



Professionele Bachelor Agro- en Biotechnologie
Biotechnologie



ONDERZOEK NAAR VERHOOGDE CONCENTRATIES
AAN ZWARE METALEN EN MINERALE OLIE IN
OUDERE PEILBUIZEN

Sam Pardon

Promotoren:

Projectbegeleider: Bart Cornelis

Projectmanager: Evelyne Wirix

Projectmentor: Silvio Giovannelli

Hogeschool PXL

Hogeschool PXL

DLV



Professionele Bachelor Agro- en Biotechnologie
Biotechnologie



**ONDERZOEK NAAR VERHOOGDE CONCENTRATIES
AAN ZWARE METALEN EN MINERALE OLIE IN
OUDERE PEILBUIZEN**

Sam Pardon

Promotoren:

Projectbegeleider: Bart Cornelis

Projectmanager: Evelyne Wirix

Projectmentor: Silvio Giovannelli

Hogeschool PXL

Hogeschool PXL

DLV

Voorwoord

Deze bachelorproef is tot stand gekomen dankzij de steun en hulp van enkele bijzondere personen. Daarom zou ik graag een woordje van dank tot hen willen richten. Allereerst wil ik de medewerkers van DLV bedanken dat ik mijn bachelorproef bij dit bedrijf mocht uitvoeren. Zonder hen zou ik nooit aan al deze activiteiten hebben kunnen deelnemen. In het bijzonder zou ik mijn stagementors Silvio Giovannelli en Stijn Santermans willen bedanken voor hun uitstekende begeleiding gedurende deze bachelorproef.

Daarnaast zou ik ook mijn stagementor Bart Cornelis willen bedanken voor zijn raad en advies bij het opstellen van mijn bachelorproef en het beantwoorden van mijn vragen.

Voor mij was deze bachelorproef dan ook een zeer leuke ervaring waar ik heel wat van heb opgestoken.

Samenvatting

Grondwater kent vele toepassingen met als belangrijkste toepassing de productie van drinkbaar water. Omdat in Vlaanderen de kwetsbaarheid van onze grondwaterlagen niet overal even goed is, is het belangrijk om het grondwater nauwgezet te controleren en dit zowel op kwantiteit als kwaliteit. De controle ervan gebeurt aan de hand van een peilbuis. Deze bestaat uit een filter, die zich in de verzadigde zone bevindt en een blind gedeelte in de onverzadigde zone van de bodem.

Het plaatsen van peilbuizen is in sommige gevallen verplicht. Onder meer bij een oriënterend of beschrijvend bodemonderzoek, maar ook in enkele andere specifieke gevallen zoals bij landbouwbedrijven waar dit is opgelegd in de Vlarem-voorwaarden en voor grondwaterwinningen. Aan de hand van de peilbuizen worden er stalen genomen, waarna men de kwaliteit van het grondwater gaat analyseren of de stand van de grondwaterspiegel opmeten.

Peilbuizen kunnen tijdelijk geplaatst worden maar ook permanent. Op terreinen waar in het verleden reeds peilbuizen zijn geplaatst, worden bij periodieke onderzoeken en actualisaties de bestaande peilbuizen hergebruikt. Het gebruik van deze bestaande peilbuizen zorgt soms voor onverwachte resultaten. Dit is dan ook de reden dat dit onderzoek tot stand is gekomen.

In sommige onderzoeken wordt er bij het gebruik van bestaande peilbuizen verhoogde concentraties aan zware metalen en minerale olie waargenomen.

Tot de groep van zware metalen worden arseen (As), boor (B), cadmium (Cd), chroom (Cr), kobalt (Co), koper (Cu), kwik (Hg), lood (Pb), nikkel (Ni), zink (Zn) en ijzer (Fe) gerekend.

De term minerale olie wordt gebruikt om de totale hoeveelheid aan olie in het grondwater aan te duiden. Het is een verzamelnaam voor een aantal producten die bestaan uit verschillende destillatiefracties van aardolie. De koolwaterstoffen (aromatische en alifatische) vormen de belangrijkste componenten van minerale olie.

Deze verhoogde concentraties zijn echter niet altijd in overeenstemming met de werkelijke situatie. De verhoogde concentraties komen ook maar bij bepaalde peilbuizen voor. Een mogelijke oorzaak van verhoogde concentraties zou een nieuwe verontreiniging kunnen zijn. Maar wanneer dit niet het geval is kunnen er heel wat andere hypothesen geformuleerd worden. Zo zou het dichtslibben of accumulatie van verontreinigde stoffen in de filter, het materiaal waaruit een peilbuis is opgebouwd of de bodemsamenstelling mogelijke oorzaken kunnen zijn. De meest relevante oplossing voor het probleem is het grondig en voldoende voorpompen en spoelen van de peilbuis. Als richtwaarde voor het voorpompen en spoelen wordt er 5 maal het peilbuis volume gehanteerd, wat overeenkomt met circa 2,5l.

Deze verhoogde concentraties zorgen natuurlijk voor extra problemen en kosten voor de eigenaar. Daarom dat er in deze bachelorproef ook een afweging wordt gemaakt of het gebruik van bestaande peilbuizen, die te kampen hebben met het gekende probleem, of het plaatsen van nieuwe peilbuizen het voordeligst is. Uit de berekening blijkt dat het plaatsen van nieuwe peilbuizen voordeliger zou zijn dan het gebruik van bestaande peilbuizen die de verhoogde waarden vertonen.

Lijst met afkortingen

BSN	Bodemsaneringsnorm
BTEX	Benzeen, toluen, ethyleen en xyleen
DOC	Dissolved organic carbon
EC	elektrische geleidbaarheid
HDPE	High-density polyethylene
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
PAK's	Polyaromatische koolwaterstoffen
PVC	Polyvinylchloride
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting.....	2
Lijst met afkortingen	3
Inhoudsopgave	4
1. Inleiding	7
2. Literatuurstudie.....	9
2.1. Omschrijving van zware metalen en minerale olie	9
2.1.1. Zware metalen	9
2.1.2. Minerale olie	10
2.2. Problematiek rond zware metalen en minerale olie in Vlaams grondwater.	12
2.2.1. Zware metalen	12
2.2.2. Minerale olie	15
2.3. Mobiliteit in de bodem en het grondwater	16
2.3.1. Verplaatsing van (verontreinigde) stoffen in bodem en grondwater	16
2.3.2. Grondwaterkwetsbaarheidskaart.....	17
2.3.3. Mobiliteit van zware metalen	20
A. Bodem	20
B. Grondwater	22
2.3.4. Minerale olie	24
2.4. Regelgeving betreffende bodembescherming en -sanering	26
2.4.1. Bodemdecreet	26
2.4.2. Vlaams Reglement rond bodemsanering en bodembescherming (Vlarebo 2008)	27
a. Streefwaarde	27
b. Richtwaarde.....	29
c. Bodemsaneringsnormen	31
2.4.3. Bepaling van onderzoekplicht van een grond	33
a. Oriënterend bodemonderzoek.....	33
b. Beschrijvend bodemonderzoek (BBO)	35
c. Bodemsanering.....	36
2.4.4. Vlarem-wetgeving.....	38
a. Verplichting tot het plaatsen van peilputten bij stallen en mestopslag	38
b. Grondwaterwinningen.....	38
3. Materiaal en methode.....	39
3.1. Onderzoek van het grondwater	39
3.1.1. Standaardprocedure voor staalname en plaatsing van peilbuizen	39
a. Plaatsing van peilbuizen	39
b. Staalname van peilbuizen	42
3.2. Aanpak voor onderzoek naar verhoogde concentraties aan zware metalen/minerale olie in bestaande peilbuizen	44

3.2.1.	Gebruikt materiaal en werkwijze.....	45
a.	Edelman boorset.....	45
b.	Slangenpomp of peristaltische pomp	46
c.	Doorstroomcel	46
d.	Peillint	47
e.	Labo Eurofins.....	47
4.	Resultaten	48
4.1.	Bespreking cases en identificatie van overschrijdingen	48
4.1.1.	Case 1: Herentals	48
a.	Omschrijving terrein.....	48
b.	Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)	49
c.	Kenmerken grondwater/bodem	51
d.	Kenmerken peilbuizen	52
4.1.2.	Case 2: Olen.....	53
a.	Omschrijving terrein.....	53
b.	Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)	54
c.	Kenmerken bodem/grondwater	55
d.	Kenmerken peilbuizen	55
4.1.3.	Case 3: Tessenderlo.....	56
a.	Omschrijving terrein.....	56
b.	Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)	58
c.	Kenmerken bodem/grondwater	59
d.	Kenmerken peilbuizen	59
4.1.4.	Case 4: Pulle	60
a.	Omschrijving terrein.....	60
b.	Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)	63
c.	Kenmerken bodem/grondwater	64
d.	Kenmerken peilbuizen	64
4.2.	Bespreking en identificatie van cases zonder verhoogde waarden aan zware metalen en/of minerale olie.	65
4.2.1.	Case 1: Hoogstraten.....	65
a.	Omschrijving terrein.....	65
b.	<i>Identificatie van de analyse van de bestaande peilbuis</i>	66
c.	<i>Kenmerken bodem/grondwater</i>	67
d.	<i>Kenmerken peilbuizen</i>	67
4.2.2.	Case 2: Zoutleeuw.....	68
a.	Omschrijving terrein.....	68
b.	Identificatie van de analyse van de bestaande peilbuis	69
c.	Kenmerken bodem en grondwater	71
4.3.	Mogelijke hypothese voor verhoogde waarde aan minerale olie en zware metalen.....	72
4.4.	Afweging (kosten-batenanalyse) van het gebruik van bestaande peilbuizen.	75
4.4.1.	Plaatsing van een nieuwe peilbuis	76

4.4.2. Gebruik van bestaande peilbuizen	77
5. Discussie en besluit.....	78
Literatuurlijst	79
Figurenlijst	82
Tabellenlijst.....	83

1. Inleiding

Grondwater is een van de belangrijkste bronnen voor de productie van drinkbaar water. Daarom is het zeer belangrijk dat we het grondwater nauwgezet controleren en dit zowel op kwantiteit als kwaliteit. De kwaliteit van het grondwater kan door verschillende stoffen geschaad worden. Zo kan vervuild drinkwater bij opname door mens of dier zelfs gezondheidsrisico's inhouden.

Zware metalen en minerale olie zijn mogelijke parameters die voor grondwaterverontreiniging kunnen zorgen. Daarom is het belangrijk dat het grondwater hierop grondig wordt gecontroleerd. Deze controle kan om verschillende redenen uitgevoerd worden. Zo zijn er enerzijds de wettelijke verplichtingen voor het uitvoeren van een bodemonderzoek maar er bestaan ook andere verplichtingen uit de Vlarew-wetgeving.

Peilbuizen worden in het kader van een bodemonderzoek geplaatst als gevolg van een overdracht van een (risico)grond of omwille van een bodemsanering en/of nazorg. In de standaardprocedure-codes van goede praktijk voor een oriënterend of beschrijvend bodemonderzoek is terug te vinden dat er peilbuizen moeten geplaatst worden en dit voor de verplichte monsternamen bij het opstellen van het rapport.

Naast het bodemonderzoek zijn er ook nog voorwaarden die opgelegd worden door het Vlarew, meer bepaald Vlarew II. In rubriek 5.9.7 en 5.9.8 is onder andere terug te vinden dat een bedrijf met mengmest en meer dan 2.500 varkens, meer dan 1.500 runderen of meer dan 40.000 stuks pluimvee of als het bedrijf geheel of gedeeltelijk binnen de beschermingszones van een grondwaterwinning ligt, peilbuizen moet plaatsen en het grondwater moet controleren.

Tevens legt de Vlarew-wetgeving bedrijven, die een grondwaterwinning bevatten in een beschermde watervoerende laag, op om een periodieke controle van de grondwaterstand op te meten en eventueel een grondwateranalyse te laten uitvoeren. De controle van het grondwater gebeurt aan de hand van peilbuizen die ter hoogte van het grondwater worden geplaatst. De stand van het grondwater kan met behulp van een peilbuis, die in het gat van de voorgaande boring werd geplaatst, afgelezen worden.

Voor dit onderzoek werden er peilbuizen gebruikt, die geplaatst werden in het kader van oriënterende of beschrijvende bodemonderzoeken. Bij enkele van deze oudere bestaande peilbuizen werden er voor de actualisatie van deze onderzoeken verhoogde concentraties aan zware metalen en/of minerale olie gemeten ten opzichte van de eerste staalname (enkele jaren geleden). Deze verhoging aan zware metalen kan zorgen voor vertekende resultaten die de interpretatie ervan bemoeilijken.

Door de verhoogde concentraties aan zware metalen en minerale olie krijgt men geen exact idee meer van de eigenlijke concentratie van deze stoffen in het grondwater. Daarom is het nuttig en noodzakelijk dat er onderzoek wordt gedaan naar dit probleem. Een onderzoek naar wat de mogelijke oorzaken zijn van deze verhoging, hoe deze kunnen vermeden worden en wanneer men best oude peilbuizen vervangt omdat het risico te hoog is geworden.

Een verhoging van de concentratie aan zware metalen kan veroorzaakt worden door verschillende factoren. In dit onderzoek wordt er getracht om deze oorzaken aan te tonen en indien mogelijk te bewijzen. Bijvoorbeeld:

- de filter zou kunnen dichtslibben waardoor de grondwaterstroming in de peilbuis wegvalt en er ophopingen ontstaan door bijvoorbeeld een chemische reactie of
- zware metalen en mineralen zouden kunnen accumuleren in de filter of
- moet men de oorzaak eerder zoeken bij het materiaal waaruit de peilbuis is opgebouwd of
- misschien is de bodemsamenstelling de oorzaak?

Dit zijn allemaal hypothesen die men in dit onderzoek tracht te verduidelijken en te verklaren. Ook wordt er gezocht naar mogelijke oplossingen.

Omdat deze verhoogde concentraties ook extra kosten meebrengen voor de klant wordt in dit onderzoek ook overwogen of oudere peilbuizen nog rendabel zijn en of er niet beter gewoonweg nieuwe peilbuizen kunnen geplaatst worden.

2. Literatuurstudie

2.1. Omschrijving van zware metalen en minerale olie

2.1.1. Zware metalen

Tot de groep van zware metalen, worden de elementen (metalen) gerekend die een hoge dichtheid (moleculaire atoommassa) bevatten. Tot deze groep worden de volgende metalen gerekend: arseen (As), boor, (B), cadmium (Cd), chroom (Cr), kobalt (Co), koper (Cu), kwik (Hg), lood (Pb), nikkel (Ni), zink (Zn) en IJzer (Fe). De meeste van de zware metalen kunnen bij blootstelling aan verhoogde concentraties, een schadelijk effect veroorzaken voor de gezondheid. Men spreekt van toxische metalen. (VMM 2013)

Toch hebben mens en dier enkele van deze metalen nodig omdat ze een essentiële voedingsstof zijn en ze niet kunnen worden aangemaakt door de mens. Ze kunnen deze stoffen enkel via de voeding opnemen. Deze essentiële metalen zijn ijzer (bouw en werking van bloedlichaampjes), zink (spier en testosteron opbouw), calcium (botten), magnesium (lichaamsprocessen) en koper (gezonde groei en goede ontwikkeling). (infoNU 2014)

Zware metalen zijn vooral bekend voor de negatieve effecten die ze kunnen veroorzaken op de gezondheid van de mens. Bij een langdurige blootstelling aan één of meerdere zware metalen, kunnen deze metalen bioaccumuleren in het lichaam en mogelijke gezondheidsproblemen veroorzaken. De risico's die verbonden zijn aan zware metalen in de bodem en het grondwater zijn afhankelijk van het soort metaal en de chemische speciatie, biobeschikbaarheid, mobiliteit in de bodem en het grondwater en de mate van bioaccumulatie en biomagnificatie. (Cornelis 2013)

Zware metalen (één of meerdere) kunnen van nature al in geringe mate voorkomen in de bodem en dit onder verschillende bindingsvormen. Zo kunnen ze zowel als vaste, opgeloste en vluchtige vorm voorkomen in de bodem. Enkele voorbeelden van mogelijke bindingsvormen zijn terug te vinden op pagina 20.

2.1.2. Minerale olie

Olie is geen enkelvoudige stof maar eerder een mengsel van verschillende aparte stoffen, verbindingen die afgeleid zijn van aardolie. Daarom dat de samenstelling van een oliemengsel sterk kan variëren. Met de parameter minerale olie wordt de hoeveelheid olie (C10-C40) die in het grondwater of in de bodem zit weergegeven. (SKB 2007).

Daarnaast worden er ook nog analyses uitgevoerd voor BTEX en PAK's. Met BTEX wordt een groep van aromatische koolwaterstoffen bedoeld, namelijk benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen. Ook deze stoffen zijn vluchtige organische verbindingen en worden gewonnen uit aardolie.

PAK's daarentegen zijn polycyclische aromatische koolwaterstoffen. Het zijn organische verbindingen die bestaan uit gekoppelde aromatische ringen. Voor dit onderzoek werd er enkel een verhoogde concentratie aan minerale olie gemeten en zal dus enkel deze parameter verder besproken worden. Bij de analyse worden minerale olie, BTEX en PAK's als aparte parameter gemeten. In deze bachelorproef zal enkel ingaan op de parameter "minerale olie". (SKB 2007)

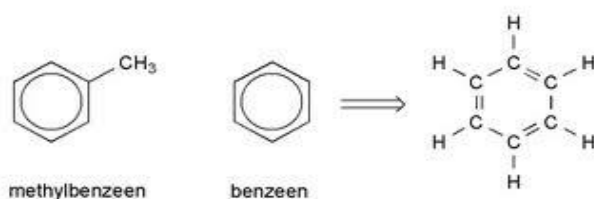
Minerale olie bestaat uit koolwaterstoffen, chemische verbindingen die opgebouwd zijn uit koolstof- (C) en waterstofatomen (H). Deze koolwaterstoffen kunnen nog verder opgedeeld worden in aromatische en alifatische koolwaterstoffen. Aromatische koolwaterstoffen (figuur 2) hebben één of meerdere benzeenringen als chemische structuur terwijl de alifatische koolwaterstoffen (figuur 1) zowel een ketenvorm als een cyclische vorm kunnen bezitten. (OVAM 2007)

Minerale olie is slecht oplosbaar en lichter dan water waardoor het meestal als een drijflaag bovenop de waterlaag voorkomt. De meest bekende stoffen die tot het mengsel van minerale olie worden gerekend zijn mazout, diesel en teer. (OVAM 2007)

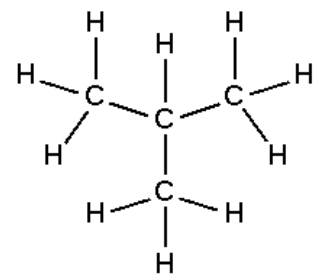
In Tabel 1 zijn enkele bekende olieproducten terug te vinden samen met hun ketenlengte en kookpunttraject.

Tabel 1: Overzicht van de samenstelling van enkele olieproducten (SKB 2007)

Product	Kookpunttraject	Range	<C ₁₀	C ₁₀ -C ₄₀	
Wasbenzine	24 - 140	C ₅ - C ₁₅	99%	1%	
Benzine	38 - 205	C ₄ - C ₁₂	80%	20%	
Petroleum	150 - 300	C ₅ - C ₁₇	15%	85%	
Kerosine (Jet A)	150 - 290	C ₅ - C ₁₆	15%	85%	
Gasolie *	Diesel	125 - 390	C ₅ - C ₂₄	6%	94%
	Huisbrandolie	160 - 400	C ₅ - C ₂₅	5%	95%
	Scheepsdiesel	170 - 420	C ₁₀ - C ₃₀	0%	100%
Motorolie	316 - 470	C ₁₈ - C ₃₄	0%	100%	



Figuur 2 Voorbeeld van aromatische koolwaterstoffen (SKB 2007)



Figuur 1: Voorbeeld van een alifatische koolwaterstof (SKB 2007)

Eigenschappen van minerale olie

Omdat de samenstelling van de olie kan variëren, is er ook een duidelijk verschil in fysico-chemische eigenschappen van een oliemengsel. Het zijn voornamelijk de fysische eigenschappen zoals oplosbaarheid, vluchtigheid, viscositeit,... die een belangrijke rol spelen samen met de mate van toxiciteit en afbreekbaarheid.

Om het gedrag/eigenschappen van het mengsel minerale olie te bepalen, maakt men gebruik van de *Wet van Raoult*.

$$M * S_w = C_w$$

M = massafractie van component oliemengsel

S_w = Wateroplosbaarheid van component in pure vorm

C_w = Concentratie component in water bij evenwicht met het oliemengsel

De samenstelling van het oliemengsel kan na verloop van tijd veranderen. Zo zal bij langdurig contact met water de polaire (goed wateroplosbare) componenten oplossen in het water waardoor het oliemengsel vermindert in omvang en dus ook een hogere C_w krijgt waardoor ook de mobiliteit stijgt.

