

# Een veelbelovende techniek voor het saneren van bron-zones met VOCl

## Biologische bronaanpak

In het kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer worden bron-saneringen steeds belangrijker. Biologische bronaanpak blijkt goed in gebiedsgericht grondwaterbeheer in te passen en een snelle en efficiënte manier om bronzones met hoge concentraties gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl) aan te pakken. Dit blijkt uit een evaluatie van vijf praktijklocaties waar biologische bronaanpak full scale wordt toegepast.

Door Erik de Vries, Edwin Dijkhuis en Arjan van der Werf

### Over de auteurs:

ir. H.M.T. de Vries, projectleider biologische bodemsaneringen bij Bioclear. Contact: devries@bioclear.nl  
ing. J.E. Dijkhuis, projectleider biologische bodemsaneringen bij Bioclear. Contact: dijkhuis@bioclear.nl  
ir. A.W. Van der Werf, projectleider biologische bodemsaneringen bij Bioclear. Contact: werf@bioclear.nl

### BRONAANPAK

Nieuwe ontwikkelingen binnen het bodembeleid verruimen de focus van gevalsgerichte naar gebiedsgerichte benadering. In toenemende mate wordt alleen de bron actief aangepakt en de pluim van een verontreiniging gebiedsgericht beheerd.

In het kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer is het doel van een bron-sanering vaak meerledig:

- Het snel afbreken van de mobiele fractie van de verontreiniging;
- In de loop van de tijd de minder mobiele fractie afbreken;
- Het isoleren van een moeilijk te definiëren bron (DNAPL);
- Het reduceren van nalevering naar de pluim, resulterend in trendomkering van de grondwaterkwaliteit (zie figuur 2).

In Nederland en daarbuiten zijn op meerdere locaties full-scale biologische bron-saneringen uitgevoerd. De hierin opgedane ervaring leidt tot de volgende conclusies:

- Oplosmiddelen aanwezig in zeer hoge concentraties (zoals puur product) kunnen biologisch volledig worden afgebroken;
- Na het verwijderen of isoleren van de bron door een biologisch actieve zone krimpt de pluim van de verontreiniging;
- Biologische bronaanpak is goed toepasbaar in relatief slecht bereikbare plekken zoals in een bebouwde omgeving;
- De actieve fase van de sanering is kort van duur en zorgt voor minimale overlast voor de omgeving;
- De saneringsduur varieert van maanden tot enkele jaren;
- De kosten zijn gewoonlijk lager dan van andere bron-saneringstechnieken.<sup>1,2,3,4</sup>

Met subsidie van SKB heeft Bioclear de bovenstaande conclusies getoetst via de evaluatie van vijf biologische bron-saneringen in



FIGUUR 1. RUPSANDVOERTUIG OM DIRECTE INJECTIES MEE UIT TE VOEREN.

Nederland. In deze evaluatie is specifiek gekeken naar de technische uitvoering, resultaten en kosten. Tabel 1 biedt een overzicht van de geëvalueerde locaties.

### TECHNISCHE UITVOERING

Biologische bronaanpak is gebaseerd op het stimuleren van het afbraakproces door het (periodiek) toedienen van voedingsstoffen, al dan niet in combinatie met VOCl afbrekende micro-organismen (Bioaugmentatie). De bacteriën breken de oplosmiddelen zoals tetrachlooretheen (PER) volledig af tot onschadelijke afbraakproducten zonder ophoping van schadelijke tussenproducten zoals vinylchloride (VC). Uit onderzoek blijkt dat concentraties tegen de maximale oplosbaarheid biologisch worden

### Definitie van bronzone

Bronzones variëren van zones waar sprake is van (residueel)puur product tot zones waar in de grond en/of het grondwater de hoogste VOCl-concentraties worden gemeten. In dit artikel wordt een bronzone gedefinieerd als het gebied waar de verontreiniging een concentratie heeft groter dan 1% van de maximale oplosbaarheid. Voor PER, TRI, DCE en VC komt dit overeen met concentraties van respectievelijk 1.500, 11.000, 8.000 en 11.000 µg/l.

afgebroken<sup>3</sup>. Door het stimuleren van de biologische activiteit wordt niet alleen de afbraak versneld, maar lost puur product vlugger op (tot een factor 16) waardoor de bronzone sneller uitdooft<sup>3</sup>.

