

# Monitoring van stabiele eindsituatie

*Het nieuwe kabinetsstandpunt heeft gevolgen voor de aanpak van bodemverontreiniging en de rollen van saneerder en bevoegd gezag. De toetsende en handhavende rol wordt door de extensievere aanpak van mobiele verontreinigingen steeds belangrijker. Hoe stel je vast dat de sanering vordert tot een stabiele eindsituatie binnen de afgesproken tijd? Het objectief vaststellen van de ontwikkeling van de pluim is voor de betrokken partijen van grote waarde. De auteurs van dit artikel pleiten voor het meten van stoffluxen, de hoeveelheid stof die per tijdseenheid door een denkbeeldig oppervlak stroomt. Hiervoor is een monitoringmethode ontwikkeld en opgenomen in het saneringscontract voor de vetgasfabriek te Amersfoort.*

Gert-Jan Mulder en Erik Schurink

Het nieuwe Bever-gedachtegoed gaat uit van kosteneffectief verwijderen van mobiele verontreinigingen uit grond en grondwater. In dit nieuwe bodemsaneringsbeleid is het voor de aanpak van mobiele verontreinigingen mogelijk om de bodem als 'reactorvat' te benutten.<sup>1</sup> In de saneringsaanpak wordt dan tijdelijk verspreiding van verontreinigingen toegestaan, mits een stabiele eindsituatie binnen 30 jaar wordt bereikt. Na afloop van de sanering moet eventuele verontreiniging in het 'reactorvat' ten minste tot een stabiele eindsituatie zijn teruggebracht, waarbij de beginsituatie zo veel als mogelijk wordt benaderd. Randvoorwaarden hierbij zijn dat bedreiging van objecten in de omgeving en schade aan derden wordt voorkomen en boven- en ondergrondse activiteiten niet worden belemmerd.

De rol van de saneerder is aan te tonen dat een acceptabele stabiele eindsituatie ontstaat. Een toetsende

en handhavende rol van het bevoegd gezag wordt steeds belangrijker omdat het saneringsdoel later wordt bereikt. Hierdoor zal monitoring bij de extensievere aanpak van mobiele verontreinigingen belangrijk worden, zowel bij de controle op verspreiding als de verificatie van hypothesen over het herstel van bodemkwaliteit.

## Monitoring van de stabiele eindsituatie

In de toekomst zal veelvuldig worden besloten om de bodem als reactorvat te benutten om (vooral diepere) grondwaterverontreiniging kosteneffectief, met zo min mogelijk ingrijpen van buitenaf, te saneren. In zo'n saneringsplan moet een goed onderbouwd monitoringsplan worden opgenomen en moet worden aangegeven welke interventiescenario's beschikbaar zijn. De resultaten van monitoring zullen dan op twee manieren worden gebruikt:

- om de hypothesen ten aanzien van het saneringsverloop te verifiëren en prognoses bij te stellen. Op verschillende ijkmomenten zal hierover met het bevoegd gezag worden gecommuniceerd. Als het saneringsverloop niet de gewenste richting uitgaat kan met de grotere proceskennis mogelijk een andere, effectievere oplossing worden uitgewerkt;
- om te voorkomen dat kwetsbare objecten binnen het gebied door verontreinigd grondwater worden bedreigd.

Een goed monitoringsplan draagt dus bij aan vertrouwen in een (extensieve) aanpak. In het door

NOBIS gesubsidieerde project Flexibele Emissie Beheersing (FEB)<sup>2,3</sup> is onderzoek gedaan naar beide vormen van monitoring die respectievelijk verifiërende en controlerende monitoring worden genoemd. In deze publicatie gaan we in op een methode waarmee de contouren van een grondwaterverontreiniging in de tijd kunnen worden gevolgd. Belangrijk hierbij is dat bij een stabiele contour nog wel verspreiding kan plaatsvinden, maar dan domineert de som van natuurlijke afbraak en verdunning over de aanvoer van verontreinigende stoffen. De methodiek is toegepast bij het contract voor de sanering van een gasfabrieksterrein, waar de opdrachtnemer moest kunnen aantonen dat de omvang van de vlek niet toeneemt. Belangrijk uitgangspunt was dat de methodiek eenduidig en reproduceerbaar was en de opdrachtnemer niet ten onrechte van wanprestatie kon worden beschuldigd.

## Monitoring van verontreinigingscontouren

Een aantal knelpunten dient zich aan als de verontreinigingscontour van een grondwaterverontreiniging moet worden vastgesteld. Traditioneel wordt dit gedaan door ruimtelijke interpolatie van meetpuntgegevens met veelal grote concentratieverschillen. Deze methode heeft enkele essentiële onzekerheden/onnauwkeurigheden die terug te voeren zijn op de volgende oorzaken:

- de aanwezigheid van bodemheterogeniteit en de invloed van filterlengte en -diepte;
- de positie van meetpunten rond de vermeende ligging van de verontreinigingscontour in relatie tot het ruimtelijk stromingspatroon;
- het dynamische karakter van de verontreinigingscontour;
- onnauwkeurigheid van bemonsteringsmethoden en chemische analyses.

