

**MILIEUEFFECTRAPPORT
LANDELIJK AFVALBEHEERPLAN**

**Achtergronddocument A21
Uitwerking “droog rookgasreinigingsresidu”**

Afval Overleg Orgaan
2002

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	4
2. SAMENSTELLING DROOG ROOKGASREINIGINGSRESIDU	5
3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES	6
4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN	8
5. STORTEN IN BIG BAGS	10
5.1 Procesbeschrijving	10
5.2 Massabalans en ruimtebeslag	10
5.3 Transport	11
5.4 Energie	11
5.5 Bedrijfsmiddelen	11
5.6 Emissies	12
5.7 Leemten in kennis	12
6. GEMENGDE RESIDUEN STORTEN IN BIG BAGS	13
6.1 Procesbeschrijving	13
6.2 Massabalans en ruimtebeslag	13
6.3 Transport	14
6.4 Energie	15
6.5 Bedrijfsmiddelen	15
6.6 Emissies	16
6.7 Leemten in kennis	18
7. PYROLYSE/SMELTEN	19
7.1 Inleiding	19
7.2 Procesbeschrijving	19
7.3 Massabalans en ruimtebeslag	22
7.4 Transport	24
7.5 Energie	26
7.6 Bedrijfsmiddelen	28
7.7 Emissies	30
7.8 Leemten in kennis	33
8. VERSATZBAU	34
8.1 Procesbeschrijving	34
8.2 Massabalans en ruimtebeslag	34
8.3 Transport	35
8.4 Energie	35
8.5 Bedrijfsmiddelen	35
8.6 Emissies	36
8.7 Leemten in kennis	36

BIJLAGEN:

1. Ingreeptabellen
2. Literatuurlijst

1. INLEIDING

In het MER voor het LAP worden beheersalternatieven voor diverse afvalstoffen vergeleken, waarbij gebruik wordt gemaakt van Levens Cyclus Analyse (LCA). Alle LCA-berekeningen worden uitgevoerd voor 1 ton afval.

In de LCA-berekeningen m.b.t. de afvalbeheersalternatieven worden diverse processen meegenomen. Om LCA-berekeningen te kunnen uitvoeren, dient onder meer de volgende informatie beschikbaar te zijn:

- de samenstelling van de afvalstof;
- het energieverbruik van de in de LCA meegenomen processen;
- het bedrijfsmiddelenverbruik van de in de LCA meegenomen processen. Onder bedrijfsmiddelen worden in dit verband verstaan chemicaliën, water, etc.;
- de emissies naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem van de in de LCA meegenomen processen.

Componenten (verontreinigingen) aanwezig in het afval kunnen diverse wegen “bewandelen” en vervolgens het milieu belasten, bijvoorbeeld het milieucompartiment “lucht” via de rookgassen van een verbrandingsinstallatie of het milieucompartiment “bodem” via uitloging bij het storten of nuttig toepassen van reststoffen van afvalverwerking.

Om de emissies van componenten naar de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater en bodem te kunnen bepalen, dienen de massabalansen op componentniveau bekend te zijn van diverse processen, zoals van afvalscheiding, afvalverbranding, rookgasreiniging, etc.

Ook zullen tijdens het afvalverwerkingstraject stoffen worden vernietigd en nieuwe stoffen ontstaan. Zo worden bij verbranding diverse organische verbindingen in het afval vernietigd en wordt bijvoorbeeld NO_x gevormd. Naast componentgebonden emissies worden derhalve ook procesgebonden emissies onderscheiden.

De in de LCA-berekeningen gebruikte informatie wordt in het navolgende gepresenteerd voor de afvalstroom “**droog-rookgasreinigingsresidu**”. Daarbij wordt ook aangegeven van welke referentie-installaties is uitgegaan bij het bepalen van de emissies en het energie- en bedrijfsmiddelenverbruik.

2. SAMENSTELLING DROOG ROOKGASREINIGINGSRESIDU

Bij afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) worden diverse systemen toegepast (naast het gebruikelijke elektrostatische filter voor de afscheiding van AVI-vliegas) voor het reinigen van de rookgassen, te weten:

- a) droge rookgasreiniging
- b) semi-droge rookgasreiniging
- c) natte rookgasreiniging met afvalwaterbehandeling
- d) natte afvalwatervrije rookgasreiniging.

In de voorliggende rapportage wordt ingegaan op droog-rookgasreinigingsresidu (droog-RGRR).

De gemiddelde samenstelling van droog-rookgasreinigingsresidu is in tabel 2.1 vermeld. De cijfers in tabel 2.1 zijn ontleend aan (Intron, 1993). De samenstelling van de afzonderlijke componenten bevindt zich binnen een bepaalde range. Deze range als tevens weergegeven in tabel 2.1.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse zal ook gerekend worden met de spreiding in de samenstelling. In concreto betekent dit dat emissies zullen worden verhoogd met de in tabel 2.1 opgenomen spreiding. Deze exercitie wordt alleen uitgevoerd voor de meest milieukritische componenten (in dit geval zijn dat arseen, cadmium en kwik) en de componenten met een grote spreiding (koper, lood, antimoon en zink). De samenstelling voor de gevoeligheidsanalyse is ook in tabel 2.1 weergegeven.

Tabel 2.1; Samenstelling droog-rookgasreinigingsresidu

Component	Range in samenstelling (mg/kg d.s.)	Gemiddelde samenstelling (mg/kg d.s.)	Samenstelling i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse (mg/kg d.s.)
As *	2 - 3	2,5	3
Ba	44 - 48	46	46
Cd *	5 - 10	7,5	10
Co	1	1	1
Cr	3 - 5	4	4
Cu *	13 - 25	19	25
Hg *	10 - 24	17	24
Mo	6	6	6
Ni	1	1	1
Pb *	110 - 270	190	270
Sb *	6 - 11	9	11
Sn	8	8	8
Sr	170 - 185	178	178
Zn *	220 - 680	450	680
Cl (1)		27.800	27.800
F		25	25
SO ₄ (1)		8.800	8.800

* Gevarieerd in de gevoeligheidsanalyse.

- (1) De gemiddelde samenstelling voor chloor en sulfaat zijn gebaseerd op de samenstelling van nat-rookgasreinigingsresidu. Aangezien alle componenten in nat-RGRR vele factoren meer aanwezig zijn dan in droog-RGRR is het meenemen van de samenstelling van deze componenten vanuit nat-RGRR een worst-case voor droog-RGRR. Hierdoor zal in de gevoeligheidsanalyse niet nog eens extra chloor en sulfaat in rekening gebracht worden.

3. VERWERKINGSALTERNATIEVEN EN REFERENTIE-INSTALLATIES

Het droog rookgasreinigingsresidu (RGRR) van een aantal AVI's wordt momenteel in big-bags gestort als C2-afval. Hierbij worden zowel big bags gevuld met alleen RGRR (Nauerna) als big bags gevuld met mengsels van diverse residuen uit de rookgasreiniging (onder andere bij ARN en Boeldershoek) gestort. Hiermee wordt een vorm van immobilisatie bereikt. Het primaire doel van de toevoeging van deze stoffen is echter het verbeteren van de storteigenschappen. Er ontstaat namelijk een betonachtig product dat goed in een afvalberging is te verwerken (stapelen). In het kader van onderhavige studie wordt Nauerna als referentie gebruikt vanwege de beschikbare data (RWS, 1998).

Een andere verwerkingsmethode betreft het storten van RGRR na “koude immobilisatie”. Deze techniek wordt bij de VBM alleen uitgevoerd met nat-RGRR. Het feit dat bij de VBM alleen nat-RGRR wordt verwerkt is ingegeven door de relatief korte afstand tussen de VBM en de AVI's met nat-RGRR. De AVI's met droog-RGRR liggen veelal verder van de VBM af en zoeken naar andere mogelijkheden voor het verwerken van het RGRR (veelal storten in big bags). De verwachting is dat onder toevoeging van extra (leiding)water een VBM-achtige optie voor droog-RGRR wel mogelijk zou moeten zijn. Voor het verwerken van droog-RGRR via koude immobilisatie ontbreekt echter elke informatie. Gezien de enorme verschillen in samenstelling (zie ook tabel 3.1) is het ook niet mogelijk om met enige betrouwbaarheid b.v. de uitlooggegevens voor nat-RGRR te extrapoleren voor droog-RGRR.. Derhalve wordt de optie koude immobilisatie voor droog-RGRR niet meegenomen.

Tabel 3.1; Samenstelling droog en nat-RGRR

Component	Gemiddelde samenstelling droog-RGRR (mg/kg d.s.)	Gemiddelde samenstelling nat-RGRR (mg/kg d.s.)
As	2,5	79
Ba	46	79
Cd	7,5	642
Co	1	10
Cr	4	198
Cu	19	1.335
Hg	17	384
Mo	6	11
Ni	1	35
Pb	190	12.534
Sb	9	622
Sn	8	300
Sr	178	94
Zn	450	33.392
Cl	27.800	27.800
F	25	5.469
SO ₄	8.800	8.800

Verder wordt gewezen op de plannen van North Refinery. Dit bedrijf heeft als enige concrete plannen ontwikkeld voor het realiseren van een pyrolyse-, vergassings- en smeltinrichting voor diverse afvalstoffen, waaronder RGRR. Het RGRR zou dan in een pyrometallurgische smelter van Gibros-PEC worden omgevormd tot een basaltachtig product, dat als categorie 1 bouwstof kan worden toegepast.

Tot slot vindt export van droog-RGRR plaats naar Duitsland. In Duitsland wordt het toegepast in de zoutmijnen (Versatzbau). In de zoutmijnen wordt RGRR vermengd met water gestort ter opvulling van de zoutkoepels die door de zoutwinning zijn ontstaan.

Gelet op het bovenstaande worden vier verwerkingsalternatieven voor droog-RGRR door middel van een LCA vergeleken. Deze alternatieven en de in de LCA's gehanteerde referentie-installaties zijn in tabel 3.2 weergegeven.

Tabel 3.2; Overzicht verwerkingsalternatieven en referentie-installaties

Verwerkingstechniek	Referentie-installatie
Storten in big-bags als C2	Nauerna
Storten in big bags (mengsels)	Nauerna
Pyrolyse/smelten	PEC-installatie North Refinery in Delfzijl (1)
Versatzbau	GSES

(1) De installatie is nog niet gerealiseerd. Informatie wordt ontleend aan documentatie van initiatiefnemer.

4. UITGANGSPUNTEN EN SYSTEEMGRENZEN

In het totale afvalbeheertraject voor nat-RGRR zijn diverse processen te onderscheiden. Het is niet altijd nodig alle processen in de LCA-berekeningen mee te nemen. De LCA-berekeningen worden namelijk uitgevoerd om alternatieven onderling te vergelijken. In de procesbeschrijvingen is dan ook steeds aangegeven welke processen wel en niet in de LCA-berekeningen worden opgenomen.

Bij de verwerkingsprocessen ontstaan producten en/of reststoffen, die vaak nuttig kunnen worden toegepast. Er is dan sprake van vermeden winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen, zodat in de LCA-berekeningen negatieve milieu-ingrepen worden toegerekend.

De gevolgen van nuttige toepassing van secundaire grondstoffen worden ook in de LCA meegenomen, tenzij de samenstelling en kwaliteit van (de producten van) de secundaire grondstoffen gelijkwaardig is aan die van (de producten van) uitgespaarde primaire grondstoffen. Als sprake is van genoemde gelijkwaardigheid, dan worden uitsluitend de gevolgen meegenomen van de processen die noodzakelijk zijn om de secundaire grondstoffen om te zetten in economisch verhandelbare producten. Binnen de systeemgrens valt dan nog wel het transport naar de locatie waar verder verwerking of inzet plaatsvindt (inclusief het vermeden transport van niet meer aan te voeren primair materiaal). Er wordt vanuit gegaan dat wanneer er sprake is van gelijkwaardigheid aan primair materiaal, daarna met alle vervolghandelingen een vergelijkbare handeling met primair materiaal wordt vermeden.

Transportafstanden

Uitgaande van de in tabel 3.1 opgenomen referentie-installaties zou een uitspraak gedaan kunnen worden over de transportafstanden die het afval moet afleggen. Belangrijk is echter te realiseren dat de huidige fysieke ligging van de referentie-installatie niet bepalend is voor de transportafstand omdat deze installatie alleen wordt gebruikt om inzage te krijgen in de techniek. Voor het inschatten van de transportafstanden is derhalve gekeken naar marktpotentie van het betreffende alternatief. Met andere woorden: naarmate de verwachting is dat op meerdere plaatsen de betreffende techniek kan worden uitgevoerd, worden de transportafstanden kleiner. Dit geldt evenzeer voor de aanvoer van bedrijfsmiddelen en afzet van stromen naar recycling bedrijven.

