

**CODE VAN GOEDE PRAKTIJK VOOR HET GEBRUIK VAN
ALTERNATIEVE BODEMONDERZOEKSTECHNIEKEN**

Gas Flux Chamber

(Directe meting van VOC-in de bodemlucht)


Beschrijving van de techniek

De gas flux chamber bestaat uit een klok, meestal op de grond verzegeld, om de VOC flux te meten die uit de bodem vervluchtigt. De flux wordt berekend op basis van ofwel een puntmeting ofwel van een continue meting van de vuilvracht ofwel na een integratie in functie van de tijd (na accumulatie op een adsorbens). De gekozen berekening is in functie van de randvoorwaarden van de opstelling (accumulatie van bodemgassen of niet, recirculatie of niet, open of gesloten circuit) en van de aanwezige verharding (open terrein, betonverharding of bedekking).. De gemeten fluxen zijn alleen representatief voor diffuse fluxen of als totaalflux (diffuus + convectief, bijvoorbeeld na een windsimulatie). De meting van deze flux kan worden gebruikt ofwel voor de afperking van een bodemverontreiniging, ofwel voor het meten van de vervluchtiging naar de atmosfeer (buiten-of binnenlucht), ofwel als invoergegevens voor de inschatting van blootstellingsroutes in het kader van een gezondheidsrisicobeoordeling.

ALGEMENE INFORMATIE
A. Bodemcomponenten

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

Bodemfase		Opmerkingen
Bodemmatrix	-	De meting voor het grondwater gebeurt indirect.
Grondwater	-	De meting voor het grondwater gebeurt indirect.
Bodemlucht	X	

B. Geanalyseerde verontreinigingsparameters

Met de techniek kunnen volgende verontreinigingsparameters onderzocht worden:

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
Aromaten(BTEX)	-	-	X	
Gechloroerde solventen (VOCL, Cl-etheen, Cl-ethaan, gechloroerde aromaten)	-	-	X	
PAK	-	-	X (naftaleen)	
Vluchtige KWS (C5-C10)	-	-	X	
Minerale Olie (C10-C40)	-	-	-	
Zware Metalen (+Kobalt)	-	-	-	
Cyaniden	-	-	-	

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
LNAPL	-	-	-	Indirecte meting.
DNAPL	-	-	-	
Andere: kwik, radon, biogas	-	-	X	

C. Terreinkenmerken toepassingsgebied

De alternatieve bodemonderzoekstechniek is toepasbaar bij volgende omgevingskenmerken:

Bodemtype		Opmerkingen
Puin	X	
Zand	X	
Leem	X	
Grind	X	
Veen	-	
Klei	-	
Zandsteen	X	
Andere... (leisteen, metamorf gesteente, krijt)	-	
Hydrogeologische karakteristieken		
Heterogeen en doorlatend	X	
Heterogeen en matig doorlatend	X	Beperkte mogelijkheid tot uitdamping van bodemgassen
Heterogeen en ondoorlatend	-	
Diepte		
Oppervlakkig	X	Bemonstering vindt plaats op het raakvlak tussen de bodem en de atmosfeer, maar kan ook rekening houden met diepere verontreiniging (bijv. VOC-uitdamping uit de watervoerende lagen).
1-5 m-mv	X	
5-10 m-mv	-	
10-15 m-mv	-	
>15 m-mv	-	
Bodembedekking		
Geen bodembedekking	X	
Klinkers	X	
Kasseistenen	X	Indien de voegen voldoende doorlatend zijn
Tegels	-	
Asfalt	X	In aanwezigheid van porositeit of scheuren
Beton	X	In aanwezigheid van porositeit of scheuren
Andere...	-	
Minimale werkdimensie		
Dimensies l x b x h	Kubus met zijde 30 tot 100 cm	Afhankelijk van de diameter van de gas flux chamber, tussen 30 en 100 cm
Techniek toepasbaar voor verontreinigde zone met:		
Kleine oppervlakte (1-5 m ²)	X	
Medium oppervlakte (5 – 200 m ²)	X	
Grote oppervlakte (>200 m ²)	-	Niet super interessant - tijdsintensief

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

Deze methode, die over het algemeen wordt gebruikt als screening (met behulp van een online analyzer), maakt het mogelijk om de flux van vluchtige verbindingen op het scheidingsvlak bodem (met of zonder bodembedekking) en atmosfeer te evalueren.

