

rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiëne

eindrapport

ir. w. van duivenbooden
ing. l.f.l. gast
ir. j. taat

landelijk meetnet

grondwaterkwaliteit

1



eindrapport van de inrichtingsfase

nr. 840382001
april 1985

Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit:
eindrapport van de inrichtingsfase:

Ir. W. van Duijvenbooden,
Ing. L.F.L. Gast, Ir. J. Taat

januari 1985

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Opdrachtbrief nummer 123468 DGMH/AS/BSG d.d. 22-12-1977.

| INHOUDSOPGAVE | Pag. |
|--|------|
| Advies van de begeleidingscommissie | I |
| Samenvatting, conclusies en aanbevelingen | 1 |
| I Inleiding | 8 |
| II Beschikbare waarnemingsmiddelen | 10 |
| III Lokatiekeuze van de meetpunten | 12 |
| IV Bemonsteringsdiepten | 20 |
| V Plaats en lengte van de waarnemingsfilters | 25 |
| VI Keuze boorsysteem en inrichting meetpunten | 29 |
| VII Parameterkeuze | 32 |
| VIII Bemonsteringsfrequentie | 35 |
| IX Bemonstering en analyse | 37 |
| X Dataverwerking en opslag | 40 |
| XI Presentatie van de analysegegevens | 46 |
| XII Bewerking en interpretatie van analysegegevens | 47 |
| XII 1 Algemeen | 47 |
| XII 2 Tritium ³ H | 48 |
| XII 3 Chloride | 49 |
| XII 4 Nitraat | 52 |
| XII 5 Nitriet | 54 |
| XII 6 Amonium | 54 |
| XII 7 Sulfaat | 56 |
| XII 8 Totaal P | 58 |
| XII 9 Waterstofcarbonaat | 60 |
| XII 10 Calcium | 62 |
| XII 11 Magnesium | 64 |
| XII 12 Natrium | 66 |
| XII 13 Kalium | 69 |
| XII 14 Totaal Organisch koolstof | 71 |
| XII 15 KM_nO_4 -verbruik | 71 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| XII 16 | Extraheerbaar Organisch Chloor | 74 |
| XII 17 | Vluchtig Organisch Chloor | 76 |
| XII 18 | Zuurgraad | 78 |
| XII 19 | Zink | 80 |
| XII 20 | Nikkel | 80 |
| XII 21 | Arseen | 84 |
| XII 22 | Overige spoorelementen | 84 |
| XII 23 | Zout- en brak grondwater | 86 |
| XII 24 | Slotbeschouwing | 87 |
| Literatuurlijst | | 98 |
| Bijlagen | | |
| 1. | Leden Begeleidingscommissie | 100 |
| 2. | Bodemgebruik en bodemsamenstelling in Nederland | 101 |
| 3. | Omschrijving meetpunten | 104 |
| 4. | Basisanalyse pakket en incidenteel bepaalde parameters | 108 |
| 5. | Bij klasse-indeling gehanteerde EG-norm voor drinkwater | 110 |
| 6. | Gemiddelde waarden van de diverse parameters voor een aantal deelverzamelingen | 111 |



Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

DIRECTORAAT-GENERAAL VOOR DE MILIEUHYGIENE

Postbus 20951
2500 EZ 's-Gravenhage
telefoon 070-264201, tst:
telex 34429

Aan: de Minister van Volkshuis-
vesting, Ruimtelijke Orde-
ning en Milieubeheer,

Directie BWS
Hoofdafdeling Bodem

Uw kenmerk Uw brief van Kenmerk BWS/ Datum maart 1985

Onderwerp Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit:
Advies begeleidingscommissie

1. Inleiding

Op 22 december 1977 is door de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne aan het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening (RID) opdracht gegeven tot het inrichten van een landelijk meetnet grondwaterkwaliteit. Dit project had tot doel in het gehele land een aantal meetpunten te realiseren waarmee op uniforme wijze en langs systematische weg een beeld kan worden verkregen van de grondwaterkwaliteit in Nederland, alsmede trendmatige veranderingen in de samenstelling gesignaleerd kunnen worden. Het project is voorbereid en begeleid door een commissie bestaande uit vertegenwoordigers van de VEWIN, het RIV, (thans RIVM) het RID (thans RIVM) en van het Directoraat Generaal voor de Milieuhygiëne van het Ministerie van V&M (thans VROM).

Nu de inrichting van het meetnet overeenkomstig de opzet voltooid is en het project daarmee is beëindigd acht de commissie het tijdstip gekomen haar werkzaamheden af te ronden door advies uit te brengen aan de Minister van VROM. Hierin zal de commissie voor zover reeds mogelijk haar standpunt geven over de vraag of aan de doelstellingen van het meetnet is beantwoord. Belangrijker echter is het toekomstig beheer van het meetnet (de operationele fase). Het advies van de commissie richt zich in hoofdzaak op deze fase omdat een deel van de doelstelling pas na langere tijd gerealiseerd zal kunnen worden.

Bijlagen

Bezoekadres
van Alkemadeaan 85
Bereikbaar met de bushinen 18 (stations HS - CS) en 23.
NZH-bus vanuit Amsterdam 89 en vanuit Leiderdorp 64 of 65

Verzoeken bij beantwoording onderwerp, datum en kenmerk van deze brief te vermelden.

VROM 11

2. Doel van het meetnet

Met het inrichten van dit meetnet werd beoogd de volgende meer-voudige doelstelling te realiseren:

1. inventarisatie van de kwaliteit van het grondwater in het zgn. afdekkende en bovenste watervoerende pakket in relatie tot bodemtype, bodemgebruik en geohydrologische situatie
2. het aangeven van de omvang van menselijke invloeden op de grondwaterkwaliteit
3. het onderkennen van kwaliteitsveranderingen van het grondwater op langere termijn
4. het verschaffen van informatie, nodig om een wetenschappelijk verantwoord kwalitatief grondwaterbeheer mogelijk te maken
5. het inbrengen van kwaliteitsgegevens bij gebruik van operationele beheersmodellen.

3. Beoordeling van project en evaluatie van de inrichtingsfase

De commissie kan volledig instemmen met de inhoud van het voorliggende rapport alsmede de daarin opgenomen conclusies en aanbevelingen. De commissie is van mening dat met de inrichting van het meetnet als beschreven in het eindrapport over de inrichtingsfase een instrument tot stand is gekomen dat voor het te voeren bodembeschermingsbeleid van belang is.

In het navolgende gaat de commissie op enkele onderdelen van het rapport nader in. Voor zover dit niet of slechts op een beknopte manier gebeurt zij, zonder dat dit hier nader wordt aangeduid, verwezen naar desbetreffende conclusies en aanbevelingen in het rapport. Met het uitvoeren van dit project is de inrichtingsfase van het meetnet afgesloten. Omdat in deze fase alle meetpunten tenminste éénmaal zijn bemonsterd en geanalyseerd vindt de commissie het zinvol te bezien in hoeverre nu al aan de onder 2 genoemde doelstellingen van het meetnet is beantwoord. Met het voorliggende rapport is volgens de commissie reeds beantwoord aan de eerste doelstelling. Hierbij maakt de commissie echter twee kanttekeningen.

In de eerste plaats verdient het sterke overweging ook inzicht te krijgen in de kwaliteitsveranderingen in het bovenste grondwater. De keuze van de bemonsteringsdiepte nl. gemiddeld 5 m onder het grondwaterniveau acht de commissie nog steeds verantwoord. Zij beseft evenwel dat hierdoor het gevaar bestaat dat trendmatige veranderingen pas na jaren merkbaar worden. Daar waar dit nodig en verantwoord is vindt de commissie het raadzaam ook op geringere diepte een waarnemingsfilter aan te brengen of periodiek een bemonsteringsprogramma uit te voeren.

In de tweede plaats zijn er gebieden in het land (delen van de Veluwe, Zuid-Limburg) waar de grondwaterstand zo diep is dat met de tot nu toe toegepaste bemonsteringsmethode (vacuümsysteem) geen bemonstering kan plaatsvinden. De commissie is van mening dat gelet op de grote kwetsbaarheid van het grondwater in deze gebieden het gebruik maken van een andere bemonsteringstechniek en van bestaande waarnemingsmiddelen de voorkeur verdient. De commissie beveelt aan om in deze gebieden een 30-tal reeds bestaande waarnemingsmiddelen, mits deze vergelijkbaar zijn ingericht, toe te voegen aan de 370 ingerichte meetnetpunten. Voor wat betreft de tweede doelstelling bijvoorbeeld blijkt dat met name de gevolgen van bepaalde vormen van agrarisch grondgebruik zichtbaar worden (verhoging van o.m. nitraatgehalten in bepaalde gebieden). De commissie verwacht daarnaast dat de invloed

van bepaalde vormen van luchtverontreiniging door een gerichte parameterkeuze en een selectieve bemonstering reeds op korte termijn zichtbaar gemaakt kunnen worden. Door het uitvoeren van projectgerichte studies kan voorts op andere beleidsvragen (het voorkomen van bepaalde stoffen) antwoord worden gegeven. Ten aanzien van derde, vierde en vijfde doelstelling merkt de commissie op dat de vraag of aan deze doelstellingen is voldaan pas in een later stadium kan worden beantwoord. Deels omdat trends pas na enkele malen bemonsteren zichtbaar kunnen worden en deels omdat het bodembeschermingsbeleid nog in de voorbereidingsfase verkeert. In concreto betekent dit dat na 8 à 10 jaar op basis van deze toetsing optimalisatie van de infrastructuur kan plaatsvinden (het op een statistische verantwoorde wijze aanpassen van het meetnet).

4. Inrichtingsfase: overzicht van kosten

De commissie acht het zinvol een overzicht te geven van de kosten verbonden aan de inrichtingsfase van het meetnet. In totaal bedroegen de kosten verbonden aan deze fase ca. f 4,7 mln gulden. Nader onderverdeeld in:

| | |
|---|-------------------|
| 1. personele kosten RID/RIVM (21,6 mensjaren) (incl. overhead) | f 1,94 mln |
| 2. materiële kosten + werkzaamheden door derden | f 2,77 mln |
| | <u>f 4,71 mln</u> |

ad 1 De personele kosten van RID/RIVM hebben betrekking op de volgende werkzaamheden:

- vooronderzoek in verband met de keuze van filterdiepte en filterlengte alsmede voor het vinden van representatieve lokaties;
- overleg met instanties/particulieren over lokatiekeuze;
- voorbereiding en begeleiding van boorwerkzaamheden;
- ontwikkeling van programmatuur voor de verwerking en bewerking van analysegegevens;
- analyseren van grondwatermonsters;
- rapporteren van analyseresultaten.

Nader onderverdeeld bedroeg de personele inzet 13,5 mensjaar voor de inrichting en 8,1 mensjaar voor de exploitatie.

ad 2 Deze kostenpost is als volgt nader te specificeren:

| | |
|--|-------------------|
| - uitvoeren boringen | f 1,33 mln |
| - bemonstering en onderhoud meetpunten | f 0,45 mln |
| - analysekosten (incl. apparatuur) | f 0,95 mln |
| - gegevensverwerking en rapportage | f 0,04 mln |
| | <u>f 2,77 mln</u> |

In totaal zijn 370 meetpunten gerealiseerd. De totale kosten per meetpunt gedurende de gehele inrichtingsfase bedragen f 12.730,- (inrichting: f 6.865,- exploitatie: f 5.865,-).

De jaarlijkse kosten gedurende de operationele fase worden voorspeld geraamd op ca. f 1200,- per meetpunt. Hierbij is in beperkte mate rekening gehouden met een eventueel noodzakelijke vervanging van de meetpunten. Voorlopig is gerekend met een vervanging van 4 à 5 meetpunten per jaar.

5. De operationele fase

In deze fase is het van groot belang het tot stand gekomen meetnet zo doelmatig en verantwoord mogelijk te gebruiken.

Dit vereist een passend beheer van het meetnet. De commissie wil hierbij twee aspecten van het beheer benadrukken namelijk de technische aspecten en de organisatorische aspecten.

5.1. Technische aspecten

5.1.1. - beheer van het meetnet: controle en onderhoud

Gelet op de verwachte bemonsteringsfrequentie (maximaal 1 maal per jaar) wordt een controle op de instandhouding van de meetpunten alleen bij bemonstering onvoldoende geacht. Een driemaandelijke visuele controle wordt voorgesteld waarbij tevens klein onderhoud kan plaatsvinden. Dergelijk onderhoud kan heel wel bij de monsternamen worden uitgevoerd. Groot onderhoud kan echter pas plaatsvinden na opdrachtverlening.

5.1.2. - verzamelen van gegevens: monsternamen, monsterbehandeling en analyse

In verband met een zo goed mogelijke vergelijkbaarheid van de analyseresultaten onder meer van belang voor een verantwoorde trendanalyse, is het van het grootste belang dat monsternamen, monsterbehandeling en transport zo uniform mogelijk en aan strakke regels gebonden plaatsvindt. Op grond hiervan is uitbesteding van de bemonstering aan meerdere instanties ongewenst en wordt een centrale organisatie noodzakelijk geacht. Thans is dit in handen van één particuliere onderneming. De commissie acht deze procedure juist.

Gelet op de praktijkervaringen bij inschakeling van meerdere laboratoria voor dezelfde analyses in één project wordt in verband met de doelstelling van het meetnet (o.a. trend signalering) de inschakeling van meerdere laboratoria minder wenselijk geacht. De voorkeur gaat uit naar het zoveel mogelijk onderbrengen van het totale analysepakket bij één laboratorium. Indien omstandigheden daartoe dwingen acht de commissie het niettemin verantwoord meerdere laboratoria in te schakelen. Dit aantal dient evenwel zo klein mogelijk te zijn, terwijl in alle gevallen deelname aan regelmatig en uitgebreid ringonderzoek van groot belang wordt geacht ook als slechts één laboratorium met de analyses zal worden belast.

5.1.3. - verwerking van gegevens

Omdat specifieke kennis nodig is voor een zinvolle en verantwoorde interpretatie van de via het meetnet ter beschikking komende analysegegevens heeft het naar de mening van de commissie de voorkeur om verwerking, interpretatie en opslag van de gegevens centraal te houden.

Door het RIVM is speciaal voor de be- en verwerking van de analysegegevens van het meetnet een uitgebreide programmatuur ontwikkeld. De commissie acht deze programmatuur tevens zeer geschikt voor be- en verwerking van de analysegegevens welke in de operationele fase beschikbaar komen.

5.1.4. - interpretatie en presentatie van gegevens

De commissie acht een goede en regelmatige interpretatie en presentatie van de analysegegevens van groot belang.

Voorkomen moet worden dat een "Datenfriedhof" ontstaat. De commissie vindt het daarom zinvol dat omtrent de presentatie tussen opdrachtgever en gegevensbeheerder concrete afspraken worden gemaakt over de inhoud en de frequentie van de rapportage.

Bewerkte gegevens uit het meetnet moeten op aanvraag kunnen worden gepresenteerd. De commissie verwacht voorts dat de instantie die de gegevens beheert uit eigen beweging de voor de interpretatie benodigde bewerkingen uitvoert met de gegevens m.n. analyse van tijdreeksen en onderlinge correlaties.

De commissie acht een goede toegankelijkheid van de gegevens ook voor derden van groot belang. Over de eventuele financiële vergoeding die hiertegenover zou kunnen staan (profijtbeginself) doet de commissie geen uitspraak. Zij acht dit een zaak tussen het ministerie en de beherende instantie. De commissie is wel van mening dat gelet op de taak die de provincies in de uitvoering van het bodembeschermingsbeleid hebben een geregelde presentatie van de gegevens aan de betreffende provincies voor de hand ligt. Dit geldt evenzo voor de waterleidingbedrijven die bereid zijn de controle van meetnetpunten uit te voeren.

Indien in bepaalde gevallen uit analysegegevens blijkt dat voor één of meer stoffen bepaalde nog vast te stellen niveaus overschreden worden stelt de commissie voor een aparte meldingsprocedure af te spreken waarbij zowel provincies, regionale inspecties als ministerie op de hoogte worden gebracht.

5.2. Organisatorische aspecten

Afgezien van het dagelijkse technische beheer c.q. verantwoordelijkheid voor de continuïteit van het meetnet waarvoor het ministerie op korte termijn de instantie zal moeten aanwijzen zijn er nog een aantal organisatorische zaken die naar de mening van de commissie zullen moeten worden geregeld.

In verband hiermee geeft de begeleidingscommissie ter overweging om een beheerscommissie in te stellen die een toezichthoudende en adviserende rol vervult bij het dagelijks beheer van het meetnet. In de visie van de begeleidingscommissie zouden hierin onder meer het ministerie, de provincies en de VEWIN kunnen deelnemen.

Nader te regelen organisatorische aspecten zijn:

- Uitvoering van de controle van de meetpunten. Gelet op het overleg dat door het RID/RIVM reeds in de inrichtingsfase over de lokatiekeuze van de meetpunten heeft plaatsgevonden met provincies en waterleidingbedrijven is het uitvoeren van deze controletaken door genoemde instanties aan te bevelen. Controle in het veld dient eens per 3 maanden plaats te vinden. Als contra-prestatie zouden de analyseresultaten van de betreffende meetpunten bij voorkeur in bewerkte vorm periodiek kunnen worden overhandigd zonder dat daar kosten in rekening worden gebracht.
- Onderhoud meetnetpunten. Thans wordt het klein onderhoud verzorgd door de firma die de bemonstering uitvoert. Voor de uitvoering van groot onderhoud zal opdrachtverlening dienen plaats te vinden door de instantie die het dagelijks beheer uitoefent.
- Wijzigen van analysepakket c.q. monsterfrequentie alsmede veranderen van meetnetdichtheid.
Voorgenomen wijzigingen in de monsterfrequentie en het analysepakket dienen door de uitvoerder/beheerder aan genoemde beheerscommissie te worden gemeld die hierover advies uitbrengt aan het ministerie. Over eventuele wijzigingen in de dichtheid van het meetnet (uitbreiden/inkrimpen) brengt de beheerscommissie eveneens advies uit aan het ministerie.

6. Overige aspecten

6.1. Bemonstering door derden

De commissie is van mening dat als derden gebruik willen maken van de meetnetpunten dit in principe een goede zaak is. Dit verbreedt immers de gebruiksmogelijkheden van het meetnet. Monsternamen door anderen dan de beheerder mag echter alleen plaatsvinden onder strikte voorwaarden en na toestemming van de beheerder.

6.2. Relatie met andere meetnetten

De commissie adviseert om als besloten wordt een landelijk geïntegreerd meetnet op te zetten gebaseerd op reeds bestaande meetnetpunten van o.a. het meetnet luchtverontreiniging en het meetnet regenwater ook meetpunten van het meetnet grondwaterkwaliteit hierin te doen opnemen.

Indien op provinciaal niveau behoefte is aan een meer fijnmazig meetnet dan verdient het aanbeveling meetpunten van het landelijk meetnet hierin als referentiepunt op te nemen.

Voorts verdient het aanbeveling om te streven naar een uniforme wijze van monsternamen, monsterbehandeling en analyse. Dit betreft ook de bewerking en opslag van de gegevens teneinde de uitwisselbaarheid en onderlinge vergelijkbaarheid zo goed mogelijk te waarborgen.

6.3. Ander onderzoek

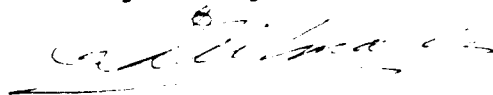
Het meetnet biedt goede mogelijkheden voor projektgerichte studies naar het voorkomen van bepaalde stoffen in dit deel van de bodem in relatie tot regio, bodemtype en bodemgebruik.

De commissie meent dat hiermee de praktische betekenis van het meetnet voor het milieuhygiënisch beleid in belangrijke mate wordt vergroot.

7. Slotbeschouwing

In samenhang met het eindrapport van het RIVM over de inrichtingsfase van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit meent de commissie met het hierboven uitgebrachte advies naar haar mening aan de gestelde opdracht voldaan te hebben en verzoekt dan ook van haar taak te worden ontheven.

De voorzitter van de
begeleidingscommissie



dr. mr. D.A. Zeilmaker

SAMENVATTING

In opdracht van de Minister van het voormalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne werd door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne een landelijk meetnet voor de grondwaterkwaliteit ingericht. In 1978 werd met de inrichting begonnen, terwijl in 1984 de inrichting van het meetnet werd voltooid.

Het meetnet is opgebouwd uit 370 meetpunten met waarnemingsfilters op globaal 10, 15 en 25 m -m.v. In principe zijn geen meetpunten geplaatst in de nabijheid van lokale verontreinigingsbronnen. De meetpunten liggen verspreid over het gehele land, waarbij vooral aandacht is geschonken aan gebieden die van belang (kunnen) zijn voor de waterwinning. Naar verhouding is minder aandacht besteed aan zout en brak grondwater. Bij de lokatiekeuze is dusdanig rekening gehouden met de grondsoort, het gebruik van de bodem en de geohydrologische situatie, dat bij de interpretatie van de meetgegevens bezien kon worden of, en zo ja in welke zin een relatie gelegd kan worden tussen de kwaliteit van het grondwater en de genoemde factoren. Bij de keuze van de parameters is zoveel mogelijk rekening gehouden met het algemene karakter van het meetnet. Zo werden naast macroparameters en enkele spoorelementen ook een aantal somparameters in het analysepakket opgenomen. Ten einde een relatie te kunnen leggen tussen de kwaliteit van het grondwater en de ouderdom daarvan, werden alle meetpunten vooralsnog eenmalig bemonsterd op het voorkomen van tritium.

Ten behoeve van de bewerking van de meetgegevens werd een uitgebreide programma-tuur ontwikkeld, met behulp waarvan tal van deelverzamelingen konden worden samengesteld en onderling vergeleken. Ook werd een plotprogramma ontwikkeld, met behulp waarvan individuele parameters op diverse schalen en gegroepeerd in klassen kunnen worden gepresenteerd op kaarten van Nederland.

Bij de bemonstering werd gebruik gemaakt van een vacuümbemonsteringssysteem. Gedurende de inrichtingsfase werden alle meetpunten tenminste één keer bemonsterd. Een groot deel van de meetpunten werd reeds 2 keer bemonsterd, terwijl een klein deel reeds 3 keer werd bemonsterd en geanalyseerd. Gedurende de inrichting van het meetnet werden enkele deelstudies uitgevoerd teneinde een verantwoorde interpretatie van de meetnetgegevens mogelijk te maken. Bij de interpretatie werd in principe slechts gebruik gemaakt van de gegevens van de eerste bemonsteringsronde. Uit een vergelijking van de van diverse bemonsteringsrondes beschikbare gegevens bleek overigens, dat deze onderling redelijk goed overeenkomen.

Conclusies

Op grond van de beschikbare gegevens kunnen nu reeds de volgende algemene conclusies worden getrokken.

- De kwaliteit van het grondwater is duidelijk gerelateerd aan haar herkomst. Met name wordt een duidelijke relatie gevonden tussen de kwaliteit van het grondwater enerzijds en de grondsoort en het gebruik van de bodem anderzijds. In gebieden waar sprake is van de infiltratie van oppervlaktewater, is de kwaliteit van het grondwater hieruit te herleiden.
- De voor de grondwaterkwaliteit van belang zijnde grondsoorten zijn klei, veen en zand, met als nadere verdeling zeeklei en rivierklei, resp. laagveen en hoogveen.

Landelijk gezien zijn ook regionaal verschillen in de grondwaterkwaliteit te onderkennen. Deze zijn overigens te herleiden tot het overwegend aanwezig zijn van klei en/of veengebieden in het noorden en westen van het land, veelal gecombineerd met ter plaatse aanwezige mariene invloeden, de rivierkleigebieden in de omgeving van de grote rivieren en de zandgronden in het oosten en zuiden van het land.

- Ten aanzien van het gebruik van de bodem kan o.a. onderscheid gemaakt worden tussen natuurgebieden, grasland, bouwland en bebouwing. Bij natuurgebieden is sprake van een relatief geringe belasting van de bodem. Bij bouwland en bebouwing is deze het hoogst.
- In het algemeen worden de laagste concentraties aan opgeloste stoffen gevonden in het grondwater onder de natuurgebieden. Bij toenemende belasting van de bodem nemen ook de concentraties in het grondwater toe. Vooral het grondwater in de zandgebieden blijkt zeer kwetsbaar voor verontreinigingen, maar ook in de klei- en veengebieden is een relatie met het bodemgebruik te onderkennen. Vergelijken we beschikbare archiefgegevens met de meetnetdata, dan worden soortgelijke verbanden gevonden.
- Gelet op de grote verschillen van de kwaliteit van het grondwater mogen, overeenkomstig het gestelde in de Leidraad Bodemsanering, de in de bodemsaneringspraktijk gehanteerde A-waarden niet zonder meer gebruikt worden als achtergrondwaarden voor het grondwater in Nederland. De feitelijke achtergrondwaarden zijn duidelijk gerelateerd aan grondsoort en bodemgebruik en wijken veelal sterk af van de A-waarden. Voor Ba, P, NH_4^+ en in iets mindere mate EOC1 en Br geeft een groot percentage van de meetnetwaarnemingen aanmerkelijk hogere concentraties in het grondwater te zien dan de A-waarden. Voor deze parameters lijkt bijstelling van de A-waarden zinvol.

- Bezien we de grondwaterkwaliteit in meer algemene zin, dan blijkt dat in het bemonsterde traject tot ca. 30 m -m.v. vooral in de zandgebieden nog maar nauwelijks niet door menselijke activiteiten kwalitatief beïnvloed grondwater wordt aangetroffen. Anthropogene effecten blijken vrijwel steeds aantoonbaar.
- Ten aanzien van de zandgebieden valt met name het oostelijk deel van Noord-Brabant en noordelijk Limburg op als een voor grondwaterverontreiniging kwetsbaar gebied, waar nu reeds tal van verontreinigingen in verhoogde concentraties in het grondwater worden aangetroffen en waar ook frequent zeer lage pH-waarden worden waargenomen.
- De aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter heeft op de concentratie van zich conservatief gedragende stoffen vaak geen aantoonbaar effect. Effecten van deze lagen zijn meest wel aanwijsbaar bij zich niet conservatief gedragende stoffen en verbindingen.
- In infiltratiegebieden en in recent grondwater worden vele stoffen waarvan het voorkomen in het grondwater (mede) bepaald wordt door anthropogene oorzaken, waaronder ook diverse zware metalen, in hogere concentraties in zowel het ondiepe als het diepere grondwater aangetroffen dan in kwelgebieden en in ouder grondwater. Voor de pH en de stoffen die in hoofdzaak het kalkkoolzuur evenwicht bepalen, is veelal het omgekeerde het geval.
- Met de diepte nemen, behalve in mariene gebieden, de concentraties aan in het grondwater opgeloste stoffen in het algemeen af. In de zandgebieden nemen de concentraties aan de stoffen die het kalkkoolzuur evenwicht bepalen alsmede de pH met de diepte evenwel toe.
Ten aanzien van enkele individuele parameters kan het navolgende worden opgemerkt.
- Duidelijk blijkt sprake van zuurder grondwater in infiltratiegebieden en in recent grondwater. In hoeverre deze wordt veroorzaakt door natuurlijke oorzaken en in welke mate de algemene verzuringsproblematiek hieraan bijdraagt, is niet duidelijk.
- De in dit rapport weergegeven pH-waarden werden in het laboratorium bepaald. Uit een vergelijkende studie bleek, dat bij veldbepalingen de gevonden pH-waarde gemiddeld een factor 0.7 lager ligt dan bij metingen in het laboratorium. Op grond hiervan kan worden gesteld, dat het grondwater in Nederland in het algemeen een zuurder karakter heeft dan veelal wordt aangenomen.

- Voor tal van spoorelementen blijkt een duidelijk relatie aantoonbaar tussen hun concentratie in het grondwater en de pH (hogere concentraties bij lagere pH-waarden). De hoogste concentraties aan deze spoorelementen worden gemeten in de zandgebieden.
- Bij vergelijking van de kwaliteit van het grondwater in Nederland met de EG-norm voor drinkwater blijkt dat deze norm voor vele parameters frequent wordt overschreden. Dit behoeft overigens niet steeds het gevolg te zijn van verontreiniging. Een aantal van deze parameters kan namelijk van nature in relatief hoge concentraties in het grondwater voorkomen.
end zijn de hoge nitraatconcentraties, die vooral onder de als bouwland in gebruik zijnde zandgronden in het grondwater worden aangetroffen. Bij een gemiddelde van 19 mgN/l (EG-norm is 11 mgN/L) is sprake van een grote spreiding met waarden oplopend tot 110 mgN/l. Hierbij zij opgemerkt, dat om technische redenen geen waarnemingsputten zijn geplaatst in gebieden met diepe grondwaterstanden. Uit andere studies blijkt dat juist in deze gebieden tot op grote diepten hoge nitraatgehalten worden aangetroffen. Naar de diepte nemen de nitraatgehalten i.h.a. af. Of sprake is van geleidelijk dieper doordringende fronten en in hoeverre denitrificatie een rol speelt, is niet duidelijk. Opvallend is, dat ook in natuurgebieden soms relatief hoge nitraatgehalten in het grondwater worden gevonden (op 10 m -m.v. gem. 1,5 mgN/l).
- Bij vrijwel alle meetpunten worden extraheerbare organische chloorverbindingen (EOCl) in het grondwater aangetroffen. In bepaalde gebieden, met name in Groningen, Zuid-Limburg, Zuid-Holland en in wat mindere mate in de Achterhoek en Drenthe is sprake van duidelijk verhoogde EOCl-gehalten. In hoeverre hierbij sprake is van van nature aanwezige verbindingen is niet duidelijk. Opmerkelijk is, dat in Zuid-Holland de EOCl-waarden toenemen met het chloride-gehalte en de TOC-waarde, met name in het brakke en zoute grondwater.
- Vluchtig organische chloorverbindingen worden sporadisch in het grondwater aangetroffen. In hoeverre dit (mede) een gevolg is van de bemonsteringsprocedure (vacuëmbemonstering) is niet duidelijk.

Aanbevelingen

- Tijdens de inrichtingsfase van het meetnet is weinig aandacht besteed aan de aanwezigheid van organische verbindingen in het grondwater. Toch blijken organische verbindingen wijd verbreid in het grondwater aanwezig te zijn. De in het basisanalysepakket van het meetnet opgenomen organische somparameters dekken slechts een gering percentage van deze verbindingen, terwijl vaak niet duidelijk is welke deze verbindingen zijn. Uit dien hoofde verdient het overweging om enkele prioritaire organische verbindingen, zoals vluchtige aromaten en gechloreerde alifaten voorsnóg éénmalig bij een aantal nader te selecteren meetpunten te bepalen.
- Tijdens de inrichtingsfase van het meetnet werd een proef genomen met de bepaling van microbiologische parameters. Deze proef had geen succes. Desalniettemin lijkt het zinvol om nader onderzoek te verrichten naar de bepalingsmogelijkheden van biologische parameters die indicatief zijn voor grondwaterverontreiniging.
- Bij de analyse is tijdens de inrichtingsfase in het algemeen geen rekening gehouden met het in verschillende vormen voorkomen van bepaalde stoffen in het grondwater (speciatie). Afhankelijk van de wijze van voorkomen kunnen de stoffeigenschappen sterk verschillen. Nader zou moeten worden bezien in hoeverre het verkrijgen van meer inzicht in de wijze van voorkomen in het grondwater van diverse uit milieuhygiënische overwegingen relevante stoffen zinvol is. In dit verband kan worden opgemerkt, dat tijdens de inrichtingsfase uit incidentele metingen bleek, dat een belangrijk percentage van het in het grondwater voorkomende chroom in de uit toxisch oogpunt van belang zijnde 6-waardige vorm aanwezig kan zijn.
- Gedurende de inrichtingsfase werd éénmalig bij een beperkt aantal meetpunten het aluminiumgehalte bepaald. Hierbij bleek dat, gerelateerd aan lage pH-waarden, extreem hoge Al-concentraties in het grondwater kunnen worden gevonden. Mede gelet op de toxicologische effecten van Al lijkt het dan ook zinvol om Al in het analysepakket op te nemen, al dan niet gekoppeld aan het voorkomen van lage pH-waarden in het grondwater (bijv. pH < 5).
- Afhankelijk van de wijze van monsterneming, -behandeling en analyse kunnen sterk verschillende analyseresultaten worden verkregen. In het kader van de inrichting van het meetnet werden bedoelde procedures voorzover nodig, gestandaardiseerd. Voor de vergelijkbaarheid van analysegegevens in breder verband dan het meetnet alleen, is ook in dat kader optimalisering en standaardisering van monsterneming, -behandeling en analyse noodzakelijk.

- Vooralsnog wordt een jaarlijkse bemonstering van alle meetnetputten voorgesteld. Zodra voldoende gegevens beschikbaar zijn om een zinvolle trendanalyse mogelijk te maken (na ca. 8 à 10 bemonsteringsronden) dient heroverweging van deze frequentie en van het aantal te bemonsteren putten plaats te vinden. Het bij bedoelde bemonstering behorende analysepakket dient in eerste aanleg slechts duidelijk trendgevoelige (veelal macro-)parameters te omvatten. Andere parameters, zoals metalen en organische verbindingen, kunnen minder frequent of op ad-hoc basis worden geanalyseerd, tenzij er aanleiding bestaat tot een meer frequente analyse. Hiervan zal in het algemeen slechts sprake zijn in die gevallen waarbij duidelijk verhoogde concentraties aan bepaalde componenten in het grondwater worden aangetroffen.

Voor wat betreft het onderhoud van het meetnet wordt voorgesteld om de huidige situatie, waarbij het technische onderhoud van het meetnet is uitbesteed aan de bemonsteraar, te continueren. Klein onderhoud wordt dan door de bemonsteraar bij monsterneming uitgevoerd. Groot onderhoud geschiedt separaat, na melding van de gebreken aan en opdrachtverlening door de beheerder van het meetnet. Gelet op de geringe bemonsteringsfrequentie lijkt het voorts zinvol een regelmatige, bijv. kwartaalsgewijze, visuele controle van de meetpunten te realiseren. Ook hierbij is klein onderhoud mogelijk.

Ten behoeve van de bewerking van de meetnetgegevens werd een uitgebreide verwerkingsprogrammatuur ontwikkeld. Deze programmatuur kan ook worden gebruikt bij een eventueel op te zetten centraal landelijk databestand voor grondwaterkwaliteitsgegevens. In een dergelijk bestand kunnen ook de meetnetgegevens worden opgenomen.

Los van de operationele fase van het meetnet kunnen als vervolg op de inrichting van het meetnet de volgende activiteiten worden overwogen.

- Uitbreiding van het meetnet met 20 à 30 meetpunten in gebieden met diepe grondwaterstanden (meer dan 5 m -m.v.). Door de gekozen vacuümbemonsteringswijze was dit tot dusver niet mogelijk. Nieuwe technische ontwikkelingen geven dienaangaande nieuwe perspectieven, zodat plaatsing van meetpunten in deze voor verontreiniging vaak kwetsbare gebieden thans wel zinvol lijkt.

- Uitbreiding van het meetnet met 50 à 60 meetpunten voor het diepe grondwater. Hierbij kan een selectie worden gemaakt van reeds bestaande diepe putten die voor dat doel bruikbaar zijn.
- Opzetten van een speciaal meetprogramma ondiep grondwater (tot ca. 8 m -m.v.). Gedacht kan worden aan ca. 70 meetpunten in met name de zandgebieden. Hierdoor kunnen mogelijk in een vroeger stadium verontreinigingen worden waargenomen. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of het zinvol is om dit meetprogramma om te zetten in een meetnet met daaraan gekoppeld trendmetingen.
- Inrichting van een geïntegreerd lucht-, regen-, bodem- en grondwatermeetnet bestaande uit ca. 20 nader te selecteren meetstations, waarbij gebruik wordt gemaakt van meetpunten van de bestaande meetnetten. Deze meetpunten kunnen eventueel op een meer uitgebreid analysepakket worden onderzocht.
- Uitbreiding van het huidige meetnet met meetpunten gelegen bij lokale verontreinigingsbronnen lijkt weinig zinvol.

I INLEIDING

Grondwater is in Nederland de belangrijkste bron voor de drink en industriewater-voorziening. Hiertoe wordt jaarlijks bijna 1000 miljoen m³ grondwateronttrokken naast nog eens enkele honderden miljoenen m³ voor koeldoeleinden en landbouwkundig gebruik. Verder is grondwater van belang als bron voor oppervlaktewater, voedingsbron voor de vegetatie en als leefmilieu voor bodemorganismen.

De kwaliteit van het grondwater wordt in eerste aanleg bepaald door natuurlijke condities, zoals klimaat, vegetatie, fysische en fysisch-chemische karakteristieken van de ondergrond en de geohydrologische situatie. Daarnaast blijkt in toenemende mate sprake te zijn van beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit door tal van menselijke activiteiten, waarbij stoffen worden geëmitteerd naar het milieu. Dit geldt niet alleen voor directe emissies naar het milieucompartiment bodem (zoals landbouwkundige activiteiten, transport en opslag van afvalstoffen en incidentele emissies naar de bodem), maar ook voor indirecte emissies via een ander milieucompartiment (depositie van luchtverontreiniging; infiltratie van verontreinigd oppervlaktewater).

De mate en snelheid waarin op de bodem terechtgekomen stoffen aanleiding geven tot beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit is afhankelijk van diverse processen in de bodem, waarvan de intensiteit weer direct gerelateerd is aan aard en concentratie van de verontreinigende stoffen, de fysische en fysisch-chemische kenmerken van de bodem alsmede de geohydrologische situatie.

