

**Code van goede praktijk
'VLABOTEX: Uitvoering van
bodemonderzoek en
bodemsanering
op (voormalige)
droogkuislocaties'**

**SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER**





Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*

Code van goede praktijk 'VLABOTEX: Uitvoering van bodemonderzoek en bodemsanering op (voormalige) droogkuislocaties'

2. *Verantwoordelijke uitgever*

Herman Gobel, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen

3. *Aantal blz.*

4. *Wettelijk depot nummer*

5. *Aantal tabellen en figuren*

6. *Publicatiereeks*

7. *Datum publicatie*

februari 2009

8. *Trefwoorden*

bodemonderzoek, bodemsanering, droogkuis, bodemsaneringsorganisatie, VLABOTEX vzw

9. *Samenvatting*

Deze code van goede praktijk geeft toelichting bij de vereiste onderzoeks- en rapportage-inspanningen voor het uitvoeren van beschrijvend bodemonderzoek en bodemsanering door VLABOTEX vzw. Tevens bepaalt deze code van goede praktijk het noodzakelijke kwaliteitsniveau.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*

OVAM, VITO, VLABOTEX vzw

11. *Contactperso(n)en(en)*

Sam Fonteyne, Nick Bruneel, Filip De Naeyer

12. *Andere titels over dit onderwerp*

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kan u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

**Code van goede praktijk
'VLABOTEX: Uitvoering van
bodemonderzoek en
bodemsanering op
(voormalige)
droogkuislocaties'**

1	INLEIDING	7
1.1	MISSIE VAN VLABOTEX VZW	7
1.2	DOEL VAN DE CODE VAN GOEDE PRAKTIJK	7
1.3	BEPERKINGEN VAN DE CODE VAN GOEDE PRAKTIJK	8
1.4	BEGRIPPENLIJST	9
2	VERONTREINIGENDE STOFFEN	13
2.1	INLEIDING	13
2.2	VERONTREINIGENDE STOFFEN GERELATEERD AAN DE UITBATING VAN EEN DROOGKUIS: VOCL'S EN NIET GECHLOREEERDE SOLVENTEN	14
2.2.1	VOCL's	14
2.2.2	Niet-gechloreerde solventen	17
2.3	OVERIGE VERDACHTE STOFFEN	18
2.4	OVERZICHT TE ANALYSEREN PARAMETERS	18
3	VELDWERKZAAMHEDEN	19
3.1	ALGEMENE RICHTLIJNEN	19
3.2	BODEMSTAALNAME	19
3.2.1	Uitzetten van de boringen	19
3.2.2	Uitvoeren van boringen	20
3.2.3	Monsternamen grond en analyses	21
3.3	GRONDWATERSTAALNAME	22
3.3.1	Plaatsing van peilbuizen	22
3.3.2	Waterpassing en inmeting	22
3.3.3	Staalnamen grondwater	23
3.4	SUDAN ROOD OF OLIE ROOD TEST	23
3.5	SNELLE SCREENINGSMETHODEN	24
3.5.1	'Zakjes'-methode	24
3.5.2	Screening van 'liners'	24
3.5.3	Bodemluchtmetingen	24
3.6	MIP (MEMBRANE INTERFACE PROBE)	24
3.7	BINNENLUCHTBEMONSTERING	25
3.8	BODEMLUCHTBEMONSTERING	27
3.9	VEILIGHEID	29
4	BEST BESCHIKBARE SANERINGSTECHNIEKEN	31
4.1	ONTGRAVEN	31
4.2	BODEMLUCHTEXTRACTIE	31
4.3	MEERFASENEXTRACTIE	32
4.4	PERSLUCHTINJECTIE	33
4.5	NATUURLIJKE ATTENUATIE (MNA)	34
4.6	ACTIEVE GRONDWATERSANERING VIA PUMP-AND-TREAT (P&T)	35
4.7	IN-SITU CHEMISCHE OXIDATIE (ISCO)	36
4.8	REACTIEVE WANDEN (MET ZEROVALENT FE)	36
4.9	GESTIMULEERDE BIOLOGISCHE AFBRAAK (ANAËROBE BIOREMEDIATIE)	37
4.10	SURFACTANT- OF CO-SOLVENTSPOELING (GESTIMULEERDE P&T)	37
5	OVERZICHT PROCEDURE	41

6	BESCHRIJVEND BODEMONDERZOEK VAN DE KERNZONE (BBO KERNZONE)	43
6.1	DOELSTELLING EN OPBOUW VAN HET BBO KERNZONE.....	43
6.2	CONTROLE VAN HET ORIËTEREND BODEMONDERZOEK.....	44
6.2.1	<i>Inleiding.....</i>	44
6.2.2	<i>Bijkomend veldwerk.....</i>	44
6.3	AFBAKENING VAN DE KERNZONE.....	45
6.3.1	<i>Inleiding.....</i>	45
6.3.2	<i>Algemene richtlijnen bemonsteringstrategieën.....</i>	46
6.4	RISICO-EVALUATIE.....	47
6.4.1	<i>Noodzaak tot bodemsanering.....</i>	47
6.4.2	<i>Risico-evaluatie.....</i>	49
6.5	RAPPORTERING VAN HET BBO KERNZONE.....	51
6.5.1	<i>Risico-evaluatie, bepaling van de saneringsnoodzaak en saneringsprioriteit.....</i>	51
6.5.2	<i>Voorstel monitoring in afwachting van uitvoering bodemsaneringswerken voor de kernzone (BSW kernzone).....</i>	52
7	BODEMSANERINGSPROJECT VOOR DE KERNZONE (BSP KERNZONE)	55
7.1	INLEIDING.....	55
7.2	CONTROLE VAN REEDS UITGEVOERDE BESCHRIJVEND BODEMONDERZOEKEN	55
7.2.1	<i>Inleiding.....</i>	55
7.2.2	<i>Rapportage bijkomende onderzoeksverrichtingen</i>	56
7.3	OVERZICHT MONITORING IN AFWACHTING VAN DE OPMAAK VAN HET BSP KERNZONE	57
7.4	INVULLING VAN HET BATNEEC-PRINCIPE VOOR VLABOTEX VZW	57
7.5	SANERINGSSTRATEGIE VOOR DE KERNZONE	59
7.5.1	<i>Uitgangspunten bodemsaneringsproject.....</i>	59
7.5.2	<i>Haalbaarheid saneringstechnieken</i>	59
7.5.3	<i>Haalbaarheidsonderzoek.....</i>	60
7.5.4	<i>Bijkomende informatie voor het selecteren van bepaalde saneringstechnieken</i>	61
7.6	RAPPORTAGE.....	62
8	BODEMSANERINGSWERKEN VOOR DE KERNZONE	63
8.1	INLEIDING.....	63
8.2	KWALITEITSPLAN	63
8.3	ACTUALISATIE VERONTREINIGINGSSITUATIE	63
8.4	START- OF INFORMATIEVERGADERING	64
8.5	VEILIGHEID.....	64
8.6	ALGEMENE MILIEUKUNDIGE LEIDING.....	65
8.6.1	<i>Inleiding.....</i>	65
8.6.2	<i>Uit te voeren controles.....</i>	65
8.6.3	<i>Aanwezigheid van de bodemsaneringsdeskundige op de bodemsaneringswerf.....</i>	65
8.6.4	<i>Dagboek milieukundig toezicht.....</i>	65
8.6.5	<i>Geven van bindend advies</i>	66
8.7	OPVOLGING VAN DE SANERINGSWERKEN	66
8.7.1	<i>Inleiding.....</i>	66
8.7.2	<i>Rapportage tussentijds rapport aan de OVAM.....</i>	66
8.8	STOPZETTING VAN DE BODEMSANERINGSWERKEN.....	67

9	AFPERKEND BODEMONDERZOEK VAN DE PLUIMZONE (BBO PLUIMZONE)	69
9.1	DOELSTELLING EN OPBOUW VAN HET BBO PLUIMZONE	69
9.2	AFBAKENING VAN DE PLUIMZONE	69
9.2.1	<i>Inleiding</i>	69
9.2.2	<i>Algemene richtlijnen bemonsteringstrategieën</i>	70
9.3	MONITORING VAN DE PLUIMZONE	70
9.4	RISICO-EVALUATIE	71
9.4.1	<i>Noodzaak tot bodemsanering</i>	71
9.4.2	<i>Risico-evaluatie</i>	71
9.5	RAPPORTERING VAN HET BBO PLUIMZONE	73
10	BODEMSANERINGSPROJECT VOOR DE PLUIMZONE (BSP PLUIMZONE)	75
10.1	INLEIDING	75
10.2	CONTROLE VAN REEDS UITGEVOERDE BESCHRIJVENDE BODEMONDERZOEKEN	75
10.2.1	<i>Inleiding</i>	75
10.2.2	<i>Rapportage bijkomende onderzoeksverrichtingen</i>	75
10.3	INVULLING VAN HET BATNEEC-PRINCIPE VOOR VLABOTEX VZW	76
10.4	SANERINGSSTRATEGIE VOOR DE PLUIMZONE	76
10.4.1	<i>Uitgangspunten bodemsaneringsproject voor de pluim</i>	76
10.4.2	<i>Haalbaarheid saneringstechnieken</i>	76
10.4.3	<i>Haalbaarheidsonderzoek</i>	76
10.4.4	<i>Bijkomende informatie voor het selecteren van bepaalde saneringstechnieken</i>	77
10.5	RAPPORTAGE	78
11	BODEMSANERINGSWERKEN VOOR DE PLUIM	79
11.1	INLEIDING	79
11.2	STOPZETTING VAN DE BODEMSANERINGSWERKEN	79
11.3	NAZORG	79
12	BIJLAGEN	81

Deel 1 : Algemeen

1 Inleiding

1.1 Missie van VLABOTEX vzw

VLABOTEX vzw staat voor Vlaams Bodemsaneringsfonds voor de Textielverzorging en is opgericht als vereniging zonder winstoogmerk. VLABOTEX vzw is op 14 september 2007 erkend door de Vlaamse Regering als bodemsaneringsorganisatie voor de droogkuissector.

VLABOTEX vzw beoogt een solidarisering binnen de droogkuissector en maakt een spreiding van de kosten die verbonden zijn met de bodemsanering doorheen de tijd mogelijk. Na aanvaarding van een aanvraag en het betalen van een forfaitaire jaarlijkse bijdrage zal VLABOTEX vzw immers instaan voor de bodemsanering van de als historisch te beschouwen bodemverontreiniging afkomstig van (voormalige) droogkuisactiviteiten. De kostprijs voor de bodemverontreiniging die vreemd is aan de uitbating van de (voormalige) droogkuisactiviteiten alsook de verontreiniging afkomstig van de (voormalige) droogkuisactiviteiten maar die als nieuw wordt beschouwd moet volledig gedragen worden door de aanvrager. Ter ondersteuning van de werking van VLABOTEX vzw voorziet de Vlaamse Overheid een subsidie gedurende 30 jaar.

Daarnaast moet VLABOTEX vzw ook de nodige aandacht besteden aan het voorkomen van bodemverontreiniging (preventie) en het beheersen van de reeds aanwezige verontreiniging.

Tot slot is VLABOTEX vzw verplicht om het onderzoek naar innovatieve saneringsmethodes te stimuleren en op te volgen.

1.2 Doel van de code van goede praktijk

Het doel van deze code van goede praktijk is:

- streven naar een standaarduitvoering van bodemonderzoek en bodemsanering van (voormalige) droogkuislocaties voor Vlaanderen;
- een garantie te bieden aan de OVAM teneinde op een kwalitatieve wijze bodemonderzoeken en bodemsaneringen uit te voeren, waarbij de middelen op een efficiënte wijze worden besteed;
- op een éénduidige en gestructureerde wijze de communicatie en rapportering aan de OVAM te verzekeren, teneinde het administratieve meerwerk en de vereiste middelen dienaangaande tot een minimum te beperken.

VLABOTEX vzw zal in de uitvoering van haar activiteiten maximaal gebruik maken van deze code van goede praktijk.

Deze code van goede praktijk kan enkel aangewend worden voor de uitvoering van bodemonderzoek en bodemsanering in opdracht van VLABOTEX vzw en dit voor verontreinigingen met vluchtige organische stoffen die gebruikt worden of werden in het droogkuisproces. Andere personen, behoudens deze die in opdracht van VLABOTEX vzw opdrachten uitvoeren, kunnen geen gebruik maken van deze code van goede praktijk.

1.3 Beperkingen van de code van goede praktijk

De uitvoering van bodemonderzoek en bodemsanering is onderworpen aan locatiespecifieke kenmerken die niet te vatten zijn in een code van goede praktijk. Deze code van goede praktijk gaat dan ook uit van een vereenvoudigde situatie. Met behulp van de reeds opgebouwde ervaring is getracht om een standaard op te stellen die van toepassing is op een maximaal aantal dossiers.

Tenslotte is het niet de bedoeling om een blind uit te voeren code van goede praktijk aan te bieden. We rekenen in eerste instantie op de bekwaamheid en de kwaliteit van de aangestelde bodemsaneringsdeskundige om de locatiespecifieke kenmerken te onderzoeken en zo de mogelijke problemen voor de uitvoering van het bodemonderzoek en de bodemsanering in te schatten.

1.4 Begrippenlijst

Voor de toepassing van deze code van goede praktijk worden hieronder een aantal definities gegeven:

Bodemdecreet: decreet van 27 oktober 2006 betreffende de bodemsanering en de bodembescherming;

Vlarebo: besluit van de Vlaamse Regering van 14 december 2007 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming;

Droogkuislocatie: grond waarop een droogkuis wordt of werd uitgebaat;

Verontreinigd terrein: Grond waarop de verontreiniging tot stand is gekomen bestaande uit één of meerdere kadastrale percelen waarop een droogkuisactiviteit daadwerkelijk ingeplant is of was, die ten gevolge van de uitbating, ervan, zodanig verontreinigd is of zijn dat een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering zich opdringt op grond van het Bodemdecreet;

Verontreinigde site: het verontreinigd terrein, alsmede rechtstreeks of onrechtstreeks aanpalende kadastrale percelen waarvan de bodem ten gevolge van de uitbating van de droogkuisactiviteit, zodanig verontreinigd is of zijn dat een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering zich opdringt op grond van het Bodemdecreet;

Terreinperceel: een kadastraal perceel waarop een droogkuisactiviteit daadwerkelijk ingeplant is of was, dat ten gevolge van de uitbating ervan, zodanig verontreinigd is dat een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering zich opdringt op grond van het Bodemdecreet;

Siteperceel: een rechtstreeks of onrechtstreeks aanpalend kadastraal perceel aan een terreinperceel waarvan de bodem ten gevolge van de uitbating van de droogkuisactiviteit op het terreinperceel, zodanig verontreinigd is dat een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering zich opdringt op grond van het Bodemdecreet;

Exploitant: de natuurlijke of de rechtspersoon die, zoals bepaald overeenkomstig de milieuvergunningswetgeving in het Vlaamse Gewest, een vergunnings- en/of meldingsplichtige inrichting en/of activiteit heeft ingeplant en uitoefent of heeft uitgeoefend op een Verontreinigd terrein;

Eigenaar: de eigenaar van een verontreinigd terrein;

Feitelijke gebruiker: de persoon, andere dan de exploitant en eigenaar die voor eigen rekening de feitelijke controle over het verontreinigd terrein heeft;

Bodemsaneringsorganisatie: de overeenkomstig de bepalingen van artikel 95 van het bodemdecreet erkende rechtspersoon;

VOCI's: vluchtige organische chloorverbindingen;

VOS: vluchtige organische stoffen. Deze kunnen al dan niet chloorhoudend zijn;

Droogkuisgerelateerde verontreiniging: alle bodemverontreiniging met vluchtige organische stoffen ontstaan ten gevolge van de uitbating van de droogkuisactiviteit;

Uitbatingsvreemde bodemverontreiniging: historische, nieuwe en gemengde bodemverontreiniging niet ontstaan door de uitbating van de droogkuisactiviteit op het verontreinigd terrein;

Andere dan historische bodemverontreiniging: nieuwe en gemengde bodemverontreiniging ontstaan door de uitbating van de droogkuisactiviteit en uitbatingsvreemde bodemverontreiniging;

Afsplitsbare andere dan historische bodemverontreiniging: andere dan historische bodemverontreiniging dewelke geheel afsplitsbaar is van de historische bodemverontreiniging ontstaan door de uitbating van de droogkuisactiviteit en die een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering noodzaakt;

Niet afsplitsbare andere dan historische bodemverontreiniging: andere dan historische bodemverontreiniging dewelke niet of slechts gedeeltelijk afsplitsbaar is van de historische bodemverontreiniging ontstaan door de uitbating van de droogkuisactiviteit en die een beschrijvend bodemonderzoek of bodemsanering noodzaakt;

Historische bodemverontreiniging: verontreiniging die tot stand is gekomen vóór 29 oktober 1995;

Nieuwe bodemverontreiniging: verontreiniging die tot stand is gekomen na 28 oktober 1995;

Gemengde bodemverontreiniging: bodemverontreiniging die tot stand gekomen is gedeeltelijk voor 29 oktober 1995 en gedeeltelijk na 28 oktober 1995;

Actueel risico: momenteel bestaande nadelige impact voor receptoren uitgaande van de verontreiniging bij de huidige terrein- en verontreinigingssituatie.

Potentieel risico: mogelijke nadelige impact voor receptoren uitgaande van de verontreiniging op langere termijn of bij wijziging van de terreinsituatie. Bij (mogelijke) wijziging van het terreingebruik (bijvoorbeeld bij sluiting of stopzetting van de droogkuis), moeten de potentiële risico's beoordeeld worden op basis van een realistisch standaard scenario en dit overeenkomstig de bestemming volgens het gewestplan. Indien een garantie kan gegeven worden dat het gebruik van het terrein onveranderd blijft (bijvoorbeeld bij verderzetting van de droogkuis), moet voor een inschatting van de potentiële risico's uitgegaan worden van de huidige situatie en een mogelijke ontwikkeling of evolutie in de toekomst;

Retentiecapaciteit: het gehalte aan puur product dat een bodem kan immobiliseren (absorberen in de bodemporiën), hetzij het vermogen van de bodem om puur product vast te houden;

Puur product: (vloeibare) verontreiniging die voorkomt in de bodem als afzonderlijke (niet-waterige) fase.

Een synoniem voor puur product met een soortelijk gewicht groter dan één is DNAPL (Dense Nonaqueous Phase Liquid). Puur product met een soortelijk gewicht kleiner dan één wordt ook LNAPL (Light Nonaqueous Phase Liquid) genoemd.

Puur product is al dan niet mobiel. Met het begrip puur product hangt het begrip retentiecapaciteit samen. Het puur product is mobiel (onder invloed van de zwaartekracht of capillaire krachten) als de retentiecapaciteit van de bodem overschreden wordt. Een andere naam hiervoor is vrij product.

Een laag van mobiel puur product met een hoger soortelijk gewicht dan water die op een minder doorlatende laag onder de grondwaterspiegel aanwezig is, wordt ook een zaklaag genoemd. Analooq spreekt men van drijfllaag bij puur product met een lager soortelijk gewicht dan water.

Puur product dat aanwezig is in de bodemporiën in gehalten onder de retentiecapaciteit van de bodem en bijgevolg immobiel is, wordt residueel puur product genoemd;

Kernzone: zone waar de verontreiniging in de bodem aanwezig is onder de vorm van puur product. Dit omvat dus zowel de zone met residueel product en de zone met vrij product (zaklaag) en de verontreiniging die geadsorbeerd is aan de bodemdeeltjes in de verzadigde en onverzadigde zone ter hoogte van deze zone. Zeer indicatief kan deze zone bepaald worden door overschrijdingen van de bodemsaneringsnorm voor het vaste deel van de aarde voor bestemmingstype III. Een synoniem voor kernzone is retentiezone;

Pluimzone: bodemzone onder grondwaterniveau, buiten de retentiezone, waar de verontreiniging opgelost in het grondwater aanwezig is en eveneens geadsorbeerd aan de bodemdeeltjes. Een synoniem voor de pluimzone is retardatiezone;

BATNEEC: best beschikbare techniek zonder excessief hoge kosten;

Conceptueel sitemodel (CSM): omvat een driedimensionele weergave van de verontreinigingssituatie. Het CSM omvat onder meer de volgende elementen: de verontreinigingsbronnen, de verspreidings- en blootstellingsroutes en potentiële receptoren. En dit zowel voor de actuele als voor de potentiële situatie.

2 Verontreinigende stoffen

2.1 Inleiding

Voor het reinigen van textiel en leder met solventen wordt gebruik gemaakt van vier grondstoffen: solvent, water (voornamelijk voor koeling), elektriciteit en stookolie of gas (voor de aanmaak van stoom). Omwille van de omvang en de milieu-impact wordt hier de meeste aandacht besteed aan het solventverbruik.

In het verleden werden oplosmiddelen bestaande uit mengsels van verschillende koolwaterstoffen gebruikt tijdens het droogkuisproces. De meest bekende zijn 'white Spirit', terpentine en wasbenzine.

Het solvent dat momenteel door het merendeel van de droogkuisen in Vlaanderen gebruikt wordt is tetrachlooretheen (PCE), meestal PER genoemd. Deze gechloreerde koolwaterstof heeft goede reinigingseigenschappen en is onbrandbaar. PER is evenwel een potentieel carcinogeen, heeft een lange levensduur en verspreidt zich gemakkelijk in het milieu. PER behoort dan ook tot de zwarte-lijststoffen.

In een gering aantal bedrijven werd daarnaast op kleine schaal gebruik gemaakt van gefluoreerde koolwaterstoffen. Hiertoe behoren de CFK's, R-113 (trifluorichloorethaan) en de HCFK's.

Nu wordt ook beroep gedaan op een nieuwe generatie koolwaterstofmengsels bestaande uit iso-, gede aromatiseerde en n-parafines. Van de thans gebruikte niet-gechloreerde koolwaterstoffen (KWS) in de droogkuis wordt aangenomen dat ze minder carcinogeen of giftig zijn, maar het zijn wel VOS. Deze KWS zijn brandbaar en explosief en kunnen enkel in speciale reinigingsmachines gebruikt worden.

Naast het gebruik van solventen voor het reinigen van kleding, hebben nog andere processen in de droogkuissector een impact op het milieu. Zo is er bijvoorbeeld de opwekking van stoom, onder andere gebruikt voor het persen van kleding, waar er een aanzienlijk energie- en waterverbruik optreedt. Daarnaast is er nog het energieverbruik voor het verwarmen en verlichten van de arbeids- en winkelruimten.

In het kader van nevenactiviteiten (opslag van huisbrandolie) is het niet uitgesloten dat op een droogkuislocatie ook andere verontreinigingen aanwezig zijn. Een duidelijk onderscheid tussen de droogkuisgerelateerde verontreiniging en de uitbatingsvreemde verontreiniging is dus noodzakelijk.

Op een droogkuislocatie kunnen de volgende potentiële verontreinigingsbronnen onderscheiden worden:

- Locatie van voormalige en huidige droogkuisinstallaties;
- (Voormalige) opslagtanks met bijbehorende vul- en ontluuchtingspunten;
- (Voormalige) opslagplaatsen van solventen;
- (Voormalige) droogzones;
- Tijdens het beschrijvend bodemonderzoek (van de kernzone) moeten deze potentiële verontreinigingsbronnen dan ook afdoend onderzocht zijn:
 - Op plaatsen waar in eerdere onderzoeken reeds verontreiniging is aangetoond in het vaste deel van de aarde en grondwater;
 - Op plaatsen waar gegevens over de verontreinigingssituatie ontbreken;
 - Hiaten uit vorige onderzoeken.

