

'Buiten-normaal' bodemonderzoek met AKIRO kan schatten schelen

De standaardisatie van bodemonderzoek lijkt kwaliteitsverhogend en kostenbesparend te werken. Dit betekende in een praktijkvoorbeeld een versimpeling van de beoordeling van een verontreiniging. In voorliggend artikel wordt AKIRO besproken, een "gereedschapsset" van diverse statistische technieken zoals 'fingerprinting' en clusteranalyse, welke in het praktijkvoorbeeld is gebruikt om de interpretatie van de resultaten van bodemonderzoek naar een hoger en betrouwbaarder niveau te brengen.

Door: Paul Kuipers en Eric Hol

Over de auteurs:

drs. P. Kuipers is werkzaam bij Envita BV
ir. E.H.A. Hol is werkzaam bij Invisor Omgevingsmanagement BV

INLEIDING

In een praktijkgeval kwam de overheid op grond van het standaardmatig uitgevoerd bodemonderzoek tot de conclusie dat een bedrijf zou moeten opdraaien voor de saneringskosten van 1.500 m³ grond. Met AKIRO (Analytisch kader voor Ingrepen in de Ruimtelijke Omgeving) werd objectief en absoluut vastgesteld dat het ging om niet meer dan 8 m³. Niet bepaald een onbeduidend verschil ...

De afgelopen jaren is bodemonderzoek in verregaande mate gestandaardiseerd door middel van normen en protocollen. Officieel is er sprake van bodemverontreiniging als er een of meerdere stoffen in de bodem voorkomen in een gehalte of concentratie hoger dan een vastgestelde norm. Bodemverontreiniging is echter niet altijd in een rigide classificatie- en beoordelingssysteem te vangen. Herkomst, ontstaan en gedrag van een proces van verontreiniging bepalen mede de definitie van een geval van bodemverontreiniging. Naast door fysische, chemische en biologische parameters kan de karakteristiek van een verontreiniging worden bepaald door "state of the art" statistische technieken zoals AKIRO.

AKIRO

AKIRO omvat een "gereedschapsset" welke op een slimme manier gebruik maakt van geavanceerde statistische methoden en rekentechnieken. Wat op het oog een ratjetoe aan informatie lijkt, wordt op die manier systematisch in patronen gebracht. De verkregen resultaten geven een logische verklaring, ze moeten 'plausibel' zijn. Bovendien moeten de resultaten 'verifieerbaar' zijn, waardoor controleerbare voorspellingen mogelijk zijn. Zo is

het vaak moeilijk om van complexe verontreinigingen te zeggen waar die vandaan komen en hoe ze zijn ontstaan. Het achterhalen van de samenstelling van de verontreiniging geeft op die vragen belangrijke antwoorden.

Een van de beschikbare AKIRO technieken is de Pearson-Veldmanmethode, een combinatie van correlatie- en clusteranalyse. Deze methode is hier genoemd naar de individuele technieken (correlatieanalyse volgens Pearson, hiërarchische clusteranalyse volgens Veldman).

Clusteranalyse geeft de mogelijkheid om gegevensreeksen die bestaan uit meerdere parameters per waarneming onder te brengen in verschillende groepen (of clusters), waarbij elke groep min of meer gelijke eigenschappen heeft. Een bodemonster waarin meerdere componenten zijn gemeten is een voorbeeld van een waarneming die geschikt is voor clusteranalyse. Op deze manier kan bijvoorbeeld eenvoudig onderscheid gemaakt worden tussen een verontreiniging met dieselolie of met benzine. Waarnemingen met een benzinekarakteristiek (veel aromaten) worden in een ander cluster ingedeeld dan waarnemingen met een dieseloliekarakteristiek (veel alifaten). Hierbij moet rekening gehouden worden dat naast de samenstelling ook het gehalte van de componenten een rol speelt.

Indien alleen de verontreinigingskarakteristiek van belang is, bijvoorbeeld om onderscheid te maken in de herkomst van de verontreinigingen, dan is een normalisatiestap noodzakelijk. Hierbij worden alle gehalten van de verschillende componenten uitgedrukt als fractie of percentage van een van de andere componenten. Hiermee wordt de relatieve samenstelling verkregen, ook wel "fingerprint" genoemd. Om deze onafhankelijkheid van gehalten te verkrijgen wordt wel een vrijheidsgraad opgeofferd en neemt het onderscheidend vermogen van de clusteranalyse af.

