

**Valt er iets gratis af te halen? Nederlanders zijn er als de kippen bij. Zo konden Brabantse burgers en gemeenten in de vorige eeuw jarenlang verhardingsmateriaal voor wegen en erven halen bij lokale zinkfabrieken. Pas in de jaren tachtig drong het besef door dat dit verhardingsmateriaal schadelijk was voor het milieu: het bevatte zware metalen.**

In de Kempen in Brabant is het goed wonen, werken en recreëren. Echter, de bodem is hier op veel plaatsen verontreinigd met zware metalen. De oorzaak daarvan moet gezocht worden in een oud productieproces dat de zinkindustrie in die regio tussen 1892 en 1973 gebruikte. Het afvalproduct van dit productieproces, de zogeheten zinkassen, waren door hun stevige structuur heel geschikt als verhardingsmateriaal voor wegen en erven. Er groeide bovendien geen onkruid op! Gemeenten en burgers konden deze zinkassen (ook wel kelderassen, sintels of slakken genoemd) gratis afhalen bij de fabriek, waar logischerwijs gretig gebruik van werd gemaakt. Pas halverwege de jaren '80 drong het in Nederland door dat zinkassen schadelijk zijn voor het milieu, vanwege de zware metalen die er in zitten: zink, cadmium, arseen, koper en lood. Rond 1973 waren de zinkfabrieken al overgegaan op het milieuvriendelijkere productieproces gebaseerd op elektrolyse. Daarmee eindigde het jarenlange verspreiden van zware metalen.

Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) is een uitvoeringsorganisatie die de nadelige effecten van de bodemverontreiniging met zware metalen in het Kempengebied aanpakt. Een belangrijk onderdeel van ABdK is het inventariseren en zoveel mogelijk verwijderen van zinkassen. Om antwoord te geven op de vraag in welke wegen de schadelijke zinkassen zitten, is een speciale combinatie ingezet van



*Onze ogen en oren in De Kempen: de meetbus van Fugro-Aperio waarmee de zinkashoudende wegen in De Kempen in kaart zijn gebracht. De bus is voorzien van verschillende meetsystemen. Voorop de bus is de Medusa sensor te zien; onder de bus zijn een viertal grondradarsystemen gemonteerd en achter bus hangt een Em38. Verder is de bus voorzien van een nauwkeurig positioneringssysteem en van camera's waarmee het wegbeeld is vastgelegd.*

radiometrie, grondradar en elektromagnetische metingen.

#### **De 2008 pilot**

Tijdens een pilotproject in 2008 heeft Medusa Explorations (in samenwerking met Tauw) aangetoond dat met de Medusa techniek zinkassen in wegen kunnen worden teruggevonden. In die pilot, die zich uitstrekte over ongeveer 250km wegen in de Nederlandse en Belgische Kempen, is ook gepoogd de diktes van de zinkashoudende laag in de weg te meten met een grondradar systeem. Dit bleek in de praktijk lastig, met name vanwege het geringe indringende vermogen van het gebruikte grondradar systeem.

#### **Een vervolg in 2009**

De resultaten van de pilot waren dermate succesvol dat ABdK heeft besloten om in 28 Nederlandse Kempen gemeenten de rest van de verdachte zinkaswegen, zo'n 850 km, te laten onderzoeken. Die klus is in de zomer en de herfst van dit jaar



*Voorbeeld van een zinkassenkaart. De gekleurde vakken geven de indeling van het wegvak weer*

uitgevoerd door een combinatie van Witteveen&Bos, Tauw, Fugro-Aperio, Fransen Milieutechniek en Medusa, waarbij Medusa zich met name heeft gericht op de „onderzoekcomponent“ van het werk. In het huidige project is Medusa verantwoordelijk voor zowel de meetstrategie als voor de vertaalslag van meetgegevens uit de verschillende instrumenten naar een indeling van de wegen in zinkashoudende en zinkasvrije gedeelten of vakken. Deze vakindeling wordt - naast allerlei aanvullende informatie - gebruikt om een prioritering op te stellen van de wegen zodat men in de nabije toekomst goed gefundeerde plannen kan smeden om de belangrijkste locaties te saneren.