2.2 Verontreinigende stoffen gerelateerd aan de uitbating van een droogkuis: VOCI's en niet gechloreerde solventen

2.2.1 VOCI's

2.2.1.1 Het gedrag van VOCI's in de bodem

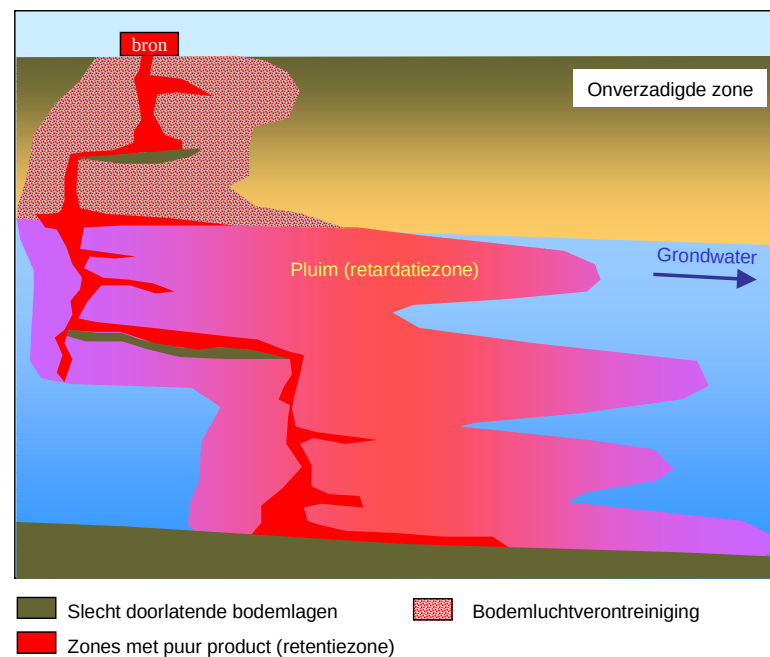
VOCI's zijn vloeistoffen met een soortelijk gewicht groter dan één en zijn bijgevolg 'zwaarder' dan water en hebben een geringe tot zeer geringe wateroplosbaarheid. In een bodemzone die in contact komt met pure VOCI-vloeistof, blijft een zekere restverzadiging aan puur product aanwezig die normaal in de grootte-orde van enkele tienden van procenten tot procenten van het porie-volume ligt. Een synoniem voor puur product is DNAPL (Dense Nonaqueous Phase Liquid).

Deze bodemzones worden kernzones genoemd omdat ze de bulk van de verontreiniging bevatten in een eerder klein bodemvolume. Zij kunnen een zeer grillige vorm en omvang hebben, afhankelijk van de gelaagdheid en heterogeniteit van de bodem.

Door contact met infiltrerend regenwater en grondwater, ontstaat uitgaande van deze kernzones, een pluimzone met verontreinigd grondwater.

Deze conceptuele overwegingen worden in figuur 1 schematisch verduidelijkt.

In de pluimzone komen de VOCI's opgelost voor in het grondwater, en gedeeltelijk geadsorbeerd aan de vaste bodemfase. De VOCI's bewegen mee met het grondwater, maar worden vertraagd door de adsorptieverschijnselen (vandaar de term retardatiezone).



Figuur 1. Schematische weergave van enkele belangrijke begrippen bij de beschrijving en conceptuele modelvorming van een bodemverontreiniging met VOCI's

2.2.1.2

Bepaling van de retentiecapaciteit van de bodem

Zoals reeds aangegeven in de begrippenlijst komt de retentiecapaciteit overeen met het gehalte aan puur product dat een bodem kan immobiliseren door adsorptie in de bodemporiën.

Op vrij eenvoudige wijze kan voor bodemstalen uit de verzadigde zone (onder het grondwaterniveau) nagegaan worden of de gemeten concentratie voor PER in het vaste deel van de bodem overeenstemt met de gemeten concentratie voor PER in het grondwater.

In de pluimzone (retardatiezone) is er bij evenwicht immers een evenredig verband tussen de concentratie in het vaste deel van de bodem (door adsorptie) en de concentratie in het grondwater. De mate waarin de VOCl's adsorberen aan de vaste bodemfase laat zich uitdrukken door middel van een distributiecoëfficiënt K_d . Deze is te berekenen uit de K_{oc} (distributiecoëfficiënt gecorrigeerd voor organische stof gehalte) die zelf bij benadering recht evenredig is met de K_{ow} (octanol-water partiticoëfficiënt of mate van hydrofobiciteit).

Retentiecapaciteit van de bodem		eenheid
$K_d = [PCE_{grond}]/[PCE_{grondwater}]$		L/kg
$K_d = f_{oc} \cdot K_{oc}$		
$f_{oc} = 0,0058 \cdot OS (\%)$		
$K_{oc} = 0,411 \cdot K_{ow}$		
organische stof gehalte (%)	2,5	
f_{oc}	0,0145	
Log K_d	1,17	L/kg
Gemeten concentratie PER in grondwater	1250	µg/l
Gemeten concentratie PER in vaste deel van de bodem	63	Mg/kg
Retentiecapaciteit	18,71	Mg/kg
Vermoeden puur product (DNAPL)	Ja	

CAS nr.	Verbinding	S ⁽¹⁾ (mg/l)	Log Kow ⁽²⁾	Vp ⁽³⁾ (mmHg)	H ⁽⁴⁾ (atm m³/mol)
25323-30-2	Cis-dichlooretheen (cDCE)	1810	2,12	633,7	0,0319
127-18-4	Tetrachlooretheen (PER)	200	3,40	18,5	0,0177
79-01-6	Trichlooretheen (TRI)	1100	2,42	69	0,00985
75-01-4	Vinylchloride (VC)	8800	1,62	2976	0,0278

(1) Oplosbaarheid in water

(2) Kow: octanol-water partiticoëfficiënt (mate van hydrofobiciteit)

(3) Dampdruk (mate waarin stof vanuit eigen vloeistof verdampt)

(4) Henry-constante (mate waarin stof vanuit water verdampt)

Tabel 1. Enkele belangrijke stofkarakteristieken voor VOCl's

Vermits de mate van adsorptie in sterke mate gerelateerd is aan het gehalte aan organische stof zullen bijvoorbeeld in een veenlaag met gehalten aan organische stof van meer dan 20 % een concentratie aan PER van 100 mg/kg niet 'automatisch' de aanwezigheid van puur product (DNAPL) impliceren. In een zandige bodem met een gehalte aan organische stof van 1 % zal een dergelijke concentratie waarschijnlijk wél wijzen op aanwezigheid van puur product (DNAPL).

Deze relatief eenvoudige berekening is een bijkomend hulpmiddel om kernzone(s) in kaart te brengen. Indien de gemeten concentratie in het vaste deel van de aarde beduidend hoger is dan de berekende retentiecapaciteit van de bodem is naar alle waarschijnlijkheid vrij product aanwezig.

Om deze berekeningen correct uit te voeren is het belangrijk om een voldoende aantal representatieve metingen van het gehalte aan organische stof voorhanden te hebben.

Een bijkomende vuistregel is dat puur product in de bodem aanwezig kan zijn indien in peilbuizen concentraties worden vastgesteld die hoger zijn dan 1 % van de theoretische oplosbaarheid. Deze regel moet met de nodige omzichtigheid benaderd worden en dit betekent niet dat zones met puur product afgebakend kunnen worden door middel van peilbuizen.

Afhankelijk van de aanwezigheid van andere organische verbindingen in het grondwater kan de oplosbaarheid van VOCI's plaatselijk sterk afwijken van de oplosbaarheid in zuiver water. In geval van mengsels van VOCI's dient tevens vermeld te worden dat de oplosbaarheid van een verbinding afhangt van de molaire fractie van de betreffende stof in het mengsel (Wet van Raoult). In geval een DNAPL bijvoorbeeld bestaat uit 50% PER en 50% TRI, zal de wateroplosbaarheid van de PER slechts 50% bedragen van de oplosbaarheid van louter PER alleen.

Indien grote hoeveelheden aan VOCI's zijn vrijgekomen en zijn uitgezakt tot op een kleilaag zal dit puur product volgens de helling van de kleilaag migreren. Afhankelijk van de helling en de grondwaterstromingsrichting kan dit zelfs stroomopwaarts zijn.

In de meeste gevallen is het transportgedrag van VOCI's moeilijk voorspelbaar. Standaard grondwaterstromings- en transportmodellen als Modflow/MT3D zijn in regel niet geschikt om het gedrag van puur product te berekenen: deze programma's kennen slechts vloeistof met één specifiek gewicht.

Ze kunnen wel van pas komen in situaties waarbij enkel een pluimzone voorkomt (geen kernzone), of wanneer men het verspreidingsgedrag van de pluim afzonderlijk wenst te benaderen (invoer continue bron).

2.2.1.3

Bepaling van de vuilvracht aan VOCI's in de bodem

Voordat men aan eender welke saneringstechniek kan denken, is het essentieel een zo betrouwbaar mogelijke raming te maken van de aanwezige vuilvracht in de bodem (aantal kg VOCI's aanwezig in de bodem). Om deze te bepalen volstaat het niet om enkel de grondwatersituatie (omvang pluim en grondwaterconcentraties) te kennen, maar moet ook de hoeveelheid puur product die aanwezig is onder de vorm van residueel puur product, vrij product (zaklaag) en de hoeveelheid aan de bodemdeeltjes geadsorbeerde verontreiniging die in deze zone aanwezig is bepaald worden.

Om de hoeveelheid puur product te kunnen inschatten is het noodzakelijk de kernzone van de verontreiniging voldoende in kaart gebracht te hebben. De aan de bodemdeeltjes geadsorbeerde verontreiniging kan worden ingeschat door kennis van het gehalte aan organische stof in de grondwaterpluim. Via de Koc waarden voor de verschillende pollutanten kan dan worden berekend welk percentage van de vuilvracht in de grondwaterpluim geadsorbeerd voorkomt en welk percentage in oplossing.

Volgend rekenvoorbeeld is een illustratie van een vuilvrachtberekening.

Residueel product (som VOCl's) (vuilvracht in kernzone):					
oppervlakte kernzone	150	m ²	bodemvolume:	600	m ³
gemiddelde dikte	4	m	bodemgewicht:	1020	Ton
kernzone:					
Bulkdensiteit bodem:	1,7	kg/l			
Gemiddelde concentratie VOCl's in grond (steekbusmonsters):				65	mg/kg
Vuilvracht in kernzone:				66,3	Kg
<i>(a) opgelost in grondwater</i>					
Oppervlakte pluimzone	750	m ²	bodemvolume:	3750	m ³
gemiddelde dikte	5	m	grondwatervolume:	1312,5	m ³
pluimzone:					
totale porositeit bodem:	35	%			
gemiddelde concentratie VOCl's in grondwater (peilbuizen):				800	µg/l
vuilvracht opgelost in pluimzone:				1,1	Kg
<i>(b) geadsorbeerd aan bodemfase</i>					
organische stof gehalte (% OS)				1	
foc				0,0058	
Log Kd				0,78	
Kd				5,99	L/kg
vuilvracht geadsorbeerd in pluimzone				30,5	Kg
Vuilvracht in pluimzone:				31,6	Kg
TOTALE VUILVRACHT				97,9	Kg

Zoals uit dit voorbeeld blijkt wordt de vuilvracht sterk onderschat indien enkel de grondwaterpluim met daarin opgeloste VOCl's in rekening gebracht wordt. Het is dus van belang om niet enkel aandacht te besteden aan de afbakening van de grondwaterverontreinigingspluim door middel van peilbuizen. De afbakening van de kernzone is vanuit saneringstechnisch oogpunt doorgaans veel belangrijker.

2.2.2 Niet-gechloreerde solventen

Zoals reeds aangegeven werden in het verleden solventen bestaande uit mengsels van verschillende koolwaterstoffen gebruikt tijdens het droogkuisproces. De meest bekende zijn white spirit, terpentine en wasbenzine.

White spirit is een mengsel van verzadigde alifatische en alicyclische koolwaterstoffen (C₇-C₁₂) met een maximum gehalte van 25% aan aromatische koolwaterstoffen (C₇-C₁₂). Het wordt gebruikt als verdunner of oplosmiddel in verf of vernis; als ontvetter en als oplosmiddel.

Wasbenzine is een mengsel van verzadigde koolwaterstoffen (C₅-C₁₅). Wasbenzine wordt ook gebruikt als verdunner en voornamelijk in het (verre) verleden als reinigingsmiddel. Daarnaast wordt het ook gebruikt als aanstekerbenzine.

Terpentine bestaat uit een mengsel van nafta en een aantal aromatische koolwaterstoffen (C₇-C₁₂). Het wordt gebruikt voor het verdunnen van verf, het verwijderen van verfresten, het schoonmaken van verfborstels en als ontvetter.

Deze solventen zijn kleurloze, heldere en niet-visceuze vloeistoffen met een typische geur en een soortelijk gewicht kleiner dan één. Voorts hebben ze een geringe tot zeer geringe wateroplosbaarheid. Omwille van hun soortelijk gewicht wordt puur product dan ook LNAPL (Light Nonaqueous Phase Liquid) genoemd. Indien dit puur product mobiel is, worden drijflogen gevormd. Globaal is hun gedrag dus te vergelijken met dat van minerale olie.

2.3 Overige verdachte stoffen

In principe kan elke mogelijke bodemverontreiniging ontstaan zijn, doch de praktijk wijst uit dat buiten verontreiniging met gechloreerde solventen en niet-gechloreerde solventen voornamelijk nog verontreinigingen met stookolie of huisbrandolie kunnen aangetroffen worden. Stookolie of huisbrandolie wordt immers gebruikt als brandstof voor de aanmaak van stoom.

In geval nog andere mogelijke verontreinigingsbronnen aanwezig zijn, of in geval van betwistingen, kan overwogen worden om bijkomende parameters te analyseren. Dit moet door de bodemsaneringsdeskundige nader gemotiveerd worden.

2.4 Overzicht te analyseren parameters

Op basis van de voorgaande paragrafen kunnen onderstaande verdachte stoffen weerhouden worden als te analyseren parameters.

Te analyseren parameters	Droogkuis met VOC's	Huisbrandolie	Droogkuis met niet – gechloreerde solventen
VASTE DEEL VAN DE AARDE			
Minerale olie GC, C10-C40 (inclusief chromatogram)		x	x
BTEX		(x)	x
GC,C6-C12 (inclusief chromatogram)			x
VOC's (Vlarebo inclusief vinylchloride)	x		

Te analyseren parameters	Droogkuis met VOC's	Huisbrandolie	Droogkuis met andere solventen
GRONDWATER			
Minerale olie GC, C10-C40 (inclusief chromatogram)		x	x
BTEX		(x)	x
GC,C6-C12 (inclusief chromatogram)			x
VOC's (Vlarebo inclusief vinylchloride)	x		

x te analyseren parameters

(x) de bodemsaneringsdeskundige dient de relevantie van deze parameters na te gaan

3 Veldwerkzaamheden

3.1 Algemene richtlijnen

Veldwerkzaamheden moeten uitgevoerd worden conform de bestaande codes van goede praktijk. Tevens wordt verwezen naar het Compendium voor Monsternamen en analyse (CMA).

Vóór het uitvoeren van het veldwerk neemt de bodemsaneringsdeskundige contact op met de verantwoordelijke op het onderzoeksterrein (eigenaar, exploitant,...). Met hem worden de praktische afspraken gemaakt voor het veldwerk.

Indien nodig omwille van de locatiespecifieke omstandigheden is bij het uitvoeren van het veldwerk de projectleider op het terrein aanwezig.

Na het uitvoeren van het veldwerk, wordt de onderzochte zone in de mate van het mogelijke in de oorspronkelijke staat gebracht. Steeds wordt het terrein in een ordelijke staat achtergelaten.

3.2 Bodemstaalname

3.2.1 Uitzetten van de boringen

Vóór het uitzetten van de boringen moet de ligging van de leidingen zowel visueel als met een kabeldetector (met zender voor detectie van metalen leidingen) nagegaan worden. Indien nodig moeten liggingsplannen van de nutsleidingen geconsulteerd worden.

Indien blijkt dat significant afgeweken moet worden van het boorplan waardoor bijvoorbeeld de afperking niet volledig gerealiseerd kan worden, wordt overleg gepleegd met VLABOTEX vzw. Voor de start van het veldwerk moeten de nodige maatregelen genomen worden om de veiligheid voor alle betrokken (uitvoerders, gebruikers van het terrein) te verzekeren.

Indien veldwerkzaamheden uitgevoerd worden op het openbaar domein staat de bodemsaneringsdeskundige in voor het verkrijgen van de nodige vergunningen en de plannen met de ligging van de nutsleidingen. Gegevens betreffende de ligging van nutsleidingen kunnen bijvoorbeeld opgevraagd worden via volgende website: www.klim-cicc.be.

Indien de boring uitgevoerd wordt in een verharding (beton, klinkers, asfalt) moet eerst een kernboring uitgevoerd worden.

Indien de boring wordt uitgevoerd in een klinkerverharding en deze boring niet wordt afgewerkt tot peilbuis, kunnen de klinkers worden uitgebroken op voorwaarde dat verzekerd kan worden dat deze ordelijk teruggeplaatst worden. Indien de boring wel wordt afgewerkt tot peilbuis kan gebruikt gemaakt worden van een klinkerstraatpot.

Bij het uitvoeren van machinale boringen wordt - na de eventuele kernboring - steeds manueel voorgeboord met minstens een zelfde diameter als de uit te voeren mechanische boring tot een diepte van minimum 1,2 m-mv.

De afwerking dient op een dusdanige manier te gebeuren dat de afgewerkte boring of peilbuis geen hinder vormt voor de activiteiten op het terrein.

Indien afsluitende (klei)lagen doorboord worden, moeten er steeds voer- of steunbuizen (casing) gebruikt worden. Hetzelfde geldt indien puur product (zaklaag) doorboord wordt.

Ter hoogte van kleilagen en slecht doorlatende lagen moet steeds een kleistop in het boorgat worden aangebracht. Dit dient eveneens te gebeuren na plaatsing van een peilbuis.

Indien vereist door de verontreinigingssituatie of de bodemopbouw moet het boorgat volledig opgevuld worden met zwelklei. In ieder geval moet verdere verspreiding van de verontreiniging door een onoordeelkundige heraanvulling vermeden worden.

Indien geen peilbuis geplaatst wordt in het boorgat en het bodemmateriaal zintuiglijk niet verontreinigd is, kan de opgeboorde grond volgens de overeenstemmende gelaagdheid terug in het boorgat gestort worden.

Overtollige verontreinigde grond wordt door de bodemsaneringsdeskundige meegenomen en afgevoerd naar een verwerker. Op vraag van VLABOTEX vzw dient de bodemsaneringsdeskundige een bewijs voor te leggen van de verwerking van de grond. Indien toegestaan door diegene die de aanvraag heeft ingediend bij VLABOTEX vzw, kan overtollige niet-verontreinigde grond op het terrein achtergelaten worden op een door de opdrachtgever aangewezen plaats. De bodemsaneringsdeskundige staat in voor de kwaliteit van deze achtergelaten grond. Indien blijkt dat achtergelaten grond toch verontreinigd is, zijn de kosten voor afvoer, verwerking en eventuele bijkomende maatregelen ten laste van de bodemsaneringsdeskundige.

3.2.2 Uitvoeren van boringen

3.2.2.1 Edelmanboor

Het boorlichaam van de edelmanboor wordt door gelijktijdig duwen en draaien, in wijzerzin, in de grond gebracht. De schroefachtige punt dringt in de bodem waarna het bodemonster tussen twee verticale schoepen wordt verzameld en vastgehouden. De vorm en de afmetingen van de schoepen variëren naargelang de bodemsoort.

Omwille van de hoge vluchtigheid van VOCl's is een boring uitgevoerd met een Edelmanboor niet geschikt om representatieve bodemonsters te bekomen voor een analyse op VOCl's. Het nemen van een ongeroerd monster is immers onmogelijk. In combinatie met een snelle screeningsmethode kan een Edelmanboring wel gebruikt worden om indicatief een idee te krijgen van de meest verontreinigde bodemzones en de driedimensionele omvang van de verontreiniging. Op die manier kan het aantal te analyseren steekbusmonsters beperkt worden.

3.2.2.2 Steekboor

Een steekboor is een systeem om een (stalen) steekbus in de grond te brengen waarmee een ongeroerd grondmonster kan worden genomen. Steekboren worden de grond ingeduwd of geslagen, waarbij de sequentie van de bodemlagen minimaal wordt verstoord en de chemische eigenschappen worden behouden. Na het bovenhalen worden de bussen onmiddellijk afgesloten, waardoor nauwelijks vervluchtiging kan optreden. Dergelijke steekboormonsters zijn daarom geschikt voor VOCl-analyses.

Daarnaast kunnen grondstalen, afkomstig uit liners, mits een snelle conservering met methanol in een glazen flesje dat vervolgens hermetisch wordt gesloten met behulp van een teflon-butylrubberen septum dat op het flesje wordt aangebracht door middel van een crimp-cap systeem, ook gebruikt worden voor VOCl-analyses.

Voor de bepaling van grondmechanische eigenschappen zijn enkel de ingeduwde bussen bruikbaar.

Met behulp van ramgutsapparaten kunnen steekboringen handmatig worden uitgevoerd. De maximaal bereikbare diepte voor de handmatige toepassing is beperkt tot ongeveer 7 m-mv.

Bij de mechanische boringen wordt de boor bevestigd aan ramstangen en wordt de boor in de grond gedreven door middel van een slaghamer die hydraulisch of met een andere motor wordt aangedreven (al of niet op een boorwagen gemonteerd). Hierbij wordt door middel van verlengstangen de gewenste diepte bereikt. Op regelmatige dieptes moet de boor uit de grond getrokken worden, ook dit gebeurt mechanisch of hydraulisch.

Bij toepassing van machinale boringen bevindt zich bij de meeste op de markt verkrijgbare apparaten een 'liner' in een metalen steekbus waarin het steekmonster genomen wordt. Een dergelijke liner is meestal een buis bestaande uit kunststof die in de steekbus aangebracht wordt. Na de staalname kan deze afgesloten worden met stoppen en dan naar het labo getransporteerd worden. De methode laat toe om minimaal geroerde monsters te nemen. Ook in de verzadigde zone kunnen, met dit soort apparaten grondmonsters genomen worden door gebruik van aangepaste systemen. Een belangrijk voordeel van het gebruik van kunststof liners, is dat de bodemopbouw en -gelaagdheid gemakkelijk en nauwkeurig kan worden nagegaan. De hulzen zijn immers transparant en de bodemgelaagdheid kan zo direct worden waargenomen. Daarnaast kunnen de hulzen ook overlans worden opengesneden voor meer nauwkeurige inspectie en staalnames.

De toepassing vanaf een boorwagen kan, afhankelijk van de geologische opbouw, tot op een diepte van ongeveer 30 m uitgevoerd worden.

Indien steekmonsters genomen worden waarbij de terugval in het boorgat beperkt blijft, bijvoorbeeld door gebruik te maken van voer- of steunbuizen (casing), kan in het boorgat ook een peilbuis geplaatst worden.

3.2.2.3 Holle avegaarboor

Dit is een spiraalboor met een holle binnenbuis. De holle binnenbuis is onderaan afgesloten met een vergrendelbare punt. Met behulp van een aangepast vangmechanisme, opgehangen aan een kabel, kan de vergrendelbare punt opgehaald worden. Op de gewenste diepte kan dan een monster genomen te worden met behulp van een steekbus.

Met de holle avegaarboor kunnen ook peilbuizen worden geplaatst. Bij het gebruik van spiraalboren in het algemeen kan echter de bodemopbouw moeilijk worden beoordeeld. Tevens moet men rekening houden met het optreden van versmering. Deze boormethode is daarom niet geschikt voor toepassing in kernzones.

3.2.3 Monstername grond en analyses

De methode van monstername dient aangepast te zijn aan de op basis van de voorstudie verwachte verontreiniging. Bij analyses op VOS moeten steeds ongeroerde (steekbus)monsters genomen worden van het vaste deel van de aarde.

Het materiaal voor de monstername wordt door de bodemsaneringsdeskundige voorzien. Met betrekking tot de staalhoeveelheden en conservering wordt verwezen naar het CMA. In geval van twijfel vraagt de bodemsaneringsdeskundige advies hieromtrent bij het laboratorium waar de analyses uitgevoerd worden.

De chemische analyses dienen te gebeuren in een door de OVAM erkend laboratorium. De coördinatie met het laboratorium en de aanlevering van de monsters gebeurt door de bodemsaneringsdeskundige. Analyses op mengmonsters zijn niet toegelaten in het kader van beschrijvende bodemonderzoeken.

3.3 Grondwaterstaalname

3.3.1 Plaatsing van peilbuizen

Als de aanwezigheid van een grondwaterverontreiniging niet kan worden uitgesloten moet ter hoogte van de kern in het vaste deel van de aarde altijd een peilbuis geplaatst worden. De filter wordt geplaatst op een diepte waarop via de zogenaamde snelle screenings-methodes (zie verder) de hoogste concentraties werden vastgesteld.

Een snijdende peilbuis is minder geschikt voor VOCl-bemonstering omdat het risico van beluchting en uitdamping groter is. Bijgevolg moet gebruik gemaakt worden van peilbuizen waarvan de filter volledig in de verzadigde zone gelegen is. De diepte en de lengte van de filter worden bepaald door de bodemopbouw en de dieptes waar de hoogste concentraties worden vastgesteld. De lengte van de filter varieert tussen 1 en meerdere meters. In het geval peilbuizen in volledig afgesloten watervoerende lagen geplaatst worden is een afstand van 1 m tussen de bovenkant van de filter en het "dak" van de watervoerende laag noodzakelijk. Peilbuizen voorzien van een filter die snijdend met de grondwatertafel is geplaatst mogen enkel gebruikt worden als de grondwatertoevoer voldoende is.