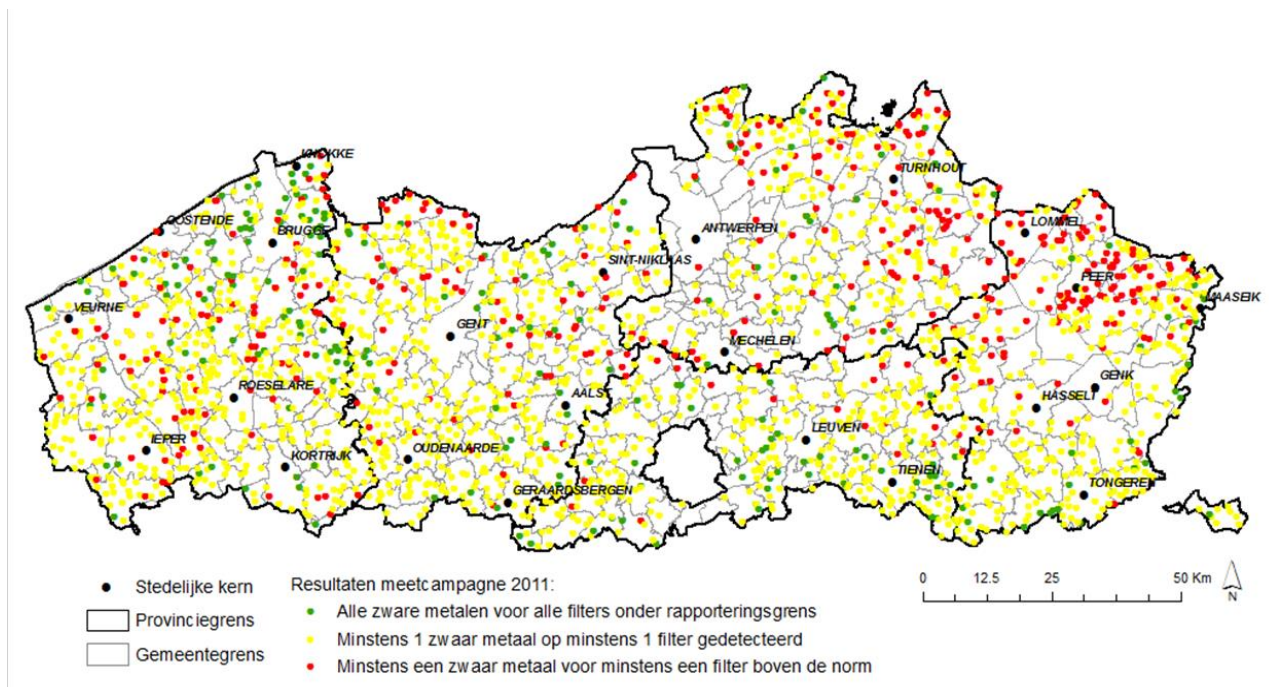
Om een goede inschatting te kunnen maken van het gedrag van een oliemengsel in de bodem, dient men de fysische en chemische eigenschappen van elke aparte stof van het mengsel te kennen.

(OVAM 2007)

2.2. Problematiek rond zware metalen en minerale olie in Vlaams grondwater.

2.2.1. Zware metalen

Verhoogde concentraties van de natuurlijke hoeveelheid aan zware metalen in het grondwater is een vaak voorkomend fenomeen in Vlaanderen. Om deze verontreinigingen op te sporen, voert VMM metingen en onderzoeken van het grondwater uit over geheel Vlaanderen. Zo werd er in 2011 nog in 19% van de onderzochte peilbuizen en in 12% van de filters, verspreid over heel Vlaanderen, een overschrijding van de grondwaterkwaliteitsnormen (hoeveelheid waarbij de bodem nog al zijn mogelijke functies kan vervullen) voor zware metalen teruggevonden. Een globaal overzicht van de onderzochte peilbuizen en de plaatsen waar een overschrijding aan zware metalen werd gemeten, is terug te vinden in figuur 3.



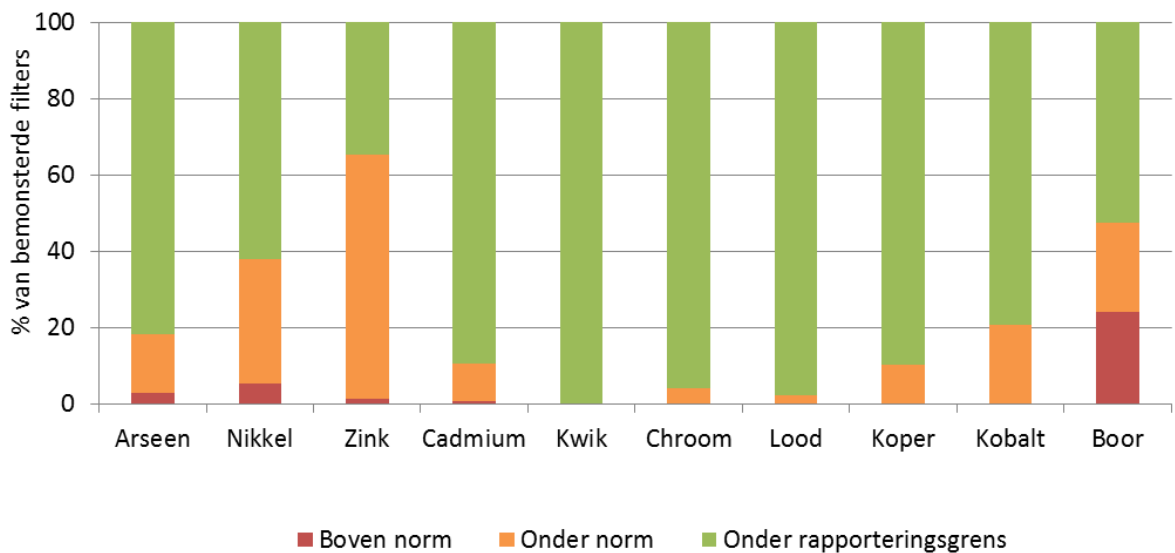
Figuur 3 Overzichtskartaal met alle uitgevoerde metingen van het Vlaamse grondwater in 2011 (VMM 2013)

Uit de figuur valt duidelijk af te leiden dat de problematiek aan zware metalen in het grondwater zich voornamelijk afspeelt in de Noorderkempen (Noord-Limburg en Noord-Antwerpen) en de regio ten oosten van Ieper en het Poldergebied. Een mogelijke verklaring voor het feit dat een groot deel van de locaties waar een overschrijding is terug te vinden (meestal Nikkel) in de Noorderkempen liggen, is door de metallurgische industrie samen met de mijnbouw die daar vanaf het einde van de 19de eeuw tot ongeveer einde van jaren '70 van de vorige eeuw plaatsvonden. Voor de locaties in West-Vlaanderen kan men momenteel nog geen mogelijke oorzaak geven voor de Nikkel overschrijdingen. Maar wat wel op te merken valt is dat het grondwater net zoals in de Noorderkempen eerder zuur is en met als gevolg dat de zware metalen mobiel zijn.

Eén van de redenen waarom er uitvoerig onderzoek wordt gedaan naar zware metalen is het gegeven dat ze ernstige gezondheidsproblemen kunnen veroorzaken als ze opgenomen worden in ons lichaam. De meeste gezondheidsrisico's zijn afhankelijk van het soort en de dosis van het zware metaal waaraan men blootgesteld wordt. Grondwater dat verontreinigd is met zware metalen en niet voldoet aan de opgelegde kwaliteitsnormen (zie pagina 26), kan echter niet gebruikt worden als drinkwater of in de landbouw of in de voedingsindustrie zonder enige voorbehandeling. (VMM 2013)

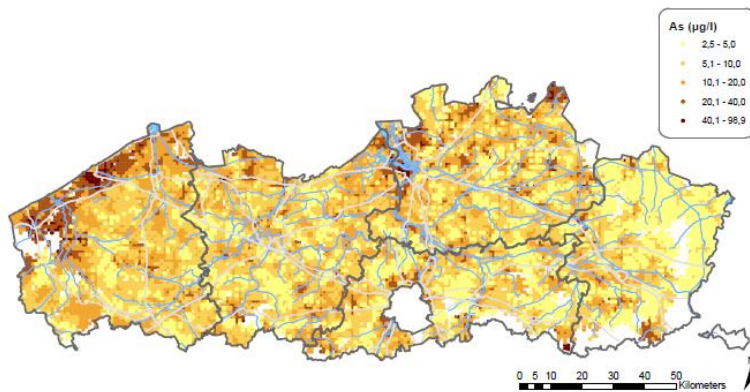
Figuur 4 daarentegen toont voor elk afzonderlijk metaal in hoeveel van de onderzochte filters deze terug te vinden waren. Uit deze onderzoeken van het grondwater blijkt dat zink het meest voorkomende zware metaal was, maar het is echter boor en nikkel die de meeste overschrijdingen van de bodemsaneringsnormen (norm waarbij bij overschrijding, ernstige nadelige effecten kunnen optreden voor de mens en het milieu) veroorzaken.

(VMM 2013)

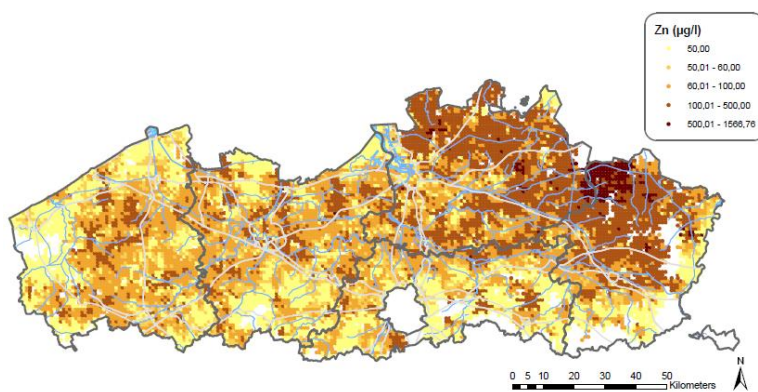


Figuur 4: Overzicht van aanwezigheid zware metalen in grondwater samen met de vermelding of de wordt overschreden. (VMM 2013)

Zoals eerder al vermeld komen de meeste verhoogde waarden aan zware metalen in enkele specifieke regio's (Kempen, Polders,...) voor. Toch is dit niet voor elk zwaar metaal van dezelfde grootte orde. Dit valt af te leiden uit de onderstaande figuren 5 en 6.



Figuur 5: Achtergrondwaardenkaart voor arseen in het Vlaamse grondwater (OVAM 2007)



Figuur 6: Achtergrondwaardenkaart voor zink in het Vlaamse grondwater (OVAM 2007)

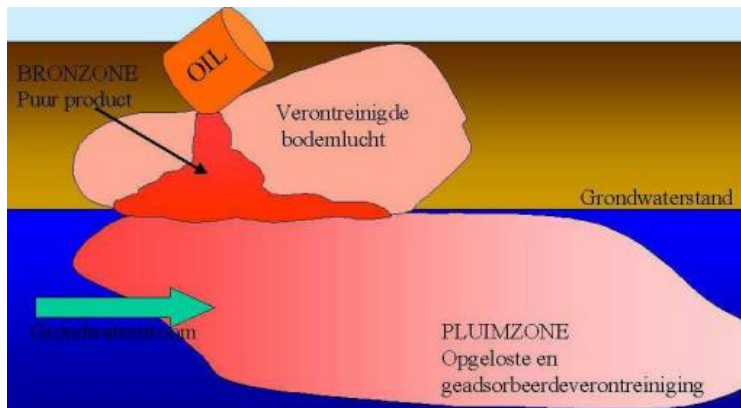
2.2.2. Minerale olie

Olieverontreiniging van de bodem is een fenomeen dat regelmatig in Vlaanderen voorkomt. Meestal is de verontreiniging te wijten aan lekken of scheuren in olietanks of aan illegale lozingen. Omdat deze verontreinigingen zowel voor humane als ecologische risico's kunnen zorgen, worden er in Vlaanderen onderzoeken uitgevoerd naar de olie-bodemverontreinigingsproblematiek. In bodems waar een overschrijding van de bodemsaneringsnormen terug te vinden was, worden er saneringswerken uitgevoerd. Mogelijke risico's voor minerale olie voor de gezondheid van de mens treden voornamelijk op na contact met de huid of na inademing van dampen van minerale olie. Maar omdat de samenstelling van minerale olie heel verschillend kan zijn, kunnen de risico's ook sterk variëren. (OVAM 2007)

2.3. Mobiliteit in de bodem en het grondwater

2.3.1. Verplaatsing van (verontreinigde) stoffen in bodem en grondwater

De drijvende krachten bij het verplaatsen van verontreinigde stoffen zijn de zwaartekracht en de grondwaterstroming. Allereerst zal de verontreiniging onder invloed van de zwaartekracht en infiltrerend regenwater zich verplaatsen van het bovenoppervlak (bronzone) naar het



Figuur 7: Verduidelijking van de verschillende zones van verontreiniging in de bodem (OVAM 2007)

grondwater (pluimzone) doorheen de onverzadigde zone. Echter niet de volledige hoeveelheid van de verontreiniging zal het grondwater bereiken.

Een deel zal door de bodem geabsorbeerd worden.

De zone waar de verontreiniging geabsorbeerd is aan de bodemdeeltjes noemt men de **retentiezone**.

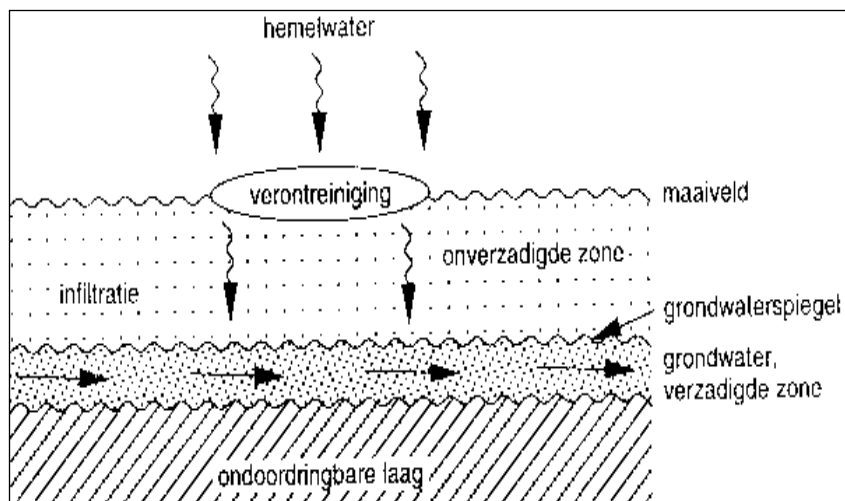
In deze retentiezone komt de verontreiniging als afzonderlijke fase voor, meer

bepaald als puur product. In de verzadigde zone vindt er stroming van het grondwater plaats. Deze stroming van het grondwater zorgt voor de verplaatsing en verspreiding van opgeloste stoffen en dus ook voor de verspreiding van verontreinigde stoffen. Deze verspreiding noemt men ook **advectie**.

De grondwaterstroming wordt aangedreven door verschillen in de grondwaterpotentiaal.

De stroomrichting van het grondwater wordt bepaald door de zwaartekracht en dus ook het reliëf van het terrein, de topografie. Het

grondwater stroomt met andere woorden van hoog naar laag. Om de grondwaterstroomrichting te kennen kan men nivelleren. (OVAM 2007)



Figuur 8: Overzicht van transportroute van stoffen in bodem en grondwater (Cornelis 2012)

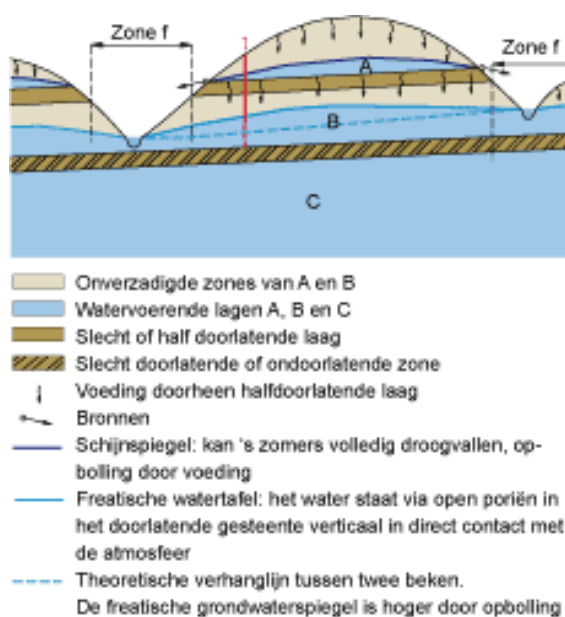
2.3.2. Grondwaterkwetsbaarheidskaart

Om het risico op verontreiniging van het grondwater in kaart te brengen, is er door deskundigen van het Vlaams Gewest een grondwaterkwetsbaarheidskaart opgesteld. Deze kaart duidt het risico op verontreiniging van het grondwater aan en dit voor stoffen die van bovenaf de bodem binnendringen en het grondwater kunnen bereiken. Deze kaart is slechts een basiskaart en houdt dan ook enkel rekening met de statische parameters. Het is dus een weergave van de doorstroming van verontreinigde stoffen (voornamelijk verticale richting). Er wordt bij deze kaart geen rekening gehouden met de aard en omvang van de verontreiniging, de stroming van het grondwater en de interactie tussen verontreinigde stoffen onderling en met de bodem. Dit wil dus zeggen dat er bij deze kaart enkel wordt rekening gehouden met de omvang en de aard van de watervoerende lagen en van de deklagen, samen met de aard en de waarde van de doorlatendheid.

Aan de hand van deze kaart kan men dus goed beoordelen bij de evaluatie van activiteiten die het grondwater kunnen verontreinigen.

a. Opbouw verzadigde zone

De verzadigde zone is opgebouwd uit watervoerende lagen waartussen slecht tot half slecht doorlatende of helemaal ondoorlatende lagen liggen. Op de figuur is de roze, bruine zone onverzadigde zone en de lichtblauwe lagen de verzadigde zones. De slecht doorlatende lagen zijn aangeduid in het donkerbruin. Een schets van de opbouw van de verzadigde zone is terug te vinden bij figuur 9. Globaal maakt men een onderscheid tussen 2 soorten watervoerende lagen, namelijk een freatische watervoerende laag en gespannen watervoerende lagen. Een freatische laag bevindt zich onder de grondwaterspiegel in een doorlatende laag en tevens boven een eerste ondoorlatende laag. Een gespannen watervoerende laag daarentegen ligt onder een slecht doorlatende laag. (mira - t 2006)



Figuur 9: Opbouw van de verzadigde zone (dov.vlaanderen s.d.)

b. Watervoerende lagen

Een bodemlaag is een watervoerende laag wanneer een deel van de verzadigde zone een dikte en uitbreiding heeft van zo'n grote orde dat het economisch mogelijk is om water te winnen. Als standaard gebruikt men voor de snelheid van het oppompen van het grondwater een debiet van $4 \text{ m}^3/\text{uur}$.

Bij de grondwaterkwetsbaarheidskaart wordt de indeling gemaakt op basis van de watervoerende laag, de deklaag en de onverzadigde zone. Elk van de zones worden op hun beurt weer opgedeeld in een aantal klassen en krijgen een code. Om een uiteindelijke beoordeling te kunnen maken en om een gradatie van kwetsbaarheid aan het grondwater te kunnen geven wordt er een combinatie gemaakt met codes. Deze code bestaat uit drie cijfers, dus één cijfer voor de watervoerende laag, de deklaag en de onverzadigde zone. Op basis van deze 3-cijferige code, kan men dan de kwetsbaarheid bepalen.

1. De watervoerende laag

Om een onderverdeling te kunnen maken tussen de verschillende watervoerende lagen, wordt er gekeken naar de aard en de doorlatendheid van het gesteente samen met de wijze waarop een verontreiniging zich gedraagt.

Uiteindelijk worden vier klassen gevormd voor de watervoerende lagen.

- Krijt, kalksteen, mergel en zandsteen (A)
- Grind (B)
- Zand (C)
- Leemhoudend en kleihoudend zand (D)

2. De deklaag

Met de deklaag wordt de bodemlaag bedoeld die zich net boven een watervoerende laag bevindt. Een deklaag biedt met andere woorden bescherming aan de onderliggende watervoerende laag. Een deklaag zorgt voor voldoende bescherming indien deze minstens 5 m dik is. Maar bijvoorbeeld een zandige deklaag van 5 m is ook geen beschermende deklaag. Bijgevolg gebeurt de indeling van de deklagen op basis van de aard, de dikte en de hydraulische weerstand van het gesteente. De deklagen worden opgedeeld in de volgende drie klassen:

- geen deklaag (minder dan 5 meter en/of zandig) (a);
- een lemige deklaag (b);
- een kleiige deklaag (c).

3. De onverzadigde zone

De onverzadigde zone kan bij afwezigheid van een deklaag voor bescherming zorgen van het grondwater. Bepalend bij de indeling van de onverzadigde zone is de dikte:

- 10 m of minder dan 10 m dik (1);
- meer dan 10 m dik (2).

4. De kwetsbaarheidsschaal

Op basis van de drie vorige groepen kan men een kwetsbaarheidsgraad aan een bepaalde regio toewijzen. Globaal kan men vijf verschillende kwetsbaarheidsgradiënten onderscheiden.

- Uiterst kwetsbaar (rood op de kaart):
 - A.a.1. Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m;
 - B.a.1. Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m.
- Zeer kwetsbaar (oranje op de kaart):
 - A.a.2. Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m;
 - B.a.2. Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m;
 - C.a.1. Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m.
- Kwetsbaar (geel op de kaart):
 - A.b. Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een lemige deklaag;
 - B.b. Grind, met een lemige deklaag;
 - C.a.2. Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m.
- Matig kwetsbaar (lichtgroen op de kaart):
 - A.c. Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een kleiige deklaag;
 - B.c. Grind met een kleiige deklaag;
 - C.b. Zand met een lemige deklaag;
 - D.a.1. Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m;
 - D.a.2. Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van meer dan 10 m.
- Weinig kwetsbaar (donkergroen op de kaart):
 - C.c. Zand met een kleiige deklaag;
 - D.b. Leemhoudend of kleihoudend zand met een lemige deklaag;
 - D.c. Leemhoudend of kleihoudend zand met een kleiige deklaag.

(dov.vlaanderen s.d.)

2.3.3. Mobiliteit van zware metalen

De mobiliteit van zware metalen in de bodem en het grondwater is afhankelijk van vier parameters, namelijk het type metaal samen met zijn speciatie (fysisch-chemische bindingsvormen), locatie in bodem en grondwater, de samenstelling (gehalte aan klei en organisch stof) en de condities van de bodem (pH en redoxpotentiaal) en de grondwatersamenstelling (zoutconcentraties en DOC). (VMM 2013)

A. Bodem

Speciatie

Een eerste parameter die de mobiliteit van zware metalen in de bodem kan beïnvloeden is de speciatie van het zware metaal. Met speciatie bedoelt men de vorm waarin het metaal in het milieu voorkomt. Zo kunnen zware metalen 3 verschillende vormen aannemen in het milieu, namelijk als vaste ,opgeloste of vluchtige vorm. (VMM 2013)

Hieronder wordt er een lijst weergegeven met enkele mogelijke bindingsvormen van zware metalen.