Via directe injectie werd de voedingsstof onder druk in de bodem geïnjecteerd. Om te zorgen voor een vlakdekkende verspreiding van de voedingsstoffen is de onderlinge afstand tussen de injectiepunten klein, 1 à 2 meter. Het risico op verdringing van verontreinigd grondwater, waardoor ongewenste verspreiding zou kunnen optreden, was verwaarloosbaar. De geïnjecteerde hoeveelheden bedroegen veelal minder dan 5% van het totale volume grondwater binnen het te stimuleren gebied.

De voedingsstoffen die binnen Nederland het meest worden gebruikt, zijn nutrolase, melasse en lactaat (melkzuur). Uit evaluatie van de praktijklocaties blijkt dat de levensduur van deze goed oplosbare substraten gemiddeld 3 tot 4 jaar bedraagt. Deze levensduur is vergelijkbaar met die van Slow-release substraten als HRC<sup>®</sup> en geëmulgeerde plantaardige olie<sup>1</sup>.

#### RESULTATEN

Na injectie van voedingsstoffen neemt de omvang van de bronzone af of krimpt de pluim. Bronzones die hoofdzakelijk bestaan uit afbraakproducten (CIS en VC) kunnen binnen een periode van 1 jaar volledig worden gesaneerd. De saneringduur van bronzones waar sprake is puur product (PER en/of TRI) is

afhankelijk van de aanwezige vracht en varieert tussen de 5 en 10 jaar. Bij een traject langer dan 5 jaar is een herinjectie mogelijk noodzakelijk.

Op alle vijf de locaties is biologische bronaanpak toegepast in stedelijk gebied. Schuine injecties maakten het mogelijk om ook ónder gebouwen te injecteren. Op drie van de vijf locaties waren slecht doorlatende veen- en kleihoudende bodempakketten aanwezig. Deze heterogene bodem bleek geen belemmering voor het

Biologische afbraak is zeer geschikt voor het saneren van bronzones

toepassen van de techniek. De injecties zijn binnen enkele weken uitgevoerd door een klein rupsvoertuig zonder gebruik te maken van hoge temperaturen of sterk reactieve chemicaliën waardoor de overlast voor de omgeving beperkt was. De relatieve eenvoud van de techniek zorgt voor een beperkte energiebehoefte en weinig afval.

Locatie	locatie opp. En volume	Maximale concentratie (mg/l) bij aanvang	Gebruikte koolstofbron	Levensduur koolstofbron (jaren)	Injectie grid (m)	Looptijd sanering (jaren)	Saneringsresultaat
Appingedam	65 m <sup>2</sup> 520 m <sup>3</sup>	PER 69 TRI 69 CIS 150 VC 14	Melasse/ lactaat	9,0	1,5	10	Bron in 10 jaar sterk in omvang afgenomen. Nalevering weggenomen en pluim volledig afgebroken.
Den Haag	90 m <sup>2</sup> 1080 m <sup>3</sup>	PER 5,9 TRI 3,1 CIS 19 VC 0,7	Nutrolase	2,8	1,5	1	Bron in 1 jaar gesaneerd tot concentraties rond de Interventiewaarde voor VC
Haren	680 m <sup>2</sup> 6800 m <sup>3</sup>	PER 0,1 TRI 53 CIS 32 VC 0,3	Nutrolase	2,6	2	2	Binnen 2 jaar moederproduct (TRI) omgezet in DCE en VC. Er is sprake van een terugtrekkende pluim.
West Nederland	156 m <sup>2</sup> 936 m <sup>3</sup>	PER 0,04 TRI 0,04 CIS 140 VC 80	Nutrolase	1,9	1	2	Bron in omvang afgenomen. Sterke biologische omzetting van verontreiniging waargenomen.
IJlst	250 m <sup>2</sup> 3750 m <sup>3</sup>	PER 57 TRI 42 CIS 34 VC 5,7	Nutrolase	Niet bekend	2	2	Bron van de verontreiniging is na twee jaar vrijwel volledig gesaneerd. Er is sprake van een terugtrekkende pluim.

