

Een fundamenteel onderzoek naar een optimale bemonsteringsdichtheid voor ondiep grondwater

Inleiding

Het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) heeft per 1 januari 1987 een maatregel ingevoerd om te voorkomen, dat woningen worden gebouwd op verontreinigde grond [Ministerie van VROM, 1986]. Deze maatregel behelst het verplicht stellen van een indicatief bodemonderzoek, voorafgegaan door een historisch onderzoek van de bouwlocatie. Het indicatief bodemonderzoek heeft als doel een indicatie te krijgen of de grond



N. B. E. VAN DER SCHUIT
Rijksuniversiteit Utrecht,
Instituut voor Aardwetenschappen afdeling geochemie



S. P. VRIEND
Rijksuniversiteit Utrecht,
Instituut voor Aardwetenschappen afdeling geochemie



J. H. HOOGENDOORN
Dienst Grondwaterverkenning
TNO, Delft/Oosterwolde

en het ondiepe grondwater ter plaatse van de potentiële bouwlocatie zijn verontreinigd, en in hoeverre eventuele verontreiniging een beletsel of beperking kan vormen voor woningbouwplannen [DHV, september 1986]

Bij het bodemonderzoek worden monsters genomen van grondwater en bodem tot een diepte van maximaal 5-10 meter, afhankelijk van de diepte van de grondwaterstand. Van beide typen monsters wordt het extraheerbaar organisch halogeen [EOX] (onder andere bestrijdingsmiddelen) en het gehalte zware metalen (arseen, cadmium, chroom, koper, kwik, lood en zink) bepaald. Van grondwatermonsters wordt bovendien het gehalte vluchtige koolwaterstoffen en aromaten gemeten. In bodemonsters wordt het gehalte polycyclische aromaten en het totaal gehalte cyanide bepaald. Deze bepalingen zijn opgenomen in de 'standaard-opzet indicatief bodemonderzoek', opgesteld door DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV en de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) [DHV, september 1986]. Deze standaard-opzet geeft een handleiding voor het uitvoeren van het historisch onderzoek en het indicatief bodemonderzoek. Bij de uitvoering van het

Samenvatting

Het door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer ingevoerde indicatief bodemonderzoek maakt deel uit van een maatregel ter voorkoming van huizenbouw op verontreinigde grond. Als vuistregel wordt een monsterdichtheid voor grondwater van één monster per hectare gehanteerd. De praktische bruikbaarheid van deze monsterdichtheid en van de gehanteerde toetsingsnormen is bestudeerd aan de hand van een onderzoek in Oosterwolde (gemeente Ooststellingwerf) naar de variatie in ruimte en tijd van zware metalen in ondiep grondwater. Hierbij is gebruik gemaakt van een systematisch bemonsteringspatroon en aangepaste variantie-analyse.

Ten aanzien van de zware metalen geldt in het onderzochte gebied dat een monster representatief is voor een gebied van maximaal 25 x 25 m. De grote tijdvariatie maakt het indicatief bodemonderzoek tot een momentopname van de grondwatersamenstelling.

Een strikte hantering van het toetsingskader staat hierdoor in geen verhouding tot de informatie die de grondwatermonsters representeren.

Aanbevolen wordt om bij indicatieve bodemonderzoek, met name bij het bijstellen van de voorlopige praktijk richtlijnen, meer aandacht te besteden aan het historisch onderzoek, de bemonsteringsstrategie en de bemonsteringsdichtheid.

indicatief bodemonderzoek dient gewerkt te worden volgens de voorlopige praktijkrichtlijnen, zoals die opgesteld zijn door het Ministerie van VROM [Ministerie van VROM, 1985]. De meetresultaten van het indicatief bodemonderzoek worden geïnterpreteerd met behulp van de toetsingstabel voor de beoordeling van concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in de bodem [Leidraad bodemsanering, 1983]. Als indicatieve richtwaarde geldt de A-norm als referentiewaarde en de B- en C-norm als toetsingswaarde ten behoeve van respectievelijk (nader) onderzoek en sanering (of saneringsonderzoek).

Het indicatief bodemonderzoek is omgeven met de volgende problematiek:

- Het is onbekend hoeveel monsters er bij wijze van steekproef genomen moeten worden om een redelijk betrouwbaar beeld te krijgen van de bodem- en grondwatergesteldheid op een potentiële bouwlocatie. Tevens is onbekend wat de onderlinge monsterafstand moet zijn.

De standaard-opzet geeft als regel dat per hectare één grondwatermonster en vijf grondmonsters genomen dienen te worden.

- De bemonsteringstechniek, de monsterbehandeling en de analysetechnieken kunnen een aanzienlijke bron van variatie zijn [Van den Toorn, 1983]. Er bestaat onduidelijkheid over de mate van variatie en de precieze oorzaken.

Vooral de monsternamen van vluchtige organische stoffen levert problemen op [Van Steenwijk, 1987].

- Strikte hantering van de referentie- en toetsingswaarden kan moeilijkheden opleveren, aangezien ook in de natuur processen werkzaam kunnen zijn die

aanleiding geven tot overschrijding van de B-en zelfs de C-waarden [Bouwman et al, 1986; Braan G, 1986; Van Bennekom et al, 1987; Pedroli et al, 1988; Hoogendoorn, 1988; Zuurdeeg et al, 1988].

Terecht wordt in een voetnoot van de tabel vermeld dat 'de concentraties dienen te worden beschouwd in samenhang met het gebruik van de bodem en de lokale verontreinigingssituatie'. Wegens gebrek aan kennis dienaangaande wordt deze beschouwing echter veelal achterwege gelaten.

In juli 1987 is een onderzoek gestart met als doel de bepaling van de efficiëntie van de gebruikelijke bemonsteringsstrategie en de praktische hanteerbaarheid van het toetsingskader door inventarisatie van de ruimtelijke variatie en tijdvariatie van de samenstelling van ondiep grondwater. Het analysepakket omvatte de zware metalen zink, cadmium, chroom, lood, koper en barium. De meer complexe analyse van kwik en arseen en de analyse van organische componenten is in deze fundamentele studie achterwege gelaten wegens de hoge kosten.