Indien geplaatste peilbuizen ook eventueel als pompput zullen worden gebruikt, moet de filter eveneens een voldoende diameter bezitten en diep genoeg geplaatst zijn om droogvallen te vermijden.

Peilbuizen die ter hoogte van een verharding worden geplaatst moeten op het niveau van de verharding voorzien worden van een vloeistofdichte straatpot. Deze straatpot moet aangepast zijn aan de te verwachten belasting (verkeer, stockage, ...).

De peilbuizen worden na plaatsing onmiddellijk schoongespoeld tot helder water wordt opgepompt. Voor de afpompings wordt steeds gebruik gemaakt van een zuivere pomp die telkens wordt voorzien van een nieuwe slang.

Indien het bodemmateriaal op basis van de snelle screeningsmethodes (zie verder) niet verontreinigd lijkt te zijn, is het toegestaan de ruimte boven de bentonietstop op te vullen met het - tijdens de plaatsing van de peilbuis - opgeboorde materiaal. Indien vereist door de verontreinigingssituatie of de bodemopbouw moet kleistoppen voorzien worden met behulp van zwelklei. In elk geval moet verdere verspreiding van de verontreiniging door een onoordeelkundige heraanvulling vermeden worden.

De peilbuizen worden voorzien van een (onuitwisbare) eenduidige code, voorts wordt de filterlengte en -diepte en de datum van plaatsing vermeld.

3.3.2 Waterpassing en inmeting

De geplaatste peilbuizen worden gewaterpast ten opzichte van een lokaal referentiepunt. Indien er zich op het terrein reeds bestaande peilbuizen bevinden, moeten deze mee opgenomen worden in de waterpassing. De waterpassing moet uitgevoerd worden op de bovenkant van de peilbuis (zonder afsluitdop). In geval van nabij oppervlaktewater, wordt bij voorkeur de waterstand daarvan eveneens ingemeten ten opzichte van het referentiepunt.

Van elke boring of peilbuis worden de Lambertcoördinaten bepaald.

3.3.3 Staalname grondwater

De waterstaalname gebeurt minstens één week na de plaatsing van de peilbuis. De staalnames gebeuren standaard met een peristaltische slangenpomp (met laag debiet). Indien het grondwater zich op grote dieptes bevindt, wordt gebruik gemaakt van de (eventueel mechanische) pulsknikker of dompelpompjes. Het gebruik van een benzinepomp is toegestaan voor het schoonpompen, maar niet voor de watermonstername. Het gebruik van andere pompen moet gemotiveerd worden. Om kruiscontaminatie te vermijden wordt steeds een zuivere pomp en een nieuwe darm gebruikt bij elke bemonstering.

Naast vaste peilbuizen, kunnen ook 'tijdelijke peilbuizen' worden gebruikt voor grondwaterstaalname. Voor meer informatie wordt verwezen naar het CMA.

Het grondwater wordt bemonsterd nadat de peilbuis opnieuw werd schoongepompt, en nadat, indien mogelijk, een constante Ec, pH en T worden vastgesteld. Deze parameters worden gemeten in het veld met behulp van een gesloten kring (doorstroomcel). De gemeten parameters worden opgenomen in de tabel met de analyseresultaten.

Bij monstername voor VOCl-analyse moet men al het nodige doen om vervluchtiging te vermijden. Verlies van vluchtige componenten ten gevolge van uitdamping gebeurt reeds in de monsternamedarm. De mate van vervluchtiging hangt af van de aangelegde onderdruk en van de vluchtigheid (Henry-coëfficiënt) van de betrokken componenten. Bij diepe grondwaterstanden nemen verdampingsverliezen sterk toe. De meest vluchtige componenten, zoals vinylchloride, worden dan grotendeels verloren. In geval van diepe grondwaterstanden moeten aangepaste staalnameprocedures gebruikt worden (bijvoorbeeld dompelpomp of diffusieve samplers,...).

Peilbuis materiaal kan, bij langdurig contact met VOCl's (met name in zones met hoge gehalten), aangetast worden door de VOCl's en de VOCl's absorberen (en later weer afgeven bij dalende gehalten rondom de peilbuis). Dit kan aanleiding geven tot verkeerde analyseresultaten en conclusies, bijvoorbeeld bij de beslissing of een grondwatersanering al dan niet kan beëindigd worden. Bij twijfel kan een nieuwe peilbuis hieromtrent duidelijkheid verschaffen.

Bij aanwezigheid van puur product in de peilbuis is het nemen van grondwatermonsters niet van toepassing. Dergelijke grondwatermonsters kunnen immers niet worden gebruikt voor bepaling van de grondwaterkwaliteit. Wel kan een monster van het puur product genomen worden voor analyse. De opmeting van de dikte van de zaklaag kan eveneens gebeuren door middel van een specifieke sonde. Vermits de producten die zinklagen vormen een dichtheid hebben die groter is dan deze van water is het niet mogelijk om een omrekening uit te voeren ter bepaling van de "dikte" van de zaklaag in de watervoerende laag.

3.4 Sudan Rood of Olie Rood test

Puur product kan ook on-site aangetoond worden door gebruik te maken van "Sudan Rood" of Olie Rood, dit zijn hydrofobe kleurstoffen die helderrood kleuren bij aanwezigheid van pure VOCl-vloeistof.

3.5 Snelle screeningsmethodes

Snelle screeningsmethodes hebben tot doel om op een gerichte en kostenefficiënte wijze de omvang (isoconcentratielijnen) van de kernzone en de plaatsen voor steekbusmonsternames te helpen bepalen. Deze methodes hebben immers tot doel om een kwalitatieve indicatie te geven van de verontreinigingsgraad op de betreffende meetplaats.

3.5.1 ‘Zakjes’-methode

Tijdens of direct na de uitvoering van de (edelman)boring wordt een bodemonster in een kunststof (boterham)zakje of een glazen potje gebracht. Na sluiting met luchtinclusie en enige tijd schudden wordt door middel van een meting van de luchtfase met een PID-meter en/of Dräger een indicatie bekomen van de aanwezigheid van VOCI's in het monster.

3.5.2 Screening van ‘liners’

Liners bekomen door een machinale boring worden overlangs opengesneden. Daarna kan door middel van de ‘zakjes’-methode of een snelle screening met een PID-meter de meest verdachte bodemlaag worden bepaald. Tegelijkertijd wordt de bodemopbouw nauwkeurig onderzocht en genoteerd.

3.5.3 Bodemluchtmetingen

Bodemluchtmetingen zijn niet enkel nuttig in het kader van risico-evaluaties, maar ook zeer geschikt om de kernzone in de onverzadigde bodemzone te helpen afbakenen.

Meerdere werkwijzen zijn hiervoor geschikt:

sondering met ‘verloren punt’. Hierbij wordt mechanisch een stalen buis met een losse punt in de grond gedreven. Bij het bereiken van de gewenste diepte, wordt de buis iets opgetrokken, waarbij de punt vrijkomt. Met behulp van een pomp kan uit de buis een luchtmonster worden genomen. Dit kan analytisch worden onderzocht op VOCI's (actief kool staafje), of kwalitatief (PID-meter en/of Dräger).

Passieve bodemluchtsamplers worden rastergewijs aangebracht in de onverzadigde zone. Telkens wordt een gat geboord waarin een sampler wordt aangebracht waarna het gat luchtdicht wordt afgesloten. Na een bepaalde periode (afhankelijk van type passieve sampler) worden de samplers opgehaald en geanalyseerd op VOCI's.

Handboormethode: met een Edelmanboor wordt geboord tot de gewenste diepte (onverzadigde bodem), waarna het boordeel wordt vervangen door een specifiek cilindrisch koppelstuk met een nippel, voorzien van een bemonsteringsslang. Dit wordt in het boorgat aangebracht, waarna een indruk kan worden verkregen van de verontreinigingsgraad van de lucht in het boorgat door bemonstering met een slangenpomp en meting met een PID-meter en/of Dräger.

Voor meer uitvoeringsdetails wordt verwezen naar paragraaf 3.8.

3.6 MIP (membrane interface probe)

Een sonde, voorzien van een poreus membraan, wordt door middel van een sondeertoestel statisch in de grond geduwd. Een verhittingselement, verwarmt de omringende grond en/of het grondwater tot maximaal 120°C.

De vluchtige componenten van de verontreiniging diffunderen doorheen het membraan en worden vervolgens opgenomen in een gasstroom. Het inert dragergas brengt de vluchtige stoffen naar een reeks detectoren. Sommige meer geavanceerde toestellen zijn voorzien van een gaschromatograaf, die een kwantitatieve analyse van de individuele VOCI's in de gasstroom mogelijk maken. Meestal is dit niet het geval en zijn de resultaten semi-kwantitatief en kwalitatief tot op groepsniveau. Een standaard MIP-toestel beschikt over een FID-, PID- en DELCD-detector. Voor VOCI's is met name deze laatste detector van belang. Deze is immers specifiek voor gechloreerde solventen.

Softwarematig worden de elektrische signalen van de detectoren in real time gevisualiseerd in functie van de diepte. Het systeem verschaft gelijktijdig informatie over de conductiviteit van de bodem, de temperatuurvariaties in de sonde en de sondeersnelheid. De combinatie van deze geochemische en geofysische informatie geeft ons onmiddellijk een ruimtelijk beeld van de verontreinigingssituatie in relatie met de bodemopbouw.

Zoals reeds gezegd zijn de resultaten semi-kwantitatief en kwalitatief tot op groepsniveau. De gegevens zijn relatief snel beschikbaar, Interpretatie op het veld en onmiddellijke bijsturing van het onderzoek is in principe mogelijk. Het systeem werkt zowel in de onverzadigde (grond), als in de verzadigde zone (grondwater). De influx van al deze verschillende parameters samen, zorgen voor een veel nauwkeurigere inschatting van de verontreinigingsituatie.

Op basis van MIP-resultaten kunnen met behulp van andere grond- en grondwaterbemonsteringstechnieken op een gerichte wijze monsters genomen worden.

Aandachtspunten

Er kan strikt genomen geen onderscheid gemaakt worden tussen puur product en hoge grondwaterconcentraties. Bijgevolg is het gebruik van MIP's minder geschikt om de kernzone af te bakenen.

De detectielimiet in het grondwater ligt in de orde van grootte van 100 µg/l;

Bij toepassing in kernzones moet men er de nodige aandacht aan schenken om geen verspreiding van puur product te veroorzaken.

3.7 Binnenluchtbemonstering

Binnenluchtmetingen moeten uitgevoerd worden volgens de 'Code van goede praktijk Binnenluchtkwaliteit deel 2 : bespreking van meetmethoden'. Deze code van goede praktijk is terug te vinden op de OVAM website.

De aanpak voor het uitvoeren van binnenluchtmetingen wordt gegeven in het volgende OVAM document: "Vervolgonderzoek uitdamping en bodemverontreiniging. Deel 3: Code van goede praktijk voor bepaling van binnenluchtkwaliteit bij bodemverontreiniging"

Hieronder worden enkele aandachtspunten besproken voor onderzoek in opdracht van VLABOTEX vzw.

Methodes voor binnenluchtmetingen zijn reeds door een aantal internationale instanties gedefinieerd voor metingen op de werkplek. Deze metingen kunnen onderverdeeld worden in actieve en passieve binnenluchtmetingen. De doelstelling van het onderzoek is mede bepalend voor de keuze van een actieve (actief kool pompmethode) of passieve (diffusiebadges) bemonstering.

Aandachtspunten

Er moet de nodige aandacht besteed worden aan de bron van de eventueel verhoogde concentraties. Hierbij wordt in eerste instantie gedacht aan een droogkuis in exploitatie. Soms worden immers bij een normale exploitatie van de droogkuis reeds verhoogde waarden vastgesteld.

In bepaalde gevallen is het belangrijk om eerst de emissiekenmerken en ruimten met verhoogde emissie of immissie op een kwalitatieve of semi-kwantitatieve manier te evalueren door bijvoorbeeld FID- of PID-metingen uit te voeren om vervolgens een aangepaste meetstrategie uit te kunnen werken.

Omwille van de permanente uitwisseling tussen binnenlucht en buitenlucht door infiltratie- en ventilatieprocessen, is het eveneens belangrijk de binnenluchtmetingen aan te vullen met een buitenluchtmeting op hetzelfde tijdstip.

De buitenluchtmetingen moeten uitgevoerd worden in de nabijheid van het gebouw, maar niet dichterbij dan 1 meter (zone met te weinig turbulentie). Belangrijk hierbij is de windrichting, de windsnelheid en de buitentemperatuur op het tijdstip van monsternamen.

Bij het selecteren van de monsternamenplaatsen moeten volgende locaties gemedend worden:

- Plaatsen in het zonlicht;
- Plaatsen met merkbare tocht;
- Plaatsen met ventilatiekanalen;
- Plaatsen die direct worden beïnvloed door bronnen van buitenaf;
- Plaatsen nabij buitenmuren;
- Monsternamenhoogtes lager dan 1 meter en hoger dan 2 meter leiden in vele gevallen tot irrelevante metingen;
- De keuze van de staalnameplaats is afhankelijk van de objectieven van de studie en het type verontreinigende stof;
- Bij passieve staalnames moeten hoeken en plaatsen met gelimiteerde luchtstromen vermeden worden.

Met volgende factoren moet onder meer rekening gehouden worden bij de keuze van de staalnameplaats:

- Plaatsen waar de mensen veel tijd doorbrengen (van belang om de blootstelling van de bewoners te kunnen bepalen);
- Andere bronnen van binnenluchtverontreiniging;
- Mogelijke invloed van ventilatie;
- Bronnen van vocht, koeling en warmte.

In de literatuur zijn een reeks normen betreffende binnenluchtmetingen beschikbaar. Deze zijn echter in de eerste plaats gericht naar het bemonsteren van lucht op de werkplek waarbij een korte monsternametijd voorzien wordt. Dergelijke methoden kunnen echter direct vertaald worden naar metingen in bewoonde ruimtes door het aanpassen van de monsternametijd.

Naargelang de doelstelling van het onderzoek en de aard van de componenten (carcinogeen of niet-carcinogeen) worden verschillende bemonsteringstijden en debieten gehanteerd.

Het gebruik van lange termijn diffusieve samplers geeft geen informatie over piekconcentraties. Anderzijds geven korte termijn metingen geen representatieve maat van de blootstelling van de bewoners.

In het kader van het onderzoek van een droogkuislocatie zal het eventuele risico vooral onderzocht worden aan de hand van de passieve meetmethode.

Belangrijke factoren bij het interpreteren van binnenluchtmetingen zijn vochtgehalte, temperatuur en ventilatie evenals de aanwezigheid van niet-bodem gerelateerde bronnen.

3.8 Bodemluchtbemonstering

Voor meer informatie wordt verwezen naar de 'Code van goede praktijk voor bemonstering van grond, grondwater, bodemvocht, bodemlucht en waterbodems'

Algemeen kunnen methoden voor bodemluchtbemonstering onderverdeeld worden in passieve en actieve bemonsteringen.

Een actieve meetmethode is gebaseerd op het onttrekken van een luchtstroom aan de bodem voor de bemonstering van bodemlucht met als resultaat een momentopname van de bodemlucht op een specifieke diepte.

Een actieve meetmethode zoals bodemluchtmetingen met verloren punt gecombineerd met een directe meetmethode (PID-meting) zijn voornamelijk toepasbaar bij eenmalige bemonsteringen of in het kader van afperking maar zijn minder geschikt voor opvolging in de tijd voor bijvoorbeeld het controleren van uitdamping in het kader van risicobeoordeling.

De directe beschikbaarheid van de resultaten is voornamelijk belangrijk voor het on-site aanpassen van strategieën. Dergelijke veldmethode laat toe op een snelle en eenvoudige manier de mate van verontreiniging en de contouren ervan vast te stellen, evenals de meest kritische plaatsen voor de mogelijke bedreiging van bepaalde objecten.

Actieve meetmethoden zijn bijzonder geschikt voor moeilijk vast te leggen verbindingen, zoals bijvoorbeeld vinylchloride. Vinylchloride adsorbeert immers slecht en diffundeert gemakkelijk door veel materialen.

Een passieve meetmethode (bijv. EMFLUX®, GORE SORBER®) is gebaseerd op diffusie en adsorptie met als resultaat een tijdsgemiddelde op een specifieke diepte.

Bij een passieve meetmethode wordt een bemonsteringsmodule (sorbent buisje) geïnstalleerd in een boorgat op bepaalde diepte, wat vervolgens afgedekt wordt om aanzuiging van buitenlucht te minimaliseren.

Na een bepaalde periode, variërend van een dag tot enkele dagen, wordt de bemonsteringsmodule met sorbent buisje verwijderd en na specifieke desorptie geanalyseerd.

Aandachtspunten

De toepasbaarheid van actieve en passieve bodemluchtmetingen op een bepaalde site is afhankelijk van de migratie van verontreinigende stoffen in de onverzadigde zone. Deze migratie wordt bepaald door een aantal parameters waaronder fysische en chemische eigenschappen, geologie van de site en biologische processen.

Bodemluchtmetingen worden voornamelijk uitgevoerd tenminste 50 cm boven grondwatervniveau om te vermijden dat grondwater in het bemonsteringsbuisje terechtkomt.

Voorts moet men rekening houden met de aanwezigheid van een meer turbulente en convectieve zone op een diepte kleiner dan 0,5 m-mv. In deze zone is het moeilijker om representatieve bodemluchtmetingen uit te voeren, tenzij er een verharding aanwezig is.

Om aanzuiging van de buitenlucht te minimaliseren wordt meestal een diepte van minimaal 50 cm onder maaiveld gehanteerd, waarbij de boring wordt afgedicht van de buitenlucht (met bijvoorbeeld bentoniet in het geval van bodemluchtfilters) om lekstromen te vermijden.

Afhankelijk van het bodemtype kunnen fluctuaties in aanzuigedebiet verwacht worden. Hierdoor zijn meetfouten niet uit te sluiten.

Indien de lokale bodemopbouw verstoord is door de aanwezigheid van puin is de kans groot dat via dit puin bodemlucht van een andere plaats in de bodem aangezogen wordt. Een dergelijke voorkeursstroming kan eveneens ontstaan wanneer de bodemopbouw heel variabel is, waardoor bij voorkeur uit de bodemlaag met grovere poriën lucht zal onttrokken worden.

Factoren zoals seizoensschommelingen en ruimtelijke verdeling (zoals staalnamediepte) evenals geologische factoren (ondoorlatende lagen, vochtigheid, permeabiliteit...) blijken een bepalende rol te spelen bij een representatieve bodemluchtmeting voor het gebruik als input in uitdampingsmodellen voor het voorspellen van risico's van uitdamping naar de binnenlucht.

De belangrijkste parameter is de permeabiliteit van de bodem, gerelateerd aan bodemtype en bodemvochtgehalte. Ook andere factoren zoals preferentiële routes, (hoge) humusgehalten en ondoorlatende lagen hebben een invloed op de bodemluchtmetingen.

Een actieve bodemluchtbemonstering is toepasbaar in bijna alle bodemtypes behalve weinig doorlaatbare bodems en bodems met een te hoog vochtgehalte.

De belangrijkste voorwaarden voor een efficiënte actieve bodemluchtbemonstering zijn:

- Verontreinigingscomponenten moeten een hoge dampdruk hebben ($> 0,5$ mm Hg) en een hoge Henrycoëfficiënt ($> 0,1$);
- Vochtgehalte in de bodem is best lager dan 80 % van het porievolume;
- Kleiige bodems zijn weinig geschikt;
- Eventuele afwezigheid van puin (vermijden van voorkeursstromingen waarheen lucht wordt onttrokken).

De actieve bemonsteringsmethode is enkel geschikt voor:

- Detecteerbare hoeveelheden vluchtige componenten;
- Relatief doorlatende bodems;
- Meestal gebruikt voor snelle screening van VOC's en BTEX in redelijk permeabele bodems;
- Niet geschikt voor detectie van semi-vluchtige componenten.

Passieve bemonsteringsmethoden kunnen algemeen in alle bodemtypes en condities toegepast worden. Weinig permeabele lagen en hoge vochtgehalten kunnen echter ook effect hebben op de kwantiteit van contaminanten die in contact komen met de bemonsteringsmodule en de kwantiteit van verontreinigende stoffen die geadsorbeerd worden. Passieve bemonstering is gevoeliger dan actieve bemonstering voor de detectie van verontreinigende stoffen onder condities van hoge vochtgehalten en lage permeabiliteit.

Voor passieve bemonsteringsmethodes geldt:

- Te gebruiken voor screening van vluchtige en semi-vluchtige componenten, afhankelijk van het gebruikte adsorbent en diffusiemembraan;
- Geschikt voor screening van minder vluchtige componenten (in tegenstelling tot de actieve bemonsteringsmethode);
- Equilibratietijd nodig van enkele dagen tot weken voor het instellen van evenwicht tussen bodemlucht en sorbent;
- Geschikt voor bodems met een slechtere doorlatendheid.

3.9 Veiligheid

Voor het starten met de uitvoering van het veldwerk moeten de nodige maatregelen genomen worden om de veiligheid van zowel de uitvoerders van het veldwerk, de gebruikers van het terrein en eventuele derden (buren, voorbijgangers) te verzekeren. Alle werkzaamheden dienen te gebeuren in overeenstemming met de welzijns- en veiligheidswetgeving (waaronder ARAB, AREI, CODEX, verkeersreglement).

4 Best beschikbare saneringstechnieken

In het onderstaande worden op beknopte wijze een aantal technieken beschreven die het meest relevant zijn voor de sanering van terreinen waarop een droogkuis wordt of werd uitgebaat. Een uitgebreide beschrijving van de technieken is onder meer te vinden op de OVAM website (www.ovam.be), onder de codes van goede praktijk terzake. Een andere relevante publicatie is “Studie betreffende de bodemsanering van stedelijke VOCl verontreinigingen”, eveneens beschikbaar op de OVAM website.

4.1 Ontgraving

Ontgraving is als ex-situ techniek de meest zekere en snelle methode om een verontreiniging in het vaste deel van de aarde te verwijderen. Bij ontgraving zal steeds worden getracht om de verontreiniging in de grond zo volledig mogelijk af te graven en dit rekening houdend met het BATNEEC-principe. Om in ‘den droge’ te kunnen ontgraven, is dikwijls een bemaling nodig waardoor alle verontreiniging in de onverzadigde zone komt te liggen. De lozingsvoorwaarden en de lozingsnormen dienen te beantwoorden aan de specifieke regelgeving.

De ontgraven verontreinigde bodem moet bij voorkeur off-site behandeld worden. Enkel in uitzonderlijke omstandigheden (geen woongebied, zeer grote hoeveelheden, geen vluchtige componenten) kan voor een on-site reiniging worden gopteerd.

Vaak zal door een ontgraving die vrij volledig is uitgevoerd, al dan niet in combinatie met een bemaling, ook de verontreinigingstoestand in het grondwater reeds sterk gereduceerd zijn. Hiertoe moet na de ontgraving, wanneer opnieuw een evenwichtssituatie in de bodem is bereikt, een monitoring van het grondwater uitgevoerd worden om de verontreinigingssituatie in het grondwater te controleren.

Indien er een kernzone werd aangetoond en deze ruimtelijk voldoende in beeld werd gebracht, geldt steeds dat een ontgraving van deze kernzone (indien technisch en financieel uitvoerbaar) als voorkeursvariant aanzien wordt. Er moet in het bodemsaneringsproject daarom voldoende aandacht besteed worden aan het onderzoek van de technische randvoorwaarden die gelden voor een ontgraving op een specifieke locatie. Indien een beperkte (gedeeltelijke) ontgraving van een kernzone (met stabiliteitsmaatregelen) een verwijdering van een belangrijk deel van de aanwezige vuilvracht tot stand kan brengen is deze (gedeeltelijke) ontgraving te overwegen. Hierbij moet de mogelijkheid worden nagegaan om de beperkte ontgraving of een ontgraving in een kleine ruimte via kleinere graafmachines en/of via bekistingstechnieken uit te voeren. Bijkomend moet nagegaan worden of een gehele of gedeeltelijke ontgraving mogelijk kan zijn binnen een periode van 10 jaar en dit bijvoorbeeld bij stopzetting van de exploitatie, herinrichting van het terrein,...

