

**CO2-calculator voor
bodemsaneringsprojecten –
Aanbevelingen voor
opname in de MCA**

**SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER**



CO2-calculator voor bodemsaneringsprojecten

-

Aanbevelingen voor opname in de MCA



Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*
CO₂-calculator voor bodemsaneringsprojecten - Aanbevelingen voor opname in de MCA

2. *Verantwoordelijke Uitgever*
Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen
3. *Wettelijk Depot nummer*
D/2011/5024/71

4. *Aantal bladzijden*
55
5. *Aantal tabellen en figuren*
19 tabellen

6. *Prijs**
n.v.t.
7. *Datum Publicatie*
oktober 2011

8. *Trefwoorden*
bodemsanering, levenscyclusanalyse, CO₂-emissie, duurzaamheid, BATNEEC-afweging

9. *Samenvatting*
De bruikbaarheid van de CO₂-calculator voor bodemsaneringsprojecten werd nader geëvalueerd, enerzijds door de vergelijking van de gehanteerde waarden met waarden uit LCA-software gebruikt in Vlaanderen, anderzijds door toepassing van de calculator op twee bodemsaneringsprojecten en vergelijking met de huidige BATNEEC-evaluatie. Er werden voorstellen geformuleerd voor aanpassing van de multicriteria-analyse (MCA) voor BATNEEC-evaluatie van bodemsaneringsprojecten.

10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*
Touchant K., Lookman R., Vercalsteren A., Boonen K. (VITO, auteurs), Van Gestel G., Bruneel N., De Mulder S., Marynissen Ph. (OVAM)

11. *Contactperso(o)n(en)*
Griet Van Gestel, Nick Bruneel, Sven De Mulder

12. *Andere titels over dit onderwerp*
LCA toepassingen in bodemsaneringsprojecten – Literatuurstudie
CO₂-calculator voor bodemsaneringsprojecten – Fase 1: Voorstel aanpak Vlaanderen

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

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

Samenvatting

In de gewogen multicriteria analyse (MCA) van de huidige standaardprocedure voor bodemsaneringsprojecten (OVAM, juni 2009) worden 3 aspecten bekeken, namelijk milieuhygiënische, technische en financiële aspecten. In de huidige MCA staat het beperken van de restverontreiniging en de lokale risico's centraal en gaat er weinig aandacht naar de globale/regionale (secundaire) milieueffecten ten gevolge van de sanering en het verbruik van grondstoffen.

Op basis van 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd duidelijk dat zowel de levenscyclusanalyse als het berekenen van de CO₂-voetafdruk gebruikt kan worden om secundaire milieueffecten van saneringsvarianten onderling te vergelijken (*prospectieve analyse*). Op basis van een voltooid BSP kan ook een *retrospectieve analyse* uitgevoerd worden om het inzicht in de secundaire milieueffecten of CO₂-uitstoot van een saneringstechnologie te vergroten, de belangrijkste bijdragers (onderdelen) te identificeren en om optimalisaties van bestaande saneringstechnologieën en/of -varianten uit te werken. Daar het toepassen van een LCA zeer complex en tijdsintensief is, is het niet haalbaar om dit in een standaard bodemsaneringsproject toe te passen. De CO₂-voetafdruk, die beschouwd wordt als een vereenvoudigde LCA gericht op 1 milieuparameter in de effectcategorie klimaatverandering, is mogelijk wel toepasbaar in een standaard bodemsaneringsproject.

Het doel van deze studie is dus om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-calculator in bodemsaneringsprojecten nader te evalueren en voorstellen te formuleren voor aanpassing van de huidige MCA. Er zal hierbij ook rekening gehouden worden met de verworven inzichten uit de vroegere studies rond het toepassen van LCA in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de "CO₂-voetafdruk" van een bodemsanering. In 2 gevalstudies (BSP's) werd een CO₂-calculator toegepast en werden de gehanteerde waarden en referenties van deze CO₂-calculator geëvalueerd.

Deze evaluatie bevestigt dat de huidige MCA-procedure in hoofdzaak gericht is op lokale milieuhygiënische aspecten (i.e. lokale milieueffecten), met uitzondering van het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering'. Dit aspect valt onder 'globale/regionale milieueffecten', daar de meeste grondstoffen zoals energie, chemicaliën, verbruiksgoederen (actieve kool) en andere materialen 'off site' geproduceerd worden. Bijgevolg wordt voorgesteld om binnen de huidige MCA de milieuhygiënische aspecten op te splitsen in lokale milieuhygiënische aspecten en globale/regionale milieuhygiënische aspecten. Het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' zou dan onder de globale/regionale milieuhygiënische aspecten vallen.

Momenteel wordt het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' op een eerder subjectieve wijze beoordeeld door de eBSD. Om de CO₂ die vrijkomt bij de uitvoering van de bodemsaneringswerken te berekenen (o.a. door de verbranding van fossiele brandstoffen en elektriciteitsverbruik van pompen, zuiveringsinstallaties, e.d. en materiaalverbruik voor leidingen, injectie e.d.), dienen in de CO₂-calculator per saneringstechniek en/of -onderdeel een aantal invoerparameters ingebracht te worden met betrekking tot o.a. verbruik van energie, verbruikte materialen, enz. De CO₂-calculator resulteert met andere woorden in een objectievere beoordeling van de secundaire milieueffecten als gevolg van het verbruik van grondstoffen tijdens de sanering.

Een ander aspect dat momenteel niet vervat zit in de MCA is de productie van niet-herbruikbaar afval. Onder niet-herbruikbaar afval wordt afval verstaan dat niet verder reinigbaar is en/of niet hergebruikt kan worden en bijgevolg gestort of verbrand moet worden. Ook dit aspect valt onder

de globale/regionale milieuhygiënische aspecten, daar het te storten materiaal afgevoerd dient te worden naar een stortplaats.

In een vervolgstudie dient op basis van een voldoende aantal BSP's nagegaan te worden op welke wijze de huidige aspecten en wegingsfactoren van de MCA-procedure aangepast kunnen worden aan de in deze fase voorgestelde aanpassingen, namelijk:

- opdeling van de milieuhygiënische aspecten in lokale en globale/regionale aspecten;
- het inzetten van een CO₂-calculator voor het begroten en beoordelen van secundaire milieueffecten ten gevolge van het verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering en de bijhorende wegingsfactoren;
- het toevoegen van het aspect 'productie van niet-herbruikbaar afval' en een passende wegingsfactor.

Op basis van de evaluatie van een voldoende groot aantal BSP's kan in de volgende fase ook nagegaan worden of er een optimum kan gedefinieerd worden tussen lokale milieuwinst (vuilvrachtverwijdering) en globale milieukosten (secundaire milieueffecten) ten gevolge van de sanering.

Inhoudstafel

	Samenvatting	5
1	Inleiding	9
2	Huidige multicriteria analyse	10
2.1	Samenvatting multicriteria analyse	10
2.2	Relatie MCA – CO2-voetafdruk	10
2.2.1	Milieuhygiënische aspecten	11
2.2.2	CO2-calculator voor 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering'	12
3	Evaluatie waarden/referenties CO2-calculator	13
3.1	Waarden voor CO2-emissie bij verbranding	13
3.2	Waarden voor CO2-emissie bij winning, transport en voorbehandeling	13
3.3	Waarden voor de dichtheid van brandstoffen	16
3.4	Waarden voor CO2-emissie bij elektriciteitsproductie en transport	16
3.5	Andere waarden relevant voor verschillende saneringsonderdelen	18
4	Toepassing CO2-calculator in BSP's – twee voorbeelden	23
4.1	Voorbeeld 1 – Zware metalenverontreiniging	23
4.1.1	Verontreinigingssituatie en saneringsnoodzaak	23
4.1.2	Selectie 'technisch haalbare' saneringsvarianten	23
4.1.3	Uitgevoerde multicriteria analyse	24
4.1.4	Berekening CO2-voetafdruk	27
4.1.5	Evaluatie BATNEEC eBSD en toelichting relatie met CO2-calculator	30
4.2	Voorbeeld 2 – Minerale olie drijfslag	33
4.2.1	Verontreinigingssituatie en saneringsnoodzaak	33
4.2.2	Selectie 'technisch haalbare' saneringsvarianten	33
4.2.3	Uitgevoerde multicriteria analyse	34
4.2.4	Berekening CO2-voetafdruk	36
4.2.5	Evaluatie BATNEEC eBSD en toelichting relatie met CO2-calculator	38
5	Aanbevelingen m.b.t. MCA en integratie CO2-calculator	41
5.1	Integreren van de CO2-calculator in de MCA	41
5.2	Aanbevelingen voor wijziging huidige MCA-procedure	41
5.2.1	Productie van niet-herbruikbaar afval tijdens de sanering (afvalvorming)	42
5.2.2	Rechtstreekse emissie naar andere milieucompartmenten	42
5.2.3	Splitsing in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten	42
5.2.4	Aanpassen van wegingsfactoren	44
6	Besluit	45
Bijlage 1:	Lijst van tabellen	47
Bijlage 2:	Lijst van figuren	49
Bijlage 3:	Bibliografie	51
Bijlage 4:	Visuele weergave CO2-voetafdruk voorbeeld 1	53

1 Inleiding

In de gewogen multicriteria analyse (MCA) van de huidige standaardprocedure voor bodemsaneringsprojecten (OVAM, juni 2009) worden 3 aspecten bekeken, namelijk milieuhygiënische, technische en financiële aspecten. In de huidige MCA staat het beperken van de restverontreiniging en de lokale risico's centraal en gaat er weinig aandacht naar de globale/regionale secundaire milieueffecten ten gevolge van de sanering en het verbruik van grondstoffen.

Op basis van 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de "CO₂-voetafdruk" van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd duidelijk dat zowel de levenscyclusanalyse als het berekenen van de CO₂-voetafdruk gebruikt kan worden om secundaire milieueffecten van saneringsvarianten onderling te vergelijken (prospectieve analyse). Op basis van een of meerdere uitgevoerde bodemsaneringen kan ook een retrospectieve analyse uitgevoerd worden om het inzicht in de secundaire milieueffecten of CO₂-uitstoot van een saneringstechnologie te vergroten, de belangrijkste bijdragers (onderdelen) te identificeren en om optimalisaties (qua algemeen milieurendement) van bestaande saneringstechnologieën en/of -varianten uit te werken. Daar het toepassen van een LCA zeer complex en tijdsintensief is, is het niet haalbaar om dit in elk BSP toe te passen. De CO₂-voetafdruk wordt beschouwd als een vereenvoudigde LCA gericht op één milieuparameter in de effectcategorie klimaatverandering. Dit is mogelijk wel toepasbaar in een standaard BSP.

Het doel van deze studie is dus om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-calculator in bodemsaneringsprojecten nader te evalueren en voorstellen te formuleren voor aanpassing van de huidige MCA. Er zal hierbij ook rekening gehouden worden met de opgedane kennis, zoals beschreven in hoger genoemde rapporten rond het toepassen van LCA in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering. In 2 gevalstudies (BSP's) zal een CO₂-calculator toegepast worden. De gehanteerde waarden en referenties van deze CO₂-calculator zullen geëvalueerd worden.

In HOOFDSTUK 2 zal de huidige MCA kort toegelicht worden alsook de relatie met de CO₂-calculator. Op basis van de voorgaande studies en in overleg met OVAM werd beslist om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk in bodemsaneringsprojecten te evalueren aan de hand van de CO₂-calculator opgesteld door Tauw, Nederland. In HOOFDSTUK 3 worden de gehanteerde waarden en referenties van deze CO₂-calculator geëvalueerd door deze te vergelijken met waarden die gehanteerd worden in SimaPro (LCA-software beschikbaar binnen VITO). In HOOFDSTUK 4 wordt de CO₂-calculator vervolgens toegepast op 2 bodemsaneringsprojecten en vergeleken met de huidige MCA. Op basis van deze vergelijking en op basis van de kennis uit de voorgaande rapporten rond het toepassen van LCA in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering worden in HOOFDSTUK 5 aanbevelingen geformuleerd voor aanpassing van de huidige MCA. Indien gewenst dienen in een vervolgstudie deze aanbevelingen verder uitgewerkt te worden alsook geschikte wegingsfactoren.

2 Huidige multicriteria analyse

In de multicriteria analyse (MCA) van de huidige standaardprocedure voor bodem-saneringsprojecten (OVAM, juni 2009) staat het beperken van de restverontreiniging en de lokale risico's centraal en gaat er weinig aandacht naar de globale/regionale secundaire milieueffecten ten gevolge van de sanering en het verbruik van grondstoffen.

Alvorens de relatie tussen de MCA en de CO₂-calculator toe te lichten wordt het scoresysteem van de huidige MCA kort toegelicht.

2.1 Samenvatting multicriteria analyse

De multicriteria analyse is een scoresysteem dat voor een aantal te beoordelen saneringsvarianten (V) wordt doorlopen en waarbij de variant met de hoogste score uiteindelijk als voorkeursvariant wordt geselecteerd. In een BSP dienen minstens 3 technisch haalbaar geachte saneringsvarianten vergeleken te worden ($V = 3$).

De verschillende criteria die worden gewogen in de MCA zijn onderverdeeld in drie **aspectgroepen**:

- I. milieuhygiënische aspectgroep (XM);
- II. (uitvoerings)technische aspectgroep (XT);
- III. financiële aspectgroep (XF).

Er worden **scores** toegekend per criterium binnen iedere aspectgroep, waarbij groep I acht criteria bevat, groep II vier, en groep III twee. De minimale score per criterium en per saneringsvariant is 1 en de maximale score is 9. Het totaal aantal te verdelen scores (St) is het gemiddelde van de scorebandbreedte $[(1+9)/2=5]$ vermenigvuldigd met $St = 5 \times V$.

Bij 3 onderling te vergelijken saneringsvarianten zijn er dus per criterium 15 te verdelen punten. Als de eBSD één van de drie saneringsvarianten op één criterium veel beter acht dan de andere twee, dan krijgt die variant bv. 9 punten en blijven er nog 6 punten over om te verdelen over de andere twee varianten.

Een subtotaal per aspectgroep wordt bekomen door de scores van ieder criterium te sommeren en te vermenigvuldigen met een **gewicht**. De totaalscore per saneringsvariant wordt vervolgens verkregen door de deelscores voor de 3 aspectgroepen op te tellen.