Het grote belang van grondwater voor de drink- en industriewatervoorziening alsmede overwegingen van een meer algemeen milieu-hygiënisch karakter, nopen tot een beleid, gericht op de bescherming van bodem en grondwater. Negatieve ontwikkelingen t.a.v. de grondwaterkwaliteit kunnen worden afgeremd en positieve ontwikkelingen gestimuleerd, indien menselijke activiteiten die aanleiding kunnen geven tot grondwaterverontreiniging, bijgestuurd kunnen worden d.m.v. gefundeerde maatregelen, waarbij inzicht in de kwalitatieve aspecten van het grondwater een eerste vereiste is.

Dit inzicht kan worden verkregen door een systematische verzameling en interpretatie van grondwaterkwaliteitsgegevens, waarbij de kwaliteit onder meer gerelateerd wordt aan het gebruik van de bodem, de grondsoort en de geohydrologische

situatie. Zoals nader zal worden uiteengezet, zijn de hiervoor tot dusver beschikbare gegevens en waarnemingsmiddelen, veelal verzameld resp. geplaatst voor specifieke, lokale doeleinden, ontoereikend. Op grond van deze overweging verkreeg het voormalige Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening bij schrijven d.d. 22 december 1977 van het voormalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne opdracht tot het opzetten en inrichten van een landelijk meetnet voor de grondwaterkwaliteit, bestaande uit circa 370 selectief te plaatsen meetputten. De opdracht had betrekking op het plaatsen van meetputten in, en bemonstering van, het relatief ondiepe grondwater, tot circa 30 meter beneden maaiveld (m -m.v.), waarbij monitoring van grondwater direct benedenstrooms van lokale verontreinigingsbronnen buiten beschouwing zou worden gelaten. Ter begeleiding van het project werd een begeleidingscommissie ingesteld. (Zie bijlage 1).

De doelstelling van het landelijk meetnet voor de grondwaterkwaliteit kan als volgt worden geformuleerd.

- Inventarisatie van de kwaliteit van het grondwater in het afdekkende en bovenste watervoerend pakket, gerelateerd aan grondsoort, bodemgebruik en geohydrologische situatie.
- Het onderkennen van kwaliteitsveranderingen in het grondwater op langere termijn.
- Het verschaffen van informatie, nodig om een wetenschappelijk verantwoord kwalitatief beheer van de bodem mogelijk te maken en in verband hiermee:
- Het aangeven van de omvang van de menselijke invloeden op de grondwaterkwaliteit.
- Het inbrengen van kwaliteitsgegevens bij gebruik van operationele beheersmodellen.

In dit rapport zal worden ingegaan op de achtergronden, opzet en inrichting van het landelijk meetnet grondwaterkwaliteit. Verder zullen de tijdens de inrichting van het meetnet ter beschikking gekomen gegevens worden besproken en geëvalueerd.

II BESCHIKBARE WAARNEMINGSMIDDELEN

Bij de inrichting van een meetnet voor de grondwaterkwaliteit rijst de vraag, in hoeverre gebruik kan worden gemaakt van reeds bestaande waarnemingsmiddelen. Zo kan gedacht worden aan gebruikmaking van bestaande waarnemingsputten, pompputten of clusters van pompputten (pompstations).

Verspreid over geheel Nederland bevinden zich enkele duizenden waarnemingsputten die reeds één of enkele malen werden bemonsterd. In principe is het denkbaar, om bij de inrichting van het meetnet hiervan (mede) gebruik te maken. Gezien de hierna nog te behandelen specifieke eisen die t.b.v. het meetnet aan de vormgeving en lokatie van de te gebruiken waarnemingsmiddelen gesteld worden, is het gebruik van reeds bestaande waarnemingsputten problematisch. Een belangrijk gegeven in deze is onder andere de over het algemeen (te) korte filterlengte, de variërende filterdiepte, het vaak niet éénduidige gebruik van de bodem en de grondsoort in het intrekgebied van een waarnemingsput, de uitvoeringswijze van de boringen en de wijze van afwerking. Hierdoor wordt, zeker bij het ondiepe grondwater, een éénduidige interpretatie van de kwaliteitsgegevens sterk bemoeilijkt. Op enkele uitzonderingen na, is bij de inrichting van het meetnet dan ook geen gebruik gemaakt van bestaande waarnemingsmiddelen.

Een algemeen gemiddeld beeld van de grondwaterkwaliteit in het bovenste watervoerend pakket kan in principe worden verkregen via ruwwateranalyses van grondwater gewonnen op uit dit pakket grondwater onttrekkende pompstations. Dit blijkt evenwel niet zonder meer mogelijk. Feitelijk is sprake van mengwater van diverse herkomst; veranderingen in de herkomst van het onttrokken grondwater door bijvoorbeeld veranderingen in het bedrijfsschema van het pompstation of in de totaal onttrokken hoeveelheid grondwater kunnen het gevonden beeld sterk beïnvloeden. Daarnaast is het bij de pompstations veelal niet zonder meer mogelijk een relatie te leggen met grondsoort, bodemgebruik en geohydrologische situatie, aangezien genoemde typering binnen het intrekgebied van een pompstation in het algemeen per plaats verschillend kunnen zijn.

Als alternatief zou gedacht kunnen worden aan de analyse van grondwater gewonnen uit geselecteerde pompputten, waarvan bekend is dat ze water met een bepaalde herkomst aantrekken. Hierbij zijn echter problemen te verwachten door veranderingen in het onttrekkingschema van het pompstation en vooral door het plaatsen van nieuwe- en vervangen van oude pompputten. Een nadere beschouwing van deze problematiek is o.a. te vinden in lit 6, 8 en 9.

Concluderend kan gesteld worden dat, gelet op de doelstellingen van het meetnet, gebruikmaking van pompputten of ruwwateranalyses van pompstations t.b.v. het in te richten meetnet geen aanbeveling verdiend. Besloten is dan ook, om ten behoeve van de inrichting van het meetnet gebruik te maken van speciaal daarvoor te plaatsen meetpunten.

III LOKATIEKEUZE VAN DE MEETPUNTEN

Bij de lokatiekeuze van de meetpunten was het streven gericht op het verkrijgen van een zo representatief mogelijk beeld van de kwaliteit en eventuele kwaliteitsveranderingen van het grondwater in Nederland, exclusief directe effecten op het grondwater van lokale verontreinigingsbronnen. Kennis van de factoren die de kwaliteit van het grondwater bepalen is daarbij uiteraard van essentieel belang. Zoals reeds gesteld, spelen hierbij naast de kwaliteit van het infiltrerende regen- of oppervlaktewater, ook de grondsoort, het gebruik van de bodem en de geohydrologische situatie een belangrijke rol (zie o.m. lit. 3,7 en 9). Daarnaast zijn bij de lokatiekeuze uit oogpunt van bescherming, de voor grondwaterverontreiniging meest kwetsbare gebieden, veelal ook samenvallend met de gebieden waar drinkwaterwinning plaatsvindt, van bijzondere betekenis.

Gelet op het voorgaande, is er naar gestreefd om zoveel mogelijk ook in de voor de drinkwaterwinning van belang zijnde gebieden waarnemingsputten te plaatsen. Daarnaast werd een relatief beperkt aantal meetpunten (circa 65) geplaatst in gebieden met brak of zout grondwater (Cl^- -conc. > 200 mg/l). Ook in gebieden waar de grondwaterkwaliteit in sterke mate wordt bepaald door infiltrerend oppervlaktewater werd een aantal meetpunten gesitueerd. Dit betreft in totaal 26 meetpunten, waarvan er 21 in een zoetwatermilieu zijn gelegen. Een belangrijke deel van deze meetpunten is langs de grote rivieren geplaatst.

Gelet op het belang van bodemgebruik en grondsoort voor de kwaliteit van het grondwater, vond in het kader van de inrichting van het meetnet een inventarisatie plaats van de hierover beschikbare gegevens. Hierover werd separaat gerapporteerd (zie lit. 5 en bijlage 2). Een landelijke impressie is weergegeven in tabel 1 en 2.

Tabel 1 Bodemgebruik en bodemsamenstelling in Nederland (in %) (situatie 1976/77).

| | | | |
|-------------|------|----------------------|------|
| grasland | 45,5 | zandgrond(humusrijk) | 30 |
| bouwland | 24,5 | zandgrond(humusarm) | 12 |
| natuurgrond | 14,1 | kleigrond | 37,7 |
| bebouwing | 8,4 | leemgrond | 2,3 |
| tuinbouw | 4,3 | veengrond | 13,1 |
| verkeer | 2,0 | diversen | 4,8 |
| diversen | 1,2 | | |

Tabel 2 Percentsgewijze toedeling cultuurgrond naar bouwland en grasland
(situatie 1976/77).

| | klei | zand | veen | leem | totaal |
|----------|------|------|------|------|--------|
| grasland | 21 | 29 | 10 | 1 | 61 |
| bouwland | 18 | 17 | 2 | 2 | 39 |

Gebieden met woonbebouwing en industrieterreinen zijn vaak niet naar grondsoort in te delen. Diverse combinaties van grondsoort en bodemgebruik komen in de praktijk niet of nauwelijks voor. Voorbeelden daarvan zijn o.a. de combinatie natuurgebied/kleiveen en bouwland/veengrond.

De meest voorkomende combinaties zijn:

grasland - kleigrond (rivier- en zeeklei)
- zandgrond (humusrijk)
- veengrond (laagveen)
bouwland - kleigrond (zeeklei)
- zandgrond (humusrijk)
natuurgrond - zandgrond (humusarm)

Andere belangrijke groepen zijn:

- woon- en industriegebieden;
- gebieden met oeverinfiltratie (veelal kleigrond);
- duinen;
- tuinbouw;
- boomgaarden.

Minder vaak voorkomende combinaties en groepen zijn o.a.

grasland - leem
- hoogveen
- humusarm zand
bouwland - humusarm zand
- veen(laag- en hoogveen)
- leem
- rivierklei
natuurgrond - humusrijk zand
- keilleem
- veen

Voor wat betreft de meest voorkomende combinaties van grondsoort en bodemgebruik werd een dusdanige verdeling van meetpunten nagestreefd, dat hiervoor een verantwoorde statistische bewerking en interpretatie van de analysegegevens mogelijk is. Ook bij minder vaak voorkomende maar dikwijls toch wel van belang zijnde groepen werden, zij het beperkt in aantal, putten geplaatst.

Naast de indeling van meetpunten naar grondsoort en bodemgebruik werd tevens bij de meetpunten onderscheid gemaakt tussen kwel- en infiltratiegebieden.

In totaal werden voor het meetnet 370 meetpunten geselecteerd, wat overeenkomt met een meetpunt dichtheid van circa 1 meetpunt per 100 km². In tabel 3 is de verdeling van de meetpunten over bodemgebruik en grondsoort gegeven. De figuren 1 en 2 geven dienaangaande de landelijke verdeling van de meetpunten weer.

Bij de lokatiekeuze van de meetpunten werd er naar gestreefd de plaats dusdanig te kiezen dat voor een meetpunt zoveel mogelijk sprake is van een intrekgebied met een redelijk homogene bodemsamenstelling, hydrologische situatie en bodemgebruik. Vooral bij kleinere deelgebieden diende hierbij rekening gehouden te worden met de grootte en richting van de grondwaterstroming, ten einde te vermijden dat feitelijk water uit een ander deelgebied wordt bemonsterd. Ditzelfde gold t.a.v. het grondwater in kwelgebieden. Desalniettemin blijkt dit niet in alle gevallen te zijn gelukt. Bij de interpretatie van de meetgegevens wordt daar nader op ingegaan.

Bij de selectie van meetpunten werd verder nog rekening gehouden met de volgende aspecten:

- vermijden van duidelijke beïnvloeding der meetpunten door lokale verontreinigingsbronnen;
- geologische gesteldheid (o.a. dikte dekzanden en diepte grondwaterspiegel);
- planologische aspecten;
- ligging van huidige en toekomstige grondwateronttrekkingen van de waterleidingbedrijven;
- eigendom van de terreinen (voorkeur voor de overheid);
- bereikbaarheid van de boringen.

Rekening houdend met al de genoemde factoren resteerde een beperkt aantal mogelijkheden waaruit tenslotte een definitieve keuze gemaakt moest worden. De definitieve lokatiekeuze vond plaats in overleg met het betrokken waterleidingbedrijf-

Tabel 3. Verdeling meetpunten over bodemgebruik en bodemsamenstelling.

Aantal keren dat de waarde-combinaties van code 7, respectievelijk 8 voorkomen bij de 371 putten van het meetnet grondwaterkwaliteit. (voor de verklaring zie toelichting).

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-----|----------------------|
| | 1/1-12 | 2/1-1 | 3/1-64 | 4/1-38 | 5/1-0 | 6/1-0 | 7/1-21 | 8/1-4 | 9/1-4 | 144 | zand(humusrijke) |
| | 1/2-34 | 2/2-6 | 3/2-8 | 4/2-4 | 5/2-2 | 6/2-0 | 7/2-4 | 8/2-2 | 9/2-4 | 64 | zand (humusarme) |
| | 1/3-3 | 2/3-0 | 3/3-16 | 4/3-3 | 5/3-1 | 6/3-6 | 7/3-5 | 8/3-12 | 9/3-0 | 46 | rivierklei |
| | 1/4-1 | 2/4-0 | 3/4-15 | 4/4-22 | 5/4-4 | 6/4-1 | 7/4-7 | 8/4-5 | 9/4-1 | 56 | zeeklei |
| | 1/5-1 | 2/5-1 | 3/5-4 | 4/5-6 | 5/5-0 | 6/5-0 | 7/5-0 | 8/5-0 | 9/5-0 | 11 | hoogveen |
| | 1/6-3 | 2/6-0 | 3/6-20 | 4/6-2 | 5/6-0 | 6/6-0 | 7/6-1 | 8/6-1 | 9/6-1 | 28 | laagveen |
| | 1/7-0 | 2/7-0 | 3/7-1 | 4/7-4 | 5/7-0 | 6/7-1 | 7/7-4 | 8/7-3 | 9/7-1 | 14 | leem |
| | 1/8-1 | 2/8-0 | 3/8-0 | 4/8-0 | 5/8-0 | 6/8-0 | 7/8-0 | 8/8-0 | 9/8-0 | 1 | havenslib |
| | 1/9-0 | 2/9-0 | 3/9-0 | 4/9-2 | 5/9-0 | 6/9-1 | 7/9-3 | 8/9-0 | 9/9-1 | 7 | overigen en onbekend |
| Tot:55 | 7 | 128 | 81 | 7 | 9 | 45 | 27 | 12 | 371 | | |
| natuurgebied | | | | | | | | | | | |
| duinen | | | | | | | | | | | |
| grasland | | | | | | | | | | | |
| bouwland | | | | | | | | | | | |
| tuinbouw | | | | | | | | | | | |
| boomgaarden | | | | | | | | | | | |
| bebouwing | | | | | | | | | | | |
| niet relevant | | | | | | | | | | | |
| niet nader gespecificeerd | | | | | | | | | | | |
| totaal | | | | | | | | | | | |

tot:

Toelichting bij tabel 3

Coderingen in mnsta

= = = = =

Code 7 betreft Bodemgebruik:

- Waarde 1 betekent - Natuurgebied, bos of heide
- Waarde 2 betekent - Duinen
- Waarde 3 betekent - Grasland
- Waarde 4 betekent - Bouwland
- Waarde 5 betekent - Tuinbouw
- Waarde 6 betekent - Boomgaarden
- Waarde 7 betekent - Bebouwing
- Waarde 8 betekent - Niet relevant
- Waarde 9 betekent - Niet nader gespecificeerd

Code 8 betreft Bodemtype:

- Waarde 1 betekent - Zand (humusrijk)
- Waarde 2 betekent - Zand (humusarm)
- Waarde 3 betekent - Rivierklei
- Waarde 4 betekent - Zeeklei
- Waarde 5 betekent - Hoogveen
- Waarde 6 betekent - Laagveen
- Waarde 7 betekent - Leem
- Waarde 8 betekent - Havenslib
- Waarde 9 betekent - Overigen en onbekend

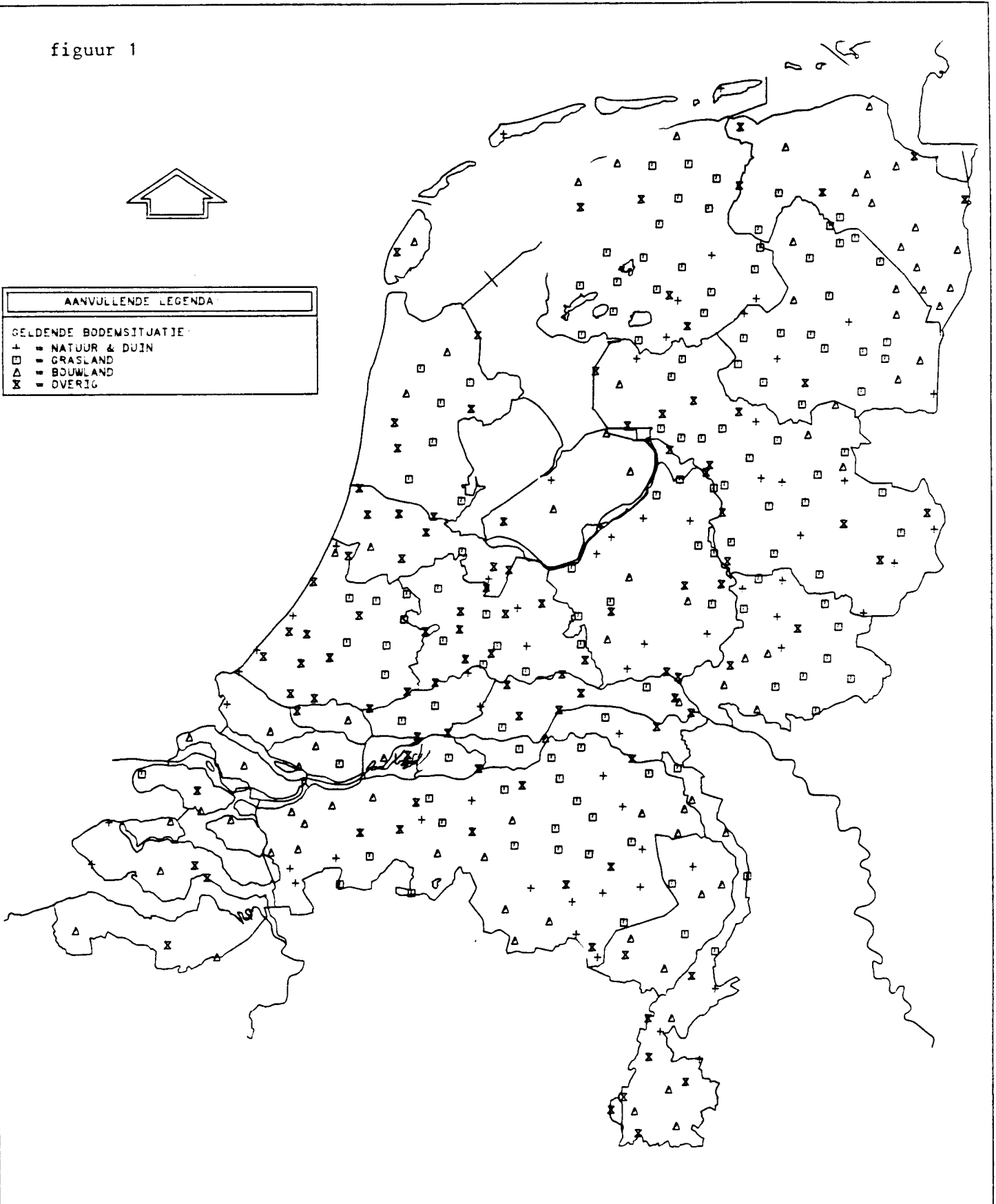
ven, de provinciale overheid en de regionale inspectie. Bij de lokatiekeuze werd voorts gebruik gemaakt van beschikbaar kaarmateriaal en archieven.

Bij de lokatiekeuze werd er naar gestreefd de meetpunten zoveel mogelijk te plaatsen op terreinen van de overheid of van de waterleidingbedrijven. Na een voorlopige lokatiekeuze werd aan de terreineigenaren schriftelijk toestemming gevraagd tot het plaatsen van de meetpunten. Hierbij werd rekening gehouden met de in de betrokken gebieden gangbare praktijken. Verkregen toestemmingen werden schriftelijk vastgelegd. De aanwijzing van de definitieve lokaties geschiedde ter plekke en in direct overleg met de terreineigenaren, die hiertoe vaak nog additionele informatie verschaften.

figuur 1



| AANVULLENDE LEGENDA | |
|------------------------|-----------------|
| GELDENDE BODEMSITUATIE | |
| + | = NATUUR & DUIN |
| □ | = GRASLAND |
| △ | = BOUWLAND |
| X | = OVERIG |



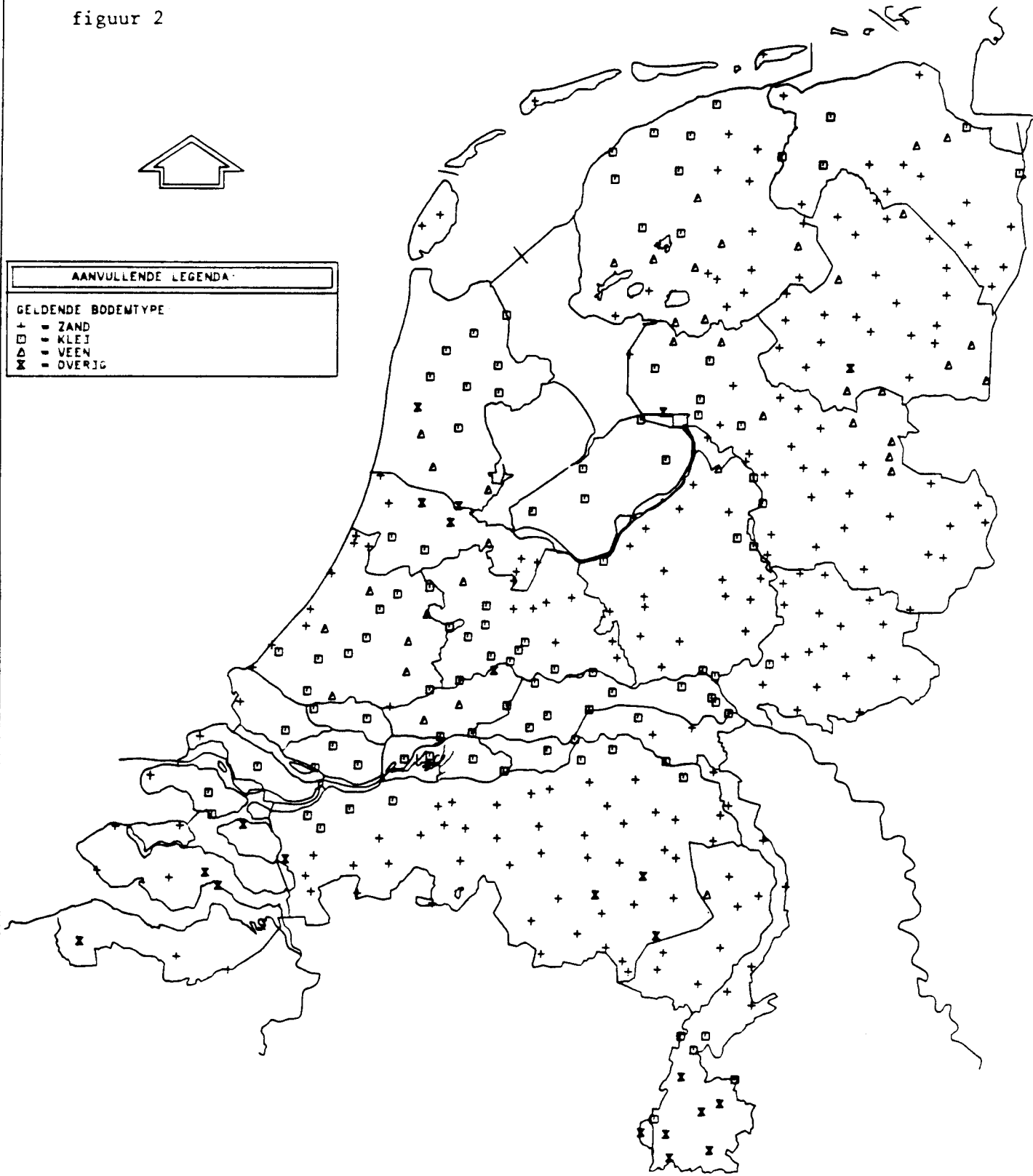
rivm
LBG
LEIDSCHENDAM

RIVM-LBG MEETNET GRONDWATERKwalITEIT
SCHAAL 1:1500000 GETEKEND 18-JAN-85
MNPLO - BODEMGEBRUIK

figuur 2



| AANVULLENDE LEGENDA | |
|---------------------|--------|
| GELDENDE BODEMTYPE | |
| + | ZAND |
| □ | KLEI |
| △ | VEEN |
| X | OVERIG |



rivm
LBG
LEIDSCHENDAM

RIVM-LBG MEETNET GRONDWATERKWALITEIT
SCHAAL 1:1500000 GETEKEND 18-JAN-85

MNPLO - BODEMTYPE

IV BEMONSTERINGSDIEPTEN

Ten einde zo spoedig mogelijk inzicht te verkrijgen in een eventueel te verwachten verandering in de grondwaterkwaliteit lijkt een bemonstering van het grondwater direct onder de grondwaterspiegel het meest voor de hand liggend. Gelet evenwel op de sterke fluctuaties in de kwaliteit van dit zeer ondiepe grondwater, zowel naar plaats als in de tijd, kleven hieraan gerelateerd aan de doelstelling van het onderzoek een aantal ernstige bezwaren.

- Het zeer ondiepe grondwater wordt kwalitatief sterk beïnvloed door activiteiten op de bodem direct boven het monsterpunt. Seizoensfactoren beïnvloeden vaak in sterke mate de kwaliteit van het zeer ondiepe grondwater.
- In de bovenste paar meter van het grondwater is sprake van een sterke biologische activiteit, de duidelijk haar invloed heeft op de daarvoor gevoelige in het grondwater aanwezige stoffen.
- De door het grondwater afgelegde weg is meest nog te kort om via dispersie reeds een menging van betekenis te krijgen.

Daarnaast bereikt veel van het zeer ondiepe grondwater nimmer dieper gelegen bodemlagen, maar stroomt af naar het oppervlaktewater. De kwaliteit van dit zeer ondiepe grondwater behoeft dus niet indicatief te zijn voor de toekomstige kwaliteit van het diepere grondwater.

Om het eventueel trendmatige kwaliteitsverloop van dit zeer ondiepe grondwater te volgen zou gelet op de genoemde korte termijn variaties in dit grondwater zeker gedacht moeten worden aan een frequente bemonstering van bijvoorbeeld 4 maal per jaar.

Gelet op het hiervoor gestelde en mede rekening houdend met optredende grondwaterstandsfluctuaties, is besloten om de bovenste 5 meter van de verzadigde zone van het grondwater niet te bemonsteren. Gekozen is voor een te bemonsteren traject dat, mede afhankelijk van de lokale situatie, start op globaal 8 m -m.v.

Ten einde aan de onderzijde te komen tot een begrenzing van het te bemonsteren traject is de leeftijd-diepte relatie van het grondwater gezien, terwijl tevens gekeken is naar de dikte van het afdekkende pakket en het bovenste watervoerende pakket in de waterwingebieden. Vervolgens is, mede gebaseerd op economische overwegingen en de herkenbaarheid van de relatie tussen de grondwaterkwaliteit enerzijds en grondsoort/bodemgebruik anderzijds, een ondergrens voor het te bemonsteren traject vastgesteld.

Bij een homogeen, isotroop watervoerend pakket zonder peilbeheersing van het oppervlaktewater valt voor freatische pakketten in infiltratiegebieden afhankelijk van de pakketdikte, de porositeit en de nuttige neerslag te berekenen hoe oud het grondwater op een bepaalde diepte is in (lit. 6). De resultaten van een dergelijke berekening, waarbij geen rekening is gehouden met de eventuele aanwezigheid van een onverzadigde zone, zijn weergegeven in tabel 4 (zie ook figuur 3).

Tabel 4. Relatie tussen de diepte z en de verblijftijd bij variabele dikte van het watervoerend pakket (poros. 0,3 nuttige neerslag 0,3 m/j).

| verblijftijd t (jaren) | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
|---------------------------|------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| dikte pakket D(meters) | <u>Z (meters - maaiveld)</u> | | | | | |
| 10 | 1,81 | 3,94 | 6,32 | 8,65 | 9,93 | 10,00 |
| 20 | 1,90 | 4,42 | 7,88 | 12,64 | 18,36 | 19,87 |
| 30 | 1,93 | 4,61 | 8,50 | 14,60 | 24,33 | 28,93 |
| 40 | 1,95 | 4,70 | 8,85 | 15,74 | 28,54 | 36,72 |
| 50 | 1,96 | 4,76 | 9,05 | 16,48 | 31,61 | 43,23 |
| 100 | 1,98 | 4,90 | 9,50 | 18,10 | 39,35 | 63,21 |
| 200 | 2,00 | 4,95 | 9,80 | 19,04 | 44,24 | 78,69 |

De verblijftijd is onafhankelijk van de plaats in de x-richting (fig. 3).

Duidelijk blijkt de toenemende ouderdom van het grondwater naar de diepte (zie ook fig. 4). Afwijkingen van het geschetste beeld kunnen ondermeer optreden door;

- minder doorlatende lagen,
- kortsluiting via beter doorlatende "gaten" en lagen,
- dichtheidsstroming;
- peilbeheersing;
- verblijfsduur in de onverzadigde zone.

Uit tabel 4 kan worden afgeleid dat in principe bij freatisch grondwater de bovenste 15 meter van dit grondwater in de meeste gevallen de veranderingen in de afgelopen 20 jaar weerspiegelen. De gebruikte rekenwijze gaat niet op bij oevergrondwater. De ouderdom van dit water varieëert, afhankelijk van plaats en lokatie van minder dan 1 tot vele tientallen jaren.

Kwaliteitsveranderingen in dit grondwater worden primair veroorzaakt door het infiltrerende oppervlaktewater.

Overigens kan ook in het veld enig inzicht worden verkregen in de ouderdom van het grondwater, door meting van het tritiumgehalte in het grondwater. Van nature zijn deze tritiumgehalten ($3H^+$) in regen en grondwater uiterst laag. Sinds 1950 zijn deze concentraties sterk verhoogd (met piekwaarden in 1962 en 1963) door de in die jaren uitgevoerde kernexplosies in de atmosfeer. Een beeld van de effecten hiervan op regen en grondwater geeft fig. 4 (lit 3 en 12). Tijdens de inrichting van het meetnet zijn de diverse meetpunten verder nog eenmalig onderzocht op het voorkomen van tritium. Op de resultaten hiervan wordt in hoofdstuk XII nader ingegaan.

Enig inzicht in de dikte van het bovenste watervoerend pakket in de waterwingebieden geeft tabel 5 (lit. 2). Hieruit blijkt dat in 50% van de gevallen de dikte van het watervoerend pakket minder is dan 30 meter, terwijl in 75% van de gevallen deze dikte minder dan 50 meter bedraagt. De eventueel boven het watervoerende pakket aanwezige afdekkende laag is in de helft van alle gevallen afwezig of minder dan 10 meter dik (zie tabel 6), terwijl de weerstand tegen verticale stroming veelal vrij gering is. Tevens is betreffende laag vaak doorsneden door sleuven, watergangen e.d.

Tabel 5. Dikte bovenste watervoerend pakket bij grondwaterpompstations

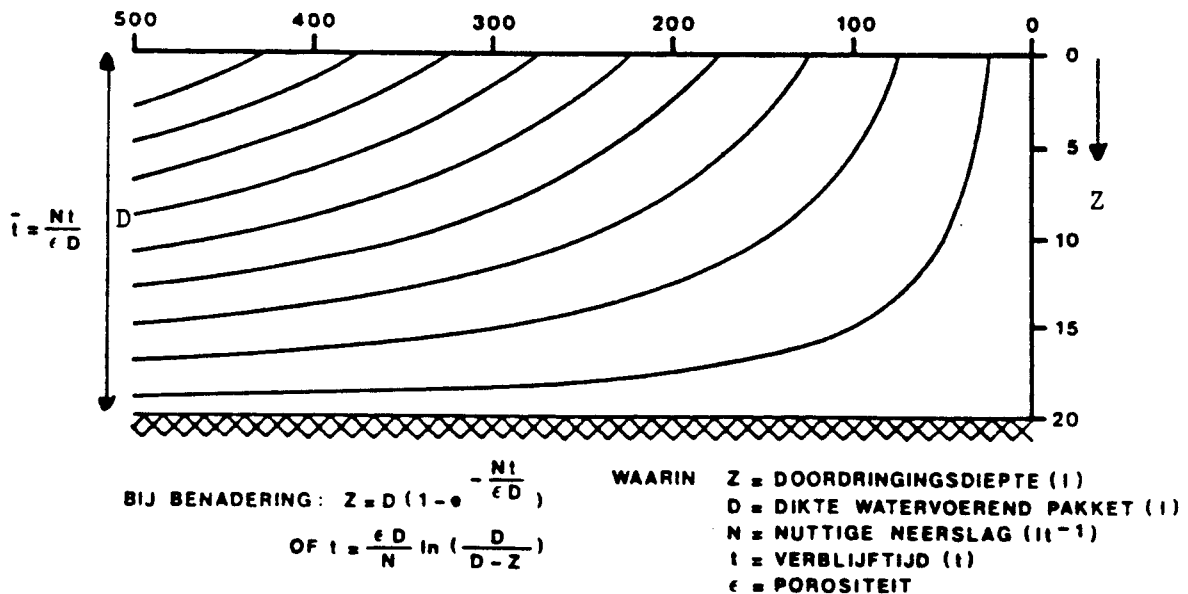
| dikte pakket (m) | percentage | cumul. percentage |
|------------------|------------|-------------------|
| <10 | 6,1 | 6,1 |
| 10-20 | 17,7 | 23,8 |
| 20-30 | 22,0 | 45,7 |
| 30-40 | 17,7 | 63,4 |
| 40-50 | 11,6 | 75,0 |
| 50-75 | 9,8 | 84,8 |
| 75-100 | 4,9 | 89,6 |
| 100-150 | 5,5 | 95,1 |
| >150 | 4,9 | 100,0 |

Tabel 6. Dikte afdekkend pakket in waterwingebieden

| dikte pakket (m) | percentage | cumul. percentage |
|------------------|------------|-------------------|
| <10 | 49 | 49 |
| 10-20 | 23 | 72 |
| >20 | 28 | 100 |

Gelet op het hiervoor gestelde, is als ondergrens voor het in het kader van de meetnetactiviteiten te bemonsteren traject een diepte van globaal 25 m -m.v. gekozen met dien verstande, dat het onderste filter onder de afdekkende laag in het bovenste watervoerende pakket gesitueerd moet zijn. In de praktijk betekent dit, dat een aantal meetpunten zijn doorgevoerd tot 30 à 35 m -m.v.

Figuur 3 Dwarsdoorsnede watervoerend pakket: stroomlijnen van het grondwater in een infiltratiegebied vanaf de grondwaterspiegel.



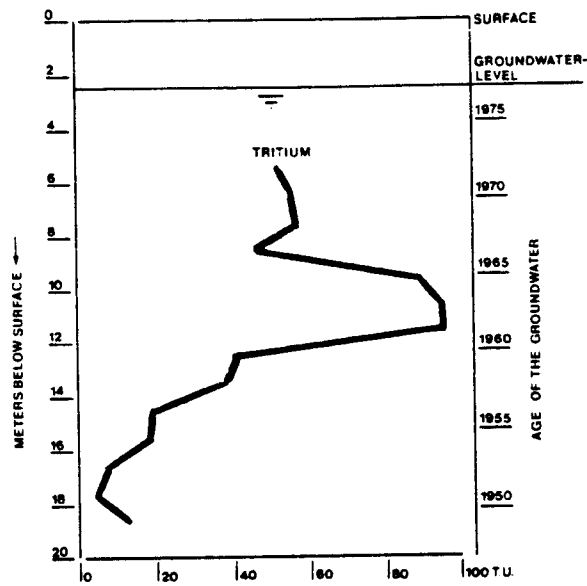


Fig. 4a. Tritiumgehalte in het grondwater te Monster, gerelateerd aan de ouderdom van het grondwater

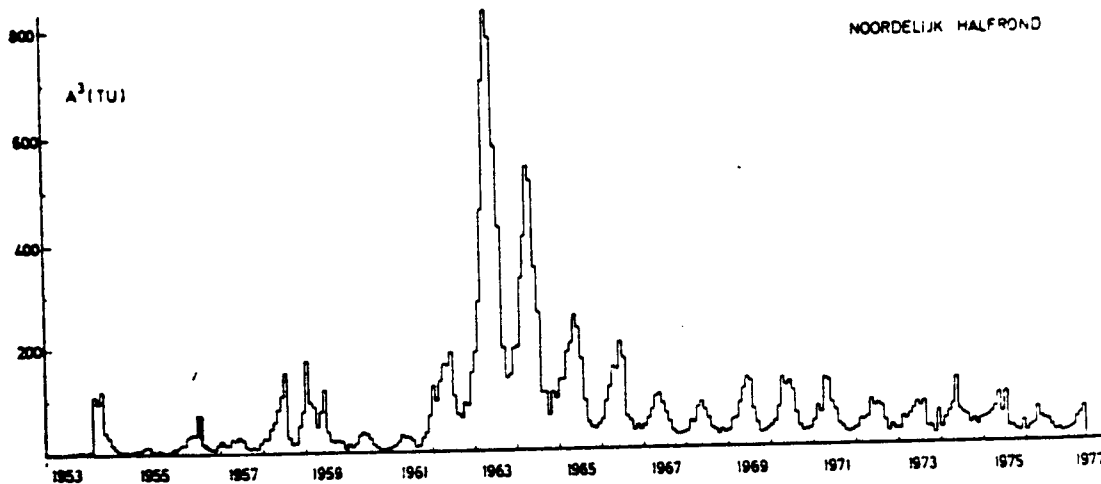


Fig. 4b. Tritiumvariaties in de neerslag boven het noordelijk halfrond, gecorrigeerd voor het radioactief verval tot 1-1-'79 (naar Mook, lit. 12).