Bij ontgravingen binnen bebouwing dient extra aandacht te worden besteed aan veiligheid (stabieltechnisch, persoonlijke beschermingsmiddelen,...).

4.2 Bodemluchtexttractie

De meest toepasbare in-situ verwijderingstechniek, die algemeen kan overwogen worden op een droogkuislocatie is bodemluchtexttractie in de onverzadigde bodem. Een bodemluchtexttractie (ook ‘venting’ genoemd) wordt in het algemeen haalbaar geacht in een zandige ondergrond. In een kleiige ondergrond is de invloedsstraal van een bodemlucht-onttrekking beperkt.

Bij bodemluchtexttractie worden verticale of horizontale filters in de verontreinigde zone in het onverzadigde gedeelte van de bodem aangebracht, waarop met een groot debiet lucht wordt onttrokken. Hierbij gaan de vluchtige componenten van de verontreiniging (residueel puur product en geadsorbeerde verontreiniging) over in de dampfase waarna ze samen met de bodemlucht worden meegevoerd naar de onttrekkingsfilters. Horizontale drains kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden bij het onttrekken van bodemlucht onder gebouwen (plaatsing via horizontale boringen).

De onttrokken bodemlucht wordt over een luchtzuiveringsinstallatie geleid alvorens hij geloosd wordt in de omgevingslucht. Voor VOCI's wordt meestal gebruik gemaakt van luchtzijdig actief kool als luchtzuiveringstechniek.

In het geval dat verontreiniging zich onder het grondwaterniveau bevindt, kan hiervoor eveneens een bodemluchtexttractie worden toegepast, mits evenwel de grondwatertafel te verlagen via een gelijktijdige grondwateronttrekking (tweefasenextractie). De lozingsvoorwaarden en de lozingsnormen moeten beantwoorden aan de specifieke regelgeving terzake.

Bioventing is een variant van venting waarbij de bodemluchtexttractie voornamelijk bedoeld is om aërobe biologische afbraak van de verontreiniging in het onverzadigde gedeelte van de bodem te stimuleren. Dit is niet aangewezen voor hooggechloreerde VOCI's zoals PER en TRI, aangezien deze niet aëroob afbreekbaar zijn. Voor niet-gechloreerde solventen, oliecomponenten en ook vinylchloride kan bioventing wel relevant zijn.

Bij bodemluchtexttractie moet de opstelling van de bodemluchtexttractiefilters zodanig geconfigureerd worden dat er geen verontreinigde luchtstromen kunnen ontsnappen aan het extractiesysteem. Indien nodig moet een afdichtende folie of verharding aangebracht worden om te voorkomen dat omgevingslucht wordt aangezogen. Tevens kan het aangewezen zijn om discontinu te onttrekken, en aan variabele debieten van plaats tot plaats (PLC-sturing) om een meer efficiënte vuilvrachtverwijdering te realiseren en de kans op het ontstaan van voorkeursstroombanen te verminderen.

De haalbaarheid van een in-situ bodemluchtexttractie moet in detail geëvalueerd worden zodat de efficiëntie op voorhand zo goed mogelijk ingeschat kan worden. Op basis van een piloottest kan de toepasbaarheid van een bodemluchtonttrekking (al dan niet gecombineerd met een grondwaterverlaging) nader worden beoordeeld.

In functie van een grondwaterverlaging kan een pomptest onder meer bijkomende informatie verschaffen over de permeabiliteit van de bodem, de haalbare grondwaterverlaging, het benodigde onttrekkingsdebiet,... De piloottest geeft tevens inzicht in de te behalen invloedssfeer van de bodemluchtonttrekking op basis waarvan de dimensionering van het full-scale in-situ systeem nader kan gespecificeerd worden.

In het geval van een bioventing zal de haalbaarheid sterk afhankelijk zijn van biologische afbraakpotentie in de bodem. Hiervoor kunnen desgevallend labo- of veldtesten aangewezen zijn.

4.3 Meerfasenextractie

Bij een meerfasenextractie, ook hoogvacuümextractie genoemd, kan zowel bodemlucht, grondwater en vrij product worden onttrokken. Hierbij wordt een (hoog) vacuüm gecreëerd in verticale filters die gericht geplaatst worden in de meest verontreinigde bodemzones (kernzone). De gebruikte hoogvacuümpomp moet in staat zijn een groot volume lucht te verpompen bij een zo hoog mogelijke onderdruk.

Er wordt dan vooral bodemlucht en puur product indien in hoge mate aanwezig) onttrokken, samen met een zo minimaal mogelijke hoeveelheid grondwater. Op deze manier worden grote grondwaterverlagingen vermeden.

In het geval van de aanwezigheid van aëroob afbreekbare verbindingen, heeft de techniek als bijkomend voordeel dat de bodem wordt belucht, wat resulteert in een verbetering van de condities voor biodegradatie. Zoals reeds eerder vermeld is dit niet van toepassing op hooggechloreerde verbindingen (PER, TRI).

Hoogvacuümextractie is vooral geschikt voor matig doorlaatbare bodems (bijvoorbeeld fijn zand, lemig zand). In (zeer) doorlaatbare bodems kan onvoldoende onderdruk worden gecreëerd, en is de meerwaarde van de inzet van een hoogvacuümpomp beperkt. In dit geval is immers de 'gewone' bodemluchtextractie of tweefasenextractie aangewezen.

De dimensionering van een in-situ sanering met hoogvacuümextractie omvat met name de keuze van het aantal filters in functie van de oppervlakte en de benodigde capaciteit van de zuiveringsinstallatie. Dit is uiteraard afhankelijk van het bodemtype en de -opbouw, de aanwezige vuilvracht,... Deze dimensionering moet gemotiveerd uitgewerkt worden in het bodemsaneringsproject.

Eventueel afzonderlijk opgepompt puur product (indien afscheidbaar van opgepompt water) kan eventueel worden opgevangen in een buffervat voor afvoer naar een erkend verwerker. Doorgaans bevat de opgepompte bodemlucht echter de grootste vuilvracht; deze wordt naar een luchtzuiveringsinstallatie geleid voor zuivering (doorgaans luchtzijdig actief kool). Het opgepompte grondwater wordt gezuiverd met een aan de verwachte hoeveelheden aangepaste grondwaterzuiveringsinstallatie.

De haalbaarheid van meerfasenextractie moet in detail geëvalueerd worden zodat de resultaatgarantie op voorhand maximaal kan aangetoond worden. Op basis van een piloottest kan de toepasbaarheid van meerfasenextractie nader worden beoordeeld.

Meerfasenextractie maakt gebruik van vrij krachtige pompen die niet op gewone netspanning werken. Een ander aandachtspunt is mogelijke geluidsoverlast van de pomp.

Meerfasenextractie is echter, indien toepasbaar en goed uitgevoerd, een zeer geschikt in-situ systeem voor VOCI-kernbehandeling.

4.4 Persluchtinjectie

Persluchtinjectie (PLI), ook sparging genoemd, is een in-situ bodemsaneringstechniek waarbij lucht wordt geïnjecteerd onder de grondwaterspiegel. Door deze luchtinjectie wordt het grondwater gestript van zijn vluchtige componenten. Indien luchtbellens doorheen zones met residueel product stromen, kan ook rechtstreekse verdamping van puur product in de luchtbellens plaatsvinden. Bijkomend wordt (residueel) puur product gemobiliseerd door het 'roereffect' dat de luchtinjectie ondergronds veroorzaakt.

Doorgaans wordt om die reden ook een (tijdelijke) stijging in grondwaterconcentraties vastgesteld na het opstarten van PLI.

Een ander neveneffect van PLI is dat het grondwater met zuurstof wordt verrijkt waardoor aërobe biologische afbraak kan worden gestimuleerd. Zoals eerder vermeld is dit niet van toepassing op hooggechloreerde verbindingen (PER, TRI).

Verspreid over de verontreinigingsvlek zullen een nader te bepalen aantal luchtinjectiefilters worden geplaatst. Het aantal filters wordt gekozen op basis van de bodemgesteldheid (textuur, doorlaatbaarheid, gelaagdheid), de vuilvracht en

het betrokken verontreinigd bodemvolume. De injectieputten worden doorgaans geplaatst in een raster, waarbij rekening gehouden wordt met een invloedsstraal. De lucht wordt doorgaans geïnjecteerd op een diepte net onder de verontreinigingsdiepte.

PLI dient altijd te worden gecombineerd met een actief en voldoende gedimensioneerd bodemluchtextractiesysteem. Er dient een groter volume lucht te worden onttrokken dan dat er wordt geïnjecteerd, om het risico op ongecontroleerd uittreden van geïnjecteerde lucht te beperken. De bodemluchtextractiefilters worden gerasterd tussen en rond de luchtinjectieputten geplaatst. De lucht wordt aangetrokken door middel van een luchtonttrekkingspomp. De onttrokken bodemlucht wordt over een luchtzuiveringsinstallatie geleid alvorens te worden geloosd in de omgevingslucht.

Indien de injectie van lucht in het grondwater enkel tot doel heeft het water met zuurstof te verrijken en aldus de biologische afbraak te stimuleren, wordt van “biosparging” gesproken. Typisch voor deze techniek is dat de geïnjecteerde luchthoeveelheden geringer zijn dan bij klassieke persluchtinjectie. Het te injecteren luchtdebiet wordt bepaald door de zuurstofvraag vanuit het bodemvolume dat door de luchtinjectie wordt beïnvloed en door de totaal aanwezige vracht aan verontreiniging. Ook deze techniek is niet toepasbaar voor hoog-gechloreerde componenten.

Omwillen van de verschillende onzekerheden die met deze saneringstechniek gepaard gaan moet de haalbaarheid van airsparging en biosparging extra nagegaan worden. Bijkomend moet extra aandacht besteed worden aan:

- het ongewenst ontsnappen van de geïnjecteerde lucht via preferentiële kanalen;
- een ongewenste accumulatie van (verontreinigde) lucht in de ondergrond (waardoor de doorlaatbaarheid voor water kan wijzigen en tevens de grondwaterstroming kan worden beïnvloed);
- de moeilijke inschatbaarheid van de invloedsstraal van de luchtinjectie.

De haalbaarheid van airsparging moet in detail geëvalueerd worden zodat de resultaatsgarantie op voorhand maximaal kan aangetoond worden. Op basis van een piloottest kan de toepasbaarheid van PLI en bodemluchtonttrekking (al dan niet gecombineerd met een grondwaterverlaging) nader worden beoordeeld. De verkregen informatie tijdens de piloottest kan worden benut om het full-scale ontwerp correct te kunnen uitvoeren.

4.5 Natuurlijke attenuatie (MNA)

MNA staat voor gemonitoorde natuurlijke attenuatie. Hierbij wordt de verontreiniging in de bodem gereduceerd door natuurlijke processen, zonder menselijk ingrijpen, en dit binnen een redelijke termijn in vergelijking met de meer actieve saneringsvarianten. De reeds aanwezige micro-organismen zorgen voor afbraak van de verontreiniging. Natuurlijke afbraak kan worden gestimuleerd door het creëren van meer geschikte omstandigheden (bijvoorbeeld door het toevoegen van nutriënten, electrondonor en/of electronacceptor). In dat geval spreekt men van in-situ bioremediatie (zie verder).

Voor terreinen waarop een droogkuis wordt of werd uitgebaat zal MNA zelden als ‘stand-alone’ saneringstechniek in aanmerking komen, tenzij er geen sprake is van een kernzone en de concentraties eerder gering zijn.

MNA kan wel in veel gevallen onderdeel vormen van een breder saneringsconcept, waarbij bijvoorbeeld een actieve saneringstechniek wordt toegepast op de verontreinigingskern en MNA wordt toegepast voor de verontreinigingspluim.

De toepasbaarheid van MNA dient te worden beoordeeld en uitgewerkt op basis van de Code van goede praktijk 'Natuurlijke attenuatie', zoals beschikbaar op de OVAM website.

De bewijsvoering omvat drie niveau's:

1. aantonen van dalende concentraties in de tijd, waarbij geen sprake is van een mogelijk bedreigde receptor;
2. aantonen dat de omstandigheden voor afbraak gunstig zijn (redoxtoestand, DOC, nutriënten, al dan niet concurrerende electronacceptors, vorming van afbraakproducten zoals etheen/ethaan bij afbraak van VOCI's,...);
3. (bij twijfel) experimenteel aantonen van afbraak via laboratoriumtesten (batchtesten/microcosms).

De biologische afbraak van pollutanten kan via verschillende processen verlopen en bijgevolg soms complex zijn. Meer informatie over de optredende anaërobe processen die relevant zijn voor natuurlijke afbraak van VOCI's is terug te vinden in de Code van goede praktijk 'In-situ anaërobe bioremediatie van VOCI's', beschikbaar op de OVAM website.

Op basis van de bewijsvoering vergaard conform de Code van goede praktijk 'Natuurlijke attenuatie', kan geoordeeld worden of natuurlijke attenuatie op zich toereikend is voor de verdere grondwatersanering (na sanering van de kernzone).

Anderzijds is het met behulp van toevoeging van hulpstoffen mogelijk dat de biologische afbraak zodanig kan gestimuleerd worden dat er een significant beter rendement bekomen wordt. In dat geval kan een gestimuleerde biologische afbraak in overweging genomen worden. Rekening houdend met de locatiespecifieke omstandigheden (bodemsamenstelling, heterogeniteiten, omgevingskenmerken,...) en op basis van verder haalbaarheidsonderzoek (zie verder) moet geëvalueerd worden of de toevoeging van hulpstoffen BATNEEC zal zijn. Voor meer informatie wordt verwezen naar 4.9.

4.6 Actieve grondwatersanering via pump-and-treat (P&T)

Door middel van een aantal verticale onttrekkingsfilters of horizontale drains wordt verontreinigd grondwater onttrokken met de bedoeling de grondwaterverontreiniging actief te verwijderen uit de bodem. Het opgepompte grondwater wordt in een waterzuiveringsinstallatie gezuiverd en vervolgens geherinfiltrerd of geloosd in oppervlaktewater of in de riolering. De lozingsvoorwaarden en lozingsnormen moeten beantwoorden aan de specifieke regelgeving ter zake.

De doorlatendheid van de bodem moet tijdens de uitvoering van het beschrijvend bodemonderzoek van de kern bepaald worden aan de hand van korrelgrootte-analyses of recoverytests. Bij enige twijfel over de doorlatendheid moet een pompproef in het veld uitgevoerd worden.

In het algemeen wordt op basis van ervaring met P&T saneringen van VOCI-verontreinigingen geoordeeld dat P&T als 'stand-alone' techniek niet geschikt is als VOCI-verwijderingstechniek. Dit kan in hoofdzaak worden toegeschreven aan de beperkte wateroplosbaarheid van VOCI's en de nalevering die optreedt vanuit kernzones. Er dienen zeer grote volumes grondwater te worden opgepompt om enige significante vuilvrachtverwijdering te kunnen realiseren. P&T is daarom meestal niet BATNEEC als 'stand-alone' techniek voor VOCI-sanering.

De techniek kan wél worden ingezet in combinatie met andere technieken (bijvoorbeeld surfactant-/cosolventspoeling, zie paragraaf 4.10) of als

beheersingstechniek. In het eerste geval wordt getracht de vuilvrachtverwijdering via P&T effectiever te maken door de oplosbaarheid van de VOCI's te verhogen. In het tweede geval wordt op strategische plaatsen en met een aangepast debiet grondwater onttrokken met als bedoeling de verspreiding van pollutie naar nabije receptoren te verhinderen. In dat geval spreekt men van een hydraulische barrière.

Voor meer details wordt verwezen naar de Code van goede praktijk 'Pump & Treat', beschikbaar op de OVAM website.

4.7 In-situ chemische oxidatie (ISCO)

ISCO beoogt een in-situ chemische oxidatie van de pollutie, door injectie van een geschikt oxidans in verontreinigde zone. Daarbij is het de bedoeling dat de pollutie volledig wordt afgebroken tot onschadelijke eindproducten CO_2 , H_2O en chloride.

Mogelijke oxidantia die geschikt zijn voor chloorethenen (PER, TRI, cDCE, VC) zijn Fenton's reagens, ozon/peroxide, persulfaat, ozon, permanganaat en percarbonaat.

Chlooralkanen zoals 1,1,1-trichloorethaan zijn resistenter tegen oxidatie. Zo is permanganaat bijvoorbeeld niet geschikt voor oxidatie van 1,1,1-trichloorethaan.

Een zeer belangrijk aspect in de afweging van de eventuele toepasbaarheid van ISCO, is de oxidansvraag van de bodem. In sommige gevallen kan deze de oxidansvraag voor destructie van de pollutie in hoge mate overstijgen (bijvoorbeeld in geval van een bodem met veel gereduceerde verbindingen en organisch materiaal). Bij een te hoog oxidansverbruik door de bodem neemt de effectiviteit sterk af, en de totale kosten sterk toe.

Een ander belangrijk element is de veiligheid. Toepassing van Fenton's reagens kan leiden tot sterke gasontwikkeling (in carbonaatrijke bodems) en opwarming van de bodem. Ozon is een gas wat de toepasbaarheid in de onverzadigde zone mogelijk maakt. Het is echter ook erg giftig en corrosief (risico's).

Zoals voor alle in-situ technieken is de bodemopbouw en -doorlaatbaarheid van groot belang. Enkel bij relatief tot goed doorlatende (homogene) bodems is er een goede kans op slagen. In sterk gelaagde en minder doorlaatbare bodems is het moeilijk om het oxidans goed in contact te brengen met de verontreiniging.

ISCO is een potentieel geschikte saneringstechniek die vooral als vrachtverwijderingstechniek in kernzones kan worden toegepast en dit indien ontgraving of extractieve technieken moeilijk of niet toepasbaar zijn.

Een uitgebreid haalbaarheidsonderzoek door middel van labo- en pilootproeven is noodzakelijk.

4.8 Reactieve wanden (met zerovalent Fe)

Om (verdere) verspreiding van VOCI's in het grondwater te verhinderen kunnen reactieve verticale wanden gevuld met granulair ijzer geplaatst worden als beheersingstechniek. In de wand vindt een chemische reductie van de VOCI's op het aanwezige zerovalente Fe plaats.

Belangrijke beperkende factoren voor toepassing op terreinen waarop een droogkuis wordt of werd uitgebaat is de vaak beperkte ruimte om dergelijke wanden te plaatsen (stedelijk gebied), de kostprijs en het 'eeuwigdurend' karakter van de techniek (beheersing), waarvoor ook een uitgebreid vooronderzoek en monitoring na plaatsing nodig is.

4.9 Gestimuleerde biologische afbraak (anaërobe bioremediatie)

Anaërobe bioremediatie is een belangrijke saneringsmethode voor VOCI verontreiniging in de verzadigde bodemzone. Hierbij wordt de natuurlijke anaërobe biologische afbraak van de verontreiniging, die zich doorgaans voordoet in het grondwater, in sterke mate versneld door infiltratie in het grondwater van een electrondonor (melasse, Nutrolase®, vetzuren, methanol/ethanol, CAP18®, HRC®,...). Indien de juiste bacteriën aanwezig zijn worden de chloorethenen gedechloriseerd via een proces dat 'halorespiratie' wordt genoemd. De VOCI's worden hierbij door de bacteriën benut als electronacceptor en omgezet tot uiteindelijk volledig gedechlorideerde producten (etheen en ethaan).

De techniek is vooral toepasbaar voor de pluimzones of de resterende verontreiniging in kernzones na toepassing van een andere saneringstechniek voor de kernzone.

Indien de juiste bacteriën niet of onvoldoende aanwezig zijn - zoals kan blijken uit een interpretatie van de grondwateranalyseresultaten, een laboratoriumtest (microcosm) of een veldtest - kan overwogen worden deze micro-organismen mee in de bodem te introduceren. Dit noemt men bioaugmentatie of beënting.

Een belangrijke voorwaarde is dat in de ondergrond een gunstig thermodynamisch milieu moet heersen. De redoxpotentiaal moet voldoende laag en/of negatief zijn of in elk geval voldoende te verlagen zijn. In geval van het voorkomen van grote hoeveelheden reduceerbaar ijzer, nitraat of sulfaat (electronacceptoren die halorespiratie negatief beïnvloeden) zal de ingebrachte electrondonor vooral verbruikt worden voor reductie van deze reduceerbare verbindingen en niet resulteren in de gewenste halorespiratie.

Anaërobe bioremediatie is een kennis-intensieve saneringstechniek die gezien de optredende microbiële en gerelateerde chemische processen (oxidatie/reductie) vrij complex kan zijn.

In de Code van goede praktijk 'In-situ anaërobe bioremediatie van VOCI's', beschikbaar op de OVAM website, is dit uitgebreid beschreven.

Verder kan nog vermeld worden dat ook aërobe bioremediatie in aanmerking kan komen voor VOCI grondwaterpluimen en dit meer bepaald voor vinylchloride dat doorgaans vlot aëroob kan worden afgebroken. Een combinatie van anaërobe afbraak nabij de kern van de verontreiniging, en aërobe afbraak meer stroomafwaarts kan soms een goede werkwijze zijn.

De moeilijkste stap in anaërobe dechlorering is immers de omzettingen van cDCE in VC en van VC in etheen. Bij anaërobe VOCI-afbraak komt het daarom vaak voor dat VC-gehalten in het grondwater (tijdelijk) sterk toenemen.

4.10 Surfactant- of co-solventspoeling (gestimuleerde P&T)

Bij surfactant- of co-solventspoeling (ook flushing genoemd) wordt een surfactant en/of een co-solvent (of een mengsel van co-solventen) geïnjecteerd in de bodem (kernzone) en wordt vervolgens het met opgeloste - of puur product aangerijkte mengsel van grondwater-surfactant/cosolvent uit de bodem opgepompt en gezuiverd. Waarna de surfactanten en/of cosolventen in de mate van het mogelijke worden teruggewonnen voor hergebruik.

Door deze werkwijze wordt de oplosbaarheid van VOCI's sterk verhoogd, zodat zij veel effectiever via pump & treat kunnen worden verwijderd. Daarom wordt ook gesproken van 'gestimuleerde' P & T.

De primaire verwijderingsmechanismen bij toepassing van surfactant/co-solventspoeling zijn:

1. Vergroting van de oplosbaarheid van de verontreiniging;
2. Verlaging van de grensvlakspanning tussen water (met daarin het surfactant/co-solvent) en de DNAPL (mobilisatie van residueel puur product).

Als co-solvent wordt in het algemeen ethanol of isopropanol of een mengsel van alcoholen toegepast. Een bijkomend voordeel is dat, indien deze alcoholen in kleine hoeveelheden in de bodem achterblijven, deze snel worden afgebroken door aanwezige micro-organismen.

Surfactanten (detergenten, emulgerende stoffen, tensiden) zijn chemische verbindingen met een moleculaire structuur die een oppervlaktespanningsverlagend effect veroorzaken tussen de grensvlakken water-DNAPL-vaste oppervlakten. Zij kunnen als dusdanig wanneer ze in de bodem worden ingebracht DNAPL mobiliseren en oplossen.

De effectieve toepassing in Vlaanderen voor VOCI-saneringen is tot op heden vooralsnog beperkt gebleven tot haalbaarheidsonderzoek op pilotschaal. In het TETRA-project "Bodemsanering van VOCI-bronzones met biotensiden" (IWT 50064) onderzoekt de Hogeschool van Antwerpen en de VITO de mogelijkheden van inzet van bio-afbreekbare tensiden voor VOCI bodemsanering.

Naast de keuze van een geschikt surfactant (goede oplosbaarheidverhogende eigenschappen, weinig verlies door adsorptie aan aquifermateriaal) is een belangrijk punt van onderzoek na te gaan hoe opgepompt grondwater met VOCI's en tensiden, gezuiverd kan worden. Gezien de kostprijs van tensiden dienen zij in het ideale geval recupereerbaar en herbruikbaar te zijn. Eén van de mogelijke knelpunten bij zuivering is schuimvorming in de waterzuiveringsinstallatie. Tenzij antischuimvormer wordt toegevoegd bemoeilijkt dit immers luchtstripping. Hierdoor is het surfactant echter moeilijker terugwinbaar.

Deel 2: PROCEDURE

5 OVERZICHT PROCEDURE

Het is de opzet om het bodemonderzoek en de bodemsanering gefaseerd uit te voeren. Voor meer informatie wordt verwezen naar het schema in bijlage 1.

Fase 1: In eerste instantie wordt een gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone (BBO kernzone) uitgevoerd.