- Vaste vorm (bodemdeeltjes)
 - o silicaten van zand en kleideeltjes
 - o metallische deeltjes
 - o gebonden aan partikels van klei of organische stof
 - o zouten, oxiden of hydroxiden van ijzer, aluminium of mangaan,

- Opgeloste vorm (grondwater)
 - o vrij ion
 - o anorganische complexen
 - o organische complexen
 - o gebonden aan colloïdale deeltje (<0,45µm)

- Vluchtige vorm (bodemplucht)
 - o damp van metallisch metaal
 - o hydriden (verbindingen met waterstof)
 - o organo-metaalverbindingen

(SKB 2007)

Samenstelling en conditie van de bodem

Bij de samenstelling en conditie van de bodem, zijn er drie parameters die een belangrijke rol spelen, namelijk het gehalte aan klei en organische stof in de bodem en de zuurtegraad (pH). (VMM 2013)

Gehalte aan klei en organische stof in de bodem

Metalen kunnen geadsorbeerd worden door klei- of organische stofdeeltjes waardoor deze immobiel worden. Het gehalte aan klei en organische stof in de bodem bepaalt dus de adsorptie van zware metalen en dus ook de mobiliteit ervan. Deze geadsorbeerde metalen kunnen ook weer vrijkomen bij een zuurdere pH. (VMM 2013)

Zuurtegraad van de bodem (pH)

De pH van een bodem kan de mobiliteit sterk beïnvloeden. Zowel de pH van de bodem als de soort lading die het zware metaal bezit zijn bepalende factoren.

Het merendeel van de groep van zware metalen, zijn kationen en bezitten een positieve lading. Deze kationen zijn mobieler bij een zure bodem (milieu) dan bij een neutrale/basische bodem (milieu). Dit komt omdat bij een zuur milieu de kleipartikels en organische stof in de bodem gebonden zijn met H^+ -ionen waardoor ze een gedeeltelijke positieve lading krijgen. De positieve geladen zware metalen kunnen bijgevolg niet binden aan de klei en organische stofdeeltjes waardoor ze dus mobieler zijn dan bij een neutrale/basische pH.

Bij een basische pH zijn de klei en organische stofdeeltjes negatief geladen en kunnen ze dus binden met de positief geladen zware metalen. Toch kunnen hier enkele uitzonderingen op zijn. Zo kunnen arseen en chroom als anion voorkomen en bezitten ze bijgevolg een negatieve lading. Voor deze metalen is de mobiliteit niet groter bij een zure pH maar eerder bij een basische pH.

(VMM 2013)

De pH van een bodem kan bepaald worden op 2 verschillende manieren, namelijk pH-H₂O of pH-KCl. Deze twee grootheden verschillen sterk met elkaar. Bij de pH-H₂O wordt de pH bepaald door aan het bodemstaal water toe te voegen. De pH-H₂O is dus een maat voor de hoeveelheid protonen (H⁺) die in het bodemstaal aanwezig zijn.

Bij de pH-KCl wordt er geen water toegevoegd maar KCl. KCl zorgt ervoor dat de gebonden ionen van de bodemdeeltjes van het staal loskomen. Met de pH-KCl meet men dus de hoeveelheid ionen die gebonden zijn aan de bodemdeeltjes en de hoeveelheid vrije protonen. De pH-KCl duidt dus de potentiële pH aan.

(Prosensols s.d.)

Redoxpotentiaal

De redoxpotentiaal sluit aan bij het deel redoxreacties (oplosbaarheid). Om het oxiderend en reducerend karakter van een bepaalde stof aan te duiden, maakt men gebruik van de redoxpotentiaal (Eh). Een hoge redoxpotentiaal duidt op een hoger oxiderend karakter terwijl een lage redoxpotentiaal duidt op een reducerend karakter. Een hoge redoxpotentiaal komt voornamelijk voor net onder de watertafel, terwijl deze daalt naarmate men dieper en dieper gaat en men meer en meer een reducerend karakter krijgt.

Naast het oxiderend of reducerend karakter, zegt de redoxpotentiaal iets meer over de mobiliteit van metalen in de bodem. Bij een hoge redoxpotentiaal bevat het metaal een hoge mobiliteit en bij een lage redoxpotentiaal net het omgekeerde.

Soms gebeurt het dat de redoxpotentiaal wordt beïnvloed doordat de mens de redoxomstandigheden wijzigt. Een voorbeeld hiervan is het overgebruik van gespannen watervoerende lagen. Door dit overgebruik wordt er een belangrijke indirecte invloed uitgeoefend op de concentraties zware metalen in het grondwater omdat indien men uit een gespannen laag te veel grondwater onttrekt, het gespannen karakter van deze waterlaag verdwijnt. Hierdoor wordt er zuurstof aangezogen met oxidatie als gevolg. Deze oxidatie kan ertoe leiden dat zware metalen een andere vorm gaan aannemen en dus meer of minder mobiel worden.

(VMM 2013)

B. Grondwater

1) Oplosbaarheid

Om de maat van de mobiliteit van zware metalen in het grondwater weer te geven, gebruikt men de verdeelcoëfficiënt K_d . Deze coëfficiënt wordt gevormd door de verhouding van de concentratie van het zware metaal t.o.v. de concentratie opgelost in het grondwater. Hoe groter de K_d , hoe minder het zware metaal opgelost is in het grondwater en des te minder mobiel het zware metaal is.

Zoals men kan merken is de snelheid waarmee een metaal zich in het grondwater kan verplaatsen, deels afhankelijk van hoe sterk een metaal oplosbaar is. De overgang van vaste of gebonden vorm naar opgeloste vorm kan via verschillende processen/reacties gebeuren. Meestal gebeurt deze omzetting door redoxreacties, adsorptie of desorptie en complexatie.

(VMM 2013)

Redoxreacties

Omwille van oxidatie of reductie van het metaal, zal het metaal meer/minder oplosbaar worden in het grondwater. Doordat een metaal gaat oxideren of reduceren zal het een andere vorm aannemen. Hierdoor gaan de metalen

- ofwel gemakkelijker kunnen opgenomen worden door bijvoorbeeld klei of organische stofdeeltjes
- of kunnen ze sneller in het grondwater terechtkomen. (VMM 2013)

Adsorptie of desorptie

Klei en organische stofdeeltjes kunnen wanneer er nog beschikbare plaatsen zijn op hun oppervlak, positief geladen ionen binden. Dit proces wordt ook wel adsorptie genoemd. Klei en organische stofdeeltjes kunnen bijgevolg dus ook zware metalen aan hun oppervlak binden waardoor de metalen immobiel worden. Maar ook de omgekeerde reactie, desorptie, kan plaatsvinden. Hierbij worden de gebonden fragmenten van de klei of organische stofdeeltjes losgemaakt. (VMM 2013)

Complexvorming

Maar geadsorbeerde metalen kunnen buiten klei en organische stof ook nog met andere stoffen zoals bijvoorbeeld anorganische stoffen binden en complexen vormen (hydroxide, chloride, ...). Deze complexatie kan leiden tot een neerslagvorming. Doordat deze complexen worden gevormd, kan dit leiden tot een daling van de mobiliteit en concentratie van het metaal in het grondwater. (VMM 2013).

Tevens kunnen zware metalen complexen vormen met DOC (Dissolved Organic Carbon). De DOC veroorzaakt zelfs het grootste effect. Het omvat alle opgeloste organische stoffen zoals bijvoorbeeld fulvozuren. Deze organische stoffen kunnen op hun beurt complexen vormen met (zware) metalen waardoor de oplosbaarheid van deze zware metalen ook weer toeneemt. Al de positief geladen ionen van zware metalen kunnen complexen vormen. Maar het is vooral koper dat het meest gevoelig is en het snelst complexen gaat vormen met opgeloste organische stoffen. (Soilpedia s.d.)

2) Samenstelling van het grondwater

Naast de hierboven vernoemde parameters heeft ook de samenstelling van het grondwater een belangrijke invloed op de mobiliteit van zware metalen in de bodem en het grondwater. Wanneer de zoutconcentratie in het grondwater stijgt, stijgt ook de oplosbaarheid van verscheidene metalen omdat ze anorganische complexen vormen. (Delta Ohm Benelux B.V 2014)

Wanneer de oplosbaarheid van de metalen toeneemt, verhoogt de mobiliteit van het metaal in het grondwater. De hoeveelheid zoutconcentratie in het grondwater bepaalt dus ook voor een deel de mobiliteit van zware metalen in het grondwater. Zo zijn er specifieke gevallen vastgesteld op plaatsen waar zout onder de vorm van

smeltwater van wegen de grond infiltreert en waar op deze plaatsen de chlorideconcentraties (complexen van metalen) vrij hoog zijn.

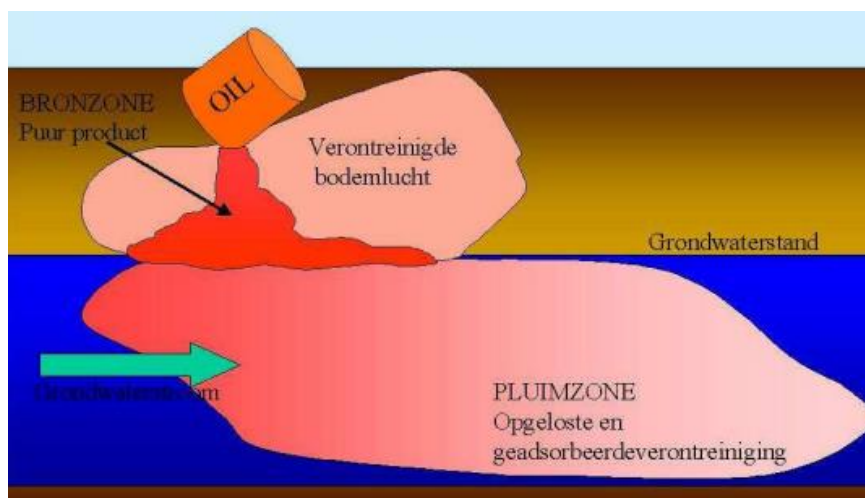
De zoutconcentratie van het grondwater wordt gemeten aan de hand van de elektrische geleidbaarheid (EC). De elektrische geleidbaarheid geeft zoals het al doet vermoeden, de geleidbaarheid van een vloeistof weer. Bij de EC worden het aantal ionen in het water gemeten. Het zijn dan ook deze ionen die het mogelijk maken om elektrische stroom te geleiden. Omdat deze ionen voornamelijk afkomstig zijn van zouten en mineralen, is de EC van het grondwater ook onrechtstreeks een maat voor de hoeveelheid zoutconcentratie in het grondwater. De EC wordt uitgedrukt in micro Siemens per centimeter. De zoutconcentratie kan men berekenen door het gemeten EC te vermenigvuldigen met 640.

$$C = 640 * EC.$$

(Lentech 2014)

2.3.4. Minerale olie

De drijvende krachten bij het verplaatsen van minerale olie zijn de zwaartekracht en de grondwaterstroming (zie figuur 10). Allereerst zal de olie onder invloed van de zwaartekracht zich verplaatsen van het bovenoppervlak (bronzone) naar het grondwater (pluimzone) doorheen de onverzadigde zone. Echter niet de volledige hoeveelheid van de olie zal het grondwater bereiken. Een deel zal door de bodem geabsorbeerd worden. De zone waar de verontreiniging geabsorbeerd is aan de bodemdeeltjes noemt men de **retentiezone**. In deze retentiezone komt de verontreiniging als afzonderlijke fase voor, meer bepaald als puur product.



Figuur 10: Verspreiding van verontreiniging in de bodem (OVAM 2007)

Om een idee te geven in welke mate de poriën gevuld zijn met puur product gebruikt men de verzadigingsgraad (S). De hoeveelheid is afhankelijk van het type bodem (zand, leem, klei) en van de samenstelling van het oliemengsel. Eenmaal het grondwater bereikt, zal de olie een drijf laag vormen boven op het grondwater omdat olie lichter is dan water. (OVAM 2007)

Maar een drijf laag wordt pas gevormd wanneer er zodanig veel olie in de bodem aanwezig is dat de retentiecapaciteit van de bodem overschreden wordt.

Met de retentiecapaciteit wordt het volume aan olie per volume grond bedoeld dat door de bodem kan vastgehouden worden. Deze retentiecapaciteit is verschillend voor elk type van bodem en voor elk oliemengsel. In tabel 2 is er een voorbeeld weergegeven van wat de retentiecapaciteit is voor enkele oliemengsels in een zandbodem. (SKB 2007)

Tabel 2: Overzicht van de retentiecapaciteit in liter/m³ en in mg/kg droge stof (d.s.) van enkele oliemengsels per bodemtype (SKB 2007)

Bodemtype	Retentiecapaciteit (liter/m ³)			Retentiecapaciteit (mg/kg d.s.)		
	Benzine	Diesel	Stookolie	Benzine	Diesel	Stookolie
Stenen, grof grind	2,5	5,0	10,0	1.300	2.900	5.400
Grind, grof zand	4,0	8,0	16,0	2.000	4.600	10.300
Grof /middel- grof zand	7,5	15,0	30,0	3.800	8.600	19.300
Middel-fijn/ fijn zand	12,5	25,0	50,0	6.300	14.300	32.100
Fijn zand	20,0	40,0	80,0	10.000	22.900	51.400

Afhankelijk van de samenstelling van het mengsel minerale olie, kan er na verloop van tijd toch een klein gedeelte van de olie oplossen in het grondwater. Wanneer de verontreiniging zich in de waterverzadigde zone bevindt en hierin opgelost is, spreekt men van de **retardatiezone**. In dit geval is er geen sprake meer van puur product. (OVAM 2007)

Net als de grondwaterspiegel, wordt ook de gevormde oliedrijf laag op het grondwateroppervlak beïnvloed door de schommeling van de weerseizoenen. In de zomer zal het grondwaterniveau dalen en dus ook de drijf laag. Maar niet de volledige drijf laag zal zich kunnen verplaatsen. Een deel van de olie blijft echter in de poriën van de bodemdeeltjes achter, de smeer laag. In de winter daarentegen zal de grondwaterspiegel weer stijgen en dus ook de oliedrijf laag waardoor het gedeelte van de olie, dat opgenomen is door de bodemdeeltjes, zal opgesloten raken onder de grondwaterspiegel.

(soilpedia s.d.)

2.4. Regelgeving betreffende bodembescherming en -sanering

2.4.1. Bodemdecreet

Het **bodemdecreet** dat in werking trad op 27 oktober 2006 is het decreet betreffende de bodemsanering en de bodembescherming met als uitvoeringsbesluit Vlarebo 2008, het besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming. (Bodemdecreet 2006)

Het bodemdecreet is opgebouwd uit 6 hoofdstukken:

- 1) Inleidende bepalingen
- 2) Definities, doelstellingen en algemene bepalingen
- 3) Bodemsanering
- 4) Bodembescherming
- 5) Dwangmaatregelen, toezicht, strafbepalingen en verslag aan het Vlaamse Parlement
- 6) Overgangs-, opheffings- en inwerkingtredingsbepalingen

Hoofdstuk 3 “Bodemsanering” en hoofdstuk 4 “Bodembescherming” zijn twee belangrijke hoofdstukken. Bodemsanering en bodembescherming zijn twee verschillende begrippen en men dient dan ook goed het onderscheid tussen deze twee begrippen te kennen.

In het hoofdstuk 3 “**Bodemsanering**” is onder andere de verplichting tot beschrijvend/ oriënterend bodemonderzoek en bodemsanering terug te vinden. Het Hoofdstuk “**Bodemsanering**” focust zich op het niet-overschrijden van de richtwaarden inzake bodemkwaliteit. Deze zijn opgelegd door de Vlaamse regering en zijn terug te vinden in bijlage II van het uitvoeringsbesluit Vlarebo 2008. (Bodemdecreet 2006)

De richtwaarden opgenomen in deze bijlage geven het gehalte van verontreinigde stoffen aan waarbij de bodem zonder enige beperking al zijn functies nog kan verwezenlijken. Daarnaast zijn er ook nog de bodemsaneringsnormen. Wanneer deze worden overschreden, wordt een niveau van bodemverontreiniging bereikt dat een aanmerkelijk risico inhoudt met mogelijke negatieve effecten voor de mens en het milieu. Bij de bepaling van de normen werd er rekening gehouden met de kenmerken van de bodem en de functies die deze vervult. (Bodemdecreet 2006)

Het hoofdstuk 4 “**bodembescherming**” heeft als doel de waardevolle bodems vrij te houden van verontreinigingen en de bodems te beschermen tegen een verontreiniging of verstoring. Bij bodembescherming tracht men zoveel mogelijk de streefwaarden voor bodemkwaliteit te respecteren. (Bodemdecreet 2006)

2.4.2. Vlaams Reglement rond bodemsanering en bodembescherming (Vlarebo 2008)

De streefwaarden, richtwaarden en bodemsaneringsnormen zijn terug te vinden in de bijlagen van het Vlarebo. In deze bijlagen zijn er voor deze drie zowel normen terug te vinden voor het vaste deel van de bodem als voor het grondwater. De waarden die hieronder terug te vinden zijn, zijn deze voor het grondwater.

a. Streefwaarde

De streefwaarde duidt het gehalte verontreinigende stoffen aan in een bodem, dat als normale waarde wordt beschouwd in niet-verontreinigde bodems met vergelijkbare kenmerken. De streefwaarden voor zware metalen en minerale olie zijn opgenomen in bijlage 3 van het Vlarebo en weergegeven in tabel 3 en 4. (Vlarebo 2008)

Tabel 3: Streefwaarden voor zware metalen in het grondwater (Vlarebo 2008)

ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN	Vast deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
Arseen	16	5
Cadmium	0,7	1
Chroom (III)	62	10
Koper	20	20
Kwik	0,1	0,05
Lood	31	5
Nikkel	16	10
Zink	77	60

Tabel 4: Streefwaarden voor minerale olie in het grondwater (Vlarebo 2008)

OVERIGE ORGANISCHE STOFFEN	Vast deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
Minerale olie	50 (d)	100 (d)

Berekeningsmethode van de streefwaarde van zware metalen en metalloïden:

Voor de streefwaarden van zware metalen en metalloïden in de bodem wordt er rekening gehouden met de kenmerken van de bodem. Zo wordt er bij de berekening van deze streefwaarden gebruik gemaakt van de gemeten gehalten klei en organisch materiaal in de bodem. (Vlarebo 2008)

Tabel 5: Formules voor de berekening van de streefwaarden (Vlarebo 2008)

Metaal	Formule
Arseen	$SW(x) = 10^{0,764+0,44*\log x}$
Chroom	$SW(x, y) = 6,911 + 60,67 * \log x - 18,54 * \log y$
Koper	$SW(x, y) = 10^{0,98+0,27*\log x+0,169*\log y}$
Lood	$SW(x, y) = 10^{1,231+0,11*\log x+0,5*\log y}$
Nikkel	$SW(x) = 10^{0,504+0,7*\log x}$
Zink	$SW(x, y) = 6,454 + 64,27 * \log x + 20,85 * \log y$

W(x)= streefwaarde bij een gehalte aan klei van x % (mg/kg ds), afgerond tot één decimaal

SW(x,y)= streefwaarde bij een gehalte aan klei van x % en een gehalte aan organisch materiaal van y % (mg/kg ds), afgerond tot een decimaal

X= % klei in monster

Y= % organische stof in monster

b. Richtwaarde

De richtwaarden zijn terug te vinden in bijlage 2 van het Vlarebo, zie tabel 6 en 7. Ze geven het gehalte aan verontreinigende stoffen in de bodem weer waarbij de bodem nog al zijn mogelijke functies kan vervullen zonder dat er enige beperking optreedt. (Vlarebo 2008)

Tabel 6: Richtwaarden voor zware metalen in het grondwater (Vlarebo 2008)

ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
Arseen	35	12
Cadmium	1,2	3
Chroom	91	30
Koper	72	60
Kwik	1,7	0,6
Lood	120	12
Nikkel	56	24
Zink	200	300

Tabel 7: Richtwaarden voor minerale olie in het grondwater (Vlarebo 2008)

OVERIGE ORGANISCHE STOFFEN	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)	Grondwater (µg/l)
Minerale olie	300	300

Berekening van richtwaarden van zware metalen en metalloïden:

Net als bij de berekening van de streefwaarden, wordt er voor de richtwaarden ook rekening gehouden met de gehalten aan klei, aan organisch materiaal of de pH-KCl in het genomen monster. Voor deze berekening wordt er gebruik gemaakt van de pH-KCl en de pH-H₂O. Als de bodem een behandeling ondergaan heeft waarbij het gehalte aan klei en aan organisch materiaal gereduceerd wordt, gebeurt de toetsing op de behandelde bodem. (Vlarebo 2008)

Tabel 8: Formules voor de berekening van de richtwaarden (Vlarebo 2008)

Metaal	Formule
Arseen	$RW(x) = 11,96 + 23,04 * \log(x)$
Cadmium	$RW(z) = 1,2 * 10^{(-0,17*(5-z))}$
Koper	$RW(x, y, z) = 0,52696 * ((38,8 + 3,5 * z) * x + (22,1 + 23,5 * z) * y)^{0,73}$
Zink	$RW(x, y, z) = 0,098924 * ((38,8 + 3,5 * z) * x + (22,1 + 23,5 * z) * y)^{1,13}$

c. Bodemsaneringsnormen

Bij overschrijding van de bodemsaneringsnorm kan de vervuilde bodem ernstige nadelige effecten veroorzaken voor de mens en het milieu. Deze bodemsaneringsnormen (tabel 7) zijn terug te vinden in bijlage 4 van het Vlarebo 2008 en worden verder opgedeeld in 5 groepen naargelang hun bestemmingstype. Natuurgebied (I), landbouwgebied (II), woongebied (III), recreatiegebied en gebied van algemeen nut (IV) en industriegebied (V). (Vlarebo 2008)

Tabel 9: Overzicht bodemsaneringsnormen (Vlarebo 2008)

Bestemmingstype	Vaste deel van de aarde (mg/kg droge stof)					Grond- water (µg/l)
	I	II	III	IV	V	I,II,III,IV V,
ZWARE METALEN EN METALLOÏDEN (1)						
Arseen	58	58	103	267	267	20
Cadmium	2	2	6	9,5	30	5
Chroom (III) (2)	130	130	240	560	880	50
Koper	120	120	197	500	500	100
Kwik	2,9	2,9	4,8	4,8	11	1
Lood	200	200	560	735	1250	20
Nikkel	93	93	95	530	530	40
Zink	333	333	333	1000	1250	500
OVERIGE ORGANISCHE VERBINDINGEN						
Hexaan (3)	1,5	1,5	1,5	6,5	10	180
Heptaan (3)	25	25	25	25	25	3000
Octaan (3)	75	75	90	90	90	600
Minerale olie (3)	1000	1000	1000	1500	1500	500
Methyltertiairbutylether (10)	2	2	9	140	140	300

Berekening van de bodemsaneringsnormen voor zware metalen en metalloïden:

De berekening van de bodemsaneringsnormen voor het vaste deel van de aarde worden berekend op basis van de pH en het klei- en organisch materiaalgehalte. Deze berekening wordt gebruikt bij de bodemsaneringsnormen voor bestemmingstype I en II voor arseen, cadmium, koper en zink en voor bestemmingstype III voor koper en zink.