In het kader van deze studie wordt derhalve uitgegaan van de in tabel 4.1 opgenomen transportafstanden (heen en terug). Binnen de gehanteerde systematiek wordt uitgegaan van "aantal locaties" hetgeen betekent: aantal verwerkers, aantal leveranciers bedrijfsmiddelen, aantal afzetkanalen reststromen, etc.

Tabel 4.1; Gestandaardiseerde transportafstanden

Aantal locaties	Gemiddelde transportafstand, heen en terug (km)
1	150
2	100
3-5	75
6-10	50
11-15	40
>15	35

Emissies naar water

Voor het verwerken van kleine waterstromen zoals percolaatstromen of waterstromen van het reinigen van apparatuur, wordt voor de ingrepen als ruimtebeslag, energiegebruik, chemicaliëngebruik, etc. gewerkt met een speciaal daartoe ontwikkelde proceskaart in SimaPro. In deze proceskaart zijn dergelijke ingrepen per kuub water opgenomen op basis van de gemiddelde cijfers van een reeks RWZI's. Deze benaderingsmethode wordt alleen voor kleine waterstromen gehanteerd. Voor afvalstromen met significante proceswaterstromen is meer specifiek gekeken naar de ingrepen die bij de verwerking van dit afvalwater horen.

In alle gevallen, dus ook bij kleine waterstromen, is er echter vanuit gegaan dat de resulterende lozing naar het water te sterk afhangt van de karakteristieken van de afvalstroom om ook hiervoor standaardwaarden te hanteren. Dit is dus uitsluitend gedaan voor ingrepen als energiegebruik, ruimtebeslag en dergelijke. Voor de uiteindelijk resterende lozingen is ook bij kleine waterstromen dus wel een relatie gelegd met de samenstelling van de vrijkomende waterstroom (en is dus geen standaard ingreep-pakket gehanteerd) en zijn de in tabel 4.2 gehanteerde zuiveringsrendementen gebruikt.

Tabel 4.2; zuiveringsrendementen¹ voor resulterende waterstromen

KENMERK	WAARDE
Zuiveringsrendement CZV	90%
Zuiveringsrendement BZV	97%
Zuiveringsrendement Kj-N	89%
Zuiveringsrendement totaal-N	66%
Zuiveringsrendement totaal-P	77%
As	80%
Ba	75%
Cd	72%
Co	75%
Cr	89%
Cu	92%
Hg	91%
Mo	75%
Ni	46%
Pb	91%
Sb	75%
Se	75%
Sn	75%
V	75%
W	-
Zn	75%

¹ (Zuiveringsschap Limburg, 1998 en eigen aannames voor Ba, Co, Mo, Sb, Se, Sn en V)

5. STORTEN IN BIG BAGS

5.1 Procesbeschrijving

A. Vullen big bags

Het droog-RGRR wordt bij de verbrandingsinstallatie direct in big bags opgeslagen.

B. Transport

Na het vullen worden de big bags per vrachtauto naar een stortplaats afgevoerd. Een aantal AVI's die deze verwerking toepassen hebben een stortplaats nabij de eigen AVI.

C. Storten

De big bags worden op de stortplaats zorgvuldig geplaatst. Eventueel beschadigde big bags worden oververpakt. De ruimte tussen de big bags wordt opgevuld met zand. Dit wordt eveneens toegepast als uitvullaag bovenop de big bags alvorens een nieuwe laag big bags wordt geplaatst. Er zijn overigens ook stortplaatsen die hiervoor korrelvormige afvalstoffen toepassen. Echter in het kader van onderhavige studie wordt uitgegaan van zand. Nadat de stortplaats geheel is volgestort wordt zij voorzien van een dubbele bovenafdichting conform het Stortbesluit bodembescherming. Bij de werkwijze, zoals hierboven beschreven, vindt geen uitloging van droog-RGRR plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de deponie. Ten gevolge van de berging van droog-RGRR is dus geen percolaatbehandeling noodzakelijk.

5.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 5.1 bevat de massabalans uitgaande van 1 ton droog-RGRR op de in paragraaf 5.1 beschreven verwerkingswijze. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 5.1; Overzicht producten en reststoffen

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt droog-RGRR	Te storten (ton)
Droog-RGRR (ton)	1	-
Big bag (stuks)	1,33	-
PE-hoes (stuks)	1,33	-
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt droog-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Big bag met droog-RGRR	1	1

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m² stortoppervlak kan dus 15 m³ afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt 0,6 ton/m³. Per big baglaag (1 m) wordt circa 30 cm uitvulmateriaal gebruikt. Dit betekent dat per 0,6 ton droog-RGRR 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Een en ander resulteert in 2,17 m³ per ton droog-RGRR. Per m² stortoppervlak kan dus (15/2,17) 6,9 ton droog-RGRR worden geborgen. Voor de berging van 1 ton droog-RGRR is 0,14 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 14 m² aan fysiek ruimtebeslag.

5.3 Transport

In dit afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats naar de stortplaats. Per vracht wordt 10 ton getransporteerd. Daar verspreid over Nederland diverse stortplaatsen (aantal tussen 6-10) deze materialen accepteren wordt uitgegaan van een transportafstand van gemiddeld 50 km.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Per 0,6 ton verpakt materiaal wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht. Dit komt overeen met 0,75 ton zand per ton droog-RGRR. Voor de aanvoer van zand wordt uitgegaan van 20 ton per vracht.

Zand wordt op diverse plekken gewonnen. Toepassingen in het Oost-Nederland verkrijgen hun zand met name via lokale zandwinningplekken. In West en Noord-Nederland is zand met name afkomstig uit de Noordzee of het IJsselmeer. Gemiddeld voor Nederland is aangenomen dat zand ongeveer 50 km over water aflegt en 35 km over land.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van RGRR en immobilisaat worden berekend m.b.v. de database van SimaPro. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 5.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton RGRR.

Tabel 5.2; Transport

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Droog-RGRR	50	50
Zand/uitvulmateriaal over water	50	38
Zand/uitvulmateriaal over land	35	26

Op het moment dat de transportafstanden minstens 20% van de milieuscores bepalen wordt in de gevoeligheidsanalyse gerekend met +/- 50%.

5.4 Energie

Energie verbonden aan het storten is onbekend. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het storten van 1 ton materiaal 60 MJ aan energie kost. Dit is gerelateerd aan het diesilverbruik van het in te zetten materieel. Dit betekent dat voor het storten van 1 ton droog-RGRR 60 MJ nodig is. Daarnaast wordt per ton droog-RGRR 0,75 ton zand aangebracht hetgeen nog eens 45 MJ vergt.

5.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwerking van droog-RGRR worden bedrijfsmiddelen verbruikt, te weten big bags, PE-hoezen en zand voor het opvullen van de ruimtes tussen de big bags en het afdekken van de big-bags.

Aangenomen wordt dat per big bag 1,25 m³ droog-RGRR dan wel 0,75 ton kan worden geborgen. Dus per 1 ton droog-RGRR is 1,33 big bag nodig. Een big bag weegt circa 2,5 kg dus per ton droog-RGRR is 3,3 kg nodig. Evenzo is per ton droog-RGRR 1,33 PE-hoes nodig à 1 kg, ofwel 1,3 kg.

Per ton droog-RGRR is 0,75 ton zand nodig als tussenafdeklaag.

Voor de milieu-ingrepen van deze bedrijfsmiddelen wordt gebruik gemaakt van de database van SimaPro.

5.6 Emissies

Er treden geen emissies naar de lucht op. Dit omdat de vulinstallaties een gesloten circuit vormen.

De emissies die kunnen optreden zouden de emissies naar bodem en water kunnen zijn. Echter droog-RGRR wordt in big bags gestort en vervolgens op de stortplaats voorzien van een extra afsluitende PE-hoes. Op deze wijze is uitloging van de afvalstof niet mogelijk. Verder is het beleid in Nederland voor het storten van dergelijke C2-afvalstoffen er op gericht dat betreffende stoffen droog worden gestort en ook droog blijven. Dit kan onder andere op de C2-deponie op de Maasvlakte. Producenten van grote hoeveelheden (o.a. AVI's) mogen het ook in monodeponiën storten.

Gelet op de wijze van bergen (in big-bags en afgedekt met waterdichte PE-hoezen) is de kans op contact met inlekkend water, en daarmee het optreden van uitloging uit de geborgen vlieggas gering. Als uitgangspunt wordt dan ook uitgegaan van "geen emissies naar de bodem". Een belangrijke onzekerheid is echter in hoeverre deze waterdichte berging zich ook op de lange termijn houdt. Of de PE-hoezen ook inderdaad "eeuwigdurend waterdicht" blijven is onzeker. Bij gebrek aan data omtrent de uitloging van onbewerkt rookgasreinigingsresidu is er voor deze stroom echter voor gekozen om dit aan te merken als een leemte in kennis. Bij andere afvalstromen kon op basis van uitlooggegevens van de afvalstroom zelf (zie bijvoorbeeld bij AVI-vlieggas; achtergronddocument A25 bij MER-LAP) of op basis van uitlooggegevens van een geïmmobiliseerde vorm van de afvalstroom (zie bijvoorbeeld DTO-vlieggas; achtergronddocument A26 bij MER-LAP en nat rookgasreinigingsresidu; achtergronddocument A20 bij MER-LAP) in ieder geval nog een indicatieve inschatting worden gemaakt. Voor deze afvalstroom ontbreken bruikbare gegevens om zelfs een dergelijke indicatieve inschatting te maken. Onder verwijzing naar tabel 3.1 zal duidelijk zijn dat de verschillen in verontreiniging zodanig zijn dat aansluiten bij gegevens van nat-rookgasreinigingsresidu weinig zin heeft. Daar komt nog bij dat droog rookgasreinigingsresidu door de indamping die heeft plaatsgevonden aan oplosbare zouten juist wel veel meer zal bevatten dan nat rookgasreinigingsresidu.

5.7 Leemten in kennis

De meest belangrijke leemte is de kans op en potentiële omvang van uitloging bij deze bergingswijze op de langere termijn. Voor deze afvalstroom ontbreekt zelfs de kennis om hier in het kader van de gevoeligheidsanalyse iets van de kunnen zeggen.

6. GEMENGDE RESIDUEN STORTEN IN BIG BAGS

6.1 Procesbeschrijving

A. Mengen

Droog-RGRR wordt (in bijna alle gevallen) direct bij de verbrandingsinstallatie tezamen met andere residuen gemengd. De mengverhouding van het aldus ontstane product kan per AVI die deze techniek toepast variëren.

De menginstallatie wordt regelmatig schoongemaakt. Het hierbij vrijkomend water is verontreinigd met droog-RGRR maar ook met andere reststoffen uit de rookgasreiniging. Afhankelijk van de AVI wordt dit water gezuiverd of gebruikt bij de rookgasreiniging (b.v. indroging in sproeidrogers).

B. Vullen big bags

Het mengsel wordt direct na menging in big bags opgeslagen.

C. Transport

Na uitharding worden de big bags naar de stortplaats vervoerd.

D. Storten

Op de stort worden de big bags geplaatst. Eventueel beschadigde big bags worden oververpakt. Eenmaal geplaatste big bags worden voorzien van een hoes als extra bescherming tegen waterin-treding. De ruimte tussen de big bags wordt opgevuld met zand. Dit wordt eveneens toegepast als uitvullaag bovenop de big bags alvorens een nieuwe laag big bags wordt geplaatst. Er zijn overigens ook stortplaatsen die hiervoor korrelvormige afvalstoffen toepassen. Echter in het kader van onderhavige studie wordt uitgegaan van zand. Nadat de stortplaats is gevuld wordt deze voorzien van een dubbele bovenafdichting conform het Stortbesluit bodembescherming. Op de aldus beschreven werkwijze vindt geen uitloging van droog-RGRR plaats, noch in de exploitatieperiode noch na sluiting van de stortplaats. Ten gevolge van de berging van droog-RGRR is dus geen afvalwaterbehandeling noodzakelijk.

Voornoemde storttechniek wordt ook bij andere stortplaatsen toegepast (Boeldershoek, ARN).

6.2 Massabalans en ruimtebeslag

Tabel 6.1 bevat de massabalans uitgaande van 1 ton droog-RGRR. In de tabel is ook aangegeven welke hoeveelheden reststoffen moeten worden gestort.

Tabel 6.1: Overzicht producten en reststoffen

Producten	Hoeveelheid per ton verwerkt droog-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Droog-RGRR (ton)	1	-
AVI-vliegas (ton)	0,67	-
Ketelas (ton)	0,67	-
Afvalwater (ton)	1	-
Big bag (stuks)	2,2	-
Foliezak (stuks)	2,2	-
Reststoffen	Hoeveelheid per ton verwerkt droog-RGRR (ton)	Te storten (ton)
Immobilisaat (ton)	3,33	3,33

In het kader van deze LCA wordt uitgegaan van een storthoogte van 15 m. Per m² stortoppervlak kan dus 15 m³ afval gestort worden. De dichtheid van het gestorte afval bedraagt 1,2 ton/m³. Per big baglaag (1 m) wordt circa 30 cm uitvulmateriaal gebruikt. Dit betekent dat per 1,2 ton mengsel (ofwel 0,36 ton droog-RGRR) 1,3 m³ stortruimte wordt ingenomen. Een en ander resulteert in 3,6 m³ per ton droog-RGRR. Dus kan (15/3,6) 4,2 ton droog-RGRR per m² worden geborgen. Daarmee is voor de berging van 1 ton droog-RGRR 0,24 m² nodig. Over de te beschouwen periode van 100 jaar betekent dit 24 m²jr aan fysiek ruimtebeslag.

