

# Uitloogtesten voor verontreinigde grond

## Inleiding

Niet het totaalgehalte, maar de uitloogbaarheid is uiteindelijk bepalend voor de gevolgen van verontreinigende stoffen in grond voor het omringende milieu. Op grond van de Wet Bodembescherming zijn echter nog geen algemeen geldende uitloogcriteria van toepassing waarop het verwerken (c.q. hergebruiken) of storten van bodemsaneringsgrond kan worden beoordeeld. Verwacht mag worden dat met de invoering van het Bouwstoffenbesluit, dat waarschijnlijk in 1990 of 1991



C. ZEVENBERGEN  
IWACO BV



J. KEIJZER  
IWACO BV

zal worden gepubliceerd, hierin verandering zal komen. Vooruitlopend op deze ontwikkelingen worden in verschillende (provinciale en regionale) regelingen en richtlijnen ten aanzien van (her)gebruik van gereinigde grond en opslag en verwerking van verontreinigde grond uitloogtesten in meer of minder uitgebreide vorm reeds voor geschreven. Ook wordt de uitloogbaarheid steeds vaker meegenomen bij de beoordeling van bodemverontreinigingsgevallen. Onbekendheid met de testprocedures en het ontbreken van een toetsingskader vormen veelal een probleem bij het hanteren van uitlooggegevens voor verontreinigde grond. In dit artikel wordt nader ingegaan op de betekenis en het gebruik van uitloogtesten voor verontreinigde grond.

## Factoren die de uitloogbaarheid bepalen

Onder uitlooging wordt doorgaans verstaan de afgifte van stoffen aan het omringende milieu door een (rest)product ten gevolge van contact met regen-, percolatie- of grondwater. De hoeveelheid en het tempo waarmee deze stoffen aan het omringende milieu worden afgegeven, wordt bepaald door een samenspel van fysische en chemische processen.

De fysische processen die in dit verband voor grond een grote rol spelen zijn met name de transportprocessen convectie en diffusie. Bij slecht waterdoorlatende gronden zoals zware klei, zal de afgifte

## Samenvatting

Testen ter beoordeling van het uitlooggedrag voor verontreinigde grond zijn nog sterk in ontwikkeling. Door het Nederlands Normalisatie-instituut zijn onlangs voor korrelvormige reststoffen uitloogtesten als voornorm NVN 2508 geïntroduceerd. In dit artikel wordt voor de bepaling van het uitlooggedrag voor verontreinigde grond de kolomtest uit de NVN 2508 het meest geschikt geacht. In afwijking van deze voornorm wordt voor grond aanbevolen het uitgangsmateriaal niet te drogen. Deze kolomtest is ongeschikt voor de bepaling van de uitloogbaarheid van vluchtige organische componenten.

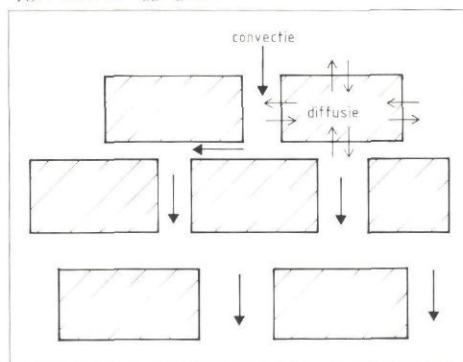
van stoffen in hoofdzaak een gevolg zijn van transport door de in de grond aanwezige concentratiegradiënten. Dergelijk transport wordt aangeduid met diffusietransport en onderscheidt zich van convectief transport doordat niet de concentratiegradiënt, maar de beweging of stroming van het poriënwater verantwoordelijk is voor het transport van de opgeloste stoffen. Convectief transport vindt dus plaats in de grote poriën. In gronden die opgebouwd zijn uit aggregaten kunnen convectie en diffusietransport naast elkaar voorkomen (zie afb 1.). Diffusie is een veel trager transportproces dan convectie.