De relatieve samenstelling is van belang als bijvoorbeeld de verontreiniging is geadsorbeerd aan organische stoffen en/of aan

kleine kleideeltjes (lutum) en de gehalten aan verontreinigende stoffen vooral variëren door de aard en hoeveelheid van de organische stof en/of lutum. Bij bodemverontreinigingen is dit een veel voorkomende situatie.

Voor relatief simpel te onderscheiden verontreinigingen kan met een eenvoudige normalisatie worden volstaan en is het onderscheidend vermogen hiervan voldoende. Dit geldt bijvoorbeeld voor verschillende aardolieproducten, voor metalen afkomstig van verschillende soorten sintels of slakken, maar ook om het onderscheid te kunnen maken tussen “verse” en verweerde olieproducten. In sommige gevallen, als de verschillen subtiel zijn en de verontreinigingssituatie complex, kan echter beter gebruik gemaakt worden van correlatieanalyse als normalisatiestap. Als het aantal waarnemingen (monsters) groter is dan het aantal componenten neemt bovendien de gevoeligheid toe.

Bij complexe verontreinigingen is het aantal monsters en analyses vaak veel groter dan het aantal parameters waarmee de correlatieanalyse is uitgevoerd. In dat geval is het zinvol om clusteranalyse uit te voeren op de correlatietabel (of nabijheidstabel), waardoor de gevoeligheid toeneemt om de clusters te kunnen scheiden.

Bijvoorbeeld: voor een gegevensset van 40 bodemmonsters met 8 parameters (zeg: alle zware metalen en PAK-koolwaterstoffen met gehalten boven de detectiegrens in alle monsters) kan dan een 40-punts clusteranalyse worden uitgevoerd in plaats van een 8-punts clusteranalyse (na normalisatie 7-punts), met als bijkomend voordeel dat de nabijheidstabel al is genormaliseerd. Als de verschillen tussen de signaturen subtiel zijn, kan deze aanpak onderscheidend zijn. Vanwege de gevoeligheid van deze methode is de uitkomst voor de meer eenvoudige gevallen vaak eenduidiger indien uitgevoerd met een simpele normalisatie.

In voorliggend praktijkvoorbeeld bleek Pearson-Veldman de ideale AKIRO techniek te zijn omdat het onderscheid tussen de verschillende fracties en het uitgangsmateriaal zo subtiel bleek dat dit onderscheid op basis van eenvoudige normalisatie van de analyseresultaten niet was te maken.

BALLASTMATERIAAL

Ballast is afkomstig van spoorwegbedden en is veelal verontreinigd met zware metalen (vooral koper), minerale olie en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Het koper is afkomstig van slijtage van de bovenleiding door wrijving met de stroomafnemers van de treinen. Minerale olie en PAK komen van morsing, lekkage en verwerking van smeerolieproducten die bij wissels worden gebruikt.

Op een locatie is sinds begin jaren '80 een bedrijf gevestigd dat ballastmateriaal verwerkt. Hierbij ontstonden als belangrijkste materiaalstromen:

- grind
- zand
- slib
- brekerstof

Het grind is niet verontreinigd, het zand en slib wel, en van die laatste twee het slib het sterkst.

Historisch onderzoek bracht aan het licht dat de locatie ten minste twee maal was opgehoogd, beide keren voor 1987. De eerste maal ging het om het bouwrijp maken van het terrein, dat werd opgehoogd met grond, baggerspecie en 'spuitzand' dat was vrijgekomen bij het graven van een kanaal naast de locatie. Daarbij was tegelijk op het terrein aanwezige vaart gedempt.

Op de locatie is nadien (onverwerkt) ballastmateriaal aangebracht. Het ballastmateriaal is begin jaren 80 in eerste instantie op vrijwel de gehele locatie aangebracht, waarbij de tijdelijke opslag onbedoeld ook de functie van ophooglaag kreeg.

