

Aanvullende code van goede praktijk 2

Bovengrondse behandeling van gas onttrokken uit de bodem

Leefmilieu Brussel

Inhoudstafel

1.	Inleiding	4
2.	Beschrijving van de techniek en de basisprincipes van de implementatie	5
2.1.	Algemene beschrijving.....	5
2.2.	Beschrijving van de meest gangbare technieken	6
2.2.1.	Biofiltratie.....	6
2.2.1.1.	Toepassingsgebied	6
2.2.1.2.	Beschrijving van de installatie	7
2.2.1.3.	Karakteristieken van de filters en van bio filtratie	7
2.2.1.4.	Verwijderingsefficiëntie en eliminatiecapaciteit	8
2.2.1.5.	Werkingsparameters	9
2.2.1.6.	Vochtgehalte van het dragermateriaal.....	10
2.2.1.7.	Temperatuur van de biofilters.....	10
2.2.1.8.	pH	11
2.2.1.9.	Drukval.....	11
2.2.1.10.	Nutriënten.....	11
2.2.1.11.	Types micro-organismen en inoculatie	12
2.2.1.12.	Algemene parameters van het gas.....	12
2.2.2.	Biologische behandeling na gaswassing (biowassing).....	12
2.2.3.	Biowasfilter (bio-trickling filters)	13
2.2.4.	Actief koolfilter	13
2.2.4.1.	Werkingsparameters	13
2.2.4.2.	Karakteristieken van de te fixeren pollutanten.....	14
2.2.4.3.	Bijhorende technieken	14
2.2.4.4.	Betrouwbaarheid	14
2.2.4.5.	Sensibiliteit	15
2.2.4.6.	Milieu-impact	15
2.2.4.	Thermische oxidatie	15
2.2.5.	Condensatie	16
2.2.6.	Andere behandelingstechnieken	16
3.	Beschrijving van de varianten – samenstelling van verschillende technieken	17
4.	Doelstellingen : pluim versus kern	18
5.	Onderzoek van de technische haalbaarheid	19
6.	Specifiek haalbaarheidsonderzoek	20
6.1.	Te meten parameters.....	20
6.2.	Noodzaak aan voorafgaande laboratoriumtesten.....	21
6.3.	Noodzaak voor een pilootproef	21
7.	Beschrijving van een standaardinstallatie	21
8.	Beschrijving van de installaties die voorzien worden.....	23
9.	Beperking van de gevolgen van het project op het milieu : geur, geluid, stof.....	26
9.1.	Aandachtspunten	26
9.2.	Luchtkwaliteit	26
9.3.	Brand- en explosierisico's	26
9.4.	Risico op verspreiding van gevaarlijke en toxische componenten.....	27
9.5.	Geluidsoverlast	27
9.6.	Conformiteit ten opzichte van het bestaande wettelijke kader	27
10.	Opvolgingsmaatregelen	28
10.1.	Opvolgingsmaatregel : standaardopstelling.....	28
10.2.	Opvolgingsmaatregel : op te volgen parameters en frequentie van opvolging	28

11.	Rapportage, optimalisatie en correctieve maatregelen.....	32
11.1.	Rapportage.....	32
11.2.	Correctieve maatregelen en optimalisatie.....	33
12.	Gezondheid, veiligheid en organisatie	34
12.1.	Checklist voor aannemers.....	34
12.2.	Checklist voor bodemverontreinigingsdeskundigen	36
13.	Bibliografie.....	39

1. Inleiding

Deze code van goede praktijk beschrijft een aanvullende techniek die niet apart kan toegepast worden maar die als aanvulling gebruikt wordt bij een techniek die als doel heeft grond- en grondwaterverontreinigingen te saneren of om de risico's die uit deze verontreinigingen voortkomen op te volgen.

De bijkomende techniek omvat de behandeling aan de oppervlakte van gas uit een ondergrondse verontreiniging en kan volgen op één van de volgende hoofdtechnieken:

- Bodemluchtexttractie
- Sparging en Biosparging in combinatie met bodemluchtexttractie
- In situ chemische oxidatie in combinatie met gasonttrekking (in geval van ozoninjectie)
- Bioventing

Het opgepompte (afval)gas is afkomstig uit de verontreinigingskern of uit de onmiddellijke omgeving (pluim). Het gas bestaat in het algemeen uit vluchtige componenten die een behandeling vereisen vooraleer ze kunnen geloosd worden in de omgevingslucht.

Naast deze vluchtige fractie, bevat het opgepompte gas ook afbraakproducten of andere componenten die de vigerende saneringsnormen voor lozing in de omgevingslucht van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest overschrijden en die dus interventie vereisen.

De opvang en de behandeling van het opgepompte afvalgas aan de oppervlakte kunnen vloeistoffen met zich meebrengen die ofwel in situ ofwel ex situ moeten behandeld worden.

Opmerking

De ordonnantie van 5 maart 2009 met betrekking tot het beheer en de sanering van verontreinigde bodems en diens uitvoeringsbesluiten geven in verschillende artikels aan dat de codes van goede praktijk dienen nageleefd te worden. Wat de codes van goede praktijk met betrekking tot de sanering en het risicobeheer betreft, kan de erkende bodemverontreinigingsdeskundige in bepaalde gevallen mits een degelijk gefundeerde argumentatie, zoals bvb. op basis van een voorstel van de bodemsaneringsaannemer, afwijken van de bepalingen van de codes van goede praktijk. In dat geval behoudt Leefmilieu Brussel zich op elk moment het recht voor om bijkomende informatie of om bijkomend terreinwerk te vragen op basis van de bepalingen van de codes van goede praktijk, indien het noodzakelijk en pertinent wordt geacht.

We willen verduidelijken dat de code van goede praktijk van toepassing is voor alle werken die een behandeling door sanering of door risicobeheer omvatten, voor werken uitgevoerd in het kader van de minieme behandeling, voor werken van beperkte duur, follow-upmaatregelen en noodmaatregelen.

2. Beschrijving van de techniek en de basisprincipes van de implementatie

2.1. Algemene beschrijving

Deze aanvullende techniek beoogt de behandeling van opgepompt gas om te voldoen aan de vigerende normen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest voor het stofgehalte, asbestvezelgehalte en andere verontreinigende stoffen vóór de lozing in omgevingslucht.

Ter herinnering, de kwaliteit van geloosde bodemlucht in de omgevingslucht als gevolg van bodembehandelingswerken moeten voldoen aan de [de code van goede praktijk 'lozingsnormen in het kader van saneringswerken risicobeheerswerken'](#).

Voor de behandeling van opgepompt gas wordt gebruik gemaakt van verschillende technieken die afzonderlijk (zelden) of modulair kunnen toegepast worden. Bij de modulaire aanpak is de opstelling en complexiteit van de verschillende modules afhankelijk van de samenstelling van het te behandelen afvalgas.

Rekening houdend met de evolutie van de vuilvracht van het gas tijdens de behandeling, evolueert deze opstelling naar een steeds eenvoudigere techniek.

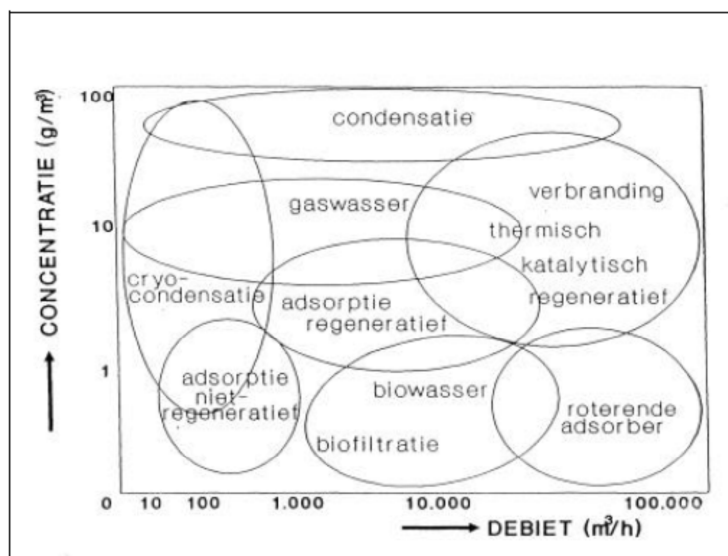
De verschillende technieken die kunnen gebruikt worden voor de behandeling van opgepompt gas zijn opgenomen in onderstaande **tabel 1**.

Tabel 1 : Technieken voor de behandeling van opgepompt afvalgas (uittreksel uit « Soil vapor Extraction and Bioventing » US Army Corps of Engineers, 3 June 2002, EM 1110-1-40001)

Table 5-4 Comparison of VOC Control Technologies						
Control Technology	Applicable Concentration Range ppm	Capacity Range L/s (cfm)	Removal Efficiency	Secondary Wastes	Advantages	Limitations
Thermal Oxidation	100-4,000	94-236,000 (200-500,000)	95-99+%	Combustion products	Up to 95% energy recovery is possible	Halogenated compounds may require additional control equipment downstream. Not recommended for batch operations.
Catalytic Oxidation	100-2,000	94-472,000 (200-100,000)	90-95%	Combustion products	Up to 70% energy recovery is possible	Thermal efficiency suffers with swings in operating conditions. Halogenated compounds may require additional control equipment downstream. Certain compounds can poison the catalyst (lead, arsenic, chlorine, sulfur, particulate matter).
Condensation	>5,000	47.2-9440 (100-20,000)	50-90%	Condensate	Product recovery can offset annual operating costs	Not recommended for material with boiling points <310°K. Condensers are subject to scale buildup, which can cause fouling.
Carbon Absorption	0-5,000	47.2-28,300 (100-60,000)	90-98%	Spent carbon; collected organic	Product recovery can offset costs. Can be used as a concentrator in conjunction with another type of control device. Works well with cyclic processes.	Relative humidity must be adjusted to <50%. Ketones and aldehydes are not efficiently adsorbed.
Resins Adsorption	500-5,000	94.4-472,000 (200-100,000)	95-98%	Wastewater; captured particulate	Product recovery can offset annual operating costs	May require special scrubbing liquids. Equilibrium data needed for design. Packing is subject to fouling and plugging, if particulates are in the gas stream. Scale formation from adsorbent/adsorber interaction can occur.
Biofiltration	0-1,000	47.2-236,000 (100-500,000)	90-98%	Spent peat or compost or soil. For pelletized packed bed biofilters, periodic cleaning generates wastewater with biosolids.	Direct conversion of VOCs to carbon dioxide. Operates at ambient temperature and pressure. Low relative cost.	Can only be applied for biodegradable VOCs. For peat or compost or soil biofilters, the contaminated air stream has to be humidified.
Internal Combustion Engine	>4,000	24-48 (50-100)	90-98%	Combustion products	Combines vacuum pump and offgas treatment.	Requires emissions monitoring; Little additional treatment possible
Flares	>4,000	24-47,200 (50-100,000)	90-98%	Combustion products	Can handle very high VOC concentrations and variations in feed rate/composition.	Substantial support equipment required; Little additional treatment possible

Onderstaande **figuur 1** geeft voor elke beoogde techniek het toepassingsgebied weer gebaseerd op de concentratie van de verontreinigende stoffen ten opzichte van het pompdebiet.

