

CODE VAN GOEDE PRAKTIJK VOOR HET GEBRUIK VAN
ALTERNATIEVE BODEMONDERZOEKSTECHNIKEN

Phytoscreening

Het gebruik van bomen als marker voor
bodemverontreiniging



Beschrijving van de techniek

Het wortelstelsel van bomen, struiken en sommige planten, onttrekt water uit de eerste meters van de bodem (zelden meer dan 2 meter diepte). Hierdoor kunnen ze opgeloste verontreinigingen (Metalen, Minerale Olie, PAK en VOC) opnemen uit het bodemwater of het grondwater (indien ondiep <2m). Ofwel zijn de aanwezige opgeloste verontreinigingen in de bodem in direct contact met de wortels (Metalen, Minerale Olie, PAK), ofwel onder de vorm van bodemlucht (VOC, uitdamping uit het grondwater of de onderliggende grond). De sapstroom, die de opgeloste verontreiniging bevat, verplaatst zich vanuit de wortels naar de boomstam. De staalname van de boomstam voor de analyse van verontreinigingen – Phytoscreening – laat toe de ondergrondse verontreiniging te karteren via de bomen.

De techniek phytoscreening die in deze code wordt behandeld, beperkt zich tot staalname van schors of boomstammateriaal.

ALGEMENE INFORMATIE

A. Bodemcomponenten

De techniek kan toegepast worden voor het onderzoek naar de aanwezigheid van verontreinigingen in volgende bodemcomponenten:

Bodemfase	Opmerkingen	
Bodemmatrix	X	Metalen, Minerale Olie, PAK, vluchtige organische componenten (VOC)
Grondwater	X	VOC. Methode kan ook toegepast worden voor Zware Metalen, MO en PAK indien het grondwater niet diep is (<2m)
Bodemlucht	X	VOS

B. Geanalyseerde verontreinigingsparameters

Met de techniek kunnen volgende verontreinigingsparameters onderzocht worden:

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
Aromaten(BTEX)	X	X	X	
Gechloroerde solventen (VOCL, CL-etheen, Cl-ethaan, gechloroerde aromaten)	X	X	X	
PAK	X	X (indien grondwater <2m)	-	Datering van de verontreinigingstoestand kan gebeuren op basis van dendrochemie (boomringen)

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
Vluchtige KWS (C5-C10)	X	X	X	
Minerale Olie (C10-C40)	X	X (indien grondwater <2m)	-	Datering van de verontreinigingstoestand kan gebeuren op basis van dendrochemie (boomringen)
Zware Metalen (+Kobalt)	X	X (indien grondwater <2m)	-	Datering van de verontreinigingstoestand kan gebeuren op basis van dendrochemie (boomringen)
Cyaniden	-	-	-	
LNAPL	-	-	-	
DNAPL	-	-	-	
Andere	X (sommige POP, lichte PCB)	X (perchloraat, Lindaan, indien grondwater <2m)	-	Wetenschappelijke publicaties

C. Toepassingsgebied techniek

De alternatieve bodemonderzoekstechniek is toepasbaar bij volgende omgevingskenmerken:

Bodemtype		Opmerkingen
Puin	X	
Zand	X	
Leem	X	
Grind	X	
Veen	-	De aanwezigheid van organisch materiaal resulteert in minder verplaatsing van de verontreiniging naar de planten of beperkt het ontgassen van de VOC
Klei	-	De aanwezigheid van klei resulteert in minder verplaatsing van de verontreiniging naar de planten of beperkt het ontgassen van de VOC
Zandsteen	X	
Andere... (leiesteen, metamorf gesteente, krijt)	-	
Hydrogeologische karakteristieken		
Heterogeen en doorlatend	X	
Heterogeen en matig doorlatend	X	Beperkt het ontgassen van VOC
Heterogeen en ondoorlatend	-	
Diepte		
Oppervlakkig	-	De staalname gebeurt boven de grond (op de bomen) maar kan verslag doen van diepe verontreinigingen (het ontgassen van VOC vanaf het grondwater)
1-5 m-mv	-	
5-10 m-mv	-	
10-15 m-mv	-	
>15 m-mv	-	
Bodembedekking		
Geen bodembedekking	X	Aanwezigheid van bomen vereist, aard van de bodembedekking is onbelangrijk (boomsoort aangepast aan de gezochte verontreiniging)
Klinkers	-	
Kasseistenen	-	
Tegels	-	
Asfalt	-	
Beton	-	
Andere	-	
Minimale werkdimensie		
Dimensies l x b x h		Toegang tot boom
Techniek toepasbaar voor verontreinigde zone met:		
Kleine oppervlakte (1-5 m ²)	-	