TABEL 1. OVERZICHT PRAKTIJKLOCATIES WAAR BIOLOGISCHE BRONANPAK WORDT TOEGEPAST.

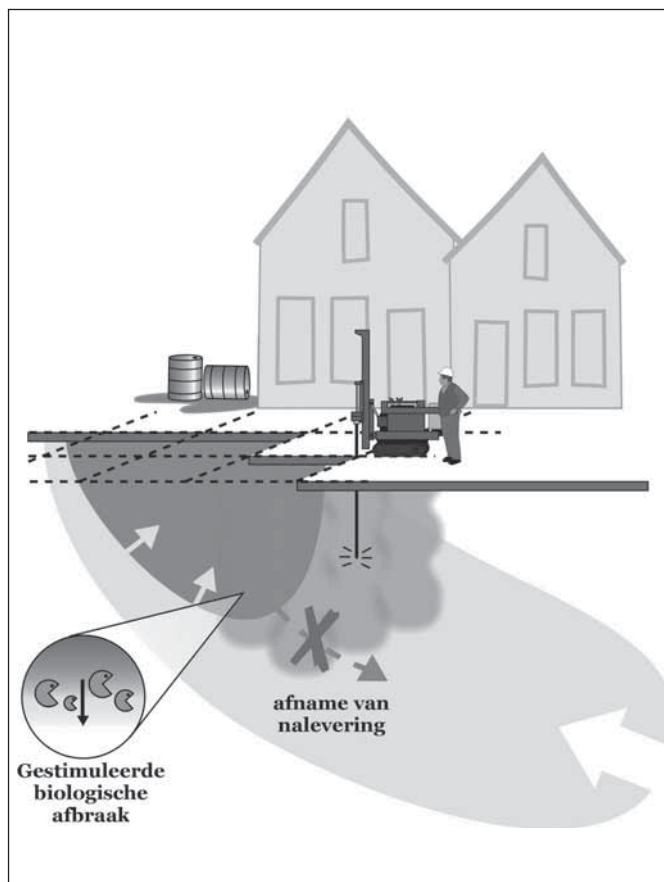
Door de injectie van voedingsstoffen daalde de zuurgraad op alle locaties. Deze bleef echter boven de pH 5,5 en herstelde zich binnen 1 tot 2 jaar tot de uitgangssituatie. Dit betekent dat er geen remming van het biologische proces door verzuring is opgetreden. Ook is er geen gasophoping in de onverzadigde zone van de onderzochte locaties aangetroffen in de vorm van methaan of H<sub>2</sub>S.

Energiebesparend, weinig afval  
en weinig overlast

De kosten van biologische bronaanpak op de vijf geëvalueerde locaties bedragen circa 20 tot 30 euro/m<sup>3</sup> bodemvolume (bij bronzones met een bodemvolume > 2000 m<sup>3</sup>). Deze kosten zijn inclusief uitvoering van de injectie, milieukundige begeleiding en monitoring. Dit maakt biologische aanpak circa 50 tot 60 % goedkoper dan chemische oxidatie<sup>5</sup>. De genoemde kosten zijn indicatief.

#### CONCLUSIE

Uit de evaluatie van de praktijklocaties blijkt dat zeer hoge concentraties oplosmiddelen in verschillende bodempakketten binnen 1 tot 10 jaar biologisch worden afgebroken. De directe injectie van voedingsstoffen kan op moeilijk toegankelijke locaties worden uitgevoerd, veroorzaakt weinig overlast en heeft geen negatief effect op de bodem. Hieruit wordt geconcludeerd dat biologische bronaanpak een zeer robuuste techniek is.



FIGUUR 2. SCHEMATISCH OVERZICHT VAN GESTIMULEERDE BIOLOGISCHE AFBRAAK MET BEHULP VAN DIRECTE INJECTIES.