Figuur 1 : Toepassingsgebied van de verschillende technieken voor de behandeling van opgepompt afvalgas
(Uittreksel van « Code van goede praktijk, Het gebruik van biofilters en actief koolfilters bij grondwatersanering »)



2.2. Beschrijving van de meest gangbare technieken

2.2.1. Biofiltratie

Bij deze techniek wordt het afvalgas door een bed gestuurd waarbij het dragermateriaal bestaat uit compost, schors, veen, zand,... die bescherming biedt aan de micro-organismen verantwoordelijk voor de afbraak van de verontreinigende componenten. De micro-organismen vormen een bio film op de buitenkant van het dragermateriaal en breken de te verwijderen componenten af die geadsorbeerd worden aan de deeltjes van het dragermateriaal en die vervolgens geadsorbeerd worden in de waterfilm die deze deeltjes omringt.

Idealiter verzekeren de micro-organismen de biodegradatie van de verontreinigende stoffen tot de eindproducten H_2O , CO_2 , minerale zouten en biomassa. Deze techniek is zeer voordelig: lage werkingskost, lage energiebehoefte, lage nood aan additieven en vorming van niet-schadelijke tussen- en eindproducten.

De snelheid waarmee de pollutanten afgebroken worden is afhankelijk van de overdrachtssnelheid van de pollutanten naar de bio film en van de snelheid van de biodegradatie in de bio films.

Wanneer de snelheid van de biodegradatie gelijk is aan de snelheid van het absorptie/adsorptie proces in de bio film, wordt er een evenwicht bereikt.

2.2.1.1. Toepassingsgebied

Biofiltratie is toepasbaar bij gasdebieten tussen 1.000 en 50.000 m^3/h en bij gehalten aan pollutanten van maximaal 1 à 5 g/m^3 . Onder deze omstandigheden kunnen ook de weinig oplosbare vluchtige componenten afgebroken worden (Henry-coëfficiënt ≤ 10).

De behandeling van gas met een hogere vuilvracht vereist een duurdere (hogere investerings- en onderhoudskosten) en grotere (in oppervlakte) bio filter.

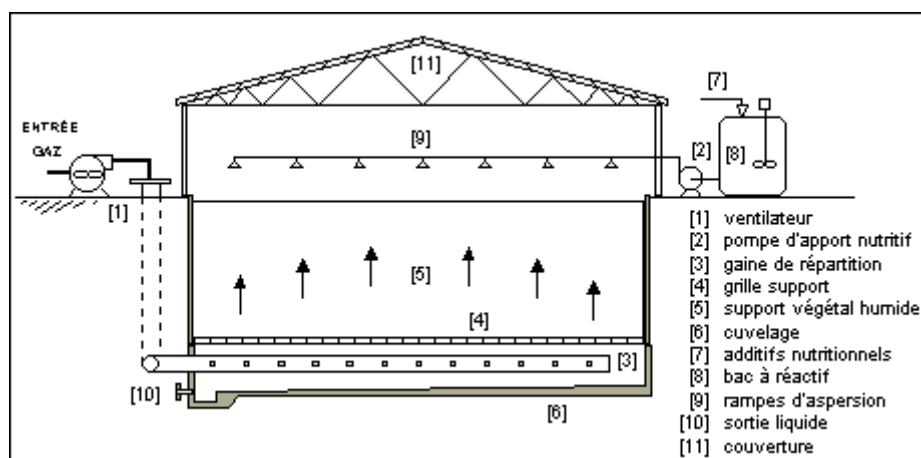
De polluenten moeten biodegradeerbaar zijn. Het te behandelen afvalgas mag niet toxisch zijn voor de micro-organismen. In geval het afvalgas is samengesteld uit verschillende polluenten kan het nodig zijn om bio filters in serie te plaatsen die elk één of meerdere van de polluenten in het gas afbreken.

2.2.1.2. Beschrijving van de installatie

Een bio filter is opgebouwd uit de volgende onderdelen (zie **figuur 2**) :

- Een ondersteunend poreus bed waardoor het afvalgas stroomt en die de micro-organismen bevat
- Een systeem voor de aanvoer en verdeling van het afvalgas (meestal op de bodem van de filter
- Een bevochtiger en installatie voor de aanvoer van voedingsstoffen
- Een emissie- en bemonsteringspunt voor het behandelde gas
- Een recuperatie- en evacuatiesysteem voor overtollige vloeistoffen
- Wanden met een zuurbestendige bekleding

Figuur 2 : Onderdelen van een klassieke bio filter (bron: website van Murgue-Seigle – TDG www.mstdg.com)



Varianten hiervan zijn gelaagde filters, openlucht filters onderhevig aan neerslag en temperatuurvariaties, gesloten filters, filters met evacuatie of herinjectie van drainagevloeistoffen. Het gas kan zowel boven- of onderaan in de filter geïnjecteerd worden.

Voorbehandeling van het afvalgas kan nodig zijn: afscheiding van stof en/of aërosolen, gaswassing, bevochtiging van het gas,...

De hoogte van de bio filters varieert van 0,5 tot 1,5m. In hogere filterbedden kan een hoge drukweerstand ontstaan. Bij filters met een lagere hoogte is het risico groter dat een deel van het afvalgas onbehandeld uit de filter komt.

2.2.1.3. Karakteristieken van de filters en van bio filtratie

De belangrijkste parameters zijn de volgende:

- De oppervlakkige gasverblijftijd (Empty Bed Residence Time of EBRT): de verhouding van het volume van het bio filter ten opzichte van het debiet van het gas. Deze parameter overschat de werkelijke contacttijd omdat gerekend wordt met het volume van een lege bio filter terwijl het dragermateriaal echter een belangrijk deel van de filter inneemt.
- De werkelijke gasverblijftijd (True Bed Residence Time of TBRT) gelijk aan de oppervlakkige gasverblijftijd vermenigvuldigd met de porositeit. Deze werkelijke gasverblijftijd kan verhoogd worden door het verlagen van het debiet van het afvalgas, door het vergroten van het volume van de bio filter of door het verhogen van de porositeit van het dragermateriaal. Typische verblijftijden variëren van 25 seconden voor de behandeling van lage concentraties aan VOC componenten tot meer dan 1 minuut voor hoge concentraties aan VOC componenten.
- De oppervlaktebelasting gedefinieerd als het volume gas dat per uur door een eenheidsoppervlakte van de bio filter stroomt. De oppervlaktebelasting mag maximaal $600 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ bedragen omdat het dragermateriaal anders uitgeblazen wordt en/of de energiekosten te hoog worden als gevolg van de hoge drukval. Wanneer de concentratie van de pollutant in het afvalgas hoog is, dan moeten lage luchtbelastingen (een tiental $\text{m}^3/\text{h.m}^2$) toegepast worden om een voldoende verwijderingsrendement te verzekeren. Deze parameter kan ook uitgedrukt worden als een superficiële luchtsnelheid (m/s).
- De volumebelasting gedefinieerd als de verhouding tussen het debiet van het afvalgas (m^3/s) en het volume van het dragermateriaal (m^3).
- De massabelasting is de hoeveelheid pollutant die binnenkomt in de filter per uur en per volume dragermateriaal (g/h.m^3).

2.2.1.4. Verwijderingsefficiëntie en eliminatiecapaciteit

De verwijderingsefficiëntie drukt procentueel uit welke fractie van de pollutanten afgebroken zijn na doorgang door de filter. Deze parameter geeft een onvolledige beschrijving van de werking van de filter aangezien deze afhankelijk is van de vuilvracht en het debiet van het afvalgas en van de dimensies van de bio filter. Men streeft naar een verwijderingsrendement van 60 tot 99%. De behandeling van vluchtige koolwaterstoffen heeft een lager rendement tot gevolg.

De eliminatiecapaciteit (EC) drukt de massa van de afgebroken pollutanten uit per volume dragermateriaal en per tijdseenheid. Bij een lage massabelasting is deze massabelasting gelijk aan de eliminatiecapaciteit (100% verwijderingsefficiëntie). Bij een stijging in massabelasting wordt er een kritiek punt (kritische belasting of kritische eliminatiecapaciteit) bereikt waarbij de eliminatiecapaciteit kleiner is dan de massabelasting (verwijderingsrendement $< 100\%$). In het algemeen wordt verondersteld dat een verwijderingsefficiëntie van 90% kan gehaald worden als de filter belast is op 70% van de maximale eliminatiecapaciteit.

De eliminatiecapaciteit van de bio filter varieert in functie van de af te breken componenten. Voor organische verbindingen bedraagt de EC 1,5 tot $2 \text{ kg/m}^3\text{j}$.

Bij bespreking van de efficiëntie van de behandeling, moeten ook de eliminatiecapaciteit, het verwijderingsrendement, de gehalten aan pollutanten in het afvalgas en de verblijftijden vermeld worden om betekenisvolle besluiten te kunnen trekken.

2.2.1.5. Werkingsparameters

Soorten dragermateriaal

Er kunnen verschillende soorten dragermateriaal gebruikt worden. Tabel 2 geeft de voor- en nadelen van de belangrijkste materialen weer. Volgende opmerkingen kunnen hierbij gemaakt worden:

- Volgende materialen worden minder frequent gebruikt : boomschors, zand, heide of een mengsel van deze materialen
- Volgens sommige auteurs, is een poriënvolume van meer dan 80% en een hoeveelheid organisch materiaal van meer dan 55% aanbevolen
- Het dragermateriaal bestaat idealiter uit deeltjes met een kleine diameter ($d < 10 \text{ mm}$) die een groot oppervlakte beslaan ($300 \text{ à } 1000 \text{ m}^2/\text{m}^3$).
- De gegranuleerde actief kool (GAC) moet aangerijkt worden met micro-organismen en voedingsstoffen. Gezien de basisiteit van het dragermateriaal kan het nodig zijn om een aanpassing van de pH te moeten doen.
- Synthetische media zoals Styrofoamkorrels, vereisen een continu voeding van nutriënten en micro-organismen waardoor dit soms resulteert in ongecontroleerde groei van biomassa.
- Het meeste performante mengsel van dragermateriaal bestaat uit organisch materiaal (compost of veen) op een grote oppervlakte en uit een grove fractie zoals polystyreenbolletjes, poreuze klei, keramische of plastic deeltjes, gegranuleerde actief kool, lava-deeltjes, boomschors of houtschilfers
- Bij gebruik van natuurlijke materialen, kan na de behandeling het dragermateriaal gebruikt worden in de landbouw als bodemverbeteraar.