Indien overeenkomstig het bodemdecreet tot bodemsanering van deze kernzone moet worden overgegaan en deze bodemsanering BATNEEC is, volgt na de rapportage en de conformverklaring van dit BBO kernzone door de OVAM, de gefaseerde bodemsanering. Hierbij wordt de bodemverontreiniging in de kernzone zo optimaal en maximaal mogelijk verwijderd.

Fase 2: Vervolgens wordt het gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek van de pluimzone (BBO pluimzone) uitgevoerd. Hierbij wordt de pluimzone verder in kaart gebracht en wordt het risico bepaald dat uitgaat van deze pluimzone.

Indien volgens het bodemdecreet geen noodzaak bestaat om tot bodemsanering over te gaan voor de pluimzone worden 2 scenario's beschouwd:

1. Indien geen sanering voor de kernzone werd uitgevoerd, wordt overgegaan tot de rapportage van een volledig beschrijvend bodemonderzoek (kernzone + pluimzone). Na conformverklaring van dit beschrijvend bodemonderzoek wordt het dossier afgesloten;
2. Indien echter een sanering van de kernzone werd uitgevoerd, wordt overgegaan tot de rapportage van het BBO pluimzone. Tegelijkertijd wordt een (gefaseerd) eindevaluatierapport opgesteld voor de kernzone. Na conformverklaring van het BBO pluimzone en het afleveren van een eindverklaring voor de kernzone door de OVAM wordt het dossier afgesloten.

Indien wel degelijk sanering noodzakelijk is voor de pluimzone wordt overgegaan tot de rapportage van het beschrijvend bodemonderzoek. Afhankelijk of al dan niet een sanering werd uitgevoerd van de kernzone omvat dit beschrijvend bodemonderzoek eveneens de kernzone. Na conformverklaring van dit beschrijvend bodemonderzoek worden de volgende situaties beschouwd:

1. Indien geen receptor effectief bedreigd wordt en natuurlijke attenuatie haalbaar lijkt, wordt een gefaseerd bodemsaneringsproject met gemonitorde natuurlijke attenuatie (MNA) uitgewerkt. Na uitvoering van de bodemsaneringswerken wordt het dossier afgesloten met een (gefaseerd) eindevaluatierapport voor de kern- en/of pluimzone en het afleveren van een eindverklaring door de OVAM;
2. Indien een receptor effectief bedreigd wordt of natuurlijke attenuatie niet haalbaar lijkt en een actieve sanering van de pluimzone BATNEEC is, wordt een gefaseerd bodemsaneringsproject met een actieve saneringsvariant voor de pluimzone uitgewerkt. Na uitvoering van de bodemsaneringswerken wordt het dossier afgesloten met een (gefaseerd) eindevaluatierapport voor de kern- en/of pluimzone en het afleveren van een eindverklaring door de OVAM;
3. Indien een receptor effectief bedreigd wordt of natuurlijke attenuatie niet haalbaar lijkt en een actieve sanering van de pluimzone niet BATNEEC is wordt een gefaseerd bodemsaneringsproject met een beheersingsvariant uitgewerkt. Na uitvoering van de bodemsaneringswerken wordt - indien mogelijk - het dossier afgesloten met een (gefaseerd) eindevaluatierapport voor de kern- en/of pluimzone en het afleveren van een eindverklaring door de OVAM.

6 Beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone (BBO kernzone)

6.1 Doelstelling en opbouw van het BBO Kernzone

Het beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone dient steeds te voldoen aan de daaraan door de OVAM gestelde vereisten.

Het BBO kernzone wordt beschouwd als een gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek in de zin van artikel 38 § 3 van het bodemdecreet.

Hiermee wordt bedoeld dat verschillende kernen of delen van onderzoeksgebieden op verschillende tijdstippen onderzocht kunnen worden. Hiervoor kan vervolgens een conformverklaring afgeleverd worden. Een van de doelen hiervan is om tijdswinst te boeken.

Tevens kan op deze wijze de bodemsanering optimaal uitgevoerd worden. Zo kan bijvoorbeeld de bodemsanering van de kernzone reeds uitgevoerd worden waarna de invloed van deze bodemsanering op de pluimzone (grondwaterverontreiniging) kan worden nagegaan.

Omdat omwille van de eigenschappen van VOCl's in het merendeel van de door VLABOTEX vzw behandelde dossiers een ruimtelijk te onderscheiden kern- en pluimzone zal voorkomen kunnen deze twee zones gefaseerd aangepakt worden. Voor meer informatie omtrent het gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek wordt verwezen naar de standaardprocedure voor beschrijvend bodemonderzoek.

Zoals in deel I beschreven, wordt de kern- of retentiezone omschreven als de bodemzone in het verzadigde en onverzadigde deel van de bodem die verontreiniging bevat onder de vorm van residueel product (pure VOCl vloeistof, gevangen in bodemporiën) en eventueel vrij product (zaklaag), alsook de verontreiniging die in datzelfde bodemvolume geadsorbeerd is aan de bodemdeeltjes.

Deze kernzone bevat de 'bulk' van de aanwezige verontreiniging en vormt de bron van grondwaterverontreiniging. Een doeltreffende aanpak van deze kernzone zal daarom in het merendeel van de gevallen een positieve invloed hebben op de resterende grondwaterverontreiniging.

Het beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone omvat de volgende delen:

- Controle van het oriënterend bodemonderzoek (historiek, onderzoek potentiële verontreinigingsbronnen);
- Afbakening van de kernzone. Hiervoor wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van snelle screeningsmethodes en alternatieve technieken;
- Risico-evaluatie.

Het beschrijvend bodemonderzoek van de kern moet toelaten:

- Een overzicht te geven van de verontreinigingssituatie van de kernzone in het horizontale en verticale vlak (volume en concentraties in zowel vaste fase als het grondwater);
- Een raming op te maken van de aanwezige vuilvracht (massa aan pollutie) in de kernzone;
- Een uitspraak te doen over de saneringsnoodzaak en de saneringsprioriteit van de kernzone;
- Een uitspraak te doen over de noodzaak tot het nemen van voorzorgsmaatregelen in afwachting van de saneringswerken (indien vereist);

- Een monitoringsprogramma op te stellen in afwachting van de bodemsanering van de kernzone (indien vereist);
- Een bodemsaneringsproject uit te werken (indien vereist);

Voor meer informatie omtrent de rapportage wordt verwezen naar hoofdstuk 6.5.

6.2 Controle van het oriënterend bodemonderzoek

6.2.1 Inleiding

Een efficiënte bodemsanering van VOCI's is in sterke mate afhankelijk van de aanpak van de kernzone. In veel van de in het verleden uitgevoerde oriënterende bodemonderzoeken werd te weinig aandacht besteed aan onderzoek naar de mogelijke aanwezigheid van een kernzone. Vaak werd het oriënterend bodemonderzoek toegespitst op grondwateronderzoek met betrekking tot verontreinigingen met VOCI's. Daarom is het aangewezen de mogelijke aanwezigheid van kernzones na te gaan tijdens het beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone. Verder wordt soms vastgesteld dat niet alle potentiële verontreinigingsbronnen tijdens de uitvoering van het oriënterend bodemonderzoek in voldoende mate onderzocht zijn. Hierbij wordt in de eerste plaats gedacht aan voormalige locaties van droogkuismachines en eventuele voormalige lozingspunten voor VOCI's (riolering, aansluitingspunten, zinkputten,...).

Bij de controle van het oriënterend bodemonderzoek wordt in de eerste plaats gedacht aan de volgende aspecten:

- Wat is de ouderdom van het oriënterend bodemonderzoek? Wat is de kans dat de potentiële verontreinigingsbronnen nog verontreiniging hebben veroorzaakt sinds de uitvoering van het meest recente oriënterend bodemonderzoek?
- Zijn alle huidige en voormalige potentiële droogkuisgerelateerde verontreinigingsbronnen (cfr. Deel I) in voldoende mate onderzocht tijdens het oriënterend bodemonderzoek? Hoe werd omgegaan met gebruikte solventen? Hierbij wordt gedacht aan de eventuele lozing op onverhard maaiveld, in grachtjes en dergelijke;
- Is tijdens het oriënterend bodemonderzoek voldoende onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke aanwezigheid van een kernzone in het vaste deel van de aarde ?
- Is tijdens het oriënterend bodemonderzoek voldoende aandacht besteed aan de bodemopbouw?
- Is tijdens het oriënterend bodemonderzoek voldoende aandacht besteed aan de aard van de verontreiniging (nieuw/historisch/gemengd) en werd de conclusie betreffende de aard van de verontreiniging voldoende onderbouwd?

Indien nodig moet door middel van bijkomend grondig historisch onderzoek getracht worden om een antwoord te formuleren op bovenvermelde vragen. Hiervoor moeten alle beschikbare bronnen geraadpleegd worden. Zo moet, indien mogelijk en relevant, contact opgenomen worden met de (voormalige of huidige) uitbaters en/of eigenaars. Eventueel moeten plannen en milieuvergunningen geraadpleegd worden.

6.2.2 Bijkomend veldwerk

Indien de bodemsaneringsdeskundige niet op alle vragen uit 6.2.1 éénduidig positief kan antwoorden moet nagegaan worden of bijkomend veldwerk uitgevoerd moet worden.

Dit bijkomend veldwerk heeft in de eerste plaats tot doel om een duidelijke inventarisatie van de (niet ontdekte) verontreinigingszones op te maken. Hiertoe moet ter hoogte van elke niet onderzochte potentiële verontreinigingsbron een bijkomende boring geplaatst worden. Door middel van snelle screeningsmethodes

wordt de meest verdachte plaats en diepte bepaald. Zo kunnen op een efficiënte wijze bodemonsters genomen worden. Deze worden geanalyseerd op de relevante parameters voor het vaste deel van de aarde. Indien de aanwezigheid van puur product wordt vermoed, wordt de aanwezigheid hiervan nagegaan door middel van een 'Sudan Rood'/ olie-rood test of met behulp van PID-screening zoals beschreven in Deel I.

Als de aanwezigheid van een grondwaterverontreiniging niet kan worden uitgesloten moet altijd een peilbuis geplaatst worden en wordt een grondwaterstaal geanalyseerd op de te analyseren parameters voor het grondwater.

Indien reeds een grondwaterverontreiniging met VOCl's is vastgesteld maar in het verleden te weinig onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke aanwezigheid van een kernzone wordt ter hoogte van de stroomopwaartse zijde van de kern van de grondwaterverontreiniging eveneens één of meerdere bijkomende boringen (tot onder de grondwatertafel) uitgevoerd. Ook hier wordt door middel van snelle screeningsmethodes de meest verdachte of de meest relevante bodemlaag bepaald. Na bemonstering van deze bodemlaag wordt een bodemonster geanalyseerd op de te analyseren parameters voor het vaste deel van de aarde. Indien de aanwezigheid van puur product wordt vermoed, wordt de aanwezigheid hiervan nagegaan door middel van eerder genoemde DNAPL-detectiemethoden.

Indien de bodemsaneringsdeskundige van oordeel is dat er sinds de uitvoering van het meest recente oriënterend bodemonderzoek nog bijkomende verontreiniging kan ontstaan zijn ter hoogte van de huidige potentiële verontreinigingsbronnen moeten ook deze potentiële verontreinigingsbronnen bijkomend onderzocht worden.

Na uitvoering van dit bijkomend historisch onderzoek en veldwerk wordt er vanuit gegaan dat alle verontreinigingskernen in het vaste deel en het grondwater gelokaliseerd zijn.

6.3 Afbakening van de kernzone

6.3.1 Inleiding

De doelstelling van de bemonsteringstrategie is de aard en de concentratie van de verontreinigende stoffen in het horizontale en het verticale vlak in kaart te brengen, voor zowel de vaste bodemfase als het grondwater.

Dit wordt planmatig in kaart gebracht door het tekenen van isoconcentratielijnen en dit zowel voor het horizontale als voor het verticale vlak.

Na het tekenen van de isoconcentratielijnen wordt vervolgens het volume (steeds oppervlakte x dikte) van de verontreiniging in de kernzone bepaald. Een vuilvrachtraming in de vaste bodemfase kan vervolgens gebeuren door het betrokken bodemvolume te vermenigvuldigen met de bulkdensiteit en de gemiddelde gemeten pollutentconcentratie.

De onderzoeksstrategie moet op een dusdanige wijze opgesteld worden dat er aan de inhoud van het beschrijvend bodemonderzoek voor de kernzone kan voldaan worden. Het resultaat van het bodemonderzoek moet toelaten dat er een rapport, conform de in deze code van goede praktijk opgenomen inhoud, kan opgemaakt worden.

6.3.2 Algemene richtlijnen bemonsteringstrategieën

6.3.2.1 Veldwerk ter afperking van de kernzone

Het is niet haalbaar om, in het kader van deze code van goede praktijk, hoeveelheden op te geven inzake het uit te voeren veldwerk voor de afperking van de kernzone.

De kernzone is die zone in de bodem waar de verontreiniging in de bodem aanwezig is onder de vorm van puur product. Deze omvat dus zowel de zone met residueel product en de zone met vrij product (zaklaag) en de verontreiniging die geadsorbeerd is aan de bodemdeeltjes in de verzadigde en onverzadigde zone ter hoogte van deze zone.

Wegens de eigenschappen van de droogkuisgerelateerde verontreiniging, meer bepaald de vluchtigheid en de dichtheid ten opzichte van grondwater, wordt in eerste instantie door middel van de snelle screeningsmethodes (bodempluchtmetingen, PID-screening met 'zakjes-methode' en ongeroerde staalnames,...) de meest verdachte bodemlaag bepaald. Door een systematische screening via een driedimensioneel raster van meetpunten wordt de verontreiniging in de kernzone indicatief in kaart gebracht.

Ter controle van de indicatief in kaart gebrachte verontreinigingszone en ter vastlegging van de isoconcentratielijnen voor de kernzone moeten een relevant en voldoende aantal ongeroerde en afgesloten bodemonsters genomen worden door middel van steekbussen of liners. Het concrete aantal bodemonsters moet zodanig gekozen worden dat met de analyseresultaten de oppervlakte en de omvang van de kernzone bevestigd kunnen worden. De weerhouden bodemonsters moeten onderzocht worden op de te analyseren parameters voor het vaste deel van de aarde (cfr. hoofdstuk 2).

Zoals reeds gesteld is een concentratie die hoger is dan de van toepassing zijnde bodemsaneringsnorm type III een mogelijke indicatie van de aanwezigheid van een kernzone.

Indien de grondwaterconcentratie ter hoogte van de geanalyseerde bodemstalen gekend is kan een bijkomende controle gebeuren door het berekenen van de retentiecapaciteit van het geanalyseerde bodemstaal. In het kader hiervan is het aangewezen om een voldoende aantal bodemstalen te laten analyseren op het gehalte aan organische stof.

Indien de aanwezigheid van puur product wordt vermoed, moet voldoende aandacht besteed worden aan de geologische opbouw van het terrein, historiek van de verontreiniging, eventuele helling van ondoorlatende lagen, grondwaterstromingsrichting en de aanwezigheid van ondoorlatende, organische stofrijke en/of goed doorlatende pakketjes zoals kleilagen, veenlagen, grind- of schelpenbanken,...

De eventuele aanwezigheid van puur product moet nagegaan worden door middel van de beschreven DNAPL-detectietesten.

Voor de concrete uitwerking van de onderzoeksstrategie wordt verwezen naar strategieën 2, 4, 5 en 6 van de standaardprocedure voor beschrijvend bodemonderzoek.

6.3.2.2 **Bijkomend veldwerk voor het inschatten van de omvang van de pluimzone**

Door middel van een waterpassing op de op het terrein aanwezige peilbuizen wordt de grondwaterstromingsrichting en -snelheid bepaald.

Nadien wordt stroomafwaarts van de kernzone één of meerdere peilbuizen geplaatst om de concrete verspreiding van de verontreiniging met VOC's in het grondwater te kunnen inschatten. Na bemonstering worden grondwaterstalen geanalyseerd op de te analyseren parameters voor het grondwater.

Op basis van de gekende resultaten voor het grondwater en de geologie, bijvoorbeeld wegens de aanwezigheid van een scheidende laag, moet de bodemsaneringsdeskundige afwegen of bijkomend veldwerk voor de verticale afperking van de pluimzone noodzakelijk is. Hierbij moet de bodemsaneringsdeskundige de noodzaak van dit bijkomend veldwerk bepalen met als doel een volledige en correcte risico-evaluatie te kunnen opmaken.

In regel mogen de analyseresultaten van de verontreinigende stoffen in het grondwater maximum 1 jaar oud zijn. De bodemsaneringsdeskundige kan echter motiveren waarom actualisatie van deze gegevens niet noodzakelijk is. Bij afronding van het gefaseerde of volledige beschrijvend bodemonderzoek moet een realistisch beeld van de verontreinigingstoestand gegeven kunnen worden en kan het aangewezen zijn om analyseresultaten te actualiseren.

6.4 **Risico-evaluatie**

6.4.1 **Noodzaak tot bodemsanering**

Tijdens het beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone moet in de eerste plaats beslist worden of voor de aanwezige verontreiniging ter hoogte van de kernzone overgegaan moet worden tot bodemsanering.

De noodzaak om over te gaan tot bodemsanering is afhankelijk van de aard van de verontreiniging.

Op gronden met **historische** bodemverontreiniging wordt overgegaan tot bodemsanering als het beschrijvend bodemonderzoek de aanwezigheid van een ernstige bodemverontreiniging aantoont. Dit saneringscriterium wordt bepaald aan de hand van een risico-evaluatie. Om na te gaan of een historische bodemverontreiniging een ernstige bodemverontreiniging vormt, wordt gebruikt gemaakt van de methodologie zoals beschreven in dit hoofdstuk.

Bij een **nieuwe** bodemverontreiniging wordt overgegaan tot bodemsanering bij overschrijding van de bodemsaneringsnormen.

Indien bij **gemengde** bodemverontreiniging een **onderscheid** kan gemaakt worden tussen nieuwe en historische bodemverontreiniging zijn de respectievelijke bepalingen voor nieuwe en historische bodemverontreiniging van kracht om te bepalen wanneer tot bodemsanering moet worden overgegaan.

Indien bij **gemengde** bodemverontreiniging op een grond **geen onderscheid** tussen nieuwe bodemverontreiniging en historische bodemverontreiniging kan worden gemaakt, wordt een zo accuraat mogelijke verdeling van de bodemverontreiniging gemaakt in een deel dat naar alle redelijkheid als nieuwe bodemverontreiniging en een deel dat naar alle redelijkheid als historische bodemverontreiniging kan worden beschouwd. Op basis van het gemotiveerd voorstel van de bodemsaneringsdeskundige in zijn verslag van het bodemonderzoek doet de OVAM uitspraak over de verdeling.

Het deel nieuwe bodemverontreiniging wordt behandeld overeenkomstig de bepalingen die gelden voor nieuwe bodemverontreiniging en het deel historische bodemverontreiniging overeenkomstig de bepalingen die gelden voor historische bodemverontreiniging.

Als het niet mogelijk is om door het gebruik van de beste beschikbare technieken, die geen overmatig hoge kosten met zich meebrengen, een onderscheid te maken in een gedeelte nieuwe en een gedeelte historische bodemverontreiniging en voor elk deel bodemverontreiniging een afzonderlijk beschrijvend bodemonderzoek of een afzonderlijke bodemsanering uit te voeren, dan zijn uitsluitend de bepalingen van toepassing die gelden voor het grootste deel van de bodemverontreiniging. Men spreekt dan van een *'niet-onderscheidbare gemengde bodemverontreiniging die als een historische bodemverontreiniging wordt behandeld'* of van een *'niet-onderscheidbare gemengde bodemverontreiniging die als een nieuwe bodemverontreiniging wordt behandeld'*.

In dit geval maakt de bodemsaneringsdeskundige een inschatting van het aandeel nieuwe respectievelijk historische bodemverontreiniging en drukt dat uit in percentage van de geschatte vuilvracht.

Rekening houdend met de doelstellingen van VLABOTEX vzw kan er van uitgegaan worden dat voor het merendeel van de dossiers waarvoor een aanvraag is ingediend, een bodemsanering zich opdringt.

In afwachting van de bodemsaneringswerken moet in de eerste plaats een inschatting gebeuren over de ernst van de verontreinigingssituatie.

Bij de evaluatie van de ernst van de bodemverontreiniging, houdt men rekening met:

- kenmerken, functie, bestemmingen en eigenschappen van de bodem;
- de aard en de concentratie van de verontreinigingsfactoren (stoffen of organismen);
- de mogelijkheid op verspreiding van de verontreinigingsfactoren;
- het gevaar op blootstelling van mensen, planten of dieren en waterwinningen.

Daarnaast moet bepaald worden of veiligheidsmaatregelen, voorzorgsmaatregelen, gebruiksbeperkingen of bestemmingsbeperkingen noodzakelijk zijn.

Hieronder volgen nadere richtlijnen voor de risico-evaluatie. Bij de uitwerking van deze methode werd rekening gehouden met zowel de humane blootstelling, de ecologische blootstelling, de verontreiniging in het vaste deel van de aarde als de verontreiniging in het grondwater en de mogelijke verspreiding van de verontreiniging.

Indien er op een terrein puur product (DNAPL/LNAPL) voorkomt, kan deze - doordat er oplossing van de verontreinigende stoffen in het grondwater kan optreden - een permanente bron vormen voor het ontstaan van verdere grondwaterverontreiniging (uitloging). Onafhankelijk van het voorgaande, draagt louter de aanwezigheid van puur product in de verzadigde zone tevens bij tot de mate waarin een verontreiniging een ernstige bodemverontreiniging vormt voor het aspect grondwater.

Indien op basis van de bijkomende analyses blijkt dat de aangetroffen verontreiniging niet tot stand kwam op de onderzoekslocatie waarop een verplichting tot beschrijvend bodemonderzoek werd gelegd, moet deze verontreiniging niet verder afgeperkt worden. In het beschrijvend bodemonderzoek wordt dan aangetoond dat de verontreiniging op een andere grond tot stand kwam en wat de bron van de betreffende bodemverontreiniging is.

De uiteindelijke beslissing omtrent de noodzaak om al dan niet over te gaan tot bodemsanering is afhankelijk van de aard van de verontreiniging (historisch, gemengd, nieuw) en de van toepassing zijnde bepalingen in de regelgeving terzake.

6.4.2 Risico-evaluatie

6.4.2.1 Actueel humaan risico

In eerste instantie moeten de actuele blootstellingsroutes bepaald worden die ter hoogte van de kernzone(s) aanwezig zijn.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van tabel 1. De bevindingen van de screening moeten door de bodemsaneringsdeskundige voldoende onderbouwd worden op basis van een kwalitatieve evaluatie van alle mogelijke blootstellingsroutes.

De bodemsaneringsdeskundige dient voor elke actuele blootstellingsroute een uitspraak te doen. Het uitsluiten van een bepaalde blootstellingsroute moet gemotiveerd worden op basis van duidelijke, reële argumenten. Indien bijvoorbeeld de drinkwaterleiding niet doorheen de verontreinigde zone loopt kan permeatie doorheen een drinkwaterleiding in de actuele situatie uitgesloten worden.

Indien op basis van deze screening ondubbelzinnig blijkt dat geen enkel actueel risico kan optreden ten gevolge van de verontreiniging, kan de evaluatie van de actuele humane risico's als beëindigd beschouwd worden.

Indien uit de tabel echter blijkt dat voor (een) bepaalde blootstellingsroute(s) in de huidige situatie een actueel risico niet éénduidig kan worden uitgesloten, is bijkomend onderzoek noodzakelijk. Dit kan een onderzoek naar de aard van de drinkwaterleiding omvatten, een inschatting van de eventuele uitdamping naar de binnenlucht,... Ter onderbouwing kan in dit stadium gebruik gemaakt worden van Vlier-Humaan. Bij de risicoberekeningen wordt uitgegaan van de reële huidige situatie ter hoogte van de kernzone.

Indien op basis van de risicoberekeningen een actueel risico niet voor 100 percent kan worden uitgesloten, moet de evaluatie van dit mogelijk actueel risico nader onderzocht worden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door bijkomende metingen (drinkwateranalyse, binnenluchtmetingen,...).

6.4.2.2 Potentieel humaan risico

In functie van waarschijnlijke of reële toekomstige wijzigingen in het gebruik, potentiële veranderingen van de functie van de verontreinigde site, de terrein- en de omgevingskenmerken, de hydrologie of door een verandering van de verontreinigingstoestand binnen een termijn van 5 jaar moeten de relevante potentiële blootstellingsroutes bepaald worden die ter hoogte van de kernzone(s) aanwezig zijn.

Hiervoor wordt gebruik gemaakt van tabel 2. De bevindingen van de screening moeten door de bodemsaneringsdeskundige voldoende onderbouwd worden op basis van een kwalitatieve evaluatie van alle mogelijke blootstellingsroutes.

