



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gezondheidsrisico's zuurteerputten Vasse
Contra-expertise, blootstelling via de lucht

RIVM briefrapport 609045001/2012
E. Brand et al.



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Gezondheidsrisico's zuurteerputten Vasse

Contra-expertise, blootstelling via de lucht

RIVM Briefrapport 609045001/2012
E. Brand et al.

Colofon

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Ellen Brand, RIVM
Eric Verbruggen, RIVM
Johannes Lijzen, RIVM
Annemiek van Overveld, RIVM

Contact:
Ellen Brand
Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling
ellen.brand@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Provincie Overijssel.

Rapport in het kort

Gezondheidsrisico's zuurteerputten Vasse

Contra-expertise, blootstelling via de lucht

Na afronding van de geplande sanering van de zuurteerput in Vasse zijn geen risico's te verwachten voor de gezondheid van passanten en omwonenden. Wel worden er aanvullende luchtmetingen voor enkele stoffen aanbevolen op korte afstand van de teerput om risico's tijdens de sanering uit te sluiten. Verder wordt aanbevolen in het nazorgplan de kwaliteit/stabiliteit van de bovenafdichting te blijven monitoren. Dit om direct contact met de verontreiniging uit te sluiten.

Dit blijkt uit een contra-expertise van het RIVM over de mogelijke risico's voor de gezondheid tijdens en na de sanering van de zuurteerput in opdracht van de provincie Overijssel. KWR heeft in een separate rapportage een contra-expertise uitgevoerd voor de risico's van de teerput voor het grondwater.

Een inschatting van de mogelijke risico's is gemaakt met behulp van modelberekeningen en gegevens uit eerdere metingen. Om een beeld te krijgen van de toekomstige situatie is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de internationale ervaringen met (saneringen van) zuurteerputten.

Trefwoorden:

Zuurteerput, risicobeoordeling, humane blootstelling, vluchtige verontreinigingen Vasse

Abstract

Human health risk assessment of the acid tar pits in Vasse

Counter-expertise, exposure via air

After remediation of the acid tar pit in Vasse no health risks are expected for exposure to passers-by or people living in the neighbourhood of the tar pit. It is advised to conduct additional air measurements for several chemicals in close surrounding of the tar pit during remediation activities, to rule out risks during remediation activities. It is furthermore recommended to prepare a plan for aftercare to monitor the quality and stability of the capping of the acid tar pit. This is necessary to rule out direct contact with the contamination.

This conclusion is the result of a counter expertise on possible risks for human health during the remediation of the acid tar pit performed by the RIVM in order of the Province of Overijssel. The research institute KWR has performed a counter expertise on the risks for groundwater contamination by the acid tar pit in a separate report.

To assess possible risk some modeling was done based data collected during field measurements. To assess the future situation of the tar pit, a literature review as been conducted to determine international experiences for the remediation of tar pits.

Keywords:

Acid tar pit, risk assessment, human exposure, volatile contaminants, Vasse

Inhoud

Samenvatting—9

1 Inleiding—11

1.1 Doelstelling van het onderzoek—11

1.2 Onderzoeksopzet—11

1.3 Gehanteerde literatuur—12

2 Literatuurstudie en aanwezige stoffen—15

2.1 Eigenschappen zuurteer—15

2.1.1 Bestanddelen van zuurteer—15

2.1.2 Gasvorming—15

2.1.3 Afdekken van zuurteer—16

2.1.4 Mogelijke blootstellingsroutes—16

2.1.5 Saneringen van andere zuurteerputten—17

2.2 Saneringsvariant Vasse—18

2.3 Aanwezige en relevante stoffen—19

2.3.1 Aangetroffen stoffen—19

2.3.2 Relevante stoffen voor risicobeoordeling—19

2.3.3 BTEX (Benzeen, Tolueen, Ethylbenzeen, Xylenen)—20

2.3.4 VOCL (1,1 en 1,2-dichloorethaan, cis 1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en vinylchloride)—20

3 Modelberekeningen—23

3.1 Risico's tijdens sanering (DIVOCOS)—23

3.1.1 Doel van het model—23

3.1.2 Resultaten—23

3.1.3 Vervluchtigingsberekeningen zwaveldioxide—25

3.1.4 Conclusie—25

3.2 Risico's in eindsituatie (CSOIL 2000)—26

3.2.1 Doel van het model—26

3.2.2 Resultaten—26

3.2.3 Conclusie—27

4 Risicobeoordeling—29

4.1 Aanwezige stoffen—29

4.1.1 Lucht—29

4.1.2 Gasbellen op locatie—29

4.1.3 Bodem en grondwater—29

4.1.4 Verspreiding van verontreinigingen via het grondwater—30

4.1.5 VOCL's—30

4.2 Geurhinder—30

4.3 Risico's tijdens en na de sanering—31

4.3.1 Risico's tijdens de sanering—31

4.3.2 Risico's na de sanering—32

4.4 Stabiliteit van de eindsituatie—32

5 Conclusies en aanbevelingen—35

Literatuur—37

Bijlage 1: Modellerings DIVOCOS uitvoering en resultaten—41

Bijlage 2: Modelleren CSOIL invoerparameters—49

Samenvatting

Het RIVM en KWR zijn door de provincie Overijssel gevraagd een contra-expertise uit voeren voor de saneringswerkzaamheden rond de zuurteerput te Vasse. Hierbij heeft het RIVM zich gericht op de mogelijke risico's van de teerput op de volksgezondheid gedurende en na afloop van de saneringswerkzaamheden. KWR heeft zich gericht op de risico's van de teerput voor het grondwater (Paalman e.a. 2012). Het KWR en het RIVM hebben elk een rapportage opgesteld van hun werkzaamheden. In deze samenvatting worden de resultaten beschreven aan de hand van de vragen die in de opdracht van de provincie Overijssel in overleg met de Dorpsraad Vasse aan het RIVM zijn gesteld. De rapportage beschrijft ook de onderliggende analyse en beoordeling.

Conclusies en aanbevelingen

Na afronding van de geplande sanering van de zuurteerput in Vasse zijn geen risico's te verwachten voor de gezondheid van passanten en omwonenden. Wel worden er aanvullende luchtmetingen voor enkele stoffen aanbevolen op korte afstand van de teerput om risico's tijdens de sanering uit te sluiten. Verder wordt aanbevolen in het nazorgplan de kwaliteit/stabiliteit van de bovenafdichting te blijven monitoren. Dit om direct contact met de verontreiniging uit te sluiten.

Vraag 1. Zijn er op basis van de beschikbare en eventueel nog te verzamelen gegevens in de huidige situatie risico's voor de volksgezondheid aanwezig als gevolg van de bodemverontreiniging bij de Teerput Vasse?

Voor het beantwoorden van deze vraag is informatie gebruikt over de gemeten concentraties van (vluchtige) stoffen in de bodem op het terrein van de teerput. Daarbij is ook nagegaan welke stoffen veelal in zuurteerputten voorkomen. Op basis van modelberekeningen met het model DIVOCOS kan geconcludeerd worden dat er tijdens de saneringswerkzaamheden geen risico's worden verwacht voor omwonenden en passanten door vervluchtiging van gassen of verwaaien van verontreinigde (bodem)deeltjes, als uitgegaan wordt van een realistisch scenario.

In een worst-case scenario, waarbij gegraven wordt in de zuurteer, is het tijdens de saneringswerkzaamheden op korte afstand van de locatie (10m) wenselijk aanvullende luchtmetingen te doen naar vluchtige minerale oliefracties (fractie alifatisch EC 8-10). Bij afstanden groter dan 20 meter worden bij werkzaamheden met zuurteer geen humane risico's verwacht.

Aanbevolen is om voor zwaveldioxide (SO₂) aanvullende luchtmetingen te verrichten om na te kunnen gaan welke concentraties daadwerkelijk aanwezig zijn. Hierbij is het van belang dat er voldoende lage detectiegrenzen worden gehanteerd. Deze luchtmetingen moeten worden vergeleken met geldende risicogrenzen voor acute blootstelling.

Op basis van de risicobeoordeling met het humane risicobeoordelingsmodel CSOIL 2000 en het extensieve gebruik van het gebied als natuur- en recreatiegebied worden er na afronding van de saneringswerkzaamheden geen risico's verwacht voor omwonenden en/of passanten door het vervluchtigen van stoffen of verwaaiing van verontreinigde (bodem)deeltjes. Zolang de bovenafdichting intact is en/of het gebied door de manier van inrichten ontoegankelijk blijft zal er ook geen direct contact met de verontreiniging mogelijk zijn.

Op dit moment liggen, op basis van de analyse in de KWR-rapportage, de veedrenkputten en de beregeningsputten buiten het beïnvloedingsgebied van de zuurteerput. Er zijn derhalve nu geen risico's te verwachten bij het gebruik van de veedrenkputten.

Vraag 2. Zijn er bij de bepaling van de risico's voor de volksgezondheid onzekerheden in de uitkomsten en kunt u die onderbouwen?

Bij het uitvoeren van de risicobeoordeling is gewerkt met de modellen DIVOCOS en CSOIL 2000. Ieder model is een vereenvoudiging van de werkelijkheid op basis van invoergegevens van locatie. Daarnaast geeft het model DIVOCOS een *indicatieve* uitkomst, indien er op de locatie sprake is van puur product. Tevens zijn bij het uitvoeren van de risicobeoordeling op een aantal punten bewust worst case¹ aannames gehanteerd. Hierdoor worden risico's waarschijnlijk overschat. De volgende worst case aannames zijn gehanteerd:

- Er is gebruik gemaakt van de hoogste gemeten concentraties van stoffen in de bodem. Deze concentratie zal niet over de gehele locatie constant zijn.
- Er is een berekening uitgevoerd met concentraties in zuurteer terwijl de zuurteer niet overal aan het oppervlakte ligt.
- In de beoordeling van de eindsituatie is niet uitgegaan van de aanwezigheid van een bovenafdichting. In werkelijkheid is deze bovenafdichting er wel in de eindsituatie.

Vraag 3. Zijn er door chemische veranderingen in het gestorte zuurteer en eventuele verplaatsing van verontreinigingen (uitdampen naar lucht/uitzakken naar het grondwater) in de toekomst risico's te verwachten (waarop moet worden gemonitord)?

Op basis van de geraadpleegde literatuur en gemeten stoffen in de teerput is er geen reden om aan te nemen dat er grote chemische veranderingen zullen optreden in de toekomst. Hoe de zuurteer in Vasse zich in de jaren na de sanering verder zal ontwikkelen, is lastig te voorzien. In Vasse zijn in het verleden en bij de huidige sanering maatregelen genomen die het materiaal stabiel hebben gemaakt. In de geraadpleegde literatuur wordt echter geconstateerd dat een zuurteerput met een bovenafdichting, op termijn mogelijk niet voldoende stabiel is en er nieuwe teereruptions kunnen ontstaan. Hierdoor zou direct contact met het zuurteer en verwaaiing van verontreinigde (bodem)deeltjes weer kunnen optreden.

Aanbevolen wordt in het nazorgplan aandacht te besteden aan de controle van de stabiliteit en kwaliteit van de bovenafdichting en het zo nodig nemen van maatregelen.

¹ Bij worst case gaat men uit van het meest negatieve scenario wat denkbaar is. Bijvoorbeeld men hanteert de hoogste gemeten concentratie van een stof die gemeten is in zuurteer.

1 Inleiding

De provincie Overijssel is in maart 2010 gestart met de bodemsanering van de teerputten te Vasse. De sanering is begin 2011 stilgelegd nadat er zuurteer aan de oppervlakte kwam.

Bewoners van Vasse zijn ongerust over de risico's van de teerput voor hun gezondheid, ook na uitvoering van de geplande sanering. Daarom hebben de Dorpsraad Vasse, Duurzaam Vasse en een groep omwonenden bij de provincie aangedrongen op het uitvoeren van een contra-expertise. De provincie heeft het RIVM gevraagd deze contra-expertise in samenwerking met KWR uit te voeren aan de hand van een aantal vragen. Hierbij richt het RIVM zich op de mogelijke risico's van de teerput op de volksgezondheid gedurende en na afloop van de saneringswerkzaamheden. KWR richt zich op de risico's van de teerput op het grondwater.

1.1 Doelstelling van het onderzoek

Doel van deze rapportage is het beantwoorden van de vragen die gesteld zijn door de Provincie Overijssel in overleg met de Dorpsraad Vasse. Daartoe is het nodig inzicht te krijgen en te geven in de gezondheidsrisico's voor omwonenden door uitdamping naar de lucht van stoffen uit de teerput bij Vasse. Het gaat hierbij zowel om de situatie tijdens de sanering als om de toekomstige situatie nadat het saneringsplan is uitgevoerd.