Bij dit alternatief is sprake van de gezamenlijke verwerking van diverse afvalstromen. Derhalve moet allocatie van de milieu-ingrepen plaatsvinden op grond van het aandeel droog-RGRR in het mengsel. Droog-RGRR maakt 43% van het immobilisaat uit zodat ook 43% van het ruimtebeslag RGRR-gerelateerd is. Dus over 100 jaar bedraagt het fysieke ruimtebeslag 10,3 m²jr.

6.3 Transport

In dit afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats naar de stortplaats. Per vracht wordt 10 ton getransporteerd. Daar verspreid over Nederland diverse stortplaatsen (aantal tussen 6-10) deze materialen accepteren wordt uitgegaan van een transportafstand van gemiddeld 50 km. In dit alternatief gaat het om het transport van een mengsel van afvalstoffen. Per ton droog-RGRR wordt 3,33 ton mengsel vervoerd, waarvan 43% toegerekend dient te worden aan droog-RGRR.

Voorts wordt zand aangevoerd als uitvulmateriaal. Per 1,2 ton verpakt materiaal (met 0,36 ton droog-RGRR) wordt circa 0,3 m³ (0,45 ton) zand aangebracht. Dit komt overeen met 0,54 ton zand per ton droog-RGRR. Voor de aanvoer van zand wordt uitgegaan van 20 ton per vracht.

Zand wordt op diverse plekken gewonnen. Toepassingen in het Oost-Nederland verkrijgen hun zand met name via lokale zandwinningplekken. In West en Noord-Nederland is zand met name afkomstig uit de Noordzee of het IJsselmeer. Gemiddeld voor Nederland is aangenomen dat zand ongeveer 50 km over water aflegt en 35 km over land.

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van RGRR en immobilisaat worden berekend m.b.v. de database van SimaPro. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.2 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton droog-RGRR.

Tabel 6.2; Transport per ton droog-RGRR

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Droog-RGRR	50	72
Zand/uitvulmateriaal over water	50	27
Zand/uitvulmateriaal over land	35	19

Op het moment dat de transportafstanden minstens 20% van de milieuscores bepalen wordt in de gevoeligheidsanalyse gerekend met +/- 50%.

6.4 Energie

Het mengen van het RGRR met de overige reststoffen (in verhouding 1:0,67:0,67) uit de rookgasreiniging bedraagt 2,5 kWh/ton voor natte specie gebaseerd gegevens van een leverancier van mengapparatuur (RWS, 1998). Per ton droog-RGRR moet 3,33 ton immobilisatie worden gemengd. Het aandeel droog-RGRR bedraagt 43%. Daarmee bedraagt het energieverbruik 3,6 kWh per ton droog-RGRR.

Energie verbonden aan het storten is onbekend. In het kader van deze LCA wordt aangenomen dat het storten van 1 ton materiaal 60 MJ aan energie kost. Dit is gerelateerd aan het dieselverbruik van het in te zetten materieel. Dit betekent dat voor de verwerking van 3,33 ton immobilisaat met 43% droog-RGRR 86 MJ (per ton droog-RGRR) aan energie nodig is. Daarnaast moet per ton droog-RGRR 0,54 ton zand worden aangebracht hetgeen nog eens 32 MJ vergt.

6.5 Bedrijfsmiddelen

Bij de verwerking van droog-RGRR worden bedrijfsmiddelen verbruikt, te weten big bags, PE-hoezen en zand voor het opvullen van de ruimtes tussen de big bags en het afdekken van de big bags.

Aangenomen wordt dat per big bag (1,25 m³) 1,2 ton mengsel kan worden geborgen. Dus per 1 ton droog-RGRR (overeenkomend met 3,33 ton mengsel) is 2,2 big bag nodig. Een big bag weegt circa 2,5 kg dus per ton RGRR is 5,5 kg. Op grond van de allocatie moet 2,4 kg (43%) worden toegerekend aan droog-RGRR. Voorts wordt ook 2,2 PE-hoes toegepast. Een PE-hoes weegt circa 1 kg dus per ton RGRR is 2,2 kg PE nodig. Op grond van allocatie moet 0,95 kg PE aan droog-RGRR worden toegerekend.

Tot slot wordt per ton RGRR 0,54 ton zand toegepast.

Voor het schoonspoelen van de installatie wordt gebruik gemaakt van water afkomstig van de rookgasreiniging (afvalwater). Dit water wordt daarom niet als bedrijfsmiddel in rekening gebracht.

Voor de milieu-ingrepen van deze bedrijfsmiddelen wordt gebruik gemaakt van de database van SimaPro.

6.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de RGRR-verwerkingsinrichting
- de emissies bij de verwerking van reststromen.

Emissies van de verwerkingsinrichting

Emissies naar lucht

Er is geen informatie bekend met betrekking tot de emissies van de menger. Doordat sprake is van een droog mengproces is stofemissie echter niet uitgesloten. In het geval van AVI-vliegas is voor het mengproces bij de VBM een emissie naar de lucht van 0,29 gram per verwerkte ton vliegas afgeleid (zie achtergronddocument A25 bij MER-LAP). Dit kental wordt ook gebruikt als inschatting voor dit mengproces, en een combinatie met de samenstelling van tabel 2.1 is in tabel 6.3 uitgewerkt.

Tabel 6.3; Emissies naar de lucht per ton droog-RGRR

Component	Samenstelling RGRR (mg/kg d.s.)	Emissie naar de lucht op basis van 0,29 g/ton (mg/ton RGRR)	Samenstelling i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse 'variatie samenstelling' (mg/kg)	Emissie naar de lucht op basis van 0,29 g/ton in de gevoeligheidsanalyse 'variatie samenstelling' (mg/ton RGRR)
Arseen (As)	2,5	7,3E-04	3	8,7E-04
Barium (Ba)	46	0,013	46	0,013
Cadmium (Cd)	7,5	2,2E-03	10	2,9E-03
Cobalt (Co)	1	2,9E-04	1	2,9E-04
Chroom (Cr)	4	1,2E-03	4	1,2E-03
Koper (Cu)	19	5,5E-03	25	7,3E-03
Kwik (Hg)	17	4,9E-03	24	7,0E-03
Molybdeen (Mo)	6	1,7E-03	6	1,7E-03
Nikkel (Ni)	1	2,9E-04	1	2,9E-04
Lood (Pb)	190	0,055	270	0,078
Antimoon (Sb)	9	2,6E-03	11	3,2E-03
Tin (Sn)	8	2,3E-03	8	2,3E-03
Strontium (Sr)	178	0,052	178	0,052
Zink (Zn)	450	0,13	680	0,20
Chloride (Cl)	27.800	8,06	27.800	8,06
Fluor (F)	25	7,3E-03	25	7,3E-03
Sulfaat (SO4)	8.800	2,55	8.800	2,55

Emissies naar oppervlaktewater

Er vinden geen directe lozingen op het oppervlaktewater plaats. Bij het schoonmaken van de installatie met water uit de rookgasreiniging ontstaat wel een emissie. In (RWS, 1998) is geconcludeerd dat op deze wijze per ton RGRR, 1 kg RGRR in het water komt dat wordt afgevoerd naar een waterzuiveringsinstallatie. Voor onderhavig techniek ontbreekt deze detailinformatie zodat ook hier wordt uitgegaan van 1 kg per ton RGRR. Zie voor de verdere uitwerking hiervan onder "De emissie bij de verwerking van reststromen".

Emissies naar bodem

Vanwege bodembeschermende voorzieningen vinden geen emissies naar de bodem plaats.

De emissie bij de verwerking van reststromen

Voor de verwerking van afvalwater wordt een rendement aangehouden van 95% voor het afvangen van het meegespoelde materiaal. Deze 95%, ofwel 950 g per ton droog-RGRR, wordt via het slib van de rioolwaterzuivering afgevoerd en gestort als finaal afval.

Uiteindelijk zou op deze wijze 50 gram per ton RGRR (5% van de meegespoelde kilo) in het milieu komen (RWS, 1998). Hierbij is het belangrijk op te merken dat geen rekening wordt gehouden met een eventuele voorzuivering. Het al dan niet aanwezig zijn van een voorzuivering wordt lokaal bepaald (ligging aan zout oppervlakte water, eisen zuiveringsschap, etc.) en derhalve buiten beschouwing gelaten.

Op grond van de samenstelling uit tabel 2.1 wordt in tabel 6.4 een overzicht gegeven van de lozing naar het oppervlaktewater.

Tabel 6.4; Lozing op oppervlaktewater

Component	Samenstelling RGRR (mg/kg d.s.)	Lozing (mg/ton RGRR)	Samenstelling i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse 'variatie samenstelling' (mg/kg)	Lozing in de gevoeligheidsanalyse 'variatie samenstelling' (mg/ton RGRR)
Arseen (As)	2,5	0,13	3	0,15
Barium (Ba)	46	2,3	46	2,3
Cadmium (Cd)	7,5	0,38	10	0,5
Cobalt (Co)	1	0,05	1	0,05
Chroom (Cr)	4	0,2	4	0,2
Koper (Cu)	19	0,95	25	1,25
Kwik (Hg)	17	0,85	24	1,2
Molybdeen (Mo)	6	0,3	6	0,3
Nikkel (Ni)	1	0,05	1	0,05
Lood (Pb)	190	9,5	270	13,5
Antimoon (Sb)	9	0,45	11	0,55
Tin (Sn)	8	0,4	8	0,4
Strontium (Sr)	178	8,9	178	8,9
Zink (Zn)	450	22,5	680	34
Chloride (Cl)	27.800	1.390	27.800	1.390
Fluor (F)	25	1,25	25	1,25
Sulfaat (SO4)	8.800	440	8.800	440

Er is geen informatie over het reinigingsproces van de installatie. Derhalve wordt aangesloten bij de informatie van VBM die voor het reinigen van de installatie wekelijks 5 m³ water verbruikt. Op jaarbasis komt dit overeen met circa 260 m³. Uitgaande van een verbrandingsinstallatie met een doorzet van 450.000 ton per jaar en een asproductie (vlieg-as en ketelas) van 0,03 ton RGRR per ton verbrand afval ontstaat jaarlijks 13.500 ton. Per ton droog-RGRR wordt dus 0,019 m³ water geloozd.

De combinatie van bevindingen uit de LCA-vlieg-asstudie (1 kg vlieg-as lozing per ton vlieg-as) en van VBM (wekelijks spoelen met 5 m³ water) resulteert in een RGRR-lozing van 52 kg per m³ water. Dit wordt onwaarschijnlijk hoog gevonden. Bij gebrek aan betere informatie wordt deze waarde alsnog wel gehanteerd met de kanttekening dat het worst-case situatie betreft. Mocht uit de zwaar-tepuntsanalyse blijken dat de emissies naar water een rol van betekenis spelen zal naar deze aanname nader gekeken worden.

Voor de vaststelling van de milieu-ingrepen ten gevolge van de verwerking van dit afvalwater wordt verwezen naar de daartoe ontwikkelde proceskaarten voor SimaPro.

Emissies naar de bodem

De emissies die kunnen optreden zouden de emissies naar bodem en water kunnen zijn. Echter droog-RGRR wordt in big bags gestort en vervolgens op de stortplaats voorzien van een extra afsluitende PE-hoes. Op deze wijze is uitloging van de afvalstof niet mogelijk. Verder is het beleid in Nederland voor het storten van dergelijke C2-afvalstoffen er op gericht dat betreffende stoffen droog worden gestort en ook droog blijven. Dit kan onder andere op de C2-deponie op de Maasvlakte. Producenten van grote hoeveelheden (o.a. AVI's) mogen het ook in monodeponiën storten.