De bodemsaneringsdeskundige dient voor elke potentiële blootstellingsroute een uitspraak te doen. Het uitsluiten van een bepaalde blootstellingsroute moet gemotiveerd worden op basis van duidelijke, reële argumenten.

Indien op basis van deze screening ondubbelzinnig blijkt dat geen enkel potentieel humaan risico kan optreden ten gevolge van de verontreiniging, kan de evaluatie van de potentieel humane risico's als beëindigd beschouwd worden.

Indien uit de tabel echter blijkt dat voor (een) bepaalde blootstellingsroute(s) een potentieel risico niet éénduidig kan worden uitgesloten, is bijkomend onderzoek noodzakelijk.

Dit kan een onderzoek naar de aard van de drinkwaterleiding omvatten, een inschatting van de eventuele uitdamping naar de binnenlucht,... Ter onderbouwing kan in dit stadium gebruik gemaakt worden van Vlier-Humaan. Bij de risicoberekeningen wordt uitgegaan van de potentiële situatie ter hoogte van de kernzone.

Indien op basis van de risicoberekeningen een potentieel risico niet voor 100 percent kan worden uitgesloten, moet de evaluatie van dit potentieel risico nader onderzocht worden. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren door bijkomende metingen (drinkwateranalyse, binnenluchtmetingen,...).

Bij de inschatting van de potentiële humane risico's speelt de verspreiding een grote rol. Een goede inschatting van het de potentiële risico's is pas mogelijk na het inschatten van de verspreiding.

Een inschatting van de verspreiding kan bekomen worden door een kwantificering van de stromingssnelheid.

De horizontale stromingssnelheid en de verticale stroomsnelheid kunnen bepaald worden op basis van de doorlatendheid in de respectievelijke lagen, de porositeit en de piëzometrie, gemeten ter plaatse van het onderzoeksterrein:

Horizontale stroomsnelheid grondwater: $v_{hor} = (1/\theta) k_h i_h$

Verticale stroomsnelheid grondwater: $v_{ver} = (1/\theta) k_v i_v$

$\theta =$	porositeit van de bodemlaag
$k_h, k_v =$	horizontale / verticale doorlaatbaarheid (m/dag)
$i_h =$	horizontaal verhang: verschil in stijghoogte tussen twee peilbuizen, gedeeld door hun onderlinge afstand. Dient berekend te worden op basis van tenminste 3 peilbuizen die geplaatst werden in dezelfde bodemlaag.
$i_v =$	verticaal verhang: verschil in stijghoogte tussen 2 direct naast elkaar gelegen peilbuizen, gedeeld door de afstand tussen hun filterdelen. De filterdelen hebben een verschillende diepte en kunnen in een andere watervoerende laag geplaatst zijn.

De migratie van verontreinigende stoffen in het grondwater gebeurt onder invloed van "convectief" transport (meestromen met het grondwater). Ten gevolge van adsorptie en desorptie van de verontreinigende stoffen aan de bodemdeeltjes wordt de voortschrijdingssnelheid van de verontreinigende stoffen vertraagd ten opzichte van de stroomsnelheid van het grondwater. Een maat voor deze vertraging is de retardatiefactor R van de verontreiniging. Deze is ondermeer afhankelijk van de oplosbaarheid van de verontreinigende stoffen in grondwater. Op basis van de retardatiefactor kan de verspreidingssnelheid van de verontreinigende stof berekend worden:

verspreidingssnelheid verontreinigende stof: $v_{verontreinigende\ stof} = v_{grondwater}/R$

Op basis van de retardatiefactor kan dus een eerste inschatting gegeven worden van de mobiliteit van een verontreinigende stof.

Bij de beoordeling van verspreidingsrisico's wordt er van uitgegaan dat de verontreiniging zich uitbreidt, tenzij het tegendeel kan bewezen worden. De verspreiding via het grondwater vindt plaats door uitloging van de grondverontreiniging en door transport via het grondwater. De mobiliteit of mogelijkheid op verspreiding van verontreinigende stoffen via het grondwater is, voor organische stoffen, afhankelijk van de oplosbaarheid van de component, het organisch stof gehalte van de grond en de stromingssnelheid van het grondwater.

6.4.2.3 Ecologische risico's

Hier moet de bodemsaneringsdeskundige nagaan of er van de actuele verontreinigingssituatie ter hoogte van de kernzone(s) een risico uitgaat ten gevolge van de ecologische blootstelling.

Hierbij moet de bodemsaneringsdeskundige nagaan of de verontreinigde site deel uitmaakt of grenst aan één van de gebieden die opgenomen zijn in de tabel uit de betrokken standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

Indien de kernzone(s) grenzen aan of gelegen zijn in gebieden die opgenomen zijn in de voormelde tabel of indien ecotoxicologische risico's te verwachten zijn of indien zichtbare milieuschade wordt vastgesteld, moet een ecotoxicologische risico-evaluatie doorlopen worden. Voor meer informatie omtrent deze risico-evaluatie wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

6.4.2.4 Ernstige bedreiging als gevolg van een verontreiniging in de kernzone.

Omwillen van de definiëring van het begrip kernzone wordt hier verwezen naar de van toepassing zijnde methodologie ter bepaling van een EB als gevolg van een verontreiniging in het vaste deel van de aarde uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

6.5 Rapportering van het BBO kernzone

Bij het opstellen van het gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek moet rekening gehouden worden met de specifieke standaardprocedures en de verschillende codes van goede praktijk. Meer specifiek wordt voor de opbouw, de inhoud en de rapportage verwezen naar de van toepassing zijnde standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

Hieronder worden een aantal specifieke aandachtspunten vermeld.

6.5.1 Risico-evaluatie, bepaling van de saneringsnoodzaak en saneringsprioriteit

De bodemsaneringsdeskundige doet een duidelijke uitspraak over de risico's die uitgaan van de aanwezige verontreiniging en dit per kernzone. Hierbij wordt een onderverdeling gemaakt voor:

- Actueel humaan risico;
- Potentieel humaan risico;
- Ecologische risico;
- EB als gevolg van een verontreiniging in de kernzone.

Per verontreinigingskern worden minimaal de hieronder vermelde tabellen toegevoegd.

Indien modelberekeningen en/of bijkomende metingen zijn uitgevoerd in functie van de risico-evaluatie moeten de rapporten hiervan opgenomen worden in bijlage.

Pad	Object	Actueel risico mogelijk (J/N/O)?	Motivering
Inhalatie binnenlucht			
Inhalatie buitenlucht			
Permeatie doorheen drinkwaterleidingen			
Telen van gewassen			
Bedreiging drinkwater- en/of grondwaterwinningen			
Bedreiging oppervlaktewater			
Gebruik verontreinigd water voor ander gebruik (zwembad, besproeiing moestuin, drinken van dieren, ...)			

Tabel 1: Screening actueel humaan risico

Pad	Object	Potentieel risico mogelijk (J/N/O)?	Motivering
Inhalatie binnenlucht			
Inhalatie buitenlucht			
Permeatie doorheen drinkwaterleidingen			
Telen van gewassen			
Bedreiging drinkwater- en/of grondwaterwinningen			
Bedreiging oppervlaktewater			
Gebruik verontreinigd water voor ander gebruik (zwembad, besproeiing moestuin, drinken van dieren, ...)			

Tabel 2: Screening potentieel humaan risico

De rapportering van de risico-evaluatie voor de ecologische blootstelling en de ernstige bedreiging als gevolg van een verontreiniging in de kernzone moet gebeuren overeenkomstig de voorschriften uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

6.5.2 Voorstel monitoring in afwachting van uitvoering bodemsaneringswerken voor de kernzone (BSW kernzone)

Indien de uitvoering van de bodemsanering voor de kernzone niet onmiddellijk aansluit op het BBO kernzone is het van belang dat de bodemsaneringsdeskundige reeds in het BBO kernzone aangeeft welke monitoringsactiviteiten voorzien moeten worden.

Deze monitoring heeft voornamelijk tot doel om:

- Onvoorziene, ongunstige effecten van de verontreiniging in afwachting van de bodemsaneringswerken te vermijden;
- De evolutie van de verontreiniging in te schatten zodat, indien noodzakelijk, de conclusies van het BBO kernzone geherevalueerd kunnen worden.

In de meeste gevallen zal de grondwaterpluim nog niet volledig in kaart gebracht zijn. De monitoring heeft voornamelijk de volgende doelen:

- Het nagaan van de mogelijke verdere verspreiding van de grondwaterverontreiniging;

- Het verifiëren of een receptor (drinkwaterwinning, oppervlaktewater, waterput voor irrigatie, een particuliere waterput, ...) op korte of middellange termijn kan beïnvloed worden. Tevens moet men zich duidelijk uitspreken over de noodzaak tot het nemen van voorzorgs- of veiligheidsmaatregelen.

In de meeste gevallen bestaat een monitoring uit een opvolging van de grondwaterkwaliteit in een aantal peilbuizen zodat de verspreiding kan gecontroleerd worden. Hierbij geeft de bodemsaneringsdeskundige aan welke peilbuizen worden voorgesteld in het kader van de grondwatermonitoring en met welke frequentie de grondwatermonitoring moet uitgevoerd worden. Richtinggevend wordt hierbij uitgegaan van een 2 à 3 jaarlijkse periodiciteit. Indien er aanwijzingen zijn dat een receptor mogelijk bedreigd kan worden of dat de verontreiniging zich zeer sterk verspreidt, is het aangewezen om deze periodiciteit te verhogen.

Bij mogelijke beïnvloeding van bepaalde receptoren (bijvoorbeeld aantasting van de binnenluchtkwaliteit of leidingwater moeten periodiek eveneens metingen uitgevoerd worden van deze media. De frequentie van de monitoring van de binnenluchtkwaliteit of van de kwaliteit van het leidingwater wordt door de bodemsaneringsdeskundige bepaald op basis van de evaluatie van de potentiële risico's via deze blootstellingsroutes. Voor meer informatie omtrent deze metingen wordt verwezen naar hoofdstuk 3 en de van toepassing zijnde codes van goede praktijk.

Op basis van de monitoringsresultaten zal beslist worden of eventueel voorzorgsmaatregelen dienen opgestart te worden.

7 Bodemsaneringsproject voor de kernzone (BSP kernzone)

7.1 Inleiding

Indien in het BBO kernzone wordt bepaald dat er voor de op het terrein aanwezige bodemverontreiniging in de kernzone moet worden overgegaan tot bodemsanering, moet een bodemsaneringsproject voor de kernzone worden opgesteld.

Dit bodemsaneringsproject voor de kernzone wordt beschouwd als een gefaseerd bodemsaneringsproject in de zin van artikel 47 § 4 van het bodemdecreet. Tevens kan dit bodemsaneringsproject al dan niet een beperkt bodemsaneringsproject zijn.

Voor meer informatie omtrent de inhoud en de rapportage van een (beperkt) bodemsaneringsproject wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Bodemsaneringsproject' en 'Beperkt Bodemsaneringsproject'.

7.2 Controle van reeds uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken

7.2.1 Inleiding

Een efficiënte bodemsanering van VOCI's is in sterke mate afhankelijk van de aanpak van de kernzone. In vele in het verleden uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken werd te weinig aandacht besteed aan onderzoek naar de aanwezigheid van een kernzone. Vaak werd het beschrijvend bodemonderzoek toegespitst op grondwateronderzoek met betrekking tot verontreinigingen met VOCI's en werd te weinig aandacht besteed aan het in kaart brengen van de kernzone. Daarom is het aangewezen dat dit onderzoek alsnog wordt uitgevoerd voorafgaandelijk aan de opmaak van het BSP kernzone.

Bij de controle van de niet volgens deze code van goede praktijk uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken wordt in de eerste plaats gedacht aan de volgende aspecten:

- Zijn alle potentiële verontreinigingsbronnen (cfr. Deel I) in voldoende mate onderzocht tijdens de uitvoering van het oriënterend en/of beschrijvend bodemonderzoek? Hierbij wordt in de eerste plaats gedacht aan voormalige locaties van droogkuismachines en eventuele voormalige lozingspunten voor VOCI's (riolering, aansluitingspunten, zinkputten, lozing op onverhard maaiveld, in grachtjes,...);
- Is tijdens het beschrijvend bodemonderzoek voldoende onderzoek uitgevoerd naar de mogelijke aanwezigheid van een kernzone?
- Zijn de aanwezige kernzones in voldoende mate afgeperkt en in kaart gebracht?
- Is tijdens het beschrijvend bodemonderzoek voldoende aandacht besteed aan de aard van de verontreiniging (nieuw/historisch/gemengd) en werd de conclusie betreffende de aard van de verontreiniging voldoende onderbouwd?
- Is tijdens het beschrijvend bodemonderzoek voldoende aandacht besteed aan de bodemopbouw?
- Zijn er nog hiaten uit het beschrijvend bodemonderzoek die bijkomend onderzocht moeten worden?
- Is de verontreinigingstoestand zoals beschreven in het beschrijvend bodemonderzoek nog voldoende actueel?

Indien de bodemsaneringsdeskundige niet alle vragen eenduidig positief kan beantwoorden moet nagegaan worden of bijkomend veldwerk moet worden uitgevoerd.

Dit bijkomend veldwerk moet uitgevoerd worden volgens de van toepassing zijnde voorschriften uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 6 van deze code van goede praktijk.

7.2.2 Rapportage bijkomende onderzoeksverrichtingen

Dit bijkomende veldwerk kan enkel in het BSP kernzone worden gerapporteerd indien de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek niet worden gewijzigd. Indien de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek gewijzigd worden, moet dit gerapporteerd worden onder de vorm van een aanvulling op het beschrijvend bodemonderzoek.

7.2.2.1 Wijziging van de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek

Onder wijziging van de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek worden bijvoorbeeld verstaan:

- wijziging van de contour zodat er nieuwe kadastrale percelen moeten worden opgenomen;
- wijziging van de risico-evaluatie zodat de noodzaak om tot bodemsanering over te gaan wijzigt;
- wijziging van de aard van de verontreiniging (historisch/nieuw/gemengd).

In dit geval wordt eerst een (aanvulling van het) beschrijvend bodemonderzoek overgemaakt. Na conformverklaring kan vervolgens een bodemsaneringsproject ingediend worden. Hiervoor wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 6 van deze code van goede praktijk.

7.2.2.2 Geen wijziging van de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek

Onder wijziging van de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek wordt bijvoorbeeld niet verstaan:

- wijzigen van het volume van verontreinigde bodem;
- wijzigen van de risico-evaluatie zodat een bepaalde blootstellingsweg niet of wel van toepassing is, maar de conclusie of al dan niet tot bodemsanering over te gaan blijft behouden.

Er wordt een verslag gemaakt van de metingen en er wordt een overzicht gegeven van de analyseresultaten aan de hand van tabellen uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

Er wordt een duidelijk besluit geformuleerd over de uitgevoerde onderzoeksverrichtingen.

Deze gegevens worden gerapporteerd in een apart hoofdstuk van het BSP kernzone.

De noodzakelijke bijlagen (analyseverslagen, boorbeschrijvingen, plannen, risicomodellen, ...) zoals vereist in de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 6 van deze code van goede praktijk worden opgenomen voor zover de gegevens wijzigen en/of relevant zijn.

Wanneer de bodemsanering bestaat uit een uitgraving en in het kader van de uitwerking van deze uitgraving bijkomende boringen uitgevoerd worden om de verontreiniging nauwkeuriger te beschrijven en de volumes nauwkeuriger in te schatten is het niet steeds noodzakelijk van deze uitgebreid te rapporteren.

Wanneer de conclusies van het beschrijvend bodemonderzoek niet wijzigen volstaat een aanduiding van de nieuwe contourlijn op plan en een nieuwe volumeraming.

7.3 Overzicht monitoring in afwachting van de opmaak van het BSP kernzone

Hier wordt een duidelijk overzicht gegeven van het uitgevoerde veldwerk. Dit wordt gerapporteerd in een apart hoofdstuk in het BSP en aan de hand van de tabellen uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 6 uit deze code van goede praktijk.

De noodzakelijke bijlagen (analyseverslagen, boorbeschrijvingen, plannen, risicomodellen, ...) zoals vereist in de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 6 worden opgenomen voor zover de gegevens wijzigen en/of relevant zijn.

7.4 Invulling van het BATNEEC-principe voor VLABOTEX vzw

Een van de doelstellingen van dit specifiek onderdeel van de code van goede praktijk is het vastleggen van een afwegingsmethodiek specifiek voor droogkuislocaties.

Volgens het bodemdecreet moeten de door VLABOTEX vzw uitgevoerde en goedgekeurde bodemsaneringen gerealiseerd worden door toepassen van de best beschikbare technieken die geen overmatige kosten met zich meebrengen. Er dient met andere woorden te worden voldaan aan het BATNEEC principe. Op basis van een BATNEEC-evaluatie worden verschillende mogelijke saneringsvarianten ten opzichte van elkaar afgewogen op basis van financiële criteria, vuilvrachtverwijdering, risico's, resultaatgarantie, technische criteria, enzovoort (multicriteria-analyse). De afwegingsmethodiek dient te resulteren in de keuze van een optimale saneringsaanpak voor de aangetoonde bodemverontreiniging en een maximaal saneringsrendement.

Volgens artikel 48 van het Vlarebo moet bij de evaluatie van de best beschikbare technieken die geen overmatige kosten met zich meebrengen, rekening worden gehouden met de volgende elementen:

1. de verschillende milieuhygiënische criteria van de beschouwde technieken, zoals:
 - de mate van het behalen van de decretale doelstellingen;
 - de eventuele beperkingen op het gebruik van de grond na de bodemsanering;
 - de verschillende milieubaten;
 - de tijd die het zal vergen om de bodem te saneren;
2. de verschillende technische criteria van de beschouwde technieken, zoals:
 - de mogelijke hinder voor de omgeving;
 - de mate waarin toekomstige schade zal voorkomen;
 - de mate waarin bij de uitvoering onbedoelde schade kan worden vermeden;
 - de noodzakelijke maatregelen bij de uitvoering van de bodemsaneringswerken.
3. de kosten van de uitvoering van de bodemsanering en de eventuele bijkomende kosten die gekoppeld zijn aan de restverontreiniging.

Na uitvoering van de bodemsanering voor de kernzone moet steeds nagegaan worden wat de impact is van deze sanering op de grondwaterkwaliteit. Zoals reeds gesteld omvat de kernzone in vele gevallen immers de 'bulk' van de aanwezige verontreiniging en vormt ze op deze wijze een continue bron voor het ontstaan van grondwaterverontreiniging.

Een doeltreffende aanpak van deze kernzone zal daarom in het merendeel van de gevallen een gunstig effect hebben op de resterende grondwaterverontreiniging. De meerwaarde van een effectieve kernaanpak is voor VLABOTEX vzw een wezenlijk uitgangspunt.

In deze optiek beantwoorden 'bewezen' saneringstechnieken beter aan deze randvoorwaarden dan andere 'meer experimentele' saneringstechnieken. In het kader van deze code van goede praktijk is een flow-schema ontwikkeld met 'bewezen' sanerings- en beheersingstechnieken waarvan de haalbaarheid op basis van de locatiespecifieke omstandigheden moet nagegaan worden. Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar bijlage 2. Deze bijlage 2 handelt enkel over de technische opeenvolging van de 'bewezen' sanerings- en beheersingstechnieken. Voor de te volgen procedure voor de uitvoering van het beschrijvend bodemonderzoek en de bodemsanering wordt steeds verwezen naar bijlage 1.

Hierbij is het van belang om inzicht te krijgen in het eindresultaat van de volledige bodemsaneringswerken (grondsanering en grondwatersanering samen). Daarom is het steeds noodzakelijk dat er op basis van het beschrijvend bodemonderzoek van de kernzone reeds een conceptueel sitemodel (CSM) van de verontreiniging voorhanden is en dat dit compleet ingevuld kan worden, zoniet is bijkomend onderzoek noodzakelijk.

7.5 Saneringsstrategie voor de kernzone

7.5.1 Uitgangspunten bodemsaneringsproject

Zoals reeds aangegeven in hoofdstuk 5 is het de bedoeling om de bodemverontreiniging in de kernzone zo optimaal en zo maximaal mogelijk te verwijderen.

De kernzone bevat immers de 'bulk' van de aanwezige verontreiniging en vormt zo op deze wijze de bron van grondwaterverontreiniging. Een doeltreffende en zo maximaal mogelijke aanpak van deze kernzone zal daarom in het merendeel van de gevallen een positieve invloed hebben op de resterende grondwaterverontreiniging.

Bij het opmaken van een bodemsaneringsproject dienen daarom de volgende uitgangspunten in acht te worden genomen:

- Het saneringsdoel en het algemene BATNEEC-principe, zoals vermeld in het bodemdecreet;
- Bij de interpretatie van het BATNEEC-principe speelt de tijd waarbinnen het eindresultaat van de bodemsaneringswerken kan gegarandeerd worden, een essentiële rol;
- Een verder doorgedreven bodemsanering van de kernzone heeft in het globaal een gunstiger effect op de resterende grondwaterverontreiniging;
- Schade aan naburige te behouden gebouwen, te behouden constructies en publieke infrastructuur in het kader van de bodemsaneringswerken moet vermeden worden;
- Tijdens de bodemsaneringswerken moet hinder (o.a. geur-, stof- en geluidshinder) voor de omwonenden tot een minimum beperkt worden;
- De hinder van de saneringswerken op mogelijke bedrijfsactiviteiten ter hoogte van de verontreinigde site moet in de mate van het mogelijke vermeden worden;
- Emissies: Het geloosde effluent voor zowel lucht als water moet voldoen aan de lozingsnormen;
- Omwille van de relatief beperkte financiële middelen moet VLABOTEX vzw zo kostenefficiënt mogelijk werken;
- De selectie van de best beschikbare technieken die geen overmatig hoge kosten met zich meebrengen, gebeurt onafhankelijk van de financiële draagkracht van de saneringsplichtige.

Zoals reeds vermeld in 7.1 wordt dit bodemsaneringsproject voor de kernzone beschouwd als een gefaseerd bodemsaneringsproject in de zin van artikel 47 § 4 van het bodemdecreet. Tevens kan dit bodemsaneringsproject al dan niet een beperkt bodemsaneringsproject zijn.

7.5.2 Haalbaarheid saneringstechnieken

In functie van de afweging van de verschillende saneringsvarianten werden in het schema als bijlage 2 verschillende relevante technieken weerhouden. Deze saneringstechnieken zijn geselecteerd op basis van hun technische haalbaarheid. Bijgevolg zijn al deze saneringstechnieken bewezen technieken (Best Available Techniques).

In eerste instantie moet de bodemsaneringsdeskundige de haalbaarheid van de op basis van bijlage 2 geselecteerde techniek toetsen aan de locatiespecifieke omstandigheden. Hiervoor wordt verwezen naar 7.5.3.

Indien de geselecteerde techniek op basis van het haalbaarheidsonderzoek als een haalbare techniek wordt beschouwd, worden een aantal saneringsvarianten uitgewerkt die van elkaar verschillen op basis van de saneringsdoelstelling.

Indien op basis van het haalbaarheidsonderzoek echter blijkt dat de geselecteerde techniek niet beschouwd kan worden als een haalbare techniek wordt de haalbaarheid van de 'volgende' techniek uit bijlage 2 nagegaan. Uiteraard kan de bodemsaneringsdeskundige steeds gemotiveerd afwijken van de in bijlage 2 vooropgestelde 'volgorde'.

Tot slot wordt uit de uitgewerkte saneringsvarianten de weerhouden saneringsvariant bepaald op basis van een multicriteria analyse.

De bodemsaneringsdeskundige moet bij het opstellen van de multicriteria analyse de haalbaarheid van de bodemsaneringsvarianten inschatten op basis van de gekende gegevens uit het beschrijvend bodemonderzoek, de literatuur en zijn ervaring.

7.5.3 Haalbaarheidsonderzoek

In eerste instantie wordt voor het nagaan van de haalbaarheid verwezen naar de code van goede praktijk voor de respectievelijke saneringstechniek. Indien een bepaalde saneringstechniek wordt weerhouden waarvoor een checklist is opgenomen in de code van goede praktijk, moet de ingevulde checklist aan het bodemsaneringsproject toegevoegd worden.

Indien het onderzoek naar de kernzone correct werd uitgevoerd en door gebruik te maken van bijlage 2 zal het uitvoeren van pilootproeven en laboratoriumtesten beperkt kunnen worden tot het absolute minimum.