De hoeveelheid en het tempo waarmee een verontreiniging in grond uiteindelijk zal uitlogen is tevens afhankelijk van die chemische processen die van invloed zijn op de verdeling van de verontreiniging tussen de vaste fase en de bodemoplossing. Met uitzondering van slibarm zand, geldt over het algemeen dat verontreinigingen in de bodem slechts voor relatief klein deel in opgeloste vorm voorkomen als ion of als opgelost complex. Veruit het grootste gedeelte is aanwezig aan de vaste fase van de bodem. Ook kan de verontreiniging zich met name in bodemvreemde structuren ophouden, zoals in sintels, slakken of teerfragmenten. De verdeling tussen de bodemoplossing en de vaste fase wordt bepaald door een complex van factoren. Hierbij spelen eigenschappen van de

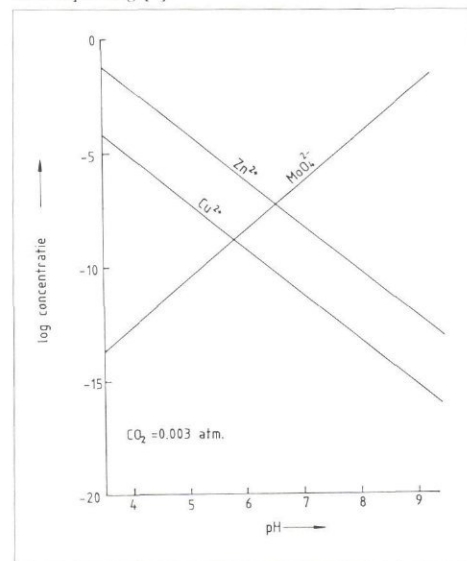
bodem, aard van de verontreiniging en heersende omstandigheden zoals zuurgraad, redoxpotentiaal en microbiologische activiteit een rol. Met name de pH heeft grote invloed op het verdelings-evenwicht tussen beide fasen, omdat veel bindingsvormen alleen stabiel zijn binnen een nauw pH-traject. Bij lage pH lossen diverse precipitaten op en is het aantal bindings- en omwisselingsplaatsen voor veel stoffen gering. Dit geldt ondermeer voor zware metalen als cadmium, koper, lood en zink. Een duidelijk ander gedrag in dit verband vertonen anionogene spore-elementen zoals arseen, seleen en molybdeen.

Afb. 2 geeft het verband weer tussen de pH en de concentratie van een aantal metalen in de bodemoplossing [1]. Deze afb. toont dat bij een dalende pH de oplosbaarheid van koper en zink toeneemt en die van molybdeen afneemt. Bij waterverzadiging en bij aanwezigheid van organische stof moet rekening gehouden worden met oxydatie-reductie (of redox)processen. De redoxsituatie is afhankelijk van de beschikbaarheid van (vrij) zuurstof en wordt bepaald door de

Afb. 1 - Schematisatie van het transport in een bodem opgebouwd uit aggregaten.



Afb. 2 - Verband tussen de concentratie (mol/l) en de zuurgraad van een aantal metalen in de bodemoplossing [1].