Tabel 10: Formules voor de berekening van de bodemsaneringsnormen (Vlarebo 2008)

Metaal	Formule
Arseen (bestemmings- type I en II)	$BSN(x) = 19,82 + 38,18 * \log(x)$
Cadmium (bestemmings- type I en II)	$BSN(z) = 2 * 10^{(-0,17*(5-z))}$
Koper (bestemmings- type I en II)	$BSN(x, y, z) = 0,67082 * ((38,8 + 3,5 * z) * x + (22,1 + 23,5 * z) * y)^{0,77}$
Koper (bestemmings- type III)	$BSN(x, y, z) = 0,84115 * ((38,8 + 3,5 * z) * x + (22,1 + 23,5 * z) * y)^{0,81}$
Zink (bestemmings- type I, II en III)	$BSN(x, y, z) = 0,164714 * ((38,8 + 3,5 * z) * x + (22,1 + 23,5 * z) * y)^{1,13}$

Met:

- BSN(x): bodemsaneringsnorm afgerond tot een decimaal;
- BSN(z): bodemsaneringsnorm met een pH-KCl van z, afgerond tot een decimaal;
- BSN(x,y,z): bodemsaneringsnorm bij een gehalte aan klei van x %, gehalte aan organisch materiaal van y % en met pH-KCl van z, afgerond tot een decimaal;
- x: het gehalte aan klei in het monster in %;
- y: het gehalte aan organisch materiaal in het monster in %;
- z: de pH-KCl van het monster.

2.4.3. Bepaling van onderzoeksplicht van een grond

Het bodemdecreet vermeldt dat er een onderzoeksplicht is voor risicogronden. De term "risicogrond" wordt gebruikt voor een grond waarop potentiële bodembedreigende (risico) activiteiten plaatsvinden of hebben plaatsgevonden. De bepaling van een al dan niet risicogrond is terug te vinden in de lijst met als hinderlijk beschouwde inrichtingen (bijlage 1 Vlarem 1). Meer bepaald in de 8^{ste} (Vlarebo) kolom. In deze kolom kunnen vier mogelijke letters staan. Elk van deze heeft een andere betekenis en verplichting:

- O Oriënterend bodemonderzoek moet enkel uitgevoerd worden bij een overdracht, onteigening, sluiting, faillissement en vereffening.
- A Oriënterend bodemonderzoek moet uitgevoerd worden bij een overdracht, onteigening, sluiting, faillissement en vereffening en om de twintig jaar.
- B Oriënterend bodemonderzoek moet uitgevoerd worden bij een overdracht, onteigening, sluiting, faillissement en vereffening en om de tien jaar.
- S Oriënterend bodemonderzoek moet uitgevoerd worden bij een overdracht, onteigening, sluiting, faillissement en voor de aanvraag van de milieuvergunning. De details van deze bepaling zijn terug te vinden in het Vlarem I.

(Vlarem I 2013)



Figuur 11 Overzicht van de procedure van een bodemonderzoek (OVAM 2013)

a. Oriënterend bodemonderzoek

Een oriënterend bodemonderzoek wordt uitgevoerd in het kader van het bodemdecreet (bodemsanering en bodembescherming). De bepaling of een oriënterend bodemonderzoek verplicht is, is terug te vinden in de lijst van als hinderlijk beschouwde inrichtingen (bijlage 1 Vlarem1).

Tijdens een oriënterend bodemonderzoek wordt de toestand van de bodem onderzocht en wordt er bepaald of er duidelijke aanwijzingen zijn voor de aanwezigheid van een bodemverontreiniging. Aan de hand van het oriënterend bodemonderzoek wordt er een uitspraak gedaan of men moet overgaan tot het uitvoeren van een beschrijvend bodemonderzoek. De uitvoering van een oriënterend bodemonderzoek gebeurt onder leiding van een bodemsaneringsdeskundige type 1 of 2, via *de standaardprocedure oriënterend bodemonderzoek* opgesteld door OVAM.

Een oriënterend bodemonderzoek bestaat algemeen uit twee delen: een historisch onderzoek en een beperkte monsternamen (OVAM2013). Een voorbeeld van een te

hanteren structuur voor het opstellen van een rapport voor een oriënterend bodemonderzoek is het volgende:

1) Voorstudie

De voorstudie van een oriënterend bodemonderzoek bestaat uit het verzamelen van de administratieve, historische en geologisch gegevens. Het administratief onderzoek heeft als doel om de gegevens van de onderzoekslocatie samen met de omgevingskenmerken bekend te maken. Algemeen zijn dit het adres, kadastrale gegevens, bestemming van de locatie, topografie, het gebruik van de omliggende terreinen en de aanwezigheid van oppervlaktewater.

Aan de hand van het historisch onderzoek wordt de historiek van de onderzoekslocatie achterhaald zoals het vroegere gebruik en de vroegere inrichting van de locatie, eventuele schadegevallen, vroegere vergunningen,... Bij het geologisch onderzoek worden gegevens over de grondwatertafel en dergelijke verzameld. (OVAM 2013)

2) Bepaling van de bemonsteringsstrategie

Aan de hand van de voorstudie verkrijgt men de gegevens die als basis dienen voor het opstellen van de verontreinigingshypothese. Aan de hand van deze verontreinigingshypothese wordt de bemonsteringsstrategie bepaald voor het veld- en het laboratoriumonderzoek. Zowel voor elke verdachte zone als voor de gehele onderzoekslocatie.(OVAM 2013)

Bij het opstellen van de verontreinigingshypothese worden de verdachte zones gezocht. Dit zijn zones waar potentiële verontreinigingsbronnen zijn of in het verleden al werden vastgesteld. Daarnaast wordt er rekening gehouden met welke bodembeschermende maatregelen op de locatie worden/werden genomen. Voor elke potentiële verontreinigingsbron wordt er bepaald welke de verdachte stoffen zijn. (OVAM 2013)

3) Terrein- en laboratoriumonderzoek

- Bodem:
Aan de hand van zintuigelijke waarnemingen gedurende het veldwerk worden een aantal specifieke grondstalen geselecteerd. De bodemstalen worden genomen met behulp van boringen en worden nadien geanalyseerd op de aanwezigheid van de parameters uit bijlage II van Vlarebo 2008.

- Grondwater:
De grondwaterstalen worden genomen met peilbuizen. Deze peilbuizen worden één week na inplanting bemonsterd. Het grondwaterstaal wordt op dezelfde parameters geanalyseerd dan een bodemstaal. De analyses worden door een erkend labo uitgevoerd en verlopen steeds conform de door OVAM opgelegde analysemethoden. (OVAM 2013)

4) Evaluatie van de resultaten

De resultaten van de analyse worden vergeleken met de streefwaarden, richtwaarden en bodemsaneringsnormen uit Vlarebo. Naast het analysepakket worden ook de algemene parameters (pH, kleigehalte en organische stof) besproken. (OVAM 2013)

5) Besluit

In het besluit wordt een uitspraak gedaan over elk afzonderlijk kadastraal perceel aan de hand van de evaluatie van de resultaten. Er wordt nagegaan of er ernstige aanwijzingen zijn dat de bodem verontreinigingen bevat. (OVAM 2013)

b. Beschrijvend bodemonderzoek (BBO)

Een beschrijvend bodemonderzoek wordt slechts uitgevoerd wanneer er in het oriënterend bodemonderzoek wordt aangetoond dat er een bodemverontreiniging aanwezig is. Algemeen wordt er een onderscheid gemaakt tussen 3 soorten bodemverontreiniging met elk hun eigen bepaling wanneer men overgaat tot een BBO:

- nieuwe bodemverontreiniging (ontstaan na 28 oktober 1995)
 - Voor een nieuwe bodemverontreiniging wordt er een BBO opgesteld als er duidelijke aanwijzingen in het OBO naar voren komen dat de bodemsaneringsnormen overschreden zijn of dreigen te worden overschreden. Als referentiewaarde wordt 80% van de bodemsaneringsnorm voor die grond genomen.
- historische bodemverontreiniging (ontstaan voor 29 oktober 1995)
 - Voor een historische bodemverontreiniging wordt een BBO opgesteld wanneer er duidelijke aanwijzingen in het OBO worden vermeld. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van het beslissingsschema met de specifieke procedure om dit vast te stellen. Dit schema is opgesteld door OVAM.

- gemengde bodemverontreiniging (deels ontstaan voor 29 oktober 1995 en deels na 28 oktober 1995)
 - o criteria van zowel historische als nieuwe verontreinigingen zijn bepalend.

Gedurende het BBO vindt er een onderzoek plaats om de beschrijving van de ernst van de bodemverontreiniging te bepalen. De beschrijving van de verontreiniging omvat:

- Een algemene beschrijving
 - o de soort, aard, hoeveelheid, concentratie, oorsprong en omvang van de verontreiniging
- Een risicoanalyse
 - o de mogelijkheid op verspreiding van de verontreiniging
 - o het gevaar voor blootstelling aan mensen, planten, dieren en grond- en oppervlaktewater voor de huidige/potentiële andere bestemming van het terrein.

De uitvoering van een BBO gebeurt door een bodemsaneringsdeskundige type 1 of 2 en verloopt op dezelfde manier als het oriënterend bodemonderzoek. Een BBO bestaat uit:

- een voorstudie met administratief, geologisch en historisch onderzoek;
- een bepaling van de bemonsteringsstrategie;
- een staalname van grondwater (peilbuizen) en bodem. Met bijkomend een risicoanalyse. Deze heeft als doel om na te gaan of de aanwezige verontreinigingen op het terrein een risico kunnen inhouden voor mens en milieu.

Voor de risico-evaluatie wordt er een **Conceptueel Site Model** opgesteld waarin de relaties tussen bron, tussenweg en receptor worden onderzocht. Met als bron de verontreiniging (met eventuele afbraakproducten), als tussenweg de transfer- en blootstellingsroutes waarlangs de verontreiniging zich kan verspreiden en de receptor bereiken. En als receptor de blootgestelde groepen die nadelige effecten kunnen ondervinden van de verontreiniging. Zowel de actuele (huidig gebruik van de locatie) als de potentiële risico's (toekomstig gebruik van de locatie) worden in kaart gebracht .
(OVAM 2013)

c. Bodemsanering

Het overgaan tot een bodemsanering is nodig wanneer het beschrijvend bodemonderzoek aantoonde dat de bodemsaneringsnormen overschreden worden. Voor de bodemsaneringsnormen zijn er vijf verschillende normen overeenkomstig met de vijf bestemmingstypes: natuur, landbouw, woongebied, recreatiegebied en industriegebied. (Vlarebo 2008)

Het uitvoeren van de bodemsanering heeft als doel om de kwaliteit van de bodem terug op te waarden tot hij minstens de richtwaarden bodemkwaliteit heeft bereikt. De bodemsanering bestaat uit 3 stappen:

- **Het opstellen van een bodemsaneringsproject**

In het bodemsaneringsproject wordt aangegeven hoe en welke bodemsaneringswerken worden uitgevoerd en in welke mate en wijze dat nazorg verplicht is. Om na te gaan welke saneringstechnieken zullen uitgevoerd worden, dient er een overweging door een bodemsaneringsdeskundige type 2 te gebeuren inzake efficiëntie, toepasbaarheid, kostprijs, timing en resultaten. Op basis van die vergelijkende studie stelt hij dan de te gebruiken techniek voor. Het overgaan tot een bodemsaneringsproject en saneringswerken is afhankelijk van de soort verontreiniging:

- A. Historische verontreiniging

Voor een historische verontreiniging wordt het saneringscriterium (=duidelijke aanwijzingen op bodemverontreiniging) bepaald door de uitvoering van een risicobeoordeling.

- B. Nieuwe verontreiniging

Bij een nieuwe bodemverontreiniging wordt overgegaan tot bodemsanering wanneer de bodemsaneringsnormen worden overschreden.

(OVAM 2013)

Afhankelijk van het resultaat van de risico-evaluatie worden er voorzorgsmaatregelen getroffen en wordt de urgentie van de sanering ingeschat.

- **De eigenlijke bodemsaneringswerken**

Tijdens deze stap wordt de bodem gesaneerd en wordt bijgevolg het bodemsaneringsproject uitgevoerd.

- **Eindevaluatie en nazorg**

Nadat de saneringswerken werden uitgevoerd, wordt het eindevaluatieonderzoek opgesteld. Dit bevat de beschrijving van de uitgevoerde saneringswerken samen met de behaalde resultaten ervan. Naast deze beschrijving volgt er ook nog een bepaling of er maatregelen, en indien nodig welke, moeten worden genomen in het kader van nazorg.

Het eindevaluatieonderzoek (EEO) wordt opgesteld door een bodemsaneringsdeskundige type 2 en bevat een beschrijving van de uitgevoerde bodemsaneringswerken en de resultaten van de bodemsanering. De bodemsaneringsdeskundige toont hierin ook aan dat een stabiele eindtoestand werd bereikt. Het eindevaluatieonderzoek geeft daarnaast een overzicht van de eventuele maatregelen in het kader van de nazorg.

De nazorg omvat bijgevolg de maatregelen die moeten worden getroffen om de bodemsaneringswerken te controleren en te bewaken.

Het verplichten tot nazorg gebeurt bij twee mogelijke situaties, gedurende saneringsbergingen of na saneringswerken. Nazorg kan zowel maatregelen inhouden om de kwaliteit van de bodem als de goede werking van de saneringsinfrastructuur te garanderen. (OVAM 2013)

2.4.4. Vlarem-wetgeving

Naast het bodemdecreet en het Vlarebo bevat het Vlarem ook regelgevingen met betrekking tot de bodem en specifiek voor het plaatsen van peilbuizen. Dit hoofdstuk zal specifiek de verplichtingen die opgenomen zijn in de Vlarem-wetgeving met betrekking tot het plaatsen van peilbuizen bespreken.

a. Verplichting tot het plaatsen van peilputten bij stallen en mestopslag

Voor bedrijven die mengmest produceren en meer dan 2.500 varkens, meer dan 1.500 runderen of meer dan 40.000 stuks pluimvee tellen of indien het bedrijf geheel of gedeeltelijk binnen de beschermingszones van een grondwaterwinning ligt, zijn er verplichtingen opgelegd die terug te vinden zijn bij de sectorale voorwaarden in Vlarem II 5.9.7 en 5.9.9. In deze voorwaarden wordt er onder andere vermeld dat bedrijven die onder bovenstaande criteria vallen, verplicht zijn tot het plaatsen van peilbuizen en deze dienen 3-jaarlijks bemonsterd worden. Voor de plaatsing van deze peilbuizen moet er rekening worden gehouden met de grondwaterstroming en het aantal mestopslagplaatsen op het bedrijf. Nadat de peilbuizen geplaatst zijn moet het bedrijf het grondwater aan de hand van deze peilbuizen om de 3 maanden controleren en de resultaten bijhouden in een logboek. Tevens moet er om de drie jaar een analyse van het grondwater op nutriënten (ammonium, nitriet en nitraat) voor elke geplaatste peilbuis worden uitgevoerd door een erkend labo. (Vlarem I 2013)

b. Grondwaterwinningen

Het plaatsen van peilbuizen is verplicht voor grondwaterwinningen uit freatische watervoerende lagen die 30.000 m³ tot 1 miljoen m³ per jaar oppompen. Per 200.000 m³ per jaar moet er één peilbuis geplaatst worden. Voor grondwaterwinningen die 1 miljoen of meer m³ grondwater per jaar oppompen, moet er 1 peilbuis per eenheid van 500.000 m³ geplaatst worden. Ook voor grondwaterwinningen uit afgesloten watervoerende lagen moeten peilbuizen geplaatst worden. Eén peilbuis voor een jaardebiet van 30.000 m³ tot 500.000 m³ en één peilbuis per eenheid van 500.000 m³ per jaar vergund debiet met een maximum van 3 peilputten. De metingen van het waterpeil gebeuren minstens twee maanden voorafgaand aan het oppompen van grondwater en moeten wekelijks worden uitgevoerd. (Vlarem I 2013)

3. Materiaal en methode

3.1. Onderzoek van het grondwater

Een onderzoek naar het grondwater van een locatie kan om verschillende redenen plaatsvinden. Zoals eerder al aangegeven kan men het grondwater onderzoeken in het kader van een oriënterend of beschrijvend onderzoek. Een andere mogelijke reden is omwille van verplichtingen conform de Vlarem-wetgeving. Zo worden er in het Vlarem sectorale voorwaarden opgelegd die landbouwers/veetelers met meer dan 2.500 varkens verplichten om 3-jaarlijks het grondwater te controleren d.m.v. peilbuizen. Omdat de peilbuizen op een correcte en conforme manier geplaatst en bemonsterd moeten worden, werd door de overheid (OVAM) een standaardprocedure (code van goede praktijk) *“Compendium voor monsterneming en analyse in uitvoering van het Materialendecreet en het Bodemsaneringsdecreet”* opgesteld die in acht moet gehouden worden bij elke plaatsing van peilbuizen. Onderstaande uitleg is een verkorte weergave van dit compendium.

3.1.1. Standaardprocedure voor staalname en plaatsing van peilbuizen

Peilbuizen kunnen uit verschillende materialen opgebouwd zijn. Meestal wordt geopteerd voor peilbuizen uit PVC of HDPE. Een peilbuis is opgebouwd uit twee onderdelen, namelijk een geperforeerd onderstuk waarover de filter zal geschoven worden en het lange dichte gedeelte dat aan het geperforeerde onderstuk wordt geschroefd met behulp van mofverbindingen. Dit langer geperforeerd gedeelte wordt “blinde buis of stijgbuis” genoemd. Het grondwater kan enkel via het geperforeerd onderstuk de peilbuis binnentreden. (OVAM 2013)

a. Plaatsing van peilbuizen

Peilbuizen kunnen zowel voor een tijdelijke als een permanente periode geplaatst worden. Permanente peilbuizen worden geplaatst voor een monitoring over een langere periode, terwijl een tijdelijke peilbuis slechts voor een beperkte periode zal geplaatst worden. Voor tijdelijke peilbuizen maakt men gebruik van roestvrijstalen filters, welke mechanisch worden ingebracht.

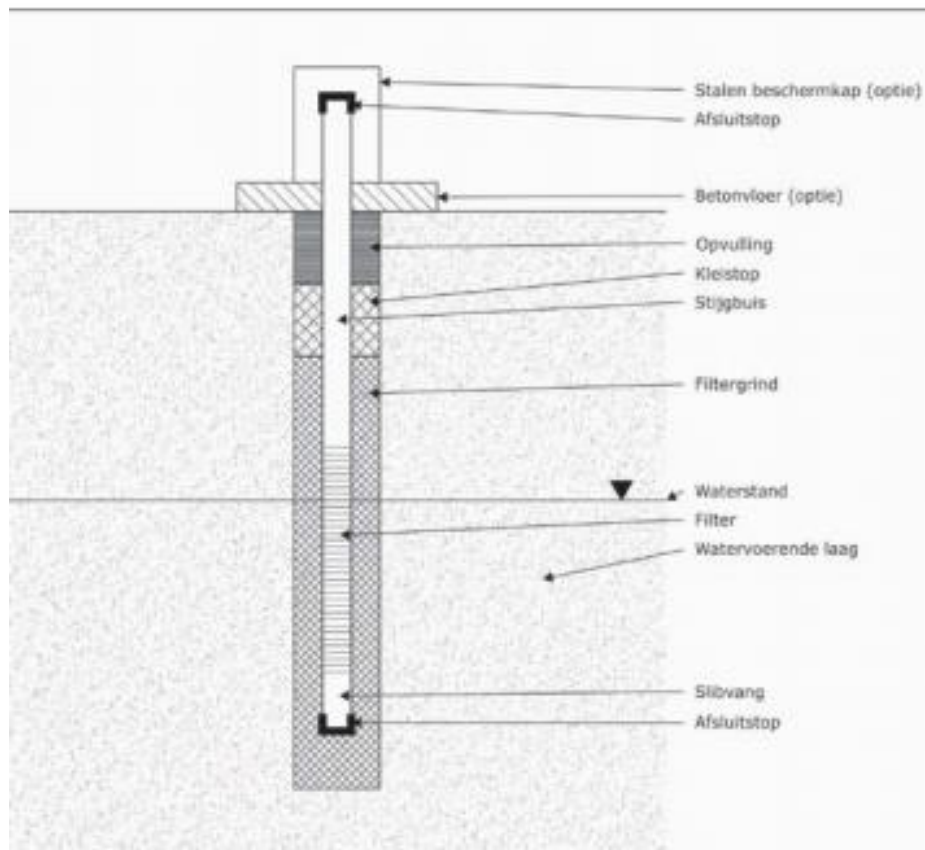
Werkwijze:

Om een peilbuis te kunnen plaatsen, moet er eerst een gat geboord worden tot de gewenste diepte. Hoe een peilbuis geplaatst wordt, is zeer belangrijk omdat het de resultaten van het grondwateronderzoek in grote mate zal beïnvloeden. Het is voornamelijk de diepte van plaatsing en de diepte en lengte van de filter die een belangrijke rol spelen. Peilbuizen moeten steeds geplaatst worden op basis van de doelstellingen van het onderzoek, de opbouw van de bodem, de verwachte richting van verspreiding van een verontreiniging.