# Blik

## op de zinkasweg

# Non-destructief onderzoek onder de loep

**In deze nieuwsbrief worden een aantal voorbeelden gegeven van bodemonderzoek waarbij non-invasieve, of non-destructieve onderzoeksmethoden een belangrijke component vormen. Zulke methoden worden al vele jaren toegepast, en zijn technisch vaak van goede kwaliteit. Echter, de bruikbaarheid van de meetgegevens is vaak beperkt. Enerzijds omdat de methoden meestal niet in de gebruikelijke meetprotocollen vallen, anderzijds omdat de vertaalslag van meetdata naar bruikbare gegevens vaak lastig is. In dit artikel gaan we dieper in op een aspect van de geofysische onderzoeksmethoden die Medusa veel toepast, namelijk de validatie van de uitkomsten.**

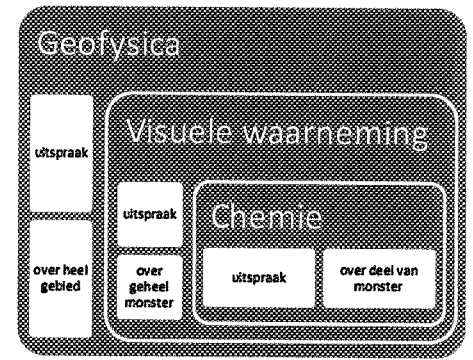
Met non-destructief onderzoek proberen we een zo compleet mogelijk beeld van de bodem en ondergrond te krijgen. Doordat er geen gaten worden geboord, kunnen in een kort tijdsbestek veel metingen worden gedaan en wordt een bijna 'gebiedsdekkend' plaatje gekregen. Non-destructief onderzoek wordt steeds meer gebruikt in het werkgebied van milieukundig bodemonderzoek naar bijvoorbeeld stortlocaties, zoeken van kabels en leidingen en landschapsinrichting. De gebruikte methoden en technieken worden al decennia gebruikt in de olie en gasindustrie en de mijnbouw, maar gebruik in projecten in bodemonderzoek is relatief nieuw. Voordat non-destructieve methoden worden ingezet, wordt vaak gevraagd naar de kwaliteit van de resultaten en naar validatie van de methoden en technieken.

## Zinkassen

In het onderzoeksproject naar de verspreiding van zinkassen in de Kempen voor ABDK (zie elders in deze nieuwsbrief), is uitvoerig onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de gebruikte non-destructieve methoden in relatie tot een traditioneel booronderzoek. Deze resultaten geven inzicht in de meerwaarde van geofysische technieken om de bodem in beeld te brengen.

## Aanpak van non-destructief onderzoek

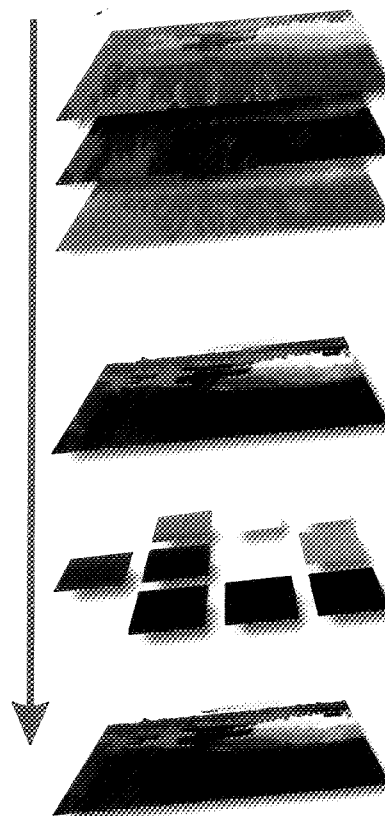
Bij non-destructief onderzoek worden geofysische methoden als radiometrie, EM, magnetometrie en GPR ingezet om een beeld te krijgen van de opbouw en samenstelling van de bodem. Door de metingen te koppelen aan een GPS systeem, en de metingen te integreren in een GIS, kunnen gedetailleerde kaarten worden gemaakt van de variatie in opbouw en samenstelling van de bodem. Waar deze variatie precies vandaan komt, kan vaak indicatief worden bepaald, maar moet worden getoetst met boringen. De gedetailleerde kaarten kunnen worden gebruikt om een slimme bemonsteringsstrategie op te stellen, zodat het onderzoek binnen de kaders



*Figuur 2: ruimteschalen bij de uitspraken van non-destructief onderzoek, visuele waarneming, chemie.*

van het protocol kan worden uitgevoerd. Door de resultaten van monsteranalyses te integreren met de gedetailleerde informatie van het non-destructief onderzoek, krijgen we *The best of both worlds*: hoge ruimtelijke resolutie, met de betrouwbaarheid van het protocol.