Aansluitend op de onderzoeksopzet wordt ingegaan op de drie vragen, zoals die door de Provincie en de Dorpsraad zijn opgesteld:

1. Zijn er op basis van de beschikbare en eventueel nog te verzamelen gegevens in de huidige situatie risico's voor de volksgezondheid aanwezig als gevolg van de bodemverontreiniging bij de Teerput Vasse?
2. Zijn er bij de bepaling van de risico's voor de volksgezondheid onzekerheden in de uitkomsten en kunt u die onderbouwen?
3. Zijn er door chemische veranderingen in het gestorte zuurteer en eventuele verplaatsing van verontreinigingen (uitdampen naar lucht/uitzakken naar het grondwater) in de toekomst risico's te verwachten (waarop moet worden gemonitord)?

Aanvullend heeft de provincie het RIVM verzocht om te reageren op de brief van Dhr. G Jannink en te beoordelen of deze brief nieuwe inzichten of relevante nieuwe informatie oplevert ten opzichte van de al bekende informatie. Deze reactie zal in een apart document aan de provincie worden aangeboden.

1.2 Onderzoeksopzet

De advisering bestaat uit verschillende stappen:

Stap 1: Welke stoffen komen vrij uit de teerput (nu en in de toekomst)?

Om inzicht te krijgen om welke stoffen het gaat, is informatie uit verschillende bronnen bekeken. Hierbij is:

- Een analyse gemaakt van de beschikbare gegevens uit eerder onderzoek rond Vasse (bodemonderzoek, luchtmetingen);
- Een screening gedaan van literatuur en vergelijkbare casussen elders in Nederland en andere landen, ook m.b.t. de mogelijk toekomstige situatie;
- Het saneringsplan geraadpleegd: hoe wordt gesaneerd, wat is de verwachte eindsituatie en toekomstig gebruik?
- Geïnventariseerd welke klachten er reeds gemeld zijn, bijvoorbeeld over stank, die bij GGD/gemeente en provincie binnen zijn gekomen.

Stap 2: Inschatten van de blootstelling van omwonenden

Voor de stoffen die in stap 1 geïdentificeerd zijn, wordt een schatting gemaakt van de mogelijke concentraties in de lucht. Dit wordt eerst gedaan voor de situatie die tijdens de sanering kan ontstaan en ook voor de verwachte situatie in de toekomst als het volledige saneringsplan is uitgevoerd.

Hierbij wordt uitgegaan van twee scenario's: een 'meest realistisch scenario' en een 'worst case scenario'. 'Worst case' betekent dat bij de berekeningen wordt uitgegaan van de maximale concentraties van stoffen in de bodem en een open situatie waarbij contact met lucht mogelijk is. Het bepalen van de concentraties in de lucht is gedaan met rekenmodellen DIVOCOS en CSOIL 2000 (hierna CSOIL). Een toelichting op deze modellen zal in de paragrafen 3.1 en 3.2 van deze rapportage worden gegeven.

Voor de eindsituatie kan met het humane risicobeoordelingsmodel CSOIL 2000 en de relevante gebruiksscenario's worden gewerkt. Op basis van de uitkomsten van deze metingen wordt een advies gegeven over de noodzaak van metingen.

Afhankelijk van het al dan niet optreden van verdere verspreiding, is het in de toekomst mogelijk dat stoffen uit het grondwater kunnen uitdampen naar bovenliggende woningen of terecht kunnen komen in grondwater dat gebruikt wordt als sproeiwater of veedrenkwater. De mogelijke verspreiding van stoffen in het grondwater maakt onderdeel uit van het onderzoek van KWR. Als uit de resultaten van KWR blijkt dat dit op korte termijn kan plaatsvinden, zal op basis van de geschatte concentraties in grondwater de risico's voor gebruik als sproeiwater of veedrenkwater worden bekeken.

Stap 3: Gezondheidskundige risicobeoordeling

De berekende concentraties in de lucht zijn vergeleken met gezondheidkundige grenswaarden om te bepalen of er een gezondheidsrisico is voor omwonenden of recreatieve gebruikers van het gebied. Dit is gedaan op basis van beschikbare toxicologische informatie van voorkomende stoffen. Werknemers belast met de uitvoering van de saneringswerkzaamheden maken geen onderdeel uit van deze beoordeling.

De volgende vragen staan hierbij centraal:

- Zijn er gezondheidsrisico's voor omwonenden tijdens de sanering?
- Is er stankhinder mogelijk bij de geschatte concentraties in lucht tijdens en na de sanering?
- Zijn extra maatregelen nodig om dit risico tijdens de sanering te verminderen?
- Zijn er risico's voor omwonenden in de toekomst na sanering?

Deze stap is in overleg met de GGD Twente uitgevoerd op basis van de berekeningen die in stap 1 en 2 door het RIVM zijn gedaan.

1.3 Gehanteerde literatuur

Voor het uitvoeren van een risicoanalyse van de zuurteerputten zijn de volgende informatiebronnen in beschouwing genomen:

- Voorma M. (2005). Project Tubbergen-Tumuliweg te Vasse teerput. Grontmij, Zwolle, Nederland. Docnr. 11/99013947;
- Van de Velde A.H., Weytingh K.R., Everts A., Visscher D., (2005). Saneringsvisie (definitief). TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0307;
- Kanen K., Van der Sterren G., Visscher D., De Vries P., (2006). Aanvullend onderzoek teerputten Vasse. TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0503;
- De Vries P.O., (2007). Kwaliteits-eisen Afdeklaag ter plaatse van de Zuurteerputten te Vasse. (Concept). TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0648;
- Scholten B., (2011). Rapportage 1 monitoringsronde grondwater. Plegt-Vos/Fuhler, Deventer, Nederland. Kenmerk BRSA/N-29159A/20301-10;

- Anoniem (2011). Literatuurstudie naar en interpretatie van de chemische, fysische en biologische processen in de zuurteerput in Vasse. Envita, Almelo, Nederland. Docnr. PKUA/0-29159C;
- Van der Sterren G., (2011). Reactie op onderzoek en brief (1 maart 2011) aannemerscombinatie. TTE Consultants, Deventer, Nederland. Kenmerk C09067;
- Hekman M.H., (2011). Uitvoeringsontwerp Bodemsanering teerputten Vasse. Plegt-Vos / Fuhler, Deventer, Nederland. Kenmerk WB2008-2.

2 Literatuurstudie en aanwezige stoffen

Om inzicht te krijgen in de stoffen die nu en in de toekomst vrij kunnen komen uit de teerput, is nagegaan welke ervaringen er zijn opgedaan bij saneringen van andere teerputten en wat de verwachtingen zijn voor mogelijke blootstelling in de toekomstige situatie. Paragraaf 2.1 is een weergave van de gescreende literatuur. Paragraaf 2.2 geeft een beknopte weergave van de gekozen saneringsvariant in Vasse. In paragraaf 2.3 worden conclusies getrokken over de aanwezige stoffen in Vasse en welke stoffen relevant zijn voor dit onderzoek. In hoofdstuk 4 wordt mede op basis van de gescreende literatuur ingegaan op de vragen rond de zuurteerputten in Vasse.

2.1 Eigenschappen zuurteer

2.1.1 Bestanddelen van zuurteer

Zuurteer is een afvalproduct van petrochemische processen, waarbij zwavelzuur werd gebruikt als wasvloeistof. De dichtheid van zuurteer varieert globaal tussen de 1000 en 1400 kg/m³. De viscositeit van zuurteer is sterk temperatuursafhankelijk en daarmee kan er een groot verschil tussen zomer en winter bestaan. Daarnaast neemt de viscositeit af bij beweging (Družina & Perc 2010; SUBR:IM 2008).

Zuurteer moet worden beschouwd als een aparte fase die niet mengt met water maar zwaarder is dan water (dense non-aqueous phase liquid, een zogenoemde DNAPL). De beter oplosbare bestanddelen van zuurteer kunnen wel in water uitloggen. De stoffen die hier het meest voor in aanmerking komen zijn sulfonzuren, fenolen en afgeleiden, zwavelzuur, BTEX (Benzeen, Tolueen, Ethylbenzeen, Xyleen), organische zuren en vrije olie (SUBR:IM 2008).

De resultaten met betrekking tot uitloging zijn niet eenduidig. In een Engelse studie van de zuurteerput bij Hoole Bank is nauwelijks uitloging waargenomen zowel in het laboratorium als in het veld (Nichol 2000). Echter, in andere studies is uitloging van sulfaat en organische verbindingen wel waargenomen, zowel in het laboratorium als in het veld (Pensaert & De Puydt 2010).

De belangrijkste stoffen en stofgroepen die voorkomen in zuurteer zelf zijn alifatische koolwaterstoffen, aromatische koolwaterstoffen (waaronder BTEX en PAKs), fenolen, metalen (chrom, koper ijzer, lood, magnesium, nikkel, vanadium en zink), organische zuren en gesulfoneerde koolwaterstoffen (sulfonzuren) en zwavelzuur. De pH van zuurteer is lager dan 2. Zuurteer afkomstig van de productie van witte olie heeft vaak een pH lager dan 1. Dergelijke lage pH kunnen metalen uit hun natuurlijke omgeving of uit meegestort materiaal oplossen en mobiliseren. Gemiddeld bestaat 44% van de zuurteer uit zwavelzuur, 42% uit olie-residuen, 8% uit gesulfateerde olie residuen en 6% uit water (Nichol 2000).

2.1.2 Gasvorming

De gassen die vrijkomen uit zuurteer zijn met name zwaveldioxide en voor een klein deel vluchtige koolwaterstoffen, waaronder BTEX, vluchtige PAKs en methaan. Bij saneringswerkzaamheden bij teerputten in België (Rieme) zijn fluxen zwaveldioxide gemeten van 1 tot 500 g/m²/uur (gemiddeld 1 g/m²/uur voor vloeibare teer, 12 g/m²/uur voor dikvloeibare teer en 500 g/m²/uur voor vaste teer). De zuurteer ter plaatse dateert op sommige plekken van voor de Tweede Wereld-oorlog (Pensaert 2005). Ook zou koolzuurgas kunnen worden gevormd door reactie met carbonaten in de grond. Bij verwerking kan zuurteer

ook stofdeeltjes veroorzaken die kunnen verwaaien. Wanneer gassen vrijkomen, kunnen deze tot geurproblemen leiden, met name door de aanwezigheid van stoffen zoals thiofenen en mercaptanen (Nancarrow et al. 2001).

2.1.3 *Afdekken van zuurteer*

Uit veldstudies is gebleken dat zuurteer zich in viskeuze en minder viskeuze lagen verdeelt. Dit zal ervoor zorgen dat de mobielere lagen, mede onder druk van andere lagen en afdichtingen, een weg naar buiten zullen vinden in scheuren, bijvoorbeeld langs boomwortels of permeabele bodemlagen. Het zure karakter van het zuurteer kan ertoe leiden dat er componenten in de minerale matrix oplossen en bestaande scheuren/scheurtjes in de bodem groter worden. (SUBR:IM 2008).

Het (Engelse) vakblad SUBR:IM heeft in 2008 een artikel opgenomen over internationale ervaringen bij saneringen van zuurteerputten. Hierin wordt opgemerkt dat met betrekking tot het isoleren van zuurteer de meeste materialen niet bestendig zijn tegen zuurteer (SUBR:IM 2008). Cement en de meeste kunststoffen blijken snel te worden aangetast. Een bentoniet-polymeren mengsel (natuurlijke klei gemengd met plastics) is volgens SUBR:IM (2008) nog het meest geschikt. Ridal (2005) concludeert aanvullend dat bentoniet enkel geschikt is als zijwaartse afdichting. Zuurteer is lichter dan bodem, bedekkingsmateriaal gebaseerd op bodem zakt er gemakkelijk in weg. Dit heeft een instabiliteit van de bedekking tot gevolg of een druk op het onderliggende teer met teereruptions als gevolg (Talbot et al. 2007). SUBR:IM, (2008) raadt aan om bij het afdichten of isoleren van zuurteer de teerputten regelmatig te (blijven) monitoren in verband met deze mogelijke instabiliteit.

2.1.4 *Mogelijke blootstellingsroutes*

In Tabel 2.1 zijn voor de voor teerputten relevante bestanddelen en stoffen ('bron') de blootstellingsroutes ('pad') en mogelijke effecten ('receptor') aangegeven. SUBR:IM (2008) geeft aan dat de keuze voor een saneringsvariant rekening dient te houden met deze blootstellingroutes met als doel deze in de eindsituatie te controleren dan wel weg te nemen. Hierbij is nog geen relatie gelegd met de zuurteerputten in Vasse.