Op basis van de lengte en diepte dat een filter van een peilbuis geplaatst wordt, kan men 2 verschillende wijzen van plaatsingen onderscheiden.
(OVAM 2013)

1) Snijdende peilbuis

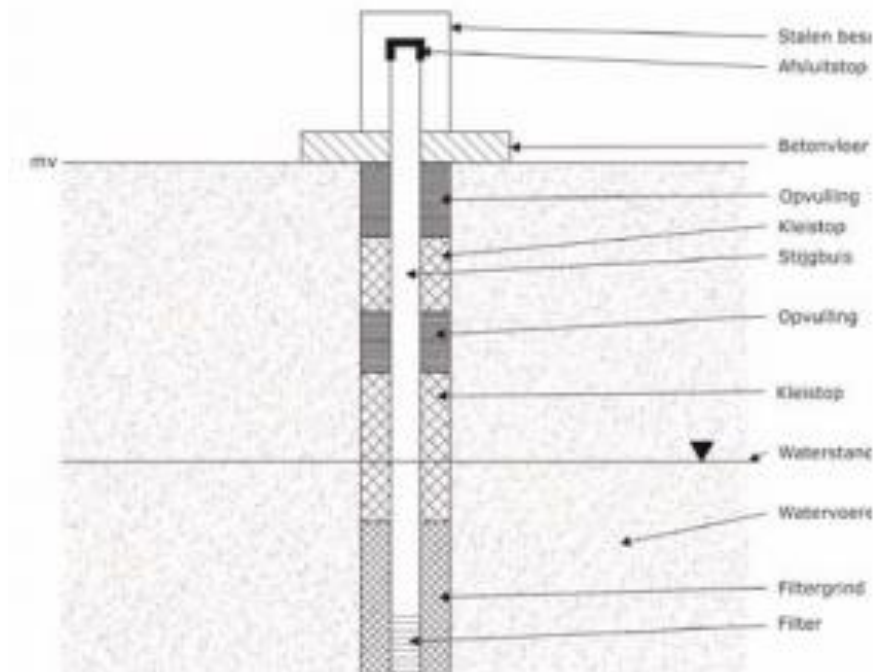
Een snijdende peilbuis wordt geplaatst voor het opsporen van een drijflaag of puur product van een bepaalde stof. Snijdende peilbuizen mogen echter niet gebruikt worden voor chemische analyses. Met snijdend wil men zeggen dat de filter van de peilbuis de grondwatertafel snijdt. Omdat deze grondwatertafel naargelang de seizoenen en de geologische opbouw van de bodem sterk kan schommelen, dient men hiermee rekening te houden. Zo mag de filter nooit minder dan de helft gevuld zijn met grondwater en nooit meer dan 90%. (OVAM 2013)



Figuur 12: Voorbeeld van een snijdende peilbuis (OVAM 2013)

2) Niet -snijdende peilbuis

Bij een niet-snijdende peilbuis staat de filter volledig onder water, met andere woorden volledig in de verzadigde zone van de bodem. (OVAM 2013)



Figuur 13: Voorbeeld van een niet snijdende peilbuis (OVAM 2013)

Om te voorkomen dat er bodemmateriaal langs onder in de peilbuis toestroomt, wordt er een dop op de onderkant geplaatst. Daarnaast wordt op de bovenkant van de peilbuis ook een dop geplaatst zodat er geen vuil of regenwater van bovenaf in de peilbuis kan terechtkomen. Door de peilbuis langs onder en boven af te sluiten creëert men een atmosferische luchtdruk in de peilbuis die de vrije stroming van het grondwater mogelijk maakt.

De resterende ruimte in het boorgat ter hoogte van de filter wordt opgevuld met gegloeid, gezeefd en gekalibreerd filterzand. Het filterzand moet gegoten worden tot het ongeveer 25 -50 cm boven de filter uitkomt. Boven het aangebrachte filtergrind wordt er een betonietstop aangebracht door middel van kleikorrels die in het gat worden gebracht. De lengte van de betonietstop is afhankelijk van situatie tot situatie maar algemeen wordt er een betonietstop van 1 m lengte aangebracht boven het filtergrind. De resterende ruimte tussen het maaiveld en de betonietstop kan dan opgevuld worden met het oorspronkelijke bodemmateriaal indien deze niet sterk verontreinigd is of geen puur product bevat. (OVAM 2013)

b. *Staalname van peilbuizen*

1) Voorpompen en staalname grondwater

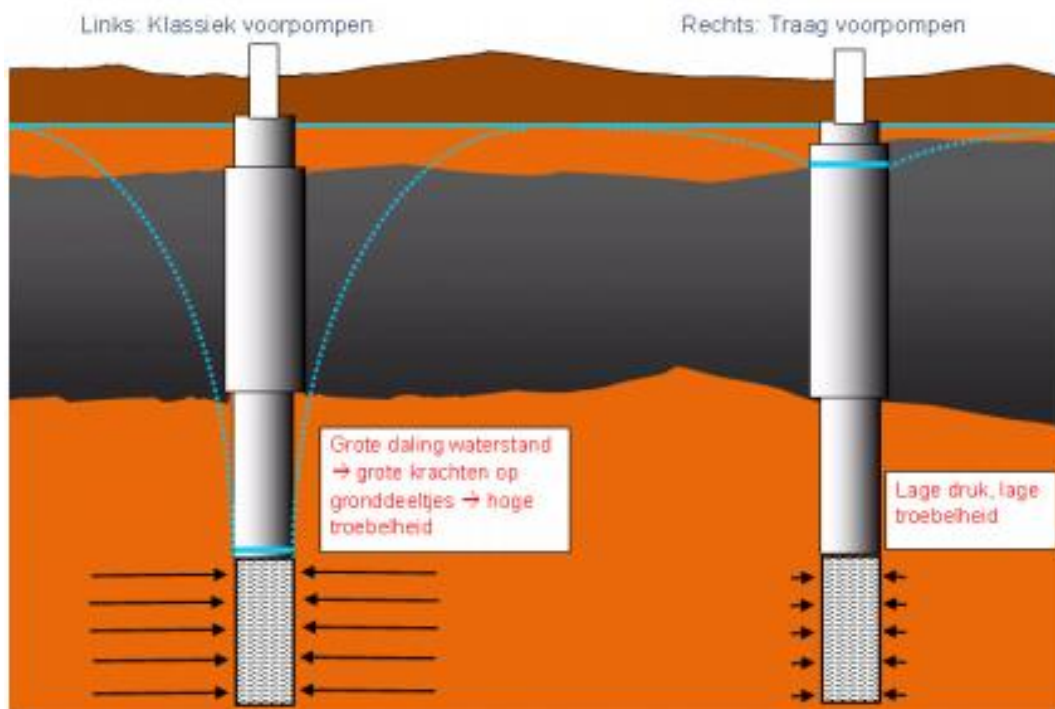
Voordat er stalen van het grondwater kunnen genomen worden, moet men eerst enkele stappen doorlopen. Als eerste wordt de stand van de grondwatertafel gemeten aan de hand van een peilbuis ten opzichte van de top van de peilbuis en genoteerd.

Daarna wordt er gemeten hoever de top van de peilbuis boven of onder het grondwater ligt. Als laatste wordt ook de totale lengte, diepte van de peilbuis gemeten.

2) Voorpompen peilbuis

Nadat men deze gegevens heeft verkregen, wordt er een silicone darm (even lang als de peilbuis) in de peilbuis geplaatst en aangesloten op de peristaltische pomp, welke op haar beurt wordt verbonden met een doorstroomcel. Na het monteren wordt de peilbuis voorgepompt met de peristaltische pomp. Voor elke andere peilbuis wordt er een nieuwe silicone darm gebruikt, om contaminatie te vermijden.

Het voorpompen net zoals de eigenlijke staalname gebeurt volgens de *Low Flow Sampling* methode (LFS) bij een laag debiet (0,1 l/min). Er wordt geopteerd voor een lage snelheid zodat het waterpeil in een peilbuis slechts in geringe mate daalt en de kracht waarmee de bodemdeeltjes worden opgepompt en losgespoeld minimaal is en de natuurlijke doorstroom (aanvulsnelheid) van het grondwater niet wordt aangetast.



Figuur 14: Verschil tussen traag voorpompen en voorpompen bij een hoger debiet

(van Dijk, G.; Perebolte, H. J. en Schulten, S. 2011)

Gedurende het voorpompen wordt op regelmatige tijdsbasis de stand van de grondwatertafel gecontroleerd. Zo mag de stand van het grondwater niet lager komen te staan dan 10 cm ten opzichte van het peil voor het voorpompen en mag het ook niet lager komen te staan dan de top van het filtergedeelte.

Voor peilbuizen die nieuw geplaatst zijn of ouder zijn dan 2 jaar, moeten deze minstens 7 dagen op voorhand schoongespoeld worden. Dit schoonspoelen gebeurt bij een hoog debiet totdat het slib- en zandvrij is en minimum 5 keer het peilbuisvolume is bereikt. Tijdens het voorpompen worden de veldparameters gemeten, meer bepaald de pH, de temperatuur en de geleidbaarheid, in een doorstroomcel die verbonden is met de peristaltische pomp. Dit alles wordt bijgehouden en opgeschreven samen met het tijdstip van staalname. Nadat 5 maal het volume van de doorstroomcel is afgepompt en de veldparameters stabiel blijven, kan de eigenlijke staalname plaatsvinden.

Metingen worden als constant beschouwd bij de volgende meetwaarden (te evalueren over een tijdsperiode van 1 min):

$$\text{pH} = \pm 0,1$$

$$T = \pm 5\%$$

$$E_c = \pm 5\%;$$

3) Staalname grondwater

Tijdens de staalname worden er enkele specifieke potjes gevuld die elk op een bepaalde stof (parameter) zullen onderzocht worden. Voor de potjes die bestemd zijn voor zware metalen zal het opgepompte grondwater eerst gefilterd worden met een teflonfilter (0.45 μm). Voor andere parameters zoals minerale olie of PAK's wordt er geen filtratie uitgevoerd maar wordt het grondwater rechtstreeks in het desbetreffende potje gepompt zonder belvorming.

(OVAM 2013)

3.2. Aanpak voor onderzoek naar verhoogde concentraties aan zware metalen/minerale olie in bestaande peilbuizen

Als eerste zal er voor het onderzoek een beschrijving gebeuren van het terrein samen met de bepalende kenmerken. Een goede leidraad hiervoor zijn de bestaande oriënterende of beschrijvende bodemonderzoeken die er in het verleden zijn uitgevoerd. De zaken waar het meeste aandacht wordt aan besteed bij de karakterisering van het terrein zijn de (Vlarebo) activiteiten die op het terrein werden/worden uitgevoerd samen met de opslag van mogelijke mazouttanks. Ook het bestemmingsgebied van de terreinen is belangrijk omdat deze bepalend is voor de hantering van de bodemsaneringsnormen.

De volgende stap is om de kenmerken van de bodem en het grondwater te bepalen. Voor de beschrijving van de bodem en het grondwater wordt er gebruik gemaakt van het eerder uitgevoerde veldwerk in het kader van de oriënterende of beschrijvende bodemonderzoeken. Voor de bodem is de gelaagdheid van de ondergrond belangrijk. Welke grondsoort komt er op de locatie voor en tot welke diepte? Voor het grondwater wordt er enerzijds gekeken naar de pH en geleidbaarheid maar anderzijds ook naar de stand van de grondwaterspiegel, de kwetbaarheidscode die het grondwater krijgt, de stroomrichting van het grondwater en de ligging van naburige drinkwater- en grondwaterwinningen.

Nadat het terrein gekend is kan er iets meer gezegd worden over de peilbuizen die op het terrein aanwezig zijn. Van de peilbuizen wordt de totale lengte gemeten samen met de lengte van de filter, filtergrind en de betonietstop (kleistop). Ook het jaar wanneer deze peilbuizen werden geplaatst wordt vermeld, om na te gaan of het wel degelijk bestaande peilbuizen zijn en geen nieuwe geplaatste.

De laatste stap voor het opstellen van de onderzoekshypothese is de studie van de grondwateranalyses. Er wordt gekeken bij welke peilbuizen de verhoogde concentraties werden waargenomen en voor welke parameters.

Nadat al dit onderzoekswerk is uitgevoerd kunnen de onderzoekshypothesen worden uitgevoerd. Wat zeker belangrijk is bij het opstellen van deze onderzoekshypothesen is dat er een vergelijking wordt gemaakt met gelijke cases om gelijkenissen te achterhalen en deze te kunnen uitspelen.

Nadat er een mogelijke onderzoekshypothese werd geformuleerd, wordt er getracht om deze te bewijzen of net het omgekeerde. Om deze hypothese te kunnen bewijzen moeten er opnieuw stalen worden genomen rekeninghoudend met de maatregelen die de hypothese oplegt. Nadat de resultaten van de nieuwe staalname bekend zijn kan er een uitspraak worden gedaan over de onderzoekshypothese.

Omdat één staalname niet echt betrouwbaar is om een onderzoekshypothese al dan niet te bevestigen of te verwerpen, worden er meerdere malen stalen genomen. Minstens tweemaal en indien mogelijk meer.

3.2.1. Gebruikt materiaal en werkwijze

a. *Edelman boorset*

Om de gaten te boren waarin later de peilbuizen zullen geplaatst worden, maakt men gebruik van een Edelman boorset. Deze set bestaat uit een handvat, een boorkop en een tussenstukken die worden gebruikt om op de gewenste diepte te geraken.



Figuur 15: Onderdelen van een Edelman boorset

b. Slangenpomp of peristaltische pomp

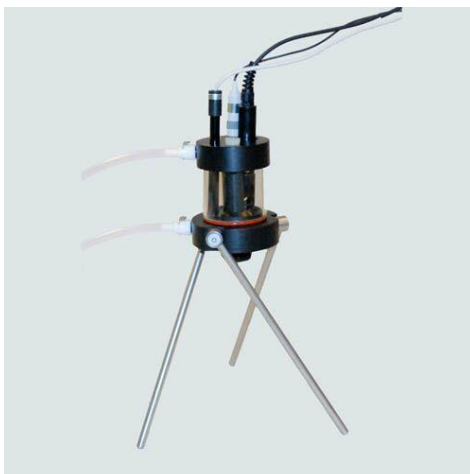
De slangenpomp wordt elektrisch aangedreven aan de hand van een inwendige accu. In het pomphuis wordt er een silicone slang aangebracht. Aan de kant waar het water zal worden opgezogen (zuigzijden), wordt er een dunnere PE-slang aangebracht die tot op de bodem van de peilbuis wordt gebracht. De pomp zuigt het grondwater op door een kortdurende onderdruk te creëren zodat het opgepompt grondwater niet in contact komt met de lucht en er bijgevolg geen stoffen kunnen vervluchtigen.



Figuur 16: Een slangenpomp of peristaltische pomp

c. Doorstroomcel

De veldmetingen zoals het meten van de pH en de geleidbaarheid worden uitgevoerd in een doorstroomcel. Een doorstroomcel zorgt ervoor dat er geen invloed is van buitenaf op de meting waardoor men representatieve metingen kan uitvoeren. Er is bijgevolg geen contact van het grondwater en de elektrodes van de meettoestellen met de buitenlucht. In de doorstroomcel is er een constante aanvoer van grondwater.



Figuur 17: Voorbeeld van een doorstroomcel

d. Peillint



Figuur 18: Een peillint

Een peillint bestaat een sensor die aan een lintmeter is bevestigd en lampje. Dit lampje gaat branden wanneer de sensor in aanraking komt met water. Aan de hand van de lintmeter kan men bijgevolg meten hoe diep het grondwater zich bevindt.

e. Labo Eurofins

De analyse van het grondwater gebeurt door het labo Eurofins dat gelegen is in Nazareth. Eurofins is één van de grootste dienstverleners inzake milieu -analyses in België. Eurofins voert zowel analyses uit voor water, bodem, lucht als afvalstoffen.

4. Resultaten

4.1. Bespreking cases en identificatie van overschrijdingen

4.1.1. Case 1: Herentals

a. Omschrijving terrein

Uit het gewestplan is af te lezen dat de onderzoekslocatie gelegen is in industriegebied (V). Het terrein wordt momenteel in gebruik genomen door het bedrijf uit Herentals dat als voornaamste taak heeft, het vervaardigen van betoncentrales waarbij de nadruk ligt op de assemblage van de centrales. Dit heeft als gevolg dat het terrein mogelijk verontreinigd is met de volgende stoffen: zware metalen, minerale olie en BTEX. Het bedrijf is sinds 1992 actief en voert sinds de opstarting ervan enkele Vlarebo-activiteiten uit. Een gedetailleerd overzicht is terug te vinden in tabel 11. (Van Giel 2011)

Tabel 11: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen case 1 Herentals ((Van Giel 2011)

Periode	Kadastraal perceel	Letter persoon	VLAREM-VLAREBO-rubriek	VLAREBO-categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
1992 – heden	25 F en 139 L		4.3.b.1	A	Inrichtingen voor het mechanisch, pneumatisch of elektrostaticsch aanbrengen van bedekingsmiddelen	Zware metalen MO
1992 – heden	25 F en 139 L		29.5.2..1.a	O	Mechanisch behandelen van metalen	BTEX

Naast deze Vlarebo-activiteiten is er ook nog een ondergrondse mazouttank van 700 l aanwezig op het terrein (tabel 12).

Tabel 12: Opsomming opslagtanks (Van Giel 2011)

Nr. tank	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Dieptebasis (m)	Installatiejaar / LLT	Wand	Overvulbeveiliging ?	Ingekuipt (j/N)	Bestrating	Buiten Gebruik? (jaar)
1	700	mazout	Boven-gronds	0m	/	Dubbel-wandig	Ja	Nee	/	/

Uit gegevens van LNE provincie Antwerpen afdeling Water, blijkt dat de onderzoekslocatie niet gelegen is in een drinkwaterwingebied. De kwetsbaarheidskaart voor het grondwater van de provincie Antwerpen geeft een kwetsbaarheidscode Ca1, zeer kwetsbaar, op. Er zijn geen grondwaterwinningen aanwezig op het betreffende perceel maar er zijn wel drie vergunde grondwaterwinningen bekend binnen een straal van 500 m. (Van Giel 2011)

b. Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)

Op het terrein zijn er drie peilbuizen aanwezig als gevolg van een oriënterend bodemonderzoek dat uitgevoerd werd in 2007. Tijdens dit bodemonderzoek werden er geen verhoogde of onverwachte concentraties gemeten. Zie tabel 13.

Tabel 13: Analyse grondwater PB4 2007(Van Giel 2011)

boring / peilbuis	PB4	AGW	80-% BSN	BSN
datum staalname	20/12/2007			
diepte filter (m-mv)				
zintuiglijke waarneembare verontreiniging (m-mv)	/			
aanwezigheid puur produkt + dikte	/			
pH	8,61			
temperatuur (°C)				
geleidbaarheid (µS/cm)	294			
Metalen (µg/l)				
Arseen (As)	< 4	5,0	16	20
Cadmium (Cd)	< 0,5	1,0	4,0	5,0
Chroom (Cr)	< 3	10	40	50
Koper (Cu)	< 4,2	20	80	100
Kwik (Hg)	< 0,013	0,05	0,80	1,0
Lood (Pb)	< 4	5	16	20
Nikkel (Ni)	< 3	10	32	40
Zink (Zn)	32,5	60	400	500

Tabel 14: Analyse grondwater PB3 2007 (Van Giel 2011)

boring / peilbuis	PB3	AGW	80 % BSN	BSN
datum staalname	16/01/2008			
pH				
temperatuur (°C)				
geleidbaarheid (µS/cm)				
Metalen (µg/l)				
Arseen (As)	< 4	5,0	16	20
Cadmium (Cd)	< 0,5	1,0	4,0	5,0
Chroom (Cr)	< 6	10	40	50
Koper (Cu)	<u>32,2</u>	20	80	100
Kwik (Hg)	< 0,05	0,05	0,80	1,0
Lood (Pb)	< 4	5	16	20
Nikkel (Ni)	<u>18,9</u>	10	32	40
Zink (Zn)	26,2	60	400	500

Voor de actualisatie van het bodemonderzoek in 2011 werden 3 bestaande peilbuizen bemonsterd, namelijk PB2, PB3 en PB4. Enkel voor PB3 en PB4 werd er in 2011 een verhoogde concentratie aan één of meerdere zware metalen gemeten. Voor PB 3 werd er een verhoogde concentratie van chroom gemeten. Voor chroom werd er een concentratie gemeten van 55 µg/l (tabel 15). Deze hoge chroomwaarde heeft als gevolg dat ook de BSN voor industriegebied (V) werd overschreden terwijl dit in 2007 nog niet het geval was (<6 µg/l).

Voor peilbuis PB4 werd er in 2011 een verhoogde concentratie aan zink en chroom gemeten. Terwijl de concentratie van zink in 2007 nog op 32,8 µg/l lag (tabel 14), werd in 2011

260 µg/l gemeten. Deze verhoogde concentratie zorgde voor een overschrijding van de streefwaarde maar bleef nog onder de richtwaarde waardoor er geen verdere acties moesten ondernomen worden.