Een dergelijke pilootproef is nodig om de uitvoerbaarheid van de weerhouden techniek na te gaan onder de specifieke terreincondities.

Als het uitvoeren van een pilootproef noodzakelijk is, kan hiervoor steeds een gefaseerd beperkt bodemsaneringsproject ingediend worden. Indien de bodemsaneringsdeskundige de haalbaarheid van meerdere technieken wil nagaan door middel van verschillende pilootproeven is het niet de bedoeling om hiervoor verschillende beperkte bodemsaneringsprojecten in te dienen. Deze moeten zoveel mogelijk worden gegroepeerd in 1 beperkt bodemsaneringsproject.

Met betrekking tot het haalbaarheidsonderzoek voorafgaandelijk aan full-scale sanering kan volgend stramien worden gehanteerd als de betrokken saneringstechniek wordt beschouwd als een weerhouden saneringstechniek:

- Bij ontgraving moet steeds een stabiliteitsstudie uitgevoerd worden en moet steeds een duidelijk plan met eventuele ondergrondse obstakels (funderingen, nutsleidingen, riolering, tanks,...) in het bodemsaneringsproject opgenomen worden;
- Bij bodemlucht- of meerfasenextractie is een pilootproef niet strikt noodzakelijk. Hier wordt in eerste instantie verwezen naar de van toepassing zijnde checklist. Wel is het aangewezen om de sanering in fases te implementeren, waarbij gestart wordt met een beperkt aantal onttrekkingsfilters, en op basis van de waarnemingen het systeem eventueel wordt uitgebreid in een volgende fase ('cyclisch ontwerp').
- Bij toepassing van in-situ chemische oxidatie (ISCO) zijn voorafgaandelijk laboratoriumtesten steeds nodig ter bepaling van de oxidansvraag. Bij positief resultaat kan vervolgens een pilootproef uitgevoerd worden die - na conformverklaring van het bodemsaneringsproject - gradueel naar full-scale opgeschaald kan worden;
- Ook bij toepassing van co-solvent- of detergentflushing moeten steeds laboratoriumtesten als een pilootproef uitgevoerd worden. Dit omwille van het innovatief karakter van deze saneringstechniek.

7.5.4 Bijkomende informatie voor het selecteren van bepaalde saneringstechnieken

7.5.4.1 Ontgraving

Gelet op de doelstelling van VLABOTEX vzw zal in bepaalde gevallen een ontgraving en off-site verwerking van de verontreiniging het meest geschikt zijn om de kernzone te verwijderen.

Indien de kernzone verwijderd kan worden zonder overmatige hinder en indien geen stabiliteitstechnische maatregelen nodig zijn om de kernzone uit te graven tot de na te streven bodemkwaliteit wordt geen andere techniek in overweging genomen. De na te streven saneringsdoelstelling wordt gedefinieerd op basis van de multicriteria analyse.

Indien quasi een volledige ontgraving (met verwijdering van meer dan 80 % van de vuilvracht uit de kernzone) mogelijk is - mits nemen van extra maatregelen (zoals stabiliteitsmaatregelen of afbraak van infrastructuur) - moet deze ontgraving met extra maatregelen opgenomen worden in een BATNEEC-evaluatie.

Deze extra maatregelen kunnen onder andere de volgende zijn:

- ontgraving door middel van stabiliteitsmaatregelen;
- ontgraving door middel van bekisting- of beschoeiingsboxen;
- ontgraving met behulp van kleine graafmachines om op moeilijk bereikbare plaatsen nog te kunnen ontgraven. Eventueel moeten de kosten voor het inzetten van een kraan om dergelijke kleine graafmachines ter plaatse te krijgen mee afgewogen worden;
- het slopen van aanwezige bebouwing of infrastructuur. Eventueel kan rekening gehouden worden met de toekomstige herinrichting van de droogkuis of de eventuele herontwikkeling van het terrein;
- Het eventueel manueel ontgraven van 'rest'verontreiniging ter hoogte van moeilijk te bereiken plaatsen (tussen nutsleidingen, ter hoogte van rioleringen,...).

Zelfs in het geval dat minder dan 80 % van de aanwezige vuilvracht in de kernzone verwijderd kan worden door de gedeeltelijke ontgraving moet toch in de BATNEEC-evaluatie meegenomen worden of de gedeeltelijke ontgraving al dan niet wordt uitgevoerd. Dit omwille van de zekerheid van de te bereiken vuilvrachtverwijdering en het mogelijk positief effect voor de resterende grondwaterverontreiniging.

Bij een kernaanpak via ontgraving (al dan niet met extra maatregelen) kan steeds een beperkt gefaseerd bodemsaneringsproject worden opgesteld. Indien echter nog een aanzienlijke restverontreiniging in de kernzone achterblijft die via een in-situ sanering bijkomend aangepakt zal worden kan geen beperkt gefaseerd bodemsaneringsproject opgesteld worden.

In sommige gevallen kan het echter voorkomen dat de restverontreiniging vóór de gedeeltelijke ontgraving niet nader kan onderzocht worden (bijvoorbeeld onder een gebouw, waarbij geen enkele mogelijkheid bestaat om de verontreiniging onder het gebouw beter in kaart te brengen). In dat geval kan geopteerd worden om te wachten tot het moment dat de grondverontreiniging maximaal ontgraven is om dan definitief te bepalen op welke manier de restverontreiniging het best kan gesaneerd worden.

7.5.4.2 In-situ sanering van de kernzone

Bij het doorlopen van het stroomschema wordt er van uit gegaan dat er voorafgaandelijk werd nagegaan in hoeverre een (gedeeltelijke) ontgraving met eventuele extra maatregelen BATNEEC is. Pas als dit niet zo is, is het aangewezen om over te gaan tot een in-situ sanering.

Zoals blijkt uit het doorstroomschema (opgenomen als bijlage 2) wordt er omwille van de stofspecifieke eigenschappen van VOCI's een bepaalde opeenvolging voorgesteld voor de verschillende relevante in-situ technieken. Deze opeenvolging is voornamelijk gebaseerd op de haalbaarheid, toepasbaarheid en de bewezen efficiëntie van de betrokken saneringstechniek.

Zo gaat de voorkeur in eerste instantie uit naar een bodemlucht- of meerfasenextractie van de verontreiniging. Indien deze techniek niet haalbaar is, wordt de haalbaarheid van in-situ chemische oxidatie (ISCO) nagegaan. Indien blijkt dat ook deze techniek niet haalbaar is wordt de haalbaarheid van een cosolvent/detergent flushing nagegaan.

7.5.4.3 Beheersen van de aanwezige verontreiniging

Als blijkt dat de voormelde in-situ saneringstechnieken niet BATNEEC zijn, zal de kernzone vermoedelijk aanwezig blijven, tenzij er een andere/nieuwe/innovatieve saneringstechniek voorhanden is.

In het geval de kernzone gedoogd moet worden zal overgegaan moeten worden tot een beheersing van de verontreiniging.

In dit geval zal vermoedelijk één van de beheersvarianten zoals vermeld in bijlage 2 weerhouden moeten worden. In dit geval is overleg met de OVAM noodzakelijk.

Indien een actueel of potentieel risico niet uitgesloten kan worden moet de bodemsaneringsdeskundige zich duidelijk uitspreken over de te nemen maatregelen (voorzorgsmaatregelen, gebruiksbeperkingen,...) om het risico uit te sluiten.

Indien een gedeeltelijke ontgraving BATNEEC is en voor de restverontreiniging geen verwijdering kan verantwoord worden, dient getracht te worden de restverontreiniging te isoleren. Tijdens het bodemsaneringsproject dienen de risico's voor de volksgezondheid en het leefmilieu ten gevolge van de restverontreiniging te worden ingeschat. Een isolatie van de restverontreiniging kan als beheersmaatregel beschouwd worden indien elk potentieel risico hierdoor kan worden uitgesloten.

Buiten de verschillende beschreven strategieën kunnen ook situaties voorkomen, die niet in één van bovenstaande zogenaamde saneringstechnieken passen. Ook in dit geval is overleg met de OVAM noodzakelijk.

7.6 Rapportage

Bij het opstellen van het gefaseerd (beperkt) bodemsaneringsproject moet rekening gehouden worden gehouden met de specifieke standaardprocedures en de verschillende codes van goede praktijk. Meer specifiek wordt voor de opbouw, de inhoud en de rapportage verwezen naar de van toepassing zijnde standaardprocedures 'Bodemsaneringsproject' en 'Beperkt bodemsaneringsproject'.

8 Bodemsaneringswerken voor de kernzone

8.1 Inleiding

De bodemsaneringswerken dienen opgevolgd te worden door een bodemsaneringsdeskundige. Uitgaande van de bestaande regelgeving moet worden overgegaan tot aanstelling van een veiligheidscoördinator. Hiervoor wordt verwezen naar het Koninklijk Besluit van 25 januari 2001 betreffende de tijdelijke en mobiele bouwplaatsen.

In dit hoofdstuk wordt verder ingegaan op het opvolgen van de saneringswerken en de verschillende stappen die hierbij doorlopen moeten worden.

Enkel een aantal bijzonderheden worden aangestipt. Voor de uitgewerkte beschrijving van de uitvoering van de bodemsaneringswerken wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg' en de verschillende codes van goede praktijk voor de uitvoering, opvolging en beëindiging van de verschillende saneringstechnieken.

8.2 Kwaliteitsplan

Het kwaliteitsplan is een document dat een overzicht geeft van de essentiële informatie en documenten die betrekking hebben op de uitvoering van de bodemsaneringswerken. Voor ieder bodemsaneringswerk moet een kwaliteitsplan worden opgesteld.

Het kwaliteitsplan wordt voor de aanvang van de bodemsaneringswerken opgesteld door de bodemsaneringsdeskundige, in samenspraak met VLABOTEX vzw. Het kwaliteitsplan wordt minimaal acht dagen voor de geplande aanvangsdatum van de bodemsaneringswerken aan de OVAM overgemaakt.

Tijdens de bodemsaneringswerken moet de bodemsaneringsdeskundige elke wijziging aan het kwaliteitsplan schriftelijk aan de OVAM meedelen.

Voor de inhoud en de rapportage wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'.

8.3 Actualisatie verontreinigingssituatie

Voor de aanvang van de bodemsaneringswerken moet de bodemsaneringsdeskundige nagaan of de verontreinigingssituatie, zoals eerder vastgesteld, nog actueel is. Eventueel moet bijkomend veldwerk worden uitgevoerd.

Als de meest recente analyseresultaten voor het grondwater meer dan twee jaar oud zijn, moeten de resultaten in principe worden geactualiseerd voor het indienen van het kwaliteitsplan. De bodemsaneringsdeskundige kan echter motiveren waarom de actualisatie van deze gegevens niet noodzakelijk is. Er moet echter steeds een realistisch beeld van de actuele verontreinigingstoestand voorhanden zijn.

Op basis van de actuele verontreinigingstoestand moet de bodemsaneringsdeskundige het conform verklaard bodemsaneringsproject opnieuw evalueren. Eventueel moeten wijzigingen of aanvullingen op het conform verklaard bodemsaneringsproject worden voorgesteld.

Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'. Als een nieuw bodemsaneringsproject nodig is, kunnen de bodemsaneringswerken niet worden opgestart.

8.4 Start- of informatievergadering

Op de startvergadering moeten VLABOTEX vzw, de bodemsaneringsdeskundige, de veiligheidscoördinator, de bodemsaneerder en eventueel de OVAM aanwezig zijn. Ook de eigenaars en/of de gebruikers van de gronden waarop werken noodzakelijk zijn om de bodemsaneringswerken uit te voeren worden uitgenodigd.

Als een groot aantal eigenaars en/of gebruikers bij de bodemsaneringswerken betrokken is, kan worden geopteerd om deze mensen uit te nodigen op een informatievergadering in plaats van op de startvergadering.

De informatievergadering moet ten laatste een week voor de aanvang van de bodemsaneringswerken worden georganiseerd.

Alle eigenaars en/of gebruikers van de percelen waarop bodemsaneringswerken zullen plaatsvinden moeten tijdig worden uitgenodigd. VLABOTEX vzw en de bodemsaneringsdeskundige geven een toelichting omtrent:

- de algemene verontreinigingstoestand in de bodem;
- de manier waarop en binnen welke termijn de bodemverontreiniging zal worden gesaneerd;
- de mogelijke hinder;
- de resultaten waartoe de bodemsanering zal leiden.

De bodemsaneringsdeskundige stelt het verslag van de startvergadering op, verdeelt het verslag aan VLABOTEX vzw en de bodemsaneerder en houdt een kopie ter beschikking van de OVAM. De bodemsaneringsdeskundige houdt toezicht op de implementatie van de tijdens de startvergadering gemaakte afspraken.

8.5 Veiligheid

De wettelijke vereisten inzake arbeidsveiligheid worden geregeld door het ARAB, AREI, het koninklijk besluit betreffende de tijdelijke of mobiele bouwplaatsen,... . Deze regelgeving blijft tijdens de uitvoering van bodemsaneringswerken onverminderd van kracht.

Het VLAREBO stelt dat het bodemsaneringsproject onder meer volgende gegevens moet bevatten: *"de beschrijving van de maatregelen die zullen worden genomen om zowel de milieuveiligheid als de arbeidsveiligheid te verzekeren bij de uitvoering van de bodemsaneringswerken"*.

De bodemsaneringsdeskundige is dus al bij de voorbereiding van de bodemsaneringswerken (in het kader van het bodemsaneringsproject) verplicht de nodige studies inzake veiligheid uit te voeren (zie ook Achilles). Het is dan ook evident dat de bodemsaneringsdeskundige deze informatie, voor de aanvang van de bodemsaneringswerken, aan alle betrokken partijen ter beschikking stelt.

De bodemsaneringsdeskundige stelt voor de aanvang van de bodemsaneringswerken de teksten uit het bodemsaneringsproject die betrekking hebben op de arbeidsveiligheid bij de uitvoering van de bodemsaneringswerken ter beschikking van VLABOTEX vzw, de bodemsaneerder en de veiligheidscoördinator. Het ter beschikking stellen van deze teksten ontslaat VLABOTEX vzw, de bodemsaneerder en de veiligheidscoördinator niet van hun verplichtingen inzake arbeidsveiligheid.

8.6 Algemene milieukundige leiding

8.6.1 Inleiding

Tijdens de uitvoering van de bodemsaneringswerken houdt de bodemsaneringsdeskundige, door middel van de nodige controles, milieukundig toezicht op de uitvoering en de resultaten van de bodemsaneringswerken. Op basis van dit milieukundig toezicht geeft hij aan VLABOTEX vzw bindend advies betreffende de te nemen acties en maatregelen. VLABOTEX vzw geeft, op basis van dit bindend advies, instructies aan de bodemsaneerder. De bodemsaneringsdeskundige ziet vervolgens toe op de effectieve uitvoering van de gegeven instructies.

8.6.2 Uit te voeren controles

Met controles wordt bedoeld: alle waarnemingen die noodzakelijk zijn om een volledig en correct beeld te krijgen van het verloop en de resultaten van de bodemsaneringswerken.

Onder waarnemingen kunnen terreinbezoeken, staalnames, organoleptische waarnemingen, veld- en laboratoriumanalyses, inmetingen en technische controles worden verstaan.

Voor meer informatie naar de uit te voeren controles of het toezicht op:

- (gedeeltelijke) ontgraving
- bodemluchtexttractie of meerfasenextractie
- in-situ chemische oxidatie (ISCO)
- co-solvent- of detergentflushing

wordt verwezen naar de 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg' en de van toepassing zijnde codes van goede praktijk.

8.6.3 Aanwezigheid van de bodemsaneringsdeskundige op de bodemsaneringswerf

Zoals hierboven al werd aangehaald is het omwille van het feit dat de aard, de omvang en de tijdsduur van bodemsaneringswerken zeer sterk kunnen variëren, vrijwel onmogelijk om exacte richtlijnen te geven inzake de aanwezigheid van de bodemsaneringsdeskundige op de bodemsaneringswerf. Als algemene richtlijn geldt dat de bodemsaneringswerken moeten worden uitgevoerd onder "volledig toezicht" van de bodemsaneringsdeskundige.

Met "volledig toezicht" wordt niet "permanent toezicht" bedoeld. Met "volledig toezicht" wordt wel bedoeld dat de bodemsaneringsdeskundige zijn terreintoezicht zodanig moet organiseren dat hij continu en volledig op de hoogte is en blijft van het verloop en de resultaten van de bodemsaneringswerken. De bodemsaneringsdeskundige laat voor de bodemsaneringswerken aan VLABOTEX vzw en aan de bodemsaneerder weten welke fases van de bodemsaneringswerken in zijn aanwezigheid moeten worden uitgevoerd.

Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'.

8.6.4 Dagboek milieukundig toezicht

De bodemsaneringsdeskundige moet tijdens de bodemsaneringswerken een dagboek milieukundig toezicht bijhouden. Het dagboek milieukundig toezicht mag niet worden verward met het dagboek der werken dat op bodemsaneringswerken door de bodemsaneerder wordt bijgehouden.

Het dagboek milieukundig toezicht is een formulier dat de bodemsaneringsdeskundige na ieder terreinbezoek invult en ondertekent. VLABOTEX vzw ontvangt na het terreinbezoek een kopie. VLABOTEX vzw, of een daartoe door hem aangestelde contactpersoon, tekent voor ontvangst. De bodemsaneringsdeskundige houdt zijn exemplaar ter beschikking voor inzage door de OVAM.

Voor meer informatie omtrent de inhoud van dit dagboek milieukundig toezicht wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'.

8.6.5 Geven van bindend advies

Op basis van zijn milieukundige leiding (werfbezoeken, analyses, metingen,...) moet de bodemsaneringsdeskundige, indien nodig, aan VLABOTEX vzw bindend advies geven betreffende de te nemen acties en/of maatregelen. Het geven van bindend advies aan VLABOTEX vzw impliceert dat VLABOTEX vzw actie moet ondernemen.

De bodemsaneringsdeskundige moet bepalen voor welke vaststellingen, volgend uit zijn toezicht, bindend advies en dus acties noodzakelijk zijn. Voor meer informatie omtrent dit bindend advies wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'.

8.7 Opvolging van de saneringswerken

8.7.1 Inleiding

Tijdens de bodemsaneringswerken moet de bodemsaneringsdeskundige het verloop en de resultaten van de bodemsaneringswerken periodiek rapporteren aan de OVAM. De bodemsaneringsdeskundige ziet er op toe dat op de vastgestelde tijdstippen wordt gerapporteerd aan de OVAM.

De tussentijdse rapportering heeft tot doel:

- de OVAM op een globale wijze op de hoogte te houden van de vooruitgang van de bodemsaneringswerken;
- de OVAM op een globale wijze op de hoogte te houden van het feit dat de uitgevoerde bodemsaneringswerken beantwoorden aan het bodemsaneringsproject en het conformiteitsattest en hun respectievelijke doelstellingen;
- de OVAM te informeren omtrent het feit dat tussentijdse interventies van de OVAM al dan niet noodzakelijk zijn.

8.7.2 Rapportage tussentijds rapport aan de OVAM

Er moet enkel een tussentijds verslag aan de OVAM overgemaakt te worden in de volgende gevallen:

- de (gedeeltelijke) ontgraving van de kernzone en de monitoringsfase ter controle van de grondwaterverontreiniging is afgerond;
- calamiteiten;
- onverwachte resultaten bij monitoring (na uitvoering ontgraving);
- vraag tot eenmalige verlenging van de termijn van 180 dagen (beperkt bodemsaneringsproject);
- de bodemsaneringsdeskundige wenst over te gaan tot het stopzetten van een actieve in-situ sanering;
- kleine afwijkingen ten opzichte van goedgekeurd bodemsaneringsproject;
- de (actieve) in-situ sanering haalt geen of te weinig rendement.

Voor meer informatie omtrent de inhoud en de rapportage van het tussentijds rapport aan de OVAM wordt verwezen naar de 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg' en de van toepassing zijnde codes van goede praktijk.

8.8 Stopzetting van de bodemsaneringswerken

De bodemsaneringswerken kunnen als beëindigd worden beschouwd als:

- De saneringsdoelstellingen werden gerealiseerd conform de bepalingen van het conformiteitsattest en rekening houdend met het BATNEEC-principe.
- Een stabiele eindtoestand werd bekomen. Als werd geopteerd voor een in-situ sanering moet de gerealiseerde eindtoestand worden bevestigd. Hiervoor moeten minimaal twee halfjaarlijkse monitoringsrondes worden uitgevoerd.

Wegens de aanwezigheid van een kern- en pluimzone zal in de meeste gevallen gefaseerd gewerkt worden. Bijgevolg zal slechts een eindevaluatierapport bij de OVAM ingediend kunnen worden indien ook het bodemonderzoek en de bodemsanering voor de pluimzone uitgevoerd is. Voor meer informatie omtrent het eindevaluatieonderzoek en de nazorg wordt dan ook verwezen naar Hoofdstuk 11.

9 Afperkend bodemonderzoek van de pluimzone (BBO pluimzone)

9.1 Doelstelling en opbouw van het BBO pluimzone

Het BBO pluimzone moet steeds voldoen aan de daaraan door de OVAM gestelde vereisten.

In het geval er voorafgaandelijk een kernzone werd aangetoond en een gefaseerde bodemsanering van de kernzone werd (of wordt) uitgevoerd, wordt het beschrijvend bodemonderzoek van de pluim beschouwd als een gefaseerd beschrijvend bodemonderzoek in de zin van artikel 38 § 3 van het bodemdecreet. Indien de aanwezigheid van een kern niet werd aangetoond, wordt zoals reeds vermeld in hoofdstuk 5 een volledig beschrijvend bodemonderzoek (kernzone én pluimzone) opgemaakt.

Omdat in het merendeel van de door VLABOTEX vzw behandelde dossiers een ruimtelijk te onderscheiden pluim en kern zal voorkomen, zal in het merendeel van de dossiers gefaseerd gewerkt worden.

Zoals in deel I beschreven, wordt de pluimzone omschreven als de bodemzone (buiten de retentiezone) waar de verontreiniging opgelost in het grondwater en geadsorbeerd is aan de bodemdeeltjes aanwezig is.

Het beschrijvend bodemonderzoek van de pluimzone omvat de volgende delen:

- afbakening van de pluimzone;
- risico-evaluatie;
- het bepalen of de bodemsanering van de pluimzone al dan niet noodzakelijk is;

Het beschrijvend bodemonderzoek van de pluimzone moet toelaten:

- een overzicht te geven van de verontreinigingssituatie van de pluimzone in het horizontale en verticale vlak (volume en concentraties in zowel vaste fase als het grondwater);
- een raming op te maken van de aanwezige vuilvracht (massa aan pollutie) in de pluimzone;
- een uitspraak te doen over de saneringsnoodzaak en de saneringsprioriteit van de pluimzone;
- een uitspraak te doen over de noodzaak tot het nemen van voorzorgsmaatregelen of veiligheidsmaatregelen in afwachting van de saneringswerken (indien vereist);
- een bodemsaneringsproject uit te werken voor de pluimzone (indien vereist);
- Een monitoringsprogramma op te stellen in afwachting van de bodemsanering van de pluimzone (indien vereist);

9.2 Afbakening van de pluimzone

9.2.1 Inleiding

De doelstelling van de bemonsteringstrategie is de aard en de concentratie van de verontreinigende stoffen in het horizontale en het verticale vlak in kaart te brengen voor het grondwater.

Dit wordt planmatig in kaart gebracht door het tekenen van isoconcentratielijnen en dit zowel voor het horizontale als voor het verticale vlak.

Na het tekenen van de isoconcentratielijnen wordt vervolgens de vuilvracht berekend die aanwezig is in de pluimzone. Hierbij wordt zowel de in het grondwater opgeloste verontreiniging als de aan de bodem geadsorbeerde verontreiniging in rekening gebracht.

Voor meer informatie hieromtrent wordt verwezen naar het voorbeeld dat in hoofdstuk 2 concreet werd uitgewerkt.

Voor de isoconcentratielijnen die bepaald moeten worden, wordt verwezen naar de van toepassing zijnde isoconcentratielijnen voor het grondwater uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek'.

De onderzoeksstrategie moet op een dusdanige wijze opgesteld worden dat er aan de inhoud van het beschrijvend bodemonderzoek voor de pluimzone kan voldaan worden. Het resultaat van het bodemonderzoek moet toelaten dat er een rapport, conform de in de code van goede praktijk opgenomen inhoud, kan opgemaakt worden.

9.2.2 Algemene richtlijnen bemonsteringstrategieën

Het is niet haalbaar om, in het kader van deze code van goede praktijk, hoeveelheden op te geven inzake het uit te voeren veldwerk voor de afperking van de pluimzone.