#### Biologische in-situ sanering locatie Haren

In Haren heeft een voormalige chemische wasserij een VOCl verontreiniging veroorzaakt. De totale vracht van 450 tot 900 kg VOCl heeft zich verspreid onder bebouwing en een parkeerplaats tot een omvang van 825 m<sup>2</sup> (Interventiewaardecontour) en een diepte van 10 m-mv. De maximaal aangetroffen trichlooretheen concentratie is 53.000 µg/l en er is mogelijk puur product aanwezig. De bodem bestaat voornamelijk uit keileem en heeft een zeer geringe doorlatendheid.

Voor de locatie is gekozen voor biologische bronaanpak waarbij zowel voedingsstoffen als specifiek VOCl afbrekende bacteriën zijn geïnjecteerd. Vanwege de slechtdoorlatende bodem (leem) is gekozen voor directe injecties. De sanering is uitgevoerd binnen de interventiewaardecontour (I-waarde), waar zich 99% van de vracht bevindt. In totaal zijn 200 directe injecties tot 9 meter onder maaiveld (m-mv) uitgevoerd. Door middel van monitoring wordt de saneringsvoortgang sinds 2007 gevolgd. Voordat met de biologische bronaanpak was begonnen, startte de sanering van de locatie lange tijd niet omdat de traditionele saneringstechnieken te duur waren.

De totale kosten van de sanering bedragen € 175.000 (incl. monitoring en begeleiding gedurende 10 jaar en eventuele herinjectie na 5 jaar). Dit is € 26,5 per kuub bodemvolume en slechts 30% van de oorspronkelijk geraamde kosten voor alternatieve saneringstechnieken.

#### Huidige status

Er vindt volledige afbraak van de verontreiniging plaats. Uit de hoeveelheid gevormde afbraakproducten (VC 130.000 µg/l en etheen 130.000 µg/l) blijkt dat veel meer vracht aanwezig was dan op voorhand verwacht. De omvang van de Interventie-waarde contour is binnen een jaar met circa 30% afgenomen.

De sanering verloopt volgens plan. De omstandigheden voor biologische afbraak zijn gunstig en er is een actieve VOCl afbrekende bacterie populatie aanwezig. Op termijn is vanwege de hoge vracht aan VOCl mogelijk een herinjectie van koolstofbron in de bronzone nodig.

Door de biologische activiteit te stimuleren wordt de verontreiniging snel afgebroken. Dit resulteert in een sterke afname van de nalevering vanuit de bron. Daarmee draagt biologische kernbehandeling direct bij tot kwaliteitsverbetering van het grondwater. In vier van de vijf geëvalueerde locaties is de pluis van de verontreiniging gekrompen of verdwenen. Dit resulteert in een stabiele eindsituatie of trendomkering van de grondwaterverontreiniging. De techniek past daarmee zeer goed binnen gebiedsgericht grondwaterbeheer.

In de casus 'Haren' bleek biologische bronsanering 70% minder kosten met zich mee te brengen dan de alternatieve saneringstechnieken waardoor de sanering binnen het budget van de opdrachtgever paste en in gang gezet kon worden (zie kader 'Haren').

Het SKB rapport 'Biologische kernbehandeling, evaluatie van vijf praktijkcases' is binnenkort in de bibliotheek van Soilpedia te vinden onder rapportnummer PTS701 ([www.soilpedia.nl](http://www.soilpedia.nl)).

#### LITERATUUR

1. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council) 'In Situ Bioremediation of Chlorinated Ethene: DNAPL Source Zones', 2008.
2. ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council) 'In Situ Bioremediation of Chlorinated Ethene DNAPL Source Zones: Case Studies', 2007.
3. Langevoort, M. Multiphase flow and enhanced biodegradation of dense non-aqueous phase liquids. PhD Thesis, University of Utrecht, 2009.
4. J. E. Dijkhuis, H.M.T. de Vries, R. Talens, Biologische kernbehandeling, evaluatie van vijf praktijkcases. Bioclear, SKB rapportnummer PTS701, 2009.
5. [www.bodemrichtlijn.nl](http://www.bodemrichtlijn.nl).