Ook voor chroom werd er een verhoging ten opzichte van 2007 gemeten (<3 µg/l => 15 µg/l). Net zoals bij zink werd de streefwaarde overschreden maar niet de richtwaarde (tabel 16). (Van Giel 2011)

Tabel 15: Analyse grondwater PB3 2011 (Van Giel 2011)

Kadastraal Perceel	Toetsingswaarden					139 L en 25 F
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Hoogste overschrijding BSN	
verdachte / niet-verdachte zone						PB 3
peilbuis						2,00 - 2,17
diepte staal voor analyse (m-mv)						10/05/2011
datum staalname						2,17
diepte filter (m-mv)						
Grondwaterstand						
diepte grondwater (m-mv)						2,00
Terreinmetingen						
pH						
temperatuur (°C)						
geleidbaarheid (µS/cm)						
redox (mV)						
zuurstof (mg/l)						
Zware metalen en Metalloïden (µg/l)						
As	5	12	16,0	20,0	-	< 10
Cd	1	3	4,0	5,0	-	< 1,0
Cr (III)	10	30	40,0	50,0	1,1	<u>55,00</u>
Cu	20	60	80,0	100,0	-	< 20
Hg	0,05	0,6	0,8	1,0	-	< 0,20
Pb	5	12	16,0	20,0	-	< 10
Ni	10	24	32,0	40,0	-	10,00

Tabel 16: Analyse grondwater PB4 2011 (Van Giel 2011)

Kadastraal Perceel	Toetsingswaarden					139 L en 25 F
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Hoogste overschrijding BSN	
verdachte / niet- verdachte zone peilbuis diepte staal voor analyse (m-mv) datum staalname diepte filter (m-mv)						PB4 2,20 - 2,82 14/04/2011 2,82
Grondwaterstand diepte grondwater (m-mv)						2,20
Terreinmetingen pH temperatuur (°C) geleidbaarheid (µS/cm) redox (mV) zuurstof (mg/l)						8,01 10,1 331
Zware metalen en Metalloïden (µg/l)						
As	5	12	16,0	20,0	-	< 10
Cd	1	3	4,0	5,0	-	< 1,0
Cr (III)	10	30	40,0	50,0	1,1	15,00
Cu	20	60	80,0	100,0	-	< 20
Hg	0,05	0,6	0,8	1,0	-	< 0,20
Pb	5	12	16,0	20,0	-	< 10
Ni	10	24	32,0	40,0	-	< 10
Zn	60	300	400,0	500,0	-	260,00

c. Kenmerken grondwater/bodem

Uit de resultaten van het uitgevoerde bodemonderzoek in 2011, kan men de ondergrond van het terrein als volgt beschrijven:

- 0m0 – 0m5 zand met stenen;
- 0m5 – 1m0 zand, bruin/groen/zwart;
- 1m0 – 1m9 zand, groen/oranje;
- 1m9 – 2m5 zand, beige/geel zand.

Tijdens de staalname van het grondwater in 2007 en 2011 werd ook de pH en de geleidbaarheid van het grondwater in peilbuis PB3 en PB4 gemeten. Voor peilbuis PB4 werd er in 2007 een pH en geleidbaarheid gemeten van respectievelijk 8,61 en 294 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en in 2011 8,01 en 331 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Voor PB3 lag de pH en geleidbaarheid in 2007 op 7,93 en 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en in 2011 op 9,66 en op 379 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Van Giel 2011)

d. Kenmerken peilbuizen

De twee peilbuizen zijn gemaakt uit HDPE met een diameter van 40 x 35 mm. Beide peilbuizen bevatten een filterlengte van 2 m en werden snijdend met het grondwater niveau aangebracht om zo mogelijke drijfslagen te detecteren. De filter, voorzien van een filterkous, werd omgeven door filtergrind en boven de filter wordt een kleistop van ongeveer 50 cm aangebracht.

Peilbuis PB4 heeft een lengte van 2,82 m waarbij de filter 0,82 m onder het maaiveld steekt. Het grondwater stond in 2011 op 2,20 m. De lengte van peilbuis PB3 is 2,17 m met een filter die zich 0,17 m onder het maaiveld bevindt. De stand van het grondwater bedroeg in 2011 2,00 m onder het maaiveld.

(Van Giel 2011)

4.1.2. Case 2: Olen

a. Omschrijving terrein

De onderzoekslocatie is gelegen in industriegebied (V). Op het terrein worden sinds 1994 activiteiten uitgevoerd door het bedrijf. Op het terrein worden enkele Vlarebo-activiteiten uitgevoerd zodat minerale olie als verdachte stof wordt beschouwd. Een overzicht van de Vlarebo-activiteiten die op het terrein worden uitgevoerd, zijn terug te vinden in tabel 17.

Tabel 17: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel 2012)

Periode	Kadastraal perceel	Letter persoon	VLAREM-VLAREBO-rubriek	VLAREBO-categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
1994 - heden	425 B	B	17.3.6.2	O	Opslag 7.200 l diesel en 35.000 l stookolie	Minerale olie
			17.3.9.3	B	3 verdeelslangen	

Op het terrein bevinden zich ook nog enkele opslagtanks voor mazout. Een overzicht van deze opslagtanks wordt zichtbaar gemaakt aan de hand van tabel 18.

Tabel 18: Overzicht aanwezig opslagtanks (Van Giel 2012)

Nr. tank	Zone	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Diepte basis (m)	Installatiejaar	Wand (E/D)	Lekdetectie (J/N)	OVB (J/N)	LLT (Jaar)	Ingekuipt (J/N)	Bestrating	BG (jaar)
1	A	10.000	Diesel	O	-2,00	?	?	?	?	?	?	Beton	2008
2	B	7.200	Diesel	B	0,00	2008	D	J	J	?	J	Beton met kleimatten	-
3	B	35.000	Stookolie	B	0,00	2008	D	J	J	?	J	Beton met kleimatten	-

Op de locatie is er zover bekend geen zout of brak grondwater aanwezig. De onderzoekslocatie is niet gelegen in een drinkwaterwingebied en krijgt een kwetsbaarheidscode van Ca1, zeer kwetsbaar door de kwetsbaarheidskaart voor het grondwater van de provincie Antwerpen. Daarnaast is er op de locatie één grondwaterwinning gevestigd. Uit de gegevens van LNE blijkt dat er binnen een straal van 500 m zes vergunde grondwaterwinningen bekend zijn.

- Nr. 1: OVI nv op een afstand van ca. 360 m ZO
- Nr. 2: Verbinnen Harry bvba op het onderzoeksperceel
- Nr. 3: Slachthuis Van Lommel op een afstand van ca. 300 m ZO
- Nr. 4: Lintor nv op een afstand van ca. 250 m ZO
- Nr. 5: Proliver op een afstand van ca. 120 m NO
- Nr. 6: Verlirend nv op een afstand van ca. 230 m O

(Van Giel 2012)

b. Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)

Op het terrein bevinden zich 5 peilbuizen, namelijk PB1, P104, P105, P106 en P107. P104, P105, P106 en P107 werden in 2012 geplaatst omwille van een oriënterend bodemonderzoek. PB1 werd eerder al geplaatst. Het is ook bij deze oudere peilbuis dat er een verhoogde concentratie aan **minerale olie** werd gemeten (Tabel 19). Voor deze peilbuis werd er een som van 1530 µg/l aan minerale olie gemeten terwijl bij de andere vier peilbuizen slechts 1 meting net boven de detectiegrens van <100 lag. Deze overschrijding die gemeten werd bij PB1 ligt dan ook ver boven de bodemsaneringsnorm voor bestemmingsgebied industriegebied (V). (Van Giel 2012)

Tabel 19: Analyseresultaten grondwater peilbuizen 2012 (Van Giel 2012)

Kadastraal Perceel	Toetsingswaarden					425	425	425	425	425
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Hoogste overschrijding BSN	B Zone A	B Zone B	B Zone A	B Zone A	B Zone A
verdachte / niet-verdachte zone										
peilbuis						PB1	P104	P105	P106	P107
diepte staal voor analyse (m-mv)						1,90 - 4,00	1,90 - 3,50	2,40 - 3,70	2,36 - 3,80	2,47 - 3,90
datum staalname						25/07/2012	25/07/2012	16/10/2012	16/10/2012	16/10/2012
diepte filter (m-mv)						2,00 - 4,00	2,50 - 3,50	2,70 - 3,70	2,80 - 3,80	2,90 - 3,90
Grondwaterstand										
diepte grondwater (m-mv)						1,90	1,90	2,40	2,36	2,47
Terreinmetingen										
pH						6,12	5,31	4,78	4,17	4,35
temperatuur (°C)						19,9	22,4	13,6	14	14
geleidbaarheid (µS/cm)						470	1520	480	410	670
Overige Organische Stoffen (µg/l)										
hexaan	1	20	144	180	-					
heptaan	1	50	2400	3000	-					
octaan	1	50	480	600	-					
minerale olie (C10-C12)						0,00	0,00	3,70	0,00	0,00
minerale olie (C12-C20)						61,00	0,00	61,00	0,00	0,00
minerale olie (C20-C30)						860,00	0,00	100,00	0,00	0,00
minerale olie (C30-C40)						0	0	0	0,00	0,00
minerale olie (som)	100	300	400	500	3,1	<u>1530,00</u>	< 100	185,00	< 100	< 100
methyltertiairbutylether	1	20	240	300	-					
legende:										
<i>cursief</i> = overschrijdt de streefwaarde										
<i>cursief/onderlijnd</i> = overschrijdt de richtwaarde										
<i>vet/cursief/onderlijnd</i> = overschrijdt de (80%) bodemsaneringsnorm										

c. Kenmerken bodem/grondwater

Op basis van de uitgevoerde boringen, kan men de ondergrond als volgt beschrijven:

0m0 – 1m0	Bruin matig fijn zand;
1m0 – 1m5	Bruinoranje matig fijn zand;
1m5 – 2m5	Bruinoranje matig fijn zand, zwak leemhoudend;
2m5 – 3m0	Bruinoranje matig fijn zand.

Tijdens het veldwerk in 2012 werd ook de pH en de geleidbaarheid van het grondwater voor alle peilbuizen gemeten. Voor peilbuis PB1 werd er een pH van 6,12 gemeten en een geleidbaarheid van respectievelijk 470 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Van Giel 2012)

d. Kenmerken peilbuizen

De peilbuizen zijn gemaakt uit HDPE met een diameter van 40 x 35 mm. De peilbuizen bevatten een filterlengte van 1 m en werden niet snijdend met het grondwater niveau aangebracht. De filter voorzien van een filterkous werd omgeven door filtergrind en boven de filter wordt een kleistop van ongeveer 50 cm aangebracht.

De lengte van de peilbuizen varieert van 3,50 tot 4,00 m en de grondwaterstand van 1,90 tot 2,47 m.

(Van Giel 2012)

4.1.3. Case 3: Tessenderlo

a. Omschrijving terrein

Sinds 1989 voert de firma activiteiten uit op de terreinen. Het gaat meer bepaald om het fabriceren van markt - en frituurwagens, het verkopen van 2de handsauto's, het plaatsen van uitbouwkits op auto's en de verkoop van petroleumkachels en onderhoudsproducten voor auto's. Aan de zijkant van het gebouw zijn twee verdeelslangen voor het vullen van jerrycans met petroleum.

De onderzoekslocatie is gelegen in industriegebied (V). Op het terrein worden enkele Vlarebo-activiteiten uitgevoerd zodat minerale olie en zware metalen als verdachte stof wordt beschouwd. Een overzicht van de Vlarebo-activiteiten die op het terrein worden uitgevoerd, zijn terug te vinden in tabel 20. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 20: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel 2014)

Periode	VLAREM- VLAREBO-rubriek	VLAREBO- categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
1989 - heden	4.3.a.2.ii	A	2 spuitcabines	Minerale olie, zware metalen
	15.2	A	Werkplaats met 2 hefbruggen	
	17.3.3.2.b	A	Opslag van 2500l prowash in recipiënten van 25l en 30l	
	17.3.5.2.a	A	Opslag van petroleum in bovengrondse tank van 800l en ondergrondse tank van 20000l en één ondergrondse tank van 10000l	
	29.5.2.1.b	O	Toestellen voor het behandelen van metaal	

Op het terrein bevinden zich ook nog enkele opslagtanks. Een overzicht van deze opslagtanks wordt verduidelijkt in tabel 21.

Tabel 21: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel 2014)

Nr. tank	Zone	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Diepte basis (m)	Installatiejaar	Wand (E/D)	Lekdetectie (J/N)	OVV (J/N)	LLT (jaar)	Ingekuipt (J/N)	Bestrating	BG (jaar)
1	1	20000	Petroleum	O	-2,50	1990	D	J	J	?	N	onverhard	-
2	1	10000	Petroleum	O	-2,10	1990	D	J	J	?	N	onverhard	-
3	1	10000	diesel	O	-2,10	1990	D	J	J	?	N	onverhard	-
4	3	10000	Stookolie	O	-2,10	1990	D	J	J	?	N	onverhard	-
5	2	800	Petroleum	B	0,00	2012	D	J	J	?	N	beton	-

De grondwatertafel bevindt zich op ca. 1,30 m-mv. Op de locatie is er geen zout of brak grondwater aanwezig. De onderzoekslocatie is niet gelegen in een drinkwaterwingebied en heeft een kwetsbaarheidscode Ca1, zeer kwetsbaar. Er zijn geen grondwaterwinningen aanwezig op het betreffende perceel of binnen een straal van 500 m. (Van Giel 2014)

b. Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)

Op het terrein bevinden zich 6 peilbuizen, waarvan er 5 werden geplaatst in 2005 en één in 2013. Tijdens de bemonsteringen in 2013 werden er voor peilbuis P3 verhoogde concentraties aan minerale olie teruggevonden terwijl er niet meteen een aanleiding was voor deze verontreiniging. Zo lag de waarde aan minerale olie bij de eerste staalname op 5800 µg/l terwijl er bij de tweede en derde staalname (zie tabel 22), een veel lagere waarde werd gemeten. Bij deze tweede en derde staalname werd er wel langer voorgepompt en kan dit een mogelijke verklaring zijn voor deze verlaging. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 22: Analyseresultaten grondwater Tessengerlo (Van Giel 2014)

Kadastraal Perceel verdachte / niet-verdachte zone peilbuis diepte staal voor analyse (m-mv) datum <u>staalname</u> diepte filter (m-mv)	Toetsingswaarden				1416 F	1416 F	1416 F
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Zone 1 P3 1,36 - 2,70 19/11/2013	Zone 1 P3 1,23 - 2,70 6/12/2013	Zone 1 P3 1,25 - 2,70 17/12/2013
Grondwaterstand diepte grondwater (m- mv)					1,36	1,23	1,25
Terreinmetingen pH temperatuur (°C) geleidbaarheid (µS/cm)					5,6 8,3 208	5,8 10,2 235	5,76 9,5 250
Overige Organische Stoffen (µg/l)							
hexaan	1	20	144	180			
<u>heptaan</u>	1	50	2400	3000			
octaan	1	50	480	600			
minerale olie (C10-C12)					3700,00	120,00	240,00
minerale olie (C12-C20)					2200,00	45,00	81,00
minerale olie (C20-C30)					< 15	< 15	< 15
minerale olie (C30-C40)					< 15	< 15	< 15
minerale olie (som)	100	300	400	500	<u>5800,00</u>	170,00	<u>320,00</u>
<u>methyltertiairbutylether</u>	1	20	240	300			

c. Kenmerken bodem/grondwater

Op basis van de uitgevoerde boringen, kan men de ondergrond als volgt beschrijven:

0m0 – 0m2	Bruin matig fijn zand, zwak puinhoudend;
0m2 – 1m0	Bruin matig fijn zand;
1m0 – 2m0	Groenbruin matig fijn zand, matig leemhoudend;
2m0 – 3m5	Groen grof zand.

Tijdens het veldwerk in 2013 werd ook de pH en de geleidbaarheid van het grondwater gemeten. Deze varieerden respectievelijk tussen de 5,6 en 5,8 (pH) en tussen 208 en 250 (geleidbaarheid). (Van Giel 2014)

d. Kenmerken peilbuizen

De peilbuizen zijn gemaakt uit HDPE met een diameter van 40 x 35 mm. De peilbuizen bevatten een filterlengte van 1m en werden niet-snijdend met het grondwaterniveau aangebracht. De filter voorzien van een filterkous werd omgeven door filtergrind en boven de filter wordt een kleistop van ongeveer 50 cm aangebracht.

De lengte van de peilbuis is 2,70 m en de grondwaterstand lag tussen van 1,23 en 1,36 m.

(Van Giel, S. 2014)

4.1.4. Case 4: Pulle

a. Omschrijving terrein

Op het terrein te Pulle werd in de periode voor 1989 geen risico-activiteiten uitgevoerd op de onderzoekslocatie. Het terrein werd in deze periode gebruikt voor landbouwactiviteiten. Sinds 1989 is de firma gevestigd op deze locatie. Maes nv voert activiteiten uit zoals het uitbaten van een onderhoudsatelier, wasplaats en tankinstallatie voor vrachtwagens. In juni 2000 werd er al een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek werd een verontreiniging met minerale olie in het vaste deel van de aarde vastgesteld. Deze verontreiniging is in dit oriënterend en beschrijvend bodemonderzoek zowel horizontaal als verticaal volledig afgeperkt.

De onderzoekslocatie is gelegen in industriegebied (V). Op het terrein worden enkele Vlarebo-activiteiten uitgevoerd zodat minerale olie als verdachte stof wordt beschouwd. Een overzicht van de Vlarebo-activiteiten die op het terrein worden uitgevoerd, zijn terug te vinden in tabel 23 (Van Giel, S. 2014).

Tabel 23: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel, S. 2014)

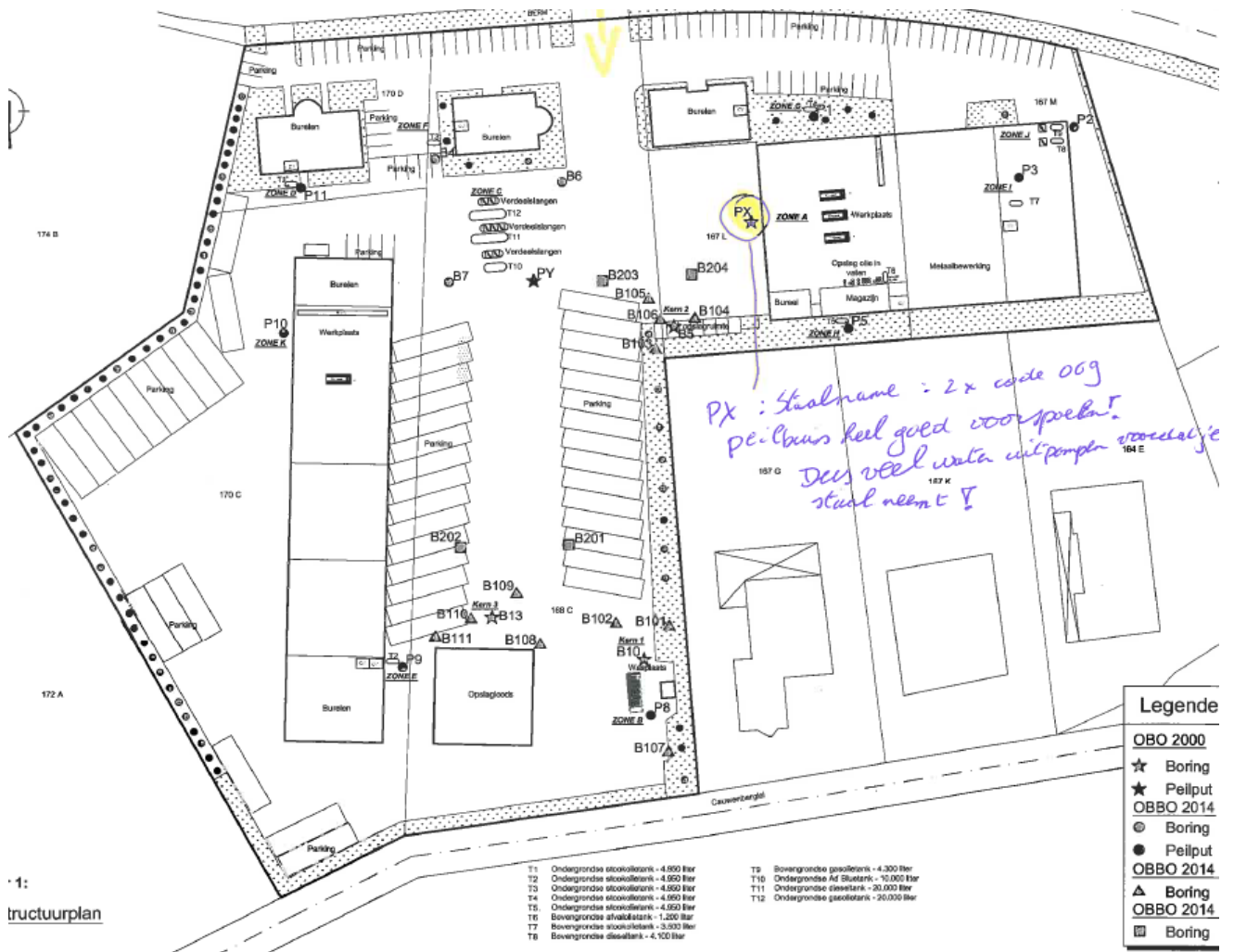
Periode	Kadastraal perceel	Letter persoon	VLAREM-VLAREBO-rubriek	VLAREBO-categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
1989 - heden	168 C	A	15.2	A	Werkplaats voor motorvoertuigen	Minerale olie
	167 L		17.3.6.2.a	A	Opslag van 74.350 liter P3-producten	
	167 M			B	7 verdeelslangen	
	170 C			O	Metaalbewerkingstoestellen	
170 D						

Op het terrein bevinden zich ook nog enkele opslagtanks voor mazout. Een overzicht van deze opslagtanks wordt verduidelijkt in tabel 24.