Gelet op de wijze van bergen (in big-bags en afgedekt met waterdichte PE-hoezen) is de kans op contact met inlekkend water, en daarmee het optreden van uitloging uit de geborgen vlieggas gering. Als uitgangspunt wordt dan ook uitgegaan van "geen emissies naar de bodem". Een belangrijke onzekerheid is echter in hoeverre deze waterdichte berging zich ook op de lange termijn houdt. Of de PE-hoezen ook inderdaad "eeuwigdurend waterdicht" blijven is onzeker. Bij gebrek aan data omtrent de uitloging van onbewerkt rookgasreinigingsresidu is er voor deze stroom echter voor gekozen om dit aan te merken als een leemte in kennis. Bij andere afvalstromen kon op basis van uitlooggegevens van de afvalstroom zelf (zie bijvoorbeeld AVI-vlieggas; achtergronddocument A25 bij MER-LAP) of op basis van uitlooggegevens van een geïmmobiliseerde vorm van de afvalstroom (zie bijvoorbeeld DTO-vlieggas; achtergronddocument A26 bij MER-LAP en nat rookgasreinigingsresidu; achtergronddocument A20 bij MER-LAP) in ieder geval nog een indicatieve inschatting worden gemaakt. Voor deze afvalstroom ontbreken bruikbare gegevens om een zelfs een dergelijke indicatieve inschatting te maken. Onder verwijzing naar tabel 3.1 zal duidelijk zijn dat de verschillen in verontreiniging zodanig zijn dat aansluiten bij gegevens van nat-rookgasreinigingsresidu weinig zin heeft. Daar komt nog bij dat droog rookgasreinigingsresidu door de indamping die heeft plaatsgevonden aan oplosbare zouten juist wel veel meer zal bevatten dan nat rookgasreinigingsresidu.

6.7 Leemten in kennis

De meest belangrijke leemte is de kans op en potentiële omvang van uitloging bij deze bergingswijze op de langere termijn. Voor deze afvalstroom ontbreekt zelfs de kennis om hier in het kader van de gevoeligheidsanalyse iets van de kunnen zeggen.

Onduidelijk is hoeveel RGRR er met het schoonspelen van de menger exact wegspoelt (uitgegaan is van 50 g per ton).

7. PYROLYSE/SMELTEN

7.1 Inleiding

Het Gibros-PEC-verwerkingsconcept bestaat uit een combinatie van technieken, te weten pyrolyse, vergassen en smelten (pyrometallurgische verwerking) en kan voor een groot aantal afvalstoffen worden ingezet. De verschillende onderdelen van het verwerkingsconcept zijn op praktisch-schaal getest en ook reeds (commercieel) operationeel. Een voorbeeld van de pyrometallurgische smelter bevindt zich in Bestwig (Nordrhein Westfalen). Deze smelter is in bedrijf sinds 1990 en heeft een capaciteit van circa 10.000 ton/jaar. Het pyrolyse-vergassingsgedeelte is onder andere in bedrijf in Aalen op een schaal van circa 25.000 ton/jaar.

Het PEC-verwerkingsconcept is gericht op het produceren van synthesegas uit de organische fractie van het ingevoerde afval en het omzetten van de niet-brandbare fractie in bruikbare bouwstoffen en metalen. Afhankelijk van de kenmerken van een afvalstroom doorloopt de afvalstroom één of meerdere processtappen binnen het PEC-concept.

De verwerkingskosten voor deze verwerkingsoptie bedragen ongeveer 115 Euro per ton.

7.2 Procesbeschrijving

Het PEC-verwerkingsconcept is opgebouwd uit twee parallel bedreven proceslijnen, te weten

- een proceslijn voor een pyrolyse met nageschakeld hoge temperatuur kraken van gasvormige en vluchtige pyrolyseproducten met industriële zuurstof; en
- een hoge temperatuur vergassing met industriële van asrijke afvalstromen (en pyrolysecokes) in een smelter.

Zowel bij de gaskraker als de smelter wordt industriële zuurstof toegepast als oxidant. Daardoor ontstaat een middelcalorisch synthesegas, dat in principe zowel als grondstof als als brandstof kan worden toegepast. Als grondstof is het in principe geschikt voor de productie van chemicaliën, die normaliter worden geproduceerd op basis van synthesegas uit aardgas, zoals waterstof, ammoniak, methanol en hogere oxo-chemicaliën. Als brandstof kan het gas worden toegepast in gasturbines, gasmotoren en voor ondervuring in ketels of andere industriële vuurhaarden.

Voor droog-RGRR geldt dat de vergassing/smelter-lijn wordt doorlopen, dat wil zeggen de navolgende processtappen A tot en met H. Omdat droog-RGRR een zekere hoeveelheid zwavel bevat zal dit leiden tot een zwavelemissie via het smeltermgas (zie processtappen I tot en met Q).

A. Transport droog-RGRR

Droog-RGRR wordt per vrachtwagen aangevoerd naar de verwerkingsinrichting (circa 20 ton/vracht).

B. Opslag

De aangevoerde droog-RGRR wordt in luchtdichte ruimten met geforceerde ventilatie opgeslagen.

C. Verkleinen (deze stap is voor droog-RGRR niet relevant)

Sommige afvalstoffen (en het verpakkingsmateriaal) worden verkleind in een shredderinstallatie, waarbij water wordt toegevoegd om stofvorming te voorkomen. Het materiaal wordt verkleind tot deeltjes < 5 mm en vervolgens afgevoerd naar de smelter. Bij het gehele interne transport is sprake van een onderdruksituatie.

D. Mengen

Door mengen met andere ingangsstromen en hulpstoffen worden adequate gas- en slakkwaliteiten verkregen en wordt de energietoevoer van het (autotherme) smeltproces verzekerd. De ingangsstromen voor de smelter-lijn betreffen hoogcalorische vaste afvalstoffen, oliehoudende vaste afvalstoffen, laagcalorische afvalstoffen (grond-, metaal- en asbesthoudend), rwzi-slib, brandbare vloeistoffen (oplosmiddelen) en kwikhoudend afval. Afhankelijk van enerzijds de gewenste kwaliteit van het eindproduct (slak / synthetisch basalt) en anderzijds het afvalaanbod worden deze afvalstoffen in een bepaalde verhouding gemengd.

Voor het verkrijgen van een goede slakkwaliteit is in een aantal gevallen het toevoegen van een zogenaamde minerale flux nodig, met als doel om het gehalte van met name Si, Al en Ca in het basalt te sturen. De flux wordt gekozen met het oog op de gewenste smelteigenschappen van de smelt en het daaruit gevormde 'kunstbasalt', en geprobeerd wordt een smelt te verkrijgen met een samenstelling zoals gegeven in de MER voor North Refinery, dus ongeveer $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{CaO} \approx 6 : 1 : 1,5$. Veelal wordt hiervoor zand of een kalkhoudend materiaal ingezet.

Voor droog-RGRR is onvoldoende informatie beschikbaar over het gehalte aan de componenten Si, Al en Ca, maar kan redelijkerwijs worden verondersteld dat deze in ruime mate aanwezig zullen zijn. Voor droog-RGRR is het in rekening brengen van een dergelijke flux derhalve niet aan de orde. In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt echter wel gekeken naar de invloed van deze keuze. Hiervoor wordt de toerekening van flux gebaseerd op het verwachte gemiddelde fluxgebruik van de totale installatie (ongeveer 10% van de asrest) en wordt voor droog-RGRR gerekend met toevoeging van zand (dit gelet op bovengenoemde na te streven verhouding in het basalt).

E. Luchtfiltratie

De afgezogen lucht bij voorgaande processen (opslag, verkleinen en mengen) wordt via een filter naar de atmosfeer afgevoerd. De afgevangen deeltjes worden weer aan de ingangsstroom toegevoegd.

F. Smelten

In de smeltreactor wordt het afval samen met brandstof (veelal andere afvalstoffen) en zuurstof aan de reactor toegevoegd. De brandstof wordt in de reactor met zuurstof vergast, waarbij de temperatuur in de reactor stijgt tot een niveau van circa 1450 °C. Daarbij smelten alle in het afval aanwezige mineralen en metaaloxiden. Het smeltermgas bevat geen koolwaterstoffen maar uitsluitend componenten als $\text{CO}/\text{H}_2\text{O}$, CO_2/H_2 en eventuele verontreinigingen. Daar droog-RGRR geen organische verontreinigingen bevat is de vorming van smeltermgas niet aan de orde.

De meeste metalen worden gereduceerd. Zware metalen, zoals lood, kwik, zink, antimoon, arseen, seleen en cadmium vervluchtigen, en worden met het synthesegas uit de reactor afgevoerd. Kwik en antimoon worden voor bijna 100% en zink, lood, cadmium, seleen en arseen worden voor ongeveer 90% in het ruwe synthesegas afgevoerd. Deze vluchtige metalen worden (met uitzondering van kwik) afgevangen als metaalslib in de gasreiniging (zie onder processtap I).

De initiatiefnemer verwacht dat andere metalen, zoals ijzer, koper en zilver, indien in significante hoeveelheden aanwezig, een metalensmelt kunnen vormen die separaat kan worden gewonnen en vervolgens afgevoerd naar een schroothandelaar (ijzer) en de metaalindustrie (aluminium, koper, nikkel). Gezien het hoge afscheidingsrendement van metalen uit afvalstromen die het voorbewerkingproces doorlopen, het hoge gehalte aan ijzer in het verkregen basalt, en de onzekerheid over het realiteitsgehalte van deze optie, wordt in dit MER echter niet van deze mogelijkheid uitgegaan.

G. Transport slak

As, slib en flux vormen een laag visceuze minerale smelt, die bij afkoelen een kristallijne structuur aanneemt. De gevormde smelt wordt afgetapt, stolt en wordt als een basaltachtige bouwstof afgevoerd.

H. Nuttige toepassing slak

Na voorgaande stappen kan de slak c.q. het synthetisch basalt nuttig worden toegepast als bouwstof.

I. Wassen gas

Beide synthese gas deelstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens in achtereenvolgens een quench, venturiwasser en een druppelvanger gereinigd. De gastemperatuur daalt daarbij tot circa 60 °C. In de wassers worden halogenen, meegevoerd stof en verdampte zware metalen (Zn, Pb, Cd, Hg, As, Se en Sb) afgescheiden van het gas. De halogenen komen terecht in het spuiwater (zie hieronder), het afgescheiden stof gaat terug naar de smelter en het afgevangen metaal vormt een metaalslib-fractie bestaande uit metaaloxides en metaalhydroxides (en water).

Door het afvangen van de zuurhalogenides en zwavel zakt de pH, hetgeen wordt bijgestuurd middels NaOH. De aan een afvalstroom toe te rekenen hoeveelheid NaOH is direct afhankelijk van de hoeveelheid halogenen en zwavel in een afvalstroom.

De afvalwaterstromen van de PEC-installatie worden zoveel mogelijk intern hergebruikt. Het zoute spuiwater van de druppelwasser voor de afgassen uit de smelter wordt chemisch-fysisch gezuiverd. De omvang van de toe te rekenen spui volgt uit de hoeveelheid af te vangen waterstofhalogenides en de pH van de spui. De pH van het filtraat wordt verhoogd tot 11 door middel van natronlooginjectie en vervolgens wordt dit geloosd op het riool.

J. Transport metaalslib

Het metaalslib bevat met name de vluchtige metalen zink en lood en wordt afgetransporteerd.

K. Nuttige toepassing metaalslib

Het metaalslib wordt als grondstof ingezet in de metallurgische industrie.

L. Ontzwavelen gas

Beide gasstromen (uit smelter en pyrolyse/kraker) worden vervolgens gecombineerd en aan een vierde water toegevoerd, waarin met een licht alkalische oplossing zwavelverbindingen worden uitgewassen. De oplossing met uitgewassen zwavelverbindingen wordt aan een biologisch proces (Paques proces) toegevoerd, waarin de opgeloste zwavelverbindingen worden gereduceerd tot verkoopbaar zwavel, dat ondermeer geschikt is voor de productie van zwavelzuur.

M. Transport zwavel

De verkregen elementaire zwavel wordt afgevoerd.

N. Nuttige toepassing zwavel

Zwavel wordt nuttig toegepast.

O. Actiefkoolfilter

In een actiefkoolfilter worden sporen olie, kwikdamp, organische verbindingen, etc. uit het gas verwijderd.

P. Verwerking beladen actiefkool

De vervuilde (met kwik beladen) actiefkool wordt afgevoerd in big bags en gestort op een C2-deponie.

Q. Gebruik synthese gas

Of het geproduceerde synthese gas op termijn ook extern kan worden afgezet is de vraag, maar in dit MER wordt uitgegaan van interne verwerking. droog-RGRR draagt echter niet bij aan de gasproductie.

7.3 Massabalans en ruimtebeslag

Massabalans

Voor de massabalans is relevant dat in dit MER van de in tabel 7.1 aangegeven verdeling is uitgegaan voor de verschillende componenten over de diverse productstromen. Deze tabel is afgeleid voor één specifieke afvalstroom (i.c. shredderafval) door het relateren van hoeveelheden toe te rekenen reststromen en daarin verwachte restconcentraties aan de samenstelling van het afval. Er wordt vanuit gegaan dat deze verdeling representatief is voor het gedrag van de betreffende componenten in de PEC-installatie, ook wanneer deze via een andere afvalstroom en in andere verhoudingen in de installatie worden gebracht.