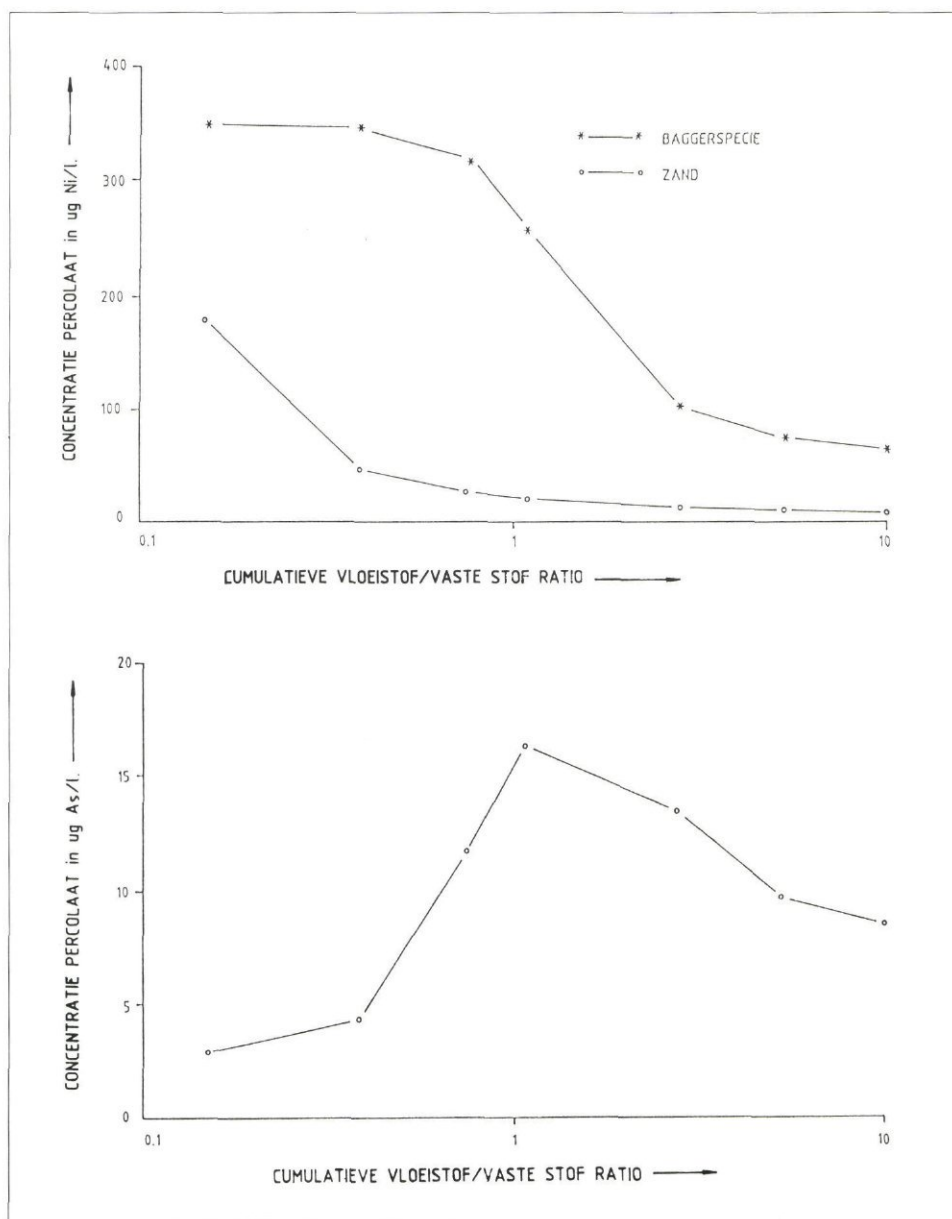
redoxpotentiaal (Eh). Diverse metalen en metalloïden (onder andere Cu, Cr, Fe, Se en As) kunnen afhankelijk van de redox-situatie in de grond in verschillende vormen voorkomen. Deze vormen bezitten ieder hun specifieke oplosbaarheid. Zo komt arseen onder reducerende omstandigheden voor als driewaardig arseen en onder oxyderende omstandigheden als vijfwaardig arseen. Driewaardig arseen is over het algemeen beter oplosbaar dan vijfwaardig arseen. Onder reducerende omstandigheden zijn ook diverse oxyden niet stabiel en zullen vele metalen slecht oplosbare sulfideprecipitaten vormen [2].

Nog niet eerder genoemd is de betekenis van de samenstelling van het contact- of infiltratiewater op het verdelingsevenwicht van stoffen tussen de bodemoplossing en de vaste fase. De wateroplosbaarheid van metalen en organische verontreinigingen wordt verhoogd door de aanwezigheid van opgeloste organische complexvormers, zoals fenolen en carbonzuren. Dergelijke organische verbindingen, welke gevormd worden bij de microbiologische afbraak van organische stof, kunnen zowel slecht wateroplosbare organische verontreinigingen zoals polycyclische aromaten, als wel metalen mobiliseren. Ook bij zeer overvloedig voorkomende anorganische complexvormers als SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> en OH wordt de oplosbaarheid verhoogd. Tenslotte is de ionsterkte, een maat voor de zoutconcentratie van de bodemoplossing, van invloed op de oplosbaarheid. Een verhoging van het zoutniveau leidt over het algemeen tot een verhoging van de wateroplosbaarheid.

### Uitloogtesten

Met een uitloogtest wordt beoogd de uitloging, zoals die in de veldsituatie optreedt, in het laboratorium versneld uit te voeren. Een versnelde uitloging kan worden bereikt door het monster intensief en optimaal in contact te brengen met de extractievloeistof. Optimaal contact kan worden verkregen door bijvoorbeeld te extraheren bij een hoge vloeistof-vastestof (L/S) verhouding. Ook kan de uitloging worden versneld door te extraheren met een zuur of complexvormer.

Uitloogtesten kunnen worden verdeeld in twee categorieën, namelijk in schud- of roertesten en in kolomtesten [3]. Bij schud- of roertesten wordt het materiaal intensief in contact gebracht met een extractievloeistof. De vloeistof-vaste stof-verhouding is vanwege de slechte mengbaarheid bij lage L/S-verhouding, relatief hoog (L/S ≥ 4). Extractie bij een hoge



Afb. 3 - Nikkel- en arseenconcentratie van het percolaat van een kolomtest versus de cumulatieve l/s ratio.