Door middel van snelle screeningsmethodes (bijvoorbeeld MIP's) kan het soms aangewezen zijn om de verontreinigingszone indicatief in kaart te brengen. Ter controle en voor het bepalen van de isoconcentratielijnen voor de pluimzone moeten een relevant en voldoende aantal peilbuizen geplaatst worden. Bij de plaatsing van de peilbuizen moet voldoende aandacht besteed worden aan de geologische opbouw van het terrein, historiek van de verontreiniging, eventuele helling van ondoorlatende lagen, grondwaterstromingsrichting en de aanwezigheid van ondoorlatende, organische stofrijke en/of goed doorlatende pakketjes zoals kleilagen, veenlagen, grind- of schelpenbanken,...

Voor meer informatie omtrent de plaatsing van de peilbuizen wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Voor de concrete uitwerking van de onderzoeksstrategie wordt verwezen naar strategieën 4, 5 en 6 van de standaardprocedure Beschrijvend bodemonderzoek.

Door middel van een waterpassing op de op het terrein aanwezige peilbuizen wordt de vermoedelijke grondwaterstromingsrichting bepaald.

In regel mogen de analyseresultaten van de verontreinigende stoffen in het grondwater maximum 1 jaar oud zijn. De bodemsaneringsdeskundige kan echter motiveren waarom actualisatie van deze gegevens niet noodzakelijk is. Bij afronding van het gefaseerde of volledige beschrijvend bodemonderzoek moet een realistisch beeld van de verontreinigingstoestand gegeven kunnen worden en kan het aangewezen zijn de 'oudste' analyseresultaten te actualiseren.

9.3 Monitoring van de pluimzone

Nadat de pluimzone is afgeperkt kan een verdere monitoring worden opgestart. Het doel van deze monitoring is tweërlei. Deze dient zowel om een correcte risico-evaluatie voor de pluimzone te kunnen uitvoeren, als om een ultiem beslismoment te voorzien om de noodzaak om tot bodemsanering voor de pluimzone over te gaan te beoordelen.

Tijdens deze monitoring worden gedurende een periode van maximaal 3 jaar tot 5 jaar de relevante peilbuizen in de voormalige kernzone (indien gesaneerd) en de pluimzone bemonsterd.

Een dergelijke lange monitoringsperiode zal meestal noodzakelijk zijn om het effect van de (eventueel uitgevoerde) bodemsanering van de kernzone op de pluimzone te kunnen nagaan. Deze monitoring kan aanzien worden als de trendanalyse in het kader van het aantonen van de haalbaarheid van gemonitoorde natuurlijke attenuatie (MNA).

Tijdens deze monitoring kunnen de volgende aspecten nader onderzocht worden, indien van toepassing:

- Invloed van de bodemsanering van de kernzone (en de eventuele restverontreiniging) op de pluimzone. Hiertoe moet een monitoring van de pluimzone voorzien worden;
- Effect van de bodemsanering van de kernzone (en de eventuele restverontreiniging) op potentiële receptoren. Eventueel dienen hiervoor op regelmatige tijdstippen metingen (binnenluchtmetingen, staalnames van leiding- of putwater,...) voorzien te worden.
- De natuurlijke afbraak van de eventuele restverontreiniging in de kernzone en de aanwezige verontreiniging in de pluimzone. Voor de te volgen onderzoeksmethode naar de natuurlijke afbraak wordt er verwezen naar de richtlijnen ter zake uit de code van goede praktijk 'Natuurlijke attenuatie'. Op basis van de resultaten dient inzicht bekomen te worden binnen welke termijn het eindstadium van de bodemsanering kan verwacht worden;
- Het nagaan van de mogelijke verdere verspreiding van de verontreiniging;
- Het verifiëren of een receptor (drinkwaterwinning, oppervlaktewater, waterput voor irrigatie, een particuliere waterput, ...) op korte of middellange termijn kan beïnvloed worden.

Maximaal 5 jaar na de opstart van de monitoring wordt een **ultiem beslismoment** voorzien. Op basis van het beslismodel wordt dan uitgemaakt of bodemsanering voor de pluimzone al dan niet noodzakelijk is.

Er dient rekening mee gehouden worden dat een spreiding kan optreden op de aangetoonde concentraties (spreiding bemonstering, spreiding analyse, seizoensspreidingen, ...). Het principe bestaat er in om een bepaalde trend (toename of afname) in de grondwaterconcentraties te kunnen beoordelen in functie van de verspreiding van een eventuele grondwaterverontreiniging.

Voorts moet rekening gehouden worden met het ontstaan van mobiele biodegradatieparameters (1,2-dichlooretheen, vinylchloride).

Indien uit de tussentijdse resultaten blijkt dat er geen potentieel voor MNA aanwezig is, namelijk indien de concentraties aanzienlijk stijgen **of** indien biologische afbraak niet kan worden aangetoond, **of** dat een actueel risico uitgaat van de verontreiniging moet de monitoring van de grondwaterkwaliteit afgesloten worden en moet een beschrijvend bodemonderzoek voor de pluimzone ingediend worden.

9.4 Risico-evaluatie

9.4.1 Noodzaak tot bodemsanering

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 6.4.1. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 6.4.1 verwezen.

9.4.2 Risico-evaluatie

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 6.4.2. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 6.4.1 verwezen.

9.5 Rapportering van het BBO pluimzone

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 9.5. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 9.5 verwezen.

10 Bodemsaneringsproject voor de pluimzone (BSP pluimzone)

10.1 Inleiding

Indien op basis van het beschrijvend bodemonderzoek van de pluimzone moet overgegaan worden tot bodemsanering voor de pluimzone, moet een bodemsaneringsproject voor de pluimzone opgesteld worden.

Dit bodemsaneringsproject wordt beschouwd als een gefaseerd bodemsaneringsproject in de zin van artikel 47, § 4 van het bodemdecreet, tenzij er voorafgaandelijk een gefaseerde kernsanering werd uitgevoerd. Dit bodemsaneringsproject kan dan niet een beperkt bodemsaneringsproject zijn.

Voor meer informatie omtrent de inhoud en de rapportage van een (beperkt) bodemsaneringsproject wordt verwezen naar de standaardprocedure 'Bodemsaneringsproject'.

10.2 Controle van reeds uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken

10.2.1 Inleiding

Een efficiënte bodemsanering van VOCl's is in sterke mate afhankelijk van de kwaliteit van het uitgevoerde onderzoek. Daarom is het raadzaam om bij niet volgens deze code van goede praktijk uitgevoerde beschrijvende bodemonderzoeken nog een aantal zaken te controleren vooraleer een BSP pluimzone wordt opgesteld.

Hierbij wordt gedacht aan de volgende aspecten:

- Is tijdens het beschrijvend bodemonderzoek voldoende aandacht besteed aan de bodemopbouw?
- Zijn er nog hiaten uit het beschrijvend bodemonderzoek die bijkomend onderzocht moeten worden?
- Is de verontreinigingstoestand zoals beschreven in het beschrijvend bodemonderzoek nog voldoende actueel?
- Is de aanwezigheid van een kernzone aangetoond? Zo ja, is er een actieve kernsanering uitgevoerd?
- Indien de bodemsaneringsdeskundige niet op alle vragen eenduidig positief kan antwoorden moet nagegaan worden of bijkomend veldwerk moet worden uitgevoerd.

Dit bijkomend veldwerk moet uitgevoerd worden volgens de van toepassing zijnde voorschriften uit de standaardprocedure 'Beschrijvend bodemonderzoek' en hoofdstuk 9 van deze code van goede praktijk.

10.2.2 Rapportage bijkomende onderzoeksverrichtingen

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 7.2.2. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 7.2.2 verwezen.

10.3 Invulling van het BATNEEC-principe voor VLABOTEX vzw

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 7.4. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 7.4 verwezen.

Evenwel wordt nogmaals de nadruk gelegd op het belang van een geheel of gedeeltelijke bodemsanering van de kernzone. Een doeltreffende aanpak van de kernzone zal in het merendeel van de gevallen immers een positief effect hebben op de resterende grondwaterverontreiniging.

Daarnaast is een goed Conceptueel sitemodel (CSM) een noodzaak om tot een efficiënte aanpak van de pluimzone te kunnen overgaan.

10.4 Saneringsstrategie voor de pluimzone

10.4.1 Uitgangspunten bodemsaneringsproject voor de pluim

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 7.5.1. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 7.5.1 verwezen.

10.4.2 Haalbaarheid saneringstechnieken

De paragraaf is volledig gelijklopend aan paragraaf 7.5.2. Voor verdere informatie wordt bijgevolg naar 7.5.2 verwezen.

10.4.3 Haalbaarheidsonderzoek

In eerste instantie wordt voor het nagaan van de haalbaarheid verwezen naar de code van goede praktijk voor de respectieve saneringstechniek. Indien een bepaalde saneringstechniek wordt weerhouden waarvoor een checklist is opgenomen in de code van goede praktijk, moet de ingevulde checklist aan het bodemsaneringsproject toegevoegd worden.

Indien het beschrijvend bodemonderzoek van de pluimzone correct werd uitgevoerd en door gebruik te maken van de technieken zoals bepaald in bijlage 2 zal het uitvoeren van pilootproeven en laboratoriumtesten beperkt kunnen worden tot het absolute minimum.

Dergelijke piloottesten en laboratoriumtesten zijn noodzakelijk om de uitvoerbaarheid van de weerhouden techniek na te gaan onder de specifieke terreincondities.

Als het uitvoeren van een pilootproef noodzakelijk is, kan hiervoor steeds een gefaseerd beperkt bodemsaneringsproject ingediend worden. Indien de haalbaarheid van meerdere technieken wordt nagegaan door middel van verschillende pilootproeven is het niet de bedoeling om voor verschillende pilootproeven ook verschillende beperkte bodemsaneringsprojecten in te dienen. Deze moeten zoveel mogelijk worden gegroepeerd in 1 beperkt bodemsaneringsproject.

Met betrekking tot het haalbaarheidsonderzoek voorafgaandelijk aan full-scale sanering kan volgend stramien worden gehanteerd als de volgende saneringstechnieken worden beschouwd als een weerhouden saneringstechniek:

1. De toepasbaarheid van natuurlijke attenuatie moet nagegaan worden door middel van de van toepassing zijnde richtlijnen uit de code van goede praktijk 'Natuurlijke Attenuatie';

2. Bij de toepassing van in-situ anaërobe bioremediatie moet steeds een pilootproef uitgevoerd worden. In geval van twijfel aangaande de haalbaarheid en volledigheid van de gewenste dechloreringsreacties moeten voorafgaandelijk laboratoriumtesten uitgevoerd worden;
3. Bij toepassing van in-situ chemische oxidatie (ISCO) zijn voorafgaandelijk laboratoriumtesten steeds nodig ter bepaling van de oxidansvraag. Bij positief resultaat kan vervolgens een pilootproef uitgevoerd worden die, na conformverklaring van het bodemsaneringsproject gradueel naar full-scale opgeschaald kan worden;

10.4.4 Bijkomende informatie voor het selecteren van bepaalde saneringstechnieken

10.4.4.1 Natuurlijke attenuatie (MNA)

Zoals reeds aangegeven in hoofdstuk 5 kan, indien geen receptor effectief bedreigd wordt én gemonitoorde natuurlijke attenuatie (MNA) haalbaar lijkt, een BSP pluimzone ingediend worden waarbij MNA als de weerhouden variant beschouwd wordt.

De potentie voor natuurlijke afbraak dient bewezen te worden op basis van de methodologie zoals weergegeven in de code van goede praktijk 'Natuurlijke attenuatie'. Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 9 kan tijdens de monitoring van de grondwaterkwaliteit in het BBO pluimzone het potentieel van de biologische afbraak ingeschat worden. Aldus kan dit fungeren als implementatiestadium.

Tevens moet in het bodemsaneringsproject een besliscriterium opgesteld worden wanneer de vooropgestelde bodemsanering (door middel van MNA) als beëindigd kan beschouwd worden of wanneer bijkomende (actieve) maatregelen noodzakelijk worden geacht.

10.4.4.2 Actieve in-situ-sanering van de pluimzone

Als wel degelijk een receptor effectief bedreigd wordt of MNA niet haalbaar lijkt, moet nagegaan worden of een actieve sanering van de pluimzone BATNEEC is.

Analoog aan de aanpak van de kernzone en zoals blijkt uit schema opgenomen als bijlage 2, wordt er omwille van de stofspecifieke eigenschappen van VOCI's een bepaalde opeenvolging voorgesteld voor de verschillende relevante in-situ technieken. Deze opeenvolging is voornamelijk gebaseerd op de haalbaarheid, toepasbaarheid en de bewezen efficiëntie van de betrokken saneringstechniek.

Zo gaat de voorkeur in eerste instantie uit naar de toepassing van gestimuleerde biologische afbraak. Indien deze techniek niet haalbaar is, wordt de haalbaarheid van in-situ chemische oxidatie (ISCO) nagegaan. Indien blijkt dat ook deze techniek niet haalbaar is wordt de haalbaarheid van Pump & Treat nagegaan.

10.4.4.3 Beheersen van de aanwezige verontreiniging

Als blijkt dat de voormelde in-situ saneringstechnieken niet BATNEEC zijn zal de pluimzone beheerst moeten worden.

In dit geval zal vermoedelijk een van de beheersvarianten zoals vermeld in bijlage 2 weerhouden moeten worden. In dit geval is overleg met de OVAM noodzakelijk.

Indien een actueel of potentieel risico niet uitgesloten kan worden moet de bodemsaneringsdeskundige zich duidelijk uitspreken over welke maatregelen (voorzorgsmaatregelen, gebruiksbepalingen,...) er genomen moeten worden om het risico uit te sluiten.

Buiten de verschillende beschreven strategieën kunnen ook situaties voorkomen, die niet in één van bovenstaande zogenaamde saneringstechnieken passen. Ook in dit geval is overleg met de OVAM noodzakelijk.

10.5 Rapportage

Bij het opstellen van het gefaseerd (beperkt) bodemsaneringsproject moet rekening gehouden worden gehouden met de specifieke standaardprocedures en de verschillende codes van goede praktijk. Meer specifiek wordt voor de opbouw, de inhoud en de rapportage verwezen naar de van toepassing zijnde standaardprocedures 'Bodemsaneringsproject' en 'Beperkt bodemsaneringsproject'.

11 Bodemsaneringswerken voor de pluim

11.1 Inleiding

In grote lijnen is dit hoofdstuk volledig gelijklopend aan hoofdstuk 8. Voor verdere informatie wordt in eerste instantie dan ook verwezen naar dat hoofdstuk.

Hier worden enkel nog een aantal zaken aangegeven omtrent het stopzetten van de bodemsaneringswerken en de nazorg aangegeven.

11.2 Stopzetting van de bodemsaneringswerken

Na uitvoering van de bodemsaneringswerken moet de bodemsaneringsdeskundige een eindevaluatieonderzoek opstellen. De bodemsaneringswerken worden als beëindigd beschouwd als:

- De saneringsdoelstellingen werden gerealiseerd conform de bepalingen van het conformiteitsattest en rekening houdend met het BATNEEC-principe.
- Een stabiele eindtoestand werd bekomen. Als werd geopteerd voor een in-situ sanering moet de gerealiseerde eindtoestand worden bevestigd. Hiervoor moeten minimaal twee halfjaarlijkse monitoringsrondes worden uitgevoerd.

Het eindevaluatieonderzoek kan pas bij de OVAM worden ingediend wanneer aan bovenvermelde voorwaarden is voldaan.

Het eindevaluatieonderzoek voor zowel de kern- als de pluimzone bevat een beschrijving van de uitgevoerde bodemsaneringswerken en de resultaten waartoe de bodemsanering heeft geleid. De bodemsaneringsdeskundige moet in het eindevaluatieonderzoek ook aantonen dat een stabiele eindtoestand werd bereikt. Tevens geeft het eindevaluatieonderzoek een overzicht van de eventuele maatregelen in het kader van de nazorg.

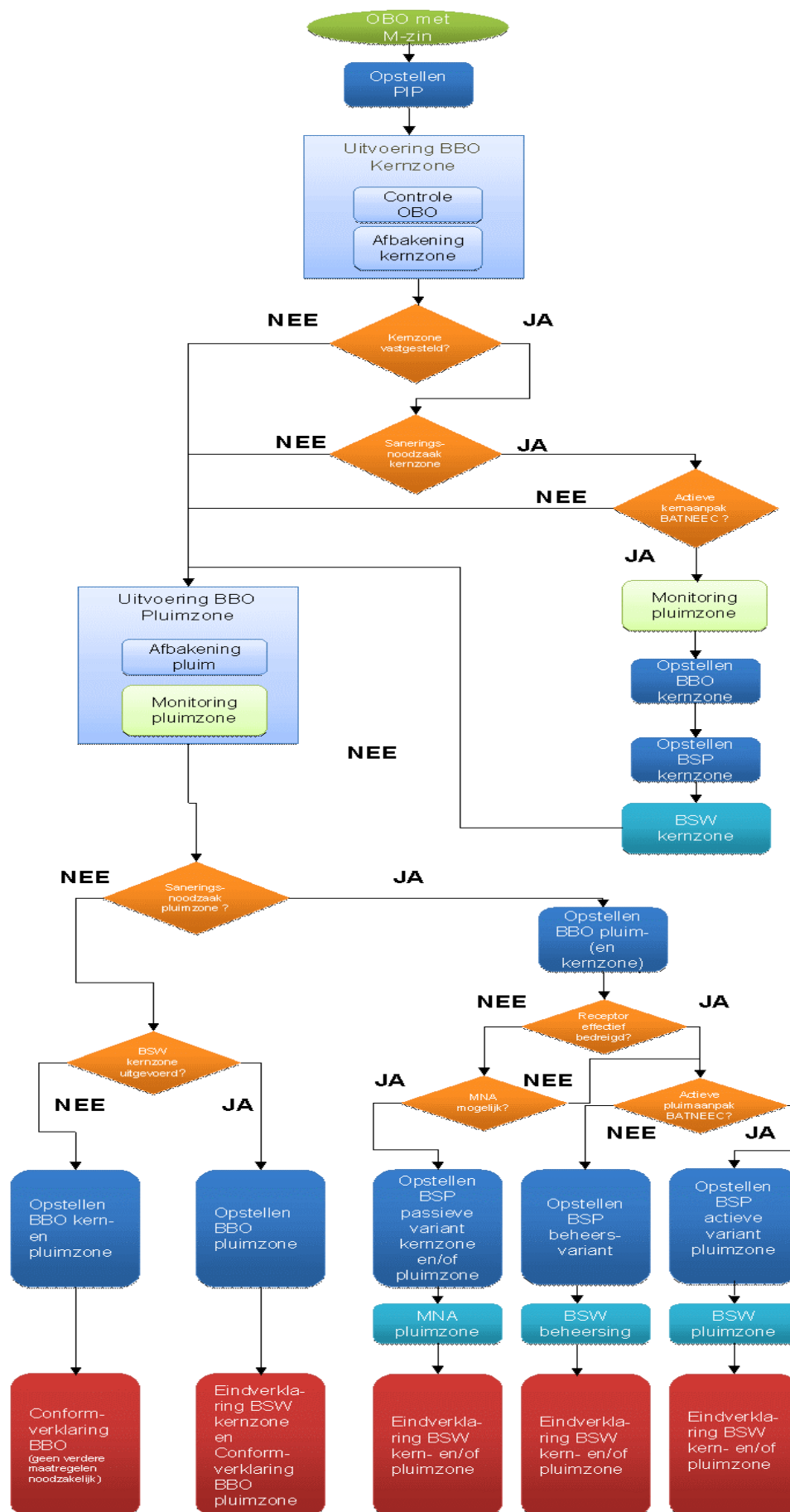
Voor meer informatie omtrent de inhoud en de rapportage van het eindevaluatieonderzoek wordt verwezen naar de 'Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, Eindevaluatieonderzoek en Nazorg'

11.3 Nazorg

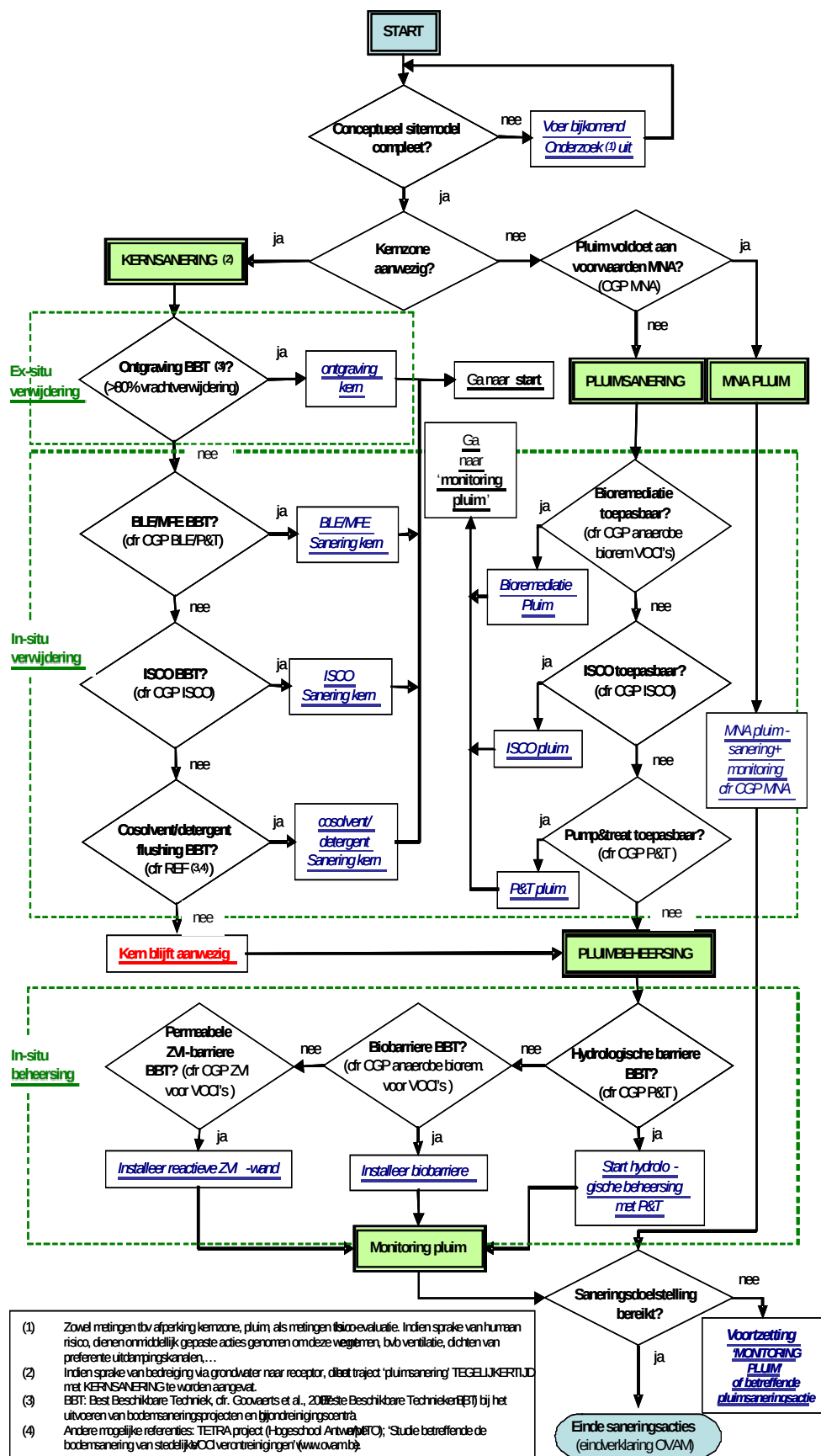
Indien uit het eindevaluatieonderzoek blijkt dat na de uitvoering van de bodemsaneringswerken een nazorg (maatregelen van controle en bewaking na uitvoering van het eindevaluatieonderzoek) noodzakelijk is, dient een bodemsaneringsdeskundige in te staan voor de uitvoering van de nazorg en voor de rapportering van de resultaten.

12 BIJLAGEN

Bijlage 1. Overzicht procedure



Bijlage 2. Flowchart voor de selectie van bewezen sanering- en beheersingstechnieken voor een VOCl-verontreiniging op een droogkuislocatie



Verklaring van gebruikte afkortingen: **MNA**: gemonitorde natuurlijke attenuatie; **CGP**: code van goede praktijk (www.ovam.be); **ISCO**: in-situ chemische oxidatie; **BLE/MFE**: bodemluchtextractie/multifasenextractie; **P&T**: Pump&Treat; **ZVI**: zerovalent ijzer.