Tabel 2 : voor- en nadelen van de verschillende soorten dragermateriaal (Uittreksel uit « Code van goede praktijk, Het gebruik van biofilters en actief koelfilters bij grondwatersanering »)

Materiaaltype	Compost	Veen	Grond	Actief kool (AC), perliet en andere inerte materialen	Synthetische media
Densiteit van de aanwezige microbiële populatie	hoog	middelmatig-laag	hoog	geen	geen
Specifiek oppervlak	middelmatig	hoog	middelmatig-laag	middelmatig-hoog	hoog
Luchtpermeabiliteit	middelmatig	hoog	laag	middelmatig-hoog	zeer hoog
Hoeveelheid natuurlijk aanwezige nutriënten	hoog	middelmatig-hoog	hoog	geen	geen
Polluentadsorptiecapaciteit	middelmatig	middelmatig	middelmatig	middelmatig-hoog (AC)	geen tot hoog (gecoat met AC) tot zeer hoog (AC)
Levensduur	2 tot 4 jaar	2 tot 4 jaar	> 30 jaar	> 5 jaar	> 15 jaar
Kost	laag	laag	heel laag	middelmatig-hoog	zeer hoog

Algemene toepasbaarheid	gemakkelijk, kosteneffectief	middelmatig, problemen met de vochtcontrole	gemakkelijk, biofilters met een lage activiteit	nutriënten nodig, kan duur zijn	enkel voor prototypes of bio-trickling filters
-------------------------	------------------------------	---	---	---------------------------------	--

2.2.1.6. Vochtgehalte van het dragermateriaal

De optimale vochtigheid van het dragermateriaal hangt af van het type materiaal en van de fysische eigenschappen van de af te breken polluenten. Een vochtgehalte van 40 à 60 % (gewichts% op natte basis) is ideaal.

Het vochtgehalte van het dragermateriaal is slechts een onvolledige maatstaf voor de beschikbaarheid van water voor de micro-organismen omdat een groot deel van het water gebonden is aan de deeltjes van het dragermateriaal en dus niet beschikbaar is voor het microbieel metabolisme.

Een betere maatstaf is de wateractiviteit in de gasfase van de filter, uitgedrukt als

$$a_w = P_s / P_w = RV / 100$$

a_w = wateractiviteit

P_s = partiële druk van de waterdamp in het systeem

P_w = dampdruk van zuiver water

RV = relatieve vochtigheid van de omgevingslucht

Bacteriën kunnen groeien bij een $a_w > 0,94$, gisten bij een $a_w > 0,88-0,95$ en schimmels bij een $a_w > 0,7 - 0,85$. Bij lage a_w -waarden zullen schimmels in het systeem overheersen en de bacteriën verdringen.

Het dragermateriaal zal uitdrogen wanneer het influent gas niet 100% verzadigd is, waardoor exotherme oxidatiereacties, exotherme degradatie van het filtermateriaal (bij gebruik van compost) en warmte-uitwisseling van de filter met de omgeving kan optreden.

Uitdroging van de filter kan vermeden op de volgende manieren:

- Bevochtiging van de influent gassen: verstuiving, bevochtigingstorens
- Water toevoegen aan het dragermateriaal aan de oppervlakte of tussen de verschillende lagen
- Een combinatie van bovenstaande methoden
- Stoominjectie waarbij de influent gassen opgewarmd worden

Een te hoog vochtgehalte in het dragermateriaal kan leiden tot verzadigd influent gas met een temperatuur hoger dan de temperatuur van het bed. Bij open filters kan het vochtgehalte te hoog zijn door neerslag.

2.2.1.7. Temperatuur van de biofilters

De actieve microbiële populaties in de bio filters zijn hoofdzakelijk mesofiele micro-organismen met een optimale werking tussen 10°C en 40°C. Een temperatuur > 40°C kan de compostvorming van het organisch dragermateriaal versnellen (risico's op verdichting van het dragermateriaal).

Bruske temperatuurvariaties kunnen problematisch zijn. Bij geleidelijke variaties in temperatuur kunnen de microbiële populaties zich hieraan aanpassen.

2.2.1.8. pH

De pH-waarde voor optimale microbiële groei bevindt zich tussen 7 en 8. Bij een lagere pH-waarde zullen schimmels de bacteriën verdringen (met positieve of negatieve gevolgen voor de efficiëntie van de behandeling).

Tijdens de behandeling, kan de pH van de filter dalen als gevolg van de productie van organische zuren of als gevolg van de oxidatie van verbindingen die zwavel, chloor of stikstof bevatten.

Verzuring van de filter van vermeden worden met volgende technieken:

- Toevoeging van een buffer van kalk, dolomiet of andere neutraliserende materialen (oesterschelpen)
- Periodieke spoeling van de filter
- Toevoeging van basische oplossingen (soda, kalk, bicarbonaat, fosfaten,...) met risico op een verzouting van het filtermilieu.

2.2.1.9. Drukval

De drukval tijdens de stroming van het afvalgas doorheen de filter wordt berekend als:

$$\Delta P = a \cdot u^b \cdot h$$

ΔP : drukval (Pa)

u : oppervlakkige snelheid van het afvalgas (m/s)

a en b zijn constanten bepaald door het type dragermateriaal

h : hoogte van de filter (m)

Constante a neemt waarden aan die variëren van 200 (pure heide) tot 6000 (mengsel veenheide). Constante b varieert van 1,2 (cocosvezels) tot 1,69 (boomschors).

De drukval is eveneens afhankelijk van de biomassaproductie in de filter en van de verdichting van het dragermateriaal. Een lage drukval is indicatief voor kanaalvorming in het midden van de filter.

2.2.1.10. Nutriënten

De ontwikkeling van microbiële populaties vereist een minimale belasting van vluchtige organische stoffen in het te behandelen afvalgas. Er wordt verondersteld dat een belasting van 14 g/m³ een optimale bacteriëngroei geeft.

Organisch dragermateriaal kan dienen als alternatieve koolstofbron met risico's op mineralisatie en verdichting.

Andere noodzakelijke nutriënten zijn stikstof, fosfor en zwavel die in normale omstandigheden in voldoende hoeveelheid aanwezig zijn in organisch dragermateriaal (compost en turf). Voor deze materiaalsoorten bestaat het risico dat het nutriëntengehalte te laag is bij pollutentenconcentraties > 40-50 g/m³.h.

Volgens de auteurs, moet het minimale gehalte aan beschikbare stikstof (NH₄-N en NO₃-N) in het dragermateriaal 200 mg/kg tot 1 g/kg droge stof bedragen.

De toevoeging van nutriënten kan gebeuren door:

- Toevoeging van nutriënten aan het filtermateriaal vóór de aanvang van de behandeling: 4 g/kg N, 1,5 g/kg P en 1,5 g/kg K wordt verondersteld voldoende te zijn

- Periodieke toevoeging van opgeloste nutriënten C, N, P in verhoudingen 100 :5 :1 of 100 ;5 ;0,5

De toevoeging van nutriënten is systematisch vereist bij synthetische media, het gaat meestal om oplossingen van NH_4NO_3 en K_2HPO_4 .

Nadelen aan deze nutriëntentoevoeging zijn stijging van het zoutgehalte en verstopping van de filter bij ongecontroleerde groei van bacteriële biomassa.

2.2.1.11. Types micro-organismen en inoculatie

De actieve organismen is de bio filters zijn bacteriën en schimmels. Deze laatste ontwikkelen zich bij lage pH en lage vochtigheidsgraad.

De bio filters met organisch dragermateriaal kunnen biodegradeerbare componenten gemakkelijk afbreken (alcoholen, ketonen,...) zonder inoculatie.

In de andere gevallen, kan inoculatie met actief slib van een waterzuiveringsinstallatie of met een grondextract voldoende zijn.

Voor de behandeling van moeilijk afbreekbare verbindingen (gechloreerde verbindingen en aromaten,...) kan het nodig zijn om specifieke micro-organismen te enten om de efficiëntie van de behandeling te verhogen of de acclimatisatieperiode tijdens de opstart te beperken. Het enten kan gebeuren met cultuurcollecties, via experimenten met gepollueerde grondmonsters of via menging met oud dragermateriaal van hetzelfde filterbed naar het nieuwe dragermateriaal.

2.2.1.12. Algemene parameters van het gas

De concentratie van het influent gas (vuilvracht) moet zo regelmatig mogelijk zijn en mag bepaalde grenzen niet overschrijden. Een te hoge vuilvracht kan toxisch zijn voor de micro-organismen. Een te lage vuilvracht brengt niet genoeg nutriënten naar de organismen waardoor de afbraaksnelheid daalt en het mogelijk is dat geadsorbeerde polluenten terug vrijkomen in het filtermilieu.

De micro-organismen vereisen een aërobe omgeving met O_2 als electronenacceptor. Deze organismen hebben tenminste een zuurstofgehalte van 5-15% nodig om te overleven. Zuurstofgebrek kan optreden in de filter bij zuurstofarme influentgassen met een hoge vuilvracht ($100 \text{ g C/m}^3\cdot\text{h}$). In dit geval, kunnen gedeeltelijk geoxideerde tussenproducten ontstaan.

Het stofgehalte en gehalte aan vaste stoffen mag niet hoger zijn dan $20 \text{ à } 50 \text{ mg/m}^2$ om verstoppingen te vermijden.

2.2.2. Biologische behandeling na gaswassing (biowassing)

Dit type van behandeling is van toepassing op afvalgassen met biodegradeerbare en wateroplosbare polluenten (Henry-coëfficiënt < 1).

Deze techniek maakt gebruik van een gaswasser (in kolommen of andere) en van een bioreactor. Het is gebaseerd op de microbiële afbraak van organische componenten opgelost in het water met productie van CO_2 , H_2O en minerale componenten.

Er worden verschillende systemen gebruikt :

- Bio rotor waarbij de biomassa alternerend in contact komt met de omgevingslucht en met het te behandelen afvalgas
- Statische filters : droog, ondergedompeld, alleenstaand of modulair
- Bedden met dynamische filtratie die altijd in beweging zijn

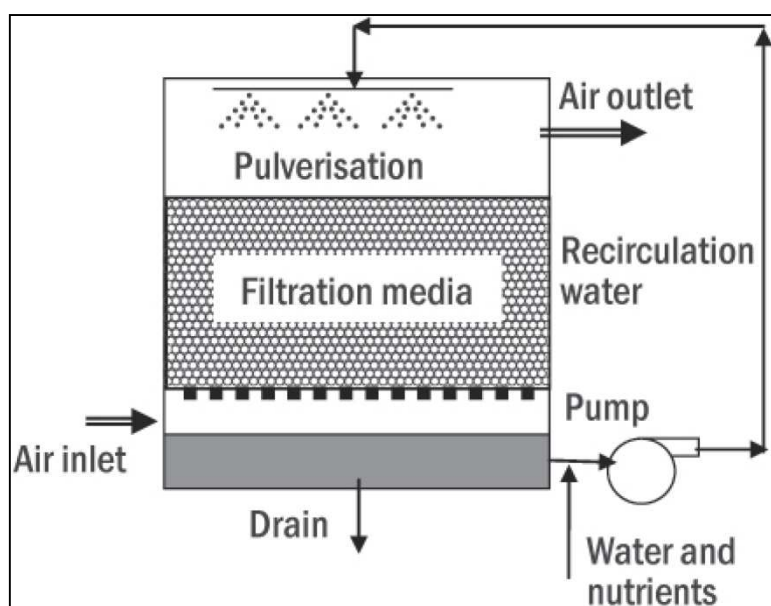
De parameters die de werking van de bioreactoren in waterig milieu bepalen zijn beschreven in de Code van Goede Praktijk 1 behandeling van opgepompt water.