V Plaats en lengte van de waarnemingsfilters

Voor bepaling van de optimale lengte van de waarnemingsfilters is inzicht noodzakelijk in de kwaliteitsvariaties die zich in het grondwater kunnen voordoen. Beschikbare gegevens tonen aan dat, mede afhankelijk van de geohydrologische situatie, zich zowel in horizontale als in verticale zin over korte afstanden grote verschillen in de kwaliteit van het grondwater kunnen voordoen. Hierbij is soms ook sprake van scherpe grensvlakken (fig. 4). Op grotere diepten kunnen deze kwaliteitsverschillen worden afgevlakt door dispersieverschijnselen. Maar bij een gelaagde ondergrond met verschillende doorlatendheden en fysisch-chemische karakteristieken kunnen ook op grotere diepten nog aanmerkelijke verschillen in grondwaterkwaliteit worden aangetoond (lit. 4 en 6).

Ten einde een redelijk representatief beeld van de kwaliteit van het grondwater te verkrijgen zou kunnen worden overwogen om gebruik te maken van vrij lange waarnemingsfilters. Beperking van de filterlengte is evenwel om de volgende redenen noodzakelijk.

- Bij een mengmonster dat te veel "jaargangen" omvat, is een trendmatige verandering in de grondwaterkwaliteit minder snel te onderkennen.
- Bij grote filterlengten bestaat een reëel risico dat deze filters lagen met onderling zeer verschillende doorlatendheden doorsnijden, met als gevolg dat vooral water uit de grove lagen met een geringe weerstand tegen waterstroming wordt gewonnen.
- Een filter veroorzaakt in haar lengterichting een kortsluitstroming in het grondwater als gevolg van een, ten opzichte van de omringende grond verwaarloosbare weerstand tegen verticale waterstroming.

Ten einde meer inzicht te verkrijgen in de effecten van het doorboren van lagen met verschillende doorlatendheden werd in het kader van de activiteiten t.b.v. de inrichting van het meetnet te Uddel een drietal proefboringen verricht. Het diepere deel van het ter plaatse aanwezige circa 14 meter dikke watervoerende pakket is beter doorlatend dan het bovenste deel en bevat bovendien een aanmerkelijk betere kwaliteit grondwater. Eén der geplaatste boringen bezat een filter over vrijwel de gehele hoogte van het watervoerend pakket (4-14 m -m.v.). De overige boringen bevatten filters in resp. het bovenste- en onderste gedeelte van het pakket (4-9 resp. 9-14 m -m.v.). Het chloridegehalte van het ondiepe grondwater bedroeg 68 mg/l tegen 21 mg/l voor het diepere grondwater. Via het doorlopende filter werd water met een chloridegehalte van 34 mg/l onttrokken. Hieruit kan

worden afgeleid dat via het doorlopende filter slechts 30% water werd gewonnen uit het bovenste gedeelte van de watervoerende laag.

Blijkbaar overheerste te Uddel het effect van de verschillen in doorlatendheid over de effecten van optredende kortsluitstromingen.

Inzicht in het mogelijke effect van verticale kortsluitstromingen langs de waarnemingsfilters kan verkregen worden door toepassing van de volgende door Bruggeman (lit 9) ontwikkelde formule.

$$Q = \frac{2\pi l^3}{r_o^3 A} N \left(1 - \frac{\bar{z}}{D}\right)$$

waarin: Q = kortsluitstroming (l³/t)
 r_o = straal van filter (l)
 N = nuttige neerslag (l/t)
 l = halve filterlengte (l)
 \bar{z} = gemiddelde filterdiepte (l)
 D = dikte watervoerend pakket (l)

en voor $l \gg r_o \varepsilon = 1/r_o$:

$$A \approx 400 \ln(2\alpha) - 2\alpha \ln(4\alpha) - 2\alpha + 3$$

De kortsluitstroming is dus globaal evenredig met de derde macht van de filterlengte. Enige rekenvoorbeelden die een indruk geven van de mogelijke effecten zijn gegeven in tabel 7. Hierbij is overigens geen rekening gehouden met de eventuele aanwezigheid van een grindomstorting. De berekeningen zijn gebaseerd op een nuttige neerslag van 10⁻³ m/d en een dikte van het watervoerend pakket van 40 meter.

Tabel 7. Effect filterlengte op kortsluitstroming

| filterlengte(m) | diameter(cm) | filterdiepte(m -m.v.) | debiet Q (m ³ /j) |
|-----------------|--------------|-----------------------|------------------------------|
| 10 | 5,7 | 0-10 | 2,6 |
| 10 | 5,7 | 10-20 | 1,8 |
| 10 | 5,7 | 20-30 | 1,1 |
| 10 | 2,5 | 0-10 | 2,2 |
| 5 | 5,7 | 5-10 | 0,7 |
| 5 | 5,7 | 20-25 | 0,4 |
| 2 | 5,7 | 8-10 | 0,14 |
| 2 | 5,7 | 23-25 | 0,07 |
| 2 | 2,5 | 12-14 | 0,09 |

Op grond van de berekeningen kan worden geconstateerd dat bij lange filters er, tenzij er langdurig wordt afgepompt, veelal geen grondwater wordt onttrokken dat kan gelden als representatief voor de gemiddelde samenstelling van het grondwater over het filtertraject. Vooral in geval van duidelijke kwaliteitsverschillen over de hoogte kan dit problemen geven t.a.v. de interpretatie. Een complicerende factor hierbij is, dat bij toenemende filterlengten ook de kans op het voorkomen van verschillende waterkwaliteiten stijgt. Het beschreven effect werd duidelijk geconstateerd bij een proefopstelling te Monster. Bij bemonstering van een over de gehele hoogte van het redelijk homogeen opgebouwde watervoerende pakket (zonder duidelijke variaties in de doorlatendheid) geplaatst circa 15 meter lang filter werd vrijwel uitsluitend ondiep grondwater aangetrokken (zie tabel 8).

Tabel 8. Effect van kortsluitstroming via waarnemingsfilters

| Parameter | filtertraject (m -m.v.) | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--------|--------|-----------|
| | 4 - 13 | 13 -19 | 4 - 19 | gemiddeld |
| SO ₄ ²⁻ mg/l | 141 | 66 | 131 | 111 |
| Si mg/l | 3,5 | 15,6 | 4 | 9 |

Gelet op de kwaliteitsverschillen die over de hoogte in het grondwater kunnen optreden en gezien de ten gevolge van wisselingen in de infiltratie-intensiteit optredende fluctuaties in de grootte van de kortsluitstroming is gebruikmaking van filterlengten groter dan circa 2 meter minder wenselijk. Het alternatief van afsluiting van de filterspleten van een lang filter bleek uit technische en praktische overwegingen moeilijk realiseerbaar. Ditzelfde gold ten aanzien van de eventuele toepassing van minifilters.

Als meest optimale oplossing is gekozen voor gebruik van 2 meter lange filters. Besloten is om het ondiepe waarnemingsfilter waarmee een aankomende verontreiniging kan worden getraceerd, mede afhankelijk van de lokale situatie te plaatsen tussen globaal 8 en 10 m -m.v. (filter 1). Hierbij gold als voorwaarde, dat de bovenzijde van het filter zich tenminste 5 meter beneden de grondwaterspiegel zou bevinden.

Inzicht in het kwaliteitsverloop van het ondiepe grondwater behoeft niet altijd voldoende informatie te geven over het te verwachten kwaliteitsverloop van het wat diepere grondwater. Uit dien hoofde is per meetpunt tussen globaal 23 en 25 m -m.v. een waarnemingsfilters geplaatst (filter 3). Voorwaarde hierbij was, dat dit filter onder de deklaag in het bovenste watervoerende pakket moet zijn gesitueerd. In dit bovenste watervoerend pakket vindt in vele gevallen waterwinning plaats zowel ten behoeve van de openbare watervoorziening als voor particulieren (zie ook tabel 5).

Tussen het bovenste en onderste filter is een reserve filter geplaatst (filter 3) dat tijdens de inrichtingsfase van het meetnet in principe éénmalig bemonsterd werd.

VI KEUZE BOORSYSTEEM EN INRICHTING MEETPUNTEN

Bij de keuze van het boorsysteem t.b.v. de plaatsing van de meetnetputten spelen diverse overwegingen een rol.

- a. Ten behoeve van de interpretatie van de analysegegevens is een goed inzicht vereist in de geologische opbouw van de ondergrond.
- b. Uit de meetnetputten onttrokken monsters grondwater worden ook geanalyseerd op het voorkomen van stoffen die slechts in spoorconcentraties aanwezig zijn. Op grond hiervan dient het inbrengen van vreemde materialen in de bodem zoveel mogelijk beperkt te worden.
- c. De boring dient dusdanig te worden geplaatst en afgewerkt, dat zo min mogelijk verstoring van de ondergrond plaatsvindt en eventueel optredende verstoringen weer zo spoedig mogelijk worden opgeheven.

ad a. Voor het verkrijgen van een goed inzicht in de ondergrond genieten steekboringen de voorkeur met als goede tweede het plaatsen van pulsboringen; de overige boor methoden (spuit en zuigboringen) zijn hiervan niet of nauwelijks geschikt.

ad b. Bij zuig- en spuitboringen blijft na gereedkomen van de boring boorspoeling of een grote hoeveelheid spoelwater in de ondergrond achter. Ook vanuit deze optiek genieten steekboringen de voorkeur, met als alternatief pulsboringen. Hierbij dient te worden opgemerkt, dat ook bij puls- en steekboringen veelal vreemd water in de ondergrond wordt gebracht dat het natuurlijk beeld verstoort. Aangezien bij schoonpompen in eerste aanleg slechts het vreemde water in de omgeving van het filter wordt weggepompt, kan het nog een ruime periode vergen alvorens het ingebracht water door de grondwaterstroming is meegevoerd en het aanvankelijke chemisch evenwicht is hersteld.

ad c. Tijdens het boren wordt een zekere hoeveelheid bodemmateriaal verwijderd. Na gereedkomen van de boring wordt het boorgat weer op gevuld door het boorgat bij het trekken van de boorbuizen te laten invallen. Doorboorde klei- en veenlagen alsmede sterk slibhoudende zandlagen werden d.m.v. een klei aanvulling weer afgedicht.

Het gevolg is, dat ter plaatse van de boring de opbouw van de ondergrond is verstoord met als gevolg een verminderde weerstand tegen verticale stroming. Het weer ingebrachte materiaal heeft enige tijd nodig om zich weer te stabiliseren en een overeenkomstig dichte pakking te krijgen als het de boring omringende niet verstoorde bodemmateriaal. Gedurende een zekere

periode zal dus een verticaal kanaal bestaan met een verminderde weerstand tegen verticale stroming. In infiltratiegebieden zal daardoor tijdelijk langs de boring een versterkte neerwaarts gerichte grondwaterstroming ontstaan; in kwelgebieden zal deze opwaarts gericht zijn. Afhankelijk van de lokale situatie, type en afwerking van de boring, kan herstel van de oorspronkelijke toestand een periode vergen die uiteenloopt van enkele weken tot meerdere jaren (lit 9).

Teneinde het risico van contaminatie of verstoring van de ondergrond zoveel mogelijk te beperken en ook om een goed geologische beschrijving van de ondergrond mogelijk te maken is besloten om de meetnetputten volgens het pulsboorsysteem te plaatsen. Van het plaatsen van steekboringen werd, gelet op de relatief hoge kosten versus de betrekkelijke geringe, in dit kader niet onmisbare, additioneel ter beschikbaar komende informatie, afgezien.

De meetnetboringen werden i.h.a. uitgevoerd met een diameter van 15 cm. De diameter van de filters en stijgbuizen is 57 mm. Uitzondering hierop vormt het reservefilter op ca. 15 m -m.v., waarvoor een diameter van 25 mm is gekozen. De filters zijn afgedekt met een filterkous. In verband met de mogelijkheid van optreden van kortsluitstromen is geen gebruik gemaakt van filtergrind. Doorboorde kleilagen werden afgedicht. De boringen zijn aan de bovenzijde afgeschermd met een afsluitbare, stalen beschermkoker. Na gereedkomen van een put werden de filters schoongepompt. Naast een voorlopige, summiere boorbeschrijving in het veld, vond veelal een meer uitgebreide beschrijving plaats bij de Sectie Bodemanalyse of bij de Rijks Geologische Dienst.

De boorbeschrijvingen werden gearchiveerd ten behoeve van zowel het meetnet als het geohydrologische archief. De meetputten hebben naast een speciaal meetnetnummer tevens een archiefnummer.

Een nadere uiteenzetting van de procedures gevolgd bij het plaatsen van de meetnetputten is weer gegeven in bijlage 3, samengesteld door H.L.J. v. Maaren.

Tussen het gereedkomen van de meetnetputten en de eerste monsterneming werd, mede afhankelijk van de lokale situatie, een rustpauze van tenminste enkele maanden in acht genomen. Uit praktijkervaring bleek dat in die periode de oorspronkelijke situatie in het algemeen weer was hersteld, zodat een verantwoorde monsterneming mogelijk was.

Gelet op het grote aantal te plaatsen meetpunten, werd de plaatsing van de boringen over een periode van ruim 5 jaar gespreid. De eerste boringen werden in 1978 geplaatst. De inrichting van het meetnet werd in het najaar van 1983 voltooid.

Gezien de geleidelijke opbouw van het meetnet waarbij ieder meetpunt wel kort na plaatsing en vervolgens ieder jaar werd bemonsterd, kwamen tijdens de inrichtingsfase van een beperkt aantal meetpunten reeds 4 analyses ter beschikking. Andere meetpunten werden in die periode slechts éénmaal bemonsterd.

VII PARAMETERKEUZE

De navolgende aspecten speelden bij de keuze van het samen te stellen analysepakket een belangrijke rol:

- aard en grootte van de directe en indirecte emissies naar de bodem;
- de analysemogelijkheden;
- kostenaspecten;
- het gedrag van stoffen in de bodem.

Bij emissies kan onderscheid gemaakt worden tussen lokale, direct op de bodem gerichte emissies en emissies met een meer diffuus karakter. De directe effecten van de eerste categorie worden in het meetnet niet beschouwd. Wel is het zo, dat ook lokale bronnen hun bijdrage leveren aan het meer diffuse regionale beeld. Als meer diffuse beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit kunnen agrarische activiteiten, luchtverontreiniging, emissies in oppervlaktewater en de emissies van vele kleine lokale bronnen gezamenlijk genoemd worden (bijv. in stedelijke gebieden).

Door het landbouwkundig gebruik van de bodem kunnen tal van stoffen het grondwater bereiken. Belangrijk in dit kader zijn het gebruik van meststoffen en biociden. Hierdoor kunnen organische verbindingen, diverse sporelementen en tal van macroparameters zoals N , K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Cl^- , SO_4^{--} , P en HCO_3^- in het grondwater doordringen.

Emissies naar de lucht als gevolg van industriële activiteiten, verkeer en bebouwing (verwarming) kunnen uiteindelijk zowel via droge depositie als via de regen het grondwater beïnvloeden. De lijst van stoffen die in de atmosfeer geëmitteerd worden omvat vele honderden stoffen en verbindingen. De qua hoeveelheid belangrijkste hiervan zijn zwaveldioxide en diverse stikstofoxiden. Daarnaast kunnen tal van sporelementen en vele organische verbindingen genoemd worden. Ook de emissies naar het oppervlaktewater omvatten tal van stoffen. Dit zelfde geldt voor de kleine lokale bronnen (vooral meststoffen).

Het is duidelijk, dat een volledige analyse op alle geëmitteerde stoffen ook na eliminatie van de stoffen die gelet op hun fysische en chemische eigenschappen niet of nauwelijks in het grondwater kunnen doordringen, in het kader van een routinematig meetnetpakket niet mogelijk is. Een algemene kwaliteitsverandering van het grondwater wordt veelal in eerste aanleg bepaald door de macroparameters; in het algemeen stoffen die ook het grootste deel van de diverse emissies uit-

maken en ook in grotere hoeveelheden van nature in het grondwater kunnen voorkomen. Deze parameters maken deel uit van het basisanalysepakket. Het betreft NH_4^+ , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , en P.

Daarnaast zijn in het analysepakket enige indicatieve parameters opgenomen betreffende het voorkomen van macro-organische verbindingen (KMnO_4 -verbruik en de TOC) en de pH. Verder is de soortelijke geleiding (E.C.) opgenomen als totaal indicator voor de ionogene belasting van het grondwater. Voorts zijn enkele totaal bepalingen voor organische microverontreinigingen opgenomen. Het betreft een extraheerbaar organisch chloor bepaling (EOCl) en een bepaling van vluchtig organisch chloor (VOCl). In die gevallen dat sprake was van relatief hoge VOCl-waarden werd via een Headspace analyse tevens een aantal individuele organische componenten bepaald.

Ten aanzien van de zware metalen is gekozen voor enkele veel in het milieu gebrachte vrij mobiele metalen, en wel Zn, Ni en As. Bij 10% van de onderzochte monsters werd ook Cu, Cd, Cr en Pb bepaald. Op ad hoc basis werd éénmalig i.s.m. het ECN bij een beperkt daartoe geselecteerd aantal meetpunten een groot aantal sporelementen alsmede enkele halogenen bepaald.

Geringe wijzigingen in de kwaliteit van het grondwater kunnen een duidelijke wijziging in de bacteriële flora van het ondiepe grondwater veroorzaken. Het opnemen van microbiologische parameters in het analysepakket kan dan ook in principe aanleiding geven tot het opmerken van kwaliteitsveranderingen die via andere parameters niet kunnen worden getraceerd. In verband hiermee werden gedurende een proefperiode van circa 1 jaar enkele microbiële somparameters bepaald in monsters grondwater afkomstig uit de ondiepe waarnemingsfilters. Het betrof het koloniegetal en de coliformen.

Bij een deelstudie, waarbij een beperkt aantal meetpunten in de Achterhoek gedurende een periode van een jaar iedere 2 maanden werden bemonsterd bleken de verschillen in de tijd per meetpunt uiterst sterk te verschillen.

Hierdoor bleek een verantwoorde interpretatie volstrekt onmogelijk.

De bepalingen werden dan ook uit het analysepakket geschrapt. Voorlopig maken microbiële parameters geen deel meer uit van het basisanalysepakket.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of, en zo ja op welke wijze microbiële parameters op een zinvolle wijze in het analysepakket van het meetnet kunnen worden opgenomen.

Ten einde meer inzicht te verkrijgen in de ouderdom van het grondwater werd besloten het grondwater bij alle meetpunten vooralsnog éénmalig te analyseren op de aanwezigheid van tritium. Hierdoor is het mogelijk, om relatief jong, globaal na 1960 geïnfilteerd grondwater te onderscheiden van grondwater met een grotere ouderdom dat, i.t.t. jong grondwater niet of nauwelijks tritium bevat (fig. 4); lit 3 en 12).

Het basisanalysepakket is weergegeven in tabel 9 en bijlage 4. In bijlage 4 is tevens aangeduid welke parameters incidenteel werden bepaald.

Tabel 9 Basisanalysepakket meetnet grondwaterkwaliteit.

| | | | | |
|--------------------|------------------|-----------|----------------------------|---------------------------|
| NO_3^- | Ca^{++} | Zn | KmnO_4 - verbruik | pH |
| Cl^- | Mg^{++} | Ni | TOC | EC(soortelijke geleiding) |
| SO_4^{--} | Na^+ | As | VOC1 | |
| HCO_3^- | K^+ | P(totaal) | EOC1 | |
| | NH_4^+ | | | |

VIII BEMONSTERINGSFREQUENTIE

De keuze van de bemonsteringsfrequentie is zowel gerelateerd aan de te verwachten lange termijn verschillen in het grondwater (de trend) als aan optredende korte termijn variaties.

Gelet op de trage grondwaterstroming, in infiltratiegebieden in verticale zin meestal minder dan 1 meter per jaar (zie tabel 4) en in horizontale zin gemiddeld voor de nederlandse situatie enkele tientallen meters per jaar, zal een verontreiniging zich zelfs bij conservatief gedrag maar langzaam in de ondergrond verplaatsen. Mede gelet op de gekozen filterlengte van 2 meter, lijkt vanuit die optiek een bemonsteringsfrequentie van meer dan eens per jaar weinig zinvol en kan bij zich niet conservatief gedragende stoffen aan nog grotere tijdsintervallen gedacht worden. Anderzijds zal het bij tijdsintervallen tussen de bemonsteringen van meer van een jaar zeer veel tijd vergen alvorens een eventuele trend kan worden onderkend.

De benodigde bemonsteringsfrequentie zal hoger moeten zijn, indien sprake is van grote fluctuaties in de kwaliteit van het bemonsterde grondwater. Mede vanuit die optiek werd een filterlengte van 2 meter en een minimale bemonsteringsdiepte van 8 meter gekozen. Aanzienlijke korte termijn variaties zijn vooral te verwachten bij het zeer ondiepe grondwater. Dit wordt in het kader van het meetnet evenwel niet bemonsterd. Op grond van de beschikbare informatie werd bij de inrichting van het meetnet aangenomen dat ter hoogte van het bovenste waarnemingsfilter deze variaties dusdanig zijn afgevlakt, dat vanwege die variaties een frequentere bemonstering van de meetnetputten dan éénmaal per jaar niet noodzakelijk is. Gelet evenwel wel op het belang van een juiste bemonsteringsfrequentie werd daarnaast besloten om in het kader van de meetnetactiviteiten nader onderzoek naar die variaties te verrichten. Zo werd in de periode juli '79 - juni '80 een zestal meetnetputten in de Achterhoek om de 2 maanden bemonsterd en geanalyseerd. De analyse bleef beperkt tot de macroparameters.

De selectie van de meetpunten werd gebaseerd op het bodemgebruik, de grondsoort, de geohydrologische situatie en de bereikbaarheid van de meetpunten. De in iedere boring aanwezige 3 filters werden separaat bemonsterd en geanalyseerd. Voor de bemonstering en analyse werd de voor het meetnet gebruikelijke standaardprocedure gehanteerd. Aangezien zandgronden van alle bodemtypen het meest gevoelig zijn voor korte termijn variaties, waren alle geselecteerde meetpunten in dit bodemtype gelegen.

Per monsterpunt bleken de variaties in de tijd voor wat betreft de samenstelling van het grondwater over het algemeen gering. Omgerekend in percentages blijken de verschillen bij stoffen die vaak in spoorconcentraties aanwezig zijn (zoals NH_4^+ , NO_3^- en P) soms echter aanzienlijk. Voor de interpretatie van de meetnetgegevens geeft dit echter niet of nauwelijks problemen.

Naast genoemde deelstudie werd in opdracht van het voormalige Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne separaat een meer algemeen onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van kwaliteitsvariaties in ruimte en tijd in het grondwater (lit. 4).

Bij dit onderzoek werden in het Peelgebied (overwegend zandgronden) en in Zuid-Holland (kleiveengebied) boringen geplaatst uitgerust met minifilters die gedurende een tijdsverloop van anderhalf jaar in totaal vijfmaal werden bemonsterd. Bij de analyse werden naast de macroparameters tevens een aantal spoorelementen meegenomen.

Ook in deze studie bleek weer, dat over de hoogte van een watervoerend pakket aanmerkelijke kwaliteitsvariaties kunnen voorkomen, terwijl ook in de tijd kwaliteitsverschillen werden geconstateerd. Opmerkelijk was ook, dat zeer lokale effecten zoals t.g.v. de aanwezigheid vanwege (waarlangs de meeste meetpunten zijn gelegen) in diverse gevallen tot een diepte van circa 5 m -m.v. konden worden aangetoond.

Gelet op de resultaten van genoemde studies werd tijdens de inrichtingsfase van het meetnet uiteindelijk besloten tot een jaarlijkse bemonstering en analyse van alle gereedgekomen meetnetputten. Bij de analyse werd overigens wel onderscheid gemaakt tussen stoffen die blijkens de resultaten van de eerste bemonsteringsronde in duidelijk aantoonbare concentraties in het grondwater aanwezig zijn en stoffen waarvan de concentratie veelal rondom of onder de detectiegrens ligt. Dit laatste betreft met name de spoorelementen en de VOCL. Deze stoffen worden na de eerste bemonstering met een geringere frequentie (in principe eens in de vier jaar) bepaald, met dien verstande dat in geval van verhoogde concentraties wel een jaarlijkse analyse plaatsvond.

IX BEMONSTERING EN ANALYSE

In het algemeen is er naar gestreefd om de bemonsteringsprocedures zoveel als mogelijk te standaardiseren, om zodoende de vergelijkbaarheid tussen de monsters, ook bij meerdere bemonsteringsrondes, zo groot mogelijk te houden. Ten einde bij de diverse bemonsteringen het verschil in herkomst van de opgepompte watermonsters zoveel mogelijk te beperken, vindt bemonstering van het grondwater per lokatie volstrekt uniform plaats. Dit houdt o.a. in, dat bij iedere bemonstering in principe met dezelfde snelheid evenveel water wordt opgepompt alvorens het monster wordt genomen. Voor het bovenste, onderste en middelste filter bedragen deze hoeveelheden resp. 100, 200 en 50 liter, gebaseerd op een minimale verversing van driemaal de inhoud van de stijgbuis.

Bij bemonstering van het grondwater kan contaminatie van het grondwater plaatsvinden door afgifte van stoffen uit de diverse gebruikte materialen, terwijl anderzijds ook adsorptie uit het grondwater aan deze materialen kan plaatsvinden.

Wanneer het grondwater het maaiveld bereikt, treden veranderingen op in de druk en samenstelling van de gasfase en de temperatuur en treedt lichtinval op. Drukverandering kan aanleiding zijn tot het ontwijken van diverse vluchtige verbindingen zoals de VOCl en CO_2 . Het ontwijken van CO_2 heeft bovendien gevolgen voor de pH van het bemonsterde grondwater. De mogelijke toetreding van zuurstof kan aanleiding geven tot een verhoging van de redoxpotentiaal en als gevolg daarvan coprecipitatie van diverse zware metalen aan precipiterende ijzer- en mangaanoxiden.

Aan genoemde problematiek is gedeeltelijk tegemoet gekomen, door gebruik te maken van relatief inerte bemonsteringsmaterialen en een beperking van het contact tussen deze materialen en het grondwater. Daarnaast werd gedurende de inrichtingsfase van het meetnet een speciale bemonsteringsunit ontwikkeld t.b.v. de bemonstering van zware metalen, waarbij het grondwater onder stikstof wordt bemonsterd en gefiltreerd en vervolgens aangezuurd.

In verband met de vergelijkbaarheid met eerder verkregen analyseresultaten werd na ingebruiknemen van de bemonsteringsunit een serie bemonsteringen in duplo (oude en nieuwe methode) uitgevoerd. Hierbij konden overigens geen significante verschillen in de resultaten worden aangetoond.

De bemonstering vindt plaats m.b.v. een vacuümbemonsteringssysteem. Hierdoor blijft het nadeel bestaan van het mogelijk ontwijken van vluchtige verbindingen en CO₂ alsmede een mogelijke stijging van de pH. Bij een vergelijkende studie, waarbij de pH in situ werd gemeten, bleek deze gemiddeld 0,7 lager te zijn dan volgens de gebruikelijke methode; in diverse gevallen bleek het verschil zelfs groter dan één pH-eenheid.

Een ander nadeel van het vacuümsysteem is, dat bemonstering van het grondwater bij waterstanden van meer dan circa 5m-mv niet mogelijk is. Bij de selectie van meetpunten moest dit dan ook als additioneel selectie criterium worden meegenomen. Gedurende de inrichtingsfase van het meetnet is aandacht geschonken aan het mogelijke gebruik van kleine onderwaterpompen, waardoor tegemoet zou kunnen worden gekomen aan de gesignaleerde bezwaren. Het systeem kwam gedurende de inrichtingsfase van het meetnet echter nog niet voor operationeel gebruik bij routinematige bemonsteringen gereed.

Ook temperatuurveranderingen en toetreden van licht kunnen van invloed zijn op de kwaliteit van het bemonsterde grondwater. Op grond hiervan worden de monsters, ook tijdens het transport, gekoeld en in het donker opgeslagen in afwachting van de analyse. Ten einde mogelijke effecten van transport en opslag op het voorkomen van organische microverontreinigingen te kunnen verdisconteren worden voor deze parameters gedurende de gehele bemonsteringscyclus blanco's meegenomen en vervolgens ook geanalyseerd.

De bemonstering van de meetnetputten geschiedt in opdracht van het RIVM door een daarin gespecialiseerd bedrijf.

Vanaf de beginfase van de inrichting van het meetnet tot eind 1982 werden de analyses gezamenlijk uitgevoerd door de laboratoria van het voormalige RID en het Waterleidinglaboratorium Oost te Doetinchem. Tussen beide laboratoria vond uitwisseling van monsters en vergelijkingen van analyseresultaten plaats. Vanaf begin 1983 worden alle analyses uitgevoerd door de laboratoria van het RIVM.

Indien de analyseresultaten van een meetpunt daartoe aanleiding geven (bijv. door het vinden van onverwacht hoge concentraties of sterke afwijkingen van vorige analyseresultaten) vindt herbemonstering plaats.

Tijdens de monsterneming vindt ook het zogenaamde "klein onderhoud" van de meetpunten plaats. Eventueel noodzakelijk groot onderhoud, tijdens de monsterneming gesignaleerd, wordt in opdracht van het RIVM separaat uitgevoerd.

Ten behoeve van bemonstering, onderhoud en analyse werden standaardformulieren ontwikkeld. Een set hiervan is opgenomen in de bijlagen (nr. 2a t/m 2d). Het standaardanalyseformulier (bijl. 2d) wordt overigens i.v.m. verdergaande automatisering niet meer gebruikt. De analyse gegevens worden thans door de laboratoria rechtstreeks op tape aangeleverd.

X DATAVERWERKING EN OPSLAG

Voor het meetnet grondwaterkwaliteit is een informatiesysteem ontworpen met de volgende eisen:

1. de gegevens moeten regelmatig aangevuld en in voorkomende gevallen gemuteerd kunnen worden;
2. individuele analyses moeten eenvoudig toegankelijk zijn;
3. de gegevens moeten statistisch verwerkt kunnen worden;
4. de gegevens moeten grafisch gepresenteerd kunnen worden;
5. er moet een koppeling bestaan tussen de verschillende programma's en een koppeling moet mogelijk zijn met standaard programmatuur;
6. bewerkingen, die weinig tijd vergen, moeten direct met een terminal uitgevoerd kunnen worden.

De eerste eisis noodzakelijk voor een snelle verwerking van de gegevens, deze komt onder meer de voortgangscontrole van het meetnet ten goede. Voor de bemonstering is het verstandig up to date informatie te verkrijgen. De andere eisen zijn voorwaarden voor een interpretatie van de meetgegevens: met statistische bewerkingen is het mogelijk een globaal inzicht te verkrijgen in de meetresultaten en bepaalde veronderstelde relaties te toetsen. De grafische presentatie dient voor het onderkennen van regionale effecten op de grondwaterkwaliteit. De vijfde en zesde eis zijn meer van praktische aard: i.p.v. één groot programma is het beter met een aantal kleinere programma's te werken (zonder dat daar extra werk voor nodig is). Het interactief via een terminal werken vergroot de mogelijkheden van interpretatie en verwerking.

Eind 1978 is er gezocht naar externe programmatuur cq. faciliteiten voor de automatisering.

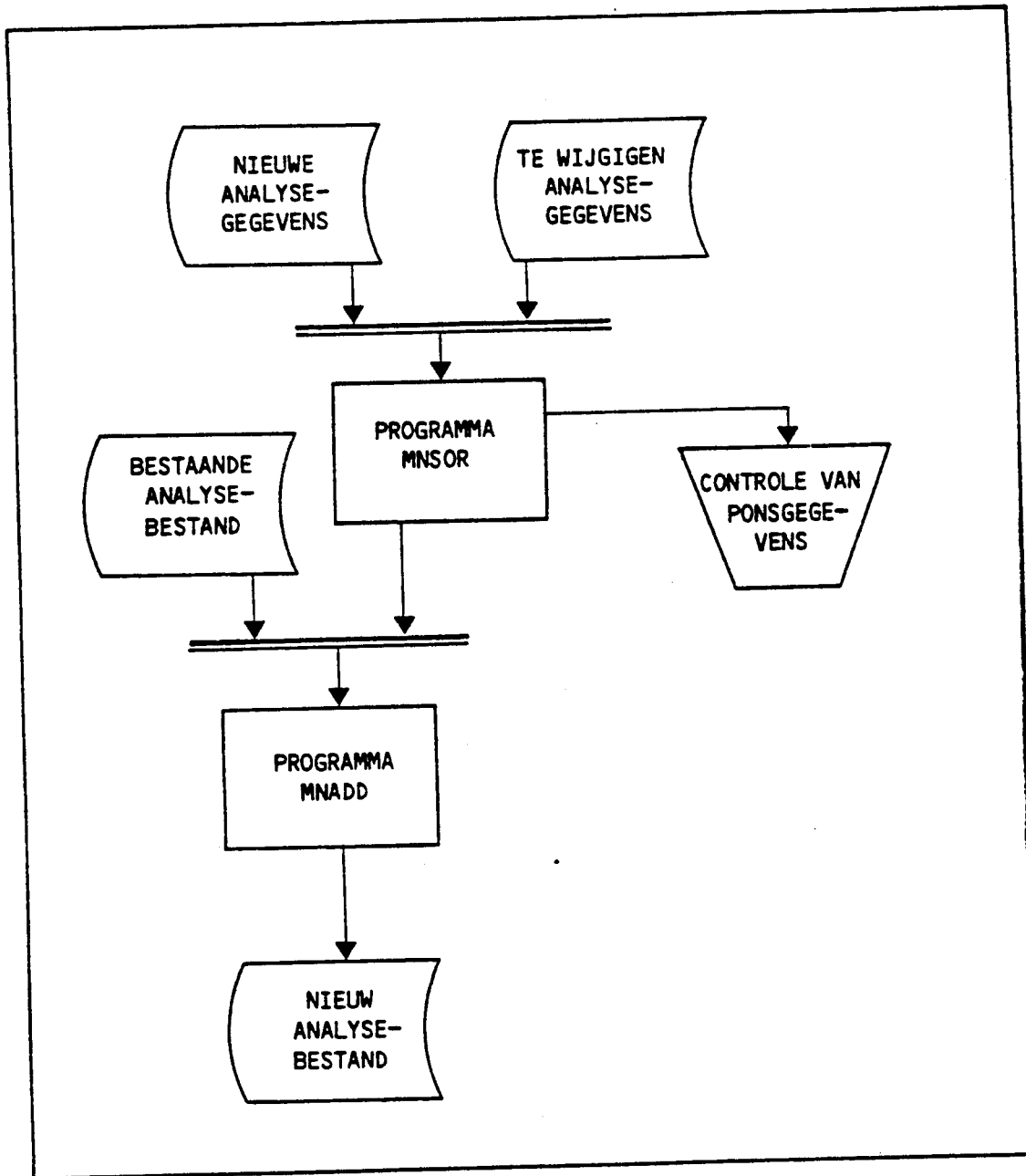
Geen van de beschouwde systemen bleek te voldoen aan de gestelde voorwaarden. (o.a. door slechte beschikbaarheid, veel aanpassingen in de programmatuur en lage verwerkingssnelheid). Mede gelet op de grote verschillen tussen de verschillende meetnetten is besloten om eigen programmatuur te ontwikkelen.

Het gegevensbestand is in 2 delen gesplitst, en wel een vast en een variabel deel. Ook de programmatuur is in 2 gedeelten gesplitst: programma's voor het genereren, aanvullen en wijzigen van het bestand en programma's voor de uitvoer en interpretatie van de meetresultaten. Bij de beschrijving van de bestanden en programmatuur is van dezelfde splitsing uitgegaan.

Het vaste bestand bevat informatie over de meetputten. Voorts is een code opgenomen voor het aantal bemonsteringen. Deze code wordt automatisch aangepast bij wijzigingen in het variabele bestand.

Het sorteerprogramma MNSOR sorteert de nieuwe gegevens en wijzigingen op volgorde van putnummer, filternummer en analysedatum. Het programma voert verder een aantal controles uit. Tevens worden de nieuwe gegevens en wijzigingen uitgevoerd. Deze uitvoer dient weer als invoer voor het programma MNADD. Dit programma voegt de nieuwe gegevens aan het bestand toe en vervangt de te wijzigen gegevens. Het toevoegen en wijzigen van het gegevensbestand vindt interactief plaats.

Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 5.



Figuur 5. Schematische weergave van de toevoegingen en wijzigingen aan het variabele bestand.

Voor de gegevensverwerking zijn momenteel tien programma's beschikbaar:

1. Het programma MNLEES leest stamgegevens uit het vaste bestand en geeft per provincie een overzicht van deze gegevens. Deze overzichten dienen voornamelijk voor de vergelijking met de gegevens uit het veld. Een gedeelte van het overzicht wordt gebruikt in de rapporten met analyseresultaten per provincie.
2. Het programma MNDATUM geeft de bemonsteringsdata, onder andere per provincie. Met behulp van dit programma vindt er voortgangscontrole plaats op de gegevensopslag en bemonstering.
3. Het programma MNSEL selecteert gegevens (zowel uit het vaste als uit variabele bestand) en voert deze op een wijze uit, die geschikt is voor verwerking in rapporten.