Grofweg kan onderscheid gemaakt worden tussen de volgende mogelijke blootstellingsroutes:

1. inhalatie van gassen en (bodem)deeltjes door mensen;
2. direct contact met mensen;
3. verspreiding naar grondwater en oppervlaktewater.

Tabel 2.1: Zuurteerputten: mogelijke verbanden en effecten van niet gesaneerde putten (SUBR:IM, 2008).

| Bron | Pad | Receptor |
|--|--|---|
| BTEX, PAKs, VOCs | Vervluchtiging van gassen uit top laag | Gebruikers van de locatie |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat | Inhalatie van stof en gassen | Gebruikers van de locatie en omwonenden |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat | Ingestie van (bodem)deeltjes | Gebruikers van de locatie en omwonenden |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat | Uitloging naar grondwater | Grondwater |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat | Afspoeling naar oppervlaktewater | Nabij gelegen oppervlaktewater |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat | Verspreiding langs constructies (dijken, muren etc) (outfall) | Nabij gelegen oppervlaktewater |
| BTEX, PAKs, zware metalen fenolen & sulfaat | Uitloging en migratie van verontreinigingen in bodem en de onverzadigde zone | Bodem en onverzadigde zone |
| Methaan, zwaveldioxide & waterstofsulfide | Migratie door poreuze bodem | Gebruikers van de locatie en omwonenden |
| BTEX, PAKs, zware metalen, fenolen & sulfaat, zuur | Bulk migratie van de teer of direct contact | Gebruikers van de locatie en omwonenden |
| Toxic combustion products | Rook van verbranding van de teer in de lagune | Gebruikers van de locatie en omwonenden |

2.1.5

Saneringen van andere zuurteerputten

In Nederland maar ook in het buitenland zijn ervaringen opgedaan met het saneren van zuurteerputten. Deze ervaringen zijn niet direct te vertalen naar de (toekomstige) situatie te Vasse; de beschrijvingen geven wel een beeld van diverse saneringsopties en de mogelijke risico's tijdens en na sanering van een teerput.

In Nederland zijn zuurteerputten in Ilperveld en Diemerzeedijk (beide Noord-Holland) gesaneerd. Beide teerputten zijn voormalige stortplaatsen waar behalve zuurteer ook andere afvalstoffen zijn gestort. Specifieke informatie over omvang en aangetroffen stoffen kon voor deze twee teerputten niet worden achterhaald. Wel is informatie bekend over de wijze/manier van saneren.

Bij Ilperveld is het terrein in 2009 afgedekt en daarna heringericht als natuur. Hiervoor is het zuurteer ontgraven en gemengd met kalk en stortmateriaal. Vervolgens is een afdichtingslaag aangebracht, o.a. bestaande uit houtsnippers, drukspreidend doek, zand met gasafvoerdrain, en HDPE-folie (hogedichtheidpolyetheen-folie). Hierboven is een leeflaag van circa 50cm aangebracht. Tot op heden zijn er geen problemen met de bovenafdeling geconstateerd (schriftelijke informatie aan het RIVM door Witteveen en Bos Dhr. R. Hoogeslag).

De zuurteerput in de Diemerzeedijk is in de periode van 1998-2001 gesaneerd. Eerst is het terrein gestabiliseerd met kalk en daarna afgedicht met diverse stabilisatielagen bestaande uit o.a. een geogrid. Agrexkorrels en schelpen zijn gebruikt om verdere stabiliteit in het gebied te creëren. De afdekkinglaag bestaat voornamelijk uit HDPE-folie. Het doel was om de afdeklaag zo licht

mogelijk te maken om daarmee druk op de zuurteer te voorkomen. Een ander deel van de teerput is o.a. afgedekt met een bentonietlaag van 10 cm en HDPE-folie (schriftelijke informatie aan het RIVM door Provincie Overijssel Dhr. M. Lodewijks en Mevr. L. Besselink).

De buitenlandse zuurteerputten hadden veelal een diepte van 4 tot 10 m. Volumina varieerden van ~3000 tot 60000 m³. Het neutraliseren van zuurteer met ongebluste kalk en andere alkalische materialen bleek niet altijd efficiënt ten gevolge van slechte menging (Talbot et al. 2007).

In het Verenigd Koninkrijk ligt een zuurteerput met een volume van 10650 m³ zuurteer (mobiel, lage dichtheid), en nog eens 60000 m³ grond vervuild met benzeen, toluen en PAKs (SUBR:IM 2008). Ondanks het feit dat afdichten van deze teerput theoretisch eenvoudig leek, bleek dat de viscositeit en mobiliteit van zuurteer leidde tot drukverschillen, met teereruptions tot gevolg (Talbot et al 2007). Pogingen om de zuurteerput af te dichten zijn mislukt.

In Duitsland liggen bij Chemnitz vijf zuurteerputten met in totaal bijna 120 000 m³ zuurteer (Grüss, 2005). De zuurteer bevatte bijna 45% zwavelzuur, had een pH van 0 tot 1 en bevatte tot 15% zwavel. De zuurteer was ter plaatse erg kleverig en er kwam zwaveldioxide vrij. Er was een continu gevaar voor vervuiling van het grondwater. Tijdens het saneren kwam er met name zwaveldioxide vrij en weinig vluchtige organische koolwaterstoffen. De teerputten zijn afgegraven, waarna het zuurteer ter plekke of ergens anders omgezet werd in een brandstof die in een energiecentrale kon worden gebruikt, of zodanig werd geïmmobiliseerd dat het materiaal kon worden herbegraven (SUBR:IM 2008).

In de zuurteerputten in Rieme in België lag in totaal zo'n 200.000 ton zuurteer. De zuurteer was afkomstig van de productie van medicinale witte oliën en de teerput bestaat reeds van voor de Tweede Wereldoorlog (Pensaert, 2005). De aanpak bij de sanering was hier om de zuurteerputten af te graven, het zuurteer om te zetten in een vast product en dit te storten in een gesloten cel op het terrein. Daarna is de vervuilde grond en het vervuilde grondwater rondom de zuurteerputten nog gesaneerd (Terra et Aqua 2009). Bij de saneringswerkzaamheden van Rieme zijn o.a. hoge concentraties SO₂ gemeten (zie ook paragraaf 2.1.2). Daarom werden bij Rieme stoffilters en persoonlijke SO₂ monitors gehanteerd door de werknemers (Terra et Aqua, 2009).

In Slovenië is een zuurteerput gesaneerd met een oppervlakte van 3000 tot 3500 m² en een gemiddelde diepte van 5 m. Naast minerale olie, gesulfoneerde minerale olie en zwavelzuur wordt hier ook expliciet melding gemaakt van de zware metalen lood, zink, koper, arsenicum en barium. De zuurteer werd afgegraven, ter plekke tot een vast product omgezet en naar Duitsland gebracht om daar in een energiecentrale te verbranden. Nabehandeling van het vervuilde grondwater door middel van oppompen was nodig en bleek effectief, omdat de gehalten minerale olie en sulfaat daalden. De restanten, onder andere vliegias, werden op dezelfde manier behandeld (Družina & Perc 2010).

2.2 Saneringsvariant Vasse

De teerput in Vasse bestaat sinds de zestiger jaren en is daarmee jonger dan bijvoorbeeld de teerput in Rieme (België) welke van voor de Tweede Wereldoorlog dateert. Het volume van de gestorte teer in Vasse wordt geschat

op van 41.500 m³ (Van de Velde et al. 2005). In het verleden zijn werkzaamheden verricht om de zuurteer zoveel mogelijk te stabiliseren. Deze werkzaamheden bestaan o.a. uit (Provincie Overijssel 1980):

- het verwijderen van de aanwezige olielaag op de aanwezige waterlaag;
- het neutraliseren met kalk en afpompen van de aanwezige waterlaag;
- het toevoegen van kalk om de zuurteer te neutraliseren.

Bij deze in het verleden verrichte werkzaamheden is de aanwezige zuurteer ook sterk vermengd met bodem. Dit heeft geleid tot een grotere fysische stabiliteit van de teerput ten opzichte van de oorspronkelijke situatie en de eerder beschreven teerputten in de literatuur.

De provincie Overijssel heeft in 2005 onderzoek gedaan naar diverse saneringvarianten voor de teerputten in Vasse (Van de Velde et al. 2005). In 2006 is hierop een aanvullend onderzoek gedaan (Kanen et al. 2006). Voor details over deze onderzoeken wordt verwezen naar de desbetreffende rapporten. In 2011 is door de aannemersconstructie het uitvoeringsontwerp voor de sanering gepresenteerd (Hekman 2001).

In Vasse is gekozen om de locatie af te graven tot een diepte van minimaal 0,8m ten behoeve van het aanbrengen van een steunlaag en een isolatielaag. Na de ontgravingwerkzaamheden vindt eerst stabilisering plaats van de aanwezige zuurteer alvorens de isolatielaag aan te brengen. De uiteindelijke isolatielaag zal bestaan uit een geogrid, non woven doek, gas drainagelaag en een afdichtende folie met daarop een laag bentoniet-polymeren mengsel. Voor de details wordt verwezen naar de meest recente versie van het saneringsplan.

2.3 Aanwezige en relevante stoffen

2.3.1 Aangetroffen stoffen

Zuurteer is een complex mengsel van stoffen. De mate waarin bepaalde stoffen worden aangetroffen is sterk afhankelijk van het productieproces waarbij de stoffen zijn vrijgekomen.

In het grondwater en de bodem rond de zuurteerputten in Vasse zijn in eerdere onderzoeken de volgende stoffen gemeten:

- Metalen (arseen, zink, koper, nikkel, calcium, ijzer, kalium, magnesium, mangaan, natrium);
- Minerale olie fracties (C10-C40);
- PAK 10 (Naftaleen, Anthraceen, Fenanthreen, Fluorantheen, Benzo(a)anthraceen, Chryseen, Benzo(a)pyreen, Benzo(ghi)peryleen, Benzo(k)fluorantheen en Ideno(1,2,3-c,d)pyreen);
- Sulfonzuren;
- BTEX (benzeen, tolueen, ethylbenzeen en xylenen);
- VOCL (1,1 en 1,2-dichloorethaan, cis 1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en vinylchloride);
- Anorganische verbindingen (ammonium, carbonaat, bicarbonaat, chloride, nitraat en sulfaat).

Op basis van de gescreende literatuur en de verwachte vervluchtigingsrisico's zijn de volgende stoffen eveneens relevant voor de situatie in Vasse, hoewel hiervan geen meetresultaten beschikbaar zijn;

- Waterstofsulfide (H₂S);
- Zwaveldioxide (SO₂).

2.3.2 Relevante stoffen voor risicobeoordeling

In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat direct contact door omwonenden en of recreanten met de zuurteerput wordt voorkomen doormiddel van het plaatsen

van hekken rondom de teerputten. De resterende relevante blootstellingroutes waarvoor deze beoordeling wordt gemaakt zijn dan:

1. blootstelling via contact met grondwater (zie rapportage KWR door Paalman et al. 2012);
2. blootstelling via de inhalatie van gassen;
3. blootstelling via de inhalatie van verontreinigde (bodem)deeltjes.

In deze rapportage zal daarom in meer of mindere mate worden ingegaan op de volgende stoffen:

- Minerale olie fracties (C10-C40);
- PAK 10 (Naftaleen, Anthraceen, Fenanthreen, Fluorantheen, Benzo(a)anthraceen, Chryseen, Benzo(a)pyreen, Benzo(ghi)peryleen, Benzo(k)fluorantheen en Ideno(1,2,3-c,d)pyreen);
- BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xylenen);
- VOCL (1,1 en 1,2-dichloorethaan, cis 1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en vinylchloride);
- Waterstofsulfide (H_2S);
- Zwaveldioxide (SO_2).

De overige stoffen zijn niet relevant voor vervluchtiging en zullen daarom in deze rapportage niet worden besproken.

2.3.3 *BTEX (Benzeen, Toluene, Ethylbenzeen, Xylenen)*

In tegenstelling tot wat de literatuur screening aangeeft, worden er in Vasse lage concentraties BTEX aangetroffen in het grondwater rondom de zuurteerputten in Vasse. Uit de analyseresultaten blijkt dat de hoogst gemeten (som)concentratie bovenstrooms of noordelijk van de zuurteerputten liggen. De hoogste gemeten concentraties voor de individuele stoffen liggen ruim onder de Interventiewaarden voor grondwater. Het grondwater bevindt zich op een diepte van circa 15 m-mv. Hierdoor is vervluchtiging van BTEX uit het grondwater met verwaarloosbaar. Risico's van BTEX door middel van vervluchtiging van gassen of verwaaiing van verontreinigde (bodem)deeltjes kan dan ook worden uitgesloten. BTEX zullen dan ook niet verder in de risicobeoordeling worden meegenomen.