In het project van onderzoek naar het voorkomen van zinkas in de wegen, kan in een groot aantal gevallen de overeenkomst tussen het non-destructief onderzoek en booronderzoek worden bepaald: voor in wegen waar geen enkele zinkas voorkomt en in wegen waar een homogeen pakket zinkas



## Geofysische meetsystemen

- radiometrie
- EM
- grondradar
- magnetometrie
- XRF

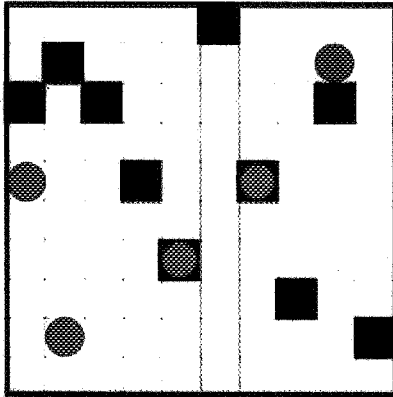
## Zonering van het gebied integratie van informatie

## Boorstrategie op basis van protocol en zonering

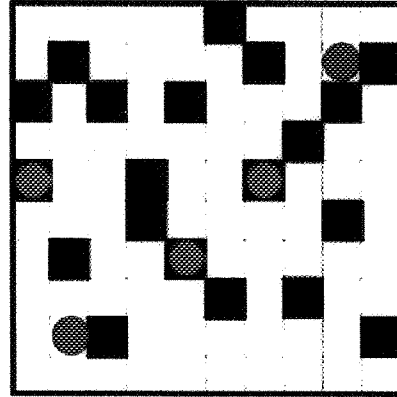
## Best of both worlds - gebiedsdekkende kaart - betrouwbaarheid protocol

*Figuur 1: de Medusa strategie van een non-destructief onderzoek: stapeling van informatie levert een compleet beeld op.*

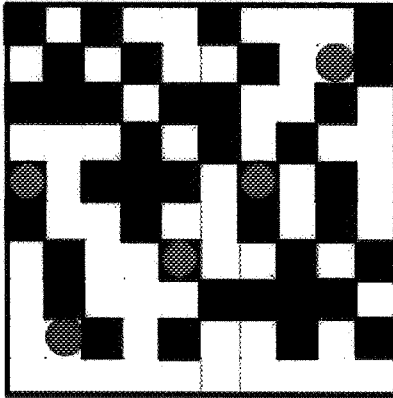
10% voorkomen zinkas



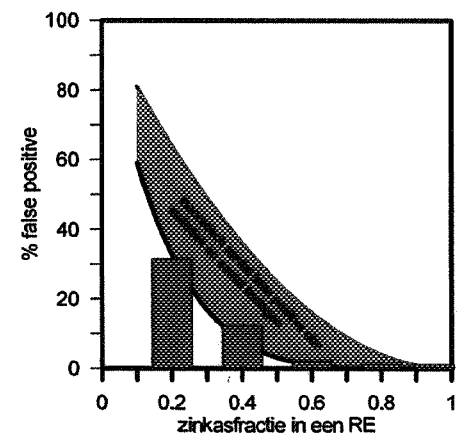
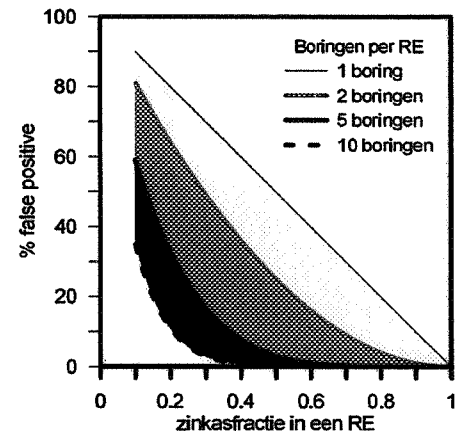
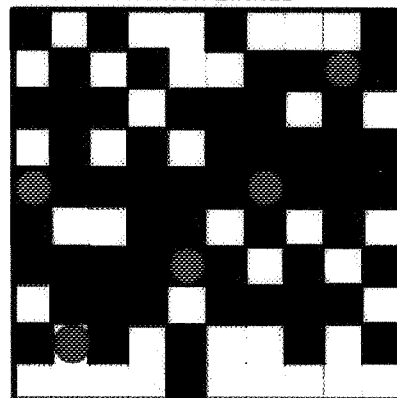
20% voorkomen zinkas