Ter analyse van de ruimtelijke variatie zijn een landelijk en een bebouwd gebied geselecteerd voor onderzoek. Het dorp Oosterwolde (zie afb. 1) en het hoofdzakelijk agrarisch gebied ten noorden hiervan bleken hiervoor geschikt (respectievelijk dorp- en landsectie). Er is onder meer gebruik gemaakt van variantie-analyse (statistische datainterpretatie) om de ruimtelijke variatie te bestuderen.

Twee locaties zijn gedurende 4 maanden regelmatig bemonsterd om het verloop van de grondwatersamenstelling met de tijd te bestuderen.

Beknopte beschrijving van het onderzoeksgebied

Het onderzochte gebied bevindt zich op de helling van het Drents plateau; ter plaatse varieert de maaiveldhoogte tussen 4 en 8 meter + NAP.

Het landoppervlak wordt voornamelijk in beslag genomen door weilanden, die soms gescheiden worden door boswallen. Op de hoger gelegen gronden komen daarnaast landbouw- en bospercelen voor. Enkele meters beneden het maaiveld bevindt zich de voor Noord-Nederland karakteristieke keileem. Deze keileemlaag ontbreekt veelal in de beekdalen, daarbuiten bedraagt de dikte in het onderhavige gebied enkele meters, plaatselijk oplopend tot circa 5 meter. Boven de keileem, tot aan het maaiveld, is een pakket van overwegend fijne, eolische zanden gelegen. Het gebied is vrij afwaterend met een waterbeheersing middels stuwen en sluizen.

De neerslag die in de bodem infiltreert, stroomt hoofdzakelijk af naar naburige sloten en beken. De grondwaterstand bevindt zich doorgaans minder dan 2 m beneden maaiveld. De positie van de geplaatste waarnemingsfilters binnen het geohydrologisch regime (tot circa 1 meter beneden de grondwaterspiegel) is zodanig, dat verondersteld kan worden dat het bemonsterde grondwater recent geïnfiltreerd regenwater betreft.

Wijze van bemonstering van het ondiepe grondwater

Installatie van peilfilters

Bij de installatie en bemonstering van de peilfilters is gewerkt volgens de voorlopige praktijkrichtlijnen.

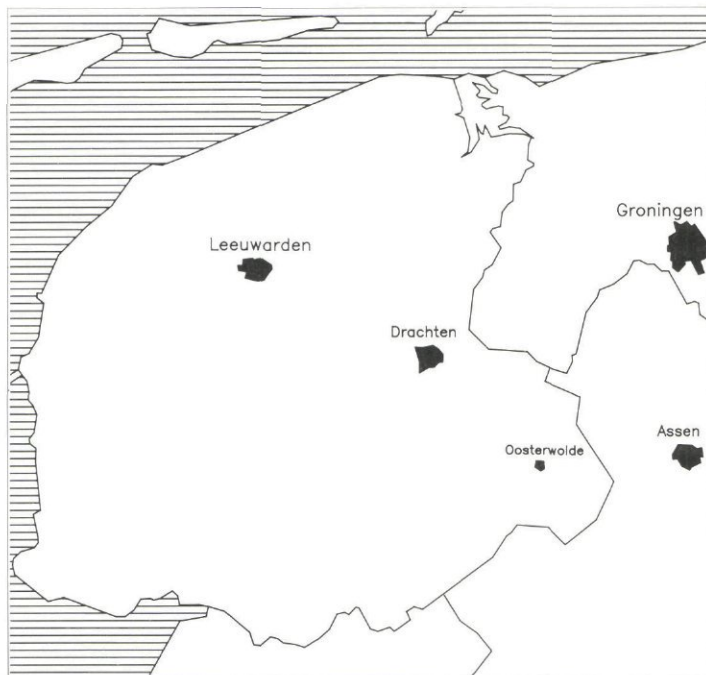
Voor de bemonstering werden in de dorpssectie 63 en in de landsectie 72 peilfilters geplaatst met een lengte van 2 meter en een filterlengte van 50 cm. Na plaatsing werd het peilfilter omstort met fijn grind en werd het boorgat afgesloten met benthonietklei.

Om te voorkomen dat peilfilters beschadigd zouden worden door landbouwwerktuigen werden ze geplaatst op gelijke hoogte met het maaiveld. Bij ieder filter werd een dichtgesmolten en met metaal gevuld stuk pvc-pijp achtergelaten om zodoende met behulp van een metaaldetector het terugvinden van de peilfilters te vergemakkelijken. De peilfilters zijn na plaatsing drie maal leeggepompt.

Monstername

Enkele weken na plaatsing werd voorafgaand aan de monstername ieder peilfilter nogmaals drie maal leeggepompt. Door middel van een vacuüm-systeem

Afb. 1 - Ligging van het dorp Oosterwolde. Voor het onderzoek werden monsters genomen van het ondiep grondwater in het dorp (2,25 km²) en in het agrarische gebied (8 km²) ten noorden hiervan.



werd het monster in een filtreerapparaat gepompt, en gefiltreerd over een 0,45 µm cellulose-nitraat filter. Het monster werd direct aangezuurd met 1-1,5 ml geconcentreerd HCl (pro-analyse kwaliteit) en gekoeld opgeslagen tot het moment van analyse.

Op een twintigtal monsterlocaties werd ook een niet-aangezuurd monster genomen voor de analyse van hoofdcomponenten. Monsterflessen en bemonsteringsapparatuur werden steeds gebruikt na reiniging met verdund HCl en naspoeling met gedestilleerd water.

Analysetechnieken

In het veld zijn temperatuur, elektrisch geleidingsvermogen (Ec) en zuurgraad (pH) gemeten.