L/S brengt met zich mee dat oplosbaarheidsbeperkingen, zoals die in poriënwater van invloed kunnen zijn op de uitloging, bij de test zelf geen rol hoeven te spelen. Schud- of roertesten kunnen worden uitgevoerd in meerdere extractiestappen. Een meervoudige extractie is van belang wanneer één bepaalde component een andere component remt in de afgifte. Een dergelijk antagonisme komt bijvoorbeeld voor tussen calcium en arseen [4]. Schud- of roertesten hebben als voordeel dat zij op een snelle en eenvoudige wijze zijn uit te voeren en dat zij een indicatie geven van de voor uitloging beschikbare hoeveelheid. Nadeel is echter dat het resultaat vaak moeilijk naar de veldsituatie te vertalen is.

In tegenstelling tot schud- en roertesten

geven kolomtesten informatie over het concentratieverloop in de tijd. Bij kolomtesten wordt het materiaal in een kolom met de extractievloeistof doorpompt. De wijze van contact tussen de vaste stof en de extractievloeistof komt bij benadering overeen met die in de veldsituatie. De vloeistof-vaste stof verhouding van de eerste percolaten is laag. Kolomtesten zijn vrij lastig uit te voeren. Ongewenste effecten zoals kanaalvorming en een niet-uniforme pakking kunnen het resultaat beïnvloeden. Kolomtesten duren over het algemeen vrij lang (een aantal dagen tot enkele weken). Niet alleen de testcondities zijn van invloed op het resultaat, maar ook factoren als monsternamen en -bewerking. Zo heeft bijvoorbeeld droging veelal een verandering in de redoxtoestand tot



gevolg en kunnen tijdens de conservering componenten vervluchtigen of worden afgebroken. Voor grond is dan ook beter het monster voor de uitloogtest niet te drogen. Ook de voorbehandeling, conservering en analyse van het uitloogextract zijn van invloed op het uiteindelijke resultaat. Over het algemeen wordt het aanbevolen monster aan te zuren om precipitatie te voorkomen. Dit geldt echter niet voor alle componenten, waaronder Hg, F en Si [5]. De reproduceerbaarheid in de analyse van uitloogextracten kan vanwege de veelal lage concentraties en de variatie in de matrixsamenstelling sterk uiteenlopen. Hierover zijn echter nog weinig gegevens bekend.

Door de Studiegroep Ontwikkeling Standaard Uitloogtesten voor Verbrandingsresiduen (SOSUV) is vanaf 1980 gewerkt aan de ontwikkeling van uitloogtesten voor reststoffen. De door de SOSUV ontwikkelde testprocedure voor korrelvormige produkten, is onlangs door het Nederlandse Normalisatie-instituut als voornorm NVN 2508 geïntroduceerd [6]. Deze testen betreffen een zogenaamde beschikbaarheidtest, een kolom- en een cascade-test en zijn vooralsnog alleen bedoeld voor metalen. Uit onderzoek is echter gebleken dat ook voor PAK bevredigende resultaten zijn bereikt [7]. In het hiernavolgende zal op het gebruik van deze testen specifiek voor grond nader worden ingegaan.

De beschikbaarheidstest dient een indicatie te geven van de maximaal voor uitloging beschikbare fractie. Hierbij wordt het vervallen produkt ( $< 125 \mu\text{m}$ ) bij een L/S van 100 en bij een constante pH van 4 geëxtraheerd. In hoeverre in gronden onder natuurlijke omstandigheden de zuurgraad van de bodemoplossing ten gevolge van zure en verzurende stoffen in het regenwater, ook daadwerkelijk deze pH bereikt, wordt bepaald door het zuurbindend of bufferend vermogen. Het blijkt echter dat het bufferend vermogen van de Nederlandse gronden zeer uiteen kan lopen [8]. Voor veel gronden is geen drastische pH-verlaging van de bodemoplossing ook op de zeer lange termijn te verwachten. Omdat de uitloging niet gerelateerd wordt aan het bufferend vermogen, is het beoordelen van verschillende gronden alleen op basis van de beschikbaarheidstest daarom in feite niet reëel.