Een mogelijke verklaring voor de lage BTEX concentraties is het productieproces van witte oliën, waarvan de zuurteer een restproduct is. Dit productieproces is specifiek gericht op het verwijderen van aromaten. Door het toevoegen van zwavelzuur worden de aromaten gescheiden van de witte olie. Hierdoor ontstaan onder andere benzeen- en toluensulfonzuuren (en andere sulfonzuuren) die wel rond de zuurteerputten zijn aangetroffen. Ook kan door verdamping en door verwijdering van de verontreinigde waterfase en oliefase bij de sanering in het verleden de BTEX al zijn verdwenen.

2.3.4 *VOCL (1,1 en 1,2-dichloorethaan, cis 1,2 dichlooretheen, trichlooretheen en vinylchloride)*

Op basis van de gescreende literatuur kan worden geconcludeerd dat het onwaarschijnlijk is dat VOCL's van oorsprong in zuurteer aanwezig zijn. Daarnaast is bij een in 1988 uitgevoerde elementenanalyse gebleken dat er geen chloorkoolwaterstoffen in de zuurteer van Vasse aanwezig zijn (Van de Velde 2005). Opmerkelijk is, dat er wel diverse VOCL's worden aangetroffen in het grondwater rondom de zuurteerputten in Vasse. Sommige concentraties zoals die voor vinylchloride en cis 1,2 dichlooretheen, liggen boven de interventiewaarde voor grondwater. In de onderzoeken die beschikbaar zijn voor Vasse is hier geen eenduidige verklaring voor te vinden. Een mogelijkheid is dat

de VOCL's afkomstig zijn van de nabij gelegen voormalige stortplaats. Dit zou nader onderzocht kunnen worden in een aanvullend onderzoek. Omdat de in Vasse aanwezige VOCL's hoogstwaarschijnlijk niet afkomstig zijn uit het zuurteer zullen deze niet verder worden meegenomen in de risicobeoordeling.

3 Modelberekeningen

In dit hoofdstuk zijn twee modellen gebruikt om op kwantitatieve wijze de werkelijkheid te benaderen om de kans op het optreden van effecten in te schatten. Een model is een vereenvoudiging van de werkelijkheid op basis van locatiespecifieke invoergegevens. Daar waar gegevens ontbraken is een (conservatieve) inschatting gemaakt.

Voor een beoordeling of er tijdens de saneringswerkzaamheden aanvullende metingen nodig zijn om de luchtkwaliteit in de omgeving te monitoren, is gebruikt gemaakt van het model DIVOCOS. Voor het beoordelen van concentraties in de lucht in de situatie na afronding van de sanering is het blootstellingsmodel CSOIL 2000 gehanteerd.

3.1 Risico's tijdens sanering (DIVOCOS)

3.1.1 Doel van het model

Voor een beoordeling van de mogelijke risico's tijdens bodemsaneringen maakt het RIVM o.a. gebruik van het model DIVOCOS (DISpersion of VOLatile COntaminantS). *"Met het model DIVOCOS kunnen de concentraties aan vluchtige stoffen in de lucht worden berekend die vrijkomen tijdens een bodemsanering. Het belangrijkste doel van een beoordeling met DIVOCOS is te bepalen of en in welke vorm er tijdens de werkzaamheden aanvullende metingen moeten worden uitgevoerd om de luchtkwaliteit in de omgeving te bewaken en eventuele blootstellingsrisico's van omwonenden te beperken"* (Mennen & Broekman, 2005). DIVOCOS geeft derhalve geen beoordeling van de daadwerkelijke risico's maar geeft aan of er aanvullend moeten worden gemeten. Hierbij moet men er rekening mee houden dat het model DIVOCOS slechts een *indicatieve* uitkomst kan geven indien er op de locatie sprake is van puur product. Indien er sprake is van puur product dient er een relatief grote marge van onzekerheid te worden gehanteerd. Bij de zuurteerputten in Vasse is zeker nog sprake van puur product. Daarom dienen de uitkomsten van de DIVOCOS berekening als een ordegrootteschatting te worden beschouwd. Voor aanvullende informatie over het model DIVOCOS kan de RIVM rapportage van Mennen & Broekman (2005) worden geraadpleegd.

In de beoordeling met het model DIVOCOS wordt gerekend aan een realistische casus gebaseerd op concentraties van stoffen in de bodem en een worstcase situatie gebaseerd op concentraties in zuurteer. In Bijlage 1 van deze rapportage wordt verder uitgebreid ingegaan op de uitvoering van de risicobeoordeling met het model DIVOCOS. Hierbij wordt ingegaan op de geselecteerde stoffen en concentraties in bodem en zuurteermonsters, de invoerparameters in het model en het toetsingskader. Paragraaf 3.1.2 geeft een samenvatting van de uiteindelijke resultaten. In paragraaf 3.1.3 wordt aanvullend een indicatieve beoordeling van de risico's van SO₂ weergegeven. In paragraaf 3.1.4 worden de conclusies gepresenteerd.

3.1.2 Resultaten

Tabellen B1.2 en B1.3 in bijlage 1 geven de berekende scenario's en risico indices voor Vasse in detail weer. Tabel 3.1 en 3.2 geven een samenvatting van de bijbehorende risicobeoordeling.

Tabel 3.1: Samenvatting risicobeoordeling van de teerputten bij Vasse tijdens sanering voor de realistische casus met behulp van het model DIVOCOS.

| Stof | | Risicobeoordeling: wel/geen noodzaak aanvullende metingen gedurende sanering op verschillende afstanden | | | |
|-----------|---------------|---|----------|----------|-----------|
| | | 10 meter | 20 meter | 30 meter | 150 meter |
| EC 5-6 | Alifatisch* | - | - | - | - |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 6-8 | Alifatisch* | - | - | - | - |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 8-10 | Alifatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 10-12 | Alifatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| EC 12-16 | Alifatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| EC-16-21 | Alifatisch** | - | - | - | - |
| | Aromatisch*** | - | - | - | - |
| Naftaleen | | Geen | Geen | Geen | Geen |

* Geen concentratie in bodem beschikbaar

** Deze fractie komt niet voor in het model DIVOCOS

*** Geen TCA beschikbaar

Tabel 3.3: Samenvatting risicobeoordeling van de teerputten bij Vasse tijdens sanering voor de worst case met behulp van het model DIVOCOS.

| Stof | | Risicobeoordeling: wel/geen noodzaak aanvullende metingen gedurende sanering op verschillende afstanden | | | |
|----------|---------------|---|----------|----------|-----------|
| | | 10 meter | 20 meter | 30 meter | 150 meter |
| EC 5-6 | Alifatisch* | - | - | - | - |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 6-8 | Alifatisch* | - | - | - | - |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 8-10 | Alifatisch | Wenselijk | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch* | - | - | - | - |
| EC 10-12 | Alifatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| EC 12-16 | Alifatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| | Aromatisch | Geen | Geen | Geen | Geen |
| EC-16-21 | Alifatisch** | - | - | - | - |
| | Aromatisch*** | - | - | - | - |

* Geen concentratie in zuurteer beschikbaar

** Deze fractie komt niet voor in het model DIVOCOS

*** Geen TCA beschikbaar

3.1.3 *Vervluchtigingsberekeningen zwaveldioxide*

In de literatuur (2.1.2) is aangegeven dat gedurende saneringswerkzaamheden bij een teerput in België een gemiddelde zwaveldioxide flux naar lucht van 12 g/m²/uur is gemeten uit dikvloeibare teer (qua dikte het meest vergelijkbaar met teer bij de teereruptions in Vasse) (Pensaert, 2005). Dit is een meting bij een situatie zonder afdekking van de saneringslocatie maar de locatie bevat evenals Vasse verouderde zuurteer afkomstig uit de productie van (medicinale) witte oliën. Het is de vraag of deze emissies in de Vasse daadwerkelijk optreden, mede gezien de neutraliserende maatregelen uit het verleden (zie paragraaf 2.2).

Op basis van een eenvoudige berekening voor verspreiding van emissies uit de bodem naar buitenlucht in CSOIL (Brand 2007) kan voor het beoordelen van de huidige situatie (en de situatie tijdens de sanering) een buitenluchtconcentratie op 1,5 meter hoogte worden berekend van 10×10^3 - 15×10^3 µg/m³, ter hoogte van de verontreiniging (bij een diameter van het emissiegebied van respectievelijk 5-10 meter). Op grotere afstand (tientallen meters) van de teer is dit lager door het optreden van verdunning. De werkgerelateerde kritische blootstelling (voor acute, 15 min. gemiddelde blootstelling), zoals deze is geadviseerd door de Gezondheidsraad is 700 µg/m³ (0,3 ppm) (Health Council of the Netherlands 2003). Het is niet onmogelijk dat deze waarde in de huidige situatie in Vasse of tijdens de sanering in de buurt van de teer is overschreden. Gedurende de eerste werkzaamheden in Vasse is er gemeten met een draagbare SO₂ meter. De laagste alarmeringsgrens van deze meter is 10 ppm (gelijk aan circa 27×10^3 µg/m³). Volgens de aannemer is dit alarm niet afgegaan tijdens de werkzaamheden. De gehanteerde onderste alarmeringsgrens van 10 ppm voor SO₂ ligt echter aanzienlijk hoger dan de genoemde grenswaarde van 700 µg/m³ (0,3 ppm) zoals deze geadviseerd wordt door de Nederlandse Gezondheidsraad (Health Council of the Netherlands 2003). De alarmeringsgrens is ook hoger dan de hiervoor berekende luchtconcentratie boven de teer. De toegevoegde waarde van deze SO₂ meter voor de risicobeoordeling is daarom zeer beperkt.

3.1.4 *Conclusie*

Op basis van de risicobeoordeling in het realistische scenario (tabel 3.1) en de bijbehorende concentraties in bodem (bijlage 1), kan worden geconcludeerd dat, rekeninghoudend met de onzekerheden in de beoordeling met DIVOCOS, er geen aanleiding is om in het vervolg van de saneringswerkzaamheden voor diverse oliefracties en naftaleen aanvullende luchtmetingen te verrichten op korte afstand (tot en met 30 m) van het saneringsgebied.

Ook op grotere afstanden (>150 m) van de saneringslocatie is er geen aanleiding om in het vervolg van de saneringswerkzaamheden voor diverse oliefracties aanvullende luchtmetingen te verrichten. Op basis van de gemeten concentraties in bodem kan worden geconcludeerd dat er geen risico's worden verwacht voor omwonenden en passanten.

Op basis van de risicobeoordeling in het worstcase scenario (tabel 3.2) en de bijbehorende concentraties in het zuurteer, kan worden geconcludeerd dat, rekeninghoudend met de onzekerheden in de beoordeling met DIVOCOS, alleen voor de oliefractie alifatisch EC 8-10 het wenselijk kan zijn om aanvullende luchtmetingen te verrichten op korte afstand (tot en met 10 m) van het saneringsgebied indien er gegraven wordt in de zuurteer.

Op een afstand van groter dan 10 m van de saneringslocatie is er geen aanleiding om in het vervolg van de saneringswerkzaamheden aanvullende luchtmetingen te verrichten.

Op dit moment is het wegens het ontbreken van een relevante luchtmeting onduidelijk of zwaveldioxide (SO₂) een risico kan vormen voor passerende recreanten tijdens de sanering. Voor omwonenden worden geen risico's verwacht omdat de afstand hiervoor te groot is. Voor SO₂ wordt aanbevolen om aanvullende luchtmetingen met adequate detectiegrenzen te verrichten en deze te vergelijken met geldende acute risicogrenzen (0,3 ppm voor arbeidsblootstelling, voor algemene bevolking 300 µg/m³ uurlimiet en 125 µg/m³ daglimiet). Op basis van de gehanteerde alarmeringsgrens voor SO₂ van 10 ppm kan momenteel niet worden uitgesloten dat er potentieel schadelijke concentraties SO₂ zijn vrijgekomen tijdens de sanering.