Medium oppervlakte (5 – 200 m ²)	X	
Grote oppervlakte (>200 m ²)	X	Zelfs zeer grote zones > 1000 m ²

D. Fysicochemische parameters

Met de techniek kunnen volgende fysicochemische parameters worden geanalyseerd:

Fysicochemische parameters	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
pH	-	-	-	
EC	-	-	-	
Temperatuur	-	-	-	
Hydraulische conductiviteit	-	-	-	

E. Werkingsprincipe

Het wortelstelsel van bomen, struiken en sommige planten, onttrekt water uit de eerste meters van de bodem (zelden meer dan 2 meter diepte). Hierdoor kunnen ze opgeloste verontreinigingen opnemen uit het bodemwater of het grondwater (indien ondiep <2m). Ofwel zijn de aanwezige opgeloste verontreinigingen in de bodem in direct contact met de wortels ofwel onder de vorm van bodemlucht, afhankelijk van de aard van de verontreiniging:

- De VOC's aanwezig in verschillende bodemfasen in de ondergrond worden uiteindelijk verplaatst naar de bomen in opgeloste vorm. Ofwel omdat ze direct aanwezig zijn in het poriënwater van de bodem (VOC aanwezig in de ondiepe bodemlagen), ofwel omdat ze opnieuw opgelost worden vanuit de bodemlucht (verticale diffusie vanuit de onderliggende bodem of de grondwatertafel);
- De fractie van de niet-vluchtige verontreinigingen (ZM, MO, PAK), bereikbaar voor de wortels in de ondiepe bodemlagen (bodem in direct contact met het wortelstelsel, <2m) wordt verplaatst naar de bomen, na oplossing in het bodemwater;
- In sommige gevallen kunnen diepere wortels rechtstreeks het grondwater bereiken (grondwater <2m diep), om de onderliggende opgeloste verontreiniging direct op te nemen (VOC, ZM, MO...).

De sapstroom, die de opgeloste verontreiniging bevat, verplaatst zich vanuit de wortels naar de boomstam, in de buitenste boomringen net achter de schors: de VOC verdampt naar de atmosfeer via evapotranspiratie terwijl de andere verontreinigingen zich kunnen vasthechten in het weefsel. Het nemen van stalen van de boomstam voor de analyse van verontreinigingen – Phytoscreening – laat toe de ondergrondse verontreiniging te karteren via de bomen. Over het algemeen worden de buitenste boomringen bemonsterd, maar ander weefsel kan ook worden bemonsterd, afhankelijk van de oorsprong en de aard van de verontreiniging (ondergrondse verontreiniging, atmosferische depositie): boomschors en/of bladeren voor Kwik (Mallard et al., 2015), voor sommige POP's (Perverly et al., 2015) en in het onderzoek naar Zware Metalen of PAK gelinkt aan atmosferische depositie op bepaalde productie sites.

Het type bomen is eveneens een belangrijke criterium waar rekening mee moet gehouden worden. Voor de detectie van VOC's zijn de meest gedocumenteerde boomsoorten populieren, eiken, wilgen en elzen. Voor de andere soorten is het belangrijk om een vergelijkend staal te nemen (grondwater, bodemlucht, bodem) ter validatie. Voor Zware Metalen lijkt de boomsoort minder belang te hebben.