Het is duidelijk dat het vaststellen van de ligging van een verontreinigingscontour lastig is. Een bruikbaarere vorm van controlerende monitoring is het volgen van de

### Over de auteurs



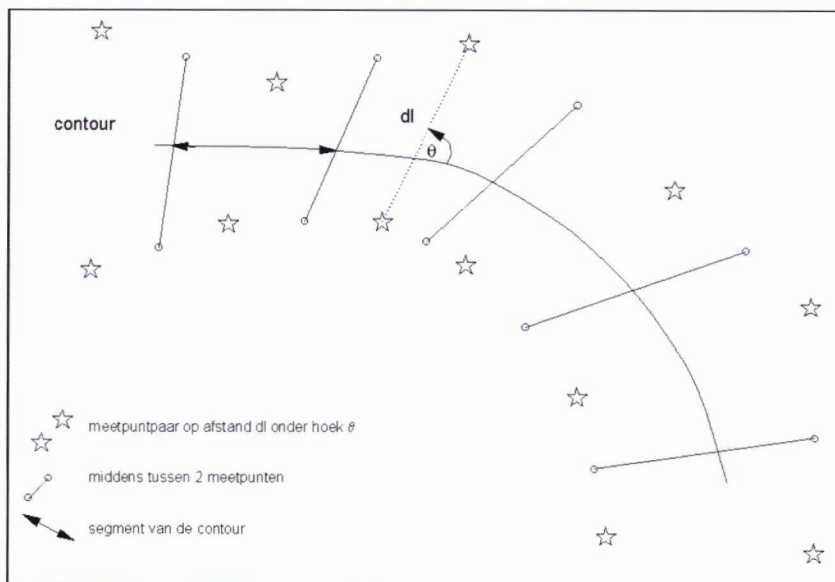
**Ir. G.J. Mulder**  
is werkzaam als adviseur bij  
GeoDelft.



**Drs. ing. E. Schurink**  
is werkzaam als adviseur bij  
GeoDelft, Postbus 69, 2600 AB  
te Delft, tel. 015-2693701.

ontwikkeling van de contour in de tijd, waarmee beoordeling van het saneringsverloop (ontstaat een stabiele situatie?) perspectief krijgt. De langere meetreeksen kunnen met trendanalyse tot een betrouwbaarder resultaat leiden. Figuur 1 toont de hiervoor ontwikkelde methodiek. Hierin wordt getoetst op een naar buiten gerichte grondwaterstroming (spoor A) en de daarmee gepaard gaande verspreiding van verontreinigende stoffen. De hoeveelheid stof die per tijdseenheid door de contour stroomt wordt de stofflux genoemd. De stofflux wordt getoetst aan een zogeheten normflux, de maximaal toelaatbare stofflux. De normflux dient vooraf te worden vastgesteld en is zodanig groot dat bij die flux nog net geen ontoelaatbare verspreiding optreedt. Bij overschrijding van de normflux wordt de actuele positie van de contour met aanvullend bodemonderzoek (stap A.7) vastgesteld, indien de kosten van dit bodemonderzoek (waarmee moet worden aangetoond dat er niets aan de hand is) opwegen tegen een eventuele onnodige bijstelling van het saneringssysteem. Desgewenst kan met behulp van een trendanalyse (spoor B) worden vastgesteld of sprake is van een significante uitbreiding van de contour ten opzichte van de nulsituatie. Deze nulsituatie is vast te leggen in de vorm van een contour met daaromheen een betrouwbaarheidsband.

In figuur 2 zijn verschillende fluxen nader uitgewerkt. Bij de bepaling van de genoemde fluxen kan het best gebruik worden gemaakt van een monitoringnet zoals in figuur 2 is weergegeven. Dit meetnet bestaat uit



Figuur 2: Meetnetconfiguratie langs een contour.

meetpuntenparen die aan weerszijden van een contour liggen, zodat stromingsrichting en stofflux over segmenten van de contour kunnen worden vastgesteld.

### Belang van dispersie

De ontwikkelde methodiek voor de bepaling van stoffluxen houdt rekening met dispersie. Dispersie levert een bijdrage aan het verspreidingsproces van stoffen tengevolge van aanwezige concentratieverschillen. Uit modelberekeningen voor verschillende pluimen is afgeleid wat het belang van dispersie in de stofflux is en hoe dat de ontwikkeling van een verontreinigingspluim beïnvloedt:

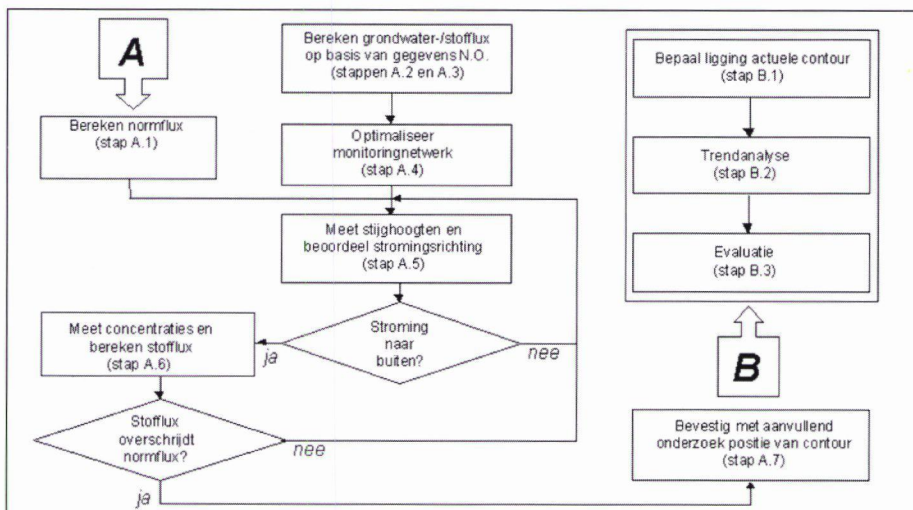
- de dispersie speelt over de gehele contour een rol van betekenis en wordt belangrijker bij lagere poriewatersnelheden;

- het pluimfront wordt zowel door de advectieve als de dispersieve stofflux bepaald;
- de dispersie langs de flanken van de pluim (verspreiding loodrecht op de stroming) veroorzaakt de verbreding van de pluim en is daar minder sterk dan aan het pluimfront;
- aan de stroomopwaartse zijde, het deel van de contour waarover instroming heerst, wordt de dispersieve (naar buiten gerichte) stofflux gecompenseerd door de advectieve (inwaartse) stofflux resulterend in een stagnerend pluimfront.

Deze ervaringen worden gebruikt om tot een optimale verdeling van meetpuntparen langs de te volgen contour te komen. In de praktijk kan de contour in segmenten worden opgedeeld waarna per segment een gewichtsfactor wordt bepaald die maatgevend is voor het aantal noodzakelijke meetpuntparen. Ter plaatse van grote stoffluxen en kwetsbare objecten zijn meer meetpunten gewenst om de stofflux met dezelfde betrouwbaarheid vast te stellen.

### Evaluatie monitoringsmethodiek (stappen A en B)

Methodiek B vereist een meetreeks over een tijdsperiode waarin significante verspreiding wordt verwacht. Hierdoor is per definitie sprake van vertraging in de signalering van een ongewenste verschuiving. De betrouwbaarheidsband rond de contour in de nulsituatie wordt breed als in de meetpunten een grote concentra-



Figuur 1: Methodiek voor het volgen van een contour.

tierange wordt gemeten. Een significante verschuiving is dan moeilijker aan te tonen en kan pas op een laat tijdstip worden vastgesteld (bijvoorbeeld bij een scherp verontreinigingsfront).

Methodiek A vereist nogal wat onderzoek, maar biedt de mogelijkheid het toetsingscriterium (de normflux) aan te scherpen op basis van de tussentijds verkregen monitoringsresultaten. De nulsituatie uit een nader onderzoek levert vaak al de nodige informatie op om een uitspraak te kunnen doen over de potentiële uitbreiding van de contour. Methodiek A is daarmee veel directer dan methodiek B. Toch kan methodiek B op langere termijn een wezenlijke bijdrage leveren aan het objectief beoordelen van de ontwikkeling van een pluim.

Spoor A van de methodiek is op de vetgasfabriek te Amersfoort toegepast. Uit de eerste stappen is gebleken dat met het huidige meetnet grote stofluxen worden bepaald, met name dispersie geeft een grote bijdrage door gemeten grote concentratieverschillen binnen en buiten de pluim. De complexe stromingssituatie en verontreinigingsvlek vragen om een optimaler meetnet, waarin meetpuntparen langs de stromingsrichting en voldoende dicht rond de vast te stellen contour zijn geplaatst. Ruimte voor een goed meetnet is belangrijk voor nauwkeurige toepassing van de methodiek, hetgeen bij de vetgasfabriek wordt bemoeilijkt door aanwezige bebouwing en infrastructuur.

De methodiek kan zijn waarde bewijzen als in saneringsplannen goed

wordt afgesproken hoe eenduidige beoordeling van een stabiele contour plaatsvindt en welke onderzoeksresultaten voor 'ijkmomenten' nodig zijn. Een kosteneffectief saneringsplan kan worden nagestreefd door met het monitoringsnetwerk te anticiperen op bedreigde objecten, verwachte mate van uitbreiding van de contour en risico's bij falen.

#### Literatuur

1. **UPR BEVER (1999);**  
Van trechter naar zeef, afwegingsproces saneringsdoelstelling. Sdu uitgever, den Haag, ISBN 90 12 08843 7.
3. **Eindrapport FEB,**  
NOBIS-onderzoek Flexibele Emissie Beheersing (FEB).
5. **Monitoring in FEB,**  
Rapport van het NOBIS-onderzoek FEB.