De componenten koper en zink zijn gemeten met een vlam atomaire absorptie spectrometer (vlam-AAS). De meetwaarden van lood, cadmium en chroom zijn bepaald met een AAS met grafietoven met Zeemancorrectie. Tijdens de metingen is de continuïteit van de meetnauwkeurigheid gecontroleerd door diverse standaarden in de meetseries op te nemen. De meetnauwkeurigheid was in het algemeen beter dan 10%.

Natrium, kalium, calcium, magnesium, ijzer, mangaan, aluminium en barium zijn gemeten met een ICPEs (inductief gekoppelde plasma emissie spectrometer). Van de twintig niet-aangezuurde monsters werd tevens het gehalte nitraat, ammonium, bicarbonaat, fosfaat, sulfaat en chloride colorimetrisch gemeten met een auto-analyser.

Algemene samenstelling van het ondiepe grondwater

Een algemene karakterisering van de samenstelling van het ondiepe grondwater in het onderzoeksgebied is gebaseerd op de twintig complete analyses, inclusief hoofdelementen.

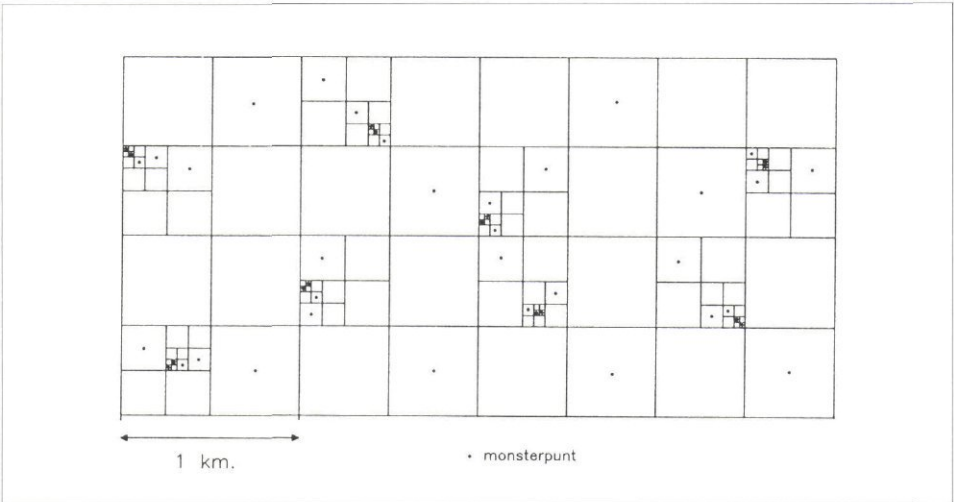
De meetresultaten geven aan dat het grondwater volgens de classificatie van Stuyfzand varieert van het type F0-CaMix tot F2-CaMix [Stuyfzand, 1986]. Dat wil zeggen dat het zoet water betreft met een sterk variërende hardheid. Het water heeft calcium als belangrijkste kation en een mix van anionen.

Binnen het gebied varieert de samenstelling van de mix. Vooral nitraat treedt op de voorgrond als belangrijk anion. Voor nitraat worden concentraties tot 500 mg/liter aangetroffen in het ondiepe grondwater.

Ruimtelijke variatie van zware metalen in ondiepe grondwater

Ontwerp van het monsternamenetwerk

Een grondwatermonster is representatief voor de chemische grondwatersamenstelling van een bepaald oppervlak. Dat wil zeggen dat verwacht wordt dat de samenstelling binnen deze oppervlakte samenhangt met de samenstelling van het monster. De vraag is echter wat de afmetingen zijn van dit oppervlak. Als vuistregel geeft de standaard-opzet dat bij indicatief bodemonderzoek per hectare (100 x 100 meter) één grondwatermonster genomen dient te worden. Er wordt vanuit gegaan dat na analyse van dit monster een betrouwbaar beeld verkregen wordt van de grondwatersamenstelling van de gehele