Tabel 7.1; Overzicht producten/reststoffen

	Slak	Actieve kool	Metaalhoudend slib	Zwavel koek	Lucht	Spui voor RWZI
S				99,965%	0,035%	
As	10,000%		89,964%		0,026%	0,010%
Br					0,004%	99,996%
Cd	10,000%		89,972%		0,026%	0,002%
Cl					0,003%	99,997%
Co	100,000%					
Cr	100,000%					
Cu	99,999%				0,001%	
F					0,025%	99,975%
Hg		19,560%	80,000%		0,440%	2,18E-15
Mn	100,000%					
Mo	100,000%					
Ni	99,994%				0,006%	
Pb	10,000%		89,974%		0,026%	3,10E-09
Sb			99,971%		0,029%	
Se	10,000%		89,974%		0,026%	
Sn	99,971%				0,029%	
V	99,999%				0,001%	
Zn	10,000%		89,974%		0,026%	7,34E-08
as (*)	99,999%				0,001%	

(*) de as bestaat uit de niet in de tabel genoemde componenten, minus het brandbare (organische) deel in het afval en ook minus eventueel in de voorbereiding af te scheiden ijzer, non-ferro metalen en water (dit speelt niet voor droog-RGRR)

Uit het gehalte aan zwavel van 2,93 g/kg volgt dat, onder de aanname dat het zwavel vrijwel volledig wordt teruggewonnen (een kleine hoeveelheid blijft in het gereinigde synthesegas/smeltergas en ontwijkt uiteindelijk als SO₂ naar de lucht) per ton droog-RGRR ongeveer 2,93 kg elementair zwavel ontstaat.

Voor halogenen wordt er vanuit gegaan dat deze tijdens het verwerkingsproces geheel vervluchtigen en derhalve niet in de slak terecht komen. De in het algemeen lage concentraties aan halogenen in basalt-achtige smeltslakken ondersteunen deze aanname. De halogenen worden deels als zuurgassen en deels als metaalhalides (omdat met name zink, lood en cadmium de neiging hebben om chlorides te vormen) met het geproduceerde gas afgevoerd. Zij worden uiteindelijk vrijwel volledig afgevangen in de gasreiniging en ontwijken voor slechts een klein deel naar de lucht.

De hoeveelheid metaalslib wordt bepaald door verdamping van de metalen As (90%), Cd (90%), Pb (90%), Hg (100%), Sb (100%), Se (90%) en Zn (90%). De metalen Zn, Pb, Hg, en Cd slaan in de gasreiniging neer als hydroxides, terwijl As, Sb en Se als oxides precipiteren². Verder heeft het slib een d.s. gehalte van 50%. Met de samenstelling van tabel 2.1 betekent dit voor droog-RGRR een hoeveelheid van 1,71 kg metaalslib per ton, welke voor 0,61 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water.

Ten aanzien van de slak geldt dat van de ton droog-RGRR buiten het toe te rekenen metaalslib (0,59 kg/ton), het zwavel (2,94 kg/ton), de halogenen (F en Cl; 27,8 kg/ton) en de emissies naar water en lucht de rest uiteindelijk in het basalt komt, zodat de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton droog-RGRR komt uitkomt op 969 kg/ton.

Tabel 7.2: Overzicht producten/reststoffen per ton droog-RGRR

nuttig toepasbare producten	hoeveelheid per ton droog-RGRR (kg)	te storten (kg)
Synthetisch basalt	969	-
Metaalslib (50% d.s.)	1,71	-
Zwavel (60% d.s.)	4,89	-
Te verwerken reststoffen	hoeveelheid per ton droog-RGRR (kg)	te storten (kg)
Actief kool	2,771	2,771

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux moet tevens 10% aan minerale flux worden toegerekend, ofwel 96,9 kg zand (zie de procesbeschrijving in paragraaf 6.2, onder D). In die situatie komt de totale hoeveelheid basalt die ontstaat uit een ton droog-RGRR uit op 1065 kg/ton.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt een hoeveelheid van 2,53 kg metaalslib per ton, welke voor 0,88 kg bestaat uit de metalen zelf en voor de rest uit bijbehorende anionen en water. In dit geval komt de totale hoeveelheid basalt uit op 968 kg per ton droog-RGRR. Tenslotte is in deze gevoeligheidsanalyse, in afwijking van tabel 6.2, sprake van 3912 g actief kool i.p.v. 2771 g actief kool per ton voor het afvangen van het kwik.

² Uitgegaan is van de vorming van Zn(OH)₂, Pb(OH)₂, Hg(OH)₂, Cd(OH)₂, As₂O₃, Sb₂O₃ en SeO₂. De oxides worden reeds gevormd tijdens de vergassing en de hydroxides worden grotendeels gevormd bij de gasreiniging door uitwisseling van de aanvankelijk gevormde metaalhalogenides.

Ruimtebeslag

Het oppervlak van de PEC-inrichting bedraagt circa 30.000 m². De totale doorzet van de installatie is 247.000 ton, waarvan 5.000 ton (2%) droog-RGRR. Dit betekent over een periode van 100 jaar:

- 30.000 m² x 2% x 100 jaar= 60.000 m²*jaar
- 5.000 ton/jaar x 100 jaar= 500.000 ton
- 60.000 m²*jaar : 500.000 ton= 0,12 m²*jaar per ton verwerkt droog-RGRR.

Het fysiek ruimtebeslag bedraagt over een periode van 100 jaar 0,12 m² * jaar per ton verwerkt droog-RGRR.

7.4 Transport

In het beschouwde afvalbeheersalternatief vindt transport per as plaats van droog-RGRR en van producten van de smelter-lijn. De te vervoeren producten van de PEC-installatie zijn slak (basaltachtig materiaal), metaalslib en elementair zwavel en beladen actief kool. In onderstaande tabel is tevens de omvang van de benodigde bedrijfsmiddelen aangegeven (zie ook paragraaf 7.6).

Tabel 7.3: Hoeveelheden producten, bedrijfsmiddelen en reststoffen

materiaal	Per ton droog-RGRR (in kg) normale situatie	Per ton droog-RGRR (in kg) gevoeligheidsanalyses	
		samenstelling	wel flux
Droog-RGRR	1000	1000	1000
Zand (flux)	0	0	96,9
Synthetisch basalt	969	968	1065
Zwavel (60% d.s.)	4,89	4,89	4,89
Metaalslib (50% d.s.)	1,71	2,53	1,71
NaOH (33%)	139,6	139,6	139,6
Vermeden zand	969	968	1065
Vermeden zink-conc.	0,7	1,1	0,7
Actief kool	2,77	3,91	2,77

Het verbruik aan diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport worden berekend m.b.v. de proceskaarten in de SimaPro-database. Daarbij wordt uitgegaan van de in tabel 6.4 vermelde transportafstanden (totaal km heen en terug). Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton droog-RGRR.

Verwacht wordt dat er in Nederland maximaal 5 PEC-installaties zullen worden gerealiseerd. Van daar dat er voor het transport van droog-RGRR een transportafstand van 75 km worden aangehouden. Aangezien het synthetisch basalt waarschijnlijk op vele plaatsen (> 15) in Nederland nuttig kan worden toegepast, zijn hiervoor kortere transportafstanden aangehouden.

Eveneens zijn de vermeden transportafstanden voor zand opgenomen in het kader van de nuttige toepassing van basalt. Hierdoor hoeft immers geen zand te worden toegepast. Voor de aanvoer van ophoogzand wordt er vanuit gegaan dat de bulk wordt gewonnen in Noordzee en/of IJsselmeer, en wordt gerekend met een afstand van 50 km over water en tevens 35 km over land. Daarnaast is de aanvoer van zand als bedrijfsmiddel in de tabel opgenomen. Dit zand, ook wel minerale flux genoemd, is noodzakelijk voor het smeltproces van de PEC-lijn. Voor de afstand is hier hetzelfde aangehouden als voor vermeden ophoogzand, daar de kwaliteitseisen voor dit zand niet zodanig kritisch zijn dat daarvoor alleen specifieke zandsoorten in aanmerking zouden komen.

NaOH wordt geproduceerd bij zoutelektrolysebedrijven in ondermeer Twente, Groningen en Botlek, hetgeen relatief dicht bij de locaties waar op dit moment een PEC-installatie is voorzien is gelegen. Het is echter niet zondermeer zeker dat PEC-installaties altijd op een dergelijke korte afstand van de NaOH-producten zal zijn gelegen. Voor de aanvoer van NaOH (33%) is de transportafstand is voorzichtigheidshalve dan ook op 75 km genomen.

Potentiële afnemers van het metaalhoudende slib zijn gevestigd in Budel, België, Duitsland en Groot-Britannië. Uitgaande van diverse mogelijk PEC-installaties in Nederland en één verwerker in Nederland (Budel) is een afstand van 150 km aangehouden. Voor het vermeden zinkconcentraat, hetgeen grotendeels komt uit Canada, Australië en Zuid-Amerika, voorziet de proceskaart in Sima-Pro reeds in aanvoer over water naar Nederland. Er is dan ook alleen rekening gehouden met transport van de haven naar de plaats van gebruik, waarbij is uitgegaan van 100 treinkilometers.

Afnemers van zwavel zijn gevestigd in het buitenland of op één of een beperkt aantal specifieke locaties in Nederland. Uitgegaan is, net als bij NaOH, van een afstand van 75 km. Daar zwavel in de regel wordt gevormd als bijproduct bij allerlei processen (brandstofontzwaveling, rookgasreiniging, zinkproductie, ...) wordt er geen vermeden primair zwavel toegerekend en derhalve ook geen vermeden transport van een dergelijk primair materiaal.

Tenslotte is het transport van het beladen actief kool naar een afstand aangehouden van 150 km, uitgaande van een afstand van een willekeurige plek in Nederland (voor een nog op te richten PEC-installatie) naar de C2-deponie.

Voor het transport van droog-RGRR, zand, basalt en vermeden zand wordt uitgegaan van 20 ton/vracht, voor het geproduceerde zwavel en het afgevangen metaalslib is een beladingsgraad van 10 ton per vracht aangehouden³. Ook voor NaOH (33%) en actief kool wordt uitgegaan van 10 ton/vracht.

Tabel 7.4; Transport

materiaal	transport			
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm) normaal	Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "samenstelling"	Tonkilometer (tkm) gevoeligheidsanal. "wel flux"
Droog-RGRR	75	75	75	75
Zand (flux)	35 (land) 50 (water)	0 0	0 0	3,4 4,8
Synthetisch basalt	35	33,9	33,9	37,3
Zwavel (60% d.s.)	75	0,4	0,4	0,4
Metaalslib (50% d.s.)	150	0,3	0,4	0,3
NaOH (33%)	75	10,5	10,5	10,5
Actief kool	150	0,4	0,6	0,4
Vermeden zand	35 (land) 50 (water)	33,9 48,4	33,9 48,4	37,3 53,3
Vermeden Zink-conc.	100 (rail)	0,1	0,1	0,1

Indien een nog uit voeren zwaartepuntanalyse daartoe aanleiding geeft, dient in een separate gevoeligheidsanalyse te worden gerekend met transportafstanden van + of – 50%.

³ Let op, dit betekent niet een vracht van 10 ton metaalslib, maar wel middels een transportmiddel dat een dergelijke hoeveelheid goederen meeneemt. Het is met name van belang voor het te kiezen voertuigformaat en niet voor de hoeveelheid metaalslib per individuele rit.

7.5 Energie

Rekening moet worden gehouden met:

- het energieverbruik van de PEC-installatie;
 - het energieverbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
 - het vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen.
- Energieverbruik bij verwijdering reststoffen is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelter-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Energieverbruik en energieproductie PEC-installatie

Als geheel zal de PEC-installatie in de behoefte aan elektriciteit en warmte kunnen voorzien door een eigen warmtekrachtcentrale, die wordt gestookt met zelf geproduceerde brandstoffen. Daarnaast zullen diverse extern afzetbare energiedragers worden geproduceerd.

Door de geïntegreerde verwerkingsopzet kan ook droog-RGRR worden verwerkt zonder dat hiervoor elektriciteit en/of aardgas aan het openbare net moet worden onttrokken. Droog-RGRR heeft echter geen energetische inhoud en levert derhalve geen bijdrage aan de vorming van synthegas. De verwerking van droog-RGRR kost dus energie. Voor een eerlijke vergelijking van verwerkingsalternatieven moet derhalve ook in het geval van de PEC in de LCA worden uitgegaan van een bepaald energieverbruik.

Met als richtwaarde een soortelijke warmte van ongeveer $1 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ vraagt het opwarmen van een ton droog-RGRR tot de temperatuur van $1450 \text{ }^\circ\text{C}$ ongeveer $1,45 \text{ GJ}$. Met de warmte voor het smelten van de asrest er bij lijkt een energie van $1,6 \text{ GJ/ton}$ een redelijke inschatting voor labcondities. Voor de praktijkcondities van de PEC-installatie wordt, op basis van een rendement binnen de reactor van 65% , een energiebehoefte van $2,5 \text{ GJ/ton}$ als inschatting aangehouden.