In de huidige MCA wordt aan aspectgroep I standaard een gewicht van 34% ($XM=34$) gegeven. Elk van de acht daartoe behorende criteria krijgt dus een standaardgewicht van 4,25% (i.e. $34/8$). Deze gelijke verdeling van gewichten over de verschillende criteria binnen een aspectgroep werd gekozen om de criteria zo objectief mogelijk evalueerbaar te maken. De andere twee aspectgroepen krijgen standaard elk een gewicht van 33%. Van de verdeling 34-33-33 tussen de aspectgroepen mag "gemotiveerd worden afgeweken" naarmate het actuele risico verhoogt (in dat geval wordt XM verhoogd ten koste van XT en XF).

2.2 Relatie MCA – CO₂-voetafdruk

Op basis van de CO₂-voetafdruk kunnen secundaire milieueffecten van saneringsvarianten onderling vergeleken worden. Daar deze secundaire milieueffecten enkel relevant zijn voor de aspectgroep

'milieuhygiëne', werden de verschillende aspecten binnen deze aspectgroep in meer detail bestudeerd.

2.2.1 Milieuhygiënische aspecten

De milieuhygiënische aspectgroep bestaat momenteel uit volgende 8 criteria:

4. Niveau behalen decretale doelstellingen grond
5. Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater
6. Totale vuilvrachtvermindering
7. Beperkingen na sanering voor het gebruik
8. Verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens sanering
9. Rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten
10. Andere milieuhinder tijdens de sanering
11. Saneringsduur en beleidsdoelstellingen

De huidige methodologie is in belangrijke mate 'subjectief' en afhankelijk van het oordeel van de eBSD. De vakken met grijze achtergrond dienen door de eBSD te worden ingevuld:

Milieuhygiënische aspecten	Gewicht	V1	V2	V 3
Niveau behalen decretale doelstellingen grond	4,25	8	2	5
Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater	4,25	8	2	5
Totale vuilvrachtvermindering	4,25	5,96	4,38	4,67
Beperkingen na sanering voor het gebruik	4,25	7	3	5
Verbruik secundaire grondstoffen tijdens sanering	4,25	2	8	5
Rechtstreekse emissie nr andere milieucompartimenten	4,25	5	5	5
Andere milieuhinder tijdens de sanering	4,25	5	5	5
Saneringsduur en beleidsdoelstellingen	4,25	6	4,5	4,5
TOTAAL	34	200	144	167

Om het systeem verder te objectiveren werden nog enkele bijkomende voorwaarden opgelegd.

Voor het criterium "saneringsduur" wordt onderscheid gemaakt tussen <2 jaar; 2-5 jaar en >5jaar. Er moet een gelijke score bij gelijke tijdsduur worden toegekend en het verschil tussen een variant <2jaar en 2-5j mag maximaal 2 punten zijn.

Ook de score van het criterium "totale vuilvrachtvermindering" wordt vastgelegd door een opgelegde berekeningswijze die gebaseerd is op de vuilvrachtreductie die iedere variant naar verwachting zal behalen. In bovenstaand voorbeeld is dit voor variant 1, 2 en 3 respectievelijk 99%, 73% en 78%, wat overeenkomt met de resp. scores 5,96; 4,38 en 4,67 (samen terug 15).

De variant met de hoogste score is in dit geval variant 1 (200 punten) en wordt vanuit milieuhygiënisch standpunt als beste beoordeeld. Variant 2 scoort milieuhygiënisch het slechtst met slechts 144 punten.

Alle aspecten binnen de groep 'milieuhygiëne' staan in het teken van het beperken van de restverontreiniging en de lokale risico's met uitzondering van het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering'.

Onder het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' wordt in de huidige MCA voorgesteld om bij het nagaan in hoeverre secundaire grondstoffen noodzakelijk zijn, vergelijkend tewerk te gaan. Er dient hierbij rekening gehouden te worden met volgende aspecten:

— energie (voor transport, ontgraving, werken, ...);

- chemicaliën (injectie nutriënten, ...);
- verbruiksgoederen (actieve kool, ...);
- materiaal (vrachtwagens, laders, ...).

De invulling van dit aspect is momenteel vrij subjectief en sterk afhankelijk van de expertise van de eBSD. Bovendien is het niet evident om de verbruiken van 3 sterk verschillende saneringsvarianten onderling te vergelijken. Om dit aspect op een objectievere manier te beoordelen kan de CO₂-calculator toegepast worden.

Daar het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' het enige aspect is dat de 'globale/regionale milieueffecten' van een sanering beschouwt, wordt voorgesteld om binnen de huidige MCA de milieuhygiënische aspecten op te splitsen **in lokale milieuhygiënische aspecten en globale/regionale milieuhygiënische aspecten**. Het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' zou dan onder de globale/regionale milieuhygiënische aspecten vallen.

2.2.2 CO₂-calculator voor 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering'

Om de CO₂ die vrijkomt bij de uitvoering van de bodemsaneringswerken te berekenen (o.a. door de verbranding van fossiele brandstoffen en elektriciteitsverbruik van pompen, zuiveringsinstallaties, e.d. en materiaalverbruik voor leidingen, injectie e.d.), dient in de CO₂-calculator per saneringsonderdeel onder andere het energieverbruik (elektriciteit en brandstof) en het materiaalverbruik (peilbuizen, chemicaliën, actieve kool, ...) ingevoerd te worden. Bijgevolg kan gesteld worden dat de CO₂-calculator het verbruik van secundaire grondstoffen begroot en uitdrukt in ton CO₂ (emissie naar lucht).

De resultaten van de CO₂-calculator kunnen gebruikt worden voor een objectievere vergelijking van het verbruik aan secundaire grondstoffen van verschillende saneringsvarianten tijdens de sanering, maar ook om meer inzicht te krijgen in de belangrijkste bijdragers (onderdelen) en/of om bestaande saneringstechnologieën en/of –varianten 'milieuvriendelijker' te maken.

Voor bijkomende informatie over de huidige MCA wordt verwezen naar de standaardprocedure BSP (OVAM, juni 2009). De wijze waarop de "CO₂-voetafdruk" van een bodemsanering wordt berekend, wordt toegelicht in het VITO-rapport 2011/RMA/R/035.

In HOOFDSTUK 4 zal de in overleg met OVAM gekozen CO₂-calculator (opgesteld door Tauw Nederland) toegepast worden op 2 bodemsaneringsprojecten. De CO₂-voetafdrukken van de te vergelijken saneringsvarianten zullen bepaald worden en onderling vergeleken. De relatie tussen de CO₂-calculator en de MCA zal aan de hand van de voorbeelden worden besproken.

3 Evaluatie waarden/referenties CO₂-calculator

Op basis van de 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd in overleg met OVAM beslist om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk in bodemsaneringsprojecten te evalueren aan de hand van de CO₂-calculator opgesteld door Tauw, Nederland.

In dit hoofdstuk worden de gehanteerde waarden en referenties van deze CO₂-calculator geëvalueerd door deze te vergelijken met waarden die gehanteerd worden in SimaPro (LCA-software beschikbaar binnen VITO). De gehanteerde waarden werden voor deze evaluatie als volgt opgesplitst en besproken:

- waarden voor CO₂-emissie bij verbranding;
- waarden voor CO₂-emissie bij winning, transport en voorbehandeling;
- waarden voor de dichtheid van brandstoffen;
- waarden voor de CO₂-emissie bij elektriciteitsproductie en transport;
- andere waarden relevant voor verschillende saneringsonderdelen.

3.1 Waarden voor CO₂-emissie bij verbranding

De waarden voor CO₂-emissie bij verbranding (Tabel 1) uit SimaPro zijn gelijkaardig aan die van de CO₂-rekentool voor de meeste brandstoffen (rekening houdend met het feit dat de emissies kunnen verschillen naargelang de samenstelling van de brandstof en de machine waarin ze verbrand wordt). De verschillen met de CO₂-rekentool zijn het grootst voor aardgas en biodiesel. Uit 2 Ecoinvent records voor het verbranden van aardgas in een gasmotor blijkt dat de emissie 2,04 kg CO₂ per m³ aardgas is, zowel voor aardgas ontgonnen in Nederland als voor de gemiddelde Europese mix. Onze database bevat geen gemiddelde waarde voor biodiesel, de verbranding van raapzaadolie-methyl-ester veroorzaakt meer CO₂-emissies dan de waarde voor biodiesel uit de CO₂-rekentool van Tauw, het grootste deel hiervan is echter biogeen.

3.2 Waarden voor CO₂-emissie bij winning, transport en voorbehandeling

De waarden voor CO₂-emissie bij winning, transport en voorbehandeling (Tabel 2) uit SimaPro wijken sterker af van de waarden uit de CO₂-rekentool van Tauw. Een mogelijke oorzaak kan zijn dat de systeemgrenzen verschillen. De waarden uit SimaPro zijn meestal Europese gemiddelden of Zwitserse waarden (de Ecoinvent database is Zwitsers), enkel voor steenkool is een Nederlandse en Belgische record beschikbaar. De waarde voor LPG verschilt het sterkst van de Tauw waarde, maar deze was uitgedrukt in kg CO₂/kg LPG, en de dichtheid werd niet vermeld. De dichtheid uit de CO₂-rekentool van Tauw werd gebruikt voor de omrekening, dus is de omgerekende SimaPro waarde minder betrouwbaar.

Brandstoffen	CO ₂ emissie bij verbranding			Verschil (in %)	Ecoinvent record	Opmerking
	eenheid	rekentool Tauw	SimaPro			
Diesel	kg CO ₂ /L diesel	2,67	2,62	-2%	Diesel, burned in building machine/GLO U en Diesel, burned in diesel-electric generating set/GLO U	
Benzine	kg CO ₂ /L benzine	2,39	2,35	-2%	Operation, passenger car, petrol, fleet average/RER U	
LPG	kg CO ₂ /L LPG	1,61	1,72	7%	geen Ecoinvent record beschikbaar, USLCI: Liquefied petroleum gas, combusted in industrial boiler/US	
Stookolie (licht)	kg CO ₂ /L lichte stookolie	2,70	2,65	-2%	Light fuel oil, burned in industrial furnace 1MW, non-modulating/RER U	
Aardgas	kg CO ₂ /m ³ aardgas	1,77	2,04	15%	Natural gas, burned in gas motor, for storage/NL U	Nederlands aardgas
			2,04	15%	Natural gas, burned in gas motor, for storage/GLO U	Europees aardgas
Steenkool	kg CO ₂ /kg kolen	2,73	2,64	-3%	Hard coal, burned in industrial furnace 1-10MW/RER U	
Biodiesel	kg CO ₂ /L biodiesel	1,723	0,13	-92%	Operation, lorry 28t, rape methyl ester 100%/CH U	Enkel fossiel
			2,51	46%	Operation, lorry 28t, rape methyl ester 100%/CH U	Fossiel en biogeen

Tabel 1: Waarden voor CO₂-emissie bij verbranding

Brandstoffen	CO ₂ emissie bij winning, transport en voorbehandeling			Verschil (in %)	Ecoinvent record	Opmerking
	eenheid	rekentool Tauw	SimaPro (CO ₂ , fossil)			
Diesel	kg CO ₂ /L diesel	0,4657	0,3872	-17%	diesel, at regional storage/kg/RER	
Benzine	kg CO ₂ /L benzine	0,6021	0,4868	-19%	Petrol, unleaded, at regional storage/RER U	
LPG	kg CO ₂ /L LPG	0,1449	0,2997	107%	liquefied petroleum gas, at service station/kg/CH	0,557 kg CO ₂ /kg LPG, omrekeningsfactor CO ₂ -rekentool Tauw
Stookolie (licht)	kg CO ₂ /L lichte stookolie	0,4300	0,3847	-11%	light fuel oil, at regional storage/kg/RER	0,458 kg CO ₂ /kg lichte stookolie
Aardgas	kg CO ₂ /m ³ aardgas	0,2500	0,2470	-1%	natural gas, at long-distance pipeline/m ³ /RER	
Steenkool	kg CO ₂ /kg kolen	0,2296	0,1790	-22%	hard coal supply mix/kg/NL	waarde verschilt sterk per land, steenkool gebruikt in Nederland
			0,2040	-11%	hard coal supply mix/kg/BE	steenkool gebruikt in België
Biodiesel	kg CO ₂ /L biodiesel	0,5770	0,7956	38%	Rape methyl ester, at regional storage/kg/CH	biodiesel van raapzaadolie

Tabel 2: Waarden voor CO₂-emissie bij winning, transport en voorbehandeling

3.3 Waarden voor de dichtheid van brandstoffen

In Tabel 3 worden de dichtheden van de verschillende brandstoffen volgens de Ecoinvent Reports weergegeven.

Brandstoffen	dichtheid			Verschil (in %)	Opmerking
	eenheid	rekentool Tauw	Ecoinvent Reports		
Diesel	kg/L	0,85	0,84	-1%	
Benzine	kg/L	0,72	0,75	4%	
LPG	kg/L	0,54	/		geen dichtheid in Ecoinvent Reports
Stookolie (licht)	kg/L	0,95	0,84	-12%	
Aardgas	kg/m3	0,83	0,80	-4%	afhankelijk van productieland, gemiddeld gebruik in Europa: 0,80
Steenkool	kg/L	1,30	0,78	-40%	0,48 - 0,58 voor coke, 0,74 - 0,82 voor briquettes
Biodiesel	kg/L	0,870	0,888	2%	dichtheid raapzaadolie-methyl- ester

Tabel 3: Waarden voor de dichtheden van brandstoffen

3.4 Waarden voor CO₂-emissie bij elektriciteitsproductie en transport

De CO₂-emissie van elektriciteit (Tabel 4) is sterk afhankelijk van de aannames voor de elektriciteitsmix. Ecoinvent geeft één mix per land, deze werd opgesplitst in grijze en groene stroom om zo de CO₂-emissies per kWh te berekenen voor elk type. De resulterende waarde voor grijze stroom is veel hoger voor Nederland dan voor België, omdat in België een groter deel van de elektriciteit wordt opgewerkt in kerncentrales, terwijl in Nederland meer aardgas gebruikt wordt. Voor groene stroom is het resultaat omgekeerd: de CO₂-emissies zijn hoger voor België. Dit is te wijten aan de manier waarop de record voor Belgische elektriciteit is opgesplitst: waterkracht uit pompaccumulatie ("hydropower at pumped storage") werd ingedeeld bij groene energie. Volgens de Ecoinvent record wordt voor de waterkracht uit pompaccumulatie water omhoog gepompt met behulp van elektriciteit opgewekt met de volledige Belgische elektriciteitsmix. In Nederland wordt vooral windenergie en cogeneratie uit hout gebruikt).