3.2 Risico's in eindsituatie (CSOIL 2000)

3.2.1 Doel van het model

Met het humane blootstellingsmodel CSOIL kunnen de risico's van bodemverontreiniging via diverse blootstellingroute en scenario's worden ingeschat. Deze verschillende blootstellingsroutes lopen via bodem, lucht, water en gewasconsumptie. Zoals eerder in deze rapportage aangegeven, is vooral de blootstelling via de inhalatie van gassen/dampen of verontreinigde bodemdeeltjes voor Vasse van belang. Met behulp van CSOIL is de eindsituatie van de sanering van de zuurteerputten gesimuleerd. Hierbij is er vanuit gegaan dat de sanering is afgerond en dat de gebruiksfunctie natuur is gerealiseerd. CSOIL heeft geen rekenscenario waarin een verontreiniging is afgedekt. Daarom is de beoordeling uitgevoerd voor een situatie zonder afdekking. Indien onder deze situaties geen risico's bestaan, kan ervan uit worden gegaan dat deze ook bij afdekking niet aanwezig zullen zijn. Verder is alleen gekeken naar de blootstellingroutes inhalatie van verontreinigde (bodem)deeltjes en vervluchtiging van gassen bij levenslange blootstelling. Voor een uitgebreide beschrijving van het model CSOIL wordt verwezen naar het RIVM rapport Brand et al. 2007. In Bijlage 2 van deze rapportage worden de gehanteerde stoffen en concentraties in bodem en zuurteermonsters en de invoerparameters in het model beschreven. Paragraaf 3.2.2 geeft de uiteindelijke resultaten en in paragraaf 3.2.3 worden de conclusies gepresenteerd.

3.2.2 Resultaten

In Tabel 3.3 zijn de berekende risico-indices beschreven voor het bodemscenario met 28,4% lutum en 8% organische stof (realistisch) in zowel bodemmonsters als zuurteer-monsters. In Tabel 3.4 zijn de berekende risico indices beschreven voor het bodemscenario met 1% lutum en 1% organische stof (worstcase) in zowel bodemmonsters als zuurteermonsters.

Uit tabellen 3.3 en 3.4 blijkt dat er geen risico's worden verwacht voor omwonenden en passanten worden verwacht na afronding van de sanering uitgaande van een situatie zonder afdichting. Na afronding van de sanering in Vasse is er wel sprake van een bovenafdekking wat de kans op eventuele blootstelling nog verder zal verkleinen.

Tabel 3.3 Risico-indices zoals berekend met CSOIL voor een realistische casus (met 28% lutum en 8% organische stof) op basis van gerapporteerde concentraties in zowel bodem als zuurteer monsters.

| Type | Stof | Risico-index | Risicobeoordeling |
|----------|--|--------------|-------------------|
| Bodem | Alifatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch EC 10-12 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch C12-C16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 12-16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 16-21 | <0,01 | Geen risico |
| | Combitox ² som minerale olie fracties | <0,01 | Geen risico |
| | Naftaleen | <0,01 | Geen risico |
| Zuurteer | Alifatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch EC 10-12 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch C12-C16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 12-16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 16-21 | <0,01 | Geen risico |
| | Combitox ¹ som minerale olie fracties | <0,01 | Geen risico |

Tabel 3.4 Risico-indices zoals berekend met CSOIL voor een worstcase situatie (met 1% lutum en 1% organische stof) in zowel bodem als zuurteermonsters.

| Type | Stof | Risico-index | Risicobeoordeling |
|----------|--|--------------|-------------------|
| Bodem | Alifatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch EC 10-12 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch C12-C16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 12-16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 16-21 | <0,01 | Geen risico |
| | Combitox ¹ som minerale olie fracties | <0,01 | Geen risico |
| | Naftaleen | <0,01 | Geen risico |
| Zuurteer | Alifatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch EC 10-12 | <0,01 | Geen risico |
| | Alifatisch C12-C16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 8-10 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 12-16 | <0,01 | Geen risico |
| | Aromatisch EC 16-21 | <0,01 | Geen risico |
| | Combitox ¹ som minerale olie fracties | <0,01 | Geen risico |

3.2.3

Conclusie

Als met behulp van het CSOIL model de verwachte eindsituatie wordt gesimuleerd, wordt er geen verhoogde kans op risico's verwacht voor omwonenden en/of recreanten.

² Combitox staat voor combinatie toxicologie. Hierbij wordt de gezamenlijke toxiciteit van de somfracties van minerale olie beoordeeld.

4 Risicobeoordeling

4.1 Aanwezige stoffen

De aangetroffen stoffen in bodem, grondwater en lucht wijken in de teerput Vasse deels af van onderzoeken bij vergelijkbare putten uit de literatuur. Dit wordt hierna voor de verschillende compartimenten toegelicht.

4.1.1 Lucht

Er zijn geen meetgegevens beschikbaar voor vluchtige stoffen die vrij kunnen komen uit de teerput in Vasse. Wel zijn gedurende de saneringswerkzaamheden door de aannemer luchtmetingen gedaan naar totaal vluchtige koolwaterstoffen en SO₂. Deze metingen zijn verricht met totaalimeters die een alarm afgeven als een bepaalde concentratie wordt gemeten, maar deze meters geven geen precieze concentraties. De gehanteerde grenzen bij Vasse waren 10 ppm SO₂ (circa $27 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en 5 ppm (circa $31 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vluchtige koolwaterstoffen (som).

Op basis van de gescreende literatuur blijken lichte koolwaterstoffen en SO₂ wel relevant voor de risicobeoordeling van de teerputten in Vasse.

4.1.2 Gasbellen op locatie

In 2010 is onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van gasbellen op de locatie (TTE 2010 en Anoniem 2011). Hoewel het onderzoek van TTE een indicatief karakter had werden er sterk verhoogde concentraties koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) aangetroffen. De hoogst gemeten percentages die zijn aangetroffen zijn, 31% CO₂ en 21% CH₄. Normale concentraties in lucht bestaan uit 0,03% CO₂ en 0,00022% CH₄. Hoewel de precieze oorzaak van de verhoogde gasproductie niet direct kan worden vastgesteld, is het aannemelijk dat deze gasproductie is veroorzaakt door een eerder opgebrachte stabilisatielaag bestaande uit het organisch materiaal van de opgebrachte houtsnippers. Bij de afbraak van dit materiaal komen CO₂ en CH₄ als afbraakproducten vrij. De verwachting is dat deze gasproductie weer zal afnemen.

4.1.3 Bodem en grondwater

Een kwantitatieve vergelijking van de gerapporteerde concentraties in bodem en grondwater in Vasse met de gescreende literatuur is niet direct mogelijk wegens het ontbreken van relevante concentraties in de literatuur. Op basis van de literatuur zouden verhoogde concentraties alifatische koolwaterstoffen, aromatische koolwaterstoffen (waaronder BTEX en PAKs), fenolen, metalen (chrom, koper ijzer, lood, magnesium, nikkel, vanadium en zink), organische zuren en gesulfoneerde koolwaterstoffen (sulfonzuren) en zwavelzuur aangetroffen kunnen worden. Uitgezonderd sulfonzuren en minerale oliefracties worden deze stoffen niet of weinig aangetroffen in de teerputten in Vasse en liggen de gemeten concentraties ruim onder de geldende Interventiewaarde. Sulfonzuren en minerale oliefracties worden wel op enkele locaties in het grondwater aangetroffen, maar vormen op basis van de huidige meetresultaten geen saneringsurgentie. Hiervoor is de omvang van de aangetroffen verontreiniging te klein.

³ Gebaseerd op een gemiddelde molmassa van 150 g/mol voor de fracties C5 tot >C35 aromatisch en alifatisch.

Voor de resultaten van het grondwateronderzoek wordt verwezen naar de rapportage van het KWR. In deze rapportage concludeert KWR dat, *"de kwaliteit van de monitoring ... verbeterd kan worden, door: 1) Nieuwe peilbuizen te plaatsen (2 à 4) met filters op verschillende diepten. Deze peilbuizen te plaatsen zo dicht mogelijk tegen de te saneren locatie aan de westelijke kant van de teerput; 2 brede screening uit te voeren naar mogelijk voorkomende stoffen (analyse pakket uitbreiden); 3) frequenter te meten: 4) bemonstering ook te richten op het verifiëren van de afwezigheid van drijflagen/zaklagen"*. KWR adviseert *"om deze aanbevelingen op te nemen in het monitoringsprogramma behorende bij het nazorgprogramma welke wordt opgesteld conform de Wet bodembescherming"* (Paalman et al. 2012). Zie voor een volledige beschrijving van de situatie voor grondwater de rapportage van KWR (Paalman et al. 2012).

4.1.4 *Verspreiding van verontreinigingen via het grondwater*

Ten aanzien van de verspreiding van verontreinigingen naar de omgeving wordt in de rapportage van KWR het volgende geconcludeerd, *"voor de verspreiding van verontreinigingen via het grondwater naar de omgeving wordt geconcludeerd dat de risico's voor de omgeving beperkt zijn. ... De verwachting is dat door de relatief lage grondwaterstroming het water over ca. 190 jaar pas zal opkwellen aan de westrand van de Slenk. ... De veedrenkingsputten liggen buiten het huidige beïnvloedingsgebied van de teerputten. ... De veedrenkings- en beregeningsputten zijn wel de eerste kwetsbare objecten die in de toekomst (komende decennia) binnen de contourlijnen van een mogelijke verspreiding uit de teerput vallen"* (Paalman et al. 2012).

Omdat de veedrenkputten niet op korte termijn bereikt zullen worden en omdat er nog aanvullende grondwatermetingen verricht moeten worden (zie conclusie KWR in paragraaf 3.1) kan er op dit moment geen uitspraak worden gedaan over mogelijke risico's bij het gebruik van de veedrenkputten in de toekomst. Op dit moment liggen de veedrenkputten nog buiten het beïnvloedingsgebied van de zuurteerput en zijn er derhalve geen risico's bij het gebruik van de veedrenkputten. De veedrenkputten liggen tussen ca. 700 m – 1 km ten westen van de teerput.

4.1.5 *VOCL's*

Op een tweetal locaties zijn verhoogde concentraties van VOCL's (Vinylchloride en Cis1,2 dichlooretheen) in het grondwater aangetroffen. Deze stoffen zijn normaliter niet aanwezig in zuurteer. Zowel het productieproces van witte oliën als de eigenschappen van het zuurteer geven geen aanleiding om VOCL's te verwachten. Er is dan ook geen eenduidige verklaring te noemen waarom deze stoffen in Vasse worden aangetroffen. Er zijn op dit moment geen concrete aanwijzingen dat de VOCL's gedurende het storten van zuurteer illegaal zijn meegestort. Een mogelijkheid is dat de VOCL's afkomstig zijn van de nabij gelegen voormalige stortplaats. Om dit te bevestigen zou nader onderzoek nodig zijn. De concentraties leiden door uitdamping niet tot overschrijding kritische concentraties in buitenlucht.

4.2 **Geurhinder**

Om een indicatie te krijgen van de klachten over geurhinder is door het RIVM navraag gedaan bij de Provincie Overijssel en de GGD Regio Twente. Bij het 'Meldpunt Overijssel' waar alle milieuklachten binnenkomen, zijn er geen formele klachten rondom de teerputten bij Vasse bekend. Ook bij de afdeling handhaving van de provincie Overijssel zijn geen formele meldingen gedaan met betrekking tot de teerputten. Wel is terloops door enkele omwonenden

aangegeven dat de teerput op sommige dagen goed te ruiken is. Door de dorpsraad is tevens gemeld dat mensen en bedrijven in de omgeving zich zorgen maakten over de risico's voor hun gezondheid. Deze signalen hebben geleid tot een inloopavond eind september 2011.

Bij de GGD Regio Twente dateert de laatste formele melding rond de teerputten van de jaren tachtig. Verder zijn hier geen recente meldingen bekend.

Voor de relevante vluchtige stoffen zijn de volgende geurdrempels beschikbaar:

- Naftaleen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (GGD-richtlijn 2004);
- Minerale olie $6,2 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OSHA 2012);
- H_2S $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (GGD-richtlijn 2004);
- SO_2 800-8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Health Council of the Netherlands, 2003).

De geurdrempels kunnen niet worden vergeleken met luchtmetingen rond de teerputten in Vasse, wegens het ontbreken van dergelijke metingen.

Voor naftaleen ligt de humane grenswaarde (voor chronische blootstelling) van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ onder de geurdrempel van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (GGD 2004). Dit betekent dat als naftaleen wordt geroken, effecten niet volledig kunnen worden uitgesloten. Voor minerale olie ligt de humane grenswaarde voor de fractie alifatisch EC 5-6 (bij chronische blootstelling) van $18,4 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ boven de geurdrempel van $6,2 \times 10^3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit betekent dat als er een lichte olieachtige geur wordt geroken er nog geen nadelige effecten zijn. Voor de overige fracties ligt de humane grenswaarde onder de geurdrempel.