Deze energie voor het smelten van droog-RGRR in de PEC wordt in rekening gebracht op basis van het gebruik van externe energie van het gemiddelde Nederlandse elektriciteitsnet. In praktijk wordt deze energie geleverd door het verbranden van pyrolyseresidu van andere afvalstromen. Deze energie-inhoud van $2,5 \text{ GJ}$ van het pyrolyseresidu van ander afval had anders via verbranden in gasmotoren ongeveer $0,63 \text{ GJ}$ elektriciteit opgeleverd⁴ en door de gezamenlijke verwerking van dat andere afval met droog-RGRR wordt die nu niet aan het net geleverd. In de gevoeligheidsanalyse wordt derhalve ook de situatie bekeken waarin slechts $0,63 \text{ GJ/ton}$ aan droog-RGRR wordt toegerekend.⁵

⁴ De hoeveelheid energie die uit de hoogcalorische afvalstromen wordt behaald en uiteindelijk wordt afgezet naar het elektriciteitsnet varieert per afvalstroom. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse wordt er vanuit gegaan dat het netto-rendement voor de PEC-installatie op ongeveer 25% ligt (ofwel 25% van de warmte-inhoud van een afvalstof zou uiteindelijk afgezet kunnen worden als elektriciteit).

⁵ Het energieplaatje voor laagcalorische stromen als droog-RGRR met deze aanpak in de gevoeligheidsanalyse positief beïnvloed, door de benodigde energie in rekening te brengen op basis van in de reactor aanwezige pyrolysecokes. Dit wordt veroorzaakt doordat energie intern wordt gebruikt en daarmee zonder het rendementsverlies dat bij het omzetten in elektriciteit optreedt wordt benut. Voor afvalstromen die wel bijdragen aan de syn-gasproductie geldt iets vergelijkbaars. Iedere Joule energie die niet omgezet wordt in afzetbare energie (met een verlies van 75%) maar intern wordt benut bij het insmelten van inerte afvalstromen, betekent een besparing van die volledige Joule (zonder het rendementsverlies van 75%). Het fenomeen afval met afval verwerken pakt dus voor beide soorten afval positief uit. Lastig is te bepalen hoeveel van de energie-inhoud van deze brandbare afvalstromen niet als verstoikbaar gas vrijkomt maar wordt benut voor als interne energiebron. Om die reden is er in de standaardbeschrijving voor gekozen om de stromen los van elkaar te beschrijven. Voor inerte afvalstoffen wordt er dus standaard uitgegaan van extern te leveren energie en voor afvalstoffen die wel bijdragen aan de syn-

Verder wordt, gelet op de onzekerheidsmarge die de hierboven afgeleide 2,5 GJ/ton met zich mee brengt, ook een situatie in beeld gebracht waarbij de energieconsumptie 20% hoger wordt ingeschat, ofwel op 3 GJ/ton.

Het energieverbruik van de voorbereiding is gelet op de aard van de afvalstoffen voor droog-RGRR niet aan de orde.

Energieverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

In de ontzwavelingsstap van de gasreiniging ontstaat elementair zwavel door de biologische oxidatie van H_2S . Zwavel ontstaat als vaste deeltjes in de waterfase. Door sedimentatie en afpersen wordt een zwavelkoek verkregen die kan worden gebruikt voor de productie van zwavelzuur. Daar het hier nuttige toepassing in een productieproces betreft wordt het energiegebruik van het betreffende proces niet meer aan de verwerking van droog-RGRR toegerekend.

Metaalslib uit de gasreiniging bevat met name de meer vluchtige metalen, zoals zink en lood. Het metaalslib kan als grondstof in de metallurgische industrie worden afgezet. Er is hierbij sprake van een vervanging van een zinkconcentraat dat normaal op de locatie van winning van zink-erts wordt geproduceerd en als grondstof wordt ingezet in de zinkproductie. Daar de zinkgehalten in dit zinkconcentraat en in het metaalslib in eenzelfde orde van grootte liggen (zie ook onder paragraaf 7.6) wordt er vanuit gegaan dat inzet zonder verdere specifieke bewerkingen mogelijk is.

Voor de slak uit de smelter (het basaltachtige materiaal) geldt dat deze, getuige de gemeten uitloogwaarden van het synthetische basalt, als categorie-1 bouwstof kan worden toegepast, d.w.z. zonder bodembeschermende voorzieningen. Centrale doelstelling van de PEC-installatie is ook het produceren van categorie-1 bouwstof. Ten behoeve van de LCA wordt aangenomen dat de slak, na verkleining in brokjes van 1-10 cm, volledig, d.w.z. 100% wordt ingezet als vervanger van zand in funderingslagen. Het energieverbruik bij het verkleinen wordt geraamd op ca. 45 kWh per ton basalt. Voor deze afvalstroom betekent dit 43,4 kWh per ton. In het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op het toevoegen van flux is dit 47,7 kWh per ton droog-RGRR, en in het kader van de gevoeligheidsanalyse die zich richt op spreiding in de samenstelling wordt dit weer 43,4 kWh per ton droog-RGRR.

Het energieverbruik (diesel) bij het aanbrengen van de slak als zandvervanger in funderingslagen wordt buiten beschouwing gelaten, omdat tegelijkertijd eenzelfde verbruik bij het aanbrengen van zand wordt vermeden.

Vermeden energieverbruik

Er is sprake van vermeden energieverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het energieverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend.

gasproductie van benutting van energie-inhoud volledig via omzetting in afzetbare elektriciteit. In de gevoeligheidsanalyse wordt voor de inerte stromen ook de situatie van interne levering van energie in rekening gebracht door de benodigde energie voor het smelten te halveren. Voor de niet-inerte stromen wordt in het kader van de gevoeligheidsanalyse op eenzelfde wijze een variant in rekening gebracht waarbij de energie-opbrengst niet wordt toegerekend via omzetting in afzetbare elektriciteit (rendement ongeveer 25%), maar voor de ten goede komt aan de verwerking van ander afval. Het is van belang te realiseren dat dit een uiterste situatie is die het beeld iets te positief voorstelt omdat in het PEC-concept als geheel een deel van het brandbare afval wel degelijk via syn-gas wordt omgezet in afzetbare elektriciteit.

In tabel 7.5 is aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang van het vermeden energie wordt berekend met een proceskaart uit de databases van SimaPro.

Tabel 7.5; Overzicht vervangen primaire grondstoffen

geproduceerde secundaire grondstof	vervangen primaire grondstof
Slak (basaltachtig materiaal)	Zand
Metaalslib (50% d.s.)	Zinkconcentraat voor de metallurgische industrie

7.6 Bedrijfsmiddelen

Rekening moet worden gehouden met:

- het verbruik van de PEC-installatie;
- het verbruik bij de nuttige toepassing van de geproduceerde secundaire grondstoffen;
- het vermeden verbruik door de productie van secundaire grondstoffen.

Bedrijfsmiddelenverbruik bij verwijdering reststoffen is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelter-lijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd.

Bedrijfsmiddelenverbruik PEC-installatie⁶

Minerale flux

De verschillende ingangsstromen voor de smelter worden in principe dusdanig gemengd, dat toevoeging van hulpstoffen ('minerale flux' in de vorm van kalk of zand) zo beperkt mogelijk wordt gehouden, en alleen moeten worden ingezet indien met de overige ingangsstromen geen adequaat mengsel kan worden bereikt. Zo dient de ene ingangsstof als hulpstof voor de andere conform het "waste-to-waste" principe. Feitelijk hangt de hoeveelheid toe te rekenen flux af van de gehalten aan Si, Ca, Al en Mg in de te verwerken afvalstroom. Globaal kan worden gesteld dat de flux voor de installatie als geheel ongeveer 10% van de asrest bedraagt.

Voor droog-RGRR is (zie paragraaf 7.2) er in principe vanuit gegaan dat er geen flux hoeft te worden toegerekend en is in het kader van de gevoeligheidsanalyse de genoemde 10% als indicatie gehanteerd. Er wordt vanuit gegaan dat zand wordt gebruikt als minerale flux, zodat aan de verwerking van een ton droog-RGRR een hoeveelheid van 96,9 kg zand wordt toegerekend in het kader van de gevoeligheidsanalyse "wel flux".

Zuurstof

Tijdens het verwerkingsproces wordt zuurstof toegevoegd teneinde organische componenten te vergassen. Gelet op de samenstelling van droog-RGRR wordt hiervoor geen zuurstofverbruik in rekening gebracht.

Natronloog

De gasreiniging verbruikt NaOH. Het natronloogverbruik dat aan een afvalstroom dient te worden toegerekend wordt bepaald door

- (1) de hoeveelheid af te vangen halogenen en zwavel in de afvalstof, en
- (2) de hoeveelheid die nodig is om de aan de afvalstroom toe te rekenen spui op pH=11 te brengen.

⁶ Er is vanuit gegaan dat de big bags meer dan eens wordt gebruikt (wordt niet meeverwerkt) en deze is derhalve voor deze verwerkingsoptie niet als bedrijfsmiddel in rekening gebracht.

Ad. 1

Voor droog-RGRR betekent dit dat bij de gemiddelde samenstelling gerekend moet worden met 27800 g Chloor en 25 g Fluor per ton, en met 2933 g zwavel per ton droog-RGRR. Dit betekent iets meer dan 38,7 kg NaOH aan de verwerking van een ton droog-RGRR dient te worden toegerekend⁷. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Ad. 2

De hoeveelheid toe te rekenen spui is voor droog-RGRR 392 l/ton (zie voor de afleiding paragraaf 6.7 onder "emissies naar water"). De hoeveelheid NaOH om de spui op pH=11 te brengen is 20 g per liter⁸, hetgeen een NaOH-gebruik van ruim 7,8 kg per ton droog-RGRR. Voor de beide gevoeligheidsanalyses is dit hetzelfde.

Het totale NaOH verbruik komt hiermee (afgerond) op 46,5 kg per ton droog-RGRR (dit wijkt af van de hoeveelheden in tabel 7.3 omdat voor transport wordt uitgegaan van aanvoer als oplossing van 33%).

Bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen

De slak wordt volledig (100%) ingezet als vervanger van zand (funderingsmateriaal) en bij de nuttige toepassing van de slak worden geen bedrijfsmiddelen verbruikt.

Vermeden bedrijfsmiddelenverbruik

Er is sprake van vermeden bedrijfsmiddelenverbruik door de productie van secundaire grondstoffen. Het bedrijfsmiddelenverbruik van de uitgespaarde winnings- en productieprocessen van primaire grondstoffen wordt als een negatieve milieu-ingreep in de LCA toegerekend. In tabel 7.5 is reeds aangegeven welke primaire grondstoffen worden vervangen. De omvang is opgenomen in tabel 7.6. De vermeden milieu-ingrepen worden berekend met een proceskaart uit de database van SimaPro.

Het metaalslib zal vanwege het hoge zinkgehalte worden afgezet bij een zinkproducent. Het slib bevat echter ook aanzienlijke hoeveelheden lood. Dit lood zal als bijproduct vrijkomen en aan de loodketen worden toegevoegd. In praktijk wordt zinkerts nabij de winningslocatie geconcentreerd van 6% Zn tot ongeveer 55% Zn, en dit concentraat wordt getransporteerd naar zinkproducenten. In dit MER is uitgegaan van het vermijden van de productie (en het transport) van dit zinkconcentraat, waarbij voor de uitgespaarde hoeveelheid is gecorrigeerd op basis van het zinkgehalte (in het slib rond de 25% en in het concentraat rond de 55%).

Tabel 7.6; Vermeden inzet primaire grondstoffen

vervangen primaire grondstof	vermeden inzet (kg) normaal	vermeden inzet (kg) gevoeligheidsanalyse	
		samenstelling	wel flux
Zand	969	968	1065
Zn-conc. metallurgische industrie	0,7	1,1	0,7

⁷ Gebaseerd op 1 mol NaOH voor 1 mol Chloor, en 2 mol NaOH voor 1 mol zwavel.

⁸ Uitgegaan is van een pH van het spuiwater van 0,3. Dit betekent ongeveer 0,5 mol H⁺ per liter. Om op pH=11 te komen is de OH-vraag 0,5 mol (van 0,3 tot 7) + 0,001 mol (van 7 tot 11), ofwel ongeveer 20 g/l.

7.7 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de PEC-installatie;
- de emissies bij de verwijdering van reststoffen;
- de emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen;
- de vermeden emissies door de productie van secundaire grondstoffen en brandstoffen.

De emissies van de PEC-installatie

Uit de procesbeschrijving in paragraaf 6.2 blijkt dat rekening moet worden gehouden met emissies naar lucht en water. Emissies naar bodem vinden normaliter niet plaats. Door bodembeschermende maatregelen en voorzieningen wordt de kans op bodemverontreiniging verwaarloosbaar klein geacht.