Selectie kan plaatsvinden naar:

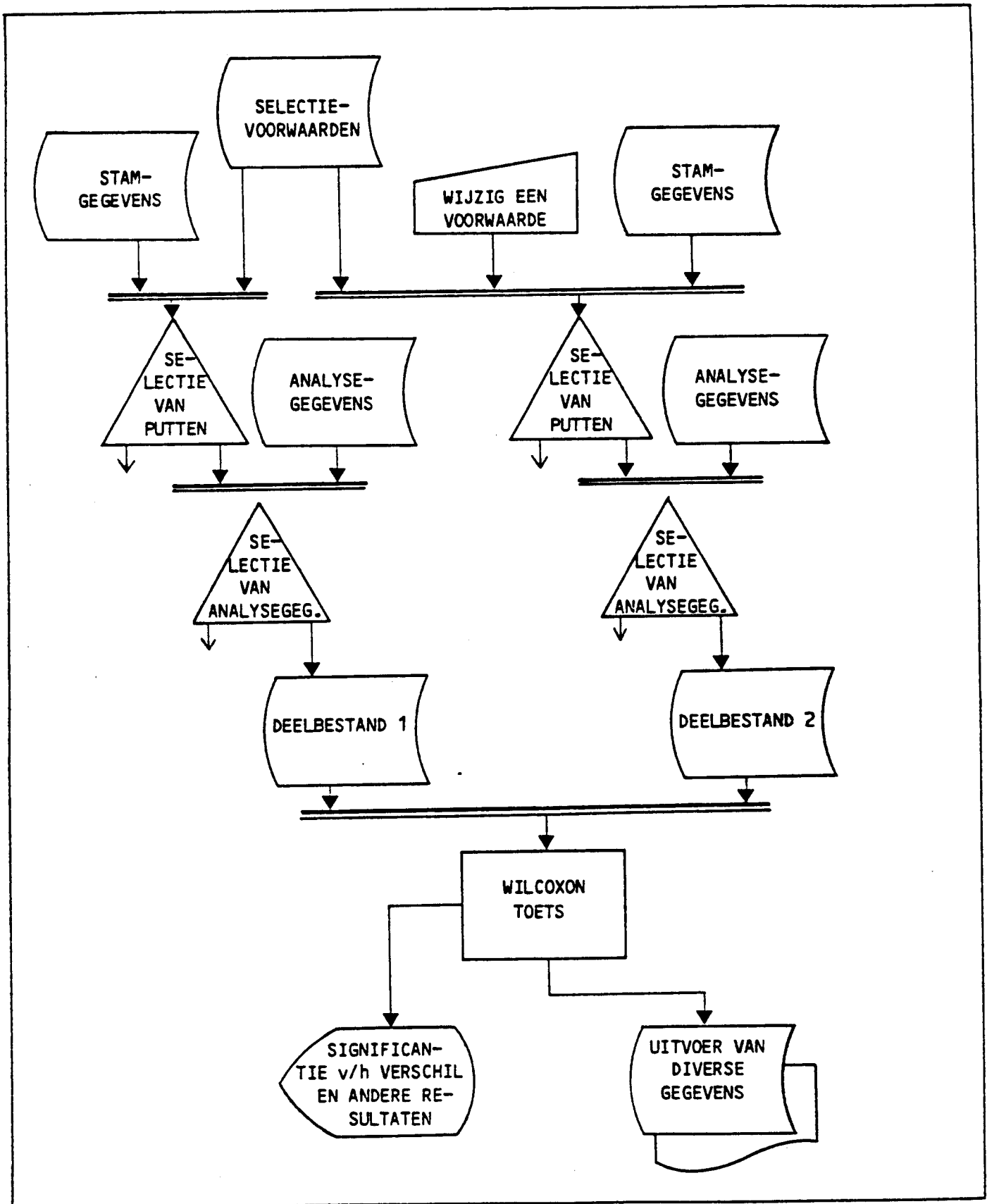
- a. putnummer;
- b. parameters (het gemiddelde en de standaardafwijking worden berekend, bij twee parameters tevens de correlatiecoëfficiënt);
- c. kaartbladnummer;
- d. analysedatum;
- e. provincie;
- f. concentratie van een bepaalde stof (deze selectie kan bv. gebruikt worden om te onderzoeken welke putten een bepaalde norm overschrijden);
- g. geselecteerde putnummers, als uitvoer van het programma MNSTA.

Het programma via c, d, e, f en g een selectie van putten uit het bestand te "snijden". Met dit deelbestand kan het programma dan opnieuw doorlopen worden.

Zo wordt het mogelijk onder meerdere voorwaarden te selecteren.

Bovendien kunnende stamgegevens van één of meerdere putten uitgevoerd worden.

4. Het programma voor de statistische bewerking (MNSTA) maakt het mogelijk twee gedeelten van het bestand met elkaar te vergelijken en te onderzoeken of er voor één parameter significante verschillen zijn tussen deze twee gedeelten van het bestand. Figuur 6 geeft de werking van het programma weer.



Figuur 6. Schematische weergave van de werking van het programma MNSTA.

5. Het plot-programma MNPLO maakt het mogelijk om gegevens van het meetnet in een kaart van Nederland te tekenen (max. schaal 1:400.000). Uitgevoerd kunnen worden:
 - geselecteerde meetnetputten (nummers, diepte boorbeschrijving in 3 klassen, kleur afhankelijk van bodemgebruik of -type);
 - concentraties van een bepaalde parameter;
 - stiffdiagrammen;
 - uitvoer van MNSTA (putten in 2 kleuren + concentraties);
 - uitvoer van MNSEL (selectie naar concentratie in max. 4 concentratieklassen; zie deelrapport "concentratiekaarten eerste bemonstering"), met de mogelijkheid om bij schaalfactoren kleiner of gelijk aan 500.000 het bodemgebruik en de grondsoort eveneens weer te geven.
6. Het programma MNGEM berekent de gemiddelde waarden en standaardafwijkingen per parameter en per filter voor elk analysenummer. Deze gegevens worden per filter en analysenummer in een achttal tabellen weergegeven. Het is mogelijk om dit programma vooraf te laten gaan door het programma MNSTA, zodat met een deelbestand kan worden gerekend.
7. Het programma MNSTIF maakt het mogelijk om tekeningen te maken met stiffdiagrammen van opgegeven put-, filter- en analysenummers.
8. Naast het variabele bestand dat betrekking heeft op de standaard te analyseren parameters is het mogelijk een gekoppeld deelbestand te gebruiken. Dit is dan aangevuld met een aantal incidenteel geanalyseerde parameters. Deze koppeling komt tot stand in het programma MNPAR. Het is dan mogelijk om dit nieuwe bestand te bewerken met de programma's MNSEL, MNSTA en MNPLO. Hierbij worden de standaard-analyseresultaten die geen betrekking hebben op de putnummers en analysedata betreffende de incidenteel bepaalde parameters, buiten beschouwing gelaten.

Een breedvoeriger beschouwing toegelicht met voorbeelden is te vinden in het deelrapport "gegevensverwerking en -opslag van het meetnet grondwaterkwaliteit" (lit. 13).
9. Het programma MNUNF maakt het mogelijk delen van het variabele bestand zodanig in een file op te nemen, dat deze geschikt is om naar tape te schrijven en over te brengen naar andere computersystemen.
10. Het programma MNMIN voert chemische evenwichtsberekeningen uit. Door middel van deze berekeningen kan een indruk verkregen worden over de mogelijke oververzadiging van mineralen in het monster grondwater (bgv. calciumcarbonaat hydroxyapatiet enz.). Tevens berekent het programma de druk van een aantal gassen (bijv. CO₂) in de vloeistof. In het programma wordt gebruik gemaakt van onderdelen van het programma MINEQL.

XI PRESENTATIE VAN DE ANALYSEGEGEVENS

Presentatie van de individuele analysegegevens vindt provincie-gewijs plaats in de vorm van in principe jaarlijks verschijnende rapporten. In deze rapporten zijn tevens de stamgegevens per meetpunt, de ionenbalans en een lokatiekaart opgenomen. Meer uitgebreide gegevens van de meetpunten (aardlagen beschrijving, afwerkingsstaat en lokatieschets) zijn evenzo beschikbaar in per provincie samengestelde rapporten.

Bewerkte gegevens worden onder meer gepresenteerd in het deelrapport "concentratiekaarten van de eerste bemonstering". Hierin is het grondwater per parameter in een viertal concentratiegroepen ingedeeld. Deze klassen kunnen willekeurig worden ingesteld. Gekozen is voor een klasse-indeling gebaseerd op de in de EG-richtlijn voor drinkwater. Richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water*), gehanteerde maximaal toelaatbare concentraties (MTC-waarde) en richtniveaus (RN-waarde) en een indeling waarbij de 10% hoogste- resp. laagste concentraties worden aangeduid en de resterende 80% evenzo in 2 klassen wordt verdeeld (lit. 10). De gehanteerde EG-normen zijn weergegeven in bijlage 5.

Verder kunnen, overeenkomstig het gestelde in het vorige hoofdstuk, op verzoek individuele gegevens, deelverzamelingen en bewerkingen worden gepresenteerd. Ten behoeve van de samenstelling van het volgende hoofdstuk is daarvan veelvuldig gebruik gemaakt (lit. 11).

*) EG 80/778

XII BEWERKING EN INTERPRETATIE VAN ANALYSEGEGEVENS

XII.1 Algemeen

Gedurende de inrichtingsfase van het meetnet worden slechts een beperkt aantal meetpunten 3 of meermalen bemonsterd en kwam er slechts één complete bemonsteringsronde ter beschikking. Het is dan ook duidelijk, dat in dit stadium nog geen uitspraken gedaan kunnen worden over een eventueel in het grondwater te onderkennen trend.

Vergelijken we de gegevens van de diverse bemonsteringsronden, dan blijken de opeenvolgende waarnemingen in grote lijnen redelijk overeen te komen. Meer incidenteel worden overigens wel eens sterk afwijkende waarden gevonden. Veelal heeft dit betrekking op parameters die gevoelig zijn voor omzetting of ontwijking, of op meetpunten waarvan filters in de nabijheid van een zoet-zout grensvlak zijn gesitueerd, Daarnaast kunnen bij elementen die in spoorconcentraties in het grondwater voorkomen in procentuele zin vaak grote verschillen worden geconstateerd. De tot dusverre ter beschikking staande gegevens zijn niet in tegenspraak met de resultaten van enkele, reeds in de vorige hoofdstukken behandelde deelstudies die in het kader van de inrichting van het meetnet zijn uitgevoerd. De hiernavolgende interpretatie van de meetnetgegevens is volledig gebaseerd op de resultaten van de eerste, complete bemonsteringsronde.

Een interpretatie van de analysegegevens waarbij, gebruik makend van deelverzamelingen, getracht wordt om relaties te leggen met diverse factoren die de grondwaterkwaliteit bepalen, wordt belemmerd door de aanwezigheid van brak- en zoutwateranalysen. Betreffende analyses zijn bij de behandeling van de diverse deelverzamelingen uitgeselecteerd en worden in een aparte paragraaf behandeld. Als selectiegrens is een chlorideconcentratie van 200 mg/l gehanteerd. Alle hierna te noemen gemiddelde waarden hebben dus betrekking op zoet grondwater.

Bij de behandeling per parameter wordt onder meer gelet op verschillen in de samenstelling van het grondwater over de diepte, de relatie met bodemgebruik en grondsoort, de effecten van kwel en infiltratie en het al dan niet aanwezig zijn van slecht doorlatende lagen tussen het maaiveld en de waarnemingsfilters. Verder wordt, gerelateerd aan het tritiumgehalte van het grondwater, onderscheid gemaakt tussen vrij recent grondwater (geïnfilteerd na 1960) en ouder grondwater,

waarbij vervolgens beide watersoorten onderling qua samenstelling worden vergeleken (zie hoofdstuk IV en par. XII.2). Voorts wordt per parameter bezien, of er een regionale verdeling in de waargenomen concentraties is te onderkennen en worden de gevonden waarden ook vergeleken met de normen als gesteld in de EG-richtlijn voor drinkwater. De gevonden concentraties worden vergeleken met de in die richtlijn genoemde maximaal toelaatbare concentratie (de MTC-waarde) en soms ook met het richtniveau (RN); zie ook hoofdstuk XI.

Ten behoeve van de interpretatie is onder meer gebruik gemaakt van de in bijlage 6 weergegeven deelverzamelingen (tabellen 1 t/m 18) die onderling werden vergeleken en is evenzo gebruik gemaakt van de in dit hoofdstuk weergegeven tabellen 10 t/m 28, de concentratiekaartjes als weergegeven in de deelrapporten, alsmede van diverse niet in deze rapportage weergegeven kleinere deelverzamelingen, individuele gegevens en kleinschalige kaarten.

Na behandeling van de individuele in het meetnet opgenomen parameters en een korte beschouwing over zout- en brak grondwater zullen in een slotparagraaf nog een aantal meer algemene aspecten worden belicht.

XII.2 Tritium ^3H (tabel 10)

Tritium is het radio-actief isotoop ^3H van waterstof. Van nature komt dit isotoop in uiterst geringe concentraties voor in regen-, oppervlakte- en grondwater. Door de vooral in de jaren 60 in de atmosfeer uitgevoerde kernproeven, zijn sindsdien de concentraties aan tritium in regen-, grond- en oppervlaktewater sterk gestegen (zie hoofdstuk IV). Tritium vertoont in zandgronden een min of meer conservatief gedrag. In klei- en veengronden kan uitwisseling optreden met H^+ -ionen aanwezig in de vaste bodembestanddelen.

Zoals reeds in hoofdstuk IV is uiteengezet, is het mogelijk om m.b.v. ^3H -waarnemingen onderscheid te maken tussen vrij recent na 1960 geïnfiltreerd grondwater en ouder grondwater (zie fig. 4). Teneinde in het kader van de meetnetactiviteiten een wat meer gekwantificeerde relatie te kunnen leggen tussen de kwaliteit van het grondwater en de ouderdom daarvan, werden de meetnetputten (vooralsnog éénmalig) bemonsterd en geanalyseerd op het voorkomen van tritium. Tabel 10 verschaft enig inzicht in de resultaten van deze metingen.

Conform het verwachtingspatroon worden in het algemeen op 25 m-mv lagere ^3H -gehalten aangetroffen dan op 10m-mv. Evenzo zijn de in infiltratiegebieden waargenomen concentraties hoger dan in kwelgebieden. Een uitzondering hierop vormen de kleigronden. Mogelijk is hier, bij een relatief geringe infiltratiesnelheid, sprake van ionwisseling; opkwellend water zal deels elders zijn geïnfilteerd. In hwt algemeen kan worden opgemerkt, dat in zandgronden de hoogste ^3H -gehalten worden aangetroffen.

Tabel 10 Gemiddelde ^3H -concentraties in het grondwater in T.U.

| | <u>filter 1</u> | <u>filter 3</u> |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| alle waarnemingen | 37 | 20 |
| totaal infiltratie | 42 | 21 |
| totaal kwel | 26 | 8 |
| zandgronden totaal | 45 | 22 |
| " infiltratie | 47 | 25 |
| " kwel | 29 | 6 |
| " natuur/duin | 54 | 30 |
| kleigronden totaal | 30 | 22 |
| " infiltratie | 21 | 8 |
| " kwel | 29 | 15 |
| veengronden totaal | 22 | 9 |
| " infiltratie | 37 | 14 |
| " kwel | 17 | 5 |

Bij het berekenen van de gemiddelde waarden is voor gehalten onder de detectiegrens (5T.U.) deze grens als in te voeren concentratie aangehouden.

XII.3 Chloride (tabel 11)

Het chloride-ion is uiterst mobiel in grondwater en wordt niet of nauwelijks omgezet of gebonden. Daar waar sprake is van mariene invloeden worden veelal hoge tot zeer hoge chloride-concentraties in het grondwater aangetroffen. In die gevallen dat geen mariene invloeden aanwezig zijn, is chloride vaak indicatief voor verontreiniging. In het algemeen duiden concentraties hoger dan 15 à 20 mg/l op menselijke beïnvloeding via infiltrerend regen- of oppervlaktewater, of door uitloging van op de bodem gebrachte stoffen (zoals organische mest).

Waarden hoger dan circa 200 mg/l zijn bij afwezigheid van lokale verontreinigingsbronnen (zoals vuilstortplaatsen e.d.) in het algemeen terug te voeren op mariene effecten.

In die gevallen dat sprake is van mariene beïnvloeding van het grondwater nemen de chloride-concentraties met de diepte toe. In alle overige gevallen blijkt het, dat in het algemeen de concentraties op grotere diepten lager zijn. Ook indien we de analyses met een chloride-concentratie groter dan 200 mg/l buiten beschouwing laten, worden de hoogste chloride-concentraties waargenomen in het grondwater onder zeeleigebieden (gem. ca 110 mg/l). De mariene effecten in de zeeleigebieden blijken ook nu nog duidelijk indien we het grondwater in de zeeleigebieden vergelijken met dat in de rivierleigebieden (gem. ca 60 mg/l). Eenzelfde beeld vinden we indien we het grondwater in laagveengebieden vergelijken met dat in gebieden met hoogveen (gem. ca 60 mg/l versus ca. 30 mg/l)

Beschouwen we het bodemgebruik, dan blijkt dat duidelijk lagere concentraties gevonden worden in gebieden met relatief geringe chloride-emissies naar de bodem. De hoogste waarden worden dan gevonden daar waar sprake is van oeverinfiltratie, direct gevolgd door gebieden met woonbebouwing en bouwland. De laagste waarden worden gevonden in de natuurgebieden.

In het algemeen worden in infiltratiegebieden hogere chlorideconcentraties in het grondwater aangetroffen dan in kwelgebieden. Uitzonderingen hierop vormen de zeeleigebieden (mariene effecten) en soms ook natuurgebieden. In het laatst genoemde geval zal dan veelal sprake zijn van grondwater dat niet in natuurgebieden is geïnfiltrerd. Effecten van het al dan niet aanwezig zijn van slecht doorlatende lagen tussen maaiveld en de waarnemingsfilters zijn niet of nauwelijks aantoonbaar. In vrij recent grondwater (verhoogd tritiumgehalte) worden duidelijk hogere chloride-concentraties aangetoond dan in ouder grondwater. Langs de grote rivieren is er een met de diepte afnemend effect van infiltrerend oppervlaktewater waar te nemen. Verrassend hoog zijn de chloride-concentraties die op een aantal meetpunten in de zandgronden, in het bijzonder in het oostelijk deel van Noord-Brabant en in het noorden van Limburg worden waargenomen. Bij in totaal slechts 30 van de 208 in de zandgronden gesitueerde meetpunten werden chloride concentraties waargenomen die als min of meer natuurlijk kunnen worden gekarakteriseerd (≤ 15 mg/l). De hoogste chloride-concentraties worden gevonden in de veelal aan mariene invloeden blootstaande westelijke en noordelijke

Tabel 11 Gemiddeld Chloridegehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 62 | 95 | 33 | |
| grasland | 49 | 65 | 50 | |
| natuurgebied | 20 | 29 | 45 | |
| woonbebouwing | 86 | 87 | | 92 |
| duinen | 126 | | | |
| tuinbouw | | | | 85 |
| boomgaarden | | | | 100 |
| oeverinfiltr. | | | | 104 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 47 | 68 | 32 | |
| grasland | 42 | 55 | 53 | |
| natuurgebied | 20 | 15 | 45 | |
| woonbebouwing | 72 | 91 | | 74 |
| duinen | 98 | | | |
| tuinbouw | | | | 79 |
| boomgaarden | | | | 82 |
| oeverinfiltr. | | | | 103 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 44 | 89 | 39 | |
| grasland | 34 | 35 | 58 | |
| natuurgebied | 20 | 14 | 16 | |
| woonbebouwing | 70 | 74 | | 69 |
| duinen | 58 | | | |
| tuinbouw | | | | 61 |
| boomgaarden | | | | 77 |
| oeverinfiltr. | | | | 106 |

provincies (de klei-veengebieden in het noordwesten van het land).

XII.4 Nitraat (tabel 12)

Ook nitraat is een uiterst mobiel ion. Onder anaerobe omstandigheden kan nitraat echter worden gereduceerd tot N_2 . Vooral door landbouw activiteiten maar ook via depositie van luchtverontreiniging, wordt veel stikstof aan de bodem toegevoegd. Met name in de zandgebieden, en dan vooral in het oostelijk deel van Noord-Brabant en in de de Achterhoek (gebieden met veel intensieve veehouderij), worden hoge en soms zelfs extreem hoge nitraat concentraties in het ondiepe grondwater gevonden. Op grotere diepte nemen de concentraties weer af. Gegevens uit andere bron duiden erop, dat in een gebied als de Veluwe, met diepe grondwaterstanden, ook op grote diepten nog hoge nitraatconcentraties in het grondwater gevonden kunnen worden (lit. 1). Door het in het meetnet gebruikte bemonsteringssysteem was het evenwel niet zinvol om in dergelijke gebieden meetnetputten te plaatsen.

De oorzaak van de met de diepte afnemende concentraties in Achterhoek en Noord-Brabant kan deels gezocht worden in het denitrificerend vermogen van de ondergrond, deel in de omstandigheid dat, gelet op het tijdstip vanaf wanneer in deze gebieden de intensivering van de landbouw plaatsvond, het nitraat ook bij conservatief gedrag (als chloride) daar nog niet diep in de ondergrond kan zijn doorgedrongen. Hierbij zij opgemerkt, dat deze intensivering van de landbouw op de Veluwe op een veel eerder tijdstip plaatsvond.

Overeenkomstig het verwachtingspatroon worden er in de kustprovincies (kleiveengebieden) zeer lage nitraat-concentraties, veelal beneden de detectiegrens, waargenomen. Evenzo worden er in de kwelgebieden veel lagere concentraties aangetroffen dan in de infiltratiegebieden. In het bijzonder geldt dit wel voor bouwland, waar in infiltratiegebieden een gemiddelde geldt van 18 mgN/l versus 0.1 mgN/L in de kwelgebieden. Een uitzondering hierop vormen de natuurgebieden, waar het gemiddelde voor zowel de kwel- als de infiltratiesituatie 1,5 mg N/l is. Effecten van de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en de waarnemingsfilters zijn behalve bij natuurgebieden niet of nauwelijks aantoonbaar. Bij aanwezigheid van slecht doorlatende lagen wordt in natuurgebieden geen nitraat in het grondwater aangetroffen. Evenals bij chloride, wordt in vrij recent grondwater aanmerkelijk meer nitraat in het grondwater aangetroffen dan bij ouder grondwater.

Tabel 12 Gemiddeld Nitraatgehalte (mgN/l) in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 19 | 2,1 | 3,2 | |
| grasland | 1,7 | 0,1 | 0,1 | |
| natuurgebied | 1,5 | 2,3 | 0,1 | |
| woonbebouwing | 7,4 | 0,8 | | 1,6 |
| duinen | 0,4 | | | |
| tuinbouw | | | | 5,8 |
| boomgaarden | | | | 0,7 |
| oeverinfiltr. | | | | 1,5 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 9,9 | 0,4 | 3,2 | |
| grasland | 0,7 | 0,1 | 0,1 | |
| natuurgebied | 0,6 | 0,1 | 0,1 | |
| woonbebouwing | 2,3 | 1,1 | | 1,8 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,1 |
| boomgaarden | | | | 0,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,3 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 3,9 | 0,1 | 0,1 | |
| grasland | 0,4 | 0,2 | 0,1 | |
| natuurgebied | 0,5 | 0,1 | 0,1 | |
| woonbebouwing | 2,3 | 2,0 | | 0,2 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,1 |
| boomgaarden | | | | 0,1 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,1 |

Vergelijken we de gevonden nitraatconcentraties met de MTC-waarde van 11mg/N/1, dan blijkt dat bij 20 ondiepe waarnemingsfilters nitraatgehalten boven deze waarde te worden aangetroffen. Van deze putten liggen er 16 in Noord-Brabant en het noordelijk deel van Limburg en 8 in Gelderland. Additioneel vertonen 15 putten op 10 m-mv een hogere concentratie dan de RN-waarde van 5,5 mgN/1. Op 15 m-mv wordt de MTC-waarde nog 18 maal overschreden, terwijl dit op 25 m-mv 7 keer het geval is.

Een indruk van de gemiddeld gevonden waarden gerelateerd aan bodemgebruik en grondsoort geeft tabel 11. Individueel kunnen aanmerkelijk hogere en lagere waarden gevonden worden.

XII.5 Nitriet

Nitriet werd eenmalig alleen in het westen en noorden van het land gemeten. In het algemeen liggen de concentraties beneden de detectiegrens van 0,01 mgN/1. Mede gelet op het instabiele karakter van dit ion ligt dit voor de hand. In het oostelijk deel van Noord-Brabant en in Limburg werden overigens wel enkele duidelijk verhoogde waarden in het grondwater waargenomen (0,06 - 0,08 mgN/1).

XII.6 Ammonium (tabel 13)

De aanwezigheid van ammonium in het grondwater blijkt in sterke mate gerelateerd te zijn aan de bodemsamenstelling. Verreweg de hoogste concentraties worden aangetroffen in de zeeleigebieden. Toch is ook een relatie aantoonbaar met het bodemgebruik: zowel in de zeeleigebieden als in de gebieden met rivierklei en de zandgronden worden de hoogste concentraties aangetroffen onder bouwland. Opvallend is het verschil tussen het grondwater onder zeeleigebieden en onder rivierkleigebieden; in rivierkleigebieden blijkt de NH_4^+ -concentratie gemiddeld een factor 4 lager te liggen dan in zeeleigebieden. De laagste concentraties worden aangetroffen in de zandgebieden (gem. 1,6 mgN/L) en in het bijzonder in het grondwater van de zandgronden die als natuurgebied te boek staan (0,5 mgN/1). Naar de diepte nemen de concentraties in het algemeen af. Behalve onder natuurgebieden worden bij infiltratie in doorsnee hogere concentraties gevonden dan bij kwel. Zoals reeds eerder geconstateerd is het grondwater in natuurgebieden waar sprake is van kwel, waarschijnlijk van elders afkomstig.

Tabel 13 Gemiddeld Ammoniumgehalte (mgN/l) in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 3,7 | 12 | 3,7 | |
| grasland | 1,4 | 7,4 | 6,5 | |
| natuurgebied | 0,4 | 1,5 | 2,4 | |
| woonbebouwing | 2,8 | 4,6 | | 3,8 |
| duinen | 1,0 | | | |
| tuinbouw | | | | 12 |
| boomgaarden | | | | 1,5 |
| oeverinfiltr. | | | | 4,7 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 1,7 | 7,2 | 2,9 | |
| grasland | 1,1 | 5,7 | 6,1 | |
| natuurgebied | 0,6 | 0,6 | 2,4 | |
| woonbebouwing | 2,6 | 3,8 | | 3,0 |
| duinen | 1,7 | | | |
| tuinbouw | | | | 14 |
| boomgaarden | | | | 0,9 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,1 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 1,3 | 5,4 | 2,8 | |
| grasland | 1,0 | 3,9 | 3,8 | |
| natuurgebied | 0,5 | 1,1 | 2,2 | |
| woonbebouwing | 2,9 | 0,4 | | 3,4 |
| duinen | 2,9 | | | |
| tuinbouw | | | | 9,9 |
| boomgaarden | | | | 1,0 |
| oeverinfiltr. | | | | 4,0 |

Bij aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter worden veelal hogere ammonium-waarden aangetroffen dan wanneer deze lagen niet aanwezig zijn. Evenzo worden bij vrij recent grondwater gemiddeld lagere concentraties gemeten dan bij water van grotere ouderdom. Evident is, dat hoge ammoniumconcentraties gepaard gaan met lage nitraatconcentraties en omgekeerd.

Landelijk gezien worden vooral in het westen van het land hoge ammoniumgehalten in het grondwater aangetroffen. Bij circa 30 meetpunten, waarvan 15 in Zuid-Holland, werden concentraties hoger dan 13 mgN/l, soms oplopend tot zelfs 60 mgN/l, aangetoond.

Bij slechts 20 meetpunten werden concentraties lager dan 0,2 mgN/l gevonden. Bij vrijwel alle meetpunten blijken de gevonden concentraties hoger te zijn dan het MTC-niveau van 0,4 mgN/l.

XII.7 Sulfaat (tabel 14)

Evenals chloride is sulfaat een uiterst mobiel ion. In anaeroob milieu kan sulfaatreductie optreden, zij het minder snel dan nitraatreductie. In principe kan nitraat zelfs optreden als zuurstofdonor bij de oxidatie van sulfide tot sulfaat. In het algemeen nemen de concentraties naar de diepte sterker af dan bij chloride het geval is. In de laagveengebieden is de sulfaat concentratie beduidend lager (gem. ca. 15 mg/l) dan bij zandgronden, gebieden met hoogveen en kleigronden (zie tabel 13).

De hoogste gehalten worden gevonden in het grondwater onder bouwland, in het bijzonder bij de zandgronden. Behalve in natuurgebieden worden in infiltratiegebieden aanmerkelijk hogere concentraties in het grondwater aangetroffen dan in kwelgebieden. In extreme mate geldt dit wel voor bouwland (op 10m-mv 133 versus 31 mg/l en op 25m-mv 62 versus 10 mg/l). In infiltratiegebieden blijken bij de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter in het ondiepe grondwater (10m-mv) lagere concentraties gevonden te worden. Door de lagere sulfaatconcentraties die normaal al op grotere diepte en in kwelsituaties worden gevonden, is het effect van slechtdoorlatende lagen daar niet duidelijk merkbaar.

In vrij recent grondwater ($T > 5TU$) blijkt de sulfaat concentratie aanmerkelijk hoger te zijn dan in ouder water. In het bijzonder geldt dit voor water onder bouwland (114 versus 32 mg/l).

Tabel 14 Gemiddeld Sulfaatgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 99 | 44 | 44 | |
| grasland | 78 | 61 | 18 | |
| natuurgebied | 40 | 54 | 17 | |
| woonbebouwing | 78 | 47 | | 79 |
| duinen | 82 | | | |
| tuinbouw | | | | 113 |
| boomgaarden | | | | 66 |
| oeverinfiltr. | | | | 55 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 79 | 33 | 26 | |
| grasland | 46 | 34 | 22 | |
| natuurgebied | 36 | 26 | 17 | |
| woonbebouwing | 78 | 35 | | 72 |
| duinen | 56 | | | |
| tuinbouw | | | | 71 |
| boomgaarden | | | | 59 |
| oeverinfiltr. | | | | 54 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 52 | 43 | 13 | |
| grasland | 28 | 16 | 15 | |
| natuurgebied | 29 | 21 | 7 | |
| woonbebouwing | 79 | 56 | | 48 |
| duinen | 89 | | | |
| tuinbouw | | | | 37 |
| boomgaarden | | | | 48 |
| oeverinfiltr. | | | | 46 |

De langs de grote rivieren gevonden concentraties duiden op het optreden van de oeverinfiltratie. Een directe relatie tussen de kwaliteit van het grondwater en die van de neerslag lijkt in diverse gevallen aannemelijk. Met name in de combinatie zandgrond/natuurgebied kan de SO_4^{2-} -concentratie in het grondwater volledig worden verklaard uit de kwaliteit van de neerslag.

Landelijk gezien worden slechts bij 3 meetputten concentraties lager dan 1 mg/l waargenomen. Op 10m-mv werden bij 23 meetpunten hogere concentraties dan de MTC-waarde van 250 mg/l gemeten, waarvan 15 meetpunten in de kustgebieden gelegen zijn. Op 25m-mv betrof dit 19 meetpunten, waarvan 18 in de kustgebieden. Hierbij bestaat een duidelijke correlatie met de chloride-gehalten (mariene effecten, voor sulfaat met de diepte afnemend als gevolg van anaërobie). Genoemde correlatie is afwezig in gebieden waar geen sprake is van mariene invloeden.

In globaal de helft van de waarnemingspunten worden sulfaatconcentraties gemeten die hoger zijn dan de RN-waarde van 25 mg/l.

XII.8 Totaal P (tabel 15)

Het fosforgehalte in het grondwater wordt primair bepaald door de bodemsamenstelling. Verreweg de hoogste concentraties worden gevonden in het grondwater van de zeeleigebieden (gem. ca 1,5 mgP/l, met een max. van 20 mgP/l). Gerelateerd aan het bodemgebruik worden de hoogste waarden onder bouwland aangetroffen (zie ook tabel 14). In het algemeen is P betrekkelijk immobiel in grondwater. Met de diepte worden lagere waarden in het grondwater gevonden. Verschil tussen kwel- en infiltratiegebieden is niet aantoonbaar. Evenmin is er een eenduidig effect waar te nemen bij de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en de waarnemingsfilters. In recent grondwater in de zandgebieden worden hogere P-concentraties gevonden dan in ouder grondwater. Mogelijk is hier sprake van een effect van de intensivering van de landbouw. In klei- en veengebieden is de situatie overigens net andersom.

Landelijk gezien blijken de hoogste waarden te worden gevonden in de klei-veengebieden van de provincies Noord-Holland, Zuid-Holland, Zeeland, Groningen en Friesland. In het ondiepe grondwater (10m-mv) worden daar in het algemeen concentraties gevonden variërend tussen globaal 2 en 9 mgP/l. Naar de diepte nemen de concentraties ook in die gebieden iets af. Een relatie met mariene effecten kan niet gelegd worden. Opvallend zijn de soms ook duidelijk verhoogde P-concentra-

Tabel 15 Gemiddeld Totaal-P-gehalte (mgP/l) in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 0,6 | 1,0 | 0,1 | |
| grasland | 0,3 | 1,3 | 0,5 | |
| natuurgebied | 0,1 | 0,6 | 0,2 | |
| woonbebouwing | 0,6 | 0,6 | | 0,6 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 1,5 |
| boomgaarden | | | | 1,1 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,5 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,1 | 0,9 | 0,1 | |
| grasland | 0,2 | 1,0 | 0,4 | |
| natuurgebied | 0,4 | 0,5 | 0,2 | |
| woonbebouwing | 0,3 | 0,3 | | 0,3 |
| duinen | 0,3 | | | |
| tuinbouw | | | | 1,8 |
| boomgaarden | | | | 0,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,6 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,2 | 0,6 | 0,4 | |
| grasland | 0,2 | 0,7 | 0,2 | |
| natuurgebied | 0,1 | 0,6 | 0,2 | |
| woonbebouwing | 0,3 | 0,2 | | 0,7 |
| duinen | 0,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 1,9 |
| boomgaarden | | | | 0,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,5 |

ties in het oostelijk deel van Noord-Brabant (zandgebied met intensieve veehouderij). Een effect van de landbouw lijkt hier waarschijnlijk.

Bij ca 30 van de 370 waarnemingspunten worden P-gehalten hoger dan 2,4 mgP/l aangetroffen. Van deze punten zijn er 20 in Noord- en Zuid-Holland gelegen. Bij evenzo ca 30 meetpunten ligt de gemeten P-concentratie onder de detectiegrens van 0,02 mgP/l. Deze meetpunten zijn alle in de oostelijke zandgebieden gesitueerd. Opmerkelijk is, dat het anorganische ortho-P in veel lagere concentraties in het grondwater voorkomt dan totaal-P. Voor ortho-P wordt slechts bij 10% van de meetpunten een concentratie groter dan 0,16 mgP/l waargenomen.

XII.9 Waterstofcarbonaat (tabel 16)

Bij waterstofcarbonaat zijn i.h.a. geen duidelijke verschillen over de hoogte aangetroffen in die zin dat sprake zou zijn van met de diepte toe- of afnemende waarden. Verreweg de hoogste concentraties worden aangetroffen in zeekleigebieden (gem. ca. 550 mg/l) De concentratie in het grondwater bij rivierkleigebieden blijkt overeen te komen met die in laagveengebieden, (gem. ca 300 mg/l), terwijl in zandgebieden gemiddelde waarden van circa 135 mg/l worden gevonden. De gemiddelde concentratie in hoogveengebieden blijkt slechts ca 70 mg/l te bedragen. Alhoewel blijkbaar de grondsoort prevaleert, lijkt ook het gebruik van de bodem invloed te hebben op de HCO_3^- -concentratie in het grondwater (zie tabel 15). De laagste waarden worden waargenomen onder zandige natuurgebieden, maar hier is een sterke koppeling aanwezig tussen de natuurgebieden en de aard van de bodem, zodat de lage concentraties niet zonder meer aan lage emissies mogen worden toegeschreven. Anderzijds ligt hier mogelijk wel een relatie met verzurende effecten.

In het algemeen worden in infiltratiegebieden lagere HCO_3^- -concentraties aangetroffen dan in kwelgebieden. Jong water bevat ook gemiddeld aanmerkelijk minder waterstofcarbonaat dan wat ouder water. Blijkbaar hebben deze watertypen veelal nog niet in contact gestaan met de kalkhoudende gronden en kan er sprake zijn van verzurende effecten. In dit verband is het opvallend, dat het waterstofcarbonaatgehalte in het grondwater naar verhouding hoger is, indien zich tussen maaiveld en filter een slechtdoorlatende (vaak kalkhoudende) laag bevindt.