De CO₂-emissies van wind-, zonne- en waterkrachtenergie zijn sterk afhankelijk van het soort installatie. Een waarde voor de winning van elektriciteit uit biomassa zit momenteel niet in SimaPro, de generatie van elektriciteit met behulp van biologisch afval geeft een totaal verschillende waarde (zie Tabel 4).

Elektriciteit	CO ₂ emissie totaal			Verschil (in %)	Ecoinvent record	Opmerking
	eenheid	rekentool Tauw	SimaPro (CO ₂ , fossil)			
Grijze stroom	kg CO ₂ /kWh	0,566	0,768	36%	Electricity, low voltage, production NL, at grid/NL U, opgesplitst in grijze en groene stroom	
			0,355	-37%	Electricity, low voltage, production BE, at grid/BE U, opgesplitst in grijze en groene stroom	
Groene stroom	kg CO ₂ /kWh	0,230	0,036	-84%	Electricity, low voltage, production NL, at grid/NL U, opgesplitst in grijze en groene stroom	en 0,938 kg biogene CO ₂ /kWh
			0,290	26%	Electricity, low voltage, production BE, at grid/BE U, opgesplitst in grijze en groene stroom	en 0,517 kg biogene CO ₂ /kWh
Directe windenergie	kg CO ₂ /kWh	0,013	0,0103	-21%	Electricity, at wind power plant/RER U	
Directe zonne- energie	kg CO ₂ /kWh	0,055	0,068	24%	Electricity, production mix photovoltaic, at plant/NL U	
			0,077	39%	Electricity, production mix photovoltaic, at plant/BE U	
Directe waterkracht	kg CO ₂ /kWh	0,015	0,0036	-76%	Electricity, hydropower, at power plant/NL U	
			0,0036	-76%	Electricity, hydropower, at power plant/BE U	
Directe biomassa	kg CO ₂ /kWh	0,540	0,123	-77%	Electricity, biowaste, at waste incineration plant, allocation price/CH U	biowaste

Tabel 4: Waarden voor CO₂-emissie bij elektriciteitsproductie en transport

3.5 Andere waarden relevant voor verschillende saneringsonderdelen

De saneringsonderdelen uit datablad 3 van de CO₂-rekentool van Tauw waarvoor waarden terug te vinden zijn in SimaPro, worden weergegeven in Tabel 5, Tabel 6 en Tabel 7.

Het verbruik van de graafmachine en shovel wordt enkel gegeven per m³ grond, de omrekening gebeurde met de dichtheid uit de CO₂-rekentool, dus de omgerekende SimaPro waarde is minder betrouwbaar.

Het verbruik van vrachtwagen en vrachtschip is sterk afhankelijk van het type voertuig en de beladingsfactor, waarschijnlijk zijn bij de berekening van de waarden voor de CO₂-rekentool van Tauw hiervoor andere aannames gemaakt en zijn de verschillen daaraan te wijten.

Voor de productie van geotextiel werd de CO₂-emissie van de productie van het plasticgranulaat en van de extrusie in rekening gebracht (er wordt aangenomen dat er 2% verlies is bij het extrusieproces).

Saneringsonderdeel		eenheid	min waarde rekentool Tauw	max waarde rekentool Tauw	Waarde SimaPro	Vershil (in %)	Ecoinvent record	Opmerking
Grond	Graaf- machine	L diesel/ton	0,17	0,18	0,06	-62%	Excavation, hydraulic digger/RER U	0,131 kg diesel/m3 grond, dichtheid grond uit CO ₂ - rekentool Tauw
	Shovel	kg diesel/ton	0,22	0,22	0,06	-71%	excavation, skid- steer loader/m3/RER	0,13 kg diesel/m3 grond, dichtheid grond uit CO ₂ - rekentool Tauw
	Vracht- wagen	L diesel/ton grond/afgelegde km	0,0536	0,0536	0,0236	-56%	operation, lorry >16t, fleet average/km/RER	
			0,0536	0,0536	0,0443	-17%	operation, lorry 3.5-16t, fleet average/km/RER	
	Vracht- schip	L diesel/ton grond/afgelegde km	0,0214	0,0214	0,0104	-51%	Operation, barge tanker/RER U	
			0,0214	0,0214	0,0112	-48,00%	Operation, barge/RER U	

	Cement	kg CO ₂ /kg cement	0,749797	0,749797	0,745000	-1%	Cement, unspecified, at plant/CH U	
	Bentoniet	kg CO ₂ /kg bentoniet	0,450083	0,450083	0,446000	-1%	bentonite, at processing/kg/DE	
	Geotextiel/ folie HDPE	kg CO ₂ /kg HDPE	2,053742	2,053742	2,116000	3%	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U en Extrusion, plastic film/RER U	
	Geotextiel/ folie PP	kg CO ₂ /kg PP	3,196446	3,196446	2,216000	-31%	polypropylene, granulate, at plant/kg/RER en Extrusion, plastic film/RER U	
	Geotextiel/ folie PET	kg CO ₂ /kg PET	4,413110	4,413110	2,926000	-34%	polyethylene terephthalate, granulate, amorphous, at plant/kg/RER en Extrusion, plastic film/RER U	

Tabel 5: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen - ontgraving

Voor de productie van de filters wordt enkel de productie van de hoofdgrondstof meegenomen, niet de productie van de filter zelf (hiervoor zijn geen gegevens beschikbaar in SimaPro). Dit kan verklaren waarom de waarde voor 3 van de 4 filters lager is dan die van de CO₂-rekentool van Tauw.

Saneringsonderdeel		eenheid	min waarde rekentool Tauw	max waarde rekentool Tauw	SimaPro	Vershil (in %)	Ecoinvent record	Opm.
Grond- water	Natronloog	kg CO ₂ /kg natronloog	1,138806	1,138806	1,040000	-9%	Sodium hydroxide, 50% in H ₂ O, production mix, at plant/RER U	
	Fosforzuur	kg CO ₂ /kg fosforzuur	1,346201	1,346201	1,350000	0%	phosphoric acid, industrial grade, 85% in H ₂ O, at plant/kg/RER	
	Zoutzuur	kg CO ₂ /kg zoutzuur	0,764726	0,764726	0,800000	5%	hydrochloric acid, 30% in H ₂ O, at plant/kg/RER	
	Ijzersulfaat	kg CO ₂ /kg ijzersulfaat	0,114417	0,114417	0,157000	37%	iron sulphate, at plant/kg/RER	
	Aluminium- sulfaat	kg CO ₂ /kg aluminium- sulfaat	0,456214	0,456214	0,470000	3%	aluminium sulphate, powder, at plant/kg/RER	
	Kalkmelk	kg CO ₂ /kg kalkmelk			1,220000		geen Ecoinvent record beschikbaar, IVAM 4.0: Calciumhydroxide Ca(OH) ₂ production	
	Ijzerchloride	kg CO ₂ /kg ijzerchloride	0,716675	0,716675	0,754000	5%	iron (III) chloride, 40% in H ₂ O, at plant/kg/CH	
	Harsen	kg CO ₂ /kg hars	2,981988	2,981988	3,100000 1,160000	4% -61%	anionic resin, at plant/kg/CH cationic resin, at plant/kg/CH	
Filters	PVC filters	kg CO ₂ /kg PVC	2,71844	2,71844	1,89000	-30%	polyvinylchloride, at regional storage/kg/RER	*
	HDPE filters	kg CO ₂ /kg HDPE	2,08779	2,08779	1,69000	-19%	polyethylene, LDPE, granulate, at plant/kg/RER	*
	LDPE filters	kg CO ₂ /kg LDPE	2,05374	2,05374	1,57000	-24%	Polyethylene, HDPE, granulate, at plant/RER U en Extrusion, plastic film/RER U	*
	RVS filters	kg CO ₂ /kg RVS	2,86501	2,86501	4,21000	47%	chromium steel 18/8, at plant/kg/RER	*

*: Enkel productie grondstof; geen filter

Tabel 6: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen - grondwater

Saneringsonderdeel		eenheid	min waarde rekentool Tauw	max waarde rekentool Tauw	SimaPro	Vershil (in %)	Ecoinvent record	Opm.
Hulp- stoffen	Ammonium- fosfaat	kg CO ₂ /kg ammonium- fosfaat	0,328299	0,328299	2,660000	710%	monoammonium phosphate, as N, at regional storehouse/kg/ RER	
	Ammonium- nitraat	kg CO ₂ /kg ammonium- nitraat	5,731217	5,731217	2,760000	-52%	Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/ RER U	
	Na-tri- polyfosfaat	kg CO ₂ /kg na- tri-polyfosfaat	5,673339	5,673339	5,670000	0%	sodium tripolyphosphate, at plant/kg/RER	
	Melasse	kg CO ₂ /kg melasse	0,377330	0,377330	0,060400	-84%	molasses, from sugar beet, at sugar refinery/kg/CH	
	Protamylasse	kg CO ₂ /m ³ protamylasse	0,328334	0,328334	0,426 kg/kg		geen Ecoinvent record beschikbaar, IVAM 4.0: Production of protamylasse (protein-rich fraction from starch production) NL max	
	Soja olie	kg CO ₂ /kg soja olie	1,414305	1,414305	0,766000	-46%	soya oil, at plant/kg/RER	
ISCO items	Waterstof- peroxide	kg CO ₂ /kg waterstof- peroxide	1,02	1,02	1,04	2%	hydrogen peroxide, 50% in H ₂ O, at plant/kg/RER	

Tabel 7: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen – grondwater (vervolg)

4 Toepassing CO₂-calculator in BSP's – twee voorbeelden

In dit hoofdstuk wordt de toepassing van de CO₂-calculator beschreven voor 2 bestaande bodemsaneringsprojecten. In eerste instantie zal telkens de verontreinigingstoestand en de saneringsnoodzaak geschetst worden. Vervolgens zal aangegeven worden welke 3 saneringsvarianten door de eBSD weerhouden werden voor de MCA (selectie technisch haalbare saneringsvarianten). De volgende stap in de BATNEEC-evaluatie is de selectie van de voorkeursvariant aan de hand van de MCA. In dit onderdeel wordt de door de eBSD uitgevoerde MCA besproken en in het bijzonder de invulling van de milieuhygiënische aspecten. Vervolgens wordt de CO₂-calculator uitgewerkt voor beide BSP's. Tenslotte zal de BATNEEC-evaluatie van de eBSD geëvalueerd worden en zal de relatie tussen de MCA en de CO₂-calculator aangegeven worden.

4.1 Voorbeeld 1 – Zware metalenverontreiniging

4.1.1 Verontreinigingssituatie en saneringsnoodzaak

Het terrein is gelegen in een industriezone en wordt omringd door waterwegen. Het terrein heeft een oppervlakte van circa 27 ha en werd pas in 1990 grotendeels verhard met asfalt. De grondwatertafel bevindt zich rond 1,5 m-mv en er werd een eenduidige westelijke grondwaterstromingsrichting bepaald voor de ganse site. In het BBO werd een gemengde, overwegend historische verontreiniging van zware metalen in de bodem en het grondwater vastgesteld en in kaart gebracht. Tevens werd geconcludeerd dat van deze verontreinigingen een potentieel verspreidingsrisico uitgaat alsook een potentieel humaan risico wanneer er geen (ondoorlatende) verharding aanwezig zou zijn.

De verontreiniging in het vaste deel van de bodem is ontstaan als gevolg van de opslag en overslag van erts en steenkool op onverharde zones in de periode 1970-1990. Ten gevolge van infiltratie van regenwater en een lek in de riolering is er tevens een grondwaterverontreiniging met zware metalen ontstaan. Ter hoogte van het lek in de riolering zijn de concentraties in grond en grondwater hoger dan op de rest van het terrein. De grondverontreiniging met zware metalen beperkt zich hoofdzakelijk tot de toplaag net onder de verharding. Het totale volume verontreinigde grond met concentraties boven de respectievelijke bodemsaneringsnormen is geraamd op 173.500 m³ tot een maximale diepte van 1,5 m-mv.

De risico-evaluatie in het BSP bevestigt dat er geen humaan risico uitgaat van de zware metalen verontreinigingen wanneer de site verhard is. Ook naar verspreiding toe is er dan geen risico meer, daar er dankzij de verharding geen infiltratie van regenwater meer mogelijk is en dus ook geen uitloging naar grondwater. Van de zware metalen verontreiniging gaat met andere woorden enkel een potentieel risico uit ten gevolge van uitloging door infiltrerende neerslag en rechtstreekse blootstelling aan de grondverontreiniging, wanneer er geen ondoorlatende verharding aanwezig zou zijn.

4.1.2 Selectie 'technisch haalbare' saneringsvarianten

Het doel van de sanering is in dit BSP het wegnemen van het potentieel humaan risico en het potentiële verspreidingsrisico bij de herontwikkeling van het terrein.

De huidige op- en overslag van erts en steenkool op de site wordt stopgezet en er zal een nieuwe tankterminal worden aangelegd. Het volledige terrein zal opnieuw verhard worden en er

hoogte van de tankparken wordt bijkomend nog een ondoorlatende folie als beschermingsmaatregel voorzien. Het toekomstige ontwerp brengt met zich mee dat er geen rechtstreeks contact met de bodem en geen infiltratie van regenwater (dus geen uitloging) meer mogelijk zijn.

Gelet op het historisch karakter van de verontreinigingen, de industriële bestemming van het terrein, de omvang en diepte van de verontreinigingen en de beperkte mogelijkheden voor verwerking/afvoer van de verontreinigde grond, is het saneren tot richtwaarden of zelfs bodemsaneringsnormen technisch niet haalbaar tegen een te verantwoorden kost en/of binnen de korte termijn voor de herinrichting van de site.

Om de reinigbaarheid van de grond na te gaan werden door 4 grondreinigingscentra (GRC) haalbaarheidsproeven uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de grond slechts beperkt reinigbaar is en een grote hoeveelheid gestort zal moeten worden op een categorie 1 stortplaats.

Gelet op het beperkt aantal beschikbare Categorie 1 stortplaatsen, het vervoer van en naar het GRC en/of stortplaats en het feit dat vanuit een risicostandpunt het afgraven van de verontreiniging niet strikt noodzakelijk is, is afgraven en verwerken van de verontreiniging met zware metalen een weinig duurzame oplossing. Daarom legt de eBSD de nadruk op het eventueel uitgraven van de zones waarvan, in het geval van een theoretisch onverhard terrein, een risico uitgaat. De sanering richt zich dan op risicogebaseerde terugsaneerwaarden. In termen van saneringsaanpak zal worden getracht om een zo groot mogelijk deel van de verontreinigingsmassa te verwijderen of te isoleren om zowel op korte als lange termijn de risico's weg te nemen.

In Tabel 8 worden de door de eBSD beschreven saneringstechnieken weergegeven. Voor deze technieken werd de haalbaarheid door de eBSD nagegaan.

Brongerichte aanpak	Haalbaarheid	Effectgerichte aanpak	Haalbaarheid
Ontgraven en verwerken	weerhouden	Beheerssysteem capping hydraulische barrière	weerhouden beperkte verbetering
Pump & Treat	weinig	Isoleren (sarcofaag)	niet mogelijk o.w.v. toekomstig gebruik
In-situ precipiteren	weinig		

Tabel 8: Voorgestelde saneringstechnieken eBSD

Op basis van een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten werden volgende saneringsvarianten (V1, V2 en V3) door de eBSD weerhouden:

- V1: ontgraving toplaag (0-0,5 m-mv) met concentraties boven de risicogrenswaarden, kernverwijdering ter hoogte van de lekke riolering, hydraulische barrière en verharding;
- V2: ontgraving bodem met concentraties boven de risicogrenswaarden (0-1 m-mv), kernverwijdering ter hoogte van de lekke riolering, hydraulische barrière en verharding;
- V3: kernverwijdering ter hoogte van de lekke riolering, hydraulische barrière en verharding.

4.1.3 Uitgevoerde multicriteria analyse

Het doel van de MCA is om op basis van milieuhygiënische, technische en financiële aspecten een voorkeursvariant te selecteren. In de MCA, uitgewerkt door de eBSD, werd niet afgeweken van de standaard gewichten. De verschillende criteria in de aspectgroepen, alsook de toekenning van de scores werden door de eBSD toegelicht. De door de eBSD toegekende scores worden weergegeven in Tabel 9.

Milieuhygiënische	Gewicht	V1	V2	V3
Niveau behalen decretale doelstellingen grond	4,25	5	5	5
Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater	4,25	5	5	5
Totale vuilvrachtvermindering	4,25	6,7	8,1	0,2
Beperkingen na sanering voor het gebruik	4,25	5	5	5
Verbruik secundaire grondstoffen tijdens sanering	4,25	4	3	8
Rechtstreekse emissie nr andere milieucompartimenten	4,25	4	3	8
Andere milieuhinder tijdens de sanering	4,25	5	4	6
Saneringsduur en beleidsdoelstellingen	4,25	5	5	5
	34	169	162	179
Technisch				
afwezigheid bijkomende hinder tijdens de sanering	8,25	5	4	6
effectieve schade ten gevolge van de sanering	8,25	5	5	5
potentiële schade ten gevolge van de sanering	8,25	5	5	5
veiligheidsmaatregelen tijdens de sanering	8,25	5	4	6
	33	165	149	182
Financieel				
kosten sanering	22	5,0	4,5	5,6
waarde van de restverontreiniging	11	5,1	5,2	4,7
	33	166	156	175
Totaal	100	500	467	536

Tabel 9: Ingevulde MCA eBSD 1

De voorkeursvariant of saneringsvariant met de hoogste totale score is in dit geval variant 3. Variant 3 betreft een ontgraving van de kernzone ter hoogte van de lekkende riolering, gecombineerd met het aanbrengen van een verharding over het volledige terrein. De evolutie van de grondwaterverontreiniging zal gedurende 5 jaar worden gemonitord. Indien blijkt dat er toch nog een verspreidingsrisico blijft, zal als back-up een hydraulische barrière worden in werking gesteld. De saneringsduur is geraamd op maximaal 30 jaar.

In hoofdstuk 2.2 werd de relatie tussen de CO₂-voetafdruk en de aspectgroep 'milieuhygiëne' al aangetoond. Variant 3 heeft in dit geval niet alleen de hoogste 'totale' score, maar scoort ook het beste voor de aspectgroep 'milieuhygiëne' (i.e. score 179). Volgende verantwoordingen werden door de eBSD opgegeven voor de ingevulde scores van de milieuhygiënische aspecten:

- Voor het behalen van de decretale doelstellingen voor grond en grondwater werd aan de 3 saneringsvarianten telkens eenzelfde score toegekend (i.e. score 5), daar er na sanering in geen van de 3 varianten nog risico's voor mens of milieu aanwezig zijn.
- De totale vuilvracht in grond werd geraamd op 6266 ton in grond en 3,3 ton in grondwater. De voorziene vuilvrachtverwijderingen in de saneringsvarianten en de overeenkomende scores van de MCA worden in Tabel 10 weergegeven.

Variant	Vuilvrachtverwijdering		Totale vuilvrachtvermindering	Score MCA
	Grond (ton)	- Grondwater (kg)		
1	3064	185	49%	6,7
2	3715	185	59%	8,1
3	70	185	1%	0,2

Tabel 10: Toelichting scores MCA voor het aspect 'totale vuilvrachtvermindering'

- Daar de beperkingen na sanering (behouden verharding om blootstelling en uitloging te verhinderen) voor de 3 saneringsvarianten dezelfde zijn, wordt eenzelfde score toegekend (i.e. score 5).
- Om het 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' in te schatten, werd door de eBSD de CO₂-voetafdruk van de verschillende saneringsvarianten bepaald (m.b.v. de SRT-tool). In essentie verschillen de 3 varianten enkel in het volume te ontgraven grond. Hoewel de eBSD aangeeft dat reiniging van verontreinigde grond het energieverbruik zal doen toenemen en dat dit zal resulteren in een hogere CO₂-voetafdruk, werd in de berekening enkel het brandstof-verbruik voor het ontgraven en afvoeren van bodem en de aanvoer van niet-verontreinigde grond opgenomen. Daar in variant 3 de kleinste volumes bodem worden ontgraven, afgevoerd en aangevuld, resulteert dit in het laagste brandstofverbruik, de laagste CO₂-voetafdruk en dus in de hoogste score in de MCA (i.e. 8). In variant 2 wordt het grootste volume bodem ontgraven, wat resulteert in het meeste brandstofverbruik, de hoogste CO₂-voetafdruk en de laagste score in de MCA (i.e. 3). De resterende score (i.e. 4) werd toegekend aan variant 1.
- Voor het bepalen van de 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten' (i.e. emissies naar oppervlaktewater, wateremissies op riool, en emissies naar lucht) stelt de eBSD dat ook hier de te ontgraven hoeveelheid grond de bepalende factor is en ze stellen tevens dat een deel (emissie naar lucht) al bepaald is op basis van de CO₂-voetafdruk. Op basis van deze redenering werden dezelfde scores toegekend als aan het voorgaande aspect respectievelijk score 4 voor V1, score 3 voor V2 en score 8 voor V3.
- Andere milieuschade die kan ontstaan tijdens de sanering zijn geluid, trillingen, geur, natuurwaarde, stof, enz. Ook hier stelt de eBSD dat dit nauw samenhangt met het te ontgraven bodemvolume. De eBSD haalt in zijn redenering ook 'afvalvorming' aan. Het is volgens de eBSD weinig opportuun om bijkomende afvalstromen te creëren die ondervangen moeten worden door categorie I stortplaatsen. Op basis van deze redenering werden volgende scores toegekend: score 5 voor V1, score 4 voor V2 en score 6 voor V3.
- Daar de saneringsduur voor de 3 varianten gelijkaardig is (5 tot mogelijk 30 jaar), wordt aan het aspect 'saneringsduur en beleidsdoelstellingen' aan elke variant eenzelfde score toegekend (i.e. score 5).

Uit de toelichting van de eBSD bij de verschillende milieuhygiënische aspecten kan afgeleid worden dat door de eBSD onder 3 aspecten secundaire milieueffecten worden beschouwd. Uit de opsplitsing in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten (Tabel 11) kan afgeleid worden dat variant 2 het beste scoort m.b.t. de lokale milieuhygiënische aspecten (omwille van laagste restverontreiniging). Variant 3 scoort het hoogst m.b.t. de globale/regionale milieuhygiënische aspecten (i.e. milieuvriendelijkste m.b.t. secundaire milieueffecten ten gevolge van de sanering en het verbruik van grondstoffen).

Lokale milieuhygiënische aspecten	Gewicht	V1	V2	V3
Niveau behalen decretale doelstellingen grond	4,25	5	5	5
Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater	4,25	5	5	5
Totale vuilvrachtvermindering	4,25	6,7	8,1	0,2
Beperkingen na sanering voor het gebruik	4,25	5	5	5
Saneringsduur en beleidsdoelstellingen	4,25	5	5	5
	21,25	114	120	86
Regionale/globale milieuhygiënische aspecten				
Verbruik secundaire grondstoffen tijdens sanering	4,25	4	3	8
Rechtstreekse emissie nr andere milieucompartimenten	4,25	4	3	8
Andere milieuhinder tijdens de sanering	4,25	5	4	6
	12,75	55	43	94

Tabel 11: Opdeling in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten - invulling eBSD 1

4.1.4 Berekening CO₂-voetafdruk

Op basis van de 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van een levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd in overleg met OVAM beslist om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk in bodemsaneringsprojecten te evalueren aan de hand van de CO₂-calculator opgesteld door Tauw, Nederland.

In eerste instantie werd de CO₂-calculator van Tauw ingevuld zoals de CO₂-berekening uitgevoerd door de eBSD met behulp van de SRT-tool. In dit scenario (scenario 1 - ontgraven landbodem) wordt enkel het ontgraven van verontreinigde bodem, het transport ervan naar het GRC en de aanvoer van niet-verontreinigde aanvulgrond in rekening gebracht. Het enige verschil tussen de 3 saneringsvarianten is het volume ontgraven bodem en volume aanvulgrond (Tabel 12).

ONTGRAVEN LANDBODEM	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Details
V ontgraven landbodem (m³)				
Graafmachine	32900	50100	3500	Diesel
Dumper	32900	50100	3500	Diesel
V aanvulgrond (m³)	32900	50100	3500	Afk. uit grondwinning Grijze stroom (verdichting)
Transport ontgraven grond				
Afstand enkele reis (km)	15	15	15	Vrachtschip
Transport aanvulgrond				
Afstand enkele reis (km)	40	40	40	Vrachtwagen
RESULTAAT (ton CO₂) TOTAAL	820	1249	87	
Ontgraven	76	116	8	
Verwerken	4	6	0,4	
Materialen	91	139	10	
Transport	649	988	69	

Tabel 12: Invoerparameters en resultaten scenario 1 - ontgraven landbodem

In scenario 2 werd in de CO₂-calculator van Tauw tevens de damwand en bemaling, nodig voor het ontgraven van de verontreinigde bodem, in rekening gebracht alsook de externe verwerking

van de grondstroom in de GRC (nat/extractief) en het toezicht tijdens en na sanering. In dit scenario zit tevens de aanleg van de back-up variant inbegrepen, maar niet de werking ervan. De invoerparameters van deze CO₂-calculatie worden weergegeven in Tabel 13 en de resultaten in Tabel 14. Ook hier is het enige verschil tussen de 3 saneringsvarianten het volume te ontgraven en te verwerken bodem en het volume aanvulgrond. De CO₂-voetafdrukken voor de saneringsonderdelen 'grondwater onttrekken', 'grondwater zuiveren' en 'toezicht en nazorg' zijn voor de 3 saneringsvarianten identiek (resp. 15, 14 en 2 ton CO₂) en zullen de keuze van de saneringstechniek bijgevolg niet beïnvloeden. Wel kan aan de hand van deze berekening de bijdrage van deze onderdelen (i.e. 31 ton CO₂) aan de totale CO₂-voetafdruk bepaald worden; resp. 2,2 %; 1,5 % en 12,3 %.

Indien na 5 jaar monitoren zou beslist worden om de back-up variant (i.e. P&T m.b.v. een horizontale drain) op te starten, dan geeft dit voor elke saneringsvariant aanleiding tot een toename van 1415 ton CO₂ waarvan 988 ton CO₂ als gevolg van 'onttrekken' en 427 ton CO₂ als gevolg van het 'zuiveringsonderdeel' (zie Tabel 14). Dit wil zeggen dat de CO₂-productie die gepaard zou gaan met 15 jaar P&T in geval van saneringsvariant 3 een bijdrage van 85% vertegenwoordigt. Voor de varianten 1 en 2 is de bijdrage respectievelijk 50 % en 40 % van de totale CO₂-voetafdruk. **De selectie van P&T als back-up variant is in dit geval bediscuteerbaar en dit op basis van zowel de hoge CO₂-voetafdruk als de hoge financiële kost voor de beoogde (erg beperkte) vuilvrachtverwijdering.**

ONTGRAVEN LANDBODEM	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Details
V ontgraven landbodem (m³)				
Graafmachine	32900	50100	3500	Diesel
Dumper	32900	50100	3500	Diesel
Damwand				
Lengte	220	220	220	
Diepte	7.5	7.5	7.5	
Gebruiksduur	tijdelijk	tijdelijk	tijdelijk	
V aanvulgrond (m³)	32900	50100	3500	Afk. uit grondwinning Grijze stroom (verdichting)
Transport ontgraven grond				
Afstand enkele reis (km)	15	15	15	Vrachtschip
Transport aanvulgrond				
Afstand enkele reis (km)	40	40	40	Vrachtwagen
Extern verwerken grondstromen				
Nat/extractief	32900	50100	3500	Grijze stroom
Transport/aanvoer materialen				
Afstand enkele reis (km)	50	50	50	Vrachtwagen/Diesel
Aantal ritten	2	2	2	
GRONDWATER ONTTREKKEN				
Verticale filters				
Tot 7 m-mv	55	55	55	HDPE, 50 mm, geoprobe
Tot 12 m-mv	6	6	6	HDPE, 50 mm, geoprobe
Horizontale drains				
Lengte	45	45	45	HDPE, 50 mm
Grondwateronttrekking				
Pomp op maaiveld				Debiet 10-25 m³/h
Onttrekkingsduur (dagen)	42	42	42	Dieselaggregaat (8 kW)
Transport/aanvoer materialen				
Afstand enkele reis (km)	50	50	50	Vrachtwagen/Diesel
Aantal ritten	2	2	2	
GRONDWATER ZUIVEREN				
Beluchting bufferbasin (# d)	42	42	42	25 m³/h; grijze stroom
Zandfilter(# d)	42	42	42	15-25 m³/h; grijze stroom
Coagulatie/flocculatie en precipitatie (m³ GW)	30240	30240	30240	grijze stroom
Transport/aanvoer materialen				
Afstand enkele reis (km)	50	50	50	Vrachtwagen/Diesel
Aantal ritten	2	2	2	
TOEZICHT EN NAZORG				
Toeziachter (# d)	5	5	5	
Directie (# d)	2	2	2	Personenauto
Milieukundig begeleider (# d)	10	10	10	Diesel
Onderhoudsmonteur (# d)	10	10	10	50 km
Veldmedewerker monitoring (# d)	40	40	40	Transporter, diesel, 50 km

Tabel 13: Invoerparameters scenario 2 'ontgraven landbodem met inbegrip van damwand, bemaling en externe verwerking van de grondstroom'

RESULTAAT (ton CO ₂)	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Back-up
ONTGRAVEN LANDBODEM	1378	2055	221	
Ontgraven	159	199	91	
Verwerken	479	729	51	
Materialen	91	139	10	
Transport	649	988	69	
GRONDWATER ONTTREKKEN	15	15	15	
Aanleg systeem	6,7	6,7	6,7	+ 988
Onttrekken	7,6	7,6	7,6	
Transport	0,2	0,2	0,2	
GRONDWATER ZUIVEREN	14	14	14	
Zuiveringsonderdeel	14	14	14	427
Hulpstoffen/chemicaliën	0	0	0	
Afvalstoffen	0	0	0	
Transport	0,2	0,2	0,2	
TOEZICHT EN NAZORG	2	2	2	
Toezichthouder	0,11	0,11	0,11	
Directie	0,04	0,04	0,04	
Milieukundig begeleider	0,21	0,21	0,21	
Onderhoudsmonteur	0,21	0,21	0,21	
Veldmedewerker	1,04	1,04	1,04	
TOTAAL ton CO₂	1408	2085	251	

Tabel 14: Resultaten scenario 2 'ontgraven landbodem met inbegrip van damwand, bemaling en externe verwerking van de grondstroom'

In Tabel 15 wordt het saneringsonderdeel 'ontgraven landbodem' voor beide scenario's weergegeven. Uit deze tabel kan afgeleid worden dat de onderdelen 'materialen' en 'transport' voor beide scenario's identiek zijn (i.e. zelfde CO₂-emissie). De onderdelen 'ontgraven' en 'verwerken' zijn wel verschillend en dit heeft te maken met de installatie van een damwand en de externe verwerking van de verontreinigde grond.

ONTGRAVEN LANDBODEM (ton CO ₂)	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Scenario 1	820	1249	87
Ontgraven	76	116	8
Verwerken	4	6	0,4
Materialen	91	139	10
Transport	649	988	69
Scenario 2	1378	2055	221
Ontgraven	159	199	91
Verwerken	479	729	51
Materialen	91	139	10
Transport	649	988	69

Tabel 15: Resultaten scenario 1 en 2 voor saneringsonderdeel 'ontgraven landbodem'

De visuele weergave van de resultaten van Tabel 15 zijn opgenomen in bijlage 4.

4.1.5 Evaluatie BATNEEC eBSD en toelichting relatie met CO₂-calculator

In de volgende paragrafen zal in eerste instantie de selectie van de best beschikbare technieken door de eBSD geëvalueerd worden en vervolgens de door de eBSD uitgevoerde MCA. De relaties met de CO₂-calculator zullen telkens toegelicht worden.

— Beoordeling selectie ‘technisch haalbare’ saneringsvarianten eBSD

Alvorens de multicriteria-analyse toe te passen, werd door de eBSD in de BATNEEC-evaluatie nagegaan welke saneringstechnieken in aanmerking komen om de vastgestelde verontreiniging te saneren. Er werd hierbij een onderscheid gemaakt tussen brongerichte saneringstechnieken (ontgraven en behandelen van grond en in-situ technieken) en effectgerichte saneringstechnieken (beheersing, isolatie en monitoring). Op basis van de haalbaarheid en saneringsefficiëntie werden door de eBSD 3 saneringsvarianten voorgesteld.

N.B. de selectie van ‘technisch haalbare’ varianten blijft ‘expert-judgement’ en maakt geen deel uit van de MCA (of CO₂-calculatie).

De eBSD gaf zelf op basis van de uitgevoerde grondwatermodellering aan dat het plaatsen van drains langs de kaai (stroomafwaarts) een relatief beperkt gunstige invloed heeft op het verhinderen van verspreiding. De eBSD gaf ook aan dat het rendement en de bijkomende verbetering ten opzichte van de natuurlijke, spontane evolutie vrij beperkt zou zijn. Ondanks deze beperkte invloed, werd de hydraulische barrière door de eBSD toch weerhouden als back-up variant. Andere back-up varianten werden niet bekeken in het BSP.

In § 4.1.4 (berekening CO₂-voetafdruk) werd op basis van de toename van de CO₂-voetafdruk voor de beoogde vuilvrachtverwijdering tevens het nut van de back-up variant in vraag gesteld. De CO₂-productie die gepaard zou gaan met 15 jaar P&T vertegenwoordigt immers voor de saneringsvarianten een bijdrage van respectievelijk 50%, 40% en 85% van de totale CO₂-voetafdruk.

In-situ precipitatie werd door de eBSD besproken, maar niet weerhouden als saneringsvariant. In-situ bioprecipitatie werd echter niet expliciet besproken. Mogelijk zou deze techniek bruikbaar kunnen zijn binnen een beheersingsvariant van het grondwater. Haalbaarheidsonderzoek zou nuttig geweest zijn.

— Beoordeling MCA eBSD

In de MCA wordt op basis van milieuhygiënische, technische en financiële aspecten een voorkeursvariant geselecteerd. In de volgende paragrafen worden een aantal bemerkingen m.b.t. de door de eBSD ingevulde MCA geformuleerd.

Kostprijs verharding is een verplichting

Het aanbrengen van verharding maakt niet alleen deel uit van het BSP, maar is ook een vereiste (zonder verharding ontstaat er een risico). Aangezien het aandeel van het aanbrengen van de verharding in de kostenraming zeer aanzienlijk is (de kernverwijdering en de opvolging zelf maken slechts ongeveer 1/10de uit van de totale kostprijsraming) en in elke saneringsvariant werd meegenomen, zijn de verschillen in kostprijs van de verschillende varianten eerder gering. Dit heeft een effect op de uitkomst van de multicriteria-analyse.

CO₂-calculator voor aspect ‘verbruik van sec. grondstoffen tijdens sanering’

In de MCA werd door de eBSD al gebruik gemaakt van een CO₂-calculator (SRT-tool) voor de invulling van het milieuhygiënisch aspect ‘verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering’. De eBSD gaf aan dat meer grond afgraven logischerwijs leidt tot een hoger energieverbruik als gevolg van transport (afvoer verontreinigde grond en aanvoer van propere aanvulgrond) en reiniging van verontreinigde grond. De berekende CO₂-voetafdruk van de eBSD onderbouwt dat bij saneringsvariant 3 het minste brandstof wordt verbruikt.

In de door de eBSD uitgevoerde CO₂-calculatie werd echter enkel het brandstofverbruik voor het uitgraven van de bodem, het transport via vrachtschip naar het grondreinigingscentrum en de aanvoer van aanvulgrond via vrachtwagens in rekening gebracht. Er werd geen rekening gehouden met de CO₂-emissies veroorzaakt door de fysico-chemische reiniging van de grond

en het afvoeren van de niet-herbruikbare fracties naar een stortplaats. Ook de toepassing van een damwand en de bemaling nodig voor de ontgraving werd niet meegenomen. De door de eBSD berekende CO₂-voetafdruk geeft met andere woorden slechts een fractie weer van de totale CO₂-uitstoot van de sanering. Desondanks zal de algemene conclusie - dat saneringsvariant 3 de minste secundaire milieueffecten teweegbrengt - niet wijzigen daar de andere saneringsonderdelen namelijk 'grondwater onttrekken', 'grondwater zuiveren' en 'toezicht en nazorg' voor de 3 varianten identiek zijn. Het enige verschil tussen de 3 saneringsvarianten is het volume te ontgraven bodem en dus ook het volume te reinigen bodem en het volume aanvulgrond.

Ook de back-up variant (pump&treat) werd niet opgenomen in de CO₂-calculatie of met andere woorden: de CO₂-productie die gepaard zou gaan met 15 jaar pump&treat werd niet begroot. Zoals al gesteld in voorgaande paragraaf is de selectie van een pump&treat (zelfs als back-up variant) bediscuteerbaar. Zowel de hoge CO₂-voetafdruk voor de beoogde vuilvrachtverwijdering geeft dit aan, alsook de hoge overeenkomstige kosten.

Frequentie van monitoring

Voor de monitoring van de grondwaterkwaliteit wordt een frequentie van 4x per jaar voorzien. Gezien in het BSP geargumenteed wordt dat de verontreiniging immobiel is, is deze frequentie te hoog. Dit heeft gevolgen voor zowel de financiële kost als de CO₂-voetafdruk, in het bijzonder voor het onderdeel 'toezicht en nazorg'.

CO₂-calculator voor aspect 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten'

In dit aspect worden de directe emissies naar oppervlaktewater, hydraulische emissies op riool, en emissies naar lucht beoogd.

De eBSD stelt dat ook voor dit aspect de te ontgraven hoeveelheid grond de bepalende factor is en dat een deel van dit aspect (emissie naar lucht) bepaald kan worden op basis van de CO₂-voetafdruk. De eBSD hanteert de CO₂-calculator dus om 2 milieuhygiënische aspecten te verantwoorden.

Daar de CO₂-bijdrage ten gevolge van on-site activiteiten (lokale milieueffecten) meestal veel kleiner is dan de CO₂-bijdragen ten gevolge van off-site sanerings- en transportactiviteiten en daar de CO₂-uitstoot bijdraagt aan de effectcategorie 'opwarming van de aarde' (i.e. globaal probleem), wordt de CO₂-uitstoot eerder aanzien als een globaal/regionaal milieuhygiënisch aspect en hoort dit eerder thuis onder het al aangehaalde aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering'.

Er dient wel nagegaan te worden of het lozen van effluenten tijdens de sanering opgenomen dient te worden onder de 'lokale' milieuhygiënische aspecten of eerder onder de 'globale/regionale'.

Andere milieuhinder tijdens de sanering

Onder 'andere milieuhinder die kan ontstaan tijdens de sanering' worden volgende aspecten aangehaald: geluid, trillingen, geur, natuurwaarde, enz. Ook stofhinder kan hieronder beschouwd worden. Deze aspecten zijn alle 'secundair' maar eerder op 'lokaal' niveau.

De eBSD haalt in zijn redenering ook 'afvalvorming' aan onder dit aspect. Het is volgens de eBSD weinig opportuun om bijkomende afvalstromen te creëren die ondervangen moeten worden door categorie I stortplaatsen.

De visie van de eBSD op de 'afvalvorming' is correct. Afvalvorming en vooral het storten ervan op stortplaatsen is eerder een regionaal probleem, en hoort daarom niet thuis onder dit aspect (waarin voornamelijk lokale milieuhinder beoogd wordt). Afvalvorming zou met andere woorden als extra globaal/regionaal milieuhygiënisch aspect opgenomen kunnen worden in de MCA.

4.2 Voorbeeld 2 – Minerale olie drijfslag

4.2.1 Verontreinigingssituatie en saneringsnoodzaak

Het betrokken terrein is gelegen in natuurgebied (bestemmingstype I) en is omgeven door lichte industrie en natuurgebied. Het aanwezige gebouw werd 'zonevreemd' gebouwd. Het grondwater bevindt zich rond 2 m-mv en stroomt in zuidelijke tot westelijke richting. In het BBO werd een gemengde verontreiniging met minerale olie en BTEX vastgesteld in het vaste deel van de aarde en in het grondwater, alsook een drijfslag. De verontreiniging is ontstaan in de periode 1970-2006 en werd veroorzaakt door een breuk in de leidingen ter hoogte van 2 ondergrondse stookolietanks (2 x 10000 liter). De verontreiniging bevindt zich deels onder het aanwezige gebouw. In Tabel 16 worden de geraamde initiële verontreinigende volumes weergegeven.

	Volume (m ³)	Vuilvracht (kg)
Vaste deel van de bodem	1200	26758
Grondwater (porositeit 30%)	1200 (360)	1,5
Drijfslag	210	178500

Tabel 16: Geraamde initiële verontreinigende volumes

Volgens het BBO gaat er geen humaan of ecologisch risico uit van de verontreiniging, maar wel een verspreidingsrisico. Het verspreidingsrisico is te wijten aan de aanwezigheid van een drijfslag en de bedreiging van de leidinggracht en bijgevolg diende een BSP opgesteld te worden. Gezien de OVAM van oordeel was dat er ook een humaan of ecologisch risico uitging van de drijfslag omdat het contact tussen de drijfslag en mensen en dieren niet kon uitgesloten worden, werd de besluitvorming bijgestuurd.

4.2.2 Selectie 'technisch haalbare' saneringsvarianten

In het BSP werden een aantal saneringsvarianten uitgewerkt om voor de aangetroffen verontreiniging de risico's weg te nemen. Volgende technieken komen volgens de eBSD in aanmerking:

1. Ontgraven - Aangezien het gebouw 'zonevreemd' gebouwd werd en heraanleg van verharding strikt gezien niet vergund zal worden, werd beslist om binnen het gebouw geen verharding weg te nemen. Buiten het gebouw kan wel ontgraven worden daar na sanering als verharding gravé, waarvoor geen vergunning nodig is, kan aangebracht worden.
2. Pump & Treat (P&T) - saneren van grondwater
3. In situ drijfslagverwijdering
 - a) Actieve drijfslagverwijdering via multifasenextractie (MFE)
 - b) Passieve drijfslagverwijdering via skimming
4. Bodemluchtexttractie (BLE) - enkel als stimulans bij andere technieken.
5. Natuurlijke attenuatie - eindstap als de drijfslag/kern is weggenomen en de restconcentraties verder kunnen afbreken tot aanvaardbare restconcentraties

Op basis van een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten werden volgende saneringsvarianten (V1, V2 en V3) door de eBSD weerhouden:

— **V1: Ontgraven + drijfslagverwijdering (MFE/VER) + P&T**

Buiten gebouw

Ontgraven tot 3 m-mv (binnen contour drijfslag) met als back-up variant een drain en pompput voor grondwatersanering.

Binnen gebouw

Drijfslagverwijdering m.b.v. 'Vacuüm Enhanced Recovery' (VER) en P&T voor grondwatersanering.

— **V2: selectieve drijfslagverwijdering (MFE/VER)**

— **V3: P&T voor drijfslagverwijdering en grondwatersanering**

4.2.3 Uitgevoerde multicriteria analyse

Het doel van de MCA is om op basis van milieuhygiënische, technische en financiële aspecten een voorkeursvariant te selecteren. In de MCA, uitgewerkt door de eBSD, werd niet afgeweken van de standaard gewichten. De verschillende criteria in de aspectgroepen, alsook de toekenning van de scores werden door de eBSD toegelicht. De door de eBSD toegekende scores worden weergegeven in Tabel 17.

De voorkeursvariant of saneringsvariant met de hoogste totale score is in dit geval variant 2 (i.e. score 545), zijnde de selectieve drijfslagverwijdering door middel van multifasenextractie. De actieve saneringsduur wordt geraamd op 8 jaar en vervolgens zal er 1 jaar gemonitord worden.

In hoofdstuk Relatie MCA – CO₂-voetafdruk werd de relatie tussen de CO₂-voetafdruk en de aspectgroep 'milieuhygiëne' al aangetoond. Variant 2 heeft in dit geval niet alleen de hoogste 'totale' score, maar scoort ook het beste (i.e. 196) voor de aspectgroep 'milieuhygiëne'. Volgende verantwoordingen werden door de eBSD opgegeven voor de ingevulde scores van de milieuhygiënische aspecten:

- Voor het behalen van de decretale doelstellingen voor het vaste deel van de aarde werd aan saneringsvariant 1 score 6 toegekend, aan variant 2 score 5 en aan variant 3 score 4, daar ontgraven (V1) een positiever effect heeft op de restverontreiniging in het vaste deel van de bodem dan MFE (V2). P&T (V3) scoort nog iets slechter op dit vlak.
- Voor het behalen van de decretale doelstellingen voor grondwater werd aan saneringsvariant 1 score 7 toegekend, aan variant 2 score 6 en aan variant 3 score 2. Dit is te wijten aan de saneringsdoelstellingen voor grondwater zijnde richtwaarde (RW) bij V1, bodemsaneringsnorm (BSN) bij V2 en 5X BSN bij V3.
- De relatieve vuilvrachtreducties van V1, V2 en V3 bedragen respectievelijk 0,95, 0,91 en 0,87 en aan de hoogste vuilvrachtreductie wordt de hoogste score toegekend.

Milieuhygiënisch	Gewicht	V1	V2	V3
Niveau behalen decretale doelstellingen grond	4,25	6	5	4
Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater	4,25	7	6	2
Totale vuilvrachtvermindering	4,25	5,2	5	4,8
Beperkingen na sanering voor het gebruik	4,25	5	6	4
Verbruik secundaire grondstoffen tijdens sanering	4,25	2	7	6
Rechtstreekse emissie nr andere milieucompartimenten	4,25	3	6	6
Andere milieuhinder tijdens de sanering	4,25	3	6	6
Saneringsduur en beleidsdoelstellingen	4,25	5	5	5
	34	154	196	161
Technisch				
afwezigheid bijkomende hinder tijdens de sanering	8,25	4	5,5	5,5
effectieve schade ten gevolge van de sanering	8,25	4	5,5	5,5
potentiële schade ten gevolge van de sanering	8,25	4	5,5	5,5
veiligheidsmaatregelen tijdens de sanering	8,25	4	5,5	5,5
	33	132	182	182
Financieel				
kosten sanering	22	4,3	5,1	5,6
waarde van de restverontreiniging	11	7	5	3
	33	171	168	156
Totaal	100	457	545	498

Tabel 17: Ingevulde MCA eBSD 2

- Omdat in geen enkele variant een ontgraving wordt uitgevoerd binnen het gebouw levert dit in alle varianten beperkingen op. Daar de hoeveelheid restverontreiniging in het vaste deel van de bodem bij V3 groter is dan bij V1 en V2 krijgt deze de laagste score (i.e. score 4). Bij V1 wordt de oorspronkelijke verharding weggenomen welke niet kan vervangen worden. De parkeermogelijkheid valt daardoor weg en dit wordt aanzien als een extra beperking, met als gevolg dat V2 voor dit aspect het beste scoort (i.e. score 6). V1 krijgt score 5 toegekend.
- Aan V1 werd de laagste score toegekend voor het 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' (i.e. score 2) daar er wordt ontgraven (opvulgrond nodig) en deze variant de langste saneringsduur heeft (10 jaar). Om aan V2 en V3 een score toe te kennen werd met de toegepaste hoeveelheden aan verbruiksgoederen rekening gehouden zijnde actieve kool; resp. de scores 7 en 6.
- Om de 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten' te bepalen beschouwt de eBSD de te ontgraven hoeveelheid grond als bepalende factor voor emissie naar lucht en de in-situ saneringsduur als bepalende factor voor emissie naar oppervlaktewater. V2 en V3 krijgen dezelfde score gezien hun in-situ saneringsduur dezelfde is (i.e. 8 jaar). Daar de in-situ saneringsduur van V1 hoger is (i.e. 10 jaar) en er bovendien een ontgraving nodig is, scoort deze variant het slechts. Op basis van deze redenering werden dan volgende scores toegekend: score 3 voor V1, score 6 voor V2 en score 6 voor V3.
- Andere milieuschade die kan ontstaan tijdens de sanering zijn geluid, trillingen, geur, natuurwaarde, stof, enz. Ook hier stelt de eBSD dat geluid- en geurhinder nauw samenhangen met het al dan niet ontgraven van verontreinigde bodem. Op basis van deze redenering werden volgende scores toegekend: score 3 voor V1, score 6 voor V2 en score 6 voor V3.
- Omdat de saneringsduur voor de 3 varianten gelijkaardig is (5 tot mogelijk 30 jaar), wordt aan het aspect 'saneringsduur en beleidsdoelstellingen' aan elke variant eenzelfde score toegekend (i.e. score 5).

Uit de toelichting van de eBSD bij de verschillende milieuhygiënische aspecten kan afgeleid worden dat slechts onder 1 aspect secundaire milieueffecten worden beschouwd, namelijk het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering'. Uit de opsplitsing in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten (Tabel 18) kan afgeleid worden dat variant 2 het beste scoort m.b.t. de lokale milieuhygiënische aspecten (i.e. laagste restverontreiniging met beperkte lokale hinder). Variant 2 scoort ook het hoogst m.b.t. de globale/regionale milieuhygiënische aspecten (i.e. milieuvriendelijkste m.b.t. secundaire milieueffecten ten gevolge van de sanering en het verbruik van grondstoffen).

Milieuhygiënische	Gewicht	V1	V2	V3
Niveau behalen decretale doelstellingen grond	4,25	6	5	4
Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater	4,25	7	6	2
Totale vuilvrachtvermindering	4,25	5,2	5	4,8
Beperkingen na sanering voor het gebruik	4,25	5	6	4
Rechtstreekse emissie nr andere milieucompartimenten	4,25	3	6	6
Andere milieuhinder tijdens de sanering	4,25	3	6	6
Saneringsduur en beleidsdoelstellingen	4,25	5	5	5
	29,75	154,4	165,8	135,0
Regionale/globale milieuhygiënische aspecten				
Verbruik secundaire grondstoffen tijdens sanering	4,25	2	7	6
	4,25	8,5	29,75	25,5

Tabel 18: Opdeling in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten - invulling eBSD 2

4.2.4 Berekening CO₂-voetafdruk

Op basis van de 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van een levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd in overleg met OVAM beslist om de algemene bruikbaarheid van het begrip "CO₂-voetafdruk" in bodemsaneringsprojecten te evalueren aan de hand van de CO₂-calculator opgesteld door Tauw, Nederland.

Op basis van de beschikbare informatie in het BSP werd de CO₂-calculator van Tauw ingevuld. Er werd hierbij rekening gehouden met volgende informatie:

V1: ontgraven + drijfslagverwijdering + P&T

Buiten de kazerne: ontgraven

V ontgraven grond = 250 m² x 3 m = 750 m³ of 1275 ton (= 750*1,7)

V aanvulzand = 750 m³

HDPE-folie tussen vaste deel van de bodem en aanvulzand

Er wordt een drain voorzien voor grondwatersanering en een pompput

Binnen de kazerne: drijfslagverwijdering (MFE/VER) en P&T

7 tal VER-filters

Vacuümpompsysteem + 2 koolfilters voor zuivering bodemlucht

Zuivering grondwater m.b.v. oliewaterafscheider, zandfilter (ontijzering), dubbele waterzijdige en dubbele luchtzijdige actief koolfilter en lozen op riolering.

2 jaar MFE laag debiet (2 m³/dag) en vervolgens 8 jaar P&T hoger debiet (5 m³/dag)

Monitoring gedurende 1 jaar na stopzetting sanering.

Restverontreiniging:

Mobiele drijfslag: volledig verwijderd

Vaste deel van de bodem: restverontreiniging binnen kazerne - werd niet actief gesaneerd; wel afname concentraties t.g.v. beluchting waardoor biologische stimulatie kan optreden.

Grondwater: geen restverontreiniging daar gesaneerd wordt tot richtwaarde (RW).

V2: selectieve drijfslagverwijdering

20 tal VER-filters (vacuüm extractiefilter)

Vacuümpompsysteem + koolfilters voor zuivering bodemlucht

Zuivering grondwater m.b.v. oliewaterafscheider, zandfilter (ontijzering), dubbele waterzijdige actief koolfilter, dubbele luchtzijdige actief koolfilter en lozen op riolering
3 jaar MFE laag debiet (2 m³/dag) en vervolgens 5 jaar P&T hoger debiet (max. 10 m³/dag)

Monitoring gedurende 1 jaar na stopzetting sanering.

Restverontreiniging:

Mobiele drijfslag: volledig verwijderd

Vaste deel van de bodem: restverontreiniging daar niet actief gesaneerd werd; geen risico; afname concentraties t.g.v. beluchting waardoor biologische stimulatie kan optreden.

Grondwater: wel restverontreiniging, maar geen risico daar gesaneerd wordt tot BSN.

V3: P&T

20 tal enkelvoudige onttrekkingsfilters

Zuivering grondwater m.b.v. oliewaterafscheider, zandfilter (ontijzering), dubbele waterzijdige actief koolfilter, dubbele luchtzijdige actief koolfilter en lozen op riolering
5 jaar P&T laag debiet (2 m³/dag) en vervolgens 3 jaar P&T hoger debiet (max 10 m³/dag)

Monitoring gedurende 1 jaar na stopzetting sanering.

Restverontreiniging:

Mobiele drijfslag: volledig verwijderd

Vaste deel van de bodem: restverontreiniging daar niet actief gesaneerd werd; geen risico, concentraties zullen niet tot weinig afnemen.

Grondwater: wel restverontreiniging, maar geen risico daar gesaneerd wordt tot **5X BSN**.

De resultaten van de CO₂-berekening worden weergegeven in Tabel 19. De 'minst milieuvriendelijke' variant (i.e. die met de hoogste CO₂-voetafdruk) is variant 1 en dit is te wijten aan het feit dat in variant 1 grond wordt ontgraven die extern behandeld dient te worden. Bovendien moet in variant 1 ook het grootste volume grondwater gezuiverd worden. De 'milieuvriendelijkste' is variant 2.

RESULTAAT (ton CO ₂)	Variant 1	Variant 2	Variant 3
ONTGRAVEN LANDBODEM	122	0	0
Ontgraven	3	0	0
Verwerken	85	0	0
Materialen	1	0	0
Transport	33	0	0
GRONDWATER ONTTREKKEN	34	21	35
Aanleg systeem	2	1,1	3
Onttrekken	31,7	19,8	32
Transport	0,5	0,2	0,2
GRONDWATER ZUIVEREN	394	254	365
Zuiveringsonderdeel	348,1	217,4	340,2
Hulpstoffen/chemicaliën	1,2	1	0,6
Afvalstoffen	44	35,2	23,5
Transport	0,2	0,2	0,2
MFE	37	55	0
Aanleg	0,7	1,1	0
In stand houden	36,2	53,6	0
Transport	0,2	0,2	0
TOEZICHT EN NAZORG	2	1	1
Toezichthouder	1,33	1	1
Directie	0,04	0,04	0,04
Milieukundig begeleider	0,11	0,04	0,04
Onderhoudsmonteur	0,04	0,04	0,04
TOTAAL ton CO₂	588	331	401

Tabel 19: Resultaten CO₂-berekening – voorbeeld 2

4.2.5 Evaluatie BATNEEC eBSD en toelichting relatie met CO₂-calculator

In de volgende paragrafen zal in eerste instantie de selectie van de best beschikbare technieken door de eBSD geëvalueerd worden en vervolgens de door de eBSD uitgevoerde MCA. De relaties met de CO₂-calculator zullen telkens toegelicht worden.

— Beoordeling selectie ‘technisch haalbare’ saneringsvarianten eBSD

Alvorens de MCA toe te passen, werd door de eBSD in de BATNEEC-evaluatie nagegaan welke saneringstechnieken in aanmerking komen om de vastgestelde verontreiniging te saneren en werden 3 saneringsvarianten voorgesteld. De selectie van ‘technisch haalbare’ varianten blijft ‘expert-judgement’ en maakt geen deel uit van de MCA (of CO₂-calculatie).

Hoewel de vuilvrachtberekeningen niet werden toegevoegd aan het BSP, werd deze voor de drijfslag foutief berekend. Daarnaast werd de mobiliteit van de drijfslag niet nagegaan, waardoor het niet mogelijk is om de benodigde periode voor drijfslagverwijdering correct in te schatten.

Als mogelijke saneringstechniek werd ook de klassieke P&T weerhouden. Voor een stookolie-verontreiniging is dit echter geen BBT.

Naast de VER-techniek diende tevens de mogelijkheid tot selectieve drijfslagverwijdering d.m.v. skimmers vermeld en uitgewerkt te worden.

Het BSP mist een aantal elementen (o.a. mobiliteit drijfslag) om een gefundeerde BATNEEC-afweging uit te voeren. Ondanks deze bemerkingen, wordt in de volgende paragraaf de MCA uitgevoerd door de eBSD geëvalueerd.

— Beoordeling MCA eBSD

In de MCA wordt op basis van milieuhygiënische, technische en financiële aspecten een voorkeursvariant geselecteerd. In de volgende paragrafen worden een aantal bemerkingen m.b.t. de door de eBSD ingevulde MCA geformuleerd.

De variant met de laagste restverontreiniging is niet per definitie de milieuvriendelijkste. Hoewel het grootste deel van de verontreinigingsvlek buiten het gebouw ligt en de restverontreiniging bij variant 1 (i.e. combinatie van ontgraven buiten gebouw en VER en P&T binnen het gebouw) het laagst zal zijn, werd deze variant op basis van de MCA niet weerhouden als voorkeursvariant. Zowel voor de lokale milieuhygiënische aspecten 'rechtstreekse emissies', 'andere milieuhinder' en 'beperkingen na sanering voor het gebruik' als voor het globale/regionale milieuhygiënische aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen' scoort variant 1 niet goed in de MCA. Deze aspecten wegen meer door op de totale som van de milieuhygiënische aspecten dan de aspecten m.b.t. de te behalen decretale doelstellingen en vuilvrachtvermindering. Dus, de variant met de laagste restverontreiniging is meestal deze met de hoogste secundaire milieueffecten. Ook op basis van technische aspecten scoort variant 1 niet goed.

Verbruik van sec. grondstoffen tijdens sanering'

De eBSD heeft geen kwantitatieve berekening (bv. CO₂-berekening) uitgevoerd, maar wel een kwalitatieve evaluatie, waarbij rekening werd gehouden met het saneringsonderdeel 'ontgraven' en 'grondwateronttrekking en zuivering' en met verbruikte hoeveelheden aan bepaalde goederen. In V1 wordt een combinatie van beide onderdelen uitgevoerd. De tijdsduur voor 'grondwateronttrekking en zuivering' is relatief lang. Daarom krijgt deze variant de laagste score. Op basis van de verbruikte hoeveelheden actieve kool werd een score toegekend aan V2 en V3.

De resultaten van de CO₂-berekening (§ 4.2.4) bevestigen dat variant 1 het minst milieuvriendelijk is op basis van secundaire milieueffecten, i.e. ten gevolge van het verbruik van energie en materialen voor de sanering.

Rechtstreekse emissies naar andere milieucompartimenten

Voor het bepalen van emissies naar lucht werd rekening gehouden met het saneringsonderdeel 'ontgraven' en het vrijkomen van vluchtige stoffen. Voor emissie naar oppervlaktewater wordt rekening gehouden met de te onttrekken volumes grondwater die gezuiverd en geloosd dienen te worden.

Afvalvorming

In dit BSP werd afvalvorming niet opgenomen in de MCA.

5 Aanbevelingen m.b.t. MCA en integratie CO₂-calculator

In de huidige MCA staat het beperken van de restverontreiniging en de lokale risico's centraal en gaat er weinig aandacht naar de 'globale' en/of 'regionale' secundaire milieueffecten ten gevolge van een sanering. Het doel van deze studie was om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk in bodemsaneringsprojecten nader te evalueren en voorstellen te formuleren voor aanpassing van de huidige MCA.

In HOOFDSTUK 2 werd al aangehaald dat het huidige milieuhygiënische aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' het enige aspect is dat momenteel secundaire milieueffecten meeneemt (i.e. relatie tussen de huidige MCA en de CO₂-calculator). Om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-calculator te evalueren werd de CO₂-calculator in HOOFDSTUK 4 toegepast op 2 gevalstudies (zware metaalproblematiek en minerale olieverontreiniging). Aan de hand van deze 2 BSP's werd de relatie tussen de CO₂-calculator en de huidige MCA toegelicht. Op basis van deze 2 hoofdstukken werd tevens duidelijk dat integratie van de CO₂-calculator in de MCA mogelijk is (zie § 5.1).

Op basis van de voorbeelden in HOOFDSTUK 4 en de kennis uit de voorgaande rapporten rond het toepassen van LCA in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering werden nog een aantal andere aanbevelingen geformuleerd voor aanpassing van de MCA (zie § 5.2).

5.1 Integreren van de CO₂-calculator in de MCA

Uit de voorgaande hoofdstukken kan afgeleid worden dat het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' met behulp van de CO₂-calculator op een objectieve manier kan begroot worden. De CO₂-voetafdruk van een saneringsvariant wordt hierbij uitgedrukt in ton CO₂ (emissie naar lucht). De CO₂-voetafdrukken van de verschillende saneringsvarianten kunnen onderling vergeleken worden en gehanteerd worden voor een objectieve invulling van de scores voor het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering'.

De CO₂-calculatie heeft nog een aantal bijkomende voordelen. Doordat op basis van de CO₂-calculatie een beter inzicht bekomen wordt in de belangrijkste CO₂-bijdragers kunnen bestaande saneringstechnologieën en/of –varianten mogelijk 'milieuvriendelijker' gemaakt worden.

Omdat voor het opstellen van een kostenraming voor een saneringsvariant ongeveer dezelfde gegevens nodig zijn als voor het invullen van de CO₂-calculator, kan overwogen worden om beide onderdelen te combineren in één tool.

5.2 Aanbevelingen voor wijziging huidige MCA-procedure

Op basis van de voorbeelden in HOOFDSTUK 4 en de kennis uit de voorgaande rapporten rond het toepassen van LCA in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering worden onderstaande aanpassing van de MCA aanbevolen:

- Opname aspect 'productie van niet-herbruikbaar afval tijdens de sanering';
- Verduidelijking aspect 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten';
- Opsplitsing milieuhygiënische aspectgroep in lokale en globale/regionale aspecten;
- Aanpassen van de wegingsfactoren.

5.2.1 Productie van niet-herbruikbaar afval tijdens de sanering (afvalvorming)

Een milieuhygiënisch aspect dat momenteel niet vervat zit in de MCA is 'de productie van niet-herbruikbaar afval' of kortweg 'afvalvorming'.

Onder niet-herbruikbaar afval wordt afval verstaan dat niet verder reinigbaar is en/of niet hergebruikt kan worden en bijgevolg gestort moet worden. Naargelang de gekozen saneringstechniek zal de hoeveelheid van dit soort afval (i.e. niet herbruikbare /reinigbare actieve kool, niet reinigbare grond, ...) verschillen. Bijgevolg wordt aangeraden om dit aspect toe te voegen aan de milieuhygiënische aspecten (zie ook § 5.2.3).

5.2.2 Rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten

In dit aspect worden de rechtstreekse emissies naar oppervlaktewater, hydraulische emissies op riool, en emissies naar lucht beoogd.

Daar de CO₂-voetafdruk voornamelijk onrechtstreekse emissies naar lucht begroot (i.e. CO₂-emissies gerelateerd aan off-site saneringsactiviteiten en transportactiviteiten) en bijdraagt aan de effectcategorie 'opwarming van de aarde' (i.e. globaal probleem), behoort de CO₂-uitstoot niet tot dit aspect. Daar de CO₂-voetafdruk al wordt ingezet voor het begroten van het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering', wordt ook omwille van deze reden aangeraden om de CO₂-calculator in te zetten voor dit aspect of andere aspecten binnen de MCA.

Onder 'het lozen van effluënten tijdens de sanering' valt zowel het lozen van effluent van de grondwaterzuiveringsinstallatie op de riolering of op oppervlaktewater als emissies van het effluent van bodemluchtzuiveringsinstallaties naar lucht.

5.2.3 Splitsing in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten

In de huidige MCA verwijst enkel het aspect 'verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens de sanering' eenduidig naar de 'globale/regionale' secundaire milieueffecten van een sanering. Op basis van voorgaande hoofdstukken werd ook vastgesteld dat onder de aspecten 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten' en 'andere milieuhinder tijdens de sanering' door de eBSD niet alleen 'lokale' maar soms ook 'globale/regionale' secundaire milieueffecten worden aangehaald o.a. afvalvorming, lozen op riolering tijdens de sanering, ...

Op basis van deze analyse wordt voorgesteld om binnen de huidige MCA de milieuhygiënische aspecten op te splitsen in lokale milieuhygiënische aspecten en globale/regionale milieuhygiënische aspecten.

— Lokale milieuhygiënische aspecten

Tot de lokale milieuhygiënische aspecten behoren zowel aspecten die betrekking hebben op de primaire milieueffecten (i.e. lokale risico's en beperkingen ten gevolge van de (rest)verontreiniging) alsook de 'lokale' secundaire milieueffecten (i.e. lokale milieuhinder ten gevolge van saneringsactiviteiten).

De huidige milieuhygiënische aspecten die gerelateerd worden aan de 'primaire milieueffecten' zijn:

- Niveau behalen decretale doelstellingen grond
- Niveau behalen decretale doelstellingen grondwater
- Totale vuilvrachtvermindering
- Beperkingen na sanering voor het gebruik

De huidige milieuhygiënische aspecten die gerelateerd worden aan de 'lokale secundaire milieueffecten' zijn:

- Rechtstreekse (polluent)emissie naar andere milieucompartimenten tijdens de sanering
- Andere 'lokale' milieuhinder tijdens de sanering
- Saneringsduur en beleidsdoelstellingen

De onderlijnde woorden in bovenstaande aspecten betreffen slechts kleine aanpassingen van de huidige MCA. Mogelijk dient ook de inhoudelijke beschrijving van deze aspecten hieraan aangepast te worden.

— **Globale/regionale milieuhygiënische aspecten**

Tot de globale/regionale milieuhygiënische aspecten behoren aspecten die betrekking hebben op de 'niet lokale' secundaire milieueffecten (i.e. globale/regionale milieuhinder ten gevolge van saneringsactiviteiten).

Milieuhygiënische aspecten die gerelateerd kunnen worden aan globale/regionale secundaire milieueffecten zijn:

- Verbruik aan secundaire grondstoffen tijdens sanering
- Productie van niet herbruikbaar afval
- Rechtstreekse broeikasgasemissies tijdens de sanering

Verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering

Om de CO₂ die vrijkomt bij de uitvoering van bodemsaneringswerken te berekenen (o.a. door de verbranding van fossiele brandstoffen en elektriciteitsverbruik van pompen, zuiveringsinstallaties, e.d. en materiaalverbruik voor leidingen, injectie e.d.), dient in de CO₂-calculator per saneringsonderdeel onder andere het energieverbruik (elektriciteit en brandstof) en het materiaalverbruik (peilbuizen, chemicaliën, actieve kool, ...) ingevoerd te worden. Bijgevolg kan gesteld worden dat de CO₂-calculator het verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering begroot en uitdrukt in ton CO₂ (emissie naar lucht).

De CO₂-uitstoot ten gevolge van een sanering of het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' wordt aanzien als een globaal/regionaal milieuhygiënisch aspect daar:

- de CO₂-bijdrage ten gevolge van on-site activiteiten (lokale secundaire milieueffecten) meestal veel kleiner is dan de CO₂-bijdrage ten gevolge van off-site saneringsactiviteiten en transportactiviteiten;
- de CO₂-uitstoot bijdraagt aan de 'opwarming van de aarde'.

Op basis van § 5.1 kan gesteld worden dat dit aspect in de toekomst op een objectieve wijze begroot kan worden met behulp van een CO₂-calculator.

Productie van niet-herbruikbaar afval

Omdat de te storten hoeveelheid niet-herbruikbaar afval gerelateerd kan worden aan saneringsactiviteiten, wordt het als een secundair milieueffect beschouwd. Daar het storten van niet-herbruikbaar afval op stortplaatsen een regionaal probleem is, hoort ook dit aspect thuis onder de 'globale/regionale milieuhygiënische aspecten'.

Rechtstreekse broeikasgasemissies tijdens de sanering

Het vrijkomen van broeikasgassen tijdens de sanering (vb. de methaangasproductie ten gevolge van in-situ afbraakprocessen) wordt beschouwd als regionale/globale secundaire milieueffect.

5.2.4 Aanpassen van wegingsfactoren

Indien beslist wordt om een CO₂-calculator te integreren in de huidige MCA (§ 5.1) en/of indien beslist wordt om één of meerdere van bovenstaande aanbevelingen op te nemen in de huidige MCA (i.e. § 5.2.1, § 5.2.2 en/of § 5.2.3, dan dient zowel de inhoudelijke beschrijving van een aantal aspecten verder uitgewerkt te worden alsook het opstellen van geschikte wegingsfactoren.

Indien beslist wordt om de aspectgroep 'milieuhygiëne' op te splitsen in 'lokale' en 'globale/regionale' milieuhygiënische aspecten, dan dienen mogelijk alle wegingsfactoren binnen deze aspectgroep aangepast te worden. Er moet hierbij nagedacht worden over de gewichten die toegekend zullen worden aan de 'lokale' milieuhygiënische aspecten (zowel voor de primaire effecten m.b.t. (rest)verontreiniging als de lokale neveneffecten van de sanering) en deze die toegekend worden aan de 'globale/regionale' milieuhygiënische aspecten. Er dient een optimum gevonden te worden tussen vuilvrachtverwijdering en vermindering van de lokale risico's enerzijds (i.e. de lokale milieuhygiënische aspectgroep) en de globale en/of regionale milieu-nadelen (i.e. de globale/regionale milieuhygiënische aspectgroep) anderzijds.

6 Besluit

In de huidige MCA staat het beperken van restverontreiniging en van de lokale risico's centraal en gaat er weinig aandacht uit naar de 'globale' en/of 'regionale' secundaire milieueffecten ten gevolge van een sanering.

Het doel van deze studie was om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk voor het begroten van secundaire milieueffecten in bodemsaneringsprojecten nader te evalueren en aanbevelingen te formuleren voor aanpassing van de huidige MCA.

Op basis van de 2 voorafgaande literatuurstudies rond het toepassen van een levenscyclusanalyse (LCA) in bodemsaneringsprojecten en het berekenen van de CO₂-voetafdruk van een bodemsanering (VITO-rapporten 2011/RMA/R/255 en 2011/RMA/R/035) werd in overleg met OVAM beslist om de algemene bruikbaarheid van de CO₂-voetafdruk in bodemsaneringsprojecten te evalueren aan de hand van de CO₂-calculator opgesteld door Tauw, Nederland.

Deze CO₂-calculator werd toegepast op 2 gevalstudies (zware metaalproblematiek en minerale olieverontreiniging). Aan de hand van deze 2 BSP's werd in het bijzonder de relatie tussen de CO₂-calculator en de huidige MCA nagegaan. Bij het bestuderen van de huidige MCA werd vastgesteld dat de invulling van het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' momenteel vrij subjectief is en sterk afhankelijk van de expertise van de eBSD. Bovendien is het niet evident om de verbruiken van drie sterk verschillende saneringsvarianten onderling te vergelijken. Om dit aspect op een objectievere manier te beoordelen kan de CO₂-calculator toegepast worden. Om de CO₂ die vrijkomt bij de uitvoering van bodemsaneringswerken te berekenen, dient in de CO₂-calculator per saneringsonderdeel het energie- en materiaalverbruik ingevoerd te worden. Bijgevolg kan gesteld worden dat de CO₂-calculator het verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering begroot en uitdrukt in ton CO₂ (emissie naar lucht). Integratie van de CO₂-calculator in de MCA is dus mogelijk en de resultaten van de CO₂-calculator (de CO₂-voetafdrukken) kunnen gebruikt worden voor een objectievere vergelijking van het verbruik aan secundaire grondstoffen van verschillende saneringsvarianten tijdens de sanering, maar ook om meer inzicht te krijgen in de belangrijkste bijdragers (onderdelen) en/of om bestaande saneringstechnologieën en/of -varianten 'milieuvriendelijker' te maken. Er dient opgemerkt te worden dat alvorens de MCA toegepast kan worden de eBSD eerst dient aan te geven welke saneringstechnieken in aanmerking komen om de vastgestelde verontreiniging te saneren. De selectie van 'technisch haalbare' varianten in de BATNEEC-evaluatie blijft 'expert-judgement' en maakt geen deel uit van de MCA (of CO₂-calculatie). Wanneer een onvolledig of verkeerd overzicht van mogelijke technieken wordt gegeven, is de kans groot dat de geselecteerde varianten niet correct zijn en de resultaten van de MCA niet bruikbaar zijn.

Bij het bestuderen van de huidige MCA werd vastgesteld dat het milieuhygiënische aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' momenteel het enige aspect is dat 'globale/ regionale' secundaire milieueffecten meeneemt. De CO₂-uitstoot ten gevolge van een sanering wordt immers aanzien als een globaal/regionaal milieuhygiënisch aspect daar de CO₂-bijdrage ten gevolge van on-site activiteiten (lokale secundaire milieueffecten) meestal veel kleiner is dan de CO₂-bijdrage ten gevolge van off-site saneringsactiviteiten en transportactiviteiten. Bovendien draagt de CO₂-uitstoot bij aan de effectcategorie 'opwarming van de aarde', wat beschouwd wordt als een globaal probleem. De andere aspecten die secundaire milieueffecten meenemen namelijk de aspecten 'andere milieuhinder tijdens sanering' en 'saneringsduur en beleidsdoelstelling', behoren tot de 'lokale milieuhygiënische aspecten'.

Wat precies meegenomen dient te worden onder het huidige aspect 'rechtstreekse emissie naar andere milieucompartimenten' is momenteel niet duidelijk. Sommige deskundigen kwantificeren of vergelijken de rechtstreekse emissie naar lucht op basis van CO₂-voetafdrukken. Daar de CO₂-voetafdruk voornamelijk onrechtstreekse emissies naar lucht begroot (i.e. ten gevolge van off-site saneringsprocessen en transportactiviteiten), behoort de CO₂-uitstoot niet tot dit aspect. Bovendien wordt de CO₂-voetafdruk reeds ingezet voor het begroten van het aspect 'verbruik van secundaire grondstoffen tijdens de sanering' en wordt afgeraden om de CO₂-calculator in te zetten voor meerdere aspecten binnen de MCA. Het aspect 'rechtstreekse emissies naar andere milieucompartimenten' dient dus verduidelijkt te worden en vervolgens dient beslist te worden of het wordt toegekend aan de 'lokale' dan wel aan de 'globale/regionale' milieuhygiënische milieuaspecten.

Een milieuhygiënisch aspect dat momenteel niet vervat zit in de MCA is 'de productie van niet-herbruikbaar afval' of kortweg 'afvalvorming'. Onder niet-herbruikbaar afval wordt afval verstaan dat niet verder reinigbaar is en/of niet hergebruikt kan worden en bijgevolg gestort moet worden. Naargelang de gekozen saneringstechniek zal de hoeveelheid van dit soort afval (i.e. niet herbruikbare /reinigbare actieve kool, niet reinigbare grond, ...) verschillen. Bijgevolg wordt aangeraden om dit aspect toe te voegen aan de 'globale/regionale milieuhygiënische aspecten' van de MCA.

Op basis van deze studie werd duidelijk dat niet alleen de inhoudelijke beschrijving van een aantal aspecten in de huidige MCA verder uitgewerkt dienen te worden, maar dat het opnemen van extra aspecten in de MCA en het opsplitsen van de milieuhygiënische aspecten in 'lokale' en 'globale/regionale' aspecten ook zal leiden tot aanpassing en/of het opstellen van geschikte wegingsfactoren. Er zal hierbij een optimum gevonden moeten worden tussen gewichten toegekend aan de lokale milieuhygiënische aspectgroep en gewichten toegekend aan de globale/regionale milieuhygiënische aspectgroep.

Bijlage 1: Lijst van tabellen

Tabel 1: Waarden voor CO2-emissie bij verbranding	14
Tabel 2: Waarden voor CO2-emissie bij winning, transport en voorbehandeling	15
Tabel 3: Waarden voor de dichtheden van brandstoffen	16
Tabel 4: Waarden voor CO2-emissie bij elektriciteitsproductie en transport	17
Tabel 5: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen - ontgraving	19
Tabel 6: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen - grondwater	20
Tabel 7: Waarden voor verschillende saneringsonderdelen – grondwater (vervolg)	21
Tabel 8: Voorgestelde saneringstechnieken eBSD	24
Tabel 9: Ingevulde MCA eBSD 1	25
Tabel 10: Toelichting scores MCA voor het aspect 'totale vuilvrachtvermindering'	25
Tabel 11: Opdeling in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten - invulling eBSD 1	27
Tabel 12: Invoerparameters en resultaten scenario 1 - ontgraven landbodem	27
Tabel 13: Invoerparameters scenario 2 'ontgraven landbodem met inbegrip van damwand, bemaling en externe verwerking van de grondstroom'	29
Tabel 14: Resultaten scenario 2 'ontgraven landbodem met inbegrip van damwand, bemaling en externe verwerking van de grondstroom'	30
Tabel 15: Resultaten scenario 1 en 2 voor saneringsonderdeel 'ontgraven landbodem'	30
Tabel 16: Geraamde initiële verontreinigde volumes	33
Tabel 17: Ingevulde MCA eBSD 2	35
Tabel 18: Opdeling in lokale en globale/regionale milieuhygiënische aspecten - invulling eBSD 2	36
Tabel 19: Resultaten CO2-berekening – voorbeeld 2	38

Bijlage 2: Lijst van figuren

Bijlage 3: Bibliografie

Ecoinvent, 2007: The cycle inventory data, Swiss Centre for Life Cycle Inventories

Ecoinvent Data v2.2, 2010: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Switzerland
(www.ecoinvent.org)

Simapro 7.3.0 – LCA Software, 2011: PRé consultants bv, Amersfoort, The Netherlands

OVAM, 2009: Standaardprocedure BSP

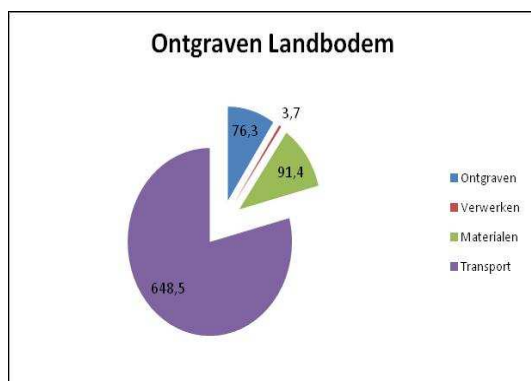
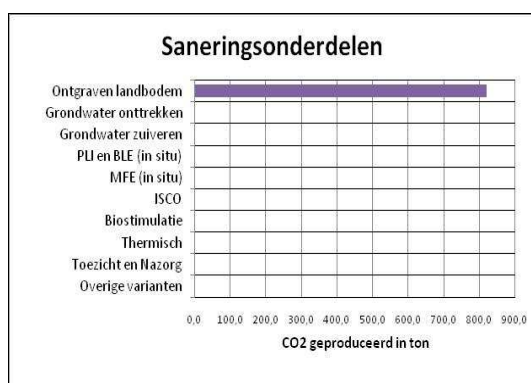
Touchant K, Lookman R & Bronders J (2011): CO₂-calculator voor bodemsaneringsprojecten –
Fase 1: Voorstel aanpak Vlaanderen

Touchant K, Lookman R & Bronders J (2011): LCA toepassingen in bodemsaneringsprojecten
Fase 1 : Literatuurstudie

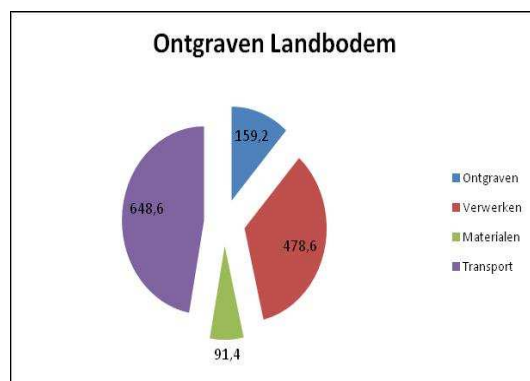
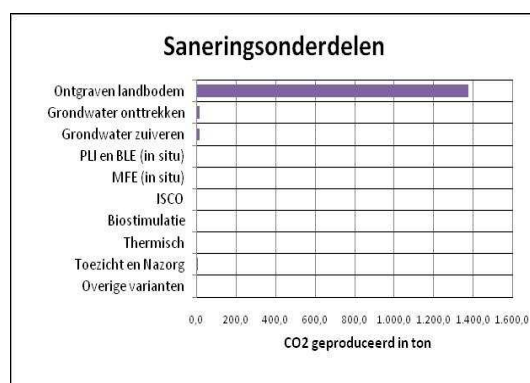
Bijlage 4: Visuele weergave CO₂-voetafdruk voorbeeld 1

Variant 1

Senario 1

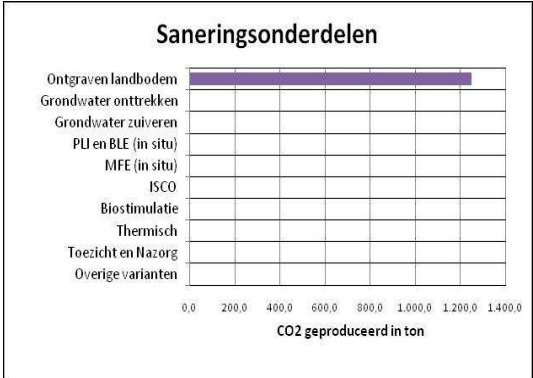


Senario 2

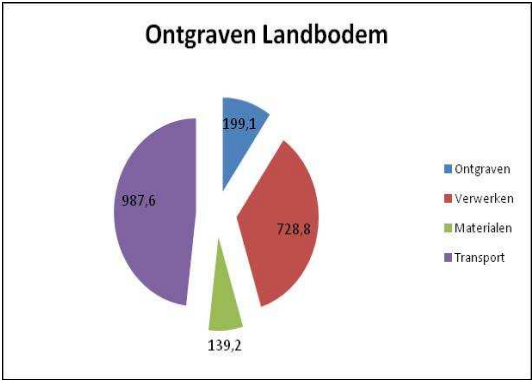
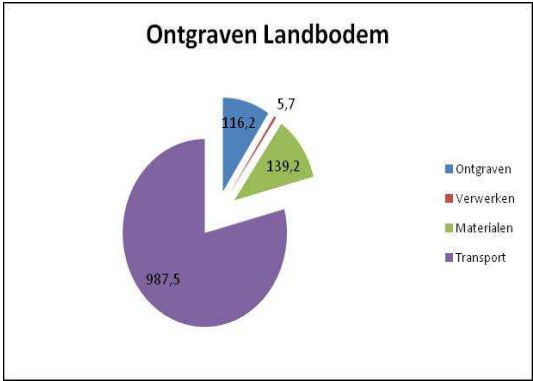
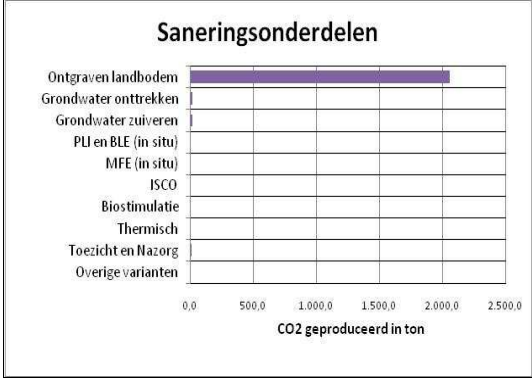


Variant 2

Senario 1

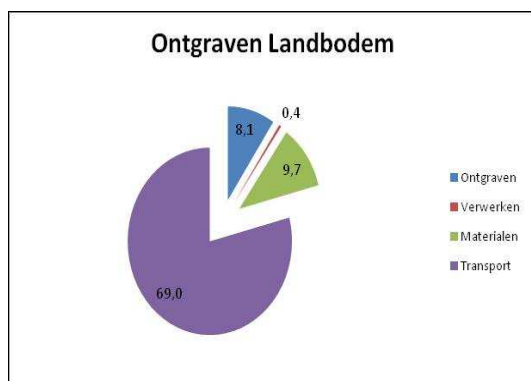
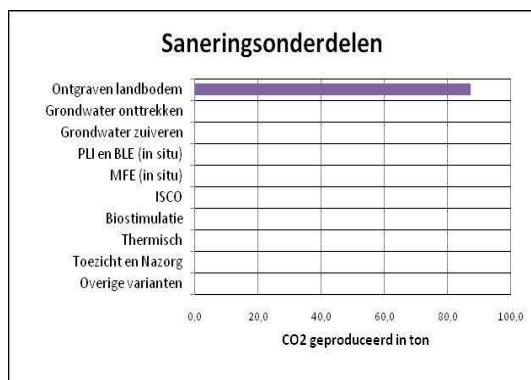


Senario 2



Variant 3

Senario 1



Senario 2