Emissies naar lucht

In dit kader wordt onderscheid gemaakt in

- (1) emissies van stof en metalen,
- (2) componentgebonden luchtmissies via gebruik van syn-gas (SO₂, HCl, HBr, etc.),
- (3) procesgebonden emissies via gebruik van syn-gas (CO, NO_x, N₂O), en
- (4) emissie van CO₂

Ad. 1

Hoewel droog-RGRR zelf geen aanleiding geeft tot vorming van gas vormt het wel een hoeveelheid stof en aanhangende metalen die met het gas van brandstoffen of andere afvalstoffen wordt meegevoerd. Voor de emissies naar lucht wordt uitgegaan van de balans zoals weergegeven in tabel 7.1. De concrete uitwerking voor droog-RGRR is aangegeven in tabel 7.7.

Tabel 7.7; emissie van stof en metalen naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	naar de lucht (mg/ton)		
		normaal	gevoeligheidsanalyse "samenstelling"	gevoeligheidsanalyse "wel flux"
As	0,026	0,65	0,78	0,65
Cd	0,026	1,95	2,60	1,95
Cu	0,001	0,19	0,25	0,19
Hg	0,44	74,80	105,60	74,80
Ni	0,026	0,06	0,06	0,06
Pb	0,026	49,40	70,20	49,40
Sb	0,029	2,61	3,19	2,61
Se	0,026	0,00	0,00	0,00
Sn	0,029	2,32	2,32	2,32
V	0,001	0,00	0,00	0,00
Zn	0,026	117,00	176,80	117,00
stof	0,001	11800	11910	12770

(*) inclusief de bijdrage van de flux aan de emissie van stof

Ad. 2

Hoewel droog-RGRR zelf weinig aanleiding geeft tot vorming van gasproductie gaan zwavel en halogenen uit het droog-RGRR wel over naar de gasfase en worden met het syn-gas van de andere afvalstromen meegevoerd naar de gasreiniging en gasmotoren. De emissies van SO₂, HCl, HBr en HF hangen weliswaar sterk samen met de reiniging en verbranding van syn-gas, maar moet toch gezien worden als een componentgebonden emissie. Ook voor deze emissies wordt uitgegaan van

de balans zoals weergegeven in tabel 7.1. De concrete uitwerking voor droog-RGRR is aangegeven in tabel 7.8.

Tabel 7.8; emissie van SO₂, HCl, HBr en HF naar de lucht

comp.	fractie naar de lucht (%)	naar de lucht (mg/ton)		
		normaal	gevoeligheidsanalyse samenstelling	gevoeligheidsanalyse "wel flux"
S (als SO ₂)	0,07	2053	2053	2053
HCl	0,003	857	857	857
HF	0,025	6,6	6,6	6,6

Ad. 3

Droog-RGRR zelf levert vanwege het inerte karakter geen bijdrage aan de productie van synthese-gas, dus zijn deze emissies niet aan de orde.

Ad. 4

Gelet op de samenstelling van de afvalstroom is geen bijdrage aan de emissie van CO₂ toe te rekenen. Voor de duidelijkheid wordt opgemerkt dat de CO₂-emissie die hoort bij het energiegebruik voor het smelten van de afvalstroom wel in rekening wordt gebracht (zie paragraaf 7.5).

Emissies naar water

De Smelter-lijn produceert de volgende afvalwaterstromen:

- condensaat dat vrijkomt bij de droging van slibben;
- condensaat dat ontstaat bij de gasreiniging;
- zoutwater (spui) van de zuurgaswassers.

Afvalwaterstroom a) wordt primair gebruikt als injectiewater bij de vergasser, zodat in de LCA geen rekening behoeft te worden gehouden met emissies naar water als gevolg van deze waterstroom. De emissies via de afvalwaterstromen b) en c) zijn het gevolg van de productie van synthese- en smeltermgas. De omvang van met name het spuiwater hangt af van het Chloorgehalte in de afvalstroom en bevat tevens een hoeveelheid zware metalen, terwijl het condensaat uitsluitend organisch belast is.

Met het uitgangspunt dat alle halogenen uiteindelijk in de gasreiniging terecht komen (zie ook onder paragraaf 7.3) dient voor iedere mol halogeendeeltjes die in een ton te verwerken afval zit een hoeveelheid van ongeveer 0,5 kg spui in rekening te worden gebracht. Deze omvang van de spui is geschat door aan te nemen dat de concentratie aan halogenen in de spui uiteindelijk 2 mol/l bedraagt. Dit is een concentratie die ook voor AVI's wel wordt opgegeven. Dit leidt in dit geval tot het toerekenen van 392 l/ton. Ten aanzien van de emissies naar water is de toe te rekenen spui gecorrigeerd voor de toe te rekenen hoeveelheid water die achterblijft in zwavelkoek (60% d.s.) en metaalslib (50% d.s.) en voor de hoeveelheid water die wordt toegevoegd in verband met het op pH=11 brengen van deze waterstroom (met 33% NaOH). Voor droog-RGRR leidt dit tot een hoeveelheid toe te rekenen spuiwater van 529 l/ton.

Deze waterstroom wordt afgevoerd naar een communale RWZI. Met de rendementen zoals aangegeven in tabel 4.2 en de balans over de PEC van tabel 7.1 geeft dit voor droog-RGRR de volgende ingrepen naar water.

Tabel 7.9; emissies naar water

comp.	rende- ment RWZI	normaal EN gevoeligheidsanalyse "wel flux"		gevoeligheidsanalyse "samenstelling"	
		stroom naar RWZI (mg/ton)	ingreep naar water (mg/ton)	stroom naar RWZI (mg/ton)	ingreep naar water (mg/ton)
As	80	0,25	0,05	0,3	0,06
Cd	72	0,15	0,042	0,2	0,056
Pb	91	5,9*E-6	5,3*E-7	8,4*E-6	7,5*E-7
Zn	75	3,3*E-4	8,3*E-5	4,99*E-4	1,25*E-4
Cl	0	27799166	27799166	27799166	27799166
F	0	24994	24994	24994	24994

Naast de uiteindelijke lozing van verontreinigingen uit tabel 7.9, wordt voor de rest van de ingrepen die met het bewerken van dit water samenhangen (ruimtebeslag RWZI, chemicaliëngebruik RWZI, energiegebruik RWZI) gebruik gemaakt van een proceskaart in SimaPro waarin op basis van de gemiddelde kenmerken van RWZI's deze ingrepen zijn opgenomen. Per ton droog-RGRR wordt hierbij dus 436 liter water dat primair is verontreinigd met anorganische componenten toege-rekend. Gelet op het feit dat droog-RGRR niet bijdraagt aan organische verontreinigingen in het water is een bijdrage aan de vorming van RWZI-slib voor droog-RGRR verder buiten beschouwing gelaten.

De emissies bij de verwijdering van reststoffen

Is niet van toepassing, aangezien in de eindfase door de smelterlijn geen te verwijderen reststoffen worden geproduceerd. Slak en zwavel en metaalslib uit de gasreiniging kunnen namelijk nuttig worden toegepast.

De emissies bij de nuttige toepassing van secundaire grondstoffen

Zoals reeds aangegeven bij het onderdeel “Energie- en bedrijfsmiddelenverbruik bij nuttige toepassing secundaire grondstoffen” zijn de door de smelter-lijn geproduceerde secundaire grondstoffen “zwavel” en “metaalslib” gelijkwaardig aan de uitgespaarde grondstoffen, zodat de milieu-ingrepen door nuttige toepassing van deze stoffen niet in de LCA-berekeningen worden meegenomen.

De emissies naar bodem bij gebruik van de geproduceerde slak als zandvervanger in funderingsla-gen moeten echter wel worden meegenomen.

Bekend is, uit vergelijkbare basaltachtige producten van de verwerking van andere afvalstoffen, dat een pyrolyse/smelten zoals hier gebeurt ten aanzien van het beperken van uitloging zeer goede re-sultaten geeft. In een reeks aan uitgevoerde metingen lag voor alle componenten de resulterende uitloging op basis van een kolomproef rond of zelfs ruim onder de a-waarden uit het bouwstoffen-besluit, hetgeen feitelijk neerkomt op een bijna verwaarloosbare omvang. Derhalve wordt in het kader van deze studie het uitlooggedrag in de normale situatie op nul gesteld.

In het kader van de gevoeligheidsanalyse wordt wel uitloging meegenomen. Het uitlooggedrag van de slak van de verwerking van met droog-RGRR is onbekend. Wel zijn van een aantal vergelijkbare basalt-achtige materialen beschikbaarheidstesten gedaan en in tabel 7.10 (tweede kolom) is voor een aantal componenten aangegeven welk percentage van de aanwezige hoeveelheid daarbij voor uitloging beschikbaar bleek. In het kader van deze gevoeligheidsanalyse wordt, op basis van de bijdrage die deze afvalstroom levert aan de slak (dit is bepaald met tabel 7.1 en het resultaat staat in de derde kolom van tabel 7.10), en met de betreffende beschikbaarheden een indicatie verkregen van de hoeveelheid die in het slechtste geval zou kunnen uitlogen en die aan droog-RGRR zou zijn toe te rekenen. Benadrukt wordt dat dit een worst-case inschatting is die in praktijk naar verwach-

ting ook bij tegenvallende immobilisatie-resultaten nog een overschatting van het potentiële milieueffect zal zijn.

Tabel 7.10; Uitloogcijfers droog-RGRR i.h.k.v. de gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"

	beschikbaarheid (%)	Bijdrage van droog-RGRR aan de slak (mg/ton droog-RGRR)	Uitloging uit basalt t.g.v. droog-RGRR (gevoeligheidsanalyse "wel uitloging") in mg per ton droog-RGRR
As	8	250	20
Ba	10	46000	4600
Co	6	1000	60
Cr	1	4000	40
Cu	8	18999,81	1520
Mo	6	6000	360
Ni	5	999,94	50
Pb	14	19000	2660
Sb	18	0	0
V	4	0	0
Zn	12	45000	5400

7.8 Leemten in kennis

De hierboven beschreven pyrolyse/smelten is gebaseerd op basis van twee milieueffect rapportages. Praktijkcijfers van dit concept zijn nog niet bekend en moeten derhalve als leemten in kennis worden beschouwd. De belangrijkste onzekerheden zijn:

- het energieverbruik van het proces;
- het succes van het proces, met andere woorden hoe zal verglazing van droog-RGRR met andere afstoffen verlopen en hoe uit dit zich in het uitlooggedrag (ofwel de toepasbaarheid van basalt).

8. VERSATZBAU

8.1 Procesbeschrijving

A. Aanvoer droog-RGRR

Het droog-RGRR wordt per vrachtwagen vervoerd naar de verwerkingsinrichting.

B. Opslag droog-RGRR

Het droog-RGRR wordt in silo's opgeslagen.

C. Mengen

Het droog-RGRR wordt in een menginstallatie vermengd met water dat uit de zoutkoepels is opgepompt en diverse afvalstoffen die als bouw materiaal geschikt zijn.

D. Berging droog-RGRR

De aldus ontstane slurry wordt de zoutmijnen weer ingepompt. In de mijn bezinkt de RGRR en ontstaat enige uitharding. Het surplus aan water wordt weer opgepompt en opnieuw gebruikt.

8.2 Massabalans en ruimtebeslag

Met de aangeboden afvalstoffen maakt GSES vulmiddelen voor in de zoutmijn. Het aandeel droog-RGRR hierin varieert van 17-28%. Hierbij is onbekend welke rol het vochtgehalte van droog-RGRR een rol speelt. Derhalve wordt bij dit alternatief uitgegaan van 17%. In de uitwerking hieronder wordt een aantal keren expliciet aangegeven dat een keuze van 28% voor de ingrepen per ton DTO-vlieg gas geen verschil gemaakt zou hebben.

Ten aanzien van het ruimtebeslag is de volgende relevante informatie door GSES verstrekt:

- jaarproductie : 190.000 ton;
- aandeel droog-RGRR 17%: afhankelijk van receptuur.

Aangenomen wordt dat het terrein een omvang heeft van 10.000 m². Op grond hiervan bedraagt het fysiek ruimtebeslag over 100 jaar 0,05 m²jr. Dit blijft gelijk bij 28% RGRR-aandeel.

Bij het ruimtebeslag is alleen rekening gehouden met de in beslag name van ruimte 'boven de grond'. Het ruimtebeslag t.g.v. de permanente berging in zoutkoepels is daarin niet meegenomen. De reden hiervoor is dat ondergrondse berging voor de functionaliteit en het aanzien van het oppervlak geen enkel verschil maakt.