Bij de kolomtest wordt het materiaal in een kolom in upflow met aangezuurd ( $\text{pH} = 4$ ) demiwater doorpompt. De diameter van de kolom wordt bepaald de dia-

meter van de korrel van het materiaal. Bij een te kleine kolomdiameter zullen randeffecten het resultaat te veel beïnvloeden. Te grote kolommen maken het experiment daarentegen te lang. Voor fijnkorrelige materialen zoals grond, wordt een binnen diameter van 5 cm en een hoogte van minimaal 20 cm aanbevolen. Het uittredende percolaat wordt opgevangen in zeven fracties (cumulatieve L/S 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 1,0; 5,0 en 10,0). Het debiet varieert tussen de 0,2 tot 0,6 m/dag. De totale duur van de kolomproef bedraagt circa drie weken.

Bij natuurlijke waterstroming in de verzadigde en onverzadigde zone treden over het algemeen geen hogere snelheden dan circa 0,25 m/dag op. Kolomtesten hebben dus relatief hoge percolatiesnelheden. Dit kan tot resultaat hebben dat het werkelijke concentratieverloop afwijkt van dat verkregen bij de kolomtest en wel zodanig dat in de veldsituatie de eerste eluaten een hogere concentratie vertonen vanwege een langere contacttijd dan in het laboratorium. Ook de concentratieafname bij toenemende L/S zal in de veldsituatie groter zal zijn dan in het laboratorium.

De cascade-test of schudtest vormt in feite het vervolg op de kolomtest. Het materiaal uit de kolom wordt bij de cascade-test bij een L/S van 20 in aangezuurd ( $\text{pH} = 4$ ) demiwater gedurende 23 uur vijfmaal geëxtraheerd, zodat de cumulatieve L/S oploopt van 20 tot 100. Voor grond kan zich een praktisch probleem voor doen dat filtratie over een  $0,45 \mu\text{m}$  filter dermate traag verloopt dat de proef niet volgens de voorgeschreven extractie tijden kan worden uitgevoerd. Ook de aansluiting van de kolom op de cascadeproef kan ten gevolge van een verandering in zoutlast of ionsterkte niet goed verlopen, hetgeen de interpretatie kan bemoeilijken [9].

L/S waarden corresponderen met een zekere tijdschaal. De omrekeningsfactor is afhankelijk van ondermeer de dikte van het pakket (of storthoogte) van de grond en het neerslagoverschot en kan worden berekend uit:

$$L/S = \frac{1000 \times N}{D \times \zeta} \times t, \text{ waarbij}$$

N = neerslagoverschot in m/j

D = storthoogte of dikte van het pakket in m

$\zeta$  = soortelijke massa in  $\text{kg/m}^3$

t = tijd in j.

Bij een storthoogte van 25 centimeter, een neerslagoverschot van 500 mm/j en een soortelijke massa van  $2000 \text{ kg/m}^3$  komt een L/S van 1 dus overeen met één jaar.

Ter illustratie zijn in de afb. 3a en 3b uitloogkarakteristieken voor nikkel en arseen weergegeven verkregen uit een kolomtest. De uitloging van nikkel voor baggerspecie wordt gekarakteriseerd door een vrij constante afgifte gevolgd door geleidelijke afname. Dit verloop is een gevolg van een toelevering vanuit de vaste fase door desorptie van nikkel. In tegenstelling tot baggerspecie vertoont zand een piekafgifte in het eerste percolaat. De bulk van nikkel is na een eerste doorspoeling van het poriënvolume grotendeels uitgeloozd. Het niveau van de (relatief) lage vervolgafgifte wordt in belangrijke mate bepaald door toelevering vanuit de kleine poriën door diffusie. De uitloging van arseen vertoont een maximum, nadat het eerste poriënwater is vervangen. Een dergelijk verloop is een aanwijzing dat de afgifte van arseen pas plaats heeft nadat een andere component is uitgeloozd.

Deze afbeeldingen laten zien hoe belangrijk het is de test volledig uit te voeren. Het voortijdig beëindigen kan een onjuiste interpretatie van het concentratieverloop tot gevolg hebben.

Voor wat betreft de monsternamen en voorbehandeling is de NVN 2508 niet eenduidig en in onvoldoende mate afgestemd op bodemsaneringsgrond, waarbij deze aspecten van grote invloed zijn op het uiteindelijke resultaat van de test.