Tabel 24: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel 2014)

Nr. tank	Zone	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Diepte basis (m)	Installatiejaar	Wand (E/D)	Lekdetectie (J/N)	OVB (J/N)	LLT (jaar)	Ingekuipt (J/N)	Bestrating	BG (jaar)
1	D	4.950	Stookolie	O	-2,00	?	D	-	-	-	-	Onverhard	-
2	E	4.950	Stookolie	O	-2,00	?	D	-	-	-	-	Klinkers	-
3	F	4.950	Stookolie	O	-2,00	?	E	-	-	-	-	Klinkers	-
4	G	4.950	Stookolie	O	-2,00	?	D	-	-	-	-	Onverhard	-
5	H	4.950	Stookolie	O	-2,00	?	D	-	-	-	-	Onverhard	-
6	A	1.200	afvalolie	B	0,00	?	E	-	-	-	N	Beton	-
7	I	3.500	Stookolie	B	0,00	2008	D	-	-	-	N	Beton	-
8	J	4.100	Diesel	B	0,00	2008	D	-	-	-	N	Beton	-
9	J	4.300	Gasolie	B	0,00	2008	D	-	-	-	N	Beton	-
10	C	10.000	Ad Blue	O	-2,50	2008	D	-	-	-	-	Beton	-
11	C	20.000	Diesel	O	-3,00	2008	D	-	-	-	-	Beton	-
12	C	20.000	Gasolie	O	-3,00	2008	D	-	-	-	-	Beton	-

De grondwatertafel bevindt zich op ca. 0,80 m-mv. Op de locatie is er geen zout of brak grondwater aanwezig. De onderzoekslocatie is niet gelegen in een drinkwaterwinningsgebied en heeft een kwetsbaarheidscode Ca1, zeer kwetsbaar. Er zijn geen grondwaterwinningen aanwezig op het betreffende perceel of binnen een straal van 500 m. (Van Giel, S. 2014)



Figuur 19: Grondplan met aanduiding van de peilbuizen (Van Giel, S. 2014)

b. Identificatie van de verhoogde concentratie(s)/overschrijding(en)

Op het terrein bevinden zich 7 peilbuizen, waarvan de meeste werden geplaatst in 2000. Tijdens de bemonsteringen in 2014 werd er voor peilbuis Px verhoogde concentraties aan minerale olie teruggevonden terwijl er niet meteen een aanleiding was voor deze verontreiniging (tabel 25). Zo lag de waarde aan minerale olie bij de eerste staalname op 560 µg/l. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 25: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)

Kadastraal Perceel	Toetsingswaarden				168 C, 170 C, 170 D,	168 C, 170 C, 170 D,	168 C, 170 C, 170 D,	168 C, 170 C, 170 D, 167 L en
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Zone A Px 27/01/2014	Zone C en F Py 27/01/2014	Zone A Px 12/03/2014	Zone A Px 10/03/2014
verdachte / niet- verdachte zone peilbuis diepte staal voor analyse (m-mv) datum staalname diepte filter (m-mv)								
Grondwaterstand diepte grondwater (m- mv)					0,82	0,99	0,85	0,86
Terreinmetingen pH temperatuur (°C) geleidbaarheid (µS/cm)					5,56 7 725	6,95 6 689	5,81 10 760	5,6 7 720
Overige Organische Stoffen (µg/l) hexaan heptaan octaan minerale olie (C10-C12) minerale olie (C12-C20) minerale olie (C20-C30) minerale olie (C30-C40) minerale olie (som) methyltertiairbutylether	1 1 1 100 1	20 50 50 300 20	144 2400 480 400 240	180 3000 600 500 300	 13,00 50,00 390,00 110,00 <u>560,00</u>	 21,00 79,00 24,00 < 15 130,00	 < 5,0 < 15 25,00 < 15 < 50	 < 5,0 < 15 82 37 120,00

c. Kenmerken bodem/grondwater

Op basis van de uitgevoerde boringen, kan men de ondergrond als volgt beschrijven:

- | | |
|-----------|------------------------------------------------------------|
| 0m0 – 1m5 | Donkerbruin zeer fijn zand, zwak ziltig, zwak puinhoudend; |
| 1m5 – 2m5 | Donkergrijs zeer fijn zand. |

Na analyse door het labo werd ook nog het gehalte aan organische stof en klei en de pH bekend gemaakt.

- Organische stof: 1,90 %
- Klei: 4,70 %
- pH: 6,60

Tijdens het veldwerk in 2014 werd ook de pH en de geleidbaarheid van het grondwater gemeten. Deze varieerden respectievelijk tussen de 5,56 en 6,91 (pH) en tussen 689 en 760 (geleidbaarheid). (Van Giel 2014)

d. Kenmerken peilbuizen

De peilbuizen zijn gemaakt uit HDPE met een diameter van 40 x 35 mm. De peilbuizen bevatten een filterlengte van 1 m en werden niet-snijdend met het grondwaterniveau aangebracht. De filter voorzien van een filterkous werd omgeven door filtergrind en boven de filter wordt een kleistop van ongeveer 50 cm aangebracht.

De grondwaterstand lag tussen 0,82 en 0,99 m.

(Van Giel, S. 2014)

4.2. Bespreking en identificatie van cases zonder verhoogde waarden aan zware metalen en/of minerale olie

4.2.1. Case 1: Hoogstraten

a. Omschrijving terrein

Sinds 1988 worden op het terrein gelegen te Hoogstraten risico-activiteiten uitgevoerd. Op het terrein bevindt zich een garagewerkplaats met pompstation. Sinds 2004 is het terrein in handen van een nieuwe eigenaar waardoor er ook andere activiteiten plaatsvinden. Bij de overname van het bedrijf werd er ook een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek werden er geen verhoogde waarden gemeten op het desbetreffende terrein. Vandaag de dag wordt er op het ene deel een pompstation geëxploiteerd en op het andere deel wordt er momenteel een verfwinkel uitgebaat.

De grondwatertafel bevindt zich op ca. 1,70 m-mv en bevat geen zout of brak grondwater. De kwetsbaarheidskaart voor het grondwater van de provincie Antwerpen geeft een kwetsbaarheidscode Ca1, zeer kwetsbaar/Cc, weinig kwetsbaar, op. Er zijn geen grondwaterwinningen aanwezig op het betreffende perceel. Het perceel is gelegen in industriegebied (V). (Van Giel, S. 2014)

Tabel 26: samenvatting van actuele inrichtingen en activiteiten (Van Giel, S. 2014)

Periode	Kadastraal perceel	Letter persoon	VLAREM-VLAREBO-rubriek	VLAREBO-categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
2003 - heden	81 D2	A	17.3.4.2.a.3	B	Opslag van 50000l benzine in gecompartmenteerde ondergrondse tanks	Minerale olie
			17.3.6.2.a	A	Opslag van 15000 liter diesel in gecompartmenteerde ondergrondse tank en 35000l diesel in ondergrondse tank	
			17.3.9.3	B	14 verdeelslangen	
			15.4.2.b	-	Wassen van voertuigen	

Op het terrein zijn er ook nog enkele benzine en dieseltanks aanwezig. Deze tanks zijn allemaal ondergronds gelegen. Een overzicht van de opslagtanks die zich op het terrein bevinden, is terug te vinden in de tabel 27 op de volgende pagina.

Tabel 27: Overzicht opslagtanks (Van Giel, S. 2014)

Nr. tank	Zone	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Diepte basis (m)	Installatiejaar	Wand (E/D)	Lekdetectie (J/N)	OVB (J/N)	LLT (jaar)	Ingekuipt (J/N)	Bestrating	BG (jaar)
1	A	65000	Benzine en diesel	O	-2,50	2004	D	J	J	-	N	klinkers	-
2	B	35000	diesel	O	-2,10	2004	D	J	J	-	N	klinkers	-

b. Identificatie van de analyse van de bestaande peilbuis

Op het terrein bevinden zich drie peilbuizen waarvan er 2 in 2014 werden geplaatst en 1 bestaande peilbuis van het OBO in 2003, namelijk peilbuis OBO 4. Zoals men uit onderstaande toetsingstabel 28 kan afleiden, vertoont de bestaande peilbuis geen verhoogde waarden voor minerale olie. Deze bestaande peilbuis verschilt ook amper van de twee nieuw geplaatste peilbuizen. Bij de bestaande peilbuis OBO 4 werd een waarde die net iets hoger ligt dan de detectielimiet gemeten terwijl dit voor de nieuwe peilbuizen niet het geval was.

Tabel 28: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)

Kadastraal Perceel	Toetsingswaarden				81 D2	81 D2	81 D2
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Zone A	Zone A en B	Zone B
verdachte / niet-verdachte zone					Zone A	Zone A en B	Zone B
peilbuis					OBO 4	P101	P102
diepte staal voor analyse (m-mv)					2,00 - 4,00	2,20 - 3,20	2,20 - 3,20
datum staalname					14/04/2014	14/04/2014	14/04/2014
diepte filter (m-mv)					2,00 - 4,00	2,20 - 3,20	2,20 - 3,20
Grondwaterstand							
diepte grondwater (m-mv)					1,58	1,71	1,80
Terreinmetingen							
pH					6,28	5,71	5,41
temperatuur (°C)					12,8	13	12,6
geleidbaarheid (µS/cm)					983	748	160
minerale olie (C10-C12)					< 5,0	< 5,0	< 5,0
minerale olie (C12-C20)					< 15	< 15	< 15
minerale olie (C20-C30)					16,00	< 15	< 15
minerale olie (C30-C40)					16,00	< 15	< 15
minerale olie (som)	100	300	400	500	< 50	< 50	< 50
methyltertiairbutylether	1	20	240	300	< 0,30	< 0,30	< 0,30

c. Kenmerken bodem/grondwater

Op basis van de boringen die uitgevoerd werden op het terrein, ziet de bodemsamenstelling er als volgt uit:

0m0 – 0m1	Klinker;
0m1 – 0m3	Stabilisé;
0m3 – 2m5	Bruin fijn zand;
2m5 – 3m2	Bruin fijn zand, zwak leemhoudend.

Algemeen kunnen we de ondergrond dus omschrijven als een doorlatende ondergrond. Na de analyse van het labo, werd ook het gehalte aan organische stof en klei samen met de pH bekend gemaakt.

- Organisch stof: 1,00 %
- Klei: 5,70 %
- pH: 7,00

Voor het grondwater werd er tijdens het veldwerk de pH en de geleidbaarheid van het grondwater gemeten. De pH schommelde tussen 5,41 en 6,28 en de geleidbaarheid tussen 160 en 983 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Van Giel, S. 2014)

d. Kenmerken peilbuizen

Net zoals de meeste oriënterende bodemonderzoeken, werd voor dit onderzoek gebruik gemaakt van HDPE-peilbuizen met een binnendiameter van 32 mm. De peilbuizen zijn voorzien van een filter met een lengte van 1 meter en die niet-snijdend met de grondwaterspiegel werd geplaatst. (Van Giel, S. 2014)

4.2.2. Case 2: Zoutleeuw

a. Omschrijving terrein

In 2014 werd er een oriënterend bodemonderzoek uitgevoerd om na te gaan of er bodemverontreiniging ontstaan is op de percelen gelegen in Zoutleeuw. Sinds 2000 vindt op de onderzoekslocatie een biogasinstallatie plaats. De installatie bestaat uit een biogasinstallatie en een drooginstallatie. Bij de biogasproductie wordt gebruik gemaakt van externe mest, plantaardig materiaal, bedrijfsorganisch afval en vetten en oliën uit de horecasector. Aanpalend aan het bedrijf ligt een varkensstal.

De grondwatertafel bevindt zich op ca. 5,00 – 7,00 m-mv. De diepte van het grondwater verschilt zeer sterk naarmate de locatie op het terrein. Zo bevindt het grondwater zich op bepaalde plaatsen op het terrein zich op een diepte lager dan 8 m-mv. Op de locatie is er zover bekend geen zout of brak grondwater aanwezig. Volgens gegevens van LNE provincie Vlaams Brabant afdeling Water, is de onderzoekslocatie niet gelegen in een drinkwaterwinningsgebied. De kwetsbaarheidskaart voor het grondwater van de provincie Vlaams Brabant geeft een kwetsbaarheidscode Cb, matig kwetsbaar, op. Er zijn geen grondwaterwinningen aanwezig op het betreffende perceel. In onderstaande tabel 29 zijn de huidige inrichtingen en activiteiten terug te vinden. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 29: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel, S. 2014)

Periode	Kadastraal perceel	Letter persoon	VLAREM-VLAREBO-rubriek	VLAREBO-categorie	Potentiële bron	Verdachte stoffen
2000 - heden	190F	A	2.2.3.c.2.	O	Compostering van organisch biologische bedrijfsafvalstoffen	Nutriënten en minerale olie
			2.2.3.e	O	Vergisting van niet gevaarlijke afvalstoffen	
			12.1.2.	A	Elektriciteitsproductie	
			16.1.b.3	B	biogasproductie	
			17.3.3.2.b	A	Opslag zavelzuur, antivries, detergent en ontsmetting, poly elektrolyt en FeCl3	
			28.3.c	B	Co-verwerking van mest door vergisting	
			17.3.6.2.b	O	Opslag van mazout en biodiesel en afvalolie	Minerale olie
			17.3.7.1	-	Opslag van motorolie	
			17.3.9.2	-	2 verdeelslangen voor mazout en biodiesel	

Tijdens de voorstudie van het oriënterend bodemonderzoek werd er een inventarisatie opgemaakt van opslagtanks die op de locatie aanwezig zijn of in het verleden op de locatie aanwezig waren. Onderstaande tabel 30 geeft de resultaten weer van deze inventarisatie. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 30: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel, S. 2014)

Nr. tank	Zone	Inhoud (l)	Product	Type (B/O)	Diepte basis (m)	Installatiejaar	Wand (E/D)	Lekdetectie (J/N)	OVB (J/N)	LLT (jaar)	Ingekuipt (J/N)	Bestrating	BG (jaar)
1	B	4.950	Biodiesel	B	0,00	2003	D	J	J	-	N	Beton	-
2	B	4.950	Mazout	B	0,00	2003	D	J	J	-	N	Beton	-
3	A	4.950	Olie	B	0,00	2000	D	J	J	-	N	Beton	-
4	A	4.950	Afvalolie	B	0,00	2000	D	J	J	-	N	Beton	-

b. Identificatie van de analyse van de bestaande peilbuis

Op het terrein waren al drie peilbuizen aanwezig namelijk P1, P2, en P3. Deze werden geplaatst in 2008 omdat op het bedrijf meer dan 1.000 m³ dierlijke mest aanwezig is. Overeenkomend met art. 5.9.7.1. Vlare II, moeten peilputten aangebracht worden en is een 3-jaarlijkse controle van het grondwater vereist om eventuele negatieve beïnvloedingen van de grondwaterkwaliteit door lekkende mestkelders te detecteren.

Daarnaast werd er in 2014 ook één nieuwe peilbuis geplaatst, namelijk P105. Zoals men uit toetsingstabel 31 op volgende pagina kan afleiden, vertonen de bestaande peilbuizen P1, P2 en P3 geen verhoogde waarden voor minerale olie of zware metalen. Deze bestaande peilbuizen verschillen ook amper van de nieuw geplaatste peilbuis. De exacte resultaten voor elke peilbuis zijn terug te vinden in tabel 26. (Van Giel, S. 2014)

Tabel 31: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)

Kadastraal Perceel verdachte / niet-verdachte zone peilbuis diepte staal voor analyse (m-mv) datum staalname diepte filter (m-mv)	Toetsingswaarden				190 F	190 F	190 F	190 F
	Streefwaarde	Richtwaarde	80% BSN	BSN	Zone A en B P1 6,44 - 7,44 28/04/2014 6,44 - 7,44	Zone A P2 7,14 - 8,00 28/04/2014 7,00 - 8,00	Zone A P3 5,05 - 6,05 28/04/2014 5,05 - 6,05	Zone A P105 7,16 - 8,00 28/04/2014 7,00 - 8,00
Grondwaterstand diepte grondwater (m- mv)					5,40	7,14	4,40	7,16
Terreinmetingen pH temperatuur (°C) geleidbaarheid (µS/cm)					6,09 17,6 597	5,36 18 582	6,19 13,9 476	6,25 18 1490
Zware metalen en Metalloïden (µg/l) As Cd Cr (III) Cu Hg Ni Pb Zn	5 1 10 20 0,05 10 5 60	12 3 30 60 0,6 24 12 300	16,0 4,0 40,0 80,0 0,8 32,0 16,0 400,0	20,0 5,0 50,0 100,0 1,0 40,0 20,0 500,0	< 5,0 < 0,40 1,50 < 5,0 < 0,050 < 5,0 < 5,0 110,00	< 5,0 < 0,40 2,60 < 5,0 < 0,050 12,00 < 5,0 110,00	< 5,0 < 0,40 2,50 < 5,0 < 0,050 < 5,0 < 5,0 53,00	< 5,0 < 0,40 < 1,0 < 5,0 < 0,050 6,90 < 5,0 78,00
Overige Organische Stoffen (µg/l) minerale olie (C10-C12) minerale olie (C12-C20) minerale olie (C20-C30) minerale olie (C30-C40) minerale olie (som)					< 5,0 < 15 < 15 < 15 < 50	< 5,0 < 15 < 15 < 15 < 50	< 5,0 < 15 < 15 < 15 < 50	< 5,0 < 15 < 15 < 15 < 50

c. *Kenmerken bodem en grondwater*

Op basis van de uitgevoerde boringen, kunnen we de ondergrond als volgt beschrijven:

0m0 – 0m5	Bruinbeige leem, sterk zandhoudend, matig puinhoudend;
0m5 – 1m0	Grijsbeige leem, sterk puinhoudend;
1m0 – 4m0	Beigegrijs leem, matig zandhoudend;
4m0 – 8m0	Beigebuin leem, matig zandhoudend.

Algemeen kunnen we de ondergrond dus omschrijven als een doorlatende ondergrond.

Op het bedrijf is meer dan 1.000 m³ dierlijke mest aanwezig. Overeenkomend met art. 5.9.7.1. Vlarem II, moeten peilputten aangebracht worden en is een 3-jaarlijkse controle van het grondwater vereist om eventuele negatieve beïnvloedingen van de grondwaterkwaliteit door lekkende mestkelders te detecteren. (Van Giel, S. 2014)

4.3. Mogelijke hypothese voor verhoogde waarde aan minerale olie en zware metalen

Omdat deze problematiek niet gemakkelijk te beoordelen en op te lossen is, is het formuleren van mogelijke oorzaken van verhoogde concentraties aan zware metalen en minerale olie in oudere peilbuizen niet evident. Er moet rekening gehouden worden met verschillende factoren. Ook is het niet simpel om enige vergelijking te vinden tussen dezelfde voorvallen. Het is ook zo dat deze problematiek niet geldt voor elke oude peilbuis. Dit valt ook af te leiden uit het vorige hoofdstuk waar twee casussen besproken werden waar oude peilbuizen werden bemonsterd die geen verhoogde concentraties bevatten. Daarom zouden deze verhoogde concentraties slechts in enkele specifieke gevallen voorkomen, wat het zoeken naar hypothesen bemoeilijkt. Toch worden er hieronder enkele hypothesen gevormd die de mogelijke oorzaken voor de verhoogde concentraties weergeven.

- **Nieuwe verontreiniging**

Deze denkpiste mag zeker niet uit het oog worden verloren want het is altijd mogelijk dat er een nieuwe verontreiniging optreedt en dat er daarom verhoogde concentraties terug te vinden zijn in het grondwater en in de peilbuizen. Toch is het niet gemakkelijk om te oordelen of er werkelijk een nieuwe verontreiniging is opgetreden of dat de verhoogde waardes de oorzaak zijn van de ouderdom van de peilbuis.

De verontreiniging kan op verschillende manieren in de peilbuis terechtkomen. Enerzijds via het grondwater maar ook via vervuiling van bovenaf omdat bijvoorbeeld de dop op de peilbuis niet goed gesloten is.

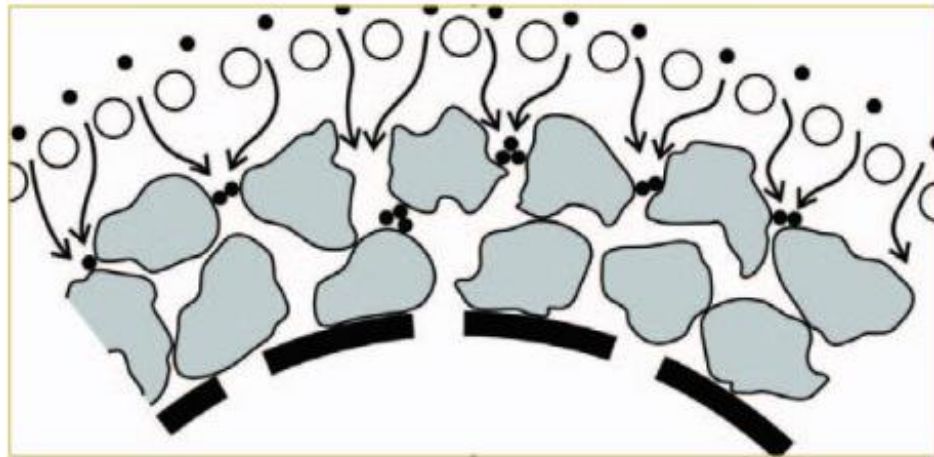
Voor de cases die gebruikt werden in dit onderzoek, lijkt het dat deze denkpiste niet het geval is. Omdat het meestal gaat om 1 oudere peilbuis waar verhoogde concentraties werden gevonden en niet meteen een aanleiding of een oorzaak kan gevonden worden in het oriënterend of beschrijvend bodemonderzoek, die als bron werden genomen voor het onderzoek.

- **Dichtslibben van filter, daling van grondwaterstroming**

Een mogelijke oorzaak voor verhoogde concentraties aan zware metalen of minerale olie kan zijn dat door der loop der jaren de grondwaterstroming doorheen de filter van de peilbuis wegvalt of slecht functioneert waardoor er geen of slechte aanvoer meer is van verse grond.

Deze stopzetting van de aanvoer van het grondwater kan mogelijk een gevolg zijn van het verstopping van de filter van de peilbuis, ofwel de poriën ofwel de filterkous of dichtslibbing van de omstorting van de peilbuis. Deze verstopping kan zowel mechanisch als chemisch gebeuren.

Mechanische verstopping gebeurt door de ophoping van deeltjes in de filter. Deze ophoping kan zowel gebeuren rondom de filter, meer bepaald rond het filtergrind maar ook in de filterkous.



Figuur 20: Verduidelijking van het mechanisch dichtslibben van de filter van een peilbuis (Oasen 2006)

Bij de **chemische verstopping** gebeurt de verstopping aan de hand van de chemische reacties die plaatsvinden binnen de filter of rondom de filter. Een mogelijk chemische reactie die hierbij de oorzaak kan zijn, is roestvorming. Zo bevat op vele plaatsen het grondwater hoge concentraties aan ijzer. (Oasen 2006). Deze roestvorming werd ook vastgesteld bij case 4, Pulle.

Dit ijzer is in opgeloste vorm aanwezig in het grondwater meer bepaald in gereduceerde vorm (Fe(II)). Deze vorm wordt geoxideerd tot Fe(III) wanneer er contact is met zuurstof uit de lucht in de peilbuis of door omzetting door ijzerbacteriën. Het geoxideerde Fe(III) vormt onoplosbare hydroxiden en hebben een roestige, rode kleur. (lentech s.d.)

Wanneer de filter/peilbuis ondoordringbaar is geworden, kunnen er natuurlijk ophopingen worden gevormd van verschillende parameters en kan dit leiden tot verhoogde waarden van minerale olie en/of zware metalen. Deze verhogingen kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door chemische reacties.