Landelijk gezien geldt dat de hoogste waarden worden gevonden in de klei- en veengebieden in het westen en noorden van het land. In die gebieden laten vrijwel alle meetpunten, onafhankelijk van het bemonsteringsniveau, concentraties >750 mg/l zien. Ook onder de kleigronden rondom de grote rivieren worden relatief hoge

Tabel 16 Gemiddeld Waterstofcarbonaatgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 100 | 439 | 43 | |
| grasland | 145 | 497 | 306 | |
| natuurgebied | 40 | 165 | 181 | |
| woonbebouwing | 284 | 435 | | 328 |
| duinen | 273 | | | |
| tuinbouw | | | | 651 |
| boomgaarden | | | | 396 |
| oeverinfiltr. | | | | 304 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 104 | 382 | 48 | |
| grasland | 155 | 456 | 320 | |
| natuurgebied | 50 | 162 | 176 | |
| woonbebouwing | 246 | 357 | | 271 |
| duinen | 245 | | | |
| tuinbouw | | | | 688 |
| boomgaarden | | | | 312 |
| oeverinfiltr. | | | | 310 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 122 | 365 | 54 | |
| grasland | 140 | 428 | 282 | |
| natuurgebied | 67 | 249 | 257 | |
| woonbebouwing | 230 | 395 | | 304 |
| duinen | 280 | | | |
| tuinbouw | | | | 630 |
| boomgaarden | | | | 296 |
| oeverinfiltr. | | | | 296 |

waterstofcarbonaat-concentraties in het grondwater aangetroffen.

Bij circa 35 meetpunten, voornamelijk in de kustprovincies gelegen, werden concentraties >750 mg/l aangetoond. Waarden beneden de detectiegrens van 1 mg/l werden op 10m-mv bij slechts 7 meetpunten en op 25m-mv bij 2 meetpunten aangetroffen. Deze punten zijn alle in Noord Brabant gesitueerd, Uitgaande van de gemiddelde concentratie in regenwater (2,6 mg/l) kan dit als extreem laag worden gekenschetst. Mede vanuit de verzuringsoptiek lijkt hier sprake van een situatie die nadere aandacht verdient.

XII.10 calcium (tabel 17)

Zoals kan worden verwacht, vertoont calcium in grote lijnen een soortgelijk beeld als waterstofcarbonaat. Zo is ook bij calcium geen éénduidige diepterelatie te onderkennen. De hoogste waarden worden gevonden in het grondwater in de zeekleigebieden (gem. ca. 125 mg/l). De laagste concentraties kunnen worden waargenomen onder hoogveen en zandige natuurgronden (tabel 16). Opmerkelijk is het verschil in grondwater in hoog- en laagveengebieden (30 resp. gem 85 mg/l). Evenals bij waterstofcarbonaat is er naast het effect van de grondsoort ook een relatie met het bodemgebruik.

In kwelgebieden wordt in het ondiepe grondwater veelal een wat hogere concentratie gemeten dan in infiltratiegebieden. De verschillen zijn overigens niet groot en mogelijk niet significant. Voor de diepere filters is er, behalve bij natuurgebieden, zeker geen verschil aantoonbaar. Bij natuurgebieden blijkt in de kwel-situatie de gevonden concentratie gemiddeld tweemaal zo hoog te zijn als bij infiltratie. De aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen heeft geen eenduidig interpreteerbaar effect op het Ca-gehalte in het grondwater. In tegenstelling tot de situatie bij waterstofcarbonaat zijn de calciumgehalten in jong grondwater, behalve voor de combinatie bouwland/zandgrond, niet duidelijk lager dan in ouder grondwater. Dit blijkt overigens weer wel het geval te zijn bij magnesium. Landelijk gezien worden in de klei- en kleiveen gebieden in het westen en noorden concentraties gevonden variërend van circa 100 tot 800 mg/l. Vrijwel alle meetpunten waar concentraties worden waargenomen die hoger zijn dan 190 mg/l liggen in die gebieden. Uit de uitgevoerde correlatieberekeningen blijkt, dat geen relatie gelegd kan worden met mariene invloeden. Het effect van de grondsoort en bodemsamenstelling is blijkbaar ook in die gebieden overheersend. In rivierkleigebieden variëert de waargenomen calciumconcentratie tussen 100 en 140 mg/l.

Tabel 17: Gemiddeld Calciumgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 68 | 107 | 15 | |
| grasland | 65 | 122 | 80 | |
| natuurgebied | 21 | 66 | 42 | |
| woonbebouwing | 102 | 130 | | 109 |
| duinen | 115 | | | |
| tuinbouw | | | | 182 |
| boomgaarden | | | | 112 |
| oeverinfiltr. | | | | 108 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 52 | 113 | 12 | |
| grasland | 61 | 108 | 86 | |
| natuurgebied | 22 | 55 | 46 | |
| woonbebouwing | 90 | 95 | | 91 |
| duinen | 89 | | | |
| tuinbouw | | | | 141 |
| boomgaarden | | | | 111 |
| oeverinfiltr. | | | | 110 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 53 | 112 | 16 | |
| grasland | 49 | 102 | 81 | |
| natuurgebied | 27 | 73 | 67 | |
| woonbebouwing | 84 | 139 | | 94 |
| duinen | 107 | | | |
| tuinbouw | | | | 102 |
| boomgaarden | | | | 107 |
| oeverinfiltr. | | | | 109 |

In de zandgronden is er een duidelijke relatie aantoonbaar tussen bodemgebruik en calciumconcentratie. Met name in gebieden met woonbebouwing worden statistisch significant hogere Ca-gehalten aangetroffen in vergelijking met andere bodemgebruiken.

In totaal werden bij ca. 40 meetpunten Ca-gehalten van meer dan 190 mg/l aangetroffen. Evenzo werd bij 40 meetpunten, vrijwel alle gelegen in de combinatie natuurterrein/zandgebied, een Ca-concentratie van minder dan 10 mg/l waargenomen.

Vergelijken we de gevonden concentraties met de RN-waarde, dan blijkt dat bij de helft van alle meetpunten, de meeste hiervan gelegen in de kustprovincies en het rivierengebied, het RN-niveau van 100 mg/l wordt overschreden.

XII.11 Magnesium (tabel 18)

Blijkens de uitgevoerde correlatieberekeningen is er een sterke relatie tussen het chloridegehalte en de magnesiumconcentratie. Bij de kleiveen gebieden in de kustprovincies ligt een relatie tussen de daar gevonden zeer hoge Mg-concentraties en de mariene invloeden ter plaatse overigens voor de hand. De concentratieverschillen tussen die gebieden en de zandgronden blijken aanmerkelijk groter te zijn dan bij calcium.

Buiten de gebieden die aan mariene invloeden zijn blootgesteld, neemt de Mg-concentratie met de diepte af. Zoals feitelijk reeds gesteld, worden de hoogste gehalten in de zeekleigebieden gemeten. Ook al laten we de analyses met een Cl-concentratie >200 mg/l buiten beschouwing, dan nog zijn de Mg-gehalten in rivierkleigebieden aanmerkelijk lager dan in zeekleigebieden (12 tegen 32 mg/l). De laagste gehalten werden gevonden in de zandgebieden (gem. 7 mg/l) en in het bijzonder de zandige natuurgebieden (4 mg/l). Ook effecten van het bodemgebruik zijn aanwijsbaar. Zo worden in agrarische gebieden en gebieden met woonbebouwing relatief hoge gehalten waargenomen.

Bij infiltratiegebieden worden voor het ondiepe grondwater i.h.a. wat hogere Mg-gehalten gevonden dan in kwelgebieden. Een uitzondering hierop vormen de natuurgebieden en rivierkleigebieden (waarschijnlijk water afkomstig van elders). Bij het diepere grondwater is geen éénduidig verschil aantoonbaar. De aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter heeft in infiltratiegebieden geen aantoonbaar effect. In kwelgebieden worden bij aanwezigheid van slecht-

Tabel 18: Gemiddeld Magnesiumgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 16 | 18 | 7,4 | |
| grasland | 7,4 | 28 | 10 | |
| natuurgebied | 4 | 11 | 10 | |
| woonbebouwing | 13 | 15 | | 16 |
| duinen | 18 | | | |
| tuinbouw | | | | 34 |
| boomgaarden | | | | 15 |
| oeverinfiltr. | | | | 12 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 12 | 13 | 7,7 | |
| grasland | 6,4 | 22 | 11 | |
| natuurgebied | 3,3 | 6,6 | 7,6 | |
| woonbebouwing | 11 | 15 | | 12 |
| duinen | 13 | | | |
| tuinbouw | | | | 37 |
| boomgaarden | | | | 13 |
| oeverinfiltr. | | | | 11 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 7,4 | 18 | 4,3 | |
| grasland | 5 | 20 | 11 | |
| natuurgebied | 3,1 | 10 | 6 | |
| woonbebouwing | 10 | 18 | | 14 |
| duinen | 12 | | | |
| tuinbouw | | | | 40 |
| boomgaarden | | | | 13 |
| oeverinfiltr. | | | | 11 |

doorlatende lagen vaak wat hogere Mg-gehalten aangetroffen. In vrij recent grondwater vindt men m.n. in de combinatie bouwland zandgrond veel lagere Mg-concentraties dan in ouder grondwater.

Bij 37 van de in de zandgronden gelegen meetpunten wordt op 10m-mv een Mg-concentratie kleiner dan 3 mg/l waargenomen.

Deze concentratie zou mogelijk uit de kwaliteit van de neerslag (0,8 mg/l) kunnen worden verklaard. In deze gebieden neemt de concentratie met de diepte af (op 15 en 25 m-mv resp. 41 en 46 meetpunten met een concentratie lager dan 3 mg/l). Het betreft overwegend meetpunten gelegen op natuurterreinen.

Vergelijken we de Mg-concentraties met de MTC-waarde, dan blijkt in de kustprovincies bij veel meetpunten de MTC-waarde van 50 mg/l te worden overschreden. In de zandgebieden liggen de concentraties i.h.a. onder het RN-niveau van 30 mg/l.

XII.12 Natrium (tabel 19)

Zoals uiteraard valt te verwachten, vertoont natrium een vrijwel identiek verspreidingspatroon als chloride. Een afwijkend beeld geeft alleen de combinatie zandgrond/natuurgebied te zien. De gevonden natriumconcentraties blijken hier relatief hoger dan op grond van het chloride-gehalte zou worden verwacht. Indien we weer het grondwater met een Cl-concentratie >200 mg/l buiten beschouwing laten, dan nemen de concentraties met de diepte af. De hoogste gehalten worden gevonden in gebieden met laagveen en zeeklei, terwijl de laagste waarden weer te vinden zijn in de zandgronden (excl. de duinen). De relatie met het bodemgebruik blijkt duidelijk als we de lage Na-concentraties in de zandige natuurgebieden vergelijken met die in de overige zandgronden. Ook bij de andere bodemtypen scoren de natuurgebieden het laagst.

In infiltratiegebieden worden i.h.a. hogere Na-concentraties in het grondwater gevonden dan in kwelgebieden. Uitzondering hierop vormen, om reeds eerder genoemde redenen, de natuurgebieden en de rivierkleigronden. Het grootste verschil tussen kwel- en infiltratiegebieden wordt aangetroffen in de laagveengebieden (bij infiltratie 61 mg/l versus 26 mg/l bij kwel) en bij grasland (41 versus 21 mg/l).

De aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen waarnemingsfilter en maaiveld heeft geen éénduidig effect op de concentratie. Ook tussen vrij recent en ouder grondwater blijken, i.t.t. de situatie bij chloride, geen significante verschillen aantoonbaar.

Uitgaande van een gemiddelde Na-concentratie in het regenwater van 1,7 mg/l, kunnen concentraties in het grondwater die lager zijn dan ca. 9 mg/l in principe volledig uit de neerslagkwaliteit worden verklaard. Bij circa 37 van de meetpunten, overwegend gelegen in de combinaties zandgrond/grasland en zandgrond/natuurterrein, worden dergelijke concentraties aangetroffen. Bij evenzo ca. 37 meetpunten worden concentraties aangetroffen tussen 400 en 12.000 mg/l. Dit zijn i.h.a. meetpunten in de kustprovincies en langs de grote rivieren. Met name in die gebieden wordt de MTC-waarde van 150 mg/l veelvuldig overschreden (zie ook XII.23). In de zandgebieden worden in vele gevallen concentraties groter dan de RN-waarde van 20 mg/l aangetroffen.

Tabel 19: Gemiddeld Natriumgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cf < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 31 | 55 | 21 | |
| grasland | 25 | 49 | 44 | |
| natuurgebied | 12 | 13 | 24 | |
| woonbebouwing | 59 | 53 | | 52 |
| duinen | 62 | | | |
| tuinbouw | | | | 64 |
| boomgaarden | | | | 82 |
| oeverinfiltr. | | | | 48 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 26 | 39 | 19 | |
| grasland | 19 | 45 | 32 | |
| natuurgebied | 11 | 7 | 27 | |
| woonbebouwing | 46 | 65 | | 48 |
| duinen | 44 | | | |
| tuinbouw | | | | 82 |
| boomgaarden | | | | 44 |
| oeverinfiltr. | | | | 48 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 23 | 43 | 20 | |
| grasland | 16 | 28 | 27 | |
| natuurgebied | 11 | 8 | 13 | |
| woonbebouwing | 43 | 31 | | 43 |
| duinen | 29 | | | |
| tuinbouw | | | | 82 |
| boomgaarden | | | | 33 |
| oeverinfiltr. | | | | 47 |

XII. 13 Kalium (tabel 20)

De kalium-concentraties zijn in de kustprovincies duidelijk gerelateerd aan het chloride-gehalte. In de rest van het land is dat in wat mindere mate het geval. Een relatie tussen de waargenomen kaliumconcentraties en eventueel aanwezige mariene invloeden op het milieu ligt dus voor de hand. In de klei-veen gebieden het westen van het land worden dan ook hogere K-gehalten in het grondwater aangetroffen dan elders. In de rivierkleigebieden worden overeenkomstige gehalten gevonden als in de zand- en hoogveengebieden. Buiten de mariene invloedssfeer worden met de diepte duidelijk afnemende concentraties gevonden.

In de zandgronden blijkt de kaliumconcentratie in het grondwater in sterke mate te worden bepaald door het bodemgebruik. In de klei- en veengebieden is dat, in een iets mindere mate, evenzo het geval. In de als bouwland in gebruik zijnde zandgronden worden overeenkomstige concentraties aangetroffen als in de kleiveengebieden in het westen van het land. Ditzelfde geldt ook voor zandgronden met als bodemgebruik woonbebouwing. In de zandgebieden blijkt een relatief groot aantal meetpunten gelegen in grasland of natuurterrein kaliumconcentraties te vertonen lager dan 1 mg/l. In principe kunnen deze concentraties verklaard worden uit de kwaliteit van de neerslag (ca. 0,3 mg/l).

Bij infiltratiegebieden worden meestal hogere concentraties in het grondwater aangetroffen dan in kwelgebieden. Ook nu weer vormen natuurterreinen hierop een uitzondering. Ditzelfde geldt voor rivierkleigebieden. Vaak is sprake van grote verschillen: zo wordt in infiltratiegebieden in het ondiepe grondwater bij bouwland, grasland en zandgronden een gemiddelde K-concentratie gemeten van resp. 17, 16 en 12 mg/l versus resp. 5, 3 en 4 mg/l bij kwelgebieden. Mede gelet op de sterke afname van het K-gehalte met de diepte, zijn de verschillen op 25 m -m.v. tussen kwel en infiltratie minder duidelijk. In de kwelsituatie wordt bij de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen vaak een hogere K-concentratie gevonden. Bij recent grondwater wordt allen in de zandgebieden een hogere concentratie gevonden dan bij ouder water.

Vergelijken we de meetnetgegevens met de MTC-waarde van 12 mg/l, dan blijkt deze waarde bij zeer veel meetpunten te worden overschreden; in het bijzonder in de kustprovincies, maar ook elders. Op grotere diepte neemt het aantal meetpunten in het oosten van het land dat de MTC-waarde overschrijdt sterk af.

Tabel 20: Gemiddeld Kaliumgehalte (mg/l) in zoet grondwater (Cl < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 13 | 8,1 | 5,0 | |
| grasland | 7,6 | 17 | 2,5 | |
| natuurgebied | 2,4 | 1,5 | 3,5 | |
| woonbebouwing | 19 | 15 | | 9,6 |
| duinen | 3,4 | | | |
| tuinbouw | | | | 14 |
| boomgaarden | | | | 9,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,8 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 10 | 5,1 | 4,7 | |
| grasland | 4,2 | 7,6 | 3,3 | |
| natuurgebied | 2,0 | 1,5 | 3,7 | |
| woonbebouwing | 8,2 | 12 | | 8,9 |
| duinen | 4,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 16 |
| boomgaarden | | | | 3,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,4 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 3 | 6 | 2,4 | |
| grasland | 2,1 | 6,7 | 3,5 | |
| natuurgebied | 1,9 | 1,8 | 1,3 | |
| woonbebouwing | 11 | 5,3 | | 6,5 |
| duinen | 4 | | | |
| tuinbouw | | | | 22 |
| boomgaarden | | | | 5,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,6 |

XII.14 Totaal Organisch Koolstof (TOC; tabel 21)

In het algemeen blijken de TOC- of DOC-waarden van het grondwater in de zeeleigebieden en veengebieden hoger te zijn dan in de zandgronden en rivierkleigronden (gem. ca 14 versus 7 mg/l). Mariene effecten spelen geen rol. Wel is er een relatie met het bodemgebruik (zie tabel 20). Behalve in gebieden met laagveen of leem, neemt de TOC-waarde met de diepte af. Opmerkelijk is, dat in tegenstelling met wat voor vele andere parameters geldt, bij de zandgronden in bebouwde gebieden en grasland hogere waarden worden gevonden dan in bouwland. Onder natuurterreinen worden de laagste TOC-waarden waargenomen (gem. 3,8 mg C/l). T.a.v. de TOC blijkt geen duidelijk onderscheid gemaakt te kunnen worden tussen kwel- en infiltratiegebieden. Ditzelfde geldt t.a.v. vrij recent versus ouder grondwater. Evenmin maakt het al dan niet aanwezig zijn van een slechtdoorlatende laag tussen maaiveld en filter een duidelijk verschil uit voor de waargenomen gehalten.

Bij 34 meetpunten werd op 10 m -m.v. een TOC-waarde van meer dan 24 mgC/l waargenomen. Op 25 m -m.v. was dit nog bij 24 meetpunten het geval. De meeste van deze punten liggen in de kustprovincies. Daarentegen zijn er slechts 20 meetpunten waar ter hoogte van de ondiepe filters TOC-waarde beneden de detectiegrens van 1 mgC/l werden aangetroffen. Bij de diepe filters was dit voor 24 meetpunten het geval. De meeste van deze punten zijn gelegen in Drenthe en op de Veluwe.

XII.15 KMnO_4 -verbruik (tabel 22)

Zoals kan worden verwacht, vertoont het KMnO_4 -verbruik globaal hetzelfde beeld als geldt voor TOC. Een diepterelatie is evenwel niet te onderkennen. De hoogste waarden worden gevonden in de zeeleigebieden (in zoet grondwater gem. 8,5 mgO/l). In dat verband kan worden opgemerkt, dat blijkens uitgevoerde correlatieberekeningen er een duidelijke relatie is met het chloridegehalte. Landelijk gezien worden de hoogste waarden dan ook gevonden in de kustprovincies en verder in de veengebieden van Drenthe en Overijssel. Opmerkelijk zijn de relatief lage waarden in de rivierkleigebieden (gem. ca 2,4 mgO/l; vgl zandgebieden met gem. 3 à 4 mgO/l). Verreweg de laagste waarden worden gevonden in de natuurgebieden (gem. ca 1,5 mgO/l). De hoogste waarden worden aangetroffen in de combinatie veengrond/bouwland, kleigrond/bouwland en tuinbouw.

In het algemeen kan geen duidelijk onderscheid worden gemaakt tussen kwel- en infiltratiegebieden. Mogelijk zijn in de infiltratiegebieden de waarden gemiddeld

Tabel 21: Gemiddeld TOC-gehalte (mgC/l) in zoet grondwater (Cl < 200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 6,3 | 6,4 | 17 | |
| grasland | 9,8 | 10 | 14 | |
| natuurgebied | 2,9 | 6,7 | 12 | |
| woonbebouwing | 9,8 | 4,7 | | 6,9 |
| duinen | 5,2 | | | |
| tuinbouw | | | | 17 |
| boomgaarden | | | | 4,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 6,3 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 5,6 | 18 | 14 | |
| grasland | 6,4 | 8,6 | 14 | |
| natuurgebied | 3,5 | 11 | 10 | |
| woonbebouwing | 6,5 | 5,0 | | 8 |
| duinen | 5,2 | | | |
| tuinbouw | | | | 14 |
| boomgaarden | | | | 6,6 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,9 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 5,3 | 7,0 | 11 | |
| grasland | 5,4 | 8,9 | 15 | |
| natuurgebied | 3,6 | 2,5 | 8 | |
| woonbebouwing | 7 | 3 | | 7,1 |
| duinen | 7,5 | | | |
| tuinbouw | | | | 11 |
| boomgaarden | | | | 6,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,7 |

Tabel 22: Gemiddeld KMnO_4 -verbruik (mgO/l) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200$ mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 4,8 | 9,2 | 13 | |
| grasland | 5,8 | 8,7 | 12 | |
| natuurgebied | 1,7 | 3,5 | 7,2 | |
| woonbebouwing | 6,9 | 2,8 | | 6,4 |
| duinen | 4,9 | | | |
| tuinbouw | | | | 13 |
| boomgaarden | | | | 4,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 4,4 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 5,5 | 20 | 11 | |
| grasland | 5,7 | 6,7 | 10 | |
| natuurgebied | 3,3 | 5,8 | 5,6 | |
| woonbebouwing | 6,6 | | | 11 |
| duinen | 5,3 | | | |
| tuinbouw | | | | 11 |
| boomgaarden | | | | 1,1 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,7 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 4,7 | 11 | 7,9 | |
| grasland | 4,7 | 6 | 9,4 | |
| natuurgebied | 2 | 2 | 5,3 | |
| woonbebouwing | 9,6 | 5,2 | | 11 |
| duinen | 5,3 | | | |
| tuinbouw | | | | 9,6 |
| boomgaarden | | | | 1,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,2 |

wat lager dan in de kwelgebieden. Bij aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen is het verbruik gemiddeld wat hoger dan wanneer die lagen ontbreken. Geen duidelijk onderscheid valt te maken tussen recent en wat ouder grondwater.

Bij circa 35 meetpunten werden waarden gemeten die hoger zijn dan 12 mgO/l. De meeste van die punten liggen zoals te verwachten in de kustprovincies. Bij de ca. 20 meetpunten, voornamelijk gelegen in de Veluwe en de Achterhoek, werden waarden lager dan 0,3 mgO/l waargenomen. Vergelijken we de gevonden waarden met de MTC-norm van 5 mgO/l, dan blijkt dat bij ca. 130 meetpunten deze norm wordt overschreden. Meer dan de helft van alle meetpunten laat waarden groter dan de RN-waarde van 2 mgO/l zien.

XII.16 Extraheerbaar Organisch Chloor, EOCL (tabel 23)

In zeeleigebieden nemen de EOCL-concentraties gemiddeld over de diepte toe (van gem 0,5 op 10 m -m.v. tot 1,8 $\mu\text{gCl}/1$ op 25 m -m.v.).

De oorzaak daarvan is niet duidelijk. Relaties met chloride- en organisch stof gehalten konden (vooralsnog) niet worden aangetoond.

Bij andere bodemtypen is er geen diepterelatie te onderkennen. De bij de diverse grondsoorten en bodemgebruiken gemeten concentraties verschillen i.h.a. onderling slechts weinig, zodat geen duidelijke uitspraken over deze relaties gedaan kunnen worden. Wel worden in de natuurgebieden alsmede in de rivierkleigebieden gemiddeld de laagste waarden gemeten (0,5 $\mu\text{gCl}/1$, terwijl de hoogste gem. concentraties worden waargenomen onder bouwland (gem. 0,9 - 1,5 $\mu\text{gCl}/1$). Opmerkelijk is, dat onder bouwland in kwelgebieden hogere concentraties worden gemeten dan in infiltratiegebieden. In de overige gebieden zijn geen duidelijke verschillen aantoonbaar. De aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen heeft geen merkbaar effect op de waargenomen concentraties. Evenmin is er sprake van duidelijk verschil tussen recent en ouder grondwater.

Landelijk gezien worden relatief veel hoge waarden gevonden in Groningen, Zuid-Limburg en Zuid-Holland (2 - 4 $\mu\text{gCl}/1$). Ook in Drenthe en de Achterhoek blijken bij vele waarnemingsputten verhoogde concentraties te worden waargenomen (0,4 - 1,5 $\mu\text{gCl}/1$). Daarnaast wordt in het grondwater op 25 m -mv. langs de grote rivieren een vaak wat verhoogde concentratie waargenomen. Slechts bij 25 meetpunten werden concentraties beneden de detectiegrens (0,17 $\mu\text{g}/1$) geconstateerd. Vergelijken we de gevonden waarden met de MTC-norm van 1 $\mu\text{gCl}/1$, dan blijkt deze norm bij 55 meetpunten te worden overschreden.

Tabel 23: Gemiddeld EOCl-gehalte ($\mu\text{gCl}/1$) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200 \text{ mg}/1$)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 0,7 | 0,5 | 0,9 | |
| grasland | 0,6 | 0,3 | 0,5 | |
| natuurgebied | 0,5 | 0,6 | 0,4 | |
| woonbebouwing | 0,5 | 0,3 | | 0,7 |
| duinen | 0,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,8 |
| boomgaarden | | | | 0,5 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,6 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,8 | 1,6 | 0,9 | |
| grasland | 0,3 | 0,5 | 1,0 | |
| natuurgebied | 0,5 | 1,0 | 0,3 | |
| woonbebouwing | 0,5 | 0,8 | | 0,6 |
| duinen | 0,9 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,3 |
| boomgaarden | | | | 0,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,6 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,7 | 1,5 | 0,8 | |
| grasland | 0,4 | 1,0 | 0,5 | |
| natuurgebied | 0,7 | 0,2 | 0,3 | |
| woonbebouwing | 0,4 | 0,3 | | 0,6 |
| duinen | 1,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,3 |
| boomgaarden | | | | 0,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,4 |

XII.17 Vluchtig Organisch Chloor, VOCl (tabel 24)

Ook voor de VOCl geldt, dat geen harde uitspraken gedaan kunnen worden over de relatie tussen het VOCl-gehalte enerzijds en grondsoort en bodemgebruik anderzijds. Incidenteel worden op diverse punten duidelijk verhoogde waarden gemeten. Diverse van die punten zijn langs de grote rivieren gelegen, zodat beïnvloeding vanuit deze rivieren via oeverinfiltratie niet onmogelijk lijkt. Uit beschouwing van de individuele gegevens blijkt, dat verder vooral verhoogde waarden worden gevonden onder woongebieden en bouwland. Sommige van deze punten laten een naar de diepte afnemende tendens zien. Voor andere punten geldt het tegenovergestelde. De laagste waarden worden gevonden in de duinen (0,1 $\mu\text{gCl}/1$).

Geen onderscheid kan worden gemaakt tussen kwel- en infiltratiegebieden, terwijl evenmin effecten aantoonbaar zijn door de aanwezigheid van slechtdoorlatend lagen. Wel worden in recent grondwater hogere concentraties waargenomen dan in ouder grondwater.

Bezien we het landelijk beeld, dan blijkt dat de meeste waarnemingen beneden een detectiegrens van 0,35 $\mu\text{gCl}/1$ liggen. In het ondiepe grondwater (10 m -m.v.) werden bij 5 meetpunten concentraties groter dan 2,2 $\mu\text{gCl}/1$ waargenomen, terwijl bij 13 meetpunten een concentratie $> 0,53 \mu\text{gCl}/1$ werd aangetroffen, waarvan 8 langs de grote rivieren. Op 25 m -m.v. hadden 5 meetpunten een hogere concentratie dan 2,2 $\mu\text{gCl}/1$, waarvan 4 langs de grote rivieren zijn gelegen.

Vergelijken we de gevonden waarden met de MTC-waarde van 1 $\mu\text{gCl}/1$, dan blijkt op 10 m -m.v. in 10 gevallen deze waarde te worden overschreden (2 meetpunten langs de grote rivieren). Op 15 m -m.v. is dit 14 maal, waarvan 6 meetpunten langs de grote rivieren en op 25 m -m.v. 10 keer (waarvan 7 meetputten langs de grote rivieren).

In die gevallen waar sprake bleek van verhoogde concentraties werd in het algemeen een Headspace analyse uitgevoerd. De meest voorkomende componenten bleken tetrachlooretheen, trichlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan, chloroform en tetrachloormethaan.

Tabel 24: Gemiddeld VOCl-gehalte ($\mu\text{gCl}/\text{l}$) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200 \text{ mg}/\text{l}$)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 0,6 | 0,4 | 5,7 | |
| grasland | 0,2 | 0,1 | 0,1 | |
| natuurgebied | 0,2 | 0,1 | 0,1 | |
| woonbebouwing | 0,2 | 0,2 | | 0,6 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,4 |
| boomgaarden | | | | 0,6 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,2 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,2 | 0,4 | 8,9 | |
| grasland | 0,2 | 0,1 | 0,2 | |
| natuurgebied | 0,2 | 0,1 | 0,2 | |
| woonbebouwing | 0,2 | 0,2 | | 0,2 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,2 |
| boomgaarden | | | | 0,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,3 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 0,2 | 0,4 | 0,1 | |
| grasland | 0,2 | 0,1 | 0,1 | |
| natuurgebied | 0,2 | 0,1 | 0,1 | |
| woonbebouwing | 0,4 | 0,2 | | 0,3 |
| duinen | 0,1 | | | |
| tuinbouw | | | | 0,1 |
| boomgaarden | | | | 0,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 0,4 |

XII.18 Zuurgraad, pH (tabel 25)

De zuurgraad in het grondwater is sterk gerelateerd aan het voorkomen van de parameters die het kalk-koolzuur evenwicht in de bodem bepalen (Ca^{++} , Mg^{++} en HCO_3^-) en daarmee ook aan de bodemgesteldheid (kalkloos of kalkhoudend). Naar de diepte neemt de pH in het bijzonder bij natuurgebieden (van 6 naar 6,5) en zandgronden (van 6,3 naar 6,7) toe. De hoogste pH-waarden worden gevonden in zeelei- en rivierkleigebieden (gem. ca. 7,1). In hoogveengebieden is de gemiddelde waarde het laagst (5,8). Duidelijk aantoonbaar is het verschil met laagveen (6,9). Ook in natuurgebieden worden vaak lage waarden gevonden (gem. 6 op 10 m -m.v. en 6,5 op 25 m -m.v.).

Vooraf in zandgebieden worden bij infiltratie duidelijk lagere waarden gemeten dan in een kwelsituatie (gem. 6,1 versus 6,7). Bij de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen worden vaak hogere pH-waarden gevonden dan wanneer deze niet aanwezig zijn. Bij vrij recent grondwater worden in het algemeen lagere pH-waarden gemeten dan in ouder grondwater.

Landelijk gezien worden lage waarden vooral gemeten in de zandgronden die in gebruik zijn als natuurterrein en bij als bouwland in gebruik zijnde veengebieden. Opmerkenswaard is, dat op ca. 10 m -m.v. bij 34, in zandgrond gelegen meetpunten (waarvan 16 in Noord-Brabant), pH -waarden werden waargenomen variërend tussen 3,4 en 5,2. Op 25 m m.v. is dit nog steeds het geval voor 6 meetpunten (waarvan 3 in Noord-Brabant). Bij circa 35 meetpunten werden pH-waarden aangetroffen tussen 7,5 en 8,6. In het algemeen komen op zandgronden zowel hoge als lage pH-waarden voor. In de kustgebieden worden steeds hoge pH-waarden gemeten. Zo zijn in Zeeland alle waargenomen pH-waarden hoger dan 7,5.

Vergelijken we de gevonden pH-waarden met de EG-norm voor drinkwater (6,5) dan blijken in de zandgronden de meeste gevonden waarden hieronder te blijven. De op vele plaatsen gevonden lage pH-waarden kunnen daar leiden tot een grotere mobiliteit van pH-gevoelige zware metalen.

De in deze paragraaf weergegeven pH-waarden zijn alle gebaseerd op metingen in het laboratorium zoals reeds uiteengezet in hoofdstuk IX, blijken bij veldwaarnemingen veelal aanmerkelijk lagere pH-waarden te worden waargenomen.

Tabel 25: Gemiddelde pH-waarde in zoet grondwater (Cl<200 mg/l)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 6,0 | 6,8 | 5,5 | |
| grasland | 6,4 | 7,1 | 6,8 | |
| natuurgebied | 5,8 | 6,6 | 6,5 | |
| woonbebouwing | 6,6 | 7,1 | | 6,8 |
| duinen | 7,7 | | | |
| tuinbouw | | | | 7,1 |
| boomgaarden | | | | 7,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,1 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 6,1 | 7,1 | 5,6 | |
| grasland | 6,7 | 7,2 | 6,9 | |
| natuurgebied | 6,2 | 6,6 | 6,1 | |
| woonbebouwing | 6,8 | 7,2 | | 6,9 |
| duinen | 7,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 7,3 |
| boomgaarden | | | | 7,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,2 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 6,3 | 7,1 | 5,7 | |
| grasland | 6,8 | 7,2 | 6,9 | |
| natuurgebied | 6,5 | 7,1 | 6,5 | |
| woonbebouwing | 6,7 | 7,1 | | 7,2 |
| duinen | 7,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 7,3 |
| boomgaarden | | | | 7,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,1 |

XII.19 Zink (tabel 26).

In het algemeen worden in de zandgebieden hogere zinkconcentraties gevonden dan in de klei- en veengebieden. Juist in de zandgebieden is ook sprake van met de diepte sterk afnemende zinkconcentraties. Er valt geen onderscheid te maken tussen gebieden die blootstaan aan mariene invloeden en de overige gebieden.

Ditzelfde geldt voor het rivierengebied. De hoogste concentraties worden gevonden in zandgebieden met een agrarische functie. Meestal worden in infiltratiegebieden wat hogere gehalten gevonden dan in kwelgebieden. Evenzo bevat vrij recent grondwater een hoger zinkgehalte dan water met een wat grotere ouderdom. Effecten van de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en waarnemingsfilter zijn niet aantoonbaar.

Slechts bij 60 meetpunten werd een zinkgehalte lager dan 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ gevonden, terwijl bij ruim 30 meetpunten op ca. 10 m -m.v. een zinkconcentratie hoger dan 90 $\mu\text{g}/\text{l}$ werd waargenomen. Op 25 m -m.v. gold dit laatste nog voor 20 meetpunten. Landelijk bezien blijken vooral in Noord-Brabant en het noordelijk deel van Limburg veel hoge zinkgehalten te worden aangetroffen (30 - 300 $\mu\text{g}/\text{l}$). Veelal gaan deze hoge concentraties samen met een lage pH in het grondwater. Ook in Drenthe en Overijssel is sprake van wat verhoogde concentraties (20 - 80 $\mu\text{g}/\text{l}$). Overwegend lage zinkgehalten werden gevonden in Zuid- en NoordHolland, Utrecht en Gelderland.

Vergelijken we de gevonden gehalten met de RN-waarden, dan blijkt dat op 10 m -m.v. bij 28 meetpunten (waarvan 21 in Noord-Brabant en noordelijk Limburg) hogere concentratie worden gevonden dan de RN-waarde van 100 $\mu\text{g}/\text{l}$. Op 25 m -m.v. geldt dit nog voor 16 (resp. 12) meetpunten.