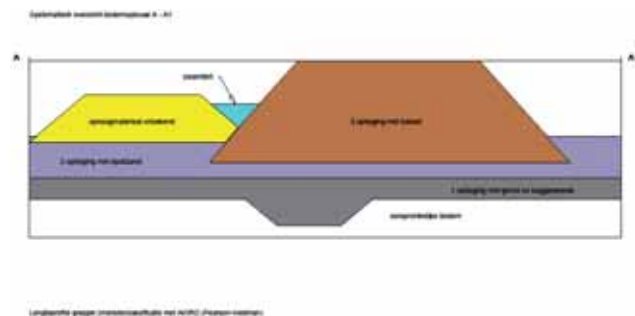
De laag die op de oorspronkelijke bodem werd opgebracht, bereikte een hoogte tot ca. 5 meter. Maar omdat die 'ophooglaag' ook waarde had als grondstof is die in de latere jaren zoveel mogelijk ontgraven en verwerkt, ook al omdat de verwerkingscapaciteit inmiddels op peil was gebracht. De Wet bodembescherming bestempelt dit ballastmateriaal als 'historisch' verontreiniging omdat die van voor 1987 dateerde.

Door opslag en lekkage ontstond na 1987 bodemverontreiniging die in het kader van de wettelijke zorgplicht (Wet bodembescherming en Wet milieubeheer) moest worden gesaneerd. Probleem daarbij was dat de 'zorgplichtverontreiniging' op dezelfde plaats aanwezig was als de 'historische' verontreiniging, en dat de karakteristieken van beide verontreinigingen buitengewoon vergelijkbaar waren.

Bij de aanpak van het onderzoek ging het direct al mis: in het vooronderzoek werd de omvang van de 'zorgplichtverontreiniging' wel heel ruim bemeaten omdat de 'historische' verontreiniging helemaal niet werd opgemerkt. Pas in tweede instantie werd de laatste verontreiniging in het onderzoek betrokken.

CALAMITEIT

Dat leidde tot een discussie met het Bevoegd gezag over de wijze waarop beide verontreinigingen van elkaar zouden kunnen worden onderscheiden – de aard van beide was immers vergelijkbaar. De discussie ging daarbij vooral over een lager gelegen terrein naast de locatie waar tijdens een calamiteit verontreinigingen terecht waren gekomen. Het ging om een kortdurende lozing via een slang met slibhoudend water. Overigens kon wel worden vastgesteld dat de lozing nooit tot een zo uitgebreide verontreiniging had kunnen leiden. Over het moment van lozing kon alleen worden vastgesteld dat die ergens na 1987 moet hebben plaatsgevonden.



FIGUUR 1: SCHEMATISCH OVERZICHT BODEMOPBOUW.

Figuur 1 geeft een schematisch overzicht van de bodemopbouw op het naastgelegen terrein. Door het hoogteverschil zou de verontreiniging terecht moeten zijn gekomen in een greppel naast de locatie die met ballastmateriaal was opgehoogd. Het was belangrijk om dit materiaal (blauw) te onderscheiden van de onderliggende lagen. Tijdens bodemonderzoek was het mogelijk om zes verschillende soorten niet-oorspronkelijk materiaal tegen te komen alvorens de oorspronkelijke bodem werd bereikt. Deze soorten zijn ook weergegeven in figuur 1.

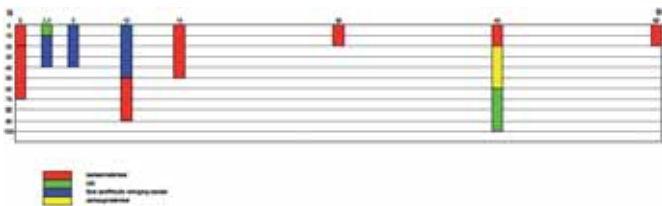
In Figuur 2 is de situering van het lengteprofiel A – A' aangegeven.



FIGUUR 2: SITUATIE MET LENGTE- EN DWARSPROFIEL

Van de locatie en het naastgelegen terrein werden 42 grondmonsters genomen met 16 relevante parameters, met overwegend een gehalte boven de detectiegrens. Bijna alle monsters hadden enige mate van meetbare verontreiniging. Toepassing van de Pearson-Veldman methode met expansie werd zinvol geacht om de gevoeligheid van de analyse te verbeteren.

Daardoor kon worden vastgesteld dat er buiten de oorspronkelijke ondergrond in totaal vijf soorten materiaal voorkomen met elk een eigen relatieve samenstelling. De materiaalstromen ballast, zand, slib en brekerstof hebben elk een eigen specifieke relatieve samenstelling en zijn op basis van die signatuur (de onderlinge verhoudingen van de mate van de verschillende verontreinigingen) goed van elkaar te onderscheiden. De absolute hoeveelheid van elk van de materialen (als bijmenging in de bodem) geeft verschillen in gehalten. Op basis hiervan kan onderscheid worden gemaakt tussen 'historische' en 'zorgplicht'-verontreinigingen.



FIGUUR 3: LENGTEPROFIEL GREPPEL (MONSTERCLASSIFICATIE MET AKIRO (PEARSON-VELDMAN)).

Via AKIRO kon de herkomst en het ontstaan van de verontreiniging worden vastgesteld. Het talud van het ballastmateriaal loopt door tot onder de greppel. Hieronder werden materialen met een

geheel andere karakteristiek gevonden. De materialen zijn plaatselijk licht tot sterk verontreinigd maar hebben een andere herkomst dan het ballastmateriaal. Het is aannemelijk dat het hier gaat om spuitzand, baggerspecie en andere ophooggrond.

De greppel is opgevuld met materiaal waarvan de samenstelling lijkt op de fijne zeeffractie van ballastmateriaal. Van deze zeeffractie is bekend dat die op het naastgelegen bedrijfsterrein opgeslagen is geweest. Het gaat om zulke grote hoeveelheden dat het aannemelijk is dat dit materiaal tijdens regenbuien is weggespoeld over de verharding van het bedrijfsterrein, via het talud, naar de greppel en zich daar heeft verzameld.

In de bovenste 5 centimeter van het terrein is een dun laagje slib aangetroffen. Daarvan is het aannemelijk dat die daar is terechtgekomen tijdens de calamiteit met de lekkende slang.

In totaal is de bodem over een lengte van ca. 8 meter, een breedte van 2 meter en een diepte van ca. 0,5 meter – dus 8 m^3 - verontreinigd geraakt. Dat is beduidend lager dan de 1.500 m^3 waar het Bevoegd gezag op was uitgekomen. Met AKIRO is de grens tussen historische verontreiniging en zorgplichtsanering objectief en absoluut vastgesteld.

Het is mogelijk de indelingen nog verder te verfijnen. Tijdens de sanering kan met de analyses die dan worden verkregen de signatuur van de relatieve samenstelling worden geoptimaliseerd. Daarnaast is het mogelijk om met AKIRO het saneringsresultaat objectief en absoluut te toetsen.

CONCLUSIES

AKIRO maakt het mogelijk om nauwkeurig onderscheid te maken tussen verschillende soorten verontreiniging. Vooral als de verontreiniging bestaat uit identieke stoffen van twee of meer bronnen of herkomst kan AKIRO uitkomst bieden. In het hierboven beschreven geval bood de Pearson-Veldman methode de meest geschikte benadering; in andere gevallen kunnen andere technieken of combinaties daarvan binnen AKIRO meer geëigend zijn om het beoogde resultaat te bereiken. Processen welke ingrijpen op verontreinigingen kunnen zodanig gecompliceerd zijn dat de voorgeschreven onderzoeksprotocollen en normen tot een te grofmazig oordeel leiden en dus tekort schieten om een verontreinigings situatie te doorgronden. Overbodige of bovenmatige sanering is dan het gevolg. Toepassing van binnen AKIRO gebundelde geavanceerde (statistische) technieken kan in zo'n geval een eenduidig en aannemelijk 'model' van ontstaan en ontwikkeling van een verontreiniging opleveren. Want de vervuiler betaalt weliswaar, maar dan ook alleen voor zijn eigen vervuiling ...