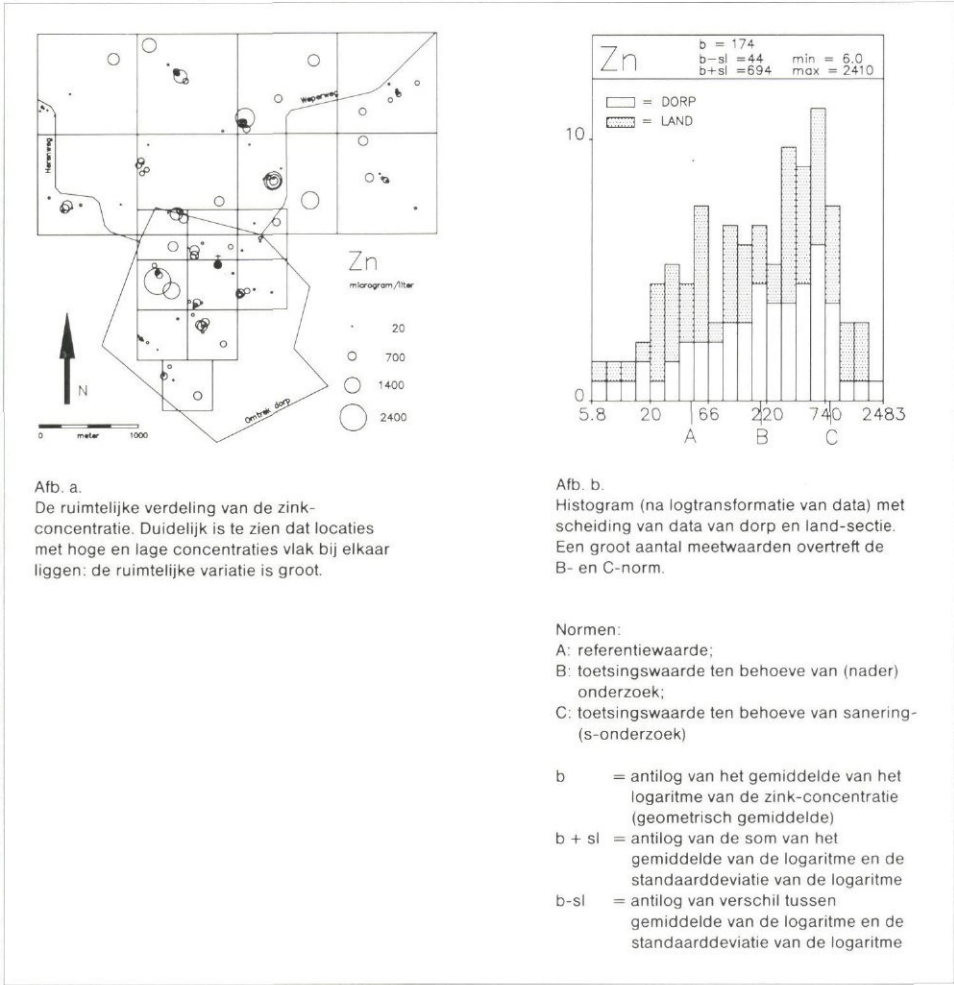


Afb. 2 - Schematische weergave van het bemonsteringspatroon van de land-sectie. De acht basisgebieden (1.000 x 1.000 m) worden opgesplitst in kleinere gebieden. Bij de bemonstering is de opsplitsing verder gegaan dan in deze afb. kan worden aangegeven. Zie ook appendix.

TABEL 1 - Overzicht van de overschrijdingen van de B- en C-normen van de diverse parameters (normen in µg/l).

Component	B-norm	% boven B-norm	C-norm	% boven C-norm
koper	50	17	200	1
zink	200	15	800	12
lood	50	0	200	0
cadmium	2,5	9	10	2
chroom	50	0	200	0
barium	100	77	500	1

Afb. 3 - Weergave van de meetwaarden van zink.



Afb. a.
De ruimtelijke verdeling van de zink-concentratie. Duidelijk is te zien dat locaties met hoge en lage concentraties vlak bij elkaar liggen: de ruimtelijke variatie is groot.

Afb. b.
Histogram (na logtransformatie van data) met scheiding van data van dorp en land-sectie. Een groot aantal meetwaarden overtreft de B- en C-norm.

- Normen:
A: referentiewaarde;
B: toetsingswaarde ten behoeve van (nader) onderzoek;
C: toetsingswaarde ten behoeve van sanering(s-onderzoek)
- b = antilog van het gemiddelde van het logaritme van de zink-concentratie (geometrisch gemiddelde)
b + sl = antilog van de som van het gemiddelde van de logaritme en de standaarddeviatie van de logaritme
b-sl = antilog van verschil tussen gemiddelde van de logaritme en de standaarddeviatie van de logaritme

oppervlakte (hectare). De grootte van het gebied waarover het monster betrouwbare informatie geeft, wordt bepaald door de ruimtelijke variatie in de samenstelling van grondwater. Bij de keuze van een bemonsteringsstrategie voor een indicatief bodemonderzoek zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

Voor de bepaling van bovengenoemde ruimtelijke variatie is gebruik gemaakt van een systematisch bemonsteringspatroon [Garrett & Goss, 1979; Garrett, 1983]. Volgens dit ongebalanceerde, geneste patroon zijn 63 grondwatermonsters genomen in de dorp-sectie en 72 in de land-sectie. De ruimtelijke variatie werd bestudeerd met behulp van variantie-analyse. Het gebruikte patroon levert een besparing van het aantal monsters op van 95% ten opzichte van het voor variantie-analyse gebruikelijke gebalanceerde bemonsteringspatroon. In de appendix wordt het patroon nader toegelicht.

De ruimtelijke variatie van de land-sectie (totaal 8 km²) en de dorp-sectie (totaal 2,25 km²) is in toenemend detail bestudeerd vanaf een schaal van respectievelijk 1.000 x 1.000 m en 500 x 500 m tot een schaal van 10 x 10 m. Nadere detaillering is, een gemiddeld oppervlak van een bouwperceel van 25 x 25 m in aanmerking genomen, achterwege gelaten.

In de land-sectie zijn acht gebieden van 1.000 x 1.000 meter bemonsterd, in de dorp-sectie negen gebieden van 500 x 500 meter. Vanzelfsprekend levert een voor dit soort studies kleine dataset relatief grove schattingen van de variantie op. Een grootschaliger onderzoek zou echter prohibitief duur moeten worden, terwijl een studie van deze omvang bruikbare indicaties zal geven over de ruimtelijke variatie.

Afb. 2 laat een deel van het patroon zien zoals dat gebruikt is in de land-sectie.

Resultaten en interpretatie

De meetwaarden voor de zware metalen overtreffen in veel gevallen de B- en C-normen (tabel I). Bij zink (zie afb. 3) en barium worden de meeste overschrijdingen gevonden. De histogrammen van de verschillende variabelen vertonen een positieve scheefheid, die opgeheven wordt door het nemen van de logaritme van de concentraties. Daar de gebruikte statistische toetsen gebaseerd zijn op een 'normale' verdeling, is verder gewerkt met de logtransformaties van de variabelen.

Ter controle werden locaties met zeer hoge gehalten zware metalen opnieuw bemonsterd. De resultaten van de herbemonstering wijken in het licht van

Appendix

Bij de bepaling van de ruimtelijke variatie wordt er van uitgegaan dat een component een bepaalde regionale variantie heeft. Aangenomen wordt dat dicht bij elkaar gelegen monsters meer op elkaar lijken dan verder uiteenliggende monsters. Dat wil zeggen dat voor een bepaalde (relatief kleine) afstand tussen monsters een kleinere variantie dan de regionale variantie verwacht kan worden. Statistisch gezien zijn dergelijke monsters dan niet onafhankelijk. De variantie als functie van de afstand is nu een maat voor de betrouwbaarheid waarmee een monster een uitspraak doet over een gebied ter grootte van die afstand, ofwel een maat voor de representativiteit.