XII.20 Nikkel (tabel 27)

Nikkel geeft globaal hetzelfde beeld te zien als zink. Ook voor nikkel worden de hoogste waarden gevonden in het oostelijk deel van Noord-Brabant en noordelijk Limburg. Opmerkelijk zijn de hoge nikkel-gehalten die zijn waargenomen bij een drietal in zout grondwater gelegen meetpunten in Friesland. Bij deze punten neemt zowel het nikkel- als het chloride-gehalte met de diepte toe. Bij de overige in zout- of brak grondwater gelegen meetpunten werden niet of nauwelijks verhoogde nikkelgehalten waargenomen. In grote delen van het land blijkt de nikkelconcentratie onder detectiegrens te liggen. Op 10 m -m.v. liggen ruim de helft van de waarnemingen onder deze grens van 5 $\mu\text{g}/\text{l}$, terwijl slechts in 17 putten een

Tabel 26: Gemiddeld Zinkgehalte ($\mu\text{g/l}$) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200 \text{ mg/l}$)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 73 | 23 | 25 | |
| grasland | 79 | 11 | 11 | |
| natuurgebied | 36 | 50 | 15 | |
| woonbebouwing | 37 | 10 | | 50 |
| duinen | 16 | | | |
| tuinbouw | | | | 16 |
| boomgaarden | | | | 15 |
| oeverinfiltr. | | | | 14 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 47 | 18 | 34 | |
| grasland | 26 | 11 | 19 | |
| natuurgebied | 33 | 40 | 13 | |
| woonbebouwing | 20 | 12 | | 20 |
| duinen | 9 | | | |
| tuinbouw | | | | 13 |
| boomgaarden | | | | 16 |
| oeverinfiltr. | | | | 16 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 41 | 27 | 18 | |
| grasland | 20 | 18 | 12 | |
| natuurgebied | 24 | 30 | 16 | |
| woonbebouwing | 89 | 15 | | 33 |
| duinen | 18 | | | |
| tuinbouw | | | | 25 |
| boomgaarden | | | | 53 |
| oeverinfiltr. | | | | 34 |

Tabel 27: Gemiddeld Nikkelgehalte ($\mu\text{g/l}$) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200 \text{ mg/l}$)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 34 | 6,4 | 7,9 | |
| grasland | 19 | 4,0 | 7,8 | |
| natuurgebied | 18 | 13 | 4,0 | |
| woonbebouwing | 15 | 6,1 | | 8,5 |
| duinen | 3,8 | | | |
| tuinbouw | | | | 7,3 |
| boomgaarden | | | | 5,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 4,8 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 34 | 6,2 | 9,6 | |
| grasland | 8,4 | 4,1 | 7,6 | |
| natuurgebied | 11 | 19 | 4 | |
| woonbebouwing | 6,6 | 3,8 | | 6,3 |
| duinen | 3,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 5,2 |
| boomgaarden | | | | 5,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,4 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 14 | 8,3 | 7,7 | |
| grasland | 7,9 | 5,1 | 5,2 | |
| natuurgebied | 5,9 | 6,0 | 5,0 | |
| woonbebouwing | 8,9 | 4,3 | | 5,8 |
| duinen | 4,5 | | | |
| tuinbouw | | | | 6,5 |
| boomgaarden | | | | 7,3 |
| oeverinfiltr. | | | | 5,8 |

Tabel 28: Gemiddeld Arseengehalte ($\mu\text{g/l}$) in zoet grondwater ($\text{Cl} < 200 \text{ mg/l}$)

| <u>10m-mv</u> | zand | klei | veen | onbep. |
|---------------|------|------|------|--------|
| bouwland | 5,0 | 2,7 | 2,7 | |
| grasland | 4,4 | 8,5 | 2,0 | |
| natuurgebied | 2,3 | 1,8 | 3,1 | |
| woonbebouwing | 3,3 | 2,4 | | 4,8 |
| duinen | 1,8 | | | |
| tuinbouw | | | | 5,0 |
| boomgaarden | | | | 2,6 |
| oeverinfiltr. | | | | 7,3 |
| <u>15m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 2,7 | 8,3 | 3,4 | |
| grasland | 4,3 | 5,3 | 2,1 | |
| natuurgebied | 3,2 | 3,8 | 6,1 | |
| woonbebouwing | 11 | 1,6 | | 9,0 |
| duinen | 1,8 | | | |
| tuinbouw | | | | 5,8 |
| boomgaarden | | | | 2,4 |
| oeverinfiltr. | | | | 3,7 |
| <u>25m-mv</u> | | | | |
| bouwland | 2,2 | 2,8 | 3,1 | |
| grasland | 3,0 | 5,6 | 1,8 | |
| natuurgebied | 2,3 | 2,8 | 3,7 | |
| woonbebouwing | 4,1 | 1,4 | | 5,3 |
| duinen | 1,6 | | | |
| tuinbouw | | | | 8,9 |
| boomgaarden | | | | 12 |
| oeverinfiltr. | | | | 4,0 |

concentratie groter dan 80 µg/l gevonden werd. Op 25 m -m.v. ligt 75% van de waarnemingen onder de 5 µg/l terwijl nog slechts 9 putten een hogere concentratie dan 80 µg/l te zien geven. In recent grondwater en in infiltratiegebieden worden vaak hogere gehalten gevonden dan in ouder grondwater, resp. de kwelgebieden. Op 25 m -m.v. is deze trend gelet op de vele gevonden zeer lage concentraties overigens niet hard. Bij aanwezigheid van slecht doorlatende lagen tussen maaiveld en filter worden met name in de infiltratiegebieden in doorsnee minder hoge nikkelgehalten gevonden dan indien deze lage niet aanwezig zijn.

XII.21 Arseen (tabel 28)

Arseen geeft een verspreidingspatroon te zien dat duidelijk afwijkt van dat voor nikkel en zink. Een relatie met de pH is niet te vinden. Evenmin is sprake van hogere concentraties op de zandgronden. In natuurterreinen worden meestal de laagste arseengehalten in het grondwater gevonden. Een duidelijke differentiatie naar de diepte is niet aantoonbaar. De indruk bestaat dat in infiltratiegebieden in doorsnee wat hogere concentraties worden gevonden dan in kwelgebieden. Op wat dieper niveau gaat dit zeker niet meer op. Bij aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter worden gemiddeld lagere waarden waargenomen dan waar deze lagen ontbreken. Een duidelijke relatie met de leeftijd van het grondwater is niet te leggen.

Bij circa de helft bleek het van alle waarnemingen, gelijkelijk gespreid over het land, bleek het arseengehalte onder de detectiegrens van 2 µg/l te liggen. Vooral in Noord-Brabant en langs de grote rivieren worden veel relatief hoge arseengehalten gevonden (> 14 µg/l). In Noord-Brabant nemen deze concentraties overigens met de diepte af. Vergelijken we de gevonden arseenconcentraties met de MTC-waarde van 50 µg/l, dan blijkt deze slechts bij 3 meetputten te worden overschreden.

XII.22 Overige spoorelementen (tabel 29)

Naast zink, nikkel en arseen werd additioneel in het kader van de meetnetactiviteiten bij ca 10% van de meetpunten ook het gehalte aan cadmium, lood, koper en chroom in het grondwater bepaald. Verder werd als separaat onderzoek in samenwerking met het ECN met gebruikmaking van een aantal daartoe geselecteerde meetnetputten een groot aantal andere spoorelementen in het grondwater gemeten. In dit kader werden ook enkele halogenen bepaald.

Voor een aantal van deze spoorelementen bleek een duidelijke relatie aantoonbaar tussen de waargenomen concentratie en de gevonden pH-waarde. Van hogere gehalten bij lagere pH-waarden bleek sprake voor Al, Co, Cs, Eu, Ni, Sc, U en Zn. Voor Sr werden lagere gehalten gevonden bij lage pH-waarden. Geen relatie met de pH werd gevonden voor As, Ag, Ba, Cr, Hf, Hg, Mn, Mo, Sb, Se, Th, V en W. Voor de eerstgenoemde categorie spoorelementen worden de hoogste concentraties in het algemeen in de zandgebieden gevonden.

Opmerkelijk zijn de vaak zeer hoge Al- concentraties, soms meer dan 5 mg/l, die hier gecombineerd met lage pH-waarden in het grondwater worden aangetroffen. ook Sr blijkt een element dat, zij het juist bij hoge en niet bij lage pH-waarden, in de milligrammen range in het grondwater kan worden aangetroffen.

Vergelijken we, voor zover mogelijk, de gevonden concentraties met die uit de reguliere meetnetbemonstering, dan blijken de gevonden waarden in het algemeen redelijk overeen te komen.

Alleen voor zink bleek vaak sprake te zijn van grote verschillen, alhoewel de gemiddelde waarden redelijk overeenkomen.

Voor die spoorelementen waarbij geen pH relatie kon worden aangetoond, bleek geen relatie te leggen met de grondsoort of werden de hoogste gehalten gevonden in klei- of veengronden. Een inzicht in de waargenomen concentraties geeft tabel 28.

Tabel 29. Sporelementen en halogeen in het Nederlandse grondwater*)

| param. | eenh. | gemidd. | | 90% range | | max gevonden concen. | |
|----------------|-------|---------------|--------------|------------|-----------|----------------------|------------|
| | | 10-25 m -m.v. | > 25 m -m.v. | 10 m -m.v. | 25 m m.v. | 10 m m.v. | 25 m -m.v. |
| H ⁺ | pH | 6,03 | 6,14 | 6,7 | 6,8 | 7,1 | 7,3 |
| Ag | ng/l | 40,9 | 39,2 | 48 | 190 | 61 | 220 |
| Al | µg/l | 327 | 239 | 1200 | 640 | 5500 | 1500 |
| As | µg/l | 3,05 | 5,3 | 5,4 | 7 | 20 | 55 |
| Ba | µg/l | 230 | 290 | 170 | 420 | 620 | 2600 |
| Br | µg/l | 260 | 298 | 160 | 1200 | 2000 | 3700 |
| Cd | µg/l | 0,38 | 0,42 | 2,4 | 0,6 | 3,5 | 11 |
| Cl | mg/l | 452 | 622 | 470 | 1200 | 1600 | 12000 |
| Co | ng/l | 985 | 1472 | 640 | 470 | 11000 | 20000 |
| Cr | µg/l | 0,68 | 0,87 | 0,95 | 1,0 | 2,4 | 3,6 |
| Cs | ng/l | 45 | 33 | 110 | 95 | 590 | 120 |
| Cu | µg/l | 5 | 3,9 | 14 | 6 | 71 | 33 |
| Eu | ng/l | 39 | 25 | 200 | 69 | 490 | 410 |
| Hf | ng/l | 17 | 7,1 | 27 | 34 | 440 | 68 |
| Hg | ng/l | 19 | 17,6 | 26 | 25 | 51 | 31 |
| J | µg/l | 2,3 | 0,75 | 4,6 | 3,4 | 30 | 6,1 |
| Mn | mg/l | 0,39 | 0,395 | 0,65 | 0,84 | 1,8 | 2,1 |
| Mo | µg/l | 0,38 | 0,38 | 1,0 | 1,4 | 2,2 | 1,6 |
| Ni | µg/l | 3,24 | 1,36 | 16 | 3,5 | 3,7 | 7,9 |
| Pb | µg/l | 4,8 | 6,8 | 7 | 15 | 45 | 51 |
| Rb | µg/l | 4,6 | 4,6 | 13 | 13 | 36 | 23 |
| Sb | µg/l | 1,54 | 0,05 | 0,15 | 0,089 | 1,4 | 0,14 |
| Sc | ng/l | 82 | 76 | 120 | 130 | 470 | 850 |
| Se | ng/l | 13,7 | 4,6 | 56 | 33 | 180 | 53 |
| Sr | mg/l | 1,06 | 1,35 | 1,7 | 2,3 | 3,0 | 6,1 |
| Tu | ng/l | 12,7 | 5,4 | 79 | 28 | 150 | 49 |
| U | µg/l | 0,13 | 0,10 | 0,56 | 0,23 | 0,76 | 1,4 |
| V | µg/l | 0,84 | 0,68 | 1,9 | 1,3 | 2,8 | 3,5 |
| W | ng/l | 211 | 280 | 540 | 540 | 3700 | 770 |
| Zn | µg/l | 30 | 18 | 150 | 30 | 450 | 200 |

*) gebaseerd op een in het kader van de meetnetactiviteiten uitgevoerde deelstudie, waarbij gebruik werd gemaakt van een selectie van de meetnetputten. De analyse werd verricht door het ECN te Petten (muv Cd, Cu en Pb).

XII.23 Zout- en brak grondwater (tabel 30)

Circa 65 meetputten van het meetnet grondwaterkwaliteit zijn gesitueerd in een brak- of zout grondwater milieu met een chloride-concentratie van meer dan 200 mg/l. De lokatie van deze meetpunten is weergegeven in de figuren 7a en 7b. Vrijwel alle meetpunten zijn gelegen in de kustprovincies en zijn blootgesteld aan mariene invloeden. Relaties met grondsoort of bodemgebruik zijn niet te leggen; dienaangaande zijn de mariene invloeden sterk overheersend. In tabel 29 zijn de berekende gemiddelde concentraties voor brak en zout grondwater op 10 en 25 m -m.v. weergegeven. Vergelijken we de gevonden gehalten met die van zeewater, dan blijken in dat opzicht de waterstofcarbonaatgehalten in het grondwater sterk verhoogd. Duidelijk speelt het kalk-koolzuur evenwicht in de bodem hierbij een belangrijke rol. Opvallend is ook het nikkelgehalte, dat in het grondwater in aanmerkelijk hogere concentraties wordt aangetroffen dan in zeewater, en waarvan het gehalte bij toenemende chloride-concentraties sterk stijgt. Een soortgelijk gedrag, doch minder extreem, vertoont zink. Opmerkelijk zijn ook de in het brakke en zoute grondwater duidelijk aantoonbare organische halogeenvverbindingen. Het lijkt aannemelijk, dat ook natuurlijke oorzaken het voorkomen van dit soort verbindingen in het grondwater kunnen bepalen. Voor Zuid-Holland zou de verklaring mogelijk gevonden kunnen worden in de relatief hoge Cl^- -concentraties in het grondwater gecombineerd met hoge TOC-waarden. Vergelijken we de gevonden sulfaatconcentraties met die van chloride in het zout grondwater en zeewater, dan blijkt in de bodem duidelijk sprake te zijn van sulfaat-reductie.

XII.24 Slotbeschouwing

In de voorgaande paragrafen is voor een groot aantal stoffen het voorkomen in het grondwater in Nederland besproken. Hierbij valt op, dat ook bij stoffen waarvan het voorkomen vooral wordt bepaald door de grondsoort, er in het algemeen evenzo een relatie met het bodemgebruik aanwezig is. In het algemeen worden de laagste concentraties gevonden in natuurgebieden, terwijl bij toenemende belasting van de bodem ook de concentratie in het grondwater toeneemt. Hierbij moet wel bedacht worden, dat ook het gebruik van de bodem in diverse gevallen gerelateerd is aan de grondsoort, zodat niet altijd sprake hoeft te zijn van een éénduidige relatie tussen emissie en grondwaterkwaliteit. Wel is in de zandgebieden deze relatie duidelijker aantoonbaar dan in de klei- en veengebieden.

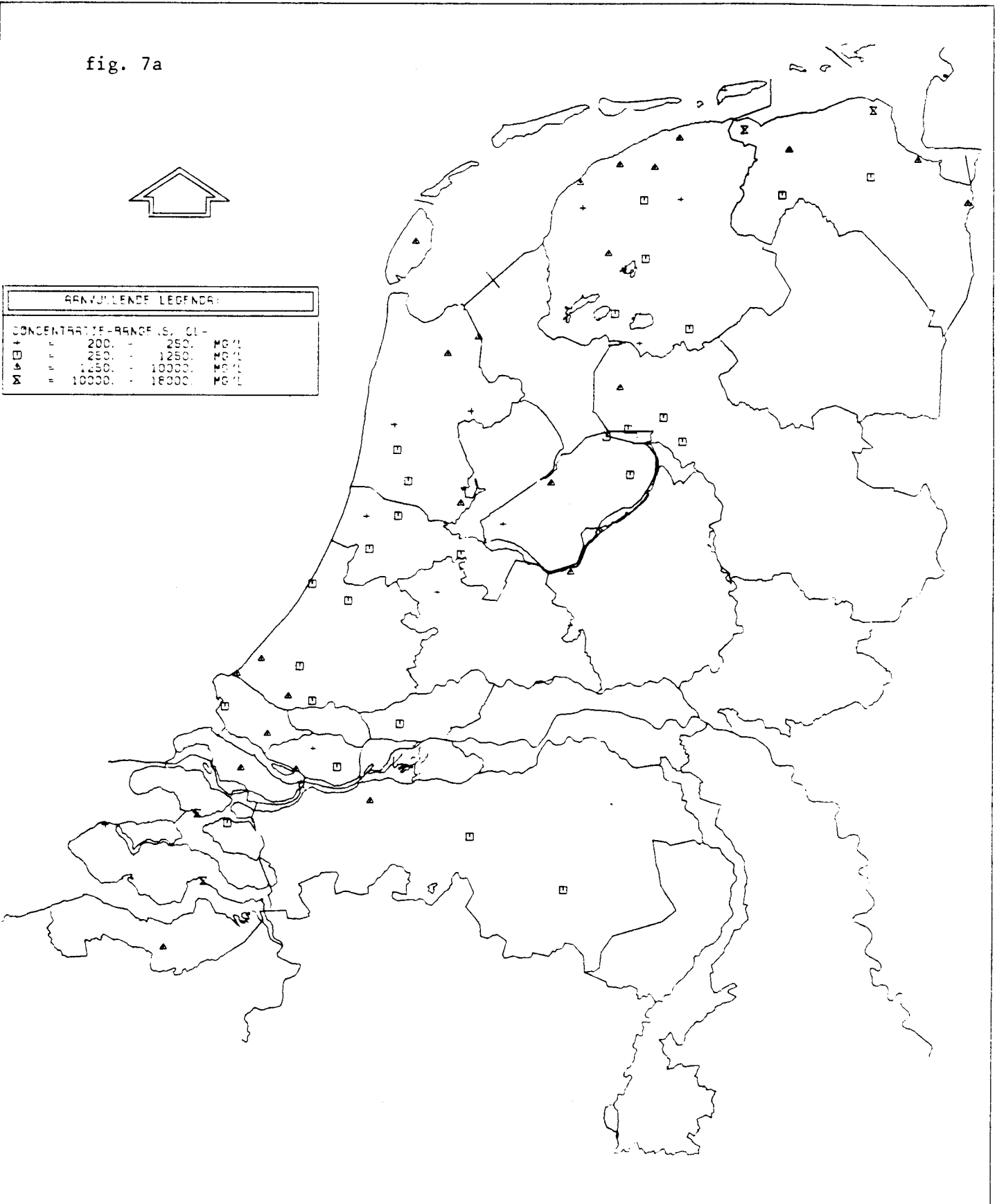
Tabel 30. Kwaliteit van brak en zout grondwater

| Cl ⁻ klasse | 10 m-mv | | 25 m-mv | | zee- water |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|
| | 200-1000 I+II | > 1000 III+IV | 200-1400 I+II | >1400 III+IV | |
| aantal putten | 28 | 31 | 32 | 35 | |
| par. eenh | | | | | |
| EC mS/m | 212 | 1210 | 248 | 1658 | |
| H ⁺ pH | 7,0 | 7,1 | 7,1 | 7,1 | |
| Cl ⁻ mg/l | 465 | 4462 | 617 | 6468 | 19350 |
| NO ₃ ⁻ mgN/l | 0,1 | 0,13 | 0,1 | 0,13 | < 0,02 |
| SO ₄ ²⁻ mg/l | 68 | 364 | 31 | 568 | 2700 |
| HCO ₃ ⁻ mg/l | 600 | 916 | 566 | 876 | 145 |
| tot.P mgP/l | 1,2 | 2,8 | 0,94 | 2,6 | |
| SiO ₂ mgSi/l | 15,3 | 13,9 | 11,0 | 15,6 | |
| NH ₄ ⁺ mgN/l | 12,2 | 13,8 | 7,7 | 13,9 | < 0,02 |
| Ca ⁺⁺ mg/l | 156 | 335,7 | 186 | 422 | 416 |
| Mg ⁺⁺ mg/l | 50 | 308 | 41 | 455 | 1300 |
| KMnO ₄ mgO/l | 13,7 | 26,2 | 10,8 | 25,4 | |
| TOC mgC/l | 14,7 | 44 | 12,7 | 54 | |
| Na ⁺ mg/l | 260 | 2430 | 316 | 3333 | 10750 |
| K ⁺ mg/l | 18,6 | 82 | 14,3 | 104 | 390 |
| As µg/l | 3,1 | 3,0 | 5,4 | 2,4 | 2,5 |
| Ni µg/l | 4,7 | 27 | 7,9 | 32,6 | 0,7 |
| Zn µg/l | 21,6 | 41 | 23,3 | 41 | 2 |
| EOCl nmol/l | 27 | 25 | 13,4 | 35 | |
| VOCl nmol/l | 3,8 | 25 | 10,0 | 5 | |

fig. 7a



| AANVULLENDE LEGENDA: | | | | |
|-----------------------------|--------|---|--------|------|
| CONCENTRATIE-RANGE (S. CL - | | | | |
| + | 200. | - | 250. | MG/L |
| + | 250. | - | 1250. | MG/L |
| + | 1250. | - | 10000. | MG/L |
| + | 10000. | - | 16000. | MG/L |



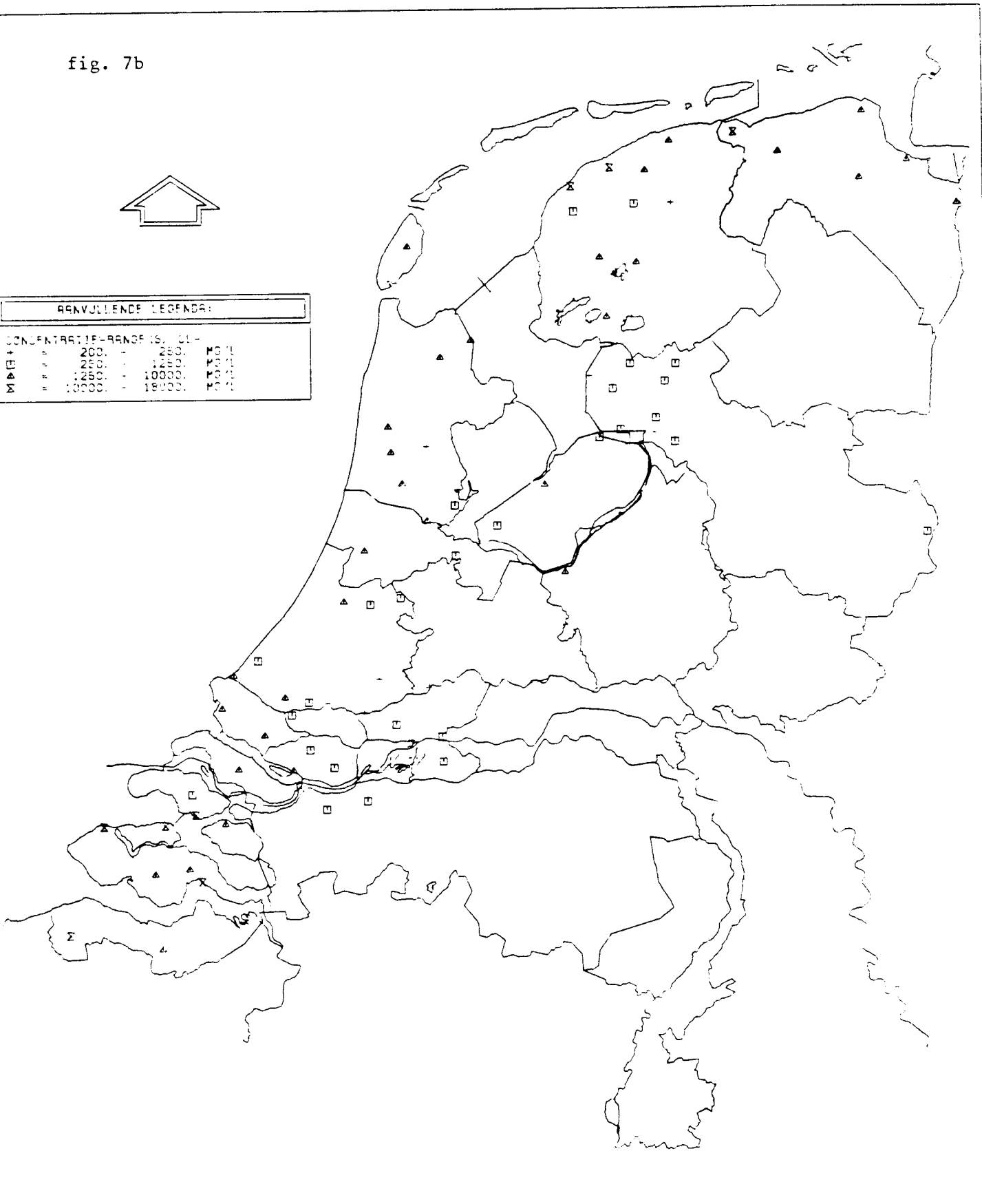
RIVM-LBG MEETNET GRONDWATERKwaliteit
SCHAAL 1:1500000 GETEKEND 19-NOV-84


MNSEL : CL - MG/L 1E ANAL. - FILT. 1

fig. 7b



| AANVULLENDE LEGENDA: | | |
|-----------------------------|--------|-------------|
| CONCENTRATIE-RANGEN IS. CL- | | |
| + | 200. | 250. MG/L |
| □ | 250. | 1250. MG/L |
| △ | 1250. | 10000. MG/L |
| × | 10000. | 18000. MG/L |



| | | |
|--|--------------------------------------|--------------------|
|  LBC LEIDSCHEDEWEG | RIVM-LBG MEETNET GRONDWATERKwaliteit | |
| | SCHAAL 1:1500000 | GETEKEND 19-NOV-84 |
| MNSL : CL- MG/L | | |
| 1E ANAL. - FILT. 3 | | |

Opmerkelijk is, dat de aanwezigheid van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter in fysisch opzicht veelal niet of nauwelijks effect lijkt te hebben, zodat in dat opzicht niet te sterk op deze lagen gerekend mag worden. Bij zich conservatief gedragende stoffen zijn dan ook geen concentratie verschillen aantoonbaar die gerelateerd kunnen worden aan het al dan niet aanwezig zijn van slechtdoorlatende lagen tussen maaiveld en filter. Voor de overige stoffen is dit veelal wel het geval. De fysisch-chemische effecten zijn dan ook duidelijker aanwijsbaar.

Op grond van het beschikbaar cijfermateriaal kan ook worden geconstateerd, dat in het grondwater in infiltratiegebieden en in vrij recent, na 1960 geïnfiltriseerd grondwater, op zowel 10 m -m.v. als 25 m -m.v., voor tal van parameters hogere concentraties worden aangetroffen dan in kwelgebieden en in ouder grondwater (zie tabel 31 en 32). Opmerkelijk hierbij is, dat dit niet alleen geldt voor als mobiel te boek staande parameters zoals chloride, sulfaat en nitraat, maar ook voor spoorelementen als Zn, Ni, en As. Ten aanzien van Zn en Ni kan hierbij een relatie aanwezig zijn met de pH, die in infiltratiegebieden en in recent grondwater zowel diep als ondiep lager is dan in kwelgebieden en in ouder grondwater. Dit laatste hangt weer samen met de evenzo in de geschetste situatie lagere concentraties voor die stoffen die de hardheid bepalen. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen, in hoeverre de duidelijk aantoonbare verzuring van het grondwater met de daarmee gepaard gaande verhoogde concentraties aan diverse spoorelementen in het grondwater het gevolg zijn van natuurlijke oorzaken en in welke mate de algemene verzuringsproblematiek als gevolg van menselijke activiteiten hieraan bijdraagt.

Alhoewel er t.a.v. de grondwaterkwaliteit duidelijk 3 hoofdbodentypen (klei, veen en zand) kunnen worden onderscheiden, blijken ook tussen rivierklei en zeeklei, resp. hoogveen en laagveen, duidelijke verschillen aanwezig, die overigens op grond van hun genese volledig verklaarbaar zijn (lit. 3).

Een beeld van de onderlinge verschillen gegeven de tabellen 33 en 34. Voor zandgronden lijken de verschillen tussen humusarme resp. humusrijke zandgronden t.a.v. de grondwaterkwaliteit minder duidelijk (zie tabel 35 en 36).

Interessant is een vergelijking van de gegevens van het meetnet grondwaterkwaliteit met gegevens van andere herkomst aanwezig in de geohydrologische archieven van het RIVM. Gerelateerd aan het gebruik van de bodem bleek een vergelijking mogelijk met archiefdata uit de periode 1950-1978 van het grondwater tussen 10 en 20 m -m.v. in het oostelijk deel van Noord-Brabant en het noordelijk deel van Limburg (overwegend zandgebied; zie lit. 7 en 9). In tabel 37 zijn deze gegevens vergeleken met die voor hetzelfde gebied afkomstig uit het meetnetbestand.

De relatie met het bodemgebruik blijkt voor beide deelverzamelingen dezelfde. Gelet op de verschillende herkomst van de gegevens is het niet verantwoord uitspraken te doen over zich eventueel aftekende trends.

Zoals reeds gesteld, komt uit de gegevens naar voren, dat het voorkomen in het grondwater van de meeste stoffen sterk is gerelateerd aan grondsoort, bodemgebruik en geohydrologische situatie. Op grond hiervan, kunnen i.h.a. geen achtergrondwaarden voor het grondwater in Nederland gegeven worden die algemeen geldig zijn.

De in de bodemsaneringspraktijk gehanteerde A-waarden mogen dan ook niet als zodanig worden gebruikt en zijn niet als zodanig bedoeld.

Een duidelijke aanwijzing daarvoor geeft tabel 38. Voor vele parameters blijkt een groot percentage van de beschikbare waarnemingen groter te zijn dan de zogenaamde A-waarde. Zelfs de gehanteerde B- en C-waarden blijken bij enkele parameters vaak te worden overschreden. Met name voor Ba, P en NH_4^+ en in iets mindere mate voor EOCl en Br verdient bijstelling van de A-waarden overweging.

Tabel 31. Relatie concentratie-leeftijd zoet grondwater

(zie ook bijlage 6, tabel 15 t/m 18)

| parameter | eenheid | filter 1 (ca. 10 m -mv) | | filter 3 (ca. 25 m -mv) | |
|-------------------------------|---------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | | jong (T>5 T.U.) | oud (T<5 T.U.) | jong (T>5 T.U.) | oud (T<5 T.U.) |
| H ⁺ | pH | 6.4 | 6.8 | 6.6 | 6.9 |
| K ⁺ | mg/l | 9.2 | 7.4 | 5.0 | 3.9 |
| Mg ⁺⁺ | " | 11 | 18 | 8.6 | 10 |
| Ni | µg/l | 20 | 6 | 10 | 5 |
| Zn | " | 66 | 23 | 27 | 17 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/l | 177 | 355 | 171 | 238 |
| Cl ⁻ | " | 61 | 53 | 56 | 42 |
| NO ₃ ⁻ | mgN/l | 5.2 | 0.7 | 1.7 | 0.2 |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 81 | 18 | 63 | 26 |
| NH ₄ ⁺ | mgN/l | 1.9 | 7.8 | 1.3 | 2.9 |
| VOC1 | nmol/l | 40.4 | 4.4 | 8.8 | 7.3 |

Tabel 32. Relatie concentratie zoet grondwater in infiltratie- resp. kwelgebieden

(zie ook bijl. 1.6 tabel 3, 5, 7 en 9)

| parameter eenheid | | filter (ca. 10 m - mv) | | filter 3 (ca. 25 m -mv) | |
|-------------------------------|-------|------------------------|------|-------------------------|------|
| | | infiltratie | kwel | infiltratie | kwel |
| H ⁺ | pH | 6.3 | 6.8 | 6.6 | 6.9 |
| Na ⁺ | mg/l | 38 | 23 | 28 | 17 |
| K ⁺ | " | 13.1 | 4.5 | 5.5 | 2.3 |
| Mg ⁺⁺ | " | 14.7 | 8.8 | 9.1 | 6.0 |
| Ca ⁺⁺ | " | 70 | 67 | 60 | 56 |
| As | µg/l | 6 | 3.8 | 3.0 | 2.7 |
| Ni | " | 29 | 8.5 | 10 | 4.3 |
| Zn | " | 102 | 28 | 30 | 19 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/l | 176 | 198 | 175 | 174 |
| Cl ⁻ | " | 62 | 37 | 43 | 28 |
| NO ₃ ⁻ | mgN/l | 5.4 | 1.3 | 1.0 | 0.5 |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 93 | 46 | 52 | 23 |

Tabel 33. Grondwaterkwaliteit in kleigebieden.

| | rivierklei | zeeklei | eenh. |
|-------------------------------|------------|---------|-------|
| Cl ⁻ | 60 | 110 | mg/l |
| NO ₃ ⁻ | 0,8 | 0,1 | mgN/l |
| tP | 1,4 | 0,5 | mgP/l |
| NH ₄ ⁺ | 2,5 | 11 | mgN/l |
| TOC | 6 | 9,5 | mgC/l |
| KMnO ₄ | 4,1 | 18,8 | mgO/l |
| Na ⁺ | 32 | 68 | mg/l |
| K ⁺ | 5,3 | 17 | mg/l |
| Mg ⁺⁺ | 12 | 32 | mg/l |
| Ca ⁺⁺ | 105 | 125 | mg/l |
| As | 9,1 | 2,3 | µg/l |
| HCO ₃ ⁻ | 300 | 560 | mg/l |

Tabel 34. Grondwaterkwaliteit in veengebieden

| | hoogveen | laagveen | eenh. |
|-------------------------------|----------|----------|--------|
| Cl ⁻ | 30 | 58 | mg/l |
| NO ₃ ⁻ | 1,1 | 0,1 | mgN/l |
| SO ₄ ²⁻ | 26 | 15 | mg/l |
| tP | 0,2 | 0,5 | mgP/l |
| NH ₄ ⁺ | 3,5 | 5,0 | mgN/l |
| VOCl | 1,9 | 0,1 | µgCl/l |
| H ⁺ | 5,8 | 6,9 | pH |
| Na ⁺ | 18 | 48 | mg/l |
| Ca ⁺⁺ | 28 | 84 | mg/l |
| HCO ₃ ⁻ | 100 | 300 | mg/l |

Tabel 35. Grondwaterkwaliteit in zandgebieden.

| parameter | eenh. | humusrijk | humusarm |
|-------------------------------|-------|-----------|----------|
| H ⁺ | pH | 6,3 | 6,4 |
| K ⁺ | mg/l | 11 | 18 |
| Mg ²⁺ | mg/l | 14 | 47 |
| Ca ²⁺ | mg/l | 78 | 73 |
| Ni | µg/l | 19 | 20 |
| Zn | µg/l | 65 | 36 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/l | 153 | 226 |
| NO ₃ ⁻ | mgN/l | 6,9 | 1,9 |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 82 | 101 |

Tabel 36. Grondwaterkwaliteit in zandige natuurgebieden

| parameter | eenh. | humusrijk | humusarm |
|-------------------------------|-------|-----------|----------|
| H ⁺ | pH | 5,8 | 6,0 |
| K ⁺ | mg/l | 3,8 | 1,5 |
| Mg ⁺⁺ | mg/l | 5,4 | 3,4 |
| Ca ⁺⁺ | mg/l | 24 | 17 |
| Ni | µg/l | 21 | 8 |
| Zn | µg/l | 37 | 44 |
| HCO ₃ ⁻ | mg/l | 68 | 38 |
| NO ₃ ⁻ | mgN/l | 1,6 | 1,4 |
| SO ₄ ²⁻ | mg/l | 43 | 33 |

Tabel 37. Vergelijking archiefdata oostelijk Noord-Brabant en Noord-Limburg met meetnetgegevens voor hetzelfde gebied.

| par. | eenh. | | | natuur | | | grasland | | | bouwland | | | bebouwing | | | |
|-------------------------------|-------|-------|------|--------|------|-------|----------|--------|------|----------|------|--------|-----------|-------|------|--------|
| | f1 | f2 | f1+2 | arch*) | f1 | f2 | f1+2 | arch*) | f1 | f2 | f1+2 | arch*) | f1 | f2 | f1+2 | arch*) |
| m-mv | 8-10 | 13-15 | 8-15 | 10-20 | 8-10 | 13-15 | 8-15 | 10-20 | 8-10 | 13-15 | 8-15 | 10-20 | 8-10 | 13-15 | 8-15 | 10-28 |
| Cl ⁻ | 15 | 18 | 17 | 22 | 36 | 48 | 42 | 37 | 54 | 44 | 49 | 42 | 116 | 146 | 131 | 54 |
| SO ₄ ²⁻ | 47 | 47 | 47 | 34 | 88 | 39 | 63 | 41 | 116 | 97 | 107 | 54 | 118 | 192 | 155 | 91 |
| NO ₃ ⁻ | 1,8 | 0,1 | 1,0 | 0,4 | 1,2 | 0,2 | 0,7 | 0,3 | 34,3 | 12,3 | 23,3 | 2,4 | 8 | 0,1 | 4 | 6,8 |
| HCO ₃ ⁻ | 20 | 21,5 | 21 | 40 | 134 | 151 | 142 | 67 | 11,4 | 33,2 | 22 | 68 | 284 | 273 | 278 | 131 |
| NH ₄ ⁺ | 0,33 | 0,56 | 0,45 | 0,4 | 1,03 | 1,15 | 1,1 | 1,3 | 2,74 | 0,44 | 1,6 | 0,9 | 1,41 | 1,52 | 1,5 | 0,2 |
| Na ⁺ | 9,4 | 10,9 | 10 | 17 | 18,1 | 21,1 | 20 | 21 | 26,4 | 19,9 | 23 | 27 | 63,4 | 64,8 | 64 | 50 |
| hardh | 2,9 | 2,7 | 2,8 | 3,3 | 10,6 | 9,5 | 10 | 5,1 | 12,8 | 9,0 | 10,9 | 6,3 | 22,7 | 25,9 | 24,3 | 11,6 |
| gel.h. | 18,7 | 18,6 | 18,6 | 17,7 | 43,8 | 39,1 | 40 | 24,0 | 61,7 | 43,1 | 52,4 | 31,6 | 94 | 104,3 | 99 | 48,4 |

*) Gegevens geh. archief RIVM; data 1950-1978 (lit. 7)

Tabel 38. Percentage waarnemingen in het meetnet die de bodemsaneringswaarden overschrijden.

| param. | eenh. | A-waarde | detectie | < det | < A-w | > A-w | > B | > C |
|------------------------------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|-----|-----|
| | | | | % | % | % | % | % |
| Co | µg/l | 20 | 0,008 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Mo | " | 5 | 0,1 | 47 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Hg | " | 0,2 | 2 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Cr | " | 20 | < 5 | 25 | 98 | 2 | 0 | 0 |
| Cu | " | 20 | 5 | 9 | 96 | 4 | 2 | 0 |
| Cd | " | 1 | 0,2 | 64 | 95 | 5 | 2 | 0 |
| VOCl | " | 1 | 10 | 85 | 96 | 4 | 1 | 0 |
| Pb | " | 20 | 5 | 20 | 94 | 5 | 0 | 0 |
| As | " | 10 | 3 | 54 | 94 | 6 | 1 | 0 |
| Ni | " | 20 | 5 | 50 | 90 | 10 | 4 | 1 |
| Zn | " | 50 | 10 | 27 | 89 | 11 | 3 | 1 |
| EOCl | " | 1 | 5 | 7 | 77 | 23 | 0 | 0 |
| orthoP | " | 50 | 0,01 | 22 | 74 | 26 | 9 | 4 |
| Br | " | 100 | 300 | 6 | 70 | 31 | 10 | 3 |
| Ba | " | 50 | 10 | 3 | 31 | 69 | 46 | 8 |
| totP | " | 50 | 0,02 | 9 | 28 | 73 | 43 | 19 |
| NH ₄ ⁺ | mgN/l | 0,2 | 0,2 | 4 | 14 | 86 | 54 | 33 |