De Gas Flux Chamber wordt op het oppervlak van de bodembedekking geplaatst door middel van een afdichting om het ontsnappen van gassen en de intrusie van atmosferische lucht in de Gas Flux Chamber te voorkomen. Op een terrein zonder verharding kan de kamer een paar centimeter in de grond gedrukt worden.

De Gas Flux Chamber moet gemaakt zijn van een inert en niet-absorberend materiaal en voorzien zijn van staalname-openingen om het juiste bemonsteringssysteem aan te sluiten op de Gas Flux Chamber.

Vier methoden voor fluxmetingen worden hoofdzakelijk gebruikt (Traverse et al., 2013):

- 1- Methode van accumulatie zonder recirculatie met een veldanalysator (bijvoorbeeld PID), waarbij de metingen worden uitgevoerd door een puntmeting in de Gas Flux Chamber. De uitgestoten gassen hopen zich op in de kamer tot een evenwicht is bereikt met de bodemluchtatmosfeer;
- 2- Accumulatiemethode met recirculatie en een continue opvolging van de concentraties met behulp van een detector in "real time" (bijvoorbeeld PID) in de Gas Flux Chamber. Door de recirculatie stijgen de concentraties progressief in de Gas Flux Chamber;
- 3- Methode zonder accumulatie met recirculatie en continue adsorptie op een drager met vervolgens analyse in het laboratorium. De concentratie in de Gas Flux Chamber neemt toe tot een constant niveau bereikt wordt waarbij de flux uit de bodem in evenwicht komt met de onttrokken flux na luchtverversing (om een constante flux uit de bodem te bereiken). De interpretatie van de flux wordt gemaakt ofwel op basis van deze toename ofwel vanaf het constant niveau. In gesloten circuit (met recirculatie van lucht uit de Gas Flux Chamber), wordt de vuilvrucht uit de lucht komende vanuit de Gas Flux Chamber verwijderd door passage over een adsorberende drager voordat deze opnieuw als schone lucht wordt gerecirculeerd (Jellali, 2003);
- 4- Methode zonder accumulatie zonder recirculatie en continue adsorptie op een drager met vervolgens analyse in het laboratorium. De concentratie in de Gas Flux Chamber neemt toe tot een constant niveau bereikt wordt vergelijkbaar met de vorige werkwijze behalve dat in open circuit (zonder hercirculatie van lucht uit de kamer) schone lucht wordt geïnjecteerd uit een gasfles en de vervuilde lucht wordt gecapteerd voor analyse (Pokryszka et al., 1995).

Methode 3 wordt aanbevolen door Traverse et al., 2013, hetzij voor het afbakenen van VOC-emissiezones (met veldapparatuur met een voldoende lage detectielimiet), hetzij voor de gedetailleerde karakterisatie van de uitwisseling tussen bodem en atmosfeer (met een adsorberende drager voor de analyse van verbindingen in het laboratorium).

De invloedsparameters zijn talrijk:

- geologische aard van het terrein, inclusief porositeit, vochtgehalte en luchtdoorlatendheid;
- concentratiegradiënt tussen de bodemlucht en de atmosfeerlucht, de temperatuur;
- in een gebouw met een betonvloer, is de totale flux een resultante van de verplaatsing van de bronzone van de verontreiniging naar de invloedszone rond het gebouw en de verplaatsing via de betonvloer.

F. Aanvullende informatie

Aanvullende informatie is opgenomen in onderstaande tabel:

Aanvullende informatie	Opmerkingen
Aard van de techniek	Meetinstrument
Meetfrequentie / meetsnelheid	Veldanalysemethode (bijvoorbeeld PID of micro-GC): kortstondige bemonstering (5 tot 20 minuten) VOC-adsorptiemethode op een drager (type actieve kool): bemonstering afhankelijk van het volume van de Gas Flux Chamber en de snelheid van luchtverversing (5 minuten tot 6 uur)
Tijd nodig om de meetresultaten te bekomen	Veldanalysemethode (bijvoorbeeld PID of micro-GC): Aflezing in real time (enkele minuten) VOC-adsorptiemethode op een drager (type actieve kool): analyse in het labo 5 tot 10 dagen
Presentatie / visualisatie resultaten	1. Ruimtelijke verdeling op een kaart 2. Karakterisering van transfers bodem -- lucht (binnen of buiten) De aard van de bodem (lithologie en bedekking) en de bemonsteringsomstandigheden (debiet, meteorologische gegevens, recirculatie of niet, accumulatie of niet ...) moet men bij de interpretatie in rekening brengen. Onder bepaalde omstandigheden (DTSC, 2011) kunnen diffuse fluxen op bodems zonder bedekking worden gebruikt om de fluxen in toekomstige gebouwen te schatten.
Ervaringsniveau veldwerker	Medium / expert
Aard van het meetresultaat	Kwantitatief: uitgestoten VOC-flux ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{dag}$); Door de meting op verschillende locaties uit te voeren, maakt deze methode het mogelijk om de zones met hoge emissies te lokaliseren. De alternatieve onderzoekstechniek resulteert in rechtstreeks gemeten concentraties die de actuele verontreinigingstoestand kwantificeren, vergelijkbaar met conventionele bodemonderzoekstechnieken en – analyses.
Nauwkeurigheid / Detectielimiet / Meeteenheid	Veldmeetapparaat: PID (ppm) micro-PID (ppb), micro-GC (naargelang kalibratie en kolom) Laboratoriumanalyse: afhankelijk van het dragermateriaal, de geanalyseerde moleculen en de sorptietijd (minimaal gemeld # $10 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$ in Trichloorethyleen)
Kostprijs gebruik	Analyse 100 tot 300 € (excl. BTW) / monster (VOC, naargelang aantal, moleculen en detectielimiet). Excl. mobilisatie van veldmedewerkers voor bemonstering en verbruiksgoederen.
Kostprijs aankoop	Gas Flux Chambers kunnen door de gebruiker zelf worden geconstrueerd op basis van richtlijnen (Kienbusch, 1985, Traverse et al., 2013). De totale prijs van de Gas Flux Chamber is maximaal € 1000 (excl. BTW). De aanschaf van een compleet systeem varieert tussen 2.000 en 4.000 € (excl. BTW).

TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

A. Richtlijnen vóór gebruik op terrein

Afhankelijk van de doelstellingen (afperking, bepaling van transfers), de detectielimiet, aard van de bodembedekking en de weersomstandigheden:

1. Definieer de bemonsteringsmethode (debiet, spoeling en bemonsteringstijd, adsorptiemateriaal, meetapparatuur, enz.),
2. Definieer de maaswijdte van metingen (homogene zones, singuliere punten),
3. Kalibreer het debiet en zet het systeem klaar,
4. Bepaal de meetperiode (seizoen, dag / nacht, exclusief nat weer, verwarming van gebouwen ...).

B. Beschrijving werkwijze terrein

1. Breng de Gas Flux Chamber aan op de bodem en zorg voor de afdichting: duw de Gas Flux Chamber enkele centimeters in de bodem (in geval er geen bodemverharding is) of gebruik afdichtingsmateriaal met klei op de verharding (allerlei types van bodembedekking),
2. Monteer de verschillende elementen en controleer op lekkages: gaskringloop, pomp, veldmeetapparaat (indien van toepassing), adsorptie dragermateriaal (indien van toepassing), gasfles (indien van toepassing), druksensor,
3. Installeer de hulpmiddelen voor het meten van meteorologische parameters,
4. PID-meting van gasconcentraties die in het oorspronkelijke volume van de Gas Flux Chamber aanwezig zijn,
5. Start met pompen (met mogelijks directe of indirecte recirculatie), met afhankelijk van geval tot geval:
 - a. Een spoelfase vóór de meting of de adsorptiefase op een drager,
 - b. Onmiddellijk de meetfase of de adsorptiefase op een drager,
 - c. Naargelang de methode, opvolging via PID-meting van de gasconcentraties opgevangen in de Gas Flux Chamber,
6. PID-meting van de gasconcentraties opgevangen in de Gas Flux Chamber op het einde van de meting,
7. Als een adsorptiemateriaal (type actieve kool) wordt gebruikt, het bemonsteren en bewaren van de drager. De dragers worden op een lage temperatuur bewaard totdat ze het laboratorium bereiken,
8. Meting van "blanco's van de omgeving".