Voor SO_2 ligt de humane grenswaarde van $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (acute blootstelling⁴) onder de geurdrempel van 800-8000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Health Council of the Netherlands (2003). Dit betekent dat als SO_2 (nog) niet wordt geroken, er toch effecten kunnen optreden.

Thiolen (mercaptanen) worden ook aangetroffen in zuurteerputten. Dit zijn organische verbindingen met een zwavelatoom en omvatten een zeer grote groep aan stoffen. Thiolen zijn sterk geurend, waardoor ze ook in lage concentraties waargenomen kunnen worden. Voor thiolen zijn geen formele geurdrempels beschikbaar. Een indicatieve screening geeft aan dat de geurdrempels waarschijnlijk van dezelfde orde grootte zijn als de geurdrempel van H_2S . De geurdrempel van H_2S ligt ruim onder de acute gezondheidkundige grenswaarde ($98 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De aanwezigheid van met name zwavelachtige stank hoeft dus niet te duiden op gezondheidsrisico's voor passanten en omwonenden.

4.3 Risico's tijdens en na de sanering

4.3.1 *Risico's tijdens de sanering*

Op basis van de uitkomsten uit de indicatieve beoordeling voor vluchtige minerale oliefracties en naftaleen met het model DIVOCOS en de bijbehorende concentraties in het zuurteer, kan worden geconcludeerd dat, rekeninghoudend met de onzekerheden in de beoordeling met DIVOCOS, alleen voor de oliefractie alifatisch EC 8-10 het mogelijk wenselijk is om aanvullende luchtmetingen te verrichten op korte afstand (tot en met 10 m) van het saneringsgebied indien er gegraven wordt in de zuurteer.

Op een afstand van groter dan 10 m van de saneringslocatie is er geen aanleiding om in het vervolg van de saneringswerkzaamheden aanvullende luchtmetingen te verrichten. Dit scenario wordt gezien als een worstcase situatie.

⁴ De Europese daggemiddelde grenswaarde voor zwaveldioxide ligt op $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EU 2008). Deze is van toepassing voor chronische blootstelling

Op basis van de uitkomsten van de berekeningen voor het scenario met de realistische casus en de bijbehorende concentraties in bodem, kan worden geconcludeerd dat er geen aanleiding is om aanvullende luchtmetingen te verrichten. Op basis van de gemeten concentraties in bodem kan worden geconcludeerd dat er geen risico's worden verwacht voor omwonenden en passanten.

Zoals in paragraaf 4.4.1 is beschreven heeft de aannemer gedurende de saneringswerkzaamheden luchtmetingen gedaan naar totaal vluchtige koolwaterstoffen en SO₂. De aannemer geeft aan dat er gedurende de werkzaamheden geen alarm is geweest voor een overschrijding van de gehanteerde alarmeringsgrenzen respectievelijk 10 ppm SO₂ (circa 27x10³ µg/m³) en 5 ppm totaal koolstof (circa 31x10³ µg/m³). Hierin lijkt de sanering van de zuurteerput in Vasse te verschillen met situaties rond andere zuurteerputten in het buitenland, o.a. met Rieme in België waar hoge fluxen zwaveldioxide naar de lucht gemeten zijn van 1 tot 500 g/m²/uur (Pensaert, 2005 en zie ook hoofdstuk 2). Een belangrijke kanttekening hierbij is dat de gehanteerde onderste alarmeringsgrens van 10 ppm voor SO₂ aanzienlijk hoger ligt dan de genoemde arbeidstoxicologische grenswaarde van 700 µg/m³ SO₂ (0,3 ppm) zoals deze geadviseerd wordt door de Nederlandse Gezondheidsraad (Health Council of the Netherlands, 2003).

Als de gehanteerde alarmeringsgrens wordt vergeleken met de indicatieve vervluchtigingsberekeningen voor concentraties SO₂ in paragraaf 3.1.3, blijkt de gehanteerde alarmeringsgrens eveneens te hoog zijn.

Hierdoor is de toegevoegde waarde van de gehanteerde SO₂ meter voor de risicobeoordeling zeer beperkt en is het op dit moment onduidelijk of SO₂ een risico kan vormen voor passerende recreanten. Voor omwonenden worden geen risico's verwacht omdat de afstand tot de teerputten hiervoor te groot is.

Voor zwaveldioxide (SO₂) wordt aanbevolen om aanvullende luchtmetingen met de relevante detectiegrenzen te verrichten tijdens saneringswerkzaamheden en deze te vergelijken met geldende acute risicogrenzen.

Het zou dan moeten gaan om daggemiddelde metingen benedenwinds, direct aangrenzend van de (graaf)werkzaamheden. Hoe een dergelijke meting precies kan worden uitgevoerd en dan met name de technische invulling hiervan (apparatuur etc.) valt buiten dit project maar kan nader onderzocht worden.

4.3.2 *Risico's na de sanering*

Op basis van de analyse en risicobeoordeling (paragraaf 3.2) van de gewenste eindsituatie (een afgedekte teerput met de gebruiksfunctie natuur), worden er geen risico's door emissies verwacht voor omwonenden of recreanten. De relatief korte blootstellingsduur (maximaal enkele uren) van recreanten op de locatie en de geplande afdichting ter voorkoming van het vervluchten van gasen of verwaaiing van verontreinigde stofdeeltjes zorgen ervoor dat eventuele blootstelling tot een minimum wordt beperkt. Direct contact met de zuurteer of verontreinigde grond is niet meer mogelijk zolang de bovenafdichting intact is en/of het gebied door de manier van inrichten ontoegankelijk blijft.

4.4 **Stabiliteit van de eindsituatie**

Eerdere ervaringen in het buitenland laten zien dat het afdekken van een zuurteerput kan leiden tot een instabiele eindsituatie (Ridal 2005, SUBR:IM 2008). In Vasse bestaat de uiteindelijke isolatielaag uit een geogrid, non woven doek, gas drainagelaag en een afdichtende folie met daarop een laag bentoniet-

polymeren mengsel. Bentoniet wordt op dit moment gezien als het meest geschikte afdek materiaal om een teerput (tijdelijk) af te dichten (SUBR:IM 2008), al concludeert Ridal (2005) dat bentoniet vooral geschikt is voor de zijafdichting van de teerputten.

Hoe de situatie in Vasse zich in de jaren na de sanering zal ontwikkelen, is lastig te voorzien. Daarom is het van belang, gezien de eerdere ervaringen in het buitenland, om na de sanering specifiek aandacht te besteden aan de mogelijk optredende instabiliteit van de afgedekte teerput in de vorm van een uitgewerkt nazorgplan.

5 Conclusies en aanbevelingen

Naar aanleiding van het uitgevoerde onderzoek kunnen de vragen van de provincie Overijssel als volgt worden beantwoord:

Zijn er op basis van de beschikbare en eventueel nog te verzamelen gegevens in de huidige situatie risico's voor de volksgezondheid aanwezig als gevolg van de bodemverontreiniging bij de Teerput Vasse?

Door het RIVM is specifiek gekeken naar de risico's van het vervluchtigen van gassen of het verwaaien van verontreinigde (bodem)deeltjes tijdens en na de sanering voor passerende recreanten en omwonenden. Er is niet gekeken naar de risico's voor medewerkers belast met de uitvoering van de saneringswerkzaamheden.

Voor de werkzaamheden tijdens de sanering is uitgegaan van een scenario waarbij de afgraving in de eerste fase van de sanering is beoordeeld. In werkelijkheid is deze fase reeds uitgevoerd. Hierbij is gekeken naar zowel een realistische casus gebaseerd op gemeten concentraties in bodem als naar een worstcase situatie gebaseerd op gemeten concentraties in zuurteer.

Geconcludeerd kan worden dat tijdens de saneringswerkzaamheden er geen reden is tot het uitvoeren van aanvullende luchtmetingen voor PAK en minerale olie fracties indien wordt uitgegaan van de realistische casus.

Geconcludeerd kan worden dat tijdens de saneringswerkzaamheden en op korte afstand van de locatie (<10m) het mogelijk wenselijk kan zijn aanvullende luchtmetingen te doen naar de minerale oliefractie alifatisch EC 8-10, indien er gegraven wordt in de zuurteer.

Bij afstanden groter dan 10 meter worden ook bij werkzaamheden met zuurteer geen humane risico's verwacht door vervluchtiging van gassen of verwaaien van verontreinigde (bodem)deeltjes.

Om de risico's na afronding van de sanering te beoordelen is er een beoordeling uitgevoerd met het humane risicomodel CSOIL. Hierbij is aangenomen dat er geen bovenafdichting aanwezig is (worstcase).

Op basis van de risicobeoordeling met CSOIL worden er na afronding van de saneringswerkzaamheden geen risico's verwacht voor omwonenden en/of passanten door het vervluchtigen van stoffen of verwaaiing van verontreinigde (bodem)deeltjes. Zolang de bovenafdichting intact is en/of het gebied door de manier van inrichten ontoegankelijk blijft zal er ook geen direct contact met de verontreiniging mogelijk zijn.

Voor zwaveldioxide (SO₂) wordt aanbevolen om aanvullende luchtmetingen met de relevante detectiegrenzen te verrichten tijdens saneringswerkzaamheden en deze te vergelijken met geldende acute risicogrenzen.

Op dit moment liggen de veedrenkputten buiten het beïnvloedingsgebied van de zuurteerput en er zijn derhalve geen risico's te verwachten bij het gebruik van de veedrenkputten. De veedrenkputten liggen tussen ca. 700 m – 1 km ten westen van de teerput.

Zijn er bij de bepaling van de risico's voor de volksgezondheid onzekerheden in de uitkomsten en kunt u die onderbouwen?

Bij het uitvoeren van de risicobeoordeling is gewerkt met de modellen DIVOCOS en CSOIL 2000. Ieder model is een vereenvoudiging van de werkelijkheid op basis van invoergegevens van locatie. Men moet er tevens rekening mee houden dat het model DIVOCOS slechts een *indicatieve* uitkomst kan geven indien er op de locatie sprake is van puur product. Indien er sprake is van puur product dient er een relatief grote marge van onzekerheid te worden gehanteerd. Desalniettemin is het RIVM van mening dat deze modellen bruikbaar zijn als eerste screening voor de situatie rond Vasse.

Daarnaast is bij het uitvoeren van de risicobeoordeling op een aantal punten een worstcase aanname gehanteerd. Zo is bij de modelberekening met DIVOCOS uitgegaan van de werkzaamheden gedurende de eerste fase van de sanering omdat dit de meest intensieve fase betreft. Deze fase is in werkelijkheid reeds afgerond en er is reeds begonnen met het aanbrengen van een steunlaag op de teerputten. Daarnaast wordt in de beoordeling uitgegaan van de hoogste gemeten concentraties van stoffen in de bodem. Deze concentratie zal niet over de gehele locatie constant zijn. Tot slot is als worstcase scenario een berekening uitgevoerd met concentraties in pure zuurteer.

In de beoordeling met CSOIL is gerekend voor een eindsituatie waarbij geen bovenafdicthting aanwezig is. In werkelijkheid is er wel sprake van een bovenafdicthting in de eindsituatie.

Zijn er door chemische veranderingen in het gestorte zuurteer en eventuele verplaatsing van verontreinigingen (uitdampen naar lucht/uitzakken naar het grondwater) in de toekomst risico's te verwachten (waarop moet worden gemonitord)?

Met betrekking tot het onderzoek van grondwater concludeert KWR dat, "In de huidige situatie en toekomstige gesaneerde situatie er geen specifieke maatregelen voorzien om te voorkomen dat verontreinigingen zich kunnen verspreiden naar en in het grondwater. De sanering van de bovenlaag (afdicthtende laag) zal uitloging van verontreinigende stoffen naar het grondwater vermoedelijk verder beperken, maar het risico op toekomstige grondwaterverontreiniging wordt hiermee niet weggenomen. Daar het chemisch-fysische gedrag van zuurteer zich moeilijk (niet) laat voorspellen is het belangrijk om m.b.t. de mogelijke verspreiding van verontreinigingen goed te blijven monitoren en in de toekomst de "vinger aan de pols" te houden". (Paalman et al. 2012).