LITERATUURLIJST

1. Appelo C.A.J. et al
Beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit in het infiltratiegebied van de noordwestelijke Veluwe.
Reeks Bodembescherming deel 11, Staatsuitgeverij 1982
2. Blanken M.J.M. den, Rapport van de werkgroep berekeningen van de Commissie Bescherming Waterwingebieden.
KIWA-rapport, 1977
3. Bots, W.C.P.M. et al,
Voorbeelden van bodemmilieus in Nederland
Handboek Milieubeheer Deel IV, Bodembescherming, hoofdstuk 2.3 Uitg. Vermande en Zonen,
4. Boumans L.C.J. Kwaliteitsvariaties in het grondwater Rapport RIVM (in voorbereiding)
5. Busz G.T., Bodemgebruik en bodemsamenstelling in Nederland
Rapport HYH 79-06, 1979
6. Duijvenbooden W. van, De samenstelling van het in de Achterhoek gewonnen grondwater. Basisrapport Commissie Bestudering Waterhuishouding Gelderland, 1980
7. Duijvenbooden W. van, Diffuse en lokale verontreinigingsbronnen en hun effecten op het grondwater, H₂O (12)1979, nr. 23 p 525-529
8. Duijvenbooden W. van, Kwaliteit en herkomst van het grondwater gewonnen op pompstation Holten, RID-rapport 1975
9. Duijvenbooden W. van Groundwater quality in The Netherlands - collection and interpretation of data.
The Sci of the Tot-Envir. 21 (1981) 221-232
10. Gast L.F.L. en Taat, J., Concentratiekaarten van de eerste bemonstering van het meetnet grondwaterkwaliteit. Rapport RIVM, (in voorbereiding)

11. Gast L.F.L. en Taat J., Statistische bewerking van de eerste bemonstering van het meetnet grondwaterkwaliteit Rapport RIVM (in voorbereiding)
12. Mook, W.G. Collegedictaat isotopenhydrologie
13. Taat J., Gegevensverwerking en opslag van het meetnet grondwaterkwaliteit. Rapport RIVM 1984

Leden Begeleidingscommissie meetnet Grondwaterkwaliteit

- Dr. Mr. D.A. Zeilmaker (voorzitter)
VROM, Directie Bodem, Water, Stoffen
- Ir. E.C. de Jongh (secretaris)
VROM, Directie Bodem, Water, stoffen,
Hoofdafdeling Bodem, Leidschendam
- Drs. W.J. Willems
VROM, Directie Bodem, Water, Stoffen,
Hoofdafdeling Bodem, Leidschendam
- Ir. S.G. Bos
VROM, Directie Drink- en Industrierwatervoorziening
- Mr. H.J.M.H. Geradts
VROM, Directie Drink- en Industrierwatervoorziening, Leidschendam
- Ir. W.J.M. Sprong
VROM, Directie Bodem, Water, Stoffen
Hoofdafdeling Stoffen, Leidschendam, tevens CCRX
- Ir. C.G.E.M. van Beek
Vewin, Nieuwegein
- Dr. H.A.M. de Kruijf
RIVM, Lab voor Ecologie, Water en Drinkwater, Leidschendam
- Dr. A.W. Fonds
RIVM, lab voor Anorganische Chemie,
Bilthoven
- Dr.Ir. J.P.G. Loch
RIVM, Lab voor Bodem en Grondwateronderzoek, Leidschendam
- Ir. W. van Duijvenbouden (projectleider)
RIVM, Lab voor Bodem en grondwateronderzoek, Leidschendam

| Provincie | Totaal opp. (gem. ingedeeld) | | Cultuurgrond | | | | Tot. vlgg. landb. telling km ² (176) | Bos km ² | Natuurlijk terrein km ² | Overige gronden xx) | Water breder dan 6m | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------------------|------------|--------------|-----------------|------------|---------|--|------------------------|--|------------------------|------------------------|-----------------|------------|------|--------|------|---------|------|--------|
| | t.o.v. | | Bouwland | Tuintbouw*) | | Totaal | | | | | | | | | | | | | |
| | km ² | prov. Ned. | | km ² | prov. Ned. | | | | | | | km ² | prov. Ned. | | | | | | |
| Groningen | 2499 | 100 6,8 | 1289 | 52 3,5 | 760 | 30 2,1 | 28 | 1 0,1 | 207 | 83 5,7 | 1789 | 23 | 1 0,1 | 21 | 1 0,1 | 207 | 8 0,6 | 170 | 7 0,5 |
| Friesland | 3865 | 100 10,5 | 232 | 6 0,6 | 2569 | 66 6,9 | 18 | 1 0,1 | 2819 | 73 7,6 | 2334 | 96 | 2 0,3 | 207 | 5 0,6 | 218 | 6 0,6 | 525 | 14 1,4 |
| Drenthe | 2681 | 100 7,3 | 939 | 35 2,5 | 1076 | 40 2,9 | 11 | 1 0 | 2025 | 76 5,4 | 1731 | 272 | 10 0,7 | 163 | 6 0,4 | 184 | 7 0,5 | 37 | 1 0,1 |
| Overijssel (incl. NOP) | 3928 | 100 10,6 | 663 | 17 1,8 | 2218 | 56 6,0 | 80 | 2 0,2 | 2962 | 75 8,0 | 2516 | 371 | 10 1,0 | 162 | 4 0,4 | 308 | 8 0,8 | 124 | 3 0,3 |
| Gelderland | 5131 | 100 13,9 | 514 | 10 1,4 | 2620 | 51 7,1 | 154 | 3 0,4 | 3288 | 64 8,9 | 2648 | 891 | 18 2,4 | 304 | 6 0,8 | 527 | 10 1,4 | 121 | 2 0,3 |
| Utrecht | 1395 | 100 3,8 | 36 | 2 0,1 | 819 | 59 2,2 | 46 | 3 0,1 | 902 | 64 2,4 | 707 | 192 | 14 0,5 | 28 | 2 0,1 | 206 | 15 0,6 | 67 | 5 0,2 |
| N.Holland | 2912 | 100 7,9 | 509 | 18 1,4 | 1114 | 38 3,0 | 236 | 8 0,6 | 1858 | 64 5,0 | 1498 | 114 | 4 0,3 | 166 | 5 0,5 | 519 | 18 1,4 | 256 | 9 0,7 |
| Z.Holland | 3326 | 100 9,0 | 598 | 18 1,6 | 1204 | 36 3,3 | 294 | 9 0,8 | 2096 | 63 5,7 | 1666 | 58 | 2 0,2 | 101 | 3 0,3 | 614 | 18 1,7 | 457 | 14 1,2 |
| Zeeland | 2745 | 100 7,4 | 1179 | 43 3,2 | 210 | 8 0,6 | 161 | 6 0,4 | 1551 | 57 4,2 | 1284 | 24 | 1 0,1 | 68 | 2 0,2 | 147 | 5 0,4 | 955 | 35 2,6 |
| N.Brabant | 5106 | 100 13,8 | 1088 | 21 2,9 | 2124 | 42 5,7 | 230 | 4 0,6 | 3442 | 67 9,2 | 2847 | 685 | 14 1,8 | 154 | 3 0,4 | 630 | 12 1,7 | 194 | 4 0,5 |
| Limburg | 2209 | 100 6,0 | 654 | 30 1,8 | 674 | 31 1,8 | 163 | 7 0,4 | 1491 | 68 4,0 | 1161 | 278 | 13 0,7 | 77 | 3 0,2 | 320 | 14 0,9 | 43 | 2 0,1 |
| 0/2-Flevoland | 1152 | 100 3,1 | 492 | 43 1,3 | 58 | 5 0,2 | 50 | 4 0,1 | 599 | 52 1,6 | 551 | 85 | 7 0,2 | 196 | 17 0,5 | 81 | 7 0,2 | 191 | 17 0,5 |
| NEDERLAND | 36948 | 100 100 | 8277 | 22 22,4 | 15385 | 42 41,6 | 1449 | 4 4,9 | 25113 | 68 67,9 | 20731 | 3089 | 8 8,4 | 1647 | 4 4,5 | 3962 | 11 10,7 | 3138 | 9 8,5 |

*) inclusief braakliggend terrein
 **) in hoofdzaak bebouwd terrein

N.B. De cijfers voor bouwland, grasland en tuintbouw (tezamen cultuurgrond) zijn, voor wat betreft de verdeling, gebaseerd op de landbouwtelling 1976

Bodemgebruik per provincie (bron: Bodemstatistiek jan. 1976, CBS).

| gebied | KLEI | | ZAND | | VEEN | | LEEM | | totaal bouw- land* | totaal gras- land | % grasland t.o.v. cultuurgrond vgl. Landbouwtelling |
|------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------|---|
| | bouw- land*) | gras- land | bouw- land | gras- land | bouw- land | gras- land | bouw- land | gras- land | | | |
| GRONINGEN | 34 | 19 | 25 | 11 | 6 | 5 | - | - | 65 | 35 | 37 |
| FRIESLAND | 7 | 36 | 1 | 32 | - | 23 | 1 | - | 9 | 91 | 91 |
| excl. 4 Friese-eil. | 7 | 36 | 1 | 32 | - | 23 | 1 | - | | | |
| 4 Friese eilanden | - | 30 | - | 70 | - | - | - | - | | | |
| DRENTHE | - | - | 32 | 44 | 13 | 11 | - | - | 45 | 55 | 53 |
| OVERIJSSSEL(inclNOP) | 10 | 8 | 13 | 55 | 1 | 13 | - | - | 24 | 76 | 75 |
| excl. N.O. Polder | 1 | 8 | 14 | 62 | 1 | 14 | - | - | | | |
| N.O. Polder | 70 | 9 | 7 | 10 | 2 | 2 | - | - | | | |
| GELDERLAND | 13 | 33 | 16 | 37 | - | 1 | - | - | 29 | 71 | 80 |
| Achterhoek | 4 | 16 | 28 | 52 | - | - | - | - | | | |
| Veluwe | 2 | 20 | 17 | 57 | - | 4 | - | - | | | |
| Betuwe | 31 | 62 | 3 | 3 | - | - | 1 | - | | | |
| UTRECHT | 8 | 42 | 3 | 22 | - | 25 | - | - | 11 | 89 | 91 |
| N-HOLLAND | 31 | 36 | 6 | 8 | 1 | 18 | - | - | 38 | 62 | 60 |
| excl. Texel | 32 | 36 | 5 | 7 | 1 | 19 | - | - | | | |
| Texel | 8 | 34 | 28 | 30 | - | - | - | - | | | |
| Z-HOLLAND | 35 | 33 | 3 | 2 | 1 | 26 | - | - | 39 | 61 | 57 |
| ZEELAND | 81 | 10 | 6 | 3 | - | - | - | - | 87 | 13 | 14 |
| N-BRABANT | 13 | 9 | 30 | 45 | 1 | 2 | - | - | 44 | 56 | 62 |
| N-Brabant-West | 29 | 11 | 24 | 32 | 1 | 3 | - | - | | | |
| N-Brabant-Oost | 2 | 8 | 34 | 54 | - | 1 | - | - | | | |
| LIMBURG | 8 | 10 | 34 | 17 | 1 | 1 | 17 | 12 | 60 | 40 | 45 |
| N./Midden-Limburg | 9 | 9 | 51 | 25 | 1 | 2 | 1 | 2 | | | |
| Z.-Limburg | 7 | 12 | 8 | 4 | - | - | 41 | 28 | | | |
| NEDERLAND (excl. O/Z-Flevoland) | 18 | 21 | 17 | 29 | 2 | 10 | 2 | 1 | 39 | 61 | 61 |

N.B. De cijfers hebben alleen betrekking op cultuurgrond (excl. glastuinbouw)

* incl. tuinbouw. excl. glastuinbouw.

| Provincie | Landoppervlakte vlg. | | Klei % t.o.v. km ² prov. Ned. | Zand ⁴⁾ % t.o.v. km ² prov. Ned. | Veen % t.o.v. km ² prov. Ned. | Leem % t.o.v. km ² prov. Ned. | Steden ⁵⁾ + algemene onderscheidingen km ² prov. Ned. | Humusarme ⁶⁾ zandgronden km ² prov. Ned. |
|---------------------------|--|--|--|--|--|--|---|--|
| | Bodem ¹⁾ statistiek 1:200 000 km ² | Bodemkaart ²⁾ % t.o.v. km ² prov. Ned. | | | | | | |
| Groningen | 2329 | 2263 100 6,6 | 1163 51 1,1 | 365 16 1,1 | 666 30 1,9 | 1 - - | 68 3 0,2 | 69 3 0,2 |
| Friesland | 3340 | 3354 100 9,8 | 1454 43 4,2 | 1047 31 3,1 | 783 23 2,3 | - - - | 70 2 0,2 | 314 9 0,9 |
| Drenthe | 2644 | 2646 100 7,8 | - - - | 1770 67 5,2 | 764 29 2,2 | 3 - - | 109 4 0,3 | 370 14 1,1 |
| Overijssel (incl. NOP) | 3804 | 3840 100 11,2 | 729 19 2,1 | 2437 64 7,1 | 561 14 1,6 | 13 - - | 100 3 0,3 | 355 9 1,0 |
| Gelderland | 5010 | 5051 100 14,8 | 1609 32 4,7 | 3049 60 8,9 | 54 1 0,2 | 46 1 0,2 | 293 6 0,8 | 1250 25 3,7 |
| Utrecht | 1328 | 1373 100 4,0 | 562 41 1,6 | 466 34 1,4 | 237 17 0,7 | 1 - - | 107 8 0,3 | 215 16 0,6 |
| N.Holland | 2656 | 2780 100 3,1 | 1614 58 4,7 | 377 14 1,1 | 547 20 1,6 | 1 - - | 241 8 0,7 | 240 9 0,7 |
| Z.Holland | 2869 | 3011 100 8,8 | 1791 59 5,2 | 275 9 0,8 | 704 23 2,1 | - - - | 241 9 0,7 | 78 3 0,2 |
| Zeeoland | 1790 | 1770 100 5,2 | 1609 91 4,7 | 89 5 0,2 | - - - | - - - | 72 4 0,3 | 51 3 0,6 |
| N.Brabant | 4912 | 4849 100 14,2 | 934 19 2,7 | 3440 71 10,1 | 132 3 0,4 | 138 3 0,4 | 206 4 0,6 | 632 13 1,9 |
| Limburg | 2166 | 2261 100 6,6 | 502 22 2,7 | 1020 45 3,0 | 33 2 0,1 | 567 25 1,7 | 139 6 0,4 | 418 18 1,2 |
| O/Z-Flevoland | 961 | 961 ³⁾ 100 2,8 | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - | - - - |
| NEDERLAND | 33810 | 34158 100 100 | 12928 38 37,7 | 14335 42 42,0 | 4481 13 13,1 | 770 2 2,3 | 1646 5 4,8 | 3992 12 11,7 |

1) landopp. = totaal opp. (gem. ingedeeld) minus opp. water breder dan 6 meter;
 2) landopp. ; totaal opp. van alle kaarteenheden plus opp.(niet-gekaarteerde) steden minus kaarteenheden 1 en 2 (nagenoeg niet-geëreerde buitendijkse gronden);

3) Z-Flevoland staat niet vermeld op Bodemkaart 1:200.000, opp. bepaald op basis van Bodemstatistiek;

gesteld is dat Z-Flevoland geheel uit kleigrond bestaat;

4) inclusief associaties van zand-, leem-, rivierklei- en veengronden, alsmede humusarme zandgronden;

5) nagenoeg geen bodemkartering uitgevoerd;

6) kaarteenheden 100, 130, 116 t/m 124.

Bodemsamenstelling per provincie (bron: Bodemkaart van Nederland 1:200.000, STIBOKA).

Bijlage 3

Omschrijving meetpunten "Meetnet Grondwaterkwaliteit"

De grondboringen voor de inrichting van het meetnet grondwaterkwaliteit werden volgens de pulsboormethode uitgevoerd. Daarom zal allereerst dit boorsysteem worden toegelicht.

De pulsboormethode.

Voor met het pulsen wordt gestart, wordt met behulp van een handgrondboor een gat gemaakt tot aan het grondwater. In dit gat wordt een stalen buis (de boorbuis), aan de onderzijde voorzien van snijtanden, geplaatst. De diameter van de boorbuis bedroeg bij deze putten 150 mm. Recht boven de boorbuis wordt een driepoot met lierwerk en een kabelschijf in de top geplaatst. Aan een staaldraad, die over de schijf loopt, wordt de puls bevestigd. De puls bestaat uit een stuk buis van ca. 1 meter lengte en met een diameter die iets kleiner is dan de diameter van de boorbuis, waarin deze op een neer gelaten kan worden. De onderkant van de puls is voorzien van een snijkant en direct daarboven bevindt zich aan de binnenkant een terugslagklep. Men laat de puls tot op de bodem van de boorbuis zakken en beweegt deze dan met korte slagen op en neer. Hierdoor wordt de grond onder de puls losgewerkt en in de puls gezogen. Hierbij ontstaat onderin de boorbuis een onderdruk onder de puls, waardoor de boorbuis in het boorgat kan zakken. Meestal is het nodig de boorbuis te belasten of de boorbuis te draaien en heen en weer te schudden. Na een aantal malen "pulsen" wordt de volle puls opgehesen en aan de oppervlakte, op een daarvoor ingerichte ondergrond geleegd. Men kan nu zien welke grondsoort zich ter plaatse op die boordiepte bevindt. Bij het pulsen moet het water in het boorgat op een zodanig peil ten opzichte van de grondwaterstand worden gehouden, dat het pulsen gecontroleerd kan plaatsvinden. Hiertoe zal men aan de boring werkwater moeten toevoegen. Een te lage waterstand geeft aanleiding tot opwelling en daardoor minder representatieve grondmonsters; een te hoge waterstand kan het boortempo ongunstig beïnvloeden. Bij de boringen t.b.v. de meetnetputten werd hiervoor leidingwater gebruikt. Bij het voorkomen van grind kan een z.g. grindpuls worden toegepast. Voor klei en leem is er de z.g. kleipuls. Deze puls heeft een groter gewicht en geen klep. Deze puls laat men in de klei of leem dringen, door hem met grote snelheid op deze lagen te laten vallen.

Ontmoet men grote stenen dan is het noodzakelijk deze met een valbeitel te verbrijzelen en daarna met de puls uit de boorbuis te verwijderen.

De hierboven beschreven wijze van boren is de eenvoudigste en heeft tevens als voordeel dat de grondmonsters representatief zijn. De boorsnelheid is ongeveer 10-20 meter per dag; dit is afhankelijk van de opbouw van de ondergrond, de boorstelling en de boordiameter.

Het nemen van de grondmonsters.

Tijdens het boren wordt door de boormeester van elke aangeboorde laag een geroerd grondmonster genomen. Van lagen dikker dan 1 meter wordt van iedere meter een grondmonster genomen. De monsters worden hierna verpakt in door de opdrachtgever ter beschikking gestelde plastic zakken, waarop de plaats, het boringnummer, het aardlaagnummer, de bemonsteringsdiepte en het "stamboeknummer" zijn vermeld.

Alle grondmonsters worden in principe een geruime tijd bewaard voor eventueel nader en uitgebreider onderzoek. In het veld is door de boormeester en/of door de begeleider van het werk aan de hand van de natte monsters een voorlopige grondmonsterbeschrijving gemaakt. De verkregen gegevens worden per boring vastgelegd op een boorstaat.

De boordiepte

Als boordiepte van de meetputten is gekozen voor een diepte van globaal 25 meter beneden het maaiveld. Afhankelijk van de geologische opbouw van de bodem, namelijk het al of niet aanwezig zijn van kleilagen en/of fijne en grofzandige pakketten, zijn echter ook een aantal boringen dieper of ondieper uitgevoerd. Nadat de boring de gewenste einddiepte heeft bereikt, wordt deze afgewerkt tot blijvende waarnemingsput.

De filterstelling en afwerking.

In de boring worden hiertoe op door de begeleider aan te geven diepten pvc-spleetfilters geplaatst. Opwaarts worden deze filters tot boven het maaiveld verlengd met pvc-stijgbuis van gelijke diameter als het bijbehorende filter; en wel zodanig dat de lengte van de stijgbuis boven maaiveld van het hoogste filter

het grootste is. De filter- en stijgbuis zijn onderling door middel van gelijmde mofverbindingen aan elkaar verbonden. De filterlengte bedraagt bij deze putten standaard twee meter.

Het eerste of bovenste filter, \emptyset 57/63 mm, is globaal van 8 tot 10 meter beneden het maaiveld geplaatst. Het tweede of middelste filter, \emptyset 25/33 mm, globaal op 12 tot 14 meter beneden het maaiveld. Het derde of onderste filter, \emptyset 57/63 mm, bevindt zich van 23 tot 25 meter beneden het maaiveld. De filters zijn voorzien van een nylon filterkous en hebben geen zandvang. Nadat deze filters op de juiste diepten zijn gesteld wordt begonnen met het trekken van de boorbuisen. De ruimte rond de filters en stijgbuisen wordt hierbij door de aanwezige zandformatie opgevuld.

De doorboorde klei- en andere moeilijk waterdoorlatende lagen worden met een klei aanvulling afgedicht om ongewenste grondwaterstroming van het ene naar het andere watervoerende pakket te voorkomen. Verder wordt doorgaans van 1 tot 2 meter onder maaiveld een kleiafdichting aangebracht, om een directe indringing van oppervlaktewater in het opgevulde boorgat tegen te gaan. Na het trekken van alle boorbuisen wordt over de boven het maaiveld uitstekende gedeelten van de stijgbuisen een afsluitbare verzinkte stalen beschermkoker, \emptyset 200 mm, geplaatst. De technische gegevens van de putten worden per boring vastgelegd op een afwerkingsstaat.

Het schoonpompen

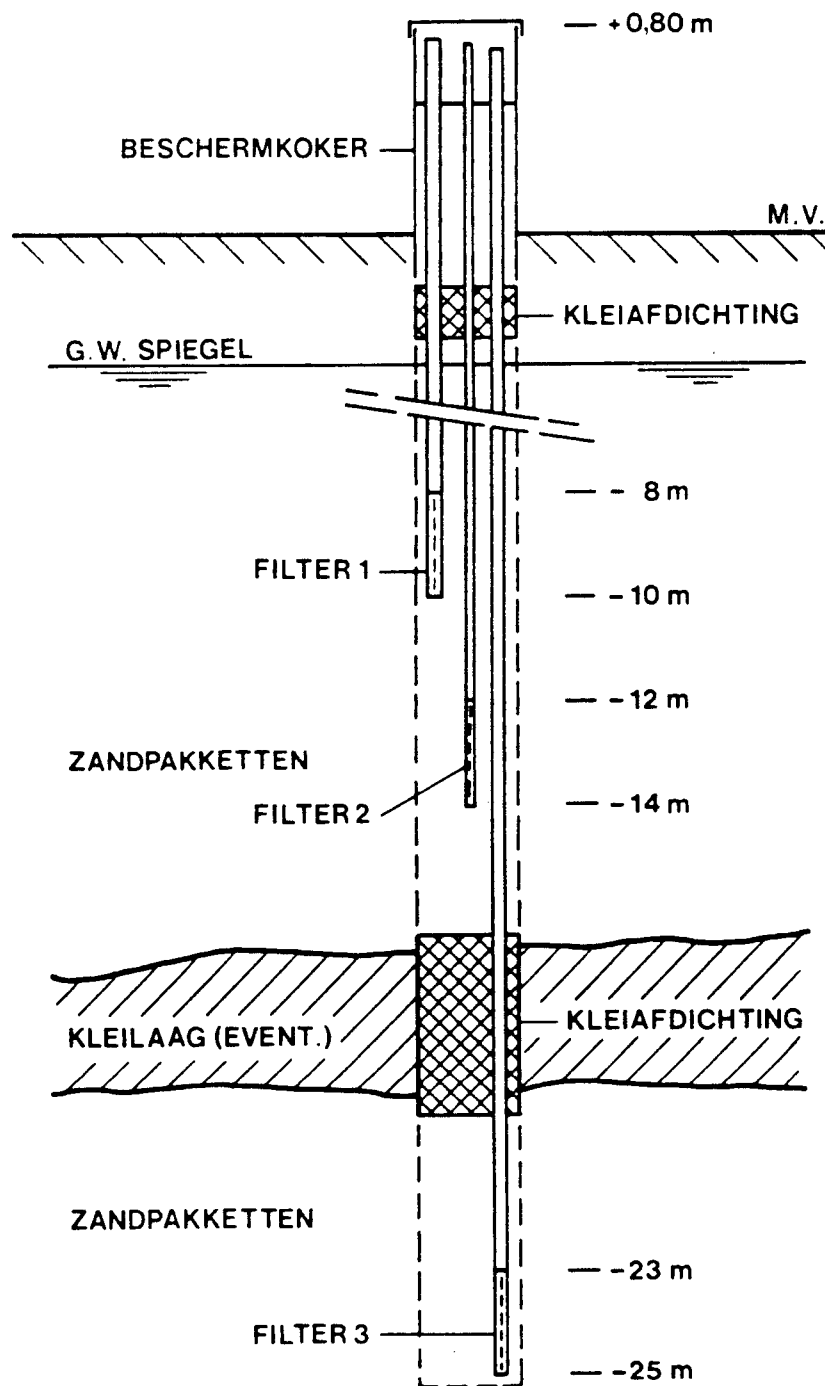
Na het afwerken van de boring tot meetnetput worden de filters met behulp van een op het maaiveld opgestelde centrifugaalpomp, schoongepompt. Het pompen wordt zolang voortgezet totdat het opgepompte water slib- en zandvrij is.

Na het schoonpompen worden de stijgbuisen van de filters aan de bovenkant met een pvc-schroefdop afgesloten. In de schroefdop bevindt zich een kleine opening, waardoor het grondwater in de stijgbuis vrij kan fluktuëren. Na het plaatsen van de deksel op de beschermkoker is de meetnetput gereed.

H.L.J. van Maaren

december 1984

PRINCIPESCHETS MEETNETPUT



Bijlage 4

Basis analyse pakket meetnet grondwaterkwaliteit gedurende de inrichtingsfase.

| | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| soortelijke geleiding | EC |
| zuurgraad | pH |
| natrium | Na ⁺ |
| kalium | K ⁺ |
| magnesium | Mg ⁺⁺ |
| calcium | Ca ⁺⁺ |
| ammonium | NH ₄ ⁺ |
| waterstofcarbonaat | HCO ₃ ⁻ |
| chloride | Cl ⁻ |
| nitraat | NO ₃ ⁻ |
| sulfaat | SO ₄ ²⁻ |
| totaal P | t.P. |
| totaal organisch koolstof | TOC (DOC) |
| kaliumpermanganaat-verbruik | KMnO ₄ |
| extraheerbaar organisch chloor | EOCl |
| vluchtig organisch chloor | VOC1 |
| arseen | As |
| nikkel | Ni |
| zink | Zn |

Incidentele bepalingen gedurende de inrichtingsfase van het meetnet.

| | | |
|------------------------------|----|----|
| NO ₂ ⁻ | Fe | La |
| ortho P | Mn | Ce |
| totaal coliformen | Al | Nd |
| koloniegetal | Se | Sm |
| Br | Te | Tb |
| J | Sb | Yb |
| ³ H(T) | V | Lu |
| 1,2-dichlooretheen | Mo | Au |
| dichloormethaan | W | Sn |
| tetrachloormethaan | Cr | Ta |
| 1,1,1-trichloorethaan | Hg | |

| | |
|-----------------------|--------|
| chloroform | Co |
| broomchloormethaan | Sc |
| trichlooretheen | Hf |
| 1,2-dichloorethaan | Eu |
| 1,2-dichloorpropaan | Th |
| tetrachlooretheen | Ag |
| broomdichloormethaan | Ba |
| 1,1,2-trichloorethaan | Sr |
| dibroomchloormethaan | Rb |
| bromoform | Cs |
| | Cd |
| | Cr(VI) |
| | Cu |
| | Pb |

Bij klasseindeling gehanteerde E.G. norm voor drinkwater

| | eenheid | richtniveau RN | max. toelaatb.conc. MTC |
|-------------------------------|---------|-------------------|----------------------------|
| pH | | 6,5 < pH < 8,5 | 9,5 (oud) |
| EC | mS/m | 40 | 125 (oud) |
| Na ⁺ | mg/l | 20 | 150 |
| K ⁺ | " | 10 | 12 |
| Mg ⁺ | " | 30 | 50 |
| NH ₄ ⁺ | " | 0,05 | 0,5 |
| Ca ⁺⁺ | " | 100 | - |
| HCO ₃ ⁻ | " | - | - |
| Cl ⁻ | " | 25 | 200 (oud) |
| NO ₃ ⁻ | " | 25 | 50 |
| SO ₄ ²⁻ | " | 25 | 250 |
| tot.P | mgP/l | 0,09 | 1,1 |
| TOC | mgC/l | - | - |
| KMnO ₄ | mgO/l | 2 | 5 |
| EOCl | µgCl/l | 0,5 (pestic)-1 | - |
| VOCl | µgCl/l | 0,5 (pestic)-1 | - |
| As | µg/l | 10(EG opp. water) | 50 |
| Ni | µg/l | 5 (oud) | 50 |
| Zn | µg/l | 100 | - |

Bijlage 6

Grondwaterkwaliteit gerelateerd aan resp. bodemgebruik en grondsoort voor de navolgende deelverzamelingen (gemidd.waarden)

| | | |
|-------|----|---|
| tabel | 1 | zoet grondwater, filter 1 |
| | 2 | zoet grondwater, filter 3 |
| | 3 | infiltratiegebieden, filter 1 |
| | 4 | infiltratiegebieden met slechtdoorlatende lagen, filter 1 |
| | 5 | kwelgebieden, filter 1 |
| | 6 | kwelgebieden met slechtdoorlatende lagen, filter 1 |
| | 7 | infiltratiegebieden, filter 3 |
| | 8 | infiltratiegebieden met slechtdoorlatende lagen, filter 3 |
| | 9 | kwelgebieden, filter 3 |
| | 10 | kwelgebieden met slechtdoorlatende lagen, filter 3 |
| | 11 | zoet grondwater met slechtdoorlatende lagen, filter 1 |
| | 12 | zoet grondwater zonder slechtdoorlatende lagen, filter 1 |
| | 13 | zoet grondwater met slechtdoorlatende lagen, filter 3 |
| | 14 | zoet grondwater zonder slechtdoorlatende lagen, filter 3 |
| | 15 | grondwater met tritiumgehalte groter dan 5 TU, filter 1 |
| | 16 | grondwater met tritiumgehalte kleiner dan 5 TU, filter 1 |
| | 17 | grondwater met tritiumgehalte groter dan 5 TU, filter 3 |
| | 18 | grondwater met tritiumgehalte kleiner dan 5 TU, filter 3 |

Alle deelverzamelingen hebben betrekking op zoet grondwater met een chloride concentratie kleiner dan 200 mg/l

Lokatiefilters: filter 1, globaal 8-10 m -m.v.

filter 3, globaal 23-25 m -m.v.

n = aantal waarnemingen

Tabel 1a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 297

Geselecteerd door: mnsta - filter 1, zoet

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|-----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 59 | 6.1 | 33 | 11 | 16. | 69 | 4.6 | 27. | 85 | 167 | 63 |
| Grasland | 111 | 6.7 | 33 | 9.0 | 13 | 80 | 5.0 | 14. | 53 | 249 | 53 |
| Natuurgebied | 51 | 6.0 | 14 | 2.5 | 5.1 | 28 | 2.3 | 17. | 34 | 67 | 25 |
| Zand | 185 | 6.3 | 28 | 9.3 | 9.4 | 62 | 3.8 | 20. | 59 | 133 | 51 |
| Rivierklei | 38 | 7.0 | 32 | 6.3 | 13. | 107 | 9.1 | 5.6 | 16 | 318 | 61 |
| Zeeklei | 20 | 7.1 | 80 | 23. | 34. | 131 | 2.3 | 4.9 | 14 | 620 | 117 |
| Hoogveen | 11 | 5.7 | 18 | 3.5 | 9.0 | 25 | 2.3 | 6.2 | 18 | 94 | 33 |
| Laagveen | 18 | 6.9 | 48 | 4.4 | 10. | 85 | 2.3 | 7.8 | 13 | 326 | 56 |
| Leem | 7 | 6.8 | 27 | 9.3 | 19. | 71 | 3.0 | 7.0 | 80 | 214 | 55 |

Tabel 1b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 13 | 80 | .6 | 4.8 | 7.7 | 7.2 | .8 | 1.1 |
| Grasland | 1.1 | 65 | .5 | 3.6 | 11. | 7.4 | .5 | .1 |
| Natuurgebied | 1.4 | 41 | .1 | .7 | 3.9 | 2.3 | .5 | .2 |
| Zand | 5.9 | 76 | .3 | 1.9 | 7.3 | 4.7 | .6 | .3 |
| Rivierklei | 1.2 | 61 | .6 | 3.2 | 6.0 | 3.3 | .4 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 44 | 1.7 | 14. | 11. | 14 | .5 | .2 |
| Hoogveen | 2.1 | 37 | .1 | 3.8 | 13. | 10 | .6 | 3.7 |
| Laagveen | .1 | 17 | .6 | 6.1 | 16. | 12 | .6 | .1 |
| Leem | 1.1 | 67 | .3 | 2.8 | 8.4 | 15 | .9 | .1 |

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 279

Geselecteerd door: mnsta - filter 3, zoet

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodentype | n | H ⁺ pH | Na ⁺ mg/L | K ⁺ mg/L | Mg ²⁺ mg/L | Ca ²⁺ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO ₃ ⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L |
|-----------------------------|-----|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Bouwland | 55 | 6.4 | 25 | 3.3 | 8.9 | 62 | 2.5 | 12. | 34 | 166 | 50 |
| Grasland | 103 | 6.9 | 20 | 3.2 | 8.8 | 64 | 3.3 | 6.9 | 18 | 216 | 38 |
| Natuurgebied | 45 | 6.5 | 12 | 2.0 | 3.9 | 33 | 2.4 | 6.1 | 24 | 91 | 20 |
| Zand | 176 | 6.7 | 22 | 3.5 | 5.9 | 51 | 2.9 | 8.7 | 35 | 137 | 38 |
| Rivierklei | 34 | 7.2 | 30 | 4.3 | 11. | 102 | 5.1 | 6.8 | 28 | 314 | 5A |
| Zeeklei | 14 | 7.1 | 56 | 11. | 30. | 120 | 1.9 | 4.2 | 17 | 499 | 101 |
| Hoogveen | 11 | 6.0 | 16 | 1.9 | 5.6 | 31 | 2.7 | 6.6 | 15 | 125 | 27 |
| Laagveen | 17 | 6.9 | 29 | 4.5 | 12. | 83 | 2.1 | 5.3 | 13 | 292 | 61 |
| Leem | 7 | 6.6 | 24 | 3.5 | 10. | 65 | 3.2 | 5.6 | 32 | 200 | 35 |

Tabel 2b

| Bodemgebruik - Bodentype | NO ₃ ⁻ mgN L | SO ₄ ⁼ mg/L | tot.P mgP/L | NH ₄ ⁺ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO ₄ mgO/L | EOCl ugCl/L | VOC1 ugCl/L |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 2.5 | 44 | .3 | 2.2 | 6.2 | 6.2 | .9 | .2 |
| Grasland | .3 | 24 | .3 | 2.0 | 7.6 | 5.7 | .5 | .1 |
| Natuurgebied | .4 | 28 | .1 | .6 | 3.8 | 2.2 | .6 | .2 |
| Zand | 1.4 | 41 | .2 | 1.3 | 5.4 | 6 | .5 | .2 |
| Rivierklei | .4 | 36 | .4 | 1.7 | 5.9 | 4.2 | .5 | .3 |
| Zeeklei | .1 | 34 | 1.1 | 9.3 | 8.1 | 14 | 1.8 | .3 |
| Hoogveen | .1 | 14 | .3 | 3.1 | 15. | 10 | .4 | .1 |
| Laagveen | .1 | 12 | .3 | 3.8 | 12. | 7.5 | .7 | .1 |
| Leem | .1 | 27 | .2 | 2.5 | 11. | 19 | 1.5 | .3 |

Tabel 3a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 93

Geselecteerd door: mnsta - filter 1, zoet, infiltratie

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 16 | 6.4 | 38 | 17 | 24 | 84 | 8.5 | 44 | 51 | 163 | 78 |
| Grasland | 34 | 6.2 | 41 | 16 | 15 | 66 | 7.1 | 27 | 133 | 193 | 72 |
| Natuurgebied | 19 | 5.9 | 12 | 2.4 | 4.9 | 20 | 2.7 | 28 | 55 | 37 | 20 |
| Zand | 69 | 6.1 | 31 | 12 | 11 | 59 | 4.5 | 33 | 95 | 111 | 58 |
| Rivierklei | 5 | 6.6 | 25 | 3.8 | 8.9 | 81 | 27 | 11 | 54 | 198 | 53 |
| Zeeklei | 5 | 7.3 | 109 | 37. | 53. | 130 | 2.2 | 7.0 | 14 | 707 | 136 |
| Hoogveen | 2 | 5.7 | 26 | 2.3 | 8.2 | 8 | 1.3 | 3.0 | 10 | 19 | 52 |
| Laagveen | 3 | 7.2 | 66 | 11 | 14. | 117 | 1.5 | 3.7 | 13 | 462 | 88 |
| Leem | 2 | 6.9 | 37 | 24 | 43. | 52 | 2.8 | 8.5 | 30 | 297 | 52 |

Tabel 3b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | VOCl ugCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 18 | 133 | .3 | 6.2 | 6.1 | 6.8 | .4 | .1 |
| Grasland | 2.3 | 90 | .4 | 3.4 | 15. | 9.1 | .5 | .2 |
| Natuurgebied | 1.5 | 44 | .1 | .3 | 3.0 | 1.4 | .6 | .1 |
| Zand | 7.1 | 96 | .2 | 2.5 | 8.5 | 5.4 | .5 | .4 |
| Rivierklei | 3.7 | 89 | .3 | 2.2 | 5.8 | 1.7 | .3 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 46 | 2.2 | 11. | 18. | 17. | .3 | .2 |
| Hoogveen | .1 | 58 | .1 | 3.0 | 8.5 | 8.1 | .3 | .1 |
| Laagveen | .1 | 14 | .9 | 4.6 | 19. | 14. | .5 | .1 |
| Leem | .1 | 81 | .4 | 5.8 | 14. | 31. | .2 | .1 |