C. Richtlijnen na verwerving resultaten

1. Afhankelijk van de gekozen meetmethode, omvat de interpretatie de volgende stappen:
 - a. Kwaliteitscontrole: Ondergrens meetmethode, blanco, begin- en eindmetingen, meteorologische omstandigheden, bereiken van een stabiele concentratie of een constante toename van de concentraties, afhankelijk van de meetmethode,
 - b. Berekening van de gemeten flux. De benodigde gegevens zijn ofwel de gradiënt van de concentratiestijging ofwel de waarde van het plateau (constante niveau) ofwel de massa die op de drager is geadsorbeerd (geanalyseerd in het laboratorium);
2. Interpretatie van de resultaten door middel van het voorstellen op kaart (puntwolk of 2D-interpolatie) voor een afperking (verbinding tussen de punten) of door de opbouw van een conceptueel model van overdracht van gassen (bodem -> atmosfeer).

Voor metingen van de flux naar de buitenlucht moeten de meteorologische omstandigheden worden overwogen (Traverse et al., 2013): windintensiteit (tijdens de meting), regenval (vóór en tijdens de meting), evolutie van de atmosferische druk (voor en tijdens de meting), luchttemperatuur (tijdens de meting). Seizoensvariaties kunnen het meetresultaat beïnvloeden: afhankelijk van de doelstelling van de studie, dient de meting doorheen het jaar herhaald te worden. Voor metingen binnenshuis zijn geen speciale maatregelen met betrekking tot de onderdruk van het gebouw vereist voor de interpretatie van de gemeten flux.

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.

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

- België
 - Certech, Seneffe, België
- Europa
 - ES France, Equipment scientifique, Garches, France
 - Echo Instruments Slovenië
- Wereldwijd
 - Scentroid, Canada

B. Bibliografie - Literatuur

- Traverse S., Schäfer G., Chastanet J., Hulot C., Perronnet K., Collignan B., Cotel S., Marcoux M., Côme J.M., Correa J., Gay G., Quintard M., Pepin L. (2013). Projet FLUXOBAT, Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur. Guide méthodologique. Novembre 2013. 257 pp
- ITRC (Interstate Technology Regulatory Council) (2007). Vapor Intrusion Pathway: A Practical Guideline. VI-1. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, Vapor Intrusion Team.
- Jellali, S. (2000). Pollution d'aquifères poreux par les solvants chlorés, mécanismes de transport avec échanges entre phases, expérimentations sur site contrôlé avec le trichloréthylène. Ph.D. thesis. University of Louis Pasteur. Strasbourg. France.
- Pokryszka Z., Tauziède C., Cassini Ph. (1995) Development and validation of a method for measuring biogas emissions using a dynamic chamber. 5th International Landfills Conference - Sardinia'95, Cagliari, 1995
- Kienbusch (1985). Measurement of gaseous emissions rates from land surfaces using an emission isolation flux chamber. User's Guide. EPA. PB 86-223161. Décembre 1985
- Kienbusch (1985). Validation of flux chamber emission measurement on soil surfaces. EPA, EMSL, contract 68-02-3889. Décembre 1985
- DTSC (2011). Guidance for the evaluation and mitigation of subsurface vapor intrusion to indoor Air (vapor intrusion guidance). Department of Toxic Substances Control. California Environmental Protection Agency. Final VIG, October 2011.