De betrouwbaarheid neemt dus in principe af met de afstand. Is de afstand zo groot dat de regionale variantie bereikt is, dan geeft het monster geen informatie meer ter detaillering van het regionale beeld. Voor de bestudering van de ruimtelijke variatie is gebruik gemaakt van een systematisch bemonsteringspatroon. Rondom twee peilfilters (deze staan op ongeveer 4 meter afstand van elkaar en vormen tesamen het basisonsterpunt) worden in afmeting toenemende gebieden gedacht, waarin telkens één peilfilter geplaatst wordt (het kleinere gebied heeft afmetingen van 8 x 8 m, het volgende 16 x 16 m, enzovoort). Op deze wijze ontstaan een aantal gebieden die in elkaar passen als een nest schalen.

Het grootste gebied heeft in de land-sectie een afmeting van 1.000 x 1.000 m (in totaal zijn er acht van deze gebieden), in de dorp-sectie 500 x 500 m (in totaal negen gebieden).

Voor de berekening van variantie-analyse werd het fortran IV programma UANOVA, ontwikkeld door Garret & Goss [Garrett & Goss, 1980], aangepast.

De variantie behorende bij een bepaalde gebiedsgrootte wordt berekend als de cumulatieve som van de variantie-componenten.

Deze laatste kunnen gezien worden als de 'extra' variantie die de desbetreffende schaalvergroting met zich mee brengt.

Omdat voor de toetsing van de resultaten van een variantie-analyse 'normale' verdelingen vereist zijn, is bij de berekening gebruik gemaakt van loggetransformeerde data. Ook uitschieters zijn meegenomen in de

berekening. Weglating van de uitschieters levert nagenoeg gelijke resultaten op. Afb. 5 laat het verloop zien van de variantie voor de componenten zink en natrium in de land- en dorp-sectie. Naarmate de afstand tot het basisonsterpunt groter wordt (het gebied wordt groter), neemt de cumulatieve variantie toe tot het niveau van de regionale variantie (horizontale lijn).

Een exacte bepaling van de variantie vereist een oneindig aantal monsters. De variantie kan vanwege het eindige karakter van de studie alleen worden geschat. Omdat een schatting altijd een zekere onnauwkeurigheid impliceert, kan de schatting van de variantie-component negatief zijn. Voor de schatting van de variantie tussen de twee peilfilters die tesamen het basisonsterpunt vormen, is het 95% betrouwbaarheidsinterval berekend. Dit interval is door middel van een gearceerde kolom in afb. 5 aangegeven. De werkelijke variantie ligt ergens in dit interval (met een zekerheid van 95%). Voor de schatting van de variantie-component voor de opeenvolgende schaal-grootten zal de onbetrouwbaarheidsmarge toenemen. De grote spreiding laat slechts toe een globaal verloop van de variantie-component in de afb. te schetsen (gestippelde arcering). De geschetste curve bereikt voor zink in de land-sectie (afb. 5a) het niveau van de regionale variantie bij een gebiedsgrootte van circa 25 x 25 m. Dit geeft aan dat monsters die genomen worden in een gebied groter dan maximaal circa 25 x 25 m rond het basisonsterpunt, statistisch onafhankelijk zijn van het basisonsterpunt. Met andere woorden, het basisonsterpunt zegt niets in detail over de grondwatersamenstelling buiten een gebied van maximaal circa 25 x 25 m. Voor een goede inventarisatie van de samenstelling van het grondwater zou dus na maximaal circa 25 m opnieuw een monster genomen moeten worden. Voor het hoofdelement natrium (afb. 5c en 5d) is de grootte van dit gebied in de land-sectie circa 500 x 500 meter, in de dorp-sectie circa 25 x 25 meter. Het cumulatief variantie-component-diagram voor zink in de dorp-sectie (afb. 5b) laat een ander beeld zien. Het diagram is moeilijker te interpreteren maar het is aannemelijk dat het regionale variantie-niveau al voor een zeer kleine afstand tot het basisonsterpunt bereikt is.

deze studie niet significant af (relatieve standaard deviatie 5-100% na logtransformatie van data).

Afb. 3a laat de ruimtelijke spreiding zien van zink. Locaties met lage en hoge gehalten liggen dicht bij elkaar. Zonder berekeningen kan reeds vastgesteld worden dat de ruimtelijke variatie zeer groot is. De componenten koper, lood, chroom, cadmium en barium laten een vergelijkbaar patroon zien.

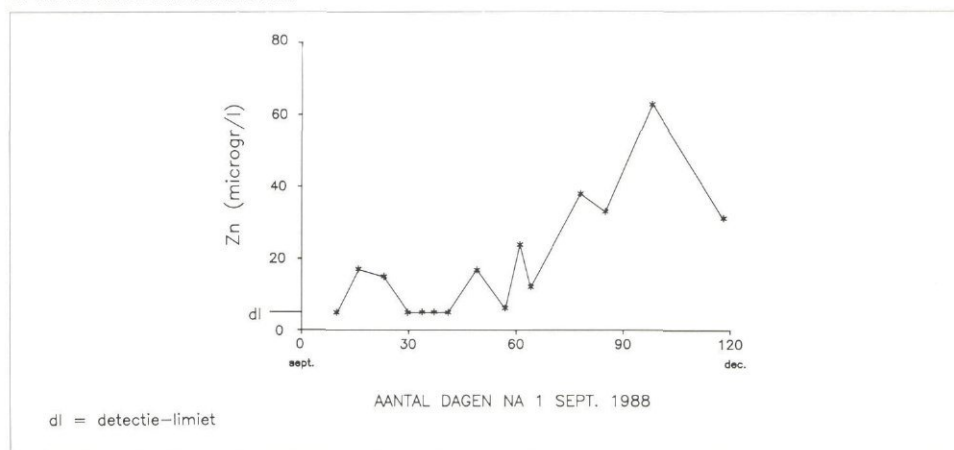
Bij de systematische bemonstering is vanaf elk basis-monsterpunt op ieder van de gekozen afstand-schalen (tussen 10 m en 500/1.000 m) een monster genomen. Voor elke afstand-schaal kan dan met behulp van variantie-analyse bekeken worden of de analyse resultaten voor de betrokken monsters afhankelijk zijn van elkaar. Op kleine afstand verwacht men afhankelijkheid (representativiteit), op zeer grote afstand onafhankelijke resultaten. Doel van de variantie-analyse is nu om de grootste afstand te vinden waarvoor het basisonsterpunt nog representatief is, om zo de meest efficiënte bemonsteringsstrategie te bepalen voor toekomstig onderzoek.

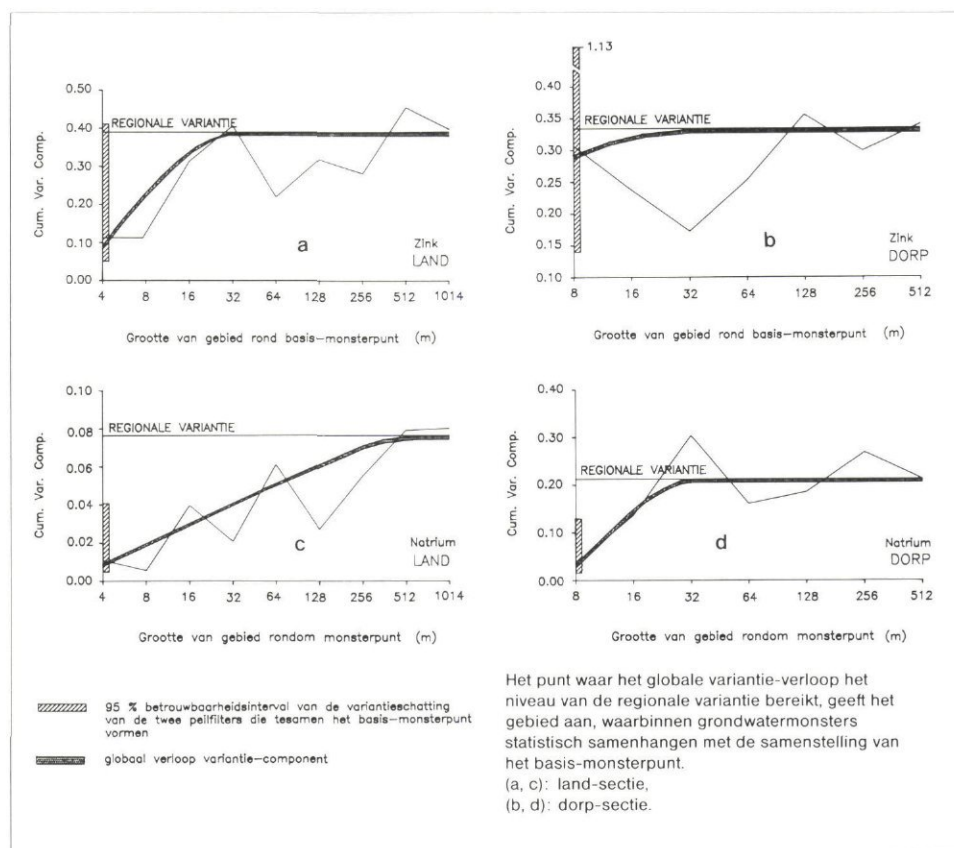
De analyse voor de component zink en het hoofdelement natrium wordt nader toegelicht in de appendix. De daarin beschreven analyse van zink-data is ook toegepast op de componenten koper, lood,

chroom, cadmium en barium. Hiervoor wordt verwezen naar het rapport 'Variabiliteit van zware metalen in ondiep grondwater' [Schuit v. d. et al, 1988]. De variantie-analyse is gebaseerd op schattingen van de variantie op verschillende afstand-schalen. Van de variantie-schatting van de twee peilfilters die tesamen het basis-monsterpunt vormen is een 95% betrouwbaarheidsinterval berekend (zie afb. 5). Dit interval blijkt aanzienlijk te zijn, hetgeen een onnauwkeurige schatting impliceert. Indien het patroon uitgebreid was met

meer gebieden van 1.000 x 1.000 m en 500 x 500 m, zou de schatting beter geweest zijn. Een dergelijk bemonsteringsprogramma is in de praktijk echter niet haalbaar. De onnauwkeurige schatting is op zich een belangrijke aanwijzing dat de ruimtelijke variatie van de onderzochte componenten op kleine afstand zeer groot is. Uit de variantie-analyse volgt dat de samenstelling van het grondwater met betrekking tot alle onderzochte zware metalen statistisch onafhankelijk is van een basis-monsterpunt buiten een gebied van maximaal circa 25 x 25 m rond het

Afb. 4 - Tijdsafhankelijkheid van de zink-concentratie. Het peilfilter is geplaatst aan de rand van een dorpje, ca. 16 km ten oosten van Oosterwolde.





Afb. 5 - Cumulatief variatie-component diagram van zink (a, b) en natrium (c, d). Zie ook appendix.

basis-monsterpunt. Voor de hoofdelementen natrium, kalium en magnesium is de variatie in samenstelling niet eenduidig en deze verschilt voor de land- en dorp-sectie. In de dorp-sectie heeft het gebied waarvan de samenstelling samenhangt met het basismonsterpunt een grootte van maximaal circa 25 x 25 m. In de land-sectie is dit gebied circa 500 x 500 m groot (zie ook afb. 5 en de appendix). Voor calcium geldt in beide secties een gebiedsgrootte van circa 150 x 150 m.

Conclusie

De ruimtelijke variatie van de onderzochte zware metalen in grondwater is in de land- en de dorp-sectie zeer groot. In het studiegebied geeft een monster met betrekking tot de zware metalen zink, koper, lood, chroom, barium en cadmium slechts informatie over een gebied van maximaal 25 x 25 m rond het monsterpunt.

Variatie van het gehalte zware metalen met het verloop van de tijd

Locaties

Om de tijdvariatie in samenstelling van ondiep grondwater te bestuderen, zijn twee peilfilters in de gemeente Ooststellingwerf met regelmatige tussenpozen 15 maal bemonsterd vanaf begin

september tot eind december. Een peilfilter was geplaatst in een nieuwbouwwijk in Oosterwolde, een ander peilfilter was geplaatst in een klein dorpje, circa 16 km ten westen van Oosterwolde.

Resultaten en interpretatie

De meetresultaten van de onderzochte zware metalen zijn uitgezet tegen de tijd. Afb. 4 toont als voorbeeld de grote variatie van de concentraties zink. De componenten koper, lood, chroom, barium en cadmium vertonen een vergelijkbaar patroon. De relatieve standaardafwijking van de meetserie bedraagt 35-75% (na logtransformatie van data). Het concentratieverloop van de hoofdelementen is gelijkmatiger met standaardafwijkingen kleiner dan 10%.

Conclusies

De grote variatie van zware metaalconcentraties met het verloop van de tijd maken het indicatief bodemonderzoek tot een moment-opname. Bij de interpretatie van de resultaten van het onderzoek zal hiermee rekening gehouden moeten worden.

Discussie

Samengevat zijn de conclusies van deze studie naar de ruimtelijke variatie en tijdvariatie van de concentraties zware

metalen in ondiep grondwater in zowel stedelijke als landelijke gebieden:

- In de standaard-opzet voor indicatief bodemonderzoek wordt een monsterdichtheid aangehouden van één grondwatermonster per hectare (100 x 100 meter) niet-verdacht terrein. In het onderzoeksgebied blijkt deze monsterdichtheid niet voldoende. Deze studie wijst erop dat een deugdelijke inventarisatie van de grondwatersamenstelling met betrekking tot de zware metalen zink, koper, chroom, lood, barium en cadmium in feite één monster per oppervlak van maximaal 25 x 25 m vereist.

- De gehalten zware metalen variëren sterk met het verloop van de tijd (weken). Bij een strikte hantering van de toetsingsnormen kan het voorkomen dat meetwaarden op het ene moment onschuldig (lager dan de norm) zijn, terwijl op basis van waarnemingen enkele weken later het nemen van maatregelen noodzakelijk geacht wordt.

- Meetwaarden boven de C-norm komen op verschillende onverdachte locaties in het studiegebied voor. De oorzaak hiervan is niet direct aan te geven.

De geconstateerde fenomenen maken het mogelijk dat enerzijds in principe onverdachte locaties in aanmerking kunnen komen voor sanering of saneringsonderzoek terwijl anderzijds werkelijke (punt)verontreinigingen over het hoofd gezien kunnen worden. Aangenomen mag worden, dat de variatie in chemische samenstelling van grondwater elders in Nederland in gelijksoortige geologische en (geo)hydrologische omstandigheden dezelfde verschijnselen vertoont.

Uit het onderzoek wordt duidelijk dat grote aandacht gegeven moet worden aan de bemonsteringsstrategie van het indicatief bodemonderzoek. Over de kwaliteit van monsternamen en laboratoriumanalyses is in verschillende kring reeds overleg gaande [Overleggroep Kwaliteitsstandaard Bodemonderzoek, 1988].

Naar aanleiding van de bevindingen van het onderzoek kan het volgende worden geadviseerd:

- Voorgesteld wordt om meer nadruk te leggen op het historisch onderzoek binnen het bouwplaatsonderzoek. De gemeenten zijn over het algemeen redelijk op de hoogte van risico-gebieden. Deze gebieden en verdachte locaties komen vervolgens in aanmerking voor gedetailleerd indicatief bodemonderzoek. In onverdachte gebieden kan voorlopig volstaan worden met de gebruikelijke schaal van het indicatief bodemonderzoek. In geval van norm-overschrijding kan

alsnog kleinschalig aanvullend onderzoek verricht worden.

– Bij het onderzoek zijn de ruimtelijke variatie en de tijdvariatie van ondiep grondwater geïnventariseerd. Naar de oorzaken van de variaties is geen onderzoek gedaan. Indien de oorzaken bekend zijn, kunnen variaties onderkend worden en zal het indicatief bodemonderzoek efficiënter uitgevoerd kunnen worden. Een onderzoek naar de oorzaken van de grote variaties (invloed van bodemsamenstelling, zure neerslag, zure infiltratie van mest, bemonsteringsproblemen zoals filterdoorslag en oxidatie/reductie verschijnselen en dergelijke) is gewenst.

– De normatieve waarden uit de toetsingstabel zouden uitgebreid kunnen worden met een betrouwbaarheidsmarge. Nader onderzoek kan uitwijzen hoe groot deze marges zijn voor de diverse bodemtypen.

Indien bij indicatief bodemonderzoek meerdere monsters genomen worden, kan uit de spreiding van de meetwaarden de ruimtelijke variatie op kleine schaal afgeleid worden. Onderkenning van de ruimtelijke variaties maakte een efficiënter indicatief bodemonderzoek mogelijk.

– Gezien de resultaten van dit onderzoek is er behoefte aan een goedkoop type bemonstering en analyse. De nauwkeurigheid van deze procedure kan laag zijn (bijvoorbeeld in de orde van 30% rel.), terwijl de juistheid goed moet zijn. Een soortgelijke situatie wordt gevonden binnen de exploratie geochemie. Bij het opsporen van ertsen worden veel monsters verzameld, die met zeer snelle en goedkope methoden worden genomen en geanalyseerd om vervolgens daar waar verhoogde concentraties worden gevonden gedetailleerder onderzoek uit te voeren [Rose, Hawkes and Webb, 1979].

Literatuur

Bennekom, C. A., Dierx, H. A. L. en Vriezen, W. B. (1987). *Waterkwaliteit bij particuliere waterwinningen met hoge nitraatgehalten*. H₂O (20) 1987, nr. 25, p. 631-635.
Boumans, L. J. M. en Meinardi, C. R. (1986). *Hoge zinkgehalten in het ondiepe grondwater van een natuurgebied in de Peel*. H₂O (19) 1986, nr. 12, p. 263-265.
Braan, G. (1986). *Onderzoek naar mogelijke gevallen van bodemverontreiniging in de provincie Friesland*. Provincie Friesland.
DHV, september 1986. *Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Standaard-opzet indicatief bodemonderzoek*. DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV, Technisch Adviesbureau voor de vereniging van Nederlandse Gemeenten.
Garrett, R. G. and Goss, T. I. (1979). *The evolution of sampling and analytical variation on regional geochemical surveys*. In: J. R. Watterson and P. K. Theobald (Editors), *Geochemical Exploration, 1978*. Association of Exploration Geochemists, Rexdale Ont., p. 371-383.

Garrett, R. G. and Goss, T. I. (1980). *UANOVA: a FORTRAN IV program for unbalanced nested analysis of variance*. Computers & Geosciences, Vol. 6, p. 35-60.

Garret, R. G. (1983). *Sampling Methodology, Handbook of Exploration geochemistry* (G. J. S. Govett & Howarth R. J. editors), volume 2. Statistics and data analysis in geochemical prospecting. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p. 83-110.

Hoogendoorn, J. H. (1988). *Onderzoek vuilstort Weperpolder gemeente Ooststellingwerf*. Dienst Grondwaterverkenning-TNO, Delft/Oosterwolde. Rapport no. OS 88-13.

Ministerie van VROM, (1983). *Directoraat Generaal voor de Milieuhygiëne, Directie Bodem, Water en Stoffen*. Leidraad Bodemsanering, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

Ministerie van VROM, (1985). *Voorlopige Praktijkrichtlijnen (VPR) voor bemonstering en analyse bij bodemverontreinigingsonderzoek*. Hoofdafdeling Bodem, DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV.

Ministerie van VROM, (1986). *Brief van de staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 19200 hoofdstuk XI, nr. 84.

Overleggroep Kwaliteitsstandaard Bodemonderzoek, (1988). *Milieulaboratoria willen aanpassing van richtlijnen voor bodemonderzoek (op studiedag 'bodem en kwaliteit')*. Overleggroep Kwaliteitsstandaard Bodemonderzoek (OKB). Milieutechniek nr. 11, p. 154.

Pedroli B. en Wijk, A. J. van, (1988). *Strijper Aa-gebied rijp voor bodemsanering door hoge zinkgehalten in grondwater?* H₂O (21) 1988, nr. 12, pp. 270-273.

Rose, Hawkes and Webb, 1979. *Geochemistry in mineral exploration*. Second edition, Academic Press London.

Schuit, N. B. E. van der, Vriend, S. P. en Hoogen-doorn, J. H. (1988). *Variabiliteit van zware metalen in ondiep grondwater, 'simulatie van een indicatief bodemonderzoek'*. Dienst Grondwaterverkenning-TNO, Delft/Oosterwolde. Rapport no. OS 88-31.

Steenwijk, J. M. van (1987). *Monsterneming vluchtige organische verbindingen in grondwater onder druk*. H₂O (20) 1987, nr. 14.

Stuyfzand, P. J. (1986). *Een nieuwe hydrochemische classificatie van watertypen met Nederlandse voorbeelden van toepassing*. H₂O (23) 1986, p. 562-568.
Toorn, A. van den (1983). *Het nemen van grondwatermonsters met een drukmethode*. H₂O (16), 1983, nr. 14, p. 328-329.

Zuurdeeg, B. W., Coenegracht, Y. M. A., Vriend, S. P. en Pruysen, F. G. M. van der (1988). *Oriënterend onderzoek aan de arseenverontreiniging te Baarlo*. Rijksuniversiteit Utrecht, faculteit der Geologie en Geofysica, afdeling geochemie.



In memoriam Professor André Van Haute

Op 22 oktober 1989 overleed, na een langdurige en slopende ziekte, André Van Haute, gewoon hoogleraar en Directeur van het Instituut voor Industriële Scheikunde van de Katholieke Universiteit te Leuven.



Geboren te Hamme in 1930, behaalde hij in 1953 het diploma van burgerlijk scheikundig ingenieur aan de KU Leuven, en een jaar later dat van Master in Chemical Engineering aan het Caltech te Pasadena.

Kort na de aanvang van zijn professoraat richtte hij aan het Instituut een Centrum voor Waterontzouting op, waar voornamelijk membraanprocessen werden bestudeerd. Nagenoeg gelijklopend bouwde hij een Laboratorium van Industriële Elektrochemie uit, dat baanbrekend werk verrichtte inzake putcorrosie van roestvrijstaal. Onder zijn impuls kwam te Leuven op het einde van de jaren zestig een specialisatiejaar Milieubeheer tot stand. Van dan af verruimde hij zijn werkterrein met onderzoek in verband met uitvloeking en nutriëntverwijdering, alsmede hergebruik van water.

Als voorzitter van het Genootschap Milieutechnologie van de KVIV legde hij contacten met de NVA en organiseerde hiermee meerdere symposia in België en Nederland.

Prof. Van Haute onderhield veel contacten met onderzoekscentra en universiteiten in het buitenland. In opdracht van ABOS hielp hij aan het Institute of Technology of Surabaya, Indonesië, een specialisatierichting Sanitary Engineering oprichten. Hij was ook voorzitter van de Belgische Commissie van de IAWPR, en organiseerde in die functie talrijke internationale congressen.

Hij was de auteur van een zestal boeken en van talrijke wetenschappelijke bijdragen, waarvan hij vele op internationale congressen heeft voorgedragen.

Dr. ir. D. Wilms