Voor de VOC's moet er eveneens rekening gehouden worden met de weercondities en de verzadigingstoestand van water in de bodem voor het bepalen van de onderzoeksperiode. Het is aangewezen te bemonsteren in de periode waarin de bomen bladeren dragen, met voorkeur voor drogere periodes en het vermijden van te koude buitentemperaturen.

Bomen bevatten van nature koolwaterstoffen (sommige alkanen en PAK). Voor deze parameters moet een analytische methode gekozen worden waarbij het mogelijk is het onderscheid te maken tussen de oorsprong van de stoffen (methode GCxGC MS), deze is maar beperkt beschikbaar op commerciële schaal).

F. Aanvullende informatie

Aanvullende informatie is opgenomen in onderstaande tabel:

Aanvullende informatie	Opmerkingen
Aard van de techniek	Biomarker
Meetfrequentie / meetsnelheid	20 tot 40 bomen/dag
Moment resultaten	Analyse ong. 10 dagen na ontvangst van stalen in het labo. Mogelijkheid om de staalname van bomen te koppelen aan andere veldtechnieken (XRF voor de metalen, micro-GC voor de VOC)
Presentatie / visualisatie resultaten	Grafisch (Resultaat houtanalyse versus andere kenmerken van de site) & 2D kaart. Er moet rekening gehouden worden met de bodemopbouw en het type verontreiniging bij de interpretatie
Ervaringsniveau veldwerker	Medium
Aard van het meetresultaat	Semi kwantitatief (de concentraties zijn uitgedrukt in relatie tot de houtmatrix, moeten kunnen vergeleken worden, op enkele punten, met data van bodem, grondwater of bodemlucht in de nabijheid (kalibratiepunten)) De alternatieve onderzoekstechniek resulteert in concentraties die verder moeten gekalibreerd, omgerekend of gecorreleerd worden met conventionele bodemonderzoekstechnieken en – analyses
Nauwkeurigheid / Detectielimiet / Meeteenheid	Concentraties in het grondwater die via phytoscreening kunnen worden gemeten, onder ideale omstandigheden: COV # 5 tot 50 µg/L Concentraties in de bodem die via phytoscreening kunnen worden gemeten, onder ideale omstandigheden: Cd, Cr, Cu, Ki, Pb, Zn: # 20 à 200 mg/kg Kwik: # 2 à 5 mg/kg
Kostprijs gebruik	Specifieke bemonsteringsapparatuur #500 € Analyse # 75 à 125 €/staal (excl. BTW) (VOC of Metalen, volgens de hoeveelheid en de moleculen) Kosten van personeel op het terrein voor de staalname

TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

A. Richtlijnen vóór gebruik op terrein

1. Identificatie van boomsoorten geschikt voor de methode, onderzoeksstrategie in functie van de te onderzoeken verontreinigingen, de lithologie / diepte van het grondwater en van de bereikbaarheid op site
2. Bepaling van dubbele « doublet » staalnamepunten op bepaalde locaties. Doublet « boom / andere bodemfase » (bodem, grondwater en/of bodemlucht) voor de “kalibratie” van de analyseresultaten
3. Bepaling van het aantal en de locatie van « blanco omgevingslucht » stalen en de « duplo-stalen » (5 à 10 % van het totaal aantal stalen)

B. Beschrijving werkwijze terrein

Nauwkeurige en gestructureerde beschrijving van de te realiseren werkwijze:

1. Noteer de locatie en algemene informatie van de boom (boomsoort, omvang, algemene staat, foto, ...)
2. Bepaal de te bemonsteren zone op de stam en verwijder de boomschors (schors wordt meestal niet bemonsterd voor analyse, tenzij voor Kwik verontreiniging)