Hoe de situatie in Vasse zich in de jaren na de sanering zal ontwikkelen, is lastig te voorzien. Daarom heeft het RIVM voor de eindsituatie in Vasse gekeken naar aanvullende informatie uit de literatuur waar de sanering reeds is afgerond. In de gescreende literatuur wordt geconstateerd dat de stabiliteit van een bovenafdicthting op termijn mogelijk onvoldoende stabiel kan zijn om nieuwe teereruptions te voorkomen (Ridal 2005 en SUBR:IM2008). Direct contact met het zuurteer, verluchting van vluchtige stoffen uit het zuurteer en verwaaiing van verontreinigde (bodem)deeltjes kan hierdoor weer optreden. De bovenafdicthting in Vasse behoeft om deze reden in de toekomst nazorg. Hierbij moet regelmatig gemonitord worden of de aangebrachte bovenafdicthting nog intact is. Om dit te bewerkstelligen moet een degelijk nazorgplan worden opgesteld.

Literatuur

- Anoniem (2011). Literatuurstudie naar en interpretatie van de chemische, fysische en biologische processen in de zuurteerput in Vasse. Envita, Almelo, Nederland. Docnr. PKUA/0-29159C.
- Scholten B., (2011). Rapportage 1 monitoringsronde grondwater. Plegt-Vos/ Fuhler, Deventer, Nederland. Kenmerk BRSA/N-29159A/20301-10.
- Brand E., Otte P.F., Lijzen J.P.A., (2007). CSOIL 2000: an exposure model for human risk assessment of soil contaminations. A model description. RIVM, Bilthoven, Nederland. RIVM rapnr. 711701054.
- De Vries P.O., (2007). Kwaliteiteisen Afdeklaag ter plaatse van de Zuurteerputten te Vasse. (Concept). TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0648.
- Družina B. & Perc A., (2010). Remediation of Acid Tar Lagoon. Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy. 15(1): 195-209.
- EU (2008). Richtlijn 2008/50/EC van het Europees parlement en de raad van 21 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. Publicatieblad van de Europese Unie L152.
- GGD, (2004). GGD-richtlijn Gezondheidsrisico's voor omgeving bij bodemsanering.
[http://www.rivm.nl/milieuportaai/images/Gezondheidsrisico%27s%20voor%20omgeving%20bij%20bodemsanering%20\(2004\).pdf](http://www.rivm.nl/milieuportaai/images/Gezondheidsrisico%27s%20voor%20omgeving%20bij%20bodemsanering%20(2004).pdf) (retrieved 17-02-2012).
- Grüss D., (2005). Säureharzaltlasten Innovative Technologien zur Sanierung und energetischen Verwertung. TerraTech 3-4 (15-18).
- Health Council of the Netherlands (2003). Dutch Expert Committee on Occupational Standards. Sulphur dioxide; Health based recommended occupational exposure limit: Health Council of the Netherlands publication no. 2003/08OSH. ISBN 90-5549-507-7
- Hekman M.H., (2011). Uitvoeringsontwerp Bodemsanering teerputten Vasse. Plegt-Vos / Fuhler, Deventer, Nederland. Kenmerk WB2008-2.
- Kanen K., Van der Sterren G., Visscher D., De Vries P., (2006). Aanvullend onderzoek teerputten Vasse. TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0503.
- Mennen M.G., Freijer J.I., Delmaar J.E., Janssen P.J.C.M., (2004). Protocol risico's blootstelling bij bodemsanering. Versie 2. RIVM, Bilthoven, Nederland.
- Mennen M.G. en Broekman M.H., (2005). Validatie van het model DIVOCOS. RIVM, Bilthoven, Nederland. RIVM rapnr. 609021031.

- Nancarrow D.J., Slade N.J., Steeds J.E., (2001). Land Contamination: Technical Guidance on Special Sites: Acid Tar Lagoons. R&D Technical Report P5-042/TR/04. Environment Agency. Bristol, Verenigd Koninkrijk.
- Nichol D., (2000). Geo-engineering problems at Hoole Bank acid tar lagoon, Cheshire, UK. Land Contamination & Reclamation. 8(3): 167-173.
- OCHA (2012). Occupational Safety and Health Guideline for Oil Mist. Occupational Safety and Health Administration. USA.
<http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/oilmist/recognition.html> (retrieved 27-02-2012).
- Paalman M., Zaadnoordijk W.J., Puijker L., (2012). Contra expertise bodemsanering teerputten Vasse. KWR, Nieuwegein, Nederland.
- Pensaert S., (2005). The remediation of the acid tar lagoons, Rieme Belgium. International conference on stabilisation/solidification treatment and remediation, Advances in S/S for Waste and Contaminated Land, 12-13 April 2005, Cambridge University, Verenigd Koninkrijk.
- Pensaert S., De Puydt S., (2010). Remediation of the acid tar lagoons in the port of Ghent. <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=14226> (Retrieved on 29-02-2012)
- Provincie Overijssel (1980). Sanering Teerput Vasse. Gemeente Tubbergen 1974-1977.
- Ridal, J. 2005. Literature review of the durability of construction materials for containing acid tars and low pH ground waters, Client report No. 15993-2, 1 February 2005, BRE Scotland.
- Sub:im bulletin (2008). Acid Tar Lagoons. CL:AIRE, Verenigd Koninkrijk.
http://www.claire.co.uk/index.php?option=com_phocadownload&view=full&id=34:Other-CLAIRE-Documents&Itemid=50 (Retrieved 13-02-2012).
- Talbot, S. Lawson, N. and Smith, C. 2007. 'The Creature Lurks Within?' Restoring Acid Tar Lagoons. In Dixon, T., Raco, M., Catney, P., and Lerner, D. N., (eds.), Sustainable Brownfield Regeneration, Blackwell Publishing, Oxford, Verenigd Koninkrijk 237-262.
- Terra et Aqua, (2009). IADC Safety Award: Remediation of the Acid Tar Lagoons at Rieme. Terra et Aqua, Nr 116. IADC Board, Nederland.
http://www.terra-et-aqua.com/dmdocuments/terra116_4.pdf (retrieved 13-02-2012).
- TTE, (2010). Memo Gasonderzoek teerput te Vasse. TTE consultants, Deventer, Nederland. Projectnummer C09067.
- Van de Velde A.H., Weytingh K.R., Everts A., Visscher D., (2005). Saneringsvisie (definitief). TTE Consultants, Deventer, Nederland. Projectnr. C0307
- Van der Sterren G., (2011). Reactie op onderzoek en brief (1 maart 2011) aannemerscombinatie. TTE Consultants, Deventer, Nederland. Kenmerk C09067.

Voorma M. (2005). Project Tubbergen-Tumuliweg te Vasse teerput. Grontmij, Zwolle, Nederland. Docnr. 11/99013947.

Bijlage 1: Modelling DIVOCOS uitvoering en resultaten

Uitvoering

Selectie van stoffen voor beoordeling met DIVOCOS

Bij de saneringswerkzaamheden is de grond d.m.v. een graafmachine afgegraven en doormiddel van rupsvoertuigen naar het depot gebracht. In het depot wordt de grond opgeslagen tot nadere verwerking of terugplaatsing. De opslag kan enkele dagen zo niet maanden duren. De locatie rond de werkzaamheden is door middel van hekken afgesloten voor recreanten. Hierdoor is direct contact met de verontreinigde grond gedurende de werkzaamheden voor recreanten niet mogelijk.

Doordat deze verwerkingsmethode wordt gehanteerd kunnen recreanten alleen worden blootgesteld aan de verontreinigingen door middel van de inhalatie van vluchtige bestanddelen of dampen.

Eén van de voorwaarden voor blootstelling van omwonenden is dat een stof vluchtig is. Op basis van deze voorwaarde kan een selectie worden gemaakt van de relevante stoffen voor de beoordeling met DIVOCOS. De volgende stoffen worden als (potentieel) vluchtig ingeschat of zijn gasvormig:

- Naftaleen, anthraceen, fenantheen, fluorantheen;
- Minerale olie (met name de lichtere fracties);
- Waterstofsulfide (H_2S);
- Zwaveldioxide (SO_2).

Hieronder wordt per stof een korte toelichting gegeven.

Naftaleen, anthraceen, fenantheen, fluorantheen

Van de PAK 10 zijn de stoffen naftaleen, anthraceen, fenantheen en fluorantheen als vluchtig te classificeren. Naftaleen is van deze stoffen het meest vluchtig. Daarom is naftaleen geselecteerd als indicator voor eventuele risico's van PAK. Anthraceen, fenantheen en fluorantheen zullen dan ook niet wordt beoordeeld. Aangenomen wordt dat als naftaleen geen verhoogd risico geeft deze ook niet te verwachten zijn voor de overige PAKs

Minerale olie

Koolwaterstoffracties kunnen worden onderverdeeld in aromatische fracties en alifatische fracties. Hierbij zijn de alifatische verbindingen ketenvormig terwijl de aromatische verbindingen een ringstructuur bevatten. Over het algemeen zijn de alifatische fracties vluchtiger dan de aromatische fracties. Tevens geldt hoe groter de structuren in de fractie hoe minder vluchtig. Omdat in de eerdere analyseresultaten van Vasse geen verschil is gemaakt in aromatische dan wel alifatische fracties zullen de concentraties worden doorgerekend voor beide soorten.

Waterstofsulfide (H_2S) en zwaveldioxide (SO_2)

Voor de stoffen Waterstofsulfide (H_2S) en zwaveldioxide (SO_2) zijn geen meetgegevens beschikbaar in bodem of (bodem)lucht. Daarom kunnen deze stoffen niet worden doorgerekend met het model DIVOCOS. In paragraaf 3.1.3 is wel een indicatieve vervluchtigingsberekening gedaan voor zwaveldioxide, uitgaande van emissies zoals vermeld in de literatuur.

Worst case benadering

Gedurende een sanering is de eerste initiële afgraving het meest risicovol omdat hier, over het algemeen, de grootste activiteit plaatsvindt en er nog geen beschermende voorzieningen zijn aangebracht (zoals folies). Bij de situatie rond Vasse heeft deze initiële afgraving reeds plaatsgevonden. Om een inschatting te maken of er in de toekomst nog risico's kunnen worden verwacht gedurende de

afronding van de sanering is met het model DIVOCOS een berekening uitgevoerd uitgaande van de situatie gedurende de eerste afgraving in Vasse. Hiervoor is om twee redenen gekozen:

- Dit scenario wordt als een worstcase benadering gezien.
- Het is nog niet geheel duidelijk hoe de verdere sanering zich in de toekomst zal ontwikkelen en welke werkzaamheden hierbij nog plaatsvinden. E.e.a. heeft te maken met de recent optredende teereruptions na afronding van de eerste afgraving.

Er is gerekend met de hoogste gemeten bodemconcentratie voor minerale olie fracties en PAK zoals omschreven in de rapportage van De Vries (2007). De hoogst gemeten concentratie voor minerale olie (C10-C40) bedraagt 14.000 mg/kg op een diepte van 1-1,2 m-mv. Volgens het uitvoeringsontwerp van de sanering (Hekman 2011), zal in eerste instantie tot een diepte van 0,8 m - worden ontgraven, maar zal de situatie ter plekke continue worden beoordeeld. Indien afwijkingen worden geconstateerd, zal de ter plaatse te hanteren ontgravingsdiepte worden aangepast. Voor het in deze beoordeling gehanteerde kerngebied van 1400 m² (uit Hekman 2011) bedraagt dit maximaal 1m-mv. De door De Vries (2007) gerapporteerde concentratie voor minerale olie is niet weergegeven in individuele oliefracties maar is alleen gerapporteerd als somconcentratie (C10-C40). Wel is door De Vries tegelijkertijd een zuurteer karakterisatie gemaakt. Deze karakterisatie zal op de geselecteerde concentratie van 14.000 mg/kg worden toegepast. Hierbij is steeds voor het hoogste percentage van de betreffende fractie gekozen. Aanvullend zal als worst case benadering tevens een beoordeling worden gedaan voor concentraties gemeten in zuurteer. De fracties alifatisch EC 16-21 en >EC21 en de fracties aromatisch EC 21-35 en >EC 35 kunnen niet met het DIVOCOS model worden berekend omdat deze stoffen niet zijn opgenomen in het model. Het betreft hier echter dermate grote moleculen dat deze niet tot nauwelijks vervluchtigen en daardoor niet tot een verhoogd risico zullen leiden.

Voor naftaleen geldt eveneens dat er alleen sprake is van een somconcentratie voor PAK10. Er zijn dus geen concentraties voor de individuele PAK. Daarom wordt voor deze berekening aangenomen dat de hoogst gemeten concentratie voor naftaleen gelijk is aan 6,3 mg/kg op een diepte van 0,0-0,5 m-mv (zie ook tabel B1.1). In het de rapportage van De Vries (2007) zijn in bijlage 1 de desbetreffende concentraties voor minerale olie en PAK-10 opgenomen. Tabel B1.1 geeft de geselecteerde concentraties weer.