Tabel 4a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 46

Geselecteerd door: mnsta - f. 1 zoet, inf. + slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 6 | 6.4 | 34 | 13. | 23. | 67 | 1.8 | 18. | 50 | 144 | 82 |
| Grasland | 20 | 6.3 | 44 | 11. | 15. | 51 | 3.0 | 7.3 | 43 | 186 | 78 |
| Natuurgebied | 6 | 6.4 | 5 | 3.0 | 3.4 | 19 | 2.0 | 8.7 | 43 | 36 | 13 |
| Zand | 30 | 6.2 | 33 | 11. | 9.9 | 56 | 2.7 | 13. | 50 | 105 | 66 |
| Rivierklei | 3 | 6.2 | 14 | 4.7 | 6.3 | 39 | 1.7 | 16. | 83 | 70 | 34 |
| Zeeklei | 4 | 7.3 | 106 | 28. | 50. | 117 | 2.6 | 8.3 | 10 | 682 | 124 |
| Hoogveen | 2 | 5.7 | 26 | 2.3 | 8.2 | 8 | 1.3 | 3.0 | 10 | 19 | 52 |
| Laagveen | 3 | 7.2 | 66 | 11. | 14. | 117 | 1.5 | 3.7 | 13 | 462 | 88 |
| Leem | 2 | 6.9 | 37 | 24. | 43. | 52 | 2.8 | 8.5 | 30 | 297 | 52 |

Tabel 4b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOCl µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 18 | 103 | .2 | 14. | 4.0 | 8.7 | .5 | .1 |
| Grasland | 1.1 | 53 | .5 | 4.5 | 12. | 7.5 | .6 | .1 |
| Natuurgebied | .1 | 34 | .1 | .5 | 3.7 | 0.9 | .3 | .1 |
| Zand | 7.1 | 79 | .2 | 4.2 | 7.9 | 4.3 | .6 | .7 |
| Rivierklei | 6.1 | 103 | .2 | 3.1 | 6.7 | 1.3 | .2 | .1 |
| Zeeklei | .1 | 42 | 2.4 | 21. | 12. | 13. | .3 | .2 |
| Hoogveen | .1 | 58 | .1 | 3.0 | 8.5 | 8.1 | .3 | .1 |
| Laagveen | .1 | 14 | .9 | 4.6 | 19. | 14. | .5 | .1 |
| Leem | .1 | 81 | .4 | 5.8 | 14. | 31. | .2 | .1 |

Tabel 5a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 51

Geselecteerd door: mnsta - filter 1 zoet, kwel

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 12 | 6.2 | 29 | 5.1 | 8.7 | 41 | 3.6 | 18. | 160 | 180 | 48 |
| Grasland | 28 | 7.1 | 21 | 2.6 | 8.6 | 76 | 6.0 | 9.5 | 17 | 234 | 29 |
| Natuurgebied | 6 | 6.1 | 19 | 2.9 | 7.8 | 26 | 1.9 | 9.8 | 30 | 76 | 38 |
| Zand | 31 | 6.7 | 22 | 4.5 | 6.4 | 62 | 5.7 | 10. | 21 | 177 | 35 |
| Rivierklei | 4 | 6.9 | 44 | 7.3 | 27. | 107 | 2.0 | 6.3 | 10 | 401 | 54 |
| Zeeklei | 1 | 7.2 | 82 | 20. | 37. | 140 | .5 | 1.0 | 10 | 536 | 136 |
| Hoogveen | 5 | 6.1 | 16 | 1.8 | 7.6 | 31 | 2.0 | 6.4 | 16 | 149 | 25 |
| Laagveen | 5 | 7.1 | 26 | 3.8 | 8.6 | 59 | 1.8 | 5.0 | 18 | 203 | 47 |
| Leem | 3 | 6.8 | 22 | 3.2 | 4.9 | 65 | 4.3 | 7.7 | 150 | 177 | 42 |

Tabel 5b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | VOC1 ugCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | .1 | 31 | .4 | 4.2 | 14. | 12. | 1.2 | 1.5 |
| Grasland | .2 | 50 | .6 | 1.5 | 8.4 | 5.7 | .4 | .1 |
| Natuurgebied | 1.6 | 40 | .2 | 1.1 | 8.2 | 3.3 | .7 | .2 |
| Zand | .6 | 50 | .6 | 1.4 | 9.2 | 5.9 | .5 | .6 |
| Rivierklei | 1.8 | 71 | 1.2 | 4.9 | 8.0 | 4.8 | .6 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 73 | 1.8 | 11. | 12. | 34. | .2 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 18 | .1 | 4.4 | 15. | 10. | .6 | .2 |
| Laagveen | .1 | 28 | .2 | 1.6 | 12. | 11. | .6 | .1 |
| Leem | .1 | 40 | .2 | 2.0 | 7.7 | 7.5 | 1.6 | .2 |

Tabel 6a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 31

Geselecteerd door: mnsta - f.1 zoet, kwel+slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 8 | 6.4 | 29 | 5.8 | 10. | 54 | 4.5 | 25. | 230 | 244 | 48 |
| Grasland | 15 | 7.0 | 27 | 3.6 | 12. | 78 | 8.3 | 14. | 18 | 277 | 30 |
| Natuurgebied | 5 | 6.1 | 21 | 3.2 | 9.4 | 31 | 2.1 | 12. | 34 | 90 | 43 |
| Zand | 14 | 6.7 | 26 | 7.3 | 8.4 | 70 | 9.1 | 18. | 27 | 224 | 36 |
| Rivierklei | 3 | 6.7 | 55 | 9.1 | 34. | 111 | 1.2 | 7.7 | 10 | 456 | 65 |
| Zeeklei | 1 | 7.2 | 82 | 20. | 37. | 140 | .5 | 1.0 | 10 | 536 | 136 |
| Hoogveen | 5 | 6.1 | 16 | 1.8 | 7.6 | 31 | 2.0 | 6.4 | 16 | 149 | 25 |
| Laagveen | 4 | 7.0 | 28 | 4.4 | 8.5 | 49 | 1.6 | 5.3 | 17 | 178 | 53 |
| Leem | 2 | 6.7 | 29 | 4.0 | 5.8 | 66 | 5.3 | 11. | 220 | 203 | 55 |

Tabel 6b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | VOC1 ugCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | .1 | 30 | .5 | 4.6 | 15. | 13. | 1.4 | .2 |
| Grasland | .2 | 39 | 1.0 | 2.4 | 9.3 | 6.7 | .3 | .1 |
| Natuurgebied | 1.7 | 48 | .3 | 1.3 | 9.6 | 3.5 | .6 | .2 |
| Zand | 1.0 | 47 | 1.3 | 1.5 | 11. | 6.6 | .3 | .1 |
| Rivierklei | 2.3 | 72 | 1.5 | 6.3 | 9.7 | 6.6 | .7 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 73 | 1.8 | 11. | 12. | 34. | .2 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 18 | .1 | 4.4 | 15. | 10. | .6 | .2 |
| Laagveen | .1 | 20 | .1 | 1.8 | 9.3 | 7.8 | .7 | .1 |
| Leem | .1 | 26 | .3 | 2.8 | 7.5 | 7.4 | 1.6 | .2 |

Tabel 7a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 88

Geselecteerd door: mnsta - filter 3 zoet, infiltratie.

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 13 | 6.4 | 27 | 3.0 | 6.3 | 58 | 3.1 | 25. | 41 | 135 | 47 |
| Grasland | 31 | 6.7 | 19 | 3.9 | 8.9 | 54 | 3.0 | 7.4 | 25 | 175 | 39 |
| Natuurgebied | 17 | 6.2 | 10 | 2.1 | 3.3 | 17 | 2.5 | 7.7 | 27 | 45 | 18 |
| Zand | 65 | 6.5 | 24 | 4.0 | 6.0 | 47 | 3.0 | 11. | 54 | 121 | 40 |
| Rivierklei | 5 | 7.0 | 19 | 2.3 | 9.9 | 101 | 7.7 | 17. | 62 | 297 | 45 |
| Zeeklei | 3 | 7.3 | 33 | 18. | 40. | 79 | .5 | 1.0 | 10 | 503 | 28 |
| Hoogveen | 2 | 5.5 | 14 | 2.2 | 5.7 | 6 | 1.8 | 3.0 | 10 | 35 | 31 |
| Laagveen | 3 | 7.3 | 29 | 7.3 | 14. | 105 | 1.5 | 3.7 | 11 | 320 | 80 |
| Leem | 2 | 6.6 | 59 | 10. | 26. | 61 | 2.0 | 5.0 | 55 | 358 | 63 |

Tabel 7b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | OC1 gCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| Bouwland | .3 | 62 | .2 | .7 | 4.4 | 4.2 | .6 | .1 |
| Grasland | .2 | 29 | .3 | 1.7 | 7.3 | 5.4 | .8 | .2 |
| Natuurgebied | .4 | 28 | .2 | .4 | 3.3 | 2. | 1.1 | .1 |
| Zand | .9 | 50 | .2 | 1.2 | 5.4 | 8.3 | .5 | .2 |
| Rivierklei | .1 | 21 | .3 | .6 | 11. | 5.9 | .5 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 4 | 1.1 | 6.4 | 7.0 | 8.3 | 2.5 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 25 | .1 | 2.3 | 18. | 15. | .5 | .1 |
| Laagveen | .1 | 28 | .7 | 4.3 | 7.3 | 6. | .3 | .2 |
| Leem | .1 | 22 | .2 | 7.1 | 20. | 11. | 1.2 | .6 |

Tabel 8a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 72

Geselecteerd door: msta - f.3 zoet, inf.+slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 11 | 6.4 | 27 | 3.0 | 6.3 | 55 | 2.6 | 29. | 46 | 131 | 46 |
| Grasland | 28 | 6.7 | 19 | 4.1 | 9.0 | 52 | 3.2 | 6.5 | 22 | 171 | 39 |
| Natuurgebied | 12 | 6.3 | 10 | 2.5 | 3.9 | 20 | 3.0 | 7.1 | 28 | 52 | 20 |
| Zand | 55 | 6.6 | 25 | 4.2 | 6.4 | 50 | 3.0 | 11. | 59 | 132 | 42 |
| Rivierklei | 3 | 6.8 | 8 | 2.7 | 4.3 | 49 | 12. | 28. | 93 | 133 | 18 |
| Zeeklei | 3 | 7.3 | 33 | 18. | 40. | 79 | .5 | 1.0 | 10 | 503 | 28 |
| Hoogveen | 2 | 5.5 | 14 | 2.2 | 5.7 | 6 | 1.8 | 3.0 | 10 | 35 | 31 |
| Laagveen | 3 | 7.3 | 29 | 7.3 | 14. | 105 | 1.5 | 3.7 | 11 | 320 | 80 |
| Leem | 2 | 6.6 | 59 | 10. | 26. | 61 | 2.0 | 5.0 | 55 | 358 | 63 |

Tabel 8b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | OC1 gCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|--------------|
| Bouwland | .3 | 58 | .2 | .7 | 4.0 | 4.2 | .7 | .1 |
| Grasland | .2 | 28 | .3 | 1.7 | 7.5 | 5.2 | .8 | .2 |
| Natuurgebied | .2 | 30 | .2 | .5 | 3.6 | 1.6 | 1.0 | .1 |
| Zand | .8 | 50 | .2 | 1.2 | 5.6 | 9.1 | .5 | .2 |
| Rivierklei | .1 | 17 | .5 | .6 | 14. | 3.8 | .2 | .1 |
| Zeeklei | .1 | 4 | 1.1 | 6.4 | 7.0 | 8.3 | 2.5 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 25 | .1 | 2.3 | 18. | 15. | .5 | .1 |
| Laagveen | .1 | 28 | .7 | 4.3 | 7.3 | 6. | .3 | .2 |
| Leem | .1 | 22 | .2 | 7.1 | 20. | 11. | 1.2 | .6 |

Tabel 9a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 48

Geselecteerd door: mnsta - filter 3 roet, kwel

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 12 | 6.5 | 21 | 4.7 | 12. | 55 | 2.1 | 6.3 | 26 | 196 | 43 |
| Grasland | 27 | 7.1 | 11 | 1.8 | 4.4 | 50 | 2.8 | 5.6 | 20 | 164 | 20 |
| Natuurgebied | 3 | 6.2 | 13 | 1.7 | 3.5 | 36 | 2.8 | 4.7 | 13 | 123 | 16 |
| Zand | 30 | 6.9 | 16 | 1.6 | 3.9 | 44 | 2.8 | 5.7 | 23 | 153 | 25 |
| Rivierklei | 2 | 7.3 | 9 | 2.5 | 11. | 93 | 1.5 | 3.0 | 7 | 302 | 18 |
| Zeeklei | 1 | 7.3 | 62 | 35. | 76. | 75 | 0.5 | 4.0 | 10 | 540 | 154 |
| Hoogveen | 5 | 6.5 | 14 | 1.8 | 6.2 | 44 | 2.2 | 7.0 | 22 | 181 | 20 |
| Laagveen | 4 | 6.7 | 17 | 3.0 | 4.4 | 37 | 2.0 | 5.8 | 15 | 104 | 44 |
| Leem | 3 | 6.5 | 5 | .8 | 2.9 | 77 | 4.8 | 5.3 | 30 | 141 | 14 |

Tabel 9b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOCl µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | .1 | 10 | .5 | 3.1 | 9.3 | 11. | 1.2 | .2 |
| Grasland | .1 | 15 | .2 | .7 | 6.5 | 6.1 | .4 | .2 |
| Natuurgebied | .1 | 28 | .1 | 1.1 | 4.3 | 2.5 | .9 | .2 |
| Zand | .1 | 17 | .2 | 1.2 | 5.6 | 6.5 | .5 | .2 |
| Rivierklei | .1 | 31 | .4 | .7 | 3.0 | 2.4 | .3 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 5 | 1.6 | 5.9 | 9.0 | 39. | .2 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 9 | .5 | 3.0 | 16. | 9.3 | | .1 |
| Laagveen | .1 | 12 | .2 | .8 | 12. | 5.4 | 1.0 | .1 |
| Leem | .1 | 20 | .1 | .3 | 9.3 | 32. | 1.7 | .2 |

Tabel 10a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 35

Geselecteerd door: mnsta - f. 3, zoet, kwel + slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodengebruik - Bodentype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 11 | 6.5 | 22 | 4.9 | 12. | 58 | 2.1 | 6.4 | 26 | 204 | 44 |
| Grasland | 17 | 6.9 | 12 | 2.2 | 5.6 | 53 | 2.5 | 5.7 | 20 | 176 | 23 |
| Natuurgebied | 2 | 6.2 | 14 | 2.0 | 4.5 | 51 | 2.0 | 5.0 | 15 | 180 | 15 |
| Zand | 20 | 6.9 | 20 | 1.8 | 4.4 | 47 | 2.3 | 5.5 | 24 | 165 | 28 |
| Rivierklei | 1 | 7.2 | 9 | 4.0 | 18. | 130 | 2.0 | 5.0 | 5 | 410 | 24 |
| Zeeklei | 1 | 7.3 | 62 | 35. | 76. | 75 | .5 | 4.0 | 10 | 540 | 154 |
| Hoogveen | 5 | 6.5 | 14 | 1.8 | 6.2 | 44 | 2.2 | 7.0 | 22 | 181 | 20 |
| Laagveen | 3 | 6.4 | 21 | 3.7 | 5.3 | 40 | 2.3 | 7.3 | 16 | 109 | 55 |
| Leem | 2 | 6.9 | 6 | .8 | 4.3 | 112 | 4.0 | 3.5 | 15 | 206 | 17 |

Tabel 10b

| Bodengebruik - Bodentype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl ugCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | .1 | 9 | .6 | 3.0 | 9.1 | 11. | 1.2 | .2 |
| Grasland | .1 | 20 | .2 | .9 | 8.2 | 6. | .3 | .2 |
| Natuurgebied | .1 | 35 | .1 | 1.7 | 6.0 | 3.1 | | .2 |
| Zand | .1 | 21 | .3 | 1.5 | 6.2 | 6.8 | .4 | .2 |
| Rivierklei | .1 | 61 | .4 | 1.1 | 3.0 | 2.5 | .3 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 5 | 1.6 | 5.9 | 9.0 | 39. | .2 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 9 | .5 | 3.0 | 16. | 9.3 | | .1 |
| Laagveen | .1 | 13 | .1 | 1.1 | 16. | 4.5 | 1.1 | .1 |
| Leem | .1 | 24 | .1 | .4 | 3.0 | 5. | 2.1 | .2 |

Tabel 11a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 174

Geselecteerd door: mnsta - filter 1, zoet + slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 32 | 6.2 | 34 | 8.6 | 17. | 69 | 2.8 | 18. | 109 | 212 | 67 |
| Grasland | 66 | 6.7 | 39 | 8.7 | 15. | 79 | 3.8 | 9.0 | 22 | 287 | 58 |
| Natuurgebied | 23 | 6.2 | 16 | 2.7 | 6.0 | 36 | 2.1 | 8.6 | 26 | 98 | 31 |
| Zand | 80 | 6.3 | 32 | 9.2 | 10. | 60 | 3.5 | 13. | 45 | 139 | 61 |
| Rivierklei | 31 | 7.0 | 33 | 6.9 | 14. | 108 | 5.5 | 6.2 | 17 | 328 | 63 |
| Zeeklei | 18 | 7.0 | 80 | 21. | 34. | 128 | 2.5 | 5.3 | 13 | 620 | 117 |
| Hoogveen | 10 | 5.8 | 19 | 3.8 | 9.6 | 28 | 1.9 | 6.3 | 19 | 102 | 35 |
| Laagveen | 16 | 7.0 | 52 | 4.8 | 11. | 90 | 1.9 | 8.3 | 13 | 348 | 61 |
| Leem | 6 | 6.8 | 31 | 11. | 22. | 72 | 3.1 | 7.8 | 91 | 228 | 62 |

Tabel 11b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOCl µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 11. | 61 | .4 | 7.4 | 8.1 | 8.3 | .9 | 1.4 |
| Grasland | .4 | 46 | .7 | 5.1 | 11. | 8.2 | .5 | .1 |
| Natuurgebied | .8 | 40 | .2 | 1.1 | 5.2 | 2.8 | .3 | .1 |
| Zand | 6.3 | 65 | .3 | 2.8 | 7.9 | 4.8 | .5 | .4 |
| Rivierklei | 1.3 | 61 | .6 | 3.7 | 6.6 | 3.6 | .4 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 44 | 1.8 | 15. | 9.4 | 13. | .5 | .2 |
| Hoogveen | 2.3 | 39 | .1 | 4.1 | 14. | 11. | .6 | 4.0 |
| Laagveen | .1 | 14 | .6 | 6.8 | 16. | 12. | .6 | .1 |
| Leem | 1.3 | 67 | .3 | 3.2 | 8.5 | 17. | .8 | .1 |

Tabel 12a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 98

Geselecteerd door: mnsta - f. 1, zoet zonder sl. doorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 23 | 6.0 | 33 | 16. | 16. | 64 | 7.7 | 44. | 56 | 107 | 59 |
| Grasland | 37 | 6.4 | 26 | 11. | 9.9 | 81 | 3.5 | 25. | 117 | 183 | 49 |
| Natuurgebied | 21 | 5.4 | 14 | 2.3 | 5.4 | 23 | 2.9 | 29. | 50 | 47 | 21 |
| Zand | 87 | 6.1 | 27 | 11. | 9.9 | 63 | 4.4 | 30. | 78 | 128 | 46 |
| Rivierklei | 2 | 7.3 | 33 | 2.5 | 12. | 90 | 5.5 | 5.0 | 10 | 248 | 62 |
| Zeeklei | 1 | 7.5 | 120 | 73. | 66. | 180 | .5 | 2.0 | 30 | 806 | 183 |
| Hoogveen | 1 | 5.5 | 14 | 1.0 | 3.0 | 3 | 7.0 | 5.0 | 10 | 18 | 12 |
| Laagveen | 1 | 5.2 | 9 | 1.0 | 1.0 | 2 | 8.0 | 5.0 | 10 | 6 | 12 |
| Leem | 1 | 7.1 | 9 | 1.7 | 3.0 | 65 | 2.5 | 2.0 | 10 | 127 | 16 |

Tabel 12b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOC1 ugCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 14. | 108 | .9 | 1.9 | 7.6 | 6.2 | .6 | .9 |
| Grasland | 2.4 | 104 | .2 | 1.3 | 10. | 6.7 | .5 | .1 |
| Natuurgebied | 2.0 | 46 | .1 | .3 | 3.3 | 2. | .5 | .2 |
| Zand | 5.7 | 91 | .3 | 1.2 | 7.2 | 4.9 | .5 | .4 |
| Rivierklei | .3 | 50 | .3 | 1.1 | 3.0 | 1.7 | .2 | .1 |
| Zeeklei | .1 | 62 | 1.4 | 9.4 | 41. | 29. | .2 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 20 | .3 | 1.1 | 9.0 | 8.5 | .2 | .1 |
| Laagveen | .2 | 20 | .0 | 1.1 | 11. | 9.7 | .3 | .1 |
| Leem | .1 | 68 | 0 | .3 | 8.0 | 7.6 | 1.8 | .2 |

Tabel 13a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 209

Geselecteerd door: mnsta - filter 3, zoet + slechtdoorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodentype | n | H ⁺ pH | Na ⁺ mg/L | K ⁺ mg/L | Mg ²⁺ mg/L | Ca ²⁺ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO ₃ ⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L |
|-----------------------------|-----|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Bouwland | 42 | 6.4 | 28 | 3.6 | 9.8 | 66 | 2.4 | 14. | 39 | 185 | 54 |
| Grasland | 80 | 6.9 | 21 | 3.5 | 9.8 | 65 | 2.6 | 6.7 | 17 | 229 | 40 |
| Natuurgebied | 26 | 6.4 | 13 | 2.2 | 4.7 | 33 | 2.7 | 6.6 | 21 | 98 | 21 |
| Zand | 119 | 6.6 | 23 | 3.7 | 6.4 | 53 | 2.7 | 9.3 | 41 | 145 | 41 |
| Rivierklei | 29 | 7.2 | 31 | 4.4 | 11. | 99 | 4.4 | 7.6 | 31 | 305 | 59 |
| Zeeklei | 14 | 7.1 | 56 | 11. | 30. | 120 | 1.9 | 4.2 | 17 | 499 | 101 |
| Hoogveen | 10 | 6.0 | 17 | 2.0 | 6.0 | 33 | 2.2 | 6.8 | 15 | 136 | 29 |
| Laagveen | 15 | 6.9 | 32 | 5.0 | 13. | 92 | 1.9 | 5.6 | 13 | 325 | 68 |
| Leem | 6 | 6.7 | 28 | 3.9 | 12. | 75 | 2.7 | 5.0 | 28 | 231 | 39 |

Tabel 13b

| Bodemgebruik - Bodentype | NO ₃ ⁻ mgN/L | SO ₄ ⁼ mg/L | tot.P mgP/L | NH ₄ ⁺ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO ₄ mgO/L | EOC1 µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 1.4 | 44 | .3 | 2.6 | 6.5 | 6.8 | 1.0 | .2 |
| Grasland | .2 | 22 | .3 | 2.4 | 8.2 | 5.8 | .5 | .1 |
| Natuurgebied | .1 | 30 | .2 | .9 | 4.2 | 2.5 | .6 | .2 |
| Zand | .9 | 43 | .2 | 1.4 | 5.7 | 6.9 | .4 | .2 |
| Rivierklei | .1 | 37 | .5 | 1.9 | 6.3 | 3.9 | .4 | .3 |
| Zeeklei | .1 | 34 | 1.1 | 9.3 | 8.1 | 14. | 1.8 | .3 |
| Hoogveen | .1 | 15 | .3 | 3.3 | 16. | 11. | .4 | .1 |
| Laagveen | .1 | 12 | .3 | 4.3 | 13. | 7.8 | .7 | .1 |
| Leem | .1 | 30 | .2 | 2.9 | 9.5 | 7.5 | 1.7 | .3 |

Tabel 14a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 46

Geselecteerd door: mnsta - f. 3, zoet zonder sl. doorl. lagen

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 9 | 5.8 | 17 | 2.3 | 5.0 | 41 | 3.9 | 8.1 | 20 | 101 | 36 |
| Grasland | 11 | 6.6 | 22 | 2.4 | 5.8 | 58 | 4.8 | 11. | 20 | 148 | 40 |
| Natuurgebied | 12 | 6.0 | 12 | 2.1 | 3.8 | 39 | 2.2 | 7.4 | 37 | 103 | 22 |
| Zand | 39 | 6.2 | 20 | 3.4 | 5.7 | 51 | 4.0 | 9.6 | 25 | 135 | 39 |
| Rivierklei | 0 | | | | | | | | | | |
| Zeeklei | 0 | | | | | | | | | | |
| Hoogveen | 1 | 5.6 | 8 | 1.0 | 1.0 | 4 | 8.0 | 5.0 | 10 | 20 | 8 |
| Laagveen | 1 | 5.8 | 7 | 1.0 | 1.0 | 2 | 7.0 | 5.0 | 20 | 12 | 8 |
| Leem | 1 | 5.8 | 3 | .8 | .1 | 9 | 6.5 | 9.0 | 60 | 13 | 8 |

Tabel 14b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 2.3 | 37 | .1 | 1.2 | 6.3 | 4.9 | .7 | .2 |
| Grasland | 1.1 | 42 | .1 | .7 | 6.3 | 3.9 | .3 | .1 |
| Natuurgebied | 1.1 | 30 | .1 | .5 | 4.7 | 2.3 | .5 | .2 |
| Zand | 1.6 | 41 | .1 | 1.1 | 5.8 | 3.7 | .6 | .2 |
| Rivierklei | | | | | | | | |
| Zeeklei | | | | | | | | |
| Hoogveen | .1 | 7 | .1 | .8 | 3.0 | 3.3 | .3 | .1 |
| Laagveen | .1 | 15 | .0 | .4 | 1.0 | 1.3 | .3 | .1 |
| Leem | .1 | 14 | .0 | .1 | 22. | 86. | 1.2 | .2 |

Tabel 17a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 122

Geselecteerd door: mnsta - filter 3, zoet + > 5 tritium-units

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|-----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 23. | 6.2 | 23. | 3.3 | 8.6 | 61. | 2.6 | 21. | 52. | 99. | 50. |
| Grasland | 26. | 6.7 | 24. | 3.1 | 7.8 | 66. | 4. | 7.3 | 18. | 176. | 52. |
| Natuurgebied | 29. | 6.5 | 13. | 1.7 | 3.6 | 31. | 2. | 6.4 | 26. | 82. | 22. |
| Zand | 86. | 6.4 | 22. | 4.8 | 6.8 | 52. | 2.9 | 11. | 50. | 119. | 44. |
| Rivierklei | 19. | 7.2 | 42. | 5.6 | 12. | 108. | 5.8 | 6.8 | 18. | 306. | 84. |
| Zeeklei | 1. | 7.6 | 110. | 7.0 | 15. | 104. | 3.0 | 5.0 | 5. | 210. | 200. |
| Hoogveen | 2. | 6.1 | 16. | 2.5 | 9.0 | 48. | 2.0 | 5.0 | 15. | 182. | 27. |
| Laagveen | 2. | 7.3 | 47. | 5.4 | 16. | 103. | 0.5 | 1.0 | 10. | 319. | 110. |
| Leem | 2. | 6.6 | 14. | 1.8 | 9.7 | 111. | 2.0 | 3.5 | 15. | 182. | 29. |

Tabel 17b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 5.9 | 70. | 0.1 | 0.6 | 3.1 | 2.5 | 0.9 | 0.2 |
| Grasland | 0.7 | 42. | 0.1 | 0.7 | 6.1 | 4.2 | 0.5 | 0.2 |
| Natuurgebied | 0.4 | 31. | 0.1 | 0.5 | 3.3 | 2.1 | 0.8 | 0.2 |
| Zand | 2.6 | 54. | 0.1 | 1.1 | 4.8 | 4.4 | 0.6 | 0.2 |
| Rivierklei | 0.5 | 51. | 0.5 | 2.2 | 3.6 | 3.9 | 0.4 | 0.4 |
| Zeeklei | 0.1 | 95. | 0.1 | 1.4 | 1.0 | 2.0 | - | 2.3 |
| Hoogveen | 0.1 | 19. | 0.0 | 2.0 | 11. | 6.3 | - | 0.1 |
| Laagveen | 0.1 | 35. | 0.2 | 1.6 | 12. | 8.5 | 1.0 | 0.2 |
| Leem | 0.1 | 43 | 0.1 | 2.7 | 9.5 | 5.3 | 2.1 | 0.4 |

Tabel 16a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 63

Geselecteerd door: mnsta - filter 1, zoet + <5 tritium-units

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 14 | 6.8 | 49. | 12. | 22. | 72. | 10 | 15. | 106. | 394. | 78. |
| Grasland | 37 | 7. | 39. | 5.4 | 17. | 75. | 2.7 | 6.5 | 12. | 336. | 40. |
| Natuurgebied | 5 | 6.2 | 12. | 1.4 | 7.8 | 40. | 3.0 | 4.2 | 14. | 180. | 15. |
| Zand | 23 | 6.9 | 23. | 5.7 | 10. | 47. | 6.9 | 5.4 | 15. | 184. | 31. |
| Rivierklei | 5 | 7.1 | 30. | 6. | 21. | 99. | 2.7 | 3.4 | 9. | 438. | 29. |
| Zeeklei | 14 | 7. | 71. | 13. | 37. | 113. | 2.6 | 4.1 | 12. | 614. | 104 |
| Hoogveen | 4 | 6.3 | 13. | 1.8 | 8.8 | 36. | 2.0 | 6,8 | 15. | 178. | 19. |
| Laagveen | 10 | 6.8 | 50. | 2.4 | 8.6 | 78. | 2.8 | 11. | 12. | 306. | 46. |
| Leem | 2 | 6.7 | 32 | 4.3 | 3.8 | 38. | 3.8 | 3.5 | 15. | 107. | 54. |

Tabel 16b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 0.1 | 21. | 0.8 | 9. | 11. | 11. | 0.9 | 0.2 |
| Grasland | 0.6 | 19. | 0.9 | 6.3 | 9.7 | 8.3 | 0.5 | 0.1 |
| Natuurgebied | 0.4 | 7. | 0.5 | 2.6 | 7.8 | 6.3 | 0.6 | 0.2 |
| Zand | 1.0 | 22. | 0.3 | 1.3 | 8.2 | 5.2 | 0.7 | 0.1 |
| Rivierklei | 0.1 | 14. | 1.3 | 5.7 | 7.2 | 5.6 | 0.3 | 0.1 |
| Zeeklei | 0.1 | 24. | 2. | 17. | 10. | 14. | 0.6 | 0.2 |
| Hoogveen | 0.1 | 8 | 0.1 | 3.4 | 13. | 8.6 | 0.5 | 0.1 |
| Laagveen | 0.1 | 11. | 0.6 | 8. | 12. | 11. | 0.6 | 0.1 |
| Leem | 0.1 | 36. | 0.3 | 2.8 | 11. | 11. | 1.3 | 0.2 |

Tabel 15a.

EERSTE bemonstering; filter: 1;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 224

Geselecteerd door: mnsta - filter 1, zoet + >5 tritium-units

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodemtype | n | H+ pH | Na+ mg/L | K+ mg/L | Mg2+ mg/L | Ca2+ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO3- mg/L | Cl- mg/L |
|-----------------------------|-----|----------|-------------|------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------|-------------|
| Bouwland | 45 | 5.9 | 28 | 11. | 14. | 68 | 2.4 | 31 | 78 | 97. | 58. |
| Grasland | 72 | 6.5 | 29 | 9.3 | 10. | 80 | 6.2 | 18. | 75 | 194. | 58. |
| Natuurgebied | 45 | 5.9 | 14. | 2.6 | 4.9 | 27 | 2.2 | 18. | 37 | 54. | 26. |
| Zand | 157 | 6.1 | 27 | 9.7 | 8.2 | 71. | 4.9 | 23. | 102 | 140. | 58. |
| Rivierklei | 32 | 7.0 | 31. | 6.5 | 12. | 106 | 10. | 6. | 17 | 297. | 64. |
| Zeeklei | 4 | 7.5 | 85 | 26. | 30. | 123 | 1.3 | 3.3 | 13. | 477. | 133. |
| Hoogveen | 6 | 5.2 | 22 | 4.9 | 8.7 | 15 | 2.6 | 6.0 | 21 | 16. | 43 |
| Laagveen | 8 | 7.1 | 46. | 6.9 | 13. | 95. | 1.7 | 4.5 | 15 | 352 | 69. |
| Leem | 4 | 7.0 | 27 | 12 | 29 | 97 | 3.3 | 9.5 | 127 | 315 | 58 |

Tabel 15b

| Bodemgebruik - Bodemtype | NO3- mgN/L | SO4= mg/L | tot.P mgP/L | NH4+ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO4 mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Bouwland | 17. | 99. | 0.5 | 3.5 | 6.7 | 6.1 | 0.8 | 1.4 |
| Grasland | 1.6 | 86. | 0.3 | 1.9 | 11. | 6.9 | 0.6 | 0.2 |
| Natuurgebied | 1.6 | 45. | 0.1 | 0.5 | 3.5 | 1.9 | 0.5 | 0.2 |
| Zand | 6.4 | 84. | 0.3 | 1.9 | 7.1 | 4.7 | 0.6 | 0.4 |
| Rivierklei | 1.4 | 68. | 0.5 | 2.9 | 5.9 | 2.9 | 0.4 | 0.2 |
| Zeeklei | 0.1 | 50 | 0.7 | 5.5 | 15. | 12. | 0.2 | 0.3 |
| Hoogveen | 3.8 | 63 | 0.1 | 3.4 | 15. | 11. | 0.6 | 6.6 |
| Laagveen | 0.1 | 24 | 0.5 | 3.7 | 20. | 14. | 0.6 | 0.1 |
| Leem | 0.1 | 85. | 0.3 | 3.4 | 9.3 | 18. | 0.7 | 0.1 |

Tabel 18a.

EERSTE bemonstering; filter: 3;

GEMIDDELDE WAARDEN

Totaal aantal bemonsteringen 155

Geselecteerd door: mnsta - filter 3, zoet + <5 tritium-units

Overzicht van totalen voor een aantal bodem-gebruiken en -typen:

| Bodemgebruik - Bodentype | n | H ⁺ pH | Na ⁺ mg/L | K ⁺ mg/L | Mg ²⁺ mg/L | Ca ²⁺ mg/L | As µg/L | Ni µg/L | Zn µg/L | HCO ₃ ⁻ mg/L | Cl ⁻ mg/L |
|-----------------------------|-----|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Bouwland | 32. | 6.5 | 27. | 3.4 | 9.2 | 63. | 2.4 | 5.4 | 21. | 214. | 50. |
| Grasland | 76. | 7. | 19. | 3.2 | 9.1 | 63. | 3.3 | 6.4 | 18. | 232 | 32. |
| Natuurgebied | 16. | 6.6 | 11. | 2.4 | 4.2 | 35. | 3.2 | 5.4 | 20. | 109. | 17. |
| Zand | 88. | 6.9 | 21. | 2.2 | 4.9 | 49. | 2.9 | 6.1 | 21. | 154 | 31. |
| Rivierklei | 15. | 7.2 | 14. | 2.7 | 9.4 | 94. | 4.2 | 6.7 | 42. | 324. | 24. |
| Zeeklei | 13. | 7.1 | 52. | 11. | 32. | 122. | 1.9 | 4.2 | 18. | 521 | 93. |
| Hoogveen | 9. | 6. | 16. | 1.8 | 4.8 | 27. | 2.8 | 7. | 15. | 113. | 27. |
| Laagveen | 15. | 6.9 | 27. | 4.4 | 11. | 79. | 2.3 | 5.9 | 13. | 289 | 55. |
| Leem | 5. | 6.5 | 28. | 4.2 | 10. | 47. | 3.7 | 6.4 | 40. | 207 | 37 |

Tabel 18b

| Bodemgebruik - Bodentype | NO ₃ ⁻ mgN L | SO ₄ ⁼ mg/L | tot.P mgP/L | NH ₄ ⁺ mgN/L | TOC mgC/L | KMnO ₄ mgO/L | EOCl µgCl/L | VOC1 µgCl/L |
|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|----------------------------|----------------|----------------|
| Bouwland | .1 | 25. | .4 | 3.3 | 8.4 | 8.8 | 1. | .2 |
| Grasland | .1 | 16. | .3 | 2.4 | 8.1 | 6.2 | .6 | .1 |
| Natuurgebied | .6 | 24. | .2 | .8 | 4.6 | 2.3 | .3 | .2 |
| Zand | .2 | 29. | .2 | 1.4 | 5.9 | 7.5 | .4 | .2 |
| Rivierklei | .2 | 15 | .4 | 1.1 | 9.1 | 4.6 | .6 | .2 |
| Zeeklei | .1 | 30. | 1.1 | 9.9 | 8.6 | 15. | 1.8 | .1 |
| Hoogveen | .1 | 13. | .3 | 3.3 | 16. | 11. | .4 | .1 |
| Laagveen | .1 | 9. | .3 | 4.1 | 12. | 7.3 | .6 | .1 |
| Leem | .1 | 21 | .2 | 2.4 | 12. | 24. | 1.2 | .3 |