### Slotbeschouwing

Bij de beoordeling van grond op basis van de uitloogbaarheid gaat het niet alleen om de totaal uitloogbare hoeveelheid, maar ook om het verloop van de concentratie in de tijd en de maximale concentratie. Dergelijke informatie kan op basis van uitsluitend een enkelvoudige extractie niet worden verkregen. Meervoudige schudproeven of cascadeproeven en kolomtesten voorzien wel in deze mogelijkheid, waarbij kolomtesten het voordeel hebben de uitloging ook bij lage L/S waarden te kunnen bepalen hetgeen een reële vertaling van het resultaat naar de veldsituatie mogelijk maakt.

Testprocedures ter bepaling van de uitloging zijn nog sterk in ontwikkeling. Door het Nederlands Normalisatie-instituut zijn onlangs voor korrelvormige produkten uitloogtesten als voornorm (NVN 2508) geïntroduceerd. Van deze testen lijkt de kolomtest voor grond het meest geschikt. Opgemerkt moet echter worden dat aan resultaten van een uitloogtest slechts conclusies kunnen worden verbonden indien niet alleen de uitloogtest zelf, maar ook de monsternamen en -bewerking



van het uitgangsmateriaal, alsmede de opwerking en analyse van de uitloog-extracten, volgens gestandaardiseerde voorschriften worden uitgevoerd. Voornoemde onderdelen zijn in deze voornorm nog onvoldoende uitgewerkt, hetgeen een verantwoord gebruik van deze uitloogtesten specifiek voor grond, met name voor keuringsdoeleinden, op dit moment nog in de weg staat.

#### Aangehaalde literatuur

1. Lindsay, W. L. (1980). *Solid phase-solution equilibria in soils. Chemistry in the environment*. Spec. Publ. No. The Chem. Soc., London.
2. Bartlett, R. J. (1980). *Oxidation-reduction status of aerobic soils. Chemistry in the environment*. Spec. Publ. No. The Chem. Soc., London.
3. Scheunert, I. en Klein, W. (1985). *Predicting the movement of chemicals between environmental compartments (air-water-soil-biota)*. In: P. Sheekan, F. Korte, W. Klein and Ph. Bourbeau (Eds). *Appraisal of tests to predict the environmental behaviour of chemicals*.
4. Groot, G. J., Sloot, H. A. van der and Wijkstra, J. (1978). *Leaching characteristics of hazardous elements from coal fly ash as a function of acidity of the contact solution and the liquid/solid ratio*. Proc. 4th Int. Hazardous waste symp. Alaska, may 1987.
5. Zevenbergen, C. en Wenders, J. (1987). *Onderzoek naar de invloed van verschillende conserveringsmethoden op de concentraties van componenten in extracten van de standaarduitloogtest*. Intronrapport nr. 87283. Afrondende werkzaamheden werkgroep SOSUV-1.
6. Nederlands Normalisatie-instituut. (1988). *Bepaling van de uitloogkarakteristieken van kolen-reststoffen NVN 2508*.
7. Brinkman, F. J. J., Knaap, A. G. A. L. en Kramers, P. G. H. (1989). *Onderzoek naar de gehalten aan polycyclische aromaten in binnen het voormalige Laura-terrein te Kerkrade verzamelde monsters. Uitloogbaarheidsproeven. Risico-evaluatie met betrekking tot de Volksgezondheid*. RIVM-rapport 748704018.
8. Hoeks, J. (1983). *Verzuring van bodem en grondwater als gevolg van atmosferische depositie*. ICW-nota 1480.
9. Wilde, P. G. M. de, Jansen, G. L. J., Keijzer, J. en Aalbers, Th. G. (1988). *Onderzoek naar de discontinuïteit in het uitlooggedrag van diverse metalen uit afvalstoffen door het separaat uitvoeren van de kolom- en de cascade-uitloogproef*. RIVM-rapport 218704001. Afrondende werkzaamheden werkgroep SOSUV-1.

● ● ●

## Niet Leuven, maar Wageningen

De cursus 'Automatische verzameling en verwerking van gegevens voor het water-beheer', die op pag. 759 van het vorige nummer is aangekondigd, wordt niet in Leuven gehouden, maar in Wageningen. Nadere inlichtingen: Bureau PHLO (secretariaat of ing. F. Appel), Postbus 8130, 6700 EW Wageningen, tel. 08370-84093/84094.