3. Staalname van het hout:
 - a. Voor VOC en Kwik; 2 à 3 stalen van 1 cm lang met behulp van de sondeerhamer
 - b. Voor Zware Metalen en MO, PAK; 2 à 3 stalen van 2 cm lang met behulp van de manuele avegaar
4. Stockage van stalen in een speciale fles. De flessen dienen bewaard te worden bij een temperatuur rond de 12°C van de site naar het lab,
5. Staalname van « doublet-stalen » indien nodig,
6. Staalname van « blanco omgevingslucht stalen »: bemonstering van de omgevingslucht. In sommige gevallen beïnvloedt de verontreiniging in de omgevingslucht ter hoogte van de staalnamelocatie de concentratie bekomen uit analyse van het boommateriaal.

De gaten, gevormd door bemonstering van het hout, kunnen terug opgevuld worden met een natuurlijke hars.

C. Richtlijnen na verwerving resultaten

1. Validatie van de resultaten (procedure/aanbevelingen)
 - a. Vergelijking van de resultaten afkomstig van de « boom » analyses met de doublet-stalen en de blanco omgevingslucht stalen,
 - b. Statistische analyse van de resultaten van de « boom » analyses om de mogelijke verschillen te identificeren in functie van de boomsoort, de datum en omstandigheden van de staalname, de zone op site en de verschillende geanalyseerde boomweefsels (in de zoektocht naar de bron van de verontreiniging),
 - c. Vergelijking van de statistische gegevens, per punt, voor de resultaten bekomen door analyse van « boommateriaal » en de andere « bodemfases » om een in-situ kalibratie te kunnen doen.
2. Interpretatie van de resultaten door middel van concentratiekaarten van de « bomen » (puntwolk of interpolatie 2D) in relatie tot de zone op site (activiteiten, lithologie, grondwater, ...).

VEILIGHEIDSVOORSCHRIFTEN SPECIFIEK VOOR DE TECHNIEK

Om de veiligheid van de veldwerkers te kunnen garanderen zijn standaard persoonlijke beschermingsmiddelen bij het gebruik van de alternatieve bodemonderzoekstechniek noodzakelijk.

INFORMATIE VOOR DE GEBRUIKER

A. Leveranciers van de alternatieve bodemonderzoekstechniek (product, service, analyses)

- België
 - Tauw voert staalname, analyse (in onderaanneming bij onze partners) en interpretatie uit
 - Bio2Clean
- Europa
 - Tauw voert staalname, analyse (in onderaanneming bij onze partners) en interpretatie uit
 - Environnement International, France
 - BG Ingénieurs Conseils, Suisse
 - HPC AG, Allemagne
- Worldwide
 - Exponent, USA

- Triassic Technology, USA
- Pioneer Environmental Services, Chicago, USA

B. Bibliografie - Literatuur

- Vroblesky, D.A., 2008, User's guide to the collection and analysis of tree cores to assess the distribution of subsurface volatile organic compounds: U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2008–5088, 59 p.
- Balouet J.C., Chalot M., 2015, POLLUTION INVESTIGATION BY TREES (PIT), Methodological guide, ADEME, final report, contrat n°1072C0020, 72 p.
- Angela A. Peverly, Amina Salamova, and Ronald A. Hites. Locating POPs Sources with Tree Bark. Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 13743–13748,
- Matt A. Limmer, Danielle M. West, Ruipu Mu, Honglan Shi, Kim Whitlock and Joel G. Burkena. Phytoscreening for Perchlorate: Rapid Analysis of Tree Sap. Environ. Sci.: Water Res. Technol.,2015, 1,138
- Kaskassian S., Yung L., Ecouellan M., Chalot M.. Phytoscreening as a tool to delineate Cl-VOCs plumes and prioritize pollution management efforts for large scale and multisource sites (2017)
- Vojtěch Antoš, Pavel Hrabák, Jiřina Macháčková, Irena Šupíková, Libor Polách, Miroslav Černík, Petr Kvapil. ACCUMULATION OF HEXACHLOROCYCLOHEXANES IN ALNUS GLUTINOSA BIOMASS