2.2.3. Biowasfilter (bio-trickling filters)

Deze installaties kunnen gebruikt worden voor de behandeling van oplosbare polluenten (Henry-coëfficiënt < 1)

Figuur 2 toont een schema van een biowasfilter, voornamelijk gebruikt om de geuremissies van landbouw en agro-industriële installaties te beperken.

Figuur 2 : Werkingsschema van een biowasfilter (bron: website www.intechopen.com)



Deze installatie is opgebouwd uit een bed met micro-organismen waarover de vloeistoffase vloeit (gravitair). Het te behandelen afvalgas stroomt in tegenstroom en draagt geleidelijk de polluenten over aan de vloeistoffase.

2.2.4. Actief koolfilter

Deze techniek baseert zich op het grote adsorberend vermogen van actief kool vanwege zijn grote specifieke oppervlakte (500 tot 2000 m²/g) en kan voor een groot aantal organische componenten gebruikt worden. Twee fysische karakteristieken van actief kool, afhankelijk van het type en de oorsprong, zijn de consistentie van de deeltjes en grootteverdeling.

Een filterinstallatie bevat altijd minimum twee actief koolfilters in serie zodat de tweede de behandeling kan verzekeren bij verzadiging van de eerste. Na gebruik, kan de actief kool geregenereerd worden door oxidatie van de geadsorbeerde componenten in een oven. Hierbij moet rekening gehouden worden met een verlies van 5 à 10% actief kool en een verlies aan efficiëntie.

2.2.4.1. Werkingsparameters

Vuilvracht van het te behandelen afvalgas

Het toepassingsgebied van actief koolfilters blijft beperkt tot het behandelen van afvalgas met een lage vuilvracht (max. 10.000 ppm).

De adsorptie van de polluenten op de actief kool vinden plaats na condensatie en adsorptie of exotherme reacties. Als gevolg daarvan, is het aangeraden om deze techniek enkel te gebruiken bij vuilvrachten lager van 1/3 van het LEL (Lowest Explosive Limit). Anders moeten de adsorptiekolommen uitgerust zijn met een bewakingssysteem voor de temperatuur en een veiligheidssysteem voor de injectie van inert gas (N₂). Deze voorzorgsmaatregelen zijn vooral nodig wanneer men gemakkelijk oxiderende gassen wil behandelen die een grote hoeveelheid aan warmte vrijgeven, zoals alcoholen, ketonen, aldehyden,...

Temperatuur van het afvalgas

De temperatuur van het te behandelen afvalgas moet onder 40°C blijven.

Vochtigheid van het afvalgas

De relatieve vochtigheid van het afvalgas moet < 50% blijven zodat de efficiëntie van de adsorptie niet daalt.

Debiet van het afvalgas

Filtratie met actief kool is van toepassing voor grote debieten

Aanwezigheid van stof en aërosolen

De aanwezigheid van stof en vaste deeltjes in het afvalgas moet gecontroleerd worden om verstopping van de filter te vermijden.

2.2.4.2. Karakteristieken van de te fixeren polluenten

Componenten met een hoge moleculaire massa zijn gemakkelijker te adsorberen dan die met een lage moleculaire massa.

Componenten met een kookpunt > 40°C zijn gemakkelijk te adsorberen.

Apolaire componenten zijn gemakkelijk te adsorberen op de actief kool. Voor polaire componenten zijn er andere adsorptiemedia ter beschikking: Al-oxiden, silicagel, zeolieten, moleculaire zeven.

Aan de hand van een adsorptie-isotherm-test kan onderzocht worden of een bepaalde component geschikt is voor adsorptie op actief kool. Deze adsorptie-isotherm geeft voor een bepaalde temperatuur, de relatie weer tussen concentratie van de component in de gasfase (g/m³) en de geadsorbeerde concentratie in evenwicht op het adsorbens (g/100 g)

Bijvoorbeeld : courante rendementen voor vluchtige BTEX-componenten zijn :

- Benzeen: 92-97 % ;
- Ethylbenzeen : 97-99 % ;
- Xyleen : 97-98 % ;
- Toluene : 91-98 %.

2.2.4.3. Bijhorende technieken

De adsorptie op actief kool wordt hoofdzakelijk gebruikt in de eindfase van de behandeling van het afvalgas.

2.2.4.4. Betrouwbaarheid

De adsorptie op actief kool is een bewezen betrouwbare techniek die weinig onderhoud vereist.

2.2.4.5. Sensibiliteit

Actief koolfilters zijn gevoelig aan verstopping (zwevende stoffen, neerslag,...).

De groei van micro-organismen is gunstig voor het eindresultaat van de behandeling maar deze biomassa verhindert wel de adsorptie van niet afgebroken componenten.

2.2.4.6. Milieu-impact

Volgende afvalstoffen worden geproduceerd : gebruikte actief kool kan geregenereerd worden via desorptie bij hoge temperaturen of kan vernietigd worden door verbranding. Deze laatste is vaak de goedkoopste.

2.2.4. Thermische oxidatie

Bij deze behandeling laat men de temperatuur van het afvalgas stijgen totdat er oxidatie (verbranding) van de pollutanten optreedt met vorming van CO_2 en H_2O . De nodige warmte voor de temperatuurstijging komt van de vrijgekomen energie van de oxidatie en door bijkomende energiebronnen (elektrisch, verbranding van brandstof,...)

Thermische oxidatie kan toegepast worden voor elke vuilvracht zolang er voldoende O_2 aanwezig blijft (stoichiometrische hoeveelheden of in overmaat).

Thermische oxidatie kan gebeuren volgens verschillende technieken :

- Branders (vlammen)
- Thermische oxidatie zonder vlammen
- Regeneratieve thermische oxidatie
- Katalytische oxidatie

Katalytische oxidatie wordt het meest toegepast. Het gebruik van een katalysator kan de behandelingstemperatuur van het afvalgas beperken tot 150-480 °C. Voorbeelden van katalysatoren zijn edelmetalen (palladium, platina) op keramische ondersteuning, monolithisch roestvrije stalen onderdelen, metaaloxiden (chroom, aluminium, koper, mangaan) gebruikt voor de behandeling van gechloreerde componenten.

Er zijn verschillende contaminanten die de katalysatoren desactiveren of de levensduur ervan verkorten: lood, kwik, zink, arseen, antimoon, koper, tin, ijzer, nikkel, chroom, zwavel, fosfor, silicone. Oxiderende katalysatoren kunnen oververhit raken als het gas te rijk is aan brandstof. Met dit risico dient rekening gehouden te worden bij onttrokken gassen met > 10% van LEL.

Onder goede condities, moeten de katalysatoren elke 3 jaar vervangen worden.

De behandeling van afvalgas met gechloreerde componenten via katalytische oxidatie kan aanleiding geven tot nevenproducten zoals dioxines (CDD) of chloro-dibenzofuranen (CDF), als de O_2 -toevoer of de temperatuur te laag blijft of als het gas vaste deeltjes bevat.

Dit risico is niet vastgesteld bij de behandeling van onttrokken bodemlucht.

Andere manieren van thermische oxidatie vereisen een temperatuur tussen 650 °C en 1100 °C. Deze methoden zijn duur behalve bij het begin van de behandeling omdat het afvalgas dan nog rijk is aan brandbare stoffen. Nadien vereisen deze types van behandeling een grote toevoeging van de brandstoffen.

Bij vorming van heel zure gassen na de oxidatie, kan een gaswassing van de effluent gassen nodig zijn vóór de lozing in de omgevingslucht.

2.2.5. Condensatie

Deze behandelingstechniek wordt gebruikt voor de recuperatie van koolwaterstoffen met een hoog kookpunt. Deze techniek wordt gebruikt wanneer de grond verwarmd wordt waardoor er dampen ontstaan met een verhoogde temperatuur.

2.2.6. Andere behandelingstechnieken

Fakkels wordt zelden gebruikt gezien de hoge kosten voor de installatie hiervan. Het gehalte aan brandstoffen in het te behandelen afvalgas is zelden voldoende om deze hoge kost te compenseren.

Het gebruik van interne verbrandingsmotoren wordt eveneens niet vaak gebruikt, gezien de gevoeligheid van de (diesel)motoren aan de variaties van de eigenschappen van het te behandelen afvalgas (vooral de vochtigheid van het gas).

3. Beschrijving van de varianten – samenstelling van verschillende technieken

Afhankelijk van de karakteristieken van het te behandelen afvalgas, kunnen verschillende technieken in serie uitgevoerd worden zodat een modulair aangepast systeem gevormd wordt.

In de praktijk worden volgende modules het vaakst gebruikt : scheiding afvalgas/condensaat, biologische filter (met een eventuele bevochtiging als voorbehandeling), een actief koolfilter (met een droging als voorbehandeling). Andere modules kunnen toegevoegd worden bij specifieke gevallen (katalytische oxidatie bij gechloreerd afvalgas).

4. Doelstellingen : pluim versus kern

Opgepompte gassen voor de behandeling van de bodem via bodemluchtexttractie (SVE) komen meestal uit de kern van de verontreiniging. In de pluim waar heel weinig of geen vluchtige polluenten aanwezig, heeft Bioventing de voorkeur. De behandelingsinstallatie moet de gassen van beide zones kunnen behandelen, ofwel door een modulaire behandeling ofwel na menging in een buffervat.