Tabel B1.1 De volgende scenario's zijn doorgerekend. De concentraties in bodem worden hier beschouwd als realistische case. De concentraties in zuurteer als worstcase.

| Stof | Concentratie bodem (mg/kg) | Concentratie zuurteer (mg/kg) | Organische Stof (%) |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Alifatisch EC 5-6 | - | - | 8 |
| Alifatisch EC 6-8 | - | - | 8 |
| Alifatisch EC8-10 | 84* | 641*** | 8 |
| Alifatisch EC 10-12 | 140* | 653*** | 8 |
| Alifatisch EC12-16 | 140* | 302*** | 8 |
| Alifatisch EC 16-21 | - | - | 8 |
| Aromatisch EC 5-7 | - | - | 8 |
| Aromatisch EC 7-8 | - | - | 8 |
| Aromatisch EC 8-10 | - | - | 8 |
| Aromatisch EC 10-12 | 14* | 32*** | 8 |
| Aromatisch EC 12-16 | 28* | 46*** | 8 |
| Aromatisch EC 16-21 | 1540* | 3589*** | 8 |
| Naftaleen | 6,30** | - | 1 |

- Geen gegevens

* Gebaseerd op een gerapporteerde concentratie voor som minerale olie (C10-C40) van 14.000 waarop de zuurkarakterisatie is toegepast

** Gebaseerd op en gerapporteerde concentratie voor som PAK 10

*** De Vries 2007.

Invoer parameters DIVOCOS

De volgende invoerparameters zijn gebruikt voor een beoordeling met DIVOCOS:

- Soort omgeving: open gebied
- Bodemtype: zand
- Organisch stofgehalte: zoals aangegeven op analyseresultaten
- Porositeit bodem: Standaard invoer DIVOCOS (0,350 m³/m³ grond)
- Dry bulk density: Standaard invoer DIVOCOS 1550 kg/m³ grond)
- Temperatuur grond: 10°C
- Watergehalte: 20%
- Soort afgraving: per laag
- Totaal afgegraven oppervlakte kerngebied (zoals opschreven in Hekman 2011): 1400 m²
- Diepte afgraving kerngebied: 1 m
- Dagelijks hoeveelheid afgegraven grond: 160 m³. Dit is gelijk aan 8 vrachtwagens van 20 m³.
- Maximale opslag per vrachtwagen: 20m³
- Inhoud lepel graafmachine: 0,7 m³
- Duur overdracht grond vanuit bodem naar vrachtwagen: 3 min
- Duur tijdelijke opslag: 24 uur. Dit is de maximale duur van opslag in het model DIVOCOS.⁵
- Verder is per locatie en per stof de hoogste gemeten concentratie in bodem gehanteerd (worstcase scenario).

⁵ Door de maximale opslagduur te verkorten wordt een mogelijke onderschatting van de risico's gegeven. Gezien het indicatieve karakter van de DIVOCOS berekeningen wordt deze onderschatting acceptabel gevonden. Immers mochten de resultaten aanleiding geven tot het uitvoeren van aanvullende metingen, dan wordt deze conclusie op dit punt versterkt.

Er is beoordeeld op een afstand <30m en >150m rond om de teerput. De afstand <30m is representatief voor recreanten die rond de teerputten wandelen. De afstand >150m is representatief voor de eerste bebouwing en omwonenden.

Toetsingskader

Om te beoordelen of er sprake is van een mogelijk risico, wordt gebruik gemaakt van het protocol "Risico's blootstelling bij bodemsanering. Versie 2" (Mennen et al. 2004). Dit protocol biedt een handreiking om de blootstelling en de risico's middels een snelle en simpele aanpak zo goed mogelijk te schatten, zowel voorafgaand als tijdens de sanering. Een beoordeling met het model DIVICOS maakt hier onderdeel van uit. In het protocol staat onder andere beschreven hoe de uitkomsten, welke zijn verkregen met de het model DIVOCOS, moeten worden geïnterpreteerd.

Zo berekent DIVOCOS op basis van de invoerparameters de concentraties van de geselecteerde stoffen in lucht op diverse afstanden van de saneringslocatie. Deze afstanden variëren van 10m tot 500m. Voor het vaststellen van de risico-index dient de berekende concentratie in lucht te worden gedeeld door de gehanteerde norm (concentraties in lucht/norm). Voor Vasse wordt uitgegaan van de chronische TCL (Toelaatbare Concentratie in Lucht) omdat er o.a. uitspraak moet worden gedaan over de risico's voor omwonenden die voor langere tijd kunnen worden blootgesteld. In eerste instantie is er ook behoefte aan een conservatieve inschatting. Een chronische norm is strenger dan een acute norm. Indien bij deze conservatieve inschatting geen risico's worden verwacht, zal dit bij een minder conservatief scenario ook het geval zijn. Daarnaast wordt er mogelijk voor een langere tijd gegraven waardoor een langere blootstellingsduur relevant wordt. Deze benadering levert voor passanten mogelijk een overschatting van de risico's. Piekconcentraties kunnen ook met meer acute grenswaarden voor lucht worden getoetst. Voor de hier gehanteerde stoffen is echter geen acute waarde beschikbaar.

Met betrekking tot de risico-index meldt het gebruiksprotocol het volgende:

- Geen aanvullende luchtmetingen bij een risico-index tot 0,2: In deze situatie is er hoogst waarschijnlijk geen sprake van enig risico. Het is dan niet nodig om tijdens de sanering metingen te verrichten van de concentraties van de betreffende stof in de lucht rondom het saneringsterrein.

- Aanvullende luchtmetingen zijn wenselijk bij een risico-index tussen 0,2 en 1: Er zou sprake kunnen zijn van een risico, maar gelet op de onzekerheden in de modelberekeningen is dit risico moeilijk in te schatten. Een beperkt meetprogramma is gewenst.

- Aanvullende luchtmetingen zijn noodzakelijk bij een risico-index groter dan 1: In deze situatie is de kans groot dat er een risico is, ook al is het risico moeilijk in te schatten gezien de onzekerheden in de modelberekeningen. Een compleet meetprogramma, bestaande uit het beperkte plus het uitgebreide meetprogramma is noodzakelijk.

Resultaten

Tabel B1.2: DIVOCOS berekeningen op basis van gemeten concentraties in bodemonsters in het kerngebied (1400m²).

| Afstand tot werkzaamheden (m) | Stof | | Conc in lucht (µg/m ³) | TCA (µg/m ³) | Ratio (Conc. lucht/TCA) | Risicoboordeeling: Aanvullende metingen gedurende sanering? |
|-------------------------------|-----------|------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
| 10 | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 250,17 | 1000 | 0,25 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 36,01 | 1000 | 0,04 | Geen |
| | | Aromatisch | 2,78 | 200 | 0,01 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 3,63 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 1,60 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 1,20 | -*** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| 20 | Naftaleen | | 0,19 | 25 | 0,0001 | Geen |
| | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 64,15 | 1000 | 0,06 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 9,23 | 1000 | 0,01 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,71 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,93 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,41 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 0,31 | -*** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| 30 | Naftaleen | | 0,05 | 25 | 0,002 | Geen |
| | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 32,44 | 1000 | 0,03 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 4,67 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,36 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,47 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,21 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 0,16 | -*** | - | - |

| | | | | | | |
|-----|-----------|------------|------|-------|------|------|
| 150 | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| | Naftaleen | | 0,02 | 25 | 0,00 | Geen |
| | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 1,98 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 0,29 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,02 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,03 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,01 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 0,01 | -*** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| | Naftaleen | | 0,00 | 10 | 0,00 | Geen |

* Geen concentratie in bodem beschikbaar

** De fractie komt niet voor in het model DIVOCOS

*** Geen TCA beschikbaar

Tabel B1.3: DIVOCOS berekeningen op basis van gemeten concentraties in zuurteermonsters (De Vries 2007) in het kerngebied (1400m²).

| Afstand tot werkzaamheden (m) | Stof | | Conc in lucht (µg/m ³) | TCA (µg/m ³) | Ratio (Conc. lucht/TCA) | Risicobeoordeling: Aanvullende metingen gedurende sanering? |
|-------------------------------|----------|------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
| 10 | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 393,23 | 1000 | 0,39 | Wenselijk |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 36,01 | 1000 | 0,04 | Geen |
| | | Aromatisch | 6,36 | 200 | 0,03 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 3,63 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 2,63 | 200 | 0,01 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 1,20 | -*** | - | Geen |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| 20 | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 100,83 | 1000 | 0,10 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 9,23 | 1000 | 0,01 | Geen |
| | | Aromatisch | 1,63 | 200 | 0,01 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,93 | 1000 | 0,00 | Geen |

| | | | | | | |
|-----|----------|------------|-------|-------|------|------|
| | | Aromatisch | 0,67 | 200 | 0,00 | Geen |
| | | Alifatisch | -** | -** | - | Geen |
| | | Aromatisch | 0,31 | -*** | - | - |
| 30 | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 50,98 | 1000 | 0,05 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 4,67 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,82 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,47 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,34 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 0,16 | -*** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |
| 150 | EC 5-6 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 6-8 | Alifatisch | -* | 18400 | - | - |
| | | Aromatisch | -* | 400 | - | - |
| | EC 8-10 | Alifatisch | 3,12 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | -* | 200 | - | - |
| | EC 10-12 | Alifatisch | 0,29 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,05 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 12-16 | Alifatisch | 0,03 | 1000 | 0,00 | Geen |
| | | Aromatisch | 0,02 | 200 | 0,00 | Geen |
| | EC 16-21 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | 0,01 | -*** | - | - |
| | EC 21-35 | Alifatisch | -** | -** | - | - |
| | | Aromatisch | -** | -** | - | - |

* Geen concentratie inzuurteer beschikbaar

** De fractie komt niet voor in het model DIVOCOS

*** Geen TCA beschikbaar

Bijlage 2: Modelling CSOIL invoerparameters

Met behulp van CSOIL is de eindsituatie van de sanering van de zuurteerputten gesimuleerd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat de sanering is afgerond en dat de gebruiksfunctie natuur is gerealiseerd. CSOIL heeft geen rekenscenario waarin een verontreiniging is afgedekt. Daarom wordt de beoordeling uitgevoerd een situatie zonder afdekking. Indien onder deze situaties geen risico bestaan, kan ervan uit worden gegaan dat deze ook bij afdekking niet aanwezig zullen zijn. Verder is alleen gekeken naar de blootstellingroutes inhalatie van verontreinigde (bodem)deeltjes en vervluchtiging van gassen bij levenslange blootstelling.

Uitvoering

Bij het selecteren van de invoerparameters is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van locatiespecifieke informatie.

Model invoerparameters humane beoordeling

Uitgangspunten humane beoordeling

- Scenario natuur
- Blootstelling via:
 - o Inhalatie grond
 - o Inhalatie buitenlucht
- Bodemscenario 1 (realistisch)
 - o 8% organische stof
 - o 28.4 % lutum
- Bodemscenario 2 (worstcase)
 - o 1⁶ % organische stof
 - o 1⁵ % lutum
- Levenslange blootstelling
- Concentratie gebaseerd op:
 - o Concentratie in bodem:
 - Alifatisch C8-C10: 84 mg/kg
 - Alifatisch C10-C12: 140 mg/kg
 - Alifatisch C12-C16: 140 mg/kg
 - Aromatisch EC 10-12: 14 mg/kg
 - Aromatisch EC 12-16: 28 mg/kg
 - Aromatisch EC 16-21: 1540 mg/kg
 - Naftaleen: 6,3 mg/kg
 - o Concentratie in zuurteer⁷:
 - Alifatisch C8-C10: 641 mg/kg
 - Alifatisch C10-C12: 653 mg/kg
 - Alifatisch C12-C16: 302 mg/kg
 - Aromatisch EC 10-12: 32 mg/kg
 - Aromatisch EC 12-16: 46 mg/kg
 - Aromatisch EC 16-21: 10.000⁸ mg/kg

⁶ CSOIL hanteert een minimaal percentage lutum en organische stof van 1%. Bij voorkeur was hier gerekend met een lutum percentage van 0,5 en een organisch stof gehalte van 0,3.

⁷ In tegenstelling tot de gerapporteerde concentraties in bodem, wordt er voor de concentraties in zuurteer wel een specificatie gegeven voor individuele oliefracties.

⁸ Maximale invoer CSOIL

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl