opvallend dat bij de infiltratie van verregaand voorgezuiverd water door van de Veluwe afkomstig zand vrijwel geen kwaliteitsverandering optrad. Infiltratie van weinig-voorgezuiverd water veroorzaakte wel een aanzienlijke kwaliteitsverbetering; niettemin bleef het eindresultaat duidelijk achter bij het eindresultaat van infiltratie van verregaand voorgezuiverd water, zoals ook uit tabel 1 blijkt:

Tabel 1 Kwaliteit van te infiltreren en geïnfilterd water.
Proefinstallatie Leiduin

Waterkwaliteit I				II		
Periode 30/6/72 - 10/12/73				30/11/74 - 31/12/75		
Parameter	inf	eff.	%Δ ^{**}	inf.	eff.	%Δ ^{**})
KMnO ₄ verbruik ^{*)}	17	12	-29	2,8	2,9	+4
TOC ^{*)}	6,1	4,4	-28	0,9	0,9	0
Kleur (mg Pt/l)	18	11	-39	1	1	0
Troebeling (JTU)	2,6	0,15	-94	0,05	0,07	+40
IJzer ^{*)}	0,24	0,05	-79	0,02	0,02	0
Mangaan ^{*)}	0,17	0,06	-65	0,01	0,01	0
Ammonium ^{*)}	0,30	0,10	-66	0,06	0,05	-16
Nitraat ^{*)}	17,6	18,5	+5	20,1	19,9	-1
Ortho-fosfaat ^{*)}	0,64	0,32	-50	0,025	0,030	+20
pH	6,95	7,0		7,25	7,27	

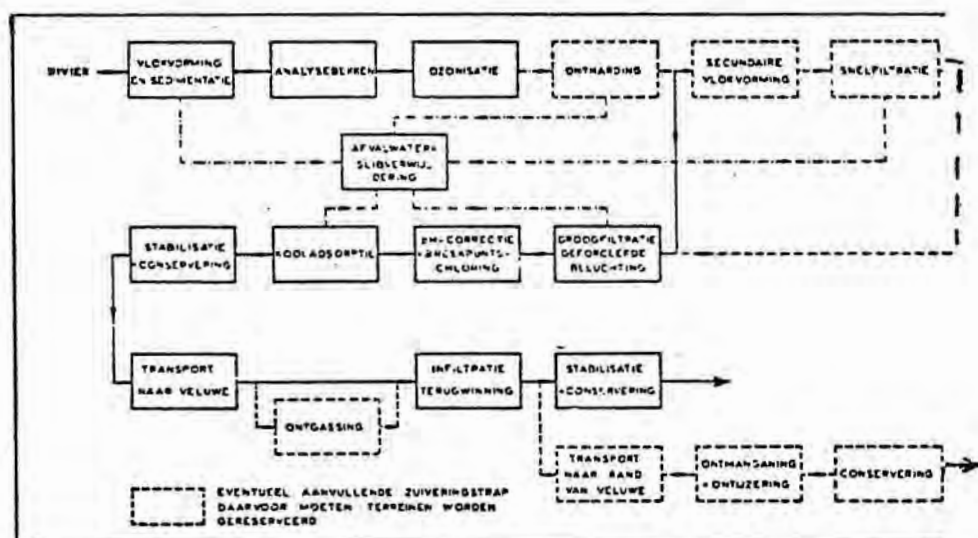
^{*)} in mg/l

^{**) %} kwaliteitsverandering in procenten

- Kwaliteit I - Rijnwater na snelfiltratie, transportchlooring, breekpuntschlooring, ontchlooring en beluchting
- Kwaliteit II - Water met kwaliteit I na additionele zuivering bestaande uit coagulatie in opwaartse filters, ozonisatie, secundaire ijzerdosering, snelfiltratie, actieve koolfiltratie,

Ad-hoc Werkgroep Zuivering

Op grond van de resultaten van de infiltratieproeven en op grond van de ervaringen met de bereiding van drinkwater uit Rijnwater werd door de ad-hoc Werkgroep Zuivering een zuiveringsschema voorgesteld zoals weergegeven in figuur 1.



figuur 1

Mogelijk zuiveringsschema voor infiltratie van Rijnwater in de Veluwe.

Dit zuiveringsschema zou, uitgaande van de kwaliteit van het Rijnwater in de jaren 1970 - 1973, leiden tot een kwaliteit van het te infiltreren water zoals weergegeven in tabel 2.

Tabel 2

Kwaliteit voorgezuiverd water.

pH	7,5	-	8,5	
Natrium		80		mg/l
Kalium		10		"
Calcium		90		"
Magnesium		12		"
Hydrocarbonaat		130		"
Troebelheid	0,1	-	<0,2	JTU
Kaliumpermanganaat- verbruik		8		mg/l
TOC		3		"
Zuurstof		>90		%
Kleur		5		mgPt/l
Smaakgetal		0,1		
Reukgetal		0,1		
Chloride		180		mg/l
Fluoride		0,35		"
Nitriet		0		"
Nitraat		≈20		"
Ammonium		0,05		"
Organisch geb.ammonium				
Ammonium		0,2		"
Sulfaat		100		"
Phosphaat		0,03		"
Phenolen (vluchtig)		0,5		µg/l
Cyanide		0		
Minerale olie		≈10		µg/l
Anionische detergentia		≈30		"
Arseen		3		"
Cadmium		≈0,5		"
Chroom		2		"
Cobalt		≈0,5		"
Koper		10		"
Kwik		0,2		"
Lithium		30		"
Lood		≈5		"
Mangaan		10		"
Nikkel		5		"
Vanadium		5		"
IJzer		30		"
Zink		40		"
Y.HCH (Lindaan)		<0,05		"
HCB		<0,01		"
Endosulfan		<0,01		"
Cholinesteraseremmers		<0,01		µg/l als paraoxon gemeten
Polycyclische aromaten		≈50		µg/m ³

Ad-hoc Werkgroep Geochemie

De ad-hoc Werkgroep Geochemie heeft prognoses opgesteld voor een hypothetisch infiltratieproject met een capaciteit van $100 \times 10^6 \text{ m}^3$ per jaar en gesitueerd in het Kroondomein. Daarbij is uitgegaan van een kwaliteit zoals vastgelegd in tabel 2. Bij de evaluatie is gebruik gemaakt van veldonderzoek verricht door het RID, van onderzoek uitgevoerd door het Instituut voor Aardwetenschappen van de Vrije Universiteit, van de eerste serie resultaten van de proefinstallatie te Leiduin alsmede van het rapport "Some chemical problems related to the infiltration of purified water of the river Rhine in the soils of the Veluwe, The Netherlands", Instituut voor Toepassing Atoomenergie in de Landbouw, Wageningen 1975.

De geochemische gevolgen van infiltratie werden door de ad-hoc Werkgroep Geochemie vooral belicht vanuit twee gezichtshoeken, namelijk:

1. De kwaliteit van het na infiltratie terug te winnen water.
2. De ecologische gevolgen van infiltratie in het bijzonder de mogelijke bodemvervuiling en de gevolgen van eventuele "verliezen" door uitwisseling van infiltraat met grondwater.

Bij het opstellen van een prognose voor de uitlogings-, transport- en accumulatieverschijnselen die uit ecologisch oogpunt of vanuit de drinkwatervoorziening gezien van belang zijn bij infiltratie van gezuiverd Rijnwater in de Veluwe ondergrond is de werkgroep uitgegaan van een zuurstofhoudend of aerob karakter van de infiltratie waarbij het teruggewonnen water geen nazuivering zou behoeven, alsmede van het geheel ontbreken van veenlagen in de ondergrond. De beschikbare gegevens hebben evenwel uitgewezen dat de bodemgesteldheid van de Veluwe plaatselijk zeer sterk varieert ook bij beperking tot het Kroondomein. In het algemeen moet de kwaliteit van het grondwater in de centra van de gestuwde gebieden als minder aerob worden gekenschetst, terwijl met name de flanken overwegend zuurstofhoudend water bevatten. Daar het gewenst is dat nazuiveren van het teruggewonnen water zo mogelijk achterwege zou kunnen blijven zou dan grote zorg moeten worden besteed aan een juiste situering van de infiltratiegebieden en een zorgvuldige bedrijfsvoering in hydrologisch opzicht. Het aantrekken van diep en anaerob grondwater zou moeten worden vermeden.

Tegen de achtergrond van de bestaande grondwaterkwaliteit en de belasting van het grondwater met verontreinigingen ten gevolge van het in de ondergrond dringende regenwater werd getracht een beeld te geven van de veranderingen in waterkwaliteit die een infiltratieproject tot gevolg zou kunnen hebben.

Hierbij werd uitgegaan van een uitwisseling van 2½ % resp. 5 % van de geïnfiltreerde waterhoeveelheid met grondwater zoals voorgesteld door de ad-hoc Werkgroep Geohydrologie. Deze hoeveelheid, mengt met het grondwater door diffusie en dispersie en stroomt af naar elders. Een overzicht van de beschikbare gegevens en de kwaliteitsprognose is samengevat in tabel 3.

Bij een uitwisseling van 5% zou een locale vermindering van de kwaliteit van het afstromende grondwater kunnen optreden waarbij maximaal een verviervoudiging van het gehalte t.a.v. de natuurlijke situatie te verwachten was voor het natrium-, het chloride- en het sulfaation. Het nitraatgehalte zou in het uiterste geval kunnen oplopen tot 10 mg/l, terwijl, globaal genomen, een verdubbeling van het gehalte aan calcium- en magnesiumionen mogelijk zou zijn. Wat de overige bestanddelen betreft vielen geen verhogingen, in sommige gevallen zelfs verlagingen, van de gehalten in het afstromende grondwater te verwachten.

Bij de beoordeling van de gevolgen van een eventuele infiltratie moest mede rekening gehouden worden met de invloed van de regen.

Na uitgebreid onderzoek is gebleken dat de op de Veluwe vallende neerslag wat betreft spoorelementen, maar ook wat betreft het gehalte aan organisch gebonden koolstof en het gehalte aan polycyclische aromaten, van dezelfde kwaliteit is als het te infiltreren gezuiverde rivierwater. Wat betreft de chloride-, sulfaat- en nitraatconcentraties steekt het regenwater gunstig af ten opzichte van de te infiltreren kwaliteit. Voor ammonium en fosfaat is het omgekeerde het geval.

Een prognose over de mogelijke kwaliteitsbeïnvloeding van beken en sprengen door de infiltratie werd bemoeilijkt door het feit dat uit het uitgevoerde onderzoek geen eenvoudige directe relatie bleek tussen de kwaliteit van het onderzochte grondwater en het water in de nabij gelegen sprengkoppen. Mogelijk worden de sprengen voor een belangrijk deel door neerslagwater uit de nabij gelegen ondiepe grondlagen gevoed. Indien van het bestaan van een direct verband zou worden uitgegaan, was voor beken en sprengen een

soortgelijke situatie als voor het grondwater te verwachten echter met minder uitgesproken veranderingen in de intensiteit.

Voor het ongunstigste geval was het mogelijk een prognose op te stellen uitgaande van menging van het oorspronkelijke water in beken en sprengen met een gelijke hoeveelheid van het grondwater dat met 5 % lekverlies is gemengd.

Ruwweg genomen zouden in dit geval alleen de concentraties van enige zouten zoals natriumchloride kunnen verdubbelen terwijl geen nadelige effecten t.a.v. spoorelementen en organische microverontreinigingen te verwachten waren. Een maximale toename van het nitraatgehalte in beken en sprengen met 5 mg/l zou incidenteel mogelijk zijn, terwijl in de bestaande toestand waarden tot 30 mg NO_3 /l werden gevonden. Het fosfaatgehalte in de beken en sprengen zou onder invloed van de infiltratie zeker niet stijgen, aangezien de concentraties in het oorspronkelijke grondwater en het te infiltreren water op hetzelfde niveau liggen. Vervolgens is te verwachten dat de kwaliteit van het teruggewonnen water, afgezien van afvlakking van de nog mogelijke concentratiepieken, praktisch gelijk zal zijn aan die van het geïnfiltreerde water.

Verder is gebleken dat de uiterst geringe hoeveelheden spoorelementen die in het te infiltreren water aanwezig kunnen zijn en in de bodem kunnen achterblijven vooral zouden worden vastgelegd in de uiterste bovenlaag van het infiltratieoppervlak, welke, met name bij open infiltratie, op mechanische wijze eenvoudig zou kunnen worden gereinigd.

Tenslotte is uit oriënterend onderzoek gebleken dat infiltratie van het gezuiverde Rijnwater aanleiding zou kunnen geven tot het vrijkomen van aluminiumionen uit het Veluwe-sediment en vervolgens tot de vorming van aluminiumhoudende neerslagen, echter in zo geringe omvang dat de doorlatendheid hierdoor niet merkbaar zou worden beïnvloed.

Tabel 3 Kwaliteitsprognose rond aerobe infiltratie (1975)

Proefrekenmodel Kroondomein

Parameter	Grootheid	Voorgezuiverd water voor infiltratie	Gefinfiltrreerd water = teruggewonnen water	Opkwellend grondwater bij 2½% uitwisseling	Opkwellend grondwater bij 5% uitwisseling	Oorspronkelijk grondwater ^{x)}	Huidige concentraties in beken en sprengen van de Veluwe	Regenwater gemeten te Epe
Chloride	mg/l	180	180	75	100	10 - 20	15 - 40	4
Nitraat	"	≈ 20	≈ 15	7 - 8	10 - 11	spoor	0 - 30	0,9
Sulfaat	"	100	100	45	60	15	13 - 30	5,4
Fosfaat	"	0,03	0,03	0,03	0,03	> 0,03	0,06 - 0,15	0,15
Waterstof carbonaat	"	130	130	85 - 140	90 - 140	50 - 150	0 - 50	6
Cyanide	"	0	0	-	-	-	-	-
Natrium	"	80	80	30 - 45	45 - 55	10 - 25	5 - 20	-
Kalium	"	10	10	4 - 7	5 - 8	1 - 5	0 - 1,5	-
Ammonium incl. org. NH ₄	"	0,05 - 0,2	0 - 0,25	0,3 - 0,4	0,3	0,3 - 0,4	0,01 - 0,2	1,8
Calcium	"	90	90	35 - 55	45 - 65	5 - 35	5 - 30	H.H. 0,1-0,5
Magnesium	"	12	12	6 - 7	7 - 8	2 - 4	2 - 8	
IJzer	µg/l	30	30	80 - 150	60 - 120	100 - 200	10 - 200	120
Mangaan	"	10	10	0 - 150	0 - 200	0 - 200	-	30
T.O.C.	mg/l	3	-	-	-	-	-	1,9
Arseen	µg/l	3	1	-	-	-	-	-
Cadmium	"	≈ 0,5	≈ 0,5	0,2 - 0,8	0,3 - 0,8	0,1 - 1,0	0,2 - 1,6	0,7
Chroom	"	2	1	1 - 4	1 - 3	1 - 5	1 - 2	1,2
Cobalt	"	≈ 0,5	≈ 0,5	0,5 - 2	0,5 - 2	0,5 - 3	1 - 4	< 1
Koper	"	10	4	3 - 35	3 - 27	2 - 50	1 - 3	6
Kwik	"	0,2	0,1	-	-	-	0,6 - 1,5	0,4
Lithium	"	30	15	6 - 8	8 - 10	1 - 5	1 - 3	< 2

vervolg tabel 3

Parameter	Grootheid	Voorgezuiverd water voor infiltratie	Geïnfilteerd water = teruggewonnen water	Opkwellend grondwater bij 2½ uitwisseling	Opkwellend grondwater bij 5½ uitwisseling	Oorspronkelijk grondwater *)	Huidige concentraties in beken en sprengen van de Veluwe	Regenwater gemeten te Epe
Nikkel	µg/l	≈ 5	≈ 1	1 - 8	1 - 6	1 - 12	6 - 30	6
Vanadium	"	≈ 5	≈ 5	3 - 7	3 - 7	2 - 8	2 - 9	3
Zink	"	40	8	6 - 100	7 - 80	5 - 120	5 - 30	266 ^{xx)}
γ HCH	"	< 0,05	< 0,050	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
HCB	"	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Endosulfan	"	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Cholinesterase remmers	paraaxon eenheden	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	-
Polycyclische aromaten	µg/m ³	≈ 50	50	50	50	50	-	≈ 50

*) Waar mogelijk zijn de in Veluws grondwater gemeten concentraties opgevoerd. Gezien de ligging der monsterplaatsen heeft een aanmerkelijk deel van deze waarnemingen betrekking op niet-gecontamineerde plaatsen. In enkele gevallen, pesticiden en polycyclische aromaten, is gebruik gemaakt van elders op min of meer vergelijkbare punten gemeten concentraties

**) Enige reserve dient in acht genomen t.a.v. deze waarden

3.1.15. EENVOUDIGE BESCHRIJVING VAN DE WATERKWALITEITSVERANDERING GEDURENDE DE HYDROLOGISCHE KRINGLOOP TEN BEHOEVE VAN DE NATUURBESCHERMING

G. van Wirdum, Rijksinstituut voor natuurbeheer

Inleiding

De relatie tussen natuurbescherming en grondwaterkwaliteit kan van twee kanten benaderd worden; wat betekent een bepaald grondwaterbeheer voor de natuurbescherming, en wat betekent een bepaald natuurbeheer voor de grondwaterbescherming? Beide vragen zijn vrijwel zo oud als de technische richtingen, maar verre van opgelost. Aan beide zal in deze discussiebijdrage enige aandacht worden besteed en er zal een poging gedaan worden hun dynamisch verband te schetsen. De tekst is beknopt gehouden en er is (nog) niet gestreefd naar volledige dokumentatie. Sommige veronderstellingen en vragen kunnen weerlegd, bevestigd of beantwoord worden met gegevens die de auteur in zijn eigen bureaulade heeft. Geprobeerd is echter, met konkrete voorbeelden de algemene problematiek te raken; een specifiek antwoord doet dan aan het discutabele karakter van het te berde gebrachte wellicht slechts weinig af.

In het eerste gedeelte wordt enige aandacht besteed aan de keuze van de kwaliteitsparameters en een soort referentiestelsel (zonder enige detaillering) voor kwaliteitstypen. De invalshoeken zijn: wetenschappelijk-ecologisch en praktisch-analysetechnisch. De nadruk komt te liggen op de 'maior ions' en er wordt verder gewerkt met een relatief calciumgehalte (uitgewerkt in een ionenverhouding) en het specifiek elektrisch geleidingsvermogen.

Vervolgens wordt een viertal diagrammen met analysedata afzonderlijk besproken. Beide eerste diagrammen behandelen grondwatergegevens in diepte-, plaats- en tijdreeksen; ze zijn uit archieven (voornamelijk het geohydrologisch archief van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening) en publikaties en, voor een zeer klein

deel, uit eigen onderzoek afkomstig. Bij het bijeenbrengen van de gegevens, het samenstellen van de diagrammen en de discussie daarover had ik veel steun van Ir. H. Houweling. Het derde diagram geeft data van het eiland Terschelling, en wel voornamelijk van oppervlaktewateren. Er wordt echter een duidelijke invloed van het grondwater op de waterkwaliteit gesuggereerd en het eiland wordt zelfs min of meer model gesteld voor een groter continentaal gebied. In het vierde diagram zijn verschillende monsters verenigd van de bovenste laag van het grondwater in een aantal natuurterreinen. De discussie wordt toegespitst op monsters van de Stobbenribben, een onderdeel van het natuurreservaat. De Weerribben in Noordwest-Overijssel. Dit was voor de auteur vrij eenvoudig. Op gevaar af een wat eenzijdig beeld van de natuurreservaten in Nederland te schetsen, heb ik in mijn overwegingen echter ook het mogelijke voordeel betrokken, dat wie zich de moeite heeft getroost eerdere voordrachten hierover of mijn recente publikaties (1979 a, b) te consumeren, thans enige voorkennis heeft die in mijn straatje past. Een wetenschappelijk argument is dat ik van vele andere gebieden te weinig kennis heb om er over te kunnen meespreken. De laatste paragraaf met een bijbehorend diagram is na de workshop toegevoegd naar aanleiding van enige reacties aangaande de realiteitszin van de geponeerde watertypologie. Er wordt in aangegeven hoe met enkele vereenvoudigende veronderstellingen ruwweg het gebied kan worden berekend, waarbinnen de posities van de besproken monsters in de diagrammen gelegen zijn.

Konkluderend zou op deze plaats het volgende gezegd kunnen worden. Voor andere dan specifieke doeleinden kan met een beperkt aantal factoren in de wateranalyse worden volstaan, waarnaast steekproefgewijs vollediger bepalingen gewenst zijn. Op basis van deze analysegegevens is een eenvoudige typologie mogelijk die samenhang vertoont met de waterbalans en de kringloop van het water. Het is zeer gewenst deze 'eerste orde typologie' voldoende te hebben verkend alvorens gekonfronteerd te worden met de problematiek van specifieke verontreinigers en eutrofiërende stoffen.

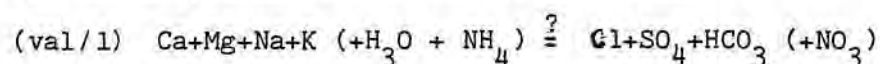
Meer in bijzonderheid wordt onder andere gesuggereerd dat het grond- en oppervlaktewaterbeheer ten aanzien van de natuurgebieden in de Kop van Overijssel ongunstig is geweest voor de natuurbescherming en dat hiervan weer een versterkende ongunstige werking uitgaat op het grondwater.

1. Keuze van de kwaliteitsparameters

Onder de in grond- en oppervlaktewater en neerslag opgeloste stoffen kan onderscheid gemaakt worden tussen de 'maior ions' (balans- of macro-ionen, ook wel kortweg aangeduid als 'ionen') en andere bestanddelen.

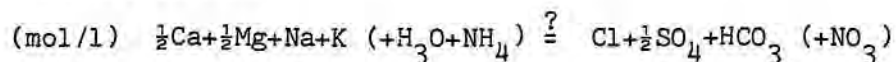
Laatstgenoemde restgroep, kortweg aangeduid als 'elementen', omvat onder meer verbindingen waarin P en N belangrijk zijn en verschillende metalen, naast C-verbindingen. Onder de C-verbindingen kunnen humusachtige organische bestanddelen en complexe xenobiotische stoffen gerekend worden. De meeste analyses die deze groep betreffen zijn wel op de elementen, maar niet op de verbindingen specifiek. Mede door de veelal geringe concentraties en slechte buffering zijn analyse en interpretatie moeizaam. Niettemin zijn er vele elementen bij die biologisch uiterst belangrijk zijn, zoals fosfor, koolstof en de zware metalen. Er zijn aanwijzingen dat evenwichtsconcentraties van een deel van de 'elementen' een geografisch beeld vertonen dat eveneens verkregen kan worden met behulp van studies van de balansionen.

De balansionen zijn calcium (Ca^{++}), magnesium (Mg^{++}), natrium (Na^+) kalium (K^+), chloride (Cl^-), 'bicarbonaat' (voornamelijk HCO_3^-) en sulfaat (SO_4^{--}), soms tevens ammonium (NH_4^+), 'waterstof' (als H_3O^+ , oxonium of hydronium) en nitraat (NO_3^-). Dit zijn de ionen die in natuurlijke wateren het meest voorkomen en daarop berust controle van de analyseresultaten door de ionenbalans:



waarin de ionnamen het aantal valenties van dat ion in de oplossing aanduiden.

Om de SI-eenheid mol dm^{-3} te kunnen gebruiken wordt deze balans herschreven als:



Afwijkingen van enige procenten in de ionenbalans zijn normaal, grote afwijkingen wijzen op belangrijke hoeveelheden andere ionen of 'analysefouten'.

Op grond van de overweging dat de genoemde ionen het meest algemeen zijn, kan hieruit ook het specifiek elektrisch geleidingsvermogen (electrical conductivity, EC) van het monster worden berekend en met een gemeten waarde vergeleken. Bij hogere concentraties moet rekening worden gehouden met 'concentratie-effekten' die veroorzaakt worden door geringere beweeglijkheid van de afzonderlijke ionen in de oplossing. Het geleidingsvermogen is hierdoor in werkelijkheid lager dan berekend zou worden door sommatie van de produkten van ionconcentraties en molaire geleidingsvermogens. Deze moeilijkheid kan worden omzeild door het geleidingsvermogen in een verdunde oplossing bij ongeveer 10 mS m^{-1} te meten. Bij bepaling in het laboratorium verdient deze procedure overweging; in het veld zou veel van de praktische charme van de bepaling erdoor verloren gaan. Ter wille van de vergelijking van waarden voor het specifiek elektrisch geleidingsvermogen dient dit bij een standaardtemperatuur te worden bepaald (in het laboratorium bij 25°C , dikwijls nog bij 20°C ('kamertemperatuur', meestal niet precies), vroeger meestal bij 18°C) of daarnaar te worden omgerekend volgens de formule

$$\text{EC}_{25} = \text{EC}_t \cdot e^{0,02(25-t)} \approx \text{EC}_t \cdot 1,02^{(25-t)}$$

Bestaande tabellen en experimentele waarden worden door de laatste formule goed benaderd. In beperkte studies kan eventueel gebruik gemaakt worden van bepaling bij of omrekening naar een standaardtemperatuur die dicht bij de gemiddelde veldtemperatuur ligt.

Het specifiek elektrisch geleidingsvermogen is eenvoudig in het veld te bepalen (niet iedere meter voldoet even goed), geeft een indirecte maat voor het iongehalte van een monster (ook niet afzonderlijk bepaalde ionen, echter geen niet-geïoniseerde

bestanddelen) en hieldt in het lab een extra mogelijkheid tot globale controle van analyses op volledigheid en grove fouten.

Voor wat betreft de interpretatie van balansiongehalten wordt dikwijls gebruik gemaakt van ionenverhoudingen. Dit is o.a. in de bekende Piper-diagrammen het geval. Hier is veel voor te zeggen omdat bij een aantal fysisch-chemische evenwichtprocessen, zoals kationenuitwisseling, verschillende balansionen betrokken zijn en hun onderlinge verhouding dan doorslaggevend is voor het verloop van het proces. Ook bij de interactie met 'levend materiaal' gaat dit meer of minder op. Zo wordt membraantransport in belangrijke mate door kationen-verhoudingen gestuurd.

Bepaald niet alle balansionen zijn in ionenverhoudingen even belangrijk en men dient zich ook rekenschap te geven van onderlinge verschillen in betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de getallen (analyse, bemonstering). Onder de kationen, is kalium, althans in ons land, voor opname in quotiënten minder geschikt, omdat het in het algemeen slechts in zeer geringe hoeveelheid aanwezig is (misschien wel geschikt voor sommige lokale studies). Het magnesiumaandeel in de ionenbalans is vrij constant, namelijk ongeveer een zesde van de kationenvaleenties. Vooral in venen komen echter grotere aandelen voor vanaf enige decimeters onder het maaiveld. Van bicarbonaat en sulfaat zijn de gevonden hoeveelheden dikwijls nogal afhankelijk van de behandeling van het monster. Op grond van deze overwegingen zou de belangrijkste informatie van calcium natrium en chloride verwacht moeten worden, alles in relatie tot het totale ionengehalte. Enige grond hiervoor is ook wel te vinden in de eigenschappen van de 'hoofdwatertypen' neerslag, grondwater en zeewater, zoals die in de loop van de hydrologische cyclus hun beslag krijgen.

Indien dit alles niet te veel onrecht doet aan de betekenis van verschillende ionen in een wateranalyse, kan men zich afvragen of het, waar vele monsters op eenzelfde plaats of op één tijdstip verspreid over een beperkt gebied gewenst zijn, niet mogelijk is dit te verwezenlijken via een beperkte analyse. Zo kan overwogen worden dat, als kalium kwantitatief onbelangrijk geacht mag worden en magnesium weinig varieert, calcium en

natrium bij benadering elkaars complement zijn in vijfzesde van de kationensom. Aangezien bovendien chloride en natrium in vele wateranalyses in min of meer evenredige hoeveelheden aanwezig zijn, kan het aandeel van calcium in de kationensom worden benaderd met analysegegevens van calcium en chloride alleen, volgens:

$$\frac{1}{2}\text{Ca} / (\frac{1}{2}\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{Mg} + \text{Na} + \text{K}) \approx \frac{1}{2}\text{Ca} / \frac{6}{5}(\frac{1}{2}\text{Ca} + \text{Cl}) \approx 0,83(\frac{1}{2}\text{Ca} / (\frac{1}{2}\text{Ca} + \text{Cl}))$$

Met deze ionenverhouding is in de onderhavige discussiebijdrage steeds gewerkt; als afkorting is IR (ionic ratio) gebruikt.

Oudere analyses, waarvan alleen een totale hardheid en een chloridegehalte bekend zijn, kunnen worden omgerekend volgens:

$$(\frac{1}{2}\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{Mg}) / (\frac{1}{2}\text{Ca} + \frac{1}{2}\text{Mg} + \text{Cl}) \approx \frac{1}{6} + \frac{5}{6}\text{IR, of:}$$

$$\frac{(\text{tot. hardh.} - \frac{0}{D}) / 890}{(\text{tot. hardh.} - \frac{0}{D}) / 890 + \text{Cl}} \approx 0,17 + 0,83\text{IR}$$

Voor de calciumbepaling zal men in het algemeen nog op een (routine)laboratorium aangewezen zijn. Naar mijn indruk leveren de daar geproduceerde cijfers doorgaans geen betrouwbaarheidsproblemen voor de interpretatie van IR. In eigen beheer door minder geroutineerde analisten uitgevoerde calciumbepalingen voldoen in een aantal gevallen minder goed. Dit blijkt, waar beschikbaar, ook uit controle van de ionenbalans en het geleidingsvermogen. Chloride kan eventueel zonder bezwaar zelf worden bepaald. Wanneer toch een monster naar het laboratorium moet worden gebracht is er alle reden om ook de chloridebepaling uit te besteden en het geleidingsvermogen te laten bepalen. Ook wanneer het monster zijn representativiteit intussen heeft verloren, krijgt men dan fysisch-chemisch samenhangende waarden. Voor een oriëntatiestudie kan het echter gewenst zijn snel, misschien zelfs ter plekke, een groot aantal uitkomsten te verkrijgen. Wanneer nog meer gevoel voor detail wordt overboord gezet dan toch reeds het geval was, kan beredeneerd worden dat ook uit het elektrisch geleidingsvermogen en het chloridegehalte een quotient (de conductivity ratio, CR) kan worden bepaald dat inzicht geeft in het calciumaandeel van de kationensom. Door van een aantal verschillende ionencomposities uit te gaan en zich te realiseren dat eerder gemaakte vereenvoudigingen reeds met zich meebrengen dat een ratio met chloride als teller complementair is aan een ratio met calcium als teller, kan

beredeneerd worden dat

$$CR = EC_{Cl} / EC \approx c(1-IR), \text{ waarin } c \approx 0,5 \text{ à } 0,6$$

In deze formule is EC_{Cl} het berekende aandeel van chloride in het geleidingsvermogen; bij $25^{\circ}C$ is dit 76,3 maal de molariteit van het chloride-ion in de oplossing, of 2,15 maal de concentratie in mg/l. De waarde van c kan afhankelijk van o.a. pH, sulfaatconcentratie en totale ionenconcentratie een vrij grote spreiding vertonen. Zo is de CR van zeewater soms meer dan 1, hetgeen begrepen moet worden uit concentratie-effecten. In dit geval is c kennelijk ook groter dan 1. In neerslagwater zijn IR en CR vaak nagenoeg gelijk, hetgeen zou overeenstemmen met c -waarden van 0,3 à 0,4. Indien in dit geval een correctie wordt uitgevoerd voor het geleidingsvermogen van oxonium-ionen, wordt een c van ca. 0,6 gevonden. Deze correctie kan worden uitgevoerd als de pH bekend is. Deze kan met een pH-meter voldoende nauwkeurig worden bepaald. Er moet echter aan gedacht worden dat oxonium-ionen (en hydroxyl-ionen) een uitzondering zijn voor wat betreft de temperatuurinvloed op hun molair geleidingsvermogen.

In de formule

$$EC_{25} = EC_t \cdot e^{a(25-t)}$$

moet hier voor a niet worden ingevuld 0,02, maar 0,014 (oxonium) of 0,016 (hydroxylgroep). Het molair geleidingsvermogen van oxonium bij $25^{\circ}C$ bedraagt $35 \text{ mS m}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. In sommige gevallen kan het beter zijn deze correctie niet uit te voeren. Hoewel hier sprake is van een correctie in de benadering van het geformuleerde verband tussen CR en IR, geef ik er de voorkeur aan te spreken van gereduceerd geleidingsvermogen, EC_{red} , dus niet: gekorrigeerd EC. Berekeningen van het gereduceerd geleidingsvermogen heeft geen zin als de reductie relatief gering zou zijn, dat wil zeggen: grofweg bij een pH groter dan 4,5.

In deze discussiebijdrage wordt gebruik gemaakt van IR en EC_{25} (ongereducerd). Het EC_{25} wordt in de grafieken logaritmisch uitgezet. In elke grafiek zijn enkele referentiepunten aangegeven. Deze hebben betrekking op:

Herkomst	Code	EC ₂₅	IR	
Neerslag	At	5,6	0,24	
Rivier	Li	50	0,88	
Zee	Th	5000	0,04	(EC ₂₅ in mS m ⁻¹)

De neerslagcijfers betreffen het naar de gevallen neerslaghoeveelheid gewogen gemiddelde van maandelijkse analyses te Witteveen gedurende 1973 en 1974 (met uitzondering van maart 1973 en april 1974). 'Rivier' slaat op het gemiddelde van zes maandelijkse analyses in 1975 te Remilly in de Maas. De positie van dit monster stemt goed overeen met die van Rijnanalyses van omstreeks 1850 en van tal van grond- en rivierwateranalyses uit de gehele wereld. De zeewatergegevens betreffen een opgave van Hem (1970). In een ander stuk (1978) heb ik voor een aantal oppervlaktewatermonsters uit Nederland de relatie tussen het calcium aandeel in de kationen-som enerzijds en IR en CR anderzijds afgebeeld.

De naamgeving en codering van deze monsters komt voort uit de gedachte dat zij de belangrijkste veranderingen in waterkwaliteit gedurende de hydrologische kringloop markeren. Rivierwater wordt daarbij beschouwd als surplus grondwater op weg naar zee. Modelmatig kan men deze referentiepunten zien als het resultaat van evenwichtsreacties waarbij respectievelijk de atmosfeer, de lithosfeer en de zee als ionenbronnen fungeren. De afkortingen At, Li en Th betekenen in overeenstemming met deze opvatting achtereenvolgens atmo(sfero)-, litho(sfero)- en thalassotroof (thalassa (Gr): zee), waarin de uitgang -troof 'gevoed (door of met)' betekent. Gelijkenis van enig watermonster met dergelijke referentiemonsters kan worden aangeduid door gebruik van de respectievelijke voorvoegsels met het achtervoegsel -clien, neigend tot, -achtig.

Het heeft er de schijn van dat de belangrijkste gradiëntzones die weergegeven zijn op de zg. gradiëntenkaart van C.G. van Leeuwen (o.a. gereproduceerd in de wetenschappelijke Atlas van Nederland) en die verreweg de meest waardevolle gebieden voor de natuurbescherming zijn of ooit waren, gekenmerkt worden door stabiele watertypologische meng- of overgangszones die in het EC/IR-diagram herkenbaar zijn.

Zonder op de uitgesproken biologische aspecten van deze zones in te gaan, kan vermeld worden dat het voorkomen van vele zeldzame planten en dieren aldaar vaak langs indirecte weg samenhangt met de balansionen in het water. Zo heeft het calciumgehalte belangrijke konsekwenties voor de organische stof-huishouding en daarmee voor de beschikbaarheid van fosfor en stikstof.

De genoemde gradiëntzones zijn tot nu toe nogal statisch opgevat als gebieden waar verschillende bodemtypen tegen elkaar uitwijken en waar duidelijke hoogteverschillen optreden. Dikwijls is er kwel verondersteld. In de huidige gedachtengang zijn de bodemverschillen secundair en zelf mede het gevolg van het hydrologisch systeem ter plaatse. Dit is enigszins uitgewerkt in de theorie van het ecologisch veld, waarin aan verschillende structurele elementen, zoals de bodem, een 'geheugenwerking' wordt toegeschreven (Both & van Wirdum 1979, Van Wirdum 1979). De hydrologie blijkt nu in het ecologisch veld meestal een zeer belangrijke rol te spelen en door het EC/IR-aspekt van de waterkwaliteit op een aannemelijke wijze weerspiegeld te worden (zie o.a. Noordwest-Overijssel-studies en RIN-onderzoek voor Commissie Waterhuishouding Gelderland). Aldus wordt de afhankelijkheid van de natuurbescherming van grondwaterstromingsstelsels via de waterkwaliteit onder de aandacht gebracht.

2. Diagram 'GROUNDWATER' I (zie blz. 139)

In deze figuur zijn o.a. de meeste door Meinardi (1976) besproken monsters van de Veluwe en omgeving afgebeeld. De groepen A, B en C zouden kunnen worden opgevat als een reeks van 'jong', nog niet met het gesteente in evenwicht verkerend grondwater naar 'rijp', grondwater. Verondersteld wordt dan echter dat er ook hydrologisch contact bestaat. In de groepen A en B bestaat een grote spreiding in IR, hetgeen wellicht mede met de aard van het lokale gesteente samenhangt. In vergelijking met het lithotrofe referentiepunt heeft het Veluwse grondwater een laag EC. Daardoor is het ondanks de hoge IR zacht. Twee afzonderlijk aangeduide monsters lijken reeds zee-invloeden in de IR te verraden. Dit zijn de diepste van de afgebeelde monsters en ze passen wel in de

dieptereeksen van het diagram 'Groundwater II'.

De Veluwerand-monsters (groep X) hebben een beduidend hoger EC. Ten dele kan dit verklaard worden door erop te wijzen dat dit dan ook monsters uit de kwelgebieden zijn. Het is echter niet zonder meer duidelijk hoe dit water vanuit de gesuggereerde evenwichtstoestand van groep C aan een hogere mineralenrijkdom en een grotere spreiding in IR komt. Een mogelijkheid is dat niet de groepen A, B en C, maar de groepen A en X de veronderstelde reeks vormen, terwijl A en C dan, hoe suggestief de grafiek ook is, tot gescheiden compartimenten van het grondwatersysteem behoren. Een andere mogelijkheid is, dat een deel van groep X door van elders afkomstig water is beïnvloed, bijvoorbeeld door van recent oppervlaktewater afkomstig grondwater. Men vergelijk punt 5, dat veel op Rijnwater lijkt (zie ook latere diagrammen).

De monsters van Koolmansdijk, die alle vrij ondiep genomen zijn in het kader van de werkzaamheden van de CWG, demonstreren de invloed van een oppervlakkig kalkrijke bodem in een gebied dat oorspronkelijk kwelgebied was, maar onder invloed van drinkwateronttrekking thans inzijging vertoont. Daarbij treedt menging met water uit de omgeving op.

De groepen I en II stellen geen dieptereeks voor, maar een geografische reeks, juist zoals A (eventueel A t/m C) en X. De figuur roept echter vooral een parallel op met de dieptereeks A-C en de daar gesuggereerde verklaring. Ook hier is in het 'rijpere' water de spreiding in IR vrij gering. Het water heeft echter veel hogere EC's dan dat van de Veluwe, hetgeen grotendeels aan de aard van het gesteente te wijten is. In het licht van hetgeen later nog over de aantasting door Rijnwater van grondwater in het boezemgebied van het waterschap Vollenhove en de omgeving van het IJsselmeer zal worden gezegd, is het interessant te konstateren dat daar kennelijk in het winningsgebied St. Jansklooster nog geen sprake van is. Dat blijkt althans niet uit deze figuur. In de geografische reeks 1-5 treedt dit wel op en het is bepalend voor de positie van punt 5 (Blankenham), nader te bespreken bij 'Groundwater II'. Deze aantasting (lijn 4-5) uit zich in de grafiek op dezelfde wijze als de verandering van grondwater in de diepte

bij nadering of aanraking (zonder geologische achtergrond niet te zeggen) van door zeewater beïnvloede lagen. In de reeks a-f wordt dit door het traject c-e geïllustreerd. Op Terschelling is kennelijk het infiltrerende water (a) reeds vrij zeewaterachtig, hetgeen gezien de eigenschappen van de neerslag zo nabij de kust ook wel verwacht kon worden. De vraag doet zich voor bij welke afmetingen de natuurlijke groei van een eiland of continent(sdeel), bijvoorbeeld bij relatieve zeespiegeldaling, voldoende gevorderd is voor het verkrijgen van grondwater van de typen II of zelfs C. Voor het specifieke geval van ons Waddengebied dient men bovendien de invloed van de beplanting (spray-vangende bossen, weren echter lokaal zoutinvloed van beschutte oppervlaktewateren) in aanmerking te nemen. Overigens staan onze Waddeneilanden in vele opzichten meer bloot aan erosie dan aan groei en waren zij vroeger door een uitgestrekt moerasgebied met het vasteland verbonden.

Met P, Q en R zijn enige monsters uit het IJsselmeergebied weergegeven, die aantonen dat echt zoet grondwater hier ontbreekt. Naar analogie van de gedachte dat het traject e-f op Terschelling door groei van de 'grondwaterbel' c.q. verdringing van zich onder dat eiland bevindend zeewater zou worden bepaald, kan men eraan denken dat groep R, het zeer diepe grondwater uit deze boringen, zich in een verder gevorderd verzoetingsstadium bevindt dan het bovenliggende Q. Deze verzoeting vindt dan kennelijk plaats door horizontaal contact met zoet water voerende lagen onder de hogere Pleistocene delen van het vasteland.

Indien de hydrologische kringloop in kwantitatieve zin wordt voorgesteld als een systeem met de neerslag als bron en de zee als put voor continentaal water, dan kan generaaliserend gezegd worden dat waterverontreiniging het water reeds voor het eigenlijk in zee terecht komt een 'putkarakter' verleent, terwijl een lange verblijftijd in het continent tot een geprononceerd lithoclien karakter leidt. Indien dit, zoals eerder werd gesuggereerd, in het ecologisch veld van de belangrijkste natuurgebieden essentieel is, dan is bescherming van de kwaliteit van het infiltrerende water, bescherming van de verblijfsduur van het grondwater en, ten minste lokaal, uittreden daarvan in de zogenaamde gradiëntzones vereist om het complex

van bodem en vegetatie in deze gebieden natuurtechnisch goed te beheren.

3. Diagram 'GROUNDWATER II' (zie blz. 140)

Dit diagram is vooral bedoeld als referentie voor de kwaliteitsverandering van grondwater met de diepte. Het algemene beeld hangt samen met het voorkomen van mariene afzettingen op grotere diepte en de geleidelijke verzoeting waaraan dit water onderworpen is (geweest). In de gearceerde gebieden zijn de ondiepere resp. diepere monsters uit de besproken boringen samen genomen. Ze zijn suggestief voor het litho- en het thalassocliene gebied van de IR/EC-diagrammen. De getrokken lijnen in het diagram spreken wel goeddeels voor zich. Bij het verzamelen van de gegevens is oorspronkelijk niet op de gemeentenamen gelet. Hoewel deze aan de hand van de boring-nummers nauwkeurig kunnen worden opgezocht, is voorlopig volstaan met teruglezen van een ruwe kaart van Nederland, waardoor kleine afwijkingen kunnen zijn ontstaan.

In dit diagram zijn met een onderbroken liniatuur enige dieptereeksen uit het IJsselmeergebied weergegeven, die ten dele in de tijd geïnterpreteerd kunnen worden. De reeks a-d kan uit de geschiedenis van het Zuiderzeebekken worden verklaard. In het filter op 12 m was van 1935 tot 1942 het chloride-gehalte ongeveer 3500 mg/l. Ten gevolge van de drooglegging van de Noordoostpolder en de daardoor gewijzigde grondwaterströmning was dit in 1947 tot 153 mg/l gedaald, hetgeen slechts weinig hoger is dan de huidige waarden. In filter b, op 29 m, ving de daling eerst na 1944 aan. Indien verondersteld wordt dat in beide gevallen een stijging van de IR is opgetreden (vergelijk Schokland 1934!), dan is de recente ontwikkeling (α en β) des te frappanter: beide IR's zijn gezakt, terwijl het ene niveau door een hoger, het andere door een lager EC wordt gekenmerkt. De achtergrond hiervan lijkt duidelijk: 'modern' Rijnwater (zie Lobith 1975) beïnvloedt dit grondwater vanuit het boezemgebied van Vollenhove en de randzone van de Noordoostpolder. Beide andere filters zijn door mij in 1979 niet bemonsterd.

Na deze uitleg is de verleiding groot ook het monster van

Enkhuizerzand (48 m) als door Rijnwater (IJsselmeerwater) beïnvloed te interpreteren. In dit geval zijn echter nogal wat aanvullende veronderstellingen nodig, aangezien zowel erboven als eronder ander water voorkomt. Alternatieve verklaringen zijn echter evenmin gemakkelijk, tenzij een lokale oorzaak wordt verondersteld. Zonder kennis te hebben genomen van de lokale hydrologische situatie, van analyses van omgevende boringen of van oudere analyses van deze boring (indien aanwezig), kan op grond van de geologische doorsnede door Nederland A-A' (Geologische overzichtskaarten van Nederland, RGD 1975; het betreft boring 20B24) verondersteld worden dat zich ter plaatse onder de min of meer afsluitende pakketten van de Eemformatie en de Formatie van Drenthe aanvoer afspeelt van elders infiltrerend recent rivierwater naar de Noord-hollandse polders, terwijl zich daarboven nog ouder, vrij immobiel Zuiderzeewater bevindt.

Dat in Blankenham in 1963 nog geen Rijnwaterinvloed was waar te nemen vindt zijn oorzaak in het feit dat de boezem van Vollenhove destijds nog voornamelijk uit Drenthe werd gevoed en daardoor een lithocliene invloed op het grondwater uitoefende, die mede ten grondslag lag aan de veranderingen te Blankenham na 1942. Sinds 1973 is men er echter toe over gegaan de boezem van Vollenhove uit Friesland met IJsselmeerwater bij te vullen. Het argument hiervoor was, dat de kwaliteit van dit water volgens gangbare opvattingen beter was. De verlaging van het IR is in het oppervlaktewater duidelijk geconstateerd en ik heb een aantal veranderingen in de vegetatie van het natuurreservaat De Weerribben mede hieraan toegeschreven. In dit verband is het interessant hier kort te vermelden dat ten gevolge van het natte voorjaar van 1979 het water in genoemd reservaat voor het eerst sinds 1972 langdurig een min of meer lithoclien karakter had en dat door de langdurige anaërobie onder het ijs in de winter '78-'79 onder andere de fosfaatkwaliteit wat verhoogd waren. Juist in 1979 kwamen in dit gebied een aantal nieuwvestigingen van de waterplant krabbescheer voor, die in de voorafgaande jaren vrijwel volledig verdwenen was.

Een belangrijke conclusie uit de boring Blankenham in dit diagram is dat een oppervlaktewaterbeheersmaatregel grote invloed kan hebben

op de grondwaterkwaliteit en dat in het behandelde geval 'litho-clinie in wording' is teniet gedaan, althans wat de IR betreft, door water met een 'putkarakter'. Eerlijksheidshalve moet worden opgemerkt dat niet vaststaat dat dit ook voor andere gebruikers van het grondwater dan de natuurbescherming ongunstig is, hoewel het risico op infiltratie van moeilijk detecteerbare concentraties van xenobiotische stoffen er wel onmiddellijk mee verbonden is.

4. Diagram 'TERSCHELLING '70-'71' (zie blz. 141)

In dit diagram betreft het monsters die besproken zijn door Visser (1971) in een rapport van het RIN. De meeste zijn afkomstig van duinplassen, ten dele met een belangwekkende flora en vegetatie. Als referenties zijn de neerslag te Den Helder, de zee bij Terschelling en enkele reeds eerder besproken grondwatermonsters van Terschelling weergegeven. Wanneer men in gedachten de oorspronkelijke referentiedriehoek voor dit miniatuurcontinent 'verschaalt', wordt een Veluwe-achtig beeld opgeroepen (vergelijk 'Groundwater I'). De spreiding in deze figuur wordt echter binnen de groepen geheel door verschillen gedurende de onderzoeksperiode veroorzaakt.

Er is reeds de aandacht op gevestigd dat de plasjes ten dele een voor het grondwater uitzonderlijke positie innemen, doordat de zouten die in de bosvegetatie worden opgevangen uiteindelijk wel in het grondwater, maar slechts ten dele in het oppervlaktewater terecht komen. Het grondwater op 2 m illustreert dit. Het is dan ook begrijpelijk dat de plassen d,k en p, die kwel ontvangen, een hogere EC hebben. Hieraan kan ook enige rechtstreekse beïnvloeding door zeewater ten grondslag liggen. Het verschil tussen deze plasjes en g wordt vooral bepaald door het feit dat g naast grondwater waarschijnlijk niet zozeer zeewater, maar neerslag en/of zeer jong grondwater uit de nabije omgeving ontvangt.

Sommige plasjes lijden sterk onder 'eutrofiëring'. Dit is echter niet zonder meer uit de figuur af te lezen. Plasje ij heeft natuurwetenschappelijk vele overeenkomsten met vastelandsvennen, terwijl het gebied van g verschillende soorten gemeen heeft met

de belangrijkste laagveenmoerasreservaten van Noordwest-Overijssel en het Vechtplassengebied.

De relatief geringe gecompliceerdheid (reeds de absolute hoogteligging geeft hier veel informatie over het te verwachten type water!) maakt dat dit gebied zich wellicht goed leent als 'analoog-model' voor het vasteland van Nederland.

5. Diagram 'NATURE RESERVES' (zie blz. 142)

Deze grafiek bevat, naast enige grondwateranalysen, gegevens van het bovenste grondwater (in sommige gevallen in de wortelzone) in een aantal natuurgebieden. Als referentie zijn de door Both & Van Wirdum (in voorbereiding) in het kader van het onderzoek voor de CWG onderzochte monsters opgenomen. Daaruit laat zich een reeks van podzolen met heidevegetatie via gooreerdgronden met o.a. gagelstruweel naar beekeerdgronden met laagveen- en graslandvegetaties afleiden. Dit is in grote lijnen een reeks van inziggings- naar kwelgebieden. Anders gezegd: in de podzolgebieden is de natuurbescherming misschien van belang voor de grondwaterkwaliteit, in de eerdgrondgebieden is de grondwaterkwaliteit essentieel voor de natuurbescherming. Kleine veranderingen in de waterkwaliteit kunnen, ook bij voldoende vochtleverantie, in deze kwelgebieden grote veranderingen in de vegetatie oproepen. De verschillen in watertype worden door de kwantitatieve waterhuishouding bepaald. In de inziggingsgebieden is, zolang geen bemesting optreedt, vermoedelijk vooral de vochtleverantie op vochtige podzolgronden kritiek.

De Engbertsdijksveenmonsters illustreren een verandering van het water tijdens de inzigging in atmotrofe richting. Zolang de vaste ondergrond niet is bereikt, vindt een verandering naar lagere IR en lager EC plaats. In het veen vindt men vooral resten van veenmossen, aan het oppervlak waarvan kennelijk nog steeds enige ionenwisseling plaats heeft. Dit veen is (vrijwel) uitsluitend gevormd uit door de atmosfeer aangevoerde materialen en calcium is daarin uitermate zeldzaam; in zekere zin is hoogveen als 'geconcentreerde atmosfeer' te beschouwen.

De lithocliene richting wordt pas onder de, in dit geval niet bemonsterde, top van de minerale lagen ingeslagen.

Overigens demonstreert de ligging van de minst diepe monsters in vergelijking tot de monsters van de Stobbenribben mogelijkwerijs de effecten van tijdelijke uitdroging in dit veen, dat een van onze gaafste hoogveenrestanten is en waarin door een zorgvuldige inrichting met talloze kleine stuwtjes het neerslagwater wordt vastgehouden. Enerzijds geeft het ooit voor de boekweitbrandkultuur gebruikte, oppervlakkig afgegraven en tijdelijk wat verdroogde veen mineralen prijs aan het water; anderzijds wijkt de vegetatie vooral door de geringe aanwezigheid van veenmossen af van wat in een hoogveen normaal is. Juist die veenmossen dragen actief bij aan de uitwisseling van tweewaardige tegen eenwaardige kationen. Punt 1. in de Stobbenribben, geeft hier een betere afspiegeling van.

De Stobbenribben, onderdeel van De Weerribben, is een voorbeeld van een kraggebied, waar nog geen volkomen isolatie van boezemwater is bereikt. De puntenparen 1, 2 en 3 laten een reeks zien van meer naar minder geïsoleerd, hetgeen blijkt uit de verwantschap met op dezelfde data bemonsterd boezemwater. Het grondwater op 1,2 m onder de kragge, waar het materiaal zeer doorlatend is voor water, vertoont deze verwantschap, vooral in EC, sterker dan het water in de wortelzone. De tijdreeks van punt 3, samen met boezemwatermonsters, sluit aan bij de Blankenham-monsters uit diagram 'Groundwater II', die hier nogmaals zijn afgebeeld. Men ziet na 1972 een enorme daling van de IR. In de periode 1973-1974 vindt, vermoedelijk mede door nalevering uit het gebied zelf, een zeker herstel plaats. Dit wordt echter onderbroken door de versterkte inlaat in 1975 en 1976, de extreem droge jaren. In 1979 werd geen water ingelaten en bereikte de IR weer 'normale' waarden, hoewel het EC aan de hoge kant bleef. De meest hoogveenachtige, geïsoleerde gedeelten van het gebied werden van oudsher niet door het oppervlaktewater bereikt, hetgeen aan de gevarieerdheid van de vegetatie ten goede kwam. Thans wordt echter op grote schaal bevoeid ten behoeve van de rietkultuur, hetgeen in combinatie met de sterke wegzijging naar diverse polders de verspreiding van het boezemwater bevordert.

Van terreinen, waar zich regenwater opspaart, wordt dit afgelaten tijdens het maaien ten behoeve van de machinale bewerking. Het gevolg hiervan is, dat een deel van het surplus regenwater via de boezem wordt afgevoerd en niet tot infiltratie komt, terwijl de snelle doorstroming die ten dele onder de kraggen plaatsvindt verhindert dat sterk door de vegetatie in atmotrofe richting veranderd water tot infiltratie komt. Dit water zou het uitgangspunt kunnen zijn voor de vorming van grondwater met een hoge IR en een laag EC volgens het traject O-O'-I-II. De natuurbescherming in Noordwest-Overijssel zou gebaat zijn met de vorming van zulk water in de hogere randgebieden en het zou op zichzelf een interessante vraag zijn of niet een lager EC bereikt kan worden dan dat van groep II.

Ten slotte kan nog onder de aandacht worden gebracht dat het grondwater bij Kalenberg en Hogeweg (punten 3 en 4 uit Groundwater I, ongelabeld overgenomen op dit diagram), dus tussen het infiltratiegebied op het Pleistoceen en Blankenham, geen duidelijke tekenen van aantasting door Rijnwater toont, terwijl het infiltrerende water in de Stobbenribben (geografisch tussen 3 en 4 gelegen!) dit wel lijkt te doen (punt a onder Rijn-invloed, punt b (1979) reeds niet meer), al is de overtuigingskracht hiervan vrij zwak. Dit zou erop kunnen wijzen dat de diepe grondwaterstroming naar de Noordoostpolder vooral gevoed wordt in het randgebied van De Weerribben tussen Kalenberg en Blankenham, terwijl zich ter hoogte van de Stobbenribben een veel minder diep stromingsstelsel bevindt naar de polders Wetering en Gelderingen ten Zuidoosten van De Weerribben. Hieronder zou zich dan tot aan Kalenberg minder mobiel grondwater bevinden met een lithoclien karakter. Dit lijkt niet in strijd met geologische en kwantitatief-hydrologische gegevens.

Naast allerlei infrastrukturele maatregelen (zie mijn artikel in H₂O, 1979) is de verminderde beschikbaarheid van lithoclien water uit Drenthe en de kwalitatieve verslechtering daarvan reden geweest tot inlaat van enigszins thalassoclien oppervlaktewater in de moerasgebieden van de Kop van Overijssel.

Onder andere hierdoor is de vegetatie in dit moerasgebied versneld afgetakeld en door een complex van maatregelen de verspreiding van boezemwater in het moerasgebied steeds verder bevorderd. Hierdoor kan het boezemwater vrijwel onveranderd infiltreren naar het grondwater. De waterbeweging wordt in belangrijke mate in stand gehouden door de polderbemalingen in de Kop van Overijssel en de Noordoostpolder.

6. Diagram 'CALCULATED WATERQUALITIES' (zie blz. 143)

Het wekt als zodanig geen verwondering dat de IR geschikt is om watermonsters te beschrijven. Er blijkt immers een duidelijke variatie in te bestaan (theoretisch tussen 0 en 1). In de eerste paragraaf is gesuggereerd dat de combinatie van IR en EC informatie geeft over neerslag-, grond- of zeewaterachtigheid van een monster.

In feite kan echter slechts beoordeeld worden of deze beschrijving ook aanknopingspunten heeft met de beschrijving van de eigenschappen van respektievelijke watergebruikers, bijvoorbeeld spontane vegetatie.

Deze teneur komt ook tot uiting in de diagrammen met analyse-resultaten van vele watermonsters. Ter completering hiervan is in het diagram 'calculated waterqualities' naast de referentiedriehoek At-Li-Th ook de contour 'mixed samples' opgenomen, die alle rekenkundig denkbare mengmonsters van de driereferentiewateren omvat. Daarbij is geen rekening gehouden met eventuele reacties. Het blijkt dat een groot gedeelte van het vlak binnen de contour 'all samples' rekenkundig als mengmonster van At, Li en Th beschreven kan worden. Dit kan in het gebied met grote aandelen van Li en Th nog verbeterd worden door de keuze van een extremer (meer representatief?) referentiepunt voor het grondwater. De analytische ondergrond van deze benadering is in een aantal opzichten zwak. Dit geldt vooral voor wateren in het traject At-Li, die immers kwantitatief hydrologisch gesproken meestal niet door menging van neerslagwater met diep grondwater ontstaan.

Om dit bezwaar te ondervangen wordt de hydrologische kringloop thans als een bron-put-systeem beschreven met een kwaliteit in de bron die gerelateerd is aan neerslagwater. Ter wille van de vuistberekeningen en in aansluiting op eerder gemaakte vereenvoudigingen wordt echter verondersteld dat dit water weliswaar hetzelfde Cl- en Ca-gehalte (en dus dezelfde IR) heeft als At, maar dat er overigens uitsluitend anionen A^- en kationen M^+ in voorkomen, die een gelijke bijdrage hebben aan het EC als respectievelijk Ca^{++} en Cl^- en waarvan de hoeveelheden ook hieraan gelijk zijn. Met inachtneming van de aktiviteit van de ionen volgens de Güntelberg-vergelijking voor de Debye-Hückel-effekten kan nu het EC van dit 'bron'monster A' ook worden berekend. Het gehele proces van beïnvloeding van infiltrerend regenwater in de wortelzone van de bodem en vervolgens de reactie met het gesteente is vervolgens geschematiseerd tot oplossing van equivalente hoeveelheden Ca^{++} en A^- in het monster. Aldus is het traject At'-Li' van de 'calculated contour' in het diagram gevormd.

Het is niet onredelijk om te veronderstellen dat uit At' enerzijds en Li' anderzijds in hoofdzaak door rekenkundig te benaderen menging met zee-water van een aangenomen kwaliteit Th' realistische contourlijnen At'-Th' en Li'-Th' kunnen worden vastgesteld. In het diagram is echter een verdere vereenvoudiging van de werkelijkheid ingevoerd door de 'putkwaliteit' afzonderlijk tot stand te brengen vanuit At' en Li' door oplossing van M^+ en Cl^- . Deze lijnen hebben uiteraard in het diagram geen snijpunt. Men kan ze vergelijken met de lijnen in het diagram 'Groundwater II' en met de referentiedriehoek van Terschelling en bedenke daarbij dat in feite elk dichterbij At' gelegen punt op de curve At'-Li' als uitgangsmateriaal voor de vorming van 'putwater' kan dienen. Naast de aangenomen kwaliteit van At' en de eenvoudige procesaannamen is het gewenst een nadere uitspraak te doen omtrent de 'meest extreme ligging van Li'!

In werkelijkheid wordt deze gereguleerd door de verblijftijd van het grondwater, de aanwezigheid van potentiële ionenbronnen, de oplosbaarheidsprodukten van de desbetreffende verbindingen en hun aktiviteitsprodukten in het water, waarbij de eerste twee voor het extremum niet beperkend zijn.

Een aanname omtrent beide andere factoren is vooralsnog omzeild door voor te schrijven dat het Li'-monster evenveel Ca^{++} bevat als het monster met de hoogste IR uit de overige diagrammen. Het blijkt nu dat de belangrijkste afwijking tussen de 'all samples' contour en de 'calculated' contour een gebied betreft dat door deze laatste niet beschreven wordt en waarin in hoofdzaak monsters uit diepe, van oorsprong mariene afzettingen voorkomen. Onder voorbijgaan hieraan wijst het resultaat van de berekeningen er wellicht op dat IR en EC inderdaad een beschrijving geven waarin althans macroscopisch enkele kernwetmatigheden met betrekking tot de regulatie van de waterkwaliteit in de kringloop van het water worden weerspiegeld. Dit is nuttig voor arme mensen, die niet in staat zijn vele 'volledige' chemische analyses en complexe fysisch chemische berekeningen te doen verrichten, zowel als voor degenen wier blik verduisterd wordt door de veelheid aan cijfers van een 'volledige' chemische analyse.

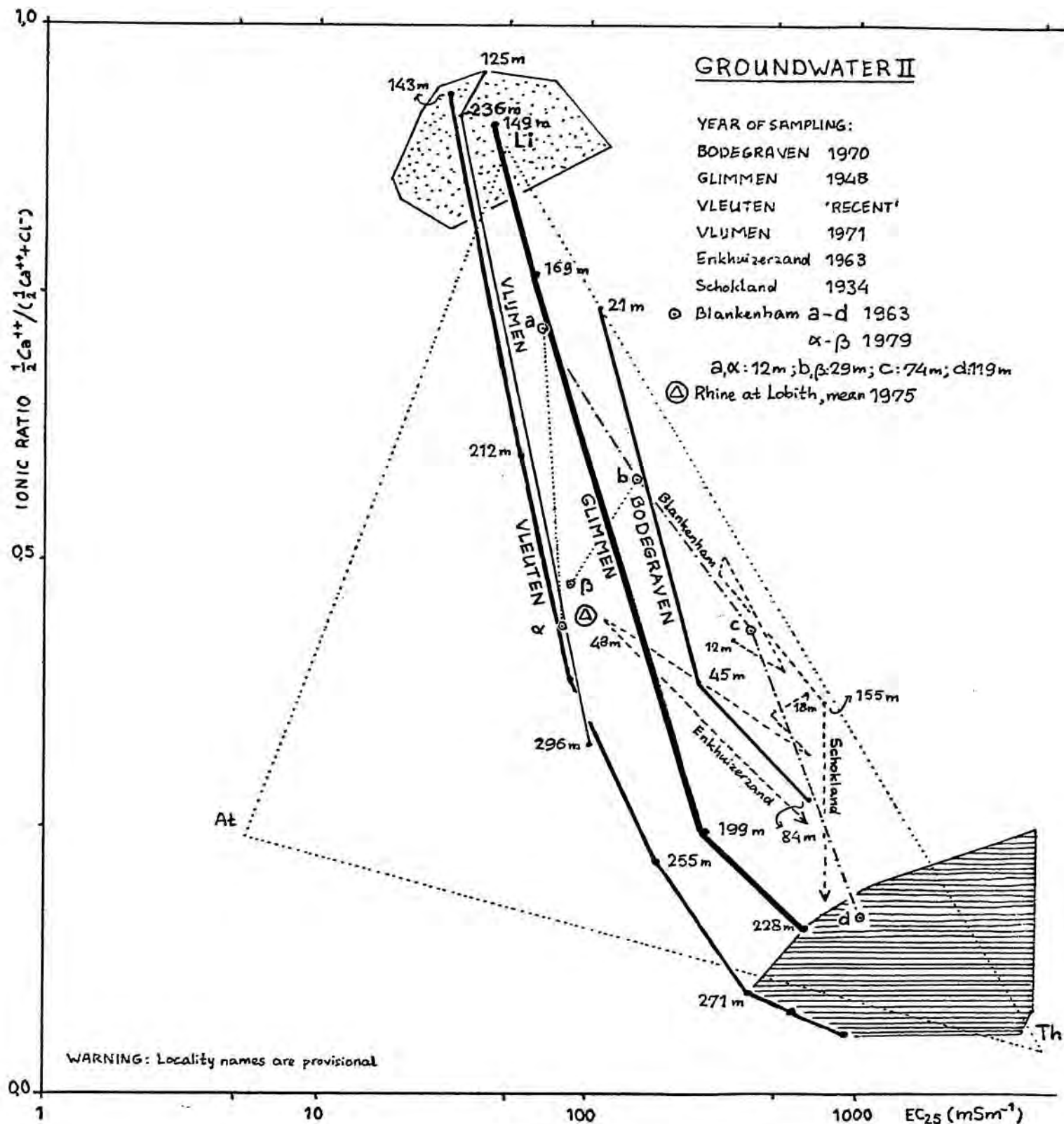
Verwijzingen

- Both, J.C. & G. van Wirdum, 1979 - Sensitivity of spontaneous vegetation to variation of water regime. In: Models for the water management II, Provinciale Waterstaat, Arnhem.
- Hem, J.D., 1970² - Study and interpretation of the chemical characteristics of Natural water. Geological Survey, Water-supply paper 1473, Washington, 363 pp.
- Meinardi, C.R., 1976 - Characteristic examples of the natural groundwater composition in The Netherlands. In: Groundwater Pollution. Versl. en Med. v.d. CHO, TNO (21): 12-33.
- Visser, G.J., 1971 - Chemische samenstelling, flora en fauna van binnendijks water op Terschelling, speciaal met betrekking tot duinplassen.
Rapport, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

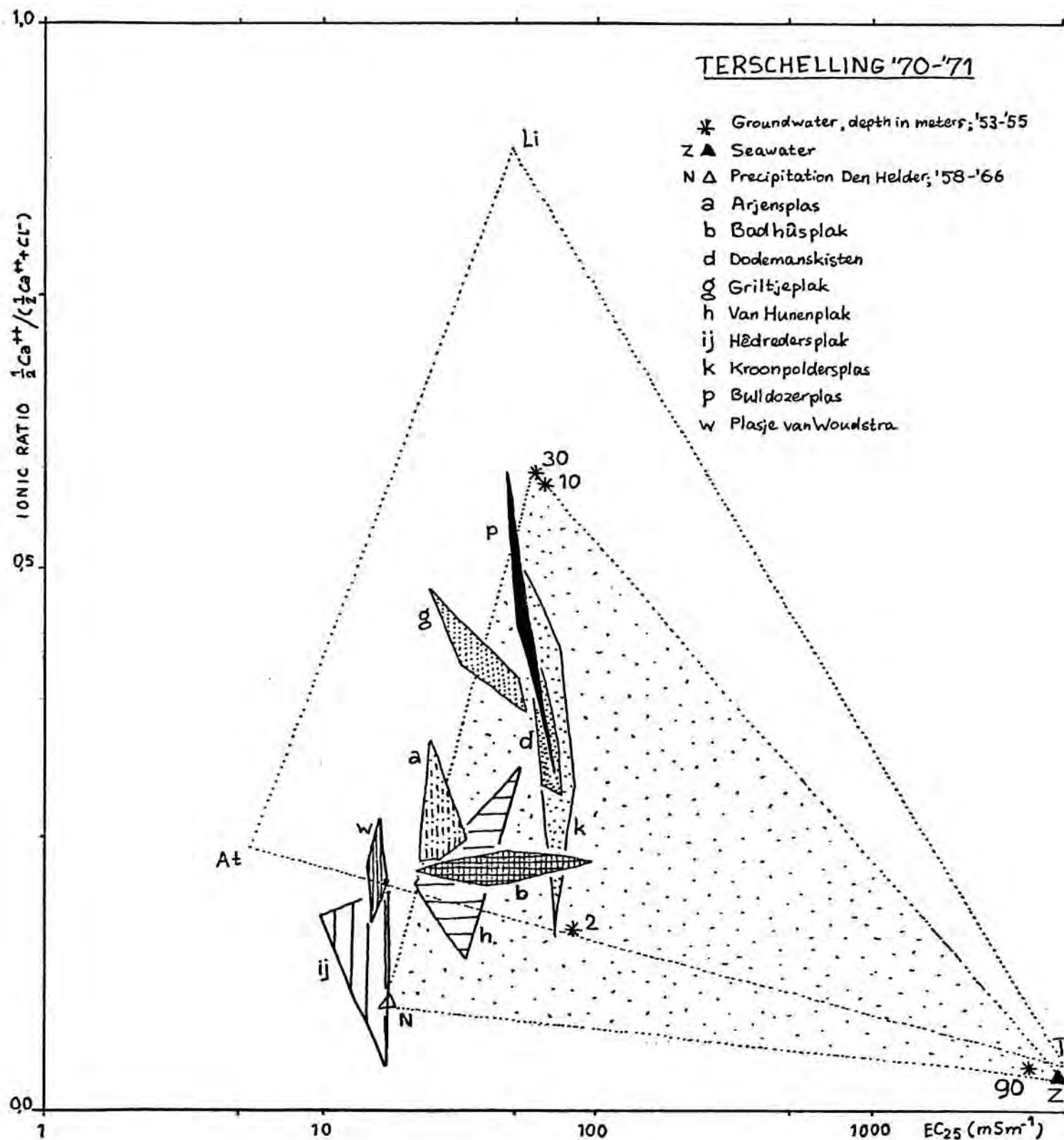
Wirdum, G. van, 1978 - Een landschapsoecologische basis voor normering van de waterkwaliteit. Notitie Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Wirdum, G. van, 1979 a - Dynamische aspecten van trofiegradiënten in een kraggelandschap H_2O (12): 46-51,56.
eveneens als: 1979 b - Dynamic aspects of trophic gradients in a mire complex. In: The relation between waterquantity and waterquality in studies of surface waters, Verslagen en Mededelingen van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO, (25): 66-82

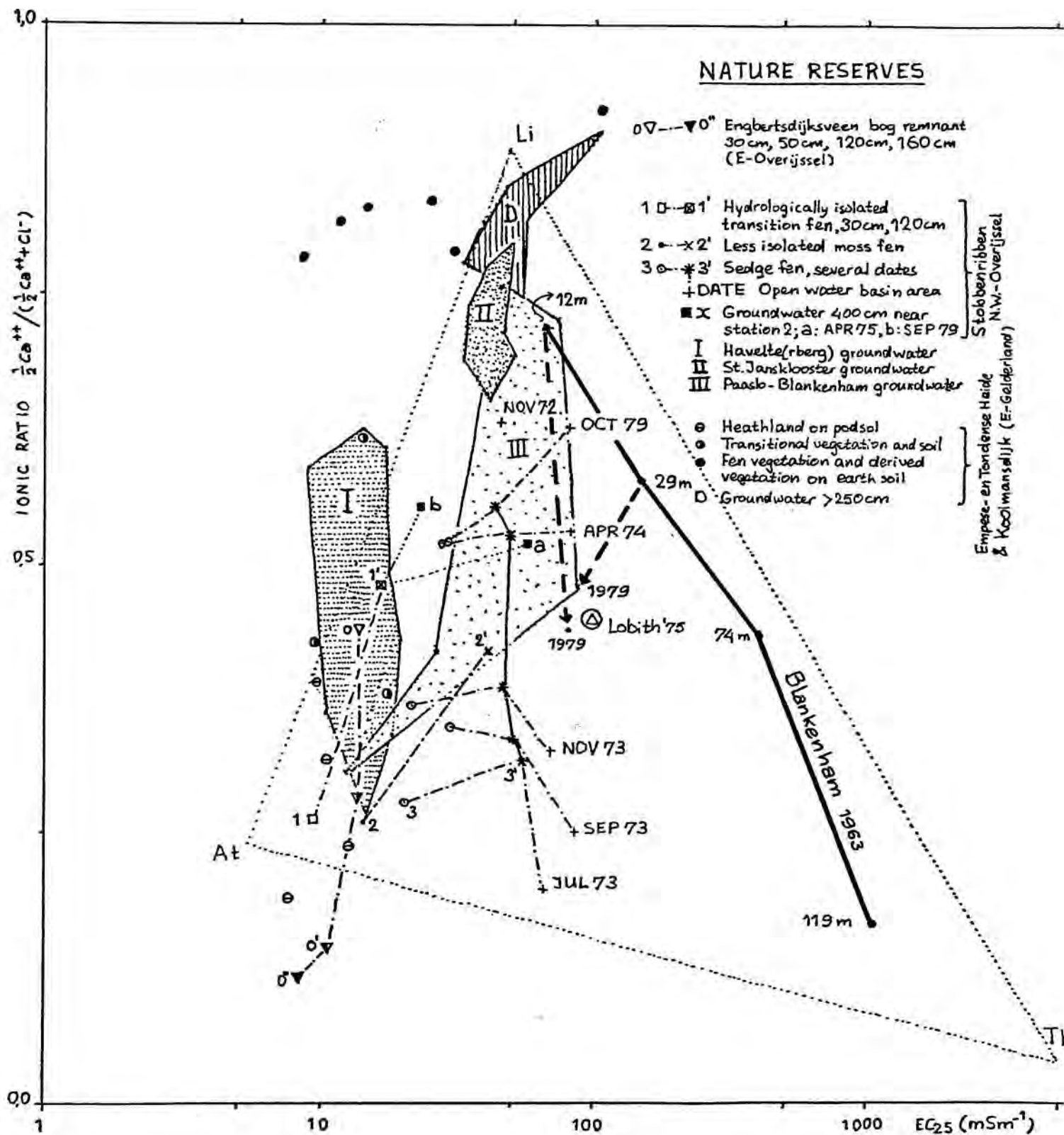
Wirdum, G. van, 1979 c - Ecoterminologie en grondwaterregime WLO-mededelingen 6 (3): 19-24.



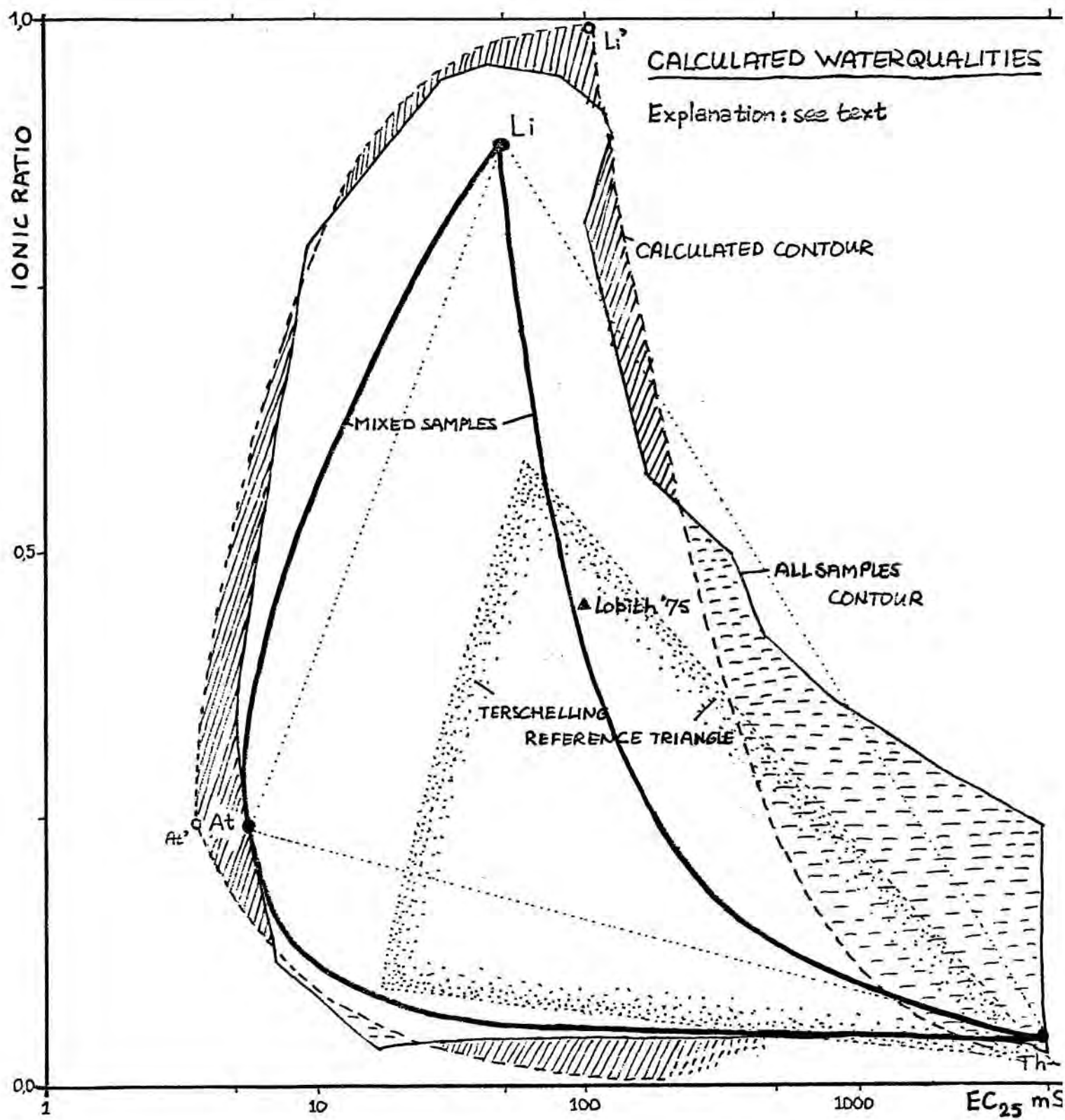
van Wirdum 8003



van Wirdum 8003



van Wirdum B.002



van Wierum 8004

3.1.16. AKTIVITEITEN OP BELEIDSMATIG GEBIED

Dr.Mr. D.A. Zeilmaker, Min. V&M

Achtereenvolgens wordt in deze bijdrage ingegaan op:

1. de situatie ten aanzien van het kwantitatief en kwalitatief waterbeleid en -beheer,
2. recente ontwikkelingen op wetgevingsgebied,
3. bescherming van de grondwaterkwaliteit , met name ten behoeve van waterwinning.

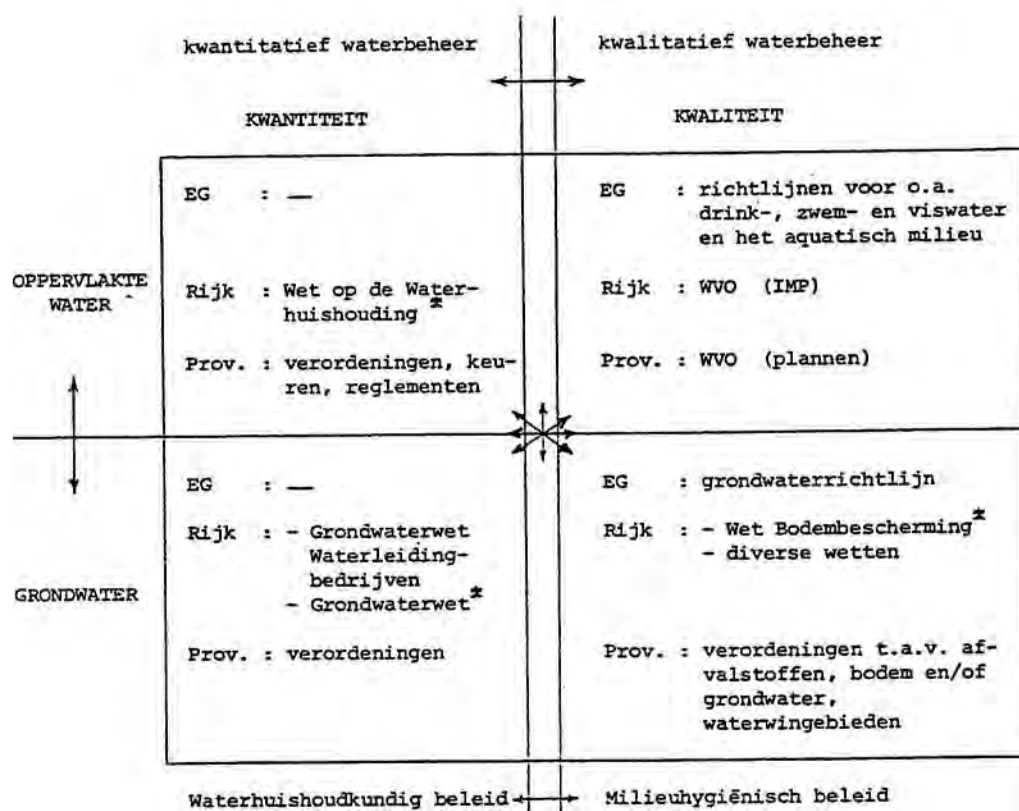
ad 1. Er is een duidelijke fysieke samenhang (hydrologische kringloop!) tussen enerzijds grondwater en oppervlaktewater en anderzijds de kwantitatieve en kwalitatieve aspecten daarvan. Onderscheid wordt gemaakt tussen kwalitatief waterbeheer: gericht op de bescherming van het water tegen verontreiniging met het oog op de maatschappelijke belangen verbonden aan water (gebruiks- en/of ecologisch -esthetische functies) en kwantitatief waterbeheer: gericht op een goede en billijke verdeling van het water over diverse belangen en op de beheersing van het water met het oog op wateroverlast en watertekorten.

Water vormt daardoor een belangrijk onderwerp zowel voor het milieuhygiënisch als voor het waterhuishoudkundig beleidsterrein. Eerstgenoemd beleidsterrein omvat voornamelijk de kwalitatieve aspecten aangezien dat beleid gericht is op het beschermen van mens, plant en dier tegen nadelige beïnvloeding die de mens in het fysieke milieu teweeg brengt door het inbrengen van stoffen en energie en het verrichten van handelingen die het milieu aantasten.

Het milieuhygiënisch beleid tracht, onder meer door het toetsen van de invloeden van allerlei menselijke handelingen op het milieu, ecosystemen in stand te houden.

Het waterhuishoudkundig beleidsterrein omvat vooral de kwantitatieve aspecten, daar het gericht is op de beheersing van het water (tegen wateroverlast en -tekorten) en de verdeling van de beschikbare hoeveelheden water over de verschillende aan het water verbonden maatschappelijke belangen.

De instrumenten waarmee het kwantitatief en kwalitatief beheer van het grondwater en het oppervlaktewater worden uitgevoerd zijn gebaseerd op een aantal bestaande wetten, verordeningen etc.



* in voorbereiding

Op bestuurlijk en beleidsmatig vlak zijn de verantwoordelijkheden voor de diverse onderdelen van het waterbeheer over verschillende Ministers/Departementen en over verschillende bestuursniveaus (Rijk, provincies, waterschappen) verdeeld. Vele openbare lichamen hebben (beheers)taken. Een goede afbakening en duidelijke afstemming en coördinatie van genoemde beleids- en beheersterreinen is nodig.

De maatschappelijke belangen verbonden aan "water" zijn velerlei. Onderscheiden kunnen worden een aantal primaire gebruiksfuncties van water ten behoeve van de mens, ecologische functies en veiligheidsbelangen (tabel)

I. Primaire gebruiksfuncties t.b.v. de mens

- 1.1. drinkwater voor bevolking
(EG-kwaliteitsrichtlijnen, struktuurschema, 10-jarenplan)
- 1.2. (proces)water voor industrie
- 1.3. water voor land- en tuinbouw
(droogtenota 1976)
- 1.4. (koel)water voor elektriciteitsvoorziening
- 1.5. visserij (EG-richtlijnen voor vis- en schelpdierenwater)
- 1.6. recreatie (EG-richtlijn zwemwater)
- 1.7. scheepvaart

II. Ecologische belangen (natuur en landschap, milieu)

(EG-richtlijnen inzake het aquatisch milieu en grondwater, IMP-water 1980-1984 met ecologische kwaliteitsdoelstellingen naast waterkwaliteitsdoelstellingen)

III. Veiligheidsbelangen (overstromingen, wateroverlast).

Opgemerkt kan worden dat 1.5, 1.6, 1.7 en III voornamelijk betrekking hebben op oppervlaktewater; de overige zowel op oppervlakte- als grondwater.

Probleem is dat de belangen vaak - bijvoorbeeld op korte of lange termijn gezien - tegengesteld gericht zijn en - bijvoorbeeld financieel- economisch gezien - moeilijk of in het geheel niet vergelijkbaar zijn. Vanuit elk van de belangen worden bovendien verschillende aanspraken gemaakt op grond- en/of oppervlaktewater en worden sterk uiteenlopende eisen gesteld aan de kwaliteit en kwantiteit van het water. Toch is vaak een belangenafweging nodig. Hiervoor zijn vele gegevens nodig, o.a. over de kwantitatieve en kwalitatieve hydrologische relaties en interacties, die uit technisch-wetenschappelijk en toegepast onderzoek moeten komen.

ad.2 Naast de in de voorgaande figuur genoemde regelingen op het gebied van het waterbeheer is er nog een groot aantal andere wetten die raakvlakken hebben met de onderhavige problematiek (bijlage A *). Naast specifieke milieuhygiënische wetten en milieuwetten in ruimere zin, kunnen andere wetten gekarakteriseerd worden als afwegingswetten of als (bodem)exploitatie- en -gebruikswetten. Met de primaire verantwoordelijkheid voor de uitvoering van deze wetten zijn verschillende (vak)ministers belast.

Gekonstateerd kan verder worden dat sommige van de bestaande wetten slechts zien op één bepaalde activiteit of als invalshoek één specifiek belang hebben. Andere kunnen uitsluitend (beschermings)regels stellen in bepaalde - geografisch beperkte - gebieden of ten behoeve van bepaalde objecten.

Omdat bovendien de in deze wetten opgenomen uitvoeringsinstrumenten beperkt en uiteenlopend zijn, kan een adequaat, efficiënt en samenhangend beleid op het gebied van het waterbeheer hiermee niet worden gerealiseerd.

Ondanks de kaleidoskoop van reeds bestaande wetten, provinciale verordeningen en reglementen op en rakende aan het gebied van het waterbeheer zijn er, met name op het terrein van het grondwater, op landelijk niveau nog een aantal belangrijke hiaten op wetgevingsgebied. Deze hiaten zijn

* blz. 153

onlangs ingevuld of worden thans ingevuld.

- In de eerste plaats kan op internationaal vlak genoemd worden de op 17 december 1979* door de EG-Raad vastgestelde "richtlijn betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging veroorzaakt door de lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen". Deze grondwaterrichtlijn beoogt verontreiniging van het grondwater door het direkt of indirekt lozen van bij de richtlijn aangegeven stoffen te voorkomen en de gevolgen van bestaande verontreiniging zoveel mogelijk te beperken of te beëindigen. De EG-lidstaten zijn op grond van deze richtlijn verplicht binnen een termijn van twee jaar de nodige wettelijke en bestuurlijke maatregelen te treffen om de lozing in het grondwater van zeer toxische, bio-accumulatieve en persistente stoffen (zgn. zwarte lijststoffen) te verhinderen en de lozing van andere minder toxische stoffen (zgn. grijze lijststoffen) in het grondwater te beperken ten einde de verontreiniging daarvan te voorkomen (zie bijlage B, blz. 155).
- Op Rijksniveau kan genoemd worden het thans bij het Parlement aanhangige ontwerp-grondwaterwet. Deze wet heeft ten doel de Grondwaterwet Waterleidingbedrijven en de provinciale grondwaterverordeningen te vervangen. De wet beoogt in het bijzonder de kwantitatieve aspecten van de grondwaterwinning te regelen, maar ziet ook op kwalitatieve aspecten van (oppervlakte)-water dat geïnfiltreerd wordt ter compensatie of voorkoming van door wateronttrekking ontstane grondwaterdalingen. Uitvoerende instantie in deze wet is de provincie. De wet kent een vergunningstelsel voor het onttrekken van grondwater alsmede voor het daarvoor kunstmatig in de bodem brengen van water (infiltratie). Provinciale staten dienen voorts een beleidsplan vast te stellen dat de hoofdlijnen aangeeft voor het grondwaterbeheer in hun provincie.

* Publikatieblad EG nr. L 20/43 van 26-1-1980.

De Grondwaterwet verplicht verder tot registratie van onttrokken grondwaterhoeveelheden.

- In voorbereiding is de Wet Bodembescherming waarmee wordt beoogd om, naast de afzonderlijke wettelijke kaders voor de bescherming van de kwaliteit van de milieucomponenten oppervlaktewater en lucht, ook de derde belangrijke milieucomponent, de bodem met het zich daarin bevindende grondwater, een dergelijke bescherming te geven. Deze wet zal tevens het wettelijk kader vormen voor de bescherming van grondwaterwingebieden en voor de uitvoering op nationaal niveau van de eerdergenoemde EG-grondwaterrichtlijn. Voor zover thans bekend, zal deze wet primair gericht zijn op het tegengaan van verdere afname van de bodemkwaliteit in relatie tot de diverse functies van de bodem, waarbij het zwaartepunt zal liggen op het voorkomen van nieuwe gevallen van verontreiniging en daarnaast op de behandeling van bestaande notoire bodem- en grondwater verontreinigingsbronnen en -gevallen (sanering!).

Dat het tot stand komen van deze wet geen eenvoudige zaak is, blijkt uit de lange voorgeschiedenis; reeds in 1971 werd ter kennisneming aan de Tweede Kamer een voorontwerp inzake de bodemverontreiniging aangeboden. Het zal duidelijk zijn dat dit nauw samenhangt met enerzijds het ingewikkelde, complexe en nog onvoldoende bekende systeem van bodem en grondwater en anderzijds de vele functies die de bodem heeft en het grote aantal handelingen dat de kwaliteit van bodem en grondwater kan verontreinigen of aantasten.

Verwacht wordt dat de wet bodembescherming voor onderstaande zes, categorieën van bodembedreigende activiteiten o.a. algemene regels zal kunnen stellen die voor het gehele land zullen gelden:

- . handelingen die ertoe strekken (hulp-, grond- of afvalstoffen) op of in de bodem op te slaan of te bergen;
- . handelingen, waarbij (mest)stoffen aan de bodem worden toegevoegd;

- het uitvoeren van (grond)werken en wateronttrekking, waarbij mechanische ingrepen worden verricht of verontreinigende stoffen worden toegepast;
 - handelingen waarbij stoffen op of in de bodem worden getransporteerd;
 - handelingen waarbij als nevengevolg verontreinigende stoffen in de bodem geraken;
 - handelingen die erosie, verdichting of verzilting van de bodem tot gevolg hebben.
- In voorbereiding is eveneens de Wet op de Waterhuishouding waarmee wordt beoogd een samenhangend beleid en beheer met betrekking tot de waterhuishouding mogelijk te maken. Door middel van op te stellen beleidsnota inzake de waterhuishouding, een rijksplan inzake het beleid met betrekking tot het kwantiteitsbeheer voor Rijks (oppervlakte)wateren, provinciale plannen inzake dit waterbeheer en de nodige instrumenten voor het kwantitatieve oppervlaktewaterbeheer, wordt getracht het beoogde beleid te realiseren.

ad 3. In Nederland bestaat tot nu toe geen landelijke sluitende wettelijke regeling ter bescherming van de grondwaterkwaliteit. Vooruitlopend op de Wet Bodembescherming die in deze leemte zal voorzien hebben een aantal provincies actie ondernomen door verordeningen t.b.v. waterwinplaatsen op te stellen of ter zake aanwijzingen op te nemen in het streekplan (Fr., Ov., Gld., Utr., N-H., Zeeland).

Sommige provincies hebben specifieke bodembedreigende handelingen geregeld in een grondwaterverordening of in aparte verordeningen de ondergrondse lozing van afvalstoffen (Dr., Utr., N-H en Limburg).

Gekonstateerd kan worden dat geen uniformiteit bestaat in de thans bestaande 234 grondwaterpompstations van de openbare waterleidingbedrijven die jaarlijks ruim 720 mln m³ grondwater onttrekken. (Daarnaast zijn er nog ca. 1200 industriële bedrijven en 1000 overige grondwateronttrekkers die jaarlijks resp. ca. 350 en 60 mln m³ grondwater winnen en die langs publiekrechtelijke weg niet of nauwelijks worden beschermd).

De uniformiteit ontbreekt o.a. in de wijze waarop de bescherming van de waterwingebieden is gerealiseerd, de omvang van en de zonering binnen aangewezen beschermingsgebieden, de handelingen die geregeld kunnen worden, de voorschriften die gesteld kunnen worden, de maatregelen en voorzieningen die voorgeschreven kunnen worden.

Van de grondwaterwinplaatsen is een groot percentage uiterst kwetsbaar voor verontreiniging* vanwege enerzijds de geohydrologische situatie (ondiepe winning en afwezigheid van "natuurlijke" bescherming in de vorm van slecht waterdoorlatende bodemlagen) en anderzijds omdat zij gelegen zijn in (verstedelijkte of intensieve landbouw) gebieden waarin vele bodem bedreigende activiteiten plaatsvinden.

Op beleidsonderbouwend gebied kunnen de volgende activiteiten worden genoemd:

- a. Rapport van de RID/VEWIN-Commissie bescherming waterwingebieden (CWB). Deze Commissie heeft onlangs haar eindrapport aan haar instellers uitgebracht. In het rapport doet de Commissie onder meer aanbevelingen om te komen tot een uniform systeem voor de bepaling van omvang van en zonering binnen de beschermingsgebieden rondom grondwaterwinningen en voor de handelingen die volgens huidige inzichten gevaren meebrengen voor de kwaliteit van het grondwater en daarmee voor de watervoorziening. De commissie doet verder aanbevelingen voor nader onderzoek van een aantal chemische, microbiologische en geohydrologische onderwerpen.

- b. Beleidsonderbouwende onderzoekprojecten.

In het kader van de voorbereiding van de Wet Bodembescherming zijn een groot aantal onderzoekprojecten bij diverse instellingen en instituten in uitvoering of in voorbereiding die van belang zijn voor deze problematiek (bijlage C, blz. 157).

* H₂O (Vol 12) 1979, nr. 23, p. 518-521.

Met name kunnen worden genoemd:

- het opzetten van een meetnet grondwaterkwaliteit
- onderzoek van diverse grondwaterverontreinigingsgevallen
- onderzoek naar het gedrag van verschillende stoffen en verontreinigingen in bodem en grondwater
- onderzoek naar de invloed van verschillende activiteiten op bodem en grondwater.

Wetten op het gebied van, of met raakvlakken aan, het waterbeheer

I. <u>Milieuhygiënische wetten*</u>	<u>prim.verantw.heid</u>
1.1. Hinderwet (1952); Hinderbesluit (1953)	V en M
1.2. Wet chemische afvalstoffen (1976)	V en M
1.3. Afvalstoffenwet (1977)	V en M
1.4. Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (1969)	V en W (V en M)
1.5. Bestrijdingsmiddelenwet (1975), -besluit (1964)	L en V/V en M (SoZa)
1.6. Kernenergiewet (1963)	V en M/SoZa/EZ
1.7. Waterleidingwet (1957)	V en M
1.8. Grondwaterwet Waterleidingbedrijven (1954)	V en M
1.9. Wet Luchtverontreiniging (1970)	V en M
1.10. Wet algemene bepalingen milieuhygiëne (1979)	V en M
1.11. Ontwerpwet bodembescherming	V en M
1.12. Ontwerpwet ongediertebestrijding	V en M
1.13. Ontwerpwet milieugevaarlijke stoffen	
II. <u>Milieuwetten in ruimere zin</u>	
2.1. Natuurbeschermingswet (1967)	CRM
2.2. Monumentenwet (1961)	CRM
2.3. Boswet ()	L en V/CRM
2.4. Ruilverkavelingswet (1954)	L en V
2.5. Wet vervoer gevaarlijke stoffen (1963)	V en W
2.6. Warenwet ()	V en M
2.7. Destruktiewet (1957)	V en M (L en V)
2.8. Wet op de Lijkbezorging (1869)	Biza (Just, V en M)
2.9. Ontwerpwet Landinrichting (1979)	L en V
2.10. Ontwerpwet Landbouwkwaliteit	L en V

* De indeling van de opsomming is arbitrair.

III. Afwegingswetten

- | | |
|--------------------------------------|-----------------|
| 3.1. Wet Ruimtelijke Ordening (1962) | VRO |
| 3.2. Ontgrondingenwet (1965) | V en W |
| 3.3. Ontwerp Grondwaterwet (1975) | V en W (V en M) |
| 3.4. Ontwerp wet Waterhuishouding | |

IV. (Bodem)exploitatie- en -gebruikswetten

4.1. Waterstaatswetten

- | | |
|--|--------|
| 4.1.1. Rivierenwet (1908) | V en W |
| 4.1.2. Wet inz. droogmakerijen en indijkingen (1904) | V en W |
| 4.1.3. Wet bepalingen 's Rijkswaterstaatswerken (1891) | V en W |
| . Baggerreglement (1934) | |
| . Rijkswegenreglement (1927) | |
| . Rijksrivierdijkenreglement (1937) | |
| . Rijkszeeweringenreglement (1937) | |
| . Rijksreglement van politie voor rivieren en
rijkskanalen (1919) | |

4.2. Mijnwetten

- | | |
|--|----|
| 4.2.1. Mijnwetten 1810 en 1903, Mijnreglement (1964) | EZ |
| 4.2.2. Mijnwet continentaal plat (1965) | EZ |
| 4.2.3. Wet opsporing delfstoffen (1967) | EZ |

4.3. Landbouwwetten

- | | |
|---|--------|
| 4.3.1. Meststoffenwet (1947), -besluit (1950) | L en V |
| 4.3.2. Plantenziektenwet (1951) | L en V |
| 4.3.3. Bloembollenziektenwet (1937) | L en V |

V. Diversen

- | | |
|-----------------------|-----|
| 5.1. Woningwet (1962) | VRO |
|-----------------------|-----|

Schema van de "Grondwaterrichtlijn" ¹⁾

Hoofddoelstelling
(art. 1.1)

- voorkomen van verontreiniging van het grondwater door lozing van lijst I en II stoffen
- beperken of beëindigen van gevolgen van bestaande verontreiniging 2)

Subdoelstelling/verplichting t.a.v.:
(art. 3)

lijst I stoffen ³⁾

lijst II stoffen ⁴⁾

verhinderen van inleiding in het grondwater

beperken van inleiding zodat "verontreiniging" wordt voorkomen 5)

Hoofdinstrumenten
(art. ⁿ 4 en 5)

-verbod van elke directe lozing 6)
-verbod ⁶⁾ of vergunning (na voorafgaand onderzoek) voor indirecte lozing door bepaalde (verwijderings-)handelingen. Vergunning alleen mits alle technische voorzorgen om de lozing te verhinderen zijn getroffen.

-vergunning (na voorafgaand onderzoek) voor:
.elke directe lozing;
.indirecte lozing door bepaalde (verwijderings)handelingen; mits alle technische voorzorgen om verontreiniging te voorkomen zijn getroffen.

-"passende" maatregelen t.a.v. indirecte lozing door andere handelingen op of in de bodem (art. 4)

-"passende" maatregelen t.a.v. indirecte lozing door andere handelingen op of in de bodem (art. 5).

-"bijzondere" vergunning t.b.v. aanvullen van het grondwater t.b.v. openbare watervoorziening en waterbeheer(sing).
(art. 6)

Overige verplichtingen t.a.v.

- . inhoud van het voorafgaande onderzoek (art. 7)
- . controle van het grondwater door de lid-staat (art. 8)
- . inhoud van de vergunning voor directe/indirecte lozing (art. 9/10)
- . vergunningsduur, weigering en naleving van de vergunning (art. 11/12)
- . overgangsregeling bestaande lozingen (art.14)
- . inventarisatie van vergunningen en verstrekking van gegevens (art.15/16)
- . lozing in grensoverschrijdend grondwater (art.17)
- . stand-stillbeginsel (art. 18)
- . herziening van de lijsten (art. 20)
- . inwerkingtreding van de richtlijn (art.21))

(Publ. blad EG nr. L 20/43 van 26-1-1980)

Noten: zie volgende blz.

Noten bij het schema van de "Grondwaterrichtlijn"

- 1) de richtlijn is niet van toepassing op lozing * van:
 - . huishoudelijk afvalwater van alleenstaande woningen buiten waterwingebieden
 - . "sporen" zodanig dat geen verslechtering van de Grondwaterkwaliteit kan optreden
 - . radioactieve stoffen.
 - 2) in de richtlijn worden geen bepaalde "saneringsmaatregelen" voorgeschreven.
 - 3) lijst I omvat o.m. alle organische halogeen-, fosfor- en tinverbindingen, kwik- en cadmiumverbindingen, cyaniden, minerale oliën en koelwaterstoffen en kankerverwekkende, mutagene of teratogene stoffen.

Die stoffen hiervan die weinig of niet toxisch, persistent of bioaccumuleerbaar zijn vallen onder lijst II-stoffen.
 - 4) lijst II omvat een twintigtal zware metalen, smaak- en geurbedervende stoffen, biociden (voor zover niet vallend onder lijst I), bepaalde organische siliciumverbindingen, anorganische fosforverbindingen, fluoriden, ammoniak en nitrieten.
 - 5) "verontreiniging" is gedefinieerd (art. 1.2d) als het lozen van stoffen of energie waardoor schade aan het leven en de ecosystemen wordt aangebracht of de gezondheid van de mens, de watervoorziening of andere gebruiksvormen van het water in gevaar komen.
 - 6) als uitzondering op het verbod kan onder bepaalde voorwaarden vergunning (na voorafgaand onderzoek) worden verleend voor lozing in blijvend "ongeschikt" en "afgesloten" grondwater en voor lozingen van voor bepaalde doeleinden opgepompt of gebruikt water (art. 4.2 en 4.3).
- * directe, resp. indirecte, lozing is de inleiding van de onderhavige stoffen in het grondwater zonder, resp. na, doorsijpeling door bodem of ondergrond.

Overzicht van lopende en in voorbereiding zijnde onderzoekprojecten bodembescherming

categorie *) v. onderzoek	projecttitel	looptijd		uitvoerend instituut
		van	tot	
I	Onderzoek naar de mobiliteit van Cd in de bodem	1978	1981	LH-Wageningen
I	Grondwaterverontreiniging	1977	1981	RID
I	Grondwaterverontreiniging: kolomproeven	1977	1980	RID
II	Meetnet Grondwaterkwaliteit	1977	1981	RID
I	Structuur en betekenis van complex org. mat. in rivierslib	1978	1980	FOM i.s.m. TH-Delft
I	Gedrag in de bodem van chlooranilines	1978	1979	OCI-TNO
II	Invloed van grondwerken op de kwaliteit van de bodem en het grondwater	1978	1979	LGM
IV	Regenwormen als biologische graadmeter van de effecten van bodemverontreiniging	1978	1980	RIN
IV	De invloed van zware metalen op de bodemmicroflora	1978	1980	RIN
V	Grondonderzoekmethoden in het kader van bodembescherming	1979		Adviesbureau Arnhem
V	Loodonderzoek Billiton BV Arnhem	1978	1980	LH-Wageningen
I	Gedrag van cyanide en bariumhoudende afvalstoffen in de bodem	1978	1979	RID
II	Beïnvloeding van de gw.-kwaliteit in de NW-Veluwe	1979	1980	VU-Amsterdam
II	Aanwezigheid van tox. stoffen in water-, grond- en grasmonsters uit de omgeving v/e vuilstort te Venray	1979		H-Afd. Maatsc Techn.-TNO
II	Onderzoek naar referenties van anorg. en org. elementen in Ned. natuurterreinen	1979	1980	RIN
II	Evaluatie v. onderzoek naar de gevolgen v. vuilstorten in Gelderland	1979	1980	PW-Gelderland
div.	Advisering m.b.t. alternatieven v. cementmaterialen	1979		Intron- Maastricht
II	Inventarisatie van bodembedreigende activiteiten in een proefgebied	1979	1980	Adviesbureau Arnhem
II	Analysemethoden i.v.m. bodemverontreiniging	1979	pm	RIV

*) Onderscheiden worden de volgende categorieën van onderzoek:

- I Bodemverontreinigingskennis
- II Basisonderzoek Bodembescherming
- III Karteringsonderzoek
- IV Relaties onderzoek; toelaatbare waarden
- V Realisatieonderzoek; preventie en sanering
- VI Kostenonderzoek

categorie *) v. onderzoek	projecttitel	looptijd		uitvoerend instituut
		van	tot	
II	Individuele behandeling afvalwater: a) Infiltratie in bodem en grondwater b) Behandelingssystemen en oppervlaktewaterver- ontreiniging	1979 1979	1980 1980	IWACO DHV
IV	Invloed van grondontsmetting op de persistentie van andere bestrijdingsmiddelen in de grond	1979	1981	IB-Haren
V	Toepassing van kunststoffolies t.b.v. bescher- ming van bodem en grondwater	1979		RID
II	Onderzoek naar fosfaat en koper in de bodem	1979	1981	LH-Wageningen
V	Oppervlakkige afvoer van regenwater op stort- terreinen	1979	1981	ICW
II	Persistentie v.voederadditieven in mest en gier	1979	1980	ILOB
II	Invloed van inhomogeniteiten op de verblijftij- den van het grondwater	1980		KIWA
II	Invloed van mechanische ingrepen in beschermende geologische lagen	1980		KIWA
II	Onderzoek van macrodispersie in de bodem	1980	1981	RID
II	Onderzoek dichtheidsstroming	1980	1982	RID
I	Onderzoek naar kwaliteitsvariaties in het grondwater naar diepte en tijd	1980	1981	RID
II	Bemesting van landbouwgronden en de effecten er- van op het bodemmilieu	1980	1981	St.Natuur en Milieu

*) Onderscheiden worden de volgende categorieën van onderzoek:

- I Bodemverontreinigingskennis
- II Basisonderzoek Bodembescherming
- III Karteringsonderzoek
- IV Relaties onderzoek; toelaatbare waarden
- V Realisatieonderzoek; preventie en sanering
- VI Kostenonderzoek

3.2. INVENTARISATIE VAN HET "KWALITATIEVE" ONDERZOEK OP HET GEBIED

VAN HET GRONDWATER

3.2.1. Algemeen

De inventarisatie van het onderzoek op het gebied van grondwater is geschied aan de hand van een enquête. Deze enquête is begin 1980 gedaan door het CHO-secretariaatsbureau. Ze bestaat uit vier matrices waarin de diensten of instellingen kunnen aangeven met welk onderzoek zij zich bezig houden.

Uiteindelijk zijn uit deze matrices vier 'totaal' matrices opgesteld. Toch geeft het nog geen totaaloverzicht van het onderzoek in Nederland, daar (nog) niet door alle diensten of instellingen is gereageerd. Op bladz. 161 staan de diensten en instellingen weergegeven die wel een reactie hebben gestuurd.

Indien door een dienst of instelling in één vakje meerdere kruisjes zijn gezet, dan is dit in de 'totaal' matrix aangegeven met één cijfer. In de 'totaal' matrices geeft het cijfer in één vakje aan hoeveel diensten of instellingen zich bezig houden met hetzelfde soort onderzoek. (blanco vakje betekent dus geen onderzoek)

3.2.2. Diensten en instellingen gereageerd op verzoek tot invullen matrices

1. Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening	RID
2. Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen/ Vereniging van exploitanten van Waterleiding- bedrijven in Nederland	KIWA/ VEWIN
3. N.V. Waterleidingmaatschappij "Drenthe"	
4. N.V. Waterleiding Maatschappij Gelderland	
5. N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg	
6. Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord Holland	PWN
7. Waterleidingbedrijf Midden Nederland	WMN
8. Gemeentewaterleidingen Amsterdam	
9. Duinwaterleiding van 's-Gravenhage	
10. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid	IB
11. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding	ICW
12. Stichting Instituut voor toepassing van atoomenergie in de landbouw	ITAL
13. Instituut voor onderzoek van bestrijdingsmiddelen	IOB
14. Stichting Bodemkartering	STIBOKA
15. Rijksinstituut voor Volksgezondheid	RIV
16. Stichting Verwijdering Afvalstoffen	SVA
17. Rijksinstituut voor Natuurbeheer	RIN
18. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschaps- bouw "De Dorschkamp"	RIBLO
19. Landbouwhogeschool	LH
20. Technische Hogeschool Delft	THD
21. Vrije Universiteit Amsterdam	VUA
22. Rijks Universiteit Groningen	RUG
23. Rijks Universiteit Utrecht	RUU
24. Technische Hogeschool Twente	THT
25. Gemeentelijke Universiteit Amsterdam	GUA
26. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders	RIJP
27. Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater	RIZA
28. Provinciale Waterstaat Gelderland	PW Geld.
29. Provinciale Waterstaat Utrecht	PW Utrecht
30. Provinciale Waterstaat Drenthe	PW Drenthe
31. Provinciale Waterstaat Noord Brabant	PW N. Brab.
32. Provinciale Waterstaat Noord Holland	PW N. Hol.
33. Landinrichtingsdienst	LD
34. Heidemaatschappij	Heidemij
35. Instituut voor Milieuhygiene en Gezondheidstechniek	IMG-TNO
36. Dienst Grondwaterverkenning TNO	DGV-TNO
37. Waterloopkundig Laboratorium	WL

Wel gereageerd, doen echter geen eigen onderzoek op dit gebied:

38. Provinciale Waterstaat Zeeland
39. N.V. Waterwinningsbedrijf Brabantse Biesbos
40. N.V. Waterleidingmaatschappij Oost Brabant

TYPEN GEBIEDEN		VERDELING IN ZONES	TYPE PROCESSEN						
			CHEMISCH BETREKKELIJK CONSERVATIEVE PROCESSEN b.v. dispersie diffusie	NEERSLAGVORMENDE PROCESSEN b.v. Ca, Mg, Si	OPLOSSINGSPROCESSEN b.v. Na, K	UITWISSELINGS- PROCESSEN adsorptie, desorptie	OKYDATIE/REDUCTIE PROCESSEN b.v. Fe, Mn, S	BIOCHEMISCHE PROCESSEN	ISOTOPEN- FRACTIENERING
DUIN- LANDSCHAP	WADDEN- EILANDEN	REGEN	1						
		OPPERVLAKTEW.	1						
		ONVERZAD IGD							
		VERZAD IGD	2+						
	DUINGEBIED N. en Z. HOLLAND	REGEN	1						
		OPPERVLAKTEW.				1			
		ONVERZAD IGD	1		1		1	1	
		VERZAD IGD	3+, 10M	2+	3+	3+	1D, 3+	2+	2+
	DUINKOPPEN ZEEUWSE EILANDEN	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.							
		ONVERZAD IGD							
		VERZAD IGD							
WESTELIJK VEEN EN KLEILAND- SCHAP	FRIES, GRON. KLEIGORDEL	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1						
		ONVERZAD IGD		1	1		1		
		VERZAD IGD	1+			1+		1+	
	WEST NED. VEENGEBOED	REGEN	1						
		OPPERVLAKTEW.	2	2	2	2	2		
		ONVERZAD IGD	1	1	3	1	2	1	
		VERZAD IGD	2+	10, 1+	20, 1+	10, 1+	10, 1+		
	ZEEUWS, Z.H. KLEIGORDEL	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1						
		ONVERZAD IGD		1	2	2	2		
		VERZAD IGD	1, 1+			1+			
	ZESSELMEER- POLDERS	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1					1	
		ONVERZAD IGD					1		
		VERZAD IGD	2, 1+				1	1+	
GROTE RIVIEREN LANDSCHAP	REGEN								
	OPPERVLAKTEW.						1		
	ONVERZAD IGD								
	VERZAD IGD	1+	1+			1D			
STUWWAL- LENLAND- SCHAP	VELUWE	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1	3		2		1	
		ONVERZAD IGD	1	2	2	2	1	1	
		VERZAD IGD	2+, 10M	10, 2+	10, 2+	10, 2+	2+	1+	1+
	NIJMEGEN MONTFERLAND	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.							
		ONVERZAD IGD							
		VERZAD IGD	1+						
	OVERIJSSSELSE STUWWALLEN	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1	1		1			
		ONVERZAD IGD		1	1	1			
		VERZAD IGD	1DM	10, 1DM	10	20	1DM		
DEKZAND- LANDSCHAP	WEST BRABANT	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.							
		ONVERZAD IGD							
		VERZAD IGD	1+, 1			1	1		
	OOST BRABANT	REGEN							
		OPPERVLAKTEW.	1	1		1	1		
		ONVERZAD IGD		1	1	1			
		VERZAD IGD	2+, 2	10	10	10, 2	1	2+	
	TWEENTE ACHTERHOEK	REGEN	1	1	1	1	1		
		OPPERVLAKTEW.	3	2	2	2	3	1	
		ONVERZAD IGD		4	4	5	4		
		VERZAD IGD	2, 3+	30, 1, 1+	30, 1+	30, 1+	20, 1+	2+	1+
DRENTSE PLATEAULANDSCH.	REGEN								
	OPPERVLAKTEW.								
	ONVERZAD IGD								
	VERZAD IGD	2+	1+	1+	1+	1+			
ZUID LIMBURGSE LOSS KRIJLT LANDSCHAP	REGEN								
	OPPERVLAKTEW.								
	ONVERZAD IGD		1	1	1				
	VERZAD IGD		10	10	10	10M	10M		
NIET REGIONAAL GEBONDEN	REGEN		2		2	1	1		
	OPPERVLAKTEW.	7	2	4	8	5	7		
	ONVERZAD IGD	7	2	3	8	2	5	2	
	VERZAD IGD	20, 4+, 1	1+, 1	1+, 1	30, 4+, 1	30, 2+, 1	10, 1+, 1	4+	

VERZADIGDE ZONE ONDER TE VERDELEN IN: - ONDIEP O
- MIDDEL M → INDIEN ZOWEL O, M en D DAN +
- DIEP D

TYPEN GEBIEDEN		VERDELING IN ZONES	BRONNEN										
			LOCAAL			DIFFUUS						OVERIGEN	
			AFVALSTORTING LOZINGEN	OPSLAG TRANSPORT	CIVIEL-TECHNIS- CHE WERKEN	BEMESTING	BESTRIJDING MIDDELEN	INFILTRATIE WATERBEHEERS.	LUCHTVERONT- REINIGING	VERSTEDELIJ- KING	WATERONTREK- KING		
DUIN- LANDSCHAP	WADDEN- EILANDEN	REGEN							2				
		OPPERVLAKTEW.				1			1		1		
		ONVERZAD IGD											
		VERZAD IGD				1+		1M	10		12+D1M		
	DUINGEBIED N. en Z. HOLLAND	REGEN							2				
		OPPERVLAKTEW.	1					3			1		
		ONVERZAD IGD						1	1				
		VERZAD IGD	1+, 10, 1M	1+	1+		10	10, 1M, 2M, 3M	10, 1		5+		
	DUINKOPPEN ZEEUWSE EILANDEN	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.											
		ONVERZAD IGD											
		VERZAD IGD			1+								
WESTELIJK VEEN EN KLEILAND- SCHAP	FRIES, GRON. KLEIGORDEL	REGEN							1				
		OPPERVLAKTEW.											
		ONVERZAD IGD			1			1					
		VERZAD IGD	1D	1D	10M						1+		
	WEST NED. VEENGEBIED	REGEN							1		1		
		OPPERVLAKTEW.	4	1	1	3		3			1		
		ONVERZAD IGD			1			1					
		VERZAD IGD	10, 10M	1+	10, 1+	10		10, 2+, 1M		10	1M, 1D, 3+	10	
	ZEEUWS, Z.H. KLEIGORDEL	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.	2	1									
		ONVERZAD IGD											
		VERZAD IGD	20M			10M		1+			1+		
	IJSSSELMEER- POLDERS	REGEN									1		
		OPPERVLAKTEW.	1			1	1	1		1			1
		ONVERZAD IGD				1				1			1
		VERZAD IGD	10		10, 1+	10		10, 1+		10	2+	10	
GROTE RIVIEREN LANDSCHAP	REGEN								1				
	OPPERVLAKTEW.	2						1					
	ONVERZAD IGD	1				1							
	VERZAD IGD	30M		1+		1	1+			2+			
STUWWAL- LENLAND- SCHAP	VELUWE	REGEN							1				
		OPPERVLAKTEW.	2			3		1					
		ONVERZAD IGD	1	1		2							
		VERZAD IGD	1M, 1M, 1, 1+	1+	1+	10, 10M, 2+		10M, 1+			1M, 1D, 1+	1+	
	NIJMEGEN MONTFERLAND	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.											
		ONVERZAD IGD											
		VERZAD IGD	1+								1+		
	OVERIJSSELSE STUWWALLEN	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.	1	1							1+	1	
		ONVERZAD IGD	2			1							
		VERZAD IGD	10, 10M, 1			10				10M	1+	10M	
DEKZAND- LANDSCHAP	WEST BRABANT	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.							1				
		ONVERZAD IGD	1										
		VERZAD IGD	10M, 1, 1+								2+		
	OOST BRABANT	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.	1	1		1		2		1			
		ONVERZAD IGD	2			1							
		VERZAD IGD	10, 10M, 3+	1+	1+	10			10	10M	1+	10M	
	TWENTHE ACHTERBOEK	REGEN											
		OPPERVLAKTEW.	1, 1+	1									1
		ONVERZAD IGD	2		1	1					1	1	
		VERZAD IGD	20, 20M, 1+			10, 10M		1+	10	10M	1, 1+	10, 10M	
DRENTSE PLATEAULANDSCH.	REGEN								1				
	OPPERVLAKTEW.							1	1			1	
	ONVERZAD IGD												
	VERZAD IGD	10, 1M, 3+	1D, 1	10M			10M			1M, 1, 1+	2+		
ZUID LIMBURGSE LOSS KRIJLT LANDSCHAP	REGEN												
	OPPERVLAKTEW.												
	ONVERZAD IGD	1			1								
	VERZAD IGD	10, 10M	10M		10				10M	1+	10M		
NIET REGIONAAL GEBONDEN	REGEN	1	1					2	4	1	2		
	OPPERVLAKTEW.	7	3	2	6	4	6	3	3	4	3		
	ONVERZAD IGD	5	1	1	4	2	1	2	2	2	2		
	VERZAD IGD	10, 1, 5+	10, 1, 2+	3+	10	10	10M, 1, 2+	1+	10, 1	1, 3+	20, 2, 1		

VERZADIGDE ZONE ONDER TE VERDELEN IN: - ONDIEP O
- MIDDEL M - INDIEN ZOWEL O, M en D DAN +
- DIEP D

TYPEN GEBIEDEN		VERDELING IN ZONES	STOFFEN/TEMPERATUUR																	
			ORGANISCH				ANORGANISCHE STOFFEN													
			SYNTHET.				ANIONEN				OXIDATIE REDUCTIE		UITLOGINGS/OPLOSSINGS- ELEMENTEN				CASSEN OVERIGE STOFFEN	TEMPERATUUR	BACTERIEN/VIRUSSEN	
			ALGEMEEN	AARDOLIEDERIV.	BESTRIJDINGEN	NATUURL. ORGAN.				OVERIGEN	Fe, Mn	S	SI	Na, K	Ca, Mg	Fe				
DUIN- LANDSCHAP	WADDEN- EILANDEN	REGEN					1	2	3	2	1	2	3		2	2	2		1	
		OPPERVLAKTEW.						1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	
		ONVERZAD IGD																		
	DUINGEBIED N. en Z. HOLLAND	REGEN				1+	1,1+	1,1+	1,2+	1	1,1+	1,1+	1+	1,2+	1,1+	1,1+		1		
		OPPERVLAKTEW.	1				1	2	3	2	3	2	1	1		2	1	1		3 2
		ONVERZAD IGD	1	1	1															
	DUINKOPPEN ZEEUWSE EILANDEN	REGEN	2+1D 1D	2+1D	2+1D	2+1D	2OM3+	1OM3+	1OM4+	1OM2+	1OM3+	3+	2+	1OM3+	1OM3+	1OM3+	1+	10 2+		
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD																		
WESTELIJK VEEN EN KLEILAND- SCHAP	FRIES, GRON. KLEIGORDEL	REGEN																		
		OPPERVLAKTEW.							1	1	2	1			1	1	1			
		ONVERZAD IGD											1		1	1	1			
	WEST NED. VEENGEBIED	REGEN				1D 1D	1+	1+	2+1D	1+				1+1D	2+1D		1D 1D			
		OPPERVLAKTEW.	2		2		3	5	5	5	4	3	2	3	4	3	2		1 2 1	
		ONVERZAD IGD										2	2	1	1	1	1			
	ZEEUWS, Z.H. KLEIGORDEL	REGEN	1+			1+2,1+	1,1+	1,2+	2,4+	1,3+	1,1Q 3	1,1Q, 4	1, 2+	1,3+	1,4+	1,2+	1+1			
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD												1	1	1	1			
	IJSSSELMEER- POLDERS	REGEN	1D 1D					1OM	1,2OM	2OM					1OM	1Q 1OM				
		OPPERVLAKTEW.	1 1 1 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1 1 1 1		
		ONVERZAD IGD	1+ 1+1+	1D 1D	2+	3+	4+	3+	3+	3+	3+	3+	3+	1+	1,2+	1,3+	1,2+	1+1+	2+1-	
GROTE RIVIEREN LANDSCHAP		REGEN																		
		OPPERVLAKTEW.	1 1 1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2		2 1		
		ONVERZAD IGD																		
STUWVAL- LENLAND- SCHAP	VELUWE	REGEN	1M 1+			3+1OM,3+1OM,1+1OM,2+1OM,3+1OM,2+2+	2+	1+					1OM,2+1OM,3+1OM,2+1+1OM							
		OPPERVLAKTEW.	1	1	2	1 2	4	4	4	2	2	2		2	2	3		1		
		ONVERZAD IGD																		
	NIJMEGEN MONTFERLAND	REGEN	1D 1D			2+1,1Q 1D 2OM2+	2OM3+	1,2M,4	2OM,3+1,1Q 3+1,3+	2+			2OM3+	2OM4+	2OM3+	1+2OM1+				
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD	1+				1OM	1+	2+	3+	2+	2+	2+	1+	2+	3+	2+	1+1+	1+	
	OVERIJSSELSE STUWVALLEN	REGEN																		
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD																		
DEKZAND- LANDSCHAP	WEST BRABANT	REGEN																		
		OPPERVLAKTEW.		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	
		ONVERZAD IGD																		
	OOST BRABANT	REGEN																		
		OPPERVLAKTEW.		1	1	2	2	2	1	1	1	1		1	1	1		1		
		ONVERZAD IGD																		
	TWEENTE ACHTERDEK	REGEN	1+1	1+1	1OM2+	1,1Q, 4	1,1Q 1+1,1Q 2+	1,1Q 1+1,1Q 2+	1					1,1Q 1+1,1Q 2+			1M			
		OPPERVLAKTEW.		3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
		ONVERZAD IGD		3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
DRENTSE PLATEAULANDSCH.		REGEN	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	2M	
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD																		
ZUID LIMBURGS LOSS KRIJLT LANDSCHAP		REGEN	1Q 1Q					1,1D, 1M 1Q	1OM	1+1OM	1OM	1OM	1OM		1OM	1+1OM	1OM		1M	
		OPPERVLAKTEW.																		
		ONVERZAD IGD																		
NIET REGIONAAL GEBONDEN		REGEN	1	1	1	3	3	3	2	2	3	2	1	2	2	2		1		
		OPPERVLAKTEW.	2	1	3	2	7	8	9	8	8	5	5	2	8	7	5	1	2 5 2	
		ONVERZAD IGD	2	4	3	2	5	5	4	1	3	2		1	2	3			1	
		VERZAD IGD	1+1Q 1Q+	2+2	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	2OM2+	

VERZAD IGD ZONE ONDER TE VERDELEN IN: - ONDIEP O
- MIDDEL M → INDIEN ZOWEL O, M en D DAN +
- DIEP D

[illegible]

VERZADIGDE ZONE ONDER TE VERDELEN IN : - ONDIEP O
- MIDDEL M → INDIEN ZOWEL O, M en D DAN +
- DIEP D

3.3. DEELNEMERSLIJST VAN DE STUDIEBLEEKENKOMST 'WATERKWALITEIT IN GRONDWATER-STROMINGSSYSTEMEN' OP 1 EN 2 APRIL 1980

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. Dr. C.A.J. Appelo | - Instituut voor Aardwetenschappen VU,
Postbus 7161, 1081 HV Amsterdam,
tel. 020 - 5483564 |
| 2. Ir. C.G.E.M. van Beek | - Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.
Postbus 70, 2280 AB Rijswijk,
tel. 070 - 902720 |
| 3. Drs. W. Bleuten | - Geografisch Instituut RUU,
Postbus 80115, 3508 TC Utrecht,
tel. 030 - 532779 |
| 4. Ir. R.H. Boekelman | - Vakgroep Waterbeheersing TH,
Postbus 5048, 2600 GA Delft,
tel. 015 - 784901 |
| 5. Dr. ir. J. Bouma | - Stichting Bodemkartering
Postbus 98, 6700 AB Wageningen,
tel. 08370 - 19100 |
| 6. Dr. F.J. Brinkmann | - Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
Postbus 150, 2260 AD Leidschendam,
tel. 070 - 694251 |
| 7. Prof. dr. ir. J.C. van Dam | - Vakgroep Waterbeheersing TH,
Postbus 5048, 2600 GA Delft,
tel. 015 - 781377 |
| 8. Ir. J.G.H.R. Diephuis | - Waterloopkundig Laboratorium
Postbus 177, 2600 MH Delft,
tel. 015 - 569353 |
| 9. Ir. W. van Duyvenbooden | - Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
Postbus 150, 2260 AD Leidschendam,
tel. 070 - 694251 |
| 10. Prof. dr. G.B. Engelen | - Instituut voor Aardwetenschappen VU,
Postbus 7161, 1081 HV Amsterdam,
tel. 020 - 5482449 |
| 11. Dr. A.J. de Groot | - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
Postbus 30003, 9750 RA Haren,
tel. 050 - 346541 |
| 12. Ir. J.A.M. van der Gun | - Dienst Grondwaterverkenning TNO
Postbus 285, 2600 AG Delft,
tel. 015 - 569330 |
| 13. Prof. dr. ir. F.A.M. de Haan | - Landbouwhogeschool
De Dreijen 3, 6704 PB Wageningen,
tel. 08370 - 89111 |
| 14. Dr. ir. H. de Heer | - Instituut voor onderzoek van bestrijdingsmiddelen
Marijkeweg 22, 6709 PG Wageningen,
tel. 08370 - 11821 |
| 15. Dr. J. Hoeks | - Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Postbus 35, 6700 AA Wageningen,
tel. 08370 - 19100 |
| 16. Ir. J. Th. Hoekstra | - Provinciale Waterstaat Gelderland
Postbus 9037, 6800 EW Arnhem,
tel. 085 - 457411 |
| 17. Ir. J.M.L. Jansen | - Landinrichtingsdienst
Postbus 20021, 3502 LA Utrecht,
tel. 030 - 852635 |
| 18. Drs. H.F.W. Kleijn | - Technische Hogeschool Delft
tel. 015 - 568250 |

19. Prof. ir. D.A. Kraijenhoff van de Leur - Landbouwhogeschool
"De Nieuwlanden",
Nieuwe Kanaal 11, 6799 PA Wageningen,
tel. 08370 - 82897
20. Ir. L. de Lavieter - Studie- en Informatiecentrum voor Milieu-onde
Postbus 186, 2600 AD Delft, T
tel. 015 - 569330
21. Ir. J. Luijendijk - Vakgroep Waterbeheersing TH,
Postbus 5048, 2600 GA Delft,
tel. 015 - 785080
22. Dr. W.G. Mook - Lab. Isotopenfysica RUG,
Westersingel 34, 9718 CM Groningen,
tel. 050 - 115169
23. Ir. D. Pette - Adviesbureau Arnhem B.V.,
Postbus 264, 6800 AG Arnhem,
tel. 085 - 778301
24. Drs. H.F.R. Reijnders - Rijksinstituut voor Volksgezondheid
Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
tel. 030 - 749111
25. Hr. T.B. Ridder - Kon. Nederlands Meteorologisch Instituut
Postbus 201, 3730 AE De Bilt,
tel. 030 - 766911
26. Drs. E. Romijn - Provinciale Waterstaat Gelderland
Postbus 9037, 6800 EW Arnhem,
tel. 085 - 457411
27. Ir. G.J.R. Soer - Provinciale Waterstaat Groningen
Postbus 620, 9700 AP Groningen,
tel. 050 - 164623
28. Ir. J.A. Somers - Inst. voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechnie
Postbus 214, 2600 AE Delft, T
tel. 015 - 140273
29. Ir. J.H.A.M. Steenvoorden - Inst. voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Postbus 35, 6700 AA Wageningen,
tel. 08370 - 19100
30. Ir. F.H.M. van de Ven - Rijksdienst voor de Ysselmeerpolders
Postbus 600, 8200 AP Lelystad,
tel. 03200 - 99111
31. Prof. dr. J.M. Verstraten - Gemeentelijke Universiteit Amsterdam
Dapperstraat 115, Amsterdam-Oost
tel. 020 - 923030
32. Ir. J.W. Wesseling - Waterloopkundig Laboratorium (De Voorst)
Postbus 152, 8300 AD Emmeloord,
tel. 05274 - 1241
33. Drs. W.J. Willems - Ministerie van V & M,
Postbus 439, 2260 AK Leidschendam,
tel. 070 - 209260
34. Drs. G. van Wirdum - Rijksinstituut voor Natuurbeheer
Broekhuizerlaan 2, 3956 NS Leersum,
tel. 03434 - 2941
35. Ir. H.J. Colenbrander - Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO
36. Mevr. W. Schaap - Postbus 297, 2501 BD Den Haag,
37. Ing. J.C. Hooghart - tel. 070 - 850198

3.4. PROGRAMMA VAN DE STUDIEBIJeenKOMST

op dinsdag 1 april en woensdag 2 april 1980 in het IAC, Lawickse Allee 11 te Wageningen

1 April 1980

- 17.30 ONTVANGST
recreatiezaal van het IAC (begane grond)
- 18.00 GEZAMENLIJKE MAALTIJD
recreatiezaal
- 19.30 ALGEMENE INLEIDING (zaal G+H, 1^e verdieping)
Prof. dr. G.B. Engelen (dagleider)
- 20.15 ACTIVITEITEN OP BELEIDSMATIG GEBIED
Dr. D.A. Zeilmaker
- 20.30 PAUZE
- 21.00 TOELICHTING OP LOPENDE ONDERZOEKSPROGRAMMA'S
Ir. W. van Duyvenbooden RID
Ir. J.H.A.M. Steenvoorden ICW
- 21.30 DISCUSSIE
- 21.45 SLUITING 1^e DAG, INFORMEEL SAMENZIJN

2 April 1980

- 08.00 ONTBIJT
- 08.45 ALGEMENE INFORMATIE OVER DE VELUWE (ACHTERHOEK) (zaal G+H, 1^e verd.)
Drs. E. Romijn
- 09.15 TOELICHTING OP STELLINGEN GERICHT OP REGIONAAL ONDERZOEK
- 09.45 PAUZE
- 10.00 DISCUSSIE GERICHT OP REGIONAAL ONDERZOEK
- 12.00 EINDE DISCUSSIE
- 12.30 LUNCH in de kantine van het IAC (begane grond)
- 13.45 TOELICHTING OP ALGEMENE STELLINGEN EN MATRICES
- 14.30 DISCUSSIE
- 15.45 SLUITING
- 16.00 EINDE

3.5. SAMENSTELLING VOORBEREIDINGSGROEP

- Prof. dr. G.B. Engelen (dagleider) - Instituut voor Aardwetenschappen VU,
Postbus 7161, 1081 HV Amsterdam,
tel. 020 - 5482449
- Ir. W. van Duyvenbooden - Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening
Postbus 150, 2260 AD Leidschendam,
tel. 070 - 694251
- Drs. E. Romijn - P.W. Gelderland
Postbus 9037, 6800 EW Arnhem,
tel. 085 - 340396
- Ir. J.H.A.M. Steenvoorden - Instituut voor Cultuurtechniek en
Waterhuishouding,
Postbus 35, 6700 AA Wageningen
tel. 08370 - 19100
- Dr. mr. D.A. Zeilmaker - Ministerie van V & M
Postbus 439, 2260 AK Leidschendam
tel. 070 - 209260
- Ing. J.C. Hooghart - Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNC
Postbus 297, 2501 BD 's-Gravenhage,
tel. 070 - 850198

1. Tweede Rapport en aanbevelingen
van de Contactgroep Archivering en Automatische verwerking
van hydrologische gegevens TNO.
Januari 1977
2. Verslag en aanbevelingen
van de ad-hoc groep Grondwatermodellen en Computerprogrammatuur TNO.
Juli 1978
3. De droogte in 1976.
Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976
verschenen literatuur - (Ir. P.K.M. v.d. Heijde).
Augustus 1978
4. Nederlandse activiteiten in internationaal hydrologisch verband.
Lezingenserie, gehouden op 25 april 1978 te Delft, aangevuld
met (schematische) overzichten van internationale organisaties
en een overzicht van hun vertegenwoordigers in Nederland.
Augustus 1978
5. Waterkwaliteit in grondwaterstromingsstelsels.
Een verslag van de Workshop op 1 en 2 april 1980 te Wageningen -
(Ing. J.C. Hooghart), aangevuld met discussiebijdragen en een
inventarisatie van het onderzoek in Nederland.
Augustus 1980