5. Onderzoek van de technische haalbaarheid

Bij de keuze van een techniek moet rekening gehouden worden met onderstaande :

- De duur van de behandeling en de afschrijfmogelijkheden van de installaties. Bio filters vragen een langere behandelingsduur wegens de acclimatisatieperiode van de micro-organismen en de vorming van de microbiële biomassa. Bio filtratie kan dus nog niet gebruikt worden voor korte behandelingen.
- Biodegradeerbaarheid van de vluchtige polluenten die de haalbaarheid van een biologische behandeling bepalen
- De aard van de aanwezige polluenten in het te behandelen gas: de aanwezigheid van gechloreerde componenten, aromatische/alifatische componenten, polaire/apolaire componenten, ...
- De vuilvracht aan polluenten in het te behandelen gas, zowel in de eerste als in de daaropvolgende behandelingsstappen.
- De beschikbare oppervlakte voor de behandelingsinstallatie. Biofilters kunnen een grote oppervlakte innemen. Stockage van gebruikte materialen (actief kool), van condensaten of van additieven moet mogelijk zijn.
- De aanwezigheid van gevoelige groepen in de omgeving van de behandelingszone : woonzones, scholen, ... die hinder kunnen ondervinden: geluid van de pompen, geuroverlast, gasemissies,...

6. Specifiek haalbaarheidsonderzoek

6.1. Te meten parameters

Tabel 3 geeft de parameters weer die moeten gemeten en/of gekwantificeerd worden vóór de start van de behandeling waarbij één van de stappen in het project/programma de behandeling van onttrokken afvalgassen uit de bodem inhoudt.

Deze tabel omvat een checklist van de gegevens die worden verkregen ofwel in de opeenvolgende onderzoeksfasen (verkennend bodemonderzoek, gedetailleerde bodemonderzoeken, risico-onderzoeken) ofwel bij het opstellen van het saneringsvoorstel of het risicobeheersvoorstel, ofwel vóór de start van de behandeling indien geen voorstel vereist is.

De tabel geeft enerzijds weer welke parameter moeten gekend zijn om de verschillende technieken van de modulaire behandeling te bepalen en enerzijds de parameters die moeten gekend zijn om een specifieke techniek te bepalen.

Tabel 3 : parameters van het te onttrekken afvalgas in functie van de keuze van de verschillende technieken voor de modulaire behandeling

Parameters	Meetmethode	Opmerkingen
Nodige parameters om de modulaire technieken te bepalen		
Debiet van het te behandelen afvalgas		Evaluatie van de verwachte schommelingen
Fysico-chemische parameters : T°, O ₂ , CO ₂	Monsternamen in de pompput en analyse	Gegevens beschikbaar uit verkennend bodemonderzoek, gedetailleerde bodemonderzoeken, risico-onderzoeken.
Concentratie aan pollutanten (vuilvracht)	Monsternamen in de pompput en analyse	Initiële gegevens beschikbaar uit verkennend bodemonderzoek, gedetailleerde bodemonderzoeken, risico-onderzoeken. Inschatting van de evolutie van de concentraties in de loop van de behandeling.
Concentratie aan pollutanten die de normen overschrijden en moeten behandeld worden vooraleer ze te lozen.	Monsternamen in de pompput en analyse	Initiële gegevens beschikbaar uit verkennend bodemonderzoek, gedetailleerde bodemonderzoeken, risico-onderzoeken. Inschatting van de evolutie van de concentraties in de loop van de behandeling.
Concentratie aan zwevende stoffen	Monsternamen in de pompput en analyse	
Relatieve vochtigheid van het afvalgas	Monsternamen in de pompput en analyse	
Specifieke parameters voor actief koelfilters		

Parameters	Meetmethode	Opmerkingen
Aanwezigheid van polaire en apolaire componenten	Monstername in de pompput en analyse	In geval van aanwezigheid van polaire componenten: ander adsorptiemilieu kiezen: Al-oxides, zeolieten, silicagel,...
Specifieke parameters voor de behandeling met bio filters		
Biodegradeerbaarheid van de aanwezige polluenten	Gegevens uit de literatuur	
Specifieke parameters voor thermische oxidatie		
Energetische inhoud van het te behandelen afvalgas	Monstername in de pompput en analyse	Optioneel, indien nodig voor het ontwerp van de installatie en voor de kwantificatie van de aanvoer van brandstoffen
Specifieke parameters voor katalytische oxidatie		
Concentraties aan componenten die de efficiëntie of de levensduur van de katalysatoren beperken: Pb, Hg, Zn, As, Sb, Cu, Sn, Ni, Cr, S ²⁻ , Silicone, P	Monstername in de pompput en analyse	

6.2. Noodzaak aan voorafgaande laboratoriumtesten

De verschillende technieken die hieronder besproken worden zijn bewezen technieken waarbij de efficiëntie kan ingeschat worden op basis van de informatie in **tabel 3**.

6.3. Noodzaak voor een pilootproef

Het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 29/03/2018 tot vaststelling van de type-inhoud van het risicobeheersvoorstel, van het saneringsvoorstel, de aangifte voorafgaand aan de behandeling van beperkte duur en de modaliteiten van de bekendmaking door aanplakking van de behandeling van beperkte duur, beschrijft de definitie, de noodzaak en de inhoud van de pilootproef. Als er voldoende metingen en gegevens ter beschikking zijn, is er geen nood aan een pilootproef op het terrein. De expert zal dan zijn aanbevelingen formuleren en verdedigen.

Voor de biologische behandeling, rekening houdend met de tijd die nodig is voor de groei en de acclimatisatie van de microbiële biomassa, kunnen de kalibratie en het opstellen van de optimale omstandigheden gebeuren tijdens de opstartfase. Tijdens de fase, zal een alternatieve behandeling moeten plaatsvinden.

7. Beschrijving van een standaardinstallatie

Gezien de grote diversiteit aan opeenvolgende technieken die kunnen gebruikt worden, is het moeilijk om een beschrijving een standaardinstallatie te geven. De behandelingsinstallaties kunnen continu of discontinu werken.

De verschillende technieken kunnen als volgt gegroepeerd zijn :

- Een opvang- en transportsysteem voor het te behandelen afvalgas: leidingen (liefs ondergronds), opvangsystemen uitgerust met controle-apparatuur (debietmeters, temperatuursondes, manometers, explosiemeters) en meetpunten voor het opgepompte gas.
- Optioneel: een buffervat (bij schommelingen in debiet en concentraties)
- Voorbehandeling: gas/condensaatscheider, filter, bevochtiger, droging,... Deze toestellen zijn ook uitgerust met controle-apparatuur, meetpunten en regelingssystemen
- Een emissiepunt

Het emissiepunt dient in de open lucht uit te komen, mag niet onder de verticale projectie van een gebouw gelokaliseerd zijn en dient op ten minste 3 meter boven de grond en ten minste 3 meter van welke opening dan ook in een gebouw verwijderd te zijn.

Ook op het einde van de behandeling moet een meetpunt aanwezig zijn.

De vaste afvalstoffen, zoals actief kool, worden gestockeerd met de nodige voorzorgsmaatregelen.

De vloeibare afvalstoffen (condensaten, drainagevloeistoffen van bio filters) : herinjectie in de biofilter, stockage en ex situ verwerking, in situ verwerking met lozing in de openbare riolering.

De behandeling van vloeistoffen is opgenomen in een aparte bijkomende code van goede praktijk.

8. Beschrijving van de installaties die voorzien worden

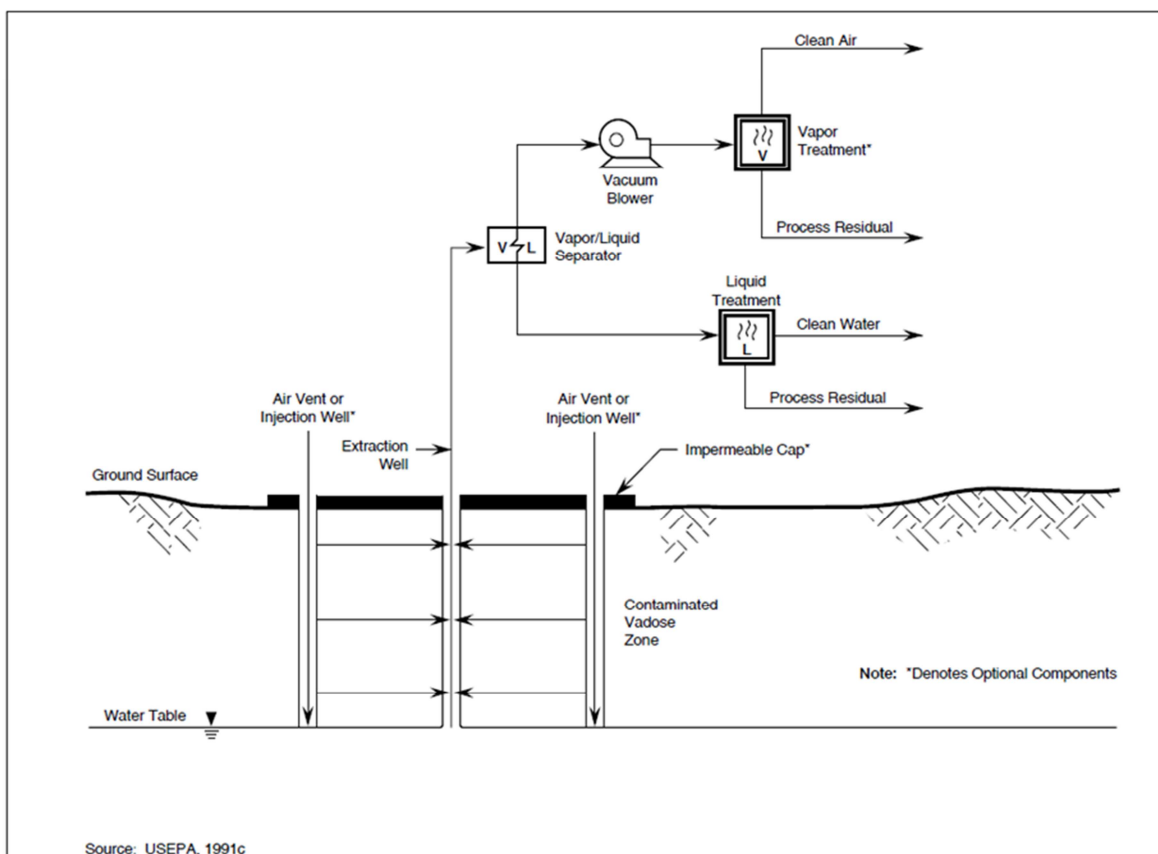
In **tabel 4** worden de minimale gegevens en noden beschreven voor de installatie die zal voorzien worden in kader van de behandeling.