Een voordeel van deze hypothese is dat deze oorzaak gemakkelijk te vinden is. Zo zal bij het voorpompen en de staalname vlug duidelijk worden of er in de peilbuis een goede doorstroming is en of de filter van de peilbuis is dichtgeslibd. Bij een verstopte filter wordt er eerst wel water gemeten in de peilbuis, maar dit water zal snel in de peilbuis verdwijnen omdat de peilbuis zich niet meer kan heraanvullen. Omdat dit voor geen enkele case het geval was, kan men veronderstellen dat de filters niet volledig zijn dichtgeslibd.

- **Type peilbuis**

Een andere mogelijke oorzaak voor het probleem rond verhoogde concentraties zou het materiaal waaruit de peilbuis is opgebouwd, kunnen zijn. Zo kunnen peilbuizen die gemaakt zijn uit specifieke materialen bijvoorbeeld stoffen adsorberen waardoor er ophopingen in de peilbuizen kunnen ontstaan en die dan bij het bemonsteren van de peilbuizen kunnen vrijkomen en in de stalen terecht komen. Zo is er in het compendium voor monsteranalyse van het grondwater terug te vinden dat peilbuizen die gemaakt zijn uit PVC componenten uit het grondwater kunnen adsorberen zoals tetrachlooretheen, bepaalde gechloroerde ethanen, maar ook zware metalen zoals lood. Ook voor HDPE-peilbuizen kan er adsorptie van onder andere zink plaatsvinden. Tevens kunnen ze ook weer reageren met componenten in het grondwater of kunnen bepaalde componenten uitloggen. Hoewel dit bij HDPE minder het geval zou zijn. Om deze reden wordt er meestal gebruikgemaakt van HDPE-peilbuizen. Omdat volgens het compendium slecht enkele soorten peilbuizen mogen gebruikt worden en dan voornamelijk deze twee, is er weinig aan dit probleem te doen. Een optie is, voldoende lang voorspoelen (bijvoorbeeld 5 maal inhoud peilbuis) opdat de geadsorbeerde stoffen die loskomen zich niet in het staal zou dringen en om dus bijgevolg een representatief staal te kunnen nemen. Naast adsorptie van stoffen, zouden de peilbuizen kunnen reageren met bepaalde componenten die zich in het grondwater kunnen bevinden. Zo blijkt uit hetzelfde compendium dat er bij PVC-peilbuizen uitloging van lood, cadmium en bepaalde additieven mogelijk is. (OVAM 2013)

- **Samenstelling bodem**

Een andere mogelijk factor die aan de basis zou kunnen liggen van de verhoogde concentraties in bestaande peilbuizen, kan de ondergrond zijn. Zo zou bijvoorbeeld in een zanderige bodem de filters gemakkelijker kunnen dichtslippen en bij klei en leembodems kunnen de bodemdeeltjes de filter gemakkelijker binnendringen omdat deze een kleinere korrelstructuur hebben.

4.4. Afweging (kosten-batenanalyse) van het gebruik van bestaande peilbuizen.

In dit hoofdstuk zal er een afweging gemaakt worden of het plaatsen van nieuwe peilbuizen voordeliger is dan het gebruik van bestaande peilbuizen. Voor deze prijsberekening werd er gebruik gemaakt van de prijzen die terug te vinden zijn in tabel 32.

Voor het plaatsen van een peilbuis werd er gerekend met het plaatsen van een peilbuis met een lengte van drie meter omdat dit in de meeste gevallen al voldoende is.

Tabel 32: Voorbeeld van een prijzenlijst

	Eenheid	Eenheidsprijs (Euro)	Subtotaal
Veldwerk handmatig			
<u>Peilbuizen (manuele plaatsing)</u>			
Plaatsing peilbuizen HDPE 32 mm (peilbuizen)	m	45,1	0
Afwerking peilput straatpot	stuk	40,7	0
Nivelleren top peilbuis	stuk	13,2	0
<u>Grondwaterstaalname</u>			
Grondwaterstaalname peilbuis tot 7 m-mv (peristaltische pomp)	stuk	55	0
Veldfiltratie zware metalen	stuk	7,7	0
Analyses			
<u>Individueel grondwater</u>			
8 zware metalen	stuk	39,69	0
metaal individueel	stuk	17,84	0
Minerale olie GC	stuk	39,3	0
Verwerken van monsters	stuk	0	0
Advies			
Projectleider (<u>motivering opgeven</u>)	uur	100	0
Veldwerker (<u>motivering opgeven</u>)	uur	55	0

4.4.1. Plaatsing van een nieuwe peilbuis

Onderstaande berekening, is de berekening voor het plaatsen van een nieuwe peilbuis van drie meter lang voor zware metalen. Deze berekening bestaat uit de prijsberekening voor het plaatsen van een peilbuis en het nemen van een grondwaterstaal. Voor het plaatsen voor de peilbuis wordt gerekend op ongeveer vier uren werktijd. Voor de staalname twee uren. Bij de staalname moet er slechts één flesje gevuld worden voor de meting van de acht zware metalen. Bij elke staalname moet tijdens het vullen het grondwater ter plaatse gefilterd worden. Voor het interpreteren voor de analyse resultaten en het opstellen van het rapport wordt op twee uur werk gerekend voor de projectleider.

Plaatsing peilbuis (HDPE 32 mm)	45,1 € per meter	3 x 45.1 € = 135.3 €
Grondwaterstaalname	55 € per stuk	1 x 55 € = 55 €
Veldfiltratie zware metalen	7,7 € per stuk	1 x 7,7 € = 7.7 €
Analyse van de 8 zware metalen	39,69 € per stuk	1 x 39,69 € = 39,69 €
Projectleider	100 € per uur	2x 100 € = 200 €
Veldwerker	55€ per uur	6 x 55 € = 330 €

767,69 €

Plaatsing van een nieuwe peilbuis voor minerale olie

Plaatsing peilbuis (HDPE 32 mm)	45,1 € per meter	3 x 45,1 € = 135,3 €
Grondwaterstaalname	55 € per stuk	1 x 55 € = 55 €
Minerale olie GC	39,3 € per stuk	1 x 39,3 € = 39,3 €
Projectleider	100 € per uur	2 x 100 € = 100 €
Veldwerker	55 € per uur	6 x 55 € = 330 €

759,6 €

4.4.2. Gebruik van bestaande peilbuizen

Onderstaande berekening, is de berekening voor het hergebruik van een bestaande peilbuis waarbij verhoogde concentraties aan zware metalen werd opgemeten. Aangezien men de resultaten van de eerste staalname moet kunnen bewijzen, moeten er in totaal 3 staalnamen en 3 analyses gebeuren. Bij de staalname moet er slechts één flesje gevuld worden voor de meting van de 8 zware metalen of voor minerale olie. Bij elke staalname voor zware metalen moet er, tijdens het vullen van het grondwater, ter plaatse gefilterd worden. Per staalname wordt er gerekend op ongeveer 2 uur werk voor de veldwerker met transportkosten inbegrepen. Voor het interpreteren voor de analyse resultaten en het opstellen van het rapport wordt op 2 uur werk gerekend voor de projectleider.

Grondwaterstaalname	55 € per stuk	3 x 55 € = 165 €
Veldfiltratie zware metalen	7,7 € per stuk	3 x 7,7 € = 23,1 €
Analyse van de 8 zware metalen	39,69 € per stuk	3 x 39,69 € = 119,07 €
Projectleider	100 € per uur	2 x 100 € = 200 €
Veldwerker	55 € per uur	6 x 55 € = 330 €
		<hr/>
		837,17 €

Plaatsing van een nieuwe peilbuis voor minerale olie

Grondwaterstaalname	55 € per stuk	3 x 55 € = 165 €
Analyse Minerale olie	39,3 € per stuk	3 x 39,30 € = 119,4 €
Projectleider	100 € per uur	2 x 100 € = 200 €
Veldwerker	55 € per uur	6 x 55 € = 330 €
		<hr/>
		814,4 €

5. Discussie en besluit

Uit het onderzoek blijkt dat er verschillende hypothesen kunnen gevormd worden voor het probleem met de verhoogde concentraties aan zware metalen en minerale olie. Toch is het niet evident om uit al deze hypothesen één aan te duiden die de oorzaak voor de verhoogde concentraties is. Het is ook niet simpel om tussen cases die te kampen hebben met bestaande peilbuizen met verhoogde concentraties gelijkenissen te vinden of een jaartal op te plakken van wanneer nu net bestaande peilbuizen te kampen krijgen met verhoogde concentraties. Zo werden er in dit onderzoek peilbuizen besproken van amper 2 jaar die verhoogde concentraties bevatten maar ook peilbuizen van 6 à 7 jaar. Dit wil echter niet zeggen dat elke bestaande peilbuis ooit verhoogde concentraties zal bevatten. Dit blijkt ook uit de twee laatste cases (Hoogstraten en Zoutleeuw) die werden besproken. Hier ging het ook om bestaande peilbuizen maar deze vertoonden echter geen verhoogde waarden.

Bij case 1 werden er verhoogde concentraties aan zware metalen gemeten en dit meer bepaald voor zink en chroom. Voor de andere drie casussen werd er verhoogde waarde aan minerale olie gemeten. Een mogelijke link tussen de verschillende cases is dat de meeste gelegen zijn in de Kempische zandgronden en dit een mogelijke verklaring kan zijn voor het probleem. Omdat zand een grotere korrelstructuur heeft dan leem en klei, kunnen deze zandkorrels niet meteen doorheen de poriën van de filter en kunnen ze zich ophopen ter hoogte van de filter waardoor ook de filter gaat dichtslibben en er zich geen grondwaterstroming meer voordoet in de peilbuis. Dit is ook de reden waarom de dekpiste rond het dichtslibben van de filter en de samenstelling van de bodem is ontstaan.

Wat ook opviel bij case 4 uit Pulle (en case 1 uit Hoogstraten), is dat deze roestvorming vertoonde en dat deze peilbuis de aanleiding was voor het uitzoeken van de hypothese rond chemische reacties die kunnen plaatsvinden in een peilbuis.

Tevens bleek ook uit het onderzoek dat een mogelijke oplossing voor het probleem, het grondig schoonpompen van de peilbuis de week voordien en voldoende voorspoelen, is. Het is gebleken dat er bij deze twee, zeker vijfmaal het peilbuisvolume moet worden afgepompt wat overeenkomt met circa 2,5 l. Dat het voldoende lang schoonpompen en voorpompen een oplossing kan zijn voor het probleem blijkt ook uit case vier Pulle waar deze methode werd toegepast.

Toch dient men een overweging te maken of het niet beter is om de bestaande peilbuizen met het gekende probleem te vervangen door nieuwe peilbuizen. Uit de afweging in dit onderzoek blijkt zelfs dat het plaatsen van nieuwe peilbuizen voordeliger is dan het gebruik van bestaande peilbuizen.

De voornaamste oorzaak voor deze hogere kosten is dat bij het gebruik van bestaande peilbuizen het meetresultaat ook telkens moet aangetoond worden wanneer men twee analyses bekomt met verschillende resultaten om het nieuwe staal te kunnen rechtvaardigen met een andere staalname.

Zoals eerder al aangegeven kan het probleem van verhoogde concentraties in de meeste gevallen opgelost worden door voldoende lang te spoelen en de peilbuis ook grondig voor te spoelen. Maar uit de kostenafweging blijkt dat het voordeliger zou zijn om nieuwe peilbuizen te plaatsen. Daarom lijkt het beter om in de toekomst de klant trachten te overtuigen, om indien mogelijk, nieuwe peilbuizen te laten plaatsen en zo voor een kostenbesparing te zorgen.

Literatuurlijst

- Cornelis, B. (2012) Bodembescherming procedures en regelgeving lecturer delivered for milieutechnologie december 2012 PHL.
- Cornelis, B. (2013) Risicobeoordeling model metalen lecturer delivered for milieutechnologie december 2013 PXL.
- Delta Ohm Benelux B.V (2014) *Wat is geleidbaarheid en welke geleidbaarheidsmeter heeft u nodig?* [online] beschikbaar via < <http://www.deltaohm.nl/nieuws/20120328-wat-is-geleidbaarheid-en-welke-geleidbaarheidsmeter-heeft-u-nodig>> [14 mei 2014]
- dov.vlaanderen (s.d.) *grondwaterkwetsbaarheidskaart* [online] beschikbaar via <https://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/3grondwaterkwetsbaarheidskaart.html> [7 mei 2014]
- InfoNu (2014) *Quantintox: Wat zijn niet essentiële metalen?* [online] beschikbaar via < <http://mens-en-gezondheid.infonu.nl/alternatief/117028-voorkom-zenuwziekten-afvoer-metalen-via-quantintox-gebruik.html> > [14 april 2014]
- Lentech (2014) *Irrigatiewater – zoutgehalte* [online] beschikbaar via < <http://www.lenntech.nl/toepassingen/irrigatie/zoutgehalte/irrigatiewater-zoutgehalte.htm> > [15 mei 2014]
- Lentech (s.d.) *Ijzer in grondwater* [online] beschikbaar via < <http://www.lenntech.nl/grondwater/ijzer.htm> > [30 april 2014]
- Oasen (2006) *Voorkomen en verwijderen van putverstopping door deeltjes op de boorgatwand* [online] Nieuwegein: Ketta NV beschikbaar via < http://www.oasen.nl/Lists/Downloads/Putverstopping_boorgatwand.pdf> [2 mei 2014]
- OVAM (2007) *Karakterisering van minerale olie* [online] Mechelen: OVAM website Beschikbaar via < <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/offonce/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=1379> > [15 maart 2014]
- OVAM (2013) *Compendium voor monsterneming en analyse in uitvoering van het Materialendecreet en het bodemsaneringsdecreet.* [online] Brussel: Belgisch Staatsblad. Beschikbaar via < https://esites.vito.be/sites/reflabos/2013/Online%20documenten/CMA_1_A.2.pdf > [28 maart 2014]
- OVAM (2013) Standaardprocedure Beperkt Bodemsaneringsproject [online] Mechelen: OVAM website. Beschikbaar via < <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/off/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=3145> > [18 februari 2014]
- OVAM (2013) Standaardprocedure Beschrijvend Bodemonderzoek [online] Mechelen: OVAM website. Beschikbaar via < <http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/off/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=3> >

[142](#) > [17 februari 2014]

- OVAM (2013) Standaardprocedure Bodemsaneringsproject [online] Mechelen: OVAM website. Beschikbaar via <
<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/off/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=3144> > [18 februari 2014]
- OVAM (2013) Standaardprocedure Bodemsaneringswerken, evaluatieonderzoek en nazorg [online] Mechelen: OVAM website. Beschikbaar via <
<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/off/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=3146> > [18 februari 2014]
- OVAM (2013) *Standaardprocedure Oriënterend Bodemonderzoek* [online] Mechelen: OVAM website. Beschikbaar via <
<http://www.ovam.be/jahia/Jahia/cache/off/pid/176?actionReq=actionPubDetail&fileItem=3155> > [17 februari 2014]
- Prosensols (s.d.) *De bodem pH* [online] beschikbaar via <
<http://www.prosensols.eu/nl/bodemkit/B2theoriebodempH.pdf> > [15 april 2014]
- Soilpedia (s.d.) Gedrag en verspreiding van olie [online] beschikbaar via <
<http://www.soilpedia.nl/Wikipaginas/Gedrag%20en%20verspreiding%20van%20olie.aspx> > [14 april 2014]
- Soilpedia (s.d.) *Gedrag van metalen in de bodem* [online] beschikbaar via <
<http://www.soilpedia.nl/Wikipaginas/Gedrag%20van%20metalen%20in%20de%20bodem.aspx> > [14 april 2014]
- van Dijk, G.; Perebolte, H. J. en Schulten, S. (2011) *NEN 5744 voor het nemen van grondwatermonsters ingrijpend gewijzigd* [online] beschikbaar via <
file:///C:/Users/11303727/Downloads/Artikel_NEN_5744_maart_2011.pdf > [14 mei 2014]
- Van Giel, S. (2007) *Oriënterend Bodemonderzoek 2007 Curatoren NV Compactors Belgium* terminal server DLV [1 april 2014].
- Van Giel, S. (2011) *Oriënterend Bodemonderzoek 2011 Curatoren NV Compactors Belgium* terminal server DLV [1 april 2014].
- Van Giel, S. (2012) *Oriënterend Bodemonderzoek 2012 Verbinnen bvba* terminal server DLV [2 april 2014].
- Van Giel, S. (2014) *Oriënterend Bodemonderzoek Biofer* terminal server DLV [20 mei 2014].
- Van Giel, S. (2014) *Oriënterend Bodemonderzoek EDMA Industrie nv* terminal server DLV [16 april 2014].
- Van Giel, S. (2014) *Oriënterend Bodemonderzoek Ketta* terminal server DLV [24 mei 2014].

- Van Giel, S. (2014) *Oriënterend en Beschrijvend Bodemonderzoek Maes nv terminal server DLV* [2 mei 2014].
- VLAREBO 2008 (2007) *Besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de bodemsanering en de bodembescherming.* [online] Navigator Wetgeving Leefmilieu, Natuur en Energie. Beschikbaar via < <http://navigator.emis.vito.be/>.> [20 maart 2014]
- VLAREM I (2013) *Besluit van de Vlaamse regering van 6 februari 1991 houdende vaststelling van het Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning.* [online] Navigator Wetgeving Leefmilieu, Natuur en Energie. beschikbaar via < <http://navigator.emis.vito.be/>> [21 maart 2014]
- VMM (2013) *Zware metalen in het grondwater in Vlaanderen.* [online] Aalst: Vlaamse Milieumaatschappij. Beschikbaar via: < http://emis.vito.be/sites/emis.vito.be/files/articles/2115/2013/Zware_metalen_in_het_grondwater.pdf > [14 maart2014]

Figurenlijst

Figuur 1: Voorbeeld van een alifatische koolwaterstof (SKB 2007)	10
Figuur 2 Voorbeeld van aromatische koolwaterstoffen(SKB 2007)	10
Figuur 3 Overzichtsk kaart met alle uitgevoerde metingen van het Vlaamse grondwater in 2011 (VMM 2013).....	12
Figuur 4: Overzicht van aanwezigheid zware metalen in grondwater samen met de vermelding of de wordt overschreden.(VMM 2013)	13
Figuur 5: Achtergrondwaardenkaart voor arseen in het Vlaamse grondwater (OVAM 2007)	14
Figuur 6: Achtergrondwaardenkaart voor zink in het Vlaamse grondwater (OVAM 2007)	14
Figuur 7: Verduidelijking van de verschillende zones van verontreiniging in de bodem (OVAM 2007)	16
Figuur 8: Overzicht van transportroute van stoffen in bodem en grondwater (Cornelis 2012)	16
Figuur 9: Opbouw van de verzadigde zone (dov.vlaanderen s.d.)	17
Figuur 10: Verspreiding van verontreiniging in de bodem (OVAM 2007)	24
Figuur 11 Overzicht van de procedure van een bodemonderzoek (OVAM 2013)	33
Figuur 12: Voorbeeld van een snijdende peilbuis (OVAM 2013)	40
Figuur 13: Voorbeeld van een niet snijdende peilbuis (OVAM 2013)	41
Figuur 14: Verschil tussen traag voorpompen en voorpompen bij een hoger debiet	42
Figuur 15: Onderdelen van een Edelman boorset	45
Figuur 16: Een slangenpomp of peristaltische pomp	46
Figuur 17: Voorbeeld van een doorstroomcel	46
Figuur 18: Een peillint.....	47
Figuur 19: Grondplan met aanduiding van de peilbuizen (Van Giel, S. 2014).....	62
Figuur 20: Verduidelijking van het mechanisch dichtslippen van de filter van een peilbuis (Oasen 2006)	73

Tabellenlijst

Tabel 1: Overzicht van de samenstelling van enkele olieproducten (SKB 2007)	10
Tabel 2: Overzicht van de retentiecapaciteit in liter/m ³ en in mg/kg droge stof (d.s.) van enkele oliemengsels per bodemtype (SKB 2007)	25
Tabel 3: Streefwaarden voor zware metalen in het grondwater (Vlarebo 2008).....	27
Tabel 4: Streefwaarden voor minerale olie in het grondwater (Vlarebo 2008).....	27
Tabel 5: Formules voor de berekening van de streefwaarden (Vlarebo 2008).....	28
Tabel 6: Richtwaarden voor zware metalen in het grondwater (Vlarebo 2008)	29
Tabel 7: Richtwaarden voor minerale olie in het grondwater (Vlarebo 2008)	29
Tabel 8: Formules voor de berekening van de richtwaarden (Vlarebo 2008)	30
Tabel 9: Overzicht bodemsaneringsnormen (Vlarebo 2008)	31
Tabel 10: Formules voor de berekening van de bodemsaneringsnormen (Vlarebo 2008).....	32
Tabel 11: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen case 1 Herentals ((Van Giel 2011)	48
Tabel 12: Opsomming opslagtanks (Van Giel 2011)	48
Tabel 13: Analyse grondwater PB4 2007(Van Giel 2011)	49
Tabel 14: Analyse grondwater PB3 2007 (Van Giel 2011)	49
Tabel 15: Analyse grondwater PB3 2011 (Van Giel 2011)	50
Tabel 16: Analyse grondwater PB4 2011 (Van Giel 2011)	51
Tabel 17: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel 2012)	53
Tabel 18: Overzicht aanwezig opslagtanks (Van Giel 2012)	53
Tabel 19: Analyseresultaten grondwater peilbuizen 2012 (Van Giel 2012)	54
Tabel 20: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel 2014)	56
Tabel 21: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel 2014)	57
Tabel 22: Analyseresultaten grondwater Tessenderlo (Van Giel 2014)	58
Tabel 23: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel, S. 2014)	60
Tabel 24: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel 2014)	61
Tabel 25: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)	63
Tabel 26: samenvatting van actuele inrichtingen en activiteiten (Van Giel, S. 2014)	65
Tabel 27: Overzicht opslagtanks (Van Giel, S. 2014)	66
Tabel 28: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)	66
Tabel 29: Overzicht bestaande activiteiten en inrichtingen (Van Giel, S. 2014)	68
Tabel 30: Overzicht aanwezige opslagtanks (Van Giel, S. 2014)	69
Tabel 31: Analyseresultaten grondwater (Van Giel, S. 2014)	70
Tabel 32: Voorbeeld van een prijzenlijst	75