## Onderzoek naar gevolgen lozing zout kwelwater Wieringermeer op Waddenzee

De provincie Noord-Holland heeft het ingenieursbureau Witteveen + Bos opdracht gegeven onderzoek te doen naar de eventuele veranderingen in de water-kwaliteit van de Waddenzee als gevolg van de afleiding van het zoute kwelwater uit de Wieringermeer. Het onderzoek zal naar verwachting eind februari 1990 afgerond worden. Afhankelijk van de uitkomsten van het onderzoek zal bekeken worden of aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn.

Enkele maanden geleden presenteerde de provincie Noord-Holland een voorstel om het zoute kwelwater uit de Wieringermeer rechtstreeks bij Den Oever op de Waddenzee te lozen. Doel van deze afleiding is de verzilting van het IJsselmeer, een belangrijke bron voor de drinkwatervoorziening in Noord-Holland, terug te dringen.

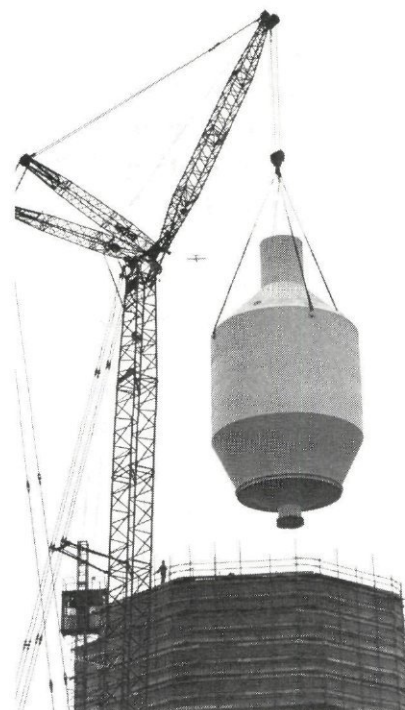
In dit stadium zal het onderzoek zich richten op het inzichtelijk maken van de verandering in het waterkwaliteitsbeeld van het op de Waddenzee geloosde water bij realisering van de afleidingsplannen. Daarnaast zal een toetsing plaatsvinden aan de hand van de juridische 'randvoorwaarden' in het kader van de WVO (Wet Verontreiniging Oppervlaktewater), het Noordzee Actieplan en het Waddenzee Actieplan.

Met dit onderzoek komt de provincie tegemoet aan de wensen van zowel de Vereniging tot Behoud van de Waddenzee als de voorlopige Waddenzee-adviesraad, om duidelijkheid te krijgen over de gevolgen van de lozing in de Waddenzee. De Vereniging tot Behoud van de Waddenzee is om die reden (mede namens de Voorlopige Waddenzee-adviesraad) vertegenwoordigd in de begeleidingsgroep voor het onderzoek.

## Nieuw reservoir in Haagse watertoren

Met het inhijzen van een nieuw water-reservoir is op 27 november jl. voor de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage het hoogtepunt bereikt in de restauratie van de Haagse watertoren.

De watertoren van Den Haag, daterend uit 1874 en 40 meter hoog, is niet alleen een gemeentelijk monument dat bepalend is voor de omgeving. Het historische gebouw speelt ook een rol bij de heden-daagse drinkwatervoorziening. Mocht onverhoopt de stroom uitvallen waarmee



de pompen worden gevoed die het water de leiding instuwen, dan moet het met water gevulde reservoir in de toren het leidingnet op druk houden totdat – na hooguit één minuut – de eigen generatoren van het pompstation in werking zijn getreden en de stroomlevering aan de pompen is hervat.

Een nieuwe kap werd een dag later op de toren geplaatst. De kap is voorzien van koperen leien die na verloop van tijd een groene kleur aannemen. De totale restauratie van de watertoren, met inbegrip van het uitwendige herstel, moet in de tweede helft van volgend jaar klaar zijn.

Dat herstel van de buitenkant omvat het gedeeltelijk vervangen van metselwerk en van natuurstenen elementen die door de jaren heen ernstig hebben geleden onder weer en zeewind.

De restauratie, aan de gang sinds mei, wordt uitgevoerd door Koninklijke Woudenberg Ameide BV en begeleid door Karel Nieuwland Architecten BV te 's-Gravenhage.

Het werk kost 6,9 miljoen gulden: 3,8 miljoen voor het interieur van de toren en 3,1 miljoen voor de buitenkant.

De bouw van een nieuwe toren zou net zoveel hebben gekost als de restauratie van de huidige.