In (RWS, 1998) is geconstateerd dat met de inzet van vlieg gas geen inzet van primaire bouwstoffen wordt vermeden. Op het moment dat hier geen vlieg gas voor gebruikt wordt, worden andere afvalstoffen ingezet van nabij de mijnen. Aangenomen wordt dat hetzelfde voor RGRR geldt. Een relevante vraag voor de LCA is of er sprake is van nuttige toepassing of van storten van afval. Op dit punt zijn de meningen (internationaal) echter niet uniform, ook al omdat in aantal gevallen mijnopvulling een wettelijke verplichting is en dat met afval wel als vorm na nuttige toepassing wordt gezien. In dit MER is als uitgangspunt uitgegaan van een vorm van afvalberging (1000 kg finaal afval in rekening gebracht) maar is in het kader van de gevoeligheidsanalyse tevens rekening gehouden met de optie waarin het wel wordt beschouwd als nuttige toepassing (geen finaal afval in rekening gebracht).

8.3 Transport

Voor transport wordt uitgegaan van een enkele afstand van 600 km naar de zoutmijnen in Oost-Duitsland. Deze optie vindt enkel en alleen in Duitsland plaats.

Tabel 8.1 geeft een overzicht van de transportafstanden (totaal km heen en terug) zoals deze in onderhavige studie worden gebruikt. Tevens zijn per vracht de tonkilometers (tkm) weergegeven op basis van 1 ton droog-RGRR.

Omdat sprake is van een proces waar naast droog-RGRR ook andere afvalstoffen in worden toegepast maar geen bedrijfsmiddelen worden gebruikt, wordt het transport van deze andere stoffen buiten beschouwing gelaten.

Het verbruik van diesel en smeerolie, alsmede de emissies via de uitlaatgassen van de voertuigen voor het transport van RGRR wordt berekend met behulp van de database van SimaPro. Opgemerkt wordt dat vanwege de grote transportafstand het transport van droog-RGRR in grotere volumina zal plaatsvinden dan bij de voorgaande alternatieven namelijk 30 ton per vracht.

Tabel 8.1; Transport

Materiaal	Transport	
	Afstand (km)	Tonkilometer (tkm)
Droog-RGRR	1.200	1.200

Op het moment dat de transportafstanden minstens 20% van de milieuscores bepalen wordt in de gevoeligheidsanalyse gerekend met +/- 20%.

8.4 Energie

Uit informatie van GSES blijkt dat het energieverbruik 24 kWh per ton materiaal bedraagt. Per ton droog-RGRR wordt 8,33 ton afval gemengd hetgeen dus 120 kWh aan energie vergt. Omdat sprake is van het gezamenlijk verwerken van diverse afvalstromen waarvan 17% droog-RGRR, bedraagt het energieverbruik per ton droog-RGRR eveneens 24 kWh.

Ook hier geldt dat bij een groter aandeel droog-RGRR (i.c. 28% van het totaal i.p.v. 17%) het energieverbruik per ton droog-RGRR gelijk blijft.

8.5 Bedrijfsmiddelen

Bij Versatzbau wordt water als transportmedium gebruikt om het materiaal in slurryvorm in de zoutmijnen de verpompen. Het water is afkomstig uit de zoutmijnen en wordt alsmaar hergebruikt zodat geen sprake is van enig bedrijfsmiddelgebruik.

8.6 Emissies

Rekening moet worden gehouden met:

- de emissies van de verwerkingsinrichting;
- de emissies bij de nuttige toepassing droog-RGRR.

De emissies van de verwerkingsinrichting

Het proces betreft een natte menging dat bovendien in een gesloten inrichting plaats, zodat er geen emissies naar de lucht te verwachten zijn.

Overeenkomstig andere technieken zal ook hier sprake zijn van het schoonspoelen van de installatie. Gegevens hieromtrent zijn niet voorhanden. Aangenomen wordt dat voor het schoonspoelen van de menginstallatie gebruik gemaakt wordt van het 'water uit de mijnen', dat ook gebruikt wordt om de slurry te verpompen. Het droog-RGRR dat uit de menger gespoeld wordt zal net als de slurry de zoutmijn ingepompt worden.

De emissies bij de berging van droog-RGRR

De zoutmijnen waar deze vorm van Versatzbau wordt toegepast zijn op natuurlijke wijze geïsoleerd van de omgeving. Emissies vanuit de zoutmijn naar de omgeving zullen hierdoor naar verwachting niet optreden (RWS, 1998).

In het kader van de gevoeligheidsanalyse zou conform de andere afvalstoffen die bij Versatzbau verwerkt worden toch rekening gehouden moeten worden met enige uitloging. Door het ontbreken van uitlooggegevens van geïmmobiliseerd droog-RGRR is het echter niet mogelijk deze berekening uit te voeren hetgeen een leemte in kennis is. Zie hiervoor ook hetgeen is gezegd in de hoofdstukken 5 en 6.

8.7 Leemten in kennis

Emissie ten gevolge van uitloging wordt vanwege isolatie niet verwacht. In de gevoeligheidsanalyse had hier aandacht aan besteed kunnen worden. De benodigde gegevens hiervoor ontbreken echter.

BIJLAGE 1

OVERZICHT MILIEU-INGREPEN

Verwerkingstechniek: Storten in big bags			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)	14	
2.	Transport in tkm (ton/vracht) (a)	big bag zand (water) zand (weg)	50 (10) 38 (-) 26 (20)
3.	Energiegebruik	storten immob. storten zand	60 MJ 45 MJ
4.	Bedrijfsmiddelen	big bag PE-hoes zand	3,3 kg 1,3 kg 750 kg
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		-
6.	Emissie bodem (mg)		-
7.	Emissie water (mg, tenzij)		-
8.	Finaal afval / te storten rest		1000 kg
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-
10.	Vermeden energie		-
11.	Vermeden emissie lucht		-
12.	Vermeden emissie water		-
13.	Vermeden emissie bodem		-
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-
15.	Overig		-

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.

Verwerkingstechniek: Gemengde residuen storten in big bags				
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a, b)	
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		10,3	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	immobilisaat zand (water) zand (weg)	72 (10) 27 (-) 19 (20)	als normaal
3.	Energiegebruik	menger storten immob. storten zand	3,6 kWh 86 MJ 32 MJ	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	big bag PE-hoes zand	2,4 kg 0,95 kg 540 kg	als normaal
5.	Emissie lucht (mg)	Arseen (As) Barium (Ba) Cadmium (Cd) Cobalt (Co) Chroom (Cr) Koper (Cu) Kwik (Hg) Molybdeen (Mo) Nikkel (Ni) Lood (Pb) Antimoon (Sb) Tin (Sn) Strontium (Sr) Zink (Zn) Chloride (Cl) Fluor (F) Sulfaat (SO ₄)	7,3E-04 0,013 2,2E-03 2,9E-04 1,2E-03 5,5E-03 4,9E-03 1,7E-03 2,9E-04 0,055 2,6E-03 2,3E-03 0,052 0,13 8,06 7,3E-03 2,55	8,7E-04 0,013 2,9E-03 2,9E-04 1,2E-03 7,3E-03 7,0E-03 1,7E-03 2,9E-04 0,078 3,2E-03 2,3E-03 0,052 0,20 8,06 7,3E-03 2,55
6.	Emissie bodem (mg)		-	als normaal
7.	Emissie water (mg, tenzij) (c)	As Ba Cd Co Cr Cu Hg Mo Ni Pb Sb Sn Sr Zn Cl F SO ₄	0,13 2,3 0,38 0,05 0,2 0,95 0,85 0,3 0,05 9,5 0,45 0,4 8,9 22,5 1.390 1,25 440	0,15 2,3 0,5 0,05 0,2 1,25 1,2 0,3 0,05 13,5 0,55 0,4 8,9 34 1.390 1,25 440
8.	Finaal afval / te storten rest	big bag reststroom slib	1419 kg 0,95 kg	als normaal
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		-	als normaal
10.	Vermeden energie		-	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		-	als normaal
12.	Vermeden emissie water		-	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		-	als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		-	als normaal
15.	Overig	zuiveren water (d)	0,019 m ³	als normaal

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "andere samenstelling"
- (c) In zwaartepuntsanalyse expliciet even kijken of het totaal aan water-emissies relevant is
- (d) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
1.	Ruimtebeslag (m ² jaar)		0,12	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	droog-RGRR zand (as) zand (water) basalt zwavel metaalslib NaOH (33%) Act. kool	75 (20) 0 (20) 0 (-) 33,9 (20) 0,4 (10) 0,3 (10) 10,5 (10) 0,4 (10)	75 3,4 4,8 37,3 0,4 0,3 10,5 0,4	75 0 0 33,9 0,4 0,4 10,5 0,6	als normaal	als normaal	als normaal
3.	Energiegebruik	smelter breken slak	2,5GJ 43,4 kWh	2,5 47,7	als normaal	0,63 43,4	3 43,4	als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen	zand (flux) NaOH (puur)	0 kg 46,5 kg	96,5 46,5	0 46,5	als normaal	als normaal	als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)	As Cd Cu Hg Ni Pb Sb Se Sn V Zn fijn stof SO ₂ HCl HF	0,65 1,95 0,19 74,80 0,06 49,40 2,61 0,00 2,32 0,00 117,00 11800 2053 857 6,6	0,65 1,95 0,19 74,80 0,06 49,40 2,61 0,00 2,32 0,00 117,00 12770 2053 857 6,6	0,78 2,60 0,25 105,60 0,06 70,20 3,19 0,00 2,32 0,00 176,80 11910 2053 857 6,6	als normaal	als normaal	als normaal
6.	Emissie bodem (mg)	As Ba Co Cr Cu Mo Ni Pb Sb V Zn	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	20 4600 60 40 1520 360 50 2660 0 0 5400
7.	Emissie water	As Cd Pb Zn Cl F	0,05 0,042 5,3*E-7 8,3*E-5 27799166 24994	als normaal	0,06 0,056 7,5*E-7 1,25*E-4 27799166 24994	als normaal	als normaal	als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest	act. kool	2771 g		3912	als normaal	als normaal	als normaal
9.	Vermeden Transport in tkm (ton/vracht)	zand (as) zand (water) zinkconc (rail)	33,9 (20) 48,4 (-) 0,1 (-)	37,3 53,3 0,1	33,9 48,4 0,1	als normaal	als normaal	als normaal
10.	Vermeden energie		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

Verwerkingstechniek: Pyrolyse/smelten								
ASPECT		(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a)				
				1 (b)	2 (c)	3 (d)	4 (e)	5 (f)
12.	Vermeden emissie water		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		zie 14	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal
14.	Vermeden bedrijfs- midde len	zand zink-conc.	969 kg 0,7 kg	1065 0,7	968 1,1	als normaal	als normaal	als normaal
15.	Overig	afvalwater (g)	529 liter	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal	als normaal

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 50% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "wel flux"
- (c) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "variatie samenstelling"
- (d) Dit betreft gevoeligheidsanalyse "energie intern geleverd"
- (e) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "hoger energiegebruik"
- (f) Betreft gevoeligheidsanalyse "wel uitloging"
- (g) Koppelen aan ontwikkelde proceskaart "afvalwaterzuivering".

Verwerkingstechniek: Versatzbau			
ASPECT	(specificatie)	INGREEP	Gevoeligheidsanalyses (a, b)
1.	Ruimtebeslag (m ² /jaar)		0,05 als normaal
2.	Transport in tkm (ton/vracht)	droog-RGRR	1.200 (30) als normaal
3.	Energiegebruik	installatie	24 kWh als normaal
4.	Bedrijfsmiddelen		- als normaal
5.	Emissie lucht (mg, tenzij)		- als normaal
6.	Emissie bodem (mg)		- als normaal
7.	Emissie water		- als normaal
8.	Finaal afval / te storten rest		1000 kg 0
9.	Vermeden transport in tkm (ton/vracht)		- als normaal
10.	Vermeden energie		- als normaal
11.	Vermeden emissie lucht		- als normaal
12.	Vermeden emissie water		- als normaal
13.	Vermeden emissie bodem		- als normaal
14.	Vermeden bedrijfsmiddelen		- als normaal
15.	Overig		- als normaal

- (a) Ingeval uit de zwaartepuntsanalyse volgt dat transport bij de weegvormen 1 of 3 voor 20% of meer de totaalscore bepaald worden, naast de gevoeligheidsanalyses uit de tabel, tevens de gevoeligheidsanalyses "meer transport" resp. "minder transport" uitgevoerd. De transportafstanden (tkm) worden dan met 20% verhoogd c.q. verlaagd.
- (b) Dit betreft de gevoeligheidsanalyse "toch zien als nuttige toepassing".

BIJLAGE 2

LITERATUURLIJST

GSES, 2000

Informatie verkregen van GSES over Versatzbau, d.d. 14 februari 2001

Intron, 1993

Implementatieplan AVI-reststoffen, 1993

RWS, 1998

LCA – vliegias, RWS, 1998

(LCA-vliegiasstudie Rijkswaterstaat, 1998)

Zuiveringschap Limburg, 1998

Rapportage "Werking van rioolwaterzuiveringsinstallaties in 1998"