Tabel 4 : Vereiste gegevens voor een behandeling van uit de bodem onttrokken afvalgas

Deel van de installatie	Element	Gegevens
Nodige parameters voor de modulaire technieken		
Installatie voor de opvang en de toevoer van het afvalgas	Leidingen en opvangsystemen	Diameter, materiaal, locatie, verwachte debieten
	Controle-apparatuur	Manometers, debietmeters, explosiometers, temperatuursondes, meetpunt
	Scheider	Scheider gas/condensaat
	Buffervat (optioneel)	Volume, locatie
	Regelingssystemen	Ventielen/kleppen, stopsysteem
	Emissiepunt	Locatie, meetpunt
Bijkomende installaties	Aanpassing van het vochtgehalte (bevochtiging, droging, beluchting,...)	Volume, technische beschrijving,...
Specifieke parameters voor de behandeling met bio filters		
Bio filtratie	Bio filter, bio-trincklingfilter, biorotor met gaswassing,...	Type, dimensies, filtermateriaal, debieten, superficiële en reële verblijftijden, oppervlaktebelasting, massabelasting, dragermateriaal
	Installatie voor de toevoeging van nutriënten	Gehaltes aan initiële N, P, K. Installaties voor de toevoeging van N en P (als aërosolen in het influent gas, besproeiing van de filter met nutriëntenoplossingen, tussentijdse spoelingen,...)
	Bevochtiger	Watertoevoeging door bevochtiging van de gassen, besproeiing van de filter, tussentijdse spoelingen)
	Installatie voor de controle van de zuurtegraad	Toevoeging van neutraliserend materiaal (kalk, dolomiet,...), periodieke spoelingen, toevoeging van neutraliserende oplossingen,...
	Installatie voor de inoculatie	Toevoeging van actief slib bij de start, filtermateriaal met hetzelfde type verbindingen, geschikte bacteriële stammen

Deel van de installatie	Element	Gegevens
	Regelingssystemen	Ventielen/kleppen, stopsystemen (gel), debietmeter, manometers aan het begin en einde van de filter (meting van de drukval), temperatuursondes, monstername-apparatuur in het filterbed
Specifieke parameters voor actief koolfilters		
Actief koolfilters	Filters	Type, adsorptiecapaciteit, dimensies, debieten, verblijftijd, contacttijd, frequentie van vervanging, geschatte hoeveelheden van actief kool
	Controle-apparatuur	Manometers, debietmeters, temperatuursondes, meetpunten
	Regelingssystemen	Ventielen/kleppen, stopsystemen, eventueel injectie van inert gas (N ₂)
Specifieke parameters voor thermische oxidatie		
	Oventype	Dimensies van de oven, type (vlam-zonder vlam), hoeveelheid en type van de brandstof per m ³ te behandelen gas, debiet, reinigingsfrequentie, mogelijke nevenproducten
	Controle-apparatuur	Debietmeters, meetpunten, temperatuursondes
	Regelingssystemen	Ventielen/kleppen, stopstelsysteem
Specifieke parameters voor katalytische oxidatie		
	Type oxidatie-oven	Dimensies (oppervlakte), type katalysator, te behandelen debiet, frequentie van reiniging en vervangen van de katalysator, mogelijke nevenproducten
	Controle-apparatuur	Debietmeters, meetpunten
	Regelingssystemen	Ventielen/kleppen, stopstelsysteem

Figuur 3 geeft een ontwerpschema weer van een standaardinstallatie voor de behandeling van afvalgas



Figuur 3 : standaard installatie (Uittreksel uit Soil Vapor Extraction and Bioventing, Us Army Corps of Engineers, 2002)

9. Beperking van de gevolgen van het project op het milieu : geur, geluid, stof

9.1. Aandachtspunten

In functie van de actuele en toekomstige bezetting van de site en zijn onmiddellijke omgeving, moet rekening gehouden worden met volgende punten:

- Luchtkwaliteit ter hoogte van de behandelingsinstallatie en zijn onmiddellijke omgeving: concentratie aan schadelijke gassen en geurhinder
- Brand- en explosierisico's
- Geluidsoverlast

9.2. Luchtkwaliteit

De omgevingslucht ter hoogte van de behandelingsinstallatie kan vervuild zijn met verschillende zaken afhankelijk van de gebruikte technieken:

- Vluchtige polluenten van het te behandelen afvalgas
- restpolluenten van het effluentgas na behandeling

Er moet dus aandacht besteed worden aan het afdichten van de installaties zodat de schadelijke gassen en geuren niet verspreid worden naar de gevoelige groepen op of in de buurt van de site.

De kwaliteit van het effluentgas moet eveneens opgevolgd worden.

Zoals besproken in het hoofdstuk over de opvolgingsmaatregelen, zal bij de start van het project en nadien periodiek de luchtkwaliteit in de buurt van de behandelingsinstallatie gemeten worden indien gevoelige groepen in de onmiddellijke omgeving van de site aanwezig zijn (woonzones, scholen,...). Ook bij klachten over geurhinder uit de buurt zal een meting van de luchtkwaliteit uitgevoerd worden.

Een emissiepunt dient in de open lucht uit te komen, mag niet onder de verticale projectie van een gebouw gelokaliseerd zijn en dient op ten minste 3 meter boven de grond en ten minste 3 meter van welke opening dan ook in een gebouw verwijderd te zijn.

Stofemissie is niet van toepassing bij de behandeling van uit de bodem onttrokken afvalgas.

9.3. Brand- en explosierisico's

Oxidatiereactie (met katalysatoren of door adsorptie op een actief koolfilter) kunnen grote hoeveelheden warmte genereren. De O₂-concentratie in het afvalgas is bepalend voor het risico op brand.

De extractie van afvalgas met vluchtige componenten kan leiden tot een explosieve situatie in de leidingen en reservoirs. Explosiemeters moeten op verschillende plaatsen in de installatie geplaatst worden: aan de opvangsystemen en -kanalen van het afvalgas, aan de behandelingsinstallatie zelf,... De explosiemeters moeten gekoppeld zijn aan een alarmsysteem, een automatisch systeem voor luchttoevoer en een stopsysteem bij > 10% LEL (Lower Explosive Limit).

9.4. Risico op verspreiding van gevaarlijke en toxische componenten

Er moet rekening gehouden worden met het risico op bodem- en grondwaterverontreiniging van vloeistoffen die voortkomen uit de behandeling en tijdelijk gestockeerd worden op de site.

9.5. Geluidsoverlast

Geluidsoverlast voor buurtbewoners kan optreden als gevolg van de werking van de pompen of van een generator.

Maatregelen om de geluidsoverlast te beperken zijn de volgende:

- Plaatsing van de installaties op een zekere afstand van de woonzones
- Plaatsing van de installaties die geluid maken in geïsoleerde containers
- Vermijden van werking van de installaties 's nachts bij discontinu behandeling

9.6. Conformiteit ten opzichte van het bestaande wettelijke kader

Voor luchtverontreiniging zijn de emissienormen voor het behandelde afvalgas in de omgevingslucht beschreven in [de code van goede praktijk 'lozingsnormen in het kader van saneringswerken risicobeheerswerken'](#). De voorwaarden opgelegd in de milieuvergunning moeten eveneens gerespecteerd worden.

Voor het meten van de omvang van de verontreiniging van de pompinstallatie zijn geen luchtkwaliteitsnormen voor immissie in de omgevingslucht beschikbaar in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Gemeten concentraties aan vluchtige polluenten moeten vergeleken worden met de waarden die beschikbaar zijn op het S-RISK platform © (Substance data sheets, <https://s-risk/be/documents>). Bij overschrijdingen moet de dichtheid van de installaties onderzocht worden.

De luchtkwaliteit moet in zones met verhoogde verontreiniging van de omgevingslucht (langs drukke wegen, in industriële zones,...) enkel gemeten worden wanneer het niveau van de verontreiniging van de installaties het niveau van de verontreiniging in de omgevingslucht overschrijdt gedurende een periode van 24u.

Voor geurhinder bestaat er geen wettelijk kader in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Bij terugkerende klachten van de buurtbewoners, zal een onderzoek naar de dichtheid van de installaties nodig zijn.

Het toegelaten geluidsniveau geproduceerd op sites voor de behandeling van de grondwaterlaag via oppomping is gereguleerd via de ordonnantie van 17/07/1997 en zijn uitvoeringsbesluit van 24/11/2002 betreffende de strijd tegen de geluids- en trillingenhinder voortgebracht door de ingedeelde inrichtingen. In zones met een hoog niveau aan omgevingslawaaï (wegen, industriezones) moet het geluidsniveau van de installaties vergeleken worden met het geluidsniveau van de omgeving.

10. Opvolgingsmaatregelen

10.1. Opvolgingsmaatregel : standaardopstelling

Gezien de grote diversiteit aan opeenvolgende technieken die kunnen gebruikt worden, is het moeilijk om een beschrijving een standaardopstelling te geven.

Volgende kan wel meegegeven worden:

- Algemene opbouw van een installatietype
 - o Een opvang-en transportsysteem voor het te behandelen afvalgas: leidingen (liefs ondergronds), opvangsystemen/buffervaten uitgerust met controle-apparatuur (debietmeters, temperatuursondes, manometers, explosiemeters) en meetpunten voor het opgepompte gas.
 - o Emissiepunt met debietmeters, temperatuursondes, een meetpunt
- Installaties horende bij elke module of elke groep van modules in de behandeling: debietmeter voor het influent gas, manometers en temperatuursondes (optioneel) voor het influent- en effluent gas, meetpunten voor het influent- en effluent gas.

10.2. Opvolgingsmaatregel : op te volgen parameters en frequentie van opvolging

De op te volgen parameters en frequentie van opvolging zijn weergegeven in **tabel 5**:

Tabel 5: Op te volgen parameters en frequentie van opvolging tijdens de behandeling

Parameters	Meetmethode	Parameter	Minimale frequentie	Opmerkingen
Nodige parameters voor de modulaire technieken				
Debiet van het afvalgas	Debietmeter in het opvangsysteem	Debiet (m ³ /s) en volumes	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Druk en temperatuur van het influentgas (en effluentgas)	Manometers en temperatuursondes in de pompputten	Druk (Pa) et Temperatuur (°C)	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Voor de berekening van het opgepompte volume onder standaard omstandigheden
Gehalte aan vluchtige componenten in het influentgas	Meting aan de meetpunten van het opvangsysteem	Gehalte aan polluenten die behandeling vereisen. Gehalte aan polluenten die de emissienormen overschrijden en die behandeling vereisen vóór de emissie in de omgevingslucht	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Toestel voor homogenisatie of een modulaire behandeling bij concentratieschommelingen in de verschillende verontreinigde