40% voorkomen zinkas



60% voorkomen zinkas



Figuren 3, 4 en 5. **Figuur 3:** schematische weergave van false positives (rode rondjes) en true positives (groene rondjes) van boringen heterogeen gebied. **Figuur 4 (boven):** het aantal false positive kan theoretisch worden bepaald als functie van heterogeniteit van een gebied (als fractie van zinkas in de bodem) en van het aantal boringen. **Figuur 5 (onder):** gemeten percentage false positive als functie van de zinkasfractie in wegen, en het theoretisch verwacht aantal op basis van het aantal boringen per wegvak (2-5).

voorkomt, kan een vergelijking worden gemaakt. In tabel 2 staat voor een deel van het onderzoek weergegeven dat het aantal false negative 11% bedraagt, en het aantal false positive 5% bedraagt. Voor een bodemonderzoek is dat een

		Boringen	
		Niet gevonden	Wel gevonden
Niet gevonden	Geen zinkas	True negative	False negative
	Homogeen zinkas	False positive	True positive

Tabel 1: definitie van false negative en false positive in statistisch onderzoek.

		Boringen	
		Geen zinkas (N=97)	Wel zinkas (N=72)
Geen zinkas	Geen zinkas	True negative	11%
	Homogeen zinkas	5%	True positive

Tabel 2: resultaten van een vergelijk tussen non-destructief onderzoek (NDO) en boringen van een deel van de meetresultaten uit het project 'Inventarisatie zinkaswegen'.

erg goed resultaat.

De wereld van bodemonderzoek is echter niet binair: meestal komt zinkas in delen van de weg voor en bestaat een stortlocatie uit meer dan 50% puin (en niet uit een 100% puinlaag). De kans dat een boring 'raak prikt' is in dit soort wegen niet groot. Wanneer 10% zinkas in een weg voorkomt is de kans dat je mis prikt met één boring 90%, wanneer twee boringen worden geplaatst is die kans 81%. Als non-destructief onderzoek terecht had uitgewezen dat hier een klein percentage zinkas aanwezig is, zouden deze boringen als false positive worden aangeduid. Uit figuur 3 blijkt dat bij lage zinkas/puin fracties het percentage false positive als gevolg van een beperkte boorstrategie, bij lage zinkasfracties hoog kan zijn.

De analyse van 680 km onderzochte weg in de Kempen laat zien dat het aantal false positive ongeveer 30% is bij wegvakken met een fractie zinkas van 0.2 (figuur 5). Wanneer een grotere zinkasfractie in het wegvak voorkomt, neemt het aantal false positive af, gelijk aan de trend die verwacht wordt op basis van het aantal boringen dat in de

wegen is geplaatst (tussen 2 en 5). Deze metingen komen exact overeen met de voorspelling waarbij het aantal false positive bij een correct gebiedsdekkend ingemeten zinkasfractie wordt bepaald door de beperkte boorstrategie en niet door een onzekerheid in het non-destructief onderzoek!

### Conclusies

Non-destructief onderzoek in combinatie met boringen en monsternamen geeft een compleet gebiedsdekkend overzicht van de opbouw en samenstelling van de bodem.

Bij een project waar non-destructief onderzoek een rol kan spelen, wordt vaak gevraagd hoe nauwkeurig deze aanpak is en wat de meerwaarde is ten opzichte van een traditioneel booronderzoek. Metingen aan een groot aantal zinkashoudende wegen in de Kempen, tonen aan dat de kwaliteit van de geleverde resultaten hoog is. Sterker nog, in gevallen waar de opbouw van de bodem heterogeen is, kan juist het non-destructief onderzoek worden gebruikt om de waarde van de boringen te valideren!