

Bodemplucht, binnenlucht, omgevingslucht en emissies bij saneringen

INHOUD

1	Inleiding	4
2	Veldwerkprogramma	5
2.1	Bepalen van de onderzoeksstrategie	5
2.2	Vastleggen van het uit te voeren veldwerk – informatie voor de veldwerker	5
3	Richtlijnen bij staalname (bodem)lucht	6
3.1	Actieve versus passieve (bodem)luchtstaalname	6
3.2	Actieve staalname	6
3.2.1	Algemeen	6
3.2.2	Pompapparatuur	7
3.2.3	Vacuümkamer	8
3.2.4	Aanzuig - /staalnameslang	8
3.2.5	Type recipiënten	8
3.2.6	Adsorptiepatronen	11
3.2.7	Bewaring en transport van recipiënten	15
3.2.8	Koppeling met veldmeetinstrumenten	16
3.2.9	Algemene richtlijnen actieve staalname	17
3.3	Passieve staalname	19
3.3.1	Type passieve samplers	19
3.3.2	Keuze van de sampler	22
4	Richtlijnen m.b.t. de uitvoering van Bodemluchtstaalname	22
4.1	Inleiding	22
4.2	Eigenschappen van de bodem	23
4.3	Actieve staalname	23
4.3.1	“Verloren punt” methode	24
4.3.2	“Tijdelijke bodemluchtfilter” (gassonde)	25
4.3.3	Peilbuis met bodemluchtfilters	25
4.3.4	Boring met plaatsing van trechter en capillair	26
4.3.5	“Sub-slab” staalname	26
4.3.6	Flux kamer	27
4.3.7	Snelle screening voor inschatting van uitdamping	28
4.3.8	Headspace meting boven grondstalen – snelle screeningsmethode	29
4.3.9	Algemene richtlijnen actieve bodemluchtstaalname	30
4.4	Passieve staalname	30
4.5	Rapportage	31
5	Richtlijnen m.b.t staalname Binnenlucht	31
5.1	Inleiding	31
5.2	Keuze van staalnamelocaties	32
5.3	Algemene richtlijnen	32
5.4	Referentiemetingen in buitenlucht	33

5.5	<i>Rapportage</i>	33
6	Emissies bij bodem- en grondwatersaneringen	34
6.1	<i>Inleiding</i>	34
6.2	<i>Emissie meettoestellen</i>	35
6.2.1	Geleide emissies	35
6.2.2	Diffuse emissies	37
7	Referenties	38
BIJLAGE 1: SELECTIE VAN HET ADSORPTIEMEDIUM I.F.V. DE TE METEN COMPONENT(GROEP), NIET-LIMITATIEVE LIJST MET INDICATIES VAN ONTTREKKINGSDEBIET EN STAALNAME VOLUME PER ADSORBENS		40

1 INLEIDING

Deze procedure vervangt de procedure CMA/1/A.6 van maart 2001.

De rubriek (bodem)lucht omvat richtlijnen voor de staalname:

- van bodemlucht ;
- van binnenlucht;
- i.k.v. emissiemetingen.

Hoewel er bij staalname van bodemlucht, binnenlucht en emissiemetingen bij saneringen verschillende raakvlakken zijn, is het toch van belang voor elk van deze subcategorieën afzonderlijke richtlijnen uit te werken voor het nemen van representatieve (bodem)luchtstalen in functie van de specifieke noden van het onderzoek nl.:

- karakterisatie van verontreinigingen met vluchtige verbindingen;
- afbakening van kern-en pluimzones;
- risicobeoordeling van bodemverontreiniging met vluchtige componenten;
- beoordeling van in-situ bodemsaneringstechnieken op basis van bodemluchtextractie;
- opvolging van saneringen;
- risico-evaluaties;
- kwaliteitsbepaling van binnenlucht in gebouwen en werkplaatsen.

Aan de hand van (bodem)luchtstalen kan op het veld, door koppeling met in-situ analysetechnieken of online meetapparatuur, of door onderzoek in het laboratorium, informatie bekomen worden over de kwaliteit van het bemonsterde medium en/of over de wijze waarop de verontreiniging zich verspreidt.

Richtlijnen rond het opstellen van het staalnameprogramma en de selectie van de te bemonsteren parameters, maken geen deel uit van dit CMA. Hiervoor wordt verwezen naar de Code van Goede Praktijk voor de evaluatie van uitdampingsrisico's (CGP Uitdampingsrisico's, in ontwerp).

De CMA procedure CMA/1/A.6 heeft enkel betrekking op monsternaming van (bodem)lucht met betrekking tot analyse van gasen en dampen:

- een gas is een stof die zich bij standaard druk¹ en temperatuur² in gasvormige toestand bevindt (bv. CO);
- damp (vapor) is de gasvormige toestand van een stof die zich bij standaard druk en temperatuur in vloeibare fase bevindt (bv. benzeen).

Het doel van de procedure CMA/1/A.6 is om een representatief (bodem)luchtstaal te bekomen waarvan de samenstelling overeenkomt met de gemiddelde samenstelling van de te bemonsteren (bodem)lucht.

De volgende onderwerpen maken geen deel uit van voorliggende CMA procedure:

- staalname i.k.v. de bepaling van stofgehaltenes en stofvormige fracties;
- emissiemetingen, m.u.v. emissiemetingen bij bodemsaneringswerken.

¹ 101,3 kPa = 1 atm = 760 mmHg

² 293 K = 20°C

2 VELDWERKPROGRAMMA

Bij de opstelling van het veldwerkprogramma kunnen twee fasen onderscheiden worden:

- bepalen van de onderzoeksstrategie;
- vastleggen van het uit te voeren werk.

2.1 BEPALEN VAN DE ONDERZOEKSSTRATEGIE

Het veldwerk moet worden uitgevoerd op basis van een door de bodemsaneringsdeskundige opgestelde onderzoeksstrategie. Deze onderzoeksstrategie is functie van het conceptueel sitemodel en de doelstelling van het onderzoek.

In deze onderzoeksstrategie moeten minstens volgende elementen zijn opgenomen:

- type staalnamecampagne (i.e. bodemlucht, binnenlucht, bodemlucht en/of emissiemetingen bij saneringen);
- locatie van de uit te voeren staalname;
- periodiciteit van de staalname (meetperiode en tijdsduur);
- in geval van bodemluchtmetingen diepte van de boringen en /of bodemluchtfilters;
- analysepakket;
- eventuele toepassing van on-site analyse en/of meettechnieken.

Op basis van veld- en passieve geurwaarnemingen kan de onderzoeksstrategie worden aangepast door de bodemsaneringsdeskundige.

Voor het minimaal aantal staalnamelocaties, tijdstippen van staalname en samenstelling van het analysepakket wordt verwezen naar de CGP Uitdampingsrisico's.

Na het bepalen van de onderzoeksstrategie wordt door de eBSD overgegaan tot het opstellen van het veldwerkprogramma. Dit gebeurt in nauw overleg met de veldwerker. De eindverantwoordelijkheid m.b.t. de keuze van het type staalname, de recipiënten, de samplers, in-situ of ex-situ analyse en de analyseparameters ligt bij de bodemsaneringsdeskundige.

2.2 VASTLEGGEN VAN HET UIT TE VOEREN VELDWERK – INFORMATIE VOOR DE VELDWERKER

De bodemsaneringsdeskundige zal steeds een veldwerkopdracht opstellen waarin, rekening houdende met de onderzoeksstrategie, minimum de volgende zaken worden vermeld:

- algemene terreinkenmerken – verontreinigingsproblematiek (niet-limitatief):
 - o coördinaten projectverantwoordelijke & verantwoordelijken van de site;
 - o gebruik van het terrein;
 - o aanwezigheid van kelder/kruipruimte;
 - o toegangsbeperkingen / voorwaarden;
 - o veiligheidsaspecten;
 - o overzicht van de problematiek met aanduiding van de te verwachten verontreinigingen (parameters en grootteorde van de te verwachten concentraties) en de eventuele aanwezigheid van puur productzones;
 - o locatiespecifieke kenmerken zoals bijvoorbeeld bodembedekking, aanwezigheid van nutsleidingen / rioleringen, oppervlakte water;

- o eventuele aanwezigheid van installaties in het kader van bodemsanering zoals waterzuiveringsinstallatie, ISCO, persluchtinjectie of bodemluchtextractie;
- o bodemgesteldheid;
- o verwachte diepte grondwater.
- informatie m.b.t. de uitvoering van (bodem)luchtmetingen (niet-limitatief):
 - o detailplan te onderzoeken site met een inplantingsschema van de locaties voor de uitvoering van (bodem)luchtmetingen;
 - o type stalen, i.e.; bodemlucht, binnenlucht, buitenlucht en/of emissiemetingen;
 - o type staalname i.e. actief of passief;
 - o locatie staalnames;
 - o recipiënten actieve staalname;
 - o samplers passieve staalname;
 - o toe te passen onttrekkingstechniek bij bodemluchtstaalname
 - o te plaatsen bodemluchtfilter;
 - boortechniek:
 - diepte en diameter van de boring;
 - manueel / mechanisch en gehanteerde techniek;
 - technische kenmerken verbuizing (materiaal, diameter);
 - filter:
 - diepte en lengte van de filters, de grindomstorting en de kleistoppen;
 - type materiaal, diameter;
 - afwerking van het boorgat / bodemluchtfilter:
 - wijze van opvulling;
 - type straatpot).
 - o eventueel toe te passen on-site analysetechnieken – meetinstrumenten;
 - o analysepakket genomen stalen;
 - o aanwijzing van het erkende analyselabo en de toe te passen analysemethodes.

3 RICHTLIJNEN BIJ STAALNAME (BODEM)LUCHT

3.1 ACTIEVE VERSUS PASSIEVE (BODEM)LUCHTSTAALNAME

Voor de staalname van (bodem)lucht wordt een onderscheid gemaakt tussen passieve of actieve staalname. De keuze van één van beide bemonsteringstechnieken is functie van de doelstelling van het onderzoek en van de karakteristieken van de bepalende parameters (e.g. dampdruk en Henry coëfficiënt). Voor de richtlijnen betreffende de keuze van actieve staalname versus passieve staalname, wordt verwezen naar de CGP Uitdampingsrisico's.

3.2 ACTIEVE STAALNAME

3.2.1 ALGEMEEN

Actieve staalname is gebaseerd op het geforceerd onttrekken (d.m.v. pompapparatuur) van een hoeveelheid (bodem)lucht met als resultaat een gemiddelde concentratie aan pollutanten in de (bodem)lucht op een welbepaalde (diepte)locatie over het bemonsterde staalname interval. (Bodem)Luchtmonsters kunnen:

- in een geschikt recipiënt worden gepompt;
- worden vastgelegd door adsorptie op een geschikt medium;

- in-situ worden gemeten.

De keuze van de wijze waarop de staalname / meting wordt uitgevoerd hangt af van het doel van de meting, de analyseapparatuur, de te analyseren parameters en hun karakteristieke eigenschappen. Indien de (bodem)lucht wordt verzameld in een geschikt recipiënt, dan zal bij de analyse het gasstaal rechtstreeks kunnen gebruikt worden. Wanneer gebruik gemaakt wordt van een adsorptiemedium (zie paragraaf 3.2.4), dan moet het gepreconcentreerde staal eerst voorbehandeld worden (desorptie van de aanwezige verontreinigingen) alvorens de eigenlijke analyse kan plaatsvinden.

3.2.2 POMPAPPARATUUR

3.2.2.1 Algemeen

Voor het onttrekken van bodemlucht kunnen o.a. volgende pompen gebruikt worden :

- membraanpompen;
- slangenpompen (peristaltische pompen).

Het aanzuigdebiet van de pompen die voor dit soort staalname gebruikt worden, moet constant zijn (relatieve standaarddeviatie < 5%). De pompen dienen in het labo gekalibreerd te worden voor en na de staalnamecampagne (cf. paragraaf 2.2.3). Indien lucht in een geschikt recipiënt wordt overgepompt dan dient aan volgende zaken voldaan te worden :

- delen van de pomp die in contact komen met het luchtstaal, moeten uit inert materiaal (INOX, teflon) bestaan;
- alle leidingen (zowel aan de aanzuig- als aan de perszijde) inclusief koppelingen moeten uit inert materiaal bestaan. Het gebruik van PVC- en siliconenleiding is niet toegelaten. Staalnamerecipiënten worden bij voorkeur in de aanzuigleiding van de pomp geplaatst.

Bij de meeste in-situ meetapparatuur (zie paragraaf 3.2.7) is een pomp ingebouwd. Aanzuigleidingen en meetkamers zijn in geschikt materiaal uitgevoerd.

Indien de pompen werken op batterijen moeten deze voor en tijdens de staalnamecampagne worden gecontroleerd. Onvoldoende opgeladen batterijen kunnen leiden tot schommelingen in het aanzuigdebiet.

3.2.2.2 Kalibratie pompapparatuur

➔ Algemeen

De pompen die bij de staalname gebruikt worden, worden voor en na de staalnamecampagne gekalibreerd met betrekking tot het gewenste onttrekkingsdebiet tijdens de staalname. Indien het onttrekkingsdebiet verschillend is voor elke individuele staalname, moet de kalibratie per individuele staalname worden uitgevoerd. De kalibratie van de gehanteerde pomp moet worden uitgevoerd volgens de instructies van de leverancier. Bij de kalibratie worden temperatuur (T) en druk (p) genoteerd. Het debiet wordt omgerekend naar standaard druk (101,3 kPa) en temperatuur (293 K). Op basis van dit debiet en de staalnameduur kan het bemonsterde volume lucht (gerefereerd naar normaal condities) berekend worden. Het debiet voor en na de meting mag maximaal 5% verschillen.

➔ Bij toepassing van adsorptiepatronen

Bij de kalibratie wordt hetzelfde type adsorptiepatroon zoals voorzien bij de staalname (dit mag een gebruikt patroon zijn), in de aanzuigleiding (i.e. voor de pomp) geplaatst.

3.2.3 VACUÛMKAMER

Naast pompapparatuur kan eveneens gebruik worden gemaakt van vacuümkamers. Een vacuümkamer bestaat uit een luchtdicht afsluitbare kunststofkist met een gaszak (zie paragraaf 3.2.4.2) aangesloten d.m.v. een polyethyleenslang aan een interne staalnamepoort. Vervolgens wordt met behulp van een laagdebietpomp een vacuüm gecreëerd, waardoor de gaszak als gevolg van de inwendige drukval wordt gevuld.

- Voordelen:
 - Het bodemluchtstaal wordt niet over pompapparatuur geleid;
 - Het bodemluchtstaal moet niet gedesorbeerd worden;
- Nadelen
 - Enkel bruikbaar voor gaszakken;
 - Interne slangen dienen na elke staalname te worden gespoeld;
 - Het aanzuigdebiet is niet te controleren, waardoor de gaszak bij overvullen kan scheuren. Het vullen van de gaszak moet visueel worden gecontroleerd.

3.2.4 AANZUIG - /STAALNAMESLANG

- Gebruik bij voorkeur aanzuig- / staalnameslangen met geringe diameter ($3,2 - 6,4 \text{ mm}^3 \phi_{\text{extern}}$) om het intern volume van het staalnamesysteem te beperken. Hoe kleiner het intern volume, hoe geringer het dood volume dat moet worden verwijderd bij het schoonspoelen.
- Om interferentie tussen aanzuig- / staalnameslang en (bodem)lucht tot een minimum te beperken is het noodzakelijk om:
 - de keuze van materiaal te bepalen i.f.v. de aard en de omvang van de verontreiniging. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van inert materiaal, zoals teflon, nylon of roestvrij staal
 - de lengte van de aanzuig- / staalnameslang zo kort mogelijk te houden.
 - de aanzuig- / staalnameslangen niet op te slaan in de nabijheid van bronnen aan vluchtige componenten.
- Aanzuig- / en staalnameslangen mogen niet hergebruikt worden.

3.2.5 TYPE RECIPIËNTEN

Met betrekking tot actieve (bodem)luchtstaalname kan men de onttrokken lucht op verschillende manieren vastleggen. De keuze van de recipiënten wordt uitgevoerd door de eBSD en wordt bepaald in samenspraak met het laboratorium dat zal instaan voor de uitvoering van de analyses. Tabel 1 geeft een overzicht van verschillende bij actieve staalname toepasbare recipiënten, samen met de voor- en nadelen.

3.2.5.1 Recipiënten met vast volume in onderdruk (gascilinder)

(Bodem)luchtstalen kunnen tijdelijk bewaard worden in roestvrijstalen recipiënten (gascilinders, ook wel canisters genoemd), die vooraf in onderdruk (vacuüm) gezet zijn om in-situ, eenvoudig met een gekende hoeveelheid te kunnen worden gevuld. Omwille van de gecreëerde onderdruk is hiervoor op het terrein geen pomp vereist. Hoewel de wanden van de gascilinders behandeld zijn om adsorptie van parameters te voorkomen, kunnen bepaalde componenten (bv. polaire componenten) echter in relatief grote hoeveelheden adsorberen aan de wanden van de

³ 1/8 – 1/4 inches

gascilinders waardoor verliezen kunnen optreden en een onderschatting van de concentratie niet uit te sluiten is.

De luchtstroom naar de gascilinder wordt geregeld door een staalnameventiel of een pneumatische flow controller die bevestigd zijn aan een in-line deeltjesfilter. Het staalnameventiel wordt meestal gebruikt voor korte duur staalnameperiodes. Flow controllers zijn over het algemeen vooraf gekalibreerd om de luchtstroom vast te leggen gedurende een bepaalde staalname tijd (i.e. 1 uur, 3 uur, 8 uur, 12 uur of 24 uur). Gascilinders met grote volumes zijn beschikbaar voor staalnametijden > 24 uur.

Canisters worden in het algemeen gevuld met lucht tot een druk die lager is dan atmosferische druk, bijvoorbeeld tot op het niveau waarbinnen de verschildruk over het capillair nog een vrij constant aanzuigdebiet garandeert. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een kritisch capillair, i.e. een flow controller die binnen bepaalde grenzen van drukverschil tussen in en uitgang een vast debiet garandeert. Bij een onvolledige vulling moet de vullingsgraad worden meegedeeld aan het labo.

De gewenste staalnametijd wordt bepaald op basis van het Conceptueel Site Model (CSM) en is functie van het doel van het onderzoek en de grootte-orde van de concentratie van de verontreiniging. Afhankelijk van het aantal gewenste analyses, wordt het volume van de te gebruiken canister bepaald. Het volume van de canister en de gewenste staalnameduur bepalen de staalnamesnelheid die vooraf wordt ingesteld door de fabrikant van de gascilinder of door het laboratorium.

Gezien de relatief kleine bemonsteringsstroom dienen bij het gebruik van canisters de aanzuigleidingen te worden schoongespoeld, zodat de hoeveelheid lucht die wordt aangezogen minimaal is.

Wanneer bodemluchtstalen worden genomen met een hoog of een continu vacuüm dan is het mogelijk dat een deel van de verontreinigingen in het staal afkomstig zijn van desorptie van vluchtige organische stoffen (VOS) van de bodem of van ontgassing uit de opgeloste fase, in plaats van dat ze aanwezig waren in de ongestoorde bodemlucht. Bij gebruik van onderdruk dient men deze te beperken tot de druk die strikt nodig is voor het verzamelen van het staal. Bij gebruik van canisters mag de vulsnelheid niet te groot zijn (geringer zijn dan een halve liter per minuut). Bij een grote initiële onderdruk in de canister dient men op te letten dat men geen omgevingslucht aanzuigt. Het risico op doorbraak van omgevingslucht neemt toe als men stalen neemt op geringe diepte.

Het laboratorium of de fabrikant is verantwoordelijk voor het aanleveren van zuivere recipiënten.

3.2.5.2 Gaszakken

Op het terrein kan de (bodem)lucht verzameld worden in afsluitbare gaszakken die bestaan uit inerte materialen met verschillende afsluitsystemen (e.g. stoppen en diverse kraantjes). Met betrekking tot het materiaal onderscheidt men FEP (Fluorinated ethylene propylene, zeer geschikt voor organische verbindingen), tedlar (voor H₂S, mercaptanen, CO, ...), maar er bestaan ook zakken die opgebouwd zijn uit meerdere lagen van polyethyleen, polyamide, aluminiumfolie, polyvinyl, chloride polyester. De gelaagde opbouw beschermt de bemonsterde lucht tegen UV-straling.

Gaszakken hebben als nadeel dat zij groot van omvang zijn en bij lage concentraties een te groot staalnamevolume vereisen. Bovendien zijn gaszakken fragiel waardoor lekken gemakkelijk kunnen

ontstaan. Een bijkomend nadeel is dat bepaalde componenten aan de gaszakken kunnen adsorberen waardoor een onderschatting van de concentratie niet uit te sluiten is.

Omwille van deze nadelen wordt het gebruik van gaszakken afgeraden. On-site gebruik van gaszakken kan overwogen worden:

- bij staalname van zéér vluchtige verbindingen waarvoor geen adsorbtiepatronen beschikbaar zijn;
- bij een snelle screening op het terrein, waarbij de gaszakken worden aangesloten op draagbare meetinstrumenten (e.g. FID – PID meter);
- wanneer de on-site meetapparatuur niet tot op de locatie kan gebracht worden waar de meting moet uitgevoerd worden (bvb. omwille van veiligheidsoverwegingen bij en/of weersomstandigheden), kan het on-site gebruik van gaszakken overwogen worden. Ook wanneer verschillende stalen van ver uiteenliggende staalnamelocaties moeten worden geanalyseerd, kan het efficiënter zijn de gaszakken naar het meetinstrument te brengen in plaats van het meetinstrument steeds op een andere plaats te moeten opstellen.

Aandachtspunten

- Stel gaszakken niet bloot aan licht. De meeste gaszakken zijn transparant. Onder invloed van ultraviolet licht kunnen fotochemische reacties plaatsgrijpen met omzettingen van de pollutanten tot gevolg.
- Stel gaszakken niet bloot aan extreme temperaturen:
 - o Warmte kan resulteren in uitzetting van de gaszak met mogelijke lekkage als gevolg;
 - o Koude kan condensvorming in de zakken veroorzaken.
- Gaszakken zijn niet herbruikbaar.
- Als gevolg van diffusie kunnen verliezen naar de omgevingslucht optreden.
- Omwille van mogelijke condensatie wordt het gebruik van gaszakken bij hoge luchtvochtigheid afgeraden.
- Gaszakken worden bij voorkeur getransporteerd in een rigide box.

3.2.5.3 Ampoules

Als alternatief voor gaszakken kan gebruik worden gemaakt van ampoules. Ampoules kunnen in glas of roestvrij staal zijn vervaardigd. De ampoule onderscheidt zich van de canister doordat er twee kranen aanwezig zijn. Dit betekent dat de bemonstering met ampoules meestal met doorspoeling gebeurt en dat kortstondige puntmonsters worden genomen.

Omwille van de aanwezigheid van 2 kranen zijn ampoules meer gevoelig voor lekken. Hierdoor wordt het gebruik i.k.v. (bodem)luchtmetingen afgeraden.

3.2.5.4 Gasdichte glazen spuiten met inox afsluitkraan

De staalname kan gebeuren door lucht te onttrekken met een gasdichte glazen spuit die voorzien is van een afsluitkraan. Voor de staalname wordt de spuit op lekken gecontroleerd. Hiertoe wordt de plunjer van de spuit volledig ingedrukt. Vervolgens wordt de afsluitkraan gesloten en wordt de plunjer licht uitgetrokken gedurende enkele seconden. Indien er geen lek is dan zal de plunjer terug naar zijn nulpositie gaan en kan de spuit gebruikt worden voor het nemen van luchtstalen. Dergelijke stalen kunnen slechts gedurende een beperkte tijd (15 min) bewaard worden en worden on-site geanalyseerd. Glazen spuiten worden eerder toegepast bij staalname van beperkte volumes.

Injectiespuiten uit kunststof mogen niet worden gebruikt omwille van het mogelijke vrijkomen van VOC's uit de matrix en/of adsorptie van VOC's aan de matrix.

Tabel 1: Niet-limitatief overzicht van verschillende gaszakmaterialen en hun eigenschappen

Gaszak	Kenmerken	Voordelen	Beperkingen
ALTEF	- PVDF film - speciaal ontwikkeld voor staalname van (bodem)lucht - chemisch inert tegen . meeste zuren . alifatische en aromatische componenten . gechlorineerde solventen . alcoholen - dikte: Tedlar < Altef < multi	- toepasbaar voor staalname van VOC's, CO, CO₂, CH₄ & S-verbindingen - lage VOC achtergrondwaarde - geen vrijgave van fenolen en DMAC (dimethylacetamide) - inherent zuiver materiaal zonder additieven, vulmiddelen of pigmenten - kostprijs	- meer permeabel dan Tedlar® - niet geschikt voor staalname van ketonen, esters, HS en permanente gassen (H₂, N₂, O₂, CH₄, CO, CO₂) - geringe weerstand tegen UV-licht
Multi lagen gaszak	- geringere permeabiliteit i.v.m. klassieke gaszakken - geringe doorlatendheid voor vocht - bescherming tegen UV	- toepasbaar voor staalname van H₂S (conservering: 5 - 7d)	- niet geschikt voor staalname van lage concentraties aan VOC o.w.v. achtergrondconcentratie
Tedlar®	- geringe permeabiliteit - hoge treksterkte	- geringere permeabiliteit i.v.t. FEP, PFA en TFM - staalname mercaptanen, H₂S, CO, SO₂ - toepasbaar voor VOCs	- achtergrondconcentraties aan DMAC en fenolen - kostprijs
FEP Fluorinated ethylene propylene	- één van de meest inerte materialen voor de productie van gaszakken		- geringe bewaartermijn - kostprijs - meer permeabel i.v.m. Tedlar, multilaag gaszak & ALTEF - geringere treksterkte i.v.m. TEDLAR
PFA fluoropoly-meet	- meest inert materiaal voor gaszakken	- staalname zeer corrosieve dampen (HF, HCL, zwavelzuur, salpeterzuur)	- kostprijs - meer permeabel dan Tedlar

3.2.6 ADSORPTIEPATRONEN

3.2.6.1 Algemeen

Bij staalname voor vluchtige organische componenten wordt vaak gebruik gemaakt van adsorptiepatronen gevuld met een sorbens. De (bodem)lucht wordt over een adsorptiemedium, omgeven door een glazen of roestvrijstalen matrix, geleid, waarop de in de (bodem)lucht aanwezige verontreinigingen worden gepreconcentreerd. Na de staalname worden de verontreinigingen op de sorbentia gedesorbeerd en vervolgens geanalyseerd. Solvent of thermische desorptie en de daaraan gekoppelde analyse worden omwille van de vereiste uitrusting in de meeste gevallen niet op de site zelf uitgevoerd. Hierdoor zijn de meetresultaten niet meteen beschikbaar en dienen nog extra kosten gemaakt te worden voor analyse van de luchtstalen. De verkregen concentraties zijn gemiddelde concentraties over het bemonsterde tijdsinterval.

Een voordeel van de adsorptiemethode is dat lagere detectiegrenzen voor de betreffende verbindingen kunnen gehaald worden door een groter volume lucht over het adsorptiemedium te leiden. Als gevolg hiervan kan een breder spectrum aan verbindingen worden geïdentificeerd in

vergelijking met meetmethoden die in het veld gebruikt worden. In vergelijking met andere staalnamemethoden (gasmonsterflesjes, gasdichte glazen spuit en gaszakken) kunnen adsorptiepatronen veel langer bewaard worden zonder dat er noemenswaardige verliezen optreden.

3.2.6.2 Sorbens

Actief kool en Tenax® zijn de meest frequent gebruikte sorbentia. De keuze van het sorbens is functie van de te staalnamemethode, de te analyseren parameters en de aanwezige vuilvracht. Verder wordt rekening gehouden met onderstaande karakteristieken:

- maximale doorbraakconcentratie;
- volledige desorptie voor analyse (i.e. een zo groot mogelijke recovery van de geadsorbeerde parameters);
- geen retentie van water;
- volledig afsluitbaar van de atmosfeer na staalname.

Rekening houdende met bovenstaande elementen is het aanbevolen dat de eBSD de keuze van de adsorptiemedië maakt in samenspraak met het laboratorium.

Volgende sorbentia worden onderscheiden (niet limitatief):

- Koolstofhoudende sorbentia
 - o actieve kool: frequent gebruikt sorbens voor de vastlegging van niet-polaire organische componenten zoals BTEX en VOCl (excl. Vinylchloride);
 - o Anasorb® : synthetische koolstof voor de adsorptie van polaire en niet polaire organische solventen;
 - o Carbotrap® & Carbosieve®: beide sorbentia worden gekenmerkt door een hoog specifiek oppervlak en zijn toepasbaar voor het capteren van zeer vluchtige componenten;
- Anorganische sorbentia
 - o Silicagel: wordt gebruikt voor de vastlegging van polaire organische componenten zoals alcoholen, amines en fenolen. Wordt eveneens aangewend als ontvochtigingseenheid omwille van de adsorptiecapaciteit voor waterdamp;
- Organische polymeren
 - o Tenax®: een tenax adsorbens wordt toegepast voor de captatie van VOC's bij lage concentraties (ppb), gevolgd door thermische desorptie. Thermische desorptie resulteert in lagere detectietechnieken;
 - o Chromosorb® en XAD harsen worden aangewend voor het vastleggen van pesticiden.

In BIJLAGE 1 wordt een meer gedetailleerd overzicht gegeven van het type adsorbens i.f.v. de component/componentgroep (niet limitatief). De veilige staalname volumes die voorgesteld zijn, zijn gevalideerd door VITO. In praktijk kan het zijn dat in functie van de te bemonsteren stoffen en de gekozen meetmethoden andere staalname volumes nodig zijn. Deze volumes dienen dan wel door het desbetreffende labo gevalideerd te zijn.

3.2.6.3 Doorbraak

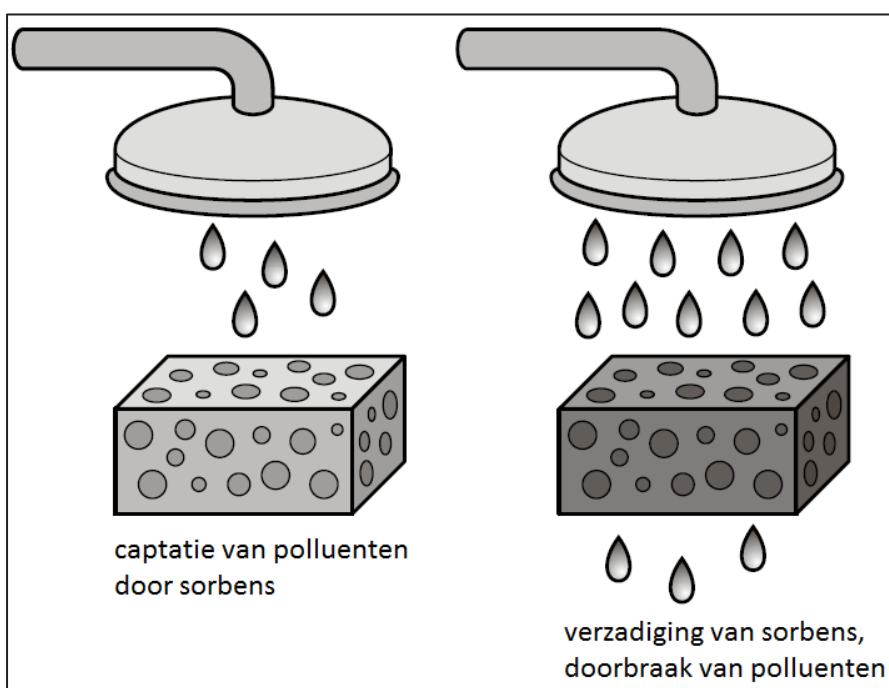
Wanneer het adsorptiemedium verzadigd is, zal het geen componenten meer kunnen vastleggen en spreekt men bij verder toestromen van componenten van "doorbraak" (Figuur 1).

Bij doorbraak zullen de teruggevonden concentraties een onderschatting zijn van de werkelijke concentraties en niet meer bruikbaar zijn voor kwantitatieve analyse. Bij actieve staalname kan doorbraak gecontroleerd worden door het adsorptiemedium te voorzien met twee in serie geplaatste secties: een "front sectie" en een "back-up sectie". Deze secties kunnen zich in éénzelfde patroon bevinden, maar er kan ook gebruik gemaakt worden van 2 afzonderlijke

patronen. Indien de teruggevonden hoeveelheid component in de doorbraaksectie meer dan 5% bedraagt van de totaal geanalyseerde hoeveelheid (=som van doorbraak- en voorste sectie) is er doorbraak opgetreden en kunnen de resultaten niet voor kwantitatieve doeleinden gebruikt worden.

Voor zeer vluchtige verbindingen (bv. vinylchloride, chloorethaan) worden 2 patronen in serie geplaatst. Vlak voor de monsterneming (als de buisjes geopend zijn) worden de uiteindes van de twee patronen met elkaar verbonden door een verbindingsstuk in een inert materiaal (INOX, PTFE, ...). In dit verbindingsstukje dient een PTFE ferrule (beslagring / flensbusje) aanwezig te zijn om het geheel lekdticht te maken. Na de staalname wordt het eerste buisje als frontsectie geanalyseerd en het volledige tweede patroon als back-up sectie.

Om doorbraak te voorkomen is het aangewezen gebruik te maken van een adsorptiepatroon met een concentratiebereik dat overeenkomt met de verwachte concentratie.



Figuur 1: Schematische voorstelling van "doorbraak" (SKC, 2016)

3.2.6.4 Recovery

Een correctie voor de recovery wordt toegepast in de berekening van het analyseresultaat.

De minimum recovery (desorptie-efficiëntie) bedraagt 80% (LUC/0/005). In afwijking van de norm NBN-EN-13649 is een desorptie-efficiëntie tot 75% toegestaan op voorwaarde dat deze waarde herhaalbaar is. Dit betekent een spreiding van maximaal 5 %. Streefwaarde is een desorptie-efficiëntie van 90% (i.e. 90% van de hoeveelheid geadsorbeerde pollutant moet kunnen gedesorbeerd worden voor analyse).

Wanneer een sterk sorbens wordt geselecteerd voor adsorptie van sterk sorberende verbindingen is het mogelijk dat de geabsorbeerde chemische stof niet volledig kan gedesorbeerd worden tijdens de analytische procedure waardoor de bekomen resultaten een onderschatting geven van de werkelijke concentraties.

3.2.6.5 Ontvochtigingseenheid

Als het adsorptiemedium gevoelig is voor waterretentie en wanneer de aangevoerde lucht gekenmerkt wordt door een hoge vochtigheid (e.g. bodemlucht, na een biofilter (zie paragraaf 6.2.1.3), dan kan de hoeveelheid water op het medium de analyse negatief beïnvloeden. In dit geval dient het water voor het adsorptiemedium verwijderd te worden. Hiertoe kan gebruik gemaakt worden van vochtafscheidingssystemen (bv. gekoelde wasfles, verdunningssysteem, ...) of sorptiemiddelen (bv. P_2O_5 , ...). Deze systemen zijn toepasbaar in zoverre dat de te bepalen pollut(en) niet mee geabsorbeerd / geadsorbeerd worden. Indien geen gebruik gemaakt wordt van een ontvochtigingseenheid dan dient men rekening te houden met het feit dat de beladingscapaciteit van het adsorptiepatroon verkleint.

Bij metingen in omgevingslucht, dient geen voorafgaandelijke ontvochtiging te gebeuren.

3.2.6.6 Installatie adsorptiepatroon

Vlak voordat gestart wordt met de staalname wordt het adsorptiepatroon geopend. Het patroon wordt aan de aanzuigzijde van de pomp bevestigd met een inerte slang. Het pijltje dat op het patroon staat, wordt in de pomprichting van de pomp geplaatst zodat de aangezogen gasstroom eerst de frontsectie en daarna de back-upsectie doorloopt. Voor de juiste positionering van het adsorptiepatroon kan het aangewezen zijn om het adsorptiepatroon op een houten / metalen staaf te bevestigen. Direct na de staalname worden de adsorptiepatronen luchtdicht afgesloten met de bijgeleverde doppen. De patronen worden koel bewaard (4°C) tenzij door de leverancier anders gespecificeerd.

Tabel 2: Voordelen en beperkingen recipiënten bij actieve staalname

Type	Toepassing	Voordelen	Beperkingen
Gas cilinder / canister 	- in roestvrij staal - verzamelen van stalen voor latere analyse	- duurzaamheid - eenvoudig in gebruik - hergebruik mogelijk - volumemeting niet mogelijk - desorptie niet nodig - heranalyse mogelijk (replica analyse)	- hoge kostprijs - recipiënt moet vooraf worden vacuüm gepompt - adsorptie van parameters aan recipiënt
Ampoules 	- in glas of roestvrij staal - verzamelen van stalen voor latere analyse	- glas is meer inert dan andere materialen - heranalyse mogelijk (replica analyse)	- breekbaar - lekkage langs afsluitdop mogelijk - adsorptie aan afsluitdop mogelijk
Gaszakken 	- verzamelen van stalen voor latere analyse - beschikbaar in verschillende materialen - staalname mogelijk van stoffen met zeer hoge dampdruk	- verlies van lucht is redelijk waarneembaar - licht in gewicht en eenvoudig te verhandelen - volumemeting niet nodig - desorptie niet nodig - heranalyse mogelijk (replica analyse)	- hoge kostprijs - neerslag van parameters in recipiënt - contaminatie stalen door materiaal gaszak - niet herbruikbaar - lekken in gaszak mogelijk
Sputten 	- verzamelen van stalen voor latere analyse	- monster eenvoudig te nemen - eenvoudige injectie in GC - desorptie niet nodig	- materiaal plunjer (zuiger) kan contaminanten adsorberen - korte bewaartijd: lekkage en adsorptie - klein staalnamevolume
Adsorptiesamplers 	- lage concentratie staalname - adsorptieparameter ifv target parameter / desorptiemethode - als stalen solvent gedesorbeerd zijn bestaat de mogelijkheid tot analyse in de solvent fase	- eenvoudig in gebruik - relatief lang te bewaren	- volumemeting noodzakelijk - type sorbent i.f.v. target parameter(s) (adsorptiegedrag) - thermische of solvent desorptie nodig

3.2.6.7 Adsorptiepatronen

De minimale duur van de bemonstering bij actieve staalname m.b.v. adsorptiepatronen is gebaseerd op de gewenste detectielimiet, de analytische detectielimiet en het door de fabrikant aanbevolen debiet voor het type adsorptiepatroon. Het onttrekkingsdebiet en de duur van de staalname wordt door de eBSD vastgelegd in samenspraak met het laboratorium.

In BIJLAGE 1 wordt het aanbevolen type adsorbens aangegeven i.f.v. de component/componentgroep. In dezelfde tabel worden ook standaard debieten en volumes vermeld, die bij de staalname dienen gebruikt te worden. Van deze debieten en volumes mag in bepaalde omstandigheden worden afgeweken. Afwijkingen moeten duidelijk worden omschreven en opgenomen in de rapportage van de uitgevoerde staalname. Bij zeer hoge concentraties kan / moet bijvoorbeeld het volume beperkt worden om doorbraak te vermijden. Wanneer andere hoeveelheden adsorbens gebruikt worden, moeten de in de tabel opgenomen debieten en volumes herbekeken worden. Voor componenten die niet in deze tabel zijn opgenomen, dient de overeenkomstige Europese Norm (EN) geconsulteerd te worden. Indien er geen EN-normen beschikbaar zijn dan kan een beroep gedaan worden op ISO-normen of OSHA-, NIOSH-, VDI-, EPA-, ASTM-methoden, ...

3.2.6.8 Andere recipiënten dan adsorptiepatronen

De staalnameduur bij niet-adsorptiepatronen is functie van het volume van het staalname medium en het gewenste onttrekkingsdebiet. Bij gascilinders dient men er rekening mee te houden dat deze niet volledig gevuld mogen worden.

3.2.7 BEWARING EN TRANSPORT VAN RECIPIËNTEN

De termijnen gedurende de welke en de temperaturen waarbij de recipiënten moeten bewaard worden zijn functie van het type recipiënt en de materialen waaruit de recipiënten zijn gemaakt. Een algemeen overzicht wordt gegeven in Tabel 2.

Met betrekking tot de adsorptiepatronen is de vermelde bewaartermijn de minimum termijn die in de literatuur wordt weergegeven. Afhankelijk van het type parameter en gehanteerd adsorptiepatroon is bewaring gedurende periodes > 14 dagen mogelijk. Bewaartermijnen worden bepaald, rekeninghoudende met een minimum recovery van 80% (of 75% op voorwaarde dat het meetresultaat herhaalbaar is). Daar het sorptie-evenwicht temperatuurafhankelijk is (bij hogere temperaturen worden de moleculen minder sterk geadsorbeerd dan bij lagere temperaturen) is de temperatuur van bewaring van groot belang. Deze bedraagt over het algemeen 4°C. Soms kan de door de fabrikant van de adsorptiepatronen opgegeven bewaar temperatuur lager zijn dan 4°C. In dit geval moet de door de fabrikant aangegeven bewaar temperatuur worden gerespecteerd.

Het overbrengen van een (bodem)luchtstaal van het ene recipiënt naar het andere is op het terrein niet toegestaan. Dit kan enkel in het labo gebeuren onder gecontroleerde omstandigheden.

De bewaartermijn van de gehanteerde recipiënten moet vooraf aan de staalname door de eBSD bij het labo worden opgevraagd.

Tabel 3 : Algemeen overzicht conservering van recipiënten voor (bodem)luchtstaalname

Type recipiënt	Conserveringstemperatuur °C	Bewaartermijn	Andere
Gascilinder / canister	omgevingstemperatuur	14 dagen	donker
Gaszak	omgevingstemperatuur	48 u, tenzij anders gespecificeerd door de fabrikant	donker
Glazen recipiënt	omgevingstemperatuur		donker
Glazen spuit		15 min	
Adsorptiepatroon	4°C, tenzij anders gespeci- ficeerd door de fabrikant	14 dagen	donker

3.2.8 KOPPELING MET VELDMEETINSTRUMENTEN

De bemonsterde lucht kan ter plaatse met veldapparatuur geanalyseerd worden volgens een kwalitatieve, semi-kwantitatieve of kwantitatieve methode.

Mogelijke meetinstrumenten zijn:

- draagbare gaschromatograaf, waarbij de keuze van het meetsysteem (voorbeeld massaspectrometer) functie is van de te analyseren parameters;
- infraroodspectrofotometers;
- PID (foto ionisatie detector);
- FID (vlam ionisatie detector);
- Gasspecifieke detectoren, met doorgaans 1 pollutant per meting.

3.2.8.1 Meting van totaalconcentraties

Draagbare FID- en PID-instrumenten zijn toestellen die in aanmerking komen voor het meten van totaalconcentraties. Andere toestellen kunnen ook gebruikt worden indien zij gevoelig zijn voor de te meten processtoffen.

Het nadeel van een aantal van deze toestellen is dat ze niet-selectieve resultaten geven. Zo meet de FID het totaal van alle brandbare componenten en de PID het totaal van alle componenten die door de gebruikte lamp kunnen worden geïoniseerd.

➔ FID-DETECTOR

De FID detector is een vlamionisatie detector en kan in principe alleen componenten detecteren die verbrand kunnen worden. De FID detector registreert de aanwezigheid van zowel alifatische (e.g. methaan, ethaan, propaan, butaan, pentaan, hexaan, VOC's) als aromatische koolwaterstoffen (e.g. benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen, naftaleen). De FID detector wordt toegepast als universele detector, maar wordt gekenmerkt door een geringe selectiviteit.

➔ PID-DETECTOR

De PID of de foto-ionisatiedetector (UV-straling) registreert de aanwezigheid van verbindingen met een ionisatiepotentiaal kleiner dan deze van de aanwezige lampconfiguratie. In functie van de ionisatiepotentiaal van de te verwachten parameters zal de meest geschikte lampconfiguratie (8.4, 10.6, 11.7, ... eV) geselecteerd worden. Ionisatiepotentialen van chemische parameters zijn

opgenomen in de NIST Chemistry Webbook⁴. Een lijst met de meest voorkomende vluchtige parameters wordt doorgaans eveneens door de fabrikant meegeleverd met de detectorlamp.

De respons van PID-toestellen kan sterk variëren al naargelang het type verontreiniging dat dient gemeten te worden. Zo reageert de PID sterk op verbindingen met dubbele bindingen zoals aromaten en esters, maar reageert deze nauwelijks op organische stoffen met slechts één koolstofatoom zoals dichloormethaan en methanol.

De PID meting is een semi-kwantitatieve meting waarbij de gemeten concentratie, van de met de gekozen lamp exciteerbare verbindingen, wordt uitgedrukt in hoeveelheid gas (ppm) waarmee het apparaat gecalibreerd is. Merk hierbij op dat de calibratie gebeurt t.o.v. een zuiver gas (vaak isobutyleen), terwijl de metingen ten velde mengsels zijn.

Calibratie van het toestel moet regelmatig (minstens dagelijks) gebeuren. Er wordt steeds een tweekunts-calibratie uitgevoerd: nulpunt en standaard calibratiegas. Voor de nulpunt-calibratie kan gebruik gemaakt worden van een zuiver adsorptiepatroon om de eventueel aanwezige pollutanten te verwijderen uit de aangezogen lucht.

De PID-detector is zeer gevoelig voor waterdamp. Men dient de membraanfilter in de aanzuigleiding regelmatig te vervangen. Het aanzuigen van vochtdruppels moet ten allen tijden vermeden worden.

Indien de druk en temperatuur van de site sterk afwijken van de temperatuur en druk bij calibratie, wordt aanbevolen een nieuwe calibratie uit te voeren bij de heersende druk en temperatuur.

➔ GASSPECIFIEKE METINGEN

Bij gasspecifieke metingen wordt de concentratie van een enkele pollutant gemeten in de bemonsterde lucht. De meest courante meettoestellen maken gebruik van patronen voor de bepaling van het specifieke gas. Meerdere patronen kunnen samen voorkomen op een chip waardoor meerdere metingen van het gas kunnen worden uitgevoerd.

Om een correcte gasspecifieke meting uit te kunnen voeren, is een zekere voorkennis van de samenstelling van belang om zo onnodige metingen te voorkomen.

Het voordeel van deze instrumenten is de directe beschikbaarheid van de analyseresultaten, het ontbreken van verdunningsstappen en de mogelijkheid om (semi)kwantitatieve metingen uit te voeren (ook op instabiele of moeilijk te bewaren verbindingen). Bij de toepassing van gasspecifieke metingen is het noodzakelijk om na te gaan in hoeverre de mogelijkheid bestaat het meettoestel te kalibreren. Metingen met toestellen die nooit, tenzij door de fabrikant, worden gekalibreerd kunnen enkel als indicatief worden beschouwd.

3.2.9 ALGEMENE RICHTLIJNEN ACTIEVE STAALNAME

- Blanco's:
 - Transportblanco's: Per meetcampagne moet, behalve bij toepassing van gascontainers / canisters één transportblanco worden genomen en overgemaakt worden aan het labo voor analyse. De analyseresultaten moeten mee in de rapportage worden opgenomen.

⁴ NIST Chemistry WebBook: <http://webbook.nist.gov/chemistry/>

- o Systeem(veld)blanco: Per meetdag moet steeds één systeemblanco genomen en geanalyseerd worden. Hierbij moet het systeem gespoeld worden met zuivere omgevingslucht of met zuivere lucht uit een afgesloten systeem. De analyseresultaten moeten steeds mee in de rapportage opgenomen worden.

Op basis van de resultaten van de blanco's wordt mogelijke contaminatie als gevolg van de productie / stockage van adsorptiepatronen, contaminatie bij de staalname, crosscontaminatie bij desorptie en analyse van het adsorptiemedium nagegaan. Indien contaminatie van een van de blanco's wordt vastgesteld moet de bron hiervan worden nagegaan en moet mogelijk een nieuwe staalnamecampagne worden uitgevoerd.

- Lekdetectie: Lekstromen kunnen het gevolg zijn van zowel slechte afdichtingen als schade aan leidingen van het actief staalnamesysteem. Voorafgaand aan staalnamecampagne met als doel het bekomen van (semi)kwantitatieve analyseresultaten moet dan ook een lekdetectietest worden uitgevoerd. Om het risico op lekstromen te beperken moet het aantal koppelingen zo beperkt mogelijk worden gehouden.
- Voorpompen: zowel bij bodemlucht- als binnenluchtstaalname moet na installatie van het actieve staalnamesysteem de aanwezige omgevingslucht uit het systeem worden verwijderd. Minimum 3 x het dode volume van het systeem moet hierbij worden doorgespoeld.
- Onttrekkingsdebiet – staalnamevolume:
Het onttrekkingsdebiet en de staalnameduur die dienen te worden toegepast, zijn enerzijds afhankelijk van locatiespecifieke factoren (aard van de te verwachten componenten, concentraties en omgevingsfactoren) en de gehanteerde recipiënten. Voor langdurige metingen (4 tot 8 uur) wordt een pompdebiet van 50-200 ml/min voorgesteld, afhankelijk van de aard en de verwachte concentraties van de aanwezige componenten. Voor metingen van kortere duur moet een hoger debiet worden ingesteld om een, voor het recipiënt, aanvaardbaar volume te genereren.

Een overzicht van indicatieve onttrekkingsdebieten en staalnamevolumes voor een selectie van adsorbentia wordt in BIJLAGE 1 weergegeven.

- Opvolging debiet: Tijdens de meting dient het onttrekkingsdebiet te worden opgevolgd om het optreden van lekkage tijdig op te merken.
- Onmiddellijk na staalname moet een stijging van de temperatuur van het genomen staal worden tegengegaan. Bij toepassing van adsorptiepatronen moeten de genomen stalen op het terrein bewaard worden in een koelbox, in afwachting van en tijdens transport naar de bewaarplaats voor de stalen of het laboratorium. Bewaring op kamertemperatuur is voldoende bij transport van gascontainers en gaszakken (Tabel 2). Afscherming van de zon is noodzakelijk.
- Bij toepassing van actieve staalname in combinatie met adsorptiepatronen is het noodzakelijk dat de eBSD hierover overleg pleegt met het labo voor:
 - o de keuze van de adsorptiemedia i.f.v. de onderzoeksparameters:
 - o de te hanteren onttrekkingsdebieten, staalnameduur en staalnamevolumes
 - o de richtlijnen m.b.t. de desbetreffende bewaartermijnen.

3.3 PASSIEVE STAALNAME

Bij passieve staalname wordt een geschikt adsorptiemedium i.f.v. de doelparameter(s)⁵, al dan niet via een membraan, in contact gebracht met de te bemonsteren (bodem)lucht. De concentratiegradiënt tussen de polluenten in de (bodem)lucht en op het medium zal resulteren in een diffusief transport van de polluenten naar het medium. Voor sterke adsorbentia (bv. actief kool) is de snelheid waarmee de verschillende polluenten worden opgenomen constant, en polluentspecifiek. Opname van polluenten is mogelijk zolang de maximale beladingscapaciteit niet is gebruikt. Voor andere (zwakkere) adsorbentia (bv. tenax TA) is de opnamesnelheid functie van de concentratie, de beladingsduur en de polluent. Aangezien de opname constante sterk temperatuursafhankelijk is, wordt het T-verloop tijdens de staalname opgevolgd zodat hier achteraf door het labo voor kan gecorrigeerd worden. De opname constanten van de verschillende types passieve samplers kunnen opgezocht worden in de norm ISO/FDIS 16200:2 of opgevraagd worden bij de fabrikant van de passieve samplers.

Aangezien het diffusief transport veel trager verloopt dan het gedwongen transport bij actieve staalname, zal de staalnameduur veel groter zijn om een zelfde hoeveelheid te beladen. Passieve systemen zijn hierdoor geschikt voor het meten van gemiddelde concentraties over het bemonsterde tijdsinterval.

Voor de feitelijke staalname dienen de instructies van de fabrikant gevolgd te worden. Deze zijn verschillend al naargelang het type sampler. In het algemeen dient eerst een afschermd folie, waardoor geen diffusie kan optreden (bv. polyethyleen), te worden weggenomen waarna de staalname aanvangt. Op het einde van de staalname wordt de inerte afdeklaag terug op de diffusieve sampler aangebracht. Het totaal bemonsterde volume lucht wordt per component berekend op basis van de begin- en eindtijd en de opname constante van de polluent. De opname constante dient gecorrigeerd te worden voor de gemiddelde temperatuur tijdens de monsternemingsperiode. De berekeningswijze hiervoor dient bij de fabrikant opgevraagd te worden. Het bemonsterde volume (bij heersende druk en temperatuur) wordt herrekend naar standaard druk P (101,3 kPa) en temperatuur T (293 K). De meeste fabrikanten raden aan om minimaal 8 uur en maximaal 30 dagen te bemonsteren. Bij hoge concentraties kan de blootstellingsperiode beperkt worden (< 8 uur).

Indien de concentraties sterk kunnen schommelen tijdens de staalnameperiode, moet overwogen worden of een passieve staalname wel de geschikte meettechniek is. Afhankelijk van het doel van de staalname kan het aangewezen zijn om eerder actieve staalname toe te passen.

3.3.1 Type passieve samplers

Passieve samplers kunnen op basis van de fysische processen die verantwoordelijk zijn voor de opname van vluchtige verbindingen worden ingedeeld in twee algemene types nl. passieve diffusie samplers en passieve permeatie samplers. Bij diffusie gebaseerde samplers gebeurt het transport van de vluchtige componenten doorheen een stilstaande grenslaag gevormd door omgevingslucht en /of bodemlucht. Ingeval van een permeatie-gebaseerde passieve samplers ook wel membraansamplers genoemd is er een drijvende kracht noodzakelijk, namelijk de (bodem)luchtsnelheid die het advectief transport van de polluent doorheen de behuizing en de ontvangende fase realiseert.

⁵ E.g. koolwaterstoffen (olefinische en paraffinische koolwaterstoffen, aromaten, ...), chloorkoolwaterstoffen, esters, alcoholen, glycolethers, ketonen en diverse stoffen (bv. acetonitrile, ethyleenoxide, ...)

3.3.1.1 Passieve diffusiegebaseerde samplers

Passieve diffusie samplers zijn verkrijgbaar in drie geometrieën: axiaal (of buisvormig), badges of radiaal (Figuur 2).

3.3.1.1a. Axiale - Buisvormige samplers

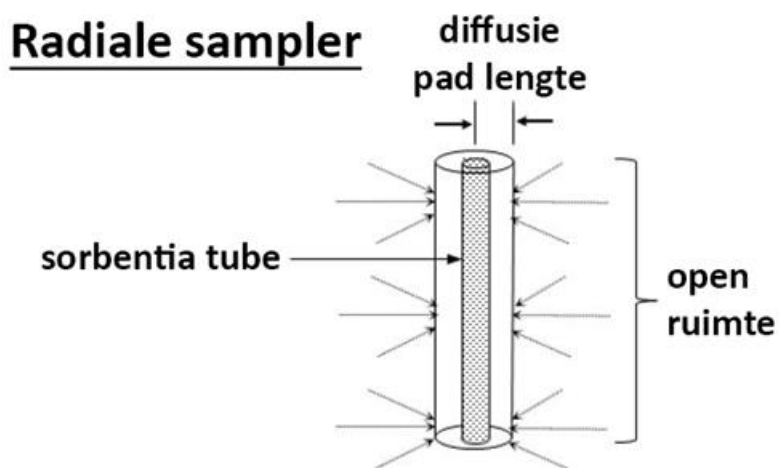
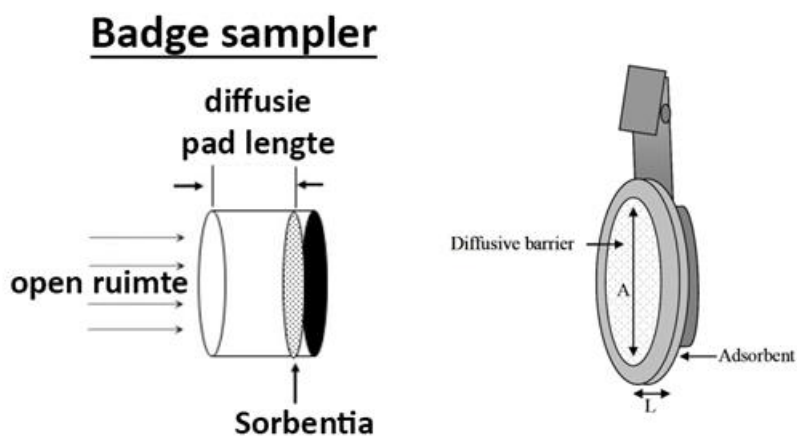
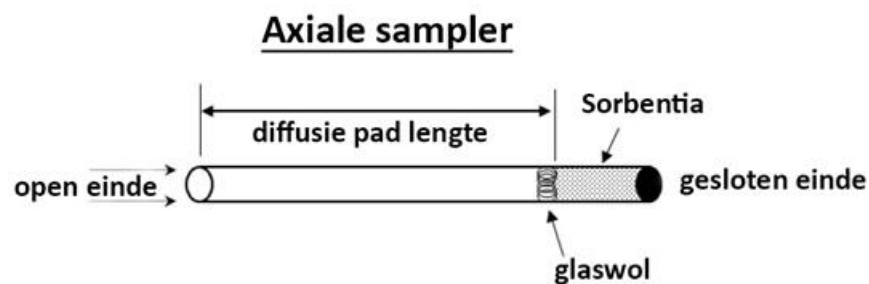
Axiale samplers worden gekenmerkt door een geringe dwarsdoorsnede en een lange diffusieve weglengte. De sampler is open / doorlaatbaar ter hoogte van de stilstaande grenslaag en gesloten aan het uiteinde van het sorbens waardoor parameters doorheen de stilstaande grenslaag kunnen diffunderen en transport tot in het adsorbens plaatsgrijpt.

3.3.1.1b. Badge sampler

Badge samplers worden in tegenstelling tot de axiale samplers gekenmerkt door een kort diffusiepad en een grote dwarsdoorsnede, waardoor deze sampler wordt gekenmerkt door een grote opnamesnelheid, een betere gevoeligheid en een kortere blootstellingstijd in vergelijking met de axiale sampler. De sampler opening is bedekt met een diffusiemembraan om opname van parameters via advection tegen te gaan.

3.3.1.1c. Radiale sampler

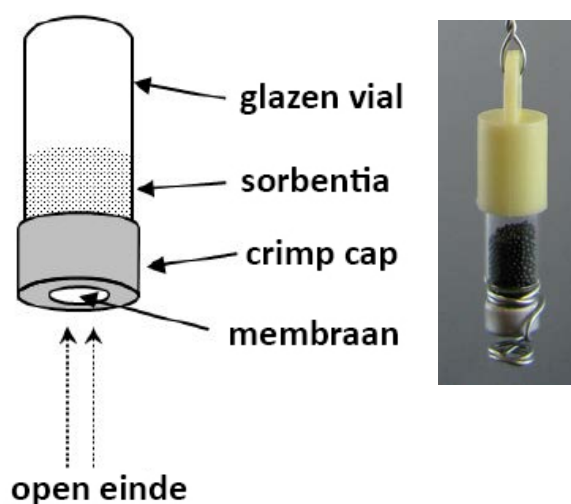
Radiale samplers worden gekenmerkt door de aanwezigheid van respectievelijk een buiten en binnen cilindervormige eenheid. De buitencilinder is bedekt met een diffusiemembraan om opname van parameters via advection tegen te gaan en omvat de stilstaande grenslaag. De binnencilinder bestaat uit roestvrij staal en omvat het aanwezige sorbens. De radiale cylinder wordt gekenmerkt door een groot opname oppervlak en een kort diffusiepad waardoor deze een hogere opnamesnelheid heeft in vergelijking met de axiale en badge samplers.



Figuur 2: Overzicht passieve diffusiegebaseerde luchtsamplers (Dowson et al., 2015)

3.3.1.2 Passieve permeatiegebaseerde samplers

Passieve permeatiegebaseerde samplers (Figuur 3) bevatten tussen het sorbens en de omgevingslucht een dun hydrofoob polymeermembraan. Opnamesnelheden zijn afhankelijk van de permeatie constante van de individuele vluchtige componenten.



Figuur 3: Passieve permeatiegebaseerde luchtsampler

3.3.2 KEUZE VAN DE SAMPLER

De eBSD bepaalt welke sampler van toepassing is, in functie van locatiespecifieke omstandigheden, de target parameters, de doelstelling van het onderzoek en de opnameconstante van beschikbare samplers. Een vereenvoudigde screeningmatrix is opgenomen in Figuur 4. Voor een meer gedetailleerde bespreking verwijzen we naar de CGP "Evaluatie van uitdampingsrisico's".

Type sampler	Uptake rate	Duur staalname	Analytische gevoeligheid	Doel componenten
Buis (axiaal)	↓ Lager	↑ Langer	↓ Lager	Afhankelijk van het geselecteerde sorbens
Buis (permeatie)				VOS & SVOS
Badge (axiaal)				
Radiaal				
	Hoger	Korter	Hoger	

Figuur 4: Vereenvoudigde screeningmatrix voor de keuze van luchtsampler (Dawson et al., 2015)

4 RICHTLIJNEN M.B.T. DE UITVOERING VAN BODEMLUCHTSTAALNAME

4.1 INLEIDING

Bodemlucht wordt gedefinieerd als de gas-/dampfase die aanwezig is in de niet-verzadigde zone van de bodem.

Wanneer een bodem is verontreinigd met vluchtige componenten, kunnen deze in meer of mindere mate overgaan in de bodemlucht. De mate waarin de componenten zullen aanwezig zijn in de bodemlucht is afhankelijk van een aantal fysische en chemische parameters en van de lithologische samenstelling van de bodem.

Door verschillen in permeabiliteit, temperatuur- en druk aanwezig in de bodem en tussen de bodem en gebouwen kunnen stromingsbanen ontstaan waardoor de bodemlucht kan migreren naar het maaiveld en/of naar de gebouwen. Op deze wijze kunnen verontreinigingen aanwezig in de bodemlucht een negatieve invloed hebben op de buitenlucht en binnenlucht in gebouwen.

Op basis van bodemluchtmetingen kan nagegaan worden welke parameters aanwezig zijn in bodemlucht en met welke concentraties. De te volgen methodiek van bodemluchtmetingen is functie van het doel van het onderzoek en wordt door de eBSD uitgewerkt (zie CGP Uitdampingsrisico):

- Afbakening van (ondiepe) kernzones met vluchtige verbindingen;
- Bepaling van de samenstelling van de bodemlucht (kwalitatief en kwantitatief) in het kader van risicobedoordelingen van bodemverontreinigingen. Omwille van de onzekerheden bij het gebruik van modelberekeningen voor de inschatting van de concentraties in de bodemlucht, moeten gemodelleerde bodemluchtconcentraties met de nodige omzichtigheid gehanteerd worden en verdient het in een aantal situaties de aanbeveling om over te gaan tot reële metingen van de bodemlucht;
- Beoordeling en/of opvolging van in-situ bodemsanering (e.g. bodemluchtextractie, persluchtinjectie of ISCO).

Het doel van de richtlijnen m.b.t. staalname van bodemlucht is om een representatief monster te verkrijgen waarvan de samenstelling overeenkomt met de gemiddelde samenstelling van de te bemonsteren bodemlucht.

4.2 EIGENSCHAPPEN VAN DE BODEM

De belangrijkste lithologische factor voor de mogelijkheid om verontreinigingen in de bodemlucht te kunnen bemonsteren, is de doorlatendheid van de bodem voor gassen en dampen. Deze doorlatendheid wordt in hoofdzaak bepaald door de korrelgrootteverdeling van de sedimenten en door het vochtgehalte.

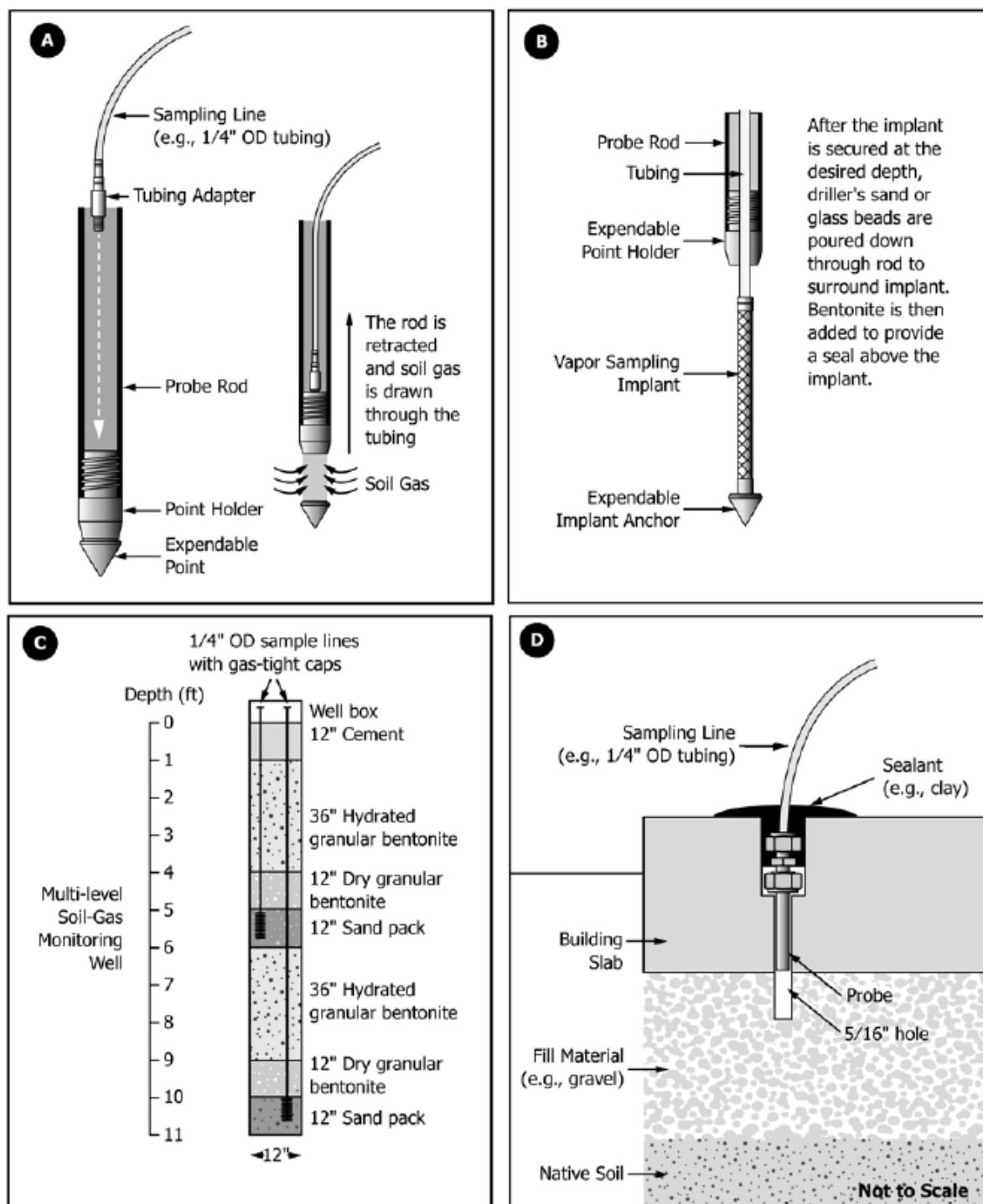
Wanneer het vochtgehalte van de onverzadigde zone stijgt, daalt de permeabiliteit voor gassen. Aangezien het vochtgehalte seizoensgebonden is, is ook de permeabiliteit variabel in functie van de tijd. Ook lange periodes van neerslag kunnen de permeabiliteit verlagen.

4.3 ACTIEVE STAALNAME

Bij actieve staalname van bodemlucht moet de bodemlucht onttrokken worden uit de bodem. Volgende staalnametechnieken (Figuur 5) worden hierbij onderscheiden:

- Verlorenpunt methode (A)
- Gassonde (B)
- Peilbuis met bodemluchtfilter (C)
- Sub-slab sonde (D)
- Trechter met capillair

De keuze van de toe te passen techniek gebeurt door de eBSD in functie van de doelstelling van het onderzoek en terreinspecifieke kenmerken (e.g. concentraties, type pollut, lithologie, gebouwtype en –constructie, lokale puntspecifieke metingen versus tijdsgeïntegreerde metingen, herhaalbaarheid van de metingen).



Figuur 5: Overzicht bemonsteringstechnieken i.k.v. bodemluchtmetingen (ASTM, 2012)
(A: verloren punt, B: gassonde; C: bodemluchtfilter(s); D: subslab)

4.3.1 "VERLOREN PUNT" METHODE

Bij de "verloren punt"-methode (Figuur 5a), wordt een metalen buis in de grond gebracht tot de gewenste bemonsteringsdiepte. Vervolgens wordt de buis 10 cm omhoog getrokken waardoor een holte in de bodem ontstaat. De punt blijft achter in de bodem maar de buis kan worden hergebruikt. De installatie van de buis kan manueel of machinaal gebeuren, afhankelijk van de

gewenste bemonsteringsdiepte en de bodemopbouw. Intern bevat de sonde meestal een inerte, vervangbare bemonsteringsslang. Met behulp van een pomp kan de bodemlucht naar een geschikt staalnamerecipiënt gepompt worden.

Bodemluchtstaalname m.b.v. de “verloren punt” methode wordt vaak gecombineerd met een directe meetmethode (cf. paragraaf 3.2.8) en is voornamelijk toepasbaar bij éénmalige bemonsteringen of in het kader van afperkingen in de onverzadigde zone. De staalnametechniek is echter minder geschikt voor opvolging in de tijd.

4.3.2 “TIJDELIJKE BODEMLUCHTFILTER” (GASSONDE)

De gassonde (Figuur 5b) bestaat uit een hiervoor speciaal ontwikkelde boorstang met filtergedeelte die in de grond geduwd wordt tot op de gewenste bemonsteringsdiepte. Bij de installatie is het filtergedeelte gesloten. Op de gewenste diepte wordt de het filtergedeelte geopend door de boorstangen een stuk terug omhoog te trekken.

De installatie van de gassonde kan manueel of machinaal gebeuren, afhankelijk van de gewenste staalnamediepte en de bodemopbouw. Bodemlucht kan aangezogen worden via een inerte slang die bevestigd is aan een met een dop afgesloten buis. Met behulp van een pomp kan de bodemlucht naar een geschikt staalnamerecipiënt gepompt worden.

Bodemluchtstaalname m.b.v. een gassonde wordt vaak gecombineerd met een directe meetmethode (cf. paragraaf 3.2.8) en is voornamelijk toepasbaar bij éénmalige bemonsteringen of in het kader van afperkingen. De staalnametechniek is echter minder geschikt voor opvolging in de tijd.

4.3.3 PEILBUIS MET BODEMLUCHTFILTERS

In de onverzadigde zone wordt in een boorgat een kunststof of metalen filter geïnstalleerd (Figuur 5c). Aan de filter is een staalnameslang (zie §3.2.3) bevestigd waardoor bodemlucht kan opgezogen worden.

De uitvoering van de boringen dient te gebeuren conform de CMA-procedure 1/A.1. De plaatsing van bodemluchtfilters is conform met de plaatsing van peilbuizen (CMA procedure CMA/1/A.2).

Volgende bijkomende richtlijnen moeten hierbij in rekening worden genomen:

- Tijdens de plaatsing van bodemluchtfilters wordt contact tussen het filtermateriaal en de opgeboorde verontreinigde bodem of verontreinigde materie (voorwerpen, verhardingen, ...) vermeden.
- Besmeurd materiaal (filter, aanzuigslang) kan niet gebruikt worden. De te gebruiken bodemluchtfILTER moet vrij zijn van contaminatie.
- De bodemluchtfILTER moet centraal in het boorgat worden geplaatst.
- Bij de plaatsing van een bodemluchtfILTER moet de diameter van het boorgat minstens groot genoeg zijn zodat na aanbrengen van de bodemluchtfILTER in het boorgat een annulaire ruimte van minstens 1,5 cm rondom de filter aanwezig is. Hiervoor wordt tevens verwezen naar de voorschriften opgenomen in de procedure CMA1/A.1 (Vaste deel van de aarde, §6.4 – Diameter boorgat).
- Om aanzuiging van de buitenlucht te minimaliseren moet de top van de bodemluchtfILTER minimaal 50 cm onder maaiveld geplaatst worden.
- Om te vermijden dat grondwater naar de bodemluchtfILTER stroomt moet de basis van de filter ten minste 50 cm boven het hoogste grondwaterniveau geplaatst worden.

- Bodemluchtfilters worden bij voorkeur gekenmerkt door kortere filterlengtes (i.e. ≤ 50 cm) in vergelijking met peilbuisfilters. De filterlengtes moeten afgestemd worden op de dikte van het interval waarover de bodemlucht moet bemonsterd worden. Plaatsing van de bodemluchtfILTER ter hoogte van 2 verschillende lithologieën moet worden vermeden.
- De bodemluchtfILTER moet aan de onderzijde afgesloten worden met een dop.
- De filter wordt steeds omstort met gegloeid, gezeefd en gekalibreerd filterzand / filtergrind.
- De omstorting van de filterstelling wordt steeds uitgevoerd tot boven de bovenkant van de filterstelling (minimaal 0,10 m en maximaal 0,20 m).
- De korrelgrootte van het gebruikte filterzand of -grind is afhankelijk van de grondsoort waarin de filter wordt geplaatst en staat in relatie met de perforatie van de filterbuis.
- Bovenop het filtergrind en net onder het maaiveld dient een kleistop van 50 cm te worden aangebracht. Hiervoor wordt tevens verwezen naar de voorschriften opgenomen in de procedure CMA1/A.2 (grondwater, §3.4.5 – Plaatsen bentonietstop).
- De verstoring van de bodem, ten gevolge van het uitvoeren van een voorafgaande boring, wordt gecompenseerd door de staalname van de bodemlucht uit te voeren 3 dagen na plaatsing van de bodemluchtfILTER. In dit geval hoeft, voorafgaand aan de staalname, niet doorgepompt te worden (met uitzondering van het dode volume van het staalnamesysteem).

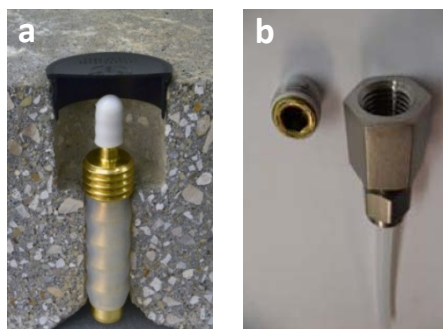
4.3.4 BORING MET PLAATSING VAN TRECHTER EN CAPILLAIR

In de onverzadigde zone wordt in een boorgat een trechter verbonden met een capillair. Na het opvullen van het boorgat moet 3 dagen gewacht worden vooraleer bodemluchtmonsters kunnen genomen worden, zodat het verstoorde evenwicht in de bodem zich terug kan instellen. Bij bemonstering wordt de bodemlucht radiaal aangetrokken en wordt een aldus bolvormig bodemluchtcompartiment bemonsterd.

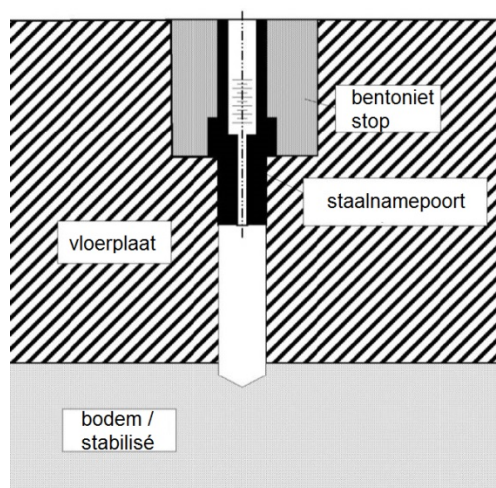
4.3.5 “SUB-SLAB” STAALNAME

Bij “Sub-slab” staalname wordt de bodemlucht bemonsterd die zich direct onder de fundamente / vloerplaat van een gebouw /of kelder bevindt (Figuur 5d). Deze stalen zijn representatief voor de bodemlucht die in de kelder/gebouw kan permeëren.

Een sub-slab staalname wordt uitgevoerd m.b.v. een aangepast staalname systeem waaronder bijvoorbeeld vapour pins® (Figuur 6a) of zelf geconstrueerde systemen (Figuur 6b) worden aangebracht die verbonden zijn met een staalnameslang. Voor de installatie van het staalnamesysteem wordt een bredere ondiepe booropening met een diameter tussen de 3-4 cm en een smallere booropening (~1 cm) doorheen het fundament aangebracht (Figuur 7). De boringen worden uitgevoerd met conventionele handboormachines. De staalname wordt uitgevoerd door middel van een gascilinder of via actieve staalname.



Figuur 6: Sub-slab staalnamesysteem (HEER, 2014)



Figuur 7: Sub-slab staalnamesysteem (WDNR, 2014)

Bij de uitvoering van sub slab metingen gelden volgende richtlijnen:

- Indien de keldervloer een wapening bevat, moet de installatie gebeuren zonder deze wapening te beschadigen. Dit kan de stabiliteit van de keldervloer en indirect de stabiliteit van het gebouw in gevaar brengen.
- De verstoring van de bodem, ten gevolge van het uitvoeren van een voorafgaande boring, wordt gecompenseerd door de staalname van de bodemlucht uit te voeren 3 à 5 uur na plaatsing van het staalnamesysteem. In dit geval hoeft, voorafgaand aan de staalname, niet doorgepompt te worden (met uitzondering van het dode volume van het staalnamesysteem).
- Bij hoge grondwaterstand moet vermeden worden dat grondwater door het staalnamesysteem wordt aangetrokken.
- Om doorboring van nutsleidingen te vermijden moet men, vooraleer over te gaan tot de plaatsing van sub-slab staalnamesystemen, in kennis gesteld zijn van de ligging van de nutsleidingen aanwezig ter hoogte van de vloerplaat.
- Bij aanwezigheid van een vochtwering in de keldervloer, moet deze correct worden hersteld na installatie van het staalnamesysteem.

4.3.6 FLUX KAMER

Flux kamers (Figuur 8) zijn behuizingen die direct op een oppervlak worden geplaatst gedurende enkele uren tot enkele dagen. De pollutentflux die vrijkomt uit de bodem wordt in de behuizing verzameld en via substaalname verzameld in recipiënten of rechtstreeks overgebracht naar on-line meetinstrumenten. Flux kamers zijn toepasbaar voor het bekomen van kwalitatieve en semikwantitatieve resultaten. Fluxkamers worden voornamelijk geplaatst op het maaiveld en (open) keldervloeren om uitdamping van vluchtige pollutanten vanuit de bodem te localiseren.

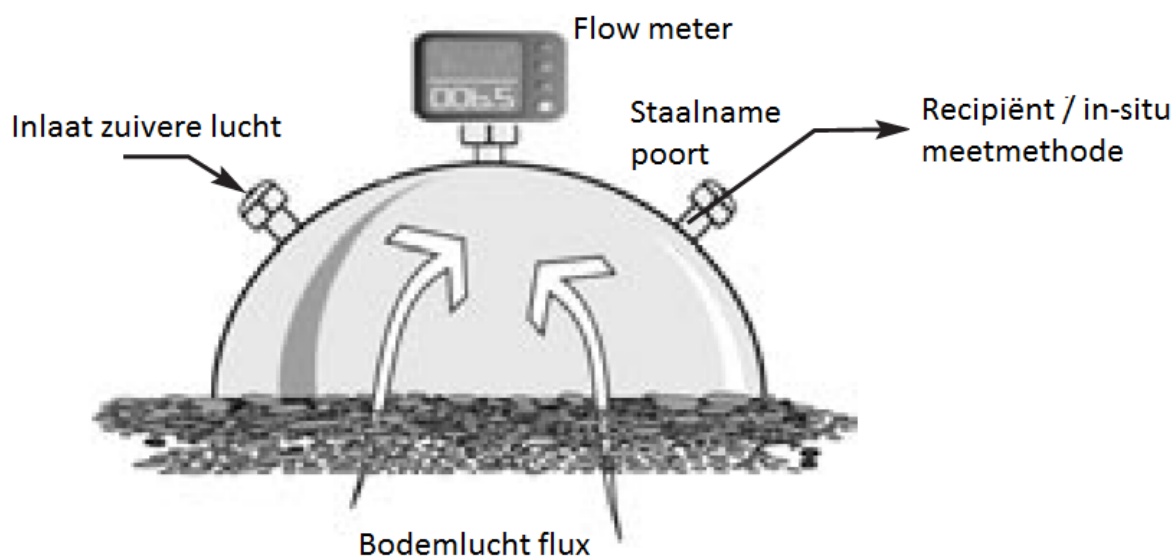
Bij toepassing van de fluxkamer wordt een onderscheid gemaakt tussen dynamische of statische systemen.

4.3.6.1 Statische methode

Bij de statische methode wordt een afgesloten fluxkamer, bestaande uit een inert, niet-adsorberend materiaal, voorzien van staalnamepoorten op het maaiveld / (open) keldervloer geplaatst. Polluentfluxen vanuit de bodem worden in de kamer verzameld tot een stabiel volume bekomen wordt. Vervolgens wordt tijdens regelmatige, vooraf bepaalde, tijdsintervallen overgegaan tot substaalname of online meting.

4.3.6.2 Dynamische methode

Dynamische systemen worden toegepast op terreinen waar grote pollutentfluxen vanuit de bodem verwacht worden. Om grote concentratiegradiënten te bewerkstelligen wordt zuivere lucht voortdurend toegevoegd aan de flux kamer (Figuur 8) bij een constante gecontroleerde snelheid terwijl een equivalente hoeveelheid van het opgenomen gas wordt onttrokken.



Figuur 8: Schematisch overzicht van een dynamische flux kamer (HEER, 2014)

4.3.7 SNELLE SCREENING VOOR INSCHATTING VAN UITDAMPING

4.3.7.1 Headspace meting in een peilbuis voor grondwaterstaalname

De headspace techniek bestaat eruit dat lucht boven het grondwater of drijflaag in een peilbuis wordt bemonsterd. "Headspace stalen" worden genomen tussen 0,3 en 0,6 meter boven de grondwatertafel. Indien er een drijflaag aanwezig is, wordt bodemlucht bemonsterd ter hoogte van de snijdend geplaatste filters.

Het bemonsteren van bodemlucht in bestaande peilbuizen heeft als voordeel dat er geen extra kosten zijn voor de plaatsing van bodemluchtbemonsteringssystemen. Er dient wel rekening mee gehouden te worden dat bij toepassing van de headspace techniek de uitdamping niet gerelateerd is aan de bodemopbouw en dat de invloed van de verontreinigingen in de onverzadigde zone op de totale uitdamping niet wordt mee gemeten.

Wanneer de filterstelling van de peilbuis snijdend met de grondwatertafel is uitgevoerd, kan het gedeelte van de filter dat zich in de onverzadigde zone bevindt, gebruikt worden voor bodemluchtstaalnames direct boven de grondwatertafel. Het gebruik van packers kan vermijden dat lucht wordt aangezogen uit de blinde buis.

Luchtmetingen uitgevoerd in bestaande peilbuizen geven een snelle "worst case" inschatting van de mogelijke uitdamping vanuit de verzadigde zone. Detectie wordt meestal uitgevoerd met online meetmethodes zoals PID-meter en direct uitleesbare patronen. Uiteraard kunnen deze metingen enkel worden uitgevoerd op intacte peilbuizen met afsluitdop.

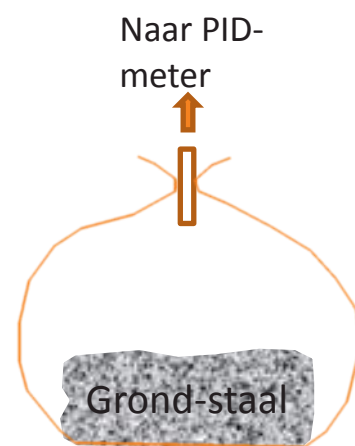
4.3.8 HEADSPACE METING BOVEN GRONDSTALEN – SNELLE SCREENINGSMETHODE

Met behulp van klassieke boortechnieken worden grondstalen genomen bij het uitvoeren van boringen of ontgravingen. Deze grondstalen worden zo vlug mogelijk in een afgesloten plastic zakje gebracht. Het gehalte aan vluchtige stoffen in de lucht in het zakje boven het grondmonster kan gemeten worden via een staalnameslang die doorheen het plastic zakje wordt aangebracht. Vervolgens kunnen on-site meetmethodes worden gebruikt, zoals een PID-meter en direct uitleesbare patronen sorptiepatronen.

Het gaat uiteraard niet om een correct bodemluchtstaal, maar met deze methode kan wel op relatief snelle wijze een screening gebeuren van de in de bodem aanwezige vluchtige stoffen.

4.3.8.1 Werkwijze

1. Breng voldoende opgeboord bodemmateriaal (doorgaans een hondertal gram) zo snel mogelijk over naar een kunststof zakje. Sluit het zakje door het enkele slagen rond te draaien en dicht te knijpen met de hand en daarbij enkele honderden mL (zuivere) omgevingslucht mee in te sluiten (de "headspace").
2. Schud de grond in het zakje gedurende ca. een halve minuut grondig op, waarbij de grond wordt losgemaakt en de vluchtige stoffen kunnen uitdampen naar de headspace in het gesloten zakje. M.b.t. manipulatie van het bodemstaal is een plastic zakje te verkiezen boven een glazen recipiënt.
3. Breng de aanzuigslang van de ingeschakelde PID meter in de headspace. Let hierbij op dat de met vluchtige stoffen beladen headspace zo weinig mogelijk verdund wordt met verse omgevingslucht.
4. Sluit het zakje rond de aanzuigslang (met de hand), op dusdanige wijze dat de headspace in het zakje door de interne pomp van de PID meter wordt opgezogen.
5. Noteer de meetwaarde zodra deze stabiliseert;
6. Voer de meting uit totdat minstens de helft van het headspacevolume door het PID toestel is aangezogen.



4.3.8.2 Aandachtspunten:

- De gebruikte interne UV-lamp van het PID-toestel moet aangepast zijn aan het pollutietype; i.e. de ionisatiepotentiaal van de verbinding moet kleiner zijn dan de lampenergie. Standaard is een lamp van 10,6 eV; deze is in staat chloorethenen te detecteren. Soms zal een sterkere lamp nodig zijn (11,7 eV), b.v. voor chloorethanen.
- Het toestel dient in goede staat te zijn. Voor ieder gebruik dient de goede werking ervan te worden gecontroleerd en dient het toestel te worden gecalibreerd aan de hand van de door de fabrikant voorgeschreven richtlijnen en procedures.
- Tijdens de uitvoering van de metingen op verontreinigde stalen moeten per 5 metingen tussentijdse controles worden uitgevoerd:
 - meting op calibratiemengsels.
 - meting op een niet verontreinigd referentiegrondstaal met ongeveer gelijk vochtgehalte als de te meten stalen ("blanco"-referentiewaarde).
- Houd rekening met dode volumes in de gebruikte slangen.
- Daar sommige PID-meters gevoelig zijn voor waterdamp dienen de metingen te gebeuren met PID-meters met ingebouwde vochtvangers.
- De metingen zijn slechts indicatief en mogen niet kwantitatief worden geïnterpreteerd.

4.3.9 ALGEMENE RICHTLIJNEN ACTIEVE BODEMLUCHTSTAALNAME

- Bodemluchtmetingen, met uitzonderingen van “sub slab” metingen, worden voornamelijk uitgevoerd tenminste 50 cm boven grondwatervniveau om te vermijden dat grondwater in de staalnameslang terechtkomt.
- Tijdens de staalname moet men rekening houden met de aanwezigheid van een meer turbulente en meer variabele convectieve zone op een diepte hoger dan 0,5 m - mv. In deze zone is het moeilijk een representatieve bodemluchtstaalname / meting uit te voeren.
- Om aanzuiging van de buitenlucht te minimaliseren wordt meestal een diepte van minimaal 50 cm onder maaiveld gehanteerd (uitzonderingen zijn “sub slab” metingen), waarbij de boring wordt afgedicht van de buitenlucht (met bv. bentoniet in het geval van bodemluchtfilters) om lekstromen te vermijden. Hiervoor wordt tevens verwezen naar de voorschriften opgenomen in de procedure CMA1/A.2 (grondwater, §3.4.5 – Plaatsen bentonietstop).
- Afhankelijk van het bodemtype kunnen fluctuaties in aanzuigdebiet verwacht worden, waardoor meetfouten niet uit te sluiten zijn.
- Effect van onttrekkingsdebiet: Hoe hoger het onttrekkingsdebiet, hoe groter het drukverschil (i.e. vacuüm), ter hoogte van de aanzuiglocatie van bodemlucht. De relatie tussen het onttrekkingsdebiet en het ontstane drukverschil wordt bepaald door de permeabiliteit van de bodem. Een te groot drukverschil kan leiden tot vrijgave van vluchtige componenten geadsorbeerd aan bodempartikels en/of opgelost in grondwater waardoor een overschatting van de concentraties in de bodemlucht bekomen wordt.
Met betrekking tot de actieve staalname van bodemlucht, is het aangewezen om de staalnamecondities (aanzuigdebiet, staalname volume) vooraf te bepalen. Hoge staalnamevolumes (> 25 liter) en respectievelijk zeer hoge (> 200 ml/min) en zeer lage (<5 ml / min) onttrekkingsdebieten moeten worden vermeden.
- Zoals reeds in paragraaf 3.2.3 aangegeven dient bij actieve staalname de lengte van de aanzuig- / staalnameslang te worden beperkt. Voor bodemluchtmetingen geldt bijkomend dat indien de omgevingstemperatuur kleiner is dan de temperatuur van de bodem, er condensatie in de aanzuig-/staalnameslang kan optreden. Om condensatie tot een minimum te beperken is het van belang om bovengronds de aanzuig-/staalnameslang tot een minimum te beperken (<1m).
- Daar de analyseresultaten worden omgerekend naar standaardomstandigheden moeten de omgevingsdruk en -temperatuur tijdens de staalname gemonitord worden.

4.4 PASSIEVE STAALNAME

Bij passieve bodemluchtbemonstering wordt gebruik gemaakt van een bemonsteringsmodule met adsorptiepatroon dat geïnstalleerd wordt in een boorgat op een bepaalde diepte en vervolgens afgedekt wordt om aanzuiging van buitenlucht te minimaliseren. Bij het beëindigen van de staalname wordt de bemonsteringsmodule ontgraven en het adsorptiepatroon geoogst.

Veelal worden passieve staalnamesystemen gebruikt over een langere termijn (dagen tot weken), wat een tijdsgemiddelde concentratie oplevert.

Passieve bodemluchtstalen resulteren meestal in kwalitatieve en semikwantitatieve resultaten. Enkel wanneer gebruik wordt gemaakt van samplers met een lage opnamesnelheid (axiale samplers) in combinatie met sterke adsorbentia en waarbij de opname constante x staalnameduur

kleiner is dan de minimale verversingsgraad kunnen eveneens kwantitatieve meetresultaten bekomen worden (Mcalary et al., 2014). Bij toepassing van passieve samplers in het kader van kwantitatieve metingen moet per 10 samplers één actieve staalname worden uitgevoerd. Let wel, bij te hoge vochtigheid, i.e. ter hoogte van de capillaire zone, wordt de toepassing van actieve staalname aanbevolen m.b.t. de uitvoering van kwalitatieve en kwantitatieve metingen. Hierbij dient een ontvochtigingseenheid te worden gebruikt.

4.5 RAPPORTAGE

De veldwerker dient bij de rapportage van de uitgevoerde bodemluchtstaalname / metingen minimaal onderstaande elementen in het veldverslag op te nemen:

- datum uitgevoerde staalname /metingen;
- identificatie onderzoeksterrein;
- identificatie veldwerker(s);
- uitgevoerde boringen:
 - o type (i.e. gassonde, verloren punt, bodemluchtfilter, subslab);
 - o diepte en diameter van de boringen;
 - o diepte en lengte van de bodemluchtfilters, de grindomstorting en de kleistoppen;
 - o lengte, diameter en materiaal van de gebruikte staalname slangen;
 - o technische kenmerken van de verbuizing;
 - o inplantingschema van de gassondes;
- type uitgevoerde metingen: actief versus passief;
- beschrijving staalnamemethode:
 - o actieve staalname
 - type pomp
 - type recipiënt
 - resultaten lektest
 - voorpompen / Staalname
 - onttrekkingsdebiet
 - staalnameduur (start- en eindtijdstip)
 - staalnamevolume
 - o passieve staalname
 - type sampler
 - blootstellingstermijn
- omgevingswaarnemingen
 - o geurwaarnemingen
 - o data druk- en temperatuurmetingen
- blanco's.

5 RICHTLIJNEN M.B.T STAALNAME BINNENLUCHT

5.1 INLEIDING

Binnenlucht wordt gedefinieerd als de lucht die aanwezig is binnen een woning of gebouw.

Staalname van binnenlucht is bedoeld om na te gaan in hoeverre:

- De aanwezige bodemverontreinigingen in de binnenlucht van woningen, werkplaatsen en/of (openbare) gebouwen terechtkomen;

- De concentraties in de binnenlucht te wijten zijn aan de bodemverontreiniging of aan andere bronnen;
- De concentraties een risico inhouden voor de bewoners, werknemers en/of bezoekers van gebouwen en werkplaatsen.

5.2 KEUZE VAN STAALNAMELOCATIES

De keuze van de staalnamelocatie is afhankelijk van de doelstellingen van het onderzoek (zie CGP Uitdampingsrisico). Volgende factoren moeten bij de bepaling van de staalnamelocatie binnenlucht in rekening gebracht worden:

- verblijfruimten voor mensen;
- andere mogelijke bronnen van beïnvloeding van de kwaliteit van de binnenlucht (e.g. rokerslokalen, verwarmingsketel, buitenlucht, gebruik van reinigingsmiddelen);
- mogelijke invloed van ventilatie;
- bronnen van vocht, koeling of warmte;

Bij het selecteren van de staalnamelocaties moeten volgende locaties gemeden worden:

- locaties in het zonlicht. Sterke opwarming van de passieve sampler tijdens de staalname moet vermeden worden omdat dit de vrijstelling van de vastgelegde verontreinigingen tot gevolg kan hebben en zo een onderschatting oplevert. Om deze reden worden de passieve samplers best afgeschermd van direct zonlicht.;
- locaties met merkbare tocht;
- locaties met ventilatiekanalen;
- locaties die direct worden beïnvloed door bronnen van buitenaf;
- locaties nabij buitenmuren;
- locaties waar onvoldoende luchtstroming aanwezig is (dode hoeken, nissen). Onvoldoende verversing van de lucht rondom de passieve sampler kan zorgen voor uitputting van de verontreinigingen ter hoogte van de sampler en aldus een onderschatting opleveren van de eigenlijke concentratie. De leverancier van de passieve sampler geeft daarom best een minimale verversingsgraad op die nodig is om betrouwbare resultaten te bekomen. De kans op uitputting treedt vooral op indien gemeten wordt in kleine, afgesloten ruimtes.

5.3 ALGEMENE RICHTLIJNEN

- Binnenluchtmetingen worden uitgevoerd door middel van zowel actieve als passieve staalname. De richtlijnen hiervoor zijn opgenomen in respectievelijk paragraaf 3.2 en paragraaf 3.3. De keuze van de meetmethode, de locatie, de tijdsduur waarover gemeten moet worden en het aantal meetcampagnes wordt bepaald door de eBSD. Richtlijnen hierover zijn opgenomen in de CGP Uitdampingsrisico.
- Bij het dragen van een passieve sampler ter hoogte van de ademhalingszone moet de sampler naar buiten gericht zijn.
- Daar de analyseresultaten worden omgerekend naar standaardomstandigheden moeten de omgevingsdruk en -temperatuur tijdens de blootstellingstijd gemonitord worden.
- Structurele schade aan de passieve sampler en heel specifiek aan het membraan kan de bekomen resultaten sterk beïnvloeden. Bij plaatsing moet daarom de passieve sampler gecontroleerd worden op zijn structurele integriteit en de plaatsing moet zo gebeuren dat mogelijke schade tijdens de staalnameperiode vermeden wordt.

5.4 REFERENTIEMETINGEN IN BUITENLUCHT

Bij het meten van de binnenlucht moeten ook referentiemetingen in de buitenlucht worden uitgevoerd om de achtergrondconcentratie van de omgeving te bepalen. Om de bekomen meetresultaten onderling te kunnen vergelijken moet hierbij dezelfde meetmethode (incl. recipiënten) worden gehanteerd.

Bij het plaatsen van passieve samplers moeten volgende richtlijnen in acht genomen worden:

- De meetapparatuur voor buitenlucht metingen wordt opgesteld in de buurt van het gebouw maar ten minste op een afstand van 1 meter van het gebouw verwijderd.
- Indien het gebouw voorzien is van airconditioning, dan worden de bemonsteringen buiten bij voorkeur uitgevoerd in de nabijheid van de inlaat.
- De samplers moeten windopwaarts van het gebouw (cf. overheersende windrichting) geplaatst worden waar de binnenluchtmetingen plaatsgrijpen.
- De samplers moeten geplaatst worden ter hoogte van het verdiep / de verdiepingen waar de binnenluchtmetingen worden uitgevoerd.
- Diffusieve samplers worden bij voorkeur opgehangen aan inerte materialen bv. verlichtingspaal, metalen staaf, ... Plaatsing in bomen dient vermeden te worden omdat deze stof kunnen afgeven. Bovendien kunnen afvallende bladeren een gedeelte van de passieve staalname monitor bedekken.
- Om opwarming van het adsorbens te vermijden wordt de monitor noordelijk georiënteerd.
- Er dient vermeden te worden dat er zich grote obstakels binnen een straal van 1 m rond de sampler bevinden.
- De diffusieve staalname monitor wordt ook best afgeschermd (bv. onder een afdak) om te vermijden dat de karakteristieken van de passieve sampler veranderen door weersomstandigheden (bij regen, sneeuw, ...) (Figuur 9).



Figuur 9: Afscherming van passieve samplers bij de uitvoering van buitenluchtmetingen

- Temperatuurlogging tijdens de staalnameperiode kan een inschatting geven van mogelijke fouten door temperatuursprongen.

5.5 RAPPORTAGE

Voorafgaand aan de metingen moet door de eBSD een grondige screening van het gebouw worden uitgevoerd en wordt een vragenlijst aan de bewoners / verantwoordelijken van het gebouw overgemaakt. Deze vragenlijst heeft tot doel bronnen van vluchtige stoffen binnenin een gebouw te inventariseren. Richtlijnen hierover zijn opgenomen in de CGP Uitdampingsrisico.

De veldwerker dient bij de rapportage van de uitgevoerde metingen minimaal onderstaande elementen in het veldverslag op te nemen:

- datum uitgevoerde metingen;
- identificatie onderzoeksterrein;
- identificatie veldwerker(s);
- type uitgevoerde metingen: actief versus passief;
- beschrijving staalnamemethode:
 - o actieve staalname
 - type pomp
 - type recipiënt
 - resultaten lektest
 - voerpompen / Staalname
 - onttrekkingsdebiet
 - staalnameduur (start- en eindtijdstip)
 - staalnamevolume
 - o passieve staalname
 - type sampler
 - blootstellingstermijn
- referentie buitenluchtmeting
 - o locatie
 - o methodiek
- locatie sampler (plaats en hoogte) + aanduiding op plan
- omgevingswaarnemingen
 - o geurwaarnemingen
 - o data druk- en temperatuurmetingen;
- blanco's.

6 EMISSIES BIJ BODEM- EN GRONDWATERSANERINGEN

6.1 INLEIDING

Bij bodem- en grondwatersaneringen kunnen gasvormige stoffen of dampen vrijkomen. Deze stoffen kunnen verontreinigingen zijn die in de bodem of het grondwater aanwezig zijn, maar het kan ook gaan om vluchtige verbindingen die gevormd worden bij saneringswerkzaamheden (bv. vorming van Cl_2 -gas bij in-situ elektroreclamatie). Organische componenten (VOS) en geur uit bodemlucht zijn de belangrijkste emissies die vrijkomen bij bodemsaneringen

De richtlijnen m.b.t. emissies bij bodem- en grondwatersaneringen zijn van toepassing voor saneringen ten velde, incl. ontgravingen en hebben tot doel representatieve stalen te nemen voor het bepalen van de emissies die vrijkomen bij saneringen. Saneringen die ex-situ worden uitgevoerd vallen hier niet onder. Voor het transport en de verdere verwerking van de grond in een grondreinigingscentrum dient deze werkwijze niet gevolgd te worden.

De samenstelling van emissies die vrijkomen bij bodem- en grondwatersaneringen kan op verschillende manieren worden bepaald:

- Via de toepassing van emissie meettoestellen
- D.m.v. actieve staalname (paragraaf 3.2)
- D.m.v. passieve staalname (paragraaf 3.3)

De keuze van de meetmethode, de meetplaats en de duur van de meting wordt bepaald door de eBSD, in samenspraak met de bodemsaneerder onder andere in functie van voorziening staalnamepunten op correcte plaatsen aan de bodemsaneringsinstallaties.

6.2 EMISSIE MEETTOESTELLEN

Voor de bepaling van componentconcentraties in emissies kan ook gebruik gemaakt worden van emissie meettoestellen. Bij deze toestellen zijn analyse en monsterneming onlosmakelijk met elkaar verbonden.

De vereisten waaraan emissiemeeettoestellen dienen te voldoen alsook de wijze waarop deze toestellen dienen gekalibreerd te worden, staan beschreven in de code van goede praktijk “Goedkeuring van vast opgestelde emissiemeeettoestellen” (VITO, 2015)”⁶.

Voor FID- en PID-meters kunnen deze gegevens teruggevonden worden in de code van goede praktijk “Meting van Diffuse VOS-emissies: deel 2, meting van de concentraties van diffuse emissies (VITO, 2007)”⁴.

6.2.1 GELEIDE EMISSIES

6.2.1.1 INLEIDING

Geleide emissies worden gedefinieerd als een emissie afkomstig van een schoorsteen/gaskanaal waarvoor welbepaalde fysische kenmerken bestaan (ligging, hoogte, diameter) en waarvan het debiet kan worden bepaald.

Bij een aantal saneringstechnieken worden emissies op een gecontroleerde wijze afgevoerd. Bodemluchtexttractie en bioventing maar bv. ook luchtstripping van grondwater, e.a. zijn technieken waar we kunnen te maken hebben met geleide emissies.

Volgens de codes van goede praktijk “Bodemluchtexttractie en persluchtinjectie” (OVAM, 2007) en “Het gebruik van biofilters en actief koolfilters bij grondwatersanering” moeten de verontreinigde luchtstromen naar een luchtzuiveringseenheid (biofilter, actief koolfilter, ...) geleid worden waar de aanwezige verontreinigingen worden verwijderd.

6.2.1.2 STAALNAME PLAATS

De plaats waar een emissiemeting wordt uitgevoerd is van doorslaggevend belang voor de kwaliteit van de meetresultaten.

De staalname moet bij voorkeur gebeuren in leidingen met een diameter ≤ 250 mm. De monsters worden genomen in een recht stuk leiding (in het middelpunt van de cilindrische doorsnede) met constante vorm en diameter waarvan de lengte gelijk is aan ten minste 6 x de hydraulische diameter D_h . Twee derde van dit rechtlijnig stuk dient zich stroomopwaarts het meetpunt te bevinden.

$$D_h = 4 \times \text{Oppervlak doorsnede} / \text{Omtrek doorsnede}$$

⁶ <https://emis.vito.be>: Rubriek Referentielabo / Erkenningen lucht / Code van Goede Praktijk

Voor metingen die voor of tussen 2 luchtzuiveringseenheden dienen te gebeuren wordt getracht om de monsterneming uit te voeren volgens bovenstaande bepalingen. Indien dit niet mogelijk is dan mag hiervan afgeweken worden met registratie van de afwijking.

De meting die na de laatste luchtzuiveringsinstallatie wordt uitgevoerd, dient te gebeuren conform bovenstaande bepalingen. Indien nodig wordt de bestaande leiding (lekvrij) verlengd zodat aan de gestelde voorwaarden kan voldaan worden. Als er niet conform de bepalingen gemeten wordt, dan dient de emissie als een niet-geleide emissie beschouwd te worden en dienen extra metingen uitgevoerd te worden zoals aangegeven in tabel 16 van document VITO (2007).

Alle meetopeningen worden na de staalname afgesloten.

6.2.1.3 STAALNAME / METINGEN

➔ Meting van totaalconcentraties

Draagbare FID- en PID-instrumenten zijn toestellen die in aanmerking komen voor het meten van emissies die vrijkomen bij bodem- en grondwatersaneringen. Andere emissie meettoestellen kunnen ook gebruikt worden indien zij gevoelig zijn voor de te meten processtoffen.

Voor informatie m.b.t. de uitvoering van FID- en PID-metingen: zie paragraaf 3.2.8.1

➔ Actieve staalname

Voor de meting van specifieke pollutieconcentraties wordt in de meeste gevallen overgegaan door staalname m.b.v. een adsorptiepatroon. In het labo worden de patronen gedesorbeerd in functie van de analyse op de beoogde pollutanten. Vlak voordat gestart wordt met de staalname worden de adsorptiepatronen geopend. Voor de positionering van het adsorptiepatroon in het meetkanaal kan het aangewezen zijn om het adsorptiepatroon op een houten / metalen staaf te bevestigen. Van zodra het adsorptiepatroon in de meetopening geplaatst is (bij voorkeur verticaal om voorkeurstromingen te vermijden), wordt de meetopening afgesloten. Direct na de monsterneming worden de adsorptiepatronen afgesloten met de bijgeleverde afsluitstoppen.

In goed werkende biofilters kunnen het vochtgehalte en de temperatuur sterk oplopen. Indien geen speciale voorzorgen genomen worden dan zal bij staalname van lucht uit een biofilter condensatie in aanzuigleidingen en meettoestellen optreden met kans op permanente beschadiging van het meettoestel. In het Compendium Lucht wordt in de methode "Bemonstering van individuele vluchtige organische stoffen in een gasstroom" (LUC/IV/000) aangegeven op welke verschillende wijzen de staalname d.m.v. adsorptiepatronen hierbij kan uitgevoerd te worden. Deze methode dient ook gevolgd te worden in andere situaties met :

- aanwezigheid van druppels;
- hoge temperatuur;
- hoog vochtgehalte;
- lage of hoge verwachte VOS-concentraties;
- aanwezigheid van stof.

6.2.2 DIFFUSE EMISSIES

6.2.2.1 INLEIDING

Bij een aantal saneringstechnieken kunnen emissies op een ongecontroleerde wijze vrijkomen:

- ontgravingen;
- persluchtinjectie;
- biosparging;
- in-situ thermische reiniging;
- in-situ chemische oxidatie;
- in-situ elektroreclamatie;
- ...

De staalname strategie (opstellen van een meetgrid, staalnameduur, aantal stalen, ...) wordt opgesteld door de eBSD) en maakt geen deel uit van voorliggende procedure.

6.2.2.2 ACTIEVE STAALNAME

Bij bv. ontgravingen van zones met puur product kunnen de vrijgestelde hoeveelheden vluchtige stoffen aanleiding geven tot hoge pollutentconcentraties (ppm-niveau) in de omgevingslucht in de directe nabijheid van de ontgraving.

Bij gebruik van adsorptiepatronen wordt aanbevolen om adsorptiepatronen te selecteren i.f.v. de grootte-orde van de verwachte concentraties. Voor diffuse emissies waarbij hoge concentraties verwacht worden moeten adsorptiepatronen geselecteerd worden voor solventdesorptie (ppm-niveau). In het geval dat diffuse emissies met lage concentraties verwacht worden moeten adsorptiepatronen voor thermische desorptie (ppb-niveau) geselecteerd worden.

6.2.2.3 PASSIEVE STAALNAME

Zie paragraaf 3.3

6.2.2.4 METING VAN TOTAALCONCENTRATIES

Zie paragraaf 6.1.2.3

6.2.2.5 STAALNAMELOCATIES

Zie paragraaf 5.4

7 REFERENTIES

- ASTM (2012) Standard Practice for Active Soil Gas Sampling in the Vadose Zone for Vapor Intrusion Evaluations; ASTM procedure D7663-12
- BGIA 7810-2012 Breuer, D.; Friedrich, C.: Methanol. Kennzahl 7810, 50. Lfg. XI/2012, 6 S. In: IFA-Arbeitsmappe. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1989 – Loseblatt-Ausgabe. ISBN: 978 3 503 13084-9. <http://www.IFA-ARBEITSMAPPEdigital.de/7810>
- Dawson H., McAlary T. & Groenevelt H. (2015) Passive sampling for vapor intrusion assessment. NAFVAC Technical memorandum tm-navfac exwc-ev-1503, 23/07/2015.
- DIN EN 14211 - Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence, 11/01/2012
- DIN EN 14212 - Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by ultraviolet fluorescence, 11/01/2012
- DIN EN 14626 - Ambient air - Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy, 12/01/2012
- HEER (2014) Soil vapor and indoor air sampling guidance. Section 7 in: Technical guidance manual for the implementation of the hawai'i state contingency plan. www.hawaiiidoh.org
- ISO/FDIS 16200:2-2000 - Workplace air quality, Sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography, Part 2: Diffusive sampling method, confirmed in 2014
- LUC/IV/000 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), Bemonstering van individuele vluchtige organische stoffen in een gasstroom. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/001 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde aromatische koolwaterstoffen met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/002 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde alifatische halogeenkoolwaterstoffen met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/003 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde glycol ethers met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/004 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde esters en acrylaten met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/005 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde paraffinische koolwaterstoffen met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/006 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde olefinische koolwaterstoffen met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/007 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op koolstof moleculaire zeef geadsorbeerde ketonen met GCMS. <https://emis.vito.be>

- LUC/IV/008 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op actieve kool geadsorbeerde ethers met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- LUC/IV/009 - Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC), De kwantitatieve bepaling van op koolstof moleculaire zeef geadsorbeerde alcoholen met GC-MS. <https://emis.vito.be>
- NIOSH 1001 (1994) Test methode chloormethaan in: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94. www.cdc.gov/NIOSH
- NIOSH 1024 (1994) Test methode 1,3 Butadiene in: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94. www.cdc.gov/NIOSH
- NIOSH 1024 (1994) Test methode 1,3 Butadiene in: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94. www.cdc.gov/NIOSH
- NIOSH 1615 (2014) Test methode MTBE in: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94. www.cdc.gov/NIOSH
- NIOSH 6009 (2014) Test method kwik in: NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 8/15/94. www.cdc.gov/NIOSH
- NBN EN 13649 - Stationary source emissions - Determination of the mass concentration of individual gaseous organic compounds - Activated carbon and solvent desorption method. Ed. 1, February, 2002
- Mcalary T., Nicholson P., Sacco P. & Crump D. (2014) Quantitative passive soil vapor sampling for VOCs – part 3: Field experiments. *Environmental Sciences: Processes Impacts*, **16**, 501-510
- OSHA 35 – Naftalene OSHA Method ORG-35, April 1982. <https://www.osha.gov/>
- OSHA 75 – Vinylchloride OSHA Method ORG-75, April 1989. <https://www.osha.gov/>
- OVAM (2004) Code van goede praktijk voor het gebruik van biofilters en actief koolfilters bij grondwatersanering. www.ovam.be
- OVAM (2007) Code van goede praktijk voor bodemluchtexttractie en persluchtinjectie. www.ovam.be
- SKC (2016) An introduction to air sampling. www.skcltd.com
- VITO (2007) Code van goede praktijk, Meting van Diffuse VOS-emissies - Deel 2: Meting van de concentraties van diffuse emissies. VITO-rapport d.d. januari 2007, met als ref. 2007/MIM/R/016. <https://emis.vito.be>: Rubriek Referentielabo / Erkenningen lucht / Code van Goede Praktijk
- VITO (2015) Code van goede praktijk kwaliteitsborging van vast opgestelde emissiemeettoestellen VITO-rapport d.d. juni 2015, met als ref. 2015/MRG/R/0034. <https://emis.vito.be>: Rubriek Referentielabo / Erkenningen lucht / Code van Goede Praktijk
- WDNR (2014) Sub-Slab Vapor Sampling Procedures. Wisconsin Department of Natural Resources, Procedure RR-986. <http://dnr.wi.gov/files/PDF/pubs/rr/RR986.pdf>

**BIJLAGE 1: SELECTIE VAN HET ADSORPTIEMEDIUM I.F.V. DE TE METEN
COMPONENT(GROEP), NIET-LIMITATIEVE LIJST MET INDICATIES VAN
ONTREKKINGSDEBIET EN STAALNAME VOLUME PER ADSORBENS**

Componentgroep / component	Adsportiepatroon (hoeveelheid adsorbens in front- / back up sectie)	Actieve staalname		Norm / Referentie
		Staalnamedebiet (L/min)	Veilig staalnamevolume* (L)	
Alcoholen methanol	Silica gel (480 / 1100 mg)	0,08	5	BGIA 7810 2012-11
Alcoholen ethanol n-propanol isopropanol n-butanol s-butanol t-butanol isobutanol	Carboxen 1000 (180 / 90 mg)	0,5	5	LUC/IV/009
Paraffinische koolwaterstoffen n-pentaaan n-hexaan n-heptaan n-octaan n-nonaan n-decaan	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/006
Olefinische koolwaterstoffen 1-hexeen 1-hepteen 1-octeen 1-deceen	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/005
1,3-butadieen	Actief kool (100 / 50 mg) (in diepvries bewaren)	0,05	3	NIOSH 1024
Aromatische koolwaterstoffen benzeen tolueen ethylbenzeen xylenen styreen isopropenylbenzeen isopropylbenzeen trimethylbenzenen chloorbenzeen	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/001
MTBE	Actief kool (400 / 200 mg) (2 patronen in serie)	0,2	96	NIOSH 1615
Naftaleen	Chromosorb 106 (100 / 50 mg)	0,2	10	OSHA 35
Esters methylacetaat ethylacetaat n-butylacetaat iso-butylacetaat t-butylacetaat methylacrylaat ethylacrylaat methylmethacrylaat	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/004
Ethers di-ethylether di-isopropylether tetrahydrofuraan 1,4-dioxaan dibutylether	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/008

*: Veilig monsternamevolume (l) = hoeveelheid in back-upsectie < 5% van de totaal beladen hoeveelheid.

De veilige staalname volumes die voorgesteld zijn, zijn gevalideerd door VITO.

Componentgroep / component	Adsportiepatroon (hoeveelheid adsorbens in front- / back up sectie)	Actieve staalname		Norm / Referentie
		Staalnamedebiet (L/min)	Veilig staalnamevolume* (L)	
Gechloreerde koolwaterstoffen tetrachloorethyleen 1,1,2-trichloorethaan 1,1,1-trichloorethaan tetrachloormethaan 1,2-dibroomethaan trichloorethyleen chloroform 1,2-dichloorethaan dichloormethaan 1,1-dichloorethaan 1,1-dichloorethyleen cis-/trans-1,2-dichlooretheen 1,1,2,2-tetrachloorethaan	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/002
Chloorethaan Chloormethaan	Actief kool (400 / 200 mg) (2 patronen in serie)	0,05	1	NIOSH 2519 NIOSH 1001
Vinylchloride	Carbosieve S-III (130 / 65 mg) (2 patronen in serie) voorafgegaan door patroon met P ₂ O ₅ (droogmiddel)	0,05	3	OSHA 75
Glycolethers 2-methoxyethanol 2-ethoxyethanol 2-butoxyethanol	Actief kool (400 / 200 mg)	0,5	10	LUC/IV/002
Ketonen cyclohexanon 2,6-dimethylheptaan-4-on 2-methylcyclohexanon 3-methylcyclohexanon 4-methylcyclohexanon Aceton 2-butanon 4-methyl-2-pentanon 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon	Carboxen 1000 (180 / 90 mg)	0,5	5	LUC/IV/007
Kwik	Hopcalite 1 patroon (200 mg)	0,25	100	NIOSH 6009

*: Veilig monsternamevolume (l) = hoeveelheid in back-upsectie < 5% van de totaal beladen hoeveelheid

De veilige staalname volumes die voorgesteld zijn, zijn gevalideerd door VITO.