Parameters	Meetmethode	Parameter	Minimale frequentie	Opmerkingen
				zones
Gehalte aan vluchtige componenten in het effluentgas	Meting aan de meetpunten aan het emissiepunt	Gehalte aan polluenten die behandeling vereisen. Gehalte aan polluenten die de emissienormen overschrijden en die behandeling vereisen vóór de emissie in de omgevingslucht	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Hoeveelheid aan zwevende stoffen en vochtgehalte	Meting aan het meetpunt na de droger en eventuele filter	Gehalte aan vaste stoffen en relatieve vochtigheid	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Gehalte aan polluenten van condensaat	Meting aan het meetpunt van de gas/condensaatscheider	Gehalte aan polluenten die behandeling vereisen. Gehalte aan polluenten die de emissienormen overschrijden en die behandeling vereisen vóór de emissie in de omgevingslucht	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Specifieke parameters voor thermische oxidatie				
Behandelingsomstandigheden	T-sonde voor het influentgas, O ₂ -gehalte aan de ingang van de brander, debietmeter influentgas, T-sonde aan de brander	T-sonde voor het influentgas, behandelingstemperatuur, debiet, O ₂ -gehalte aan de ingang van de brander, contacttijd	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Warmtevermogen van het influentgas	Meetpunt van het begin van de behandelingsinstallatie	Meting van het warmtevermogen	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Aanpassing van de behandelingsparameters: brandstofaanvoer
Specifieke parameters voor de verbranding	Meetpunt aan het emissiepunt aan het einde van de behandelingsinstallatie	Gehaltes aan CO ₂ , HCl, HF, CO, NO + NO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ S	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Noodzaak voor de behandeling van het gas vóór de lozing in de omgevingslucht
Specifieke parameters voor katalytische oxidatie				

Parameters	Meetmethode	Parameter	Minimale frequentie	Opmerkingen
Behandelings-omstandigheden	T-sonde voor het influentgas, O ₂ -gehalte aan de ingang van de brander, debietmeter influentgas, T-sonde aan de installatie	T-sonde voor het influentgas, behandelingstemperatuur, debiet, O ₂ -gehalte aan de ingang van de brander, verblijftijd in de brander	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	
Warmtevermogen van het influentgas	Meetpunt van het begin van de behandelingsinstallatie	Meting van het warmtevermogen	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Aanpassing van de behandelingsparameters: risico op oververhitting
Gehalte aan componenten / desactiverende componenten voor de katalysator	Meetpunt van het begin van de behandelingsinstallatie	Gehalte aan Pb, Hg, Zn, As, Sb, Cu, Sn, Fe, Ni, Cr, S, P, Silicone.	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Indien deze componenten in schadelijke hoeveelheden worden gemeten tijdens het haalbaarheidsonderzoek
Specifieke parameters voor oxidatie	Meetpunt aan het emissiepunt aan het einde van de behandelingsinstallatie	Gehalte aan CO ₂ , HCl, HF, CO, NO + NO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ S	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Nécessité d'un traitement du gaz avant rejet dans l'atmosphère
Specifieke parameters voor de behandeling met biofilters				
Behandelings-omstandigheden	T-sonde aan de ingang, debietmeter, druk bij de ingang en uitgang van de filter (drukval). Monstername aan de in- en uitgang van de filter	Temperatuur en relatieve vochtigheid van het gas. Debiet en contacttijd. O ₂ en CO ₂ concentratie aan de in- en uitgang. Drukval tijdens de filtratie. Zuurtegraad aan de uitgang van de filter.	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijks	Risico op verstopping en kanaalvorming
Behandelings-omstandigheden	visuele inspectie, manometers aan de in- en uitgang van de filter	Drukval tijdens de filtratie. Afwezigheid van onkruid, scheuren, lekken, geuren, ...	wekelijks	

Parameters	Meetmethode	Parameter	Minimale frequentie	Opmerkingen
Omstandigheden van de filter	Monsternamen van het dragermateriaal en T-sonde.	Vochtgehalte, gehalte aan N (NH ₄ -N en NO ₃ -N), P, K, pH, COT. T van de filter, zoutgehalte (conductiviteit)	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijkse	C/N, verhouding C:N:P
Specifieke parameters voor actief koolfilters				
Behandelingsomstandigheden	T-sonde aan de in- en uitgang, manometers aan de in- en uitgang, debietmeter	T van het gas, drukval, contacttijd	In de eerste twee maanden (opstartfase): wekelijks. Nadien 3-maandelijkse	Risico op verstopping en oververhitting van de filter. Frequentie van onderhoud.

Opmerkingen :

De analyse van het gehalte aan pollutanten in het influent- en effluent gas wordt uitgevoerd door een laboratorium na discontinue monsternamen op actief koolbuisjes of in zakken. Ook continue metingen met een FID of PID monitor of met drägerbuisjes kunnen uitgevoerd worden op het terrein indien deze methoden gelijkwaardig zijn aan de laboratoriumanalyses. De relatie tussen de continue met de discontinue metingen zullen aanleiding geven tot periodieke aanpassingen bepaald door de expert indien het gaat om mengsel zoals koolwaterstoffen en rekening houdend met de evolutie van de samenstelling van het mengsel tijdens de behandeling. O₂ en CO₂ kunnen ook continu gemeten worden op het terrein.

De periodiciteit van de meetcampagnes en analyses kan aangepast worden op gemotiveerd verzoek van de expert.

Er moet voldaan worden aan de code van goede praktijk 4 van Leefmilieu Brussel voor de analysemethoden.

De op te volgen parameters die aanleiding kunnen geven tot overlast zijn weergegeven in **tabel 6**.

Tabel 6: Op te volgen parameters die overlast kunnen veroorzaken en frequentie van opvolging tijdens de behandeling

Opvolgingsparameters	Methode	Parameter	Minimale frequentie
Gehalte aan pollutanten in de omgevingslucht	Luchtmeting in de omgeving van de behandelingsinstallatie of gevoelige groepen en analyse van de monsters, actief koolcartouches, PID, FID, andere	Gehalte aan pollutanten die behandeling vereisen (kg/m ³)	Tijdens de opstartfase, na 2 weken en vervolgens 3-maandelijkse
Geluidmeting	Meetnet	Geluidsniveau	Bij klachten uit de buurt
Geurmeting	Meetnet	geurniveau	Bij klachten uit de buurt

11. Rapportage, optimalisatie en correctieve maatregelen

11.1. Rapportage

Een behandeling via in situ oxidatie gaat gepaard met één of meerdere rapporten die ingediend moeten worden bij Leefmilieu Brussel conform de voorschriften van [het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 29/03/2018 tot vaststelling van de type-inhoud van het risicobeheersvoorstel, van het saneringsvoorstel, de aangifte voorafgaand aan de behandeling van beperkte duur en de modaliteiten van de bekendmaking door aanplakking van de behandeling van beperkte duur](#) :

- Tussentijds rapport van de opstartfase. Een opstartfase van 2 maand wordt als normaal beschouwd. Op voorstel van de expert, kan dit aangepast worden.
- Andere tussentijdse rapporten als de behandeling en de opvolging meerdere jaren duurt. Deze frequentie werd niet bepaald in het besluit en zal vastgelegd worden in het saneringsvoorstel of het risicobeheersvoorstel. Wanneer uit de verschillende meet- en opvolgingscampagnes blijkt dat er significante wijzigingen aan de behandelingsinstallatie moeten gebeuren, zal een tussentijds rapport opgesteld worden en voorgelegd worden aan Leefmilieu Brussel: nieuwe pomp- of infiltratieputten, buitendienststelling van pompputten, uitbreiding van het peilbuizen netwerk wegens uitbreiding van de pluim, het gebruik van andere behandelingstechnieken, grote wijzigingen aan de gekozen behandelingstechnieken,...

De inhoud van het eerste tussentijds rapport moet minstens de zaken beschreven in **tabel 7** bevatten.

Tabel 7 : Inhoud van het eerste tussentijds rapport

Rubriek	Te meten parameters en hoeveelheden	Opmerkingen
Beschrijving van de installatie voor de opstartfase (as built)	Beschrijving van de verschillende elementen van het opvangsysteem van het influent gas (leidingen, opvangsystemen, evt. homogenisatietank). Beschrijving van de verschillende technieken van de modulaire behandeling. Behandeling van de controle-apparatuur: manometers, debietmeters, temperatuursondes, meetpunten. Beschrijving van het emissiepunt.	
Debiet en gaskarakteristieken	Gemeten debieten. Fysico-chemische eigenschappen en gehalten aan pollutanten in het influentgas (O ₂ , CO ₂ , T, drukken, gehalte aan vaste stoffen, vochtgehalte). Warmtevermogen (thermische en katalytische oxidatie). gehalten aan componenten die de katalysatoren desactiveren (katalytische oxidatie).	Schommelingen. Evolutie, Noodzaak voor een buffervat
Beschrijving van de behandelingsparameters	Debiet en verblijftijd per module, T, druk, drukval. Bio filters: pH, hoeveelheid toegevoegde nutriënten, C:N:P, zoutgehalte van het dragermateriaal. Actief koolfilters: verbruik van actief kool en provisies.	Voorstel tot optimalisatie

Resultaten	Fysische parameters: drukval per module, hoeveelheid geproduceerd condensaat, hoeveelheid verbruikt actief kool, hoeveelheid toegevoegde nutriënten,... Chemische parameters: gehalte aan pollutanten na elke module, aan het emissiepunt, in het effluentgas en in het condensaat	Voorstel tot optimalisatie
-------------------	--	----------------------------

11.2. Correctieve maatregelen en optimalisatie

De meest voorkomende problemen van een behandelingsinstallatie voor afvalgassen onttrokken uit de bodem zijn slecht onderhoud, verstoppingen, lekken en gelvorming (aanwezigheid van condensaten in de leidingen).

De meest voorkomende problemen in de verschillende modules van de behandelingsinstallatie zijn de volgende:

- Bio filters : verhoogde drukval als gevolg van een verstopping (plaatsing van een filter om de vaste deeltjes af te scheiden, toevoeging van biodegradeerbare stoffen in het gas zodat de afbraak van het organisch dragermateriaal beperkt blijft), laag behandelingsrendement (controle van het vochtgehalte, nutriëntengehalte, pH, zoutgehalte. Toevoeging van water, nutriëntenoplossingen, neutraliserende stoffen door besproeiing of wassing van de filter. Wijzigingen van de dimensies van de filter of toevoeging van een laag, wijzigingen van het debiet, inoculatie met aangepaste bacteriële stammen,...)
- Actief koolfilters: verhoogde drukval als gevolg van een verstopping (plaatsing van een filter om de vaste deeltjes af te scheiden), laag behandelingsrendement (controle van het vochtgehalte en plaatsing van een droger, vervanging van verzadigde filters)
- Thermische oxidatie : laag rendement (contacttijd of temperatuur te laag door gebrek aan brandstof)
- Katalytische oxidatie : laag rendement (contacttijd of temperatuur te laag door gebrek aan brandstof), te korte levensduur van de katalysator (neutralisatie van de componenten die de katalysator desactiveren)

12. Gezondheid, veiligheid en organisatie

12.1. Checklist voor aannemers

De checklist voor aannemers is opgenomen in **tabel 8**. Deze checklist helpt de aannemers om hun offerte op te stellen op basis van het lastenboek van de experts. Deze lijst is niet limitatief.

Tabel 8 : checklist voor aannemers

Rubriek	Controle
Basisinformatie (specificaties lastenboek, beschrijving van de werken)	
Potentiële bedreigde receptoren	Duidelijke omschrijving van de potentieel bedreigde receptoren op en rond de site
Technische aspecten van het lastenboek of van de beschrijving van de werken	Beschrijving van het opvangsysteem, voorbehandeling en behandeling (dimensies, karakteristieken, locatie). Beschrijving van de fysische eigenschappen: debiet, druk, pomptypes
Identificatie van de nodige vergunningen en te respecteren normen	Controle van de nodige vergunningen aangevraagd door de opdrachtgever. Controle van de gevraagde prestaties met het geldend normatief kader.
Identificatie van specifieke procedures	Identificeren van de specifieke procedures en controleren of deze correct zijn opgenomen in het lastenboek of beschrijving van de werken: emissies,...
Emissiepunten	Emissiepunten van het behandelde gas overeenkomstig de karakteristieken van de site. Vergunningen gevraagd en gekregen.
Communicatie	Identiteit en gegevens van de aannemer, de opdrachtgever, de contactpersoon bij Leefmilieu Brussel, de bevoegde overheden zijn gekend
Informatie uit het veiligheids- hygiëne en preventieplan van de aannemers	
Identificatie en aard van de risico's	VIB (veiligheidsinformatiebladen - SDS), R-S-zinnen (H-P-zinnen) voor de gebruikte producten. Risico's omtrent de stockage, de handling en het gebruik van de verschillende producten: risico's voor het personeel (inademing, contact via de huis), brandrisico's, verspreidingsrisico's,...
	Explosierisico in de kanalen van de gasopvang afhankelijk van de aanwezigheid van vluchtige componenten
	Brandrisico en redenen voor de T-stijging
	Risico voor het personeel als gevolg van lekken of overflow
	Gezondheidsrisico's voor het personeel: aanwezigheid van vluchtige/schadelijke, toxische

Rubriek	Controle
	producten op de site, risico op gevaarlijke vluchtige componenten in de omgevingslucht.
	Algemeen brand risico: Risques d'accidents en général : valpartijen, brandwonden, electrocutie
	Risico's voor onbevoegde personen: diefstal, vandalisme en gezondheidsrisico's
	Klimaatrisico's : gelvorming in de installaties
	Risico's gebonden het verkeer indien de installatie zich op de openbare weg bevindt.
Preventieve maatregelen	Voor elk geïdentificeerd risico: identificatie en gebruik van preventieve maatregelen (explosie veilige apparatuur, persoonlijke beschermingsmiddelen) inclusief opleiding van het personeel
Correctieve - en interventiemaatregelen	Voor elk geïdentificeerd risico: voorbereiding van correctieve en interventiemaatregelen (met spoed indien nodig)
Personen en diensten te contacteren bij problemen	Voor elk geïdentificeerd risico: identiteit en gegevens van de hulpdiensten: brandweer, gemeente, civiele bescherming, netwerkkoperatoren,...
Identificatie van mogelijke overlast	Geuren en schadelijke dampen voor de buurt in geval van lekken en andere verliezen
	Geluidsoverlast van de installaties: pompen, generatoren,...
	Overbelasting van de wegen
Preventieve maatregelen	Voor elk geïdentificeerd risico: identificatie en gebruik van preventieve maatregelen (plaatsing van explosiemeters, alarmsystemen, stopsystemen, controlesystemen (injectie van lucht of N2)
Planning van interventies	
Monitorings- en onderhoudsplan	Controlebezoeken plannen: minimum 2 x per maand
	Onderhoudsplanung
Identificatie van storingen en technische problemen die kunnen voorkomen	Defecten aan de (onderdelen van de) installatie : gebrekkige afdichting
	Risico op verstopping van de leidingen en filters: debietdaling, drukval
	Voortijdige uitputting van de gebruikte materialen: actief kool, katalysator
Plaatsing van alarmsystemen, stopsystemen, controlesystemen	
Correctieve - en interventiemaatregelen	Voor elke mogelijk probleem: voorbereiding van correctieve en interventiemaatregelen (met spoed indien nodig)

Rubriek	Controle
Rapporten van de expert	Rekening houden met de opvolgingsrapporten van de experten en correctieve en interventie maatregelen opstellen.

Opmerkingen:

- Voor VCA-gecertificeerde aannemers (of equivalent), zijn de opgesomde maatregelen omtrent veiligheid van tabel 8 systematisch van toepassing
- De checklist van **tabel 8** is van toepassing voor aannemers en hun onderaannemers
- Een controlebezoek aan de site moet tweemaal per maand plaatsvinden. Bij het gebruik van biologische filters is een wekelijkse controle nodig.
- Men geeft de voorkeur aan ondergrondse leidingen voor het verzamelen en vervoeren van opgepompte vloeistoffen om ongevallen, gelvorming (condensaten) en vandalisme te vermijden
- Wanneer de installaties in de buurt van gebouwen staan, worden de luchtmetingen uitgevoerd ten midden van deze gebouwen zodat een representatief beeld kan gevormd worden van het gehalte aan vluchtige componenten. Deze metingen worden bij de opstart, na 2 weken en vervolgens driemaandelijks uitgevoerd.
- Indien er een explosierisico is aan de leidingen of de behandelingsinstallatie, moet het LEL continu gemeten worden. Maatregelen zullen genomen worden vanaf een overschrijding van 10% van het LEL (beluchting, alarm).

12.2. Checklist voor bodemverontreinigingsdeskundigen

Deze checklist voor bodemverontreinigingsdeskundigen wordt opgenomen in **tabel 9**. Deze checklist dient als hulpmiddel voor het opstellen van de beschrijving van de werkzaamheden, kostprijsberekeningen en de uitwerking van het lastenboek voor aannemers.

Tabel 9 : checklist voor bodemverontreinigingsdeskundigen

Rubriek	Controle
Basisinformatie (specificaties lastenboek, beschrijving van de werken)	
Aanwezige en/of te behandelen polluenten in het afvalgas	Aard van de aanwezige polluenten, gehalten en schommelingen hiervan, verwachte evolutie van de gehalten (gemeten evolutie, natuurlijk afbraakpotentieel)
Potentieel bedreigde receptoren	Duidelijke omschrijving van de potentieel bedreigde receptoren op en rond de site
Technische aspecten van de behandelingsinstallatie	Beschrijving van de behandelingsinstallatie (locatie, dimensies, capaciteiten ...). Fysische eigenschappen: debiet, druk, T. Operationele eigenschappen: debiet, verblijftijden. Zijn de technische voorschriften aangepast aan de kwaliteit en debiet van het te behandelen afvalgas?
	Werking van installatie: continu of discontinu. Risico's op verstoppingen, kanaalvorming in de filter. Mogelijke correctieve en optimaliserende acties.
	Controle van de efficiëntie van de installatie: op basis van beschikbare data
Emissiepunten	Emissiepunten van het behandelde gas overeenkomstig de karakteristieken van de site. Vergunningen gevraagd en gekregen.
Identificatie van de nodige vergunningen en te respecteren normen	Controle van de nodige vergunningen aangevraagd door de opdrachtgever. Controle van de gevraagde prestaties met het geldend normatief kader. Zijn de voorziene procedure conform aan de codes van goede praktijk en andere aanbevelingen van Leefmilieu Brussel?
Identificatie van specifieke procedures	Identificatie van de specifieke procedures en controle dat deze correct zijn opgenomen in het lastenboek of de beschrijving van de werken: transport van gevaarlijk afval (condensaten), gasemissie,...
Communicatie	Identiteit en gegevens van de aannemer, de opdrachtgever, de contactpersoon bij Leefmilieu Brussel en de bevoegde overheden zijn gekend
Identification et nature des risques	Explosierisico in de kanalen van de gasopvang en van de behandelingsinstallatie afhankelijk van de aanwezigheid van vluchtige componenten
	Risico op bodemverontreiniging en grondwater als gevolg van de stockage van gevaarlijke producten en polluenten (condensaat)
	Klimaatrisico's: gelvorming in de leidingen en installatie
	Risico's gebonden het verkeer indien de installatie zich op de openbare weg bevindt.
Preventieve maatregelen	Voor elk geïdentificeerd risico: identificatie en gebruik van preventieve maatregelen inclusief opleiding van het personeel

Personen en diensten te contacteren bij problemen	Voor elk geïdentificeerd risico: identiteit en gegevens van de hulpdiensten: brandweer, gemeente, civiele bescherming, netwerkoperatoren,...
Identificatie van mogelijke overlast	Geuren en schadelijke dampen voor de buurt in geval van lekken en andere verliezen
	Geluidsoverlast van de installaties: pompen, generatoren,...
	Overbelasting van de wegen
Preventieve maatregelen	Voor elk geïdentificeerd risico: identificatie en gebruik van preventieve maatregelen
	Plaatsing van explosiemeters, alarmsystemen, stopsystemen, controlesystemen (injectie van lucht of N2)
Planning, opvolging, validatie en opvolging op lange termijn (nazorg)	
Controle-apparatuur	Beschrijving van de controle-apparatuur: debietmeters, manometers, T-sondes op de meetpunten van de verschillende modules van de behandeling, meting van omgevingslucht. Rekening houdend met de gevoelige groepen.
Controle-parameters	debiet van het influentgas, gehalten in het influentgas (schommelingen en evoluties), behandelingsparameters (T, debiet, druk, drukval, verbruiken van additieven en actief kool, O2 en CO2 concentratie). gehalten in het effluentgas.
Parameters voor optimalisatie	Samenstelling van de verschillende modules, wijziging van de voorbehandeling, kalibratie van additieven, debiet en verblijftijd. frequentie van het onderhoud. Aanpassing van de installatie aan de evolutie van de kwaliteit van de behandelde afvalgassen.
Rapportage	Planning voor het indienen van het eerste tussentijds rapport en voor de tussentijdse rapporten die daar op volgen.
	Kunnen de rapporten opgesteld worden op basis van de verzamelde gegevens?

13. Bibliografie

De referentiedocumenten die gebruikt worden voor de opmaak van dit document zijn de volgende :

- Code van goede praktijk : Pump & Treat, Deel 2, Bovengrondse grondwaternabehandeling , OVAM, 2002;
- Achilles, Veiligheid, gezondheid en milieuzorgsysteem voor on-site bodemsanering werken, OVAM 2001;
- Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg-versie oktober 2011, OVAM ;
- Code van goede praktijk : Het gebruik van Biofilters en Actief Koolfilters bij grondwatersanering, OVAM, 2004 ;
- Code van goede praktijk voor bodemluchtextractie en persluchtinjectie, OVAM, 2002 ;
- Air Sparging, A Project Manager's Guide, Keith Fields et al., Battelle Press, 2002 ;
- Innovative Site Remediation Technology Vol. 8, Paul C. Johnson et al., Springer 1994 ;
- Soil Vapor Extraction and Bioventing, US Army Corps of Engineers, June 2002 ;
- Engineering and Design IN-SITU AIR SPARGING, US Army Corps of Engineers, January 2008.